



**NACIONALNI LABORATORIJ ZA
ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO**

CENTER ZA OKOLJE IN ZDRAVJE

DAT: DANTE-NL-COZ-212a-PR18MOM_letno2018.doc

KAKOVOST ZUNANJEGA ZRAKA V MESTNI OBČINI MARIBOR IN SOSEDNIH OBČINAH V LETU 2018



Maribor, september 2019

Oddelek za okolje in zdravje Maribor

Prvomajska ulica 1, 2000 Maribor, T: (02) 45 00 260, F: (02) 45 00 148, E: mb.coz@nlzoh.si

Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Prvomajska ulica 1, 2000 Maribor

ID za DDV: SI19651295, TRR: SI5601100-6000043285, BIC: BSLJ21X, Banka Slovenije

Naslov: Kakovost zunanjega zraka v Mestni občini Maribor in sosednjih občinah v letu 2018

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-09/1579-18 / 14
Delovni nalog: PG 212a-09/1579-18 z dne 17.01.2018

Dejavnosti: 2121a – Hrup in stanje zraka

Izvajalci naloge:
Vodja naloge: Uroš Lešnik, univ.dipl.inž.prom.

Sodelavci: mag. Benjamin Lukan, univ.dipl.fiz.
Mihael Žiger, univ.dipl.fiz.

Maribor, 11.09.2019

ODDELEK ZA OKOLJE IN ZDRAVJE
MARIBOR

Vodja:

mag. Emil Žerjal, univ.dipl.inž.kem.tehnol.

POVZETEK

V meritve kakovosti zunanjega zraka, ki so v letu 2018 potekale v merilni mreži Maribora in sosednjih občin, državni merilni mreži kakovosti zraka (DMKZ), ki jo upravlja Agencija RS za okolje, ter dodatne meritve iz projekta PMinter, so bila vključena naslednja onesnaževala: dušikovi oksidi (NO_x in NO_2), ozon (O_3), delci (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{01}), ogljikov monoksid (CO), benzen (C_6H_6), težke kovine (Pb, Cd, Ni, As) v delcih PM_{10} , benzo(a)piren v delcih PM_{10} in črni ogljik. Dodatno so se ugotavljali še meteorološki parametri. Merilne metode, v pretežni meri referenčne, so bile usklajene z zahtevami zakonodaje in stanjem tehnike in se glede na pretekla leta niso spremenile. Izvajala so se redna zunanja in notranja preverjanja delovanja opreme, tako da je bila za večino onesnaževal na voljo ustrezna razpoložljivost 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, sledita Vrbanski plato in Krekova/Tyrševa, na ostalih merilnih mestih (Pohorje, Miklavž, Radvanje, Ruše, Hoče) se je stalno ugotavljalo le po eno onesnaževalo.

Koncentracije dušikovega dioksida in dušikovih oksidov na Vrbanskem platoju so bile še nižje kot v Centru in niso presegale mejnih vrednosti za varovanje zdravja ljudi oziroma kritične vrednosti za varstvo rastlin v naravnem okolju.

Vsebnost ozona v zraku z oddaljevanjem od središča mesta narašča, pojavlja se več preseganj ciljne osemurne vrednosti. Ciljna vrednost (v koledarskem letu triletnega povprečja) ni bila presežena na Pohorju in ne na Vrbanskem platoju, hkrati pa urne koncentracije niso bile tako visoke, da bi bila kadarkoli presežena alarmna vrednost. Koncentracije ozona se na merilnem mestu Pohorje znižujejo, na Vrbanskem platoju pa je zaznaven rahel trend poviševanja vrednosti.

Poseben problem predstavljajo delci PM_{10} , vendar tudi v letu 2018 srednja letna vrednost delcev v Centru, Krekovi/Tyrševi, Vrbanskem platoju, Radvanju, Rušah ter Miklavžu ni presegala mejne letne vrednosti. Število preseganj dnevne mejne vrednosti na nobenem merilnem mestu ni bilo preko dovoljenih 35. Vsa preseganja so bila izmerjena pozimi (januarja, februarja, marca, oktobra, novembra in decembra), razen na merilnem mestu Hoče (tudi avgust). Če gledamo dolgoletni trend srednjih letnih vrednosti na merilnih mestih Center, Vrbanski plato in Miklavž, se stanje izboljšuje. Zaskrbljujoč je trend zimskih vrednosti v zadnjih treh letih na merilnih mestih Center, Krekova/Tyrševa ter Miklavž, saj je le ta usmerjen navzgor. Še bolj zaskrbljujoče je, da sta srednji izmerjeni vrednost v Miklavžu in v Hočah v posameznih zimskih mesecih višji kot na merilnem mestu Center.

Koncentracije delcev $\text{PM}_{2,5}$ so bile na Vrbanskem platoju in na Krekovi/Tyrševi pod mejno letno vrednostjo. Trend na obeh merilnih mestih je še vedno usmerjen navzdol. Trend koncentracij delcev PM_{01} na merilnem mestu Krekova/Tyrševa ni zaznaven.

Koncentracije črnega ogljika so bile v letu 2018 podobne kot v letu pred tem, razmerje med deležem črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase (28 %) in iz naslova izgorevanja fosilnih goriv (72 %) se je zopet spremenilo v prid kurjenja lesne biomase.

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} , ki je pokazatelj za rakotvorno tveganje policikličnih aromatskih ogljikovodikov, je bila v Centru pod mejno letno vrednostjo in rahlo pod povprečjem doslej izmerjenih, trend pa je še vedno rahlo usmerjen navzgor. Informativne meritve na merilnih mestih Radvanje in Ruše so pokazale v istem časovnem obdobju enake ali ob posameznih dnevih celo višje vrednosti kot v Centru, kar pomeni, da bi morali povečati obseg teh meritev.

Mejne in ciljne vrednosti za varovanje zdravja ljudi že več let niso bile presežene za ogljikov monoksid, benzen in težke kovine (arzen, svinec, kadmij in nikelj) v delcih PM₁₀, dolgoletni trendi vse teh onesnaževal pa so usmerjeni navzdol.

Kakovost zraka je pozimi slabša za vsa onesnaževala razen za ozon, in zanjo bi lahko rekli, da k nekim bolj ali manj stalnim koncentracijam ozadja dodatno prispevajo kurilne naprave, promet, industrija in drugi lokalni viri. Pri ozonu je razlog za višje vrednosti poleti v načinu njegovega nastanka.

Zanimive značilnosti se kažejo na merilnem mestu Tyrševa/Krekova:

- povečan delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase glede na pretekla leta,
- količina prometa na števnem mestu mimo merilnega mesta se je v letu 2018 glede na leto 2017 minimalno povečala (0,7 %), a je še vedno nižja kot leta 2013 (skoraj 3 %).

Iz tega bi lahko sklepali, da se prispevek emisij onesnaževal s strani cestnega prometa skozi leta znižuje, povečuje pa se delež prispevka individualnih malih kurilnih naprav. Navedeno potrjujejo tudi trendi rasti izmerjenih koncentracij delcev PM₁₀ ter benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ v zadnjih letih. Če povzamemo te ugotovitve, je na nekaterih merilnih mestih opaziti navzdol usmerjene trende, kar kaže na izboljševanja kakovosti zunanjega zraka, vendar še večje izboljševanje preprečuje vedno večja uporaba lesne biomase kot energenta, ki posebej v neugodni vremenski situaciji povišuje koncentracije onesnaževal v zunanjem zraku (večdnevne epizode visokih koncentracij).

V okviru projekta PMinter so bile določene prispevne stopnje lokalnih (do 35 %) in regionalnih emisij (od 50 do 65 %) na lokalne koncentracije delcev PM₁₀. S pomočjo dodatnih analiz se je določilo prispevno stopnjo cestnega prometa (do 9 %) in kurjenja lesa (do 32 %) – prispevki so seveda dnevno in sezonsko različni. Te informacije nam povejo, da za kakovost zraka v določeni točki niso krive samo lokalne emisije, kar potrjujejo tudi rože onesnaženja. Kljub temu je za učinkovito izboljšanje kakovosti zunanjega zraka v Mariboru pozornost najprej potrebno usmeriti k lokalnim emisijam delcev iz naslova kurjenja lesne biomase.

Temperatura zraka je bila nad dolgoletnim povprečjem. Kakovost zunanjega zraka je najboljša zjutraj pred sončnim vzhodom, najslabša pa zvečer.

Glede na visoke izmerjene vrednosti delcev PM₁₀ v zimskem času na merilnem mestu v Miklavžu in Hočah (višje vrednosti kot na merilnem mestu Center) in v luči zgornjih ugotovitev bi bilo smiselno obseg meritev razširiti še na sosednje občine (na primer Selnica ob Dravi, Duplek) vsaj z meritvami delcev PM₁₀ in morda tudi z analizami vsebnosti benzo(a)pirena v delcih PM₁₀.

Prostorska razporeditev merilnih mest v Mariboru je v grobem ustrezna, saj pokriva gosto poseljeno območja središča mesta in njihovo neposeljeno okolico, čeprav še obstaja nekaj generalnih področij, ki z meritvami niso pokrita (Pobrežje, Studenci, Tezno...).

Glede na izmerjene koncentracije lahko pričakujemo škodljive učinke teh onesnaževal na zdravje ljudi, vendar je ob tem potrebno poudariti, da prebivalci Maribora in okolice niso izpostavljeni večjemu tveganju za zdravje zaradi slabe kakovosti 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 ljudi pred škodljivim delovanjem onesnaževal iz zraka si je potrebno prizadevati za še dodatno znižanje njihovih koncentracij, kar je cilj sprejetega Načrta za kakovost zraka za aglomeracijo Maribor, ki ga je treba tudi izvajati.

KAZALO

	Stran
POVZETEK	3
KAZALO	5
1 UVOD.....	6
2 STALNA MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV.....	8
3 METODOLOGIJA.....	12
3.1 MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNJIH OBČIN.....	12
3.1.1 DUŠIKOV DIOKSID IN DUŠIKOVI OKSIDI.....	12
3.1.2 OZON.....	13
3.1.3 DELCI PM ₁₀ (NEREFERENČNA METODA-TEOM).....	13
3.1.4 DELCI PM ₁₀ (REFERENČNA METODA).....	14
3.1.5 ANALIZE VSEBNOSTI BENZO(A)PIRENA V DELCI PM ₁₀	14
3.1.6 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI.....	14
3.2 <i>PM</i> inter, MERILNO MESTO KREKOVA/TYRŠEVA.....	15
3.2.1 DELCI PM ₁₀ , PM _{2,5} in PM ₀₁ (GRIMM).....	15
3.2.2 ČRNI OGLJIK BC.....	15
3.3 DRŽAVNA MERILNA MREŽA (CENTER IN VRBANSKI PLATO).....	16
4 ZAKONSKI OKVIR.....	17
5 REZULTATI MERITEV.....	22
5.1 DUŠIKOVI OKSIDI.....	23
5.1.1 Dušikov dioksid.....	23
5.1.2 Dušikovi oksidi.....	27
5.2 OZON.....	31
5.3 DELCI IN ANALIZE.....	37
5.3.1 Delci PM ₁₀	37
5.3.2 Delci PM _{2,5}	47
5.3.3 Delci PM ₀₁	50
5.3.4 Analize delcev PM ₁₀	53
5.4 OGLJIKOV MONOKSID.....	61
5.5 BENZEN.....	63
5.6 ČRNI OGLJIK.....	65
5.7 METEOROLOŠKI PARAMETRI.....	69
5.7.1 Temperatura zraka.....	69
5.7.2 Smer in hitrost vetra.....	71
5.7.3 Rože kakovosti zunanjega zraka.....	72
6 ZNAČILNOSTI.....	74
6.1 MOŽNI VPLIVI KAKOVOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI.....	74
7 SKLEPNE UGOTOVITVE.....	77
8 LITERATURA IN VIRI.....	84

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 in v letu 2018 dosegle stanje, prikazano v tem poročilu.

Mestna občina Maribor (MOM), v skladu z veljavno zakonodajo je uvrščena v aglomeracijo, zagotavlja skupaj z nekaterimi sosednjimi občinami podrobnejši monitoring stanja okolja z meritvami kakovosti zunanjega zraka. Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka je stalna naloga, ki poteka v obsegu, dogovorjenem s pogodbami z MOM ter občinami Miklavž na Dravskem polju, Hoče-Slivnica in Ruše v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin. Agencija RS za okolje (ARSO) iz Ljubljane izvaja ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka v Mariboru v okviru državne merilne mreže za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ). Nadaljevale so se tudi meritve, ki so bile vzpostavljene v okviru projekta PMinter¹. Poročilo o kakovosti zunanjega zraka v Mestni občini Maribor in sosednjih občinah vključuje vse rezultate meritev v merilni mreži Maribora in sosednjih občin, državni merilni mreži ter dodatnih meritev iz projekta PMinter v letu 2018.

Osnovno merilno mesto za ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka v merilni mreži Maribora in sosednjih občin je bilo tudi v letu 2018 Vrbanski plato. Dodatno merilno mesto v MOM je bilo Radvanje, v sosednjih občinah pa Pohorje, Ruše, Hoče in Miklavž na Dravskem polju. Meritve v državni merilni mreži so potekale v Centru in na Vrbanskem platoju, iz projekta PMinter pa na merilnem mestu Krekova/Tyrševa. Meritve za določitev ravni onesnaževal se izvajajo na stalnih merilnih mestih bodisi neprekinjeno bodisi z naključnim vzorčenjem, služijo pa tudi za pridobitev podatkov o prostorski razporeditvi kakovosti zunanjega zraka.

Obseg meritev v merilni mreži Maribora in sosednjih občin se je glede na leto 2017 spremenil, saj so bile v letu 2018 izvedene meritve tudi na dodatnem merilnem mestu Hoče.

V letu 2018 so se izvajale meritve onesnaževal, na katere se v skladu z zakonodajo nanaša ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka, meteoroloških parametrov in nekaterih dodatnih onesnaževal, razen žveplovega dioksida, katerega koncentracije so že leta zelo nizke:

- dušikov dioksid NO₂, dušikovi oksidi NO_x, ozon O₃, delci PM₁₀ in PM_{2,5}, temperatura zunanjega zraka T ter smer in hitrost vetra na Vrbanskem platoju,
- O₃ na Pohorju,
- delci PM₁₀ v Miklavžu na Dravskem polju,
- delci PM₁₀ v Rušah, benzo(a)piren v delcih PM₁₀
- delci PM₁₀ v Radvanju, benzo(a)piren v delcih PM₁₀
- delci PM₁₀ v Hočah,
- NO₂, NO_x, delci PM₁₀ in PM_{2,5}, ogljikov monoksid (CO), benzen (C₆H₆), benzo(a)piren (b(a)p) in težke kovine (TK) v delcih PM₁₀ ter meteorološki parametri, od katerih navajamo le temperaturo zunanjega zraka T, v Centru (samo DMKZ),
- delci PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁ ter črni ogljik (BC) na Krekova/Tyrševa (PMinter)

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>.

Vsa oprema za meritve onesnaževal, ki jih zahteva naša zakonodaja, je v merilni mreži Maribora in sosednjih občin ter v državni merilni mreži usklajena z referenčno metodo (navedeno velja tudi za analize v laboratoriju). V Centru in na Vrbanskem platoju potekajo meritve delcev PM₁₀ istočasno z avtomatsko nereferenčno in referenčno merilno metodo. Prve so namenjene obveščanju javnosti o sprotnih (urnih in dnevnih) podatkih o ravni koncentracij. Vsi rezultati v tem poročilu se nanašajo na meritve delcev PM₁₀ z referenčnim merilnikom, le dnevni hodi so iz avtomatskih meritev.

V poročilu so zbrane podrobnosti in končni rezultati o vseh izvedenih meritvah. Vse posamezne izmerjene koncentracije so bile ponovno pregledane in preračunane, tako da so v nadaljevanju vsi podatki in rezultati uradni ter nadomeščajo podatke iz mesečnih poročil. Podrobnejši rezultati meritev iz merilne mreže Maribora in sosednjih občin ter projekta PMinter 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 rezultate meritev iz državne merilne mreže so obdelali na ARSO in za njih tudi jamčijo. Podrobnosti o meritvah v državni merilni mreži so na voljo tudi v rednih mesečnih in letnem poročilu ARSO.

2 STALNA MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV

Podatki o stalnih merilnih mestih so v tabeli 2.1, prostorsko je njihova lega 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: Stalna merilna mesta: lokacija in parametri

Merilno mesto - naslov	Višina nad morjem in tlemi (m)	GKK y	GKK x	Parametri
Maribor, Center – Titova cesta	266 + 4,0	550305	157414	NO _x , NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ , CO, TK in b(a)p v PM ₁₀ , T
Maribor, Vrbanski plato – vodarna Mariborskega vodovoda	280 + 4,0	548452	158497	O ₃ , NO _x , NO ₂ , PM ₁₀
Maribor, Vrbanski plato (samodejna postaja)	279 + 2/10	548375	158404	T, smer in hitrost vetra
Maribor, Vrbanski plato – vodarna Mariborskega vodovoda	280 + 1,5	548452	158497	PM _{2,5}
Pohorje – Slivniško Pohorje 7, bolnišnica za pljučne bolezni	725 + 15	544682	148933	O ₃
Maribor, Radvanje	302 + 1,5	546626	154912	PM ₁₀ , b(a)p v PM ₁₀
Miklavž na Dravskem polju – Nad izviri 6, občina	258 + 1,5	554396	151110	PM ₁₀
Ruše	302 + 1,5	539870	155217	PM ₁₀ , b(a)p v PM ₁₀
Hoče	269 + 1,5	551419	150518	PM ₁₀
Maribor, Krekova/Tyrševa	273 + 2,5	549921	157753	PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₀₁ , črni ogljik (BC)

Tabela 2.2: Stalna merilna mesta: tip, značilnost in opis

Merilno mesto	Tip mesta	Tip območja	Značilnost območja	Geografski opis
Center	T	U	RC	16
Vrbanski plato	B	U	R	16
Pohorje	B	R	A	1
Maribor, Radvanje	B	U	R	16
Miklavž na Dravskem polju	TB	U	RC	16
Ruše	B	S	RC	16
Hoče	B	R	RI	16
Krekova/Tyrševa	T	U	RC	16

Legenda:

Tip mesta:

B – ozadje
T – promet

Tip območja:

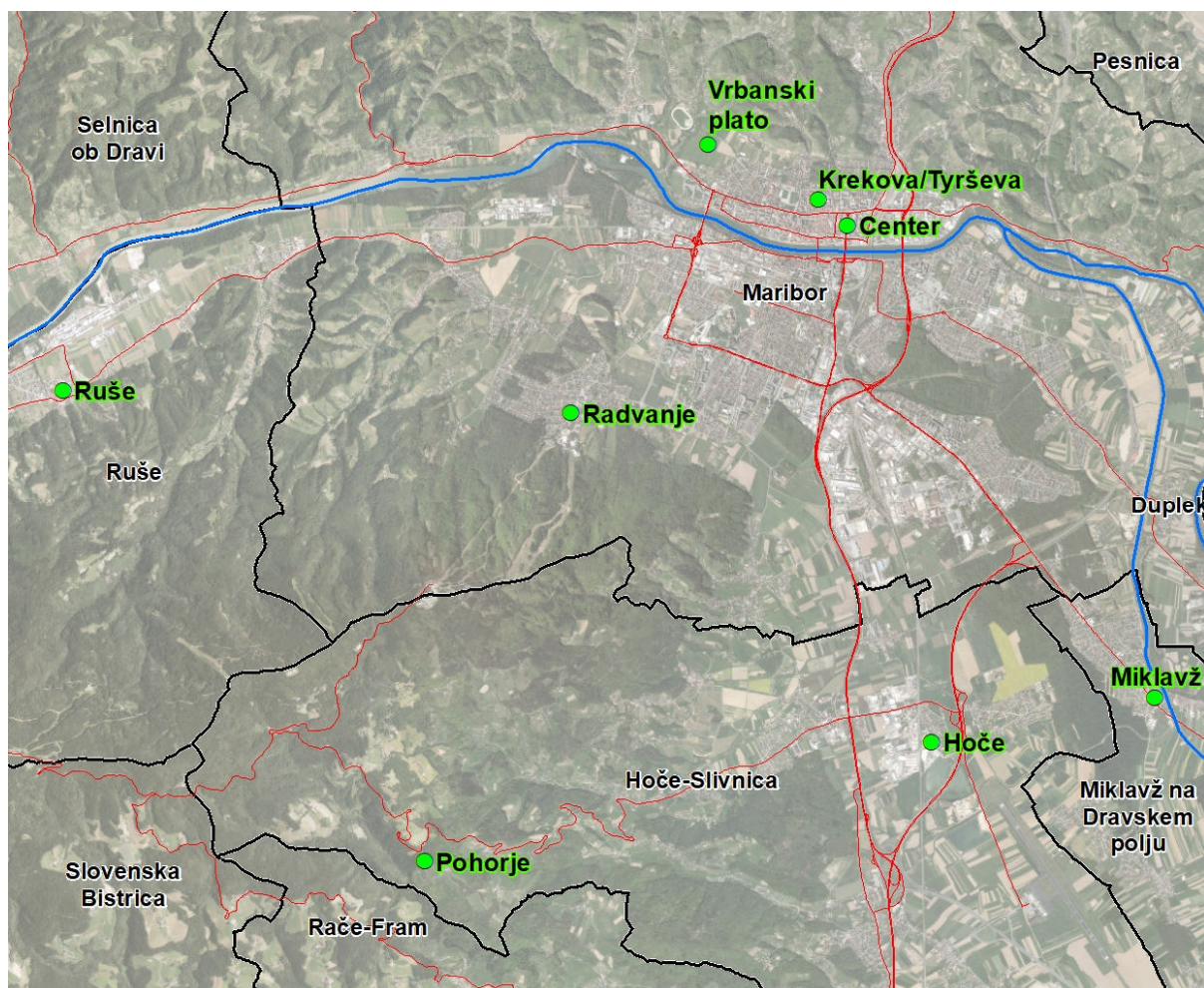
U - mestno
S - predmestno
R – podeželsko

Značilnost območja:

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

Geografski opis:

1 - gorsko
16 - ravnina
32 - razgibano



Slika 2.1: Stalna merilna mesta za spremljanje kakovosti zraka v letu 2018

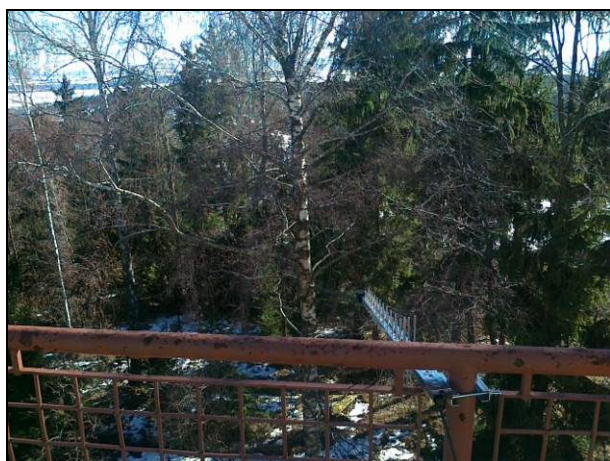
Na fotografijah 2.1 do 2.8 so prikazana stalna merilna mesta (lokacija merilne opreme je na nekaterih fotografijah označena z belo puščico).



Fotografija 2.1: Merilno mesto Center



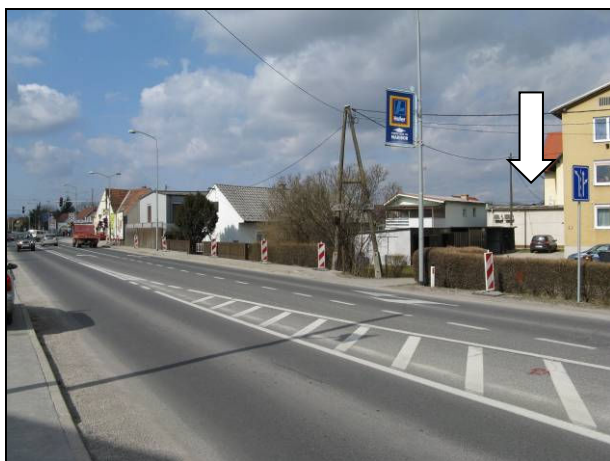
Fotografija 2.2: Merilno mesto Vrbanski plato



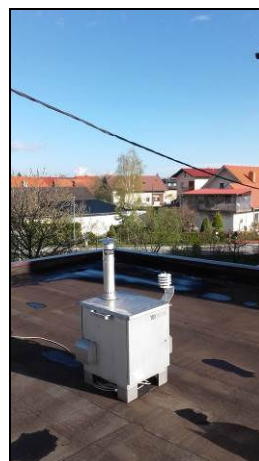
Fotografija 2.3: Merilno mesto Pohorje



Fotografija 2.4: Merilno mesto Radvanje



Fotografija 2.5: Merilno mesto Miklavž na Dravskem polju



Fotografija 2.6: Merilno mesto Miklavž na Dravskem polju



Fotografija 2.7: Merilno mesto Ruše



Fotografija 2.8: Merilno mesto Krekova/Tyrševa v Mariboru

Pregled obsega in trajanja meritev na posameznem stalnem merilnem mestu, ki je predstavljen v tem poročilu, je v tabeli 2.3. Krepko označeni parametri sodijo v državno merilno mrežo ARSO. Modro obarvana polja pomenijo, da so meritve v tistem mesecu potekale.

Tabela 2.3: Merilna mesta: parametri in trajanje meritev v letu 2018

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

* Izvedle so se tudi analize vsebnosti benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ (10 vzorcev na merilno mesto).

3 METODOLOGIJA

Meritve kakovosti zraka so vedno določitve koncentracij onesnaževal v območju analitike sledov (red velikosti 10^{-6} - 10^{-9}), zato zahtevajo analitsko opremo z visoko selektivnostjo, občutljivostjo zaznavanja, natančnostjo in stabilnostjo. Onesnaževala NO_x , NO_2 , O_3 , delci, CO in C_6H_6 se določajo s posebno merilno opremo, katere rezultati so koncentracije v realnem času (avtomatske meritve). Referenčne meritve delcev 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 v delcih PM_{10} so potrebne kombinacije vzorčevalnih in analitskih metod; rezultati so znani šele po zaključku analiz.

Vzpostavljena je daljinska povezava z merilniki zaradi nadzora njihovega delovanja ter hitrejšega in zanesljivejšega dostopa do podatkov za njihov prikaz na spletni strani MOM, služi pa tudi dnevni preverjanju delovanja merilnikov.

Rezultati avtomatskih meritev v minutni ločljivosti so po osnovnem preverjanju njihove ustreznosti in tvorjenju povprečnih vrednosti shranjeni v SQL bazi na operacijskem sistemu Linux ter na voljo za prenos (in s tem za prikaz na spletni strani MOM). Za potrebe mesečnih in letnih poročil se podatki še dodatno preverijo, nato se tvorijo urne in dnevne koncentracije, katere se potem primerja z zakonodajno predpisanimi mejnimi vrednostmi.

3.1 MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNIJH OBČIN

3.1.1 DUŠIKOV DIOKSID IN DUŠIKOVI OKSIDI

$\text{NO-NO}_2\text{-NO}_x$ 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 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:

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

3.1.2 OZON

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 metaksilena.

Tehnične karakteristike analizatorja:

<i>Merilno območje:</i>	0.1-10.000 ppb (0,2 – 20.000 µg/m ³)
<i>Spodnja meja zaznavanja:</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 (NEREFERENČNA METODA-TEOM)

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

Črpalka s konstantnim 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 konstantnega 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 µg/m ³
<i>Spodnja meja zaznavanja:</i>	10 ng, 0,06 µg/m ³ (1 urno povprečje)

Enkrat letno se preverjata stalnost pretoka in koncentracija (z maso kalibracijskega 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 (SEQ 47/50) in Tecora (Skypost PM HV). Meritve potekajo v skladu z referenčno merilno metodo opisano v standardu *SIST EN 12341*. Merilnik zagotavlja konstantni 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 pred vzorčenjem in po njem. Spodnja meja določljivosti 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 µg/m ³

3.1.5 ANALIZE VSEBNOSTI BENZO(A)PIRENA V DELCI PM₁₀

Referenčna metoda za vzorčenje policikličnih aromatskih ogljikovodikov v zunanjem zraku je tista, ki je opisana v *SIS EN 12341* Zunanji zrak – standardna gravimetrijska metoda za določevanje masne koncentracije frakcije lebdečih delcev PM₁₀ ali PM_{2.5}. Analiza pa poteka z metodo visoko ločljive tekočinske kromatografije s fluorescenčnim detektorjem (HPLC-FLD). Uporabljena metoda je opisana v standardu *SIST ISO 16362*. Metoda je v obsegu akreditacijske listine LP-014.

Podrobnosti:

<i>Spodnja meja vrednotenja na vzorec:</i>	2 ng/vzorec
--	-------------

3.1.6 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI

Kakovost meritev se zagotavlja na več ravneh in sicer:

1. Dnevne kontrole:
 - a. Na merilniku ozona in dušikovih oksidov poteka dnevno samodejno preverjanje (funkcijska kontrola);
 - b. Vsakodnevno se preverja delovanje vseh merilnikov preko daljinskega prenosa in v primeru težav ali okvar se takoj pristopi k reševanju, tudi s pomočjo serviserja opreme;
2. Notranje preverjanje:
 - a. Pri referenčnih merilnikih delcev (PM₁₀) vsake tri mesece vršimo preverjanje pretoka z referenčno plinsko uro in tesnosti sistema;
3. Zunanje preverjanje:
 - a. Pri merilniku ozona vsakih šest mesecev vršimo preverjanje merilnikov z zunanjim izvorom – generator ozona;
 - b. Pri merilnikih dušikovih oksidov vsake tri mesece vršimo preverjanje z zunanjim izvorom – kalibracijskim plinom;
 - c. Merilnik delcev TEOM je preverjen enkrat letno s kalibracijskim filtrom in merilcem pretoka s strani serviserja opreme;
 - d. Preveritev merilnika Grimm je izvedena v skladu s proizvajalčevimi navodili enkrat letno v ustrezni inštituciji. Hkrati je opravljen tudi redni vzdrževalni servis.

3.2 PMinter, MERILNO MESTO KREKOVA/TYRŠEVA

3.2.1 DELCI PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁ (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 skozi cev za vzorec. Na podlagi rezultatov se prašni delci razdelijo v kategorije in s tem določijo zahtevane frakcije delcev (PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁).

Vsi merilniki serije 180 delujejo na tehnologiji sipanja svetlobe (90°) v optični komori za štetje posameznih delcev, kjer je polprevodnik (laser) uporabljen kot vir 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 štetih delcev:</i>	0,25-32 µg
<i>Masa delcev:</i>	med 1 in 1500 µg/m ³

3.2.2 ČRNI OGLJIK BC

Črni ogljik sicer zakonsko ni reguliran, vendar zadnje raziskave kažejo njegov vpliv na podnebne spremembe in zdravstvene težave pri prodiranju v pljuča. Za imenom se sicer skriva nekaj na prvi pogled bolj nedolžnega in bolj domačega – saje. Saje nastajajo pri nepopolnem izgorevanju goriv z vsebnostjo ogljika, torej predvsem fosilnih goriv in lesa. Po nekaterih raziskavah predstavlja črni ogljik približno polovico dizelskega izpuha, v bližini prometnih cest lahko predstavlja tudi do polovico trdnih delcev v zraku. Vpliv na kakovost zraka s črnim ogljikom je zaznavna tudi stran od prometnih cest, predvsem zaradi kurjenja lesa v individualnih kurilnih napravah. Meritve se izvajajo z merilnikom imenovanim Aethalometer. Zrak se vzorči s pretokom nekaj litrov na minuto skozi filterni trak iz kvarčnih vlaken. Nad filtrom je izvor svetlobe, pod njim pa detektorji, ki merijo prepustnost traku za svetlobo. Koncentracijo črnega ogljika izračunamo iz atenuacije svetlobe z valovnimi dolžinami 370, 470, 520, 590, 660, 880 in 950 nm – vir svetlobe so svetleče diode. Na delu filtra, skozi katerega teče zrak, se nabirajo aerosoli. Absorpcijo (oziroma atenuacijo) merimo relativno glede na vzporedno meritev optične prepustnosti referenčnega dela istega filtra, skozi katerega zrak ne teče. Atenuacija je definirana kot logaritem razmerja meritve intenzitete svetlobe pod referenčnim delom filtra in delom, na katerem se nabirajo aerosolizirani delci. 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. Merjenje absorpcije svetlobe pri različnih valovnih dolžinah nam opiše odvisnost absorpcijskega koeficienta od valovne dolžine, ta pa je specifična glede na vir onesnaževanja. Na podlagi tega je možno določiti kolikšen delež črnega ogljika prihaja iz naslova fosilnih goriv oziroma kurjenja lesne biomase.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	2,0 l/min
<i>Meja zaznavanja (1 ura):</i>	0,005 µg/m ³
<i>Merilno območje:</i>	< 0,01 do > 100 µg/m ³ črnega ogljika

3.3 DRŽAVNA MERILNA MREŽA (CENTER IN VRBANSKI PLATO)

Podatki o merilni opremi v državni merilni mreži so navedeni v letnem poročilu o kakovosti zraka ARSO.

Za vse meritve uporabljajo referenčne in avtomatske merilne metode. Podrobneje je princip delovanja merilne opreme opisan v predhodnih poglavjih, kjer ARSO uporablja enako merilno opremo, oziroma v rednih letnih poročilih ARSO. Analizo delcev izvajajo v laboratoriju ARSO. Zagotavljanje kakovosti meritev in analiz je podrobneje opisano v rednih letnih poročilih ARSO. Za kalibracijo merilnikov skrbi umerjevalni laboratorij ARSO, ki je za področje nekaterih parametrov kakovosti zraka akreditiran po standardu *SIST EN ISO/IEC 17025*. ARSO ima veljaven status nacionalnega referenčnega laboratorija za področje kakovosti zunanjega zraka.

4 ZAKONSKI OKVIR

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

- Uredba o kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 9/11, 8/15, 66/18,
- 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, 6/15, 5/17,
- Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 38/17,
- Odlok o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 67/18,
- Odlok o načrtu za kakovost zraka za aglomeracijo Maribor, Ur. l. 82/18.

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	µg/m ³	350	24	125	3	
dušikov dioksid	µg/m ³	200	18			40
ozon	µg/m ³	120**	25***			
delci PM ₁₀	µg/m ³			50	35	40
delci PM _{2,5}	µg/m ³					25
benzen	µg/m ³					5
ogljikov monoksid	mg/m ³	10*				
benzo(a)piren v PM ₁₀	ng/m ³					1**
svinec v PM ₁₀	µg/m ³					0,5
arzen v PM ₁₀	ng/m ³					6**
kadmij v PM ₁₀	ng/m ³					5**
nikelj v PM ₁₀	ng/m ³					20**

ŠT dovoljeno število preseganj v koledarskem letu

* osemurna mejna vrednost

** ciljna vrednost

*** v koledarskem letu triletnega povprečja

Kadar se za oceno zahteve mejne vrednosti za PM₁₀ uporabi naključno vzorčenje, je treba oceniti 90,4 percentilno vrednost namesto števila preseganj, na katerega znatno vpliva pokritost podatkov. Za skladnost z mejno vrednostjo mora biti 90,4 percentilna vrednost nižja ali enaka mejni dnevni vrednosti 50 µg/m³.

Kritični vrednosti za varstvo rastlin za žveplov dioksid in 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
dušikovi oksidi	koledarsko leto	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
žveplov dioksid	koledarsko leto in zima	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 oz. alarmna vrednost
ozon – opozorilna vrednost	1 ura	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ozon – alarmna vrednost	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, ki so določene v odstotku mejne oziroma ciljne vrednosti, 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
žveplov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	75	3	12
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 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 v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	350
kadmij v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	3,0
arzen v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	3,6
nikelj v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	14
benzo(a)piren v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	0,6

Tabela 4.7: Vrednosti spodnjega ocenjevalnega praga

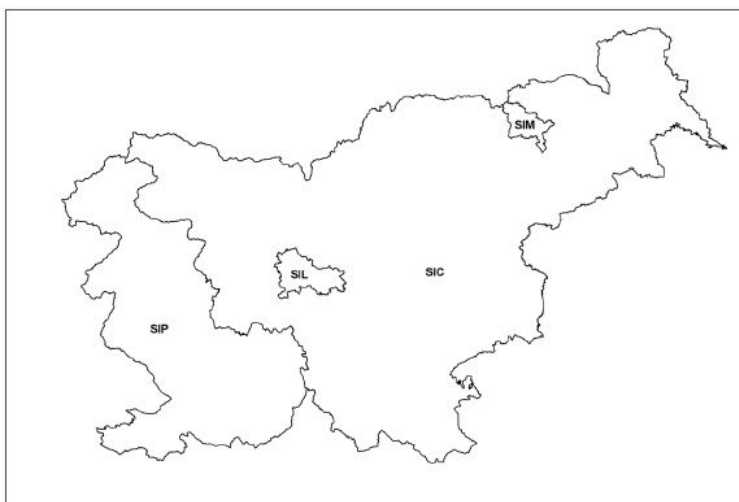
Onesnaževalo	Enota	Urna	Urna	Dnevna	Dnevna	Letna
		mejna	ŠT	mejna	ŠT	mejna
žveplov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	50	3	8
dušikov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	18	-	-	26
dušikovi oksidi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	19,5
delci PM ₁₀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	25	35	20
delci PM _{2,5}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	12
ogljikov monoksid	mg/m^3	-	-	-	-	5
benzen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	-	2,0
svinec v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	250
kadmij v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	2,0
arzen v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	2,4
nikelj v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	10
benzo(a)piren v PM ₁₀	ng/m^3	-	-	-	-	0,4

Meritve na stalnem merilnem mestu so meritve na stalnih merilnih mestih, ki se izvajajo neprekinjeno ali z naključnim vzorčenjem, za določitev ravni onesnaževal v skladu s cilji kakovosti podatkov, ki jih določa pravilnik. Najmanjša časovna pokritost za meritve na stalnem merilnem mestu za večino onesnaževal ni določena, saj so to v osnovi neprekinjene meritve, le za benzo(a)piren je 33 %, za arzen, kadmij in nikelj pa 50 %. 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. Lahko se izvaja naključno vzorčenje, ki se uporabi namesto neprekinjenih meritev, 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 (14 %). Naključno vzorčenje mora biti enakomerno porazdeljeno čez vse leto, da ne pride do nesimetričnosti rezultatov.

Praktično v vseh primerih meritev in za vsa onesnaževala je zahtevana najmanjša razpoložljivost podatkov 90 %, le za ozon ter z njim povezan NO₂ je 90 % poleti in 75 % pozimi. V primeru, da rezultati

ne dosegajo najmanjše razpoložljivosti, 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.

Uredba o kakovosti zunanjega zraka zaradi ocenjevanja in upravljanja kakovosti zraka razmejuje ozemlje Republike Slovenije v območja in aglomeracije. Njene spremembe v letu 2018 (Ur. l. RS št. 66/18) razvrščajo območji Mestne občine Maribor in občine Miklavž na Dravskem polju glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid, benzo(a)piren, svinec, arzen, kadmij in nikelj v aglomeracijo z imenom Maribor z oznako SIM. Ostale okoliške občine Podravske statistične regije, med katere sodijo tudi Hoče in Ruše, spadajo glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid, benzo(a)piren v celinsko območje z oznako SIC, glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj pa v območje težke kovine z oznako SITK. Karta območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid ter benzo(a)piren je na sliki 4.1, glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj pa na sliki 2.



Slika 4.1: Karta območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid ter benzo(a)piren



Slika 4.2: Karta območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj

Posamezna območja in aglomeracije se razvrstijo v I. ali II. stopnjo onesnaženosti zraka:

- I. stopnja onesnaženosti zraka se za območje in aglomeracijo 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 za območje in aglomeracijo določi, če raven onesnaževala ne presega mejne ali ciljne vrednosti.

V letu 2017 je pričela veljati *Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 38/17*, s katero je stara odredba prenehala veljati (*Odredba o določitvi območja iz razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 50/11*). Glede na mejne vrednosti je za območje aglomeracije SIM določena I. stopnja onesnaženosti zraka zaradi delcev PM₁₀, ki so nad mejno vrednostjo, za območje SIC pa zaradi vseh onesnaževal II. stopnja onesnaženosti zraka. Glede na ciljne vrednosti je za območje aglomeracije SIM in območje SIC določena I. stopnja onesnaženosti zraka zaradi ozona, ki je nad ciljno vrednostjo.

V letu 2018 je bil noveliran Odlok o načrtu za kakovost zraka za aglomeracijo Maribor, z dnem uveljavitve tega odloga je prenehal veljati Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor (Ur. l. RS 57/17). Kot je že iz imena razvidno, je star odlok veljal samo za Mestno občino Maribor, medtem ko zraven Mestne občine Maribor vključuje še občino Miklavž na Dravskem polju.

5 REZULTATI MERITEV

Podrobnejši rezultati meritev na stalnih merilnih mestih v merilni mreži Maribora in sosednjih občin, iz projekta PMinter in v državni merilni mreži so bili predstavljeni v mesečnih poročilih. V nadaljevanju tega poročila rezultati niso več ločeni glede na merilno mrežo. Vse posamezne izmerjene koncentracije 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 koncentracije onesnaževal in meteoroloških parametrov, povprečne in najvišje koncentracije za posamezna merilna obdobja, kratkotrajne koncentracije, število preseganj in druge vrednosti v primerjavi z normativnimi vrednostmi. Rezultati meritev na stalnih merilnih mestih so pridobljeni iz polurnih oziroma urnih podatkov. V tabelah navajamo tudi razpoložljivost podatkov za izračun ustreznih vrednosti, ki jo lahko primerjamo z najmanjšo zahtevano razpoložljivostjo po pravilniku, ki znaša za večino onesnaževal 90 %, le za ozon ter z njim povezan NO₂ je 90 % poleti in 75 % pozimi. 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 preseganja normativne vrednosti, osenčeni z rdečo pa pomenijo neskladnost. Poudarjena številka v tabeli pomeni preseganje predpisane kratkotrajne mejne vrednosti, kjer pa je za končno oceno merodajno le skupno število preseganj. »Zima« se nanaša na mesece januar, februar, marec ter oktober, november in december v tekočem letu, »Poletje« predstavlja toplo polovico leta, to je 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 dolgotrajnih značilnosti kakovosti zraka, kar imenujemo tudi hodi. Prikaz urne, dnevne ali mesečne časovne odvisnosti koncentracij v obliki hodov, 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 stanje kakovosti zraka z merjenimi onesnaževali v celotnem dosedanjem merilnem obdobju, kjer je poudarjen tudi linearen trend 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, prostorskega načrtovanja in drugega.

Meritve kakovosti zraka so v Centru potekale v okviru državne merilne mreže, projekta PMinter in v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin. Primerjava hodov istih onesnaževal nakazuje na prostorsko razporeditev kakovosti zunanjega zraka. Pri primerjavi rezultatov teh meritev 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 Vrbanškem platoju pa od leta 2011. Rezultati meritev za leto 2018 so v tabeli 5.1.

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

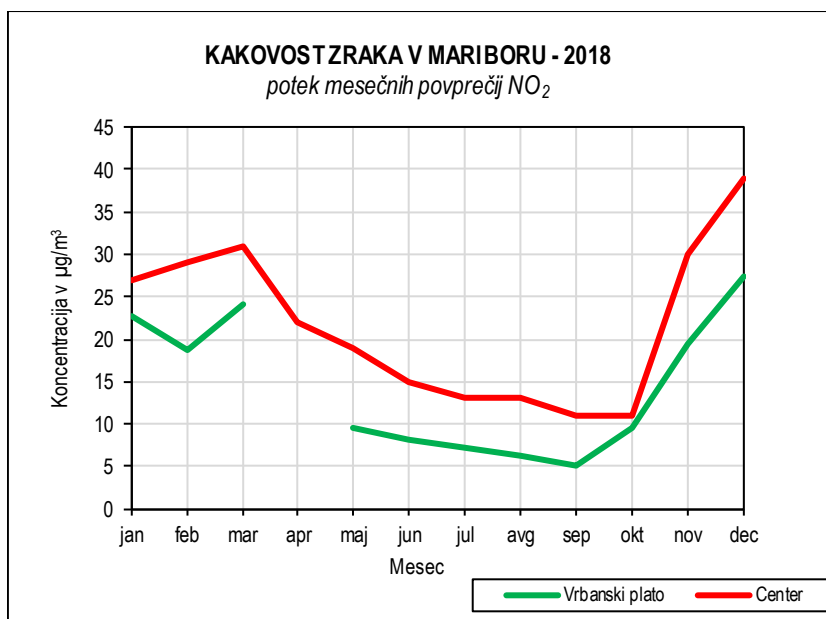
Količina	Center (µg/m ³)	Vrbanški plato (µg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov zima	86 %	93 %	
Razpoložljivost urnih podatkov poletje	97 %	71 %	
Letna srednja vrednost	22	15	40
Zima	30	28	
Poletje	15	7	
C ₁ max	122	134	200
Število preseganj C ₁	0	0	18

Mejna letna vrednost in mejna urna vrednost na nobenem merilnem mestu nista bili preseženi. V Centru so bile koncentracije višje kot na Vrbanškem platoju.

V tabeli 5.2 so srednje mesečne vrednosti in najvišje urne koncentracije, na sliki 5.1 pa le srednje mesečne koncentracije NO₂ v pripadajočih mesecih za Center in Vrbanški plato za leto 2018.

Tabela 5.2: Srednje mesečne in najvišje urne vrednosti NO₂ v µg/m³ v pripadajočih mesecih - merilni mesti Center in Vrbanški plato

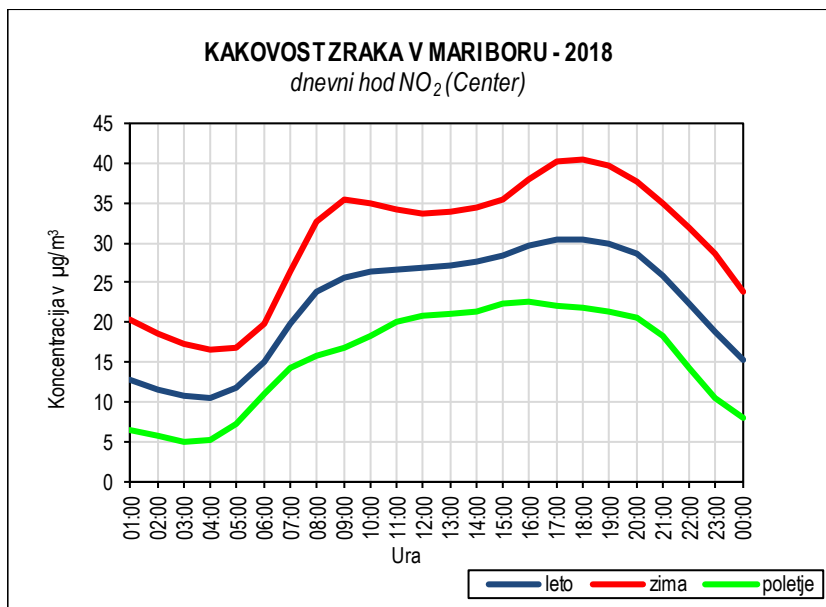
Mesec	Center		Vrbanški plato	
	mesec	ura	mesec	ura
januar	27	64	23	75
februar	29	67	19	80
marec	31	103	24	98
april	22	74	/	/
maj	19	51	9	30
junij	15	51	8	30
julij	13	35	7	24
avgust	13	42	6	27
september	11	35	5	24
oktober	11	33	9	51
november	30	122	19	69
december	39	95	27	83



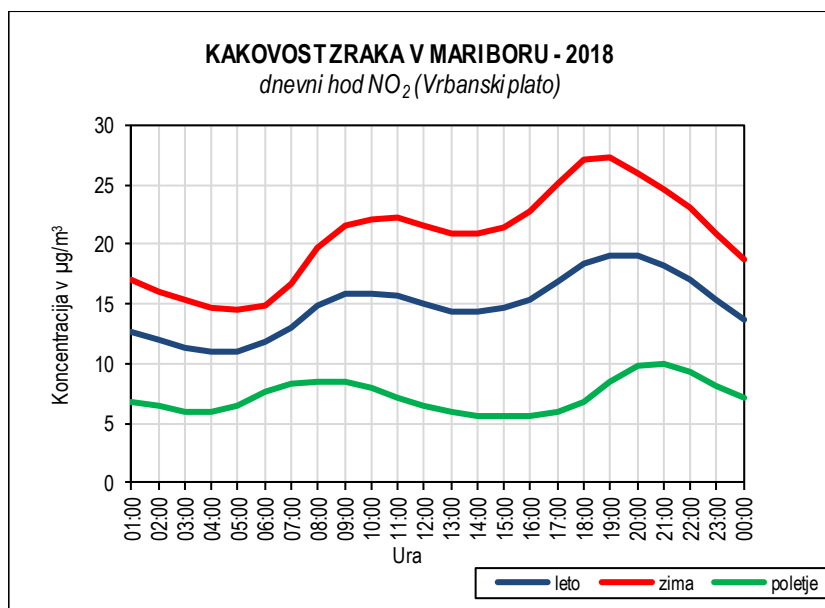
Slika 5.1: Koncentracije NO₂, merilni mesti Center in Vrbanški plato

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

Dnevni hodi koncentracij NO₂ v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2018 so na sliki 5.2, na Vrbanškem platoju pa na sliki 5.3.



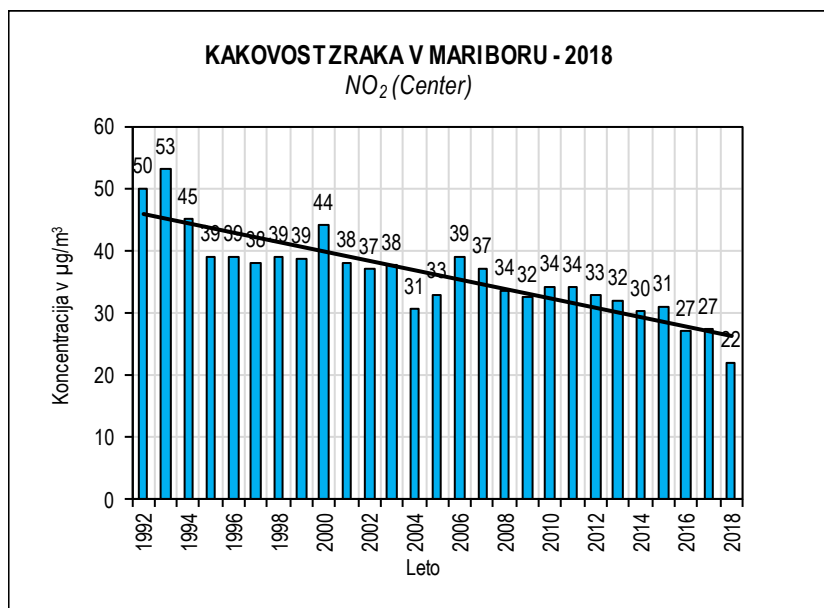
Slika 5.2: Dnevni hodi, dušikov dioksid, merilno mesto Center



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

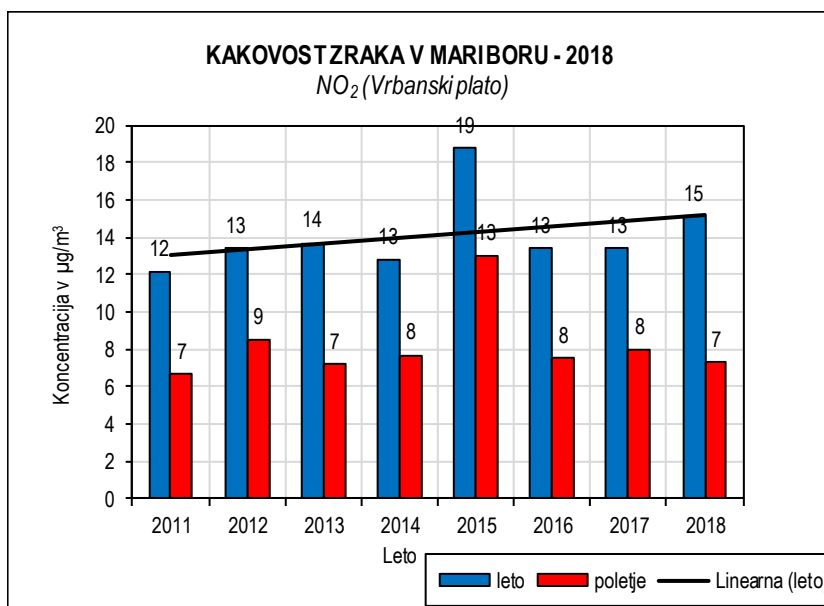
Vključevanje NO₂ v nastanek in razpad ozona je razvidno tudi iz dnevni hodov. V zgodnjem jutranjem času so koncentracije nizke, saj so viri malo aktivni, to onesnaževalo pa je vpleteno tudi v razpad ozona, kar je še posebej opazno poleti. Naraščanje v jutranjem času je posledica svežih emisij iz vplivnih virov (promet, kurilne naprave), ki se hitro po sončnem vzhodu prekine zaradi vključevanja v nastanek ozona. Jutranji vrh je v Centru višji, vendar neizrazit. Koncentracije so preko dneva bolj ali manj stalne. Proti večeru se koncentracije povišajo in so najvišje v dnevu, še vedno so prisotne sveže emisije, fotokemični procesi v atmosferi prenehajo, saj je sončna svetloba že precej šibka. Po 19. uri se emisije znižujejo, preostali NO₂ pa se vključi v razpad ozona, zato koncentracije pričenjajo intenzivno upadati.

Srednje letne koncentracije NO₂ v Centru v letih 1992-2018 so na sliki 5.4, na Vrbanskem platuju v letih 2011-2018 pa na sliki 5.5 skupaj s poletnimi povprečji.



Slika 5.4: Dušikov dioksid 1992-2018, merilno mesto Center

Najvišje koncentracije NO₂ v Centru so bile leta 1993, nato so se postopno zniževale in v letu 2018 dosegle najnižje izmerjeno vrednost. Letno povprečje je že od leta 2001 pod mejno letno vrednostjo. Še vedno lahko govorimo o navzdol usmerjenemu trendu vsebnosti dušikovega dioksida v zunanjem zraku.



Slika 5.5: Dušikov dioksid 2011-2018, merilno mesto Vrbanjski plato

Leta 2018 so bile koncentracije dušikovega dioksida na Vrbanjskem platoju višje kot leti pred tem. Trend je usmerjen navzgor.

5.1.2 Dušikovi oksidi

Meritve kakovosti zraka z dušikovimi oksidi v Centru potekajo od leta 1997, na Vrbanskem platoju pa od leta 2011. Rezultati meritev za leto 2018 so v tabeli 5.3.

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

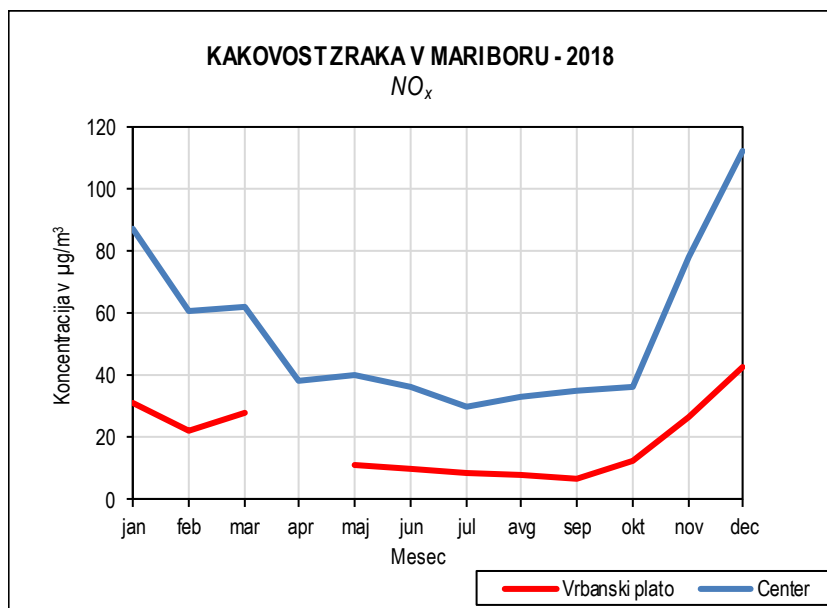
Količina	Center (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Kritična vrednost (µg/m ³)
<i>Razpoložljivost urnih podatkov</i>	92 %	82 %	
<i>Letna srednja vrednost</i>	55	19	30
<i>Zima</i>	78	35	
<i>Poletje</i>	35	9	

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

V tabeli 5.4 so srednje mesečne in najvišje urne koncentracije NO_x, na sliki 5.6 pa le srednje mesečne koncentracije NO_x v posameznem mesecu za merilni mesti Center in Vrbanski plato za leto 2018.

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

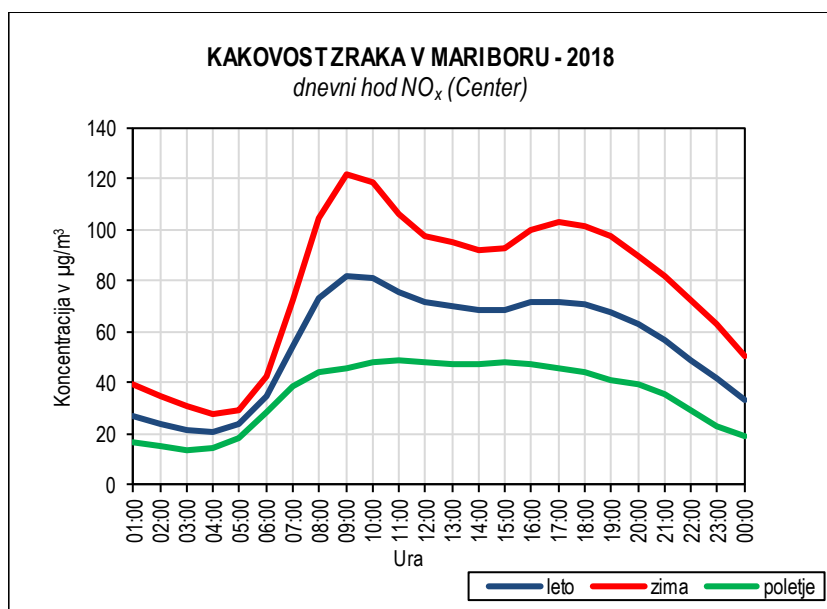
Mesec	Center		Vrbanski plato	
	mesec	ura	mesec	ura
<i>januar</i>	87	566	31	219
<i>februar</i>	61	254	22	104
<i>marec</i>	62	386	28	111
<i>april</i>	38	226	/	/
<i>maj</i>	40	108	11	64
<i>junij</i>	36	136	10	40
<i>julij</i>	30	94	9	33
<i>avgust</i>	33	114	8	43
<i>september</i>	35	114	7	38
<i>oktober</i>	36	162	12	79
<i>november</i>	78	295	27	170
<i>december</i>	112	567	42	214



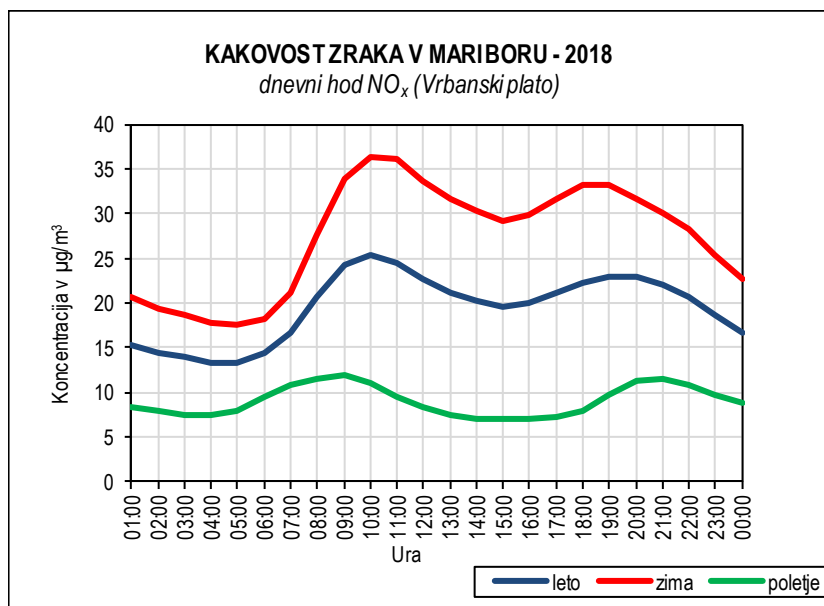
Slika 5.6: Koncentracije NO_x, merilni mesti Center in Vrbanški plato

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

Dnevni hodi koncentracij NO_x v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2018 so na sliki 5.7, na Vrbanškem platoju pa na sliki 5.8.



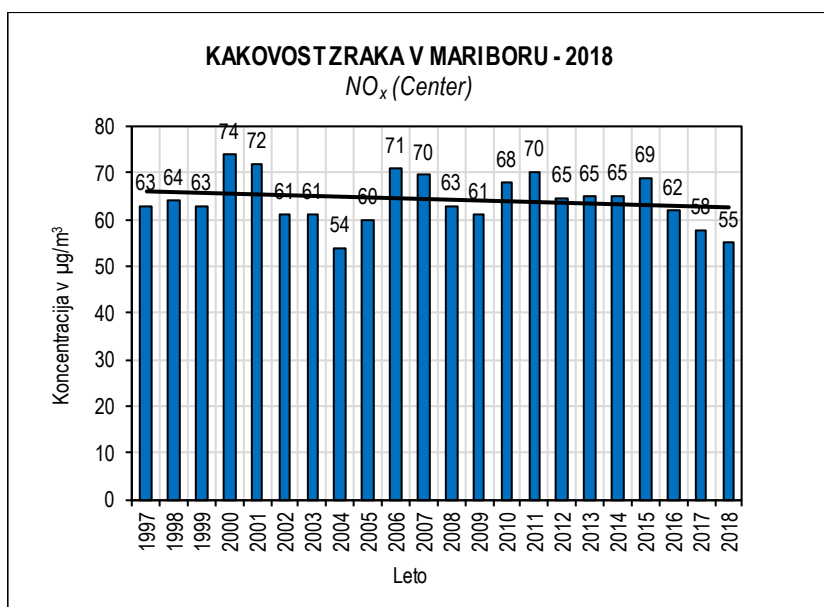
Slika 5.7: Dnevni hodi dušikovi oksidi, merilno mesto Center



Slika 5.8: Dnevni hodi dušikovi oksidi, merilno mesto Vrbanški plato

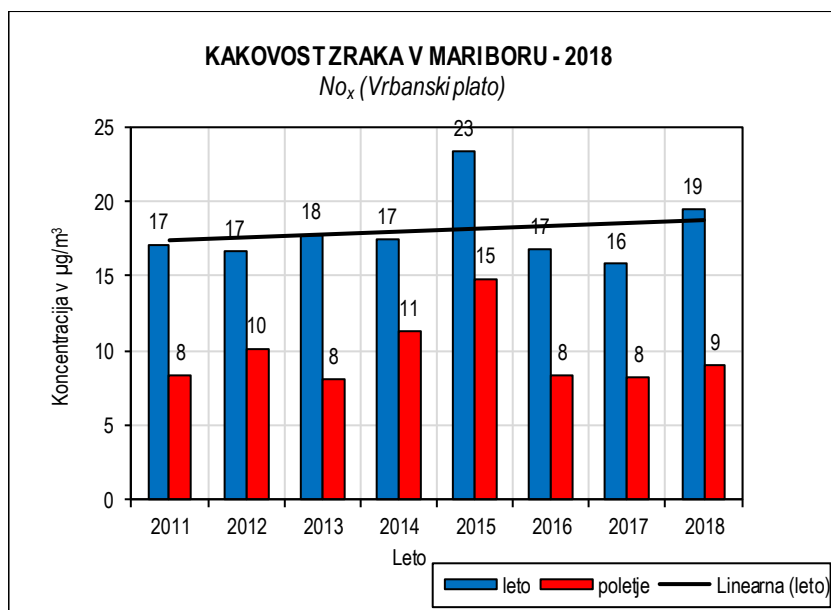
Dnevni hodi koncentracij dušikovih oksidov so podobni hodom dušikovega dioksida, le da so jutranji vrhovi tako v Centru kot na Vrbanškem platu višji od večernih.

Slika 5.9 prikazuje potek srednjih letnih koncentracij dušikovih oksidov, izmerjenih od leta 1997 na merilnem mestu Center, slika 5.10 pa v letih 2011-2018 na Vrbanškem platu, skupaj s poletnim povprečjem.



Slika 5.9: Dušikovi oksidi 1997-2018, merilno mesto Center

Leta 2018 so bile koncentracije dušikovih oksidov v Centru med najnižje izmerjenimi. Trend dušikovih oksidov v Centru je usmerjen rahlo navzdol.



Slika 5.10: Dušikov dioksid 2011-2018, merilno mesto Vrbanski plato

Leta 2018 so bile koncentracije dušikovih oksidov na Vrbanskem platoju podobne kot leti pred tem, trend je usmerjen rahlo navzgor.

5.2 OZON

Meritve vsebnosti ozona na Vrbanskem platoju potekajo od leta 2011, na Pohorju pa od leta 1999. Rezultati za leto 2018 so v tabeli 5.5.

Meritve ozona so potekale tudi na merilnem mestu Center 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* vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov poletje	99 %	100 %	
Razpoložljivost urnih podatkov zima	99 %	98 %	
Letna srednja vrednost	55	77	
Poletje	72	94	
C ₈ max	151	142	120
Število preseganj C ₈ ciljne	30	24	
Triletno povprečje preseganj C ₈ ciljne	23	19	25
C ₁ max	159	149	180*
Število preseganj C ₁ opozorilne/alarmne	0 / 0	0 / 0	
AOT40 (µg/m ³).h (maj-julij)	20672	17210	
AOT40 (µg/m ³).h (2014-2018)	19749	18176	18000

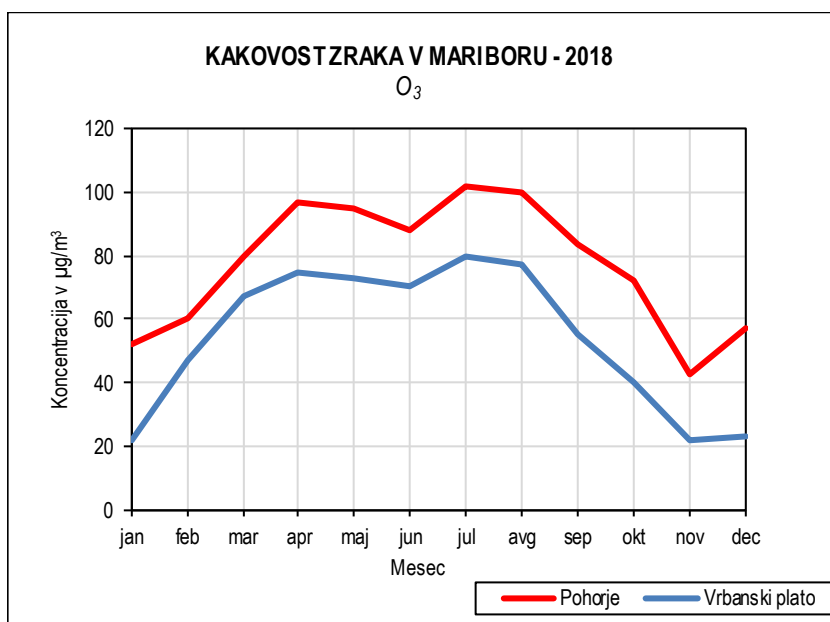
Koncentracije ozona so bile višje na Pohorju kot na Vrbanskem platoju. Ciljna osemurna vrednost je bila v letu 2018 presežena na Vrbanskem platoju 30 dni (april-2, maj-3, junij-2, julij-11, avgust-12), na Pohorju pa 24 dni (april-2, maj-3, junij-2, julij-8, avgust-9).

Ocenjevanje kakovosti zraka glede na ozon se izvaja s primerjavo povprečnega števila preseganj ciljne osemurne vrednosti v zadnjih treh letih. Ciljna vrednost je bila na Pohorju ter Vrbanskem platoju presežena večkrat kot je dovoljeno. Povprečje parametra AOT40 zadnjih petih let presega ciljno vrednost za varstvo rastlin na Pohorju in na Vrbanskem platoju. Meritve na Pohorju (merilno mesto na višji legi, brez emisij predhodnikov, to je onesnaževal, ki pripomorejo k nastanku ozona: dušikovi oksidi in lahkoahlapne 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 osemurne in urne koncentracije, na sliki 5.11 pa le srednje mesečne koncentracije O₃ v posameznem mesecu za merilni mesti Vrbanski plato in Pohorje za leto 2018.

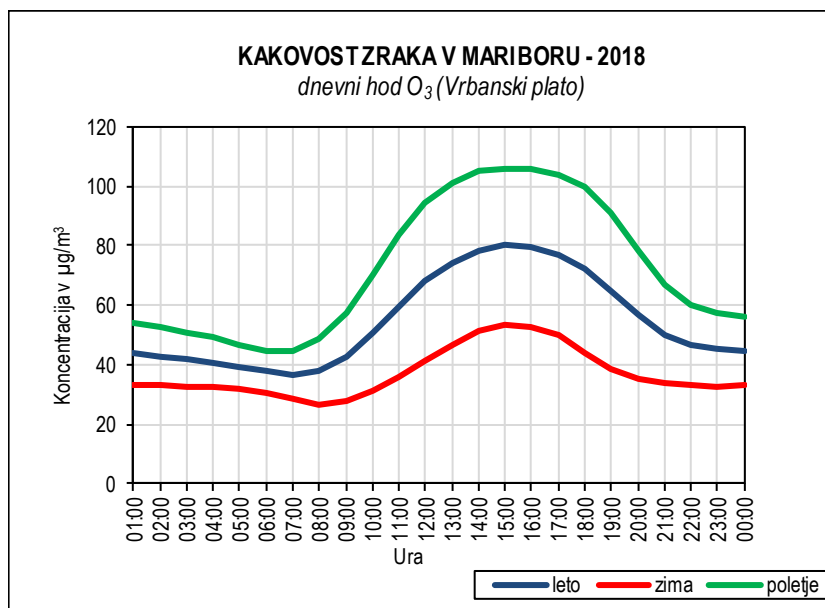
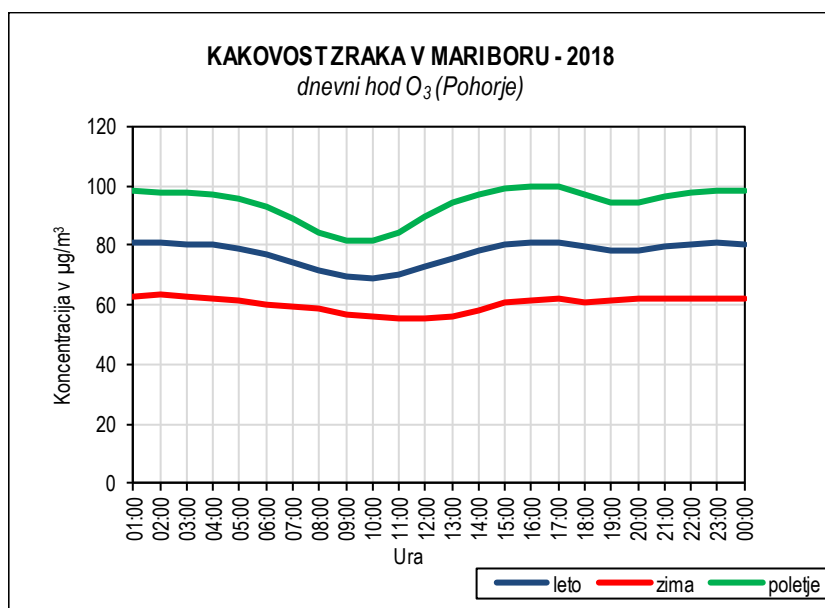
Tabela 5.6: Srednje mesečne, najvišje osemurne in najvišje urne koncentracije O₃ v µg/m³ v pripadajočih mesecih – merilni mesti Vrbanski plato in Pohorje

Mesec	Vrbanski plato			Pohorje		
	mesec	8 ur	ura	mesec	8 ur	ura
januar	22	75	82	52	79	81
februar	47	88	98	61	93	96
marec	67	106	112	80	114	116
april	75	129	140	96	127	138
maj	73	129	142	95	129	133
junij	70	129	141	88	125	135
julij	80	145	151	102	137	139
avgust	77	151	159	100	142	149
september	55	115	128	84	120	125
oktober	40	97	122	72	113	119
november	22	68	79	43	88	89
december	23	56	68	57	79	83

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

Mesečna poteka ozona za obe merilni mesti kažeta najvišje koncentracije poleti. Koncentracije O₃ so komplementarne dušikovim oksidom, višje poleti in nižje pozimi. 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 poleti.

Dnevni hodi koncentracij O₃ poleti, pozimi in skozi celotno leto 2018 na Pohorju so na sliki 5.12 in na Vrbanskem platuju na sliki 5.13.

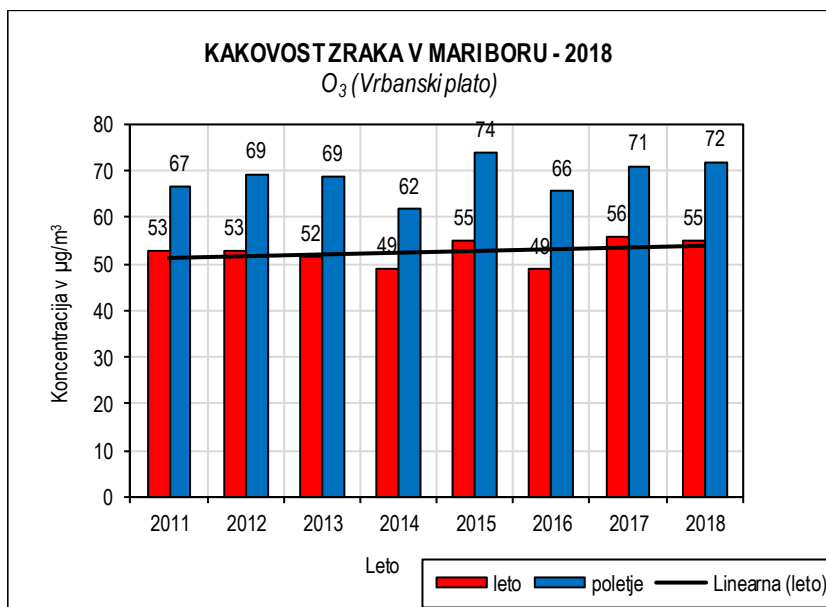
Slika 5.12: Dnevni hodi O_3 , merilno mesto Vrbanski platoSlika 5.13: Dnevni hodi O_3 , merilno mesto Pohorje

Dnevni hodi na Vrbanskem platoju kažejo, da preko noči poteka razpad ozona, saj je koncentracija najnižja tik pred sončnim vzhodom. Vendar ponoči ves ozon ne razpade, saj ni dovolj svežih emisij predhodnikov. S sončnim obsevanjem in svežimi emisijami se nato zjutraj prične tvorba ozona, ki doseže najvišjo koncentracijo v času, ko je sonce najmočnejše: med 13. in 19. uro poleti oziroma okoli 15. ure pozimi. Z upadanjem jakosti sonca v popoldanskem času upada tudi stopnja nastajanja ozona, dodatno se že pričinja njegov razpad. Razlike med zimo in poletjem v vrednostih in v času pojavljanja koničnih koncentracij 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. Ker na teh območjih v nočnem času zaradi pomanjkanja dušikovih oksidov ozon ne razpada, je njegova vsebnost v zraku lahko precej višja kot v mestu. Zato so koncentracije na Pohorju višje, dnevni hod pa manj poudarjen.

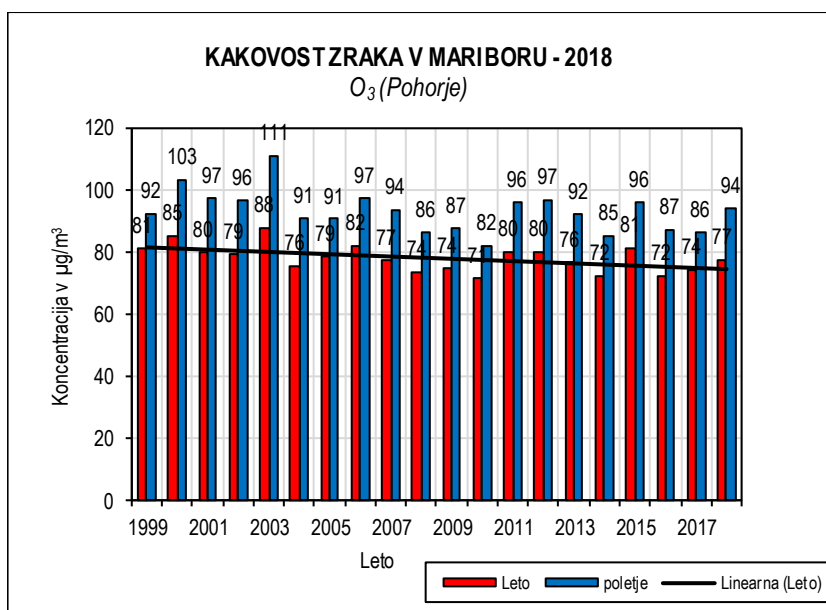
Glavni vir predhodnikov ozona je cestni promet, ostali so še pri organskih spojinah bencinske črpalke, kemične čistilnice, barve in laki, industrija, k emisijam NO_x dodatno največ prispevajo kurilne naprave.

Srednje letne vrednosti in vrednosti poleti skupaj z letnim trendom prikazujemo na sliki 5.14 za Vrbanski plato in na sliki 5.15 za Pohorje.



Slika 5.14: Ozon 2011-2018, merilno mesto Vrbanski plato

Srednja letna koncentracija ozona na Vrbanskem platoju je bila leta 2018 med najvišje izmerjenimi od začetka meritev, zaradi česar je trend usmerjen rahlo navzgor.



Slika 5.15: Ozon 1999-2018, merilno mesto Pohorje

Vsebnost ozona na Pohorju je bila povprečna, dolgoletni trend je še vedno usmerjen navzdol. Zniževanje vsebnosti ozona na Pohorju je znak, da se na širšem območju znižujejo emisije predhodnikov (dušikov dioksid, slika 5.4, in benzen, slika 5.50). V tabeli 5.7 so najvišje urne koncentracije 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pohorje ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
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
2015	167	173
2016	137	135
2017	170	149
2018	159	149
<i>Opozorilna vrednost</i>	180	180

Najvišja izmerjena urna koncentracija v tem letu na Pohorju je bila podobna kot leta 2017, a višja kot leta 2016; na Vrbanskem platoju je bila nižja kot leta 2017, a višja kot leta 2016.

Pokazatelj stanja kakovosti zraka z ozonom je tudi število preseganj ciljne osemurne vrednosti v posameznem letu in drsečem povprečju treh let ter število preseganj opozorilne urne vrednosti, kar je prikazano v tabeli 5.8. Dovoljenih je 25 preseganj ciljne osemurne vrednosti v koledarskem letu triletnega povprečja, zato so rezultati nad to vrednostjo označeni z rdečo barvo.

Tabela 5.8: Število preseganj ciljne osemurne in opozorilne urne vrednosti ozona v letih 1999-2018 - merilni mesti *Vrbanski plato* in *Pohorje*

Leto	Vrbanski plato			Pohorje		
	ciljna osemurna	triletno povprečje preseganj ciljne osemurne	opozorilna urna	ciljna osemurna	triletno povprečje preseganj ciljne osemurne	opozorilna urna
1999	/	/	/	128	/	11
2000	/	/	/	299	/	122
2001	/	/	/	199	209	51
2002	/	/	/	213	237	19
2003	/	/	/	185	199	2
2004	/	/	/	44	147	1
2005	/	/	/	55	95	0
2006	/	/	/	59	53	0
2007	/	/	/	52	55	0
2008	/	/	/	27	46	0
2009	/	/	/	19	33	0
2010	/	/	/	25	24	0
2011	35	/	0	57	34	0
2012	24	/	0	58	47	0
2013	26	28	0	39	51	0
2014	7	19	0	21	39	0
2015	53	29	0	62	41	0
2016	7	22	0	9	31	0
2017	31	30	0	23	31	0
2018	30	23	0	24	19	0

Preseganj ciljne osemurne vrednosti na Pohorju je bilo v letu 2018 24, kar je pod povprečjem doslej izvedenih meritev. Preseganj opozorilnih vrednosti na Pohorju ni bilo že dalj časa.

Preseganj osemurne vrednosti na Vrbanskem platu je bilo v letu 2018 30, kar je nad povprečjem doslej izvedenih meritev. Preseganja opozorilnih vrednosti na Vrbanskem platu še niso bila izmerjena.

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 leta 2011, v Radvanju ter Rušah od 2016, v Hočah od 2018. Meritve koncentracij delcev PM₁₀ v državni merilni mreži na merilnem mestu Center potekajo od leta 2001, iz projekta PMinter na merilnem mestu Krekova/Tyrševa pa od leta 2013.

Rezultati meritev delcev PM₁₀ za leto 2018 so zbrani v tabeli 5.9.

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

Količina	Center (µg/m ³)	Krekova/ Tyrševa (µg/m ³)	Miklavž (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Radvanje (µg/m ³)	Ruše (µg/m ³)	Hoče (µg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost dnevni podatkov	98 %	95 %	98 %	100 %	90 %	99 %	94 %	
Letna srednja vrednost	28	25	28	21	20	22	28	40
Zima	36	32	38	26	25	29	36	
Poletje	20	19	19	16	16	15	21	
C ₂₄ max	95	90	101	85	82	114	150	50
Število preseganj C ₂₄	30	21	35	12	5	15	31	35

Srednja letna koncentracija delcev PM₁₀ v zraku je bila na vseh merilnih mestih pod mejno letno vrednostjo. Najvišja izmerjena dnevna koncentracija v koledarskem letu je bila na vseh merilnih mestih nad mejno vrednostjo, skupno število preseganj mejne dnevne vrednosti je bilo v Miklavžu 35, v Hočah 31, v Centru 30, na Krekovi/Tyrševi 21, v Rušah 15, na Vrbanskem platu 12 ter v Radvanju 5, kar vse ni preko dovoljenega števila preseganj.

Vsa preseganja, razen v Hočah, so bila v zimskih mesecih:

- Center: januar-4, februar-6, marec-7, oktober-1, november-4, december-8;
- Krekova/Tyrševa: januar-2, februar-5, marec-9, november-3, december-2;
- Miklavž: januar-1, februar-6, marec-7, oktober-3, november-4, december-14;
- Vrbanski plato: februar-3, marec-4, december-5;
- Radvanje: januar-1, november-1, december-3;
- Ruše: februar-3, marec-6, november-2, december-4;

- Hoče: januar-1, februar-6, marec-5, avgust-3, oktober-4, november-1, december-11.

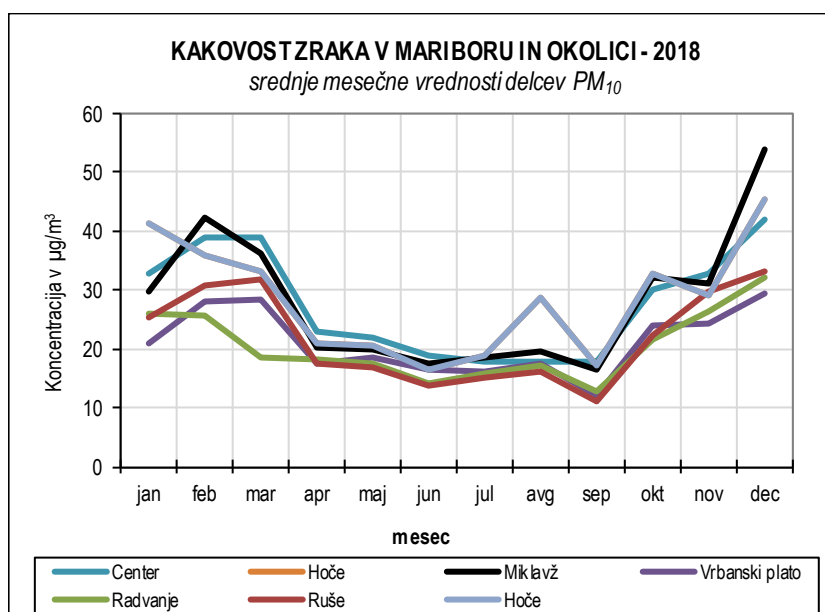
Preko celega leta so bile koncentracije v Centru višje za 31 % kot na Vrbanskem platoju, samo poleti za 22 % in samo pozimi za 39 %.

V tabeli 5.10 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 2018.

Tabela 5.10: Srednje mesečne in najvišje dnevne koncentracije PM₁₀ v µg/m³ – merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Vrbanski plato, Radvanje, Ruše in Hoče

Mesec	Center		Krekova/ Tyrševa		Miklavž		Vrbanski plato		Radvanje		Ruše		Hoče	
	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan	dan	dan	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan
januar	33	62	31	53	30	61	21	39	26	65	25	48	41	53
februar	39	74	36	69	42	77	28	62	26	37	31	64	36	70
marec	39	95	38	90	36	100	29	85	19	41	32	94	33	90
april	23	43	23	49	20	35	18	37	18	36	18	36	21	37
maj	22	38	22	42	20	35	19	33	18	33	17	32	21	40
junij	19	34	17	29	18	29	17	30	14	24	14	27	17	34
julij	18	23	17	25	19	29	16	24	15	23	15	26	19	28
avgust	18	30	20	36	20	32	18	40	17	36	16	29	29	150
september	18	30	17	31	17	26	12	20	13	21	11	19	17	30
oktober	30	52	29	48	32	62	24	43	21	41	22	41	33	59
november	33	62	30	58	31	59	25	50	26	51	30	52	29	51
december	42	87	32	87	54	101	29	73	32	82	33	114	46	90

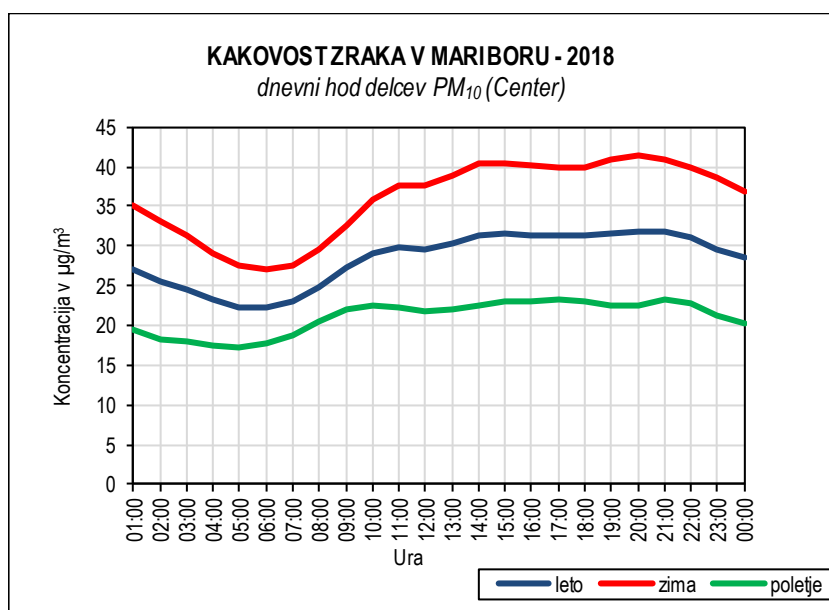
Opomba: / - meritve v tem mesecu niso potekale.



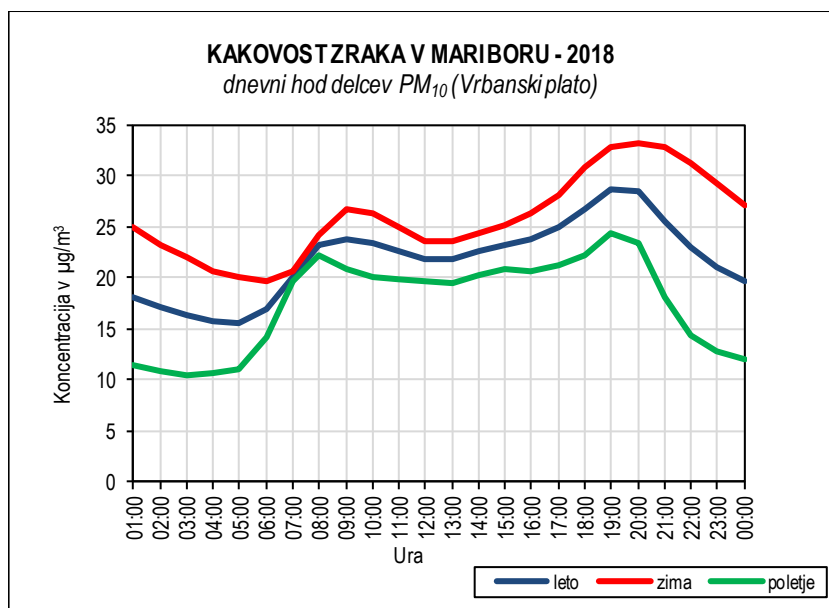
Slika 5.16: Kakovosti zraka z delci PM₁₀, merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Vrbanski plato, Radvanje, Ruše in Hoče

Koncentracije so bile povsod višje pozimi kot poleti. Najnižje so se pojavljale od aprila do septembra, najvišje pa decembra. Z delci PM₁₀ najbolj obremenjena merilna mesta v preteklem letu so bila Center, Miklavž in Hoče, nekoliko manj Krekova/Tyrševa, najmanj pa Vrbanski plato, Radvanje ter Ruše. Najnižje koncentracije so bile v posameznih mesecih izmerjene na Vrbanskem platoju, Radvanju in Rušah. Poseljena območja so bolj obremenjena z delci PM₁₀, predvsem velja to za zimo. Kakovost zraka z delci PM₁₀ je bila na merilnih mestih Center in Miklavž podobna, v zimskih mesecih pa je bil Miklavž bolj obremenjen kot Center (februar, december).

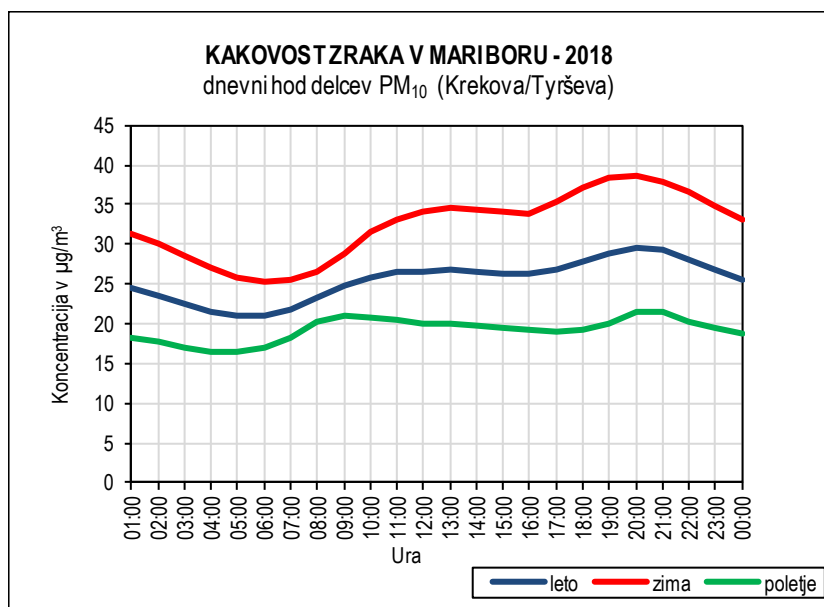
Dnevni hodi koncentracij delcev PM₁₀ poleti, pozimi in skozi celotno leto 2018 v Centru (TEOM) so na sliki 5.17, na Vrbanskem platoju (TEOM) na sliki 5.18, na Krekovi/Tyrševi pa na sliki 5.19.



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



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



Slika 5.19: Dnevni hodi koncentracij delcev PM₁₀, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

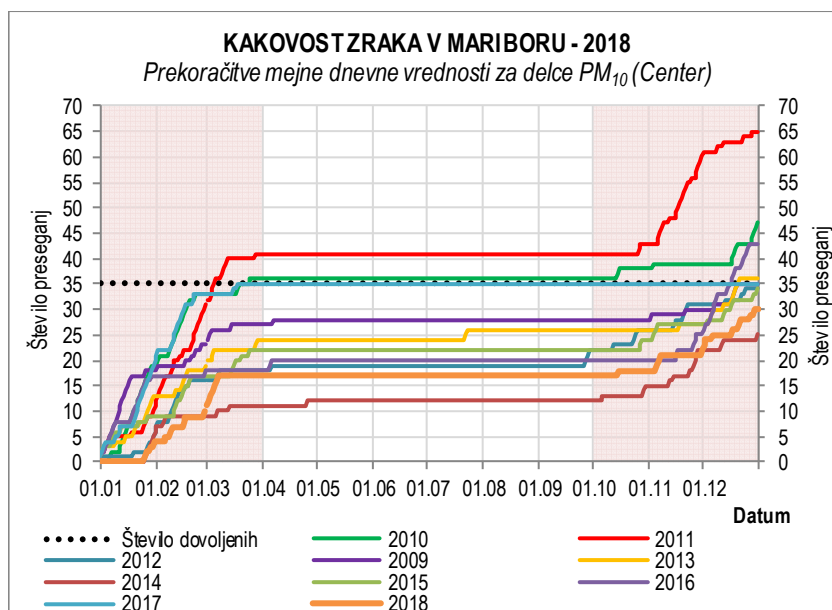
Dnevni hodi so pozimi in poleti na vseh merilnih mestih zelo podobni in ne bistveno drugačni od celotnega leta. Na Vrbanškem platoju pozimi precej izstopata dva vrhova: jutranji in večerni, ki je višji. Na Krekovi/Tyrševi se pozimi lahko opazi dva vrhova, V Centru sta pa ta dva vrhova še komaj opazna. Poleti se jutranji in večerni vrh še najbolj opazita na Vrbanškem platoju, prisotna sta tudi na Krekovi/Tyrševi, v Centru pa imamo višje koncentracije čez cel dan od 15:00 do 22:00 ure (z manj izrazitim vrhom ob 20:00 uri).

V nočnem času, ko so viri manj aktivni, koncentracije relativno malo padejo, kar nakazuje na visoko ozadje: na Vrbanškem platoju je to ozadje 19 µg/m³ pozimi in 10 µg/m³ poleti, na Krekovi/Tyrševi 25 µg/m³ pozimi in 16 µg/m³ poleti, v Centru 27 µg/m³ pozimi in 17 µg/m³ poleti.

Število preseganj mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne vrednosti za delce PM₁₀ v letih 2002-2018 je za Center prikazano v tabeli 5.11 in za leta 2009 do 2018 tudi na sliki 5.20. Dopustna vrednost je bila vpeljana zato, da je bil prehod za doseg mejne vrednosti postopen.

Tabela 5.11: Število preseganj mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne vrednosti za delce PM₁₀ 2002-2018 - *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
2015	34
2016	43
2017	35
2018	30
<i>Mejna</i>	35



Slika 5.20: Število preseganj mejne dnevne vrednosti za obdobje od 2009 do 2018, *merilno mesto Center*

V letu 2018 število preseganj mejne dnevne vrednosti v Centru ni bilo nad dovoljenim. Iz slike 5.20 je razvidno, da so preseganja praviloma zabeležena skoraj vedno pozimi.

V tabeli 5.12 prikazujemo 90,4 % percentil in število preseganj za leta 2011 do 2018 za merilna mesta Miklavž, Radvanje, Ruše ter Hoče.

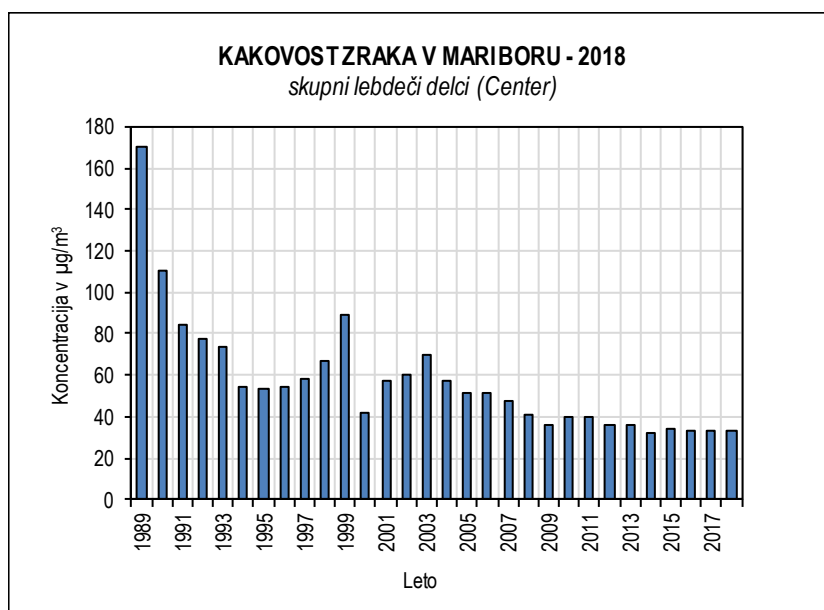
Tabela 5.12: 90,4 % percentil iz dnevni koncentracij za delce PM₁₀ oziroma število preseganj za leta 2011 do 2018 - *merilna mesta Miklavž, Radvanje, Ruše ter Hoče*

Leto	Miklavž ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Radvanje ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ruše ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hoče ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2011	79 *			
2012	51 *			
2013	56 *			
2014	50 *			
2015	53 *			
2016	45	43 *	45 *	
2017	39	18	17	
2018	35	5	15	31
Mejna	50 (2011-2015) / 35 (2016,2017,2018)	50 (2016) / 35 (2017,2018)	50 (2016) / 35 (2017,2018)	50

* Meritve so potekale 6 mesecev v letu, v tabeli je naveden 90,4 % percentil.

Kakovost zunanjega zraka z delci PM_{10} v Miklavžu v letih 2011-2013, 2015, 2016 ter 2017 ni ustrezala zahtevam zakonodaje. V letu 2018 v Miklavžu izmerjeno število preseganj ni bilo čezmerno, kot tudi velja za ostala merilna mesta v celotnem dosedanjem merilnem obdobju.

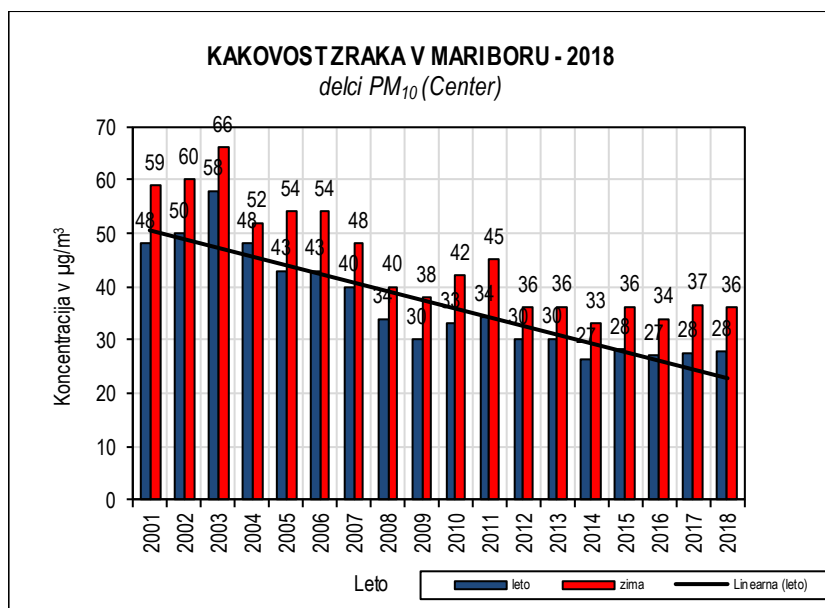
Na sliki 5.21 je prikazan potek srednjih letnih koncentracij skupnih lebdečih delcev v celotnem dosedanjem merilnem obdobju. Upoštevali smo meritve skupnih lebdečih delcev, ki smo jih kot ZZV (predhodnik NLZOH) Maribor izvajal med leti 1989 in 2000 ob Partizanski cesti, ter meritve delcev PM_{10} , ki jih je izvajal ARSO med leti 2001 in 2018 v Centru (DMKZ). Pri preračunavanju koncentracij skupnih lebdečih delcev iz koncentracij PM_{10} smo uporabili faktor 1,2.



Slika 5.21: Skupni lebdeči delci 1989-2018, *merilni mesti Center (ZZV (NLZOH) in DMKZ)*

Koncentracije skupnih lebdečih delcev v Centru so se od leta 1989 do 2018 bistveno znižale, opazno je tudi stalno zniževanje po letu 2003. Srednja vrednost v letu 2018 je bila med najnižjimi v dosedanjem 30 letnem merilnem obdobju in za petkrat 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 kakovost zunanjega zraka z delci v letu 2018 še vedno med najboljšimi doslej.

Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{10} v Centru (DMKZ) v celotnem dosedanjem merilnem obdobju so na sliki 5.22.

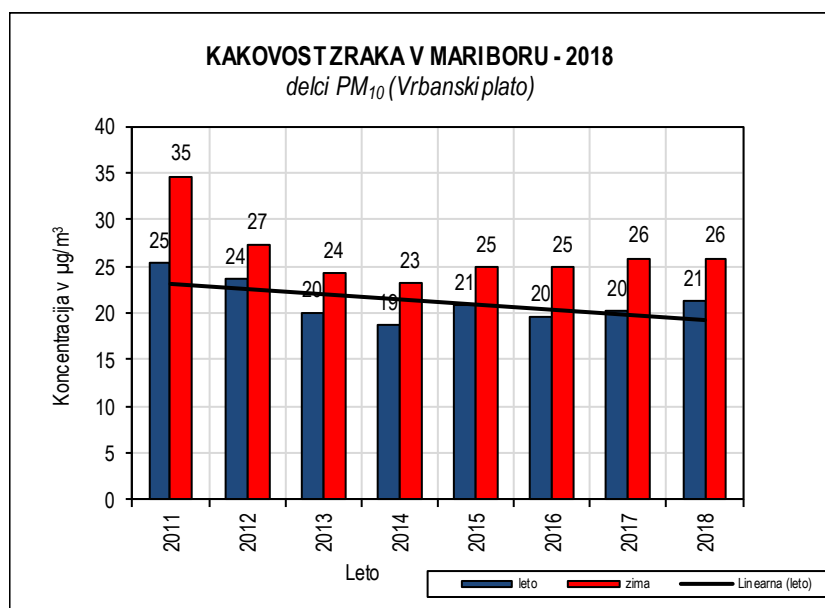


Slika 5.22: Delci PM_{10} 2001-2018, merilno mesto Center (DMKZ)

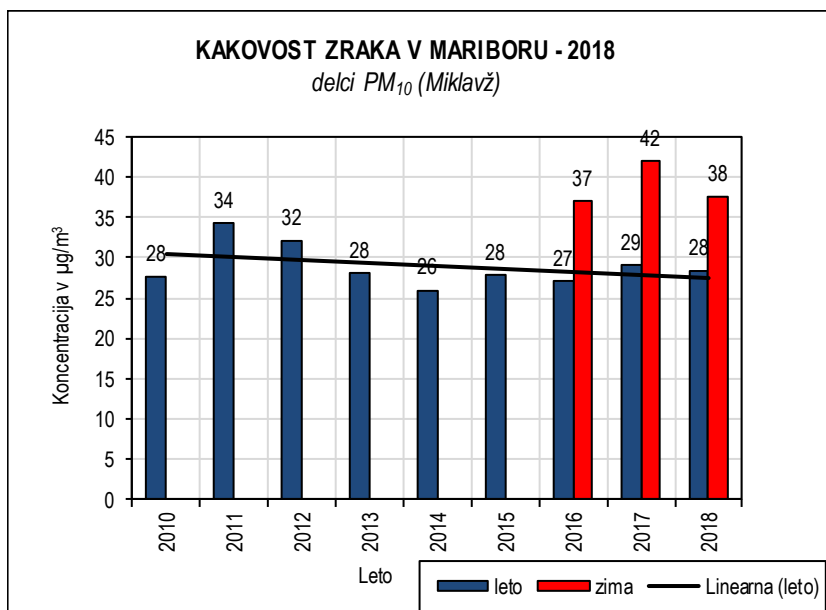
Koncentracije delcev PM_{10} so bile v Centru med najnižje doslej izmerjenimi. Mejna letna vrednost ni bila presežena že od leta 2007. Dolgoletni trend je sicer še vedno usmerjen navzdol, predvsem zaradi visokih izmerjenih koncentracij v začetnih letih meritev.

Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{10} v dosedanem merilnem obdobju na merilnem mestu Vrbanski plato so na sliki 5.23, Miklavž na sliki 5.24, Ruše na sliki 5.25, Radvanje na sliki 5.26 in Krekova/Tyrševa na sliki 5.27.

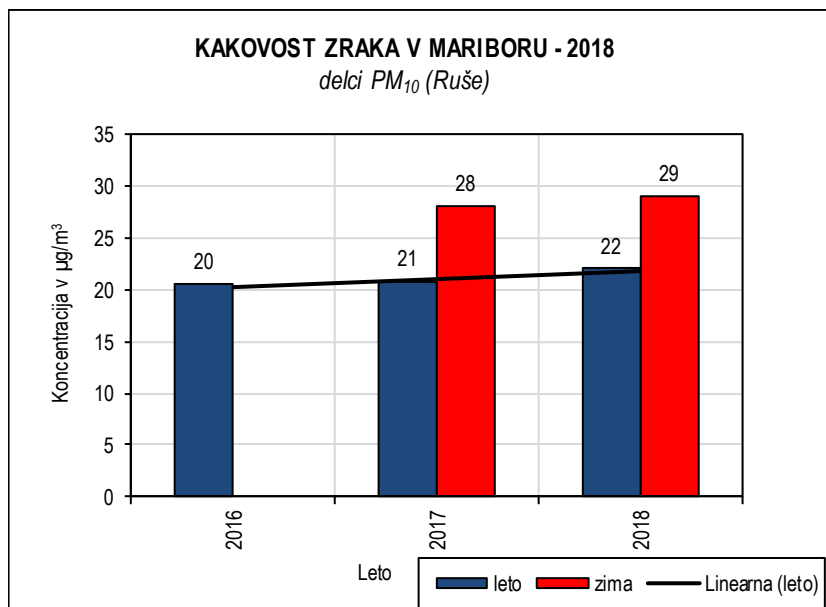
Ker so se meritve na merilnem mestu v Miklavžu v obdobju 2011 do 2015 ter v Radvanju in Rušah v letu 2016 izvajale v trajanju 6 mesecev na leto, so na grafih za ta leta prikazane preračunane srednje letne vrednosti. Ostala leta so se meritve izvajale celotno leto, tako da preračun ni bil več potreben.



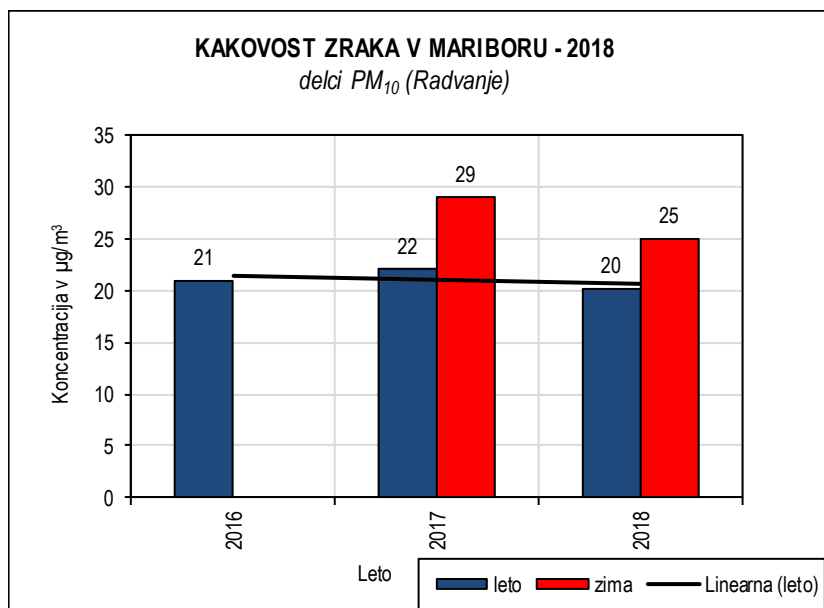
Slika 5.23: Delci PM_{10} 2011-2018, merilno mesto Vrbanski plato



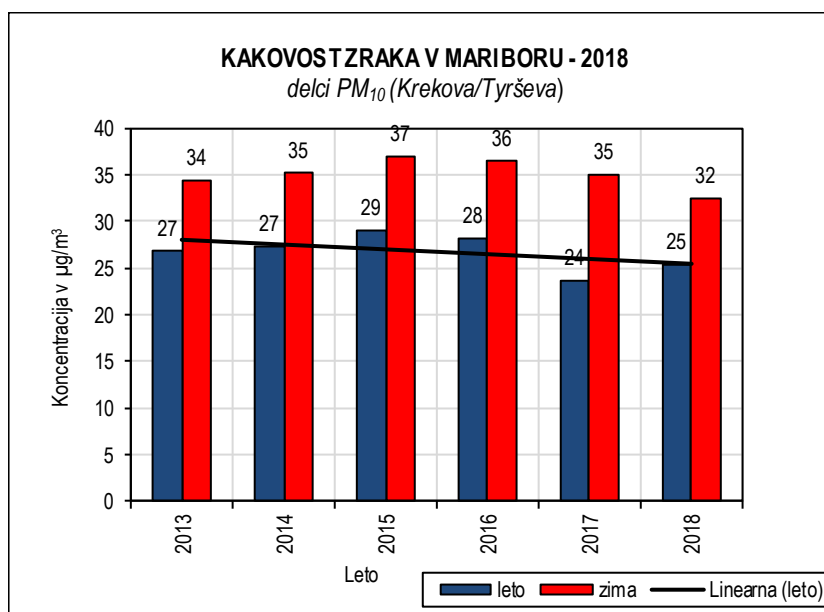
Slika 5.24: Delci PM_{10} 2010-2018, merilno mesto Miklavž



Slika 5.25: Delci PM_{10} 2016-2018, merilno mesto Ruše



Slika 5.26: Delci PM₁₀ 2016-2018, merilno mesto Radvanje



Slika 5.27: Delci PM₁₀ 2013-2018, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Leta 2018 so bile izmerjene koncentracije delcev PM₁₀ na Vrbanskem platoju podobne kot v obdobju 2013-2017, v Miklavžu podobne kot leta pred tem in na Krekovi/Tyrševi višje kot preteklo leto, vendar nižje kot preostala leta. Dolgoletni trendi na Vrbanskem platoju, v Miklavžu in na Krekovi/Tyrševi so še vedno usmerjeni navzdol. Na merilnem mestu v Radvanju trend ni zaznaven, v Rušah pa je celo usmerjen navzgor.

Na koncentracije delcev PM₁₀ v zraku vplivajo razen lokalnih virov (kurilne naprave, 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 onesnaževal. O najvplivnejšem viru težko govorimo, zagotovo sta to promet (poleti in pozimi) ter individualne male kurilne naprave na trdno gorivo (samo pozimi), vendar zelo verjetno na različnih merilnih mestih v različnem razmerju.

5.3.2 Delci PM_{2,5}

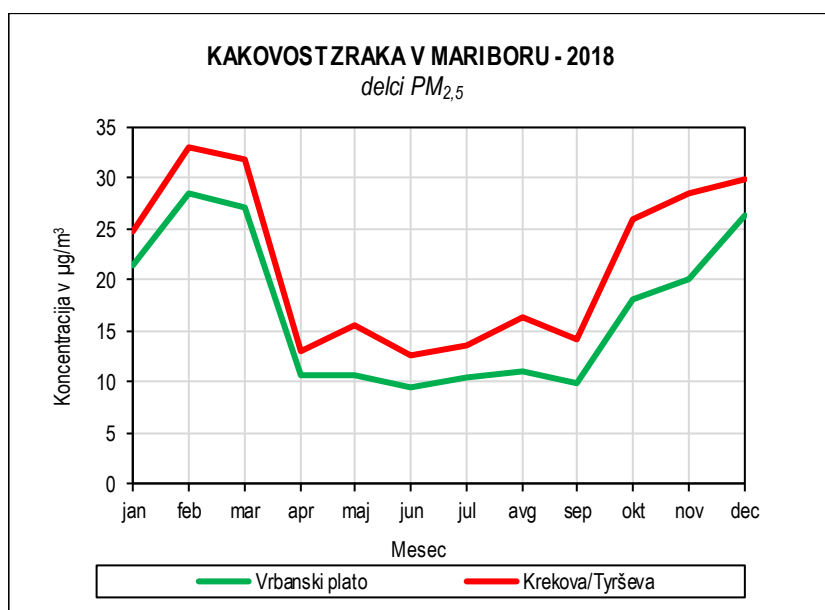
Meritve koncentracij delcev PM_{2,5} potekajo v državni merilni mreži na merilnem mestu Vrbanski plato (mestno ozadje) od leta 2009, na merilnem mestu v Centru so potekale od leta 2005 do 2017 (ko so bile ukinjene), meritve na merilnem mestu Krekova/Tyrševa pa se izvajajo od leta 2012. Rezultati meritev za leto 2018 so v tabelo 5.13.

Tabela 5.13: Kakovost zraka z delci PM_{2,5} - merilna mesta Krekova/Tyrševa in Vrbanski plato

Količina	Krekova/Tyrševa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vrbanski plato ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mejna vrednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Razpoložljivost dnevnih podatkov	95 %	100 %	
Letna srednja vrednost	21	17	25
Zima	29	24	
Poletje	14	10	

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

Na sliki 5.28 so srednje mesečne koncentracije delcev PM_{2,5}, v tabeli 5.14 pa še najvišje dnevne koncentracije v posameznem mesecu za merilni mesti Vrbanski plato in Krekova/Tyrševa za leto 2018.



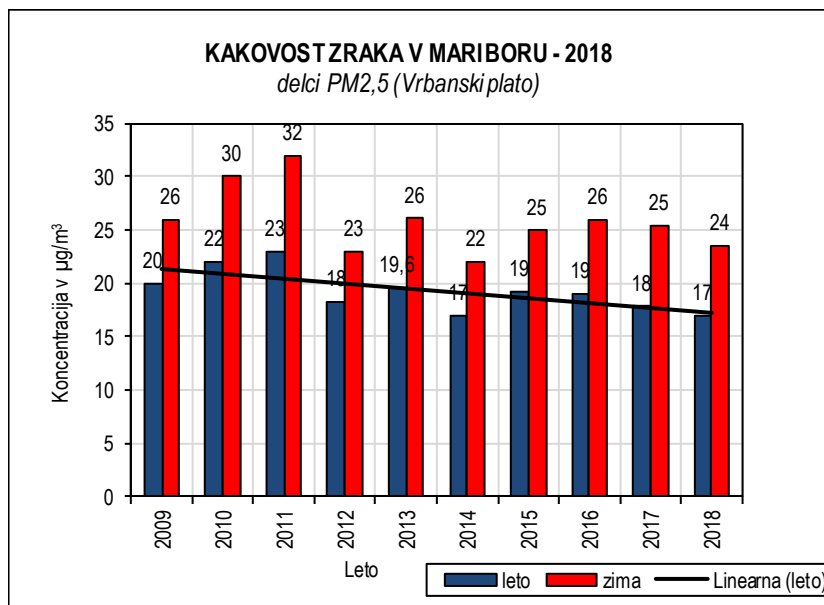
Slika 5.28: Kakovosti zraka z delci PM_{2,5}, merilni mesti Krekova/Tyrševa in Vrbanski plato

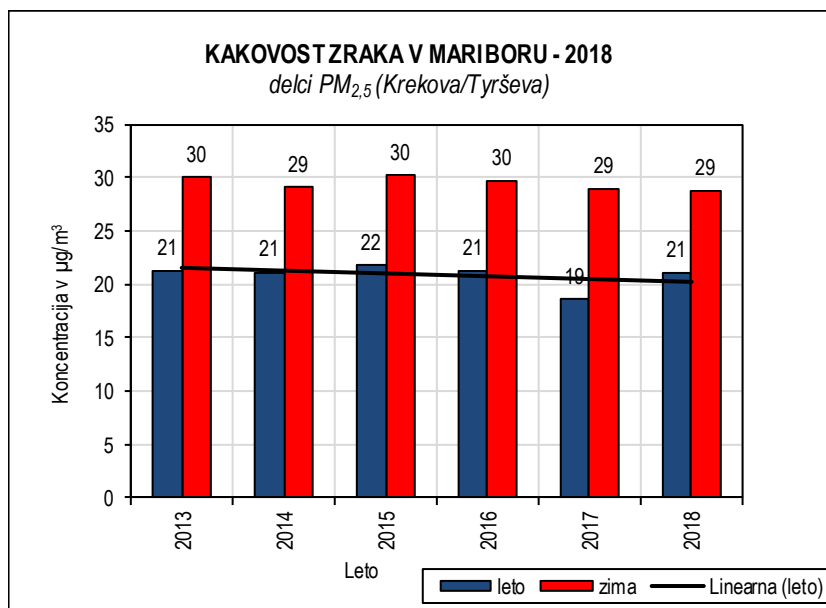
Tabela 5.14: Srednje mesečne in najvišje dnevne vrednosti delcev PM_{2,5} v µg/m³ v pripadajočih mesecih - merilni mesti *Krekova/Tyrševa* in *Vrbanski plato*

Mesec	Krekova/Tyrševa		Vrbanski plato	
	mesec	dan	mesec	dan
januar	25	45	21	41
februar	33	63	29	63
marec	32	88	27	85
april	13	32	11	23
maj	16	36	11	21
junij	13	23	10	14
julij	14	21	10	15
avgust	16	32	11	20
september	14	26	10	18
oktober	26	46	18	32
november	29	57	20	42
december	30	86	26	71

Merilno mesto *Krekova/Tyrševa* je bilo nekoliko bolj obremenjeno z delci PM_{2,5} kot *Vrbanski plato*. Pozimi so bile koncentracije višje kot poleti.

Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{2,5} prikazujemo na sliki 5.29 za *Vrbanski plato* (od leta 2009) in na sliki 5.30 za *Krekovo/Tyrševo* (od leta 2013).

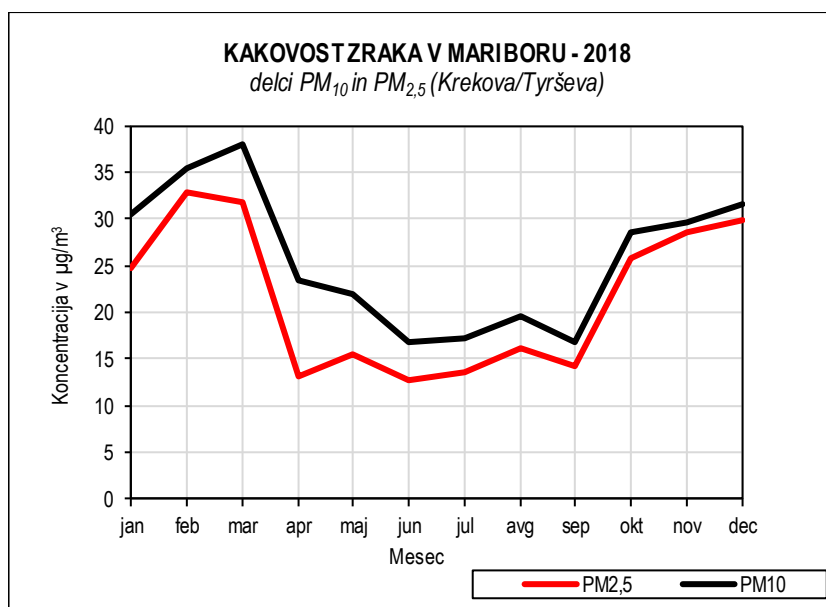
**Slika 5.29:** Delci PM_{2,5} 2009-2018, merilno mesto *Vrbanski plato*



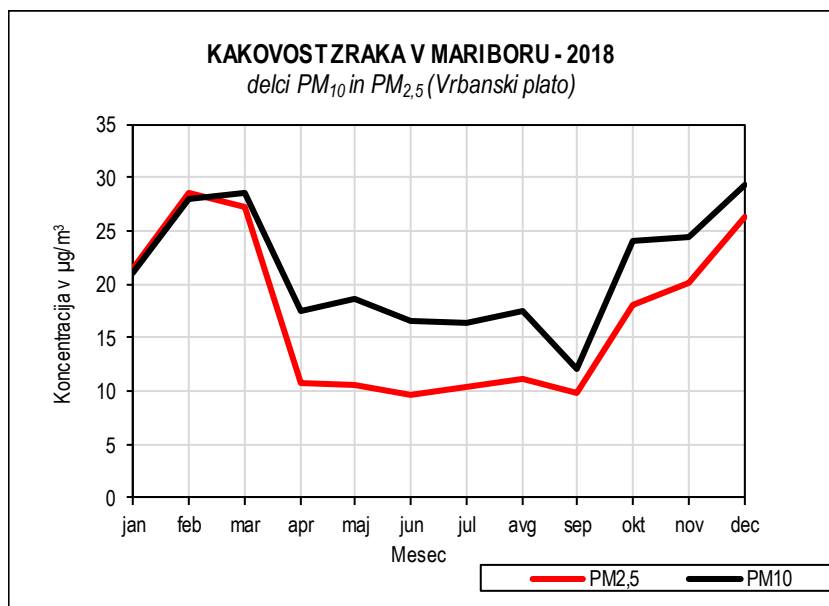
Slika 5.30: Delci $PM_{2,5}$ 2009-2018, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Koncentracije delcev $PM_{2,5}$ so bile leta 2018 na Vrbanškem platoju in na Krekovi/Tyrševi podobne kot leta prej. Dolgoletni trendi so povsod usmerjeni navzdol.

Zanimivi so tudi prikazi primerjave med koncentracijami delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ na obeh merilnih mestih za leto 2018, kar je na slikah 5.31 za Krekovo/Tyrševo in 5.32 za Vrbanški plato.



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



Slika 5.32: 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 delcev PM_{2,5}/PM₁₀ so:

- Krekova/Tyrševa: 79 % (pozimi 83 %, poleti 71 %),
- Vrbanski plato: 80 % (pozimi 91 %, poleti 63 %).

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

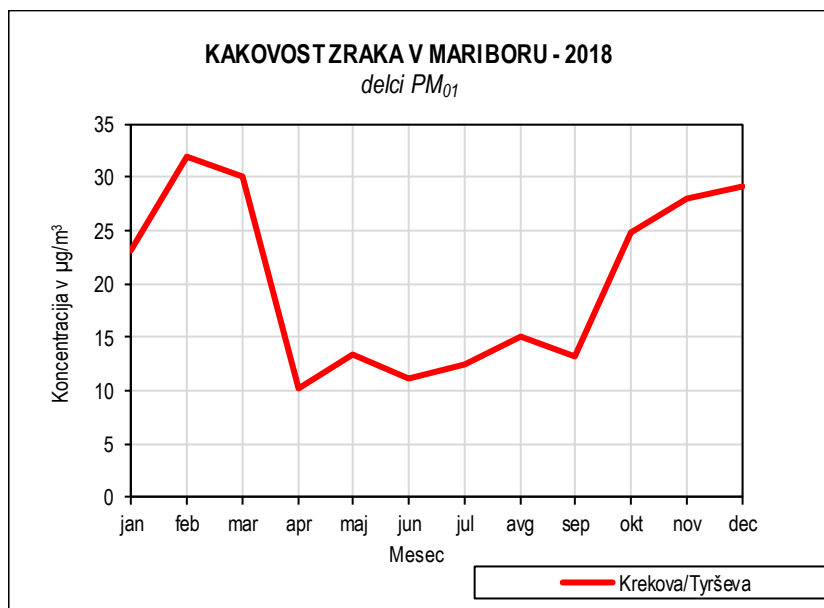
5.3.3 Delci PM₀₁

Meritve koncentracij delcev PM₀₁ na merilnem mestu Krekova/Tyrševa potekajo od julija 2013. Rezultati meritev za leto 2018 so v tabeli 5.15.

Tabela 5.15: Kakovost zraka z delci PM₀₁ - merilno mesto Krekova/Tyrševa

Količina	Krekova/Tyrševa (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov	95 %
Letna srednja vrednost	20
Zima	28
Poletje	13

Na sliki 5.33 so srednje mesečne koncentracije delcev PM_{01} , v tabeli 5.16 pa še najvišje dnevne koncentracije v posameznem mesecu.

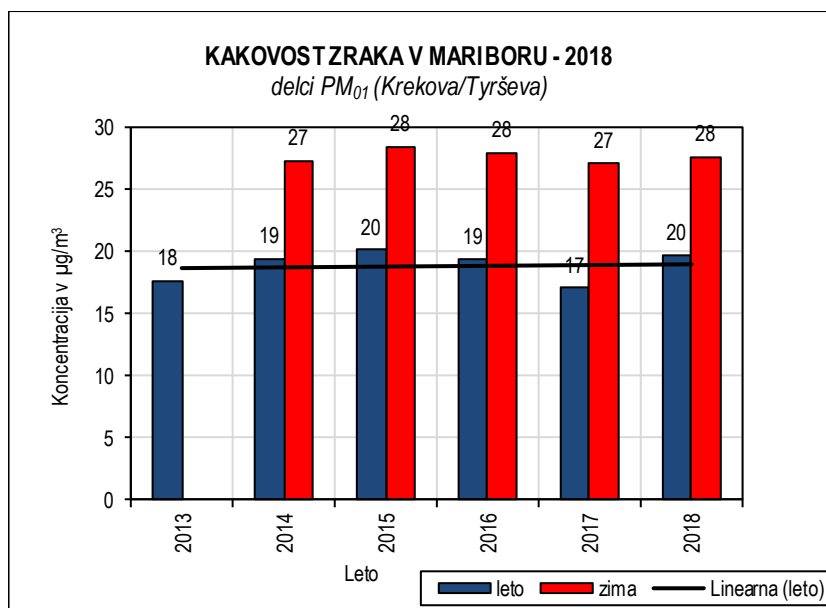


Slika 5.33: Kakovosti zraka z delci PM_{01} , merilno mesto Krekova/Tyrševa

Tabela 5.16: Srednje mesečne in najvišje dnevne koncentracije delcev PM_{01} v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v pripadajočih mesecih - merilno mesto Krekova/Tyrševa

Mesec	Krekova/Tyrševa	
	mesec	dan
januar	23	43
februar	32	61
marec	30	86
april	10	24
maj	13	34
junij	11	21
julij	12	20
avgust	15	31
september	13	25
oktober	25	45
november	28	57
december	29	86

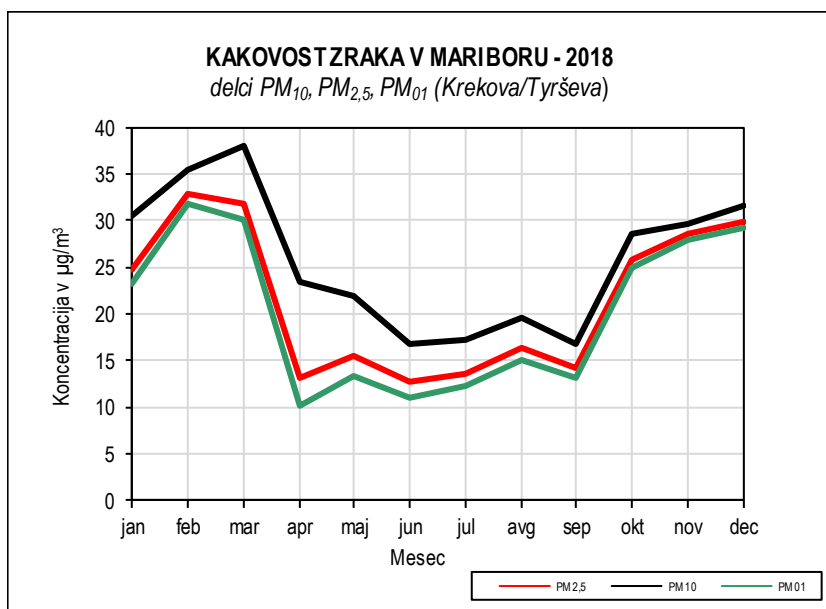
Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{01} na merilnem mestu Krekova/Tyrševa prikazujemo na sliki 5.34.



Slika 5.34: Delci PM_{01} 2013-2018, merilno mesto Krekova/Tyrševa

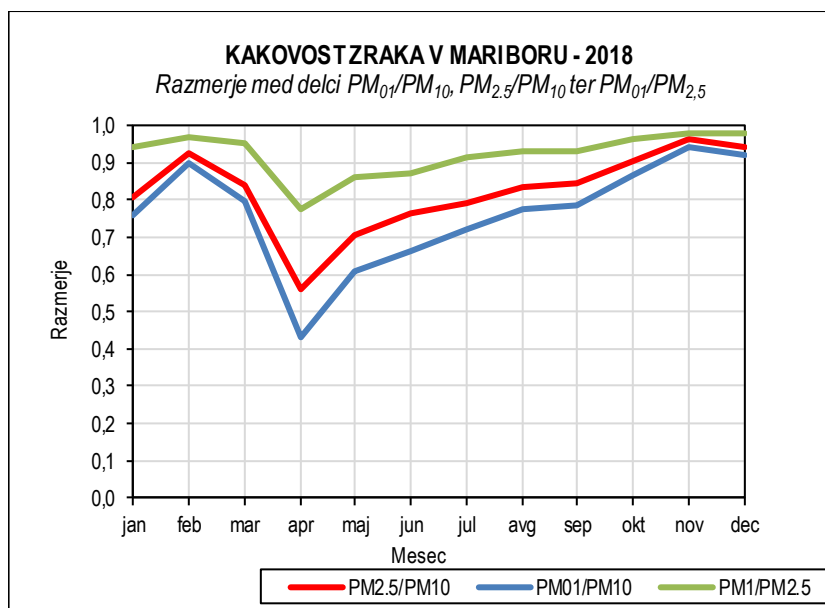
Koncentracije delcev PM_{01} so bile leta 2018 višje kot leti pred tem, trend ni opazen.

Obremenjenost z delci PM_{01} je najvišja pozimi, večkrat višja kot poleti. Zanimiva je tudi primerjava med koncentracijami delcev PM_{10} , $PM_{2,5}$ in PM_{01} , kar je prikazano na sliki 5.35.



Slika 5.35: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} , $PM_{2,5}$ in PM_{01} , merilno mesto Krekova/Tyrševa

Razmerja med delci PM_{01}/PM_{10} , $PM_{2,5}/PM_{10}$ in $PM_{01}/PM_{2,5}$ so prikazana na sliki 5.36.



Slika 5.36: Mesečna razmerja koncentracij delcev $PM_{2,5}/PM_{10}$, PM_{01}/PM_{10} in $PM_{01}/PM_{2,5}$, merilno mesto *Krekova/Tyrševa*

Delež delcev PM_{01} v PM_{10} dosega pozimi do 77 %, poleti pa se spusti do 62 %. Delež $PM_{2,5}$ v PM_{10} dosega pozimi do 83 %, poleti pa se spusti do 71 %. Delež PM_{01} v $PM_{2,5}$ pozimi dosega 93 %, poleti pa se spusti do 88 %.

5.3.4 Analize delcev PM_{10}

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 PM_{10} , merilna mesta so bila različna (Center (Partizanska), Tabor, Vrbanski plato), prav tako metodologija analiz. Od leta 2008 se vse analize izvajajo v državni mreži ARSO v delcih PM_{10} v Centru.

5.3.4.1 Benzo(a)piren

Meritve vsebnosti policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAO) v delcih PM_{10} , od katerih navajamo le koncentracije benzo(a)pirena, ki ima ciljno vrednost, so potekale na merilnem mestu Center z vzorci iz referenčnega merilnika. V letu 2018 je bilo odvzetih 122 dnevni vzorcev.

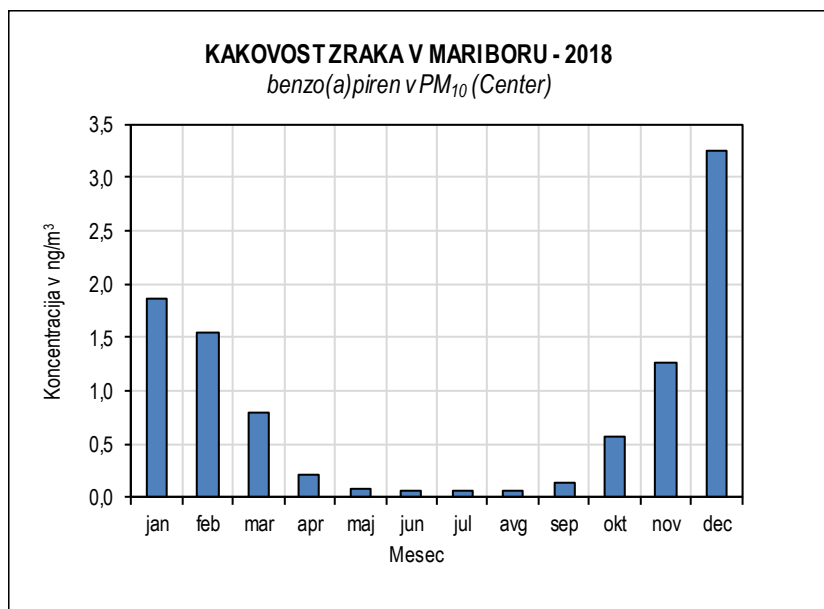
Rezultati meritev za leto 2018 so prikazani kot letna povprečna in najvišja dnevna vrednost v tabeli 5.17.

Tabela 5.17: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} - merilno mesto Center

Količina	Center (ng/m ³)	Ciljna letna vrednost (ng/m ³)
Število vzorcev (časovna pokritost)	122 (32 %)	
Letna srednja vrednost	0,8	1
Najvišja dnevna koncentracija	5,8	

Letna koncentracija benzo(a)pirena v skladu s pravili zaokroževanja /25/ ne presega ciljne letne vrednosti.

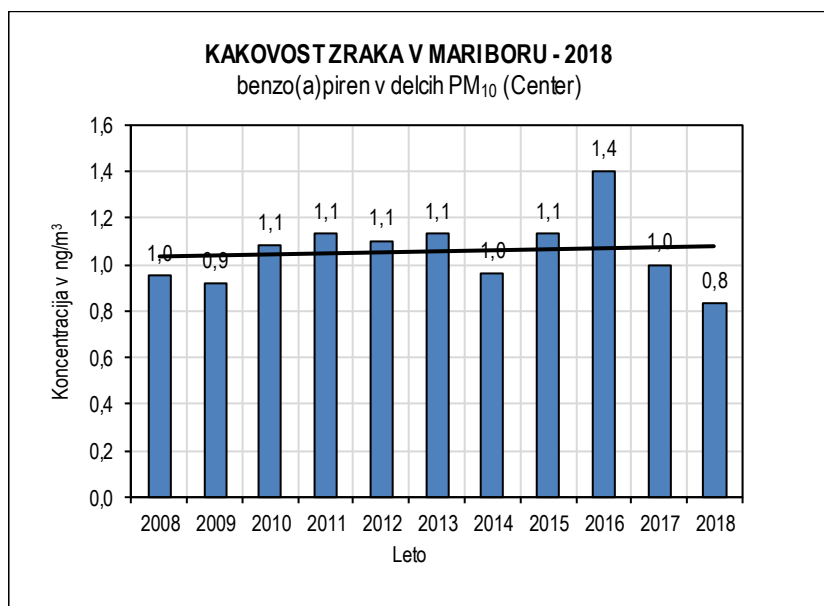
Na sliki 5.37 so srednje mesečne koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ za leto 2018 na merilnem mestu Center.



Slika 5.37: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀, merilno mesto Center

PAO nastajajo pri nepopolnem zgorevanju v kurilnih napravah in prometu, glede na bistveno višje koncentracije pozimi pa so kurilne naprave zagotovo prevladujoči vir. Merilno mesto Center je pozimi precej obremenjeno z benzo(a)pirenom v delcih PM₁₀ in praktično neobremenjeno poleti.

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 PM₁₀ 2008-2018, merilno mesto Center

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ v Centru je leta 2018 bila pod ciljno letno vrednostjo. Trend je kljub nižji koncentraciji v letu 2018 še vedno usmerjen navzgor.

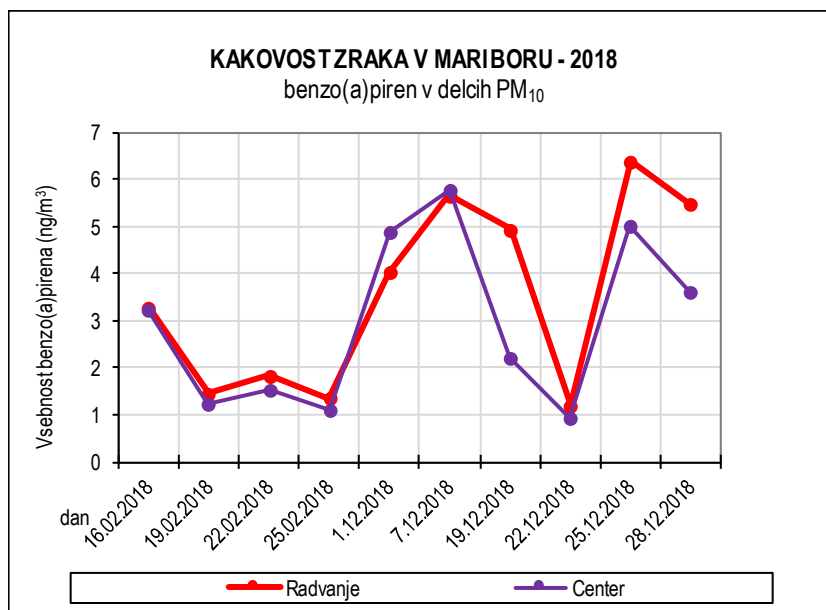
Dodatno smo izvedli tudi informativne analize na vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ na merilnih mestih Radvanje in Ruše. Rezultati kot posamezne dnevne koncentracije in srednja vrednost v času meritev so v tabelah 5.18 ter 5.19. Za primerjavo so za isto časovno obdobje dodani rezultati iz merilnega mesta Center. Rezultati so prikazani tudi na slikah 5.39 ter 5.40,

Tabela 5.18: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ – *merilno mesto Radvanje*

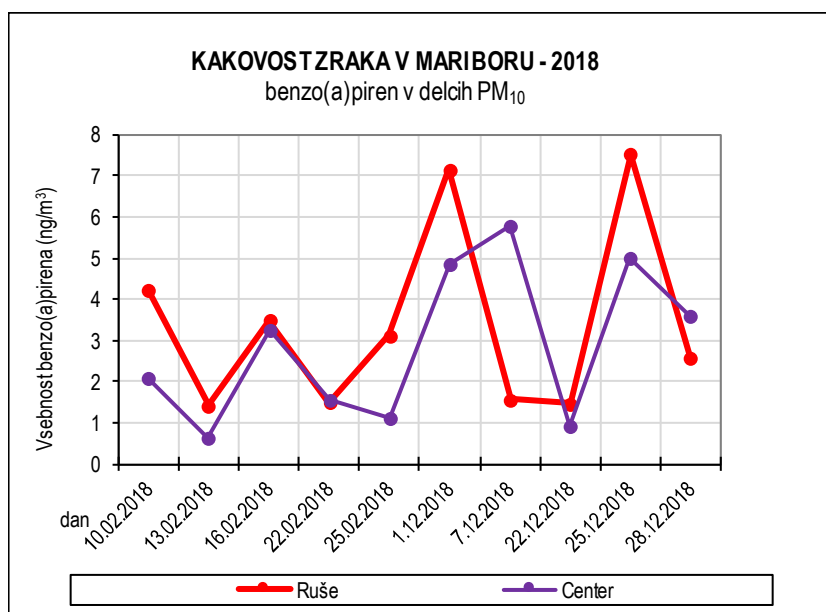
Št.	Datum vzorčenja	Radvanje (ng/m ³)	Maribor Center (ng/m ³)
1	16.02.2018	3,3	3,2
2	19.02.2018	1,5	1,2
3	22.02.2018	1,8	1,5
4	25.02.2018	1,4	1,1
5	01.12.2018	4,0	4,9
6	07.12.2018	5,7	5,8
7	19.12.2018	4,9	2,2
8	22.12.2018	1,2	0,9
9	25.12.2018	6,4	5,0
10	28.12.2018	5,5	3,6
Srednja vrednost:		3,6	3,0

Tabela 5.19: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ - *merilno mesto Ruše*

Št.	Datum vzorčenja	Ruše (ng/m ³)	Maribor Center (ng/m ³)
1	10.02.2018	4,2	2,1
2	13.02.2018	1,4	0,6
3	16.02.2018	3,5	3,2
4	22.02.2018	1,5	1,5
5	25.02.2018	3,1	1,1
6	01.12.2018	7,1	4,9
7	07.12.2018	1,6	5,8
8	22.12.2018	1,5	0,9
9	25.12.2018	7,5	5,0
10	28.12.2018	2,6	3,6
Srednja vrednost:		3,4	2,9



Slika 5.39: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀, merilni mesti Radvanje in Center



Slika 5.40: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀, merilni mesti Ruše in Center

Rezultati kažejo da so koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ za skoraj vse primerjane dneve na obeh merilnih mestih višje kot v Centru. Največja razlika je bila med merilnima mestoma Ruše in Center, saj smo v Rušah v določenih dnevih izmerili več kot dvakrat višjo koncentracijo kot v Centru. Rezultati kažejo, da je zrak v okolici mestnih središč lahko enako ali celo bolj onesnažen z benzo(a)pirenom v delcih PM₁₀, kar bi lahko bila posledica večje uporabe lesne biomase kot energenta.

5.3.4.2 Težke kovine

Meritve vsebnosti težkih kovin svinec, kadmij, arzen in nikelj v delcih PM₁₀ so v okviru državne mreže potekale na merilnem mestu Center z vzorci iz referenčnega merilnika. Rezultati meritev, prikazani kot letne povprečne vrednosti in najvišje izmerjene dnevne koncentracije, so za leto 2018 v tabeli 5.20. Skupno je bilo odvzetih po 73 vzorcev (časovna pokritost podatkov za vsako kovino 20 %).

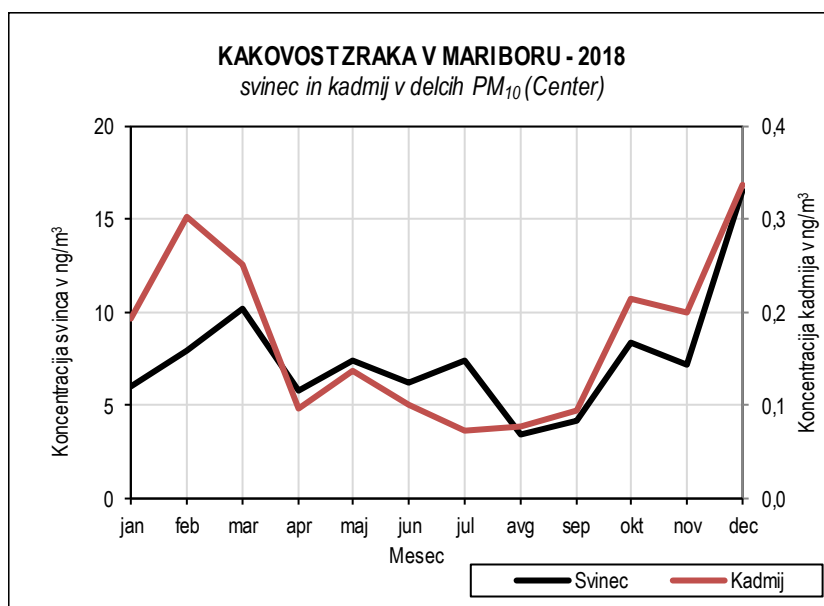
Tabela 5.20: Vsebnost težkih kovin v delcih PM₁₀ - *merilno mesto Center*

Onesnaževalo	Letno povprečje (ng/m ³)	Najvišja dnevna koncentracija (ng/m ³)	Ciljna/mejna letna vrednost (ng/m ³)
Svinec	8,4	36	500
Nikelj	1,7	6,7	20*
Kadmij	0,19	0,53	5,0*
Arzen	0,49	1,9	6,0*

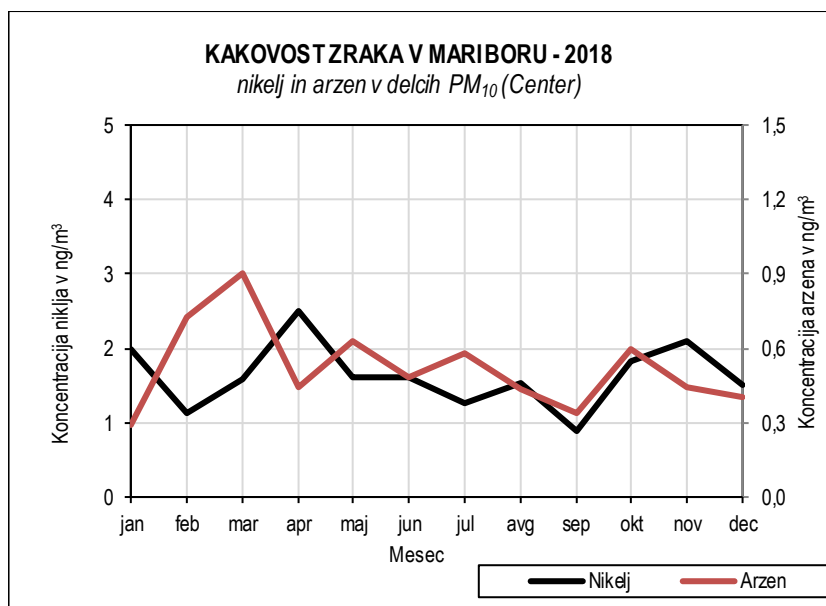
* ciljna vrednost.

Srednja letna koncentracija posamezne kovine ni presegala posamezne ciljne oziroma mejne letne vrednosti.

Srednje mesečne koncentracije težkih kovin v delcih PM₁₀ so za svinec in kadmij prikazane na sliki 5.41, za nikelj in arzen pa na sliki 5.42, vse za merilno mesto Center in leto 2018.



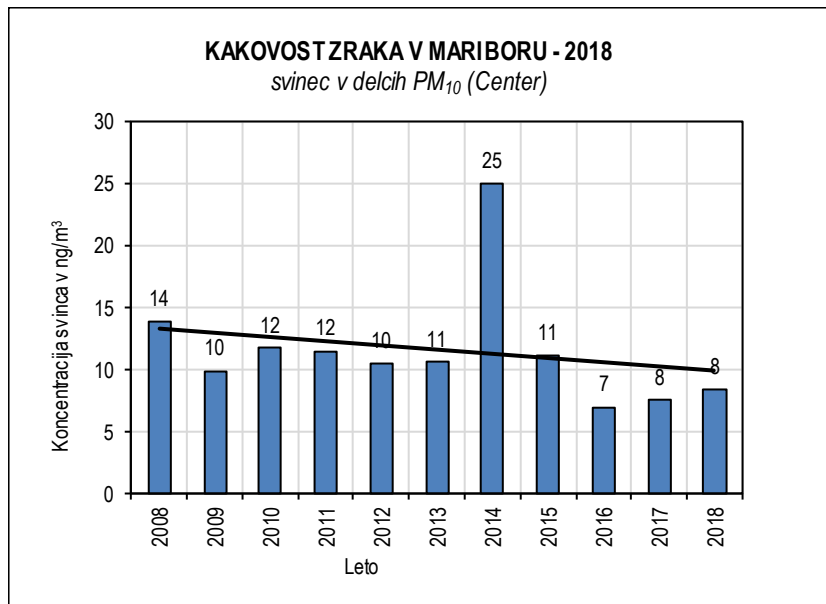
Slika 5.41: Mesečne koncentracije svineca in kadmija v delcih PM₁₀, *merilno mesto Center*



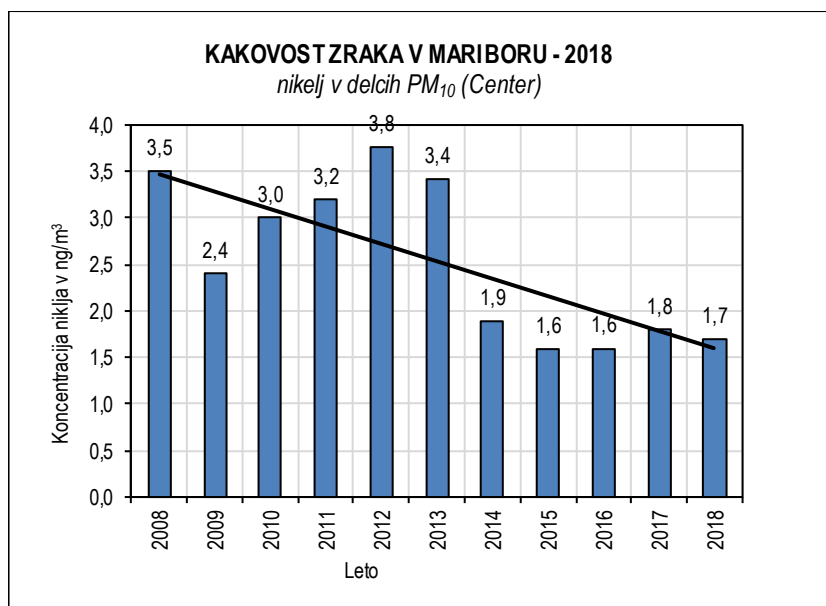
Slika 5.42: Mesečne koncentracije niklja in arzena v delcih PM₁₀, merilno mesto Center

Koncentracije predstavljenih kovin v delcih PM₁₀ v Centru so praviloma višje pozimi kot poleti.

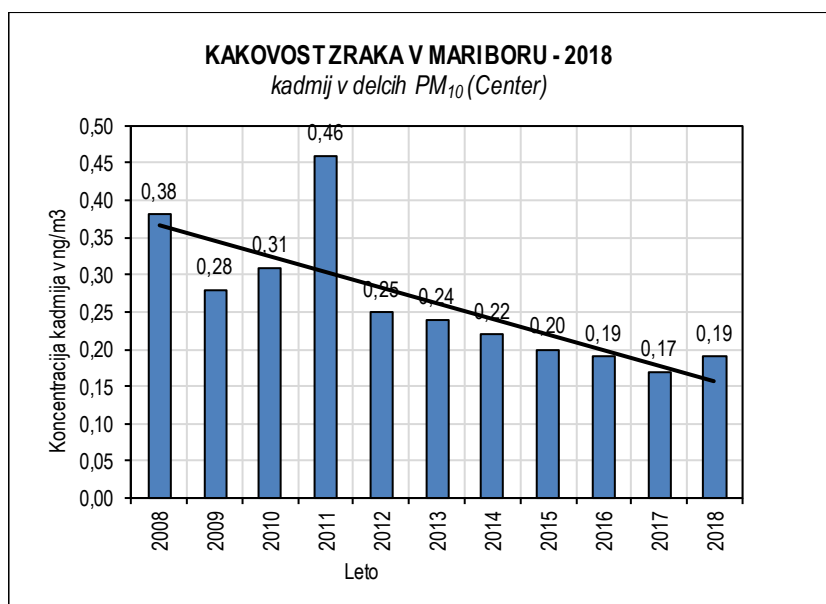
Srednje letne koncentracije v Centru v letih 2008-2018 so za svinec na sliki 5.43, nikelj 5.44, kadmij 5.45 in arzen na sliki 5.46.



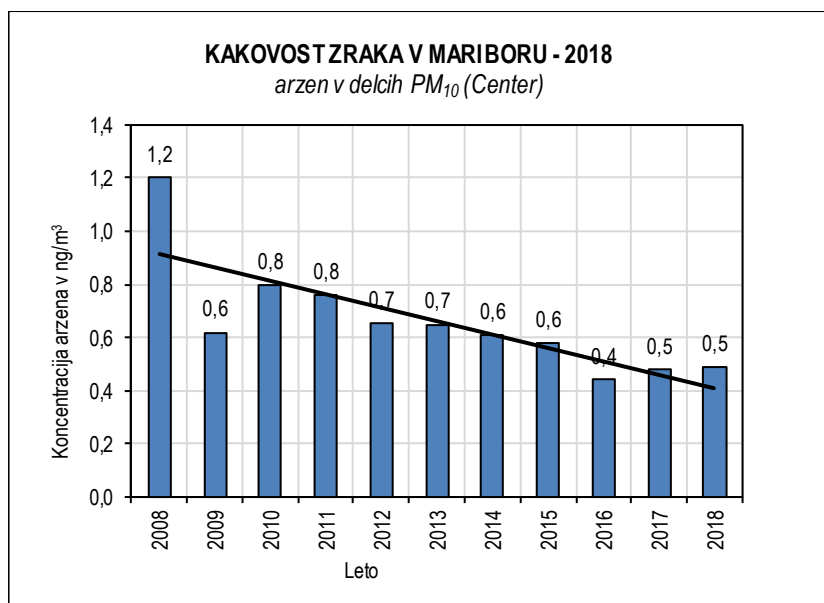
Slika 5.43: Svinec v delcih PM₁₀ 2008-2018, merilno mesto Center



Slika 5.44: Nikelj v delcih PM₁₀ 2008-2018, *merilno mesto Center*



Slika 5.45: Kadmij v delcih PM₁₀ 2008-2018, *merilno mesto Center*



Slika 5.46: Arzen v delcih PM₁₀ 2008-2018, merilno mesto Center

Že precej časa so koncentracije vseh merjenih kovin v delcih PM₁₀ pod ciljnimi (arzen, kadmij, nikelj) oziroma mejnimi (svinec) letnimi vrednostmi. Pri vseh kovinah so trendi usmerjeni navzdol, tudi pri svincu kljub visoki srednji letni koncentraciji svinca v letu 2014.

Kot vire težkih kovin lahko navedemo emisije izpušnih plinov in obrabo zavor v cestnem prometu, industrijo ter kurjenje premoga in kurilnega olja.

5.4 OGLJIKOV MONOKSID

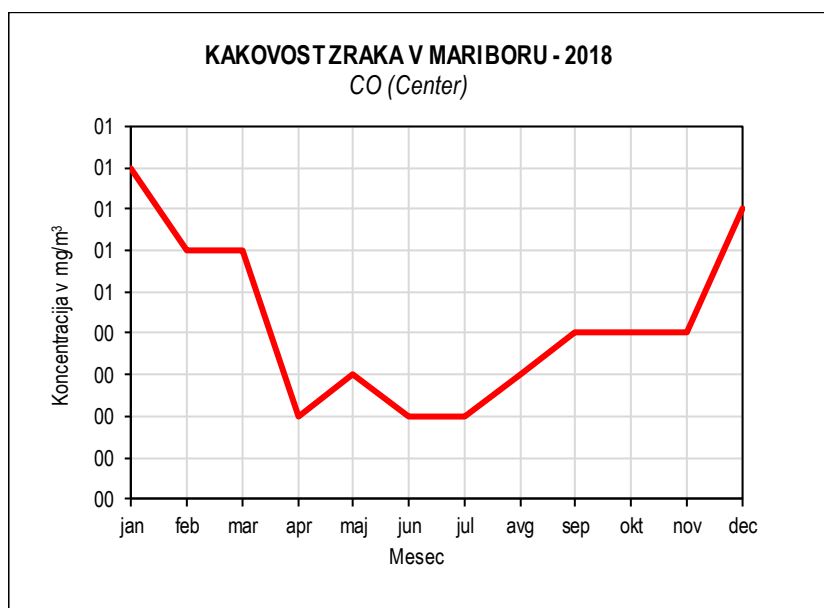
Meritve vsebnosti ogljikovega monoksida v zraku so že potekale med leti 1992 in 1997, ponovno pa so bile vzpostavljene leta 2003, vse v okviru državne merilne mreže v Centru. Rezultati za leto 2018 so v tabeli 5.21.

Tabela 5.21: Kakovost zraka s CO - merilno mesto Center

Količina	Izmerjena koncentracija (mg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov	95 %	
Letna srednja vrednost	0,4	
Zima	0,6	
Poletje	0,3	
C ₈ max	1,6	10
Število preseganj C ₈ mejne	0	

Nobena izmerjena osemurna koncentracija v celotnem koledarskem letu ni presegala mejne osemurne vrednosti.

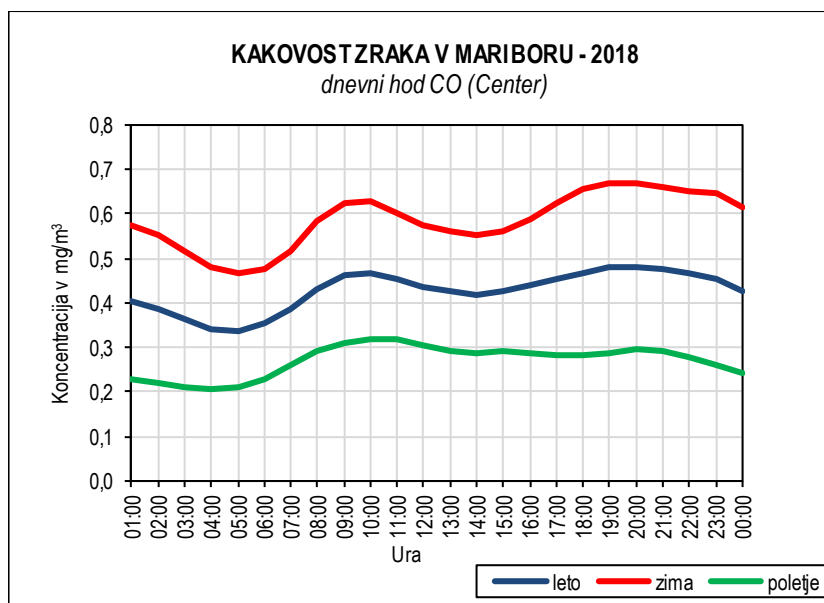
Na sliki 5.47 so srednje mesečne koncentracije CO za merilno mesto Center za leto 2018.



Slika 5.47: Mesečne koncentracije CO, merilno mesto Center

Ogljikovega monoksida je v povprečju dva do tri krat več pozimi kot poleti, kar kaže na prevladujoč vpliv kurilnih naprav in drugačnih zgovalnih razmer v vozilih.

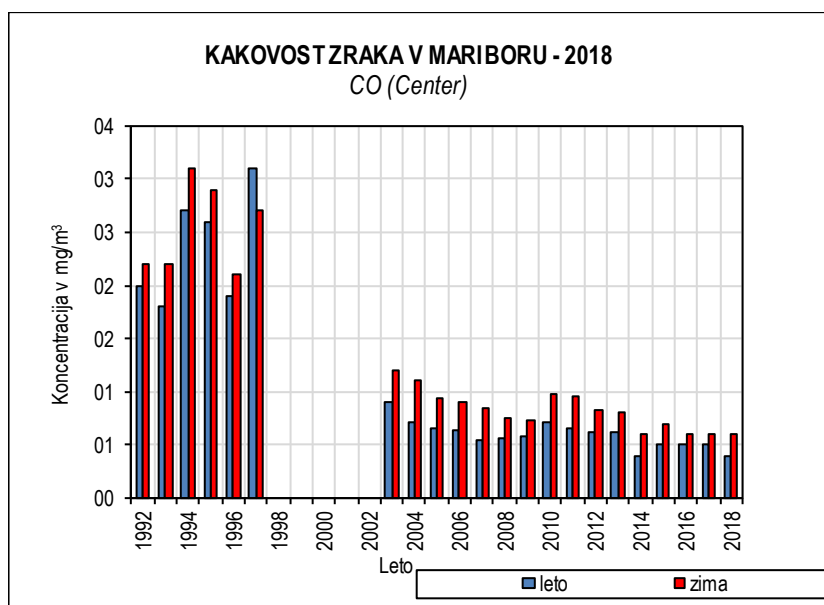
Dnevni hodi koncentracij CO v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2018 so na sliki 5.48.



Slika 5.48: Dnevni hodi koncentracij ogljikovega monoksida, *merilno mesto Center*

Dnevni hodi CO kažejo dva podobna vrhova kot ostala onesnaževala. V zimskem času sta oba vrhova zelo vidna (večerni višji kot jutranji), v poletnem času pa je večerni nižji in še komaj opazen. Verjetno so dnevni hodi tega onesnaževala najbolj povezani z gostoto prometa mimo merilnega mesta, sezonska razlika hodov pa z (ne)obratovanjem kurilnih naprav.

Srednje letne in zimske koncentracije so za ogljikov monoksid in merilno mesto Center v letih 1992-2018 prikazane na sliki 5.49.



Slika 5.49: Ogljikov monoksid 1992-2018, *merilno mesto Center*

Kakovost zraka z ogljikovim monoksidom je bila leta 2018 med najnižje doslej izmerjenimi in CO že daljše obdobje več ne predstavlja pomembnega onesnaževala.

5.5 BENZEN

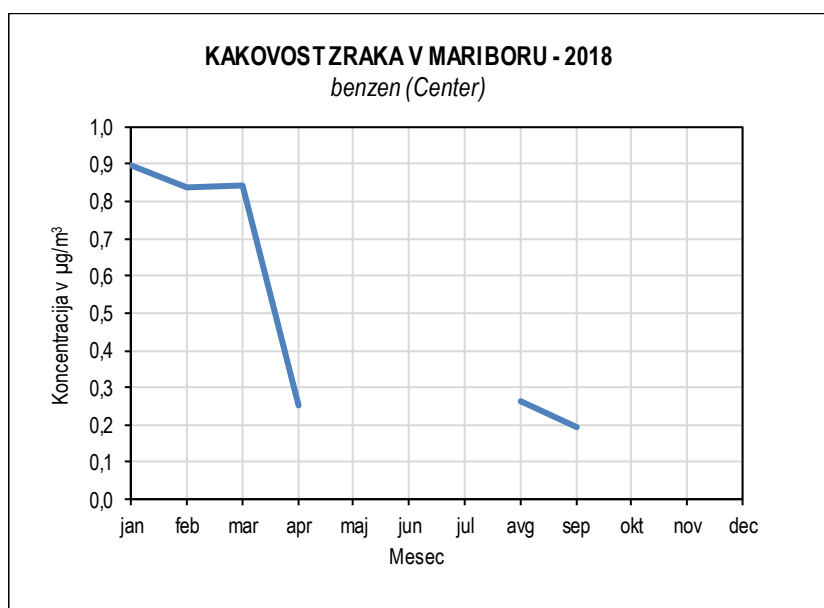
Meritve benzena so vključene v državno mrežo na merilnem mestu Center že od leta 2005. Rezultati za leto 2018 so v tabeli 5.22.

Tabela 5.22: Vsebnost benzena v zraku - *merilno mesto Center*

Količina	Center ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mejna vrednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Razpoložljivost urnih podatkov	29 %	
Letna srednja vrednost	0,67	5
Zima		
Poletje		

Srednja letna vrednost ni presegala mejne letne vrednosti. Manjša razpoložljivost urnih podatkov je posledica težav z merilnikom.

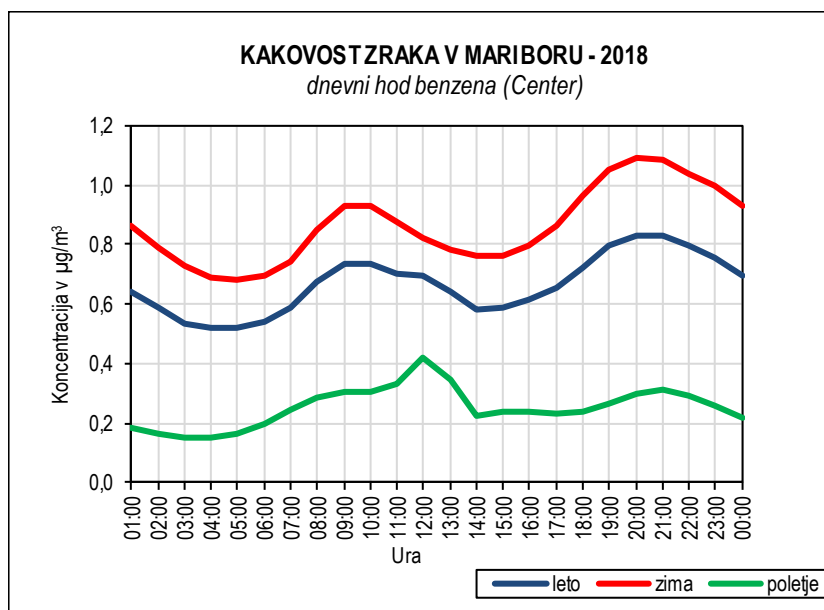
Na sliki 5.50 so srednje mesečne koncentracije benzena za merilno mesto Center za leto 2018.



Slika 5.50: Mesečne koncentracije benzena, *merilno mesto Center*

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

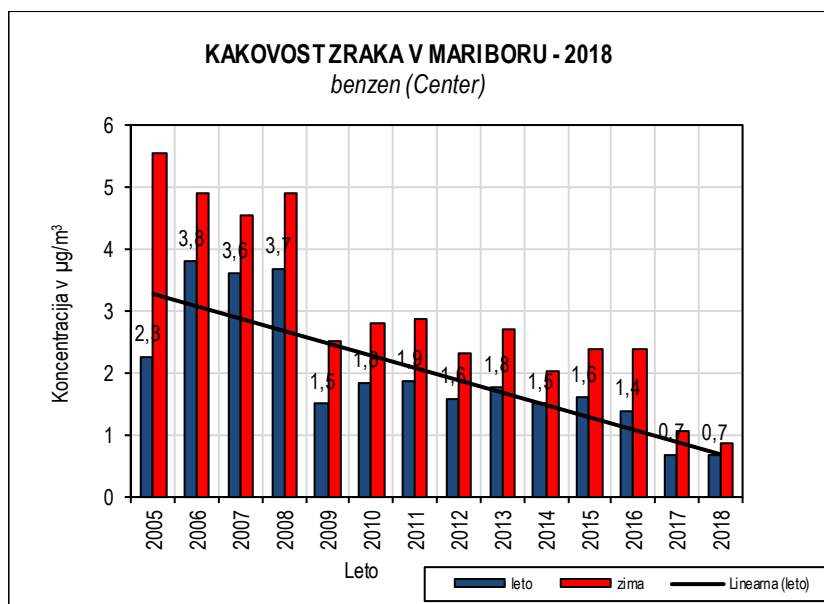
Dnevni hodi koncentracij benzena v Centru so poleti, pozimi in skozi celotno leto 2018 na sliki 5.51.



Slika 5.51: Dnevni hodi koncentracij benzena, merilno mesto Center

Dnevni hod benzena je zelo podoben hodu ogljikovega monoksida.

Uradni, vendar nepopolni rezultati meritev benzena kot srednje letne in zimske koncentracije v zunanjem zraku iz merilnega mesta Center so bili prvič na voljo v letu 2005 in so skupaj z rezultati meritev v letih 2006 do 2018 prikazani na sliki 5.52.



Slika 5.52: Benzen 2005-2018, merilno mesto Center

Rezultati kažejo, da je bila koncentracija benzena leta 2018 med najnižje doslej izmerjenimi. Trend je še vedno usmerjen navzdol. Slika je zgolj informativna zaradi (pre)majhnega deleža podatkov v letih 2016 (81 %) ter 2018 (29 %).

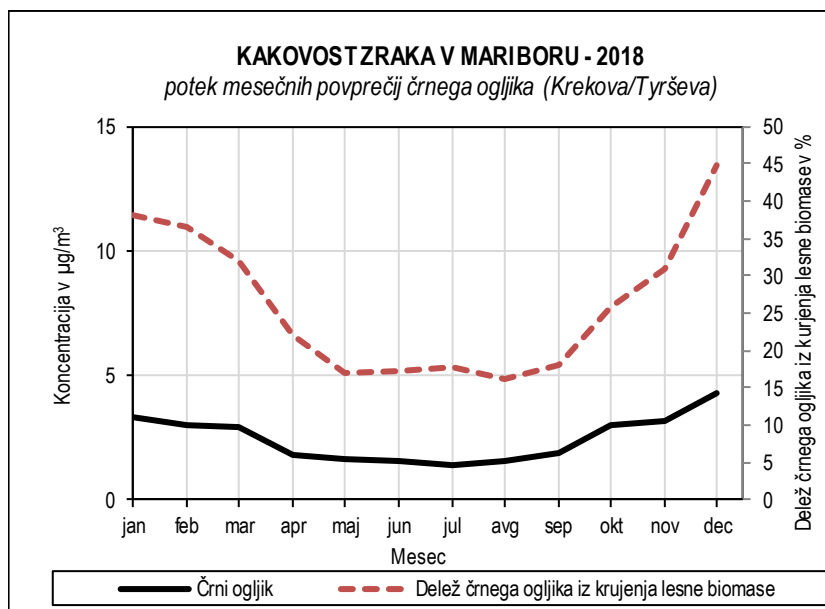
5.6 ČRNI OGLJIK

Meritve črnega ogljika se na merilnem mestu Krekova/Tyrševa izvajajo od decembra 2013. Rezultati za leto 2018 so v tabeli 5.23.

Tabela 5.23: Vsebnost črnega ogljika v zraku - *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Količina	Krekova/Tyrševa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Razpoložljivost urnih podatkov	99 %
Letna srednja vrednost	2,4
Zima	3,3
Poletje	1,6

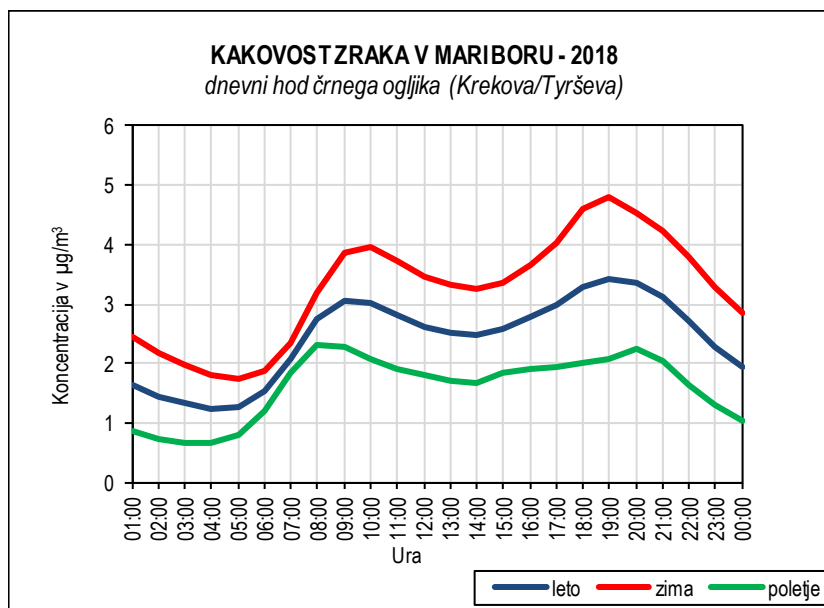
Na sliki 5.53 so srednje mesečne koncentracije črnega ogljika in delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase za merilno mesto Krekova/Tyrševa za leto 2018.



Slika 5.53: Mesečne koncentracije črnega ogljika in njegov delež iz kurjenja lesne biomase, *merilno mesto Center*

Koncentracije črnega ogljika so višje pozimi kot poleti. Delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase pozimi dosega 40 %, poleti pa pade na do 15 %.

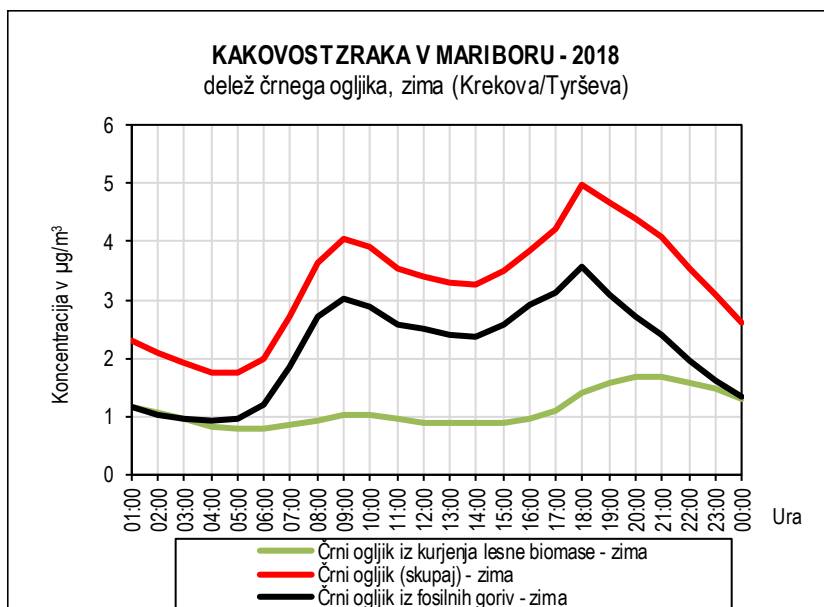
Dnevni hodi koncentracij črnega ogljika poleti, pozimi in skozi celotno leto 2018 so na sliki 5.54.



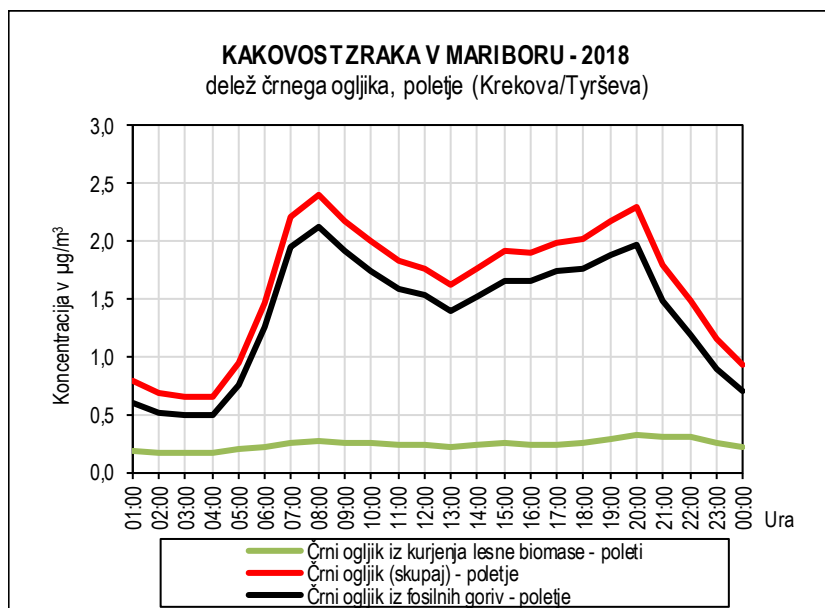
Slika 5.54: Dnevni hodi koncentracij črnega ogljika, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Dnevni hodi urnih koncentracij črnega ogljika so zelo podobni ostalim onesnaževalom: pozimi in poleti se pojavita dnevno dva vrha, eden zjutraj okrog 9:00 ure, večerni pa okrog 19:00 ure. Pozimi je večerni vrh višji od jutranjega, poleti pa je večerni malenkost nižji kot jutranji.

Na sliki 5.55 so prikazani dnevni hodi skupne količine črnega ogljika, črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv in črnega ogljika iz kurjenje lesne biomase pozimi, merilno mesto Krekova/Tyrševa.



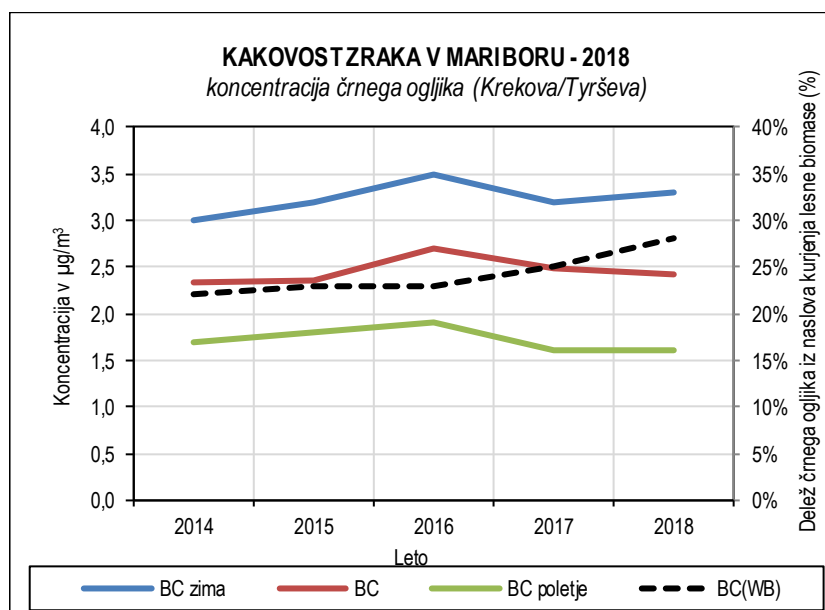
Slika 5.55: Dnevni hodi koncentracij črnega ogljika iz fosilnih goriv in lesne biomase, pozimi, merilno mesto Krekova/Tyrševa



Slika 5.56: Dnevni hod koncentracij črnega ogljika iz fosilnih goriv in lesne biomase, poleti, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Iz slik 5.55 in 5.56 se vidi, da je pozimi in poleti na merilnem mestu Krekova/Tyrševa prevladujoč vir črnega ogljika kurjenje fosilnih goriv, pozimi delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase v nočnem času doseže delež iz naslova kurjenja fosilnih goriv. Pozimi v večernih urah je črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase do 6 krat več kot poleti.

Na sliki 5.57 so prikazane letne, zimske in poletne koncentracije črnega ogljika ter delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase za obdobje 2014-2018.



Slika 5.57: Skupni črni ogljik, črni ogljik iz naslova fosilnih goriv in lesne biomase ter delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase (BC (WB)), *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Koncentracija črnega ogljika je bila v letu 2018 glede na 2017 podobna, manj smo ga izmerili pozimi kakor tudi poleti. Kljub temu je dolgoletni trend še vedno usmerjen navzgor, v zimskem času je ta trend bolj strm kot v poletnem. Razmerje deleža črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase (28 %) in delež črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv (72%) sta se v letu 2018 spremenila in sicer zopet v prid črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase – delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase se povišuje iz leta v leto.

5.7 METEOROLOŠKI PARAMETRI

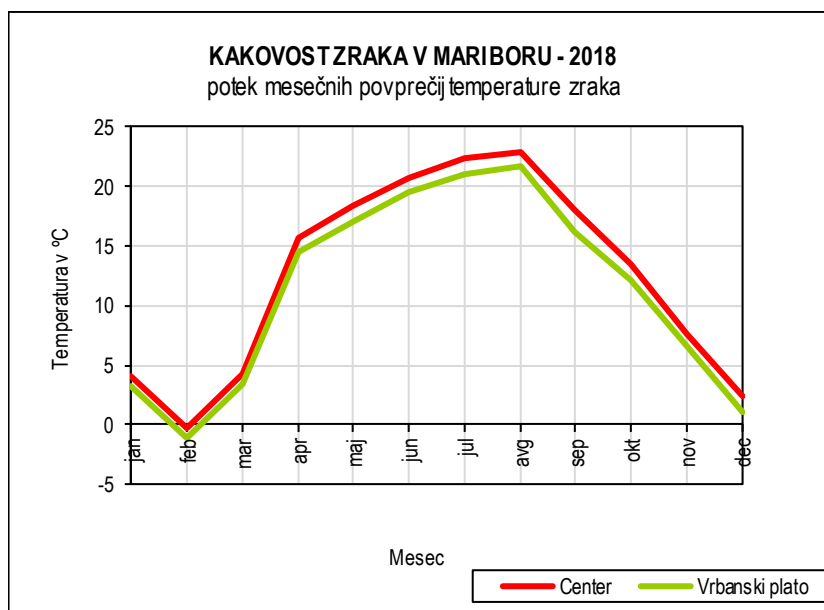
5.7.1 Temperatura zraka

Za pravilno razumevanje kakovosti zunanjega zraka je pomembno poznavanje njegove temperature v obravnavanem obdobju, saj temperatura v povezavi z drugimi meteorološkimi pogoji 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 2018 na merilnih mestih Center in Vrbanski plato so v tabeli 5.24 in na sliki 5.58. Na obeh merilnih mestih je bilo razpoložljivih 100 % urnih podatkov.

Tabela 5.24: Srednje mesečne temperature zraka - *merilni mesti Center in Vrbanski plato*

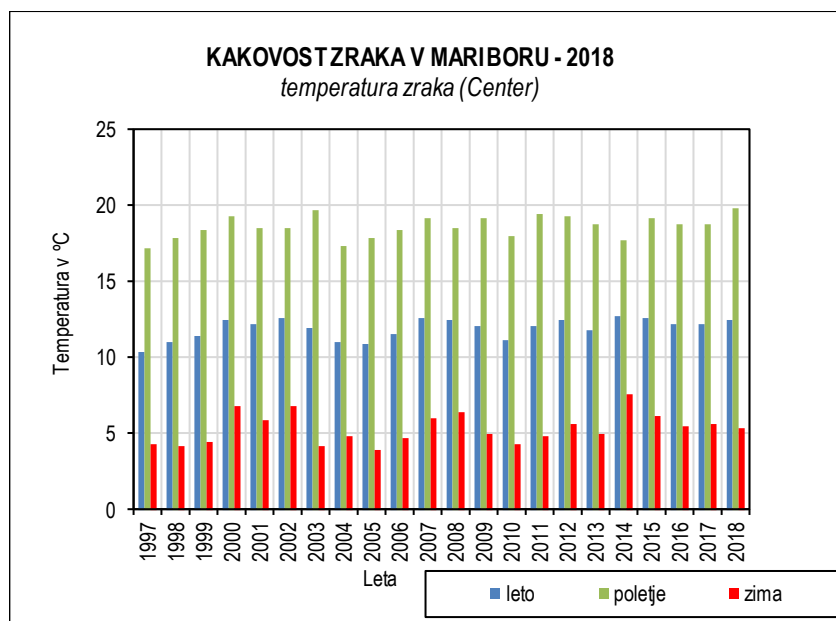
Mesec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	Srednja letna
Center	4,1	-0,4	4,2	15,7	18,4	20,6	22,3	22,8	18,0	13,5	7,6	2,4	12,4
Vrbanski plato	3,2	-1,1	3,4	14,6	17,1	19,4	21,1	21,7	16,2	12,2	6,7	1,1	11,3



Slika 5.58: 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 1,1 °C.

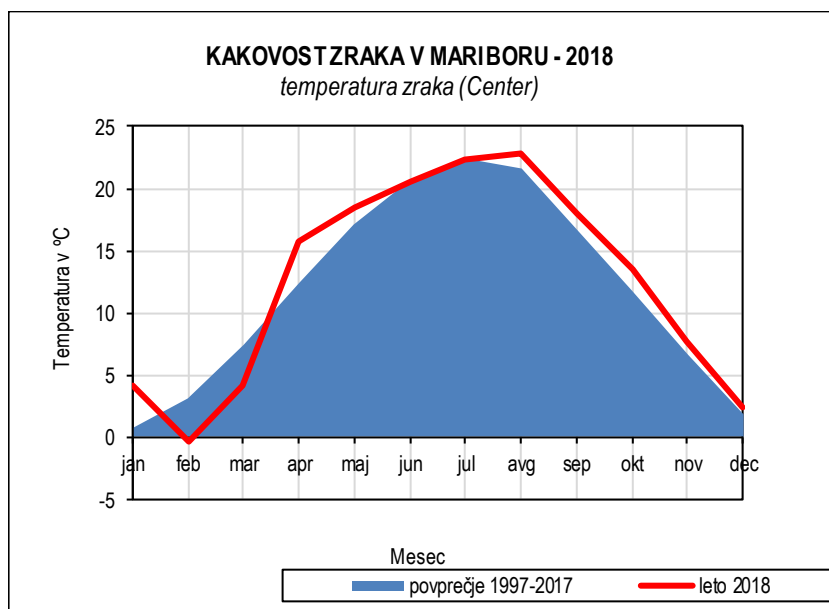
Tudi meritve temperature zraka potekajo že precej dolgo, tako da lahko opazujemo letne trende. Na sliki 5.59 prikazujemo srednjo letno temperaturo zraka ter temperaturo pozimi in poleti v letih 1997 do 2018 v Centru.



Slika 5.59: Temperatura zraka 1997-2018, merilno mesto Center

Srednja letna temperatura zraka je bila v letu 2018 nadpovprečna in za 0,5 °C višja od povprečja let 1997-2017.

Odstopanje srednjih mesečnih temperatur za leto 2018 od dolgoletnega povprečja v obdobju 1997–2017 je prikazano na sliki 5.60.



Slika 5.60: Odstopanje mesečne temperature zraka v letu 2018 od povprečja 1997-2017, merilno mesto Center

Srednja mesečna temperatura v letu 2018 je bila višja od povprečja 1997-2017 v mesecih januar, april, maj, avgust, september, oktober, november in december.

5.7.2 Smer in hitrost vetra

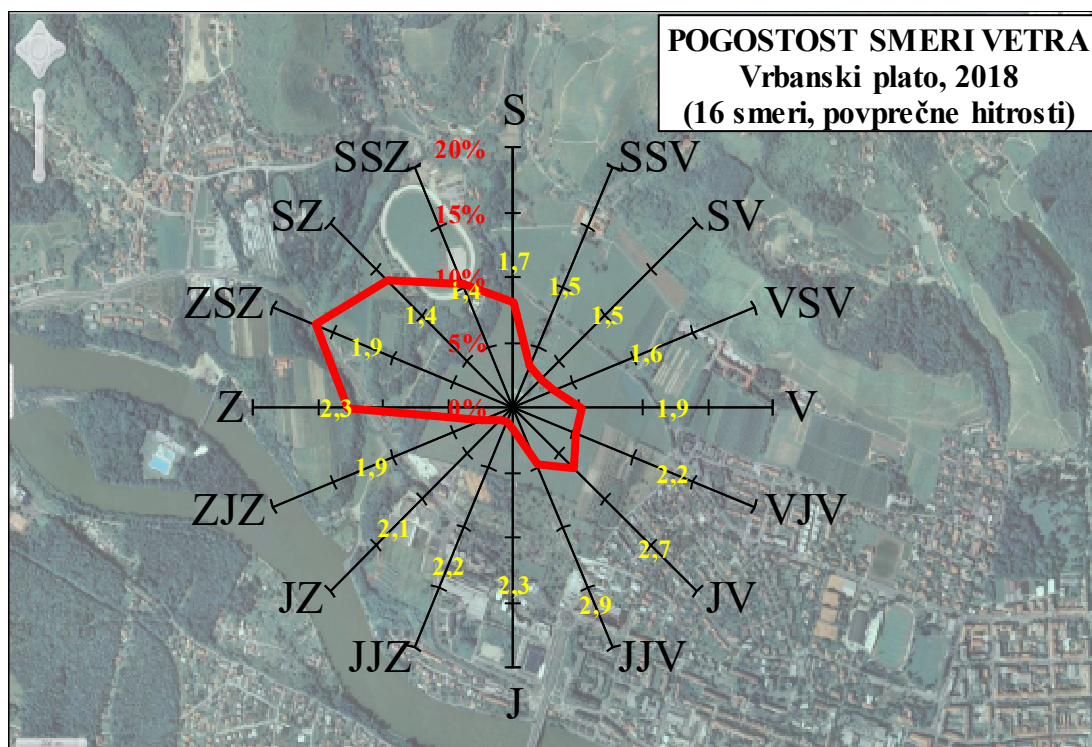
Na merilnem mestu Vrbanski plato so se na avtomatski meteorološki postaji med ostalimi parametri izvajale tudi meritve smeri in hitrost vetra (Vir: ARSO). V tabeli 5.25 so prikazani razpoložljivost deset minutnih podatkov ter povprečna in najvišja hitrost vetra za posamezne mesece in za celotno koledarsko leto. V tabeli 5.26 pa sta pogostost pojavljanja določene smeri vetra v koledarskem letu in povprečna hitrost vetra pri tej smeri. Na sliki 5.61 je roža vetrov za leto 2018 za merilno mesto Vrbanski plato skupaj s povprečnimi hitrostmi vetra iz posamezne smeri.

Tabela 5.25: Razpoložljivost polurnih podatkov, povprečna in najvišja polurna hitrost vetra

Mesec	Razpoložljivost polurnih podatkov (%)	Povprečna hitrost vetra (m/s)	Najvišja hitrost vetra (m/s)
januar	100	1,6	7,9
februar	100	1,8	6,4
marec	100	1,9	7,6
april	100	2,4	7,7
maj	100	2,0	7,6
junij	100	2,2	7,8
julij	100	2,3	6,8
avgust	100	2,1	6,9
september	100	1,9	7,1
oktober	100	1,9	8,7
november	100	1,4	5,7
december	100	1,4	5,6
skupaj	100	1,9	8,7

Tabela 5.26: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečna hitrost po smereh

Smer	Pogostost pojavljanja smeri vetra (%)	Povprečna hitrost vetra (m/s)
S	8	1,7
SSV	3	1,5
SV	3	1,5
VSV	3	1,6
V	5	1,9
VJV	5	2,2
JV	7	2,7
JJV	5	2,9
J	2	2,3
JJZ	1	2,2
JZ	1	2,1
ZJZ	3	1,9
Z	13	2,3
ZSZ	17	1,9
SZ	14	1,4
SSZ	10	1,4



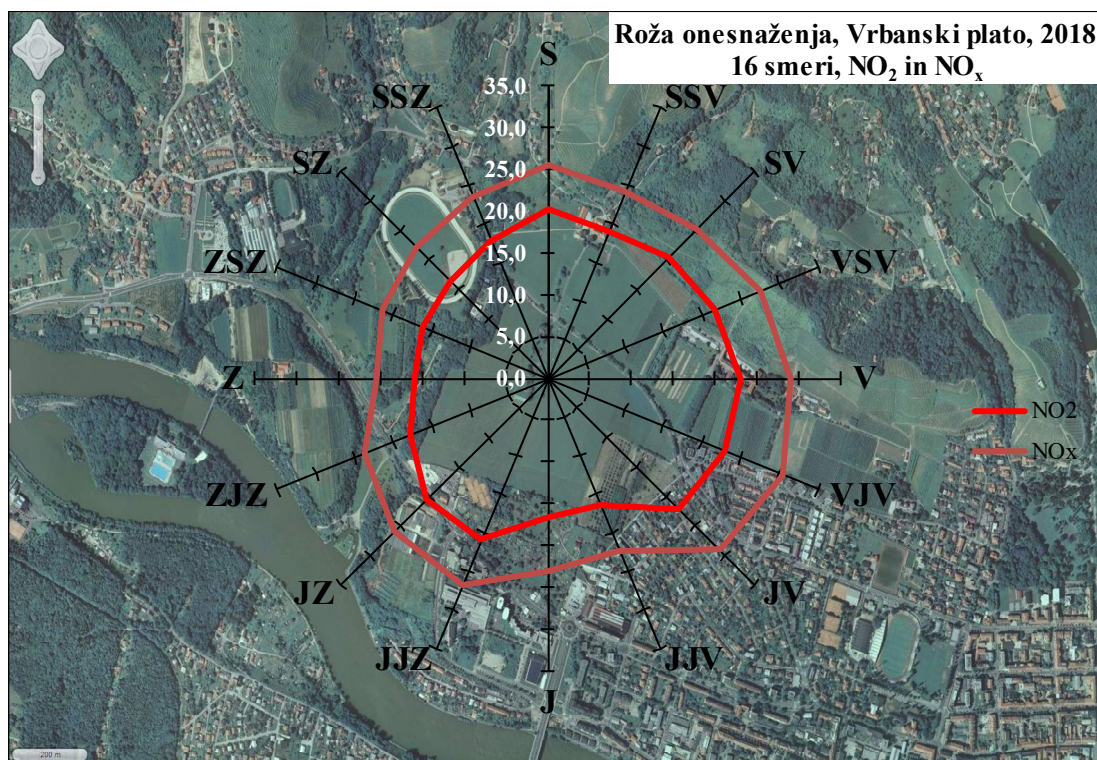
Slika 5.61: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečne hitrosti po smereh, leto 2018, *merilno mesto Vrbanski plato*

Najpogostejša smer vetra je ZSZ, ki se pojavlja okrog 17 % časa v letu. Skupno je veter iz IV. kvadranta (Z – SSZ) pihal 53 % časa, sledi II. kvadrant (V – JJV) z 22 %, veter iz ostalih dveh kvadrantov pa je skupno pihal eno četrtno leta.

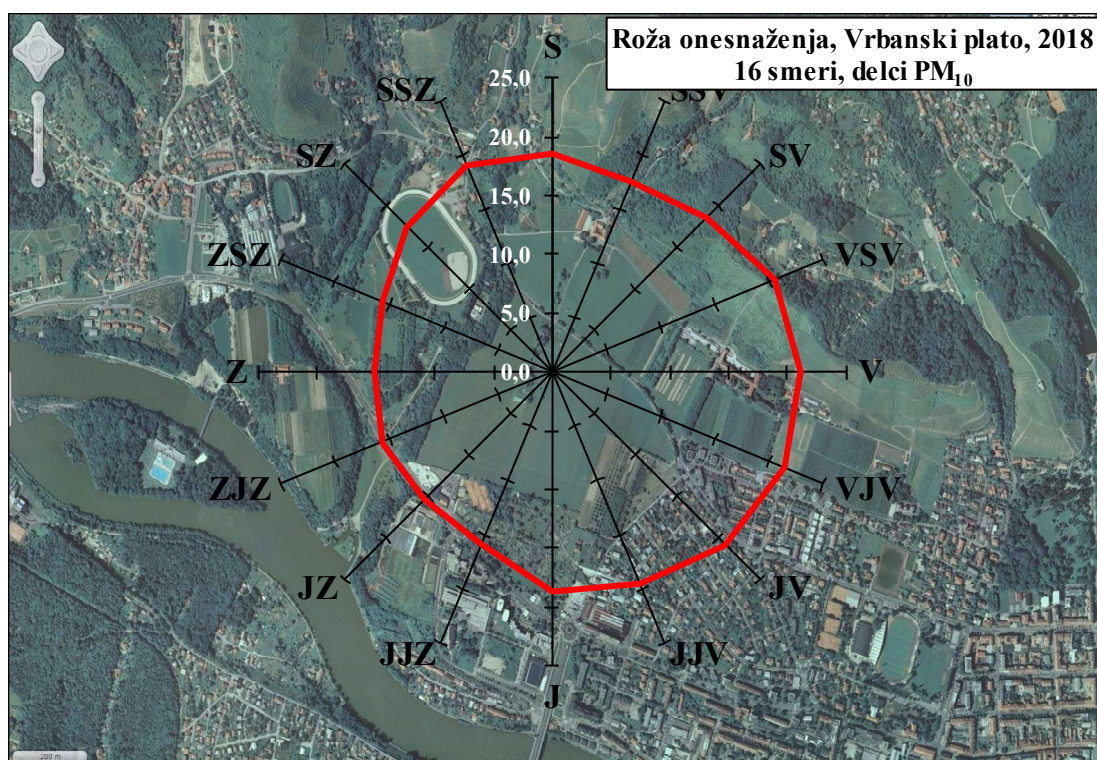
5.7.3 Rože kakovosti zunanjega zraka

Na podlagi meritev smeri vetra lahko ugotovljamo, od kod najbolj pogosto prihaja z onesnaževali obremenjen zunanji zrak. Rože kakovosti zunanjega zraka, ki prikazujejo povprečne koncentracije posameznega onesnaževala pri določeni smeri vetra, so za leto 2018 predstavljene samo za neprekinjene meritve na merilnem mestu Vrbanski plato: slika 5.62 za dušikove okside in dušikov dioksid ter slika 5.63 za delce PM₁₀.

Kot je razvidno iz spodnjih slik, v neposredni okolici merilnega mesta ni nobenega vplivnega vira, ki bi lokalno poviševal koncentracije merjenih onesnaževal. Najvišje koncentracije dušikovih oksidov prihajajo iz smeri mesta (V, VJV, JV), kar velja tudi za delce (VSV, V, VJV, JV) – oboje sovпада s smerjo večje gostote poselitve (središče mesta).



Slika 5.62: Roža kakovosti zraka za NO_x in NO₂ v letu 2018, merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.63: Roža kakovosti zraka za delce PM₁₀ v letu 2018, merilno mesto Vrbanski plato

6 ZNAČILNOSTI

6.1 MOŽNI VPLIVI KAKOVOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI

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

Slabša kakovost zunanjega 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 onesnaževal na zdravje ljudi, že leta 1987. Priporočila so bila kasneje večkrat dopolnjena v skladu z novimi znanstvenimi spoznanji. Glede na to, da študije niso uspeli opredeliti varne meje kakovosti zunanjega zraka, ki ne bi povzročala škodljivih učinkov na zdravje ljudi, mejne in ciljne vrednosti ne zagotavljajo popolne zaščite zdravja ljudi. Zadnje splošne smernice so iz leta 2000 /19/, ki so jih leta 2005 /10/ obnovili za najpomembnejša onesnaževala (delci, ozon, dušikov dioksid in žveplov dioksid). Od izdaje smernic so prišli do precej novih znanstvenih spoznanj glede vplivov kakovosti zraka na zdravje ljudi, kar so povzeli v študiji /17/. Smernice kakovosti zunanjega zraka SZO so prikazane v naslednji tabeli.

Tabela 6.1: Smernice kakovosti zraka SZO /10/ in /19/

Onesnaževalo	Enota	Kratkotrajna vrednost	Dnevna vrednost	Letna vrednost
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

*** osemurna 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}, žveplovem dioksidu ter ozonu pa SZO predlaga strožje vrednosti.

Za benzen, benzo(a)piren oziroma policiklične aromatske ogljikovodike, arzen, nikelj in kadmij ciljna vrednost temelji na njihovem rakotvornem tveganju, saj jih Mednarodna organizacija za raziskave raka (IARC), ki deluje v sklopu Svetovne zdravstvene organizacije, razvršča med snovi, ki dokazano povzročajo raka pri ljudeh (skupina 1) /27/.

Koncentracije **delcev PM₁₀** so bile nad priporočeno letno vrednostjo po smernicah SZO 20 µg/m³ na merilnih mestih Center, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Vrbanski plato, Radvanje, Ruše in Hoče.

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

Škodljivi učinki na zdravje ljudi zaradi visokih koncentracij delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, ki so še bolj škodljivi kot delci PM₁₀, saj prodrejo globlje v respiratorni sistem, se pojavljajo že pri koncentracijah, ki jim je izpostavljeno prebivalstvo v mestih, tako v razvitih kakor tudi v nerazvitih državah. Spekter njihovih škodljivih učinkov 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 ljudi 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 delce PM_{2,5}, zaradi česar se 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 koncentracije 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 /18/. 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 osemurna koncentracija je bila na Pohorju 142 µg/m³ in Vrbanskem platoju 151 µg/m³, kar kaže na prekoračitve vrednosti iz smernic SZO, ki je 100 µg/m³. Ta vrednost je bila presežena na Pohorju v 129 dneh in na Vrbanskem platoju v 115 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 osemurnih koncentracijah je verjetnost pojava škodljivih učinkov ozona na zdravje ljudi 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 122 µg/m³, kar pomeni, da vrednost iz smernice SZO ni bila presežena, povprečna letna koncentracija je bila 22 µg/m³, 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 koncentracije dušikovega dioksida v zraku so posebej občutljivi astmatiki. V Mariboru je škodljiv vpliv na zdravje ljudi glede na izmerjene koncentracije manj verjeten, lahko je prisoten 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 ne pojavljajo.

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

Izmerjene koncentracije **ogljikovega monoksida** na merilnem mestu Center so bile nizke, tako da ne pričakujemo škodljivih učinkov tega onesnaževala na zdravje ljudi.

Najbolj značilni škodljivi učinki dolgotrajne izpostavljenosti povišanim koncentracijam **benzena** v zraku so hematotoksičnost, genotoksičnost in rakotvornost. 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 ljudeh in sicer so se pojavljale kromosomske aberacije pri delavcih izpostavljenih povprečnim koncentracijam 4 – 7 mg/m³. Rakotvornost benzena je bila dokazana pri ljudeh in živalih. Ker je benzen uvrščen v skupino 1 kancerogenih snovi, kot rakotvoren za ljudi, ne moremo postaviti povsem varne mejne vrednosti, pri kateri ni pričakovati škodljivih učinkov za zdravje ljudi. Glede na izmerjene povprečne koncentracije benzena hematotoksični, genotoksični in mutageni učinki benzena pri ljudeh niso verjetni, ne moremo pa izključiti rakotvornih 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 trenutno veljavne ciljne vrednosti. Četudi ciljna vrednost za **kadmij** ni presežena, 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 ciljne vrednosti, kar pa ne bi imelo posebnega vpliva na zdravje ljudi v Mariboru, saj so izmerjene koncentracije daleč pod ciljno vrednostjo.

Nekateri **policiklični aromatski ogljikovodiki**, ki so pogosto vezani na delce v zraku, so 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 v zunanjem zraku v Mariboru bi bilo potrebno zniževati koncentracije tega onesnaževala.

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

Konec leta 2013 je mednarodna agencija za raziskave raka (International Agency for Research on Cancer - IARC) prvič uvrstila onesnaženje zunanjega zraka oziroma delce v onesnaženem zunanjem zraku v skupino 1, v skupino rakotvorno za ljudi. Kot glavne povzročitelje so navedli emisije iz prometa, stacionarne proizvodnje energije, industrije in kmetijstva ter zaradi ogrevanja in kuhanja v individualnih stanovanjskih stavbah /27/.

Za leto 2015 je v poročilu Evropske agencije za okolje /15/ za Slovenijo pripisanih 1800 predčasni smrti delcem PM_{2,5}, 160 dušikovemu dioksidu ter 100 ozonu. Kot predčasna smrt je definirana smrt pred doseženo pričakovano življenjsko dobo, za katero se šteje da bi jo lahko preprečili če bi odpravili pripisani vzrok.

Pri vplivu onesnaževal na zdravje ljudi pa ne smemo pozabiti vplivov 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 in občine Miklavž aglomeracija z oznako SIM. Okoliške občine, med katerimi sta tudi Hoče – Slivnica ter Ruše, so v celinskem območju z oznako SIC (glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid, benzo(a)piren) oziroma v območju težkih kovin SITK (glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj). Stopnje onesnaženosti zraka in ravni onesnaževal v zunanjem zraku določa Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka. Ravni onesnaževal v zraku glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag po Odredbi so v tabeli 7.1.

Tabela 7.1: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku po Odredbi glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag

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

Legenda:

- 1 pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- 2 med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom
- 3 nad zgornjim ocenjevalnim pragom

Glede na v tem poročilu predstavljeno kakovost zraka v letu 2018 in preteklih letih so ravni onesnaževal glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag na območju SIC (merilna mesta Pohorje, Ruše in Hoče-Slivnica) in aglomeraciji SIM (merilna mesta Center, Vrbanski plato, Radvanje, Krekova/Tyrševa in Miklavž) predstavljene v tabeli 7.2. Preseganje zgornjega in spodnjega ocenjevalnega praga je določeno na podlagi koncentracij v preteklih petih letih - kjer pa ni bilo dovolj podatkov, smo uporabili krajša obdobja. Z rdeč

Tabela 7.2: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag na podlagi meritev v preteklih 5 letih (2014-2018)

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃	arzen	kadmij	nikelj	b(a)p
Center	/	2	*	3	/	1	1	1		1	1	1	3
Krekova/Tyrševa	/	/	/	3	3	/	/	/		/	/	/	/
Vrbanski plato	/	1	1	3	3	/	/	/		/	/	/	/
Radvanje ^(2017, 2018)	/	/	/	3	/	/	/	/		/	/	/	/
Miklavž	/	/	/	3	/	/	/	/		/	/	/	/
SIM	/	2	1	3	3	1	1	1		1	1	1	3
Hoče-Slivnica ⁽²⁰¹⁸⁾	/	/	/	3	/	/	/	/		/	/	/	/
Ruše ^(2017, 2018)	/	/	/	3	/	/	/	/		/	/	/	/
Pohorje	/	/	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/
SIC	/	/	/	3	/	/	/	/		/	/	/	/

Legenda:

- 1 pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- 2 med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom
- 3 nad zgornjim ocenjevalnim pragom
- * ocena tveganj za rastlinstvo in naravne ekosisteme se izvaja le na krajih zunaj pozidanih območij
- / ugotavljanje onesnaževala ni potekalo

Ocena ravni onesnaževal v zunanjem zraku glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag po Odredbi se razlikuje od ocene na podlagi rezultatov meritev v letu 2018 in preteklih letih v merilni mreži mesta Maribora in sosednjih občin, PMinter ter v državni merilni mreži:

- žveplov dioksid se več ne meri, saj so bile koncentracije več let zaporedoma pod spodnjim ocenjevalnim pragom, kar velja tako za aglomeracijo SIM kot območje SIC,
- meritve dušikovega dioksida so pokazale, da so koncentracije v SIM med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom, kar se razlikuje od razvrstitve iz Odredbe, kjer je nad zgornjim ocenjevalnim pragom,
- za dušikove okside se v skladu z določili Uredbe o kakovosti zunanega zraka ocena tveganja za rastlinstvo in naravne ekosisteme zaradi onesnaženega zraka in skladnosti s kritičnimi vrednostmi izvaja le na krajih izven pozidanih območij. Ker smatramo merilno mesto Vrbanski plato kot kraj izven pozidanih območij, smo izvedli oceno, po kateri so koncentracije v aglomeraciji SIM pod spodnjim ocenjevalnim pragom,
- za vsa ostala onesnaževala, ki so se ugotavljala v aglomeraciji SIM, velja enaka razvrstitev, kot jo določa Odredba,
- v območju SIC so se ugotavljali le delci PM₁₀, kjer je razvrstitev enaka, ocena ravni preostalih onesnaževal pa ni možna,
- ocena za ozon ni možna, saj nima predpisanih ocenjevalnih pragov.

Na podlagi ravni onesnaževal je določena stopnja onesnaženosti zraka glede na doseganje/preseganje mejnih oziroma ciljnih vrednosti. Razvrstitev v stopnje onesnaženosti zraka iz Odredbe je v tabeli 7.3, na podlagi meritev v letu 2018 pa v tabeli 7.4.

Tabela 7.3: Stopnja onesnaženosti zraka po Odredbi glede na mejne oziroma ciljne vrednosti

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

Legenda:

- II pod mejno ali ciljno* vrednostjo
- I nad mejno/ciljno* vrednostjo

Tabela 7.4: Stopnja onesnaženosti zraka glede na mejne oziroma ciljne vrednosti samo na podlagi meritev v letu 2018

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃ *	arzen*	kadmij*	nikelj*	b(a)p*
Center		II		II	II	II	II	II		II	II	II	II
Krekova/Tyrševa				II	II								
Vrbanski plato		II	II	II	II				II				
Radvanje				II									
Miklavž				II									
SIM		II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Hoče-Slivnica				II									
Ruše				II									
Pohorje									II				
SIC				II					II				

Legenda:

- II ugotavljanje onesnaževala je potekalo, vrednosti so pod mejno/ciljno* vrednostjo
- I nad mejno/ciljno* vrednostjo

Primerjava stopenj onesnaženosti zraka po Odredbi s stopnjami, določenimi na podlagi meritev v merilni mreži mesta Maribora in sosednjih občin, PMinter ter v državni merilni mreži v letu 2018, kar je predstavljeno v tem poročilu, kaže naslednje značilnosti:

- tudi za dušikove okside bi bila lahko aglomeracija SIM razvrščena v II. stopnjo onesnaženosti zraka, čeprav Odredba aglomeracije ne razvršča,

- delci PM₁₀ na merilnih mestih v Centru, na Krekovi/Tyrševi, na Vrbanskem platoju, v Radvanju ter v Miklavžu so pod ciljno vrednostjo, zaredi česar se lahko območje SIM razvrsti v II. stopnjo onesnaženosti zraka,
- ozon se na merilnem mestu Center več ne ugotavlja zaradi prenizkih koncentracij, tudi na merilnem mestu Vrbanski plato so koncentracije pod ciljno vrednostjo, tako da bi morali aglomeracijo SIM razvrstiti v II. stopnjo onesnaženosti zraka.

Z Odlokom o načrtu za kakovost zraka za aglomeracijo Maribor je bilo območje Mestne občine Maribor in občine Miklavž na Dravskem polju razvrščeno v območje največje obremenjenosti z delci PM₁₀. Z omenjenim predpisom je določeno, da se ukrepi iz tega odloka izvajajo najmanj tako dolgo, dokler kakovost zunanjega zraka tri koledarska leta zapored ne doseže mejnih vrednosti za delce PM₁₀ iz predpisa, ki ureja kakovost zunanjega zraka.

Kot vidimo iz zgornjih tabel, so bile v letu 2018 koncentracije delcev PM₁₀ na merilnih mestih v aglomeraciji SIM in SIC pod predpisanimi mejnimi vrednostmi. Nad zgornjim ocenjevalnim pragom so bile koncentracije delcev PM₁₀, PM_{2,5} ter benzo(a)pirena v delcih PM₁₀. Koncentracije dušikovega dioksida v aglomeraciji SIM pa so bile med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom. Vsebnost ozona na merilnih mestih Pohorje ter Vrbanski plato je bila pod predpisano ciljno vrednostjo. Zaradi slabše kakovosti zunanjega zraka z omenjenimi onesnaževali lahko pričakujemo škodljive učinke na zdravje ljudi. Vendar je ob tem potrebno poudariti, da to ni posebnost Mestne občine Maribor in sosednjih občin, ampak gre za sliko, značilno za mestna okolja (delci in dušikov dioksid), primestna/podeželska okolja (delci) 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 slabše kakovosti zunanjega zraka kot ostali prebivalci Slovenije v mestnem in primestnem/podeželskem okolju ali ob prometnih cestah. Vendar pa je glede na dokazano škodljivost (onesnažen zrak spada med rakotvorne snovi z zadostnimi dokazi pri ljudeh /26/) potrebno okoljske naloge usmerjati k reševanju problema slabše kakovosti zunanjega zraka. Ne glede na zakonsko ustrezno stanje posameznih onesnaževal v obravnavanem letu, je potrebno še naprej izvajati ukrepe za izboljšanje ali vsaj ohranjanje kakovosti zunanjega zraka in zagotoviti, da se obstoječa kakovost zraka še izboljša oziroma pri onesnaževalih, ki sploh niso več problematična (žveplov dioksid, benzen, ogljikov monoksid, težke kovine), vsaj ohranja.

Število preseganj mejne dnevne vrednosti delcev PM₁₀ v letu 2018 sicer ni bilo nad dovoljenim, vendar je navzgor usmerjen trend koncentracij benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ na merilnem mestu Center. V povezavi z rezultati meritev delcev PM₁₀ in benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ na drugih lokacijah in v sosednjih občinah bi lahko to kazalo na nadaljevanje poslabševanja kakovosti zunanjega zraka z delci (vedno večja uporaba lesne biomase za ogrevanje).

V zimskem času so na drugih lokacijah in v sosednjih občinah izmerjene enake ali občasno celo višje koncentracije delcev PM₁₀ in benzo(a)pirena v delcih PM₁₀, kar še potrjuje dejstvo, da je treba kakovost zunanjega zraka reševati v širšem prostorskem okviru, saj onesnaževala ne poznajo in ne priznavajo občinskih meja.

Kazalnik povprečne izpostavljenosti (KPI) je povprečna raven izpostavljenosti, določena na podlagi meritev na mestih v neizpostavljenem mestnem okolju in odraža izpostavljenost ljudi z delci PM_{2,5}. Uporablja se za izračun ciljnega zmanjšanja izpostavljenosti delcem PM_{2,5} na ozemlju Republike Slovenije in obveznosti glede stopnje izpostavljenosti delcem PM_{2,5}. Začetna koncentracija v letu 2011 je (za celotno Slovenijo) 21,6 µg/m³, kar pomeni, da bi za doseganje ciljnega zmanjšanja do leta 2020 morali to vrednost zmanjšati za 20 % na 17,3 µg/m³. Vrednost KPI za merilno mesto Vrbanski plato je v

letu 2018 (povprečje zadnjih treh let) znašala $17,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kar pomeni znižanje glede na začetno koncentracijo v letu 2011 za 17 %, tako da obveznost glede stopnje izpostavljenosti še ni dosežena.

Kot smo že pri delcih ugotovili, so koncentracije v občinskih središčih sosednjih občin praktično enake ali pozimi celo višje kot v središču mesta. Medtem ko so obrobja občin, v katerih okolici ni vplivnih virov, precej manj obremenjena. 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 onesnaževala 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 onesnaževal v zrak. Lokalno nastala onesnaževala se lahko zaradi določene vremenske situacije dalj časa zadržijo 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 natančno takšna, kot jo naši predpisi 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 dodatnimi meritvami. Zato smo v letu 2018 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 določilih veljavne zakonodaje. Obseg meritev vključuje vsa onesnaževala, ki jih pokriva Uredba o kakovosti zunanjega zraka in ki imajo mejne ali ciljne vrednosti. Mnenja smo, da tak obseg 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 koncentracij v preteklih letih. Dolgoročno izvajanje meritev je tudi v veliko pomoč pri ugotavljanju vzrokov za slabšo kakovost zunanjega zraka in za spremljanje učinkovitosti izvajanja ukrepov, ki jih predvideva Odlok o načrtu za kakovost zraka za aglomeracijo Maribor. Meritve delcev PM_{10} bi zaradi visokih koncentracij v sosednji občini Miklavž na Dravskem polju bilo smiselno razširiti še na druge sosednje občine (na primer Selnica ob Dravi, Duplek), da bi dobili še boljše sliko glede kakovosti zunanjega zraka na širšem območju. Ne samo da srednje letne koncentracije benzo(a)pirena v Centru že več let dosegajo mejno letno vrednost, ampak izkazujejo tudi trend rasti. Ker rezultati informativnih meritev na drugih merilnih mestih v istem časovnem obdobju kažejo precej višje koncentracije, bi iz tega razloga morali te analize intenzivneje oziroma pogosteje izvajati tudi na drugih merilnih mestih, kjer se ugotavljajo delci PM_{10} .

Rezultati projekta PMinter so pokazali, da je pri kakovosti zraka z delci in policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki pomemben delež, ki ga prispeva kurjenje lesa kot energenta za ogrevanje. Zaradi preseganj predpisanih mejnih vrednosti je bil sprejet Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor, ki se je kasneje razširil še na sosednjo občino Miklavž na Dravskem polju. V njem sta območji Mestne občine Maribor in Miklavž na Dravskem polju razvrščeni v območje največje

obremenjenosti z delci PM₁₀. Ukrepi, opisani v njem, 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, PMinter 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/okolje/delovna-podrocja/zrak/podatki-imisijskega-merjenja-kakovosti-zraka/?no_cache=1

V času med 01.10. ter 01.04. se izdaja napoved ravni onesnaženosti z delci PM₁₀, objavljena je na spletnem naslovu ARSO: http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_napoved.html.

Glede na izvedene meritve v preteklih letih je napoved za Maribor veljavna vsaj tudi še za okoliške občine. Meritve namreč kažejo da so vrednosti delcev PM₁₀ v večini primerov podobno visoke ob istih dnevih na vseh merilnih mestih.

V času napovedanih visokih koncentracij delcev PM₁₀ se za zmanjšanje negativnih vplivov onesnaženega zraka priporoča prilagoditev ravnanja /28/ tako pri bivanju na prostem (zmanjšanje fizične aktivnosti v času visokih koncentracij), kakor tudi pri zmanjšanju lastnega vpliva na onesnaževanje (zmanjšanje temperature ogrevanja, omejitev ali prenehanje uporabe peči na trdna goriva, pravilno kurjenje /29/..).

Ilustrativen prikaz izmerjenih vrednosti v letu 2018 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 2018. Pri oceni števila preseganj osemurne ciljne vrednosti ozona je upoštevano triletno povprečje.

Tabela 7.5: Pregled izmerjenih vrednosti v letu 2018 in usklajenosti z zakonodajo

Onesnaževalo	NO ₂	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	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	urna št. preko	osemurna št. preko	letna μg/m ³	dnevna št. preko	letna μg/m ³	osemurna 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
Center	22	0		28	30		0,4	0,67	8,4	0,19	0,49	1,7	0,8
Krekova/Tyrševa				25	21	21							
Vrbanski plato	15	0	23	21	12	17							
Pohorje			19										
Miklavž				28	35								
Radvanje				20	5								
Ruše				22	15								
Hoče				28	31								
mejna oz. cijna	40	18	25	40	35 (50)	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

Tabela 7.6: Pregled usklajenosti z zakonodajo v letu 2018

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				☹								
Radvanje				☹								
Ruše				☹								
Hoče				☹								

8 LITERATURA IN VIRI

- /1/ Zakon o varstvu okolja (ZVO-1), Uradni list RS številke 39/06, 49/08, 33/07, 57/08, 70/08, 108/09, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16, 61/17, 21/18, 84/18
- /2/ Kakovost zraka v Mariboru, letno poročilo 2017, NLZOH Maribor 2018
- /3/ Mesečna poročila o kakovosti zraka NLZOH Maribor, januar - december 2018
- /4/ Arhiv, interna poročila ZZV, Inštitut za varstvo okolja Maribor 1984 – 2012
- /5/ Agencija RS za okolje: Onesnaženost zraka v Sloveniji (mesečna poročila 2018) in Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2017 (november 2018)
- /6/ B. Lukan: Možnosti zmanjšanja vsebnosti ozona v zraku zaradi emisij vozil v prometu, magistrsko delo, Maribor 2003
- /7/ Določitev novih merilnih mest v Ljubljani in Mariboru, Agencija Republike Slovenije za okolje, marec 2009
- /8/ Fine! Dust-Free, 3rd International Congress in Klagenfurt on Worthersee
- /9/ »Aquella« Peggau Bestimmung von Immissionsbeiträgen in Fenistaubproben, Das Land Steiermark, Bericht UA/AQPeggau 2008 72S, Graz, Oktober 2008
- /10/WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, global update 2005, Summary of risk assessment, World Health Organization, 2006
- /11/Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo
- /12/Poročilo pilotnega projekta »Opredelitev virov delcev PM₁₀ v Sloveniji«, Agencija RS za okolje, Ljubljana, november 2007
- /13/PM₁₀ Datenanalyse, Grobabschätzung des PM₁₀-Anteils von Verkehrs- und Hausbrandemissionen an Grazer Luftgutemessstationen, Das Land Steiermark, Bericht Nr-01-2008, Graz Februar 2008
- /14/Impact of selected policy measures on Europe's air quality, EEA Report No 8/2010
- /15/Air Quality in Europe – 2018 report, EEA Report No 12/2018
- /16/The contribution of transport to air quality TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe, EEA Report No 10/2012
- /17/Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP, final technical report, WHO 2013
- /18/Health effects of black carbon, WHO 2012, ISBN 978 92 890 0265 3
- /19/Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91, 2000
- /20/Zrak v Sloveniji, Jože Volfand et al, Fit media, Celje 2012
- /21/C.B.B. Guerreiro et al, Benzo(a)pyrene in Europe: Ambient air concentrations, population, exposure and health effects, Environmental Pollution 241 (2016) 657-667

- /22/Projekt PMinter, Poročilo o aktivnostih, izdajatelj Občina Celovec, Oddelek za zaščito okolja, Bahnhofstrasse 35, 9010 Celovec ob Vrbskem jezeru, december 2013
- /23/Kdo je glavni povzročitelj čezmerne onesnaženosti zraka z delci PM₁₀, Benjamin Lukan, Zbornik izvlečkov 6. Slovenskega kongresa preventivne medicine (Portorož 20.-22.10.2016)
- /24/Mit o čistejšem zraku zunaj mestnih središč, Uroš Lešnik, Zbornik izvlečkov 6. Slovenskega kongresa preventivne medicine (Portorož 20.-22.10.2016)
- /25/IZVEDBENI SKLEP KOMISIJE z dne 12. decembra 2011 o določitvi pravil za direktivi 2004/107/ES in 2008/50/ES Evropskega parlamenta in Sveta v zvezi z vzajemno izmenjavo informacij in poročanjem o kakovosti zunanjega zraka (notificirano pod dokumentarno številko C(2011) 9068) (2011/850/EU)
- /26/WHO, International Agency for Research on Cancer, Press Release No. 221, Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths, October 2013
- /27/Agents classified by the IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans, Volumes 1-124, Last update 16 July 2019, spletna stran: <https://monographs.iarc.fr/>
- /28/Povišane ravni delcev PM₁₀ v zraku – priporočila za prebivalce, NIJZ, Strokovna skupina za ZRAK, Center za zdravstveno ekologijo, verzija: 12.10.2018
- /29/Kako pravilno kurimo z lesom,04.09.2019, http://www.mojzrak.si/wp-content/uploads/2016/03/MZK_Zrak-Brosura-TISK.pdf