



KAKOVOST ZUNANJEGA ZRAKA V MESTNI OBČINI MARIBOR IN SOSEDNIH OBČINAH V LETU 2022



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

Maribor, avgust 2023

Naslov: Kakovost zunanjega zraka v mestni občini Maribor in sosednjih občinah v letu 2022

Izvajalec: Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano
CENTER ZA OKOLJE IN ZDRAVJE
ODDELEK ZA ZRAK, HRUP, PVO IN AEROBIOLOGIJO
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 PM₁₀, benzen, težke kovine v delcih PM₁₀ ter benzo(a)piren v delcih PM₁₀

Naročnik: MESTNA OBČINA MARIBOR
Ulica heroja staneta 1
2000 MARIBOR

Evidenčna oznaka: 2930-09/1579-22 / 14

Delovni nalog: 41001-808/2019-10 z dne 10.12.2019; Aneks 3 41001-808/2019-40 z dne 27.12.2021

Dejavnost: 2930 – Enota za kakovost zunanjega zraka

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

Sodelavec: Jan Radanović, kem.tehn.

Maribor, 28.08.2022

Preverjanje istovetnosti dokumenta: <https://www.nlzoh.si/istovetnost>

POVZETEK

V meritve kakovosti zunanjega zraka, ki so v letu 2022 potekale v merilni mreži Maribora in sosednjih občin, državni merilni mreži kakovosti zraka (DMKZ), ki jo upravlja Agencija RS za okolje, ter dodatne meritve iz projekta PMinter, so bila vključena naslednja onesnaževala: dušikovi oksidi (NO_x in NO_2), ozon (O_3), delci (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{01}), 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 skoraj 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) je bila presežena na Teznem. Urne koncentracije pa niso bile tako visoke, da bi bila na katerem merilnem mestu kadarkoli presežena opozorilna ali alarmna vrednost. Koncentracije ozona se na merilnem mestu Pohorje znižujejo, na Vrbanskem platoju je zaznaven rahel trend zniževanja vrednosti. Na Teznem je zaznaven trend zviševanja vrednosti.

Poseben problem predstavljajo delci PM_{10} , vendar tudi v letu 2022 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 (januar, marec in december). 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 pozimi na merilnem mestu Miklavž višja kot na merilnem mestu Center, višje pa je tudi število preseganj mejne dnevne vrednosti.

Koncentracije delcev $\text{PM}_{2,5}$ so bile na Vrbanskem platoju, v Centru in na Krekovi/Tyrševi pod mejno letno vrednostjo. Dolgoletni trend delcev $\text{PM}_{2,5}$ je še vedno usmerjen navzdol. Trend koncentracij delcev PM_{01} na merilnem mestu Krekova/Tyrševa pa je tudi usmerjen navzdol.

Koncentracije črnega ogljika so bile v letu 2022 višje kot v letu pred tem, razmerje med deležem črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase (27 %) in iz naslova izgorevanja fosilnih goriv (73 %) se je spremenilo v prid izgorevanja fosilnih goriv.

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 pod povprečjem doslej izmerjenih vrednosti, trend pa je 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 je presežena.

Mejne in ciljne vrednosti za varovanje zdravja ljudi že več let niso bile 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 za vsa onesnaževala razen za ozon pozimi slabša 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.

Na merilnem mestu Tyrševa/Krekova se je kazalo poviševanje deleža črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase v celotnem obdobju meritev 2015-2020, razen v letih 2021 ter 2022. V letu 2022 je bil delež kurjenja lesne biomase na nivoju leta 2018. Razlog za to gre iskati v 12,6 % povečanju prometa mimo merilnega mesta v letu 2022 v primerjavi z letom 2021 (in s tem tudi povečanju emisij iz cestnega prometa v letu 2022 proti letu 2021). V letu 2022 je bila količina prometa na Krekovi ulici najvišja izmerjena v celotnem merilnem obdobju (2013-2022). Povečanje v letu 2021 v primerjavi z letom 2020 gre pripisati zaprtju Koroške ceste, pa tudi vplivu koronskih omejitev (manjši promet v letu 2020). Povišanje v letu 2022 bi lahko pripisali zaprtju Lenta zaradi obnove od sredine leta 2022 naprej.

Iz tega bi lahko sklepali, da se je prispevek emisij onesnaževal na merilnem mestu Krekova/Tyrševa s strani cestnega prometa v letu 2022 povečal, kar dobro razloži poviševanje deleža črnega ogljika iz naslova fosilnih goriv proti črnemu ogljiku iz kurjenja lesne biomase. Če povzamemo te ugotovitve, je na 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 (večdnevni pojavi visokih koncentracij).

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

Temperatura zraka je bila nad dolgoletnim povprečjem.

Kakovost zunanjega zraka je najboljša zjutraj pred sončnim vzhodom, najslabša pa zvečer.

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

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 se lahko pričakuje 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 napram ostalim prebivalcem 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. Veliko tveganje za poslabšanje kakovosti zunanjega zraka predstavljajo tudi negotove razmere, povezane s podražitvami energentov (plin, kurilno olje, elektrika) saj se lahko namesto njih pričakuje povečanje uporabe lesne biomase (drv).

KAZALO

	Stran
POVZETEK	3
KAZALO	5
1 UVOD	6
2 STALNA MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV	8
3 METODOLOGIJA	13
3.1 <i>MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNJIH OBČIN</i>	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 <i>PM_{inter}, MERILNO MESTO KREKOVA/TYRŠEVA</i>	15
3.2.1 DELCI PM ₁₀ , PM _{2,5} in PM ₀₁ (GRIMM).....	15
3.2.2 ČRNI OGLJIK BC.....	16
3.3 <i>ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI</i>	17
4 ZAKONSKI OKVIR	18
5 REZULTATI MERITEV	23
5.1 <i>DUŠIKOVI OKSIDI</i>	24
5.1.1 Dušikov dioksid.....	24
5.1.2 Dušikovi oksidi.....	28
5.2 <i>OZON</i>	33
5.3 <i>DELCI IN ANALIZE</i>	42
5.3.1 Delci PM ₁₀	42
5.3.2 Delci PM _{2,5}	52
5.3.3 Delci PM ₀₁	58
5.3.4 Analize delcev PM ₁₀	62
5.4 <i>BENZEN</i>	69
5.5 <i>ČRNI OGLJIK</i>	72
5.6 <i>METEOROLOŠKI PARAMETRI</i>	76
5.6.1 Temperatura zraka.....	76
5.6.2 Smer in hitrost vetra.....	78
5.6.3 Rože onesnaženja zunanjega zraka.....	79
6 ZNAČILNOSTI	81
6.1 <i>MOŽNI VPLIVI KAKOVOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI</i>	81
7 SKLEPNE UGOTOVITVE	84
8 LITERATURA IN VIRI	91

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 2022 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, dogovorjenim s pogodbami z MOM ter občinama 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 PMinter¹. Poročilo o kakovosti zunanjega zraka v mestni občini Maribor in sosednjih občinah vključuje vse rezultate meritev v merilni mreži Maribora in sosednjih občin, državni merilni mreži ter dodatnih meritev iz projekta PMinter v letu 2022.

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 merilni mesti 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 Vrbanškem 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 v letu 2022 glede na leto 2021 ni spremenil.

V letu 2022 so se izvajale meritve onesnaževal, na katere se v skladu z zakonodajo nanaša ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka, meteoroloških parametrov in nekaterih dodatnih onesnaževal, razen žveplovega dioksida, katerega koncentracije so že leta zelo nizke:

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

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

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

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

2 STALNA MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV

Podatki o stalnih merilnih mestih so v tabeli 2.1, prostorsko je njihova lega prikazana na sliki 2.1. Podatki o merilnih mestih glede na tip mesta in območja, njihovo značilnost in geografski opis so v tabeli 2.2.

Tabela 2.1: Stalna merilna mesta: lokacija in parametri

Merilno mesto - naslov	Višina nad morjem in tlemi (m)	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} , benzen, 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 , O ₃ , 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
Pohorje – Belvi*	1043+2,5	544804 152582	544434 153067	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)

T – temperatura zunanjega zraka

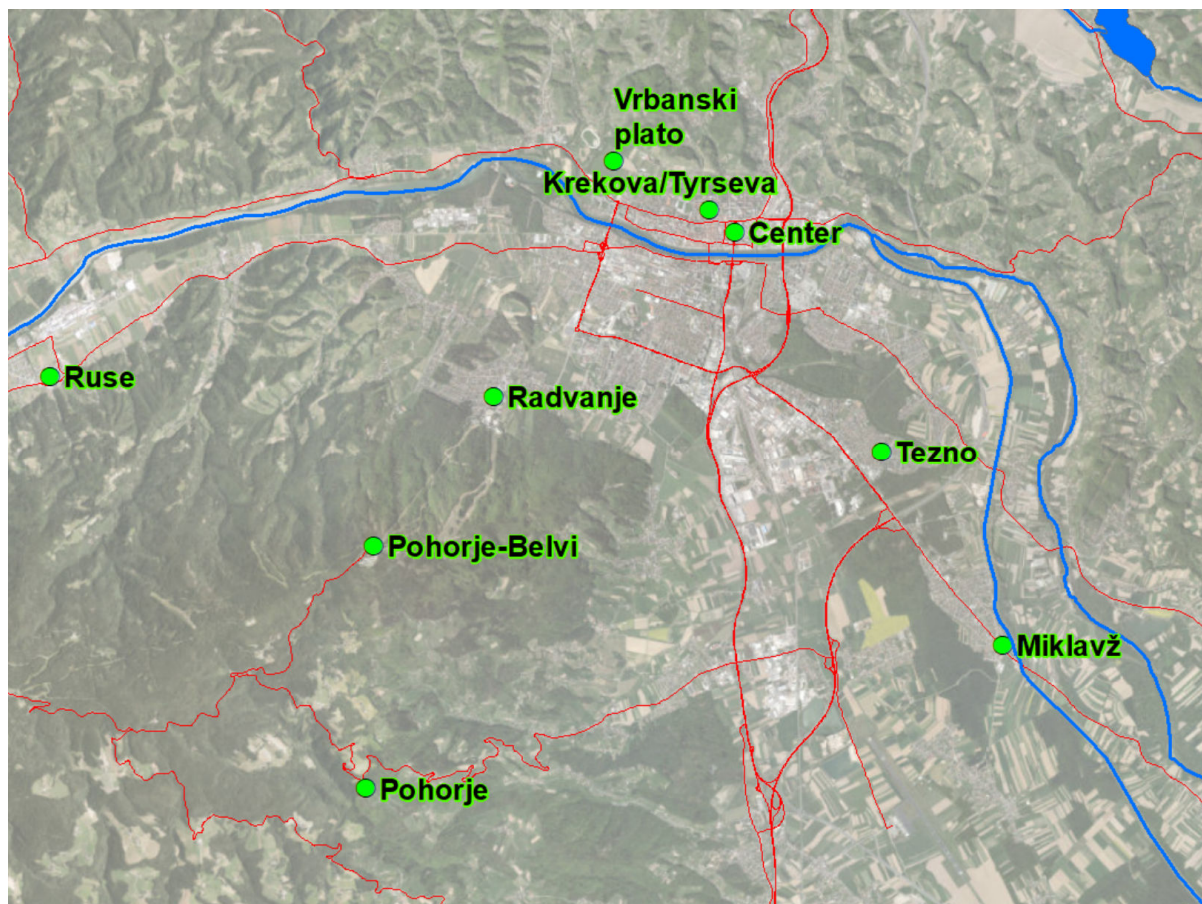
* - Meritve na merilnem mestu Pohorje so se izvajale do 13.12.2022, nato je bila oprema prestavljena na merilno mesto Pohorje – Belvi.

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
Pohorje – Belvi	B	R	N	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 k tabeli 2.2:

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 zunanjega zraka v letu 2022

Na fotografijah 2.1 do 2.9 so prikazana stalna merilna mesta (lokacija merilne opreme je na nekaterih fotografijah označena z belo puščico).



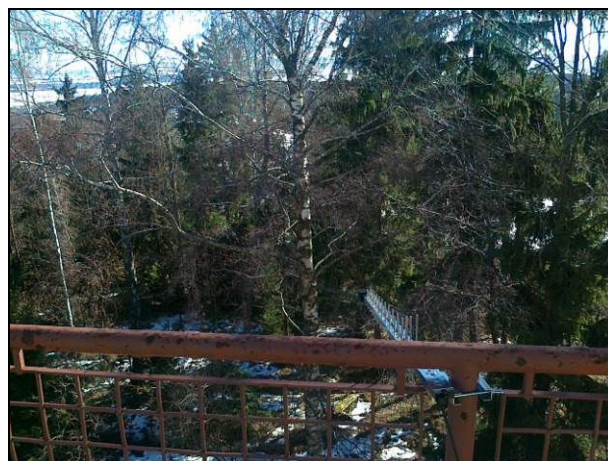
Fotografija 2.1: Merilno mesto Center



Fotografija 2.2: Merilno mesto Vrbanski plato



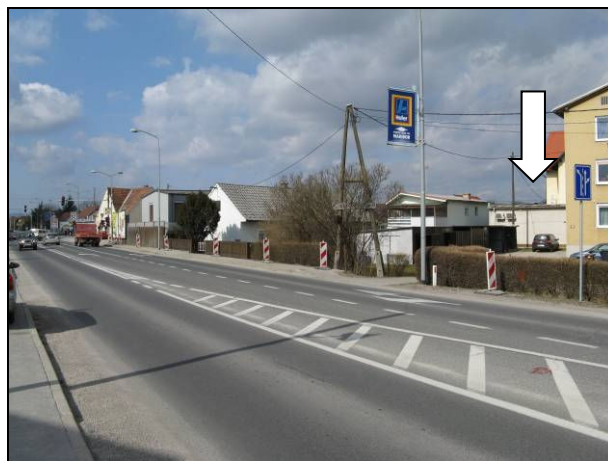
Fotografija 2.3: Merilno mesto Tezno



Fotografija 2.4: Merilno mesto Pohorje



Fotografija 2.5: Merilno mesto Radvanje



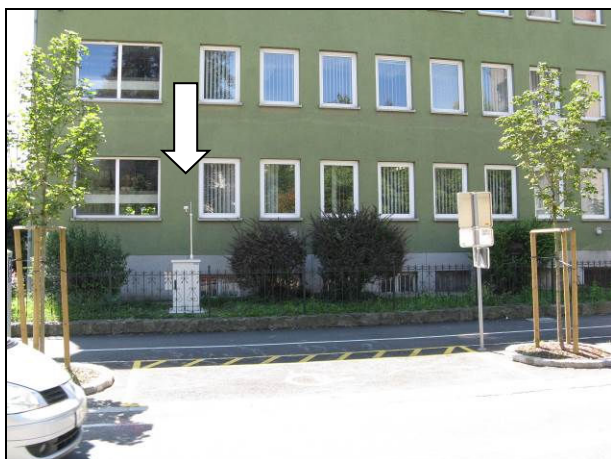
Fotografija 2.6: Merilno mesto Miklavž na Dravskem polju



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 2022

Merilno mesto	Parameter	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
CENTER	NO ₂ , NO _x												
	PM ₁₀ (ref)												
	PM ₁₀ , PM _{2,5} (neref)												
	Benzen												
	b(a)p in TK v PM ₁₀												
VRBANSKI PLATO	T												
	NO _x , NO ₂												
	O ₃												
	PM ₁₀ , PM _{2,5} (neref)												
	PM ₁₀ (ref)												
TEZNO	PM _{2,5} (ref)												
	NO _x , NO ₂ , O ₃												
	PM ₁₀ (neref, ref), b(a)p v PM ₁₀												
POHORJE/ POHORJE-BELVI	T												
	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 določitev 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 $\text{PM}_{2,5}$ potekajo 24 ur, rezultati so dnevne koncentracije, ki so na voljo šele po tehtanju vzorčenih filtrov, kar je lahko tudi več kot 14 dni po vzorčenju. Za določitev benzo(a)pirena v delcih PM_{10} so potrebne kombinacije vzorčevalnih in analitskih metod; rezultati so znani šele po zaključku analiz. Meritve delcev PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ pa potekajo še z nereferenčno metodo, katere rezultat so urne koncentracije onesnaževal. Le te so namenjene ažurnemu 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 dnevni preverjanju delovanja merilnikov.

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

3.1 MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNIJH OBČIN

3.1.1 DUŠIKOV DIOKSID IN DUŠIKOVI OKSIDI

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

Ker pa se v zraku nahajata tako NO kot NO_2 , je potrebno najprej ves NO_2 spremeniti v NO, kar se zgodi v $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$ molibdenovem konverterju, segretem na 325°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 $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$ konverterja, za ugotavljanje dušikovih oksidov v vzorčenem zraku. Po drugi strani pa vstopi zrak v merilnik skozi pregrado, ki ga očisti in nato vodi skozi generator ozona, ki proizvede ozon za kemiluminiscenčno reakcijo. V reakcijski komori ozon reagira z NO, pri čemer se proizvede NO_2 , pri tem pa posebni senzor zazna količino nastale svetlobe. Določijo se koncentracije NO in NO_x , ki se shranijo v spomin, razlika v koncentracijah se uporabi za izračun NO_2 .

Tehnične karakteristike analizatorja:

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

3.1.2 OZON

UV absorpcijski analizator ozona 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 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 uporabljenih valovnih dolžin. Analizator je bil uspešno testiran na zavračanje interferenčnih vplivov žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, vode in metaksilena.

Tehnične karakteristike analizatorja (API model 400; merilno mesto Pohorje):

<i>Merilno območje:</i>	0.1-10.000 ppb (0,2 – 20.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Spodnja meja zaznavanja:</i>	< 0.6 ppb (1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Linearnost:</i>	boljša kot 1 % polne skale
<i>Natančnost:</i>	0.5 % odčitka
<i>Pomik ničle (24 ur)*:</i>	< 1.0 ppb (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Pomik ničle (7 dni)*:</i>	< 1.0 ppb (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Stabilnost kalibracijske vrednosti*:</i>	< 1 % odčitka
*pri konstantni temperaturi in napetosti	

Tehnične karakteristike analizatorja (Thermo Scientific, model 49i; merilno mesto Tezno):

<i>Merilno območje:</i>	0 - 200 ppm (0 – 400.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Spodnja meja določljivosti:</i>	< 1,0 ppb (< 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Linearnost:</i>	± 1 % polne skale
<i>Pomik ničle (24 ur):</i>	< 1.0 ppb (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Pomik ničle (7 dni):</i>	< 1.0 ppb (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Stabilnost kalibracijske vrednosti:</i>	< 1 % odčitka

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 (Tapped Element Oscilating Mikrobalance) – mikrotehtanje oscilirajočega elementa. Spreminjajoča masa steklenega elementa, ki je zaključen s filtrom, povzroči spremembo frekvence njegovega nihanja. Iz spremembe frekvence se določi sprememba mase elementa s filtrom.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	3.0 l/min
<i>Merilno območje:</i>	vsaj 5-5000 µg/m ³
<i>Spodnja meja zaznavanja:</i>	10 ng, 0,06 µg/m ³ (1 urno povprečje)

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

3.1.4 DELCI PM₁₀ (REFERENČNA METODA)

Delce PM₁₀ vzorči vzorčevalnik z nizkim volumskim pretokom (LVS). Velikost vzorčenih delcev je odvisna od vzorčevalne glave, ki spusti v merilnik samo velikostno frakcijo delcev PM₁₀. Uporabljamo merilnike proizvajalcev Leckel (SEQ 47/50) in Tecora (Skypost PM HV). Meritve potekajo v skladu z referenčno merilno metodo opisano v standardu *SIST EN 12341*. Merilnik zagotavlja konstantni pretok skozi napravo. Vzorčenje poteka na filterih - uporabljajo se stekleni filtri Munktell premera 47 mm. Masa delcev na filtru se določi s tehtanjem filtrov v pred vzorčenjem in po njem. Spodnja meja določljivosti tehtanja je 0,00001 g. Vzorčenje na posamezen filter poteka približno od 0:00 ure začetnega dne do 0:00 ure naslednjega dne.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	2,3 m ³ /h
<i>Merilno območje:</i>	vsaj 1-200 µg/m ³

3.1.5 ANALIZE VSEBNOSTI BENZO(A)PIRENA V DELCI PM₁₀

Referenčna metoda za vzorčenje policikličnih aromatskih ogljikovodikov v zunanjem zraku je tista, ki je opisana v *SIS EN 12341* Zunanji zrak – standardna gravimetrijska metoda za določevanje masne koncentracije frakcije lebdečih delcev PM₁₀. Analiza pa poteka v skladu z *SIST EN 15549:2008*.

Podrobnosti:

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

3.2 PMinter, MERILNO MESTO KREKOVA/TYRŠEVA

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

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

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

Tehnične karakteristike merilnika:

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

3.2.2 ČRNI OGLJIK BC

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

Tehnične karakteristike merilnika:

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

3.3 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. Merilnik Grimm je preverjen 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, 44/22
- Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku, Ur. l. RS št. 56/06, 44/22
- Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 55/11, 6/15, 5/17, 44/22
- Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 38/17, 3/20, 152/20, 203/21, 44/22, 30/23

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
		Mejna	ŠT	Mejna	ŠT	
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					20
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 PM₁₀ uporabi naključno vzorčenje, je treba oceniti 90,4 percentilno vrednost namesto števila preseganj, na katerega znatno vpliva pokritost podatkov. Za skladnost z mejno vrednostjo mora biti 90,4 percentilna vrednost nižja ali enaka mejni dnevni vrednosti 50 µg/m³.

Občasno na ravni delcev PM₁₀ 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/m³, in vrednostjo 80 µg/m³, 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/m ³	-	-	75	3	12
dušikov dioksid	µg/m ³	140	18	-	-	32
dušikovi oksidi	µg/m ³	-	-	-	-	24
delci PM ₁₀	µg/m ³	-	-	35	35	28
delci PM _{2,5}	µg/m ³	-	-	-	-	17
ogljikov monoksid	mg/m ³	7*	-	-	-	-
benzen	µg/m ³	-	-	-	-	3,5
svinec v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	350
kadmij v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	3,0
arzen v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	3,6
nikelj v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	14
benzo(a)piren v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	0,6

* 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/m ³	-	-	50	3	8
dušikov dioksid	µg/m ³	100	18	-	-	26
dušikovi oksidi	µg/m ³	-	-	-	-	19,5
delci PM ₁₀	µg/m ³	-	-	25	35	20
delci PM _{2,5}	µg/m ³	-	-	-	-	12
ogljikov monoksid	mg/m ³	5*	-	-	-	-
benzen	µg/m ³	-	-	-	-	2,0
svinec v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	250
kadmij v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	2,0
arzen v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	2,4
nikelj v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	10
benzo(a)piren v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	0,4

* 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 $\text{PM}_{2,5}$, 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 $\text{PM}_{2,5}$, 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 $\text{PM}_{2,5}$, 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 $\text{PM}_{2,5}$, 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 dopolnitvami 3/20, 152/20, 203/21, 44/22, 30/23). Glede na mejne vrednosti je za aglomeracijo SIM ter za območje SIC za vsa onesnaževala 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 začetku marca 2022 je bil ukinjen Odlok o načrtu za kakovost zraka za aglomeracijo Maribor (Ur. l. RS 160/20). V omenjenem odloku je bila aglomeracija Maribor razvrščena v I. stopnjo onesnaženosti zraka zaradi delcev PM₁₀.

S 01.04.2023 je prenehal veljati Odlok o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka (Ur. l. RS 67/18, 2/20, 160/20, 203/21, 33/23). V njem so bila določena podobmočja glede obremenjenosti zraka zaradi onesnaženosti z delci PM₁₀ na podlagi ocene o kakovosti zunanjega zraka in ocene o obsegu območja za učinkovito izvajanje ukrepov za izboljšanje kakovosti zunanjega zraka.

V pripravi je tudi revizija sedanje direktive o kakovosti zunanjega zraka, katera bo zaostрила trenutno predpisane mejne vrednosti /33/.

5 REZULTATI MERITEV

Podrobnejši rezultati meritev na stalnih merilnih mestih v merilni mreži Maribora in sosednjih občin, iz projekta PMinter in v državni merilni mreži so bili predstavljeni v mesečnih poročilih. V nadaljevanju tega poročila rezultati niso več ločeni glede na merilno mrežo. Vse posamezne izmerjene koncentracije so bile ponovno pregledane in preračunane, tako da so v nadaljevanju vsi podatki in rezultati uradni ter nadomeščajo podatke iz mesečnih poročil. V tem poglavju navajamo povprečne letne koncentracije onesnaževal in meteoroloških parametrov, povprečne in najvišje koncentracije za posamezna merilna obdobja, kratkotrajne koncentracije, število preseganj in druge vrednosti v primerjavi z normativnimi vrednostmi. Rezultati meritev na stalnih merilnih mestih so pridobljeni iz polurnih oziroma urnih podatkov. V tabelah navajamo tudi razpoložljivost podatkov za izračun ustreznih vrednosti, ki jo lahko primerjamo z najmanjšo zahtevano razpoložljivostjo po pravilniku, ki znaša za večino onesnaževal 90 %, le za ozon ter z njim povezan NO₂ je 90 % poleti in 75 % pozimi. Časovna pokritost je za benzo(a)piren okrog 33% ter kovine v delcih PM₁₀ 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 za mesece od aprila do septembra. 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 je v nadaljevanju tabelarično in na slikah prikazano stanje kakovosti zraka z merjenimi onesnaževali v celotnem dosedanjem merilnem obdobju, kjer je poudarjen tudi linearen trend srednjih letnih koncentracij. Iz teh podatkov lahko sklepamo na uspešnost ukrepov za izboljšanje stanja oziroma drugih aktivnosti v mestu in okolici na področju cestne prometne infrastrukture, daljinskih sistemov, prostorskega načrtovanja in drugega.

Meritve kakovosti zraka so 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 zunanjega zraka z dušikvim dioksidom v Centru potekajo od leta 1992, na Vrbanskem platoju od leta 2011, na Tezno od leta 2020. Rezultati meritev za leto 2022 so v tabeli 5.1.

Tabela 5.1: Kakovost zunanjega zraka z NO₂ - *merilna mesta Center, Vrbanski plato in Tezno*

Količina	Center (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Tezno (µg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov zima	100 %	100 %	89 %	
Razpoložljivost urnih podatkov poletje	100 %	100 %	82 %	
Letna srednja vrednost	25	8	21	40
Zima	29	12	28	
Poletje	21	5	13	
C ₁ max	127	59	149	200
Število preseganj C ₁	0	0	0	18

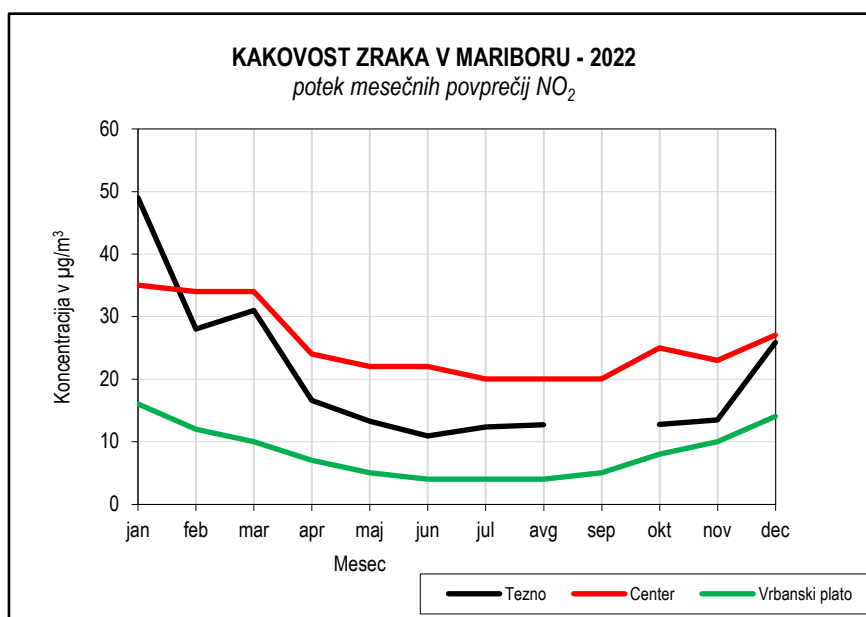
Mejna letna vrednost in mejna urna vrednost na nobenem merilnem mestu nista bili preseženi. V Centru so bile koncentracije višje kot na Tezno in Vrbanskem platoju.

V tabeli 5.2 so srednje mesečne vrednosti in najvišje urne koncentracije, na sliki 5.1 pa le srednje mesečne koncentracije NO₂ v pripadajočih mesecih za Center, Vrbanski plato in Tezno za leto 2022.

Tabela 5.2: Srednje mesečne in najvišje urne vrednosti NO₂ 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	35	92	16	54	49	149
februar	34	96	12	59	28	96
marec	34	127	10	59	31	129
april	24	82	7	58	17	96
maj	22	75	5	38	13	54
junij	22	89	4	17	11	61
julij	20	68	4	24	12	54
avgust	20	70	4	21	13	96
september	20	62	5	25	*	*
oktober	25	73	8	27	13	48
november	23	68	10	35	13	44
december	27	64	14	41	26	68

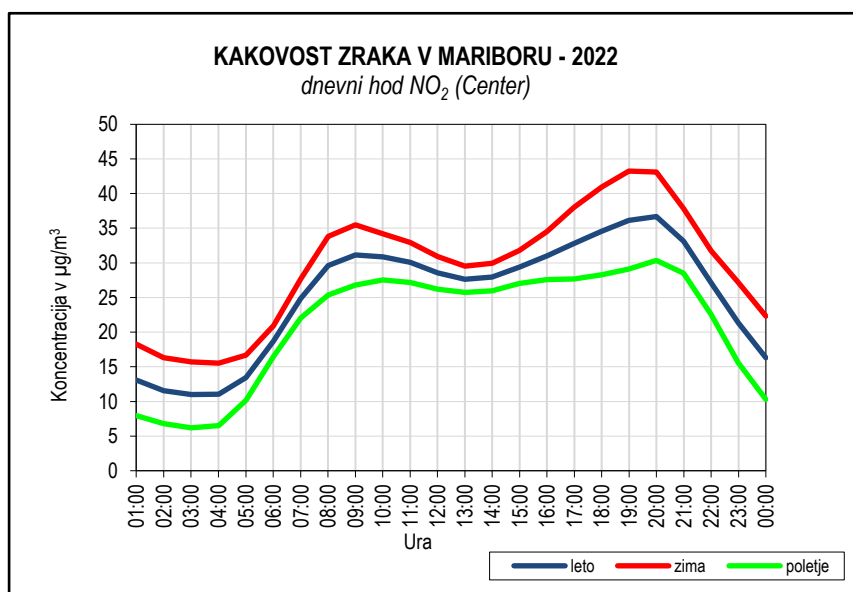
Opomba: * - izpad meritev



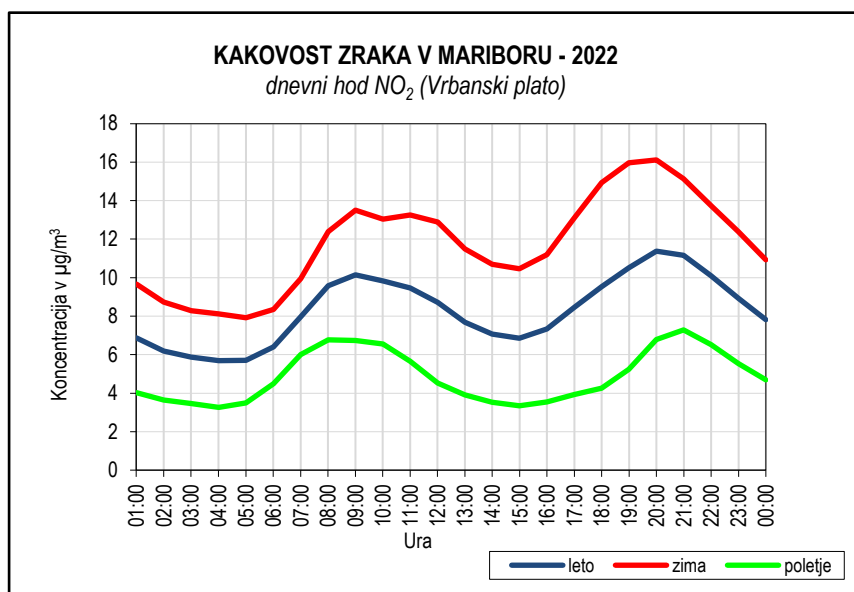
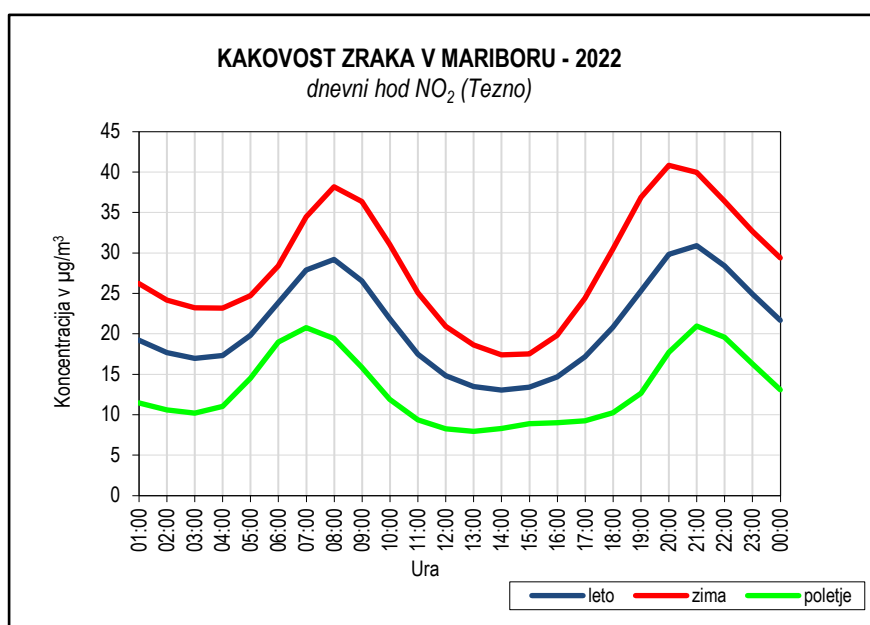
Slika 5.1: Koncentracije NO₂, merilna mesta Center, Vrbanjski plato in Tezno

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

Dnevni hodi koncentracij NO₂ v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2022 so na sliki 5.2, na Vrbanjskem platoju na sliki 5.3, na Teznem pa na sliki 5.4.



Slika 5.2: Dnevni hodi dušikovega dioksida, merilno mesto Center

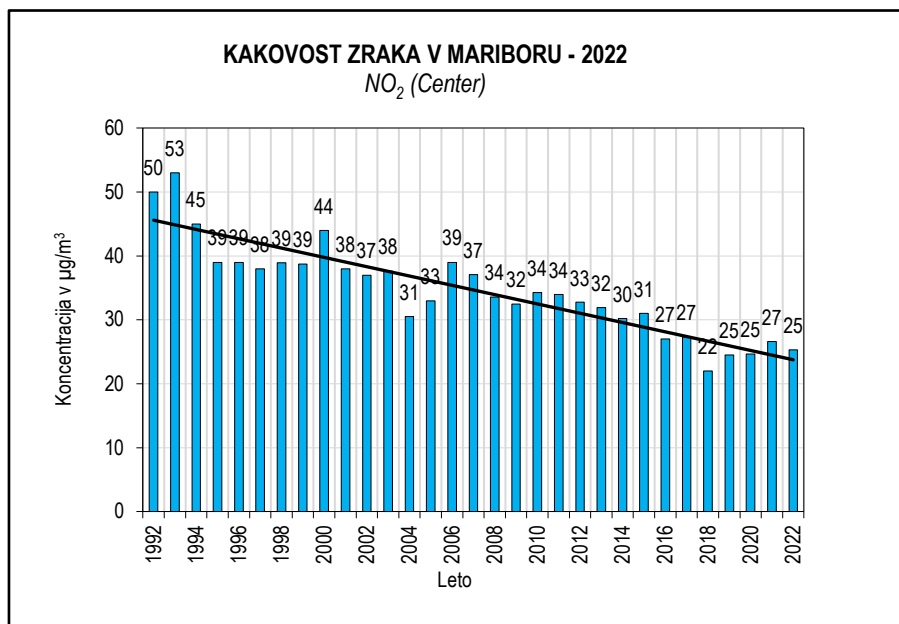
Slika 5.3: Dnevni hodi dušikovega dioksida, *merilno mesto Vrbanski plato*Slika 5.4: Dnevni hodi dušikovega dioksida, *merilno mesto Tezno*

Vključevanje NO₂ v nastanek in razpad ozona je razvidno tudi iz dnevni hodov. V zgodnjem jutranjem času so koncentracije nizke, saj so viri malo aktivni, to onesnaževalo pa je vpleteno tudi v razpad ozona, kar je še posebej opazno poleti. Naraščanje v jutranjem času je posledica svežih emisij iz vplivnih virov (promet, kurilne naprave), ki se hitro po sončnem vzhodu prekine zaradi vključevanja v nastanek ozona.

Jutranji vrh je v Centru nižji, v poletnem času manj izrazit. 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 NO₂ pa se vključi v razpad ozona, zato koncentracije pričenjajo intenzivno upadati. Na Teznem in na Vrbanskem platoju imamo v zimskem in letnem času dva izrazita

vrhova (jutranji in večerni). V zimskem času je večerni vrh na obeh merilnih mestih višji kot jutranji, v poletnem času sta jutranji in večerni vrh podobno visoka.

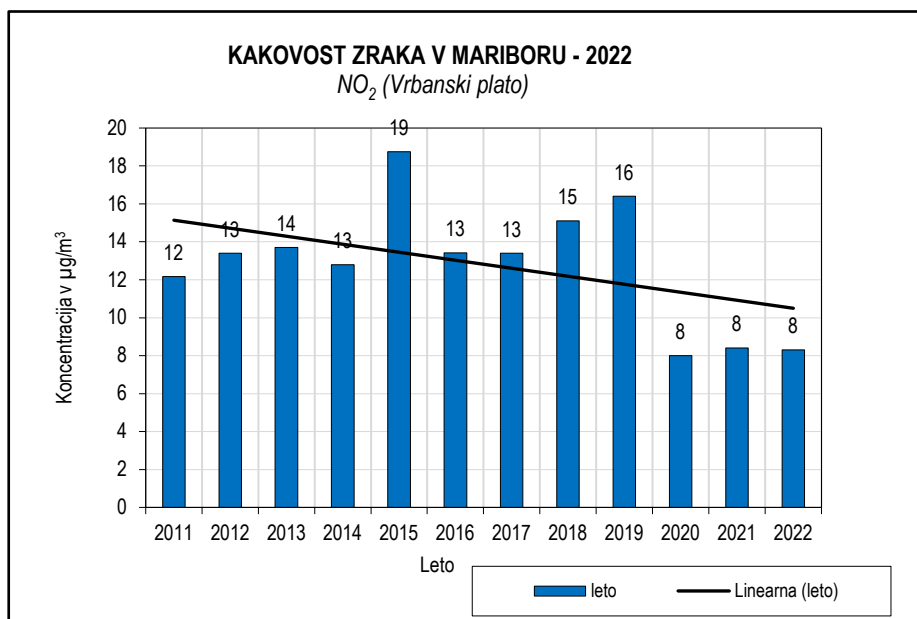
Srednje letne koncentracije NO_2 v Centru v letih 1992-2022 so na sliki 5.5, na Vrbanskem platoju v letih 2011-2022 na sliki 5.6 ter na Teznem v letih 2020-2022 pa na sliki 5.7.



Slika 5.5: Dušikov dioksid 1992-2022, *merilno mesto Center*

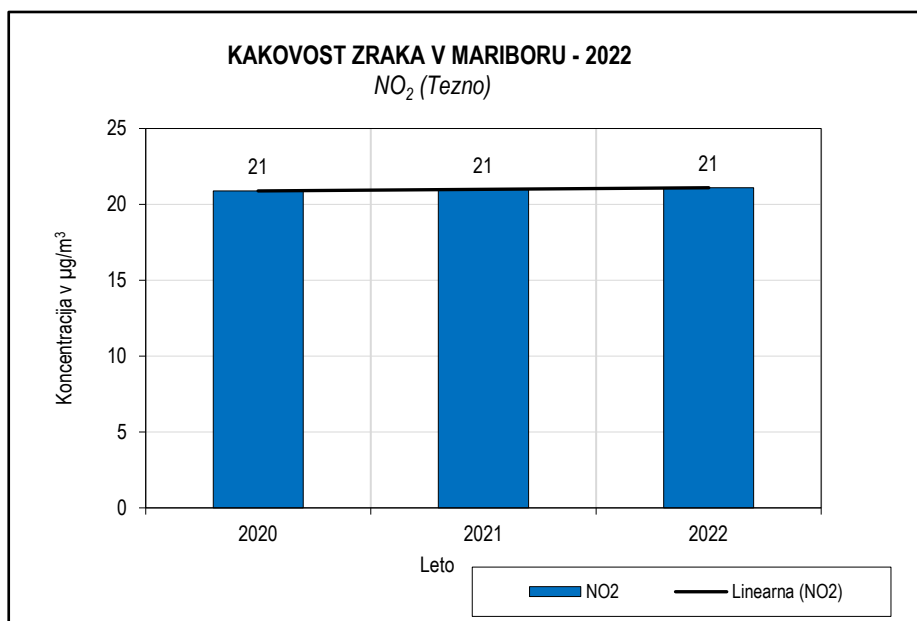
Najvišje koncentracije NO_2 v Centru so bile leta 1993, nato so se postopno zniževale in v letu 2018 dosegle najnižje izmerjeno vrednost. V letu 2022 je bila izmerjena rahlo nižja koncentracija kot v letu 2021 ter podobna kot v letih 2019 ter 2020.

Letno povprečje je že od leta 2001 pod mejno letno vrednostjo. Še vedno se opazi navzdol usmerjen trend vsebnosti dušikovega dioksida v zunanjem zraku.



Slika 5.6: Dušikov dioksid 2011-2022, *merilno mesto Vrbanski plato*

Leta 2022 je bila koncentracija dušikovega dioksida na Vrbanskem platoju podobna kot leto pred tem. Trend je usmerjen navzdol.



Slika 5.7: Dušikov dioksid 2020-2022, merilno mesto *Tezno*

Leta 2022 so bile koncentracije dušikovega dioksida na Teznem podobne kot leti pred tem. Trend ni zaznaven.

5.1.2 Dušikovi oksidi

Meritve kakovosti zunanjega 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 2022 so v tabeli 5.3.

Tabela 5.3: Kakovost zunanjega 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	99 %	100 %	86 %	30
Letna srednja vrednost	54	11	37	
Zima	68	15	56	
Poletje	40	6	16	

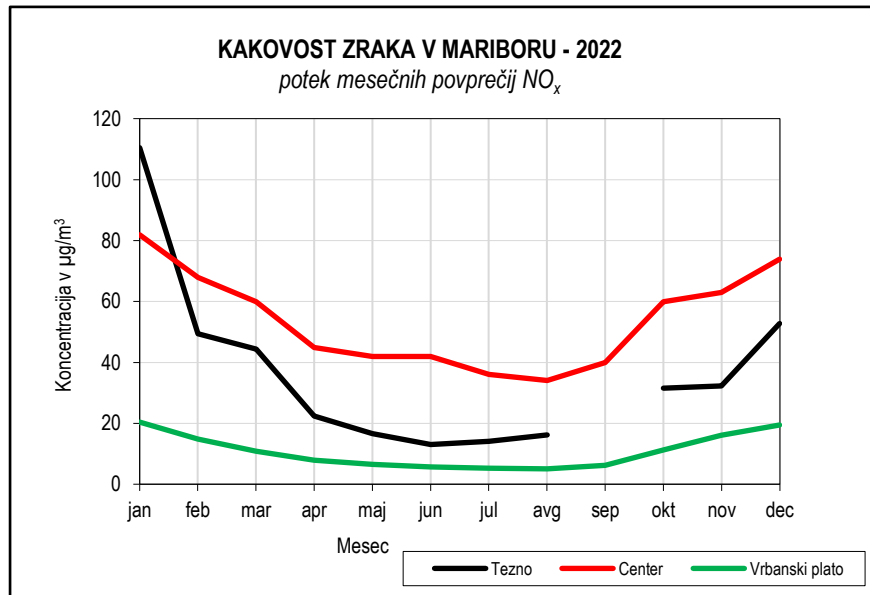
Oceno tveganj za rastlinstvo in naravne ekosisteme zaradi onesnaženosti zraka in skladnosti s kritičnimi vrednostmi se izvaja le na krajih zunaj pozidanih območij, zato izmerjenih vrednosti v Centru in na Teznem ne ocenjujemo. Srednja letna koncentracija dušikovih oksidov je bila na Vrbanskem platoju 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 5.8 pa le srednje mesečne koncentracije NO_x v posameznem mesecu za merilna mesta Center, Vrbanški plato in Tezno v letu 2022.

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

Mesec	Center		Vrbanški plato		Tezno	
	mesec	ura	mesec	ura	mesec	ura
januar	82	488	20	104	111	797
februar	68	421	15	137	50	342
marec	60	320	11	62	44	317
april	45	204	8	69	22	253
maj	42	155	7	51	17	88
junij	42	413	6	23	13	69
julij	36	149	5	32	14	92
avgust	34	109	5	28	16	353
september	40	175	6	40	*	*
oktober	60	396	11	139	32	208
november	63	290	16	149	32	344
december	74	257	19	159	53	294

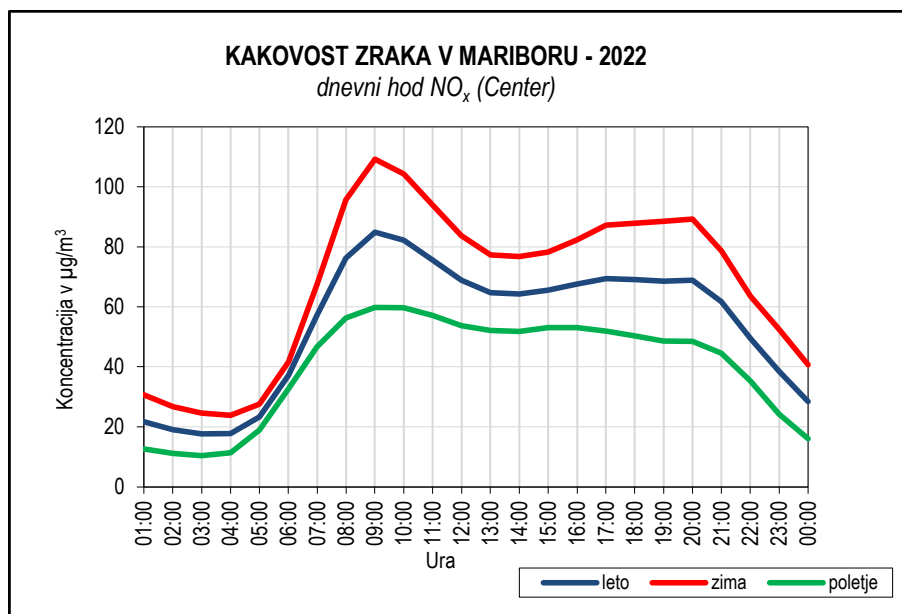
Opomba: * - izpad meritev



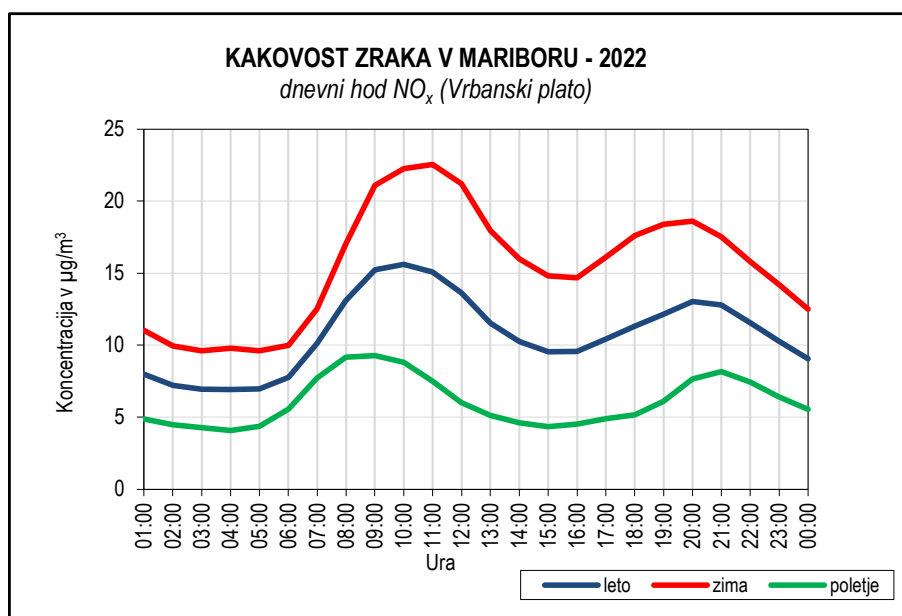
Slika 5.8: Koncentracije NO_x, merilna mesta Center, Vrbanški plato in Tezno

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 Vrbanškem platoju, ki predstavlja mestno ozadje.

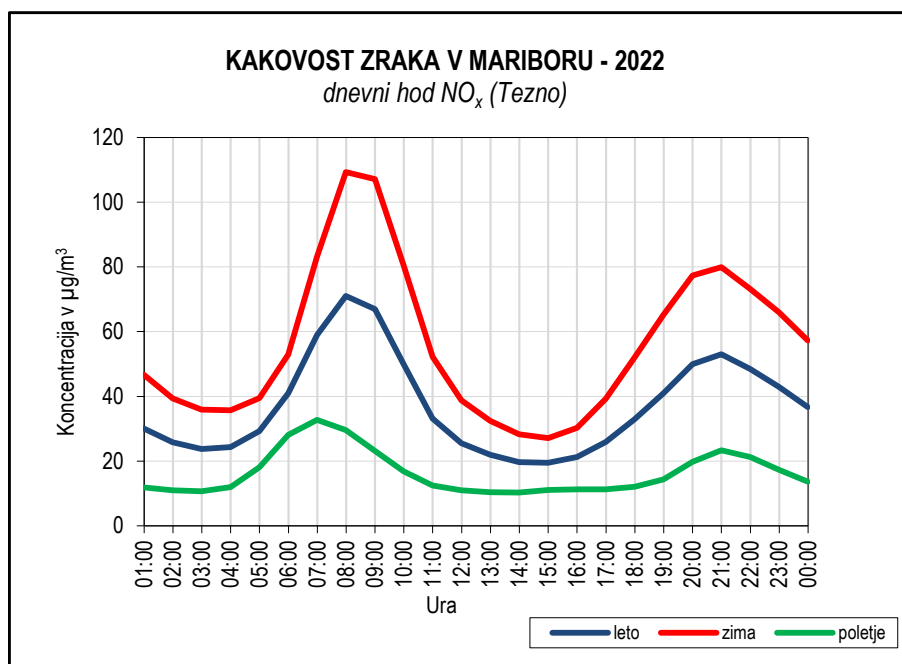
Dnevni hodi koncentracij NO_x v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2022 so na sliki 5.9, na Vrbanskem platuju na sliki 5.10, na Teznem pa na sliki 5.11.



Slika 5.9: Dnevni hodi dušikovih oksidov, *merilno mesto Center*



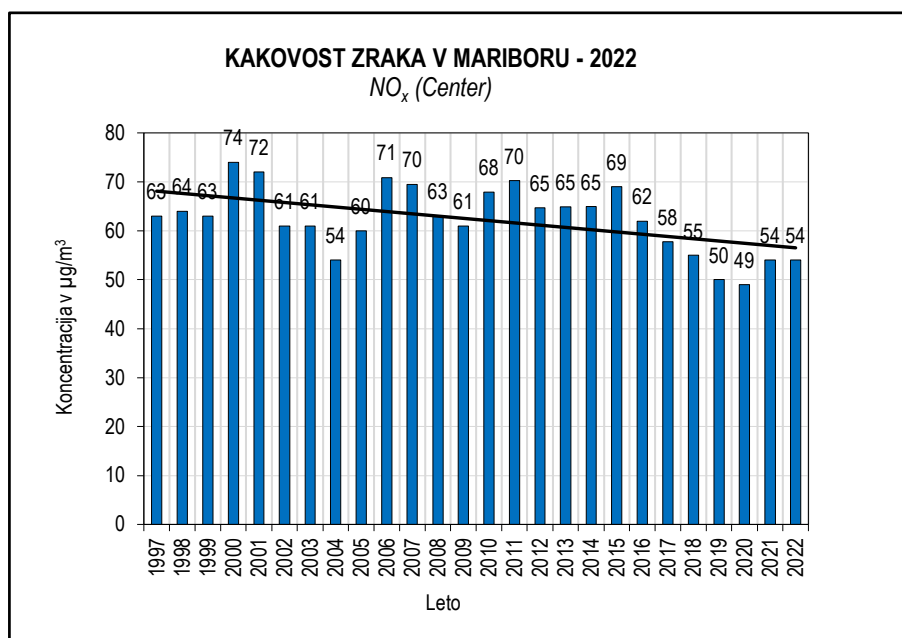
Slika 5.10: Dnevni hodi dušikovih oksidov, *merilno mesto Vrbanski plato*



Slika 5.11: Dnevni hodi dušikovih oksidov, *merilno mesto Tezno*

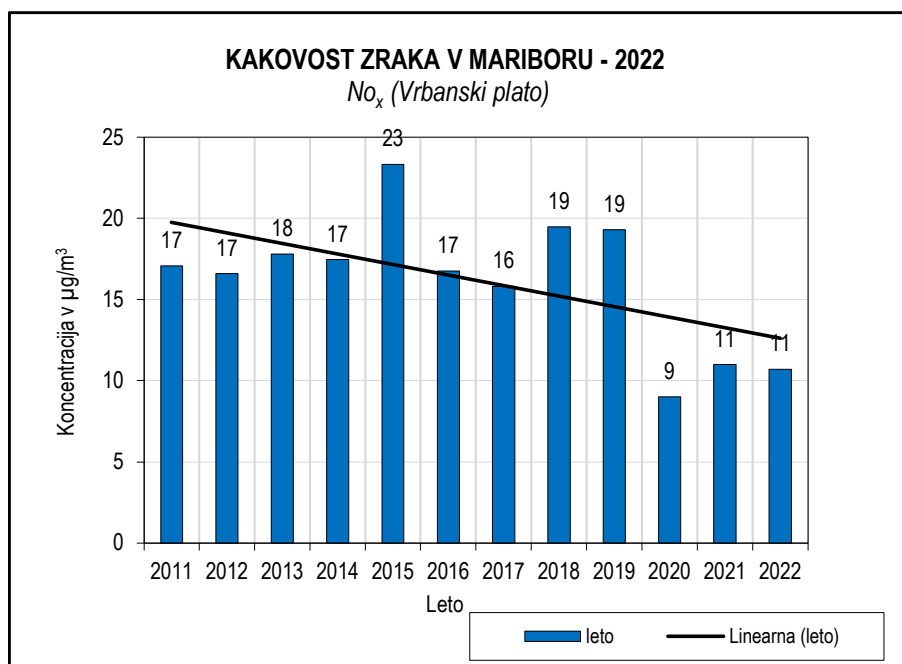
Dnevni hodi koncentracij dušikovih oksidov so podobni hodom dušikovega dioksida, le da so jutranji vrhovi na vseh merilnih mestih višji od večernih (v poletnem času v Centru imamo v večernem času zelo neizrazit vrh).

Slika 5.12 prikazuje potek srednjih letnih koncentracij dušikovih oksidov, izmerjenih od leta 1997 na merilnem mestu Center, slika 5.13 od leta 2011 na Vrbanškem platoju, slika 5.14 od leta 2020 na Teznem.



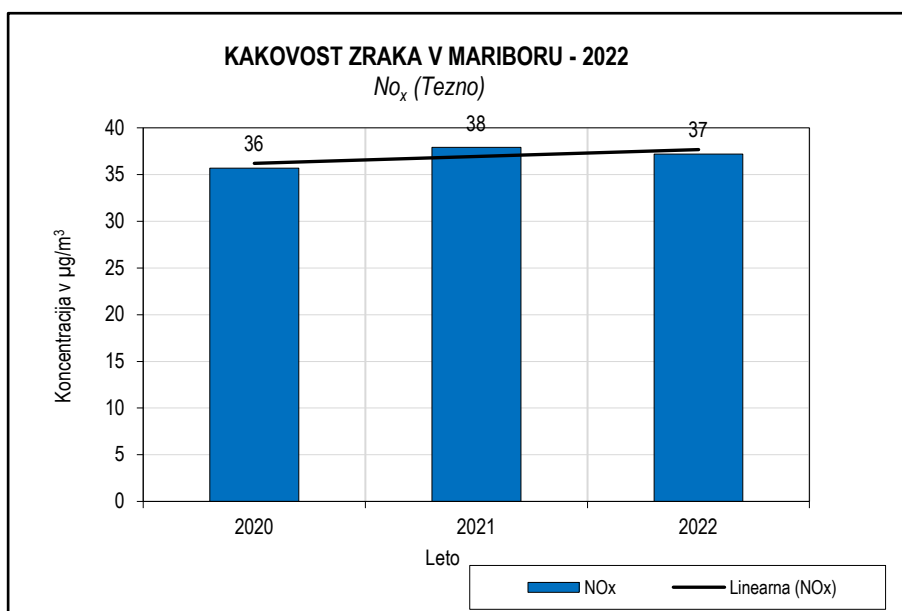
Slika 5.12: Dušikovi oksidi 1997-2022, *merilno mesto Center*

Leta 2022 so bile izmerjene koncentracije dušikovih oksidov v Centru podobne kot preteklo leto. Trend dušikovih oksidov v Centru je usmerjen navzdol.



Slika 5.13: Dušikov oksidi 2011-2022, *merilno mesto Vrbanski plato*

Leta 2022 so bile koncentracije dušikovih oksidov na Vrbanskem platoju višje kot leto pred tem. Trend je usmerjen navzdol.



Slika 5.14: Dušikov oksidi 2020-2022, *merilno mesto Tezno*

Leta 2022 so bile koncentracije dušikovih oksidov na Teznem podobne kot leti pred tem. Trend je usmerjen rahlo navzgor.

5.2 OZON

Meritve vsebnosti ozona v zunanjem zraku potekajo na Pohorju od leta 1999, Vrbanskem platoju od leta 2011, na Teznem pa od leta 2020. Rezultati za leto 2022 so v tabeli 5.5.

Tabela 5.5: Vsebnost O₃ v zunanjem zraku - merilna mesta Vrbanski plato, Tezno in Pohorje

Količina	Vrbanski plato (µg/m ³)	Tezno (µg/m ³)	Pohorje (µg/m ³)	Ciljna oz. opozorilna/alarmna* vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov poletje	100 %	92 %	100 %	
Razpoložljivost urnih podatkov zima	100 %	96 %	100 %	
Letna srednja vrednost	50	55	75	
Poletje	65	74	85	
C ₈ max	141	168	142	120
Število preseganj C ₈ ciljne	21	59	24	
Triletno povprečje preseganj C ₈ ciljne	12	26	14	25
C ₁ max	154	178	152	180/240*
Število preseganj C ₁ opozorilne/alarmne	0 / 0	0 / 0	0 / 0	
AOT40 (µg/m ³).h (maj-julij)	16721	32093	16057	
AOT40 (µg/m ³).h (2018-2022)	16459	19090**	14584	18000

** Izračunano na osnovi krajšega obdobja (2020, 2021, 2022).

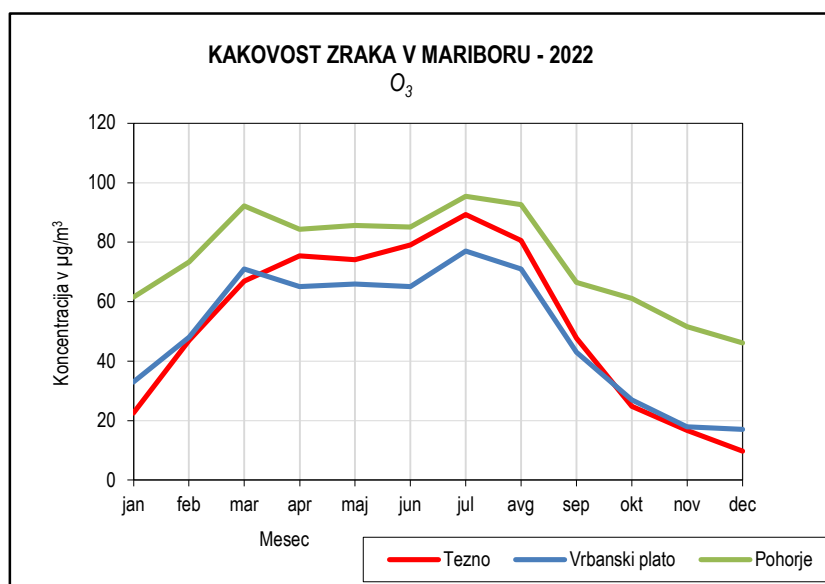
Koncentracije ozona so bile višje na Pohorju kot na Vrbanskem platoju in Teznem. Ciljna osemurna vrednost je bila v letu 2022 presežena na Vrbanskem platoju 21 dni (marec-4, april-1, maj-2, julij-8, avgust-6), na Teznem 59 dni (marec-8, april-4, maj-8, junij-9, julij-18, avgust-12) ter na Pohorju 24 dni (marec-6, april-2, maj-2, julij-9, avgust-5).

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

V tabeli 5.6 so srednje mesečne, najvišje osemurne in urne koncentracije, na sliki 5.15 pa le srednje mesečne koncentracije O₃ v posameznem mesecu za merilna mesta Vrbanski plato, Tezno in Pohorje za leto 2022.

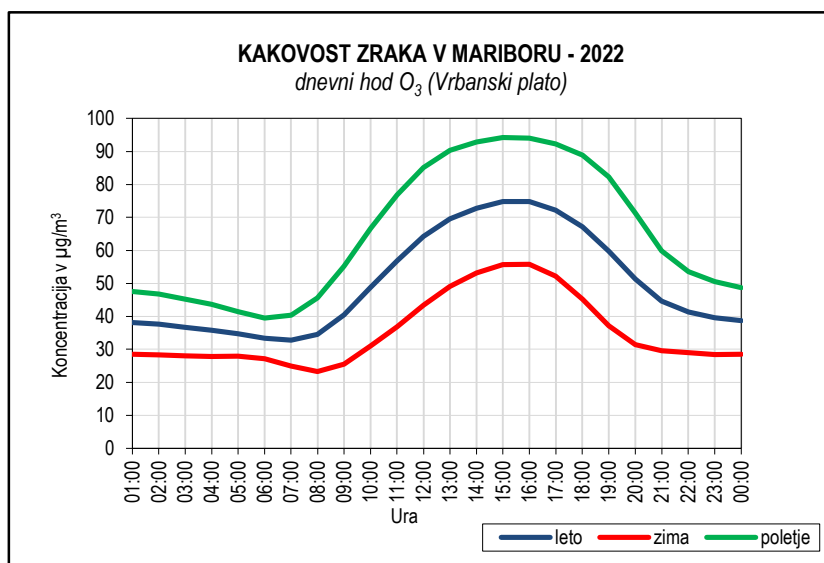
Tabela 5.6: Srednje mesečne, najvišje osemurne in najvišje urne koncentracije O_3 v $\mu g/m^3$ v pripadajočih mesecih – *merilna mesta Pohorje, Vrbanski plato in Tezno*

Mesec	Vrbanski plato			Tezno			Pohorje		
	mesec	8 ur	ura	mesec	8 ur	ura	mesec	8 ur	ura
januar	33	80	86	23	87	96	61	88	91
februar	48	92	100	47	102	105	73	98	100
marec	71	133	143	67	151	160	92	139	144
april	65	123	128	75	143	147	84	126	131
maj	66	122	131	74	139	146	86	125	130
junij	65	120	128	79	144	157	85	120	127
julij	77	141	154	89	168	178	95	142	152
avgust	71	137	146	81	154	166	93	129	133
september	43	101	115	48	117	130	66	99	108
oktober	27	82	94	25	89	105	61	88	90
november	18	60	71	17	58	76	52	80	82
december	17	60	64	10	40	52	46	77	81

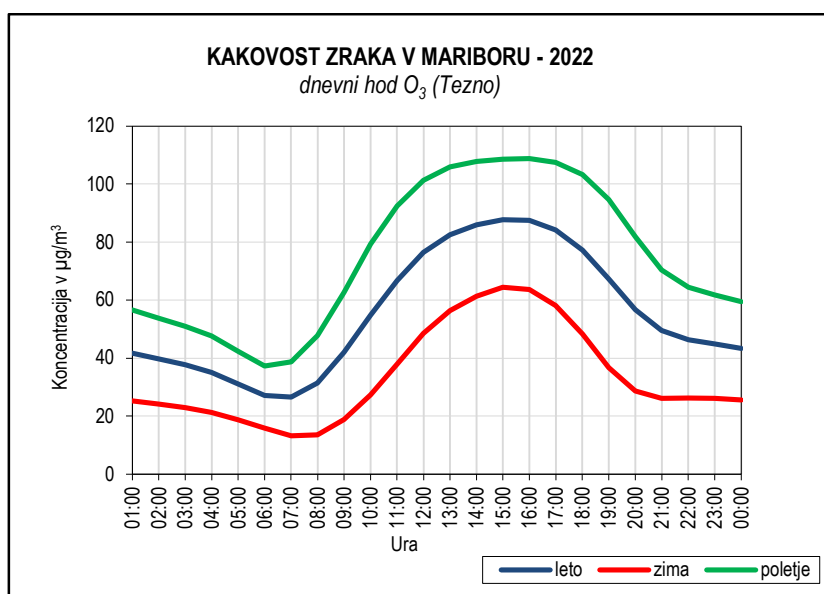
**Slika 5.15:** Koncentracije O_3 , *merilna mesta Pohorje, Vrbanski plato in Tezno*

Mesečni poteki 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 lahkoahlapne organske spojine) ter v največji meri sončno obsevanje, ki je bolj intenzivno poleti.

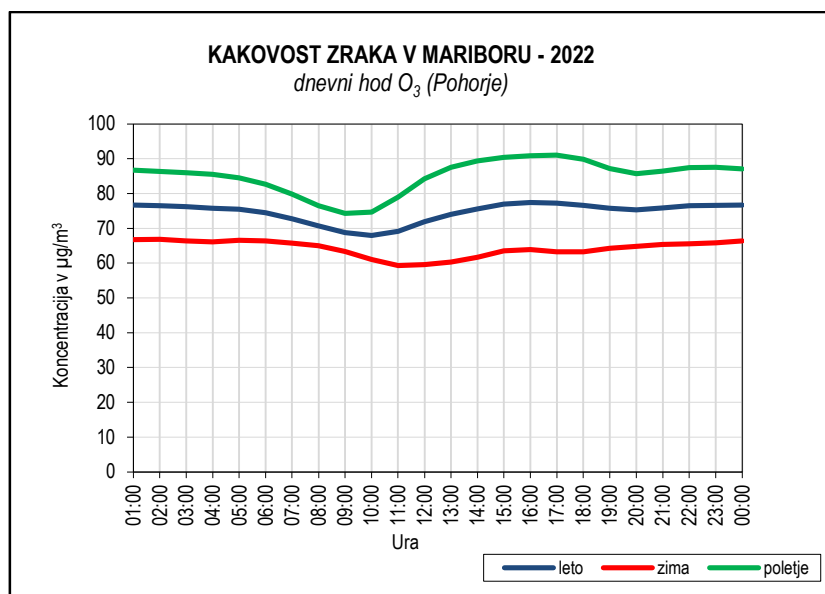
Dnevni hodi koncentracij O_3 poleti, pozimi in skozi celotno leto 2022 na Vrbanskem platoju so na sliki 5.16, na Teznem sliki 5.17, na Pohorju pa na sliki 5.18.



Slika 5.16: Dnevni hodi O_3 , merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.17: Dnevni hodi O_3 , merilno mesto Tezno

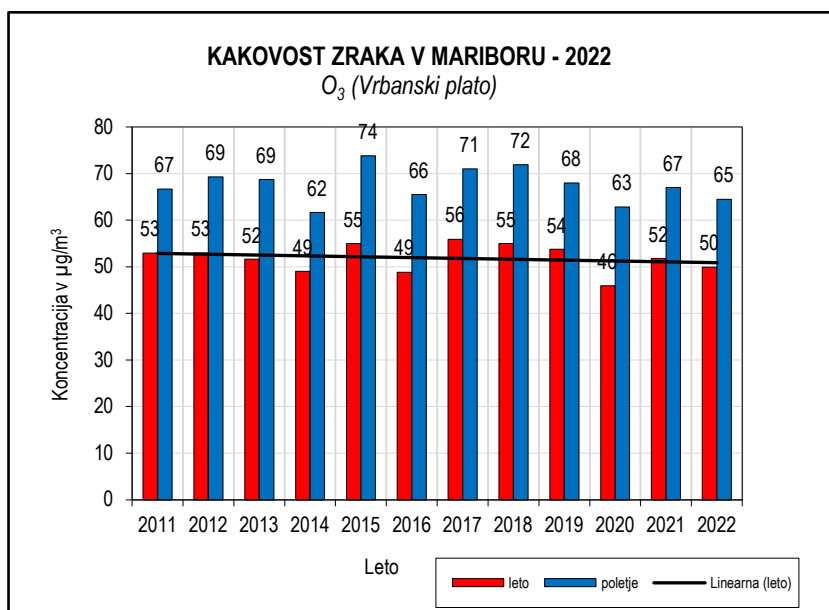


Slika 5.18: Dnevni hodi O₃, merilno mesto Pohorje

Dnevni hodi na Vrbanškem 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 pričinja njegov razpad. Razlike med zimo in poletjem v vrednostih in v času pojavljanja koničnih koncentracij so povezane z jakostjo sončnega obsevanja in s časom sončnega vzhoda oz. zahoda. Z NO_x in VOC obremenjen zrak je bolj prisoten v mestnem središču kot na njegovem obrobju, vendar ga veter odnaša tudi izven območij nastanka. Fotokemične reakcije, ki povzročijo presežek ozona, potekajo tudi še nekaj ur po emitiranju iz virov. To pomeni, da ozon lahko nastaja tudi na območjih, kjer ni emisijskih virov. Ker na teh območjih v nočnem času zaradi pomanjkanja dušikovih oksidov ozon ne razpada, je njegova vsebnost v zraku lahko precej višja kot v mestu. Zato so koncentracije na Pohorju višje, dnevni hod pa manj poudarjen.

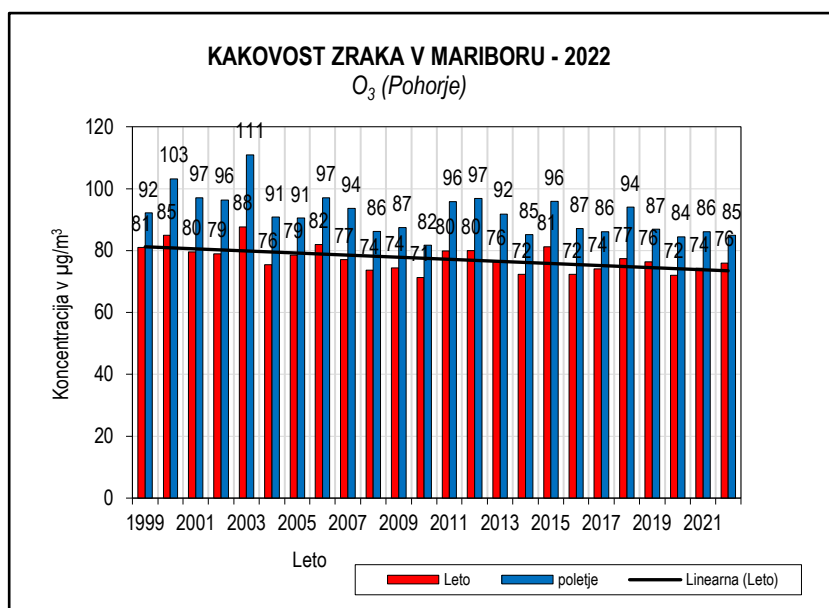
Glavni vir predhodnikov ozona je cestni promet. Ostali viri lahkih organskih spojin so predvsem bencinske črpalke, kemične čistilnice, industrija. Dodatno k emisijam NO_x največ prispevajo kurilne naprave.

Srednje letne vrednosti in vrednosti poleti skupaj z letnim trendom so prikazane na sliki 5.19 za Vrbanški plato, na sliki 5.20 za Pohorje, na sliki 5.21 pa za Tezno.



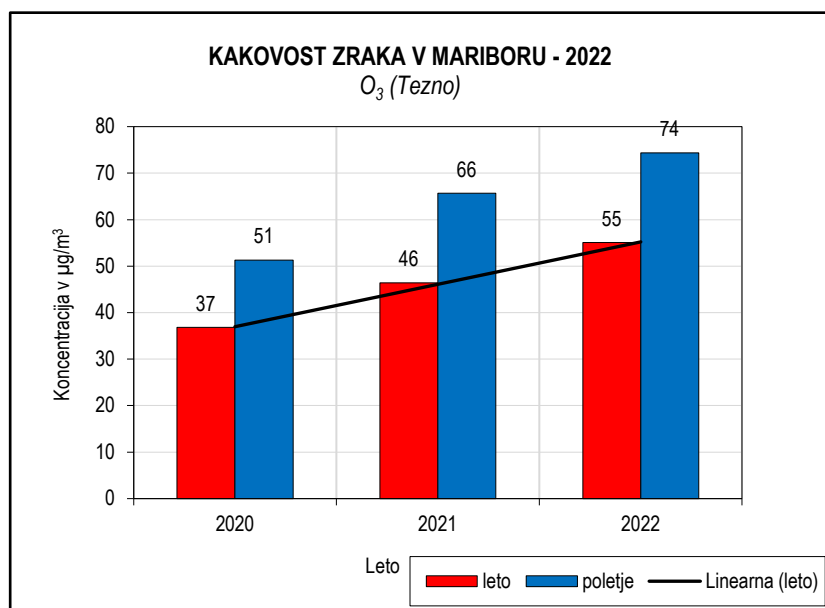
Slika 5.19: Ozon 2011-2022, merilno mesto Vrbanski plato

Srednja letna koncentracija ozona na Vrbanskem platoju je bila v letu 2022 v povprečju do sedaj izmerjenih. Trend je usmerjen zelo rahlo navzdol.



Slika 5.20: Ozon 1999-2022, merilno mesto Pohorje

Srednja letna koncentracija ozona na Pohorju je bila v letu 2022 rahlo podpovprečna, dolgoletni trend je usmerjen navzdol.



Slika 5.21: Ozon 2020-2022, merilno mesto Tezno

Leta 2022 so bile koncentracije ozona na Teznem višje kot leti pred tem, trend je usmerjen navzgor.

V tabeli 5.7 so najvišje urne koncentracije ozona v vseh letih meritev za vsa merilna mesta. Rdeče osenčena polja pomenijo preseganje opozorilne vrednosti.

Tabela 5.7: Najvišje urne koncentracije ozona v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – *merilna mesta Urbanski plato, Tezno in Pohorje*

Leto	Urbanski plato ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tezno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pohorje ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1999	/	/	159
2000	/	/	208
2001	/	/	182
2002	/	/	167
2003	/	/	185
2004	/	/	187
2005	/	/	160
2006	/	/	176
2007	/	/	157
2008	/	/	155
2009	/	/	152
2010	/	/	152
2011	163	/	167
2012	152	/	162
2013	174	/	173
2014	141	/	152
2015	167	/	173
2016	137	/	135
2017	170	/	149
2018	159	/	149
2019	164	/	166
2020	134	128	135
2021	158	166	134
2022	154	178	152
Opozorilna vrednost	180	180	180

Najvišja izmerjena urna koncentracija v tem letu na Pohorju je bila višja kot leti pred tem, na Urbanskem platoju nižja kot prejšnje leto, na Teznem pa višja kot leti pred tem.

Pokazatelj onesnaženosti 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 1999-2022 - 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
2021	11	11	0	20	10	0	11	12	0
2022	21	12	0	59	26	0	24	14	0

Preseganj ciljne osemurne vrednosti na Vrbanskem platoju je bilo v letu 2022 21, na Teznem 59 in na Pohorju 24. Na vseh merilnih mestih je bilo število preseganj ciljne osemurne višje kot leti pred tem.

Preseganja opozorilnih vrednosti na Vrbanskem platoju ter Teznem še niso bila izmerjena. Preseganja opozorilnih vrednosti na Pohorju pa niso bila izmerjena že dalj časa.

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

5.3 DELCI IN ANALIZE

5.3.1 Delci PM₁₀

Meritve koncentracij skupnih lebdečih delcev v zunanjem zraku so v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin potekale od leta 1989 do 2001, nato so se začeli ugotavljati delci PM₁₀ v zunanjem zraku. Merilna mesta so bila različna: do leta 2001 Center (Partizanska), nato Tabor, od leta 2011 naprej Vrbanski plato, od leta 2020 naprej tudi na Teznem. Meritve v Miklavžu na Dravskem polju potekajo od leta 2011, v Radvanju ter Rušah pa od leta 2016. Meritve koncentracij delcev PM₁₀ v državni merilni mreži na merilnem mestu Center potekajo od leta 2002. Iz projekta PMinter na merilnem mestu Krekova/Tyrševa pa potekajo od leta 2012.

Rezultati meritev delcev PM₁₀ za leto 2022 so zbrani v tabeli 5.9.

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

Količina	Center (µg/m ³)	Tezno (µg/m ³)	Krekova/ Tyrševa (µg/m ³)	Miklavž (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Radvanje (µg/m ³)	Ruše (µg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost dnevni podatkov	100 %	100 %	100 %	99 %	99 %	100 %	100 %	
Letna srednja vrednost	23	21	22	22	16	18	17	40
Zima	26	27	27	29	20	22	21	
Poletje	19	15	17	15	13	14	14	
C ₂₄ max	63	70	59	66	46	50	50	50
Število preseganj C ₂₄	3	4	5	8	0	0	0	35

Srednja letna koncentracija delcev PM₁₀ v zraku je bila na vseh merilnih mestih pod mejno letno vrednostjo. Najvišja izmerjena dnevna koncentracija v koledarskem letu je bila na vseh merilnih mestih, razen na Vrbanskem platu, v Radvanju in v Rušah, nad mejno vrednostjo. Skupno število preseganj mejne dnevne vrednosti na nobenem merilnem mestu ni preko dovoljenega števila preseganj mejne dnevne vrednosti v koledarskem letu. Teh preseganj je bilo v Centru 3, Na Teznem 4, na Krekovi/Tyrševi 5 ter v Miklavžu 8. Preseganja mejne vrednosti pa niso bila izmerjena na Vrbanskem platu, v Radvanju ter v Rušah.

Pregled preseganj mejne dnevne vrednosti na merilnih mestih po mesecih:

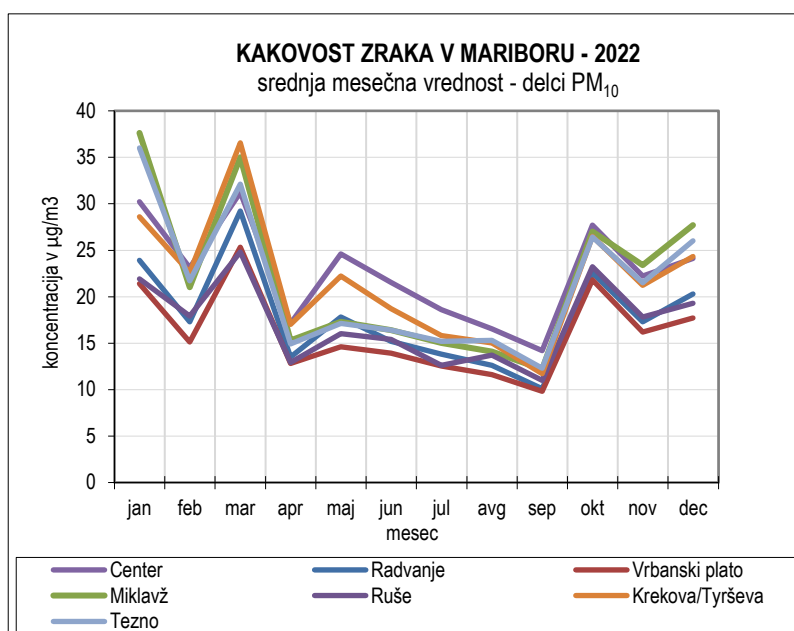
- Center: januar-2, december-1;
- Tezno: januar-3, december-1;
- Krekova/Tyrševa: januar-1, marec-3, december-1;
- Miklavž: januar-6, december-2;

Preko celega leta so bile koncentracije PM₁₀ v Centru višje za 40 % kot na Vrbanskem platoju, samo poleti za 50 % in samo pozimi za 35 %.

V tabeli 5.10 so srednje mesečne in najvišje dnevne koncentracije, na sliki 5.22 pa le srednje mesečne koncentracije delcev PM₁₀ v posameznem mesecu za vsa merilna mesta za leto 2022.

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

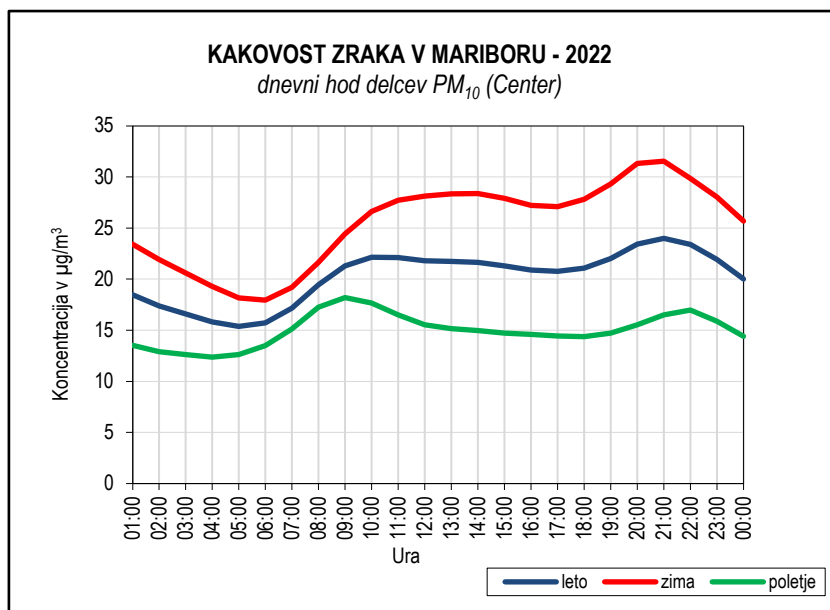
Mesec	Center		Tezno		Krekova/ Tyrševa		Miklavž		Vrbanski plato		Radvanje		Ruše	
	mesec	dan	mesec	dan	mesec	Dan	mesec	dan	Dan	dan	mesec	Dan	mesec	Dan
januar	30	63	36	70	29	56	38	65	21	37	24	37	22	49
februar	23	40	22	39	23	38	21	45	15	26	17	30	18	36
marec	31	48	32	45	37	59	35	49	25	37	29	49	25	35
april	17	30	15	29	17	30	15	28	13	26	14	25	13	22
maj	25	38	17	29	22	38	17	25	15	22	18	38	16	29
junij	22	33	16	27	19	32	16	27	14	25	15	27	15	26
julij	19	31	15	28	16	27	15	29	13	25	14	29	13	28
avgust	17	31	15	36	15	32	14	26	12	25	13	25	14	36
september	14	22	12	18	12	22	12	20	10	15	10	16	11	18
oktober	28	47	26	47	27	50	27	46	22	42	23	44	23	43
november	22	49	21	40	21	43	23	40	16	44	17	40	18	50
december	24	58	26	59	24	57	28	66	18	46	20	50	19	50



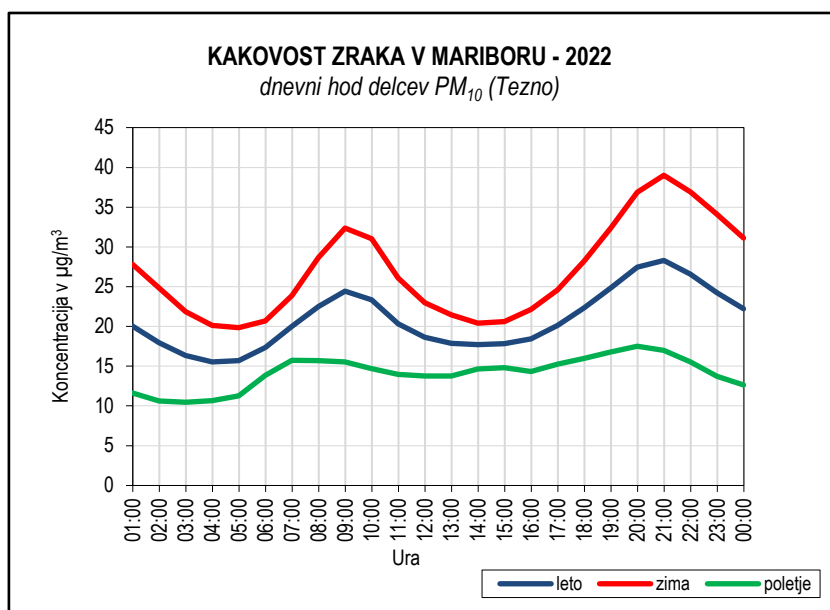
Slika 5.22: Srednje mesečne koncentracije delcev PM₁₀, merilna mesta Center, Tezno, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Vrbanski plato, Radvanje in Ruše

Koncentracije delcev PM_{10} so bile povsod višje pozimi kot poleti. Najnižje so se pojavile septembra, najvišje pa januarja oziroma marca. Z delci PM_{10} najbolj obremenjena merilna mesta v letu 2022 so bila Miklavž, Krekova/Tyrševa in Center, nekoliko manj je bilo obremenjeno Tezno, najmanj obremenjena merilna mesta pa so bila Vrbanski plato, Radvanje ter Ruše. Najnižje koncentracije so bile v posameznih mesecih izmerjene na Vrbanskem platuju, Radvanju ali v Rušah. Poseljena območja so bolj obremenjena z delci PM_{10} , predvsem v zimskem obdobju.

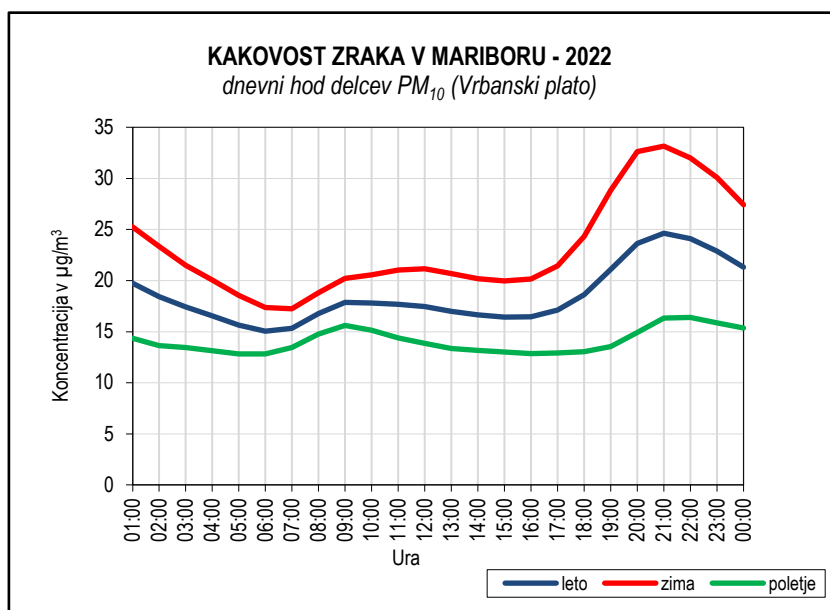
Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{10} poleti, pozimi in skozi celotno leto 2022 v Centru so na sliki 5.23, na Teznem na sliki 5.24, na Vrbanskem platuju na sliki 5.25, na Krekovi/Tyrševi pa na sliki 5.26.



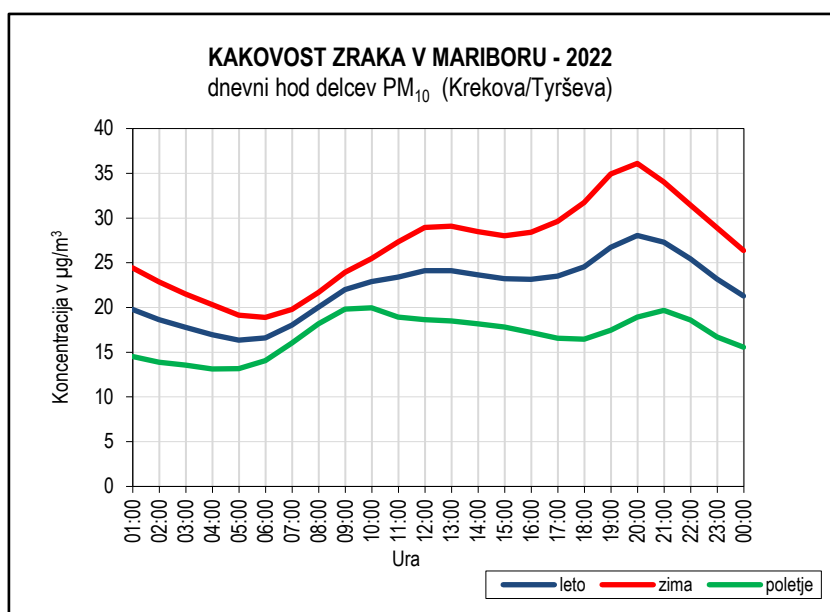
Slika 5.23: Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{10} , merilno mesto Center



Slika 5.24: Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{10} , merilno mesto Tezno



Slika 5.25: Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{10} , merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.26: 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).

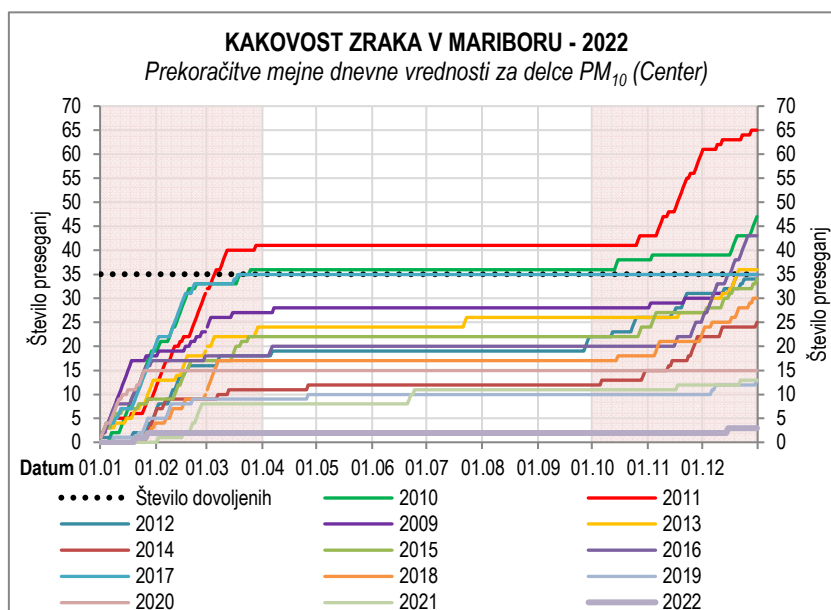
V nočnem času, ko so viri manj aktivni, koncentracije relativno malo padejo, kar nakazuje na visoko ozadje:

- na Vrbanskem platoju je to ozadje $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi in $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poleti,
- na Krekovi/Tyrševi $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi in $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poleti,
- v Centru $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi in $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poleti,
- in na Teznem $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi in $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ poleti.

Število preseganj mejne dnevne (pred letom 2005 mejne dopustne) vrednosti za delce PM_{10} v letih 2002-2022 je za Center prikazano v tabeli 5.11 in za leta od 2009 do 2022 tudi na sliki 5.27. Dopustna vrednost je bila vpeljana zato, da je bil prehod za doseg mejne vrednosti postopen.

Tabela 5.11: Število preseganj mejne dnevne (pred letom 2005 mejne dopustne) vrednosti za delce PM_{10} 2002-2022 - *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
2021	13
2022	3
Mejna vrednost	35



Slika 5.27: Število preseganj mejne dnevne vrednosti za obdobje od 2010 do 2022, *merilno mesto Center*

V letu 2022 število preseganj mejne dnevne vrednosti v Centru ni bilo nad dovoljenim. Iz slike 5.27 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 2022 za merilna mesta Miklavž, Radvanje, Ruše, Vrbanski plato in Tezno.

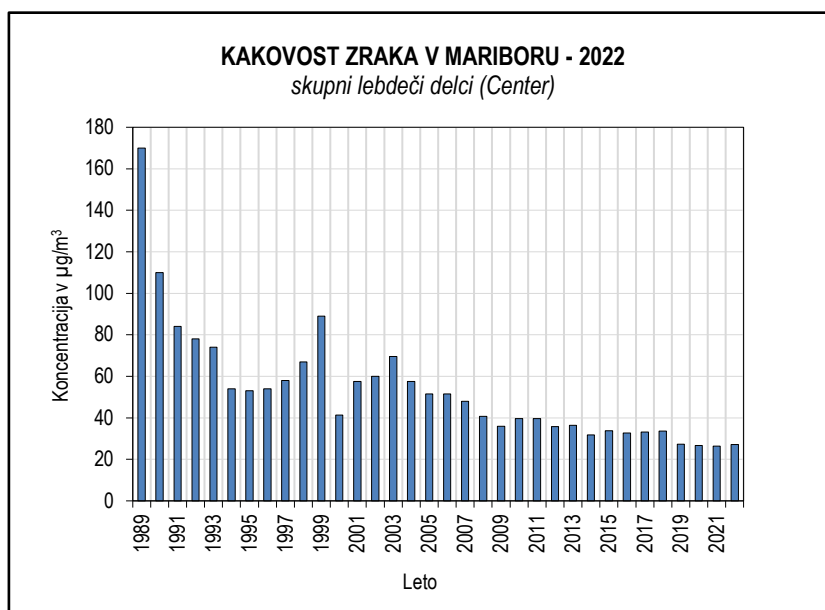
Tabela 5.12: 90,4 % percentil iz dnevnih koncentracij za delce PM₁₀ oziroma število preseganj za leta 2011 do 2022 - merilna mesta Miklavž, Radvanje, Ruše, Vrbanski plato in Tezno

Leto	Miklavž (µg/m ³)	Radvanje (µg/m ³)	Ruše (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Tezno (µg/m ³)
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
2021	18	5	3	4	11
2022	8	0	0	0	4
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 PM₁₀ v Miklavžu v letih 2011-2013, 2015, 2016 ter 2017 ni ustrezala zahtevam zakonodaje. V letu 2022 v Miklavžu izmerjeno število preseganj ni bilo čezmerno, kar tudi velja za ostala navedena merilna mesta v celotnem dosedanjem merilnem obdobju.

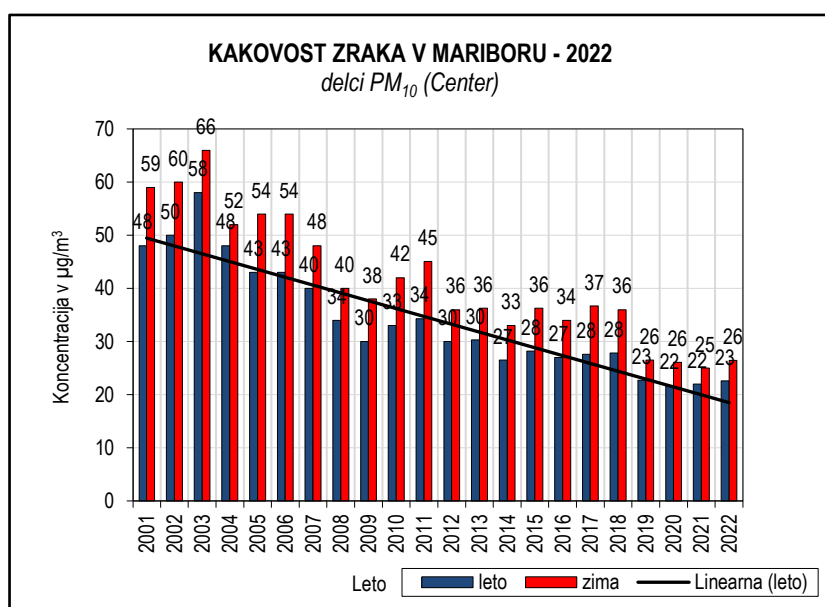
Na sliki 5.28 je prikazan potek srednjih letnih koncentracij skupnih lebdečih delcev v celotnem dosedanjem merilnem obdobju. Upoštevali smo meritve skupnih lebdečih delcev, ki smo jih kot ZZV (predhodnik NLZOH) Maribor izvajali med leti 1989 in 2000 ob Partizanski cesti, ter meritve delcev PM₁₀, ki jih je izvajal ARSO med leti 2001 in 2022 v Centru (DMKZ). Pri preračunavanju koncentracij skupnih lebdečih delcev iz koncentracij PM₁₀ smo uporabili faktor 1,2.



Slika 5.28: Skupni lebdeči delci 1989-2022, merilni mesti Center (ZZV (NLZOH) in DMKZ)

Koncentracije skupnih lebdečih delcev v Centru so se od leta 1989 do 2022 bistveno znižale, opazno je tudi stalno zniževanje po letu 2003. Srednja vrednost v letu 2022 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 2022 še vedno med najboljšimi doslej.

Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{10} v Centru (DMKZ) v celotnem dosedanjem merilnem obdobju so na sliki 5.29.

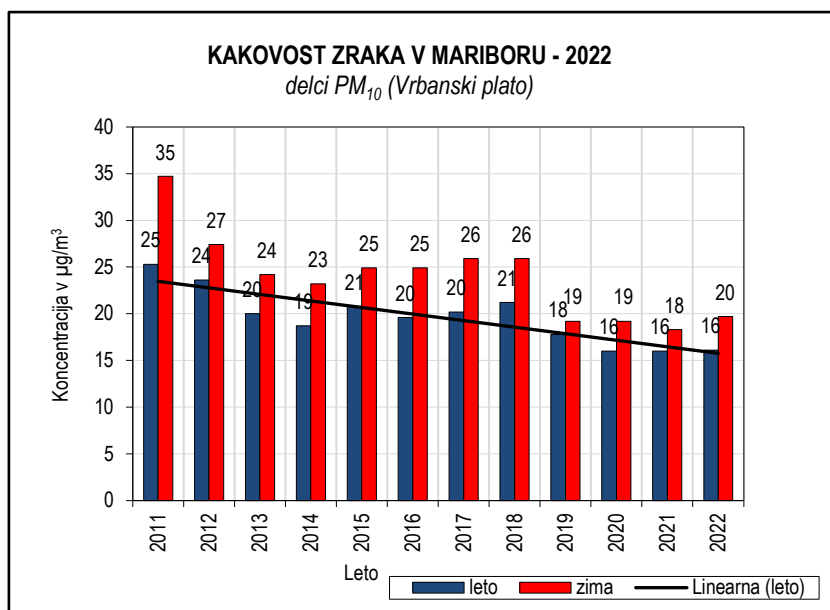


Slika 5.29: Delci PM_{10} 2001-2022, merilno mesto Center (DMKZ)

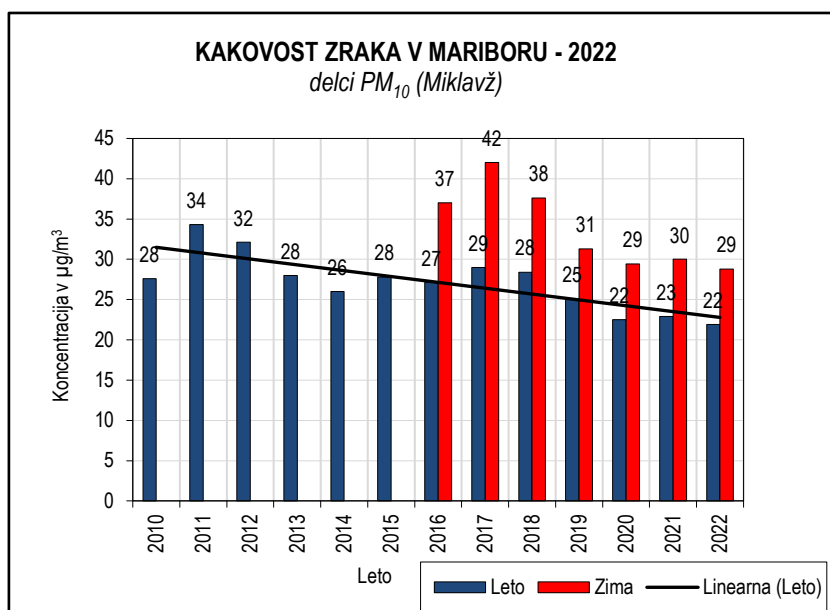
Koncentracije delcev PM_{10} so bile v Centru med najnižjimi doslej. Mejna letna vrednost ni bila presežena že od leta 2007. Dolgoletni trend je še vedno usmerjen navzdol.

Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{10} v dosedanjem merilnem obdobju na merilnih mestih Vrbanski plato so na sliki 5.30, Miklavž na sliki 5.31, Ruše na sliki 5.32, Radvanje na sliki 5.33 in Krekova/Tyrševa na sliki 5.34.

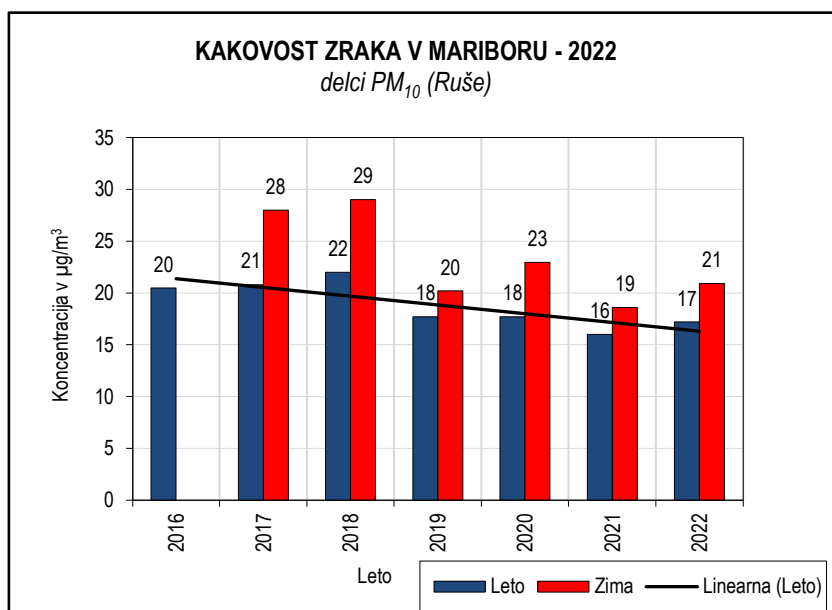
Ker so se meritve na merilnih mestih v Miklavžu v obdobju 2011 do 2015 ter v Radvanju in Rušah v letu 2016 izvajale v trajanju 6 mesecev na leto, so na grafih za ta leta prikazane preračunane srednje letne vrednosti. Ostala leta so se meritve izvajale celotno leto, tako da preračun ni bil več potreben.



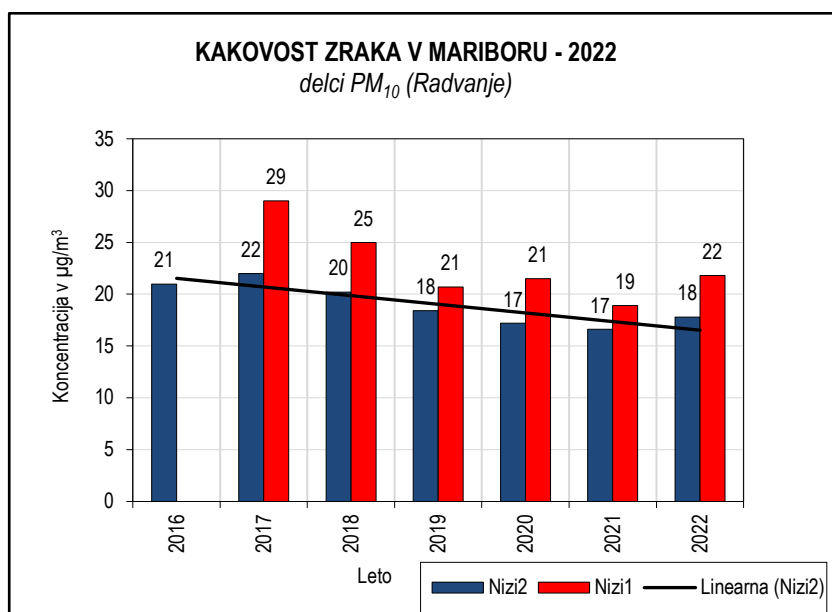
Slika 5.30: Delci PM_{10} 2011-2022, merilno mesto Vrbanski plato



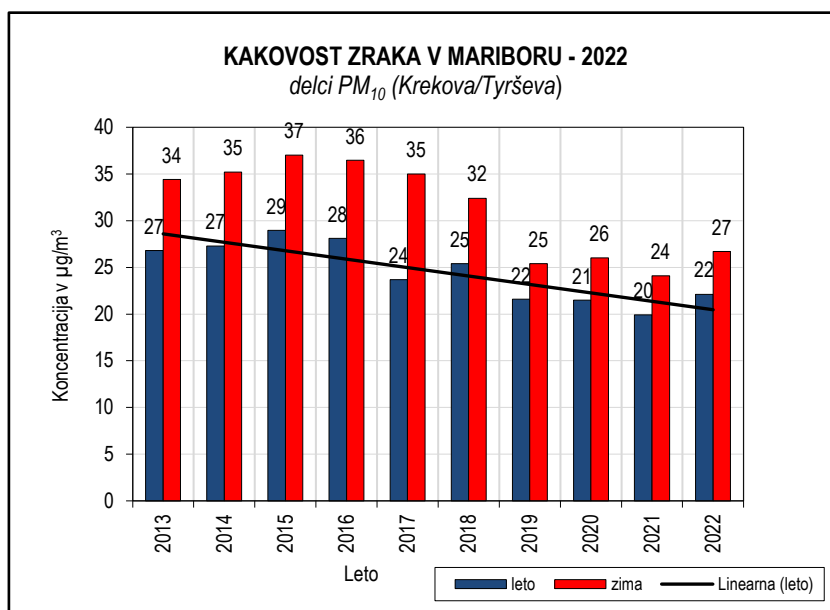
Slika 5.31: Delci PM_{10} 2010-2022, merilno mesto Miklavž



Slika 5.32: Delci PM_{10} 2016-2022, merilno mesto Ruše



Slika 5.33: Delci PM_{10} 2016-2022, merilno mesto Radvanje



Slika 5.34: Delci PM₁₀ 2013-2022, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Leta 2022 so bile izmerjene koncentracije delcev PM₁₀ na vseh merilnih mestih med najnižjimi doslej izmerjenimi. Dolgoletni trendi na Vrbskem platoju, v Miklavžu, v Radvanju, v Rušah in na Krekovi/Tyrševi so usmerjeni navzdol.

Na koncentracije delcev PM₁₀ v zraku vplivajo razen lokalnih virov (kurilne naprave, promet in industrija) tudi širše vremenske razmere (dolgotrajnejše zadrževanje zračnih mas in s tem kopičenje onesnaževal v času visokega zračnega pritiska, dodatno še nizke temperature zraka) ter regionalni in daljinski transport onesnaževal. O najvplivnejšem viru težko govorimo, zagotovo sta to promet (poleti in pozimi) ter individualne male kurilne naprave na trdno gorivo (pozimi). Najverjetneje sta 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 Vrbski 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.

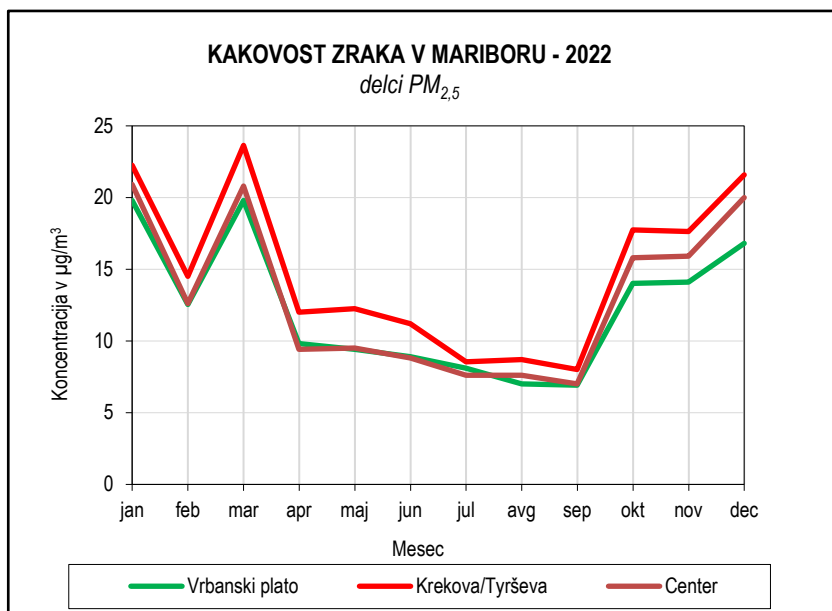
Rezultati meritev za leto 2022 so v tabeli 5.13.

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

Količina	Center (µg/m³)	Krekova/Tyrševa (µg/m³)	Vrbski plato (µg/m³)	Mejna vrednost (µg/m³)
Razpoložljivost dnevnih podatkov	100 %	100 %	96 %	
Letna srednja vrednost	13	15	12	20
Zima	18	20	16	
Poletje	8	10	8	

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

Na sliki 5.35 so srednje mesečne koncentracije delcev $PM_{2,5}$, v tabeli 5.14 pa zraven njih še najvišje dnevne koncentracije v posameznem mesecu za merilna mesta Vrbanski plato, Center in Krekova/Tyrševa za leto 2022.



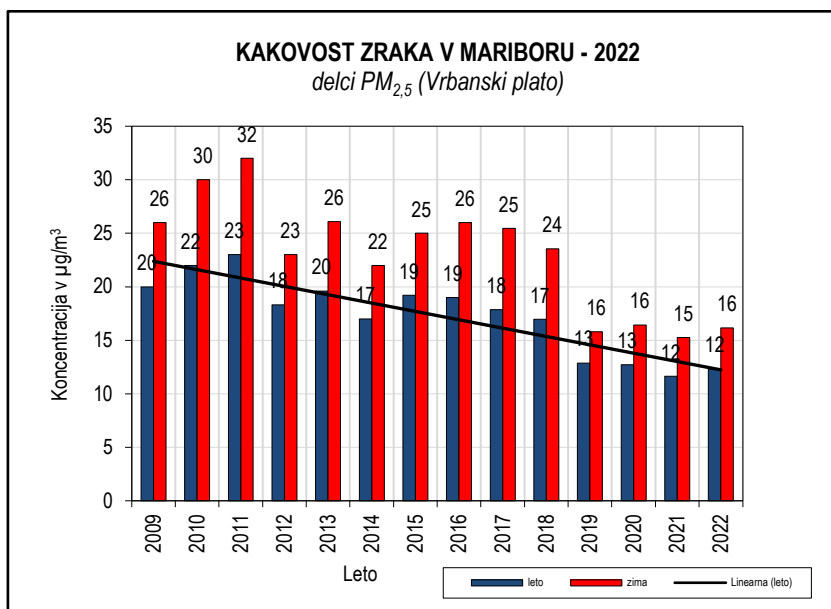
Slika 5.35: Srednje mesečne koncentracije delcev $PM_{2,5}$, merilna mesta Vrbanski plato, Center in Krekova/Tyrševa

Tabela 5.14: Srednje mesečne in najvišje dnevne vrednosti delcev $PM_{2,5}$ v $\mu g/m^3$ v pripadajočih mesecih - merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa in Vrbanski plato

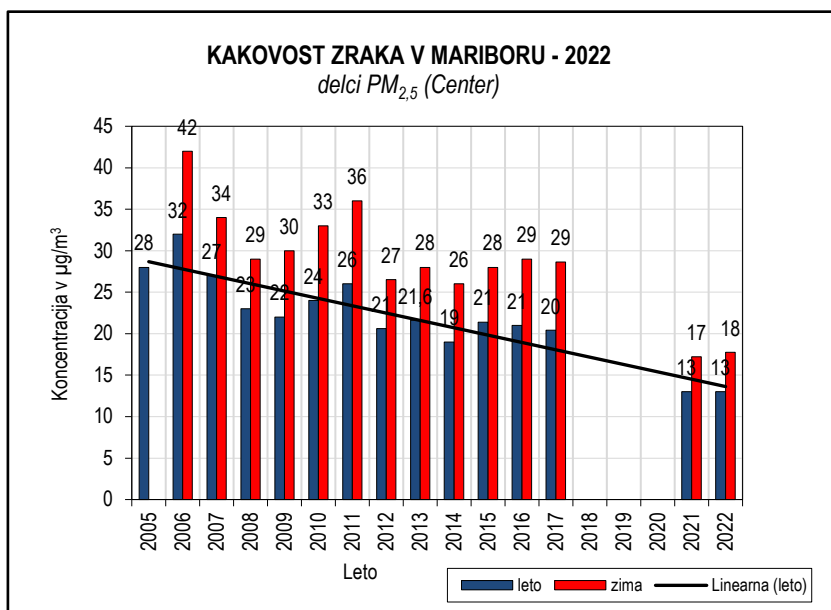
Mesec	Center		Krekova/Tyrševa		Vrbanski plato	
	mesec	dan	mesec	Dan	mesec	dan
januar	21	46	22	43	20	35
februar	13	22	15	25	13	22
marec	21	33	24	37	20	31
april	9	18	12	22	10	22
maj	9	16	12	18	9	14
junij	9	16	11	20	9	16
julij	7	21	9	13	8	18
avgust	8	15	9	17	7	12
september	7	13	8	16	7	12
oktober	16	36	18	38	14	32
november	16	38	18	38	14	33
december	20	55	22	54	17	46

Merilno mesto Krekova/Tyrševa je bilo bolj obremenjeno z delci $PM_{2,5}$ kot merilni mesti Vrbanski plato in Center. Pozimi so bile koncentracije višje kot poleti.

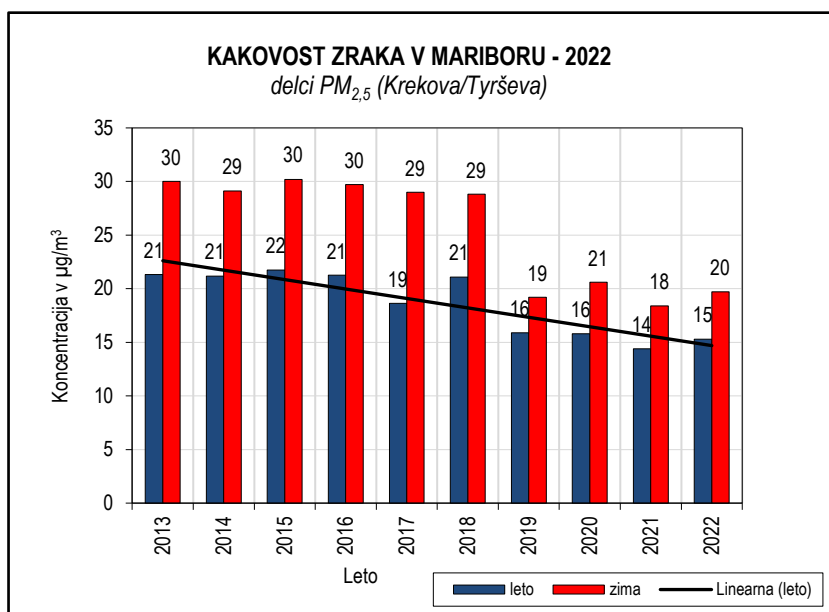
Srednje letne in zimske koncentracije delcev $PM_{2,5}$ so prikazane na sliki 5.36 za Vrbanski plato, na sliki 5.37 za Cener (od leta 2009) in na sliki 5.38 za Krekovo/Tyrševo (od leta 2013).



Slika 5.36: Delci $PM_{2,5}$ 2009-2022, merilno mesto Vrbanski plato



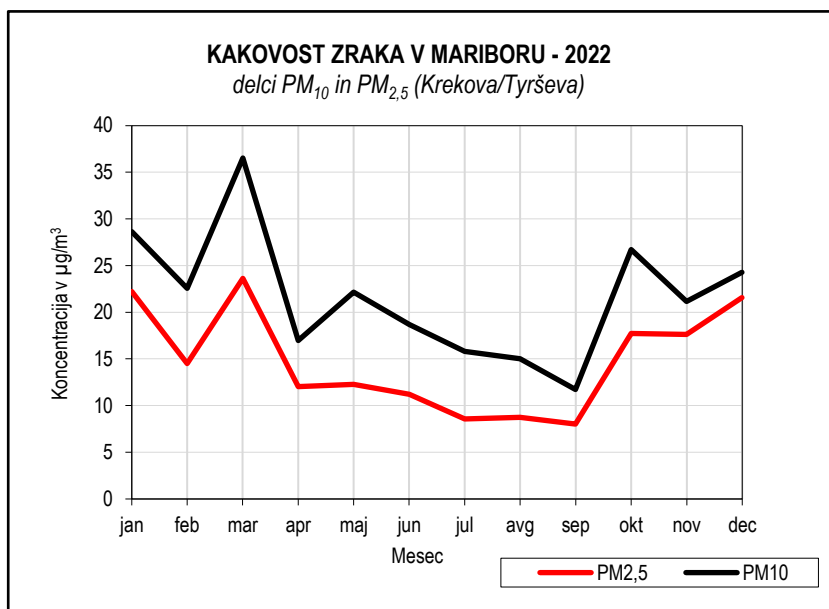
Slika 5.37: Delci $PM_{2,5}$ 2009-2022, merilno mesto Center



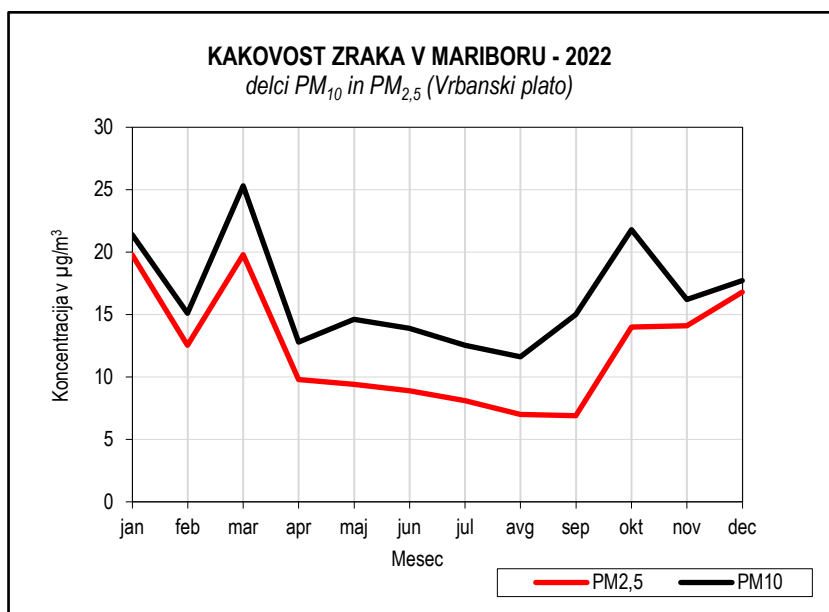
Slika 5.38: Delci $PM_{2,5}$ 2013-2022, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Koncentracije delcev $PM_{2,5}$ so bile leta 2022 nižje kot vsa leta prej na Vrbanskem platoju in na Krekovi/Tyrševi. Dolgoletni trendi so povsod usmerjeni navzdol.

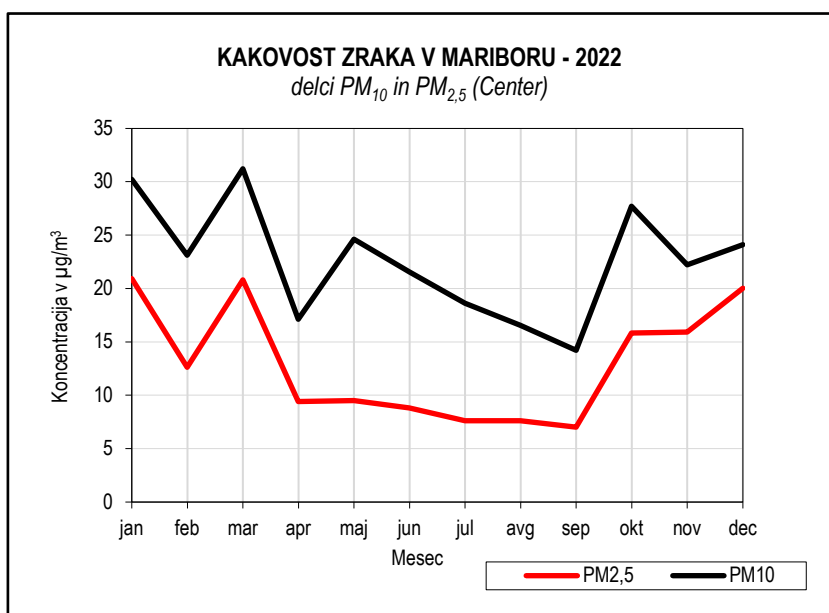
Zanimivi so tudi prikazi primerjave med koncentracijami delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ na vseh merilnih mestih za leto 2022, kar je na slikah 5.39 za Krekovo/Tyrševa, 5.40 za Vrbanski plato in 5.41 za Center.



Slika 5.39: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$, merilno mesto Krekova/Tyrševa



Slika 5.40: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$, merilno mesto Vrbanski plato



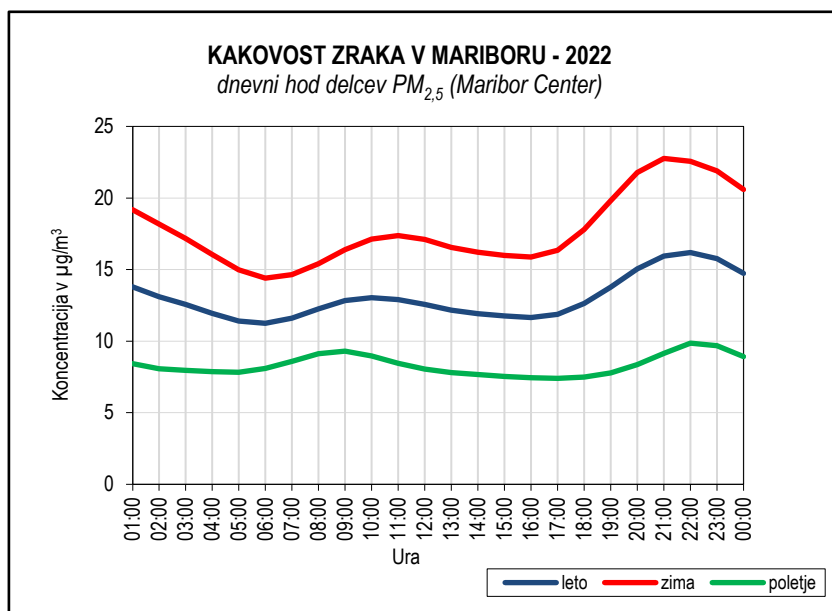
Slika 5.41: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$, merilno mesto Center

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:

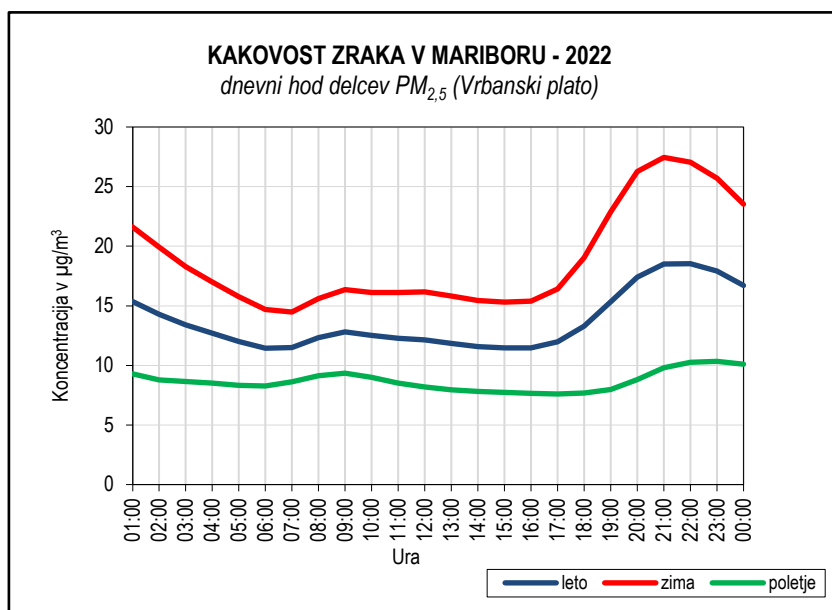
- Krekova/Tyrševa: 69 % (pozimi 77 %, poleti 61 %),
- Vrbanski plato: 76 % (pozimi 82 %, poleti 66 %),
- Center: 58 % (pozimi 67 %, poleti 44 %),

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

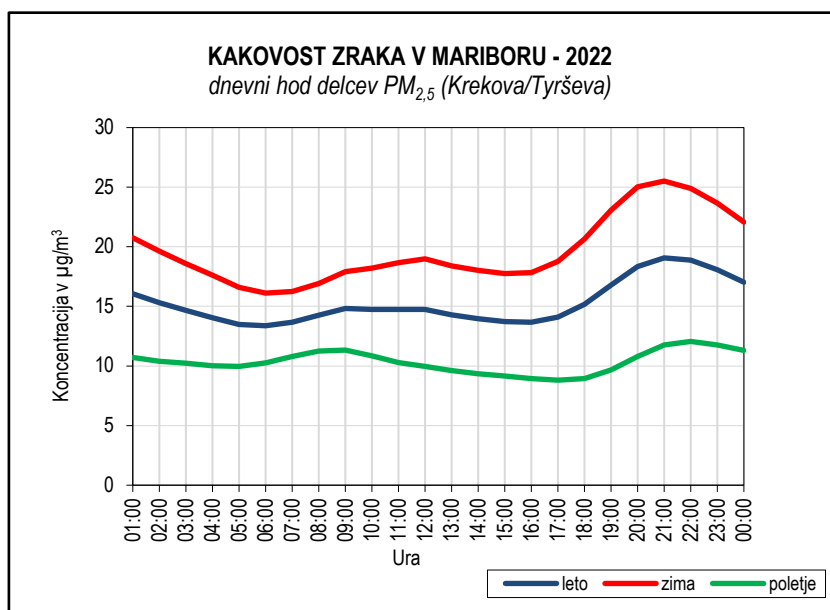
Dnevni hodi koncentracij delcev $PM_{2,5}$ poleti, pozimi in skozi celotno leto 2022 v Centru so na sliki 5.42, na Vrbanskem platuju na sliki 5.43, na Krekovi/Tyrševi pa na sliki 5.44.



Slika 5.42: Dnevni hodi koncentracij delcev $PM_{2,5}$, merilno mesto Center



Slika 5.43: Dnevni hodi koncentracij delcev $PM_{2,5}$, merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.44: 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 vrh okrog 9:00 ure ter večerni vrh okrog 22:00 ure. V poletnem času je večerni vrh na vseh merilnih mestih rahlo višji kot jutranji.

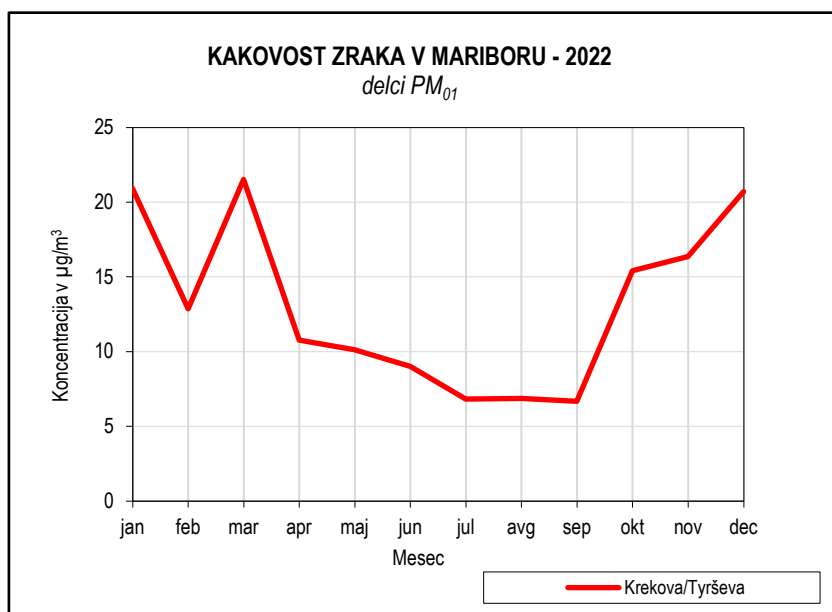
5.3.3 Delci PM_{01}

Meritve koncentracij delcev PM_{01} na merilnem mestu Krekova/Tyrševa potekajo od julija 2013. Rezultati meritev za leto 2022 so v tabeli 5.15.

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

Količina	Krekova/Tyrševa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Razpoložljivost urnih podatkov	100 %
Letna srednja vrednost	14
Zima	18
Poletje	9

Na sliki 5.45 so srednje mesečne koncentracije delcev PM_{01} , v tabeli 5.16 pa zraven njih še najvišje dnevne koncentracije v posameznem mesecu.

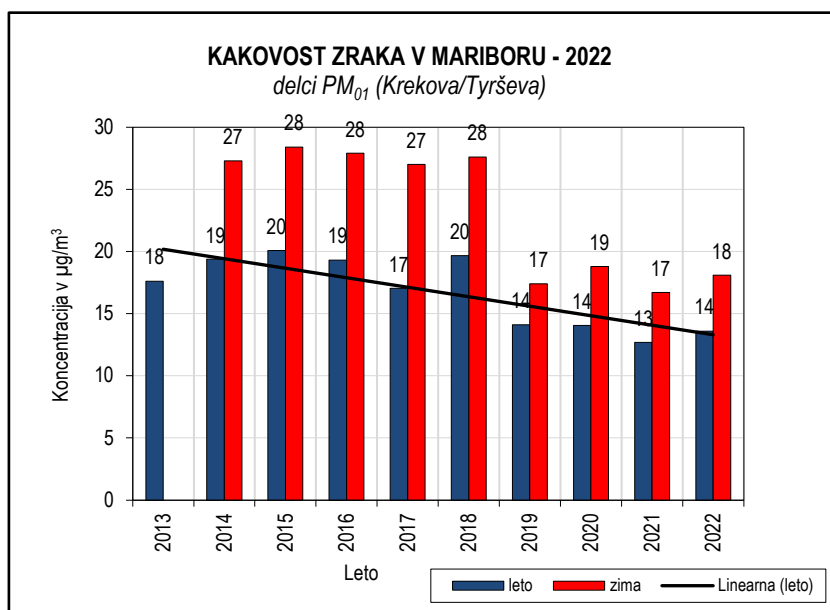


Slika 5.45: Srednje mesečne koncentracije delcev PM₀₁, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Tabela 5.16: Srednje mesečne in najvišje dnevne koncentracije delcev PM₀₁ v µg/m³ v pripadajočih mesecih - merilno mesto Krekova/Tyrševa

Mesec	Krekova/Tyrševa	
	mesec	dan
januar	21	40
februar	13	23
marec	22	35
april	11	20
maj	10	17
junij	9	17
julij	7	10
avgust	7	12
september	7	15
oktober	15	36
november	16	36
december	21	53

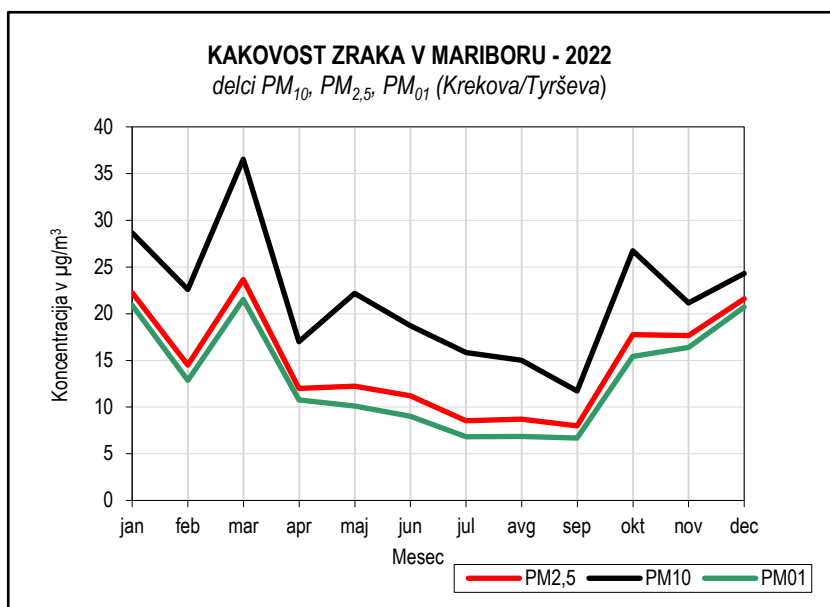
Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM₀₁ na merilnem mestu Krekova/Tyrševa so prikazane na sliki 5.46.



Slika 5.46: Delci PM_{01} 2013-2022, merilno mesto Krekova/Tyrševa

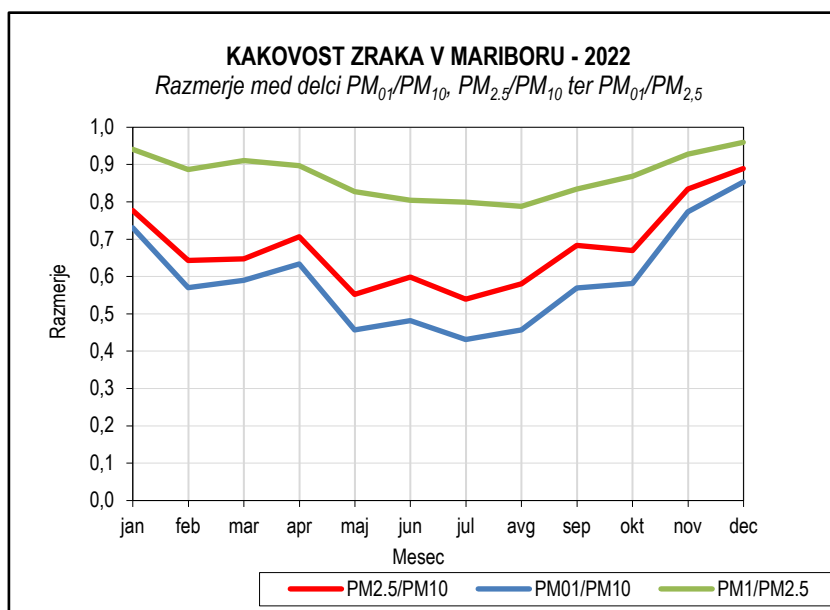
Koncentracije delcev PM_{01} so bile leta 2022 med najnižje doslej izmerjenimi, opazen je trend zmanjševanja.

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 5.47.



Slika 5.47: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} , $PM_{2,5}$ in PM_{01} , merilno mesto Krekova/Tyrševa

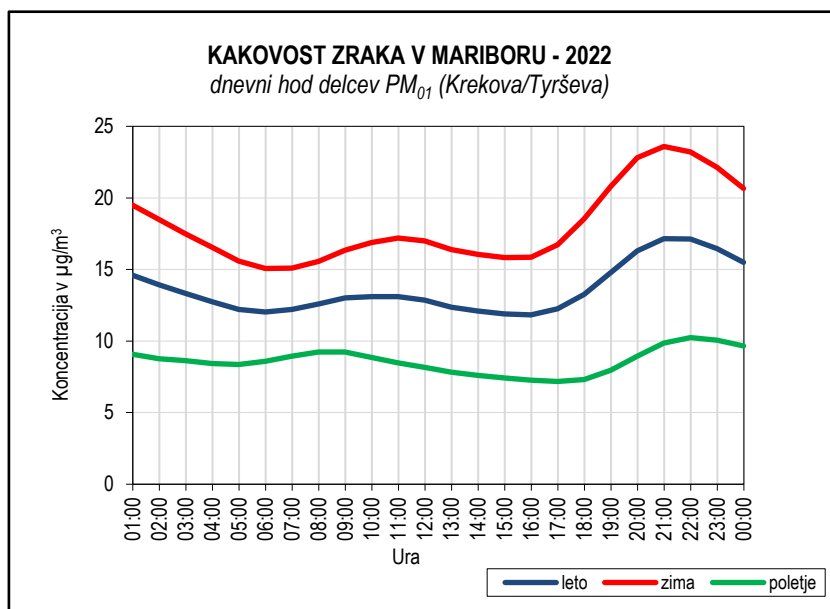
Razmerja med delci PM_{01}/PM_{10} , $PM_{2,5}/PM_{10}$ in $PM_{01}/PM_{2,5}$ so prikazana na sliki 5.48.



Slika 5.48: 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 85 %, poleti pa se spusti do 43 %. Delež $PM_{2,5}$ v PM_{10} dosega pozimi do 89 %, poleti pa se spusti do 54 %. Delež PM_{01} v $PM_{2,5}$ pozimi dosega 96 %, poleti pa se spusti do 79 %.

Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{01} poleti, pozimi in skozi celotno leto 2022 Krekovi/Tyrševi so na sliki 5.49.



Slika 5.49: Dnevni hodi koncentracij delcev PM_{01} , merilno mesto Krekova/Tyrševa

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 17:00 ure. V poletnem času je zaznati rahel dopoldanski (okrog 9:00) ter višji večerni vrh (okrog 22:00 ure).

5.3.4 Analize delcev PM_{10}

Analize delcev PM_{10} 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 na merilnem mestu Center vse analize v delcih PM_{10} izvajajo v državni mreži ARSO. 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 naprej.

5.3.4.1 Benzo(a)piren

Analize 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 v vzorcih odvzetih z referenčno metodo.

Rezultati meritev za leto 2022 so prikazani kot letna povprečna vrednost v tabeli 5.17.

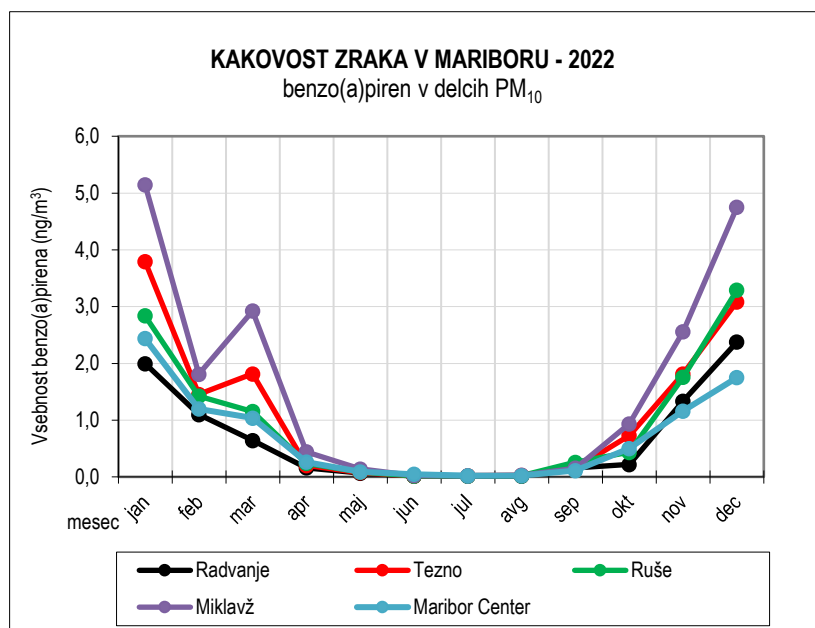
Tabela 5.17: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} - merilno mesto Center, Radvanje, Tezno, Ruše ter Miklavž

Količina	Center (ng/m ³)	Radvanje (ng/m ³)	Tezno (ng/m ³)	Ruše (ng/m ³)	Miklavž (ng/m ³)	Ciljna letna vrednost (ng/m ³)
Število vzorcev	122	122	122	122	122	
Časovna pokritost / razpoložljivost podatkov	33 % / 100 %	33 % / 100 %	33 % / 100 %	33 % / 99 %	33 % / 100 %	
Letna srednja vrednost	0,72	0,67	1,10	0,96	1,58	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 5.50 so srednje mesečne koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM_{10} za leto 2022 na merilnih mestih Center, Radvanje, Tezno, Ruše ter Miklavž.

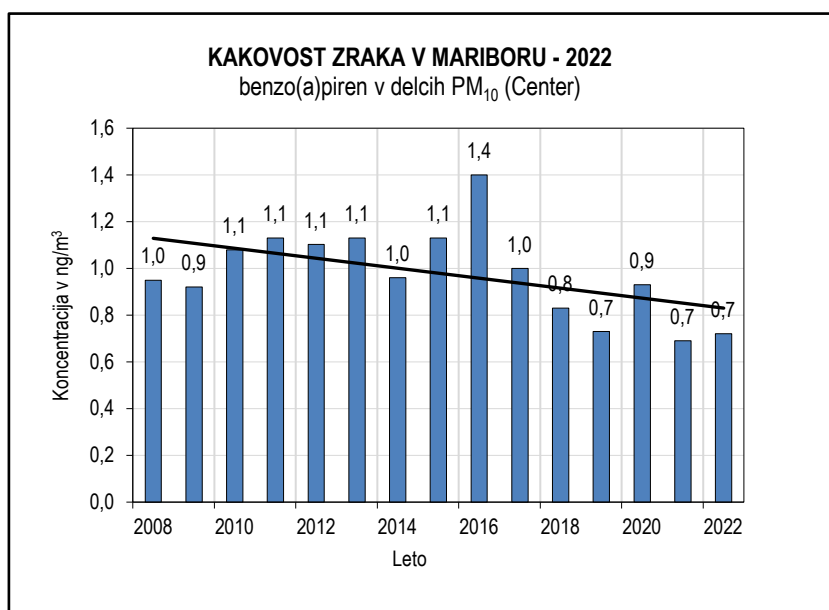


Slika 5.50: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀, merilna mesta Center, Radvanje, Tezno, Ruše ter Miklavž

PAO nastajajo pri nepopolnem izgorevanju 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 PM₁₀ bolj obremenjena pozimi in praktično neobremenjena poleti. V Miklavžu, na Teznu in v Rušah rezultati kažejo občasno višje vrednosti kot na merilnem mestu Center. Zrak v okolici mestnih središč je lahko enako ali celo bolj onesnažen z benzo(a)pirenom v delcih PM₁₀, kar bi lahko bila posledica večje uporabe lesne biomase kot energenta.

Zanimivo je dejstvo, da je vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ višja v Rušah kot v Centru, kljub precej nižjim koncentracijam delcev PM₁₀.

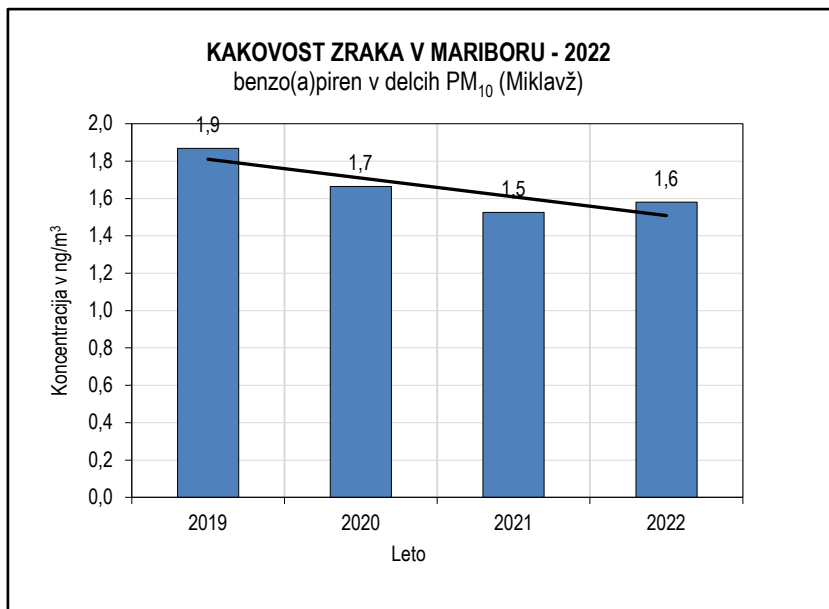
Potek srednjih letnih koncentracij za merilno mesto Center v celotnem dosedanjem merilnem obdobju je prikazan na sliki 5.51.



Slika 5.51: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀ 2008-2022, merilno mesto Center

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ v Centru je leta 2022 pod povprečjem doslej izmerjenih in pod ciljno letno vrednostjo. Trend je usmerjen rahlo navzdol.

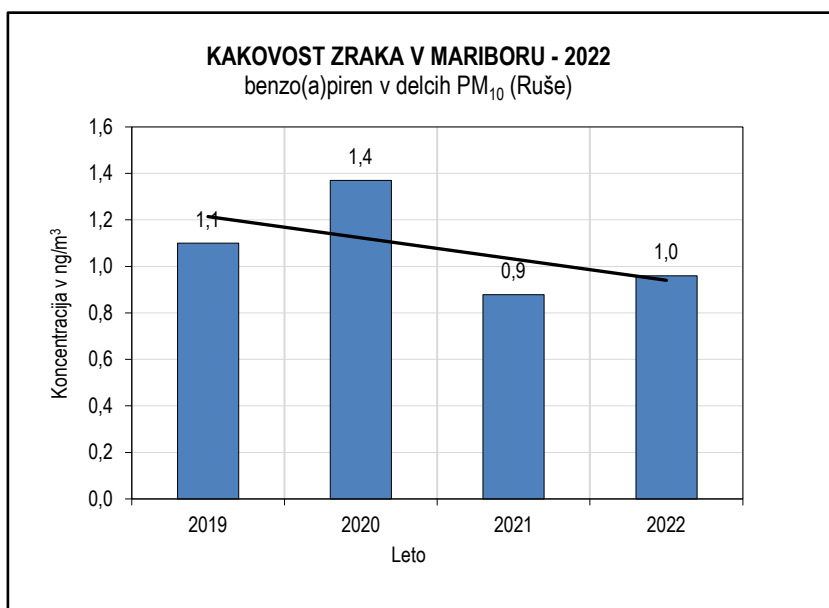
Potek srednjih letnih koncentracij za merilno mesto Miklavž v celotnem dosedanjem merilnem obdobju je prikazan na sliki 5.52.



Slika 5.52: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀ 2019-2022, *merilno mesto Miklavž*

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ v Miklavžu je bila leta 2022 višja kot leto pred tem. Izmerjene vrednosti v vseh treh letih so nad ciljno letno vrednostjo.

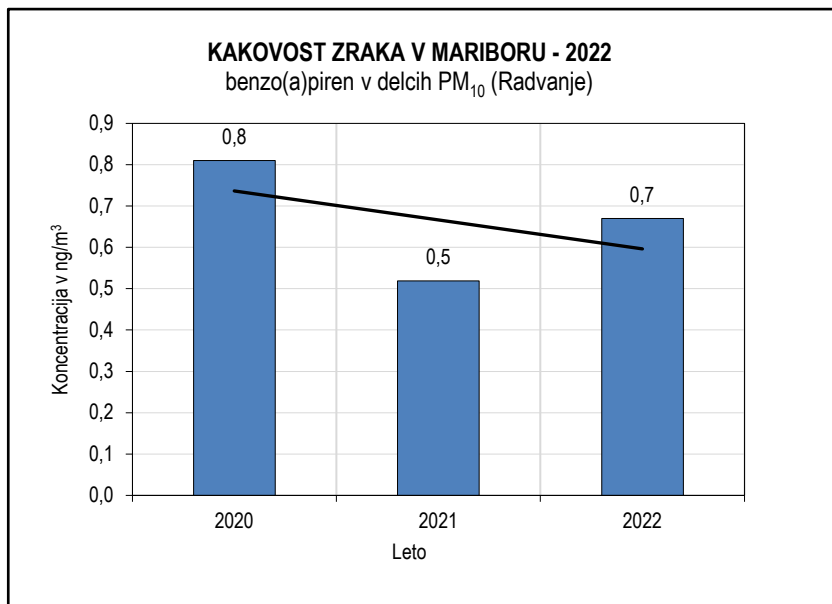
Potek srednjih letnih koncentracij za merilno mesto Ruše v celotnem dosedanjem merilnem obdobju je prikazan na sliki 5.53.



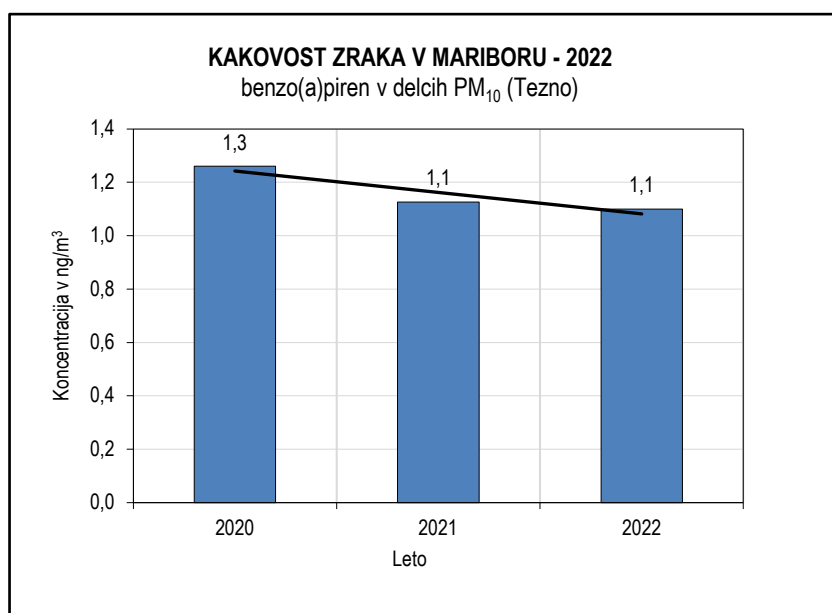
Slika 5.53: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀ 2019-2022, *merilno mesto Ruše*

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ v Rušah je bila višja kot leto pred tem. Izmerjene vrednosti v vseh treh letih so pod ciljno letno vrednostjo.

Potek srednjih letnih koncentracij za merilni mesti Radvanje ter Tezno v celotnem dosedanjem merilnem obdobju je prikazan na slikah 5.54 ter 5.55.



Slika 5.54: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀ 2019-2022, *merilno mesto Radvanje*



Slika 5.55: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀ 2019-2022, *merilno mesto Tezno*

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ v Radvanju je bila leta 2022 višja, na Teznem pa podobna kot leto pred tem. Izmerjene vrednosti na teh dveh merilnih mestih so v obeh letih pod ciljno letno vrednostjo.

5.3.4.2 Težke kovine

Analize na vsebnost težkih kovin (svinec, kadmij, arzen in nikelj) v delcih PM₁₀ so v okviru državne mreže potekale na merilnem mestu Center v vzorcih odvzetih z referenčno metodo. Rezultati so prikazani kot letne povprečne vrednosti in najvišje izmerjene dnevne koncentracije, za leto 2022 so v tabeli 5.18. Skupno je bilo odvzetih po 81 vzorcev (časovna pokritost podatkov za vsako kovino je 22 %, razpoložljivost podatkov pa je 100 %).

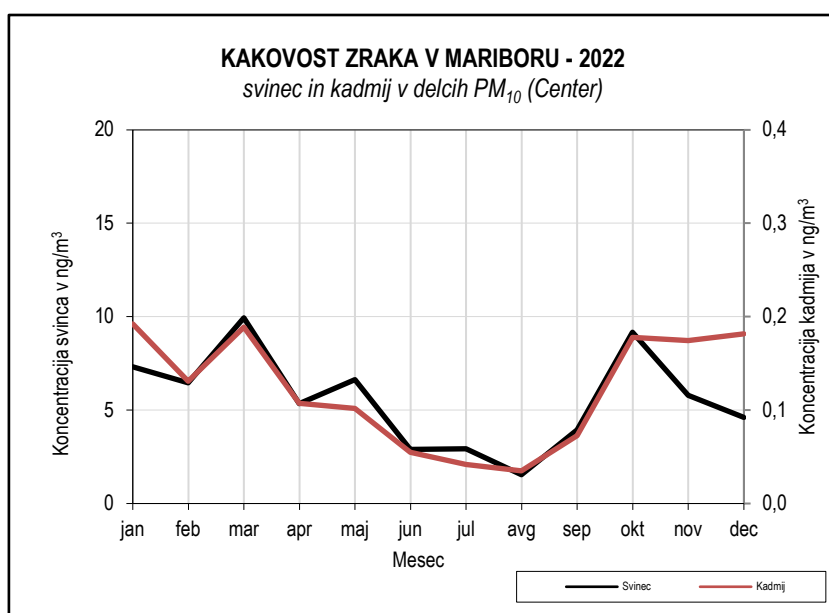
Tabela 5.18: Vsebnost težkih kovin v delcih PM₁₀ - *merilno mesto Center*

Onesnaževalo	Letno povprečje (ng/m ³)	Najvišja dnevna koncentracija (ng/m ³)	Ciljna/mejna letna vrednost (ng/m ³)
Svinec	5,7	19	500
Nikelj	1,5	4,3	20*
Kadmij	0,14	0,44	5,0*
Arzen	0,44	1,9	6,0*

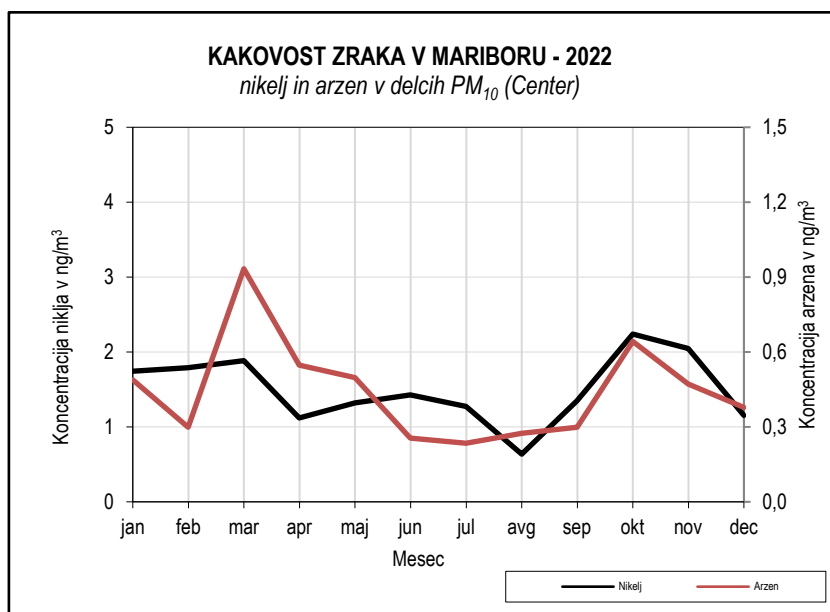
* ciljna vrednost.

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

Srednje mesečne koncentracije težkih kovin v delcih PM₁₀ na merilnem mestu Center v letu 2022 so za svinec in kadmij prikazane na sliki 5.56, za nikelj in arzen pa na sliki 5.57.



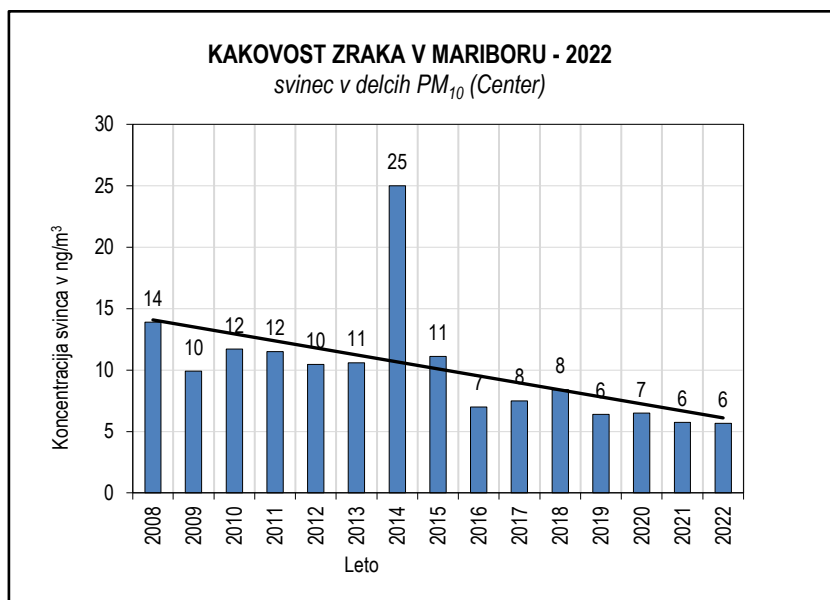
Slika 5.56: Mesečne koncentracije svinca in kadmija v delcih PM₁₀, *merilno mesto Center*



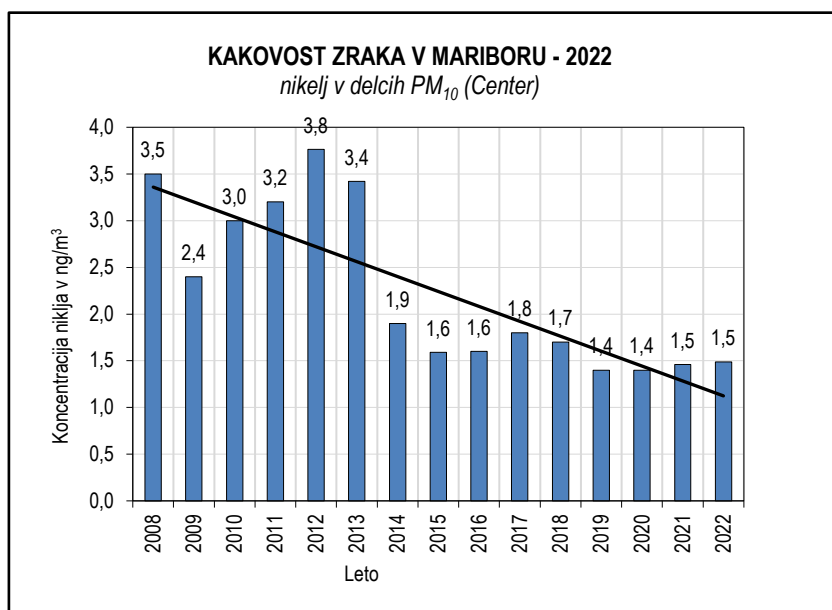
Slika 5.57: Mesečne koncentracije niklja in arzena v delcih PM₁₀, merilno mesto Center

Koncentracije predstavljenih kovin v delcih PM₁₀ na merilnem mestu Center so praviloma višje pozimi kot poleti.

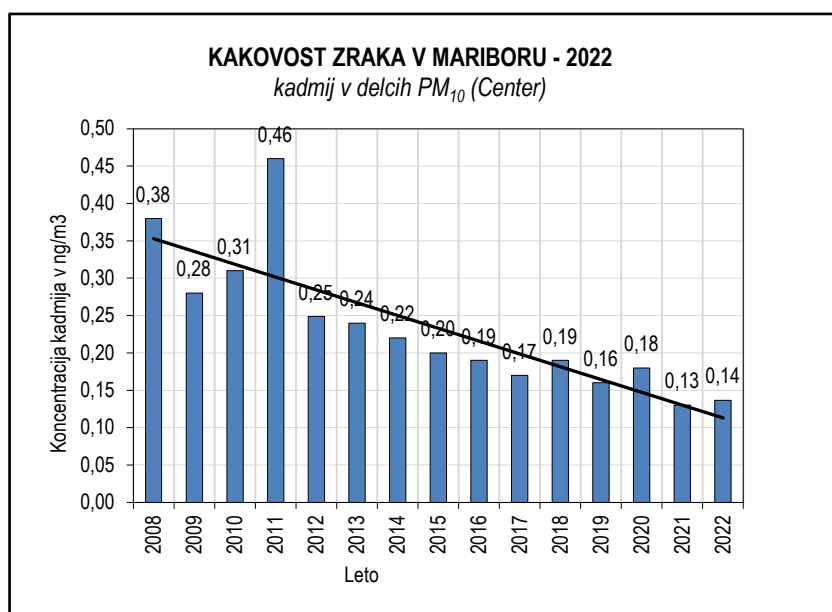
Srednje letne koncentracije v Centru v letih 2008-2022 so za svinec na sliki 5.58, nikelj 5.59, kadmij 5.60 in arzen na sliki 5.61.



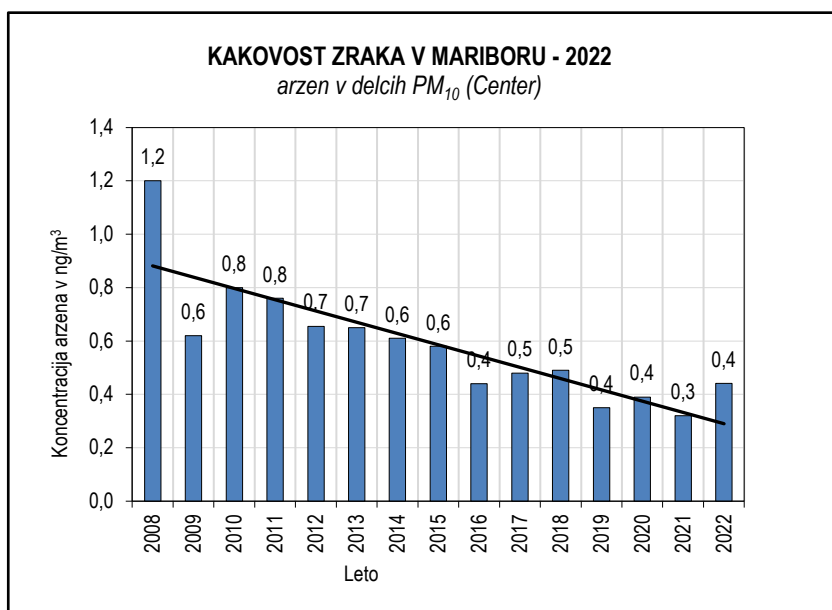
Slika 5.58: Svinec v delcih PM₁₀ 2008-2022, merilno mesto Center



Slika 5.59: Nikelj v delcih PM₁₀ 2008-2022, *merilno mesto Center*



Slika 5.60: Kadmij v delcih PM₁₀ 2008-2022, *merilno mesto Center*

Slika 5.61: Arzen v delcih PM₁₀ 2008-2022, merilno mesto Center

Že precej časa so koncentracije vseh analiziranih kovin v delcih PM₁₀ pod ciljnim letnimi vrednostmi (arzen, kadmij, nikelj) oziroma mejno letno vrednostjo (svinec). Pri vseh kovinah so trendi usmerjeni navzdol.

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

5.4 BENZEN

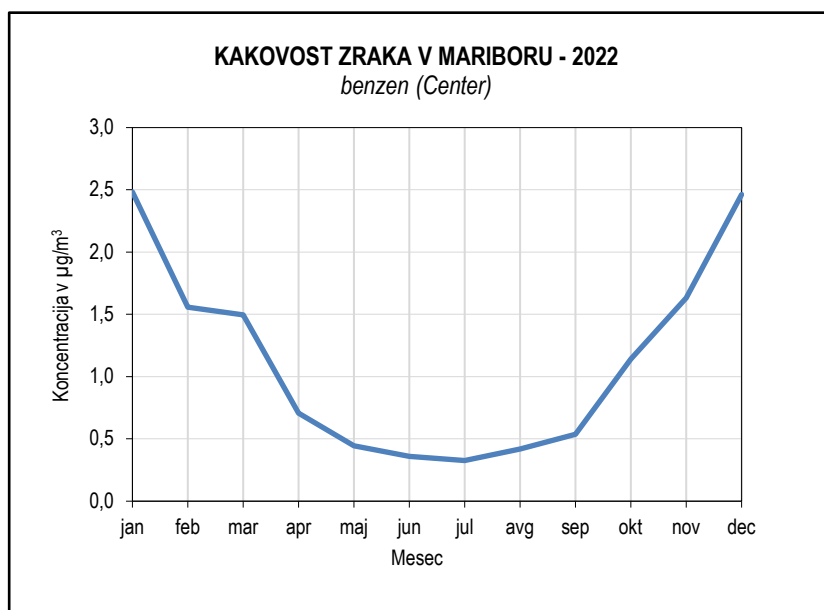
Meritve benzena v zunanjem zraku so vključene v državno mrežo na merilnem mestu Center že od leta 2005 s prekinitvijo v letih 2019 ter 2020. Rezultati za leto 2022 so v tabeli 5.19.

Tabela 5.19: Vsebnost benzena v zunanjem zraku - merilno mesto Center

Količina	Center (µg/m³)	Mejna vrednost (µg/m³)
Razpoložljivost urnih podatkov	92 %	5
Letna srednja vrednost	1,1	
Zima	1,76	
Poletje	0,46	

Srednja letna vrednost ni presegala mejne letne vrednosti.

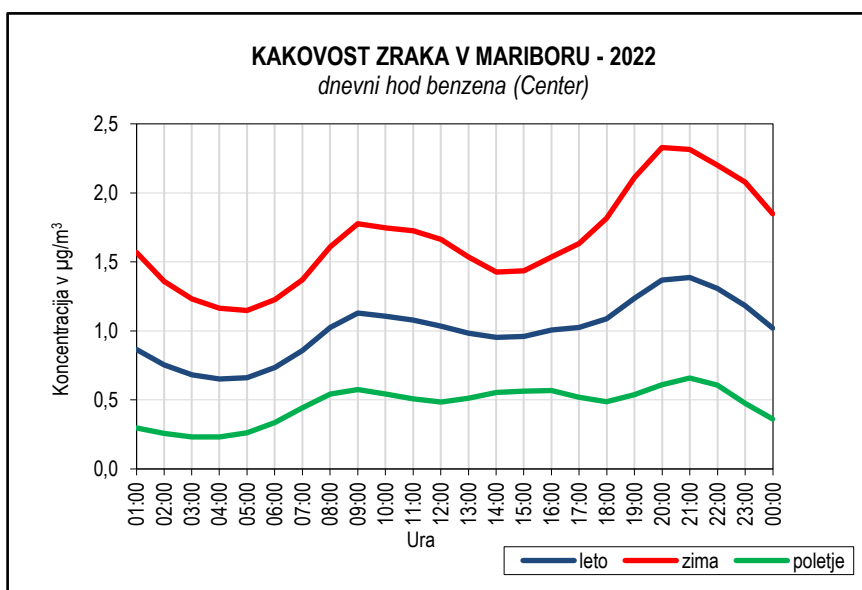
Na sliki 5.62 so srednje mesečne koncentracije benzena za merilno mesto Center za leto 2022.



Slika 5.62: Mesečne koncentracije benzena, *merilno mesto Center*

Koncentracije benzena so bistveno višje pozimi kot poleti.

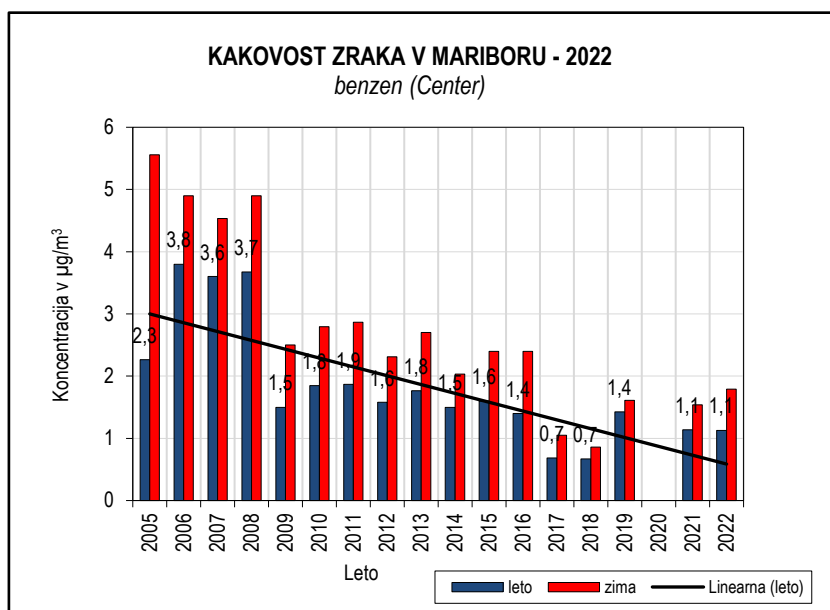
Dnevni hodi koncentracij benzena v Centru so poleti, pozimi in skozi celotno leto 2022 na sliki 5.63.



Slika 5.63: Dnevni hodi koncentracij benzena, *merilno mesto Center*

Pri dnevnem hodu benzena imamo dva vrha, jutranjega in večernega. Večerni je v zimskem času bistveno višji kot jutranji.

Uradni, vendar nepopolni rezultati meritev benzena kot srednje letne in zimske koncentracije v zunanjem zraku iz merilnega mesta Center so bili prvič na voljo v letu 2005 in so skupaj z rezultati meritev v letu 2022 prikazani na sliki 5.64.



Slika 5.64: Benzen 2005-2022, *merilno mesto Center*

Rezultati kažejo, da je bila koncentracija benzena leta 2022 pod povprečjem doslej izmerjenih. Trend je še vedno usmerjen navzdol. Slika je zgolj informativna zaradi (pre)majhnega deleža podatkov v letih 2016 (81 %), 2018 (29 %), 2019 (30 %) ter 2021 (81%).

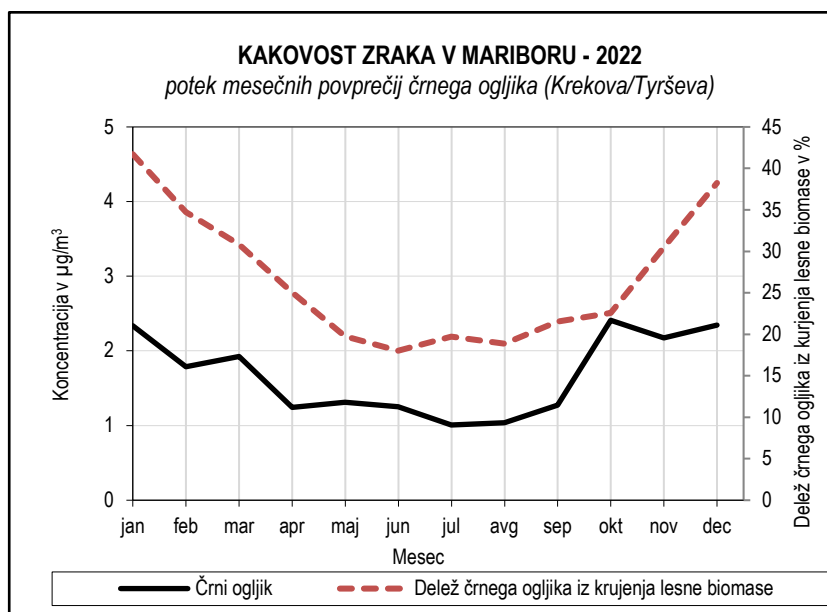
5.5 ČRNI OGLJIK

Meritve črnega ogljika v zunanjem zraku se na merilnem mestu Krekova/Tyrševa izvajajo od decembra 2013. Rezultati za leto 2022 so v tabeli 5.20.

Tabela 5.20: Vsebnost črnega ogljika v zunanjem zraku - *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Količina	Krekova/Tyrševa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Razpoložljivost urnih podatkov	98 %
Letna srednja vrednost	1,7
Zima	2,2
Poletje	1,2

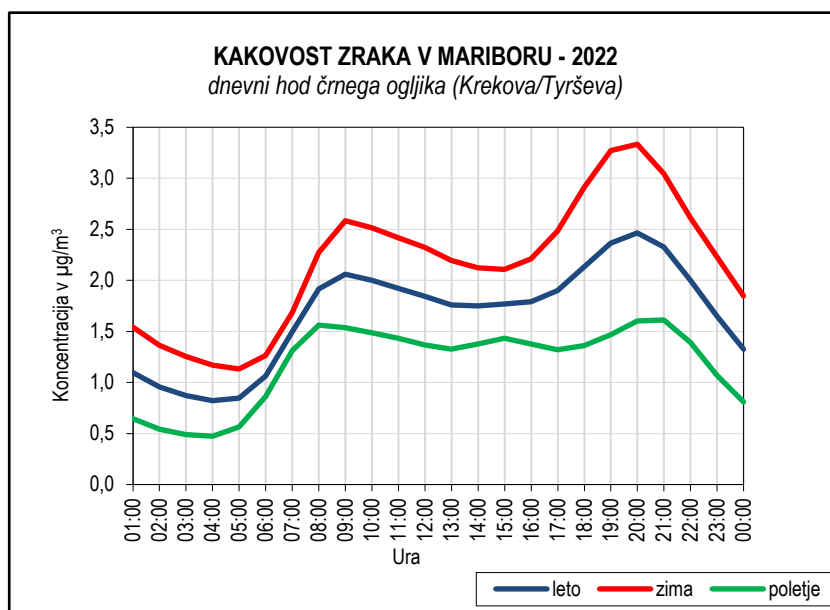
Na sliki 5.65 so srednje mesečne koncentracije črnega ogljika in delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase za merilno mesto Krekova/Tyrševa za leto 2022.



Slika 5.65: Mesečne koncentracije črnega ogljika in njegov delež iz kurjenja lesne biomase, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Koncentracije črnega ogljika so napram poletnemu višje v zimskem času. Delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase pozimi dosega 42 %, poleti pa pade na 19 %.

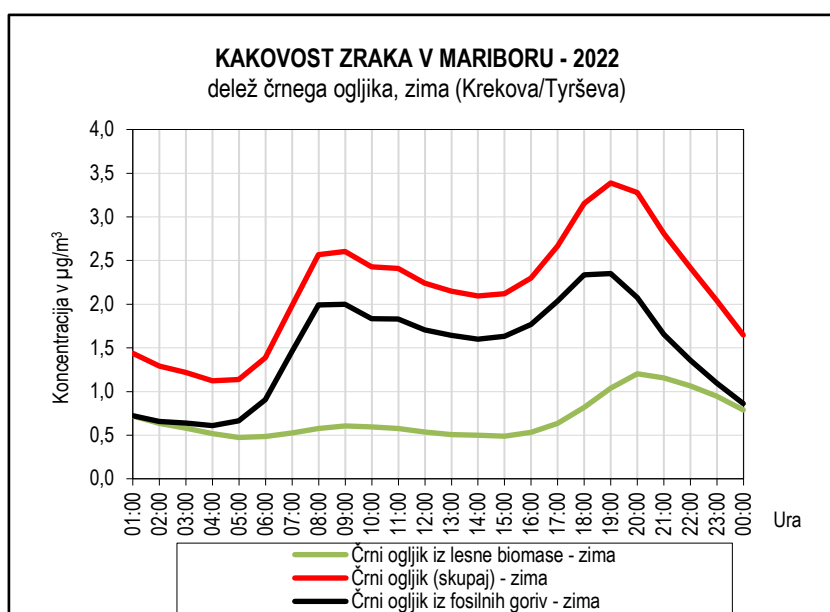
Dnevni hodi koncentracij črnega ogljika poleti, pozimi in skozi celotno leto 2022 so na sliki 5.66.



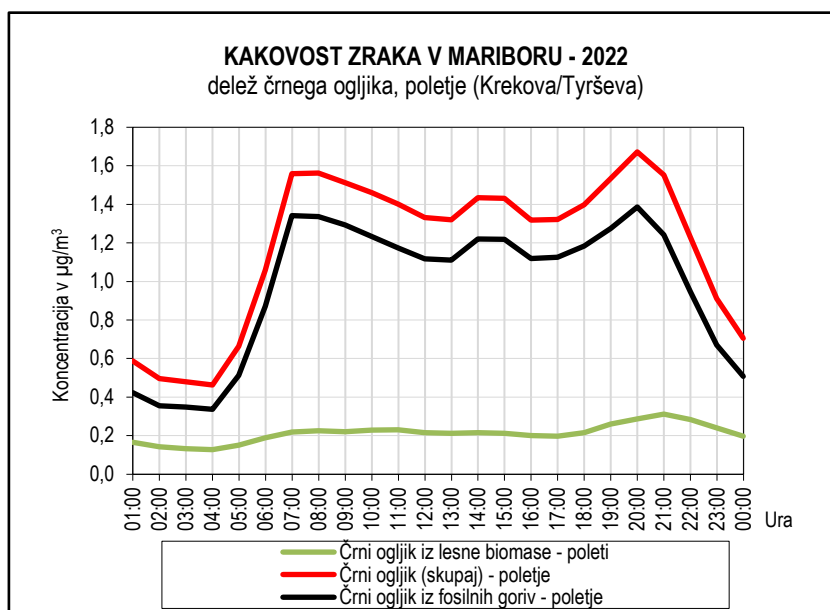
Slika 5.66: Dnevni hodi koncentracij črnega ogljika, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Dnevni hodi urnih koncentracij črnega ogljika so zelo podobni ostalim onesnaževalom. Pozimi in poleti se pojavita dnevno dva vrha, eden zjutraj okrog 8:00 ure, večerni pa okrog 20:00 ure. Pozimi in poleti je večerni vrh višji od jutranjega.

Na sliki 5.67 so prikazani dnevni hodi skupne količine črnega ogljika, črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv in črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase pozimi in enako na sliki 5.68 poleti.



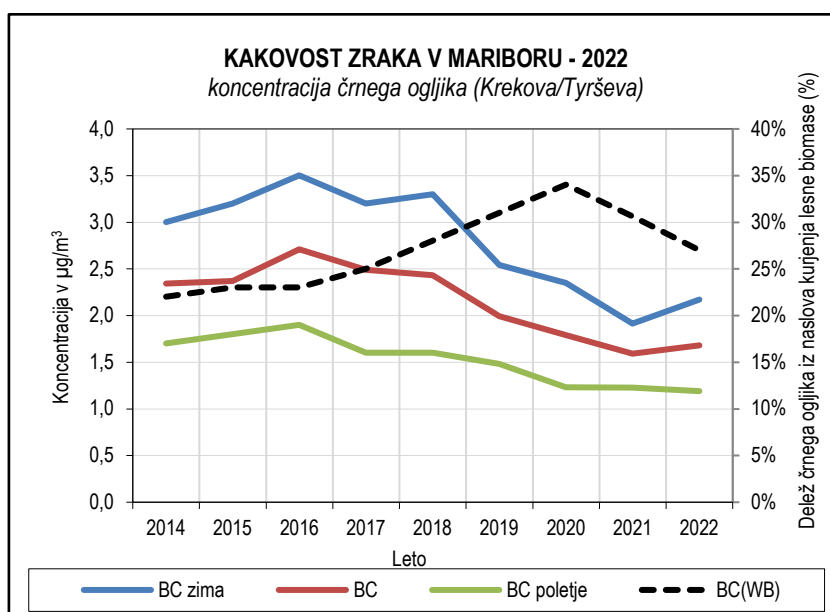
Slika 5.67: Dnevni hodi koncentracij skupnega črnega ogljika, črnega ogljika iz fosilnih goriv in črnega ogljika iz lesne biomase, pozimi, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*



Slika 5.68: Dnevni hod koncentracij skupnega črnega ogljika, črnega ogljika iz fosilnih goriv in črnega ogljika iz lesne biomase, poleti, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Iz slik 5.67 in 5.68 se vidi, da je pozimi in poleti na merilnem mestu Krekova/Tyrševa prevladujoč vir črnega ogljika kurjenje fosilnih goriv, pozimi delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase v nočnem času doseže delež iz naslova kurjenja fosilnih goriv. Pozimi v večernih urah so koncentracije črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase do 4 krat večje kot poleti.

Na sliki 5.69 so prikazane letne, zimske in poletne koncentracije črnega ogljika ter delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase za obdobje 2014-2022.



Slika 5.69: 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 2022 glede na pretekla leta ena izmed najnižje izmerjenih. Dolgoletni trend je usmerjen navzdol. Razmerje deleža črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase (27 %) in delež črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv (73 %) sta se v letu 2022 spremenila. Delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase se je do leta 2020 poviševal, v letu 2022 pa znižal na raven leta 2018.

5.6 METEOROLOŠKI PARAMETRI

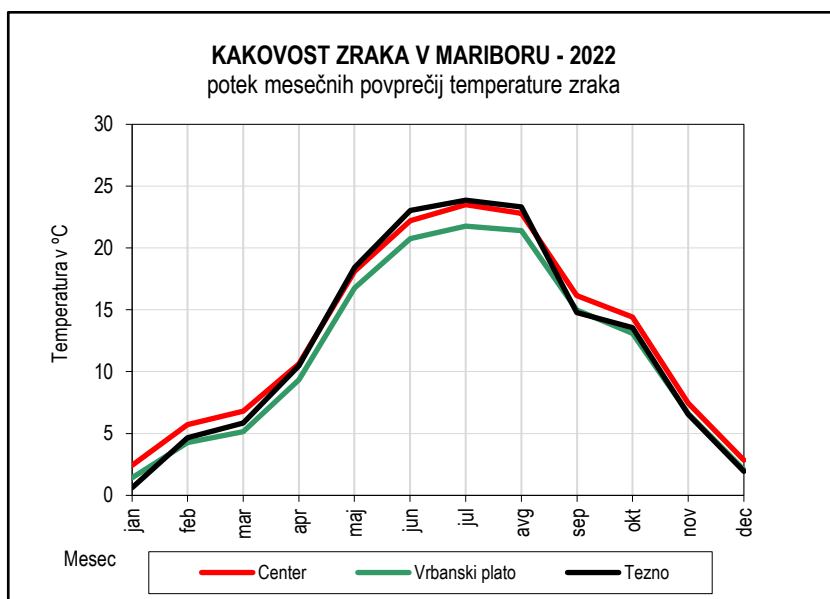
5.6.1 Temperatura zraka

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 zunanjega zraka. Meritve temperature zunanjega zraka potekajo v Centru (DMKZ) že od leta 1997, na Vrbanškem platoju so bile prve popolne meritve šele leta 2012, na Teznem se meritve izvajajo od 2020.

Srednje mesečne temperature zraka za leto 2022 na merilnih mestih Center, Vrbanški plato in Tezno so v tabeli 5.21 in na sliki 5.70. Na merilnem mestu Center in Vrbanški plato je bilo razpoložljivih 100 %, na merilnem mestu Tezno pa 98 % urnih podatkov.

Tabela 5.21: Srednje mesečne temperature zraka - merilna mesta Center, Vrbanški plato in Tezno

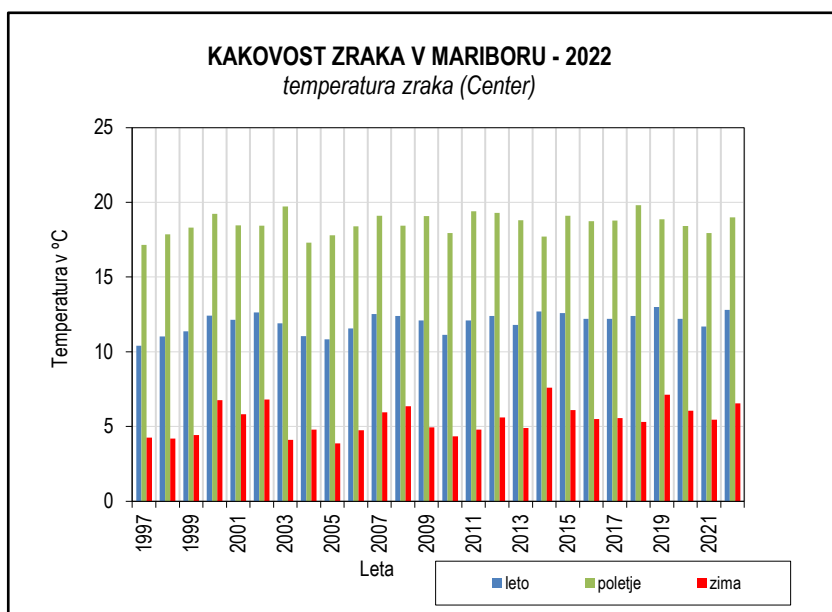
Mesec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	Srednja letna
Center	2,4	5,7	6,8	10,6	18,1	22,2	23,5	22,8	16,2	14,4	7,4	2,8	12,8
Vrbanški plato	1,4	4,3	5,1	9,3	16,8	20,8	21,8	21,4	15,0	13,1	6,6	2,1	11,5
Tezno	0,6	4,6	5,8	10,5	18,4	23,0	23,9	23,3	14,8	13,6	6,5	1,9	12,1



Slika 5.70: Mesečne temperature zraka, merilna mesta Center, Vrbanški plato in Tezno

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

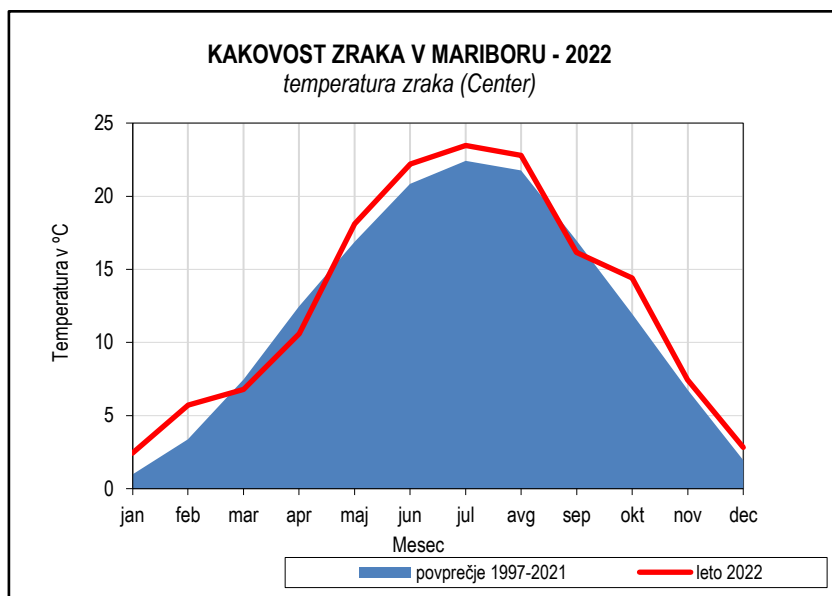
Meritve temperature zraka potekajo že precej dolgo, tako da se lahko opazujejo letni trendi. Slika 5.71 prikazuje srednjo letno temperaturo zraka ter temperaturo pozimi in poleti v letih 1997 do 2022 v Centru.



Slika 5.71: Temperatura zraka 1997-2022, merilno mesto Center

Srednja letna temperatura zraka je bila v letu 2022 nadpovprečna in za 0,8 °C višja od povprečja let 1997-2021 in ena izmed najvišjih izmerjenih v navedenem obdobju.

Odstopanje srednjih mesečnih temperatur za leto 2022 od dolgoletnega povprečja v obdobju 1997–2021 je prikazano na sliki 5.72.



Slika 5.72: Odstopanje mesečne temperature zraka v letu 2022 od povprečja 1997-2021, merilno mesto Center

Srednja mesečna temperatura v letu 2022 je bila večino mesecev višja od povprečja 1997-2021.

5.6.2 Smer in hitrost vetra

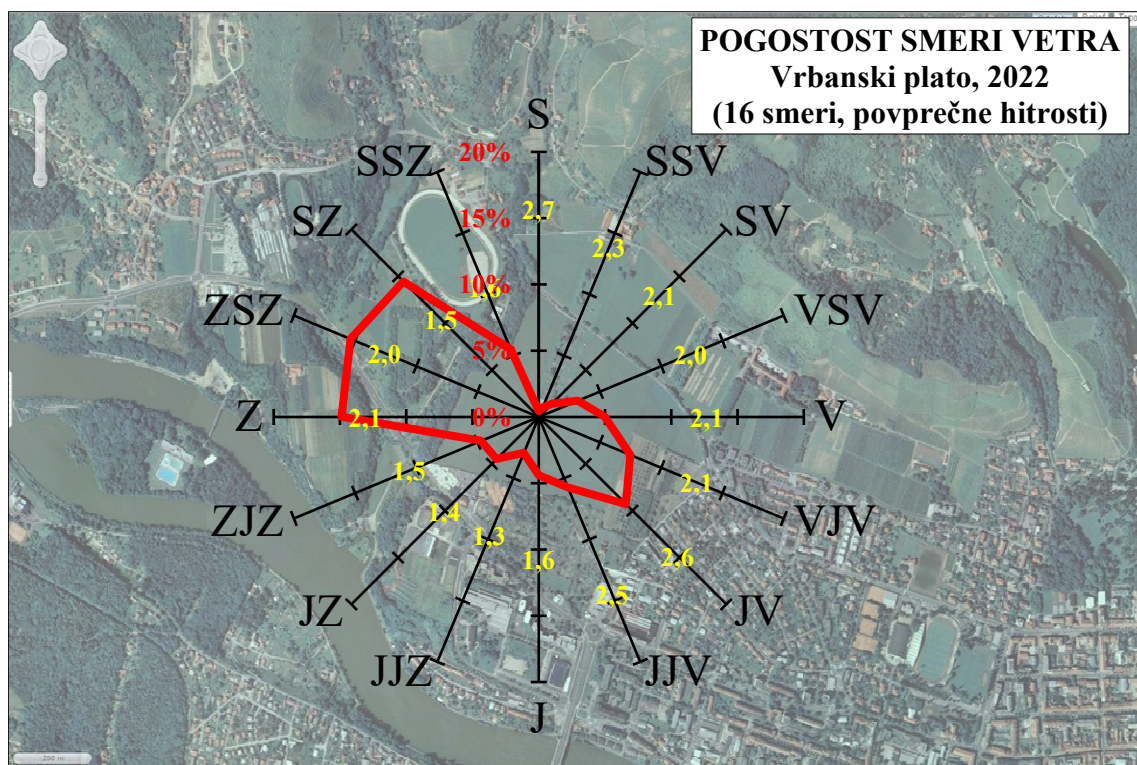
Na merilnem mestu Vrbanski plato so se na avtomatski meteorološki postaji med ostalimi parametri izvajale tudi meritve smeri in hitrost vetra (Vir: ARSO). V tabeli 5.22 so prikazani razpoložljivost urnih podatkov ter povprečna mesečna in najvišja urna hitrost vetra za posamezne mesece in za celotno koledarsko leto. V tabeli 5.23 pa sta prikazana pogostost pojavljanja določene smeri vetra v koledarskem letu in povprečna hitrost vetra pri tej smeri. Na sliki 5.73 je roža vetrov za leto 2022 za merilno mesto Vrbanski plato skupaj s povprečno hitrostjo vetra iz posamezne smeri.

Tabela 5.22: Razpoložljivost podatkov, povprečna mesečna in najvišja 10 minutna hitrost vetra

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

Tabela 5.23: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečna hitrost vetra po smereh

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



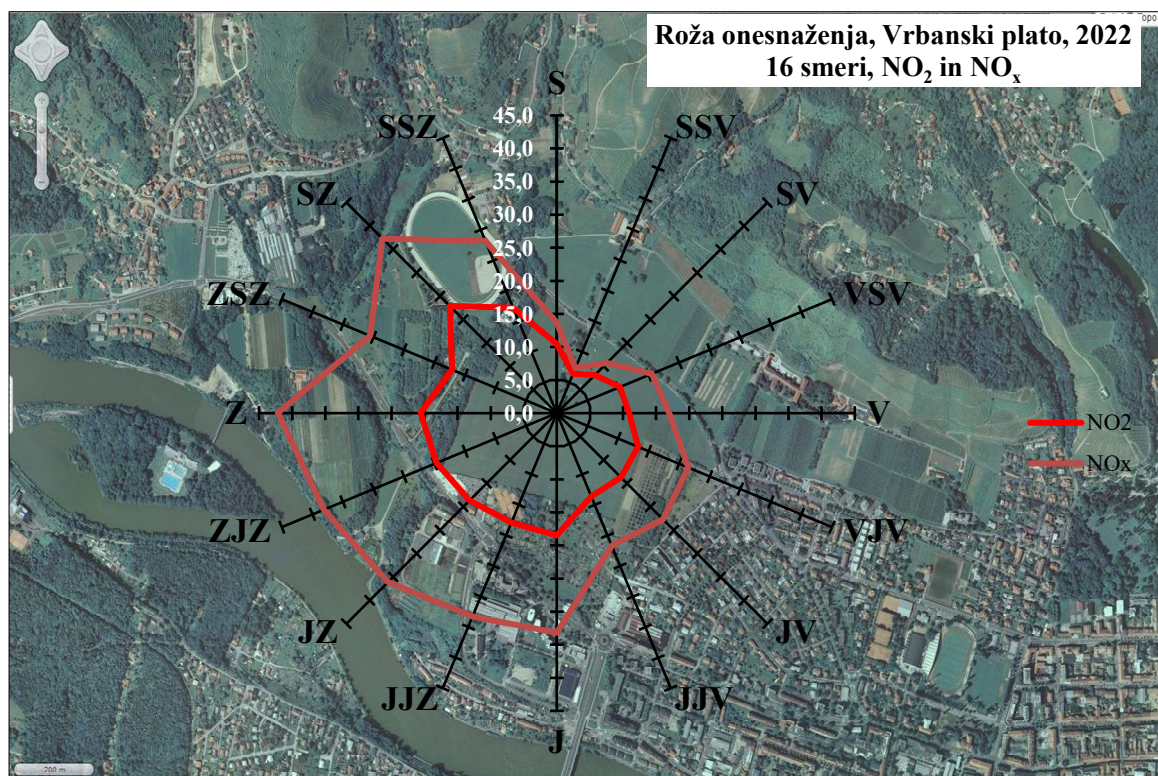
Slika 5.73: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečna hitrost po smereh, leto 2022, *merilno mesto Vrbanski plato*

Najpogostejša smer vetra je ZSZ, ki se pojavlja okrog 45 % časa v letu. Skupno je veter iz IV. kvadranta (Z – SSZ) pihal 50 % časa, sledi II. kvadrant (V – JJV) z 28 %, veter iz ostalih dveh kvadrantov pa je skupno pihal eno četrtno leta.

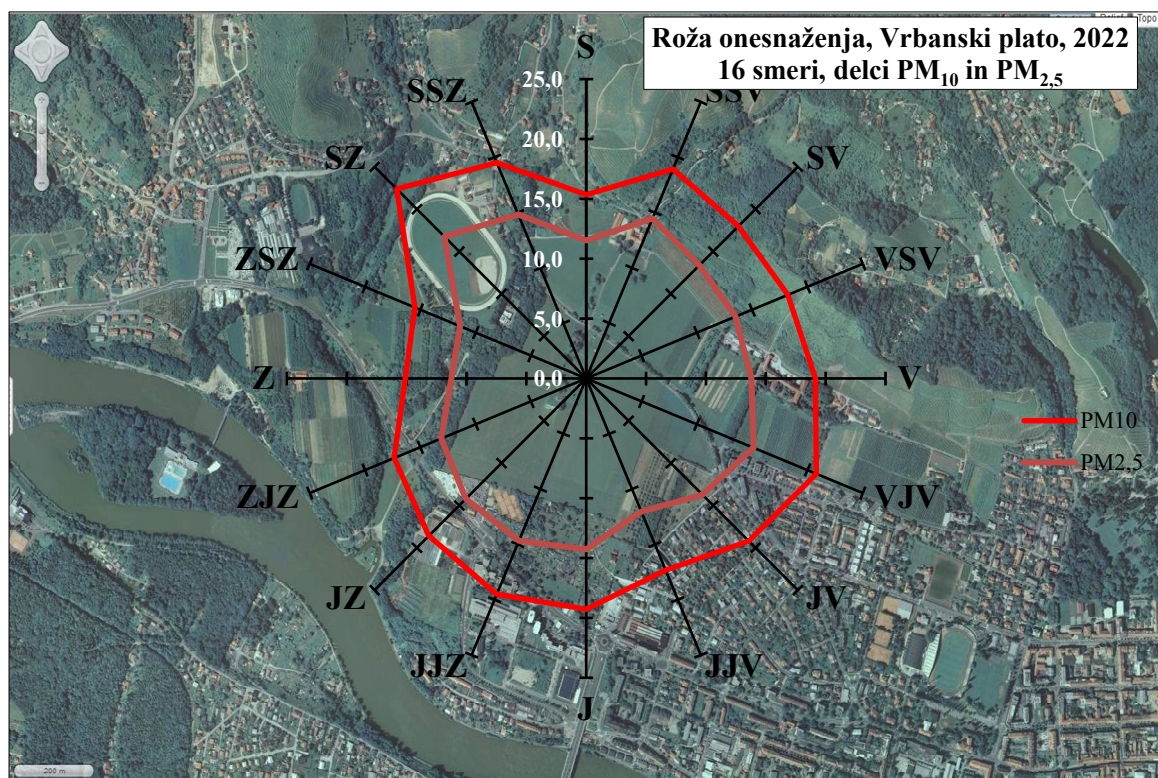
5.6.3 Rože onesnaženja zunanjega zraka

Na podlagi meritev smeri vetra se lahko ugotavlja, od kod najpogosteje prihaja z onesnaževali obremenjen zunanji zrak. Rože onesnaženja zunanjega zraka, ki prikazujejo povprečne koncentracije posameznega onesnaževala pri določeni smeri vetra, so za leto 2022 predstavljene samo za neprekinjene meritve na merilnem mestu Vrbanski plato. Slika 5.74 za dušikove okside in dušikov dioksid ter slika 5.75 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 ter delcev prihajajo iz severozahodne smeri.



Slika 5.74: Roža onesnaženja zunanjega zraka z dušikovimi oksidi (NO_x) in dušikovim dioksidom (NO_2) v letu 2022, merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.75: Roža onesnaženja zunanjega zraka z delci PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ v letu 2022, 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 se lahko govori, 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) ter novelirali leta 2021 /30/. 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/, /19/ ter /30/

Onesnaževalo	Enota	Kratkoročna vrednost	Dnevna vrednost	Letna vrednost
žveplov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	500*	40	
dušikov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200**	25	10
ozon	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100***		60*****
delci PM ₁₀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		45	15
delci PM _{2,5}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		15	5
ogljikov monoksid	mg/m^3	10*** 35** 100****	4	
svinec	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			0,5
kadmij	ng/m^3			5

* 10-minutna vrednost

** urna vrednost

*** osemurna vrednost

**** 15-minutna vrednost

***** Povprečne dnevne maksimalne 8-urne koncentracije O₃ v šestih zaporednih mesecih z najvišjo šestmesečno tekočo povprečno koncentracijo O₃

Z novimi smernicami WHO iz leta 2021 /30/ so se zaostrole vrednosti za PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 ter CO, medtem ko so na osnovi novih dokazov za SO_2 predlagali višjo novo priporočeno vrednost $40 \mu g/m^3$ (pred tem je bila priporočena $20 \mu g/m^3$).

Kot lahko razberemo iz primerjave zgornjih vrednosti in mejnih vrednosti po naši zakonodaji (tabela 4.1), pri večini onesnaževal 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/.

Letne koncentracije **delcev PM_{10}** so bile nad priporočeno letno vrednostjo po smernicah SZO $15 \mu g/m^3$ na vseh merilnih mestih.

Letne koncentracije **delcev $PM_{2,5}$** so bile na vseh treh merilnih mestih nad priporočeno letno vrednostjo po smernicah SZO.

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 novejša študije potrjujejo zaključke znanstvenih ugotovitev o negativnih vplivih na zdravje ljudi zaradi kratkotrajne in dolgotrajne izpostavljenosti delcem $PM_{2,5}$. V odsotnosti zakonodajno predpisanih mejnih dnevni 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 $142 \mu g/m^3$, na Teznem $168 \mu g/m^3$ in Vrbanskem platoju $141 \mu g/m^3$, kar kaže na prekoračitve vrednosti iz smernic SZO, ki je $100 \mu g/m^3$. Ta vrednost je bila presežena na Pohorju v 95 dneh, na Teznem 144 in na Vrbanskem platoju v 71 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 ireverzibilnih 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. Po noveliranih WHO smernicah /30/ v letu 2021 se je uvedlo smernico $60 \mu g/m^3$ za obdobje vrhunca sezone. Vrhunec sezone je definiran kot šest zaporednih mesecev leta z najvišjimi koncentracijami ozona. Na severni polobli je to v poletnih mesecih, na južni pa se razteza čez dve koledarski leti (blizu ekvatorja takšni sezonski trendi niso tako očitni, a se jih da določiti iz podatkov monitoringa). Navedena smernica je presežena na vseh treh merilnih mestih in sicer znaša na Vrbanskem platoju $93 \mu g/m^3$, na Teznem $109 \mu g/m^3$ ter na Pohorju $96 \mu g/m^3$.

Merjene so bile tudi koncentracije **dušikovega dioksida**. Najvišja urna koncentracija v Centru je znašala 127 µg/m³, na Vrbanškem platoju 59 µg/m³ in na Teznem 149 µg/m³, kar pomeni, da kratkoročna vrednost iz smernice SZO ni bila presežena. Je pa v Centru in na Teznem prekoračena priporočena letna vrednost SZO (10 µg/m³). Na povišane koncentracije dušikovega dioksida v zraku so posebej občutljivi astmatiki. Ugotovljen je neposreden vpliv NO₂ na zdravje ljudi pri kratkotrajnih visokih koncentracijah, ki pa se v Mariboru ne pojavljajo.

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

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. Po noveliranih smernicah SZO v letu 2021 je za SO₂ predlagana celo nova, višja priporočena vrednost.

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 *Uredbo o kakovosti zunanjega zraka* je območje mestne občine Maribor in občine Miklavž aglomeracija z oznako SIM. Okoliške občine, med katerimi je tudi občina Ruše, so v celinskem območju z oznako SIC (glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid, benzo(a)piren) oziroma v območju težkih kovin SITK (glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj). Stopnje onesnaženosti zraka in ravni onesnaževal v zunanjem zraku določa *Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka*. Ravni onesnaževal v zraku glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag po Odredbi so v tabeli 7.1.

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

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

Legenda:

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

Glede na v tem poročilu predstavljeno kakovost zraka v letu 2022 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 (2018-2022)

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	arzen	kadmij	nikelj	b(a)p
Center	/	1	*	3	2***	1	/	1**	1	1	1	3
Krekova/Tyrševa	/	/	/	3	2	/	/	/	/	/	/	/
Tezno(2020-2022)	/	1	/	3	/	/	/	/	/	/	/	3
Vrbanski plato	/	1	1	2	2	/	/	/	/	/	/	/
Radvanje	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	2
Miklavž	/	/	/	3	/	/	/	/	/	/	/	3
SIM	/	1	1	3	2	1	/	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
- ** Upoštevana leta 2017, 2018, 2021 ter 2022
- *** Na osnovi meritev v letih 2021 ter 2022.

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 2022 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 se merilno mesto Vrbanski plato smatra kot kraj izven pozidanih območij, je bila izvedena ocena, po kateri so koncentracije v aglomeraciji SIM pod spodnjim ocenjevalnim pragom,
- meritve delcev PM_{2,5} so pokazale, da so koncentracije v SIM med spodnjim in zgornjim 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 PM₁₀ - 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 PM₁₀ 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 2022 pa v tabeli 7.4.

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

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

Legenda:

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

Tabela 7.4: Stopnja onesnaženosti zunanjega zraka glede na mejne oziroma ciljne vrednosti samo na podlagi meritev v letu 2022

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃ *	arzen*	kadmij*	nikelj*	b(a)p*
Center		II		II		II		II		II	II	II	II
Krekova/Tyrševa				II	II								
Tezno									I				II
Vrbanski plato		II	II	II	II				II				
Radvanje				II									
Miklavž				II									I
SIM		II	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 zunanjega 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 2022, kar je predstavljeno v tem poročilu, kaže naslednje značilnosti:

- tudi za dušikove okside bi bila lahko aglomeracija SIM razvrščena v II. stopnjo onesnaženosti zraka, čeprav Odredba aglomeracije ne razvršča,
- delci PM₁₀ na merilnih mestih v Centru, na Krekovi/Tyrševi, na Teznem, na Vrbanskem platu, v Radvanju ter v Miklavžu so pod mejno vrednostjo, zaredi česar bi se lahko območje SIM razvrstilo v II. stopnjo onesnaženosti zraka,
- benzo(a)piren v delcih PM₁₀ na merilnem mestu v Miklavžu so nad ciljno vrednostjo, območje SIM bi se lahko razvrstilo v I. stopnjo onesnaženosti zraka,
- 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 v preteklosti območje Mestne občine Maribor in občine Miklavž na Dravskem polju razvrščeno v območje največje obremenjenosti z delci PM₁₀. Z omenjenim predpisom je bilo določeno, da se ukrepi iz tega odloka izvajajo najmanj tako dolgo, dokler kakovost zunanjega zraka ne doseže mejnih vrednosti za delce PM₁₀ iz predpisa, ki ureja kakovost zunanjega zraka. Zaradi doseganja mejnih vrednosti je bil omenjeni odlok ukinjen za marec 2022.

Kot vidimo iz zgornjih tabel, so bile v letu 2022 koncentracije delcev PM₁₀ na merilnih mestih v aglomeraciji SIM in SIC pod predpisanimi mejnimi vrednostmi. Nad zgornjim ocenjevalnim pragom so bile koncentracije delcev PM₁₀ ter benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ (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 ter na Vrbanskem platu je bila pod predpisano ciljno vrednostjo, na Teznem nad. Zaradi slabše kakovosti zunanjega zraka z omenjenimi onesnaževali lahko pričakujemo škodljive učinke na zdravje ljudi. Vendar je ob tem potrebno poudariti, da to ni posebnost Mestne občine Maribor in sosednjih občin, ampak gre za sliko, značilno za mestna okolja (delci in dušikov dioksid), primestna/podeželska okolja (delci in benzo(a)piren v delcih) 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 2022 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 ne izpostavljenem 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) $21,6 \mu g/m^3$, kar pomeni, da bi za doseganje ciljnega zmanjšanja do leta 2021 morali to vrednost zmanjšati za 20 % na $17,3 \mu g/m^3$. Vrednost KPI za merilno mesto Vrbski plato je v letu 2022 (povprečje zadnjih treh let) znašala $12,2 \mu g/m^3$, kar pomeni znižanje glede na začetno koncentracijo v letu 2011 za 56 %, 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 2022 nadaljevali z izvajanjem meritev delcev PM_{10} tudi v sosednjih občinah. Nedopustno bi bilo zmanjšanje obsega meritev oziroma celo njihova opustitev iz finančnih ali drugih nerazumnih razlogov. Odločitev o tem mora temeljiti na analizi dolgotrajnih podatkov in določilih veljavne zakonodaje. Obseg meritev vključuje vsa onesnaževala, ki jih pokriva Uredba o kakovosti zunanjega zraka in ki imajo mejne ali ciljne vrednosti. Mnenja smo, da tak obseg zagotavlja ustrezen pregled nad stanjem kakovosti zunanjega zraka na območju Mestne občine Maribor in sosednjih občin. Obseg ne vključuje žveplovega dioksida, katerega meritve so bile v skladu z zakonodajnimi zahtevami opuščene ravno zaradi nizkih koncentracij v preteklih letih. Dolgoročno izvajanje meritev je tudi v veliko pomoč pri ugotavljanju vzrokov za slabšo kakovost zunanjega zraka in za spremljanje učinkovitosti izvajanja ukrepov. 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 vrednosti, 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 PM₁₀.

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 v preteklosti 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 (aglomeracija Maribor). V njem sta bili območji Mestne občine Maribor in Miklavž na Dravskem polju razvrščeni v območje največje obremenjenosti z delci PM₁₀. Omenjeni odlok je bil zaradi izboljšanja kakovosti zunanjega zraka ukinjen z marcem 2022, saj zakonsko predpisane mejne vrednosti za delce PM₁₀ na nobenem merilnem mestu v aglomeraciji Maribor niso bile presežene že od leta 2018.

V primerjavi z ostalimi državami iz poročila »Air Quality in Europe – 2020 report« /15/, je Slovenija zaradi onesnaženosti z delci PM₁₀ na 18., zaradi delcev PM_{2,5} na 12., zaradi ozona na 7., zaradi dušikovega dioksida na 24., zaradi benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ pa na 8. mestu. Za ostala onesnaževala (žveplov dioksid, ogljikov monoksid, benzen in težke kovine) ni podrobnejše opredelitve. Primerjave onesnaževal PM₁₀, PM_{2,5}, O₃ ter NO₂ kažejo na dolgoletni trend zmanjševanja izpostavljenosti prebivalcev kljub veliki medletni variabilnosti koncentracij. Iz vidika emisij so glavni onesnaževalci zunanjega zraka z delci PM₁₀, 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):
<https://okolje.maribor.si/delovna-podrocja/zrak/monitoring-zunanjega-zraka/podatki-merilnih-postaj/>

Rezultati meritev kakovosti zunanjega zraka pa so (zraven ostalih podatkov o okolju) dosegljivi tudi v informacijskem sistemu Maribor – okolje in zdravje, kateri je dosegljiv na naslovu:

- <https://okolje.maribor.si/okolje/#karta>

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

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

Ilustrativen prikaz izmerjenih vrednosti v letu 2022 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 2022. Pri oceni števila preseganj osemurne ciljne vrednosti ozona je upoštevano triletno povprečje.

Tabela 7.5: Pregled izmerjenih vrednosti v letu 2022 in usklajenosti z zakonodajo

Onesnaževalo	NO ₂	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	PM ₁₀	PM _{2,5}	Benzen	Pb v PM ₁₀	Cd v PM ₁₀	As v PM ₁₀	Ni v PM ₁₀	B(a)P v PM ₁₀
	letna μg/m ³	urna št. preko	osemurna št. preko	dnevna št. preko	letna μg/m ³	letna μg/m ³	letna μg/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³
Center	25	0		3	23	13	1,1	5,7	0,14	0,44	1,5	0,72
Krekova/Tyrševa				5	22	15						
Tezno	21	0	26*	4	21							1,10
Vrbanski plato	8	0	12*	0	16	12						
Pohorje			14*									
Miklavž				8	22							1,58
Radvanje				0	18							0,67
Ruše				0	17							0,96
mejna oz. ciljna	40	18	25*	35	40	20	5	500	5	6	20	1

* Triletno povprečje presegani osemurne ciljne vrednosti. Ker za ozon vrednosti spodnjega in zgornjega ocenjevalnega pragova nista predpisani, se uporabita samo zeleni (ni preko ciljne vrednosti) ter rdeča barva (je preko ciljne vrednosti).

Legenda:



Tabela 7.6: Pregled usklajenosti z zakonodajo v letu 2022 (poenostavljeni prikaz)

Onesnaževalo	NO ₂	NO _x	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	Benzen	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, 158/20, 44/22
- /2/ Kakovost zraka v Mariboru, letno poročilo 2020, NLZOH Maribor 2021
- /3/ Mesečna poročila o kakovosti zraka NLZOH Maribor, januar - december 2021
- /4/ Arhiv, interna poročila ZZV, Inštitut za varstvo okolja Maribor 1984 – 2014 ter NLZOH 2015-2021
- /5/ Agencija RS za okolje: Onesnaženost zraka v Sloveniji (mesečna poročila 2021) in Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2020, Ljubljana 2021
- /6/ B. Lukan: Možnosti zmanjšanja vsebnosti ozona v zraku zaradi emisij vozil v prometu, magistrsko delo, Maribor 2003
- /7/ Določitev novih merilnih mest v Ljubljani in Mariboru, Agencija Republike Slovenije za okolje, marec 2009
- /8/ Fine! Dust-Free, 3rd International Congress in Klagenfurt on Worthersee
- /9/ »Aquilla« Peggau Bestimmung von Immissionsbeitraegen in Fenistaubproben, Das Land Steiermark, Bericht UA/AQ Peggau 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 PM₁₀ v Sloveniji«, Agencija RS za okolje, Ljubljana, november 2007
- /13/ PM₁₀ Datenanalyse, Grobabschätzung des PM₁₀-Anteils von Verkehrs- und Hausbrandemissionen an Grazer Luftgutemessstationen, Das Land Steiermark, Bericht Nr-01-2008, Graz Februar 2008
- /14/ Impact of selected policy measures on Europe's air quality, EEA Report No 8/2010
- /15/ Air Quality in Europe – 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/LUKAN, Benjamin, LEŠNIK, Uroš: Kdo je glavni povzročitelj čezmerne onesnaženosti zraka z delci PM₁₀, Zbornik izvlečkov 6. Slovenskega kongresa preventivne medicine (Portorož 20.-22.10.2016), [COBISS.SI-ID 90064641]
- /24/LEŠNIK, Uroš, LUKAN, Benjamin: Mit o čistejšem zraku zunaj mestnih središč, Zbornik izvlečkov 6. Slovenskega kongresa preventivne medicine (Portorož 20.-22.10.2016), [COBISS.SI-ID 90064897]
- /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 1-132, Last update 2022-07-01, spletna stran: <https://monographs.iarc.fr/>
- /28/Povišane ravni delcev PM₁₀ v zraku – priporočila za prebivalce, NIJZ, Strokovna skupina za ZRAK, Center za zdravstveno ekologijo, verzija: 12.10.2018
- /29/Kako pravilno kurimo z lesom, 04.09.2019, http://www.mojzrak.si/wp-content/uploads/2016/03/MZK_Zrak-Brosura-TISK.pdf
- /30/WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide, 2021, ISBN 978-92-4-003422-8
- /31/LEŠNIK, Uroš. Delci pm10 in benzo(a)piren v delcih pm10 v Mariboru in okolici = Pm10 particles and benzo(a)pyrene in pm10 particles in Maribor and its surroundings. V: VRAČKO, Pia (ur.), et al. *Javno zdravje – dosežki, nova spoznanja in izzivi prihodnosti : zbornik izvlečkov*. Ljubljana: Sekcija za preventivno medicino Slovenskega zdravniškega društva, 2022. Str. 170-171. <https://www.spm.si/gradiva-kongres-2022/>. [COBISS.SI-ID 111085571]
- /32/LEŠNIK, Uroš, LUKAN, Benjamin. Kakovost zunanjega zraka z delci PM10 v Mariboru. V: VRAČKO, Pia (ur.), KOLAR, Urška (ur.). *Dosežki v javnem zdravju v Sloveniji*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2021. Str. 135. ISBN 978-961-6945-46-2. [COBISS.SI-ID 85896195]
- /33/Spletna stran: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0233_SL.html (dostop 21.08.2023)