



POROČILO O KAKOVOSTI ZRAKA ZA LETO 2014 MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNJIH OBČIN



Maribor, april 2015

Naslov: Poročilo o kakovosti zraka za leto 2014,
merilna mreža Maribora in sosednjih občin

Izvajalec: Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano
CENTER ZA OKOLJE IN ZDRAVJE
ODDELEK ZA OKOLJE IN ZDRAVJE MARIBOR
Prvomajska ulica 1, 2000 MARIBOR

Naročnik: MESTNA OBČINA MARIBOR
Medobčinski urad za varstvo okolja in ohranjanje narave
Slovenska ulica 40
2000 MARIBOR

Evidenčna oznaka: 212a-09/1579-13 / 13
Delovni nalog: naročilnica št. 1/2014 z dne 10.02.2014,
pogodba št. 35405-1/2013 z dne 18.04.2014
Dejavnosti: 212a – Hrup in stanje zraka

Izvajalci naloge:
Vodja naloge: mag. Benjamin Lukan, univ.dipl.fiz.

Meritve in izračuni,
fotografija na naslovnici: Uroš Lešnik, univ.dipl.inž.prom.

Maribor, 20.07.2015

ODDELEK ZA OKOLJE IN ZDRAVJE
Vodja:
mag. Emil Žerjal, univ.dipl.inž.kem.tehnol.

POVZETEK

Meritve kakovosti zunanjega zraka, ki so v letu 2014 potekale v merilni mreži Maribora in sosednjih občin ter v državni merilni mreži kakovosti zraka (DMKZ), ki jo upravlja Agencija RS za okolje, so bila vključena naslednja onesnaževala: dušikovi oksidi (NO_x in NO_2), ozon (O_3), delci (PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$), ogljikov monoksid (CO), benzen (C_6H_6), težke kovine (Pb, Cd, Ni, As) v delcih PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ ter benzo(a)piren v delcih PM_{10} . Dodatno so se ugotavljali še meteorološki parametri. Meritve so potekale na merilnih mestih Center in Vrbanski plato, na Pohorju, v Dupleku, Bistrici ob Dravi in Miklavžu na Dravskem polju. Merilne metode so bile usklajene z zahtevami zakonodaje in stanjem tehnike ter se glede na pretekla leta niso spremenile; v pretežni meri so se uporabljale referenčne metode. Izvajala so se redna zunanja in notranja preverjanja delovanja opreme, tako da je bilo na voljo za vsa onesnaževala ustrezno število veljavnih podatkov. Zakonodaja, ki določa normativne vrednosti za varovanje zdravja ljudi kot tudi za varstvo rastlin, se ni spreminjala.

Večina onesnaževal se meri v središču mesta na merilnem mestu Center. Mejne in ciljne vrednosti za varovanje zdravja ljudi niso bile presežene za dušikov dioksid, skupne dušikove okside, ogljikov monoksid, benzen in težke kovine v delcih PM_{10} . Za vsa ta onesnaževala so bile srednje letne vrednosti med najnižjimi doslej, tudi trendi so usmerjeni navzdol, le pri benzo(a)pirenu in svincu je bilo drugače. Koncentracije dušikovega dioksida in skupnih dušikovih oksidov na Vrbanskem platoju so bile nižje kot v Centru in niso presegale mejnih vrednosti za varstvo zdravja oziroma kritične vrednosti za varstvo rastlin v naravnem okolju. Vsebnost ozona v zraku z oddaljevanjem od središča mesta narašča, pojavlja se več preseganj ciljne 8-urne vrednosti, tako da je bila ta prevečkrat presežena na Pohorju. Vendarle pa koncentracije niso bile tako visoke, da bi bili preseženi ciljna oziroma alarmna vrednost. Koncentracije ozona se na obeh mestih znižujejo. Poseben problem predstavljajo delci, vendar v letu 2014 srednja letna vrednost delcev PM_{10} v Centru, na Vrbanskem platoju, Miklavžu, Dupleku in Bistrici ob Dravi ni presegala mejne letne vrednosti, prav tako število preseganj mejne dnevne vrednosti to leto ni bilo višje od dovoljenega. Meritve v sosednjih občinah dokazujejo visoko obremenitev poseljenih območij. Stanje se izboljšuje, saj so dolgoročni trendi usmerjeni navzdol, čeprav pa je stanje precej odvisno tudi od vremenskih razmer, ki so bile v preteklem letu za kakovost zraka precej ugodne. Koncentracije delcev $\text{PM}_{2,5}$ so bile v Centru in na Vrbanskem platoju pod ciljno vrednostjo, trend je še vedno usmerjen navzdol. Benzo(a)piren v delcih PM_{10} , ki je pokazatelj za rakotvorno tveganje policikličnih aromatskih ogljikovodikov, je bil v Centru tik pod mejno vrednostjo in rahlo pod ravniyo preteklih let, trend je še vedno usmerjen navzgor. Temperatura zraka je bila nad dolgoletnim povprečjem. Kakovost zunanjega zraka je najboljša zjutraj, tik pred sončnim vzhodom, najslabša pa zvečer. Onesnaženost zraka je slabša v zimskem času za vsa onesnaževala razen za ozon, in zanjo bi lahko rekli, da k nekim bolj ali manj stalnim koncentracijam ozadja prispevajo dodano onesnaženje kurišča, promet, industrija in drugi lokalni viri. Pri ozonu je razlog za višje poletne vrednosti v načinu njegovega nastanka. O pomembnosti vplivnih virov težko govorimo, saj dodatnih podrobnosti ne poznamo. Na kakovost zraka pomembno vplivajo tudi vremenska dogajanja, kar pa je pri nas še slabo raziskano.

Obseg meritev je ustrezen in je nedvomno potrebno z njim nadaljevati. Prostorska razporeditev merilnih mest je ustrezna, saj pokriva gosto poseljeno območja središča mesta in sosednjih občin ter njihovo neposeljeno okolico, še vedno pa obstaja nekaj generalnih področij ki z meritvami niso pokrita.

Glede na koncentracije delcev PM₁₀ ter PM_{2,5}, O₃ in benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ lahko pričakujemo škodljive učinke teh onesnaževal na zdravje izpostavljenih prebivalcev, vendar je ob tem potrebno poudariti, da prebivalci Maribora in okolice niso izpostavljeni večjemu tveganju za zdravje zaradi onesnaženosti zraka kot ostali prebivalci Slovenije v mestih ali ob prometnih cestah. Razen tega je tveganje iz leta v leto manjše, saj se z zniževanjem koncentracij znižuje tudi verjetnost škodljivih vplivov na zdravje. Za zagotavljanje boljše zdravstvene zaščite prebivalstva pred škodljivim delovanjem onesnaževal iz zraka si je potrebno prizadevati za še dodatno znižanje njihovih koncentracij, predvsem delcev in ozona, kar je tudi cilj Načrta za kakovost zraka, ki je bil sprejet konec leta 2013.

KAZALO

Stran

MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNIJH OBČIN	1
POVZETEK	3
KAZALO	5
1 UVOD	6
2 MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV	7
3 METODOLOGIJA DELA	11
3.1 <i>MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNIJH OBČIN</i>	<i>11</i>
3.1.1 DUŠIKOVI OKSIDI (VRBANSKI PLATO)	11
3.1.2 OZON (POHORJE).....	12
3.1.3 DELCI PM ₁₀ (AVTOMATSKA METODA-TEOM).....	12
3.1.4 DELCI PM ₁₀ (REFERENČNA METODA)	13
3.1.5 METEOROLOŠKI PARAMETRI.....	13
3.1.6 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI.....	13
3.2 <i>MERILNO MESTO KREKOVA/TYRŠEVA</i>	<i>14</i>
3.2.1 DELCI PM ₁₀ , PM _{2,5} in PM ₀₁ (AVTOMATSKA METODA-GRIMM).....	14
3.2.2 ČRNI OGLJIK	14
3.3 <i>DRŽAVNA MERILNA MREŽA (CENTER IN VRBANSKI PLATO).....</i>	<i>15</i>
4 ZAKONSKI OKVIR.....	16
5 REZULTATI MERITEV.....	20
5.1 <i>DUŠIKOVI OKSIDI.....</i>	<i>21</i>
5.1.1 Dušikov dioksid.....	21
5.1.2 Dušikovi oksidi	25
5.2 <i>OZON.....</i>	<i>29</i>
5.3 <i>DELCI IN ANALIZE</i>	<i>36</i>
5.3.1 Delci PM ₁₀	36
5.3.2 Delci PM _{2,5}	46
5.3.3 Delci PM ₀₁	50
5.3.4 Analize delcev PM ₁₀ in PM _{2,5}	53
5.4 <i>OGLJIKOV MONOKSID.....</i>	<i>59</i>
5.5 <i>BENZEN</i>	<i>61</i>
5.6 <i>ČRNI OGLJIK</i>	<i>63</i>
5.7 <i>METEOROLOŠKI PARAMETRI</i>	<i>66</i>
5.7.1 Temperatura zraka	66
5.7.2 Smer in hitrost vetra	68
5.7.3 Rože onesnaženja	69
6 ZNAČILNOSTI.....	72
6.1 <i>MOŽNI VPLIVI ONESNAŽENOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI</i>	<i>72</i>
7 SKLEPNE UGOTOVITVE	76
8 LITERATURA IN VIRI.....	83

1 UVOD

Meritve so najzanesljivejši pokazatelj stanja kakovosti zunanjega zraka na določenem območju. V Mariboru in okolici kvalitetne meritve potekajo že od leta 1978, z leti so se razvijale in dopolnjevale ter v letu 2014 dosegle stanje, ki je prikazano v tem poročilu.

Mestna občina Maribor (MOM) je v skladu z veljavno zakonodajo uvrščena v poselitveno območje, na katerem so meritve obvezne. Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor tudi določa, da občina zagotavlja izvajanje podrobnejšega ocenjevanja kakovosti zraka v skladu z zakonodajo. Spremljanje kakovosti zunanjega zraka je stalna naloga, ki poteka v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin v obsegu, dogovorjenem s pogodbami z MOM ter občinama Miklavž na Dravskem polju in Hoče – Slivnica. Vse meritve so potekale v skladu s Programom ocenjevanja kakovosti zunanjega zraka za Mestno občino Maribor in sosednje občine za leto 2014. V Mariboru izvaja meritve kakovosti zunanjega zraka tudi Agencija RS za okolje (ARSO - MOP) iz Ljubljane v okviru državne mreže za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ). Poročilo enakovredno vključuje tudi te rezultate meritev.

Osnovni merilni mesti v letu 2014 v Mariboru sta bili Center in Vrbanski plato. Ostala merilna mesta, kjer se izvajajo stalne meritve, so namenjena ugotavljanju razporeditve kakovosti zraka v mestu in sosednjih občinah. Obseg meritev v merilni mreži Maribora in sosednjih občin in v državni mreži se glede na leto 2013 ni spremenil.

V letu 2014 so v Mariboru potekale meritve vseh onesnaževal, na katere se v skladu z zakonodajo nanašajo ukrepi za ohranjanje in izboljšanje kakovosti zunanjega zraka:

- na merilnem mestu Vrbanski plato so se v sklopu obeh merilnih mrež ugotavljali dušikov dioksid NO_2 , skupni dušikovi oksidi NO_x , ozon O_3 , delci PM_{10} (avtomatsko in referenčno) in $\text{PM}_{2,5}$, Ugotavljali so se tudi meteorološki parametri temperatura zunanjega zraka ter smer in hitrost vetra,
- meritve O_3 so potekale še na Pohorju, v občini Hoče – Slivnica,
- meritve delcev PM_{10} z referenčno merilno metodo so potekale še v Bistrici ob Dravi, Spodnjem Dupleku in Miklavžu na Dravskem polju,
- na merilnem mestu Center so v sklopu državne merilne mreže potekale stalne meritve NO_2 , NO_x , PM_{10} (referenčno in avtomatsko), $\text{PM}_{2,5}$, ogljikovega monoksida (CO) in benzena (C_6H_6), analize na policiklični aromatski ogljikovodik benzo(a)piren (b(a)p) in težke kovine (TK) v PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$, meteorološki parametri, od katerih navajamo le temperaturo zunanjega zraka.

V Centru in na Vrbanskem platoju potekajo istočasno meritve delcev PM_{10} z avtomatsko (neprekinjene ali kontinuirne meritve) in referenčno merilno metodo. Prve so namenjene obveščanju javnosti z najnovejšimi (urnimi in dnevnimi) podatki o koncentracijah onesnaževal v zunanjem zraku, medtem ko se vsi rezultati v tem poročilu nanašajo na meritve z referenčnim merilnikom, le dnevni hodi so iz avtomatskih meritev.

V poročilu so zbrane podrobnosti o meritvah ter končni rezultati iz obeh merilnih mrež. Podrobnejši rezultati so bili dostavljeni naročnikom v mesečnih poročilih. V tem poročilu so zbrani in obdelani tudi ostali rezultati analiz iz državne mreže, ki jih v mesečnih poročilih ni

bilo. Vse posamezne izmerjene vrednosti so bile ponovno pregledane in preračunane, tako da so v nadaljevanju vsi podatki in rezultati uradni ter nadomeščajo podatke iz mesečnih poročil. Vse rezultate meritev iz državne merilne mreže so obdelali na ARSO in za njih tudi jamčijo.

2 MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV

Podrobnejši podatki o merilnih mestih so v tabeli 2.1. Prostorsko je lega merilnih mest prikazana na sliki 2.1. Podatki o merilnih mestih glede na tip mesta in območja, njihovo značilnost in geografski opis so v tabeli 2.2.

Tabela 2.1: Merilna mesta: lokacija in parametri

Merilno mesto - naslov	Višina nad morjem in tlemi (m)	GKK y	GKK x	Parametri
Center – Titova cesta	266 + 4,0	550305	157415	(O ₃), NO _x , NO ₂ , PM ₁₀ (ref. in neref.), PM _{2,5} , C ₆ H ₆ , CO, TK in b(a)p v PM ₁₀ , TK v PM _{2,5} , temperatura zraka
Pohorje – Slivniško Pohorje 7, bolnišnica za pljučne bolezni	725 + 15	544682	148933	O ₃
Miklavž na Dravskem polju – Nad izviri 6, občina	258 + 1,5	554396	151110	PM ₁₀
Bistrica ob Dravi	288 + 1,5	542768	157164	PM ₁₀
Spodnji Duplek (Cesta 4. julija 82)	238 + 5,0	558130	151018	PM ₁₀
Vrbanski plato – vodarna Mariborskega vodovoda	280 + 4,0	548452	158497	O ₃ , NO _x , NO ₂ , PM ₁₀ (ref. in neref.), temperatura zraka, smer in hitrost vetra
Vrbanski plato – vodarna Mariborskega vodovoda	280 + 1,5	548451	158494	PM _{2,5} in TK v PM _{2,5}
Krekova/Tyrševa*	273 + 2,5	549921	157753	PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₀₁ , BC

*V okviru projekta PMinter¹ smo vzpostavili dodatno merilno mesto, poimenovano Krekova/Tyrševa (stoji na vogalu omenjenih ulic), na katerem merimo delce PM₁₀, PM_{2,5}, PM₀₁ in BC ter rezultate navajamo tudi v tem poročilu.

¹ PMinter: Medregijski vpliv ukrepov za varstvo zunanjega zraka pred onesnaževanjem z delci iz cestnega prometa in malih kurišč v slovensko – avstrijskem obmejnem prostoru. Podrobnosti o tem projektu so dosegljive na spletni strani projekta <http://www.pminter.eu>.

Tabela 2.2: Merilna mesta: tip, značilnost in opis

Merilno mesto	Območje	Tip mesta	Tip območja	Značilnost območja	Geogr. opis
Center	SI M	T	U	RC	16
Pohorje	SI 1	B	R	N	1
Bistrica ob Dravi	SI 1	B	S	RA	16
Vrbanski plato	SI M	B	U	A	16
Miklavž na Dravskem polju	SI 1	TB	U	RC	16
Spodnji Duplek	SI 1	B	S	RA	32
Krekova/Tyrševa	SI M	T	U	RC	16

Legenda:

Tip mesta:

B – ozadje
T – promet

Tip območja:

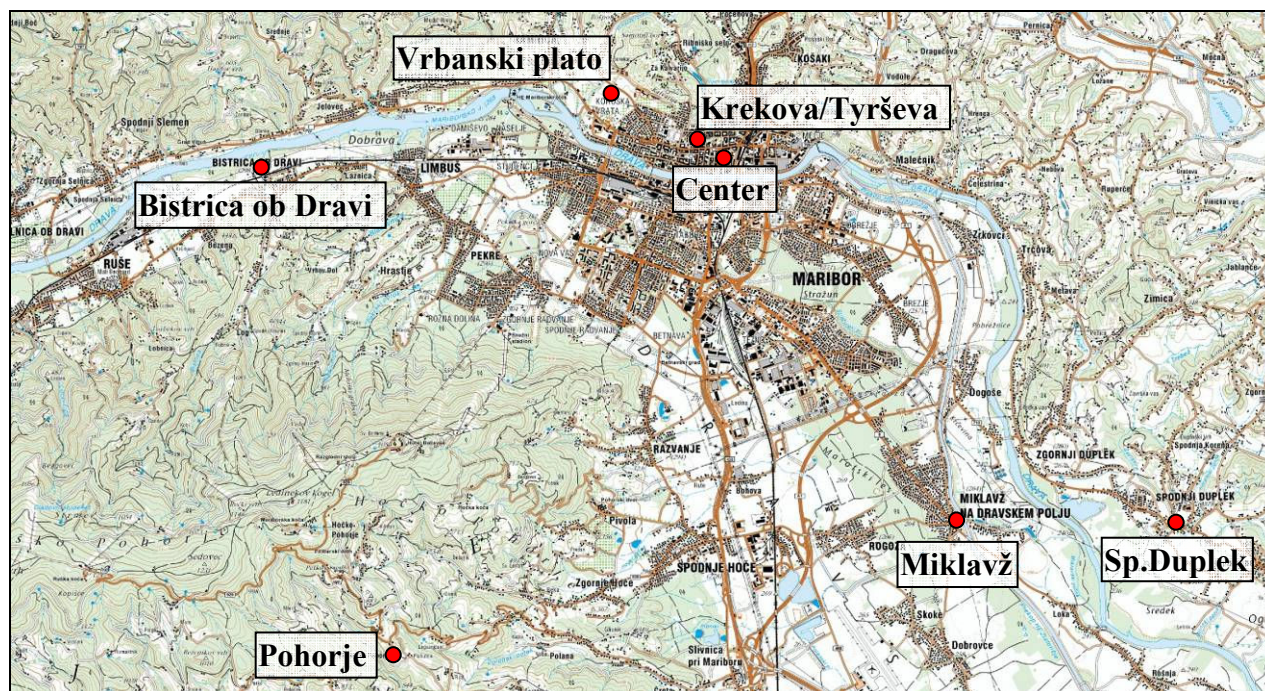
U - mestno
S - predmestno
R – podeželsko

Značilnost območja:

R – stanovanjsko
C – poslovno
I – industrijsko
A – kmetijsko
N – naravno

Geogr. opis:

1 - gorsko
16 - ravnina
32 - razgibano



Slika 2.1: Merilna mesta za spremljanje kakovosti zraka v Mariboru v letu 2014

Na fotografijah 2.1 do 2.5 so prikazana posamezna merilna mesta (lokacije merilne opreme so označene z belo puščico).



Fotografija 2.1: Merilna postaja na Vrbanškem platoju



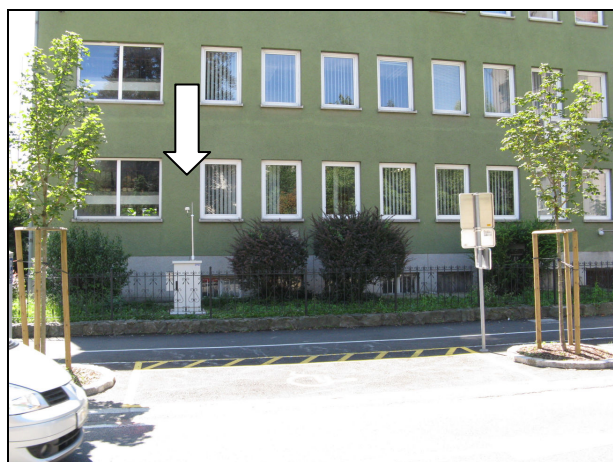
Fotografija 2.2: Merilo mesto v Bistrici ob Dravi



Fotografija 2.3: Merilno mesto v Spodnjem Dupleku



Fotografija 2.4: Merilno mesto v Miklavžu na Dravskem polju



Fotografija 2.5: Merilno mesto Krekova/Tyrševa v Mariboru

Pregled obsega in trajanja meritev na posameznih merilnih mestih, ki je predstavljen v tem poročilu, je v tabeli 2.3.

Tabela 2.3: Merilna mesta: parametri in trajanje meritev

Merilno mesto	Parameter	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
CENTER	NO ₂ , NO _x												
	PM ₁₀ (ref. in neref)												
	PM _{2,5} in TK v PM _{2,5}												
	b(a)p in TK v PM ₁₀												
	CO												
	C ₆ H ₆												
	temperatura												
VRBANSKI PLATO	NO _x , NO ₂ , O ₃												
	PM ₁₀ (ref. in neref)												
	PM _{2,5} in TK v PM _{2,5}												
	temperatura, smer in hitrost vetra												
POHORJE	O ₃												
BISTRICA OB DRAVI	PM ₁₀												
MIKLAVŽ	PM ₁₀												
DUPLEK	PM ₁₀												
KREKOVA/ TYRŠEVA	PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₀₁ , BC												

Legenda:

- obarvana polja pomenijo, da so meritve v tistem mesecu potekale.

3 METODOLOGIJA DELA

Meritve kakovosti zraka so vedno določitev koncentracij onesnaževal v območju analitike sledov (red velikosti 10^{-6} - 10^{-9}), zato zahtevajo analitsko opremo z visoko selektivnostjo, občutljivostjo, natančnostjo in stabilnostjo. Onesnaževala NO_x , NO_2 , O_3 , neref. PM_{10} , CO in C_6H_6 se določajo s posebno merilno opremo, katere rezultati so stalne koncentracije v realnem času (avtomatske meritve). Referenčne meritve PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ potekajo 24 ur, rezultati so dnevne koncentracije, ki so na voljo šele po tehtanju vzorčenih filtrov, kar je lahko tudi več kot 14 dni po vzorčenju. Za določitev benzo(a)pirena, tudi krajše b(a)p, v PM_{10} so potrebne kombinacije vzorčevalnih in analitskih metod; rezultati so znani šele po zaključku analiz.

Rezultati avtomatskih meritev so, po osnovnem preverjanju njihove ustreznosti in tvorjenju povprečnih vrednosti, na voljo za prenos.

3.1 MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNIH OBČIN

3.1.1 DUŠIKOVI OKSIDI (VRBANSKI PLATO)

$\text{NO-NO}_2\text{-NO}_x$ analizator Thermo Scientific, model 42i, deluje na principu kemiluminiscence. Uporabljena metoda je referenčna in opisana v standardu *SIST EN 14211*. Dušikov oksid (NO) v zunanjem zraku in ozon (O_3), ki ga tvori merilnik, v posebni komori medsebojno reagirata in proizvedeta dušikov dioksid (NO_2), pri tem pa se sprosti karakteristična svetloba (luminiscenca) z intenziteto, ki je premo sorazmerna koncentraciji NO : $\text{NO} + \text{O}_3 \Rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{hv}$.

Ker pa se v zraku nahajata tako NO kot NO_2 , je potrebno najprej ves NO_2 spremeniti v NO , kar se zgodi v $\text{NO}_2 \Rightarrow \text{NO}$ molibdenovem konverterju, segretem na $325\text{ }^\circ\text{C}$. Postopek meritve poteka v dveh fazah. Vzorceni zrak je v merilnik speljan do ventila, ki izmenično spušča zrak direktno v reakcijsko komoro, v tem primeru se ugotavlja koncentracija NO v vzorčenem zraku, ali preko $\text{NO}_2 \Rightarrow \text{NO}$ konverterja, za ugotavljanje skupnih dušikovih oksidov v vzorčenem zraku. Po drugi strani pa vstopi zrak v merilnik skozi pregrado, ki ga očisti in nato vodi skozi generator ozona, ki proizvede ozon za kemiluminiscenčno reakcijo. V reakcijski komori ozon reagira z NO , pri čemer se proizvede NO_2 , pri tem pa posebni senzor zazna količino nastale svetlobe. Določijo se koncentracije NO in NO_x , ki se shranijo v spomin, razlika v koncentracijah se uporabi za izračun NO_2 .

Tehnične karakteristike analizatorja:

<i>Merilno območje:</i>	0 - 20 ppm (0 – 38.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Spodnja meja določljivosti:</i>	< 0,40 ppb (< 0,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Linearnost:</i>	$\pm 1\%$ polne skale
<i>Pomik ničle (24 ur):</i>	< 0.40 ppb (< 0,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Stabilnost kalibracijske vrednosti:</i>	< 1 % odčitka

3.1.2 OZON (POHORJE)

UV absorpcijski analizator ozona Advanced Pollution Instrumentation Inc. (API), model 400, neprekinjeno analizira vsebnost O₃ v zraku. Delovanje bazira na UV absorpciji. Uporabljena metoda je referenčna in opisana v standardu *SIST EN 14625*.

Živosrebrna žarnica emitira UV svetlobo valovne dolžine 254 nm v stekleno merilno celico, kjer jo molekule ozona absorbirajo. Analizator vsakih 8 sekund izmenično polni celico z vzorčenim in očiščenim zrakom ter v obeh primerih meri povprečno svetlobno jakost, ki preide skozi zrak v celici. Razmerje med jakostjo svetlobe, ki preide skozi vzorčeni zrak in skozi zrak brez ozona, je osnova za izračun koncentracije ozona. Ta pa je odvisna še od drugih faktorjev. Temperatura vzorca in zračni pritisk vplivata na gostoto vzorca, ta spreminja število molekul ozona v cevi, kar vpliva na absorpcijo svetlobe. Za zmanjšanje tega vpliva analizator stalno meri temperaturo in pritisk ter za izračun koncentracije uporabi dejanske vrednosti. Na ugotavljanje ozona z UV absorpcijsko metodo lahko vplivajo tudi drugi plini, ki absorbirajo svetlobo uporabljene valovne dolžine. Analizator je bil uspešno testiran na zavračanje interferenčnih vplivov žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, vode in meta-ksilena.

Tehnične karakteristike analizatorja:

<i>Merilno območje:</i>	0.1-10.000 ppb (0,2 – 20.000 µg/m ³)
<i>Spodnja meja določljivosti:</i>	< 0.6 ppb (1,2 µg/m ³)
<i>Linearnost:</i>	boljša kot 1 % polne skale
<i>Natančnost:</i>	0.5 % odčitka
<i>Pomik ničle (24 ur)*:</i>	< 1.0 ppb (2 µg/m ³)
<i>Pomik ničle (7 dni)*:</i>	< 1.0 ppb (2 µg/m ³)
<i>Stabilnost kalibracijske vrednosti*:</i>	< 1 % odčitka

*pri konstantni temperaturi in napetosti

3.1.3 DELCI PM₁₀ (AVTOMATSKA METODA-TEOM)

Za meritve koncentracij delcev v zraku z avtomatsko merilno metodo je uporabljen merilnik TEOM 1400a, ki deluje na principu mikrotehtanja.

Črpalka s stalnim pretokom sesa vzorec zraka skozi celotno pot. Velikost vzorčenih delcev je odvisna od vzorčevalne glave, ki spusti v merilnik samo velikostno frakcijo delcev PM₁₀. Vstopni tok zraka se za vzorčevalno glavo loči na dva dela: merilnik in dodatni vzorčevalni del (ACCU), ki je podrobneje opisan v poglavju 3.1.5. Pot po merilniku se nadaljuje na filtru (iz steklenih vlaken, obložen s teflonom), kjer se delci ustavijo. Filter se tehta vsaki dve sekundi, razlika med trenutno težo filtra in težo praznega filtra (začetna teža ob zamenjavi filtra) da skupno maso na filtru zadržanih delcev. Iz izmerjene mase delcev in stalnega pretoka skozi napravo določi enota za vrednotenje rezultatov trenutno koncentracijo delcev PM₁₀ v zraku. Tehtanje filtra poteka po principu TEOM (Tapped Element Oscilating Mikrobalance) – mikrotehtanje oscilirajočega elementa. Spreminjajoča masa steklenega elementa, ki je zaključen s filtrom, povzroči spremembo frekvence njegovega nihanja. Iz spremembe frekvence se določi sprememba mase elementa s filtrom.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	3.0 l/min
<i>Merilno območje:</i>	vsaj 5-5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Spodnja meja določljivosti:</i>	pod 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Enkrat letno se preverjata stalnost pretoka in koncentracija (z maso referenčnega filtra).

3.1.4 DELCI PM₁₀ (REFERENČNA METODA)

Delce PM₁₀ vzorči vzorčevalnik z nizkim volumskim pretokom (LVS). Velikost vzorčenih delcev je odvisna od vzorčevalne glave, ki spusti v merilnik samo velikostno frakcijo delcev PM₁₀. Uporabljamo merilnike proizvajalcev Leckel (SEQ47/50) in Tecora (Skypost PM HV). Meritve potekajo v skladu z referenčno merilno metodo za delce PM₁₀: *Določevanje frakcije PM₁₀ lebdečih trdnih delcev – Referenčna metoda in terenski preskusni postopek za potrditev ustreznosti merilnih metod, standard SIST EN 12341:2000*. Merilnik zagotavlja stalni pretok skozi napravo. Vzorčenje poteka na filtrih - uporabljajo se stekleni filtri Munktell premera 47 mm. Masa delcev na filtru se določi s tehtanjem filtrov v laboratoriju pred vzorčenjem in po njem. Natančnost tehtanja je 0,00001 g. Vzorčenje na posamezen filter poteka približno od 0.00 ure začetnega dne do 0.00 ure naslednjega dne.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	2,3 m ³ /h
<i>Merilno območje:</i>	vsaj 1-5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Spodnja meja določljivosti:</i>	pod 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

3.1.5 METEOROLOŠKI PARAMETRI

Temperatura zraka se ugotavlja v sklopu merilnika delcev TEOM. Senzor je nameščen ob vzorčevalni glavi na višini okoli 4 m.

Smer in hitrost vetra ugotavljamo z merilnim sistemom za merjenje in logiranje podatkov o vetru, proizvajalca AMES d.o.o. Ljubljana. Sestavljata ga senzor KVT 60A (6 bitna smer) in logger za shranjevanje povprečij. Prenos podatkov poteka preko vmesnika RS232 na prenosni računalnik. Meritve potekajo na višini okoli 5 m od tal, na merilnem kontejnerju.

3.1.6 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI

Kakovost meritev se zagotavlja na več nivojih in sicer:

1. Dnevne funkcijske kontrole:
 - a. Na merilniku ozona in dušikovih oksidov poteka dnevno samodejno preverjanje (funkcijska kontrola);
2. Notranje preverjanje:
 - a. Pri referenčnih merilnikih delcev (PM₁₀) se vsake tri mesece vrši preverjanje pretoka z referenčno plinsko uro in tesnosti sistema;
3. Zunanje preverjanje:
 - a. Pri merilniku ozona se vsakih šest mesecev vrši preverjanje merilnikov z zunanjim izvorom s strani serviserja opreme;
 - b. Pri merilnikih dušikovih oksidov se vsake tri mesece vrši preverjanje z zunanjim izvorom – kalibracijskim plinom – s strani serviserja opreme;
 - c. Avtomatski merilnik delcev (TEOM) se preveri enkrat letno z referenčnim filtrom in merilcem pretoka s strani serviserja opreme;

- d. Merilniki ozona in dušikovih oksidov se, če je le to mogoče, preverjajo v Umerjevalnem laboratoriju na ARSO;
- e. Referenčni merilniki delcev so vključeni v primerjalne meritve, ki jih organizira ARSO.

3.2 MERILNO MESTO KREKOVA/TYRŠEVA

3.2.1 DELCI PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁ (AVTOMATSKA METODA-GRIMM)

Merilnik določa koncentracije delcev PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁ v realnem času na principu sipanja svetlobe in štetja delcev v vzorcu, ki se zajema s pretokom 1,2 l/min skozi cev za vzorec. Na podlagi rezultatov se prašni delci razdelijo v kategorije in s tem določijo zahtevane frakcije delcev (PM₁₀ in PM_{2,5}).

Vsi merilniki serije 180 delujejo na tehnologiji sipanja svetlobe (90°) v optični komori za štetje posameznih delcev, kjer je polprevodnik (laser) uporabljen kot izvir svetlobe. Večkanalni klasifikator zazna število delcev v vzorcu zraka, ki se nato razvrstijo v zelene velikostne frakcije. Rezultati meritev so skladiščeni na spominski kartici, pošiljajo se tudi po vodilu RS-232 za nadaljnjo analizo ali obdelavo.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	1,2 l/min
<i>Velikost delcev:</i>	0,25-32 µg/m ³
<i>Masa delcev:</i>	med 1 in 1500 µg/m ³

Preveritev merilnika se izvede, v skladu z proizvajalčevimi navodili, enkrat letno v ustrezni inštituciji. Hkrati se opravi tudi redni vzdrževalni servis.

3.2.2 ČRNI OGLJIK

Meritve se izvajajo z merilnikom Aethalometer. Zrak se vzorči s pretokom nekaj litrov na minuto skozi filterski trak iz kvarčnih vlaken. Nad filtrom je izvir svetlobe, pod njim pa detektorji, ki merijo prepustnost traku za svetlobo. Koncentracijo črnega ogljika izračunamo iz atenuacije svetlobe z valovno dolžino 880 nm. Na delu filtra, skozi katerega teče zrak, se nabirajo aerosoli. Absorpcijo (oziroma atenuacijo) merimo relativno glede na vzporedno meritev meritev optične prepustnosti referenčnega dela istega filtra, skozi katere zrak ne teče. Atenuacija je definirana kot logaritem razmerja meritve intenzitete svetlobe pod referenčnim delom filtra in delom, na katerem se nabirajo aerosolizirani delci. Postopno nabiranje ogljičnih aerosolov, ki absorbirajo svetlobo, povzroči postopno padanje optične prepustnosti filtra oziroma rast atenuacije. Iz meritev prepustnosti svetlobe določi merilnik povečanje atenuacije, to potem z znanim presekom optične absorpcije na enoto mase črnega ogljika preračuna v koncentracijo črnega ogljika izraženo v nanogramih na kubični meter. Svetlobni izvir so svetleče diode s spektri, ki imajo maksimume pri valovnih dolžinah 370 nm, 520 nm, 590 nm, 660 nm, 880 nm in 950 nm. Merjenje absorpcije svetlobe pri različnih valovnih dolžinah nam opiše odvisnost absorpcijskega koeficienta od valovne dolžine, ta pa je specifična glede na vir onesnaženja.

3.3 DRŽAVNA MERILNA MREŽA (CENTER IN VRBANSKI PLATO)

Podatki o merilni opremi v državni merilni mreži so v tabeli 3.1. Za vse meritve se uporabljajo referenčne merilne metode. Avtomatski merilniki so testirani po predpisih ameriške agencije za okolje (Environmental Protection Agency, EPA).

Tabela 3.1: Merilna oprema in metode merjenja za avtomatske meritve v mreži DMKZ²

Onesnaževalo	Tip merilnika/vzorčevalnika	Merilni princip
SO ₂	MLU, ML	ultravijolična fluorescenca
NO ₂	MLU, API, TEI	kemoluminiscenca
O ₃	MLU, API, TEI	ultravijolična fotometrična metoda
CO	MLU	nedisperzivna infrardeča absorpcija
VOC	AirmoVOC	plinski kromatograf
PM ₁₀	TEOM, TEOM-FDMS referenčni merilnik Leckel, Digital, Derenda	oscilirajoča mikrotehnika gravimetrična metoda
PM _{2,5}	referenčni merilnik	gravimetrična metoda
Ioni v delcih PM _{2,5} in PM ₁₀	referenčni merilnik	gravimetrična metoda ionska kromatografija
EC/OC v delcih PM _{2,5} in PM ₁₀	referenčni merilnik	gravimetrična metoda OC/EC analizator z optično korekcijo
Težke kovine v delcih PM ₁₀	referenčni merilnik	gravimetrična metoda ICP-MS metoda
Polciklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM ₁₀ (PAH)	referenčni merilnik	gravimetrična metoda plinskim kromatografom sklopljen z masnim spektrometrom (GC-MS),
Levoglukoza v PM ₁₀	referenčni merilnik	gravimetrična metoda ionska kromatografija
Elementarno živo srebro v zraku	Mercury Instruments Analytical Technologies	atomska absorpcijska spektroskopija hladnih par
SO ₄ ²⁻ (g), SO ₄ ²⁻ (p), NO ₃ ⁻ (p)+HNO ₃ (g), NH ₄ ⁺ (p)+NH ₃ (g), Na ⁺ (p), K ⁺ (p), Ca ²⁺ (p), Mg ²⁺ (p), Cl ⁻ (p)	NILU EK vzorčevalnik zraka	ionska kromatografija
NO _x (g)	NILU SS200 vzorčevalnik zraka	Spektro fotometrija

Legenda:

- (g) - plinasta faza
- (p) - delec (trdni in/ali kapljica)

Senzorji za meteorološke parametre so nameščeni na drogu nad merilno postajo.

Podrobneje je princip delovanja merilne opreme opisan v predhodnih poglavjih, kjer ARSO uporablja enako merilno opremo, oziroma v rednih letnih poročilih ARSO. Dodatno opisujemo le FDMS sistem, ki je priključen na avtomatski merilnik delcev PM₁₀ TEOM. FDMS (Filter Dynamics Measurements System) zagotavlja, da merilnik ugotavlja nehlapni in hlapni del; slednji se pri običajnem avtomatskem merilniku zaradi povišane temperature v merilnem delu sicer izgubi, kar se kompenzira z upoštevanjem korekcijskega faktorja.

Zagotavljanje kakovosti meritev in analiz je podrobneje opisano v rednih letnih poročilih ARSO. Vsi merilniki so testirani v Umerjevalnem laboratoriju ARSO, ki ima veljaven status referenčnega laboratorija za področje kakovosti zunanjega zraka, v predpisanih časovnih obdobjih v skladu z zakonodajo in standardi.

² Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2012, Ministrstvo kmetijstvo in okolje, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, ISSN 1855-0827, september 2013

4 ZAKONSKI OKVIR

Za meritve kakovosti zraka in oceno koncentracij posameznih onesnaževal v zraku veljajo:

- Uredba o kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 9/11,
- Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku, Ur. l. RS št. 56/06,
- Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 55/11,
- Odredba o določitvi območja in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 50/11,
- Sklep o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 58/11,
- Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS 6/15,
- Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS 8/15,
- Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor, Ur. l. 108/13.

Mejne in ciljne vrednosti za varovanje zdravja ljudi so za vsa onesnaževala v tabeli 4.1.

Tabela 4.1: Mejne vrednosti za varovanje zdravja ljudi

Onesnaževalo	Enota	URNA		DNEVNA		LETNA
		Mejna	ŠT	Mejna	ŠT	Mejna
žveplov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	350	24	125	3	
dušikov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200	18			40
ozon	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	120**	25***			
delci PM_{10}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			50	35	40
delci $\text{PM}_{2,5}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$					26 ¹ /25**
benzen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$					5
ogljikov monoksid	mg/m^3	10*				
benzo(a)piren	ng/m^3					1**
svinec	$\mu\text{g}/\text{m}^3$					0,5
arzen	ng/m^3					6**
kadmij	ng/m^3					5**
nikelj	ng/m^3					20**

ŠT dovoljeno število preseganj v koledarskem letu

* osemurna mejna vrednost

** ciljna vrednost

*** v koledarskem letu triletnega povprečja

¹ mejna vrednost za $\text{PM}_{2,5}$ za leto 2014

Kadar se za oceno zahteve mejne vrednosti za PM_{10} uporabijo naključne meritve, je treba oceniti percentilno vrednost 90,4 % namesto števila preseganj. Za skladnost z mejno vrednostjo, mora biti percentilna vrednost nižja ali enaka mejni dnevni vrednosti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kritični vrednosti za varstvo rastlin za žveplov dioksid in skupne dušikove okside sta v tabeli 4.2. Oceno tveganj za rastlinstvo in naravne ekosisteme zaradi onesnaženosti zraka in skladnosti s kritičnimi vrednostmi se izvaja na krajih zunaj pozidanih območij.

Tabela 4.2: Kritični vrednosti za varstvo rastlin

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Kritična vrednost
skupni dušikovi oksidi	koledarsko leto in zima	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
žveplov dioksid	koledarsko leto in zimski čas	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ciljna vrednost za varstvo rastlin za ozon kot povprečje v obdobju petih let, ki se uporablja od 1. januarja 2010, je v tabeli 4.3.

Tabela 4.3: Ciljna vrednost za varstvo rastlin

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Ciljna vrednost
ozon*	od maja do julija	18.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h

* AOT40 se izračuna kot vsota razlike med izmerjenimi urnimi koncentracijami, večjimi od 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in vrednostjo 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, izmerjenih vsak dan med 8.00 in 20.00 uro.

Opozorilna in alarmna vrednost za ozon sta v tabeli 4.4.

Tabela 4.4: Opozorilna in alarmna vrednost za ozon

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Opozorilna / alarmna* vrednost
ozon	1 ura	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ozon	1 ura (tri zaporedne ure)	240* $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Alarmni vrednosti za žveplov in dušikov dioksid sta v tabeli 4.5.

Tabela 4.5: Alarmni vrednosti za žveplov in dušikov dioksid

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Alarmna vrednost
žveplov dioksid	3 zaporedne ure	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
dušikov dioksid	3 zaporedne ure	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Vrednosti zgornjega in spodnjega ocenjevalnega praga za onesnaževala, ki so obravnavana v tem poročilu, so v tabelah 4.6 in 4.7.

Preseganje zgornjega in spodnjega ocenjevalnega praga je treba določiti na podlagi koncentracij v preteklih petih letih, kadar je na voljo dovolj podatkov. Šteje se, da je ocenjevalni prag presežen, kadar je bil presežen vsaj v treh posameznih letih iz obdobja petih let. Za ozon ocenjevalna pragova nista predpisana.

Tabela 4.6: Vrednosti zgornjega ocenjevalnega praga

Onesnaževalo	Enota	URNA	URNA	DNEVNA	DNEVNA	LETNA
		mejna	ŠT	mejna	ŠT	mejna
dušikov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	140	18	-	-	32
dušikovi oksidi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	24
delci PM_{10}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	35	35	28
delci $\text{PM}_{2,5}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	17
ogljikov monoksid	mg/m^3	-	-	-	-	7
benzen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	3,5
svinec	ng/m^3	-	-	-	-	350
kadmij	ng/m^3	-	-	-	-	3,0
arzen	ng/m^3	-	-	-	-	3,6
nikelj	ng/m^3	-	-	-	-	14
benzo(a)piren	ng/m^3	-	-	-	-	0,6

Tabela 4.7: Vrednosti spodnjega ocenjevalnega praga

Onesnaževalo	Enota	URNA	URNA	DNEVNA	DNEVNA	LETNA
		mejna	ŠT	mejna	ŠT	mejna
dušikov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	18	-	-	26
dušikovi oksidi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	19,5
delci PM_{10}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	25	35	20
delci $\text{PM}_{2,5}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	12
ogljikov monoksid	mg/m^3	-	-	-	-	5
benzen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	2,0
svinec	ng/m^3	-	-	-	-	250
kadmij	ng/m^3	-	-	-	-	2,0
arzen	ng/m^3	-	-	-	-	2,4
nikelj	ng/m^3	-	-	-	-	10
benzo(a)piren	ng/m^3	-	-	-	-	0,4

Najmanjša časovna pokritost podatkov za neprekinjene meritve na stalnem merilnem mestu za NO_2 , NO_x , O_3 , PM_{10} , benzen in CO je v skladu s Pravilnikom 90 %, za težke kovine 50 % in za benzo(a)piren 33 %. V primeru, da rezultati ne dosegajo najmanjše časovne pokritosti, so informativne narave in niso reprezentativni za celotno leto. Kjer so ti rezultati enakomerno razporejeni preko koledarskega leta, jih kljub temu uporabimo za primerjavo z normativnimi letnimi vrednostmi in pri letnih trendih.

Za indikativne meritve (meritve, ki se izvajajo manj pogosto, vendar izpolnjujejo druge cilje glede kakovosti podatkov) je najmanjša časovna pokritost za vsa onesnaževala 14 %, enakomerno razporejeno preko koledarskega leta.

Naključne meritve se lahko uporabijo namesto neprekinjenih meritev za delce, če se dokaže, da negotovost pri meritvah, vključno z negotovostjo pri meritvah zaradi naključnega vzorčenja, izpolnjuje cilj kakovosti 25 % in je časovna pokritost še vedno večja od najmanjše časovne pokritosti za indikativne meritve. Naključno vzorčenje mora biti enakomerno porazdeljeno čez vse leto, da ne pride do nesimetričnosti rezultatov. Kot naključne meritve obravnavamo meritve delcev PM_{10} v Miklavžu, Dupleku in Bistrici ob Dravi, meritve benzo(a)pirena in težkih kovin v PM_{10} v Centru ter meritve težkih kovin v $PM_{2,5}$ v Centru in na Vrbanškem platoju.

Uredba o kakovosti zunanjega zraka razvršča posamezna območja in aglomeracije v I. ali II. stopnjo onesnaženosti zraka:

- I. stopnja onesnaženosti zraka se določi, če raven onesnaževala presega mejne ali ciljne vrednosti ali če obstaja tveganje, da bo raven onesnaževala presegla alarmno vrednost
- II. stopnja onesnaženosti zraka se določi, če raven onesnaževala ne presega mejne ali ciljne vrednosti.

5 REZULTATI MERITEV

Podrobnejši rezultati meritev so bili predstavljeni v mesečnih poročilih. Vse posamezne izmerjene vrednosti so bile ponovno pregledane in preračunane, tako da so v nadaljevanju vsi podatki in rezultati uradni ter nadomeščajo podatke iz mesečnih poročil. V tem poglavju navajamo povprečne letne vrednosti, povprečne in najvišje vrednosti za posamezna merilna obdobja, kratkotrajne vrednosti, število preseganj ter druge vrednosti v primerjavi z normativnimi vrednostmi. Rezultati stalnih meritev so pridobljeni iz polurnih oziroma urnih podatkov. Referenčne meritve delcev in njihove analize so dale dnevne (od 0:00 do 24:00 tekočega dne) koncentracije. Rezultati v posameznih tabelah, osenčeni z zeleno barvo, pomenijo, da ni bilo preseganj normativnih vrednosti, osenčeni z rdečo pa pomenijo preseganje. Poudarjena vrednost v tabeli pomeni preseganje predpisane kratkotrajne mejne vrednosti, vendar pa je za končno oceno merodajno le skupno število preseganj. »Zimski čas« se nanaša na mesece januar, februar, marec ter oktober, november in december v tekočem letu, »Poletni čas« predstavlja mesece april do september. Rezultate iz državne merilne mreže so posredovali iz Agencije RS za okolje, kjer so jih tudi obdelali in zanje odgovarjajo.

Neprekinjene meritve v daljšem časovnem obdobju omogočajo spremljanje značilnih potekov kakovosti zraka v posameznih dnevih, mesecih, letnih časih ter ugotavljanje dolgoročnih potekov kakovosti zraka, kar imenujemo hodi. Prikaz urne, dnevne ali mesečne časovne odvisnosti koncentracij v obliki hoda, ki ima običajno za posamezno onesnaževalo značilen potek, odraža dinamiko onesnaževanja zraka in nakazuje na možne vire. Dnevni hodi, za katere so uporabljena drseča dvourna povprečja, so izdelani za vsa onesnaževala, ki se ugotavljajo neprekinjeno.

Prav tako v nadaljevanju prikazujemo tabelarično in na slikah poteke stanja kakovosti zraka z merjenimi onesnaževali v celotnem dosedanjem merilnem obdobju, kjer je poudarjen tudi trend gibanja srednjih letnih koncentracij. Iz teh podatkov lahko sklepamo na uspešnost ukrepov za izboljšanje stanja oziroma drugih aktivnosti v mestu in okolici na področju cestne prometne infrastrukture, daljinskih sistemov in drugega.

Meritve kakovosti zraka so potekale istočasno v okviru državne merilne mreže v Centru in v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin. Primerjava teh potekov nakazuje na prostorsko razporeditev onesnaženosti zraka s posameznimi onesnaževali. Pri primerjavi rezultatov teh meritev pa je potrebno upoštevati le obdobja, ko so meritve potekale sočasno.

5.1 DUŠIKOVI OKSIDI

5.1.1 Dušikov dioksid

Meritve kakovosti zraka z dušikovim dioksidom v Centru potekajo od leta 1992, na Vrbanskem platu pa od leta 2011. Rezultati meritev za leto 2014 so v tabeli 5.1.

Tabela 5.1: Kakovost zraka z NO₂ - merilni mesti Center in Vrbanski plato

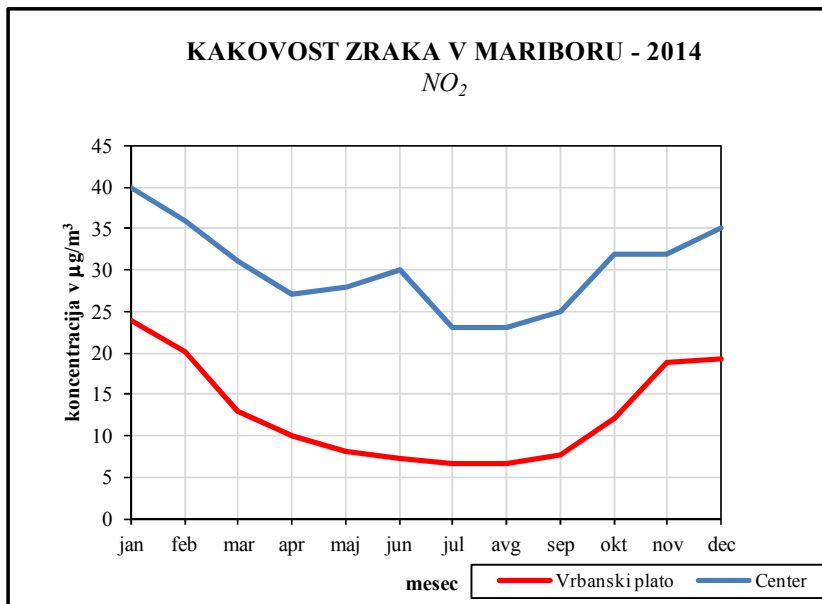
Količina	Center ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vrbanski plato ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mejna
<i>Delež veljavnih urnih podatkov</i>	100 %	98 %	90 %
<i>Letna srednja vrednost</i>	30	13	40
<i>Zimski čas</i>	34	18	
<i>Poletni čas</i>	26	8	
<i>C₁ max</i>	120	83	200
<i>Število preseganj C₁</i>	0	0	18

Mejna letna vrednost ter mejna urna vrednost na nobenem merilnem mestu nista bili preseženi. V Centru so bile koncentracije višje kot na Vrbanskem platu.

Na sliki 5.1 so srednje mesečne koncentracije NO₂, v tabeli 5.2 pa še srednje mesečne vrednosti ter najvišje urne vrednosti v pripadajočih mesecih v posameznem mesecu za Center in Vrbanski plato za leto 2014.

Tabela 5.2: Srednje mesečne in najvišje urne vrednosti NO₂ v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v pripadajočih mesecih - merilni mesti Center in Vrbanski plato

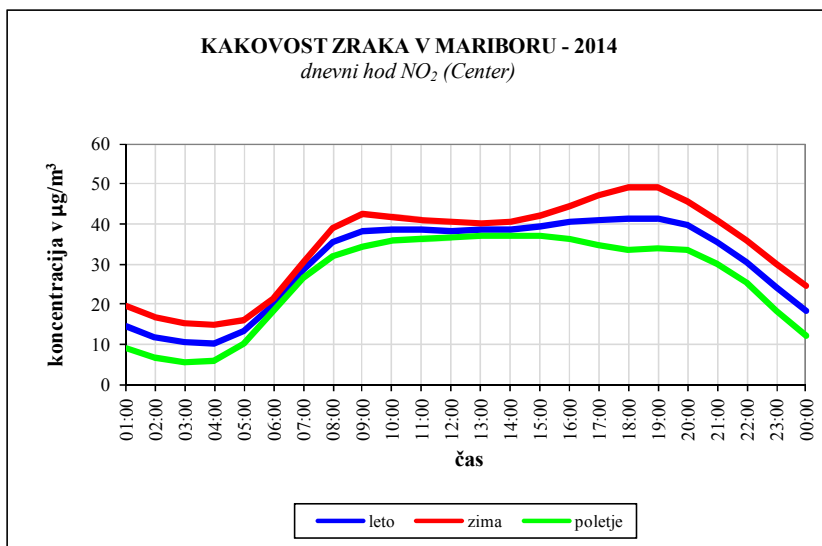
mesec	Center		Vrbanski plato	
	mesec	ura	mesec	ura
<i>januar</i>	40	107	24	83
<i>februar</i>	36	107	20	83
<i>marec</i>	31	103	13	59
<i>april</i>	27	98	10	60
<i>maj</i>	28	96	8	46
<i>junij</i>	30	99	7	31
<i>julij</i>	23	78	7	29
<i>avgust</i>	23	72	7	31
<i>september</i>	25	93	8	37
<i>oktober</i>	32	87	12	55
<i>november</i>	32	92	19	64
<i>december</i>	35	120	19	76



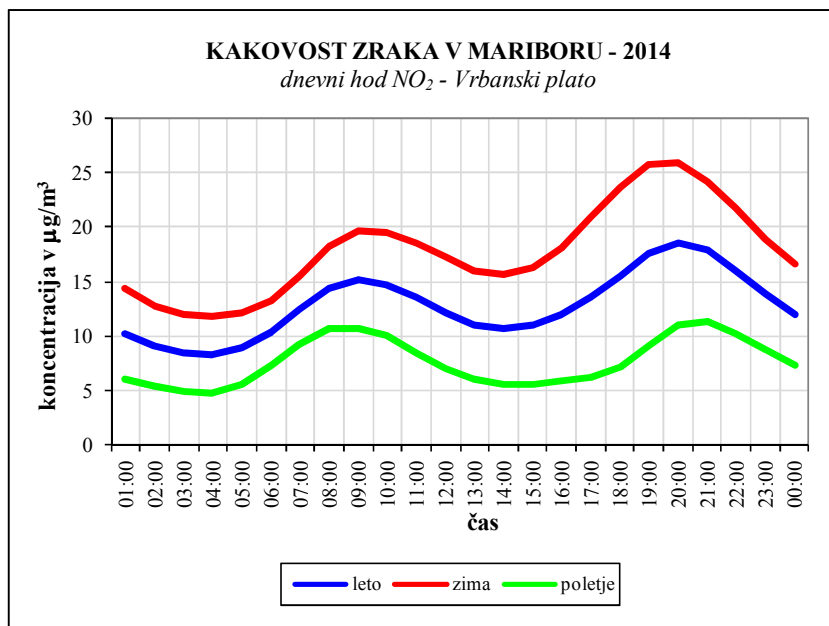
Slika 5.1: Koncentracije NO₂, merilni mesti Center in Vrbanski plato

Mesečna poteka kažeta na obeh merilnih mestih podobne značilnosti z nižjimi vrednostmi v poletnem času in višjimi v času najnižjih zunanjih temperatur. V zimskem času je nastajanje ozona manj intenzivno kot v poletnem času, kar pomeni, da se dušikov dioksid za tvorbo ozona ne porablja. Razen tega so emisije v zimskem času višje, saj obratujejo še kurišča.

Dnevni hod koncentracij NO₂ v Centru za leto 2014 je na sliki 5.2, na Vrbanskem platoju pa na sliki 5.3.



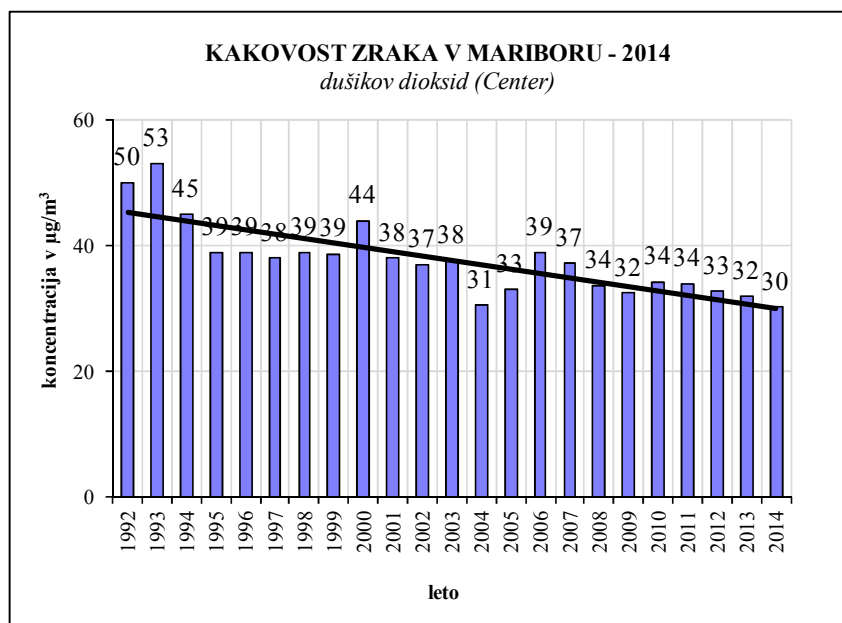
Slika 5.2: Dnevni hod, dušikov dioksid, merilno mesto Center



Slika 5.3: Dnevni hod, dušikov dioksid, *merilno mesto Vrbanski plato*

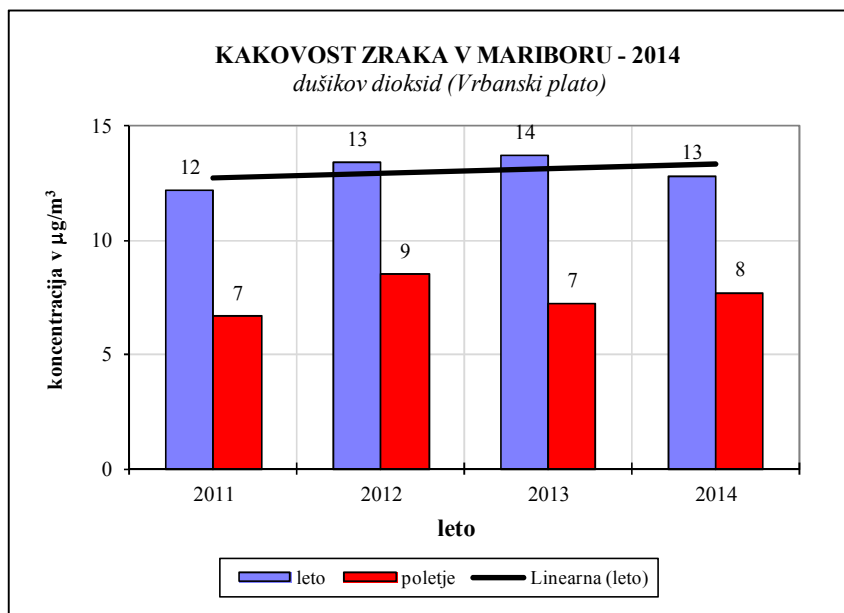
Vključevanje NO₂ v nastanek in razpad ozona je razvidno tudi iz dnevni hodov. V zgodnjem jutranjem času so vrednosti nizke, saj so viri malo aktivni, te snovi pa so vpletene tudi v razpad ozona, kar je še posebej opazno v poletnem času. Naraščanje v jutranjem času je posledica svežih emisij iz vplivnih virov (promet, kurišča), ki se hitro po sončnem vzhodu prekine zaradi vključevanja v nastanek ozona. Vrh je v Centru višji, vendar manj izrazit. Preko dneva koncentracije upadejo, na Vrbanskem platoju bolj kot v Centru, saj se več snovi porabi za nastanek ozona, kot je emitirajo viri. Proti večeru pozimi so koncentracije najvišje v dnevu, še vedno so prisotne sveže emisije, fotokemični procesi v atmosferi se prenehajo, saj je sončna svetloba že precej šibka. Po 19. uri se emisije znižujejo, preostali NO₂ pa se vključi v razpad ozona.

Srednje letne koncentracije NO₂ v Centru v letih 1992-2014 so na sliki 5.4, na Vrbanskem platoju v letih 2011-2014 pa na sliki 5.5.



Slika 5.4: Dušikov dioksid 1992-2014, merilno mesto Center

Najvišje koncentracije NO₂ v Centru so bile leta 1993, nato so se postopno zniževale in dosegle najnižjo vrednost leta 2014. Letno povprečje 2014 je bilo najnižje doslej ter že od leta 2001 pod mejno letno vrednostjo. Še vedno lahko govorimo o trendu upadanja vsebnosti dušikovega dioksida v zunanjem zraku.



Slika 5.5: Dušikov dioksid 2011-2014, merilno mesto Vrbanjski plato

Leta 2014 so bile koncentracije dušikovega dioksida na Vrbanjskem platoju podobne kot leta pred tem.

5.1.2 Dušikovi oksidi

Meritve kakovosti zraka s skupnimi dušikovimi oksidi v Centru potekajo od leta 1997, na Vrbanskem platoju pa od leta 2011. Rezultati meritev za leto 2014 so v tabeli 5.3.

Tabela 5.3: Kakovost zraka z NO_x - merilni mesti Center in Vrbanski plato

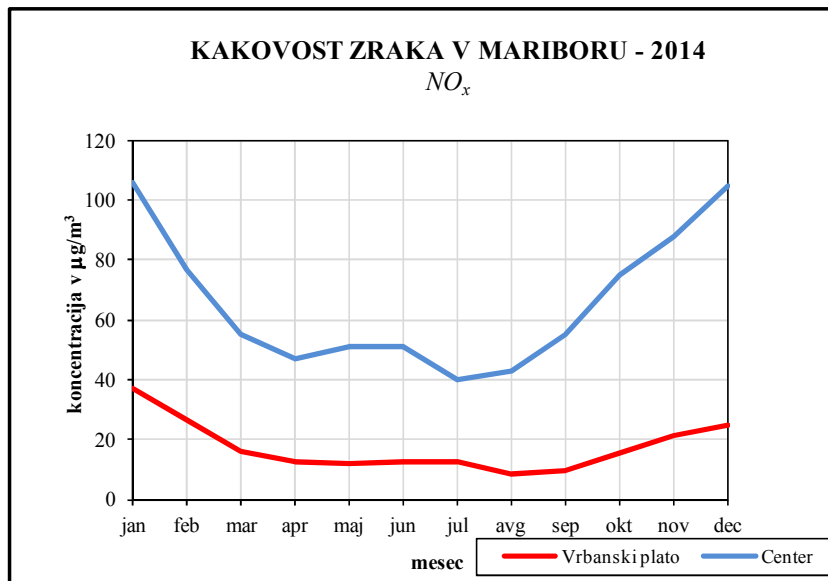
Količina	Center (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Kritična
<i>Delež veljavnih urnih podatkov</i>	100 %	98 %	90 %
<i>Letna srednja vrednost</i>	66	17	30
<i>Zimski čas</i>	84	23	30
<i>Poletni čas</i>	48	11	

Oceno tveganj za rastlinstvo in naravne ekosisteme zaradi onesnaženosti zraka in skladnosti s kritičnimi vrednostmi se izvaja le na krajih zunaj pozidanih območij, zato izmerjenih vrednosti v Centru ne ocenjujemo. Srednja letna koncentracija skupnih dušikovih oksidov je bila na Vrbanskem platoju pod kritično vrednostjo za varstvo rastlin, prav tako srednja vrednost samo v zimskem času. Koncentracije v Centru so precej višje kot na Vrbanskem platoju.

Na sliki 5.6 so srednje mesečne koncentracije NO_x za lokaciji Center in Vrbanski plato, v tabeli 5.4 pa še najvišje urne vrednosti v posameznem mesecu za Center in Vrbanski plato za leto 2014.

Tabela 5.4: Srednje mesečne in najvišje urne vrednosti NO_x v µg/m³ v pripadajočih mesecih - merilni mesti Center in Vrbanski plato

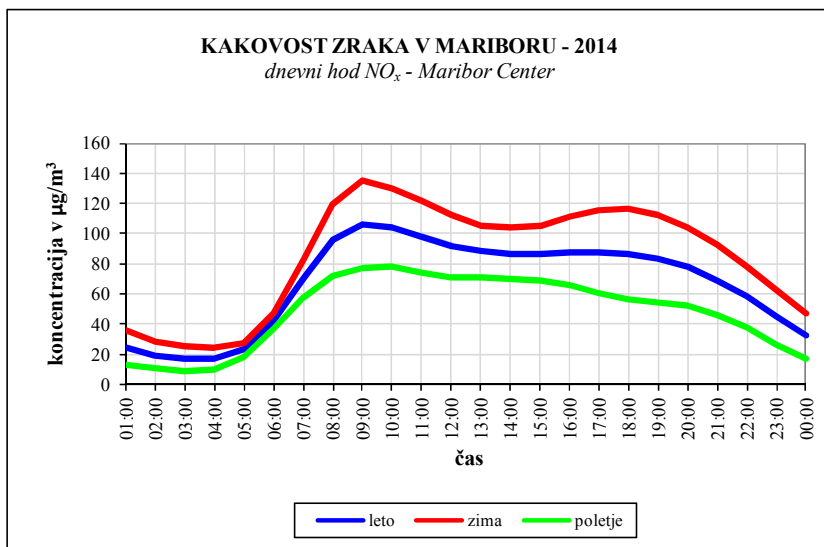
mesec	Center		Vrbanski plato	
	mesec	ura	mesec	ura
<i>januar</i>	106	541	37	246
<i>februar</i>	77	388	26	174
<i>marec</i>	55	210	16	79
<i>april</i>	47	251	13	85
<i>maj</i>	51	275	12	84
<i>junij</i>	51	207	12	37
<i>julij</i>	40	152	13	48
<i>avgust</i>	43	169	9	56
<i>september</i>	55	297	9	74
<i>oktober</i>	75	379	15	126
<i>november</i>	88	353	22	99
<i>december</i>	105	765	25	279



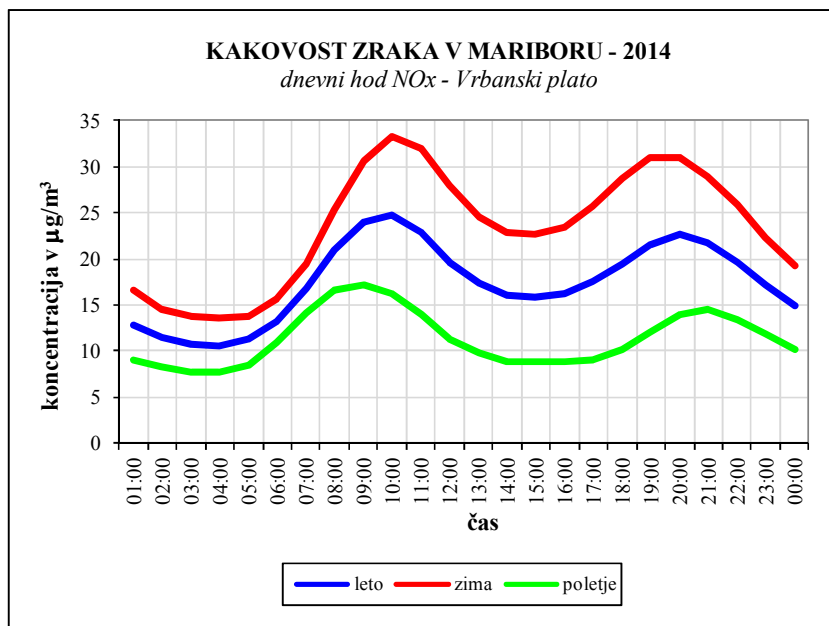
Slika 5.6: Koncentracije NO_x, merilni mesti Center in Vrbanški plato

Srednje mesečne koncentracije NO_x kažejo značilen potek z višjimi vrednostmi v zimskem času, saj so nižje vrednosti poleti posledica sodelovanja pri nastanku ozona, pa tudi emisij je več v zimskem času. Koncentracije so precej višje v Centru kot na Vrbanškem platoju, ki predstavlja mestno ozadje.

Dnevni hod NO_x za leto 2014 v Centru je na sliki 5.7, na Vrbanškem platoju pa na sliki 5.8.



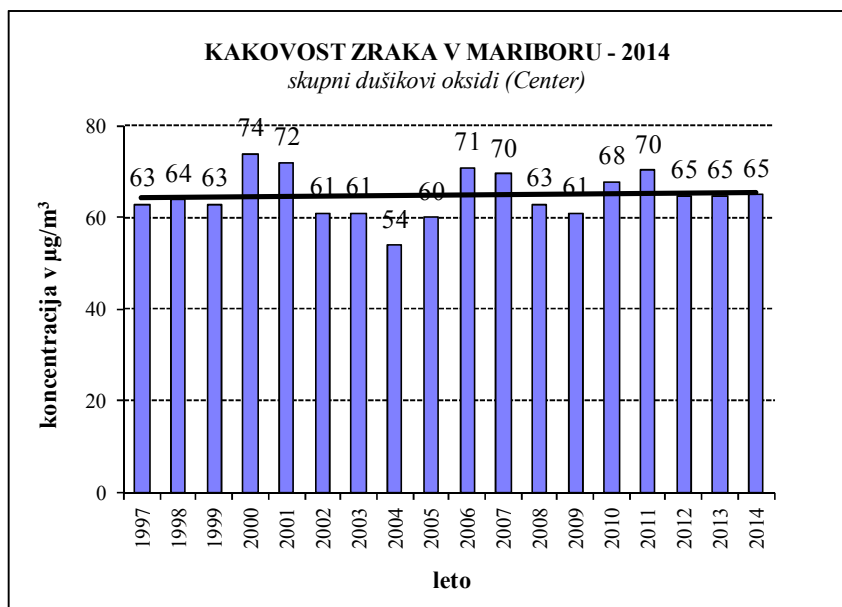
Slika 5.7: Dnevni hod skupni dušikovi oksidi, merilno mesto Center



Slika 5.8: Dnevni hod skupni dušikovi oksidi, merilno mesto Vrbanjski plato

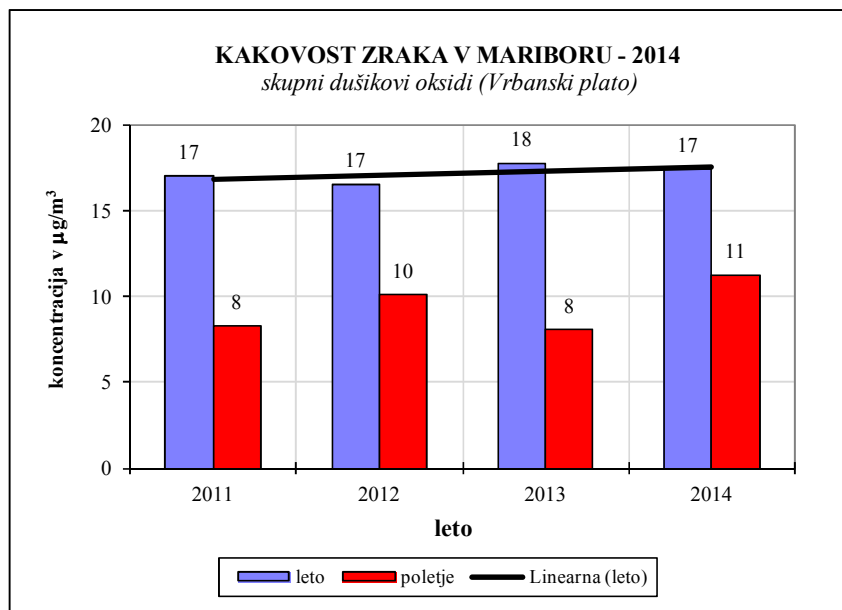
Dnevni hodi koncentracij skupnih dušikovitih oksidov so podobni hodom dušikovega dioksida. Jutranji vrhovi so tako v Centru in na Vrbanjskem platoju višji od večernih. Razlike med dnevnimi in nočnimi vrednostmi pa so višje kot pri NO₂.

Slika 5.9 prikazuje potek srednjih letnih koncentracij skupnih dušikovitih oksidov, izmerjenih od leta 1997 na merilnem mestu Center, na Vrbanjskem platoju v letih 2011-2014 pa na sliki 5.10.



Slika 5.9: Skupni dušikovi oksidi 1997-2014, merilno mesto Center

Linearni trend skupnih dušikovitih oksidov v Centru je praktično ravna črta, vidi se, da koncentracije že od vsega začetka meritev nihajo okoli neke povprečne vrednosti.



Slika 5.10: Dušikov dioksid 2011-2014, *merilno mesto Vrbanski plato*

Leta 2014 so bile koncentracije skupnih dušikovih oksidov na Vrbanskem platoju podobne kot leta prej.

5.2 OZON

Meritve vsebnosti ozona na Vrbanskem platoju potekajo od leta 2011, na Pohorju pa od leta 1999. Rezultati za leto 2014 so v tabeli 5.5.

Meritve ozona so potekale tudi na lokaciji v Centru od leta 1997 do marca 2013, ko so bile ukinjene.

Tabela 5.5: Vsebnost O₃ v zraku - merilni mesti Vrbanski plato in Pohorje

Količina	Vrbanski plato (µg/m ³)	Pohorje (µg/m ³)	Ciljna oz. alarmna*
<i>Delež veljavnih urnih podatkov</i>	96 %	99 %	90 %
<i>Letna srednja vrednost</i>	49	72	
<i>Poletni čas</i>		85	
<i>C₈ max</i>	134	141	120
<i>Število preseganj C₈ ciljne</i>	7	21	
<i>Triletno povprečje preseganj C₈ ciljne</i>	19	39	25**
<i>C₁ max</i>	141	152	180*
<i>Število preseganj C₁ opozorilne/alarmne</i>	0 / 0	0 / 0	
<i>AOT40 (µg/m³).h (maj-julij)</i>	14736	18577	
<i>AOT40 (µg/m³).h (2009-2013)</i>	17453***	19237	18000

** Ocenjuje se povprečje zadnjih treh let.

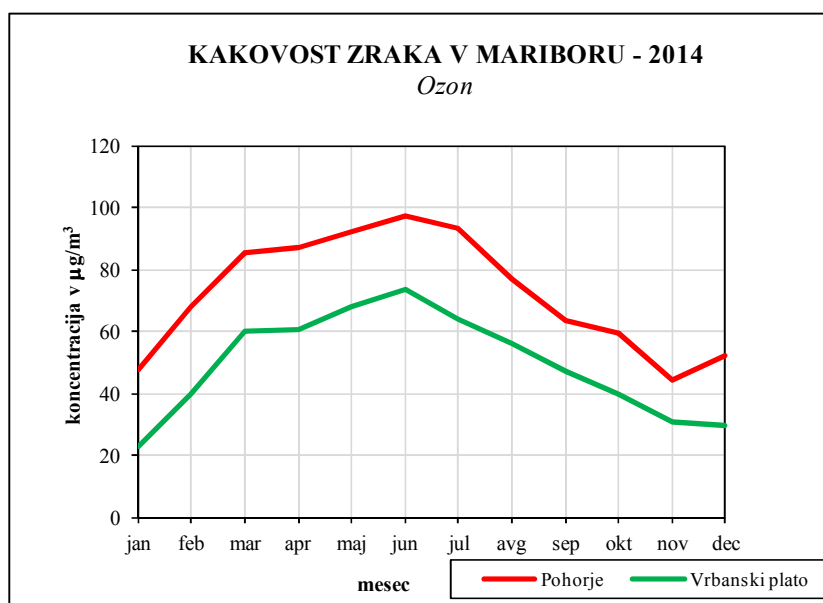
*** Navedeno je povprečje 2011-2014; postaja je bila namreč vzpostavljena komaj konec 2010.

Koncentracije ozona so bile višje na Pohorju kot na Vrbanskem platoju. Ciljna 8-urna vrednost je bila presežena na Vrbanskem platoju 7 dni (junij-4, julij-3). Ocenjevanje kakovosti zraka glede na ozon se izvaja s primerjavo povprečnega števila preseganj ciljne vrednosti v zadnjih treh letih. Ciljna vrednost je bila na Pohorju presežena večkrat, kot je dovoljeno, na Vrbanskem platoju pa ne. Povprečje parametra AOT40 zadnjih petih let presega ciljno vrednost za varstvo rastlin na Pohorju. Na Vrbanskem platoju je določeno le povprečje zadnjih štirih let, ki je nekoliko pod ciljno vrednostjo za varstvo rastlin. Meritve na Pohorju (merilno mesto na višji legi, brez emisij predhodnikov, to je onesnaževal, ki pripomorejo k nastanku ozona: dušikovi oksidi in lahko hlapne organske spojine-VOC) so pokazale bistveno višje koncentracije kot na Vrbanskem platoju (mestno ozadje, prav tako brez svežih emisij predhodnikov).

V tabeli 5.6 so srednje mesečne, najvišje 8-urne in urne vrednosti v posameznem mesecu za obe merilni mesti za leto 2014, na sliki 5.11 pa le srednje mesečne koncentracije O₃.

Tabela 5.6: Srednje mesečne, maksimalne 8-urne in maksimalne urne vrednosti O₃ v µg/m³ v pripadajočih mesecih – *merilni mesti Vrbanski plato in Pohorje*

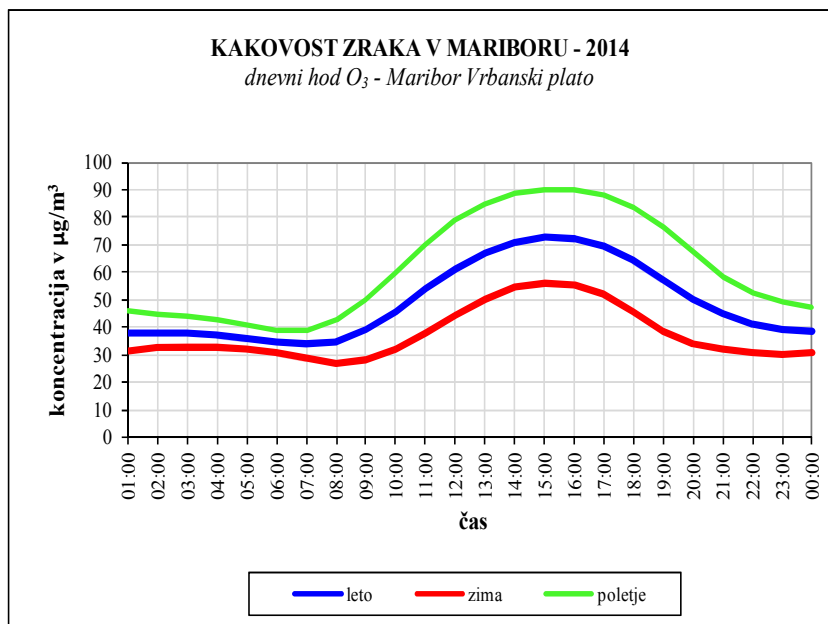
mesec	Vrbanski plato			Pohorje		
	mesec	8-ur	ura	mesec	8-ur	ura
januar	23	75	84	48	79	80
februar	40	81	91	68	93	97
marec	60	109	126	85	126	133
april	61	114	124	87	127	132
maj	68	117	135	92	132	138
junij	74	127	140	97	139	152
julij	64	134	141	94	141	146
avgust	56	111	118	77	115	125
september	47	95	108	64	88	98
oktober	40	94	105	60	92	100
november	31	96	102	44	94	96
december	30	71	79	52	88	98



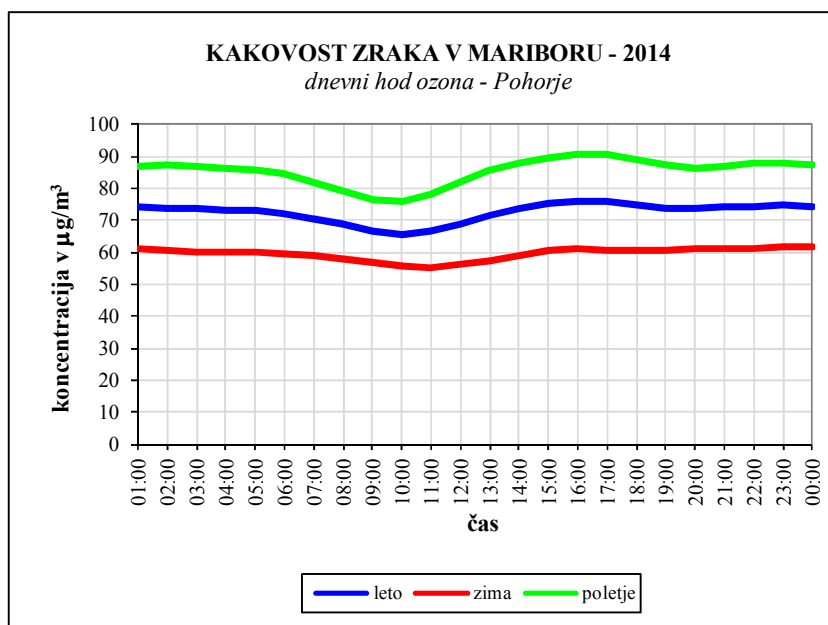
Slika 5.11: Vsebnost O₃, *merilni mesti Vrbanski plato in Pohorje*

Mesečna poteka ozona za obe merilni mesti kažeta podobne osnovne značilnosti z najvišjimi vrednostmi v juniju. Koncentracije O₃ so komplementarne dušikovim oksidom, z višjimi vrednostmi v poletnem ter nižjimi v zimskem času. Na koncentracije ozona, ki je fotokemični oksidant, vplivajo seveda predhodniki (dušikovi oksidi in lahkohlapne organske spojine) ter v največji meri sončno obsevanje, ki je bolj intenzivno v poletnem času.

Dnevni hod koncentracij O₃ za leto 2014 na Pohorju je na sliki 5.12 in na Vrbanskem platoju na sliki 5.13.



Slika 5.12: Dnevni hod O₃, merilno mesto Vrbanski plato



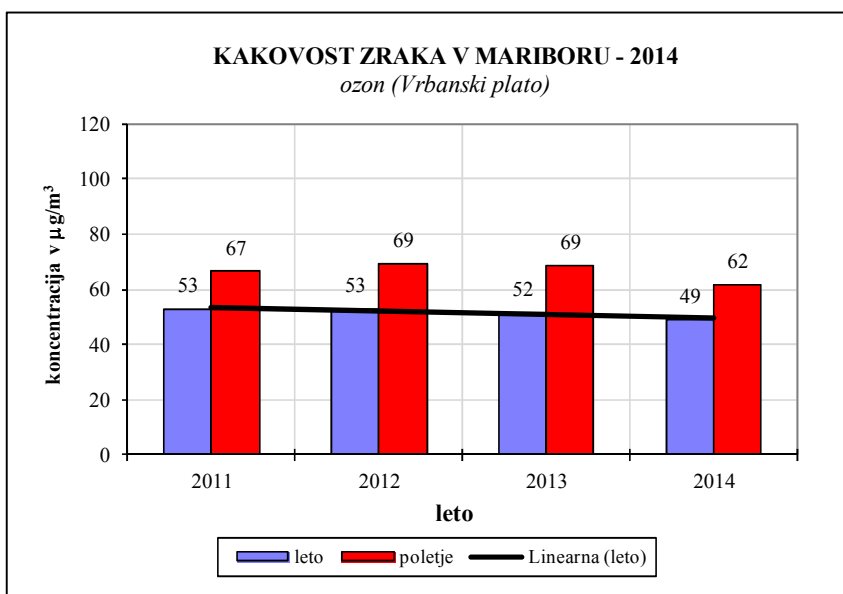
Slika 5.13: Dnevni hod O₃, merilno mesto Pohorje

Dnevni hod na Vrbanskem platoju kaže, da preko noči poteka razpad ozona in koncentracije dosežejo najnižjo vrednost tik pred sončnim vzhodom. Vendar ponoči ves ozon ne razpade, saj ni dovolj svežih emisij predhodnikov. S sončnim obsevanjem in svežimi emisijami se nato prične tvorba ozona, ki doseže najvišjo vrednost v času, ko je sonce najmočnejše: med 13. in 18. uro poleti oziroma okoli 15. ure pozimi. Z upadanjem jakosti sonca v popoldanskem času se znižuje stopnja nastajanja ozona, dodatno se že pričinja njegov razpad. Razlike med zimskim in poletnim časom v vrednostih in v času pojavljanja koničnih vrednosti so povezane z jakostjo sončnega obsevanja in s časom sončnega vzhoda oz. zahoda. Z NO_x in VOC obremenjen zrak je bolj prisoten v mestnem središču kot na njegovem obrobju, vendar ga veter odnaša tudi izven območij nastanka. Fotokemične reakcije, ki povzročijo presežek ozona, potekajo tudi še nekaj ur po emitiranju iz virov. To pomeni, da ozon lahko nastaja tudi na

območjih, kjer ni emisijskih virov onesnaževanja zraka. Ker na teh območjih v nočnem času zaradi pomanjkanja dušikovih oksidov ozon ne razpada, je njegova vsebnost v zraku lahko precej večja kot v mestu. Zato so vrednosti na Pohorju višje, dnevni potek pa ni poudarjen.

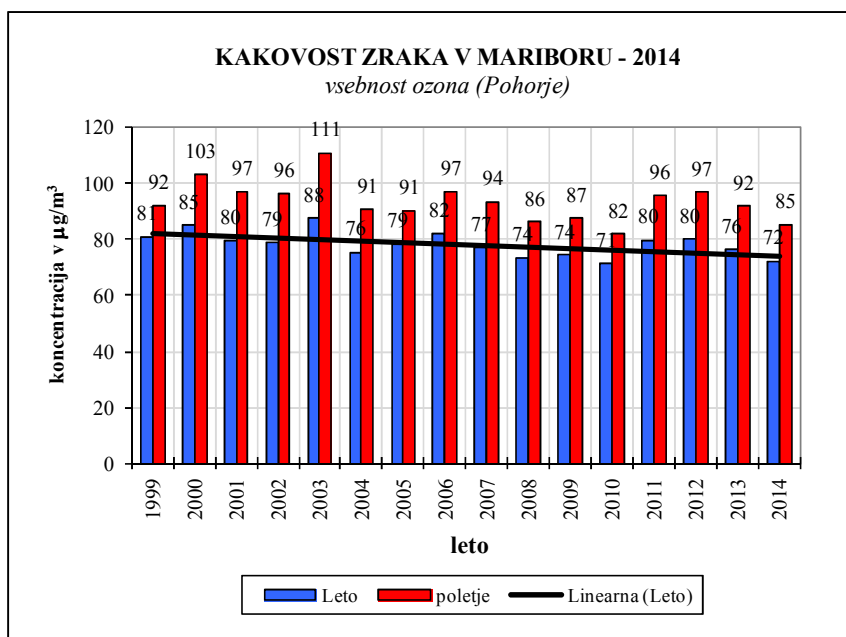
Glavni vir predhodnikov ozona je cestni promet, ostali so še pri organskih snoveh bencinske črpalke, kemične čistilnice, barve in laki, industrija, k emisijam dušikovih oksidov pa dodatno največ prispevajo kurišča.

Meritve ozona na Vrbanskem platoju se izvajajo od 2011, na Pohorju pa od leta 1996, vendar se takrat niso izvajale celotno leto zato navajamo rezultate od leta 1999 naprej. Srednje letne vrednosti in vrednosti v poletnem času skupaj z linearnim trendom letnih koncentracij prikazujemo na sliki 5.14 za Vrbanski plato in na sliki 5.15 za Pohorje.



Slika 5.14: Ozon 2011-2014, merilno mesto Vrbanski plato

Srednja letna koncentracija ozona na Vrbanskem platoju je bila malenkost nižja kot v letu 2013.



Slika 5.15: Ozon 1999-2014, merilno mesto Pohorje

Vsebnost ozona na Pohorju je bila podpovprečna, dolgoletni trend je usmerjen navzdol. Zniževanje vsebnosti ozona na Pohorju je znak, da se na širšem območju znižujejo emisije predhodnikov.

V tabeli 5.7 so najvišje urne vrednosti ozona v vseh letih meritev za obe merilni mesti.

Tabela 5.7: Najvišje urne koncentracije ozona v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – merilni mesti *Vrbanski plato* in *Pohorje*

Leto	Vrbanski plato	Pohorje
1999	/	159
2000	/	208
2001	/	182
2002	/	167
2003	/	185
2004	/	187
2005	/	160
2006	/	176
2007	/	157
2008	/	155
2009	/	152
2010	/	152
2011	163	167
2012	152	162
2013	174	173
2014	141	152
<i>Opozorilna</i>	180	180

Najvišja izmerjena urna vrednost v tem letu je bila glede na pretekla leta na Pohorju in na Vrbanskem platu med najnižjimi doslej izmerjenimi.

Pokazatelj stanja kakovosti zraka z ozonom je tudi število preseganj ciljne 8-urne in opozorilne urne vrednosti, kar je prikazano v tabeli 5.8. V posameznem koledarskem letu je dovoljenih 25 preseganj ciljne 8-urne vrednosti.

Tabela 5.8: Število preseganj ciljne 8-urne in opozorilne urne koncentracije ozona 1999-2014 - merilni mesti *Vrbanski plato* in *Pohorje*

Leto	Vrbanski plato		Pohorje	
	Ciljna 8-urna	Opozorilna urna	Ciljna 8-urna	Opozorilna urna
1999	/	/	128	11
2000	/	/	299	122
2001	/	/	199	51
2002	/	/	213	19
2003	/	/	185	2
2004	/	/	44	1
2005	/	/	55	0
2006	/	/	59	0
2007	/	/	52	0
2008	/	/	27	0
2009	/	/	19	0
2010	/	/	25	0
2011	35	0	57	0
2012	24	0	58	0
2013	26	0	39	0
2014	7	0	21	0

Preseganj ciljne 8-urne vrednosti na Pohorju je bilo 21, kar je manj kot zadnja štiri leta - manj jih je bilo samo še leta 2009. Preseganj opozorilnih vrednosti na Pohorju ni bilo že dalj časa. Preseganj 8-urne vrednosti na Vrbanskem platu je bilo 7. V koledarskem letu je dovoljeno 25 preseganj, kar na nobenem merilnem mestu ni bilo preseženo.

5.3 DELCI IN ANALIZE

5.3.1 Delci PM₁₀

Meritve koncentracij skupnih lebdečih delcev so v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin potekale že od leta 1989 do 2001, ko so se začeli ugotavljati delci PM₁₀. Merilna mesta so bila različna: do leta 2001 Center (Partizanska), nato Tabor, od 2011 naprej pa Vrbanski plato. Meritve v Miklavžu na Dravskem polju potekajo od leta 2010, v Spodnjem Dupleku pa od 2011. Z letom 2013 smo vzpostavili tudi novo merilno mesto v Bistrici ob Dravi in hkrati prenehali izvajati meritve v Rušah. Meritve koncentracij delcev PM₁₀ v državni merilni mreži na merilnem mestu Center potekajo od leta 2001, na merilnem mestu Krekova/Tyrševa pa od leta 2013.

Rezultati za Center, Krekovo/Tyrševo in Vrbanski plato so za leto 2014 zbrani v tabeli 5.9.

Tabela 5.9: Kakovost zraka z delci PM₁₀ - merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa in Vrbanski plato

Količina	Center ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Krekova/Tyrševa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vrbanski plato ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mejna
<i>Delež veljavnih podatkov</i>	100 %	100%	100 %	90 %
<i>Letna srednja vrednost</i>	27	27	19	40
<i>Zimski čas</i>	33	35	23	
<i>Poletni čas</i>	20	20	14	
<i>C₂₄ max</i>	95	93	86	50
<i>Število preseganj C₂₄</i>	25	32	10	35

Srednja letna koncentracija delcev PM₁₀ v zraku je bila na vseh treh merilnih mestih pod mejno letno vrednostjo. Najvišja izmerjena dnevna vrednost je bila na vseh merilnih mestih nad mejno dnevno vrednostjo, skupno število preseganj mejne vrednosti je bilo v Centru 25, na Vrbanskem platu pa 10, na Krekovi/Tyrševi pa 32; kar je vse manj od dovoljenega. Večina preseganj je bila v zimskem času:

- Center: januar-6, februar-3, marec-2, april-1, oktober-3, november-7, december-3;
- Vrbanski plato: januar-5, februar-2, oktober-1, november-2;
- Krekova/Tyrševa: januar-8, februar-3, marec-6, april-1, junij-2, oktober-3, november-6, december-3.

Preko celega leta so bile koncentracije v Centru višje za 42 % kot na Vrbanskem platu, samo poleti za 40 % in samo pozimi za 42 %.

Meritve z referenčno merilno metodo za PM₁₀ v merilni mreži Maribora in sosednjih občin so potekale dodatno še na treh lokacijah: Bistrica ob Dravi, Spodnji Duplek in Miklavž na Dravskem polju. Za vsako merilno mesto smo izračunali srednjo vrednost in število prekoračitev mejne dnevne vrednosti v merilnem obdobju, kot tudi srednjo letno vrednost z upoštevanjem razmerja koncentracij med posameznim merilnim mestom in meritvami v Centru. Dodatno smo v skladu z zahtevami Pravilnika izračunali še percentilno vrednost 90,4 %, ki jo primerjamo z mejno dnevno vrednostjo. Rezultati za leto 2014 so v tabeli 5.10.

Tabela 5.10: Kakovost zraka z delci PM₁₀ - merilna mesta Duplek/Bistrica ob Dravi/Miklavž

Merilno mesto	Delež veljavnih dnevni podatkov	Srednja koncentracija (µg/m ³)	Število prekoračitev mejne dnevne v merilnem obdobju	Preračunana srednja letna vrednost (µg/m ³)	90,4 %
Duplek	50 %	34	32	27	*
Bistrica ob Dravi	50 %	23	9	22	41
Miklavž	50 %	25	17	26	50
Mejna vrednost	25 %		50	40	50

* Zaradi meritev samo v zimskem času se pri merilnem mestu Duplek ocenjuje število preseganj.

Preračunana srednja letna vrednost v letu 2014 na nobenem merilnem mestu ni presegala mejne letne vrednosti, na merilnih mestih v Bistrici ob Dravi in Miklavžu percentilna vrednost 90,4 ni bila prekoračena, v Dupleku pa število preseganj mejne dnevne prav tako ni bilo čezmerno.

Število preseganj v merjenih mesecih je bilo naslednje:

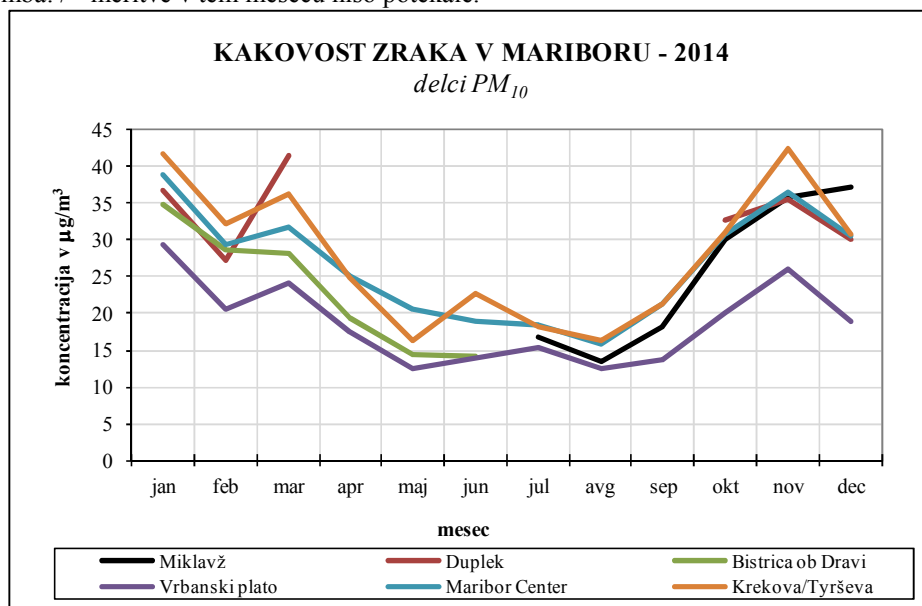
- Duplek: januar-6, februar-3, marec-8, oktober-5, november-6, december-4;
- Bistrica ob Dravi: januar-4, februar-3, marec-1, april-1;
- Miklavž: oktober-5, november-6, december-6.

V tabeli 5.11 so srednje mesečne in najvišje dnevne, na sliki 5.16 pa le srednje mesečne koncentracije delcev PM₁₀ v posameznem mesecu za vsa merilna mesta za leto 2014.

Tabela 5.11: Srednje mesečne in maksimalne dnevne vrednosti PM₁₀ v µg/m³ – merilna mesta Center, Vrbanski plato, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Duplek in Bistrica ob Dravi

Mesec	Center		Vrbanski plato		Krekova/Tyrševa		Miklavž		Duplek		Bistrica ob Dravi	
	meseč	dan	meseč	dan	meseč	dan	meseč	dan	meseč	dan	meseč	dan
januar	39	95	29	86	42	92	/	/	37	98	35	99
februar	29	75	21	60	32	76	/	/	27	68	29	71
marec	32	53	24	46	36	59	/	/	41	92	28	56
april	25	53	17	37	25	53	/	/	/	/	19	56
maj	21	49	13	38	16	48	/	/	/	/	14	49
junij	19	29	14	25	23	60	/	/	/	/	14	25
julij	18	27	15	27	18	34	17	27	/	/	/	/
avgust	16	27	12	21	16	38	13	24	/	/	/	/
september	21	36	14	26	21	46	18	32	/	/	/	/
oktober	31	71	20	54	31	73	30	89	33	83	/	/
november	37	77	26	57	42	78	36	71	36	79	/	/
december	30	56	19	43	31	58	37	88	30	73	/	/

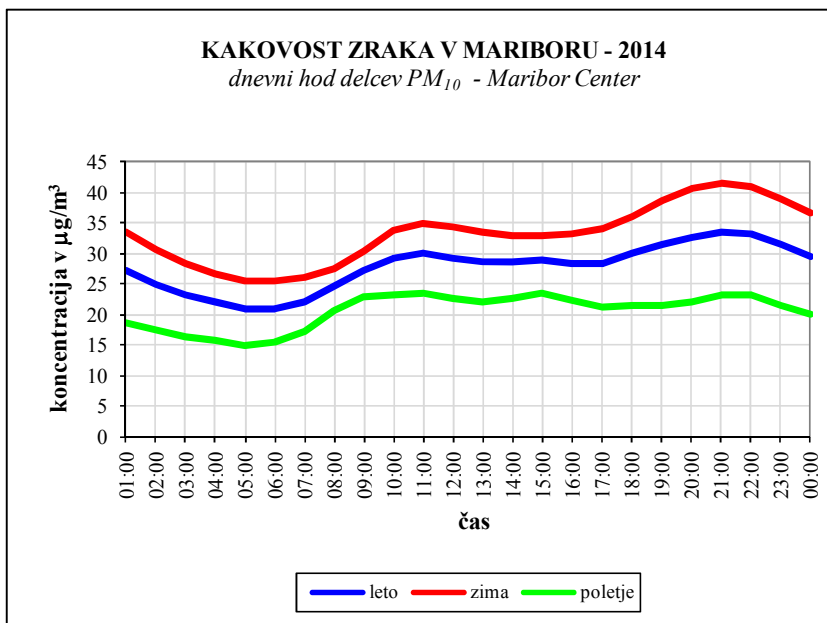
Opomba: / - meritve v tem mesecu niso potekale.



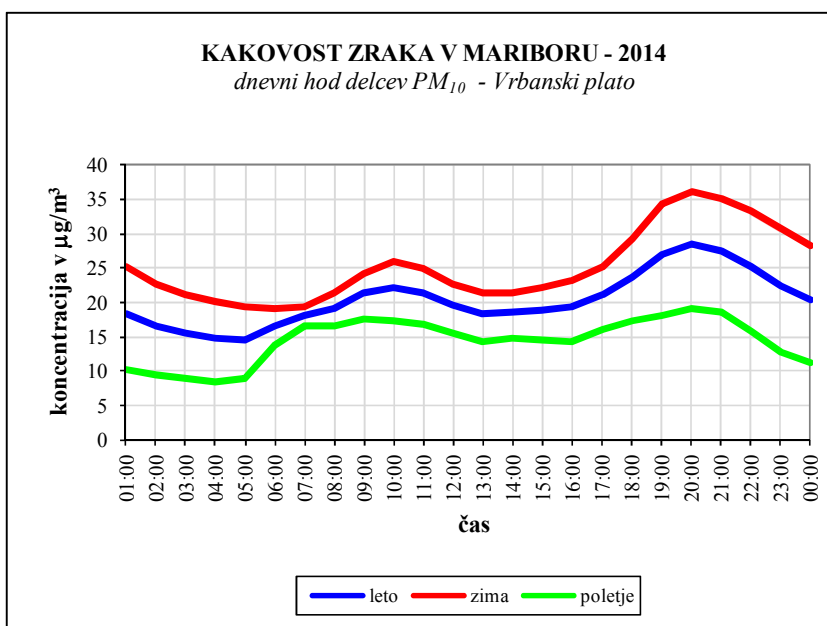
Slika 5.16: Kakovosti zraka z delci PM₁₀, merilna mesta Center, Vrbanski plato, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Duplek in Bistrica ob Dravi

Vrednosti so povsod višje v zimskem kot v poletnem času. Najnižje vrednosti delcev so se pojavljale maja in avgusta, daleč najvišje pa januarja, marca in novembra. Zrak v preteklem letu je bil najbolj onesnažen z delci PM₁₀ na merilnih mestih v Centru, na Krekovi/Tyrševi in v Dupleku, malo manj v Miklavžu, manj pa v Bistrici ob Dravi in najmanj na Vrbanskem platoju. Najnižje koncentracije v vseh mesecih so bile izmerjene na Vrbanskem platoju, tem koncentracijam se je junija približalo merilno mesto Bistrica ob Dravi, julija in avgusta pa merilno mesto v Miklavžu. Poseljena območja so bolj obremenjena z delci PM₁₀, predvsem velja to za zimski čas.

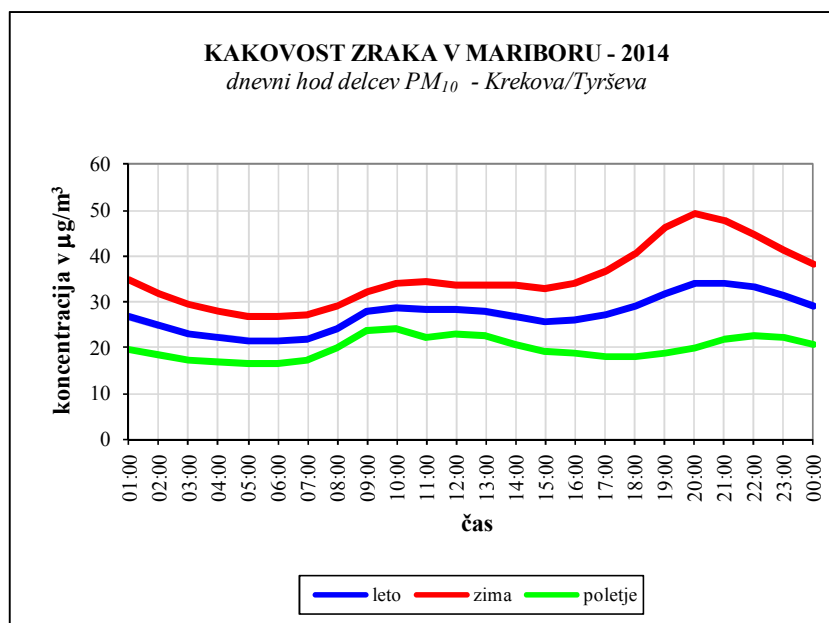
Dnevni hod koncentracij delcev PM₁₀ za leto 2014 v Centru (TEOM) je na sliki 5.17, na Vrbanskem platoju (TEOM) na sliki 5.18, na Krekovi/Tyrševi na sliki 5.19.



Slika 5.17: Dnevni hod koncentracij delcev PM₁₀, merilno mesto Center



Slika 5.18: Dnevni hod koncentracij delcev PM₁₀, merilno mesto Vrbanski plato



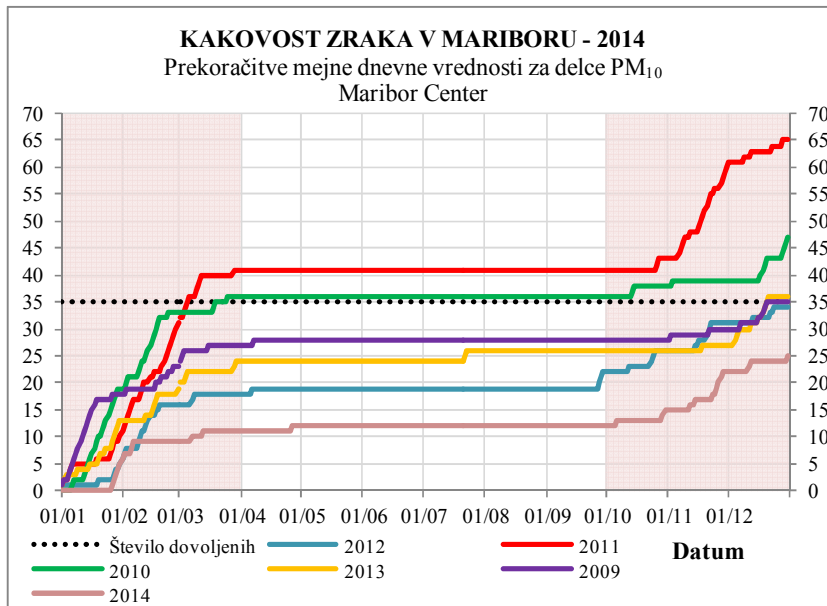
Slika 5.19: Dnevni hod koncentracij delcev PM_{10} , *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Dnevna hoda pozimi in poleti sta zelo podobna in ne bistveno drugačna od celotnega leta. Na Vrbanskem platoju izstopata dva vrhova: jutranji in večerni, ki je višji. V Centru in še manj na Krekovi/Tyrševi vrhova nista tako očitna, prvi se pojavi zjutraj, drugi okoli 20. oziroma 21. ure. V nočnem času, ko so viri manj aktivni, koncentracije relativno malo padejo, kar nakazuje na visoke vrednosti ozadja: na Vrbanskem platoju na $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi, na Krekovi/Tyrševi $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi ter $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poleti, v Centru $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi in $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poleti.

Število preseganj mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne vrednosti za delce PM_{10} v letih 2002-2014 je za Center prikazano v tabeli 5.12 in za leta 2009 do 2014 na sliki 5.20.

Tabela 5.12: Število preseganj mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne vrednosti za delce PM₁₀ 2002-2014 - *merilno mesto Center*

Leto	Center
2002	66
2003	129
2004	102
2005	101
2006	108
2007	91
2008	54
2009	35
2010	47
2011	65
2012	34
2013	36
2014	25
Mejna	35



Slika 5.20: Število preseganj mejne dnevne vrednosti za obdobje od 2009 do 2014

V letu 2014 število preseganj mejne dnevne vrednosti v Centru ni bilo čezmerno.

V tabeli 5.13 prikazujemo 90,4 % percentilne vrednosti v dosedanjem merilnem obdobju za merilna mesta Miklavž, Duplek in Bistrico ob Dravi.

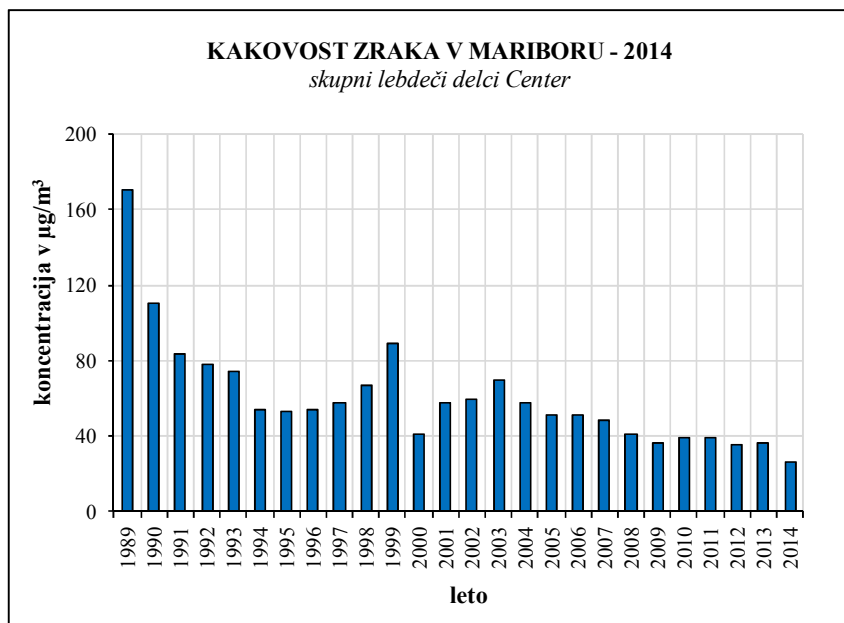
Tabela 5.13: 90,4 % vrednost iz dnevni koncentracij za delce PM₁₀ 2011-2013 - *merilna mesta Miklavž, Duplek in Bistrica ob Dravi*

Leto	Miklavž	Duplek	Bistrica ob Dravi
2011	79	70	/
2012	51	45	/
2013	56	(37)*	43
2014	50	(32)*	41
Mejna	50	50 (35)	50

* Zaradi meritev samo v zimskem času se pri označenih merilnih mestih primerja število preseganj s številom dovoljenih preseganj v tekočem letu (35).

Onesnaženost z delci PM₁₀ je bila čezmerna v letih 2011-2013 v Miklavžu ter v letih 2011 in 2013 v Dupleku.

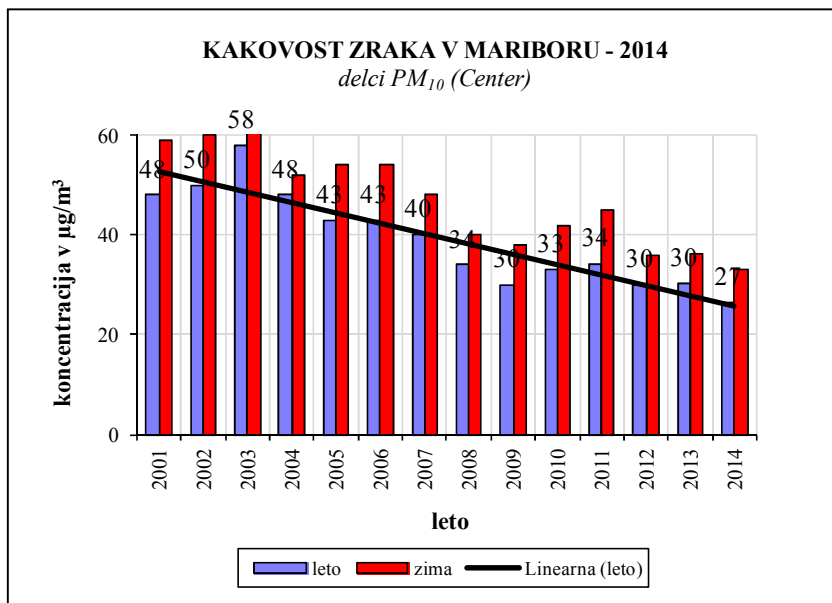
Na sliki 5.21 je prikazan potek srednjih letnih koncentracij skupnih lebdečih delcev v celotnem dosedanjem merilnem obdobju. Upoštevali smo meritve skupnih lebdečih delcev, ki smo jih kot ZZV izvajal med leti 1989 in 2000 v Centru (Partizanska), ter meritve PM₁₀, ki jih je izvajal ARSO med leti 2001 in 2014 na drugi lokaciji v Centru (DMKZ). Pri preračunavanju koncentracij skupnih lebdečih delcev iz koncentracij PM₁₀ smo uporabili faktor 1,2.



Slika 5.21: Skupni lebdeči delci 1989-2014, *merilni mesti Center (ZZV in DMKZ)*

Koncentracije skupnih lebdečih delcev v Centru so se od leta 1989 do 2014 bistveno znižale, opazno je tudi stalno zniževanje po letu 2003. Srednja vrednost v letu 2014 je bila najnižja v dosedanjem 25-letnem merilnem obdobju in za skoraj sedemkrat nižja kot prvo leto, ko so meritve potekale. Vemo pa, da so bile koncentracije pred letom 1989 še precej višje. Tako lahko z gotovostjo trdimo, da je bila onesnaženost zraka z delci v letu 2014 najnižja doslej.

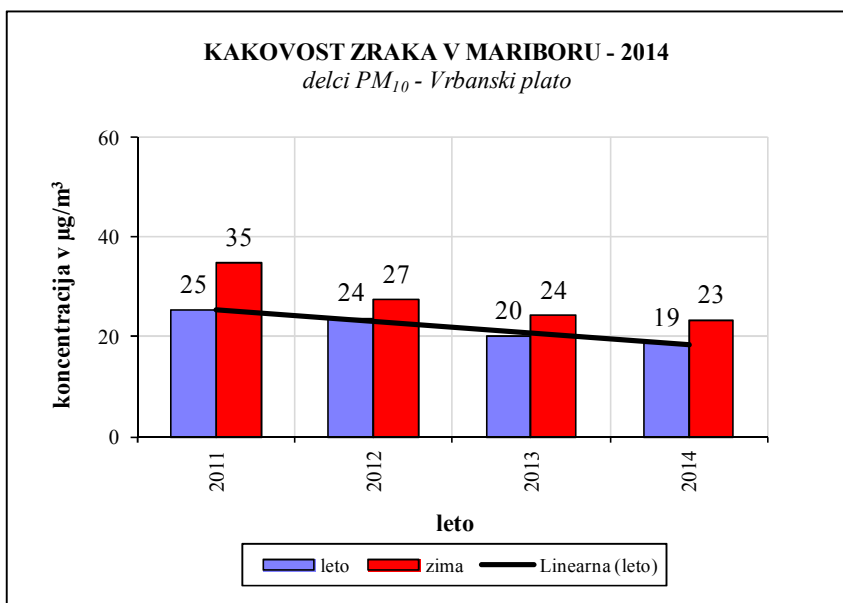
Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM₁₀ v Centru (DMKZ) v celotnem dosedanjem merilnem obdobju so na sliki 5.22.



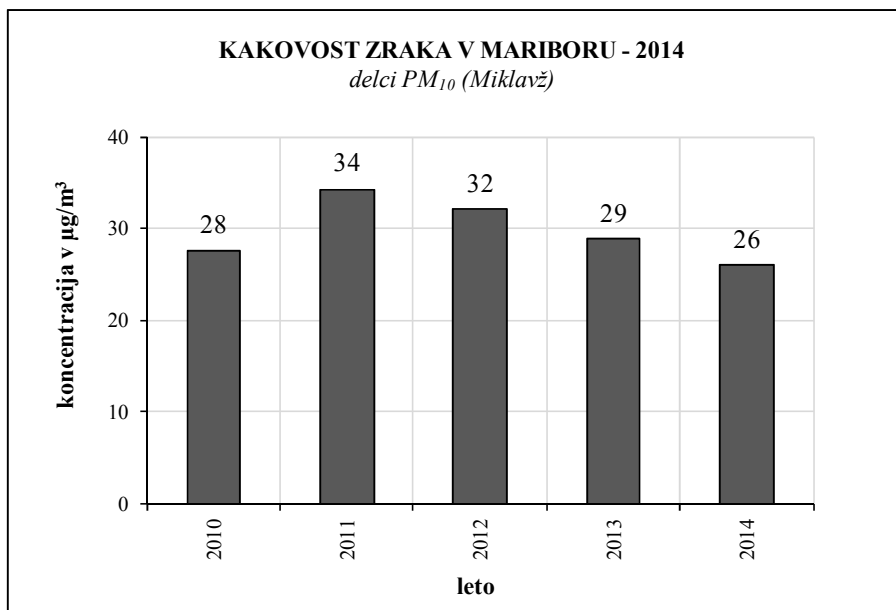
Slika 5.22: Delci PM₁₀ 2001-2014, merilno mesto Center (DMKZ)

Koncentracije delcev PM₁₀ so bile v Centru najnižje doslej. Mejna letna vrednost ni bila presežena že od leta 2007.

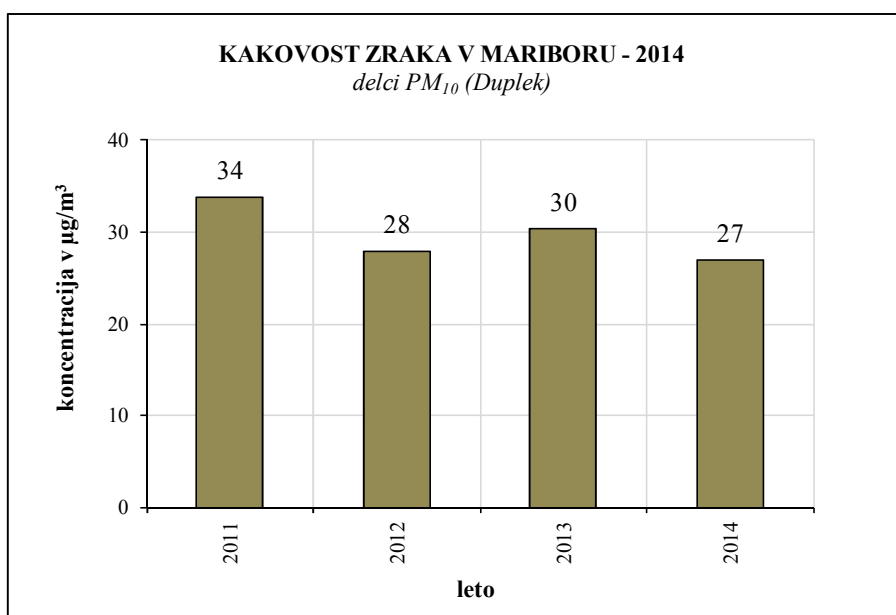
(Preračunane) srednje letne vrednosti delcev PM₁₀ v dosedanjem merilnem obdobju za Vrbanski plato so na sliki 5.23, za Miklavž na sliki 5.24, za Duplek na sliki 5.25 in za Krekovo/Tyrševo na sliki 5.26.



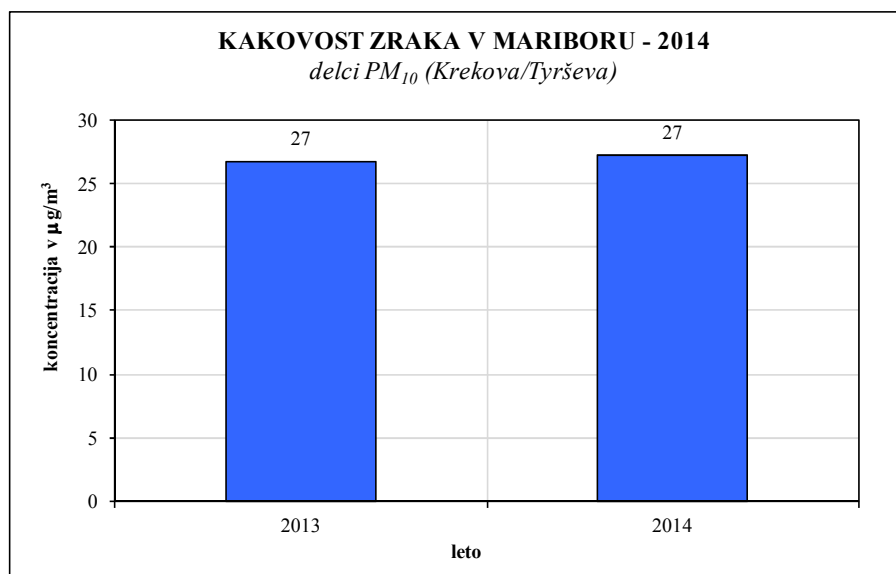
Slika 5.23: Delci PM₁₀ 2011-2014, merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.24: Delci PM₁₀ 2010-2014, merilno mesto Miklavž



Slika 5.25: Delci PM₁₀ 2011-2014, merilno mesto Duplek



Slika 5.26: Delci PM₁₀ 2013-2014, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Leta 2014 so bile koncentracije na Vrbanskem platoju, v Miklavžu in Dupleku najnižje doslej izmerjene, enako vrednost pa smo izmerili na merilnem mestu Krekova/Tyrševa.

Na koncentracije delcev PM₁₀ v zraku vplivajo razen lokalnih virov (kurišča, promet in industrija) tudi širše vremenske razmere (dolgotrajnejše zadrževanje zračnih mas in s tem kopičenje onesnaževal v času visokega zračnega pritiska, dodatno še nizke temperature zraka) ter regionalni in daljinski transport onesnaženega zraka. O najvplivnejšem viru težko govorimo, zagotovo sta to promet (poleti in pozimi) in drobna kurišča na trdno gorivo (samo pozimi), vendar zelo verjetno na različnih lokacijah v različnem razmerju.

5.3.2 Delci PM_{2,5}

Meritve koncentracij delcev PM_{2,5} v državni merilni mreži potekajo na merilnem mestu Center od leta 2005 in na Vrbanskem platoju (mestno ozadje) od leta 2009. Meritve na merilnem mestu Krekova/Tyrševa se izvajajo od 2012. Rezultati meritev za leto 2014 so v tabelah 5.14 in 5.15.

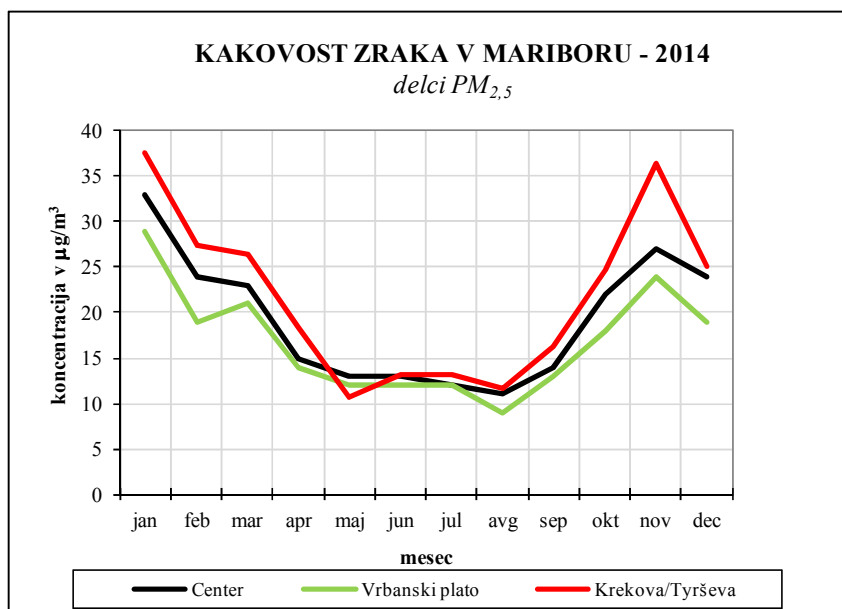
Tabela 5.14: Kakovost zraka z delci PM_{2,5} - merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa in Vrbanski plato

Količina	Center (µg/m ³)	Krekova/Tyrševa (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Ciljna/ Mejna
Delež veljavnih dnevnih podatkov	100 %	100%	99 %	90 %
Letna srednja vrednost	19	21	17	25/26*
Zimski čas	26	29	22	
Poletni čas	13	14	12	

* Mejna vrednost za leto 2014 znaša 26 µg/m³.

Srednja letna koncentracija delcev PM_{2,5} v Centru, na Vrbanskem platoju in na Krekovi/Tyrševi ni presegala mejne in ciljne vrednosti.

Na sliki 5.27 so srednje mesečne koncentracije delcev PM_{2,5}, v tabeli 5.15 pa še najvišje dnevne vrednosti v posameznem mesecu za Center in Vrbanski plato za leto 2014.



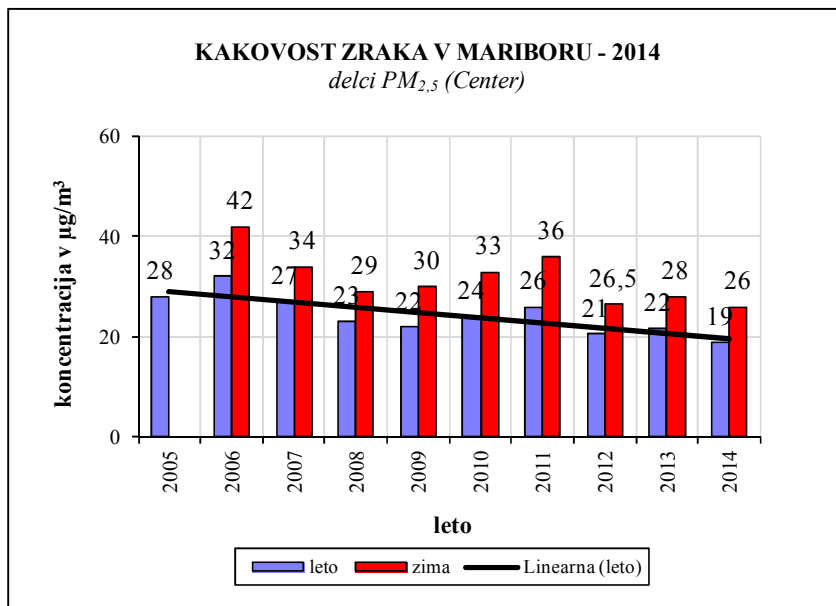
Slika 5.27: Kakovosti zraka z delci PM_{2,5}, merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa in Vrbanski plato

Tabela 5.15: Srednje mesečne in najvišje dnevne vrednosti delcev PM_{2,5} v µg/m³ v pripadajočih mesecih - *merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa in Vrbanski plato*

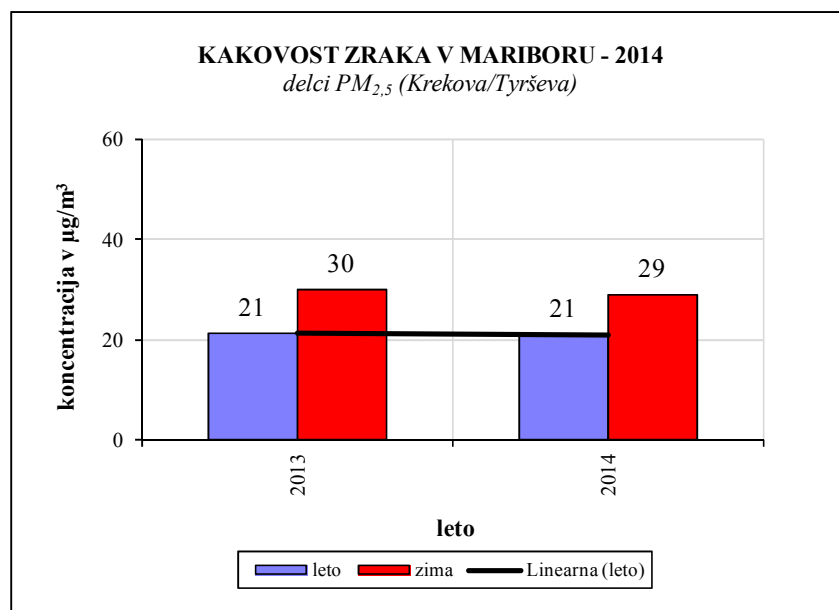
mesec	Center		Krekova/Tyrševa		Vrbanski plato	
	mesec	dnevna	mesec	dnevna	mesec	dnevna
januar	33	86	38	90	29	86
februar	24	65	27	68	19	52
marec	23	41	26	46	21	41
april	15	29	18	37	14	29
maj	13	23	11	30	12	23
junij	13	18	13	18	12	18
julij	12	20	13	26	12	19
avgust	11	18	12	22	9	16
september	14	24	16	34	13	22
oktober	22	58	25	65	18	48
november	27	53	36	67	24	51
december	24	52	25	52	19	44

Merilno mesto Krekova/Tyrševa je najbolj obremenjeno z delci PM_{2,5}. Pozimi so koncentracije višje kot v poletnem času, v poletnem času pa so koncentracije na vseh treh merilnih mestih zelo podobne.

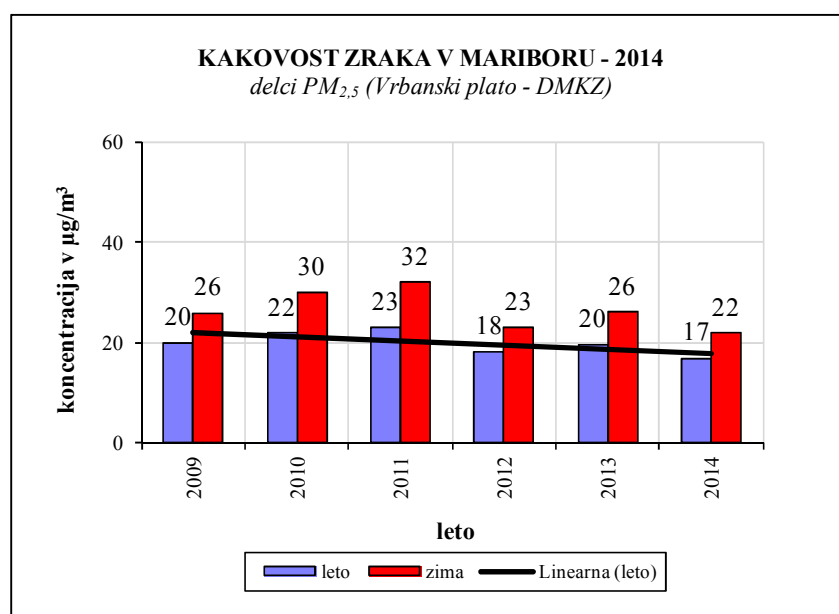
Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{2,5} prikazujemo na sliki 5.28 za Center (od leta 2005), na sliki 5.29 za Krekovo/Tyrševo in na sliki 5.30 za Vrbanski plato (od leta 2009).



Slika 5.28: Delci PM_{2,5} 2005-2014, *merilno mesto Center*



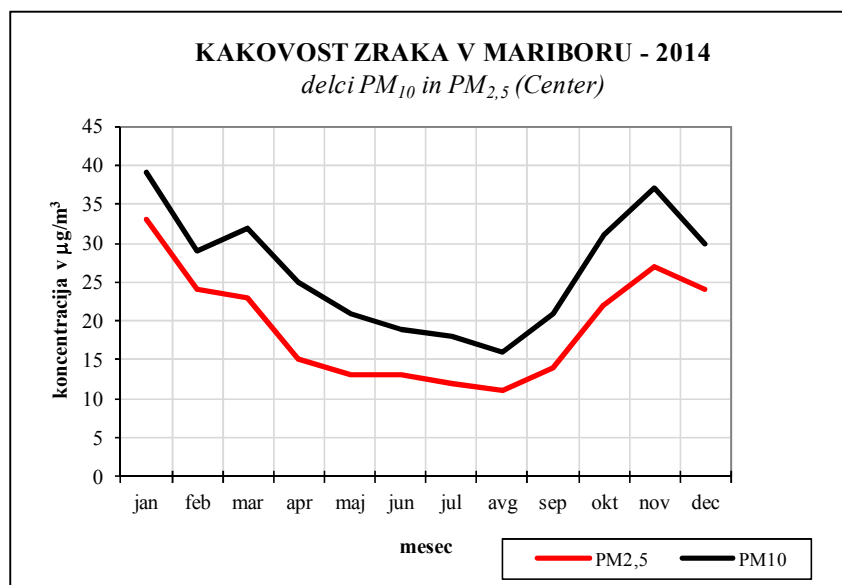
Slika 5.29: Delci $PM_{2,5}$ 2009-2014, merilno mesto *Krekova/Tyrševa*



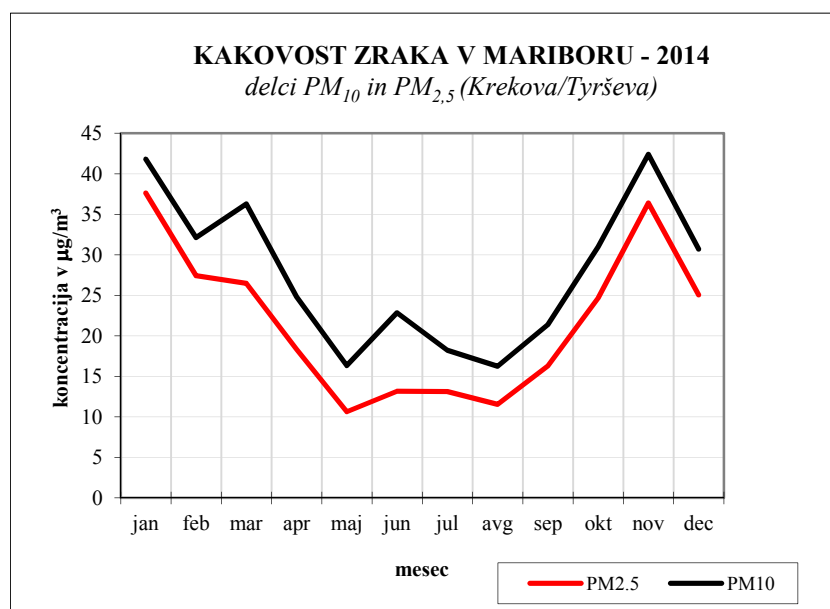
Slika 5.30: Delci $PM_{2,5}$ 2009-2014, merilno mesto *Vrbanski plato*

Koncentracije delcev $PM_{2,5}$ so bile leta 2014 v Centru in na Vrbanskem platoju najnižje doslej izmerjene, na Krekovi/Tyrševi podobne kot lani.

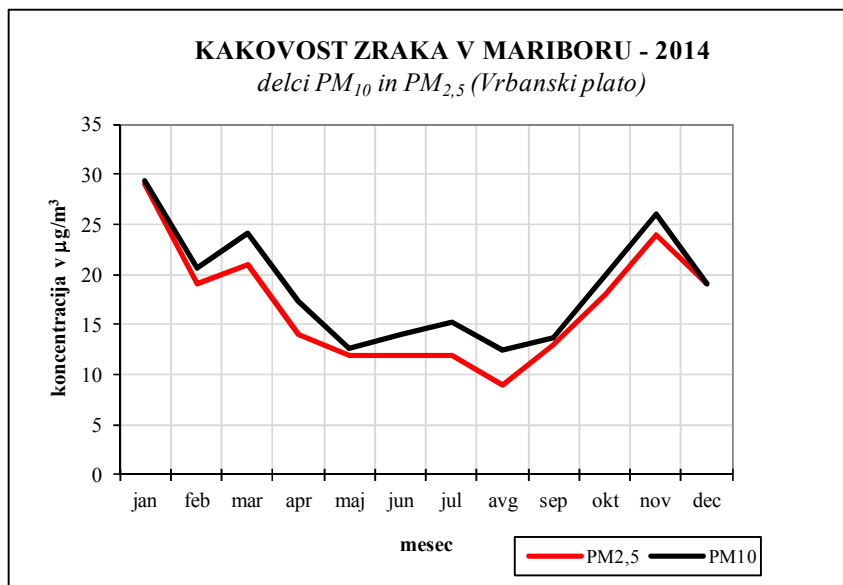
Zanimivi so tudi prikazi primerjave med koncentracijami delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ na vseh merilnih mestih za leto 2014, kar je na slikah 5.31 za Center, 5.31 za Krekovo/Tyrševo in 5.32 za Vrbanski plato.



Slika 5.31: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$, merilno mesto Center



Slika 5.32: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$, merilno mesto Krekova/Tyrševa



Slika 5.33: Mesečne koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, merilno mesto *Vrbanski plato*

Koncentracije delcev PM₁₀ so praviloma seveda višje kot koncentracije PM_{2,5}. Razmerja med srednjimi letnimi koncentracijami PM_{2,5}/PM₁₀ so:

- Center: 72 % (pozimi 79 %, poleti 65 %),
- Krekova/Tyrševa: 78 % (pozimi 83 %, poleti 69 %),
- Vrbanski plato: 91 % (pozimi 95 %, poleti 85 %).

Razmerja kažejo, da je delež PM_{2,5} v PM₁₀ zelo visok na vseh treh merilnih mestih.

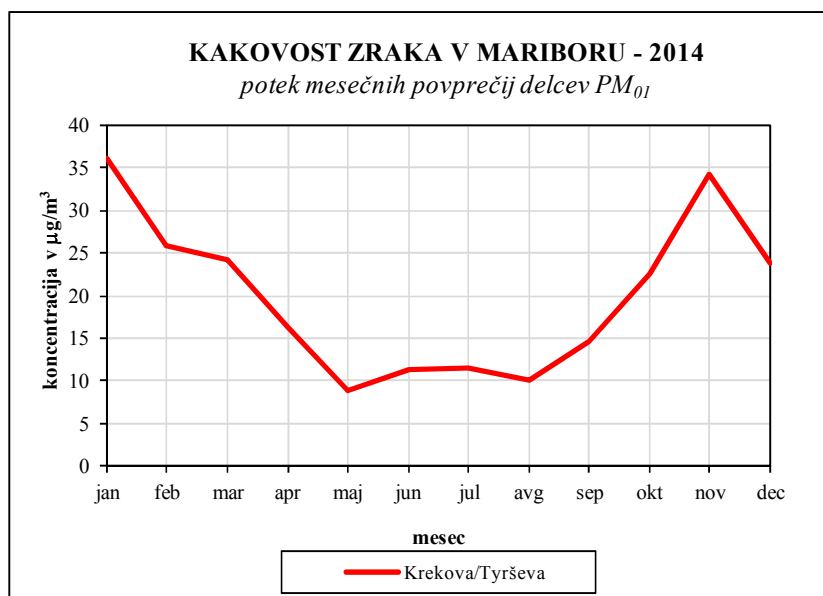
5.3.3 Delci PM₀₁

Meritve koncentracij delcev PM₀₁ na merilnem mestu Krekova/Tyrševa potekajo od julija 2012. Rezultati meritev za leto 2014 so v tabeli 5.16.

Tabela 5.16: Kakovost zraka z delci PM₀₁ - merilno mesto *Krekova/Tyrševa*

Količina	Krekova/Tyrševa (µg/m ³)
<i>Delež veljavnih dnevni podatkov</i>	100 %
<i>Letna srednja vrednost</i>	19
<i>Zimski čas</i>	27
<i>Poletni čas</i>	12

Na sliki 5.34 so srednje mesečne koncentracije delcev PM₀₁, v tabeli 5.17 pa še najvišje dnevne vrednosti v posameznem mesecu.

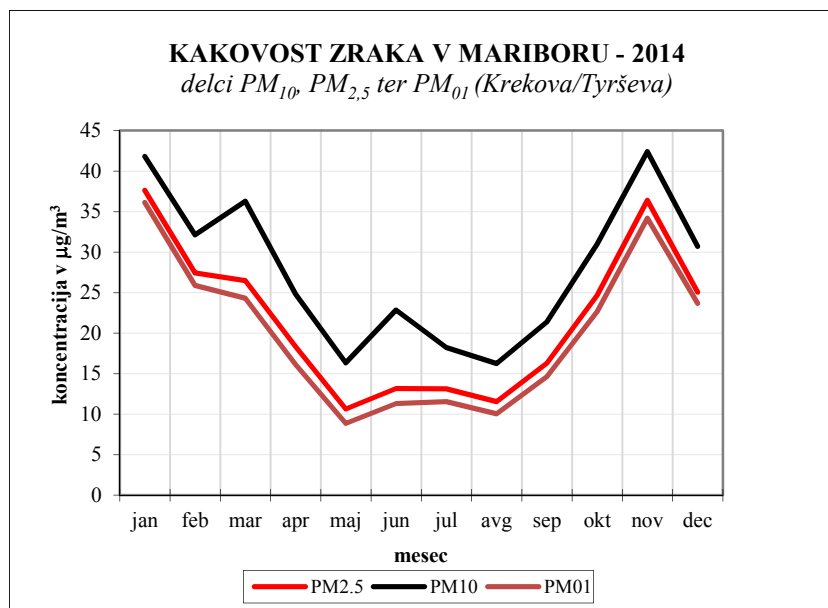


Slika 5.34: Kakovosti zraka z delci PM₀₁, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Tabela 5.17: Srednje mesečne in najvišje dnevne vrednosti delcev PM₀₁ v µg/m³ v pripadajočih mesecih - merilno mesto Krekova/Tyrševa

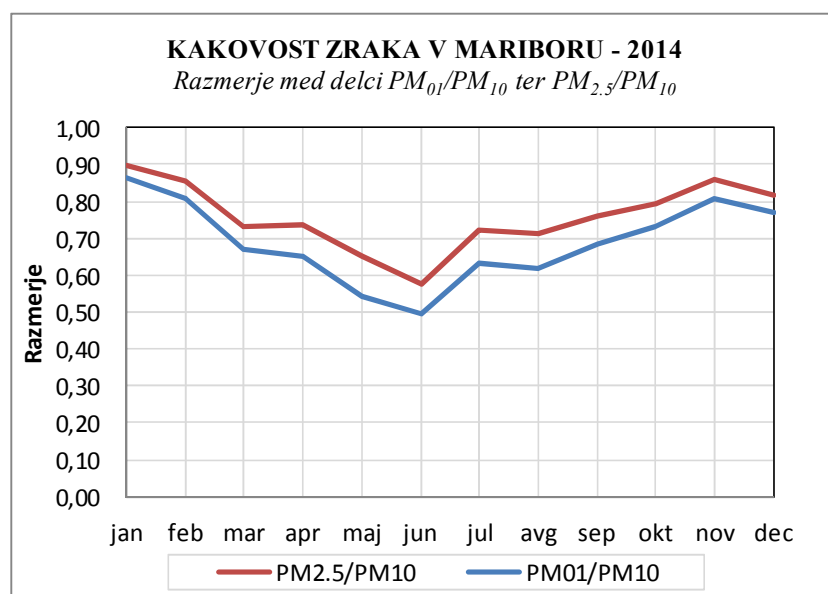
mesec	Krekova/Tyrševa	
	mesec	dnevna
januar	36	88
februar	26	65
marec	24	43
april	16	32
maj	9	28
junij	11	16
julij	12	24
avgust	10	21
september	15	31
oktober	23	63
november	34	60
december	24	51

Obremenjenost z delci PM₀₁ je v zimskem času najvišja, do 4× višja kot v poletnem času. Zanimivi so tudi prikazi primerjave med koncentracijami delcev PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁, kar je prikazano na sliki 5.35.



Slika 5.35: Mesečne koncentracije delcev PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁, merilno mesto *Krekova/Tyrševa*

Zanimivo je tudi razmerje med PM₀₁/PM₁₀ ter PM_{2,5}/PM₁₀, ki je prikazano na sliki 5.36.



Slika 5.36: Mesečne razmerja koncentracij delcev PM_{2,5}/PM₁₀ ter PM₀₁/PM₁₀, merilno mesto *Krekova/Tyrševa*

Delež PM₀₁ v PM₁₀ dosega v zimskem času do 86 %, v poletnem pa se spusti do 49 %. Delež PM_{2,5} v PM₁₀ dosega v zimskem času do 90 %, v poletnem pa se spusti do 58 %.

5.3.4 Analize delcev PM₁₀ in PM_{2,5}

Analize delcev na policiklične aromatske ogljikovodike in težke kovine v Mariboru potekajo v mestni merilni mreži od leta 1993, najprej v skupnih lebdečih delcih, nato v delcih PM₁₀, merilna mesta so bila različna (Center (Partizanska), Tabor, Vrbanski plato), prav tako metodologija analiz. Od leta 2008 se analize izvajajo v državni mreži ARSO v delcih PM₁₀ v Centru. V letih 2011 in 2012 so se analize na benzo(a)piren v delcih PM₁₀ izvajale tudi na Vrbanskem platu, vendar so se z letom 2013 prenehale izvajati. Zaradi navedenega v nadaljevanju prikazujemo le rezultate meritev zadnjih let v Centru.

5.3.4.1 Benzo(a)piren

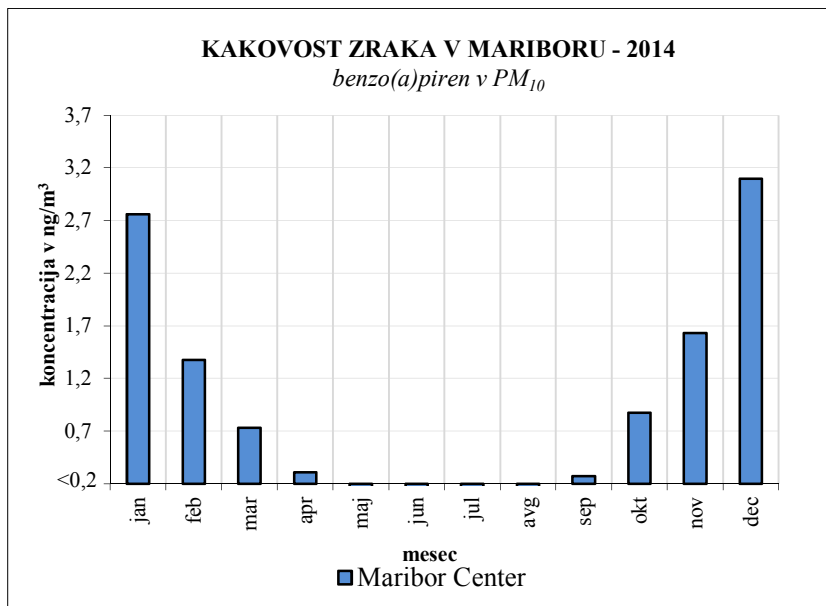
Meritve vsebnosti policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAO) v delcih PM₁₀, od katerih navajamo le koncentracije benzo(a)pirena, ki ima normativno vrednost, so potekale na merilnem mestu Center z vzorci iz referenčnega merilnika. Vzorci so bili odvzeti v povprečju vsak drugi dan in so bili enakomerno razporejeni skozi celo koledarsko leto. Rezultati meritev za leto 2014 so prikazani kot povprečna letna in najvišja dnevna vrednost v tabeli 5.18.

Tabela 5.18: Vsebnost benzo(a)pirena v PM₁₀ - merilno mesto Center

Količina	Center (ng/m ³)	Ciljna
Število vzorcev (delež v letu)	183 (50 %)	(>14 %)
Letna srednja vrednost	0,96	1,0
Najvišja dnevna koncentracija	7	

Srednja letna koncentracija benzo(a)pirena v letu 2014 ni presegala ciljne letne vrednosti.

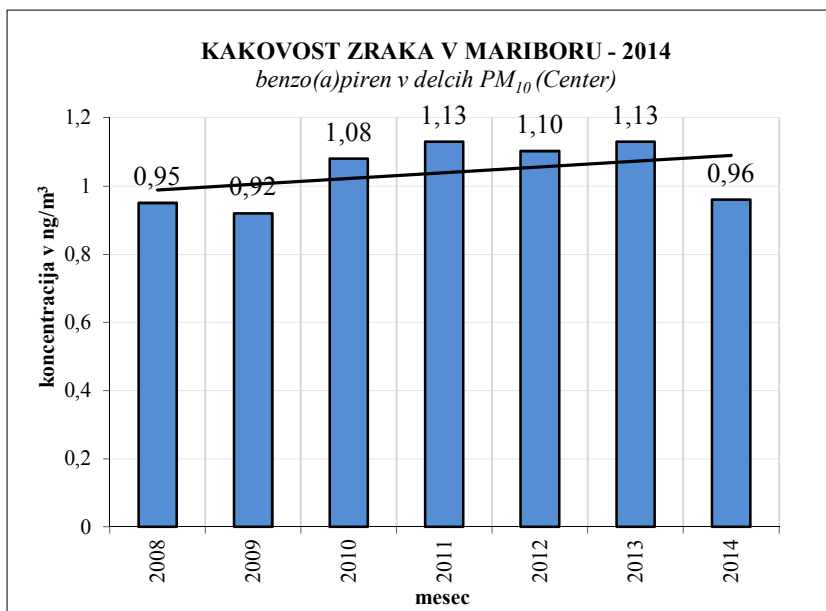
Na sliki 5.37 so srednje mesečne koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ za leto 2014 na merilnem mestu v Centru.



Slika 5.37: Benzo(a)piren v PM_{10} , merilno mesto Center

PAO nastajajo pri nepopolnem zgorevanju v kuriščih in prometu, glede na bistveno višje vrednosti v zimskem času pa so kurišča zagotovo prevladujoči vir. Merilno mesto v Centru je bistveno bolj obremenjeno z benzo(a)pirenom v PM_{10} v zimskem času in praktično neobremenjeno v poletnem času.

Potek srednjih letnih koncentracij za merilno mesto Center v celotnem dosedanjem merilnem obdobju je prikazan na sliki 5.38.



Slika 5.38: Benzo(a)piren v delcih 2008-2014, merilno mesto Center

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} je bila v Centru po štirih zaporednih letih nad, v letu 2014 pod ciljno letno vrednostjo. Trend je usmerjen navzgor.

5.3.4.2 Težke kovine

Meritve vsebnosti težkih kovin svinec, kadmij, arzen in nikelj v PM₁₀ so v okviru državne mreže potekale na merilnem mestu Center z vzorci iz referenčnega merilnika. Meritve potekajo od leta 2005 naprej. Kot vire težkih kovin lahko navedemo v večini izpušne emisije in obraba zavor v cestnem prometu, industrijo železa in jekla in kurjenje premoga ter kurilnega olja.

Rezultati meritev, prikazani kot letne povprečne vrednosti in najvišje izmerjene dnevne vrednosti, so za leto 2014 v tabeli 5.19. V isti tabeli so v oklepaju tudi vsebnosti kovin v delcih PM_{2,5} (Center / Vrbanski plato), ki se dodatno ugotavljajo zaradi zahtev zakonodaje, nimajo pa mejne vrednosti. Skupno je bilo v Centru odvzetih po 182 vzorcev (časovna pokritost za vsako kovino 50 %), na Vrbanskem platu pa 181 (50 %) vzorcev, v povprečju vsak drugi dan in enakomerno razporejeno skozi celo koledarsko leto.

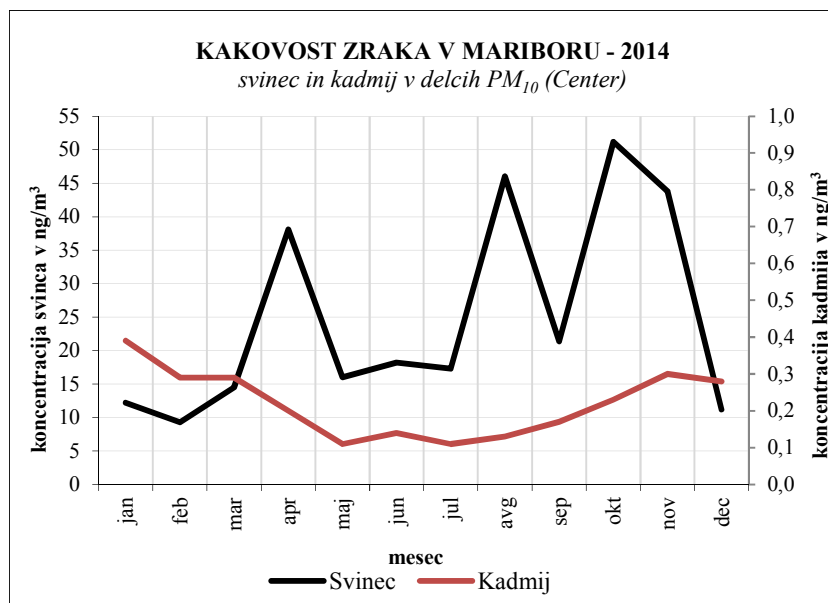
Tabela 5.19: Vsebnost težkih kovin v PM₁₀ - merilno mesto Center in v oklepaju vsebnost težkih kovin v PM_{2,5} - merilni mesti Center / Vrbanski plato

Onesnaževalo	Letno povprečje (ng/m ³)	Najvišja dnevna koncentracija (ng/m ³)	Ciljna letna vrednost
<i>Svinec</i>	25 (11/7)	289 (168/34)	500
<i>Nikelj</i>	1,9 (1,3/1,1)	5,8 (9,2/8,5)	20
<i>Kadmij</i>	0,22 (0,19/0,18)	0,89 (0,87/0,87)	5,0
<i>Arzen</i>	0,61 (0,46/0,45)	4,4 (3,5/3,4)	6,0

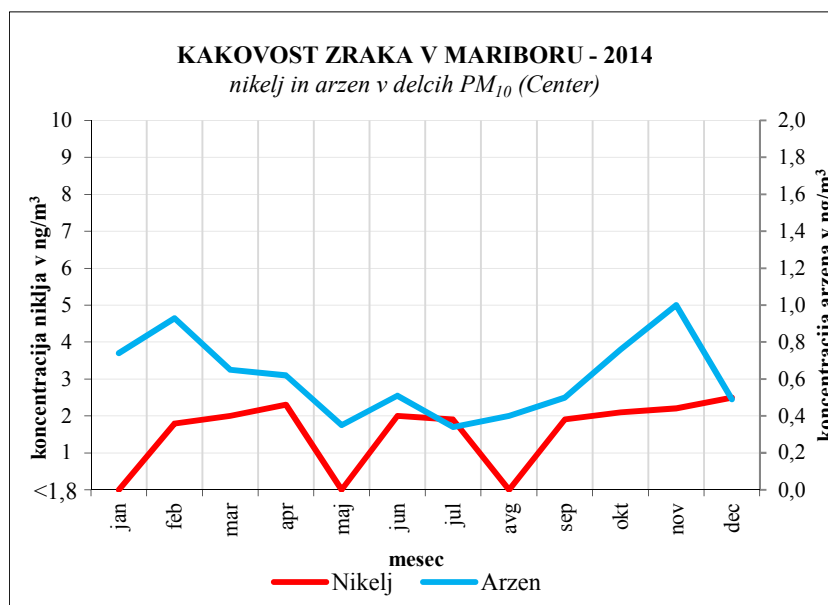
Srednja letna koncentracija posamezne kovine ni presegala posamezne ciljne letne vrednosti. Svinec je daleč pod mejno vrednostjo, pa tudi ostale kovine so pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Srednje letne koncentracije svinca v delcih PM_{2,5} so v Centru glede na Vrbanski plato višje za 57 %, niklja višje za 18 %, kadmija višje za 6 % in arzena višje za 2 %.

Vsebnost kovin v delcih PM_{2,5} je nižja kot v delcih PM₁₀. Za nikelj, kadmij in arzen je delež omenjenih kovin v delcih PM_{2,5} proti deležu kovin v PM₁₀ 85 % / 86 % / 75 %, iz česar bi lahko sklepali, da je večina kovin prisotnih v manjši velikostni frakciji, kar pa ne drži za svinec, saj je to razmerje 44 %.

Srednje mesečne koncentracije težkih kovin v delcih PM₁₀ so za svinec in kadmij na sliki 5.39, za nikelj in arzen pa na sliki 5.40, vse za merilno mesto Center in za leto 2014.



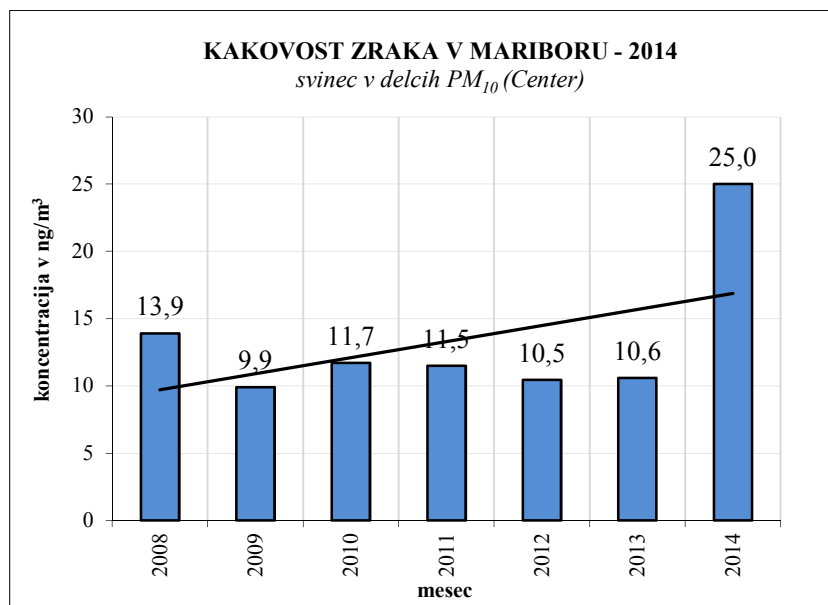
Slika 5.39: Mesečne koncentracije svineca in kadmija v delcih PM₁₀, merilno mesto Center



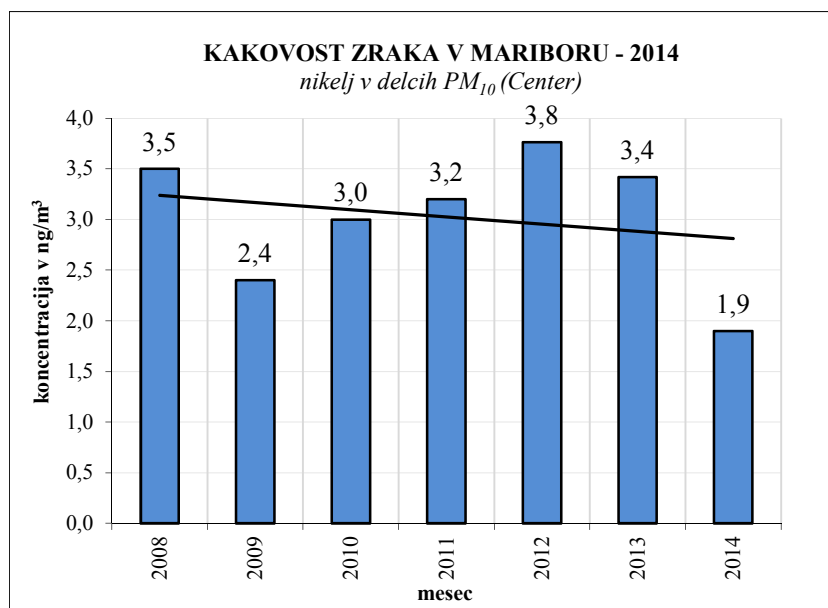
Slika 5.40: Mesečne koncentracije niklja in arzena v delcih PM₁₀, merilno mesto Center

Koncentracije predstavljenih kovin v delcih PM₁₀ v Centru so praviloma višje v zimskem času kot v poletnem, čeprav za leto 2014 to ne drži popolnoma, saj izstopata mesečna hoda svineca ter še niklja.

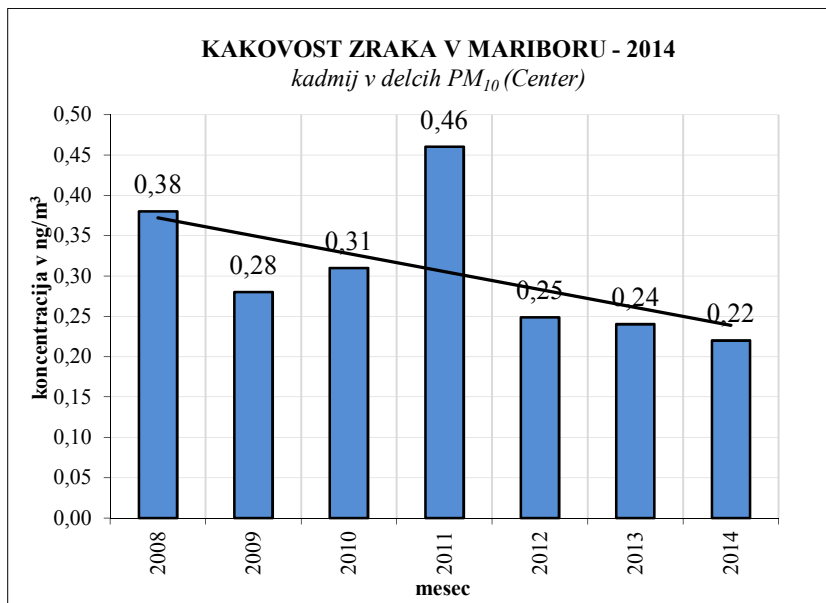
Srednje letne koncentracije v Centru v letih 2008-2014 so za svinec na sliki 5.41, nikelj 5.42, kadmij 5.43 in arzen na sliki 5.44.



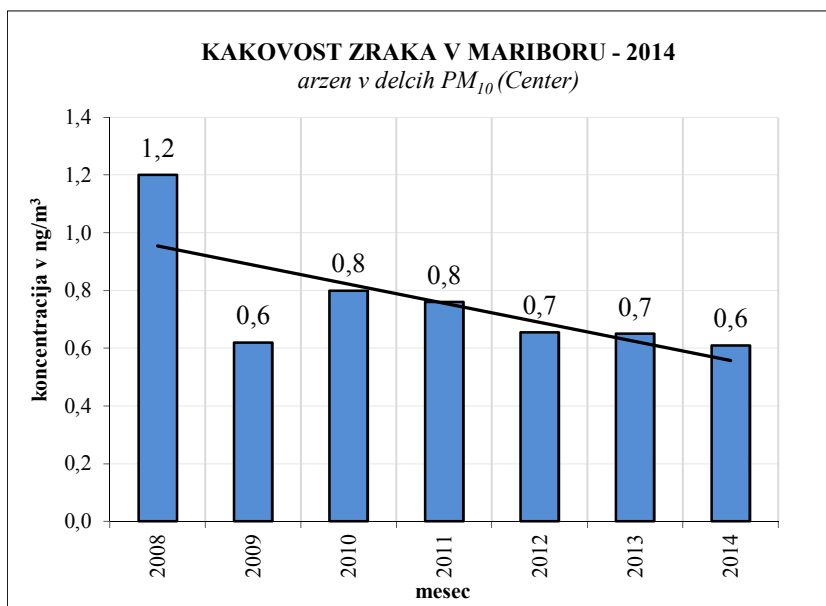
Slika 5.41: Svinec v delcih 2008-2014, *merilno mesto Center*



Slika 5.42: Nikelj v delcih 2008-2014, *merilno mesto Center*



Slika 5.43: Kadmij v delcih 2008-2014, merilno mesto Center



Slika 5.44: Arzen v delcih 2008-2014, merilno mesto Center

Že precej časa so koncentracije vseh merjenih kovin v delcih PM₁₀ pod ciljnim letnimi vrednostmi. Pri svincu je trend usmerjen navzgor, pri kadmiju, arzenu in niklju pa navzdol. Razlog za višje koncentracije svinca v letu 2014, glede na prejšnja leta, bi lahko bila obnova železniškega mostu v Mariboru.

5.4 OGLJIKOV MONOKSID

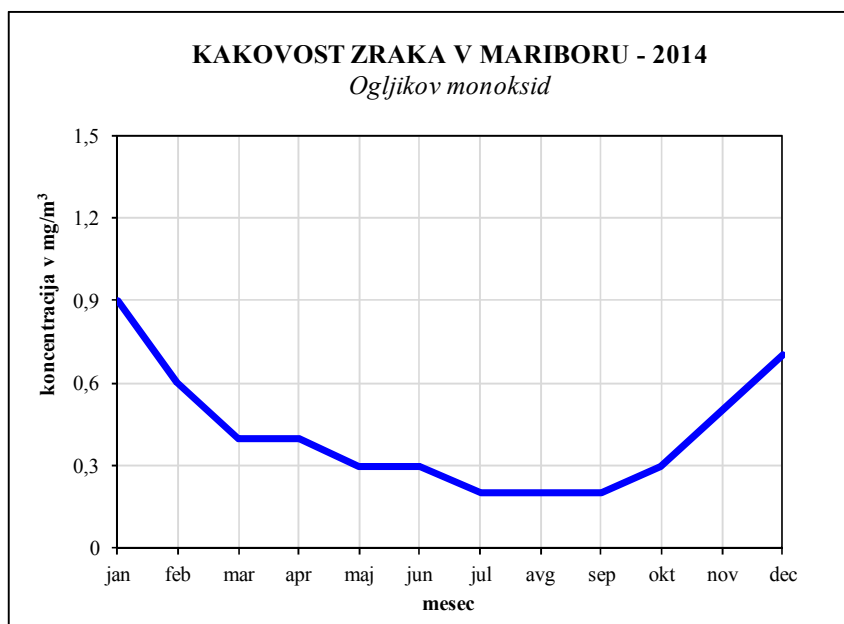
Meritve vsebnosti ogljikovega monoksida v zraku so že potekale med leti 1992 in 1997, ponovno pa so bile vzpostavljene leta 2003, vse v okviru državne merilne mreže v Centru. Rezultati za leto 2014 so v tabeli 5.20.

Tabela 5.20: Kakovost zraka s CO - merilno mesto Center

Količina	Izmerjena koncentracija (mg/m ³)	Mejna
Delež veljavnih urnih podatkov	100 %	90 %
Letna srednja vrednost	0,4	
Zimski čas	0,6	
Poletni čas	0,3	
C ₈ max	1,9	10
Število preseganj C ₈ mejne	0	

Nobena izmerjena 8-urna koncentracija v celotnem koledarskem letu ni presegala mejne 8-urne vrednosti.

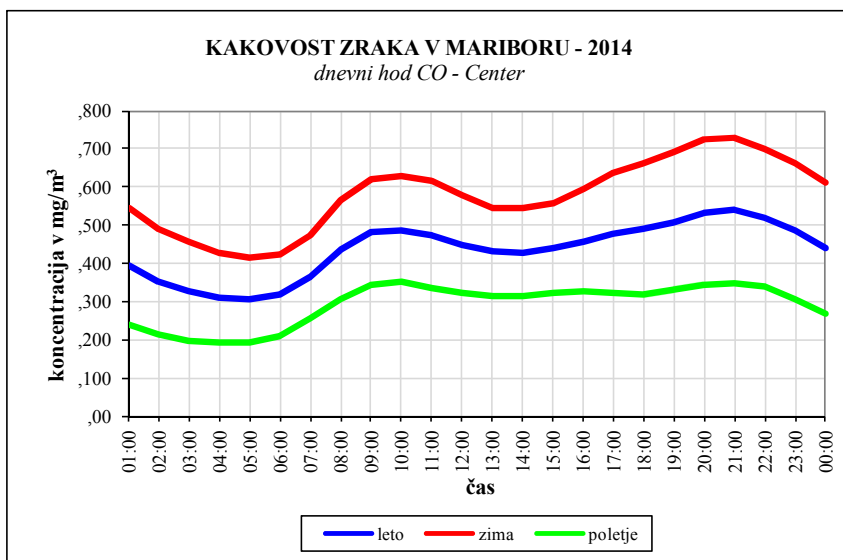
Na sliki 5.45 so srednje mesečne koncentracije CO za merilno mesto Center za leto 2014.



Slika 5.45: Mesečne koncentracije CO, merilno mesto Center

Ogljikovega monoksida je v povprečju dva do tri krat več v zimskem kot v poletnem času, kar kaže na prevladujoč vpliv kurišč in drugačnih zgorevalnih razmer v vozilih.

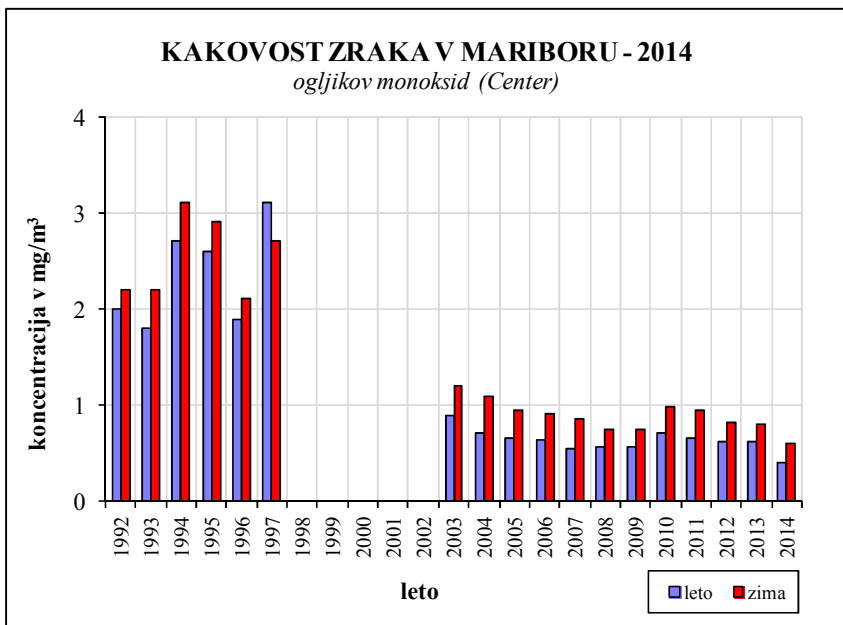
Dnevni hod koncentracij CO v Centru je za leto 2014 na sliki 5.46.



Slika 5.46: Dnevni hod koncentracij ogljikovega monoksida, *merilno mesto Center*

Dnevni hod ogljikovega monoksida kaže dve podobni konici kot ostala onesnaževala, s tem, da sta konici manj izraziti – predvsem v poletnem času. Jutranja je značilna za jutranje delovanje virov (kurišča in promet), bolj izrazita je večerna konica v zimskem času, medtem ko poleti koncentracije po jutranji konici ostanejo praktično na istem nivoju do večera. Verjetno je dnevni hod tega onesnaževala najbolj povezan z gostoto prometa mimo merilnega mesta, sezonska razlika hodov pa z (ne)obratovanjem kurišč.

Srednje letne koncentracije in koncentracije samo v zimskem času so za ogljikov monoksid in merilno mesto Center v letih 1992-2014 prikazane na sliki 5.47.



Slika 5.47: Ogljikov monoksid 1992-2014, *merilno mesto Center*

Kakovost zraka s CO je bila leta 2014 najnižja doslej izmerjena in že nekaj let ne predstavlja pomembnega onesnaževala.

5.5 BENZEN

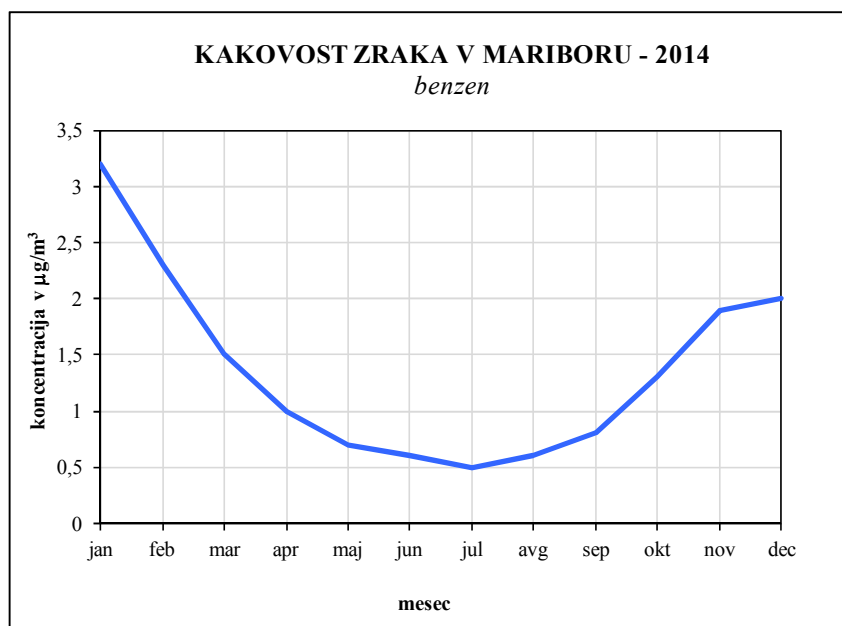
Meritve benzena so vključene v državno mrežo na merilnem mestu v Centru in potekajo že od leta 2005. Rezultati za leto 2014 so v tabeli 5.21.

Tabela 5.21: Vsebnost benzena v zraku - *merilno mesto Center*

Količina	Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mejna
<i>Delež veljavnih urnih podatkov</i>	98 %	90 %
<i>Letna srednja vrednost</i>	1,5	5
<i>Zimski čas</i>	2,0	
<i>Poletni čas</i>	0,7	

Srednja letna vrednost ni presegala mejne letne vrednosti.

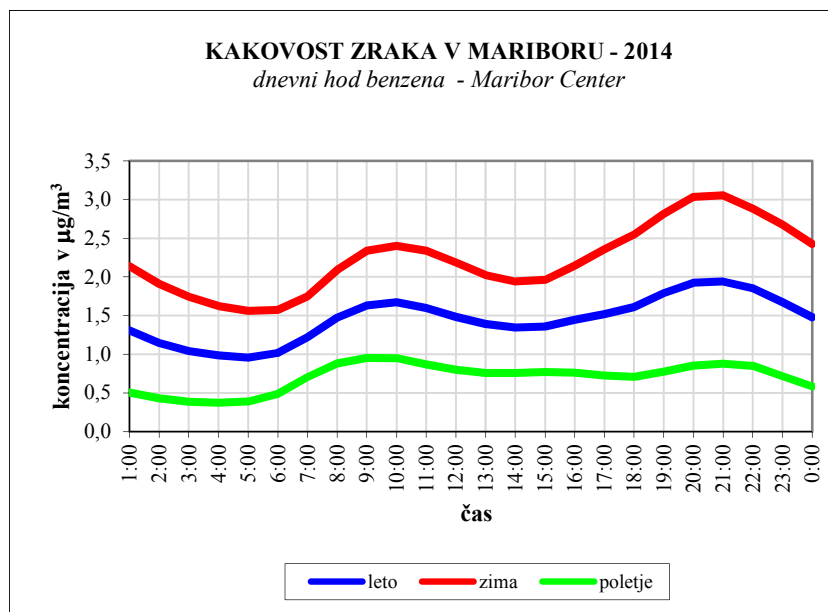
Na sliki 5.48 so srednje mesečne koncentracije benzena za merilno mesto Center za leto 2014.



Slika 5.48: Mesečne koncentracije benzena, *merilno mesto Center*

Koncentracije benzena so bistveno višje v zimskem kot v poletnem času, predvidevamo, da so razlogi enaki kot pri ogljikovem monoksidu, s tem, da je za benzen kriv v največji meri promet.

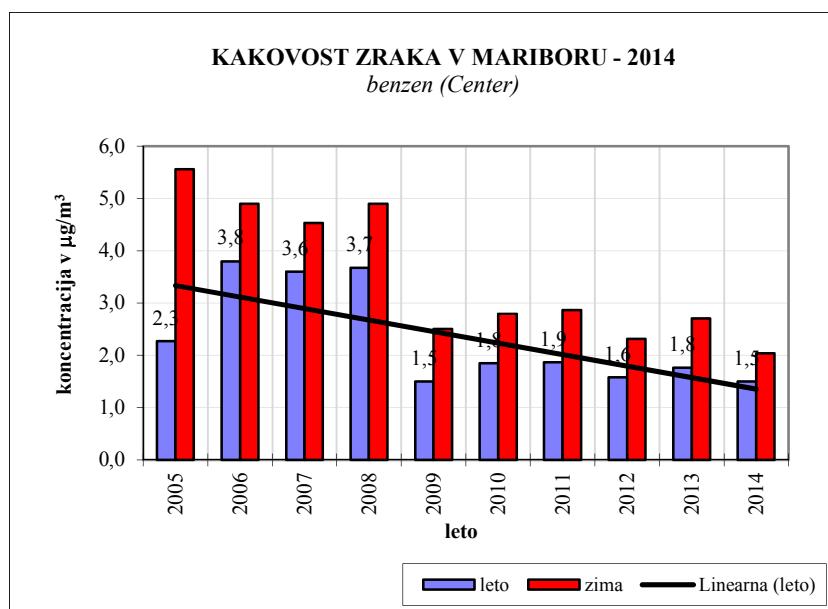
Dnevni hod koncentracij benzena v Centru je za leto 2014 na sliki 5.49.



Slika 5.49: Dnevni hod koncentracij benzena, merilno mesto Center

Potek benzena je zelo podoben ogljikovem monoksidu.

Uradni, vendar nepopolni rezultati meritev benzena v zunanjem zraku iz merilne postaje Center so bili prvič na voljo v letu 2005 in so skupaj z rezultati meritev v letih 2006 do 2014 prikazani na sliki 5.50.



Slika 5.50: Benzen 2005-2014, merilno mesto Center

Rezultati kažejo, da je bila koncentracija benzena leta 2014 med najnižje doslej izmerjenimi. Trend je usmerjen navzdol.

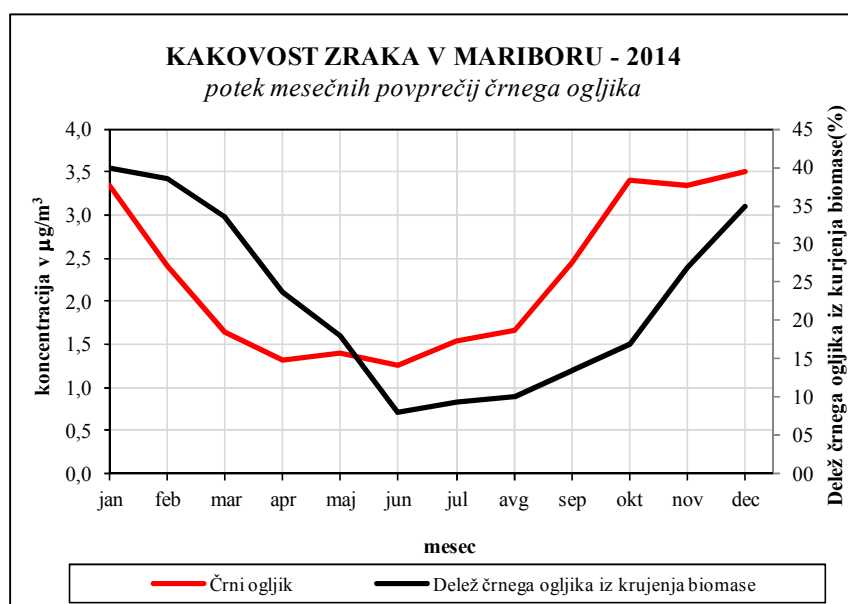
5.6 ČRNI OGLJIK

Meritve črnega ogljika se na merilnem mestu Krekova/Tyrševa izvajajo od decembra 2013. Rezultati za leto 2014 so v tabeli 5.22.

Tabela 5.22: Vsebnost črnega ogljika v zraku - *merilno mesto Center*

Količina	Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Delež veljavnih urnih podatkov</i>	88 %
<i>Letna srednja vrednost</i>	2,3
<i>Zimski čas</i>	3,0
<i>Poletni čas</i>	1,7

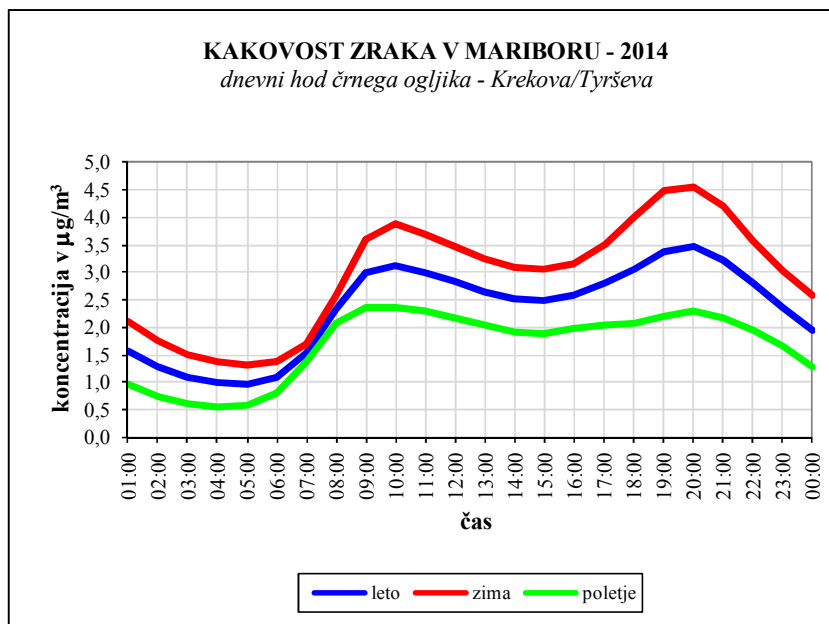
Na sliki 5.51 so srednje mesečne koncentracije črnega ogljika in delež črnega ogljika iz kurjenja biomase za merilno mesto Krekova/Tyrševa za leto 2014.



Slika 5.51: Mesečne koncentracije črnega ogljika in delež iz kurjenja lesne biomase, *merilno mesto Center*

Koncentracije črnega ogljika so višje v zimskem kot v poletnem času. Delež črnega ogljika iz kurjenja biomase je v zimskem času do 40 %, v poletnem pa pade pod 10 %.

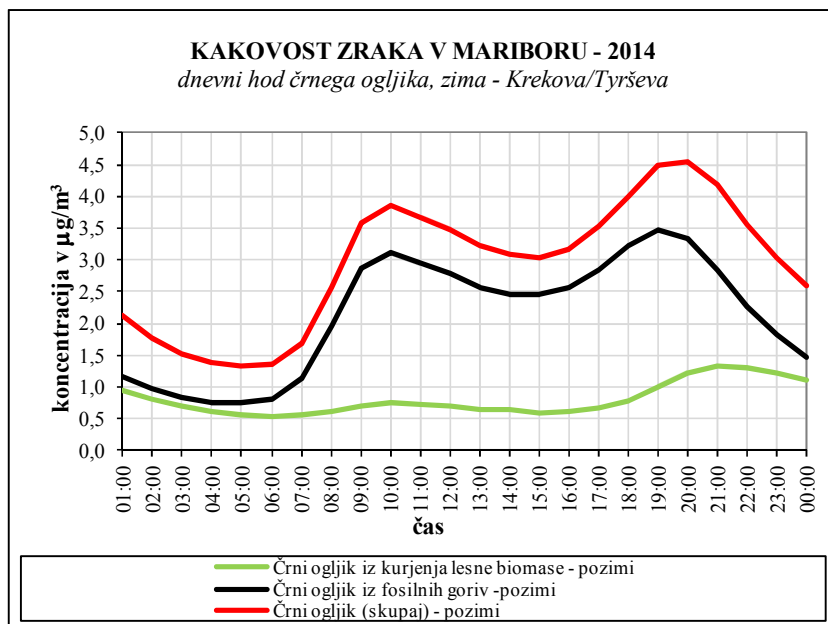
Dnevni hod koncentracij črnega ogljika za leto 2014 je na sliki 5.52.



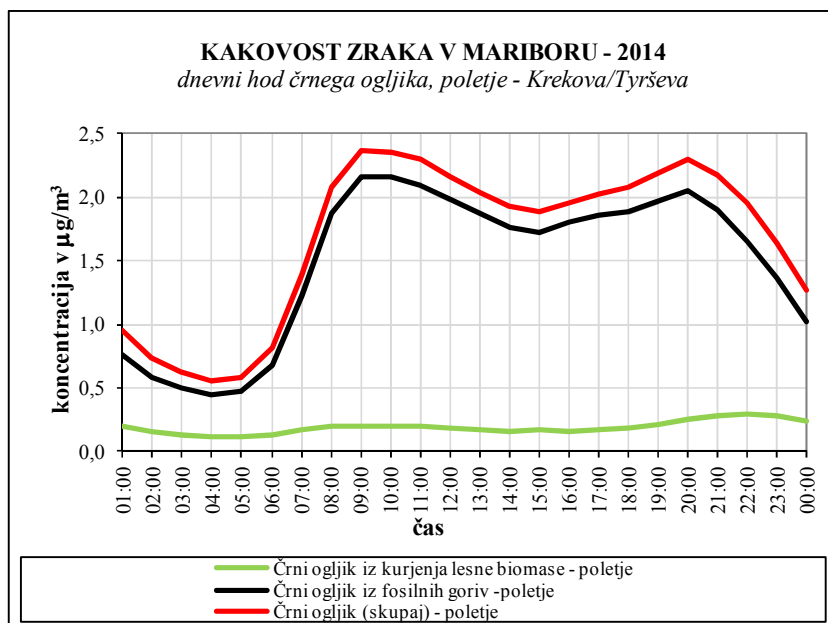
Slika 5.52: Dnevni hod koncentracij črnega ogljika, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Dnevni potek črnega ogljika je zelo podoben ostalim onesnaževalom: v zimskem in poletnem času se pojavita dnevno dva vrha, eden zjutraj okrog 10:00 ure, večerni pa okrog 20:00 ure. V zimskem času je večerni vrh višji od jutranjega, v poletnem času pa je večerni malenkost nižji kot jutranji.

Zaradi začetka meritev decembra 2013 še ne moremo primerjati kakšnih dolgoletnih trendov, dejstvo pa je, da je pozimi v zraku več črnega ogljika - več ga je iz naslova kurjenja lesne biomase in tudi iz naslova uporabe fosilnih goriv. Na sliki 5.53 je prikazana skupna količina črnega ogljika, črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv ter črnega ogljika iz kurjenje lesne biomase za zimo in na sliki 5.54 za poletje.



Slika 5.53: Dnevni hod koncentracij črnega ogljika iz fosilnih goriv in lesne biomase, pozimi, merilno mesto Krekova/Tyrševa



Slika 5.54: Dnevni hod koncentracij črnega ogljika iz fosilnih goriv in lesne biomase, poleti, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Iz slik 5.53 in 5.54 se vidi da je na merilnem mestu Krekova/Tyrševa prevladujoč vir črnega ogljika v zimskem in poletnem času kurjenje fosilnih goriv, v zimskem času se delež črnega ogljika iz kurjenja biomase zelo približa deležu iz naslova kurjenja fosilnih goriv. Pozimi v večernih urah je črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase do 6 krat več kot poleti.

5.7 METEOROLOŠKI PARAMETRI

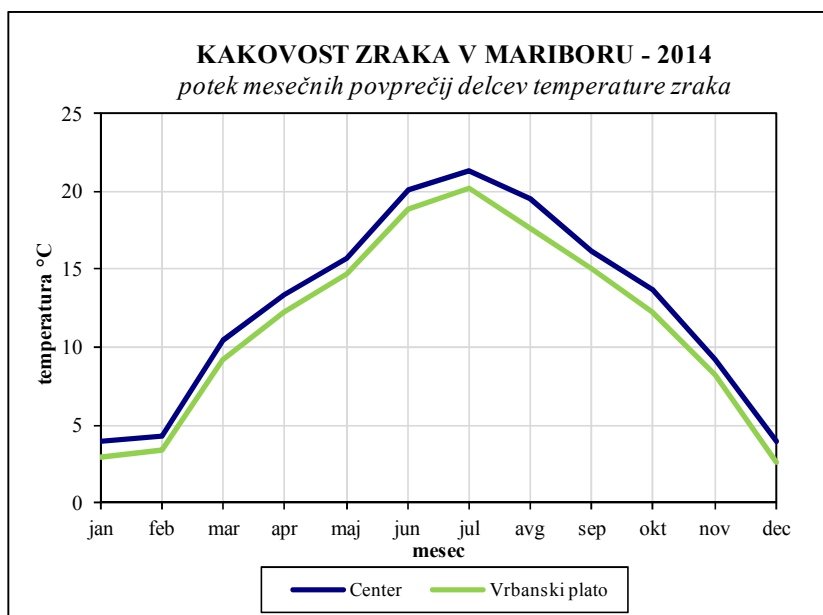
5.7.1 Temperatura zraka

Za pravilno razumevanje kakovosti zunanjega zraka je pomembno poznavanje njegove temperature v obravnavanem obdobju, saj temperatura v povezavi z drugimi meteorološkimi faktorji vpliva na procese v atmosferi in s tem tudi na kakovost zraka. Meritve temperature zraka potekajo v Centru (DMKZ) že od leta 1997, na Vrbanskem platoju pa so bile prve popolne meritve šele leta 2012.

Srednje mesečne temperature zraka za leto 2014 na merilnih mestih Center in Vrbanski plato so v tabeli 5.23 in na sliki 5.55. Na obeh merilnih mestih je bilo veljavnih 100 % urnih podatkov.

Tabela 5.23: Srednje mesečne temperature zraka - merilni mesti Center in Vrbanski plato

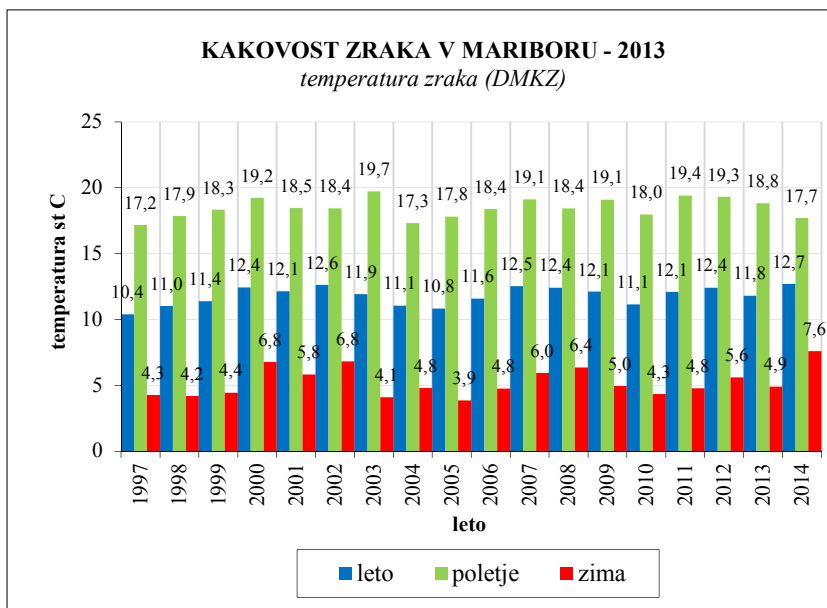
Mesec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	letna
<i>Center</i>	3,9	4,3	10,5	13,4	15,7	20,1	21,3	19,6	16,1	13,7	9,3	3,9	12,7
<i>Vrbanski plato</i>	2,9	3,3	9,2	12,2	14,8	18,8	20,2	17,6	15,0	12,3	8,2	2,6	11,3



Slika 5.55: Mesečne temperature zraka, merilni mesti Center in Vrbanski plato

Temperatura zraka je bila praktično v vseh mesecih preteklega leta v Centru višja kot na Vrbanskem platoju, razlika je v povprečju 1,24 °C.

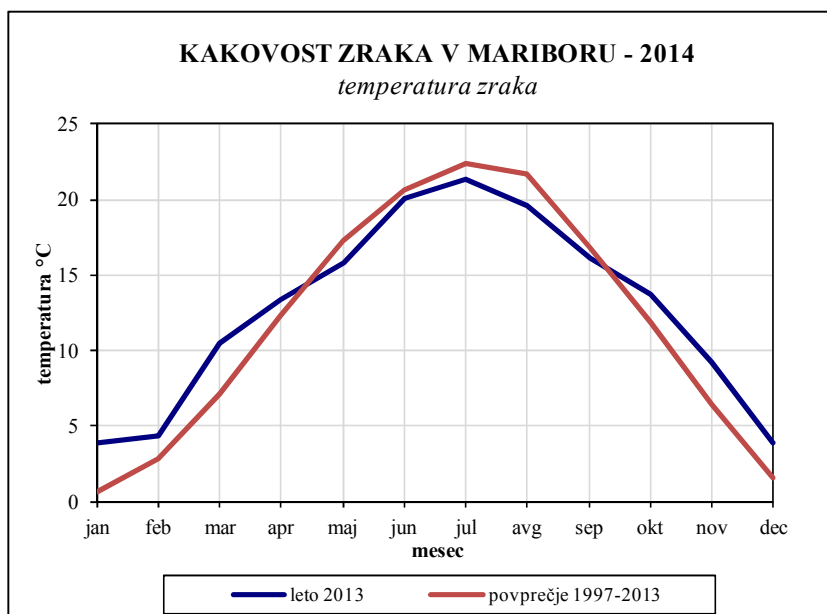
Tudi meritve temperature zraka potekajo že precej dolgo, tako da lahko opazujemo letne trende. Na sliki 5.56 prikazujemo srednjo letno temperaturo zraka ter temperaturo v zimskem in poletnem času v letih 1997 do 2014 v Centru.



Slika 5.56: Temperatura zraka 1997-2014, merilno mesto Center

Srednja letna temperatura zraka je bila v letu 2014 najvišja doslej in za 0,9 °C višja od povprečja let 1997-2013.

Odstopanje srednjih mesečnih vrednosti za leto 2014 od dolgoletnega povprečja v obdobju 1997–2013 je prikazano na sliki 5.57.



Slika 5.57: Odstopanje mesečne temperature zraka v letu 2014 od povprečja 1997-2013, merilno mesto Center

Srednja mesečna temperatura v letu 2014 je bila višja od povprečja 1997-2013 predvsem v zimskih mesecih.

5.7.2 Smer in hitrost vetra

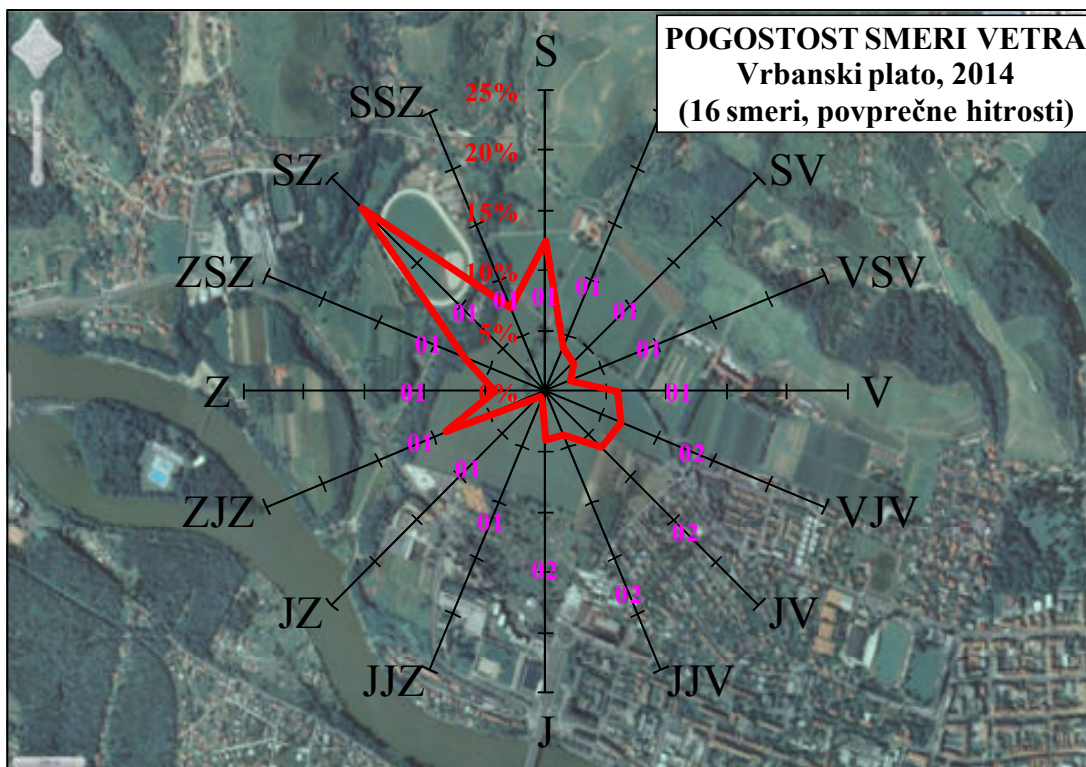
Na merilnem mestu Vrbanski plato sta se ugotavljali tudi smer in hitrost vetra. V tabeli 5.24 so prikazani delež podatkov ter povprečna in najvišja polurna hitrost vetra za posamezne mesece in za celotno koledarsko leto. V tabeli 5.25 pa sta pogostost pojavljanja določene smeri vetra v koledarskem letu in povprečna hitrost vetra pri tej smeri. Na sliki 5.58 je roža vetrov za leto 2014 za lokacijo Vrbanski plato skupaj s povprečnimi hitrostmi vetra iz posamezne smeri.

Tabela 5.24: Delež podatkov, povprečna in maksimalna polurna hitrost vetra

	Delež podatkov	Povprečna hitrost vetra (m/s)	Maksimalna hitrost vetra (m/s)
jan 2013	100 %	1,0	5,2
feb 2013	100 %	1,0	4,6
mar 2013	100 %	1,3	5,0
apr 2013	100 %	1,0	3,8
maj 2013	100 %	1,5	5,9
jun 2013	100 %	1,3	5,2
jul 2013	100 %	1,3	5,7
avg 2013	68 %	0,4	4,7
sep 2013	39 %	1,0	4,8
okt 2013	100 %	0,9	4,8
nov 2013	100 %	1,4	5,7
dec 2013	100 %	0,9	5,0
skupaj	92 %	1,1	5,9

Tabela 5.25: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečna hitrost po smereh

Smer	Pogostost pojavljanja smeri vetra	Povprečna hitrost vetra (m/s)
S	12%	0,6
SSV	4%	0,9
SV	3%	0,8
VSV	2%	0,8
V	6%	1,2
VJV	7%	1,5
JV	7%	2,2
JJV	4%	2,5
J	4%	1,8
JJZ	1%	1,3
JZ	1%	0,7
ZJZ	9%	1,2
Z	4%	1,1
ZSZ	7%	1,0
SZ	21%	0,8
SSZ	7%	0,6

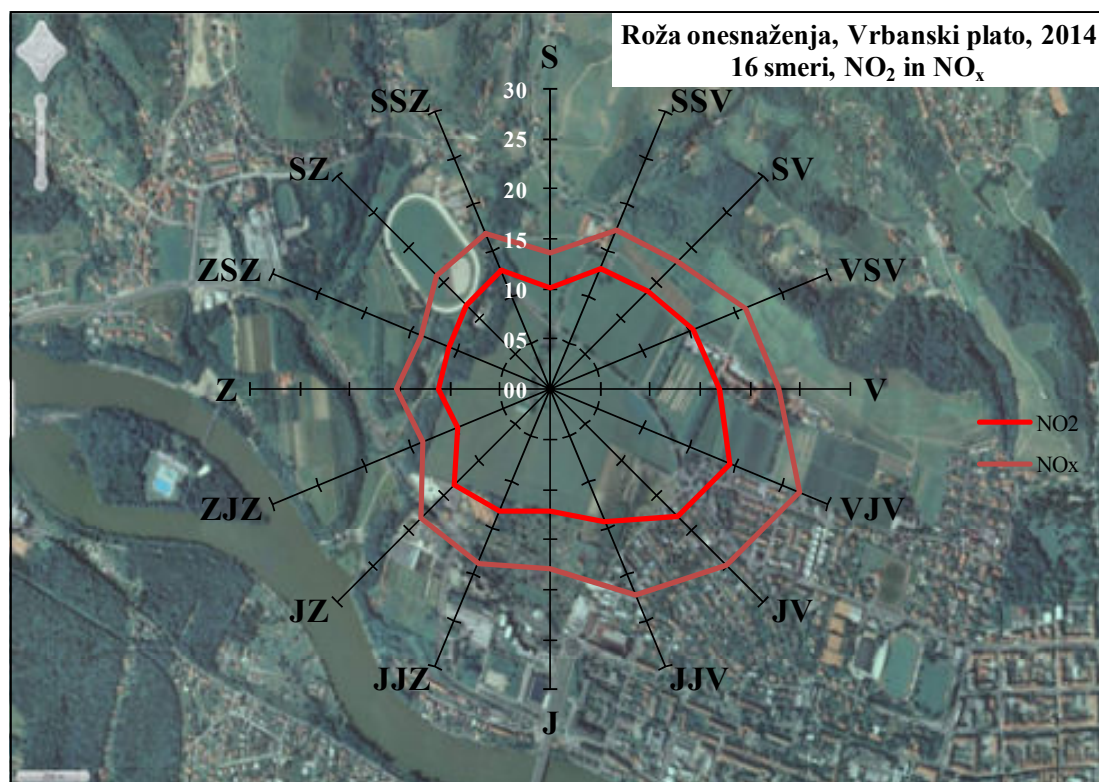


Slika 5.58: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečne hitrosti po smereh, leto 2014, merilno mesto Vrbanski plato

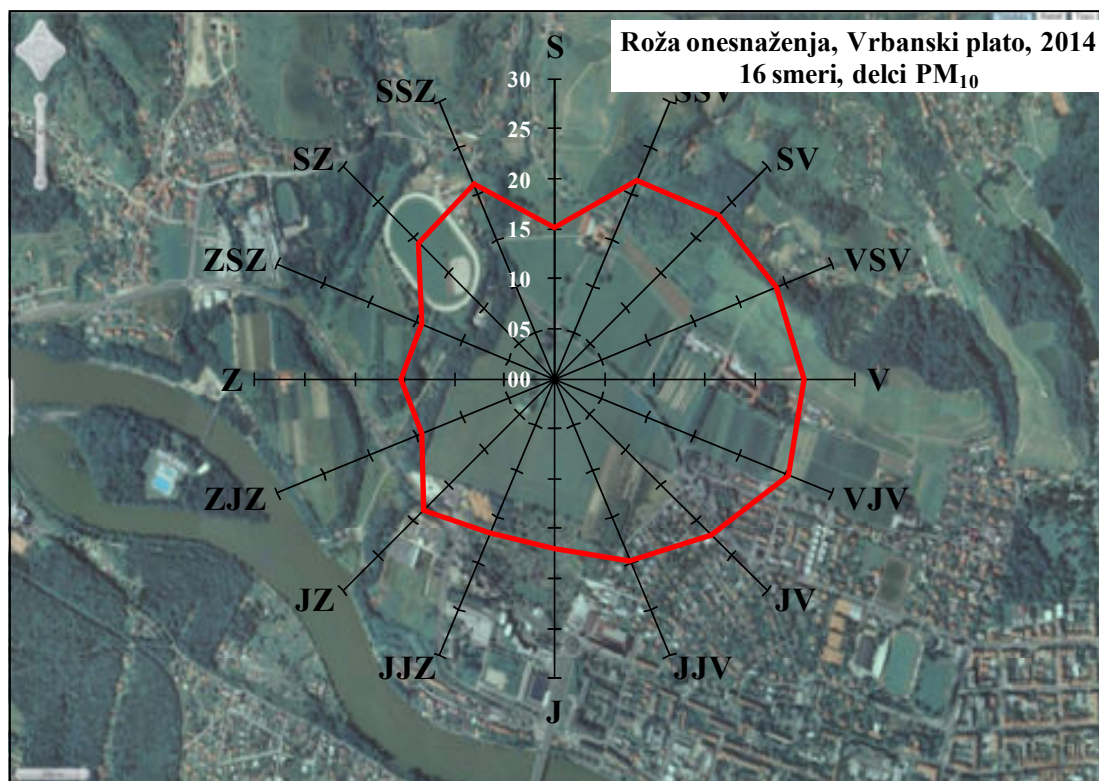
Najpogostejša smer vetra je SZ, ki se pojavlja 21 % časa v letu. Skupno je veter iz IV. kvadranta (Z – SSZ) pihal 41 % časa, sledi II. kvadrant (V – JJV) s 23 %, veter iz ostalih dveh kvadrantov pa je skupno pihal eno tretjino leta.

5.7.3 Rože onesnaženja

Na podlagi meritev smeri vetra lahko ugotovljamo, od kod najbolj pogosto prihaja onesnažen zrak. Za Vrbanski plato so za leto 2014 pripravljene rože onesnaženja, ki prikazujejo povprečne koncentracije posameznega onesnaževala pri določeni smeri vetra: slika 5.59 za skupne dušikove okside in dušikov dioksid in slika 5.60 za delce PM₁₀.



Slika 5.59: Roža onesnaženja za NO_x in NO_2 v letu 2014, merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.60: Roža onesnaženja za delce PM_{10} v letu 2014, merilno mesto Vrbanski plato

V neposredni okolici merilnega mesta ni nobenega vplivnega vira, ki bi lokalno zviševal koncentracije merjenih onesnaževal. Najvišje koncentracije dušikovih oksidov prihajajo iz smeri mesta (VJV, JV), pri delcih pa najvišje koncentracije prihajajo iz smeri SSV-JJV, kar tudi sovpada z lokacijo mesta.

6 ZNAČILNOSTI

6.1 MOŽNI VPLIVI ONESNAŽENOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI

Čist zrak se smatra kot osnovni pogoj za zagotavljanje zdravja in dobrega počutja ljudi. O čezmerni onesnaženosti zraka na območju poselitve ali drugem območju govorimo, če raven onesnaženosti najmanj ene snovi presega mejno vrednost ali dovoljeno število preseganj mejne vrednosti. Mejne vrednosti za varovanje zdravja za posamezne snovi so določene z zakonodajo in podrobneje predstavljene v poglavju Zakonski okvir.

Onesnaženost zraka predstavlja pomembno grožnjo zdravju ljudi povsod po svetu, zato je Svetovna zdravstvena organizacija (SZO) na podlagi številnih opravljenih študij izdala prva priporočila za kvaliteto zraka, z namenom zmanjšati vpliv onesnaženosti zraka na zdravje ljudi, že leta 1987. Priporočila so bila kasneje večkrat dopolnjena v skladu z novimi znanstvenimi spoznanji. Glede na to, da študije niso uspele opredeliti varne meje onesnaženosti, ki ne bi povzročala škodljivih učinkov na zdravje človeka, mejne vrednosti ne zagotavljajo popolne zaščite zdravja človeka. Zadnje splošne smernice so iz leta 2000 /20/, ki so jih leta 2005 obnovili za najpomembnejša onesnaževala (delci, ozon, dušikov dioksid in žveplov dioksid). Od izdaje smernic so prišli do precej novih znanstvenih spoznanj glede vplivov onesnaževanja zraka na zdravje ljudi, kar so povzeli v študiji /18/. Smernice kakovosti zunanjega zraka SZO so prikazane v naslednji tabeli.

Tabela 6.1: Smernice kakovosti zraka SZO /11/ in /20/

Onesnaževalo	Enota	Kratkotrajna	Dnevna	Letna
žveplov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	500*	20	
dušikov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200**		40
ozon	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100***		
delci PM ₁₀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		50	20
delci PM _{2,5}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		25	10
ogljikov monoksid	mg/m^3	10***		
svinec	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			0,5
kadmij	ng/m^3			5

* 10-minutna vrednost

** urna vrednost

*** 8-urna vrednost

Kot lahko razberemo iz primerjave zgornjih vrednosti in mejnih vrednosti po naši zakonodaji (tabela 4.1), se vrednosti pri dušikovem dioksidu, ogljikovem monoksidu, svincu in kadmiju ujemajo, pri delcih PM₁₀ in PM_{2,5} pa SZO predlaga strožje vrednosti. Za benzen, benzo(a) piren oziroma policiklične aromatske ogljikovodike, arzen in nikelj mejna vrednost temelji na njihovem rakotvornem tveganju.

Koncentracije **delcev PM₁₀** so bile nad priporočeno letno vrednostjo po smernicah SZO 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v Centru, na Krekovi/Tyrševi, v Miklavžu, Dupleku in Bistrici ob Dravi, pod pa na Vrbanskem platoju.

Koncentracije **delcev PM_{2,5}** so bile povsod nad priporočeno letno vrednostjo po smernicah SZO. Tudi dnevne koncentracije so bile na vseh merilnih mestih občasno nad priporočeno dnevno vrednostjo.

Škodljivi učinki visokih koncentracij delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, ki so še bolj škodljivi za zdravje ljudi, saj prodrejo globlje v respiratorni sistem, na zdravje človeka, se pojavljajo že pri koncentracijah, ki jim je izpostavljen prebivalstvo v mestih, tako v razvitih kakor tudi v nerazvitih državah. Spekter škodljivih učinkov na zdravje ljudi je širok, prevladujejo učinki na respiratorni in kardiovaskularni sistem. Prizadeta je vsa populacija, dovzetnost variira s starostjo in splošnim zdravstvenim stanjem. Tudi novejša študije potrjujejo zaključke znanstvenih ugotovitev o negativnih vplivih na zdravje pri ljudeh zaradi kratkotrajne in dolgotrajne izpostavljenosti delcem PM_{2,5}. Zato bo potrebno posodobiti sedanje smernice SZO, saj rezultati kažejo povezavo med delci in umrljivostjo pri koncentracijah, ki so precej nižje od sedanje smernice za PM_{2,5} - iz tega razloga se, dodatno k letni vrednosti, podpira uvedba dodatne 24 urne mejne vrednosti. V odsotnosti mejnih vrednosti in v oziru koristi za javno zdravje je potrebno poudariti, da bodo posledice kakršnega koli znižanja koncentracij delcev PM_{2,5} in tudi PM₁₀ pozitivne, ne glede na to, ali so trenutne vrednosti nad ali pod mejnimi vrednostmi.

Novi dokazi povezujejo **črni ogljik** (BC) s kardiovaskularnimi učinki in prezgodnjo umrljivostjo tako za kratkotrajno (24 h) kot dolgotrajno (letno) izpostavljenost. Podatki o koncentracijah črnega ogljika so dodatno merilo kakovosti zraka za oceno tveganja glede vpliva primarnih izgorevalnih delcev iz prometa (vključno z organskimi delci, ki niso v celoti vključeni v masi delcev PM_{2,5}).

Vsebnost **ozona** v zraku se ugotavlja na merilnih mestih Pohorje in Vrbanski plato. Najvišja 8-urna koncentracija je bila na Pohorju 152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in na Vrbanskem platoju 141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kar kaže na prekoračitve vrednosti iz smernic SZO, ki je 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ta vrednost je bila presežena na Pohorju v 89 dneh in na Vrbanskem platoju v 50 dneh. Škodljivost ozona se povečuje z višanjem koncentracije, podaljševanjem časa izpostavljenosti in povečevanjem fizične aktivnosti. Akutni učinki povišanih koncentracij ozona se kažejo z respiratornimi simptomi, slabšanjem pljučne funkcije, povečanjem bronhialne odzivnosti in vnetjem dihalnih poti. Pri izmerjenih najvišjih 8-urnih vrednostih je verjetnost pojava škodljivih učinkov ozona na zdravje človeka majhna, vendar reverzibilnih sprememb pljučne funkcije pri občutljivih posameznikih ne moremo izključiti, verjetnost za to je večja na Pohorju kot na Vrbanskem platoju.

Za ozon ugotavljajo, da njegova škodljivost ni posledica samo kratkotrajne, ampak tudi dolgotrajne (meseci do leta) izpostavljenosti. Zato bi bilo potrebno vzpostaviti tudi dolgotrajno (mogoče poletno) mejno vrednost. Za dodatno ugotavljanje kratkotrajnega vpliva ozona na zdravje ljudi se predlaga uporaba dveh dodatnih parametrov (SOMO35 in SOMO10).

Merjene so bile tudi koncentracije **dušikovega dioksida**. Najvišja urna koncentracija v Centru je znašala 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kar pomeni, da vrednost iz smernice SZO ni bila presežena, povprečna letna koncentracija je bila 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kar je tudi pod vrednostjo iz smernic SZO. Na Vrbanskem

platoju so bile izmerjene precej nižje koncentracije kot v Centru, seveda pod vrednostmi smernic SZO. Na povišane vrednosti dušikovega dioksida v zraku so posebej občutljivi astmatiki. V Mariboru je škodljiv vpliv na zdravje ljudi glede na izmerjene vrednosti manj verjeten in še to le v Centru oziroma ob pomembnejših prometnicah.

Za dušikov dioksid ugotavljajo, da kratkotrajne in dolgotrajne vrednosti iz smernic kot tudi iz naše zakonodaje ne bi bilo potrebno zaostrovati, prav tako tudi ne spreminjati časovnega okvira priporočil (na primer dodati 24-urno vrednost). Ugotovljen je neposreden vpliv NO₂ na zdravje ljudi pri kratkotrajnih visokih koncentracijah, ki pa se v Mariboru glede na izmerjene vrednosti ne pojavlja.

Za **dušikove okside** SZO ne predpisuje mejnih vrednosti, zato ni mogoče ocenjevati njihove zdravstvene škodljivosti.

Izmerjene koncentracije **ogljikovega monoksida** na merilni postaji Center so bile nizke, tako da ne pričakujemo škodljivih učinkov tega onesnaževala na izpostavljene prebivalce.

Najbolj značilni škodljivi učinki dolgotrajne izpostavljenosti povišanim koncentracijam **benzena** v zraku so hematotoksičnost, genotoksičnost in kancerogenost. Kronična izpostavljenost benzenu lahko povzroči depresijo kostnega mozga s posledično leukopenijo, anemijo in/ali trombocitopenijo, kar vodi v pancitopenijo in aplastično anemijo. Hematološke učinke benzena so opazovali zlasti pri delavcih, izpostavljenih visokim koncentracijam benzena, zmanjšanje števila rdečih in belih krvničk se je pojavljalo pri povprečnih koncentracijah 120 mg/m³. Pri koncentracijah pod 32 mg/m³ ni bilo tovrstnih škodljivih učinkov benzena. Dokazana je bila genotoksičnost in mutagenost benzena in vivo tako pri živalih kot tudi pri človeku in sicer so se pojavljale kromosomske aberacije pri delavcih izpostavljenih povprečnim koncentracijam 4 – 7 mg/m³. Kancerogenost benzena je bila dokazana pri človeku in živalih. IARC uvršča benzen v skupino I kancerogenih snovi, kot kancerogenega za človeka, zato ne moremo postaviti povsem varne mejne vrednosti, pri kateri ni škodljivih učinkov za zdravje človeka. Glede na izmerjene povprečne koncentracije benzena hematotoksični, genotoksični in mutageni učinki benzena pri izpostavljenih prebivalcih niso verjetni, ne moremo pa izključiti kancerogenih učinkov benzena pri dolgotrajni izpostavljenosti, saj glede le-teh varne mejne vrednosti ni.

Za **arzen in nikelj** ni zadostnih dodatnih novih spoznanj, ki bi vplivali na spreminjanje trenutne mejne vrednosti. Četudi mejne vrednosti za **kadmij** niso presežene, to ne zmanjšuje možnosti naraščanja vsebnosti te kovine v zemlji zaradi odlaganja iz zraka. Zato je možen dodaten vpliv na zdravje ljudi, kar je potrebno upoštevati pri nadaljnjih študijah. Tudi za **svinec** obstajajo nove študije vpliva na centralni živčni sistem pri otrocih in na srčno žilni sistem pri odraslih pri koncentracijah okoli mejne vrednosti. To bi zahtevalo revizijo mejne vrednosti, kar pa ne bi imelo posebnega vpliva na zdravja ljudi v Mariboru, saj so izmerjene koncentracije daleč pod mejno vrednostjo, kar velja tudi za ostale kovine.

Nekateri **policiklični aromatski ogljikovodiki**, ki so pogosto vezani na delce v zraku, so potencialno rakotvorni. Sicer so ugotovili nekaj novih povezav med PAO in zdravstveno škodljivostjo, vendar je te vplive težko ločiti od vplivov delcev. Zaradi zmanjšanja škodljivega

vpliva na zdravje ljudi bi bilo potrebno zniževati koncentracije tega onesnaževala v zunanjem zraku v Mariboru.

Žveplovega dioksida v tem poročilu sicer ne omenjamo, meritve v preteklih letih v Mariboru pa so pokazale, da vrednosti iz smernic SZO niso bile presežene, iz česar lahko zaključimo, da je vpliv tega onesnaževala na zdravje ljudi malo verjeten.

Na zdravje ljudi, ki živijo neposredno ob prometnih cestah, vpliva promet s svojimi emisijami, vendar je težko razločiti med vrsto onesnaževala oziroma njihovo mešanico, ki bi bili odgovorni za to škodljivost, predvsem kadar gre za dolgotrajnejšo izpostavljenost. Vendar iz zdravstvenih študij izhaja, da je zelo malo dokazov, da se bi mešanica različnih onesnaževal izkazala kot pomembnejša v vplivih na zdravje ljudi (sinergija), kot bi pričakovali od vpliva posameznega onesnaževala. Razlogi za to so različni, od pomanjkanja podatkov in metodoloških omejitev ter zmernih do visokih korelacij med posameznimi onesnaževali. Pri vplivu onesnaževal na zdravje ljudi ne smemo pozabiti vplive iz delovnega okolja, bivalnih prostorov, notranjosti javnih in osebnih prevoznih sredstev ter prisotnosti pasivne ali aktivne izpostavljenosti tobačnemu dimu zaradi kajenja.

7 SKLEPNE UGOTOVITVE

V skladu z *Uredbo o kakovosti zunanjega zraka* je območje mestne občine Maribor aglomeracija z oznako SIM. Okoliške občine, med katerimi so tudi Hoče – Slivnica, Duplek, Ruše in Miklavž na Dravskem polju, so v Panonskem območju, ki obsega območje Pomurja in Podravja brez območja Mestne občine Maribor, z oznako SI1³. Stopnje onesnaženosti zraka določa *Odredba o določitvi območja in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka*: SIM spada v I., SI1 pa v II. stopnjo onesnaženosti zraka. Ravni onesnaževal v zraku glede na mejne ali ciljne vrednosti oziroma glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag, kot jih določa *Odredba*, so v tabeli 7.1. Glede na v tem poročilu predstavljeno kakovost zraka v letu 2014 in preteklih letih so ravni onesnaževal glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag na območju SI1 (merilna mesta Pohorje, Bistrica ob Dravi, Miklavž in Duplek) in aglomeraciji SIM (merilni mesti Center in Vrbanski plato) predstavljene v tabeli 7.2. Preseganje zgornjega in spodnjega ocenjevalnega praga je določeno na podlagi koncentracij v preteklih petih letih - če pa ni bilo dovolj podatkov, smo uporabili krajša obdobja. Ocena ravni onesnaževal je narejena tudi glede na doseganje oziroma preseganje mejnih oziroma ciljnih vrednosti za varstvo zdravja ljudi. Ocena iz *Odredbe* je v tabeli 7.3, ocena na podlagi meritev v letu 2014 pa v tabeli 7.4. Za ozon ocenjevalna pragova nista predpisana, zato je ocena narejena le glede na ciljno vrednost.

Tabela 7.1: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku po *Odredbi* glede na ocenjevalne pragove

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃	arzen	kadmij	nikelj	b(a)p
SIM	1	3	*	3		1	1	3	3	1	1	1	3
SI1	1	1	1	3		1	1	1	3	1	1	1	1

Legenda:

- 1 pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- 2 med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom
- 3 nad zgornjim ocenjevalnim pragom oziroma pod ciljno vrednostjo, kjer ni ocenjevalnih pragov
- * v aglomeraciji se ravni NO_x za varstvo rastlin in ekosistemov ne ocenjuje

Z *Odlokom o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor* je bilo območje Mestne občine Maribor razvrščeno v območje največje obremenjenosti z delci PM₁₀.

³ Navedeno je bilo spremenjeno s sprejetjem *Uredbe o spremembah in dopolnitvah Uredbe o kakovosti zunanjega zraka* (Ur.l. RS 8/2015). Ker ocenjujemo leto 2014, smo v tem primeru naredili še po stari zakonodaji.

Tabela 7.2: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku na podlagi tega poročila glede na ocenjevalne pragove

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃	arzen	kadmij	nikelj	b(a)p
Center	-	3	*	3	3	1	1	1		1	1	1	3
Krekova/Tyrševa	-	-	-	3	3	-	-	-		-	-	-	-
SIM	-	3	*	3	3	1	1	1		1	1	1	3
Vrbanski plato	-	1	1	3	3	-	-	-		-	-	-	-
Bistrica ob Dravi	-	-	-	3	-	-	-	-		-	-	-	-
Miklavž	-	-	-	3	-	-	-	-		-	-	-	-
Pohorje	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
Duplek	-	-	-	3	-	-	-	-		-	-	-	-
SII	-	1	1	3	3	-	-	-		-	-	-	-

Legenda:

- 1 pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- 2 med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom
- 3 nad zgornjim ocenjevalnim pragom oziroma pod ciljno vrednostjo, kjer ni ocenjevalnih pragov
- * v aglomeraciji se ravni NO_x za varstvo rastlin in ekosistemov ne ocenjuje
- ugotavljanje onesnaževala ni potekalo

Ocena ravni onesnaževal v zunanjem zraku glede na ocenjevalne pragove po Odredbi se razlikuje od ocene na podlagi meritev v letu 2014 in preteklih letih v merilni mreži mesta Maribora in sosednjih občin ter v državni merilni mreži pri: SO₂ (se več ne meri, saj so bile koncentracije več let zaporedoma pod spodnjim ocenjevalnim pragom), pri benzenu (ki je pod SOP) ter pri delcih PM_{2,5} (v Odredbi niso navedeni). Za ozon ocenjevanje ravni onesnaževal glede na ocenjevalne pragove ni predpisano.

Tabela 7.3: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku po Odredbi glede na mejne oziroma ciljne vrednosti za varstvo zdravja ljudi

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃	arzen	kadmij	nikelj	b(a)p
SIM			*	4					4				
SII									4				

Legenda:

- 4 pod mejno ali ciljno vrednostjo
- nad mejno/ciljno vrednostjo
- * v aglomeraciji se ravni NO_x za varstvo rastlin in ekosistemov ne ocenjuje

Tabela 7.4: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku na podlagi rezultatov v letu 2014 glede na mejne oziroma ciljne vrednosti za varstvo zdravja ljudi

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃	arzen	cadmij	nikelj	b(a)p
Center		+	*	4	+	+	+	+		+	+	+	+
Krekova/Tyrševa				+	+								
SIM		+	*	4	+	+	+	+		+	+	+	+
Vrbanski plato		+	+	+	+				+				
Bistrica ob Dravi				+									
Miklavž				+									
Pohorje									4				
Duplek				+									
SII		+	+	+	+				4				

Legenda:

- + ugotavljanje koncentracij onesnaževala v zunanjem zraku je potekalo, vrednosti so pod mejno/ciljno vrednostjo
- 4 nad mejno/ciljno vrednostjo
- * v aglomeraciji se ravni NO_x za varstvo rastlin in ekosistemov ne ocenjuje

Primerjava ocene ravni onesnaževal v zunanjem zraku glede na mejne oziroma ciljne vrednosti za varstvo zdravja ljudi po Odredbi z oceno na podlagi meritev v merilni mreži mesta Maribora in sosednjih občin ter v državni merilni mreži v letu 2014 kaže naslednje značilnosti:

- ocena za delce PM₁₀ v SIM in SII je 3,
- ocena za ozon za SII je ostala na 4, saj je triletno povprečje preseganj ciljne osem urne vrednosti nad dovoljeno,
- ocene za ozon za SIM ni, saj se je ozon prenehal meriti sredi 2013.

Na podlagi zgornjih ugotovitev bi morali biti območji SIM in SII v skladu z definicijo območij iz Uredbe o kakovosti zunanjega zraka razvrščeni v II. stopnjo onesnaženosti zraka, saj v letu 2014 na obeh območjih nobeno onesnaževalo ne presega mejne ali ciljne vrednosti.

Kot vidimo iz zgornjih tabel, so delci (PM₁₀ in PM_{2,5} ter benzo(a)piren v PM₁₀) in dušikov dioksid tisti, ki so nad zgornjim ocenjevalnim pragom oziroma celo čezmerni. Zaradi njihovih povišanih koncentracij lahko pričakujemo škodljive učinke na zdravje izpostavljenih prebivalcev. Vendar je ob tem potrebno poudariti, da onesnaženost zraka z omenjenimi onesnaževali ni posebnost tega območja, ampak gre za sliko, značilno za mesta (delci in dušikov dioksid) oziroma višje lokacije (ozon), kar potrjujejo tudi meritve na drugih merilnih mestih v Sloveniji in v tujini. Prebivalci obravnavanega območja torej niso izpostavljeni bistveno drugačnemu tveganju za okvare zdravja zaradi onesnaženosti zraka kot ostali prebivalci Slovenije v mestih ali ob prometnih cestah. Vendar pa je glede na dokazano škodljivost potrebno okoljske naloge usmerjati predvsem k reševanju problema delcev. Ne glede na boljše stanje kakovosti zunanjega zraka v primerjavi s preteklimi leti, je potrebno izvajati ukrepe za izboljšanje in ohranjanje kakovosti zunanjega zraka in zagotoviti, da se obstoječa kakovost zraka še izboljša oziroma pri onesnaževalih, ki sploh niso več problematična (žveplov dioksid, ogljikov monoksid, težke kovine), vsaj ohranja.

Kazalnik povprečne izpostavljenosti (KPI) je povprečna raven izpostavljenosti, določena na podlagi meritev na mestih v neizpostavljenem mestnem okolju in odraža izpostavljenost

prebivalstva s $PM_{2,5}$. Uporablja se za izračun ciljnega zmanjšanja izpostavljenosti $PM_{2,5}$ na ozemlju Republike Slovenije in obveznosti glede stopnje izpostavljenosti $PM_{2,5}$. Začetna koncentracija v letu 2011 je (za celotno Slovenijo) je $21,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kar pomeni, da bi za doseganje ciljnega zmanjšanja do leta 2020 morali to vrednost zmanjšati za 20 % na $17,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vrednost KPI za merilno mesto Vrbanski plato je v letu 2014 (povprečje zadnjih treh let) znašala $18,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Znižanje v letu 2014 je 17 %, tako da obveznost glede stopnje izpostavljenosti še ni dosežena.

Kot smo že pri delcih ugotovili, so koncentracije v središču mesta in v občinskih središčih sosednjih občin praktično enake in občasno tudi čezmerne, medtem ko so obrobja občin, v katerih okolici ni vplivnih virov, precej manj onesnažena. To ne velja za ozon, katerega vsebnost je najnižja v mestnem središču, najvišja pa na bolj oddaljenih, neposeljenih območjih. Razlog temu so značilnosti njegovega nastanka in razpada, saj fotokemične reakcije razpada ozona intenzivneje potekajo tam, kjer je na voljo več njegovih predhodnikov (onesnaževal), kar se seveda dogaja ravno v mestnih središčih. Seveda obstajajo lokalne razlike zaradi bolj ali manj gostega prometa, večje ali manjše porabe goriv za ogrevanje, vrste uporabljenih goriv, gostote poselitve in prisotnosti takšnih ali drugačnih industrijskih virov. Na kakovost zraka pa ne vplivajo samo lokalni viri, temveč lahko zračne gmote prenašajo onesnažen zrak iz bližnje in daljne okolice (lokalni, regionalni in daljinski transport). Lokalne vremenske razmere, ki so pogojene z globalno vremensko situacijo, vplivajo na naše kurilne in vozne navade ter s tem spreminjajo intenziteto in vrsto emisij snovi v zrak. Lokalno nastali onesnažen zrak se lahko zaradi določene vremenske situacije dalj časa zadrži nad širšim območjem mesta, kar pomeni slabšanje kakovosti zraka neodvisno od intenzitete virov. Seveda smo mnenja, da so meritve na območju sosednjih občin upravičene, saj dajo dopolnilni podatek k mestni kakovosti zraka in pregled nad kakovostjo zraka širšega območja, ki ni takšna, kot jo naši predpisi (na primer Odredba) predstavljajo.

Rezultati meritev kakovosti zraka, dolgoletni poteki in trendi koncentracij onesnaževal služijo tudi za ugotavljanje ustreznosti merilne mreže. V skladu z določili zakonodaje se ocenjevanje kakovosti zraka izvaja na območjih in v aglomeracijah, kjer raven onesnaženosti presega zgornji ocenjevalni prag, tako da se izvajajo meritve kakovosti zraka na stalnem merilnem mestu. Za pridobitev podatkov o prostorski razporeditvi kakovosti zraka se lahko navedene meritve dopolnijo z indikativnimi meritvami. Zato smo v letu 2014 nadaljevali z izvajanjem meritev delcev PM_{10} tudi v sosednjih občinah. Nedopustno bi bilo zmanjšanje obsega meritev oziroma celo njihova opustitev iz finančnih ali drugih nerazumnih razlogov. Odločitev o tem mora temeljiti na analizi dolgotrajnih podatkov in določenih veljavne zakonodaje. Vključuje vsa onesnaževala, ki jih pokriva Uredba o kakovosti zunanjega zraka in ki imajo mejne ali ciljne vrednosti. Zato smo mnenja da tak program zagotavlja ustrezen pregled nad stanjem kakovosti zunanjega zraka na območju Mestne občine Maribor in sosednjih občin. Obseg ne vključuje žveplovega dioksida, katerega meritve so bile v skladu z zakonodajnimi zahtevami opuščene ravno zaradi nizkih vrednosti v preteklih letih. Dolgoročno izvajanje meritev je tudi v veliko pomoč pri ugotavljanju virov onesnaževanja zraka ter spremljanju učinkovitosti izvajanja ukrepov, ki jih predvideva Načrt za kakovost zraka.

Rezultati projekta PMinter kažejo da je potrebno dati poudarek na delež, ki ga prispeva kurjenje lesa kot energenta za ogrevanje. Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor in v njem je bilo območje Mestne občine Maribor razvrščeno v območje

največje obremenjenosti z delci PM₁₀. Ukrepi opisani v njem pa so potrebni za zmanjšanje koncentracij delcev (PM₁₀ in PM_{2,5}), pa tudi benzo(a)pirena v delcih PM₁₀, dušikovih oksidov in ozona.

Rezultati meritev in poročila za merilno mrežo Maribora in sosednjih občin ter za državno mrežo ARSO so stalno dosegljivi na spletnih straneh:






- ARSO (poročila in aktualni podatki o stanju kakovosti zraka za celotno Slovenijo)
<http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/>
- MOM (poročila in aktualni podatki):
http://okolje.maribor.si:81/okolje/delovna-podrocja/zrak/podatki-imisijskega-merjenja-kakovosti-zraka/?no_cache=1

Ilustrativen prikaz izmerjenih vrednosti v letu 2014 s primerjavo z normativnimi vrednostmi je v tabelah 7.5 in 7.6. Primerjava s spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom je narejena samo na podlagi rezultatov v letu 2014.

Tabela 7.5: Pregled izmerjenih vrednosti v letu 2014 in usklajenosti z zakonodajo za zaščito zdravja

Onesnaževalo	NO ₂		NO ₂		O ₃		PM ₁₀		PM _{2,5}		CO		C ₆ H ₆		Pb v PM ₁₀		Cd v PM ₁₀		As v PM ₁₀		Ni v PM ₁₀		B(a)P v PM ₁₀	
	letna μg/m ³	30	urna št. preko	8-urna št. preko	letna μg/m ³	dnevna št. preko	letna μg/m ³	8-urna mg/m ³	letna μg/m ³	letna μg/m ³	letna μg/m ³	letna mg/m ³	letna μg/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³
Center		0			27	25	19	1,9	1,4	25	0,22	0,61	1,9											0,96
Pohorje			39																					
Krekova/Tyrševa					27	32	21																	
Vrbanski plato	13	0	19		19	10	17																	
Miklavž					26	(50)																		
Bistrica ob Dravi					22	(43)																		
Duplek					27	32																		
mejna oz. ciljna	40	18	25 ⁴		40	35 (50) ⁵	25	10	5	500	5	6	20											1

Legenda:

-  prekoračena mejna oz. ciljna vrednost za zaščito zdravja
-  prekoračen zgornji ocenjevalni prag
-  med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom
-  pod spodnjim ocenjevalnim pragom
-  zgornji in spodnji ocenjevalni prag nista določena

⁴ Ocenjuje se povprečje zadnjih treh let.

⁵ Kjer se meritev ni izvajalo celo leto (Miklavž, Bistrica ob Dravi), se izmerjene vrednosti primerja s percentilno vrednostjo 90,4. Zaradi meritev samo v zimskih mesecih na merilnem mestu v Dupleku se za to merilno mesto primerja število prekoračitev s številom dovoljenih.

Tabela 7.6: Pregled usklajenosti z zakonodajo v letu 2014

Onesnaževalo	NO ₂	NO _x	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆	Pb v PM ₁₀	Cd v PM ₁₀	As v PM ₁₀	Ni v PM ₁₀	B(a)P v PM ₁₀
Center	☹			☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹
Pohorje			☹									
Krekova/Tyrševa				☹	☹							
Vrbanski plato	☺	☺	☺	☹	☹							
Miklavž				☹								
Bistrica ob Dravi				☹								
Duplek				☹								

8 LITERATURA IN VIRI

- 1) Občinski program varstva okolja za Maribor (OPVO za MB) 2008 do 2013, Mestna občina Maribor, Maribor, marec 2008
- 2) Zakon o varstvu okolja, Uradni list RS štev. 41/2004, 20/2006, 39/2006, 70/2008, 108/2009, 48/2012 in 57/2012 (ZVO-1E)
- 3) Kakovost zraka v Mariboru, letno poročilo 2014, NLZOH Maribor 2013
- 4) Mesečna poročila o kakovosti zraka ZZV Maribor, januar - november 2014
- 5) Arhiv, interna poročila ZZV, Inštitut za varstvo okolja Maribor 1984 – 2012
- 6) Agencija RS za okolje: Onesnaženost zraka v Sloveniji (mesečna poročila 2014) ter Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2013 (november 2014)
- 7) B. Lukan: Možnosti zmanjšanja vsebnosti ozona v zraku zaradi emisij vozil v prometu, magistrsko delo, Maribor 2003
- 8) Fine! Dust-Free, 3rd International Congress in Klagenfurt on Worthersee
- 9) »Aquella« Peggau Bestimmung von Immissionsbeitragen in Fenistaubproben, Das Land Steiermark, Bericht UA/AQPeggau 2008 72S, Graz, Oktober 2008
- 10) Diplomsko delo: Izračun emisij onesnaževal in toplogrednih plinov iz prometa v mestu Maribor, Saša Tandar, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
- 11) WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, global update 2005, Summarx of risk assessment, World Health Organization, 2006
- 12) Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanega zraka in čistejšem zraku za Evropo
- 13) Poročilo pilotnega projekta »Opredelitev virov delcev PM₁₀ v Sloveniji«, Agencija RS za okolje, Ljubljana, november 2008
- 14) PM₁₀ Datenanalyse, Grobabschätzung des PM₁₀-Anteils von Verkehrs- und Hausbrandemissionen an Grazer Luftgutemesstationen, Das Land Steiermark, Bericht Nr-01-2008, Graz Februar 2008
- 15) Impact of selected policy measures on Europe's air quality, EEA Report No 8/2010
- 16) Air Quality in Europe – 2012 report, EEA Report No 4/2012
- 17) The contribution of transport to air quality TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe, EEA Report No 10/2012
- 18) Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP, first results, WHO 2013
- 19) Health effects of black carbon, WHO 2012

20) Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91, 2000

21) Zrak v Sloveniji, Jože Volfand et al, Fit media, Celje 2012