NACIONALNI LABORATORIJ ZA ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO

CENTER ZA OKOLJE IN ZDRAVJE

DAT: DANTE-NL-COZ-212a-PR20MOM_letno2020.doc

KAKOVOST ZUNANJEGA ZRAKA V MESTNI OBČINI MARIBOR IN SOSEDNJIH OBČINAH V LETU 2020

Poročilo se brez pisnega dovoljenja NLZOH ne sme reproducirati, razen v celoti.

Maribor, september 2021

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:** BSLJSI2X, Banka Slovenije

Naslov:	Kakovost zunanjega zraka v mestni občini Maribor in sosednjih občinah v letu 2020
Izvajalec:	Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano CENTER ZA OKOLJE IN ZDRAVJE ODDELEK ZA OKOLJE IN ZDRAVJE MARIBOR Prvomajska ulica 1, 2000 MARIBOR
Pooblastilo:	pooblastilo MOP številka 35435-2/2021-3 z dne 01.06.2021, ki se za lokacijo NLZOH Maribor nanaša na ocenjevanje celotne obremenitve zunanjega zraka na območju vrednotenja za žveplov dioksid, dušikove okside, delce PM_{10}, benzen, težke kovine v delcih PM10 ter benzo(a)piren v delcih PM_{10}
Naročnik:	MESTNA OBČINA MARIBOR Skupna služba varstva okolja Slovenska ulica 40 2000 MARIBOR
Evidenčna oznaka:	2121a-09/1579-20 / 14
Delovni nalog:	41001-808/2019-10 z dne 10.12.2019; Aneks 1 41001-808-2019-26 z dne 30.12.2019; Aneks 2 41001-808/2019-34 z dne 28.12.2020
Dejavnosti:	2121a – Hrup in stanje zraka
Izvajalci naloge:	
Vodja naloge:	Uroš Lešnik, univ.dipl.inž.prom.
Sodelavci:	mag. Benjamin Lukan, univ.dipl.fiz. Jan Radanović, kem.tehn.
Maribor,	09.09.2021

UROŠ LEŠNIK Digitalno podpisal UROŠ LEŠNIK Datum: 2021.09.09 13:54:21 +02'00'

ODDELEK ZA OKOLJE IN ZDRAVJE
MARIBOR
Vodja: EMIL ŽERJAL

EMIL ŽERJAL Preverjanje istovetnosti dokumenta: https://www.nlzoh.si/istovetnost 2021.09.09 14:24:46 +02'00'

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

POVZETEK

V meritve kakovosti zunanjega zraka, ki so v letu 2020 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}, $PM_{2,5}$ in PM_{01}), 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 vsa onesnaževala 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, Tezno in Krekova/Tyrševa, na ostalih merilnih mestih (Pohorje, Miklavž, Radvanje, Ruše) se je stalno ugotavljalo po eno ali dve onesnaževali.

Koncentracije dušikovega dioksida in dušikovih oksidov na Vrbanskem platoju so bile nižje kot v Centru in na Teznem in nikjer 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. Ciljna vrednost (v koledarskem letu triletnega povprečja) pa ni bila presežena na nobenem merilnem mestu, hkrati pa urne koncentracije niso bile tako visoke, da bi bila kadarkoli presežena opozorilna ali alarmna vrednost. Koncentracije ozona se na merilnem mestu Pohorje znižujejo, na Vrbanskem platoju je zaznaven rahel trend zniževanja vrednosti.

Poseben problem predstavljajo delci PM_{10}, vendar tudi v letu 2020 srednja letna vrednost delcev v Centru, na Krekovi/Tyrševi, na Teznem, na Vrbanskem platoju, v Radvanju, v Rušah ter v 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, marec, aprila, novembra in decembra). Če gledamo dolgoletne trende srednjih letnih vrednosti na merilnih mestih Center, Vrbanski plato in Miklavž, se stanje izboljšuje. Zaskrbljujoče je, da je srednja izmerjena vrednost v zimskem času Miklavžu podobna kot na merilnem mestu Center (prejšnja leta celo višja), višje pa je število preseganj mejne dnevne vrednosti.

Koncentracije delcev $PM_{2,5}$ so bile na Vrbanskem platoju, v Centru 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 je tudi usmerjen navzdol.

Koncentracije črnega ogljika so bile v letu 2020 nižje kot v letu pred tem, razmerje med deležem črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase (34 %) in iz naslova izgorevanja fosilnih goriv (66 %) 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 vrednosti, trend pa je zaradi nižjih vrednosti v letih 2018 ter 2019 usmerjen navzdol. Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} na merilnem mestu v Rušah, v Radvanju in na Teznem ni presegala mejne letne vrednosti, v Miklavžu pa jo je.

Mejne in ciljne vrednosti za varovanje zdravja ljudi že več let niso presežene za težke kovine (arzen, svinec, kadmij in nikelj) v delcih PM_{10}, dolgoletni trendi vseh 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 2020 glede na leto 2019 zmanjšala (6,1 %), in s tem nižja kot leta 2013 (6,0 %). Zmanjšanje v letu 2020 gre pripisati protikoronskim ukrepom.

Iz tega bi lahko sklepali, da je prispevek emisij onesnaževal s strani cestnega prometa skozi leta dokaj konstanten, povečuje pa se delež prispevka individualnih malih kurilnih naprav. Če povzamemo te ugotovitve, je na nekaterih merilnih mestih opaziti navzdol usmerjene trende, kar kaže na izboljševanje kakovosti zunanjega zraka, vendar še večje izboljševanje preprečuje vedno večja uporaba lesne biomase kot energenta, ki posebej v neugodnih vremenskih situacijah 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 PM_{10}. 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 rahlo nad dolgoletnim povprečjem. Kakovost zunanjega zraka je najboljša zjutraj pred sončnim vzhodom, najslabša pa zvečer.

Glede na visoke izmerjene vrednosti delcev PM_{10} v zimskem času na merilnem mestu v Miklavžu (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 PM_{10} in po možnosti tudi z analizami vsebnosti benzo(a)pirena v delcih PM_{10}.

Prostorska razporeditev merilnih mest v Mariboru je v grobem ustrezna, saj pokriva gosto poseljeno območje središča mesta in njegovo okolico, čeprav še obstaja nekaj generalnih področij, ki z meritvami niso pokrita (Pobrežje, Studenci,…). Z začetkom leta 2020 je na Teznem začela delovati nova postaja za meritve kakovosti zunanjega zraka, tako da se je s tem merilna mreža razširila še na desni breg Drave (kjer avtomatske meritve že nekaj časa niso potekale).

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. Primerjave onesnaževal kažejo tudi na EU nivoju trend zmanjševanja izpostavljenosti prebivalcev, iz tega razloga 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 ... 13
3.1 MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNJIH OBČIN ... 13
3.1.1 DUŠIKOV DIOKSID IN DUŠIKOVI OKSIDI ... 13
3.1.2 OZON ... 14
3.1.3 DELCI PM_{10} (NEREFERENČNA METODA-TEOM) ... 14
3.1.4 DELCI PM_{10} (REFERENČNA METODA) ... 15
3.1.5 ANALIZE VSEBNOSTI BENZO(A)PIRENA V DELCI PM_{10} ... 15
3.2 PMinter, 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 ... 16
3.3 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI ... 17
4 ZAKONSKI OKVIR ... 18
5 REZULTATI MERITEV ... 24
5.1 DUŠIKOVI OKSIDI ... 25
5.1.1 Dušikov dioksid ... 25
5.1.2 Dušikovi oksidi ... 29
5.2 OZON ... 33
5.3 DELCI IN ANALIZE ... 40
5.3.1 Delci PM_{10} ... 40
5.3.2 Delci $PM_{2,5}$ ... 50
5.3.3 Delci PM_{01} ... 55
5.3.4 Analize delcev PM_{10} ... 58
5.4 ČRNI OGLJIK ... 65
5.5 METEOROLOŠKI PARAMETRI ... 69
5.5.1 Temperatura zraka ... 69
5.5.2 Smer in hitrost vetra ... 71
5.5.3 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 2020 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 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 PMinter[1]. 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 2020.

Osnovno merilno mesto za ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka v merilni mreži Maribora in sosednjih občin je bilo v letu 2020 novo vzpostavljeno merilno mesto Tezno (avtomatska postaja z večjim naborom merjenih onesnaževal tudi na desnem bregu Drave). Dodatno merilno mesto za MOM sta bili Radvanje in Pohorje, v sosednjih občinah pa Ruše 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 2019 spremenil, saj so se v letu 2020 meritve začele izvajati na novem merilnem mestu na Teznem.

V letu 2020 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 NO_2, dušikovi oksidi NO_x, ozon O_3, delci PM_{10} in $PM_{2,5}$, temperatura zunanjega zraka T ter smer in hitrost vetra na Vrbanskem platoju,
- dušikov dioksid NO_2, dušikovi oksidi NO_x, ozon O_3, delci PM_{10}, benzo(a)piren v delcih PM_{10} ter temperatura zunanjega zraka T na Teznem,
- O_3 na Pohorju,
- delci PM_{10} v Miklavžu na Dravskem polju, benzo(a)piren v delcih PM_{10},
- delci PM_{10} v Rušah, benzo(a)piren v delcih PM_{10},
- delci PM_{10} v Radvanju, benzo(a)piren v delcih PM_{10},
- NO_2, NO_x, delci PM_{10}, benzo(a)piren (b(a)p) in težke kovine (TK) v delcih PM_{10} ter meteorološki parametri, od katerih navajamo le temperaturo zunanjega zraka T, v Centru,
- delci PM_{10}, $PM_{2,5}$ in PM_{01} 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.

Delno so se še v letu 2020 izvajale na lokaciji Maribor Center meritve benzena ter ogljikovega monoksida (ukinjene maja 2020) – zaradi premajhnega deleža podatkov v tem letu teh dveh onesnaževal v tem poročilu ne navajamo. Kljub meritvam samo približno pol leta pa so kot informativni navedeni podatki meritev dušikovih oksidov in delcev (nereferenčno) na Vrbanskem platoju ter prav tako delcev (nereferenčno) na merilnem mestu Center.

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, na Vrbanskem platoju in na Teznem so potekale meritve delcev PM_{10} 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 PM_{10} 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)	GKY (D48) GKX (D48)	ETRS89 X ETRS89 Y	Parametri
Maribor, Center – Titova cesta	266 + 4,0	550305 157414	549936 157900	NO_x, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, TK in b(a)p v PM_{10}, T
Maribor, Vrbanski plato	280 + 4,0	548367 158452	547997 158937	O_3, NO_x, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$
Maribor, Vrbanski plato (samodejna postaja)	279 + 2/10	548375 158404	548006 158889	T, smer in hitrost vetra
Maribor, Tezno	268 + 4	552539 154068	552169 154554	NO_x, NO_2, PM_{10}, b(a)p v PM_{10}, T
Pohorje – Slivniško Pohorje 7, bolnišnica za pljučne bolezni	725 + 15	544682 148933	544313 149418	O_3
Maribor, Radvanje – Grizoldova 3	302 + 1,5	546626 154912	546257 155397	PM_{10}, b(a)p v PM_{10}
Miklavž na Dravskem polju – Nad izviri 6, občina	258 + 1,5	554396 151110	554027 151595	PM_{10}, b(a)p v PM_{10}
Ruše, Mariborska cesta 3	302 + 1,5	539870 155217	539501 155702	PM_{10}, b(a)p v PM_{10}
Maribor, Krekova/Tyrševa	273 + 2,5	549921 157753	549552 158238	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
Tezno	B	U	R	16
Pohorje	B	R	A	1
Maribor, Radvanje	B	U	R	16
Miklavž na Dravskem polju	T	R	R	16
Ruše	B	R	RC	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 2020

Na fotografijah 2.1 do 2.9 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 Tezno

Fotografija 2.4: Merilno mesto Pohorje

Fotografija 2.5: Merilno mesto Radvanje

Fotografija 2.6: Merilno mesto Miklavž na Dravskem polju

Fotografija 2.7: Merilno mesto Miklavž na Dravskem polju

Fotografija 2.8: Merilno mesto Ruše

Fotografija 2.9: Merilno mesto Krekova/Tyrševa v Mariboru

Pregled obsega in trajanja meritev na posameznih stalnih merilnih mestih, 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 2020

Merilno mesto	Parameter	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
CENTER	**NO_2, NO_x**												
	PM_{10} (neref, ref)												
	$PM_{2,5}$ (neref)												
	b(a)p in TK v PM_{10}												
	CO												
	T												
VRBANSKI PLATO	**NO_x, NO_2**												
	O_3												
	PM_{10}, $PM_{2,5}$ (neref)												
	PM_{10} (ref)												
	$PM_{2,5}$ (ref)												
TEZNO	NO_x, NO_2, O_3												
	PM_{10} (neref, ref), b(a)p v PM_{10}												
	T												
POHORJE	O_3												
MIKLAVŽ	PM_{10}, b(a)p v PM_{10}												
RUŠE	PM_{10}, b(a)p v PM_{10}												
RADVANJE	PM_{10}, b(a)p v PM_{10}												
KREKOVA/ TYRŠEVA	PM_{10}, $PM_{2,5}$, PM_{01} (neref), BC												

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 in delci se določajo s posebno merilno opremo, katere rezultati so koncentracije v realnem času (avtomatske meritve).

Referenčne meritve delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ 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. Meritve delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ pa potekajo še z nereferenčno metodo, katere rezultat so urne koncentracije onesnaževal. Le te so namenjene takojnšnjemu obveščanju javnosti.

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 dnevnemu 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 SOSEDNJIH OBČIN

3.1.1 DUŠIKOV DIOKSID IN DUŠIKOVI OKSIDI

NO-NO_2-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: $NO+O_3 \Rightarrow NO_2+O_2+h\nu$.

Ker pa se v zraku nahajata tako NO kot NO_2, je potrebno najprej ves NO_2 spremeniti v NO, kar se zgodi v $NO_2 \Rightarrow NO$ molibdenovem konverterju, segretem na 325 °C. Postopek meritve poteka v dveh fazah. Vzorčeni 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 $NO_2 \Rightarrow NO$ 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 µg/m^3)
Spodnja meja zaznavanja:	< 0,40 ppb (< 0,75 µg/m^3)
Linearnost:	± 1 % polne skale
Pomik ničle (24 ur):	< 0.40 ppb (< 0,75 µg/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 O_3 v zraku. Delovanje bazira na UV absorpciji. Uporabljena metoda je referenčna in opisana v standardu *SIST EN 14625*.

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

Tehnične karakteristike analizatorja:

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

*pri konstantni temperaturi in napetosti

3.1.3 DELCI PM_{10} (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 PM_{10}. Vstopni tok zraka se za vzorčevalno glavo loči na dva dela: merilnik in dodatni vzorčevalni del (ACCU). 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 PM_{10} v zraku. Tehtanje filtra poteka po principu TEOM (Tappered 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:

Pretok vzorca:	3.0 l/min
Merilno območje:	vsaj 5-5000 µg/m^3
Spodnja meja zaznavanja:	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 PM_{10} (REFERENČNA METODA)

Delce PM_{10} vzorči vzorčevalnik z nizkim volumskim pretokom (LVS). Velikost vzorčenih delcev je odvisna od vzorčevalne glave, ki spusti v merilnik samo velikostno frakcijo delcev PM_{10}. 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:

Pretok vzorca:	2,3 m^3/h
Merilno območje:	vsaj 1-5000 $\mu g/m^3$

3.1.5 ANALIZE VSEBNOSTI BENZO(A)PIRENA V DELCI PM_{10}

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 PM_{10}. Analiza pa poteka z metodo visoko ločljive tekočinske kromatografije s fluorescenčnim detektorjem (HPLC-FLD).

Podrobnosti:

Spodnja meja vrednotenja na vzorec:	*2 ng/vzorec*

3.2 PMinter, MERILNO MESTO KREKOVA/TYRŠEVA

3.2.1 DELCI PM_{10}, $PM_{2,5}$ in PM_{01} (GRIMM)

Merilnik določa koncentracije delcev PM_{10}, $PM_{2,5}$ in PM_{01} 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 (PM_{10}, $PM_{2,5}$ in PM_{01}).
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 želene velikostne frakcije. Rezultati meritev so skladiščeni na spominski kartici, pošiljajo se tudi po vodilu RS-232 za nadaljnjo analizo ali obdelavo.

Tehnične karakteristike merilnika:

Pretok vzorca:	1,2 l/min
Velikost štetih delcev:	0,25-32 µg
Masa delcev:	med 1 in 1500 $\mu g/m^3$

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 ogljikov je zaznavna tudi stran od prometnih cest, predvsem zaradi kurjenje lesa v individualnih kurilnih napravah. Meritve se izvajajo z merilnikom imenovanim Aethalometer. Zrak se vzorči s pretokom nekaj litrov na minuto skozi filtrski 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:

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

3.3 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI

Kakovost meritev v merilni mreži Maribora in sosednjih občin ter na merilnem mestu Krekova/Tyrševa 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 (PM_{10}) 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.

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 arzenu, 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, 3/20, 152/20
- Odlok o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 67/18, 2/20, 160/20
- Odlok o načrtu za kakovost zraka za aglomeracijo Maribor, Ur. l. 160/20.

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 (pri ozonu največja dnevna osemurna srednja vrednost)
*** v koledarskem letu triletnega povprečja

Kadar se za oceno zahteve mejne vrednosti za PM_{10} 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/m^3.

Občasno na ravni delcev PM_{10} vpliva vdor saharskega prahu nad naše kraje. V primeru kadar so preseganja delno ali v celoti posledica prispevka naravnih virov, se pri ocenjevanju skladnosti ta preseganja ne upoštevajo in se odštejejo od letnega števila dni z izmerjeno preseženo mejno vrednostjo. Če prispevek le tega povzroči preseganje, se preseganje na ta dan pripiše naravnemu viru in se ne šteje v kvoto dovoljenih 35 preseganj v letu.

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 µg/m^3
žveplov dioksid	koledarsko leto in zima	20 µg/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 (µg/m^3).h

* AOT40 se izračuna kot vsota razlike med izmerjenimi urnimi koncentracijami, večjimi od 80 µg/m^3, in vrednostjo 80 µg/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 µg/m^3
ozon – alarmna vrednost	1 ura (tri zaporedne ure)	240 µg/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 µg/m^3
dušikov dioksid	3 zaporedne ure	400 µg/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	µg/m³	-	-	75	3	12
dušikov dioksid	µg/m³	140	18	-	-	32
dušikovi oksidi	µg/m³	-	-	-	-	24
delci PM_{10}	µg/m³	-	-	35	35	28
delci $PM_{2,5}$	µg/m³	-	-	-	-	17
ogljikov monoksid	mg/m³	7*	-	-	-	-
benzen	µg/m³	-	-	-	-	3,5
svinec v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	350
kadmij v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	3,0
arzen v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	3,6
nikelj v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	14
benzo(a)piren v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	0,6

* osemurna mejna vrednost

Tabela 4.7: Vrednosti spodnjega ocenjevalnega praga

Onesnaževalo	Enota	Urna	Urna	Dnevna	Dnevna	Letna
		Mejna	ŠT	Mejna	ŠT	Mejna
žveplov dioksid	µg/m³	-	-	50	3	8
dušikov dioksid	µg/m³	100	18	-	-	26
dušikovi oksidi	µg/m³	-	-	-	-	19,5
delci PM_{10}	µg/m³	-	-	25	35	20
delci $PM_{2,5}$	µg/m³	-	-	-	-	12
ogljikov monoksid	mg/m³	5*	-	-	-	-
benzen	µg/m³	-	-	-	-	2,0
svinec v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	250
kadmij v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	2,0
arzen v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	2,4
nikelj v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	10
benzo(a)piren v PM_{10}	ng/m³	-	-	-	-	0,4

* osemurna mejna vrednost

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 NO_2 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. Območji Mestne občine Maribor in občine Miklavž na Dravskem polju sta razvrščeni glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM_{10} 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 PM_{10} 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 PM_{10} 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 4.2.

Slika 4.1: Karta območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM_{10} 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* z dopolnitvijo *3/20 ter 152/20*, 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 aglomeracijo SIM določena I. stopnja onesnaženosti zraka zaradi delcev PM_{10}, ki so nad mejno vrednostjo, za ostala onesnaževala pa II. stopnja. Za območje SIC pa je zaradi vseh onesnaževal določena II. stopnja onesnaženosti zraka. Glede na ciljne vrednosti je za aglomeracijo SIM in območje SIC določena I. stopnja onesnaženosti zraka zaradi ozona, ki je nad ciljno vrednostjo, za ostala onesnaževala pa II. stopnja.

V Odloku o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka (Ur. l. RS 67/18, 2/20, 160/20) so zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka določena podobmočja glede obremenjenosti zraka zaradi onesnaženosti z delci PM_{10} na podlagi ocene o kakovosti zunanjega zraka in ocene o obsegu območja za učinkovito izvajanje ukrepov za izboljšanje kakovosti zunanjega zraka. Posamezna podobmočja se lahko razvrstijo le v I. stopnjo onesnaženosti zraka. Publikacijska karta podobmočij glede obremenjenosti zraka zaradi onesnaženosti z delci PM_{10} je prikazana na sliki 4.3. Naveden odlok ne spreminja v Odredbi določenih stopenj onesnaženosti zraka za v tem poročilu navedene občine.

Slika 4.3: Publikacijska karta podobmočij glede obremenjenosti zraka zaradi onesnaženosti z delci PM_{10}

V letu 2020 je bil noveliran Odlok o načrtu za kakovost zraka za aglomeracijo Maribor (Ur. l. RS 160/20), z dnem uveljavitve tega odloga je prenehal veljati Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor (Ur. l. RS 82/18).

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 NO_2 je 90 % poleti in 75 % pozimi. Časovna pokritost je za benzo(a)piren okrog 33% ter kovine v delcih PM_{10} okrog 25 %.

Referenčne meritve delcev in njihove analize so dale dnevne koncentracije (od 0:00 do 24:00 tekočega dne). 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 aktivnostih v mestu in okolici na področju cestne prometne infrastrukture, daljinskih sistemov, prostorskega načrtovanja in drugega.

Meritve kakovosti zraka so potekale v okviru državne merilne mreže, projekta PMinter in v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin. Primerjava hodov istih onesnaževal iz različnih merilnih mest nakazuje na prostorsko razporeditev kakovosti zunanjega zraka.

5.1 DUŠIKOVI OKSIDI

5.1.1 Dušikov dioksid

Meritve kakovosti zraka z dušikovim dioksidom v Centru potekajo od leta 1992, na Vrbanskem platoju od leta 2011, na Teznem od leta 2020. Rezultati meritev za leto 2020 so v tabeli 5.1.

Tabela 5.1: Kakovost zraka z NO_2 - *merilna mesta Center, Vrbanski plato in Tezno*

Količina	Center (µg/m³)	Vrbanski plato (µg/m³)	Tezno (µg/m³)	Mejna vrednost (µg/m³)
Razpoložljivost urnih podatkov zima	96 %	46 %	96 %	
Razpoložljivost urnih podatkov poletje	85 %	43 %	94 %	
Letna srednja vrednost	25	8	21	40
Zima	28	11	28	
Poletje	22	4	14	
C_1 max	99	45	129	200
Število preseganj C_1	0	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 Teznem in Vrbanskem platoju.

V tabeli 5.2 so srednje mesečne vrednosti in najvišje urne koncentracije, na sliki 5.1 pa le srednje mesečne koncentracije NO_2 v pripadajočih mesecih za Center, Vrbanski plato in Tezno za leto 2020.

Tabela 5.2: Srednje mesečne in najvišje urne vrednosti NO_2 v µg/m³ v pripadajočih mesecih - *merilna mesta Center, Vrbanski plato in Tezno*

Mesec	Center		Vrbanski plato		Tezno	
	mesec	ura	mesec	ura	mesec	ura
januar	34	79	/	/	45	129
februar	30	94	/	/	34	112
marec	23	99	/	/	23	111
april	17	59	/	/	20	100
maj	20	57	/	/	14	84
junij	21	59	/	/	13	69
julij	21	56	4	20	10	40
avgust	21	71	4	22	11	50
september	27	74	5	24	15	73
oktober	27	91	8	40	20	66
november	26	74	12	45	24	76
december	29	69	13	43	25	66

Slika 5.1: Koncentracije NO_2, *merilna mesta Center, Vrbanski plato in Tezno*

Mesečna poteki kažejo na vseh 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 NO_2 v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2020 so na sliki 5.2, na Vrbanskem platoju na sliki 5.3, na Teznem pa na sliki 5.4.

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

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

Slika 5.4: Dnevni hodi, dušikov dioksid, *merilno mesto Tezno*

Vključevanje NO_2 v nastanek in razpad ozona je razvidno tudi iz dnevnih 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 v Centru so preko dneva bolj ali manj stalne, proti večeru se povišajo in so najvišje v dnevu. Takrat so še vedno prisotne sveže emisije, fotokemični procesi v atmosferi pa prenehajo, saj je sončna svetloba že precej šibka. Po 19. uri se emisije znižujejo, preostali NO_2 pa se vključi v razpad ozona, zato koncentracije pričenjajo intenzivno upadati. Na Teznem imamo v zimskem in letnem času dva izrazita vrhova (jutranji in večerni), na Vrbanskem platoju je zimski hod podoben kot na merilnem mestu Center (le da so koncentracije nižje), poletni hod pa je podoben hodu na merilnem mestu Tezno.

Srednje letne koncentracije NO_2 v Centru v letih 1992-2020 so na sliki 5.5, na Vrbanskem platoju v letih 2011-2020 pa na sliki 5.6 skupaj s poletnimi povprečji.

Slika 5.5: Dušikov dioksid 1992-2020, *merilno mesto Center*

Najvišje koncentracije NO_2 v Centru so bile leta 1993, nato so se postopno zniževale in v letu 2018 dosegle najnižje izmerjeno vrednost. V letu 2020 je bila izmerjena podobna koncentracija kot v letu 2019.

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 5.6: Dušikov dioksid 2011-2020, *merilno mesto Vrbanski plato*

Leta 2020 so bile koncentracije dušikovega dioksida na Vrbanskem platoju nižje kot leta pred tem, vendar se je meritve v tem letu izvajalo samo pol leta. Trend je usmerjen rahlo navzdol.

5.1.2 Dušikovi oksidi

Meritve kakovosti zraka z dušikovimi oksidi v Centru potekajo od leta 1997, na Vrbanskem platoju od leta 2011, na Teznem od leta 2020. Rezultati meritev za leto 2020 so v tabeli 5.3.

Tabela 5.3: Kakovost zraka z NO_x - *merilna mesta Center, Vrbanski plato in Tezno*

Količina	Center (µg/m³)	Vrbanski plato (µg/m³)	Tezno (µg/m³)	Kritična vrednost (µg/m³)
Razpoložljivost urnih	91 %	46 %	95 %	
Letna srednja vrednost	49	9	36	30
Zima	62	14	54	
Poletje	36	5	18	

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

V tabeli 5.4 so srednje mesečne in najvišje urne koncentracije NO_x, na sliki 5.7 pa le srednje mesečne koncentracije NO_x v posameznem mesecu za merilna mesta Center, Vrbanski plato in Tezno za leto 2020.

Tabela 5.4: Srednje mesečne in najvišje urne koncentracije NO_x v µg/m³ v pripadajočih mesecih - *merilna mesta Center, Vrbanski plato in Tezno*

Mesec	Center		Vrbanski plato		Tezno	
	mesec	ura	mesec	ura	mesec	ura
januar	90	411	/	/	103	710
februar	58	375	/	/	53	417
marec	36	210	/	/	31	312
april	23	127	/	/	24	241
maj	32	100	/	/	16	98
junij	37	137	/	/	18	89
julij	36	131	5	30	13	67
avgust	34	120	5	35	15	105
september	49	184	6	44	23	250
oktober	58	450	8	60	42	237
november	60	261	15	101	52	366
december	67	276	17	85	45	298

Slika 5.7: Koncentracije NO_x, *merilna mesta Center, Vrbanski plato in Tezno*

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 in na Teznem kot na Vrbanskem platoju, ki predstavlja mestno ozadje.

Dnevni hodi koncentracij NO_x v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2020 so na sliki 5.8, na Vrbanskem platoju na sliki 5.9, na Teznem pa na sliki 5.10.

Slika 5.8: Dnevni hodi dušikovi oksidi, *merilno mesto Center*

Slika 5.9: Dnevni hodi dušikovi oksidi, *merilno mesto Vrbanski plato*

Slika 5.10: Dnevni hodi dušikovi oksidi, *merilno mesto Tezno*

Dnevni hodi koncentracij dušikovih oksidov so podobni hodom dušikovega dioksida, le da so jutranji vrhovi na vseh merilnih mestih višji od večernih (v poletnem času v Centru imamo v večernem času zelo neizrazit vrh).

Slika 5.11 prikazuje potek srednjih letnih koncentracij dušikovih oksidov, izmerjenih od leta 1997 na merilnem mestu Center, slika 5.12 pa od leta 2011 na Vrbanskem platoju skupaj s poletnim povprečjem.

Slika 5.11: Dušikovi oksidi 1997-2020, *merilno mesto Center*

Leta 2020 so bile koncentracije dušikovih oksidov v Centru najnižje izmerjene. Trend dušikovih oksidov v Centru je usmerjen rahlo navzdol.

Slika 5.12: Dušikov oksidi 2011-2020, *merilno mesto Vrbanski plato*

Leta 2020 so bile koncentracije dušikovih oksidov na Vrbanskem platoju nižje kot leta pred tem vendar se je meritve v tem letu izvajalo samo pol leta. Trend je usmerjen navzdol.

5.2 OZON

Meritve vsebnosti ozona potekajo na Pohorju od leta 1999, Vrbanskem platoju od leta 2011, na Teznem pa od leta 2020. Rezultati za leto 2020 so v tabeli 5.5.

Tabela 5.5: Vsebnost O_3 v zraku - *merilna mesta Vrbanski plato, Tezno in Pohorje*

Količina	Vrbanski plato (µg/m³)	Tezno (µg/m³)	Pohorje (µg/m³)	Ciljna oz. opozorilna/alarmna* vrednost (µg/m³)
Razpoložljivost urnih podatkov poletje	94 %	95 %	96 %	
Razpoložljivost urnih podatkov zima	95 %	95 %	95 %	
Letna srednja vrednost	46	37	72	
Poletje	63	51	84	
C_8 max	**128**	**118**	**129**	120
Število preseganj C_8 ciljne	4	0	8	
Triletno povprečje preseganj C_8 ciljne	18	0**	16	25
C_1 max	134	128	135	180/240*
Število preseganj C_1 opozorilne/alarmne	0 / 0	0 / 0	0 / 0	
AOT40 (µg/m³).h (maj-julij)	8850	5662	8832	
AOT40 (µg/m³).h (2016-2020)	17620	5662**	14439	18000

** *Izračunano na osnovi krajšega obdobja (2020).*

Koncentracije ozona so bile višje na Pohorju kot na Vrbanskem platoju in Teznem. Ciljna osemurna vrednost je bila v letu 2020 presežena na Vrbanskem platoju 4 dni (april-1, maj-2, avgust-1), na Pohorju 8 dni (april-4, maj-1, avgust-3). Preseganja ciljne osemurne vrednosti na Teznem v letu 2020 niso bila izmerjena.

Ocenjevanje kakovosti zraka glede na ozon se izvaja s primerjavo povprečnega števila preseganj ciljne osemurne vrednosti v zadnjih treh letih z dovoljenim številom, kar v tem letu ni bilo na nobenem merilnem mestu preseženo. Prav tako povprečje parametra AOT40 zadnjih petih let ne presega ciljne vrednosti za varstvo rastlin na nobenem merilnem mestu. Meritve na Pohorju (merilno mesto na višji legi, brez emisij predhodnikov, to je onesnaževal, ki pripomorejo k nastanku ozona: dušikovi oksidi in lahkohlapne organske spojine-VOC) so pokazale bistveno višje koncentracije kot na Vrbanskem platoju (mestno ozadje, prav tako brez svežih emisij predhodnikov) in na Teznem.

V tabeli 5.6 so srednje mesečne, najvišje osemurne in urne koncentracije, na sliki 5.13 pa le srednje mesečne koncentracije O_3 v posameznem mesecu za merilna mesta Vrbanski plato, Tezno in Pohorje za leto 2020.

Tabela 5.6: Srednje mesečne, najvišje osemurne in najvišje urne koncentracije O_3 v µg/m^3 v pripadajočih mesecih – *merilna mesta Pohorje, Vrbanski plato in Tezno*

Mesec	Vrbanski plato			Tezno			Pohorje		
	mesec	8 ur	ura	mesec	8 ur	ura	mesec	8 ur	ura
januar	10	42	48	15	70	74	61	84	90
februar	40	91	96	39	86	90	74	94	96
marec	60	99	108	44	86	85	81	107	111
april	75	128	134	50	94	104	97	129	135
maj	67	126	132	32	73	84	85	126	128
junij	59	119	123	56	118	128	79	110	119
julij	63	111	120	62	108	116	82	111	124
avgust	60	124	128	57	117	127	84	125	128
september	53	109	128	51	110	118	79	112	125
oktober	31	75	87	27	69	80	60	87	92
november	16	54	66	11	58	68	42	82	86
december	17	60	66	0	4	10	40	73	75

Slika 5.13: Vsebnost O_3, *merilna mesta Pohorje, Vrbanski plato in Tezno*

Mesečna poteka ozona za vsa merilna mesta kažejo najvišje koncentracije poleti. Koncentracije O_3 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 O_3 poleti, pozimi in skozi celotno leto 2020 na Vrbanskem platoju so na sliki 5.14, na Teznem sliki 5.15, na Pohorju pa na sliki 5.16.

Slika 5.14: Dnevni hodi O_3, *merilno mesto Vrbanski plato*

Slika 5.15: Dnevni hodi O_3, *merilno mesto Tezno*

Slika 5.16: Dnevni hodi O_3, *merilno mesto Pohorje*

Dnevni hodi na Vrbanskem platoju in na Teznem 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 predhodnikov 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 pričenja 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 5.17 za Vrbanski plato in na sliki 5.18 za Pohorje.

Slika 5.17: Ozon 2011-2020, *merilno mesto Vrbanski plato*

Srednja letna koncentracija ozona na Vrbanskem platoju je bila v letu 2020 najnižja izmerjena od začetka meritev. Trend je rahlo usmerjen navzdol.

Slika 5.18: Ozon 1999-2020, *merilno mesto Pohorje*

Vsebnost ozona na Pohorju je bila podpovprečna, dolgoletni trend je usmerjen navzdol. Zniževanje vsebnosti ozona na Pohorju je znak, da se na širšem območju znižujejo emisije predhodnikov (dušikov dioksid, slika 5.5).

V tabeli 5.7 so najvišje urne koncentracije ozona v vseh letih meritev za obe merilni mesti. Rdeče osenčena polja pomenijo preseganje opozorilne vrednosti.

Tabela 5.7: Najvišje urne koncentracije ozona v µg/m³ – *merilna mesta Vrbanski plato, Tezno in Pohorje*

Leto	Vrbanski plato (µg/m³)	Tezno (µg/m³)	Pohorje (µg/m³)
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
2019	164	/	166
2020	134	128	135
Opozorilna vrednost	180	180	180

Najvišja izmerjena urna koncentracija v tem letu na Pohorju in na Vrbanskem platoju je bila najnižja od začetka meritev.

Pokazatelj stanja kakovosti zraka z ozonom je tudi število preseganj ciljne osemurne vrednosti v posameznem letu in kot drseče povprečje 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 1999-2020 - *merilna mesta Vrbanski plato, Tezno in Pohorje*

Leto	Vrbanski plato			Tezno			Pohorje		
	ciljna osemurna	triletno povprečje preseganj ciljne osemurne	opozorilna urna	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
2019	19	27	0	/	/	/	17	21	0
2020	4	18	0	0	0	0	8	16	0

Preseganj osemurne vrednosti na Vrbanskem platoju je bilo v letu 2020 4, kar je najnižje v primerjavi z doslej izvedenimi meritvami. Preseganja opozorilnih vrednosti na Vrbanskem platoju še niso bila izmerjena.

Preseganja osemurne vrednosti ter opozorilnih vrednosti na Teznem v letu 2020 niso bila izmerjena.

Preseganj ciljne osemurne vrednosti na Pohorju je bilo v letu 2020 8, kar je najnižje v primerjavi z doslej izvedenimi meritvami. Preseganj opozorilnih vrednosti na Pohorju ni bilo že dalj časa.

V navedenih letih ni bilo preseganj alarmne vrednosti na nobenem merilnem mestu.

5.3 DELCI IN ANALIZE

5.3.1 Delci PM_{10}

Meritve koncentracij skupnih lebdečih delcev so v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin potekale od leta 1989 do 2001, ko so se začeli ugotavljati delci PM_{10}. Merilna mesta so bila različna: do leta 2001 Center (Partizanska), nato Tabor, od 2011 naprej pa Vrbanski plato, od 2020 naprej tudi na Teznem. Meritve v Miklavžu na Dravskem polju potekajo od leta 2011, v Radvanju ter Rušah od 2016, na Teznem pa od 2020. Meritve koncentracij delcev PM_{10} v državni merilni mreži na merilnem mestu Center potekajo od leta 2001, iz projekta PMinter na merilnem mestu Krekova/Tyrševa pa od leta 2012.

Rezultati meritev delcev PM_{10} za leto 2020 so zbrani v tabeli 5.9.

Tabela 5.9: Kakovost zraka z delci PM_{10} - *merilna mesta Center, Tezno, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Vrbanski plato, Radvanje in Ruše*

Količina	Center (µg/m³)	Tezno (µg/m³)	Krekova/ Tyrševa (µg/m³)	Miklavž (µg/m³)	Vrbanski plato (µg/m³)	Radvanje (µg/m³)	Ruše (µg/m³)	Mejna vrednost (µg/m³)
Razpoložljivost dnevnih podatkov	99 %	97 %	100 %	100 %	98 %	100 %	97 %	
Letna srednja vrednost	22	20	21	22	16	17	18	40
Zima	26	26	26	29	19	21	23	
Poletje	17	15	16	16	13	13	13	
C_{24} max	**82**	**158**	**160**	**157**	**63**	**149**	**124**	50
Število preseganj C_{24}	15	9	13	24	3	4	12	35

Saharski prah je bil na merilnih mestih zaznan 27., 28. in 29.03.2020.

Srednja letna koncentracija delcev PM_{10} 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 Centru 15, Na Teznem 9, na Krekovi/Tyrševi 13, v Miklavžu 24, na Vrbanskem platoju 3, v Radvanju 4 ter v Rušah 12, kar vse ni preko dovoljenega števila preseganj v koledarskem letu.

Večina preseganj je bila izmerjena v zimskih mesecih;

- Center: januar-15;
- Tezno: januar-6, marec-2, november 1;
- Krekova/Tyrševa: januar-9, marec-2, november 2;
- Miklavž: januar-19, marec-2, april-1, november-1, december-1;
- Vrbanski plato: januar-3;
- Radvanje: januar-2, marec-2;
- Ruše: januar-9, marec-2, december-1;

Preko celega leta so bile koncentracije v Centru višje za 34 % kot na Vrbanskem platoju, samo poleti za 36 % in samo pozimi za 34 %.

V tabeli 5.10 so srednje mesečne in najvišje dnevne, na sliki 5.19 pa le srednje mesečne koncentracije delcev PM_{10} v posameznem mesecu za vsa merilna mesta za leto 2020.

Tabela 5.10: Srednje mesečne in najvišje dnevne koncentracije PM_{10} v µg/m³ – *merilna mesta Center, Tezno, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Vrbanski plato, Radvanje in Ruše*

Mesec	Center		Tezno		Krekova/ Tyrševa		Miklavž		Vrbanski plato		Radvanje		Ruše	
	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan	dan	dan	mesec	Dan	mesec	dan
januar	49	82	42	69	45	75	54	100	35	63	35	55	41	80
februar	21	42	21	41	20	37	22	48	15	29	17	33	17	41
marec	19	32	26	158	27	160	29	157	14	22	22	149	21	124
april	21	35	21	33	23	42	24	63	17	28	18	30	18	30
maj	15	25	12	20	13	25	12	21	10	16	11	22	12	29
junij	14	20	12	18	12	20	12	21	11	19	11	19	11	18
julij	15	27	14	23	13	26	15	24	10	22	13	21	12	19
avgust	19	30	15	27	16	30	15	26	13	24	14	25	13	23
september	20	38	15	29	18	42	16	47	15	32	12	25	11	23
oktober	18	38	18	44	16	35	17	40	13	29	13	32	13	27
november	25	42	29	56	26	54	29	64	20	36	21	36	21	40
december	22	44	24	49	22	46	25	51	18	37	20	47	27	52

Slika 5.19: Kakovosti zraka z delci PM_{10}, *merilna mesta Center, Tezno, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Vrbanski plato, Radvanje in Ruše*

Koncentracije so bile povsod višje pozimi kot poleti. Najnižje so se pojavljale maja do septembra, najvišje pa januarja. Z delci PM_{10} najbolj obremenjeno merilno mesto v preteklem sta bila Miklavž in Center, nekoliko manj Krekova/Tyrševa ter Tezno, 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 PM_{10}, predvsem velja to za zimo.

Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{10} poleti, pozimi in skozi celotno leto 2020 v Centru so na sliki 5.20, naTeznem na sliki 5.21, na Vrbanskem platoju na sliki 5.22, na Krekovi/Tyrševi pa na sliki 5.23.

Slika 5.20: Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{10}, *merilno mesto Center*

Slika 5.21: Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{10}, *merilno mesto Tezno*

Slika 5.22: Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{10}, *merilno mesto Vrbanski plato*

Slika 5.23: Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{10}, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Dnevni hodi so pozimi in poleti na vseh merilnih mestih zelo podobni in ne bistveno drugačni od celotnega leta. Na vseh dnevnih hodih izstopata dva vrhova, jutranji in večerni. Večerni vrh je na vseh merilnih mestih praviloma višji kot jutranji (kar pa ne velja za merilni mesti Center in Krekova/Tyrševa v poletnem času).

V nočnem času, ko so viri manj aktivni, koncentracije relativno malo padejo, kar nakazuje na visoko ozadje:

- na Vrbanskem platoju je to ozadje 15 µg/m^3 pozimi in 13 µg/m^3 poleti,
- na Krekovi/Tyrševi 18 µg/m^3 pozimi in 13 µg/m^3 poleti,

- v Centru 20 µg/m^3 pozimi in 11 µg/m^3 poleti,
- in na Teznem 20 µg/m^3 pozimi in 15 µg/m^3 poleti.

Število preseganj mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne vrednosti za delce PM_{10} v letih 2002-2020 je za Center prikazano v tabeli 5.11 in za leta 2009 do 2020 tudi na sliki 5.24. Dopustna vrednost je bila vpeljana zato, da je bil prehod za dosego mejne vrednosti postopen.

Tabela 5.11: Število preseganj mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne vrednosti za delce PM_{10} 2002-2020 - *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
2019	13
2020	15
Mejna	35

Slika 5.24: Število preseganj mejne dnevne vrednosti za obdobje od 2009 do 2020, *merilno mesto Center*

V letu 2020 število preseganj mejne dnevne vrednosti v Centru ni bilo nad dovoljenim. Iz slike 5.24 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 2020 za merilna mesta Miklavž, Radvanje, Ruše, Vrbanski plato in Tezno.

Tabela 5.12: 90,4 % percentil iz dnevnih koncentracij za delce PM_{10} oziroma število preseganj za leta 2011 do 2020 - *merilna mesta Miklavž, Radvanje, Ruše, Vrbanski plato in Tezno*

Leto	Miklavž (µg/m³)	Radvanje (µg/m³)	Ruše (µg/m³)	Vrbanski plato (µg/m³)	Tezno (µg/m³
2011	79 *	/	/	25	/
2012	51 *	/	/	8	/
2013	56 *	/	/	8	/
2014	50 *	/	/	10	/
2015	53 *	/	/	3	/
2016	45	43 *	45 *	21	/
2017	39	18	17	21	/
2018	35	5	15	12	/
2019	31	1	1	0	/
2020	24	4	12	3	9
Mejna vrednost	50 (2011-2015) / 35 (2016->)	50 (2016) / 35 (2017->)	50 (2016) / 35 (2017->)	35	35

* 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 2020 v Miklavžu izmerjeno število preseganj ni bilo čezmerno, kar tudi velja za ostala merilna mesta v celotnem dosedanjem merilnem obdobju.

Na sliki 5.25 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 izvajali med leti 1989 in 2000 ob Partizanski cesti, ter meritve delcev PM_{10}, ki jih je izvajal ARSO med leti 2001 in 2020 v Centru (DMKZ). Pri preračunavanju koncentracij skupnih lebdečih delcev iz koncentracij PM_{10} smo uporabili faktor 1,2.

Slika 5.25: Skupni lebdeči delci 1989-2020, *merilni mesti Center (ZZV (NLZOH) in DMKZ)I*

Koncentracije skupnih lebdečih delcev v Centru so se od leta 1989 do 2020 bistveno znižale, opazno je tudi stalno zniževanje po letu 2003. Srednja vrednost v letu 2020 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 2020 še vedno med najboljšimi doslej.

Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{10} v Centru (DMKZ) v celotnem dosedanjem merilnem obdobju so na sliki 5.26.

Slika 5.26: Delci PM_{10} 2001-2020, *merilno mesto Center (DMKZ)*

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

Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{10} v dosedanjem merilnem obdobju na merilnih mestih Vrbanski plato so na sliki 5.27, Miklavž na sliki 5.28, Ruše na sliki 5.29, Radvanje na sliki 5.30 in Krekova/Tyrševa na sliki 5.31.

Ker so se meritve na merilnih mestih 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 5.27: Delci PM_{10} 2011-2020, *merilno mesto Vrbanski plato*

Slika 5.28: Delci PM_{10} 2010-2020, *merilno mesto Miklavž*

Slika 5.29: Delci PM_{10} 2016-2020, *merilno mesto Ruše*

Slika 5.30: Delci PM_{10} 2016-2020, *merilno mesto Radvanje*

Slika 5.31: Delci PM_{10} 2013-2020, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Leta 2020 so bile izmerjene koncentracije delcev PM_{10} na vseh merilnih mestih najnižje doslej izmerjene. Dolgoletni trendi na Vrbanskem platoju, v Miklavžu v Radvanju, v Rušah in na Krekovi/Tyrševi so usmerjeni navzdol.

Na koncentracije delcev PM_{10} 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, meritve na merilnem mestu Krekova/Tyrševa pa se izvajajo od leta 2012, v centru so se zopet začele izvajati v sredini 2020.

Rezultati meritev za leto 2020 so v tabeli 5.13.

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

Količina	Center (µg/m³)	Krekova/Tyrševa (µg/m³)	Vrbanski plato (µg/m³)	Mejna vrednost (µg/m³)
Razpoložljivost dnevnih podatkov	58 %	100 %	98 %	
Letna srednja vrednost	11	16	12	25
Zima	15	21	16	
Poletje	8	10	8	

Srednja letna koncentracija delcev $PM_{2,5}$ na Vrbanskem platoju in na Krekovi/Tyrševi ni presegala mejne letne vrednosti. Zaradi premajhnega deleža podatkov na merilnem mestu Center so podatki za to mesto samo informativne narave.

Na sliki 5.32 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 2020.

Slika 5.32: 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 - *merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa in Vrbanski plato*

Mesec	Center		Krekova/Tyrševa		Vrbanski plato	
	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan
januar	/	/	39	71	32	61
februar	/	/	15	31	12	28
marec	/	/	18	67	13	41
april	/	/	15	26	11	18
maj	/	/	9	20	7	13
junij	6	16	7	14	7	14
julij	7	17	9	19	7	15
avgust	9	20	11	22	9	17
september	9	18	10	22	9	18
oktober	9	23	11	26	9	21
november	18	39	20	42	17	31
december	18	40	20	41	16	33

Merilno mesto Krekova/Tyrševa je bilo bolj obremenjeno z delci $PM_{2,5}$ kot Vrbanski plato. Pozimi so bile koncentracije višje kot poleti. V drugi polovici leta so bile koncentracije do oktobra v Centru podobne kot na Vrbanskem platoju, nato pa višje.

Srednje letne in zimske koncentracije delcev $PM_{2,5}$ prikazujemo na sliki 5.33 za Vrbanski plato (od leta 2009) in na sliki 5.34 za Krekovo/Tyrševo (od leta 2013).

Slika 5.33: Delci $PM_{2,5}$ 2009-2020, *merilno mesto Vrbanski plato*

Slika 5.34: Delci $PM_{2,5}$ 2013-2020, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Koncentracije delcev $PM_{2,5}$ so bile leta 2020 na Vrbanskem platoju in na Krekovi/Tyrševi najnižje doslej izmerjene. 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 2020, kar je na slikah 5.35 za Krekovo/Tyrševo in 5.36 za Vrbanski plato.

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

Slika 5.36: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$, *merilno mesto Vrbanski plato*

Koncentracije delcev PM_{10} so praviloma seveda višje kot koncentracije $PM_{2,5}$. Razmerja med srednjimi letnimi koncentracijami delcev $PM_{2,5}/PM_{10}$ so:

- Krekova/Tyrševa: 74 % (pozimi 79 %, poleti 64 %),
- Vrbanski plato: 74 % (pozimi 81 %, poleti 64 %).

Razmerja kažejo, da je delež delcev $PM_{2,5}$ v PM_{10} zelo visok na obeh merilnih mestih.

Dnevni hodi koncentracij delcev $PM_{2,5}$ poleti, pozimi in skozi celotno leto 2020 v Centru so na sliki 5.37, na Vrbanskem platoju na sliki 5.38, na Krekovi/Tyrševi pa na sliki 5.39.

Slika 5.37: Dnevni hodi koncentracij delcev $PM_{2,5}$, *merilno mesto Center*

Slika 5.38: Dnevni hodi koncentracij delcev $PM_{2,5}$, *merilno mesto Vrbanski plato*

Slika 5.39: Dnevni hodi koncentracij delcev $PM_{2,5}$, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Iz dnevnih hodov za vsa merilna mesta je razvidno da je v zimskem času zrak z delci $PM_{2,5}$ najmanj obremenjen okrog 6:00 ure zjutraj, nato pa koncentracije rahlo naraščajo čez dan. Po 16:00 uri je naraščanje močnejše in doseže vrh okrog 21:00 ure. V poletnem času je na vseh treh merilnih mestih zaznati jutranji (okrog 09:00) ter večerni vrh (okrog 21:00 ure). V poletnem času je večerni vrh na Vrbanskem platoju in na Krekovi/Tyrševi rahlo višji kot jutranji, v centru pa sta podobno visoka.

5.3.3 Delci PM_{01}

Meritve koncentracij delcev PM_{01} na merilnem mestu Krekova/Tyrševa potekajo od julija 2013. Rezultati meritev za leto 2020 so v tabeli 5.15.

Tabela 5.15: Kakovost zraka z delci PM_{01} - *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Količina	Krekova/Tyrševa (µg/m³)
Razpoložljivost urnih podatkov	100 %
Letna srednja vrednost	14
Zima	19
Poletje	9

Na sliki 5.40 so srednje mesečne koncentracije delcev PM_{01}, v tabeli 5.16 pa še najvišje dnevne koncentracije v posameznem mesecu.

Slika 5.40: Kakovosti zraka z delci PM_{01}, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Tabela 5.16: Srednje mesečne in najvišje dnevne koncentracije delcev PM_{01} v µg/m³ v pripadajočih mesecih - *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Mesec	Krekova/Tyrševa	
	mesec	dan
januar	38	70
februar	13	30
marec	15	24
april	13	23
maj	8	19
junij	6	12
julij	7	17
avgust	9	20
september	8	18
oktober	9	23
november	18	39
december	20	40

Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{01} na merilnem mestu Krekova/Tyrševa prikazujemo na sliki 5.41.

Slika 5.41: Delci PM_{01} 2013-2020, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Koncentracije delcev PM_{01} so bile leta 2020 med najnižje doslej izmerjenimi, opazen je trend zmanjševanja.

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 5.42.

Slika 5.42: 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 5.43.

Slika 5.43: Mesečna razmerja koncentracij delcev $PM_{2,5}/PM_{10}$, PM_{01}/PM_{10} **in** $PM_{01}/PM_{2,5}$, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

V zimskih mesecih je visok delež manjših frakcij delcev. Delež delcev PM_{01} v PM_{10} dosega pozimi do 72 %, poleti pa se spusti do 54 %. Delež $PM_{2,5}$ v PM_{10} dosega pozimi do 79 %, poleti pa se spusti do 64 %. Delež PM_{01} v $PM_{2,5}$ pozimi dosega 91 %, poleti pa se spusti do 85 %.

Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{01} poleti, pozimi in skozi celotno leto 2020 Krekovi/Tyrševi so na sliki 5.44.

Slika 5.44: Dnevni hodi koncentracij delcev $PM_{2,5}$, *merilno mesto Center*

Iz dnevnih hodov je razvidno da je v zimskem času zrak z delci PM_{01} najmanj obremenjen okrog 6:00 ure zjutraj, nato pa koncentracije rahlo naraščajo čez dan. Po 17:00 uri je naraščanje močnejše in doseže vrh okrog 21:00-22:00 ure.

Najnižje koncentracije v poletnem času so izmerjene okrog 16:00 ure. V poletnem času je zaznati rahel opoldanski (okrog 12:00) ter bistveno višji večerni vrh (okrog 21:00-22:00 ure).

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, v letu 2020 so bile prvič v takšnem obsegu z združevanjem posameznih vzorcev v okviru enega meseca izvedene tudi na merilnih mestih Radvanje, Tezno in Ruše, v Miklavžu pa se na tak način izvajajo že od 2019.

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 merilnih mestih Center, Radvanje, Tezno, Ruše ter Miklavž z vzorci iz referenčnega merilnika.

Rezultati meritev za leto 2020 so prikazani kot letna povprečna vrednost v tabeli 5.17.

Tabela 5.17: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} - *merilno mesto Center, Radvanje, Tezno, Ruše ter Miklavž*

Količina	Center (ng/m³)	Radvanje (ng/m³)	Tezno (ng/m³)	Ruše (ng/m³)	Miklavž (ng/m³)	Ciljna letna vrednost
Število vzorcev	123	122	117	120	122	
Časovna pokritost / razpoložljivost podatkov	34 % / 100 %	33 % / 100 %	32 % / 96 %	33 % / 98 %	33 % / 100 %	
Letna srednja vrednost	0,9	0,8	1,3	1,4	1,7	1

Za meritve na stalnem merilnem mestu je potrebno doseči najmanj 33 % časovno pokritost ob najmanj 90 % razpoložljivosti podatkov.

Letna koncentracija benzo(a)pirena v skladu s pravili zaokroževanja /25/ ne presega ciljne letne vrednosti na merilnih mestih Center, Radvanje, Tezno ter Ruše, presega pa jo na merilnem mestu v Miklavžu.

Na sliki 5.45 so srednje mesečne koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM_{10} za leto 2020 na merilnih mestih Center, Radvanje, Tezno, Ruše ter Miklavž.

Slika 5.45: Benzo(a)piren v delcih PM_{10}, *merilna mesta Center, Radvanje, Tezno, Ruše ter Miklavž*

PAO nastajajo pri nepopolnem zgorevanju v kurilnih napravah in prometu, glede na bistveno višje koncentracije pozimi pa so kurilne naprave zagotovo prevladujoči vir. Vsa merilna mesta so z benzo(a)pirenom v delcih PM_{10} bolj obremenjena pozimi in praktično neobremenjena poleti. V Miklavžu, na Teznem in v Rušah rezultati kažejo občasno višje vrednosti kot na merilnem mestu v Centru. Zrak v okolici mestnih središč je lahko enako ali celo bolj onesnažen z benzo(a)pirenom v delcih PM_{10}, kar bi lahko bila posledica večje uporabe lesne biomase kot energenta.
Zanimivo je dejstvo, da je vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} višja v Rušah kot v Centru, kljub precej nižjim koncentracijam delcev PM_{10}.

Potek srednjih letnih koncentracij za merilno mesto Center v celotnem dosedanjem merilnem obdobju je prikazan na sliki 5.46.

Slika 5.46: Benzo(a)piren v delcih PM_{10} 2008-2020, *merilno mesto Center*

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} v Centru je leta 2020 v povprečju doslej izmerjenih in pod ciljno letno vrednostjo. Trend je usmerjen rahlo navzdol.

Potek srednjih letnih koncentracij za merilno mesto Miklavž v celotnem dosedanjem merilnem obdobju je prikazan na sliki 5.47.

Slika 5.47: Benzo(a)piren v delcih PM_{10} 2019-2020, *merilno mesto Miklavž*

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} v Miklavžu je bila leta 2020 rahlo nižja kot v letu 2019. Izmerjeni vrednosti v obeh letih sta nad ciljno letno vrednostjo.

5.3.4.2 Težke kovine

Meritve vsebnosti težkih kovin svinec, kadmij, arzen in nikelj v delcih PM_{10} 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 2020 v tabeli 5.18. Skupno je bilo odvzetih po 91 vzorcev (časovna pokritost podatkov za vsako kovino je 25 %, razpoložljivost podatkov pa je 100 %).

Tabela 5.18: Vsebnost težkih kovin v delcih PM_{10} - *merilno mesto Center*

Onesnaževalo	Letno povprečje (ng/m³)	Najvišja dnevna koncentracija (ng/m³)	Ciljna/mejna letna vrednost (ng/m³)
Svinec	6,5	29	500
Nikelj	1,4	6,2	20*
Kadmij	0,18	0,67	5,0*
Arzen	0,39	2,6	6,0*

* ciljna vrednost.

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

Srednje mesečne koncentracije težkih kovin v delcih PM_{10} so za svinec in kadmij prikazane na sliki 5.48, za nikelj in arzen pa na sliki 5.49, vse za merilno mesto Center in leto 2020.

Slika 5.48: Mesečne koncentracije svinca in kadmija v delcih PM_{10}, *merilno mesto Center*

Slika 5.49: Mesečne koncentracije niklja in arzena v delcih PM_{10}, *merilno mesto Center*

Koncentracije predstavljenih kovin v delcih PM_{10} v Centru so praviloma višje pozimi kot poleti. V letu 2020 se je pri nekaterih kovinah pojavila najvišja vrednost v mesecu juliju.

Srednje letne koncentracije v Centru v letih 2008-2020 so za svinec na sliki 5.50, nikelj 5.51, kadmij 5.52 in arzen na sliki 5.53.

Slika 5.50: Svinec v delcih PM_{10} 2008-2020, *merilno mesto Center*

Slika 5.51: Nikelj v delcih PM_{10} 2008-2020, *merilno mesto Center*

Slika 5.52: Kadmij v delcih PM_{10} 2008-2020, *merilno mesto Center*

Slika 5.53: Arzen v delcih PM_{10} 2008-2020, *merilno mesto Center*

Že precej časa so koncentracije vseh merjenih kovin v delcih PM_{10} pod ciljnimi (arzen, kadmij, nikelj) oziroma mejnimi (svinec) letnimi vrednostmi. Pri vseh kovinah so trendi usmerjeni navzdol, tudi pri svincu kljub višji 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 ČRNI OGLJIK

Meritve črnega ogljika se na merilnem mestu Krekova/Tyrševa izvajajo od decembra 2013. Rezultati za leto 2020 so v tabeli 5.19.

Tabela 5.19: Vsebnost črnega ogljika v zraku - *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Količina	Krekova/Tyrševa (µg/m³)
Razpoložljivost urnih podatkov	97 %
Letna srednja vrednost	1,8
Zima	2,4
Poletje	1,2

Na sliki 5.54 so srednje mesečne koncentracije črnega ogljika in delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase za merilno mesto Krekova/Tyrševa za leto 2020.

Slika 5.54: Mesečne koncentracije črnega ogljika in njegov delež iz kurjenja lesne biomase, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Koncentracije črnega ogljika so višje pozimi kot poleti. Delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase pozimi dosega 50 %, poleti pa pade na 20 %.

Dnevni hodi koncentracij črnega ogljika poleti, pozimi in skozi celotno leto 2020 so na sliki 5.55.

Slika 5.55: 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 20:00 ure. Pozimi je večerni vrh višji od jutranjega, poleti pa je večerni podobno visok kot jutranji.

Na sliki 5.56 so prikazani dnevni hodi skupne količine črnega ogljika, črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv in črnega ogljika iz kurjenje lesne biomase pozimi in enako na sliki 5.57 poleti.

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

Slika 5.57: Dnevni hod koncentracij črnega ogljika iz fosilnih goriv in lesne biomase, poleti, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Iz slik 5.56 in 5.57 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 in celo preseže delež iz naslova kurjenja fosilnih goriv. Pozimi v večernih urah je črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase do 4 krat več kot poleti.

Na sliki 5.58 so prikazane letne, zimske in poletne koncentracije črnega ogljika ter delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase za obdobje 2014-2020.

Slika 5.58: Skupni črni ogljik ter črni ogljik v zimskem in poletnem času, črni ogljik iz naslova kurjenja lesne biomase (BC (WB)), *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Koncentracija črnega ogljika je bila v letu 2020 glede na pretekla leta najnižja izmerjena, manj smo ga izmerili pozimi kakor tudi poleti. Dolgoletni trend je usmerjen navzdol. Razmerje deleža črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase (34 %) in delež črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv (66%) sta se v letu 2020 spremenila in sicer se delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase povišuje iz leta v leto.

5.5 METEOROLOŠKI PARAMETRI

5.5.1 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 so bile prve popolne meritve šele leta 2012, na Teznem se meritve izvajajo od 2020.

Srednje mesečne temperature zraka za leto 2020 na merilnih mestih Center, Vrbanski plato in Tezno so v tabeli 5.20 in na sliki 5.59. Na obeh merilnih mestih je bilo razpoložljivih 100 % urnih podatkov.

Tabela 5.20: Srednje mesečne temperature zraka - *merilna mesta Center, Vrbanski plato in Tezno*

Mesec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	Srednja letna
Center	1,4	7,3	8,1	13,6	15,6	19,3	21,4	22,3	17,9	12,0	5,3	2,1	12,2
Vrbanski plato	0,0	5,7	6,7	11,4	14,2	18,4	20,2	21,2	16,7	11,1	4,5	1,6	11,0
Tezno	-0,1	6,1	7,2	12,9	15,6	19,6	22,0	22,6	17,7	11,3	4,3	1,6	11,7

Slika 5.59: Mesečne temperature zraka, *merilni mesti Center in Vrbanski plato*

Temperatura zraka je bila skoraj v vseh mesecih preteklega leta v Centru višja kot na Vrbanskem platoju in na Teznem (izjema so meseci junij, julij in avgust ko je bilo na Teznem izmerjena višja temperatura kot v Centru).

Tudi meritve temperature zraka potekajo že precej dolgo, tako da lahko opazujemo letne trende. Na sliki 5.60 prikazujemo srednjo letno temperaturo zraka ter temperaturo pozimi in poleti v letih 1997 do 2020 v Centru.

Slika 5.60: Temperatura zraka 1997-2020, *merilno mesto Center*

Srednja letna temperatura zraka je bila v letu 2020 nadpovprečna in za 0,2 °C višja od povprečja let 1997-2019 in najvišja izmerjena v navedenem obdobju. Izmerjena temperatura v poletnem času je v pod povprečjem do sedaj izmerjenih, v zimskem času pa nad povprečjem izmerjenih.

Odstopanje srednjih mesečnih temperatur za leto 2020 od dolgoletnega povprečja v obdobju 1998–2019 je prikazano na sliki 5.61.

Slika 5.61: Odstopanje mesečne temperature zraka v letu 2020 od povprečja 1997-2019, *merilno mesto Center*

Srednja mesečna temperatura v letu 2020 je bila višja od povprečja 1997-2019 v mesecih januar, februar, marec, april, avgust, september in december.

5.5.2 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 5.21 so prikazani razpoložljivost deset minutnih podatkov ter povprečna mesečna in najvišja 10 minutna hitrost vetra za posamezne mesece in za celotno koledarsko leto. V tabeli 5.22 pa sta pogostost pojavljanja določene smeri vetra v koledarskem letu in povprečna hitrost vetra pri tej smeri. Na sliki 5.62 je roža vetrov za leto 2020 za merilno mesto Vrbanski plato skupaj s povprečno hitrostjo vetra iz posamezne smeri.

Tabela 5.21: Razpoložljivost podatkov, povprečna mesečna in najvišja polurna hitrost vetra

Mesec	Razpoložljivost podatkov (%)	Povprečna mesečna hitrost vetra (m/s)	Najvišja 10 minutna hitrost vetra (m/s)
januar	100	1,4	10,5
februar	100	2,1	10,4
marec	100	2,3	7,1
april	100	2,1	6,6
maj	100	2,2	8,2
junij	100	2,2	9,0
julij	100	2,1	8,4
avgust	100	2,1	6,8
september	100	1,9	7,4
oktober	100	1,9	7,0
november	100	1,5	4,3
december	100	1,5	8,9
skupaj	100	1,9	10,5

Tabela 5.22: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečna hitrost po smereh

Smer	Pogostost pojavljanja smeri vetra (%)	Povprečna hitrost vetra (m/s)
S	8	1,9
SSV	4	1,6
SV	3	1,6
VSV	3	1,7
V	5	2,0
VJV	5	2,1
JV	7	2,8
JJV	5	3,0
J	2	2,1
JJZ	1	2,1
JZ	2	2,0
ZJZ	3	1,9
Z	13	2,3
ZSZ	15	1,9
SZ	14	1,5
SSZ	10	1,5

Slika 5.62: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečna hitrost po smereh, leto 2020, *merilno mesto Vrbanski plato*

Najpogostejša smer vetra je ZSZ, ki se pojavlja okrog 15 % 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 četrtino leta. V primerjavi s preteklimi leti se pogostost smeri vetra ni bistveno spremenila.

5.5.3 Rože kakovosti zunanjega zraka

Na podlagi meritev smeri vetra lahko ugotavljamo, 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 2010 predstavljene samo za neprekinjene meritve na merilnem mestu Vrbanski plato: slika 5.63 za dušikove okside in dušikov dioksid ter slika 5.64 za delce PM_{10} in $PM_{2,5}$.

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, JV, J, ZJZ), najvišje koncentracije delcev pa iz severne smeri (SSV, SSZ).

Slika 5.63: Roža kakovosti zraka za NO_x in NO_2 v letu 2020, *merilno mesto Vrbanski plato*

Slika 5.64: Roža kakovosti zraka za delce PM_{10} in $PM_{2,5}$ v letu 2020, *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 uspele 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	µg/m^3	500*	20	
dušikov dioksid	µg/m^3	200**		40
ozon	µg/m^3	100***		
delci PM_{10}	µg/m^3		50	20
delci $PM_{2,5}$	µg/m^3		25	10
ogljikov monoksid	mg/m^3	10***		
svinec	µg/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 PM_{10} 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 PM_{10}** so bile nad priporočeno letno vrednostjo po smernicah SZO 20 µg/m^3 na merilnih mestih Center, Krekova/Tyrševa in Miklavž. Na Teznem je bila priporočena letna vrednost dosežena, na ostalih merilnih mestih pa pod njo.

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

Škodljivi učinki na zdravje ljudi zaradi visokih koncentracij delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$, ki so še bolj škodljivi kot delci PM_{10}, 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 novejše 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 PM_{10} 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, Tezno in Vrbanski plato. Najvišja osemurna koncentracija je bila na Pohorju 129 µg/m^3, na Teznem 118 µg/m^3 in Vrbanskem platoju 128 µg/m^3, kar kaže na prekoračitve vrednosti iz smernic SZO, ki je 100 µg/m^3. Ta vrednost je bila presežena na Pohorju v 70 dneh, na Teznem 23 in na Vrbanskem platoju v 52 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.

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 99 µg/m^3, na Vrbanskem platoju 45 µg/m^3 in na Teznem 129 µg/m^3, kar pomeni, da vrednost iz smernice SZO ni bila presežena, povprečna letna koncentracija je bila 25 µg/m^3, kar je tudi pod vrednostjo iz 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 NO_2 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.

Za **arzen in nikelj** ni zadostnih dodatnih novih spoznanj, ki bi vplivala 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 zdravja 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 zdravja ljudi v zunanjem zraku v Mariboru bi bilo potrebno zniževati koncentracije tega onesnaževala.

Žveplovega dioksida v tem poročilu sicer ne omenjamo, meritve v preteklosti 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 2020 je v poročilu Evropske agencije za okolje /15/ za Slovenijo pripisanih 1700 predčasnih smrti delcem $PM_{2,5}$, 50 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 U*redbo 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 PM_{10} 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 2020 in preteklih letih so ravni onesnaževal glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag na območju SIC (merilni mesti Pohorje in Ruše) in aglomeraciji SIM (merilna mesta Center, Vrbanski plato, Tezno, 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 na voljo dovolj podatkov, smo uporabili krajša obdobja.

Tabela 7.2: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag na podlagi meritev v preteklih 5 letih (2016-2020)

Območje	SO_2	NO_2	NO_x	PM_{10}	$PM_{2,5}$	svinec	CO	benzen	arzen	kadmij	nikelj	b(a)p
Center	/	1	*	3	**	1	/	**	1	1	1	3
Krekova/Tyrševa	/	/	/	2	3	/	/	/	/	/	/	/
Tezno	/	1	/	2	/	/	/	/	/	/	/	3
Vrbanski plato	/	1	1	2	3	/	/	/	/	/	/	/
Radvanje(2017-2020)	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/
Miklavž	/	/	/	3	/	/	/	/	/	/	/	3
SIM	**/**	**1**	**1**	**3**	**3**	**1**	**/**	**	**1**	**1**	**1**	**3**
Ruše(2017-2020)	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	3
Pohorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SIC	**/**	**/**	**/**	**2**	**/**	**/**	**/**	**/**	**/**	**/**	**/**	**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
** premalo veljavnih podatkov v letu 2020 za določitev ravni onesnaževala

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 2020 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 pod spodnjim 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 zunanjega 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 delci PM_{10} - v Rušah so bile koncentracije med zgornjim in spodnjim ocenjevalnim pragom, kar se razlikuje od razvrstitve iz Odredbe, kjer je nad zgornjim ocenjevalnim pragom,
- rezultati analiz vsebnosti benzo(a)pirena v delcih PM_{10} kažejo, da je v Rušah nad zgornjim ocenjevalnim pragom, kar pomeni, da je ocena ravni v SIC nad zgornjim ocenjevalnim pragom,
- ocena ravni preostalih onesnaževal v SIC pa ni možna.

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 2020 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	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 2020

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
Krekova/Tyrševa				II	II								
Tezno													I
Vrbanski plato		II	II	II	II				I				
Radvanje				II									
Miklavž				II									I
SIM		II	II	II	II	II			I	II	II	II	I
Ruše				II									II
Pohorje									II				
SIC				II					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 2020, 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 PM_{10} na merilnih mestih v Centru, na Krekovi/Tyrševi, na Teznem, na Vrbanskem platoju, v Radvanju ter v Miklavžu so pod mejno vrednostjo, zaredi česar bi se lahko območje SIM razvrstilo v II. stopnjo onesnaženosti zraka,
- delci PM_{10} na merilnem mestu v Rušah niso preko mejne vrednosti, zaradi česar bi se lahko območje SIC razvrstilo v II. stopnjo onesnaženosti zraka,
- benzo(a)piren v delcih PM_{10} na merilnem mestu v Miklavžu so nad ciljno vrednostjo, območje SIM bi se lahko razvrstilo v I. stopnjo onesnaženosti zraka,
- meritve benzena in ogljikovega monoksida se v letu 2020 niso izvajale dovolj dolgo, tako da razvrstitev v stopnjo onesnaženosti zraka ni možna,
- ozon na merilnem mestu Pohorje kaže, da so koncentracije pod ciljno vrednostjo, tako da bi se lahko območje SIC razvrstilo 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 PM_{10}. Z omenjenim predpisom je določeno, da se ukrepi iz tega odloka izvajajo najmanj tako dolgo, dokler kakovost zunanjega zraka ne doseže mejnih vrednosti za delce PM_{10} iz predpisa, ki ureja kakovost zunanjega zraka.

Kot vidimo iz zgornjih tabel, so bile v letu 2020 koncentracije delcev PM_{10} na merilnih mestih v aglomeraciji SIM in SIC pod predpisanimi mejnimi vrednostmi. Nad zgornjim ocenjevalnim pragom so bile koncentracije delcev PM_{10} ter benzo(a)pirena v delcih PM_{10} (slednji v Miklavžu celo nad ciljno vrednostjo). Koncentracije dušikovega dioksida v aglomeraciji SIM pa so bile pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Vsebnost ozona na merilnem mestu Pohorje, Tezno ter na Vrbanskem platoju 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 s

osednjih 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, ogljikov monoksid, težke kovine), vsaj ohranja.

Število preseganj mejne dnevne vrednosti delcev PM_{10} v letu 2020 na merilnem mestu Center ni bilo nad dovoljenim (na to imajo tudi velik vpliv tudi meteorološke razmere), vendar so v zimskem času na nekaterih drugih lokacijah v sosednjih občinah izmerjene enake ali občasno celo višje koncentracije delcev PM_{10}, kar še potrjuje dejstvo da je treba kakovost zunanjega zraka reševati v širšem prostorskem okviru - onesnaževala namreč 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/m^3, kar pomeni, da bi za doseganje ciljnega zmanjšanja do leta 2020 morali to vrednost zmanjšati za 20 % na 17,3 µg/m^3. Vrednost KPI za merilno mesto Vrbanski plato je v letu 2020 (povprečje zadnjih treh let) znašala 14,2 µg/m^3, kar pomeni znižanje glede na začetno koncentracijo v letu 2011 za 34 %, tako da je obveznost glede stopnje izpostavljenosti dosežena.

Kot smo že pri delcih ugotovili, so koncentracije v občinskih središčih nekaterih sosednjih občin praktično enake ali pozimi celo višje kot v središču mesta - obrobja občin, v katerih okolici ni vplivnih virov, pa so 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 2020 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 ter zaradi dolgotrajnejše okvare benzena. 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 boljšo sliko glede kakovosti zunanjega zraka na širšem območju. Srednje letne koncentracije benzo(a)pirena v Centru so že več let okrog mejne letne vrednost, meritve v Miklavžu na Dravskem polju so pokazale vrednosti nad njo - iz tega razloga bi 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 PM_{10}. Ukrepi, opisani v njem, so potrebni za zmanjšanje koncentracij delcev (PM_{10} in $PM_{2,5}$) pa tudi benzo(a)pirena v delcih PM_{10}, dušikovih oksidov in ozona.

V primerjavi z ostalimi državami iz poročila »Air Quality in Europe – 2020 report« /15/, je Slovenija zaradi onesnaženosti z delci PM_{10} na 18., zaradi delcev $PM_{2,5}$ na 12., zaradi ozona na 7., zaradi dušikovega dioksida na 24., zaradi benzo(a)pirena v delcih PM_{10} pa na 8. mestu. Za ostala onesnaževala (žveplov dioksid, ogljikov monoksid, benzen in težke kovine) ni podrobnejše opredelitve. Primerjave onesnaževal PM_{10}, $PM_{2,5}$, O_3 ter NO_2 kažejo na dolgoletni trend zmanjševanja izpostavljenosti prebivalcev kljub veliki medletni variabilnosti koncentracij. Iz vidika emisij so glavni onesnaževalci zunanjega zraka z delci PM_{10}, $PM_{2,5}$, CO, BC ter benzo(a)pirenom komercialne in institucionalne dejavnosti ter gospodinjstva, glavni onesnaževalec z NO_x pa je cestni promet.

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/delovna-podrocja/zrak/merjenje-kakovosti-zunanjega-zraka/?no_cache=1

V času med 01.10. ter 01.04. se izdaja napoved ravni onesnaženosti z delci PM_{10}, 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 PM_{10} v večini primerov podobno visoke ob istih dnevih na vseh merilnih mestih.

V času napovedanih visokih koncentracij delcev PM_{10} 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 2020 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 2020. Pri oceni števila preseganj osemurne ciljne vrednosti ozona je upoštevano triletno povprečje.

Tabela 7.5: Pregled izmerjenih vrednosti v letu 2020 in usklajenosti z zakonodajo

Onesnaževalo	NO_2	NO_2	O_3	PM_{10}	PM_{10}	$PM_{2,5}$	Pb v PM_{10}	Cd v PM_{10}	As v PM_{10}	Ni v PM_{10}	B(a)P v PM_{10}
	letna	urna	osemurna	letna	dnevna	letna	letna	letna	letna	letna	letna
	µg/m³	št. preko	št. preko	µg/m³	št. preko	µg/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³	ng/m³
Center	25	0		22	15		6,5	0,18	0,39	1,4	0,9
Krekova/Tyrševa				21	13	16					
Tezno	21	0	0*	20	9						1,3
Vrbanski plato	8	0	24	16	3	12					
Pohorje			16								
Miklavž				22	24						1,7
Radvanje				17	4						0,8
Ruše				18	12						1,4
mejna oz. ciljna	40	18	25	40	35	25	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

Tabela 7.6: Pregled usklajenosti z zakonodajo v letu 2020

Onesnaževalo	NO_2	NO_x	O_3	PM_{10}	$PM_{2,5}$	Pb v PM_{10}	Cd v PM_{10}	As v PM_{10}	Ni v PM_{10}	B(a)P v PM_{10}
Center	☺			😐		☺	☺	☺	☺	😐
Krekova/Tyrševa				😐	😐					
Tezno	☺		☺	😐						😐
Vrbanski plato	☺	☺	☺	😐	😐					
Pohorje			☺							
Miklavž				😐						☹
Radvanje				😐						😐
Ruše				😐						😐

8 LITERATURA IN VIRI

/1/ Zakon o varstvu okolja (ZVO-1), Uradni list RS štev. 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 2019, NLZOH Maribor 2020

/3/ Mesečna poročila o kakovosti zraka NLZOH Maribor, januar - december 2020

/4/ Arhiv, interna poročila ZZV, Inštitut za varstvo okolja Maribor 1984 – 2014 ter NLZOH 2015-2020

/5/ Agencija RS za okolje: Onesnaženost zraka v Sloveniji (mesečna poročila 2020) in Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2019, Ljubljana 2020

/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, 3nd International Congress in Klagenfurt on Worthersee

/9/ »Aquella« Peggau Bestimung von Immissionsbeitraegen 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, Summarx 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 PM_{10} v Sloveniji«, Agencija RS za okolje, Ljubljana, november 2007

/13/ PM_{10} Datenanalyse, Grobabschatzung des PM_{10}-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 – 2020 report, EEA Report No 09/2020

/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 PM_{10}, 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 1-127, Last update 26 June 2020, spletna stran: https://monographs.iarc.fr/

/28/ Povišane ravni delcev PM_{10} 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