



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE
Vojkova 1b, 1000 Ljubljana

Poročilo o meritvah kakovosti zraka v Desklah v občini Kanal ob Soči v letu 2021

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Ljubljana, April 2022

Izdajatelj:

Ministrstvo za okolje in prostor
Agencija Republike Slovenije za okolje
Vojkova 1b, Ljubljana
Spletni naslov: www.arso.gov.si

Odgovarja:

mag. Joško Knez, generalni direktor

Avtorji:

Mateja Gjerek, Petra Dolšak-Lavrič, Tanja Koleša, dr. Janja Turšič, dr. Rahela Žabkar

Pri pripravi poročila so sodelovali:

Damijan Bec, Luka Matavž, Marko Rus

©2022, Agencija Republike Slovenije za okolje.

Razmnoževanje publikacije ali njenih delov ni dovoljeno. Objava besedila in podatkov v celoti ali deloma je dovoljena le z navedbo vira.

Kazalo

1	Uvod	1
2	Analiza izpustov v občini Kanal ob Soči	4
2.1	Izpusti NO_x	4
2.2	Izpusti PM_{10}	6
2.3	Industrija	8
2.4	Promet	8
2.4.1	Podrobnejša analiza števecv prometa	9
2.5	Mala kurišča	11
3	Avtomatske meritve	12
3.1	Meritve v realnem času	12
3.1.1	Delci $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{10}	15
3.1.2	Dušikovi oksidi	17
3.1.3	Ozon	20
3.1.4	Ogljikov monoksid	23
3.1.5	Žveplov dioksid	23
3.1.6	Živo srebro	24
3.1.7	BTX	26
3.2	Laboratorijske meritve	32
4	Analiza virov delcev PM_{10}	61
4.1	Deskle	61
4.2	Nova Gorica	66
5	Zaključek	72
	Literatura	74

1 Uvod

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) je na pobudo Civilne iniciative Danes, Društva EKO Anhovo in dolina Soče ter Občine Kanal ob Soči izvajala obsežne meritve kakovosti zunanjega zraka v Desklah od sredine decembra 2020 do sredine januarja 2022. Ker so za nekatera onesnaževala predpisane le letne mejne oz. ciljne vrednosti, so v poročilu predstavljeni podatki, ki se nanašajo na koledarsko leto 2021. Namen izvedbe meritev je bil preveriti kakovost zunanjega zraka, ki so mu izpostavljeni prebivalci, saj zaradi izpustov iz cementarne Salonit Anhovo obstaja s strani prebivalcev sum, da so izpostavljeni prekomerno onesnaženemu zraku. Agencija RS za okolje je meritve izvajala na dvorišču vrtca v Desklah z mobilno postajo (slika 1) in visokovolumskim referenčnim vzorčevalnikom delcev PM_{10} . Mobilna postaja je bila opremljena z merilniki za spremljanje ravni dušikovih oksidov, ozona, SO_2 , CO , PM_{10} in $PM_{2,5}$ ter lahkih organskih spojin (benzen, toluen, etilbenzen, m&p ksilen in o ksilen). S pomočjo referenčnega merilnika je potekalo vzorčenje delcev PM_{10} na filterjih, ki so se kasneje analizirali v laboratoriju (težke kovine, kationi, anioni, PAH-i, elementni in organski ogljik ter levoglukozan). Meritve so se izvajale v skladu s Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Uradni list RS, št. 55/11, 6/15, 5/17 in 44/22 – ZVO-2), rezultati pa so se z vidika skladnosti s predpisanimi standardi kakovosti ovrednotili na podlagi Uredbe o kakovosti zunanjega zraka (Uradni list RS, št. 9/11, 8/15, 66/18 in 44/22 – ZVO-2) in Uredbe o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku (Uradni list RS, št. 56/06 in 44/22 – ZVO-2).

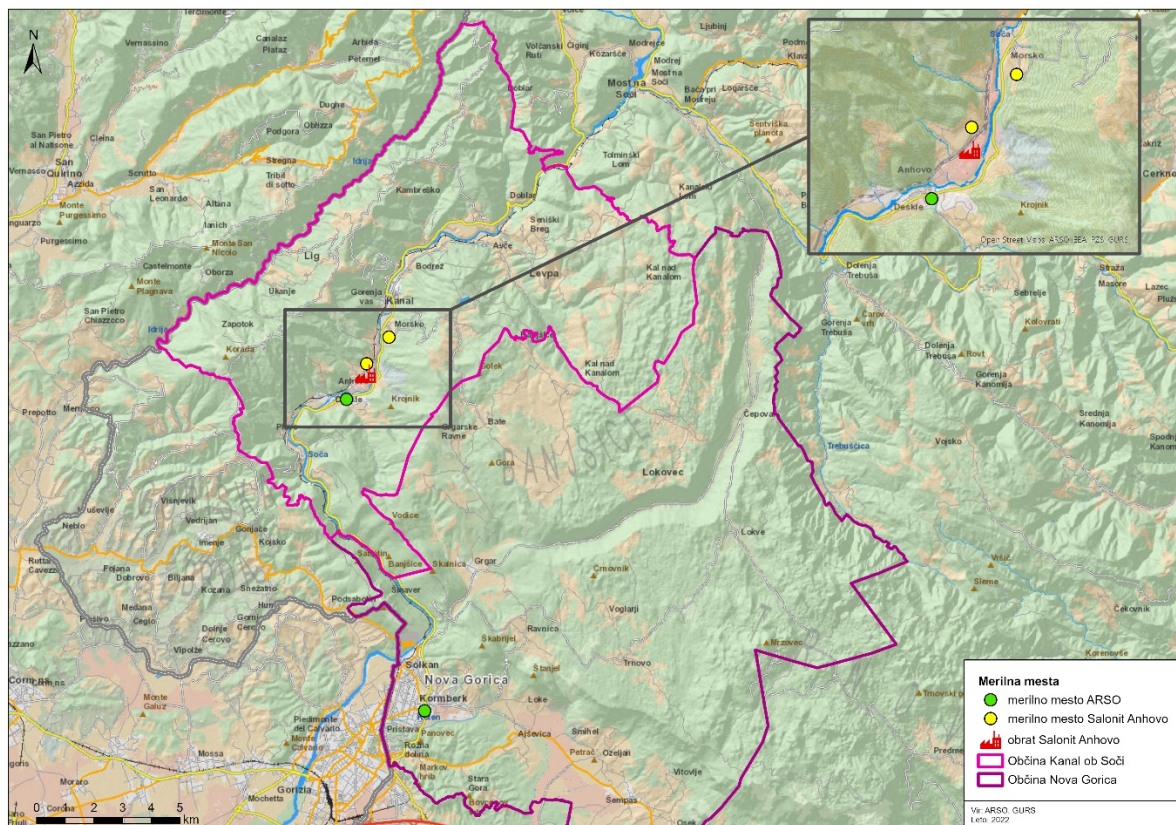


Slika 1: Kombi za meritve kakovosti zunanjega zraka in meteoroloških parametrov na lokaciji pri vrtcu v Desklah.

Deskle je naselje v Posočju, ki spada pod občino Kanal ob Soči. Leži na levem bregu Soče pod strmimi pobočji Banjske planote. Nad Desklami je velik kamnolom apnenega laporja, surovine za izdelavo cementa. V Desklah živi 1.254 prebivalcev (Vir: Centralni register prebivalstva

MNZ, 31.6.2021). Občina Kanal ob Soči ima površino 146 km² (Vir: GURS, 6.4.2022) in 5.741 prebivalcev (Vir: Centralni register prebivalstva MNZ, 31.6.2021).

S predstavniki občine Kanal ob Soči smo našli primerno mikrolokacijo za izvajanje meritev na dvorišču vrtca Deskle. Koordinate merilnega mesta so GKY 393188 in GKX 101856. Merilno mesto je locirano med vrtcem, bloki in individualnimi hišami. Od glavne ceste, ki povezuje Novo Gorico in Kanal ob Soči je oddaljeno 80 metrov, od Osnovne šole Deskle, kjer so potekale meritve živega srebra, pa 150 metrov. Na sliki 2 je prikazana karta območja občine Kanal ob Soči in Nove Gorice ter merilna mesta za spremljanje kakovosti zunanega zraka. V okviru Državne merilne mreže za spremljanje kakovosti zunanega zraka v Novi Gorici že več let potekajo stalne meritve. Stalne meritve kakovosti zraka potekajo tudi na merilnih mestih Morsko in Gorenje Polje, ki sta postaji podjetja Salonit Anhovo d.d.. Podatke že več let redno mesečno posredujejo na ARSO.



Slika 2: Karta z merilnimi mesti.

Deskle so od cementarne Salonit Ahovo, ki je glavni industrijski vir v tem območju, oddaljene približno 2 km zračne linije v smeri JZ po dolini reke Soče. Cementarna Salonit Anhovo kot gorivo uporablja tudi odpadke. Z vidika izpustov v zrak so glede na dokumentacijo [1] najbolj problematična sledeča onesnaževala: prah, SO₂, NO_x (vsota NO in NO₂), CO, lahko-hlapne organske snovi, anorganski plini, ki vsebujejo klor izraženi kot HCl, anorganski plini, ki vsebujejo fluor izraženi kot HF, NH₃, dioksini in furani, benzen in kovine (živo srebro, talij, arzen, antimon, kadmij, krom, baker, mangan, svinec, cink, vanadij). Količine izpustov so odvisne od vsebnosti problematičnih onesnaževal v surovini, ki se uporablja za proizvodnjo cementa (lavor), od goriva (vključno z odpadki), od uporabljenih tehnologij, ki vključujejo tudi tehnologije za zmanjšanje izpustov NO_x (npr. SNCR – selektivna nekatalitska redukcija, SCR

– selektivna katalitska redukcija). Izpuste iz industrijskih naprav ureja Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Uradni list RS, št. 31/07, 70/08, 61/09, 50/13 in 44/22 – ZVO-2), za cementarne s sosežigom so mejne vrednosti izpustov in zahteve za obratovalni monitoring predpisane v Uredbi o sežigalnicah odpadkov in napravah za sosežig odpadkov (Uradni list RS, št. 8/16, 116/21 in 44/22 – ZVO-2). Za izvajanje obratovalnega monitoringa v zrak se uporabljajo določila iz Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu emisije snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaženja ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS, št. 105/08 in 44/22 – ZVO-2).

ARSO je v preteklosti v okolici Salonita Anhovo že izvajala meritve onesnaževal v zunanjem zraku. V letu 2004 so v obdobju med 11. majem in 21. junijem potekale meritve z mobilno postajo na Morskem. Spremljale so se ravni SO_2 , NO_x , O_3 , PM_{10} in CO . Rezultati meritev so pokazali, da so ravni onesnaževal z izjemo ozona nizke. V obdobju med 3.2.2016 in 2.2.2017 se je na štirih lokacijah v Občini Kanal ob Soči spremljalo ravni delcev PM_{10} in kovin (aluminij, vanadij, mangan, železo, kobalt, nikelj, baker, cink, galij, arzen, selen, rubidij, stroncij, molibden, srebro, kadmij, antimon, cezij, barij, talij svinec) v delcih PM_{10} . Meritve so potekale na lokacijah:

- Kanal ob Soči (3.2.2016 – 11.4.2016),
- Morsko (13.4.2016 – 18.8.2016),
- Kanalski vrh (20.8.2016 – 9.11.2016) in
- Deskle (11.11.2016 – 2.2.2017).

Ker meritve niso potekale na istem merilnem mestu preko celega leta, so bile z vidika onesnaženosti z delci PM_{10} narejene primerjave za isto obdobje z merilnim mestom Nova Gorica. Primerjave so pokazale, da so bile ravni delcev na lokacijah Kanal ob Soči in Deskle primerljive z Novo Gorico, na Morskem so bile ravni delcev v obravnavnem obdobju nekoliko višje, na Kanalskem vrhu pa nižje kot v Novi Gorici. Ravni kovin v delcih so bile na vseh merilnih mestih nizke. Mejna oz. ciljne vrednosti so določene kot letno povprečje za svinec, kadmij, arzen in nikelj. Tudi najvišje izmerjene dnevne vrednosti za te štiri kovine so bile na vseh merilnih mestih bistveno nižje od predpisane mejne oz. ciljnih vrednosti.

V nadaljevanju poročila so predstavljeni izpusti v Občini Kanal ob Soči, rezultati in interpretacija enoletnih meritev kakovosti zraka v Desklah v letu 2021 ter analiza virov onesnaženja delcev PM_{10} . Za primerjavo so podani tudi podatki iz stalnega merilnega mesta v Novi Gorici oziroma podatki iz drugih postaj, kjer se izvajajo iste meritve.

2 Analiza izpustov v občini Kanal ob Soči

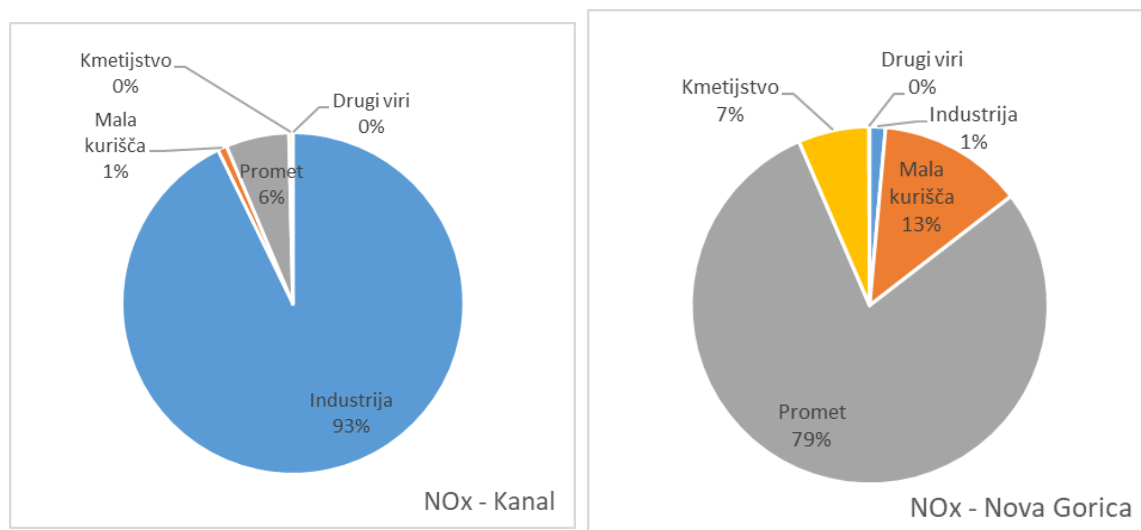
Evidenca izpustov je opredeljena kot celovita evidenca onesnaževal iz vseh virov onesnaženja v določenem prostoru in času. Njeno konstantno dopolnjevanje na podlagi sprememb virov v prostoru in natančnosti ter dostopnosti vhodnih podatkovnih baz, je ključnega pomena za razumevanje kakovosti zraka. Pomaga nam prepoznati tako največje vire onesnaženja kot tudi najbolj ogrožena območja z vidika kakovosti zunanjega zraka [2]. Poznavanje virov in lokacije izpustov nam omogočajo omejiti in zakonsko regulirati izpuste v prostoru. Merilna tehnologija nam omogoča izkazovanje dejanskega stanja kakovosti zraka za izbrana onesnaževala. Onesnaženost zraka je namreč posledica primarnih virov onesnaženja, pa tudi sekundarnih, saj nekatera onesnaževala nastanejo v ozračju v kemijsko-fizikalnih procesih iz primarnih onesnaževal, ki jih veter na obravnavano območje prinese od drugod. Metodologija za pripravo evidence izpustov je določena na podlagi EMEP/EEA navodila o poročanju nacionalnih izpustov (EMEP/EEA emission inventory guidebook, [3]). V okviru Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko mej (CLRTAP) in Direktive 2001/81/ES o nacionalnih zgornjih mejah izpustov za nekatera onesnaževala zraka (Direktiva NEC 2001/81/ES) države članice poročajo o letnih količinah nastalih onesnaževal.

V nadaljevanju je predstavljena natančnejša evidenca letnih izpustov na območju občine Kanal ob Soči, za primerjavo so dodani tudi podatki za občino Nova Gorica.

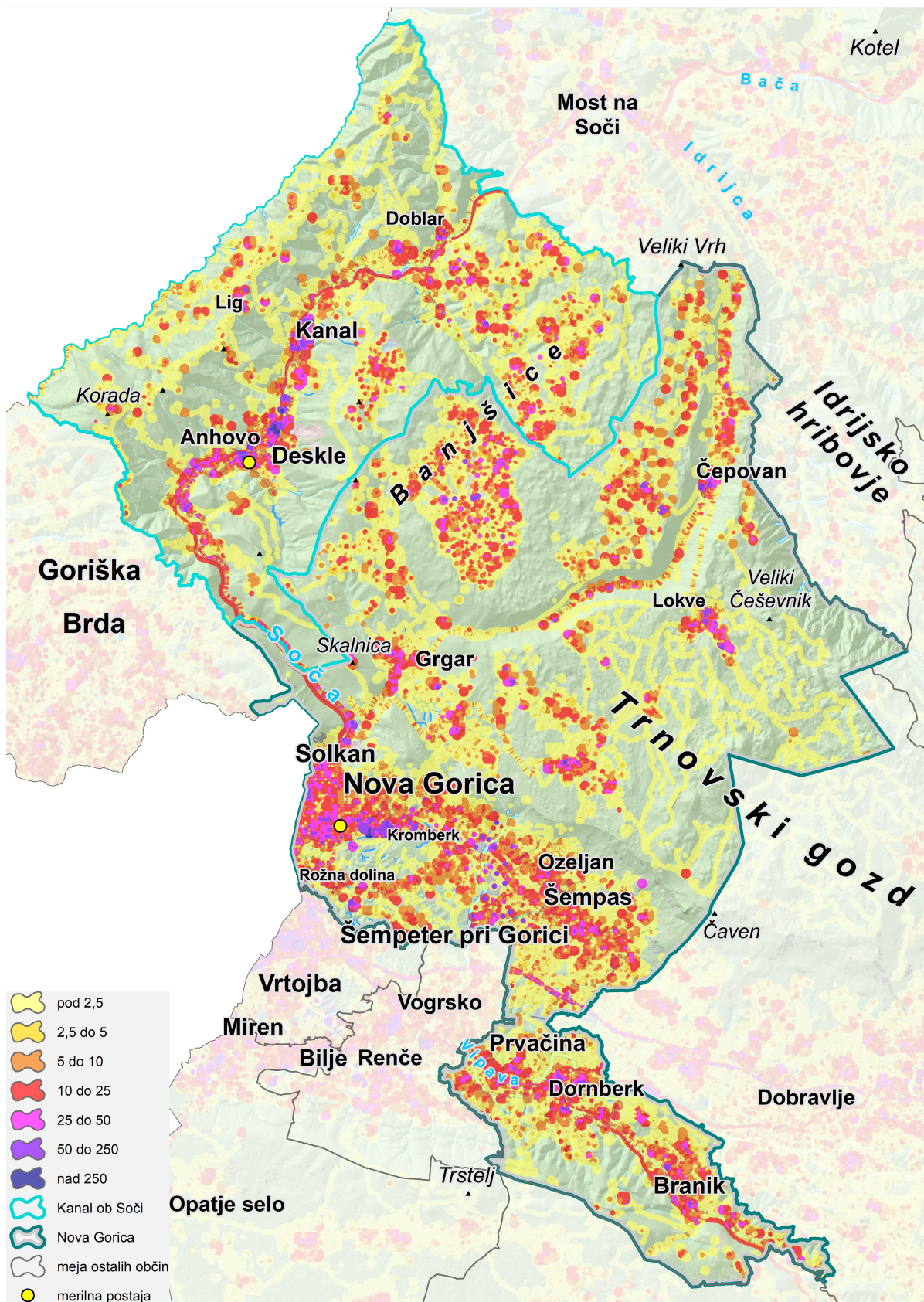
2.1 Izpusti NO_x

V občini Kanal ob Soči je bilo izpuščenih 1606 ton NO_x , medtem ko jih je bilo v občini Nova Gorica 288 ton, oziroma 5-krat manj. Največ izpustov NO_x je bilo v Kanalu posledica delovanja industrije, kar 93 %, medtem ko izvira največ izpustov v Novi Gorici iz prometa (79 %) (slika 3). Na območju občine Kanal le 6 % izpustov izvira iz prometa, medtem ko jih 1 % izvira iz malih kurišč. Ostali viri so zanemarljivi. Na območju Nove Gorice 13 % izpustov izvira iz malih kurišč ter 7 % iz kmetijstva.

Slika 4 prikazuje vire NO_x na izbranem območju. Najvišji izpusti so zaznani na območju industrijskih obratov, cest in področjih gostejše poselitve. Na območju manjših povezovalnih cest so izpusti znatno nižji.



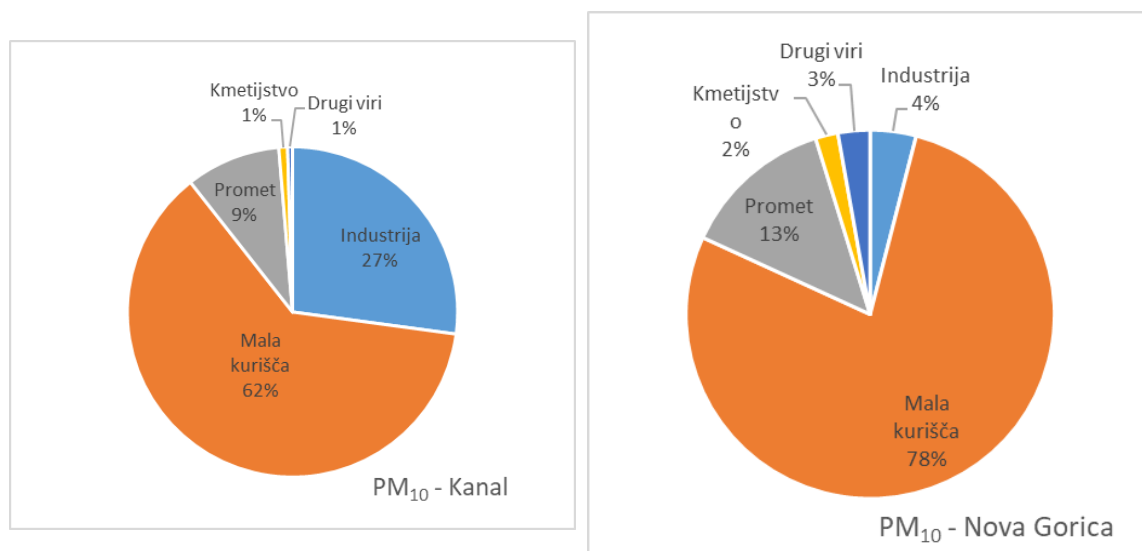
Slika 3: Prikaz izpustov NO_x glede na različne vire v občini Kanal ob Soči (levo) in v Novi Gorici (desno).



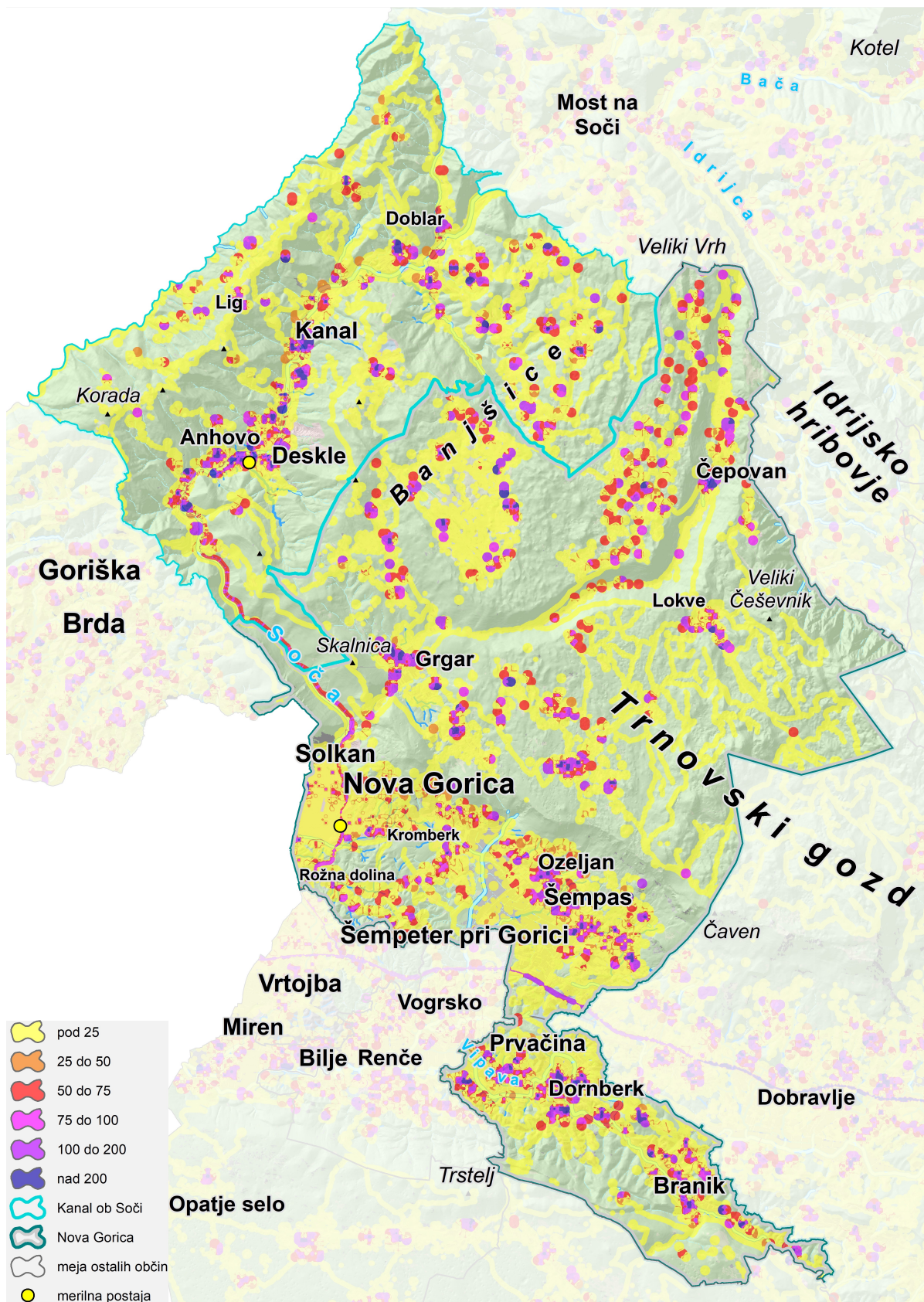
Slika 4: Prostorski prikaz izpustov NO_x na območju občin Kanal ob Soči in Nova Gorica.

2.2 Izpusti PM₁₀

V občini Kanal ob Soči je bilo 84 ton izpustov PM₁₀, medtem ko je bilo v občini Nova Gorica za 156 ton izpustov, oziroma 1,8-krat več. Največ izpustov je bilo v obeh občinah posledica malih kurišč, 62 % v občini Kanal ob Soči in 78 % v občini Nova Gorica. V občini Kanal ob Soči je bilo 27 % izpustov delcev posledica delovanja industrije ter 9 % zaradi prometa. Na območju občine Nova Gorica je bilo 13 % delcev posledica prometa, 4 % industrije, 3 % ostali viri ter 2 % iz kmetijstva (slika 5). Prostorska porazdelitev virov delcev PM₁₀ (slika 6) je precej razpršena, višja je na poseljenih območjih, kjer so vir delcev predvsem mala kurišča.



Slika 5: Prikaz izpustov PM₁₀ glede na različne vire v občini Kanal ob Soči (levo) in v Novi Gorici (desno).



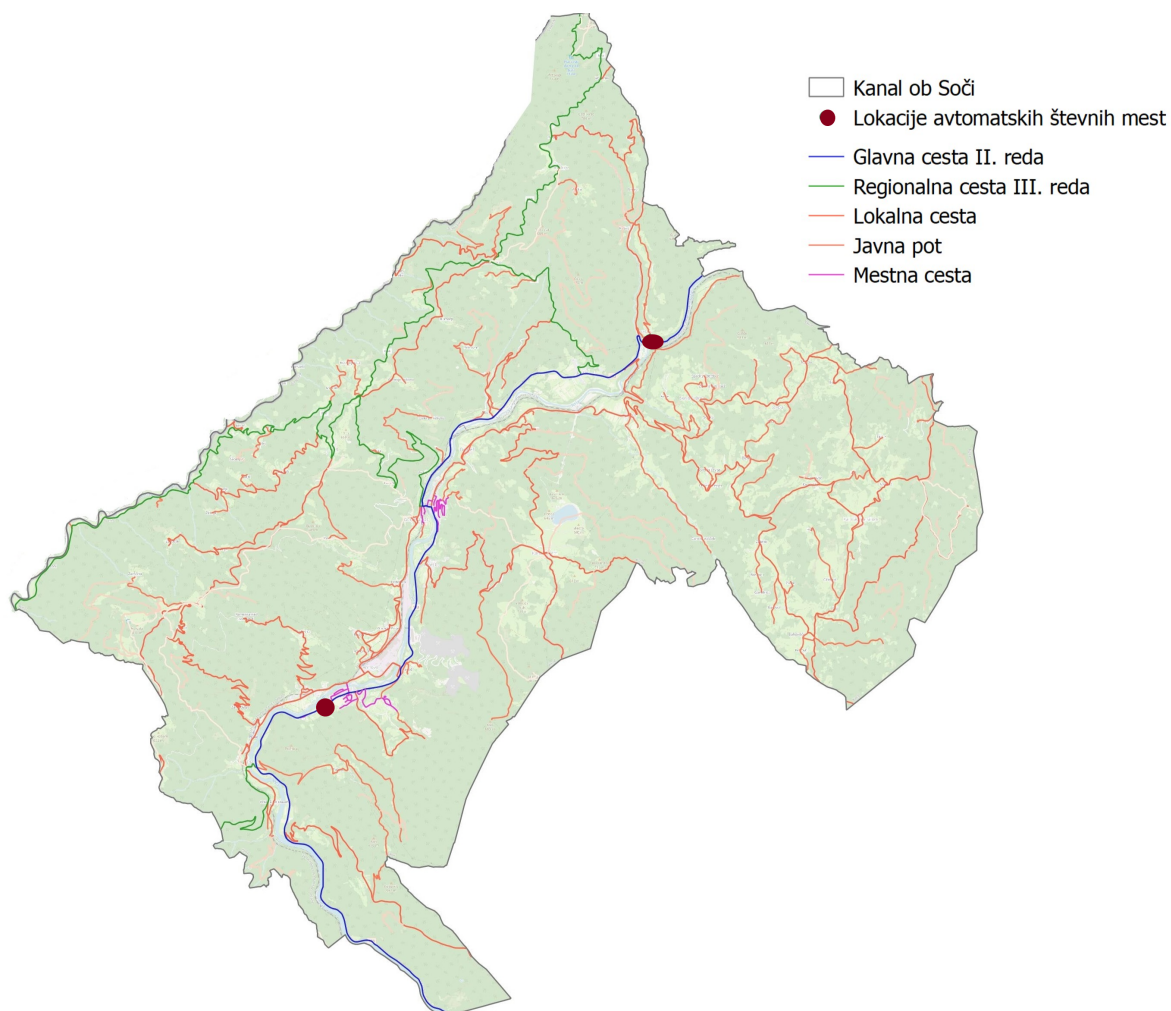
Slika 6: Prostorski prikaz izpustov PM₁₀ na območju občine Kanal ob Soči in Nove Gorice.

2.3 Industrija

Upravljalci naprav, ki morajo pridobiti okoljevarstveno dovoljenje v skladu z Direktivo 2010/75/EU evropskega parlamenta in sveta z dne 24. novembra 2010 o industrijskih emisijah (celovito preprečevanje in nadzorovanje onesnaževanja) so obvezani k rednemu izvajanju monitoringa in poročanju izpustov. Na območju občine Kanal ob Soči so bile v letu 2018 registrirane 3 naprave, ki so skupaj doprinesle 21.726 kg izpustov PM₁₀ in 1.491.000 kg izpustov NO_x na letnem nivoju. Medtem ko je bilo v občini Nova Gorica registriranih 15 naprav, ki so skupaj doprinesle 6.714 kg PM₁₀ in 4.089 kg izpustov NO_x v letu 2018 [4].

2.4 Promet

V občini Kanal ob Soči je bilo v letu 2018 registriranih 3.330 vozil, povprečna starost vozila je bila 12,5 let. V občini Nova Gorica je bilo registriranih 19.011 vozil, kjer je bila povprečna starost vozila 11,3 let. V Desklah je bilo na letnem nivoju 95.809 kg izpustov NO_x zaradi prometa, v Novi Gorici pa 2,4-krat več (227.240 kg). Izpustov PM₁₀ je bilo v Desklah 7.790 kg, v Novi Gorici pa 2,7-krat več (121.622 kg).



Slika 7: Pregled kategorij cest in števcov prometa v občini Kanal ob Soči.

2.4.1 Podrobnejša analiza števecv prometa

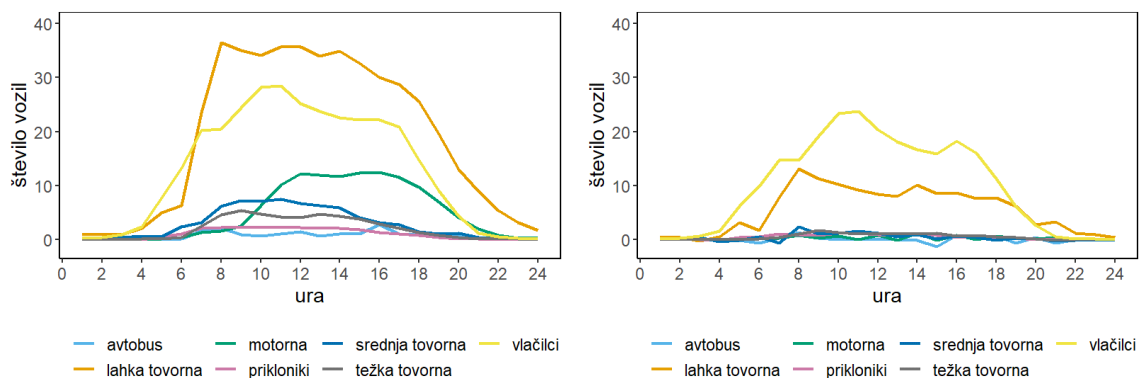
Z namenom analize obremenitve glavne prometnice v občini Kanal ob Soči s težkimi tovornimi vozili je bila narejena podrobnejša analiza prometa. V občini Kanal ob Soči sta locirani 2 merilni mesti za štetje prometa. Merilno mesto Doblar se nahaja na severni strani, oziroma na lokaciji GKY: 398672 in GKK: 109097. Merilno mesto Deskle pa se nahaja na južnem delu oziroma na lokaciji GKY: 392259 in GKK: 102179. Povprečni letni dnevni promet (krajše PLDP) je definiran kot povprečno število vozil, ki v 24 urah peljejo v obe smeri mimo števnega mesta na povprečni dan v letu in je prikazan v tabeli 1 za obe merilni mesti za štetje prometa. Na obeh lokacijah je največ osebnih vozil, nato jim sledijo lahka tovorna vozila. Presenetljivo je, da je na merilnem mestu Doblar 85 % manj vlačilcev kot je le-teh na merilnem mestu Deskle, kar je najbrž posledica delovanja cementarne Anhovo. 44 % zmanjšanje je izkazano tudi v kategoriji tovornih vozil s prikolico, medtem ko je 41 % zmanjšanje osebnih vozil predvsem posledica prometa lokalnega prebivalstva. V kategoriji lahkih tovornih vozil je zmanjšanje opazno za 28 %, medtem ko je v kategoriji težkih tovornih vozil zmanjšanje za 25 %.

Tabela 1: Prikaz povprečnega dnevnega števila prometa v obdobju med 1.1.2021 in 11.2.2022 na lokaciji Deskle in Doblar.

Povprečni letni dnevni promet		
	Deskle	Doblar
Motorna vozila	119	111
Osebna vozila	4785	2842
Avtobusi	18	18
Lahka tovorna vozila	455	328
Srednja tovorna vozila	69	59
Težka tovorna vozila	48	36
Tovorna vozila s priklopnikom	25	14
Vlačilec	314	47

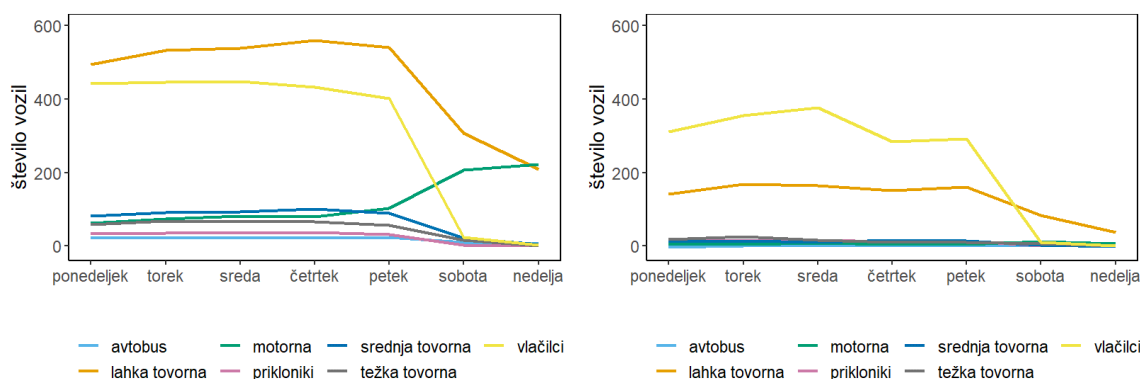
Z namenom analize prometa na regionalni cesti 2. reda 7, ki predstavlja tudi najbolj obremenjeno cesto v občini Kanal ob Soči, je narejena dodatna analiza dnevnih, mesečnih in letnih hodov. Za lažji prikaz hodov so upoštevane vse kategorije vozil z izjemo osebnih vozil. Levi prikaz na slikah 8, 9 in 10 predstavlja povprečno število vozil na merilnem mestu Deskle, medtem ko desna slika prikazuje razliko v številu PLDP med merilnima mestoma Deskle in Doblar v času remonta cementarne Anhovo.

Dnevni hodi kažejo, da je v Desklah največ vozil kategorije lahka tovorna vozila in vlačilci. Le-ti so najpogosteje pojavijo v času med 6:00 in 18:00. V času med 10:00 in 19:00 so na cesti pogosta tudi motorna vozila. V času remonta cementarne Salonit Anhovo, so pojavi zmanjšanje lahkih tovornih vozil, medtem ko se število vlačilcev na cesti praktično ne zmanjša.



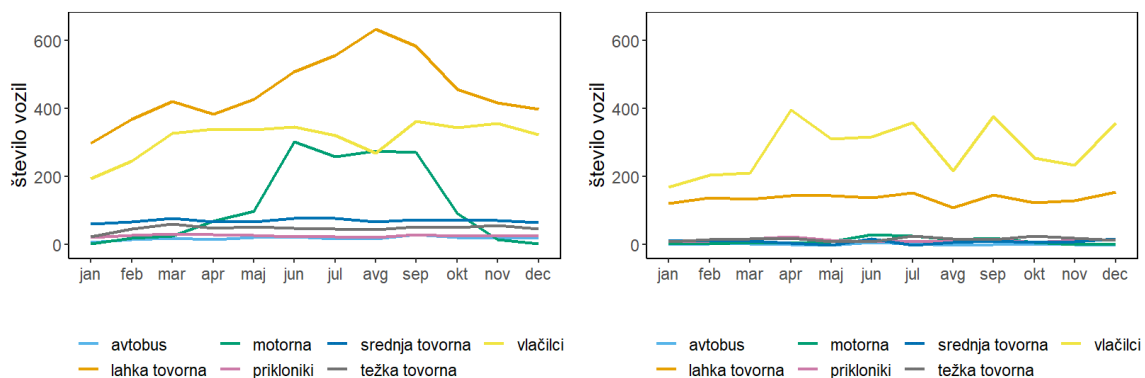
Slika 8: Dnevni hod PLDP na merilnem mestu Deskle (levo) tekom leta in razlika v številu PLDP med merilnim mestom Deskle in Doblar v času remonta obrata cementarna Anhovo (desno).

Na tedenskem nivoju se vozila najpogosteje pojavijo v terminu med ponedeljkom in petkom. Število vlačilcev se v soboto in nedeljo znatno zmanjša, medtem ko se število lahkih tovornih vozil razpolovi v soboto in nato nadalje zmanjša tudi v nedeljo. Zanimivo je, da se količina motornih vozil med vikendom poveča. V času remonta tudi na tedenskem nivoju ni vidnih večjih zmanjšanj v številu vlačilcev, medtem ko je zmanjšanje opazno v številu lahkih tovornih vozil.



Slika 9: Tedenski hod PLDP na merilnem mestu Deskle (levo) tekom leta in razlika v številu PLDP med merilnim mestom Deskle in Doblar v času remonta cementarne Anhovo (desno).

Na letnem nivoju imajo lahka tovorna vozila rahel pozitiven trend in dosežejo vrh v mesecu avgustu, nato pa število vozil začne rahlo upadati. Število vlačilcev je precej enakomerno, v avgustu pa se pojavi rahlo zmanjšanje. Pričakovano se porast motornih vozil pojavi predvsem v poletnem času, torej od maja do oktobra. Med ostalimi kategorijami ni bistvenih razlik. Prav tako se v času remonta ne pojavijo bistvena zmanjšanja števila vlačilcev, medtem ko je opazen padec števila lahkih tovornih vozil.



Slika 10: Mesečni hod PLDP na merilnem mestu Deskle (levo) tekom leta in razlika v številu PLDP med merilnim mestom Deskle in Doblar v času remonta obrata cementarna Anhovo (desno).

2.5 Mala kurišča

V občini Kanal se 74 % vseh stavb ogreva na lesno biomaso, ostala goriva prispevajo 26 %. V občini Nova Gorica biomaso uporablja približno 44 % vseh stavb, medtem ko je na omrežje zemeljskega plina priključenih 21 % vseh stavb in na daljinsko ogrevanje 12 %. Razmerje med izpusti PM_{10} in NO_x je predvsem posledica velikosti določene občine, tako števila prebivalcev, stavb kot dolžine vseh cest.

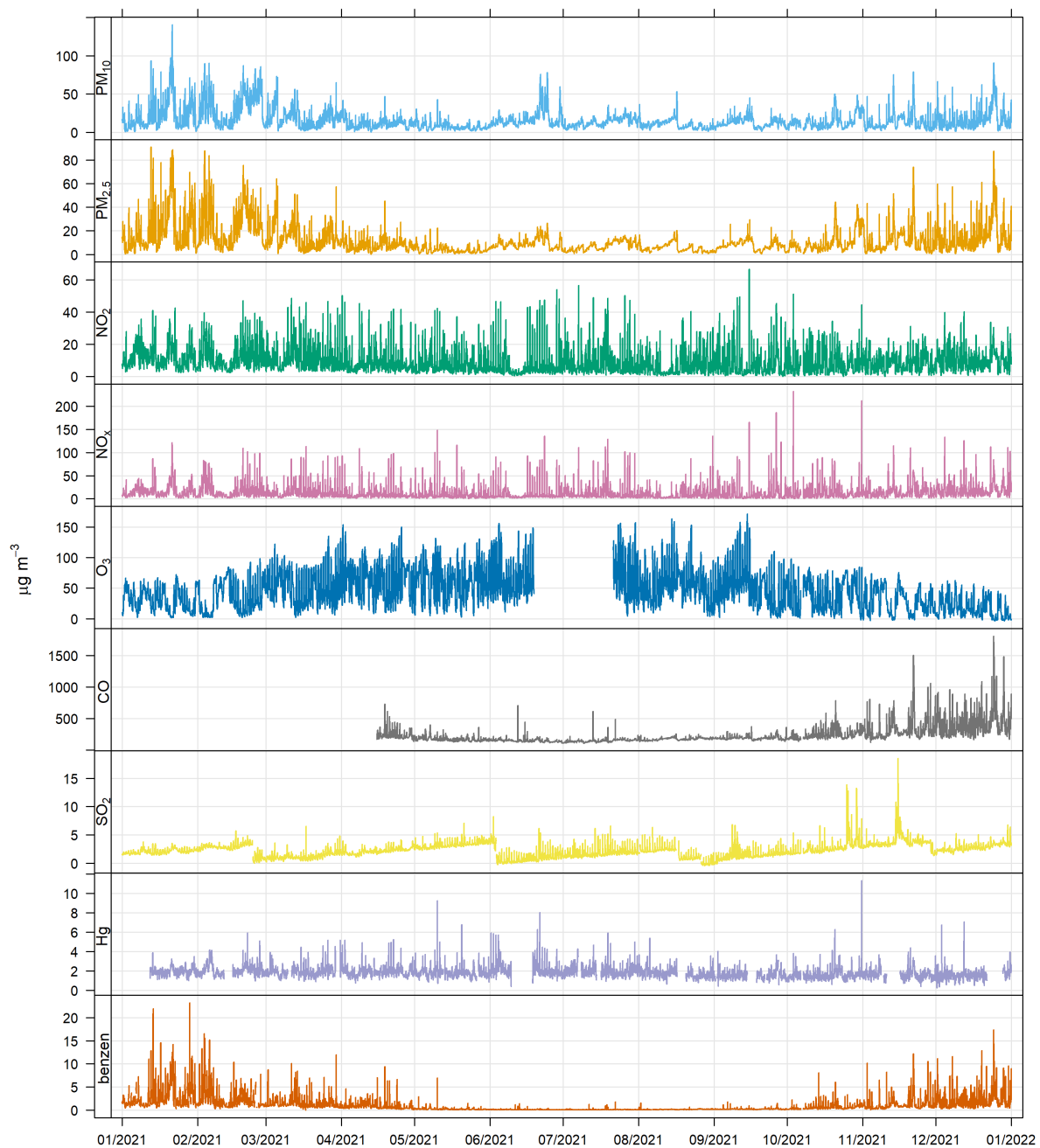
3 Avtomatske meritve

3.1 Meritve v realnem času

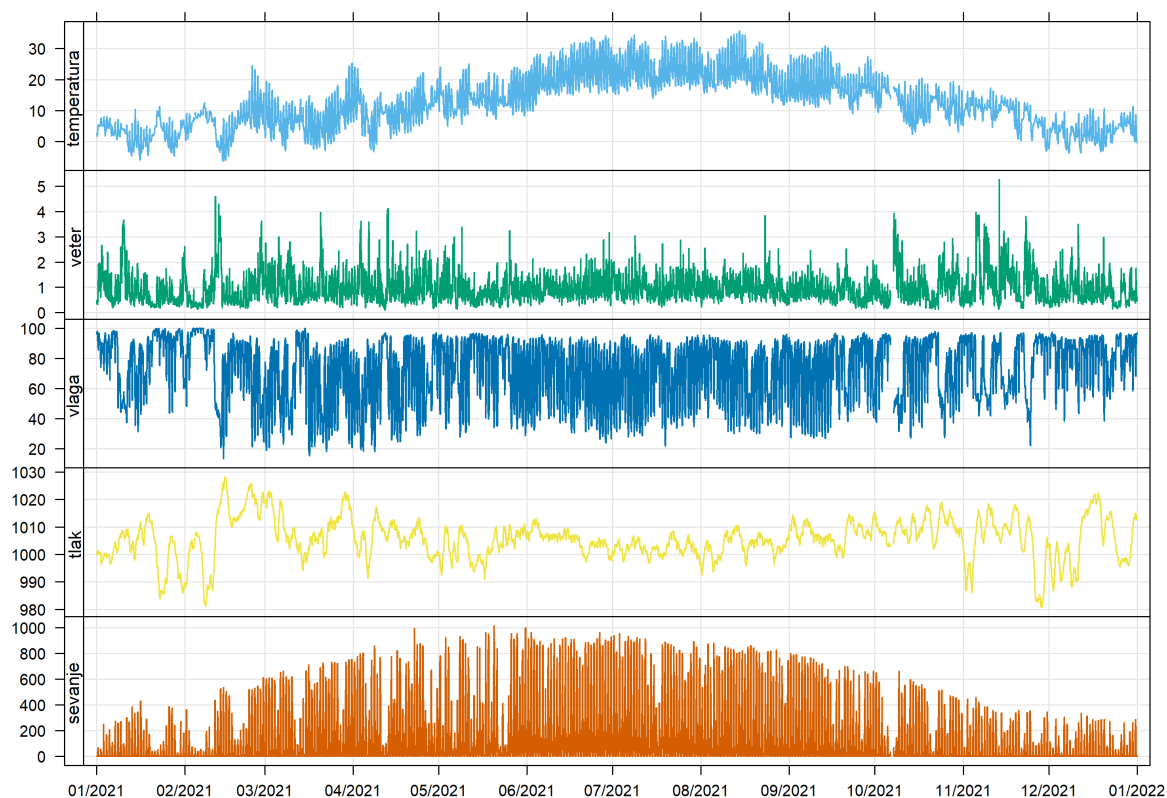
Agencija RS za okolje je pričela z izvajanjem meritev kakovosti zunanega zraka v Desklah v sredini decembra 2020. V Desklah smo meritve izvajali celo leto 2021. Meritve smo izvajali z mobilno merilno postajo. Na tem merilnem mestu so potekale sprotne meritve ravni delcev $PM_{2,5}$ in PM_{10} , ozona, CO, SO_2 , dušikovih oksidov, živega srebra in lahkih ogljikovodikov. Poleg tega je bil pri Osnovni šoli Deskle v obdobju med 12. januarjem 2021 in 11. januarjem 2022 nameščen merilnik za spremljanje živega srebra, s katerim je upravljal Institut Jožef Stefan. Rezultati vseh meritev z izjemo živega srebra in benzena so bili v realnem času dostopni na spletni strani Agencije RS za okolje in bodo zajeti tudi v vseh naših poročilih za leto 2021. Rezultate meritev v Desklah smo primerjali z meritvami izvedenimi na bližnjem merilnem mestu Nova Gorica oziroma na merilnih mestih, kjer so določene meritve potekale. V Novi Gorici smo izvajali meritve delcev $PM_{2,5}$ in PM_{10} , ozona in dušikovih oksidov. Na sliki 11 so prikazane urne vrednosti vseh onesnaževal, ki so se merile v Desklah v letu 2021 in so rezultati na razpolago v realnem času. Na sliki 12 so prikazane urne vrednosti meteoroloških parametrov merjenih v Desklah v letu 2021.

Rezultati meritev delcev, ozona, dušikovih oksidov, CO in SO_2 , živega srebra in benzena so prikazani v tabeli 2 in tabeli 3, kjer je prikazan procent veljavnih podatkov v letu, povprečna letna vrednost, percentili in maksimalna urna vrednost za merilni mesti Deskle (tabela 2) in Novo Gorico (tabela 3). Pri meritvah CO v Desklah je procent veljavnih podatkov v letu nizek, ker smo z meritvami začeli šele sredi aprila. Nekoliko nižji je tudi izplen veljavnih podatkov pri ozonu zaradi okvare merilnika v obdobju od 19.6. do 22.7.2022. V Novi Gorici smo imeli nekoliko nižji izplen podatkov pri ozonu zaradi težav z merilnikom v avgustu 2021. Ravni ozona v tem obdobju niso bile izmerjene pravilno, procent veljavnih podatkov pa je bil še vedno zadosten za izračun mesečne statistike. Meritve delcev in NO_x so potekale brez večjih težav. Podrobnejši rezultati meritev za meritve živega srebra in lahkih ogljikovodikov so predstavljeni v nadaljevanju poročila. Za živo srebro je izplen podatkov 86 %. Izpad je povezan neodločljivimi prenovitvami programskega sistema, ponovnimi zagoni računalnika ter izpadi električne energije.

V tabeli 2 in tabeli 3 so predstavljeni rezultati meritev v Desklah in Novi Gorici. Primerjava rezultatov pokaže, da so povprečne letne ravni, kot tudi maksimalne izmerjene ravni vseh onesnaževal, višje na merilnem mestu Nova Gorica. Letne ravni delcev $PM_{2,5}$, PM_{10} in ozona se na obeh merilnih mestih bistveno ne razlikujejo. Velika razlika pa je pri meritvah NO_2 in NO_x , kar je posledica prometa v neposredni bližini merilnega mesta Nova Gorica.



Slika 11: Urne vrednosti vseh onesnaževal na merilnem mestu Deskle v letu 2021. Ravni vseh onesnaževal so podane v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Slika 12: Vrednosti meteoroloških parametrov merjenih v Desklah v letu 2021. Temperatura je prikazana v °C, veter v m/s, relativna vlaga v %, zračni tlak v hPa in globalno sončno sevanje v W/m².

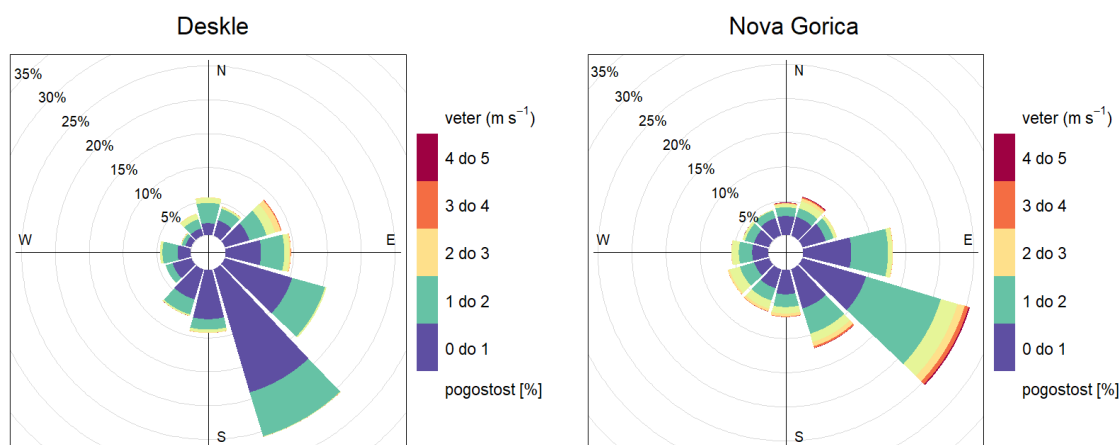
Tabela 2: Meritve kakovosti zraka v Desklah v letu 2021. Prikazana je razpoložljivost veljavnih urnih podatkov (% pod), letna raven (POV), 25., 50. in 75. percentil ter maksimalna urna vrednost (MAX) v letu 2021 na merilnem mestu Deskle. Ravni CO so podane v mg/m³, ravni vseh drugih onesnaževal pa v µg/m³.

	PM _{2,5}	PM ₁₀	O ₃	NO _x	NO ₂	CO	SO ₂	Hg
% pod	100	100	87	95	95	68	95	86
POV	11	15,5	45,9	13,3	9,1	0,2	2,2	1,84
25 %	4,5	7,3	30,1	4,5	3,8	0,2	1,4	1,48
50 %	7,8	11,8	40,1	8,2	6,8	0,2	2,2	1,75
75 %	12,9	18,2	66,0	15,8	11,9	0,2	2,9	2,07
MAX	91,2	136,4	171,7	225,5	72,5	1,8	18,6	11,3

Tabela 3: Meritve kakovosti zraka v Novi Gorici v letu 2021. Prikazana je razpoložljivost veljavnih urnih podatkov (% pod), letna raven (POV), 25., 50. in 75. percentil ter maksimalna urna vrednost (MAX) v letu 2021 na merilnem mestu v Novi Gorici. Ravni so podane v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	PM _{2,5}	PM ₁₀	O ₃	NO _x	NO ₂
% pod	100	100	95	96	96
POV	13,4	18,8	50,1	45	23,5
25 %	5,3	8,6	18,7	11,5	9,5
50 %	9,2	14,0	46,2	23,3	17,8
75 %	16,0	22,9	74,6	52,6	33,4
MAX	143	157,5	189,5	603,8	122,9

Slika 13 prikazuje rožo vetrov za merilni mesti v Desklah in Novi Gorici. V Desklah izrazito prevladuje šibek veter hitrosti do 1 m/s. Najpogostejša JJV smer vetra je posledica lokalnega gibanja zraka v kompleksnem reliefu z ozko dolino in delno odprtostjo terena prečno na dolino reke Soče JV od merilnega mesta. Močnejši veter jakosti 3 m/s in več se pojavi le redko, kadar pa se, ima najpogosteje SVV smer. V Novi Gorici je roža vetrov podobna kot v Desklah, le da so vetrovi na splošno močnejši. Najmočnejši vetrovi se v Novi Gorici v največjem deležu pojavljajo iz JVV smeri, ki je hkrati tudi najpogostejša smer vetra na tem merilnem mestu. Velika pogostost te smeri vetra pri tleh je posledica vpliva širšega reliefa, saj pri tleh piha veter iz JJV smeri tudi kadar nekoliko višje piha JZ vetrovi.

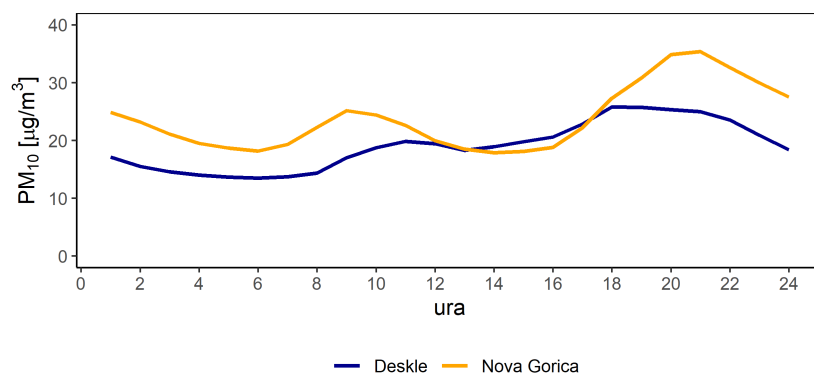


Slika 13: Vetrovna roža za merilno mesto Deskle (levo) in Nova Gorica (desno). Uporabljeni so 10 minutni podatki o vetru v letu 2021.

3.1.1 Delci PM_{2,5} in PM₁₀

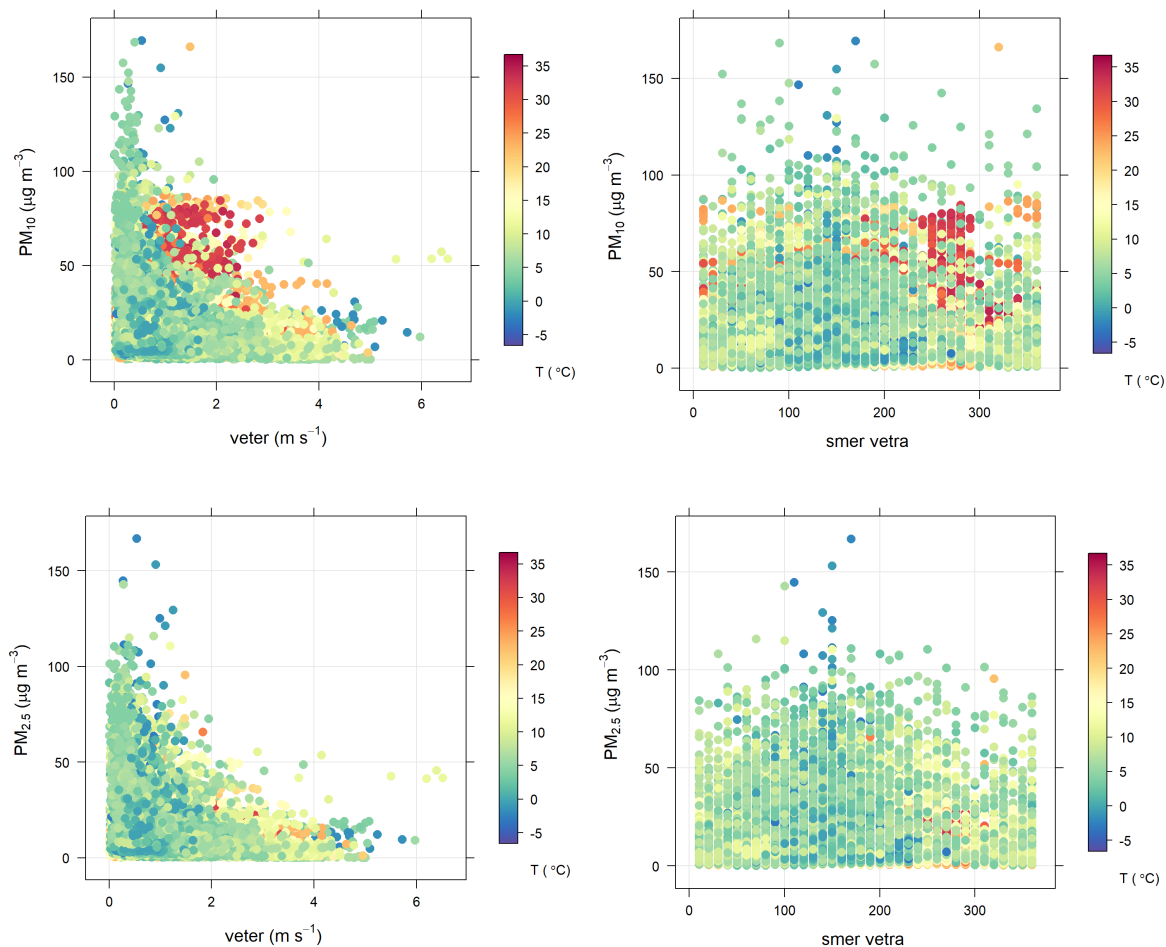
Ravni delcev PM₁₀ in PM_{2,5} smo merili na obeh merilnih mestih, v Desklah in Novi Gorici, tudi z merilnikom, ki nam da urne ravni delcev. Iz teh podatkov lahko dobimo povprečni dnevni hod onesnaževala. Dnevni hod delcev PM₁₀ v kurilni sezoni za obe merilni mesti je prikazan na sliki 14. V Novi Gorici je opazen jutranji in večerni porast ravni delcev PM₁₀. Večerna konica je še bolj izrazita od jutranje. V večernem času se začne tvoriti temperaturni obrat, ki sicer ni tako izrazit kot v večjih kotlinah in dolinah in posledično zmanjša redčenje onesnaženega zraka. Poleg tega se izpustom iz prometa pridružijo tudi izpusti zaradi ogrevanja. V Desklah sta oba dnevna maksimuma manj opazna kot v Novi Gorici, jutranji maksimum je nekoliko zamaknjen proti poldnevu, večerni porast pa je daljši in nastopi prej kot v Novi Gorici. Ravni delcev PM₁₀

so v Desklah v večini dneva nižje kot na merilnem mestu Nova Gorica.



Slika 14: Dnevni potek povprečne urne ravni PM_{10} v Desklah in Novi Gorici v kurilni sezoni leta 2021 (januar do marec in oktober do december).

Meteorološka analiza meritev delcev v Desklah na sliki 15 pokaže, da so najvišje ravni delcev $PM_{2,5}$ izmerjene običajno pri vetru jakosti pod 1 m/s, ki piha iz JV smeri, ko so izmerjene temperature pod $0^{\circ}C$. Tudi pri delcih PM_{10} se najvišje ravni pojavljajo pri šibkem vetru do 1 m/s, smeri vetra pa so v tem primeru različne. Najpogosteje se pri najvišjih ravneh pojavljajo smeri v razponu S-SV-V-JV, redkeje JZ -Z smeri. Običajno je temperatura zraka pri izmerjenih najvišjih ravneh PM_{10} je nizka, izjemoma je bila v enem od 10 min terminov izmerjena zelo visoka raven pri temperaturi $20^{\circ}C$ in SZ vetru.



Slika 15: Povezava med podatki o ravneh delcev PM_{10} (zgoraj) in $PM_{2,5}$ (spodaj) v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ter jakostjo vetra v m/s (levo) in smerjo vetra v stopinjah (desno). Barve predstavljajo izmerjeno temperaturo v $^{\circ}\text{C}$. Uporabljene so 10 minutne vrednosti v Desklah.

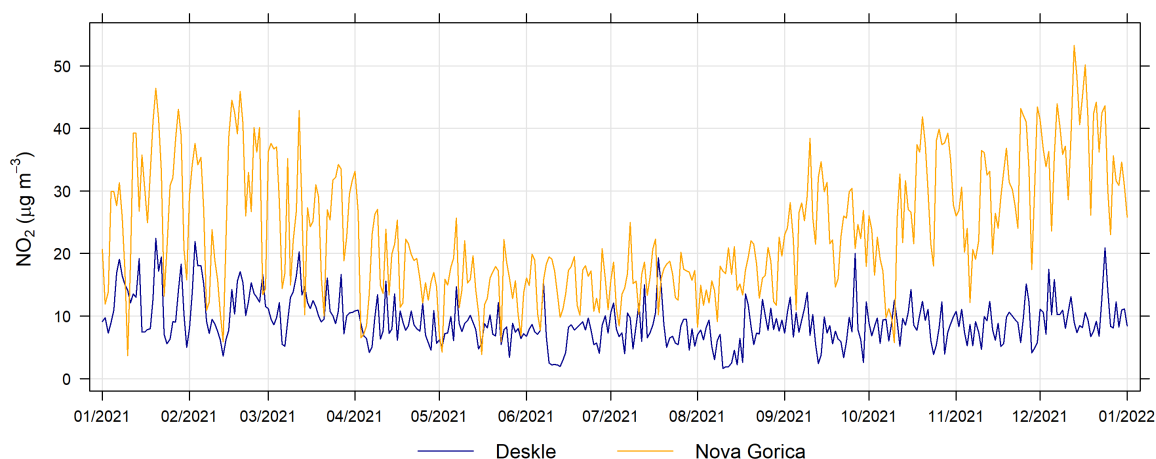
3.1.2 Dušikovi oksidi

Dušikovi oksidi (NO_x) so spojine, sestavljene iz atomov kisika in dušika v različnih razmerjih. V ozračju je največ dušikovega monoksida (NO) in dušikovega dioksida (NO_2). Več kot polovica izpustov vseh dušikovih oksidov prihaja v ozračje iz prometa. Dušikovi oksidi spadajo med predhodnike ozona, pripomorejo k nastanku kislega dežja ter prispevajo h globalnemu ogrevanju ozračja. Vplivajo pa tudi na zdravje ljudi s povzročanjem različnih bolezni dihal. V uredbi o kakovosti zraka so predpisane mejni in alarmna vrednost za zaščito zdravja ter kritična vrednost za zaščito vegetacije. Mejna urna vrednost za zaščito zdravja je $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in je lahko presežena 18 krat v letu. Letna mejna vrednost za NO_2 znaša $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kritična vrednost za vegetacijo, ki je določena kot letna vrednost za NO_x , je $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

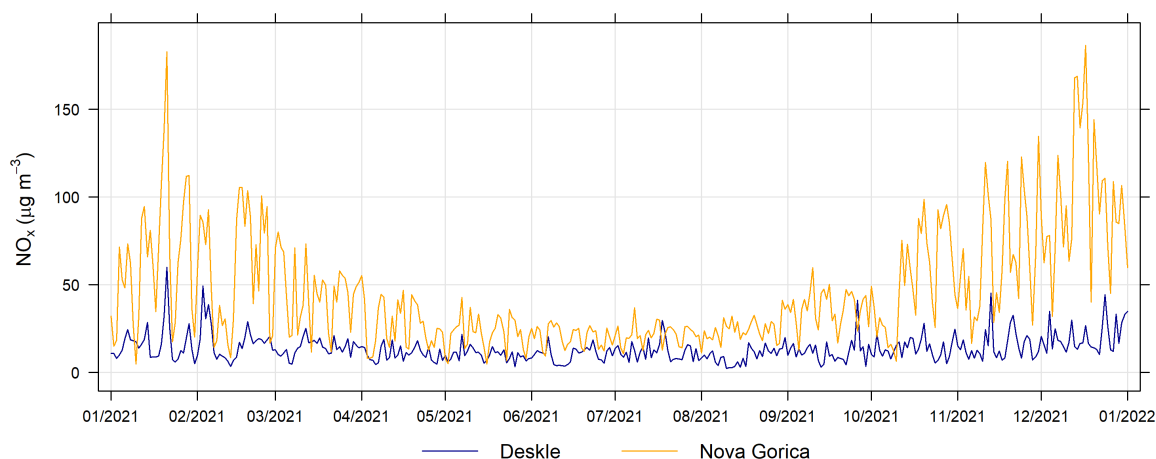
Meritve dušikovih oksidov smo izvajali na obeh merilnih mestih, v Desklah in Novi Gorici. Na nobenem merilnem mestu mejni vrednosti nista bili preseženi. Povprečna letna raven NO_2 v Desklah je bila $9,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, v Novi Gorici $23,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najvišji urni vrednosti sta bili izmerjeni v Desklah $72,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in v Novi Gorici $122,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kritična vrednost zaščito vegetacije se določa za neizpostavljena ruralna merilna mesta, kar pa Deskle in Nova Gorica nista.

Pri meritvah dušikovih oksidov je razlika ravni obeh onesnaževal med obema postajama velika. Ravni so bistveno višje na merilnem mestu v Novi Gorici. V Novi Gorici imajo ravni

dušikovega dioksida in dušikovih oksidov izrazit letni hod. To merilno mesto je locirano v središču mesta, kjer je precej več prometa kot v bližini merilnega mesta Deskle. V Novi Gorici so ravni NO_2 in NO_x najnižje v poletnih mesecih, ko so vremenske razmere za razredčevanje izpustov ugodnejše. V tem obdobju so manjši tudi izpusti dušikovih oksidov. Ravni dušikovih oksidov so visoke pozimi, ko je ozračje najbolj stabilno in najslabše prevetreno, izpusti pa nekoliko višji kot poleti. V Desklah letni hod ni tako zelo opazen in še zdaleč ni tako izrazit kot v Novi Gorici. Razlika NO_2 in NO_x je velika v zimskem času, v poletnem času pa je razlika zaradi nižjih vrednosti na obeh merilnih mestih manj očitna.

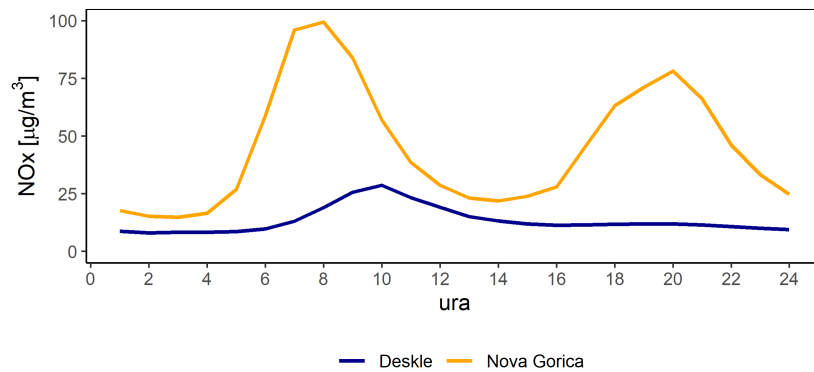


Slika 16: Prikaz dnevnih ravni NO_2 v letu 2021 za merilni mesti Deskle in Nova Gorica.



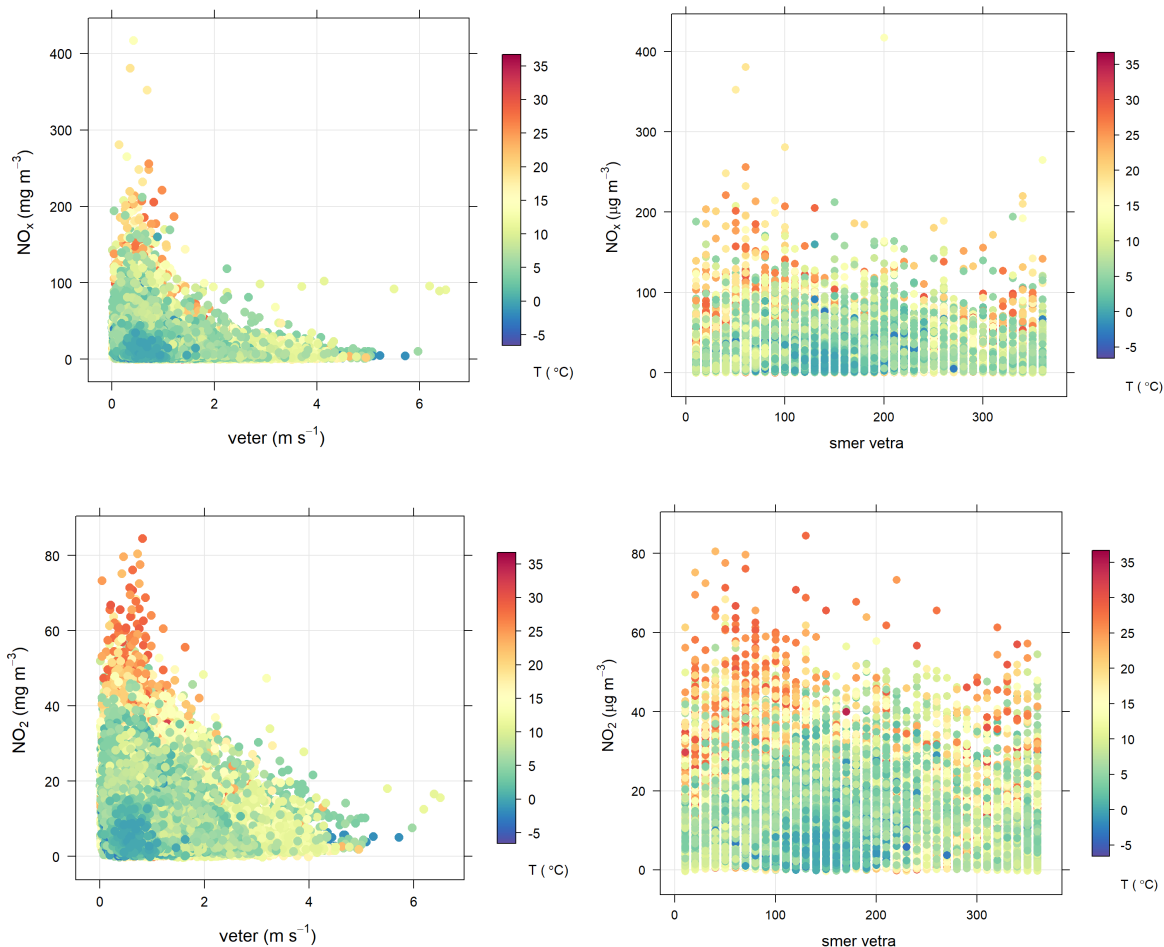
Slika 17: Prikaz dnevnih ravni NO_x v letu 2021 za merilni mesti Deskle in Nova Gorica.

Dnevni potek povprečne urne ravni NO_x je zelo izrazit na merilnem mestu Nova Gorica. Tu sta jasno vidna jutranji in večerni maksimum. V Desklah pa ja zaznati rahel porast ravni NO_x kasneje v dopoldanskem času, večernega porasta pa ni videti (slika 18).



Slika 18: Dnevni potek povprečne urne ravni NO_x na merilnem mestu Deskle in Nova Gorica v letu 2021.

Meteorološka analiza meritev dušikovih oksidov v Desklah na sliki 19 pokaže, da so najvišje ravni NO_x izmerjene običajno pri vetru jakosti pod 1 m/s, ki piha iz SV smeri, pri zmernih oziroma visokih temperaturah. Najvišja 10 minutna vrednost je bila izjemoma izmerjena pri vetru J smeri. Tudi pri NO_2 se najvišje ravni pojavljajo pri šibkem vetru do 1 m/s, pri čemer prevladujejo SV do V smeri, občasno pa se pojavijo osamele visoke 10 minutne vrednosti tudi iz ostalih smeri. Temperature zraka so pri najvišjih vrednostih NO_2 nadpovprečno visoke.



Slika 19: Povezava med podatki o ravneh NO_x (zgoraj) in NO_2 (spodaj) v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ter jakostjo vetra v m/s (levo) in smerjo vetra v stopinjah (desno). Barve predstavljajo izmerjeno temperaturo v $^{\circ}\text{C}$. Uporabljene so 10 minutne vrednosti v Desklah.

3.1.3 Ozon

Ozon je sekundarno onesnaževalo, saj v prizemni plasti zraka ni njegovih neposrednih izpustov. Ker so kompleksne reakcije, ki vodijo do nastanka ozona intenzivnejše ob visokih temperaturi in močnem sončnem obsevanju, je onesnaženost zraka z ozonom največja poleti. Snovem, iz katerih nastaja ozon, pravimo predhodniki ozona in obsegajo dušikove okside, ogljikov monoksid, atmosferski metan ter nemetanske hlapne organske spojine (npr. etan, propan, butan, pentan, izopren, heksan, benzen, toluen, ksilen, tirmetilbenzen...). Dušikovi oksidi v ozračju so predvsem posledica izpustov iz prometa in iz energetike. K hlapnim organskim snovem prispevajo izpusti povezani s prometom, industrijo, kurjenjem biomase... Na prometnih merilnih mestih so ravni ozona nižje, ker ta hitro reagira z dušikovim monoksidom iz izpušnih plinov in razpade nazaj v običajni dvoatomni kisik tako, da odda atom kisika molekuli dušikovega monoksida in ga oksidira v dušikov dioksid.

Za ozon je za varovanje zdravja predpisana ciljna maksimalna dnevna 8-urna vrednost, ki znaša $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in je lahko presežena 25-krat v koledarskem letu, pri čemer se za izračun upošteva povprečje zadnjih treh let. Dolgoročno naravnana ciljna vrednost za varovanje zdravja je enaka, le da ne dovoljuje preseganj predpisane vrednosti. Ker na zdravje vpliva tudi kratkotrajna izpostavljenost sta predpisani 1-urna opozorilna vrednost ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in alarmna vre-

dnost ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Zaradi negativnega vpliva ozona na vegetacijo pa tudi ciljna in dolgoročna ciljna vrednost za varstvo rastlin. Ti dve vrednosti sta določeni z AOT40, ki se izračuna za obdobje od maja do julija.

Opozorilna vrednost $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila v letu 2021 v Sloveniji presežena le na dveh merilnih mestih, in sicer dvakrat 14.8. v Kopru in trikrat 15.8. v Novi Gorici. Najvišja urna raven je bila v Kopru $194 \mu\text{g}/\text{m}^3$, v Novi Gorici $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in isti dan v Desklah $159 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Po 10. avgustu se je namreč nad Sredozemljem in južno Evropo ustvarilo območje visokega zračnega tlaka, južni del Sredozemlja je zajel izrazit vročinski val. V večjem delu države smo izmerili najvišjo temperaturo zraka ravno v teh dveh dneh, ko se je na JV Slovenije in Goriškem ogrelo tudi nad 36°C . V višinah so nad našimi kraji pihali zmerni vetrovi zahodnih smeri. Alarmna vrednost za ozon, $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ni bila v Sloveniji nikjer presežena že kar nekaj let.

Poletje 2021 je bilo toplejše kot povprečje obdobja 1981-2010. Uvršča se na 6. mesto najtoplejših poletij. Najtoplejši mesec poletja 2021 je bil julij, od povprečja pa je najbolj odstopal junij, ki je bil celo toplejši od avgusta. Nadpovprečno topel je bil tudi september. Opis vremenske situacije se sklada s številom preseganj 8-urnih ciljnih vrednosti ozona. Ciljna vrednost za varovanje zdravja ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je bila na vseh merilnih mestih presežena več kot 25 dni letu 2021 in na merilnem mestu Koper in Nova Gorica tudi v triletnem povprečju. V Desklah smo meritve izvajali samo v letu 2021. Prav tako je bila presežena tudi dolgoročna ciljna vrednost za varovanje zdravja.

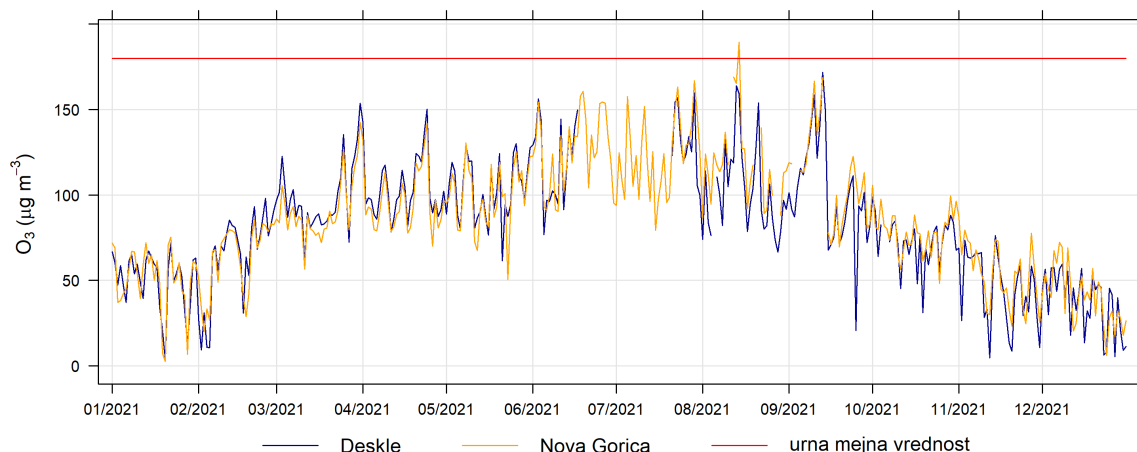
Tabela 4: Število preseganj 8-urnih ciljnih vrednosti za ozon v letu 2021..

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	Število preseganj
Nova Gorica	0	0	0	2	1	12	9	5	6	0	0	0	35
Deskle	0	0	1	4	1	8*	4*	3	5	0	0	0	40

* Podatki so zaradi prevelikega izpada meritev informativnega značaja.

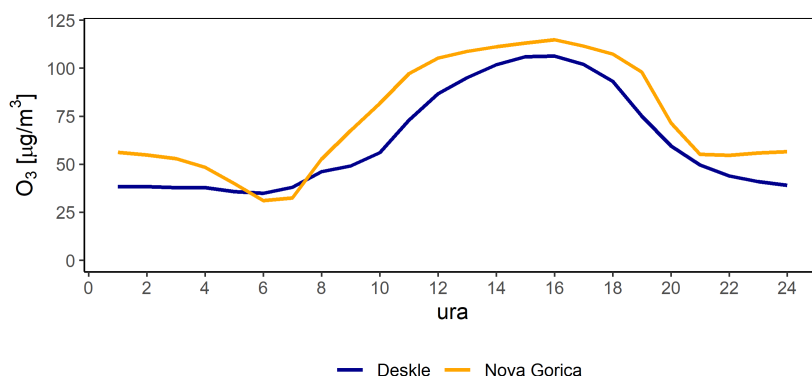
Ciljna vrednost in dolgoročna ciljna vrednost sta vezani na vegetacijo. Vrednost AOT40 akumulirana od maja do julija naj bi bila kot ciljna vrednost nižja od $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ v povprečju petih let oziroma kot dolgoročna vrednost nižja $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$. Vrednost AOT40 je izražena v $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ in pomeni vsoto razlik med urnimi ravnmi večjimi od $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in ravnjo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v danem času z upoštevanjem enournih vrednosti izmerjenih vsak dan med 8:00 in 20:00 po srednjeevropskem času v obdobju od maja do julija. V Novi Gorici je bila vrednost AOT40 v letu 2021 22555, kar presega ciljno vrednost. AOT40 ni možno izračunati za Deskle, ker je bil v tem obdobju od maja do julija prevelik izpad podatkov.

Primerjava meritev za ozon za leto 2021 kaže, da so maksimalne dnevne ravni ozona podobne na obeh merilnih mestih (slika 20). V zimskem obdobju so ravni ozona nižje, poleti pa višje, kar je normalno za to onesnaževalo. V poletnem obdobju smo imeli dva izpada meritev na eni oziroma drugi postaji, v Novi Gorici avgusta, v Desklah pa od sredine junija do sredine julija, zato primerjava v celotnem poletnem obdobju ni smiselna.



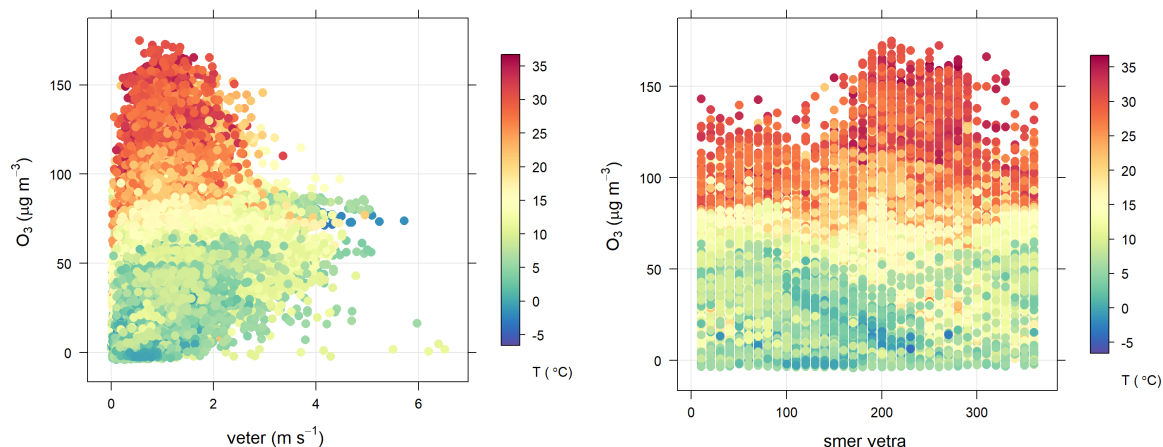
Slika 20: Prikaz urnih maksimumov ozona po dnevih v letu 2021 v Desklah in Novi Gorici.

Dnevni potek povprečne urne ravni ozona je dokaj podoben na obeh merilnih mestih. Nižje ravni ozona so zabeležene ponoči in v jutranjem času, tekom dneva pa so ravni ozona povišane. V Novi Gorici se ozon viša že v zgodnjem dopoldnevu in ostaja povišan vse do sončnega zahoda, medtem ko je v Desklah obdobje višjih ravni ozona krajše. V Desklah pride do povišanja ravni ozona šele v zgodnjem popoldanskem času. So pa tudi ravni ozona v povprečju nižje v Desklah kot v Novi Gorici.



Slika 21: Povprečni dnevni hod ozona v Desklah in Novi Gorici v poletnih mesecih (junij, julij, avgust) leta 2021. Izvzeto je obdobje, ko merilnik v Desklah ni obratoval.

Meteorološka analiza meritev ozona v Desklah na sliki 22 pokaže nekoliko drugačne karakteristike kot so značilne za ostala onesnaževala. To je posledica tega, da ozon kot sekundarno onesnaževalo potrebuje ustrezne vremenske pogoje in čas, da se tvori iz primarnih onesnaževal. Najvišje ravni ozona izmerimo pri najvišjih temperaturah, ko je ozračje razmeroma mirno, vendar nekoliko vetra vseeno mora biti prisotnega, da prinese z ozonom onesnažene zračne mase iz sosednjih krajev oziroma pokrajin. Najvišje ravni ozona se pojavljajo pri vetru J do JZ smeri, ko veter prinese z ozonom onesnažene zračne mase po dolini Soče navzgor.



Slika 22: Povezava med podatki o ravneh O_3 v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ter jakostjo vetra v m/s (levo) in smerjo vetra v stopinjah (desno). Barve predstavljajo izmerjeno temperaturo v $^{\circ}\text{C}$. Uporabljene so 10 minutne vrednosti v Desklah.

3.1.4 Ogljikov monoksid

Ravni ogljikovega monoksida so na območju Slovenije zelo nizke in že dolgo nikjer ne presegajo mejne vrednosti. Mejna vrednost za varovanje zdravja za CO je določena za maksimalno dnevno 8-urno povprečno vrednost, in je $10 \text{ mg}/\text{m}^3$. V Desklah je bila v letu 2021 maksimalna 8-urna vrednost $1,6 \text{ mg}/\text{m}^3$, kar je precej pod mejno vrednostjo, vendar je ta podatek zgolj informativen, ker je bilo na razpolago premalo veljavnih podatkov. Povprečna letna raven CO v Desklah, $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$, je na nivoju vrednosti, ki smo jo v preteklih letih izmerili v neobremenjenem okolju, na Krvavcu. V tabeli 1 je razvidno, da je kar 75 % meritev pod vrednostjo $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$. Ne smemo pa pozabiti dejstva, da smo z meritvami CO v Desklah pričeli šele sredi aprila 2021 in meritev nismo izvajali v zimskem obdobju v začetku leta. Najvišje ravni CO so namreč izmerjene ravno v zimskem času (slika 11). Najvišja urna izmerjena raven CO v Desklah je bila $1,8 \text{ mg}/\text{m}^3$. Na sliki 11 so ravni CO izjemoma prikazane v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zaradi poenotnega prikaza vseh onesnaževal.

3.1.5 Žveplov dioksid

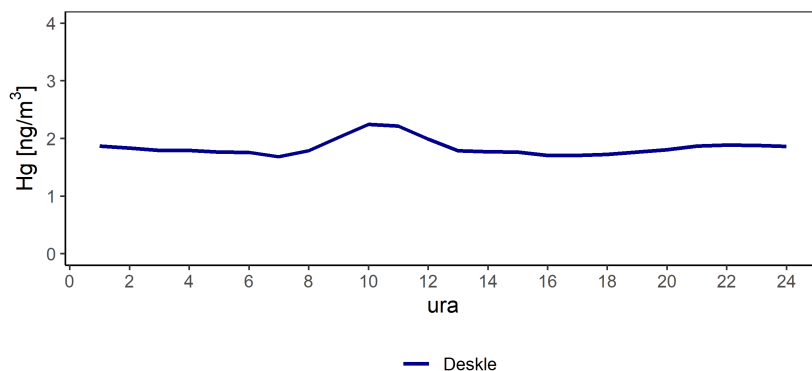
Žveplov dioksid je onesnaževalo, ki je pred nekaj desetletji predstavljalo največji problem onesnaženosti zraka v slovenskih mestih. V zadnjih letih so se ravni tega onesnaževala bistveno znižale zaradi različnih ukrepov, kot so opuščanje premoga v individualnih kuriščih, izgradnja čistilnih naprav v termoelektrarnah ter industrijskih objektih. Ravni SO_2 so v zadnjih letih torej nizke, in se gibljejo okrog meje detekcije merilnika, občasno pa so urne vrednosti še vedno povišane okrog Termoelektrarne Šoštanj. Za SO_2 je določena urna mejna vrednost $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in dovoljeno število preseganj te vrednosti v letu, 24. Mejna dnevna vrednost je $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in je v letu lahko presežena trikrat. Kritična vrednost za zaščito vegetacije za koledarsko leto in zimo (1.10.-31.3.) pa je $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V letu 2021 smo merili ravni SO_2 še v Celju, Zagorju in na Iskrbi. Na vseh merilnih mestih so povprečne letne vrednosti pod $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najvišja maksimalna urna raven je bila izmerjena v Celju, in sicer $43,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V Desklah je bila letna raven SO_2 $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, najvišja urna vrednost pa $18,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Torej tudi v letu 2021 na nobenem merilnem mestu v Sloveniji ni bila presežena mejna oziroma kritična vrednost, ki je določena za žveplov dioksid. V Desklah so bile ravni SO_2 nekoliko povišane 25.10.2021 in 29.10.2021 (slika 1), ko so bile zaznane višje ravni na vseh merilnih mestih, tudi na Iskrbi. Nekoliko povišane

vrednosti so bile v Desklah in hkrati Celju izmerjene še sredi novembra 2021. Kaj je vplivalo na to povišanje ni jasno, se je pa v drugi polovici oktobra (20.10.2021) v višinah nad Evropo razširil oblak SO₂ iz vulkana na La Palmi. Ta je ostal visoko v ozračju, nad 3500 m, v nižinah pa so pri nas vrednosti SO₂ ostale običajne in daleč pod vrednostmi, ki bi škodovale zdravju.

3.1.6 Živo srebro

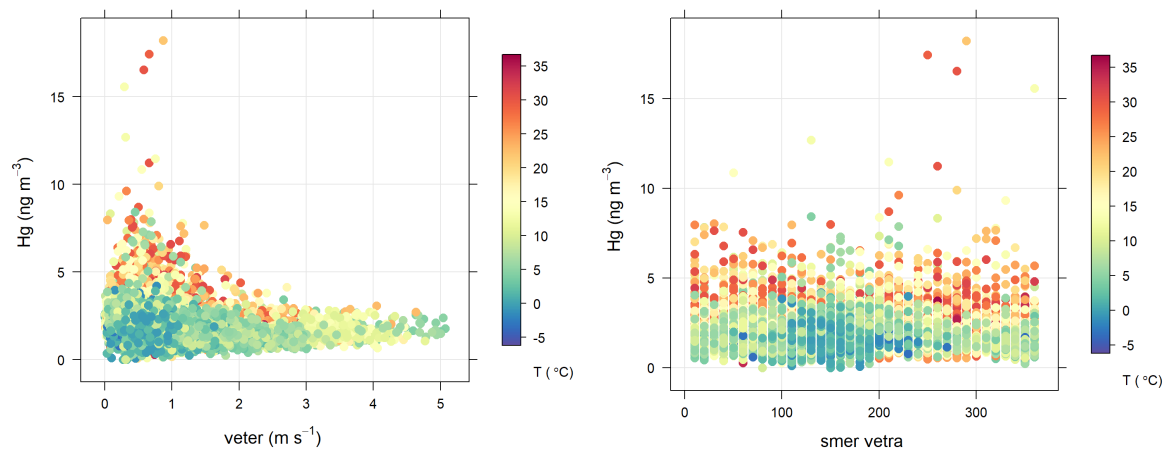
Izpusti živega srebra so povezani z izgorevanjem premoga, lignita in lesne biomase, proizvodnjo cementa, sežiganjem odpadkov, pridobivanjem zlata ter kovinsko industrijo. Na obravnavanem območju je potrebno upoštevati tudi dejstvo, da se Deskle nahajajo v spodnji Soški dolini, kjer je v zaledju deloval rudnik živega srebra v Idriji. Najnižja povprečna mesečna raven živega srebra je bila izmerjena decembra 2021 (1,62 ng/m³), najvišja pa junija 2021 (2,15 ng/m³). Razlike med hladno in toplo polovico leta niso znatne. Občasno so se pojavile povišane ravni v obliki vrhov, ki so odstopali od običajnih vrednosti, vendar pa ta povišanja ne kažejo sistematične povezave z vplivi iz cementarne (slika 24). Za živo srebro v zakonodaji niso določeni standardi kakovosti, zato je možna le primerjava z meritvami na drugih merilnih mestih. Izmerjene ravni živega srebra v Desklah so v območju, ki je značilno za urbanizirana območja severne hemisfere. V Sloveniji potekajo sistematične meritve le na merilnem mestu Iskrba pri Kočevski Reki, ki predstavlja ne onesnaženo regionalno ozadje. Povprečne vrednosti živega srebra so na Iskrbi nižje kot so bile izmerjene v Desklah. Primerjave z občasnimi meritvami kažejo, da so ravni živega srebra v Desklah primerljive s tistimi, ki so bile izmerjene na vplivnem območju cementarne Salonit v letu 2020 in nekoliko nižje kot v Ljubljani (Šiška) in v oklici Ljubljane (Podgorica). Po pričakovanju so bile najvišje ravni živega srebra pri nas izmerjene na vplivnem območju Idrijskega rudišča.

Povprečni dnevni hod živega srebra na sliki 23 pokaže manj izrazit maksimum v dopoldanskem času med 10 h in 11h.



Slika 23: Povprečni dnevni hod živega srebra v Desklah leta 2021.

Meteorološka analiza meritev živega srebra v Desklah na sliki 24 pokaže, da so najvišje ravni izmerjene pri vetru jakosti pod 1 m/s. Najvišje tri 10 minutne meritve so bile izmerjene pri visokih temperaturah zraka in vetru Z smeri. Ostale zelo visoke ravni so povezane s srednje visokimi temperaturami zraka in z različnimi naključno porazdeljenimi smermi vetra.



Slika 24: Povezava med podatki o ravneh Hg v ng/m^3 ter jakostjo vetra v m/s (levo) in smerjo vetra v stopinjah (desno). Barve predstavljajo izmerjeno temperaturo v $^{\circ}\text{C}$. Uporabljene so 10 minutne vrednosti v Desklah.

3.1.7 BTX

Benzen in njegovi alkalni derivati spadajo v skupino nemetanskih hlapnih organskih ogljikovodikov (NMHOS), oziroma v podskupino policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH). Za spojine PAH je značilen aromatski obroč sestavljen iz vodika in ogljika. S kratico BTX so označene spojine benzena, toluena in ksilena ter njihovih derivatov. Naravni viri teh spojin so požari, pretvorba organske usedline v fosilna goriva in vulkanski izbruhi. V mestnem okolju so bolj pomembni viri, ki so antropogenega izvora, saj na njihov nastanek vpliva delovanje človeka. Poleg tega pa imajo te spojine večji vpliv na zdravje ljudi. Glavni viri so gorenje biomase in fosilnih goriv, kot sta dizel in bencin. Prav tako pa se spojine BTX uporabljajo pri industrijskih procesih, predvsem kot topilo, razredčilo in v drugih proizvodnih procesih [5] [6].

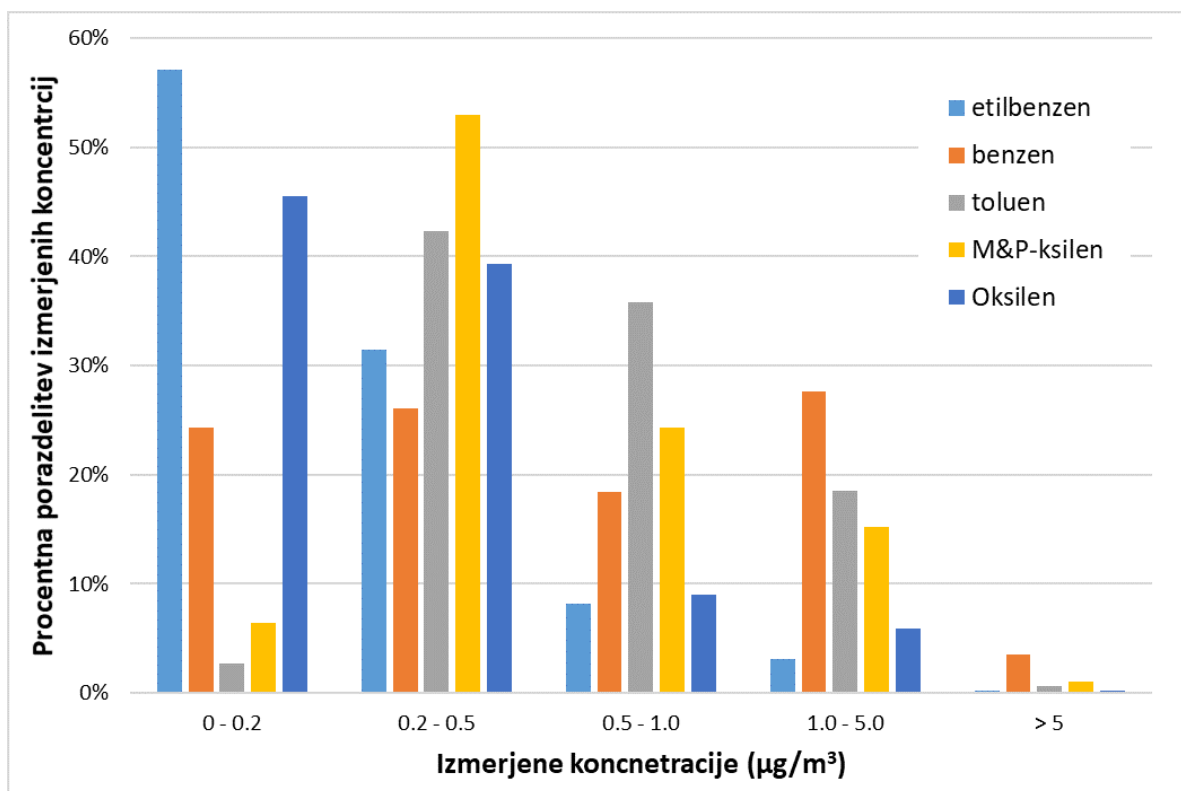
Pomembnost spremljanja spojin BTX je predvsem zaradi njihovega vpliva na zdravje ljudi, saj so prepoznani kot kancerogene spojine [5][7]. Poleg tega pa spojine BTX vplivajo tudi na nastanek prizemnega ozona, ki posledično vpliva na nastanek globalnega učinka tople grede.

Zakonodajno dovoljena povprečna letna mejna vrednost za benzen za varovanje zdravja ljudi po Uredbi o kakovosti zunanjega zraka je $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Za ostale spojine BTX mejna vrednost ni določena.

V tabeli 5 so prikazane letne povprečne vrednosti s standardno deviacijo meritev spojin BTX. Tabela prikazuje poleg srednje vrednosti tudi percentilne vrednosti (25 %, 50 % in 75 %) in termin najvišje izmerjene vrednosti v letu 2021 na merilnem mestu Deskle. Procentno frekvenčna porazdelitev izmerjenih ravni spojin BTX je prikazana na sliki 25.

Tabela 5: Prikaz povprečne vrednosti in standardne deviacije, percentilne vrednosti (25 %, 50 % in 75 %) meritev BTX (benzen, toluen, etilbenzen, M&P-ksilen in Oksilen) v letu 2021 na merilnem mestu Deskle. Ravni so podane v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	Benzen	Toluen	Etilbenzen	M&P-ksilen	O-ksilen
POV	1,02	0,76	0,26	0,72	0,31
25 %	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1
50 %	0,4	0,5	0,1	0,4	0,2
75 %	1,2	0,8	0,2	0,7	0,3
MAX	25,9	43,6	27,4	64,8	12,8

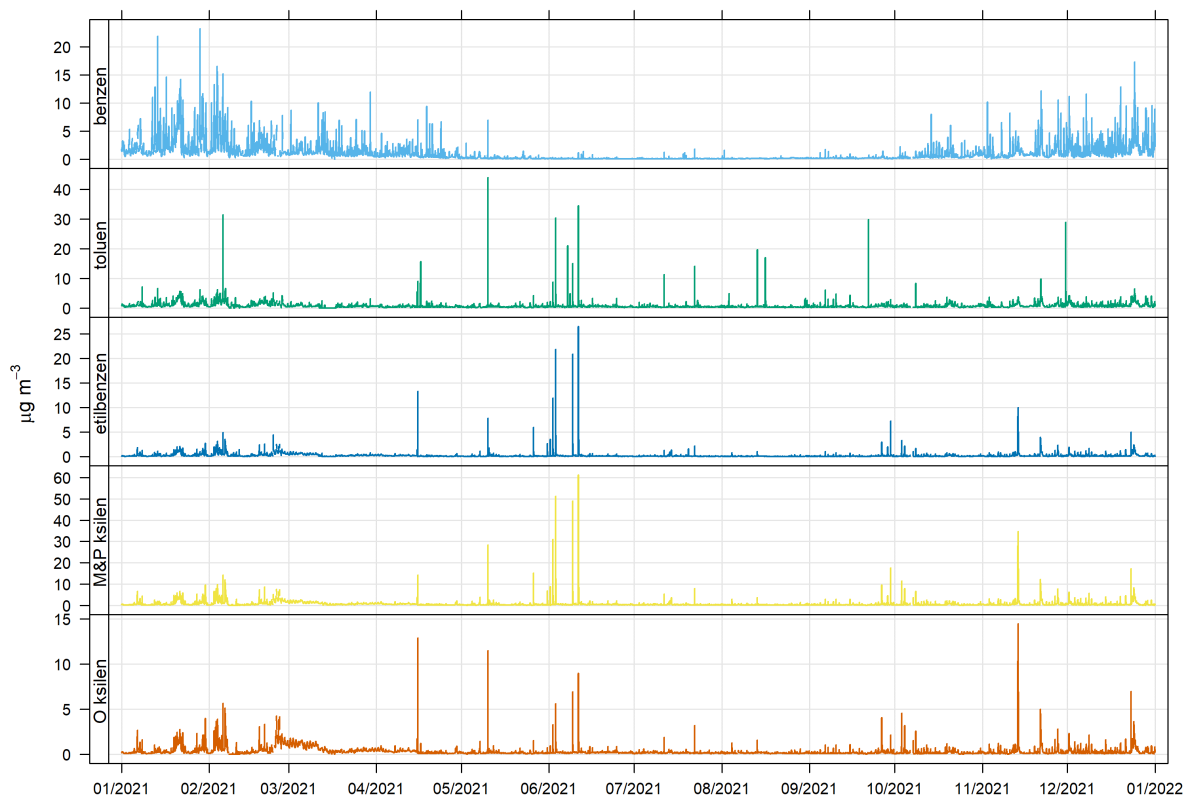


Slika 25: Procentno frekvenčna porazdelitev urnih vrednosti spojin BTX (benzen, toluen, etilbenzen, M&P-ksilen in Oksilen) v letu 2021 na merilnem mestu Deskle.

Tabela 6: Prikaz izmerjenih vrednosti BTX (benzen, toluen, etilbenzen, M&P-ksilen in Oksilen) nad 10, 15 in 20 µg/m³ v letu 2021 na merilnem mestu Deskle.

	Benzen	Toluen	Etilbenzen	M&P-ksilen	O-ksilen
Število vrednosti nad 10 µg/m ³	48	16	5	28	4
Število vrednosti nad 15 µg/m ³	6	13	4	17	0
Število vrednosti nad 20 µg/m ³	1	10	3	9	0

Najvišje vrednosti merjenih onesnaževal so se tekom leta lahko pojavile istočasno, vendar v različnem razponu ravni. Nekoliko bolj izpostavljeni termini so bili 15.4 ob 15:30, 3.6 ob 8:00, 12:00 in 15:30, 9.6 ob 7:30 in 8:00, 11.6 med 7:30 in 9:00 ter 13.11 med 12:00 in 17:00. V zgoraj naštetih terminih je podjetje Salonit Anhovo obratovalo, z izjemo dne 11.6.2021.

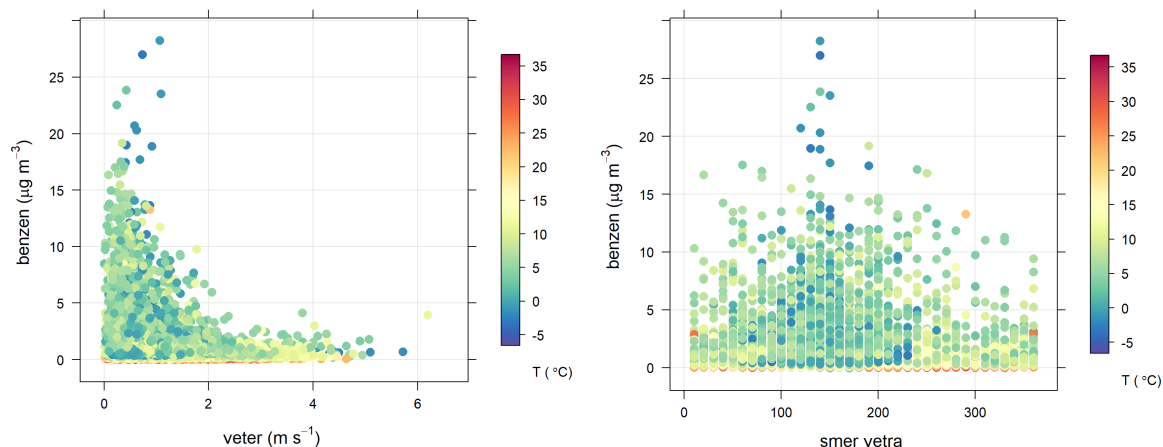


Slika 26: Prikaz urnih vrednosti spojin BTX (benzen, toluen, etilbenzen, M&P-ksilen in O-ksilen) v letu 2021 na merilnem mestu Deskle.

Benzen

Povprečna letna vrednost benzena je bila $1,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja vrednost je bila $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ravni benzena tekom leta 2021 so bile najvišje v hladni polovici. Najvišja izmerjena vrednost je bila $25,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in predstavlja tudi edino vrednost nad $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V letu 2021 je bilo izmerjenih 48 vrednosti nad $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Približno 25 % vseh vrednosti se je gibalo v intervalu med $0 - 0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,2 - 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in $1,0 - 5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Manj kot 4 % vseh izmerjenih vrednosti je bilo izmerjenih nad $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vir spojin benzena je poleg industrijskih procesov lahko tudi nepopolno zgorevanje biomase. Višje ravni se lahko pojavijo tudi v času prižiga goriva v peči oziroma v času, ko temperatura peči še ni stabilna in je proces gorenja nepopoln [8].

Meteorološka analiza meritev benzena v Desklah na sliki 27 pokaže, da so najvišje ravni izmerjene pri nizkih temperaturah, vetru jakosti pod 1 m/s iz JV smeri.



Slika 27: Povezava med podatki o ravneh benzena v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ter jakostjo vetra v m/s (levo) in smerjo vetra v stopinjah (desno). Barve predstavljajo izmerjeno temperaturo v $^{\circ}\text{C}$. Uporabljene so 10 minutne vrednosti v Desklah.

Toluen

Povprečna letna vrednost toluen je bila $0,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja vrednost pa je bila $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ravni toluenta so bile tekom leta 2021 precej enakomerne, z izjemo kratkotrajnih povišanih vrednosti, ki pa niso imele določenega trenda pojavljanja. Najvišja vrednost, $43,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se je pojavila dne 10.5.2021 ob 10.00. V letu 2021 je bila vrednost nad $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ izmerjena 10-krat. Večina vrednosti, 42 %, se je gibalo v intervalu med $0,2$ in $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medtem ko se je 36 % vseh vrednosti gibalo v intervalu med $0,5$ in $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Etilbenzen

V merjenem obdobju je bila izmerjena povprečna vrednost etilbenzena $0,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medtem ko je bila srednja vrednost $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tekom leta je bil trend precej enakomeren, opazne so kratkotrajno povišane vrednosti. Najvišja urna vrednost je bila $27,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vrednosti nad $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ so se pojavile v juniju, 3 izmerjene vrednosti so se gibale nad $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 57 % vseh izmerjenih vrednosti se je gibalo v intervalu med $0,0$ in $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

M&P-ksilen

Precej podoben trend meritvam etilbenzena v zunanem zraku se je pokazal tudi trend meritv M&P-ksilena, s tem da so bile ravni M&P-ksilena nekoliko višje. Najvišje vrednosti so se prav tako pojavile v mesecu juniju, v tem času je bila izmerjena vrednost $64,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vrednosti nad $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ so se pojavile 9-krat v letu, medtem ko so se vrednosti nad $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pojavile 28-krat. 53 % vseh izmerjenih vrednosti se je gibalo v intervalu med $0,2$ in $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Povprečna letna izmerjena vrednost je bila $0,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medtem ko je bila izmerjena srednja vrednost $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

O-ksilen

Izmed vseh merjenih spojin BTX-ov so bile ravni O-ksilena najnižje. Izmerjena povprečna vrednost je bila $0,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medtem ko je bila srednja vrednost $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vrednosti nad $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ so se pojavile zgolj 4-krat. Najpogosteje pa so se ravni gibale v intervalu med $0,0 - 0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (46 %) in med $0,2$ in $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (39 %).

Primerjava izmerjenih vrednosti benzena med mesti

Primerjava vrednosti benzena na lokacijah Deskle, Maribor in Ljubljana izkazuje, da je na vseh treh lokacijah povprečna letna vrednost $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, medtem ko je bil najvišji standardni odklon na merilnem mestu Deskle ($1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Srednja vrednost oziroma mediana je bila najvišja na merilnem mestu Maribor, polovico manjša je bila na merilnem mestu Deskle. Najvišja vrednost, $25,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila izmerjena na merilnem mestu Deskle, medtem ko je bila v Ljubljani izmerjena najvišja vrednost $11,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, najmanjša pa je bila izmerjena na merilnem mestu Maribor, $8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na vseh merilnih mestih je bila torej povprečna letna izmerjena vrednost pod zakonodajno dovoljeno vrednostjo, prav tako na nikjer prebivalci niso bili izpostavljeni vrednostim večjim od vrednosti $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ki je določena s strani svetovne zdravstvene organizacije.

Mesečna analiza meritev izkazuje, da so bile najvišje vrednosti izmerjene v hladni polovici leta. Na lokaciji Deskle so bile le-te še posebno visoke v mesecu januarju, februarju in marcu, medtem ko so bile povprečne vrednosti v aprilu in maju precej podobne vrednostim na ostalih merilnih mestih. V poletnem času so bile vrednosti precej nizke, z oktobrom pa so začele ponovno naraščati. Najvišje vrednosti so bile tudi v jesensko-zimskem času izmerjene na območju občine Deskle. Spodnji graf (slika 28) prikazuje povprečne dnevne vrednosti meritev benzena na vseh treh lokacijah.

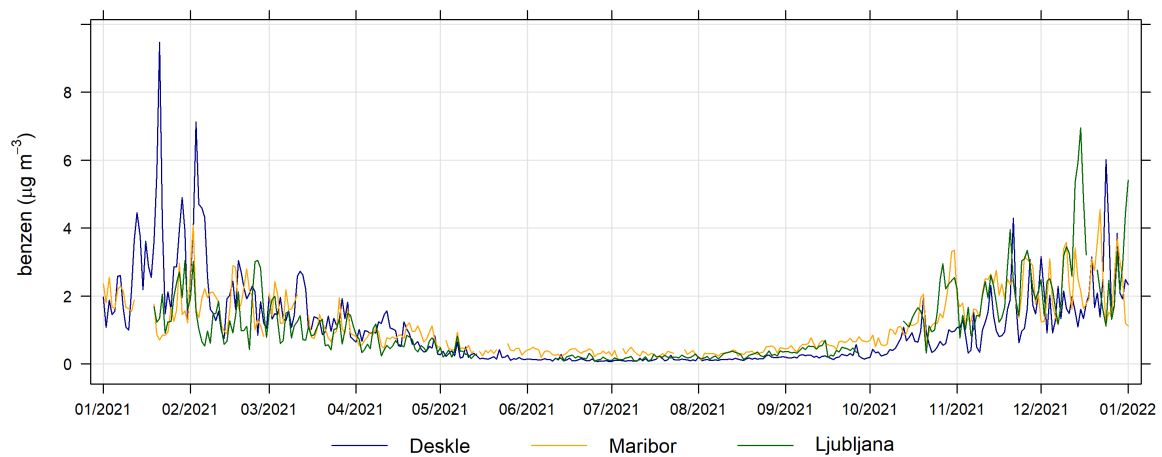
Tabela 7: Prikaz izmerjenih urnih vrednosti benzena v letu 2021 na merilnem mestu Deskle, Maribor in Ljubljana v $\mu\text{g}/\text{m}^3$. C_p = povprečna vrednost, SD = standardna deviacija, mediana = srednja vrednost, Max = maksimalna vrednost.

	Letna Vrednost		
	$C_p \pm \text{SD}$	Mediana	Max
Deskle	$1 \pm 1,7$	0,4	25,9
Maribor	$1,1 \pm 1$	0,8	8,7
Ljubljana	$1,1 \pm 1,2$	0,6	11,1

	Januar		Februar		Marec		April		Maj		Junij	
	Max	C_p	Max	C_p	Max	C_p	Max	C_p	Max	C_p	Max	C_p
Deskle	25,9	2,9	15,7	2,4	11,4	1,5	8,7	0,8	6,7	0,2	1,3	0,1
Maribor	5,5	1,6	5,5	1,9	8,7	1,4	2,7	0,8	2,0	0,4	1,2	0,4
Ljubljana	6,1	1,8	5,7	1,4	4,4	1,1	2,1	0,6	1,7	0,4	0,6	0,2

	Julij		Avgust		September		Oktober		November		December	
	Max	C_p	Max	C_p	Max	C_p	Max	C_p	Max	C_p	Max	C_p
Deskle	2,9	0,1	1,6	0,2	1,8	0,2	7,4	0,7	13,3	1,4	15,7	2,1
Maribor	1,0	0,3	0,9	0,3	1,6	0,6	5,7	1,2	7,7	2,1	8,7	2,3
Ljubljana	1,7	0,2	0,8	0,3	2,3	0,4	5,3	1,7	7,5	2	11,1	2,9

Na merilnem mestu Ljubljana je bil izpad podatkov v času med 14.05 (13:00) in 11.06 (12:00) ter v obdobju med 27.09 (23:00) in 13.10 (1:00). Razpoložljivost podatkov v letu je bila torej 67 %. Razpoložljivost podatkov na merilnem mestu Maribor je bila 81 % ter na merilnem mestu Deskle 90 %.



Slika 28: Prikaz izmerjenih povprečnih dnevni vrednosti benzena v letu 2021 na merilnem mestu Deskle, Maribor in Ljubljana.

3.2 Laboratorijske meritve

Delce PM₁₀ smo poleg avtomatskih meritev vzorčili tudi na filtre z visokovolumskim vzorčevalnikom Digitel (slika 29), ki z določenim volumskim pretokom prečrpava zunanji zrak. Posledično se na filtrih, ki se avtomatsko menjujejo vsakih 24 ur, lovijo delci velikosti do 10 µm (slika 30). Po vzorčenju filtrov se najprej določi dnevna raven delcev PM₁₀, nato se je filtre kemijsko analizira v Kemijsko analiznem laboratoriju Agencije RS za okolje. Določena je bila masna koncentracija delcev PM₁₀ in njihova sestava (težke kovine, kationi, anioni, PAH-i, elementni in organski ogljik ter levoglukoza) (tabela 8).



Slika 29: Visokovolumski vzorčevalnik Digitel za delce PM₁₀ pri Vrtcu v Desklah.



Slika 30: Del razrezanega filtra \varnothing 150 mm, pripravljenega za kemijsko analizo.

Tabela 8: Parametri pridobljeni s kemijsko analizo delcev PM₁₀.

Težke kovine	Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Zn, Mo, Ga, As, Se, Sr in Cd
Ioni	Anioni: Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , in SO ₄ ⁻ Kationi: Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ in Ca ²⁺
Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH-i)	benzo(a)antracen, benzo fluoranteni, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen in indeno(1,2,3-cd)piren
Elementarni in organski ogljik	EC, OC
Levoglukoza	

V tabeli 9 so predstavljene dnevne ravni delcev PM₁₀ na merilnem mestu v Desklah. Za primerjavo so podane tudi ravni v Novi Gorici, Ljubljani in na Iskrbi. Na sliki 31 je grafičen prikaz rezultatov meritev. Prikazane so tudi padavine izmerjene v Novi Gorici. Izdatnejše padavine skoraj vedno povzročijo večji padec onesnaževal v zraku.

Tabela 9: Povprečna (C_p) in maksimalna (C_{max}) dnevna vrednost delcev PM₁₀ v $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ter število preseganj mejne dnevne vrednosti za leto 2021 na izbranih merilnih mestih.

	Deskle	NG Grčna	LJ Bežigrad	Iskrba	Mejna vrednost
C_p [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	15	17	21	9	40
C_{max} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	66	81	72	56	\
> MV [dan]	4	5	12	1	35

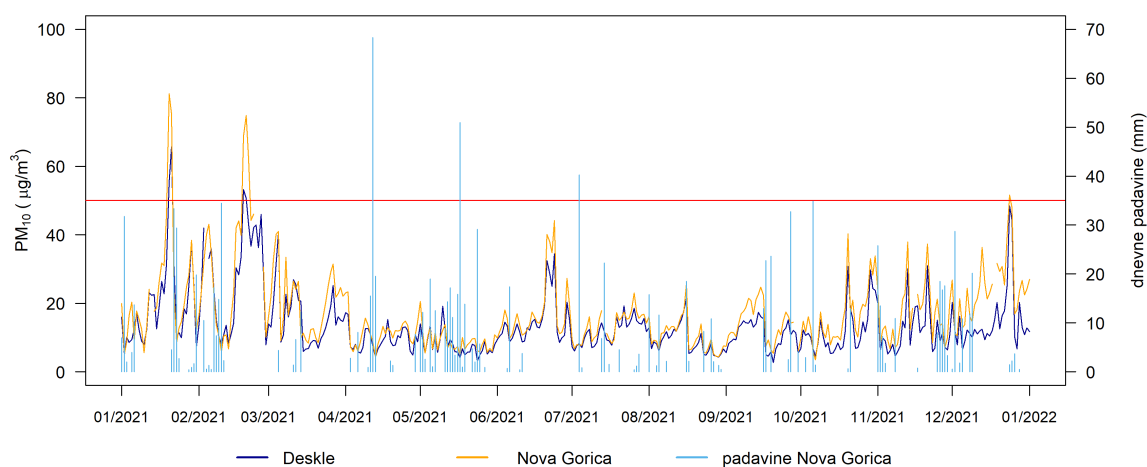
C_p - povprečna raven PM₁₀,

C_{max} - najvišja dnevna vrednost PM₁₀,

>MV - število dni, ko je bila presežena mejna dnevna vrednost 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ravni delcev PM₁₀ v letu 2021 so bile na merilnem mestu v Desklah nižje od standardov kakovosti, ki jih predpisuje zakonodaja (tabela 9). Povprečna letna vrednost PM₁₀ za leto 2021 je v Desklah znašala 15 µg/m³, mejna letna vrednost znaša 40 µg/m³. Merilna negotovost delcev PM₁₀ je 8 %. Do preseganj mejne dnevne vrednosti 50 µg/m³ je v Desklah prišlo štirikrat, dvakrat v januarju in dvakrat v februarju. V koledarskem letu je dovoljeno 35 preseganj mejne dnevne vrednosti.

Najvišje dnevne ravni v januarju in februarju na vseh merilnih mestih na Primorskem in tudi v Desklah so posledica prenosa onesnaženega zraka iz zelo obremenjene Padske nižine. V tistih dneh so bile na merilnih mestih v okolici Benetk povprečne dnevne vrednosti PM₁₀ višje od 100 µg/m³. V juniju so se ravni delcev PM₁₀ povišale zaradi prehoda puščavskega prahu nad Slovenijo. Do preseganj mejne dnevne vrednosti v Desklah takrat ni prišlo.



Slika 31: Povprečne dnevne ravni delcev PM₁₀ (µg/m³) in padavine v letu 2021 na merilnih mestih Deskle in Nova Gorica.

Od vseh 38 onesnaževal, ki smo jih določili v delcih PM₁₀ s kemijsko analizo (tabela 9) so v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka in Uredbi o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku, predpisani standardi kakovosti le za: svinec, kadmij, arzen, nikelj in benzo(a)piren. Za teh pet onesnaževal so predpisane letne mejne/ciljne vrednosti. V letu 2021 v Desklah ni bila presežena mejna/ciljna vrednost za svinec, kadmij, arzen, nikelj. Za benzo(a)piren je bila ciljna vrednost dosežena. Na merilnem mestu Deskle je bila v letu 2021 povprečna letna vrednost svinca 2,5 ng/m³ (predpisana mejna letna vrednost je 500 ng/m³), kadmija 0,09 ng/m³ (predpisana ciljna letna vrednost je 5 ng/m³), arzena 0,19 ng/m³ (predpisana ciljna letna vrednost je 6 ng/m³), niklja 0,72 ng/m³ (predpisana ciljna letna vrednost je 20 ng/m³) in benzo(a)pirena 1,3 ng/m³ (predpisana ciljna letna vrednost je 1 ng/m³). Ker za ostala onesnaževala ni predpisanih zakonodajnih vrednosti, so v tabeli 9 za primerjavo podani tudi rezultati iz merilnega mesta Nova Gorica.

Ravni vseh petih policikličnih aromatskih ogljikovodikov PAH (benzo(a)antracen, benzo fluoranteni, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen in indeno(1,2,3-cd)piren) so na merilnem mestu Deskle višje kot v Novi Gorici. PAH imajo izrazit letni hod, saj so prisotni le v hladni polovici leta, v toplejših mesecih pa so njihove ravni pod mejo kvantifikacije. Glavni vir predstavljajo izpusti iz zastarelih kurilnih naprav, za katere so značilni slabši proces izgorevanja in slab energetske izkoristek. Tudi promet je vir PAH.

V uvodu tega poročila smo napisali, da literatura navaja, da cementarne med drugim

izpuščajo težke kovine: talij, arzen, antimon, kadmij, krom, baker, mangan, svinec, cink, vanadij. V letu 2021 so bile v Desklah nekajkrat izmerjene povišane ravni teh onesnaževal. 13. junija 2021 so bile v Desklah močno povišane ravni svinca, antimona in bakra. 98 % izmerjenih ravni talija je bilo v letu 2021 pod mejo kvantizacije. So pa v januarju in februarju bile izmerjene dnevne ravni talija nekajkrat nad mejo kvantizacije. V istih dnevih so bile še povišane še ravni mangana, kobalta, bakra, cinka, arzena in stroncija. Ravni ionov ter elementarnega in organskega ogljika so v Desklah podobni oziroma nižji kot v Novi Gorici.

Tabela 10: Prikaz povprečne vrednosti in standardne deviacije, percentilne vrednosti (25 %, 50 % in 75 %) meritev onesnaževal v delcih PM₁₀ v letu 2021 na merilnih mestih Deskle in Nova Gorica.

Onesnaževalo	Se		Co		Tl		Cs		Ag		Ga		Mn		Mo	
	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica
Število vrednosti	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345
Povprečna letna vrednost [ng/m ³]	0,28	0,29	0,061	0,097	0,026	0,018	0,04	0,031	0,036	0,04	0,042	0,054	4,076	6,516	0,444	0,6
SD	0,096	0,082	0,071	0,072	0,05	0,014	0,074	0,025	0,008	0,178	0,078	0,07	3,82	3,817	0,274	0,32
Min	0,264	0,264	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,035	0,035	0,016	0,016	0,476	1,347	0,069	0,192
25 %	0,264	0,264	0,014	0,054	0,014	0,014	0,014	0,014	0,035	0,035	0,016	0,016	1,952	3,885	0,268	0,387
50 %	0,264	0,264	0,046	0,082	0,014	0,014	0,014	0,014	0,035	0,035	0,016	0,41	3,065	5,713	0,37	0,506
75 %	0,264	0,264	0,071	0,118	0,014	0,014	0,041	0,043	0,035	0,035	0,043	0,059	4,833	8,114	0,544	0,71
Najvišja vrednost [ng/m ³]	1,244	0,743	0,581	0,551	0,554	0,199	1,047	0,178	0,124	0,166	0,712	0,624	29,58	30,237	1,781	2,181
Termin izmerjene najvišje vrednosti	22.11.	6.7	24.02.	24.06	22.01.	18.2	3.03.	18.02	21.12.	27.1	24.02.	24.06	29.01.	5.02	19.2	25.9
Število vrednosti = minimalna vrednost	346	323	92	8	283	291	210	183	359	317	222	115	1	1	3	1
% podatkov z minimalno vrednostjo	95 %	94 %	25 %	2 %	78 %	84 %	58 %	53 %	99 %	92 %	61 %	33 %	0,30 %	0,30 %	0,80 %	0,30 %

Tabela 11: Prikaz povprečne vrednosti in standardne deviacije, percentilne vrednosti (25 %, 50 % in 75 %) meritev onesnaževal v delcih PM₁₀ v letu 2021 na merilnih mestih Deskle in Nova Gorica.

Onesnaževalo	Cr		Zn		Cu		V		Al		Sr		As		Cd	
	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica
Število vrednosti	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345
Povprečna letna vrednost [ng/m ³]	2,237	3,667	11,384	21,184	2,442	7,517	0,422	0,539	111,353	129,929	0,827	1,059	0,192	0,242	0,087	0,12
SD	1,48	3,01	8,461	16,019	6,677	3,701	0,534	0,557	275,086	246,07	1,066	1,107	0,168	0,16	0,104	0,113
Min	1,042	1,04	3,472	3,472	0,347	1,268	0,0406	0,057	5,556	5,556	0,069	0,143	0,069	0,07	0,016	0,016
25 %	1,042	2,7	3,472	10,8	1,108	4,984	0,136	0,216	25,02	39,045	0,383	0,517	0,069	0,07	0,037	0,042
50 %	2,214	3,36	9,574	16,085	1,774	6,673	0,255	0,365	42,999	64,493	0,54	0,791	0,151	0,213	0,065	0,083
75 %	2,757	4,27	14,100	7,662	2,547	9,596	0,462	0,638	88,357	123,775	0,845	1,126	0,271	0,342	0,107	0,164
Najvišja vrednost [ng/m ³]	14,392	54,68	56,658	155,985	125,996	20,998	4,488	4,61	2424,279	2173,919	8,889	9,478	1,263	0,984	1,244	0,809
Termin izmerjene najvišje vrednosti	3.2	25.9	3.2	16.12	13.6	13.12	24.6	24.6	26.2	24.6	26.2	24.6	19.2	29.10	17.2	5.2
Število vrednosti = minimalna vrednost	147	18	98	28	16	1	1	1	13	4	2	1	170	94	66	49
% podatkov z minimalno vrednostjo	40 %	5 %	27 %	8 %	4 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	4 %	1,16 %	0,5 %	0,3 %	47 %	27 %	18 %	14 %

Tabela 12: Prikaz povprečne vrednosti in standardne deviacije, percentilne vrednosti (25 %, 50 % in 75 %) meritev onesnaževal v delcih PM₁₀ v letu 2021 na merilnih mestih Deskle in Nova Gorica.

Onesnaževalo	Fe		Ni		Pb		Sb		Ba		Rb	
	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica
Stevilo vrednosti	364	345	364	345	364	364	345	345	364	345	364	345
Povprečna letna vrednost [ng/m ³]	127,690	316,76	0,719	0,9	2,573	0,919	1,026	1,235	2,225	7,509	0,919	1,026
SD	158,753	186,62	0,503	0,673	4,554	0,874	0,995	1,079	2,067	4,09	0,874	0,995
Min	15,561	63,59	0,347	0,347	0,235	0,074	0,074	0,328	1,597	1,597	0,074	0,074
25 %	57,768	198,66	0,347	0,347	1,092	0,318	0,310	0,742	1,597	4,909	0,318	0,310
50 %	85,392	271,71	0,347	0,849	1,648	0,619	0,65	1,045	1,597	6,659	0,619	0,65
75 %	139,961	387,51	0,979	1,177	2,780	1,185	1,478	1,498	1,597	9,372	1,185	1,478
Najvišja vrednost [ng/m ³]	1365,053	1509,174	3,337	8,79	60,233	5,856	6,942	16,330	19,723	34,901	5,856	6,942
Termin izmerjene najvišje vrednosti	26.2	24.6	5.2	25.9	13.6	21.1	20.1	11.7	21.06	28.11	21.1	20.1
Stevilo vrednosti = minimalna vrednost	1	1	191	115	1	1	1	1	308	22	1	1
% podatkov z minimalno vrednostjo	0,3 %	0,3 %	52 %	33 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	85 %	6 %	0,3 %	0,3 %

Tabela 13: Prikaz povprečne vrednosti in standardne deviacije, percentilne vrednosti (25 %, 50 % in 75 %) meritev onesnaževal v delcih PM₁₀ v letu 2021 na merilnih mestih Deskle in Nova Gorica.

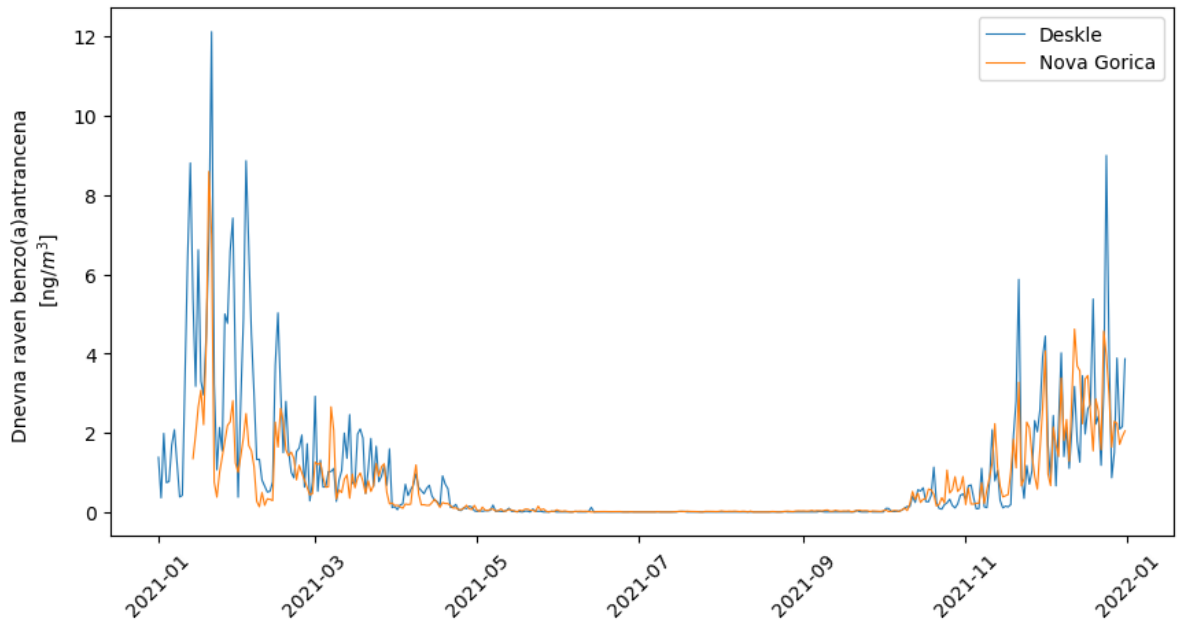
Onesnaževalo	Benzo(a)antracen		benzo fluoranteni		benzo(a)piren		Indeno(1,2,3-cd)piren		Dibenzo(ah)antracen	
	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica
Število vrednosti	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345
Povprečna letna vrednost [ng/m ³]	0,94	0,67	2,546	2,07	1,287	1,03	1,042	0,833	0,153	0,125
SD	1,657	1,09	3,712	2,93	2,211	1,62	1,519	1,154	0,214	0,166
Min	0,007	0,007	0,014	0,028	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
25 %	0,007	0,023	0,077	0,11	0,007	0,028	0,03	0,04	0,007	0,007
50 %	0,145	0,16	0,842	0,65	0,294	0,228	0,408	0,289	0,061	0,043
75 %	1,106	0,90	3,713	3,32	1,731	1,484	1,55	1,353	0,221	0,197
Najvišja vrednost [ng/m ³]	12,119	8,59	25,647	19,97	17,094	11,95	11,195	7,795	1,538	1,019
Termin izmerjene najvišje vrednosti	21.1	20.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1
Število vrednosti = minimalna vrednost	117	36	1	1	95	48	50	16	123	114
% podatkov z minimalno vrednostjo	32 %	10 %	0,3 %	0,3 %	25 %	14 %	14 %	5 %	34 %	33 %

Tabela 14: Prikaz povprečne vrednosti in standardne deviacije, percentilne vrednosti (25 %, 50 % in 75 %) meritev onesnaževal v delcih PM₁₀ v letu 2021 na merilnih mestih Deskle in Nova Gorica.

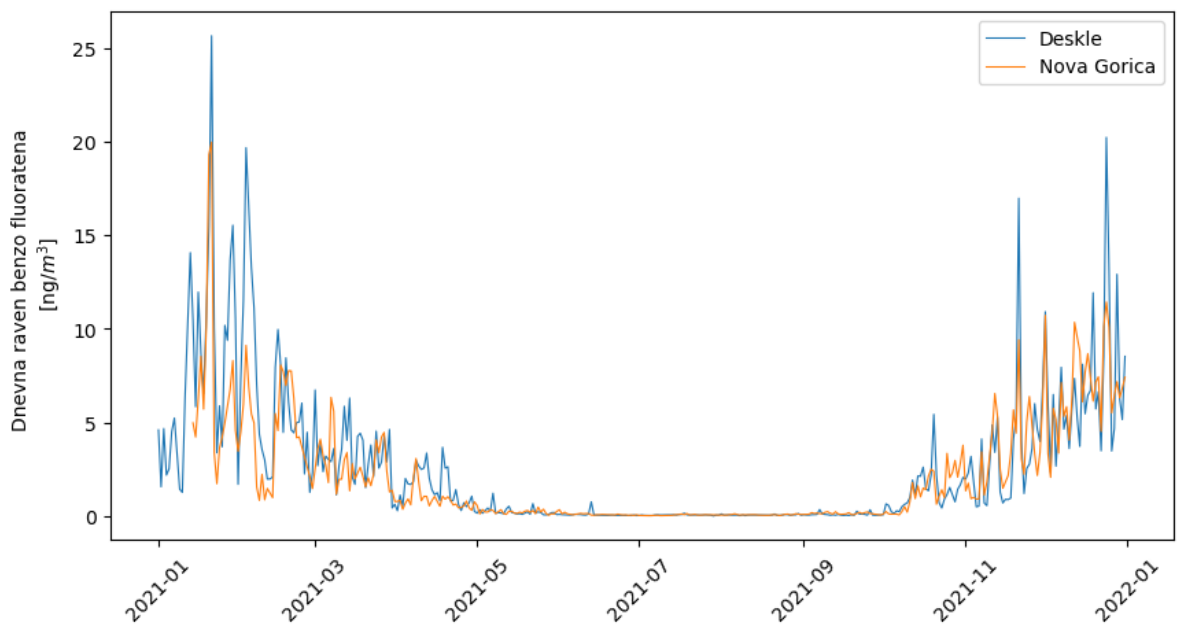
Onesnaževalo	Ca		Cl		K		Mg		Na		NH ₄ ⁺	
	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica
Število vrednosti	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345	364	345
Povprečna letna vrednost [ng/m ³]	0,297	0,431	0,063	0,179	0,271	0,316	0,028	0,041	0,122	0,226	0,573	0,758
SD	0,263	0,323	0,087	0,318	0,277	0,332	0,02	0,026	0,107	0,229	0,769	1,097
Min	0,024	0,024	0,011	0,011	0,034	0,017	0,001	0,001	0,012	0,009	0,009	0,033
25 %	0,153	0,200	0,011	0,011	0,096	0,09	0,013	0,021	0,051	0,073	0,182	0,24
50 %	0,218	0,365	0,029	0,051	0,164	0,178	0,023	0,034	0,087	0,158	0,328	0,402
75 %	0,354	0,554	0,076	0,2	0,343	0,41	0,039	0,056	0,161	0,303	0,618	0,690
Najvišja vrednost [ng/m ³]	1,99	2,345	0,586	3,016	2,011	2,311	0,119	0,154	0,649	1,857	5,93	8,558
Termin izmerjene najvišje vrednosti	20.1	24.6	23.1	21.12	21.1	20.1	26.6	2.5	14.7	21.12	20.2	20.2
Število vrednosti = minimalna vrednost	2	1	161	102	1	1	7	1	1	1	1	1
% podatkov z minimalno vrednostjo	0,5 %	0,3 %	44 %	30 %	0,3 %	0,3 %	1,9 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %

Tabela 15: Prikaz povprečne vrednosti in standardne deviacije, percentilne vrednosti (25 %, 50 % in 75 %) meritev onesnaževal v delcih PM₁₀ v letu 2021 na merilnih mestih Deskle in Nova Gorica.

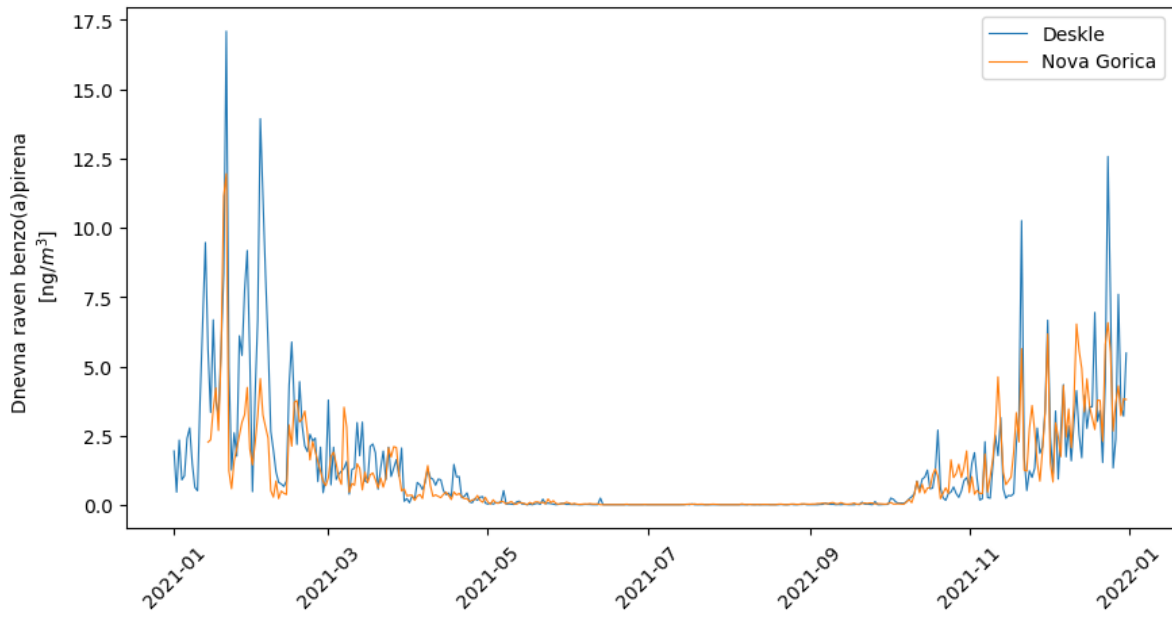
Onesnaževalo	NO ₃ ⁻		SO ₄ ⁻		C el.		C org.		Levoglukozan	
	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica	Deskle	Nova Gorica
Lokacija										
Število vrednosti	364	354	364	345	364	344	364	364	344	345
Povprečna letna vrednost [ng/m ³]	1,214	1,896	1,363	1,517	0,606	1,07	4,164	0,606	1,07	0,352
SD	2,196	3,167	1,062	1,046	0,561	0,7	2,689	0,561	0,7	0,544
Min	0,019	0,062	0,181	0,1	0,022	0,165	1,214	0,022	0,165	0,014
25 %	0,212	0,377	0,677	0,857	0,211	0,571	2,607	0,211	0,571	0,014
50 %	0,472	0,888	1,088	1,269	0,396	0,815	3,436	0,396	0,815	0,129
75 %	0,059	1,609	1,743	1,935	0,814	1,418	4,71	0,814	1,418	0,188
Najvišja vrednost [ng/m ³]	16,475	24,266	9,731	9,18	4,685	4,651	24,24	4,685	4,651	4,683
Termin izmerjene najvišje vrednosti	20.2	20.2	29.10	29.10	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	20.1
Število vrednosti = minimalna vrednost	3	1	1	1	1	1	1	1	1	98
% podatkov z minimalno vrednostjo	0,8 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	24 %



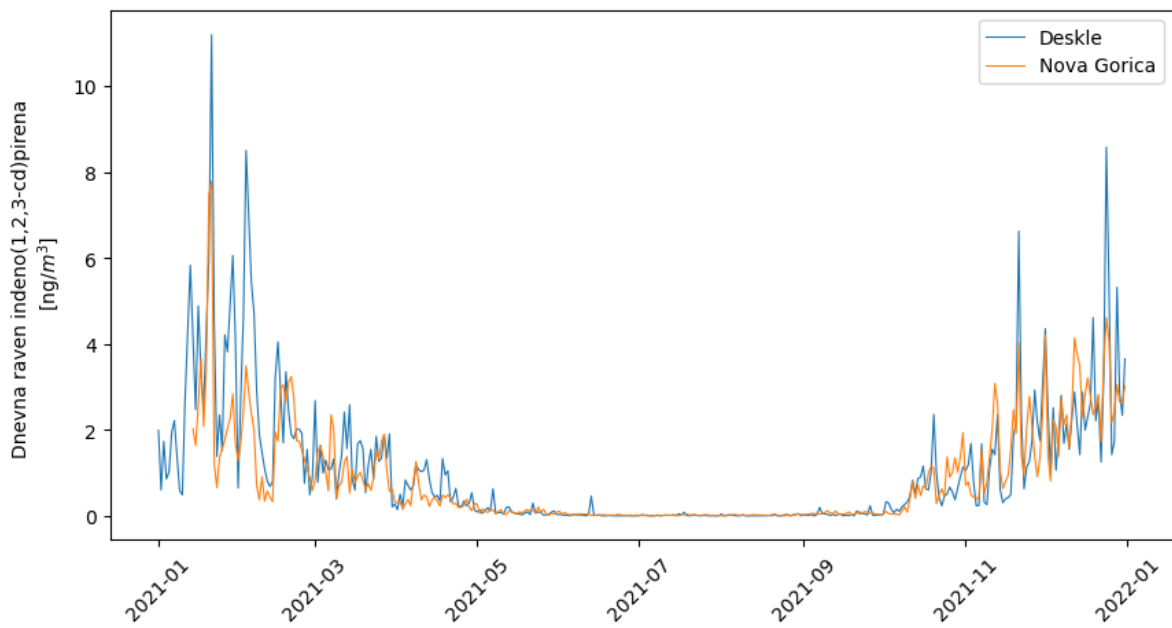
Slika 32



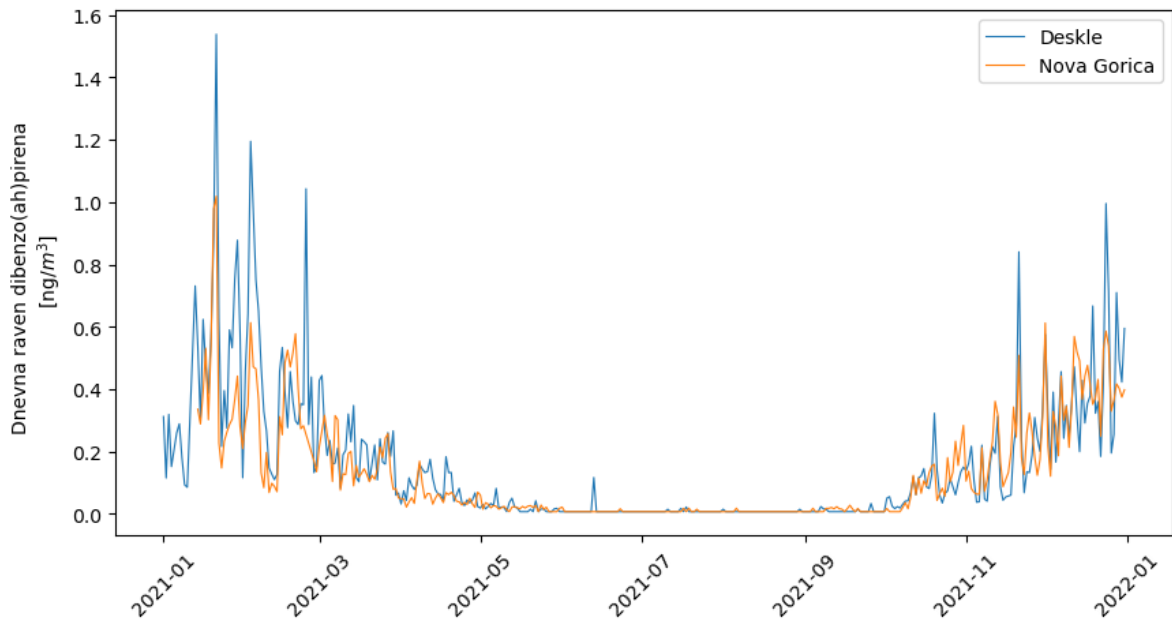
Slika 33



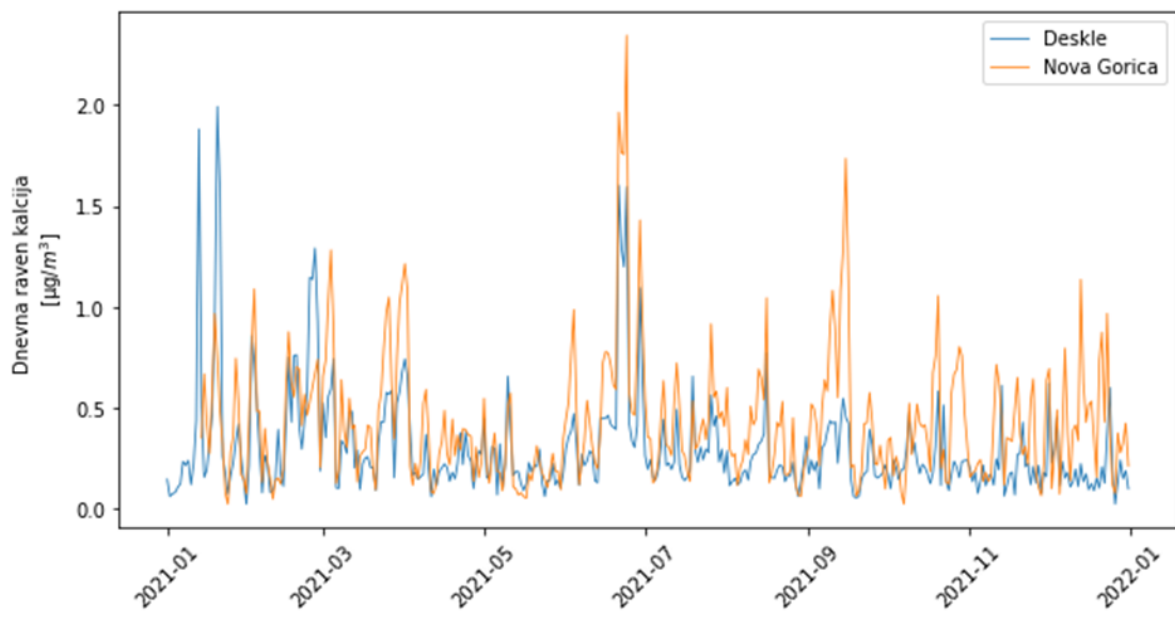
Slika 34



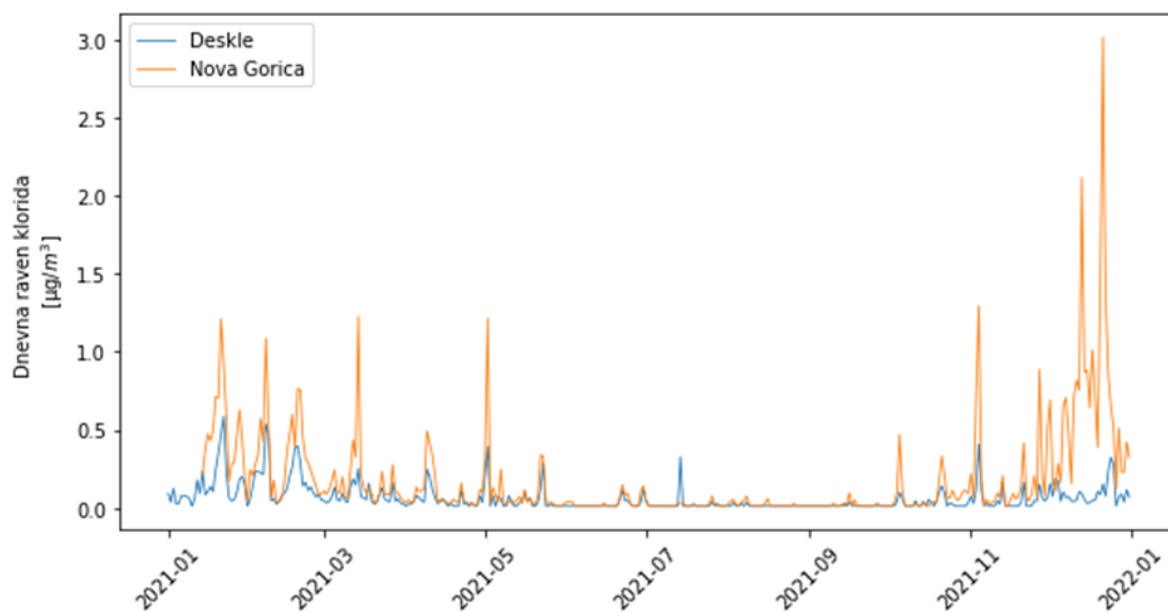
Slika 35



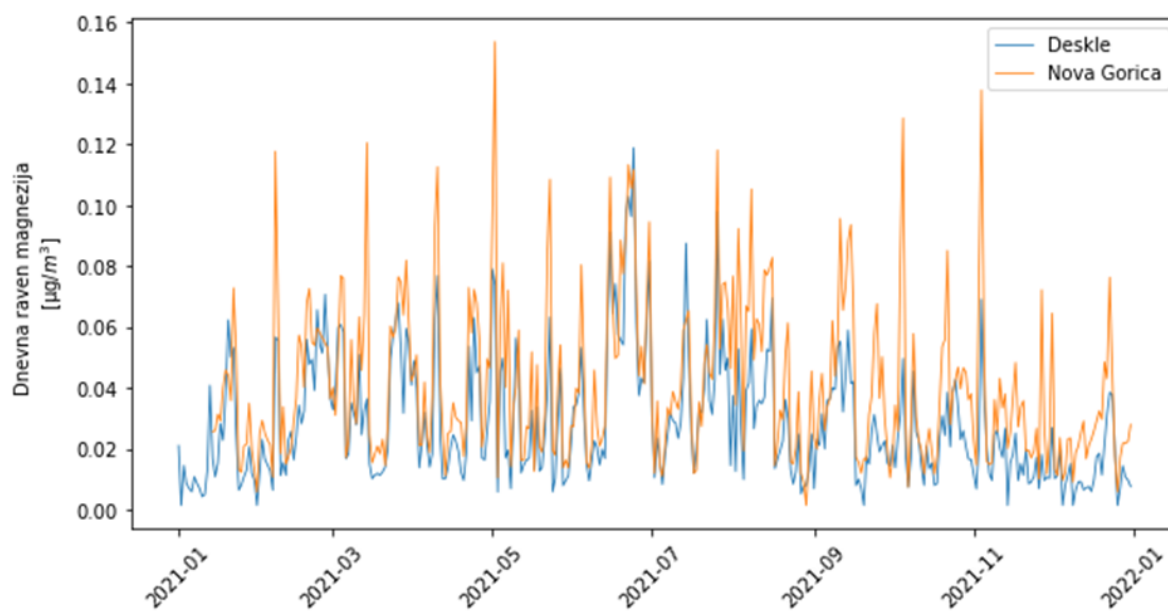
Slika 36



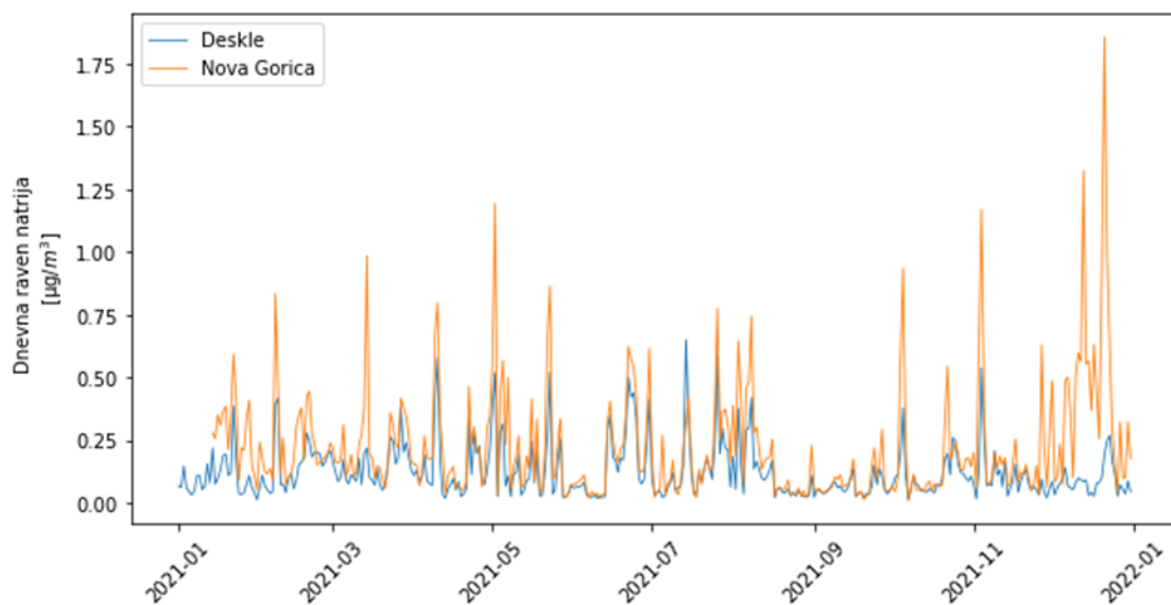
Slika 37



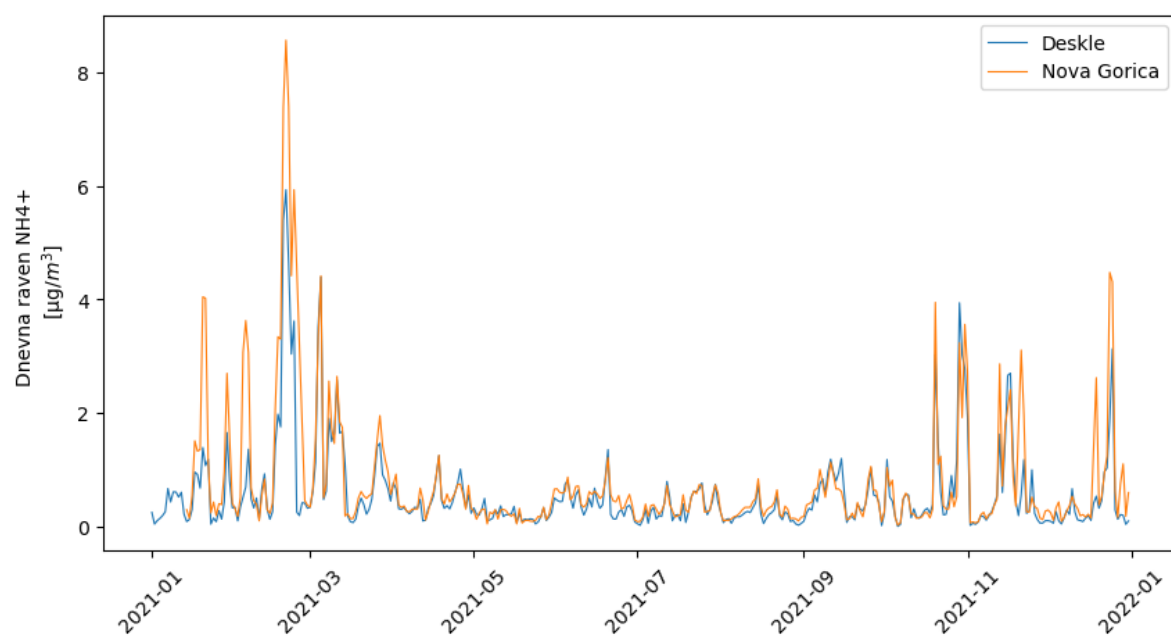
Slika 38



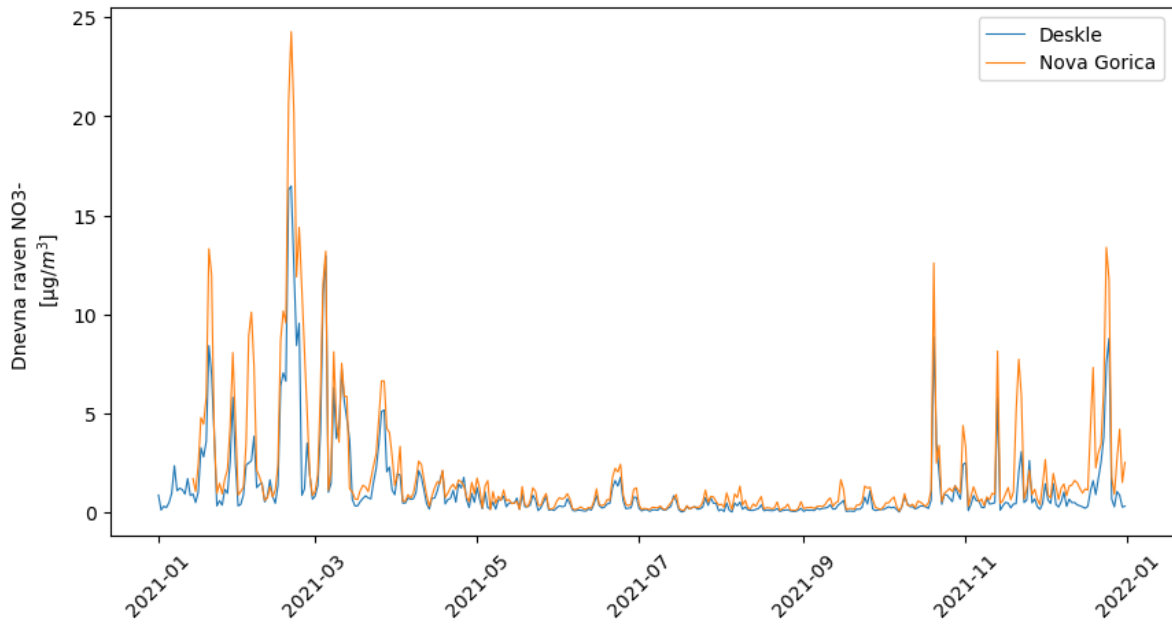
Slika 39



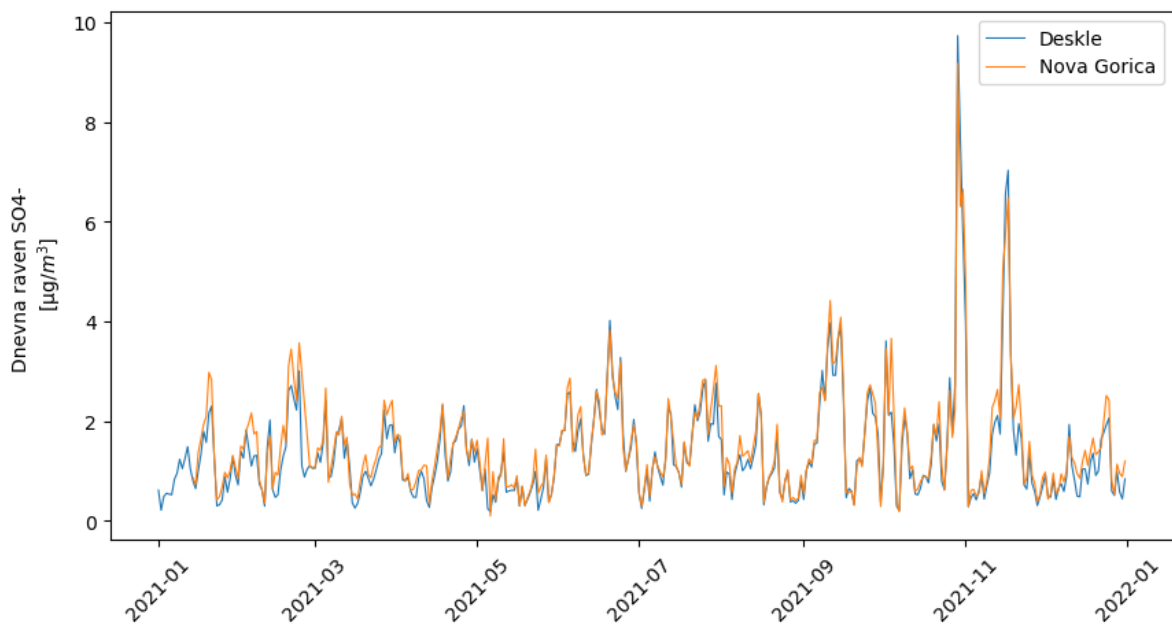
Slika 40



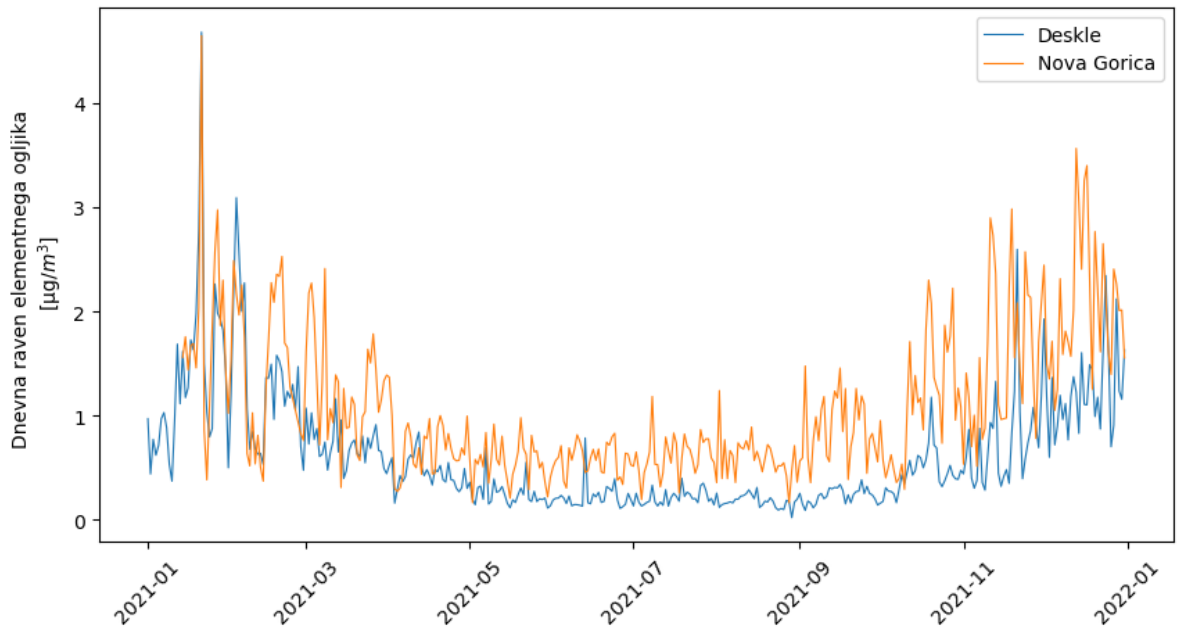
Slika 41



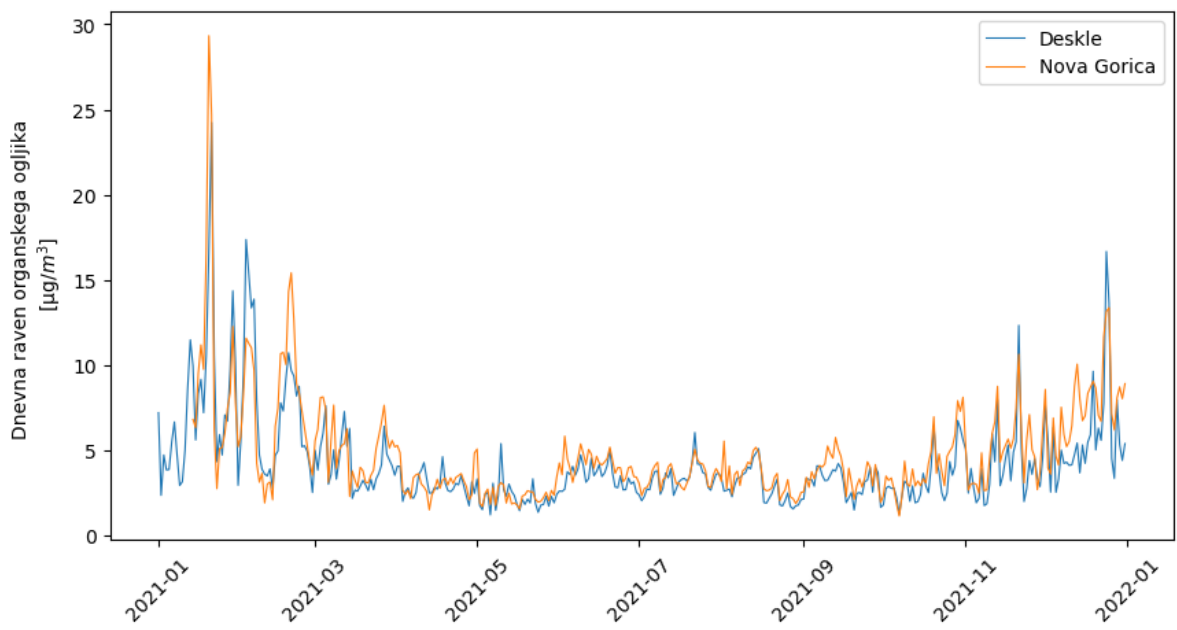
Slika 42



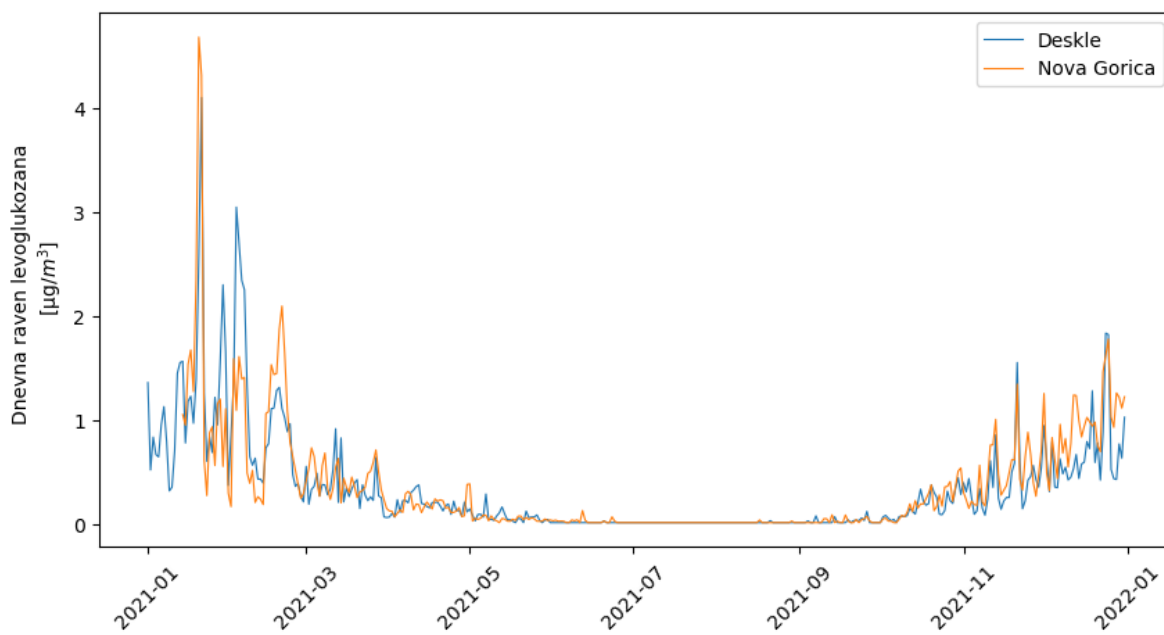
Slika 43



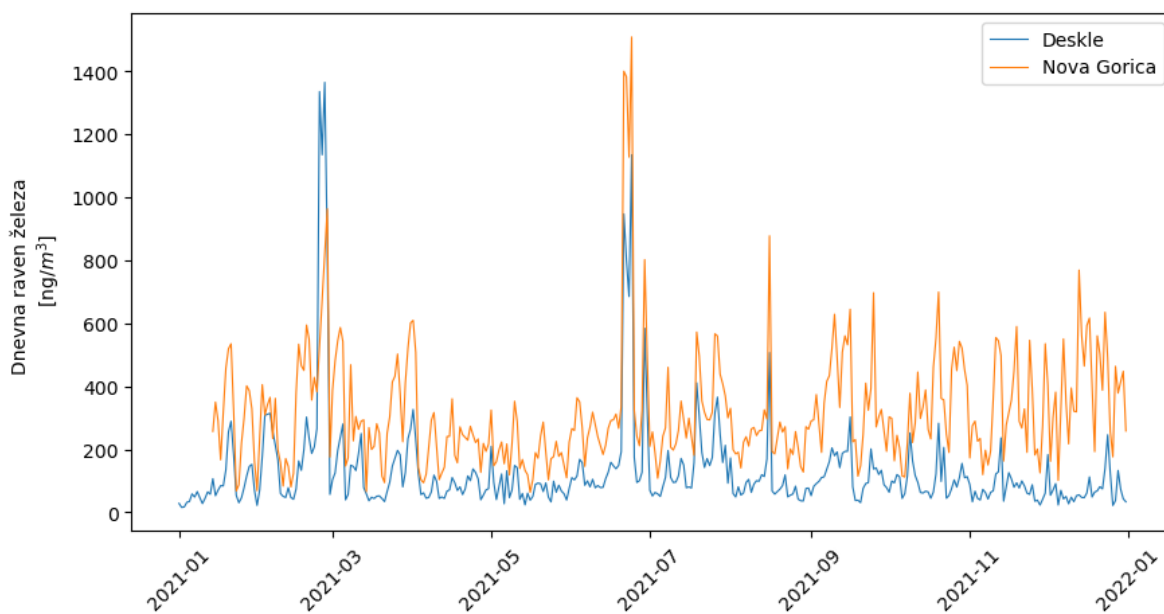
Slika 44



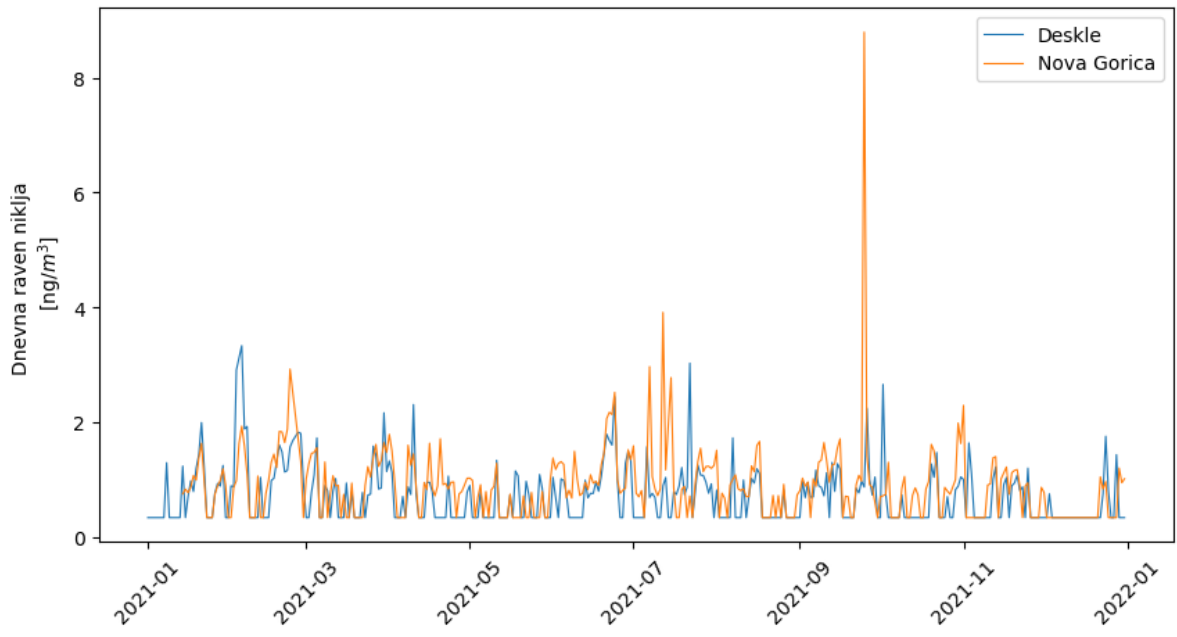
Slika 45



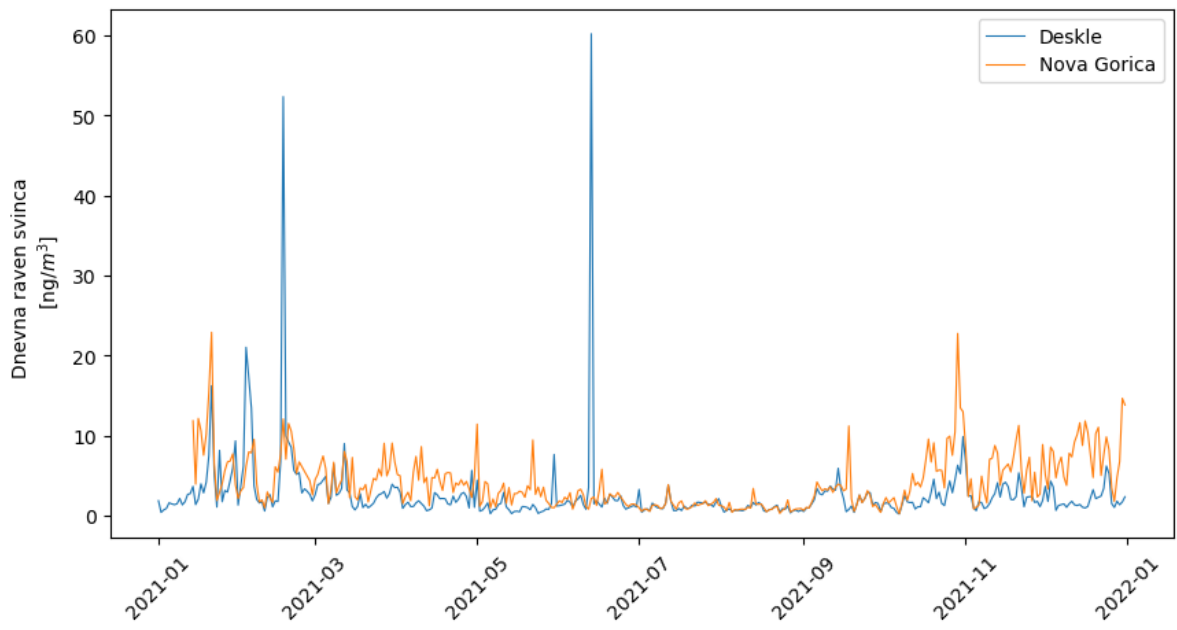
Slika 46



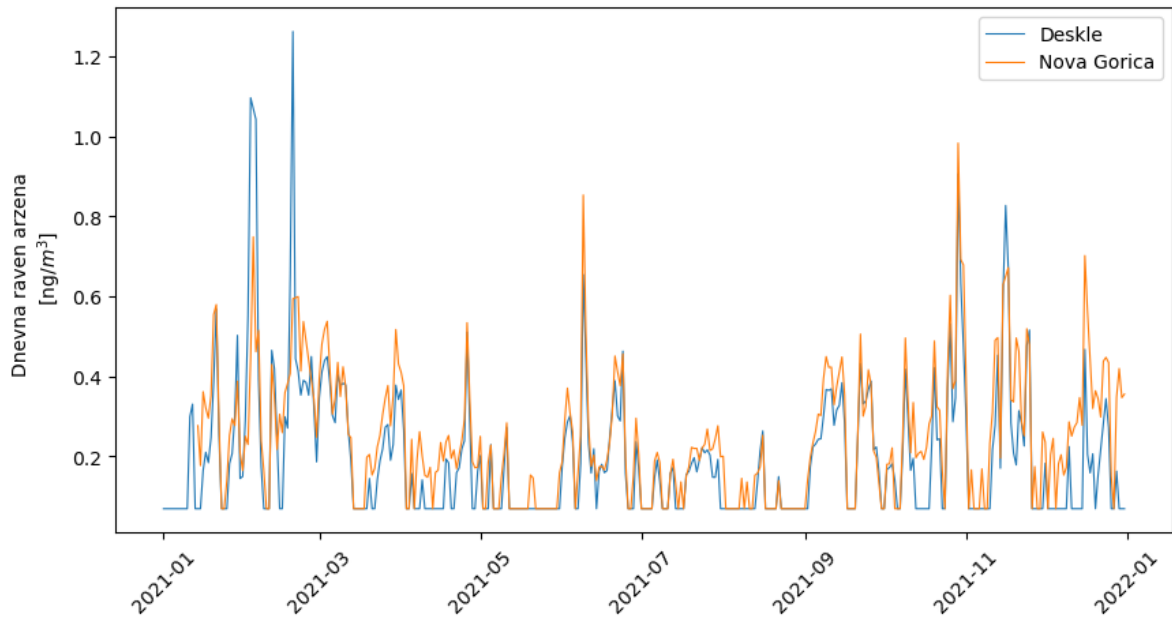
Slika 47



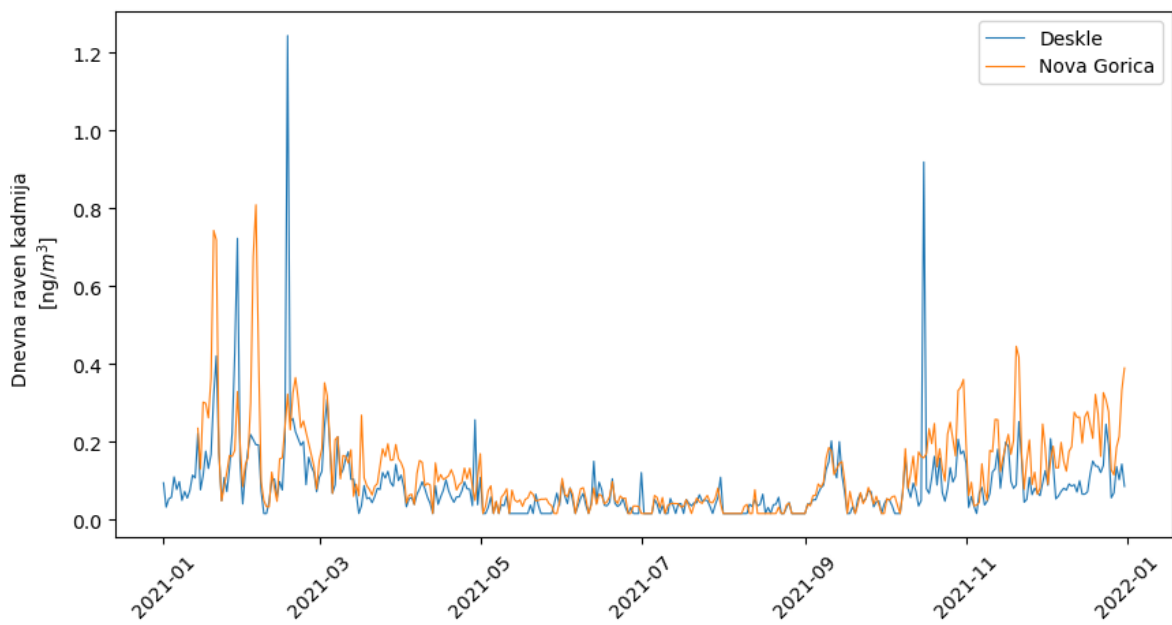
Slika 48



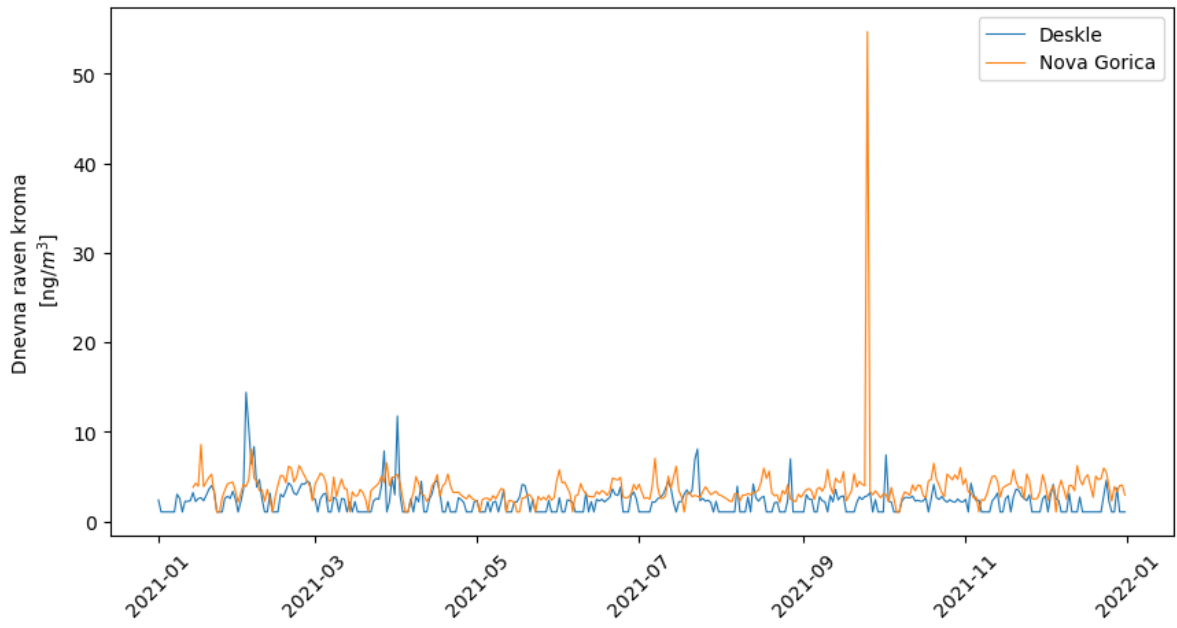
Slika 49



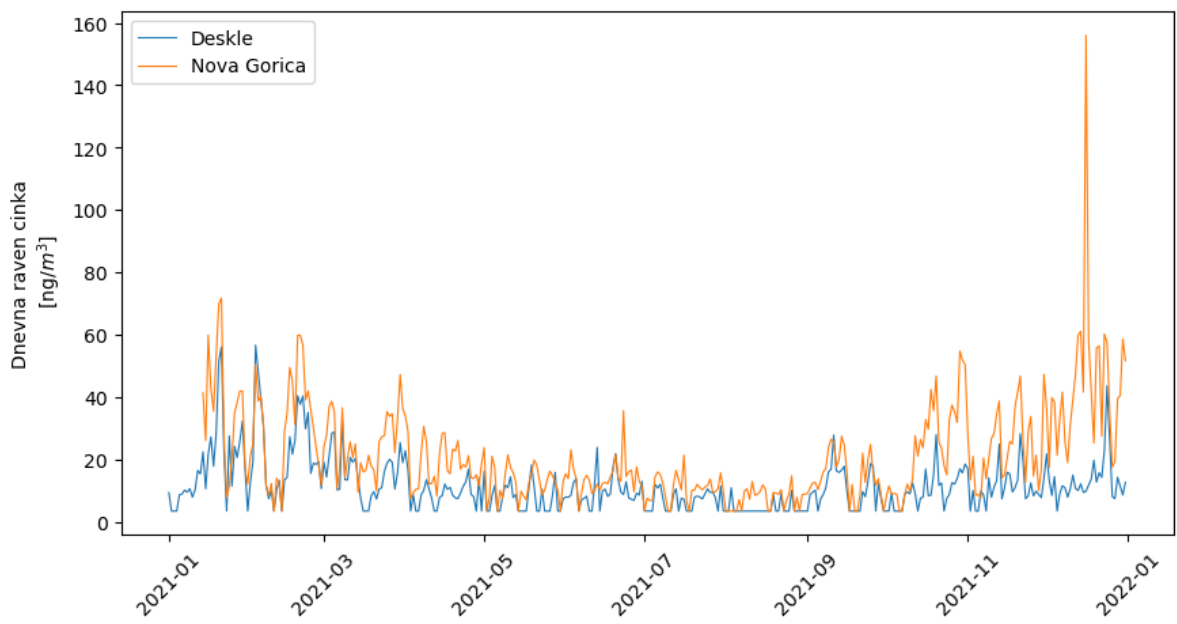
Slika 50



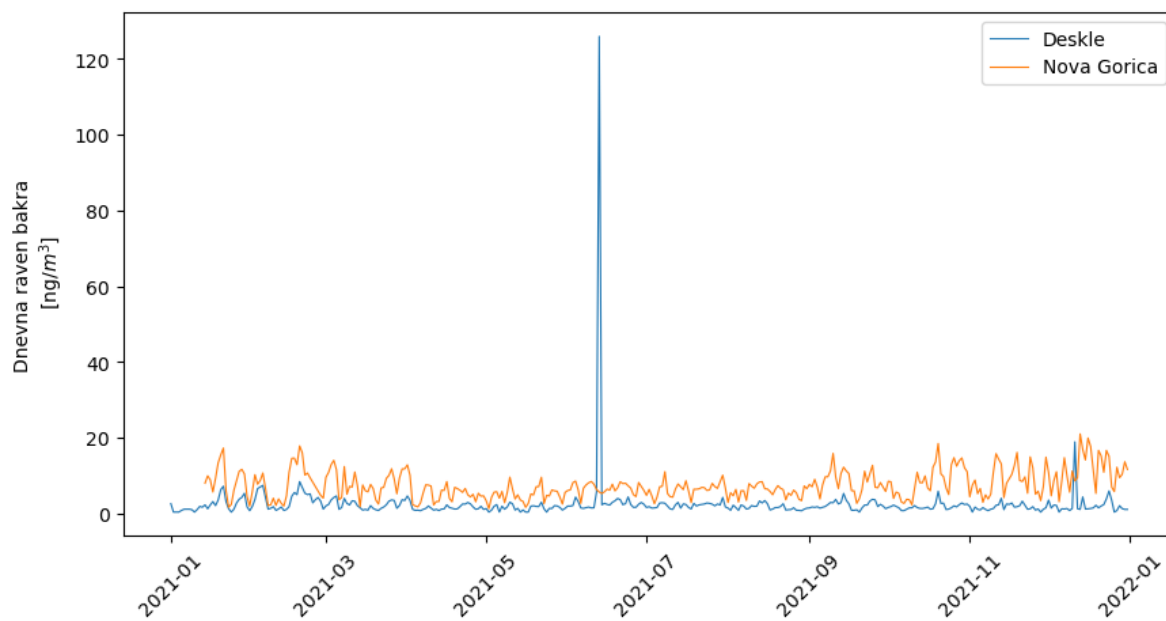
Slika 51



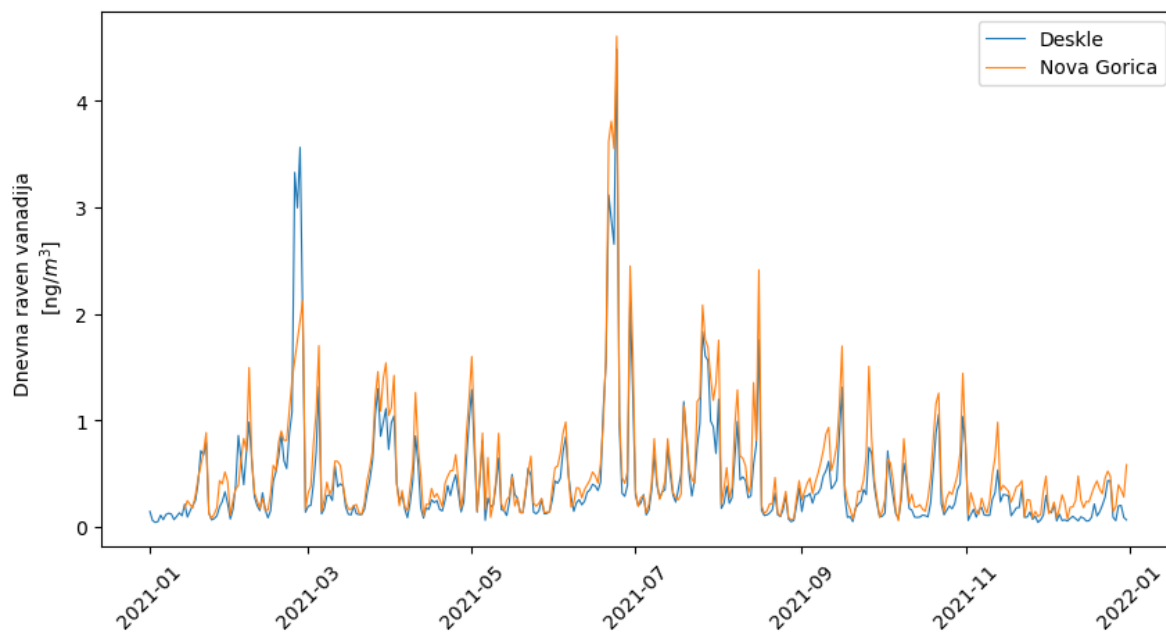
Slika 52



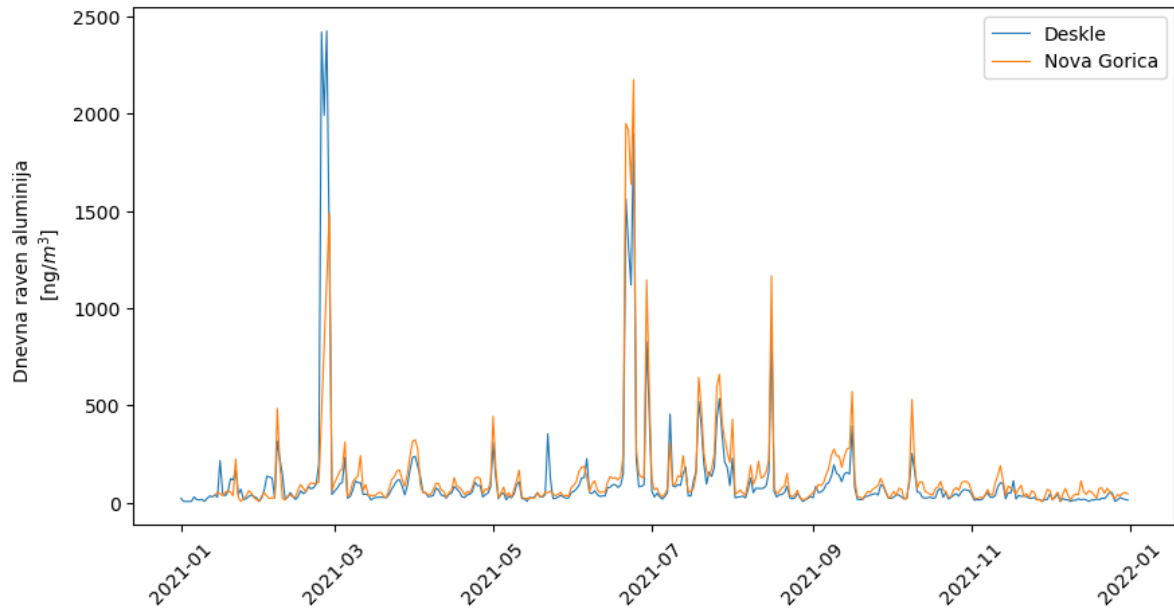
Slika 53



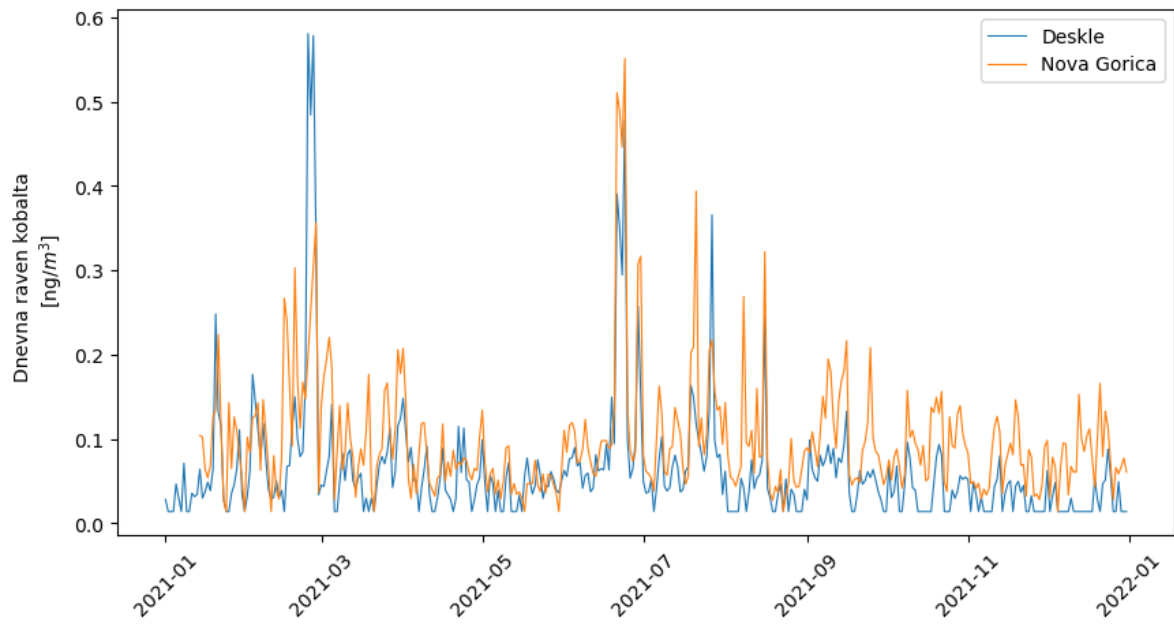
Slika 54



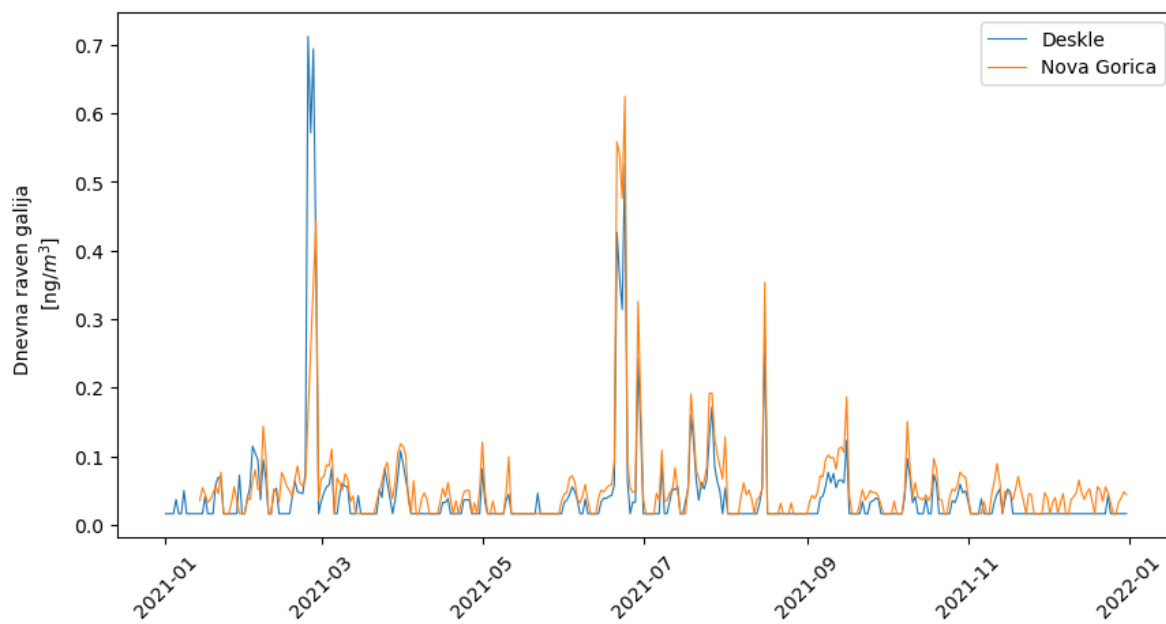
Slika 55



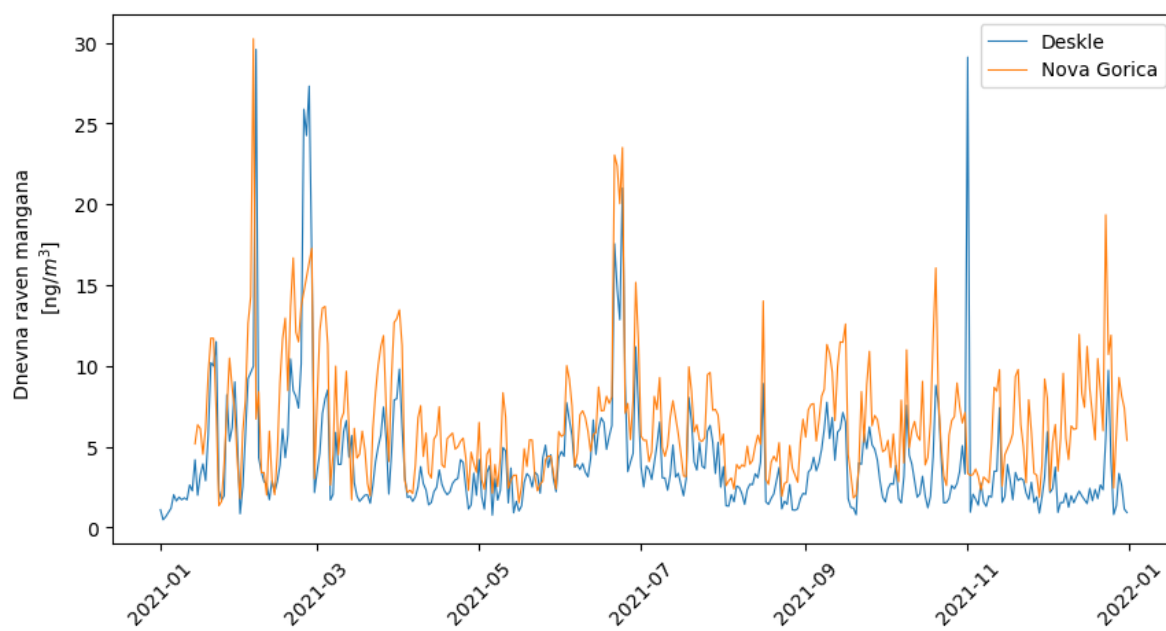
Slika 56



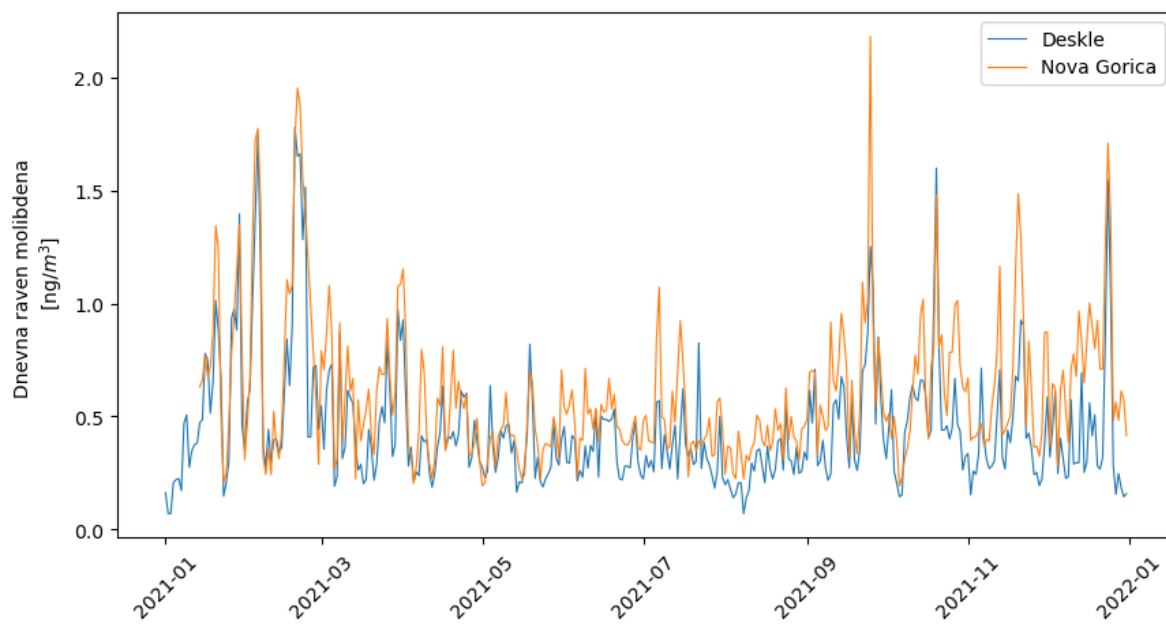
Slika 57



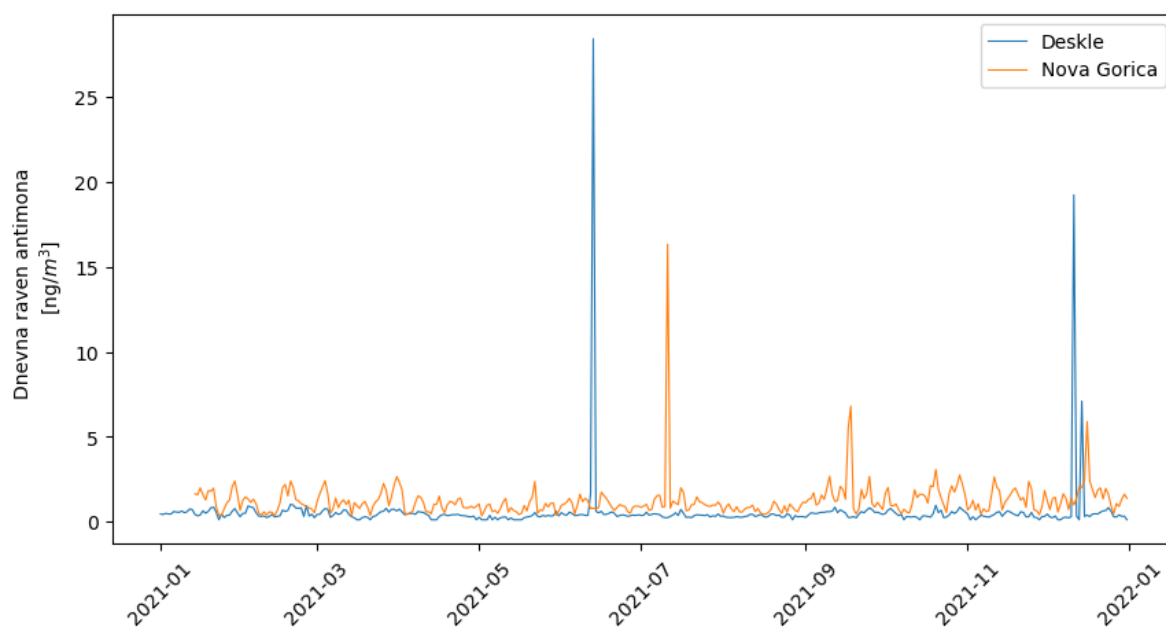
Slika 58



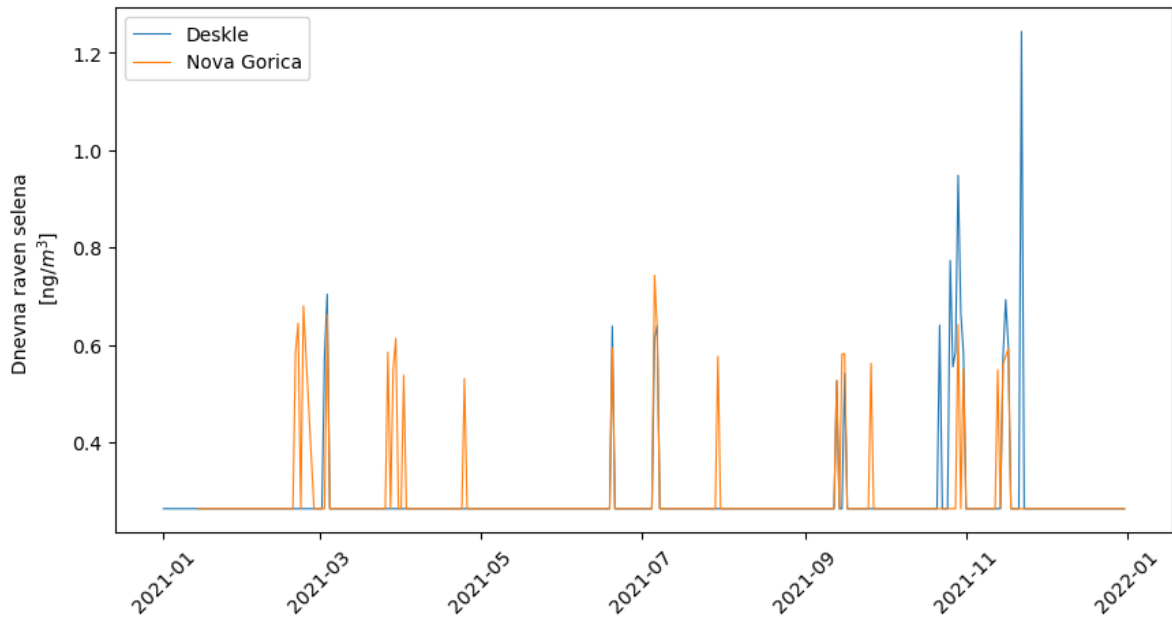
Slika 59



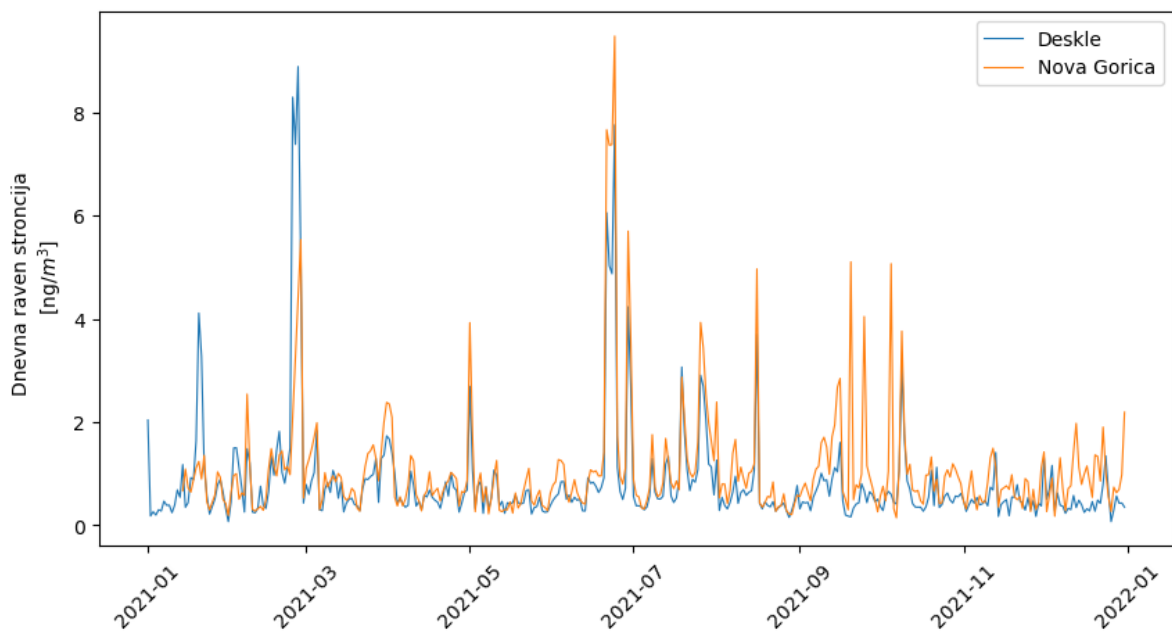
Slika 60



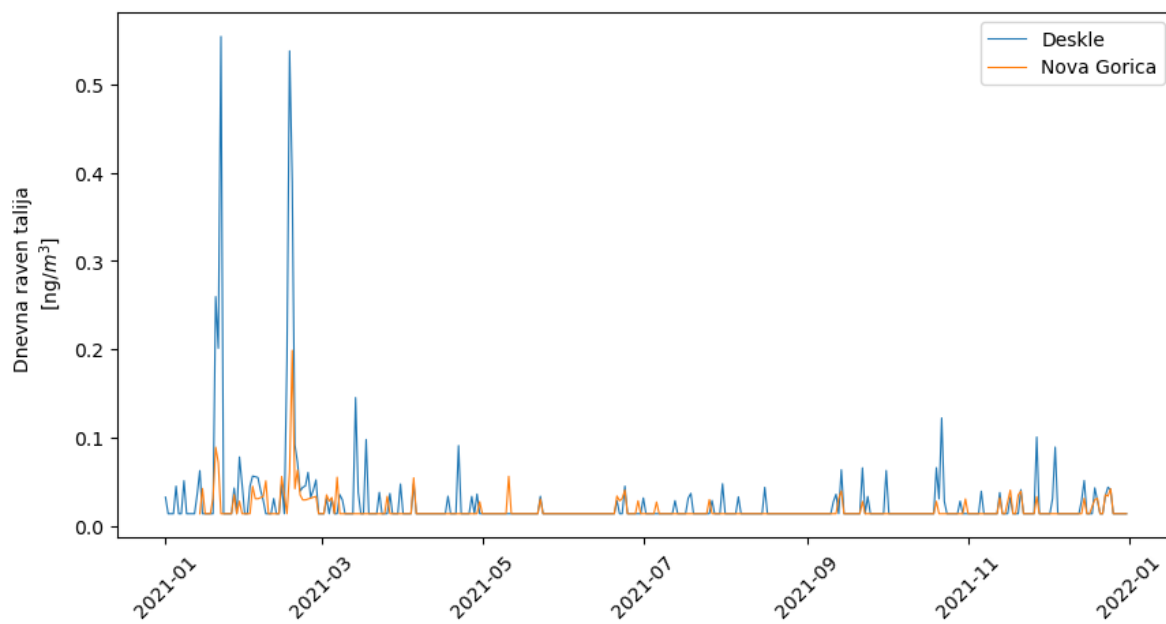
Slika 61



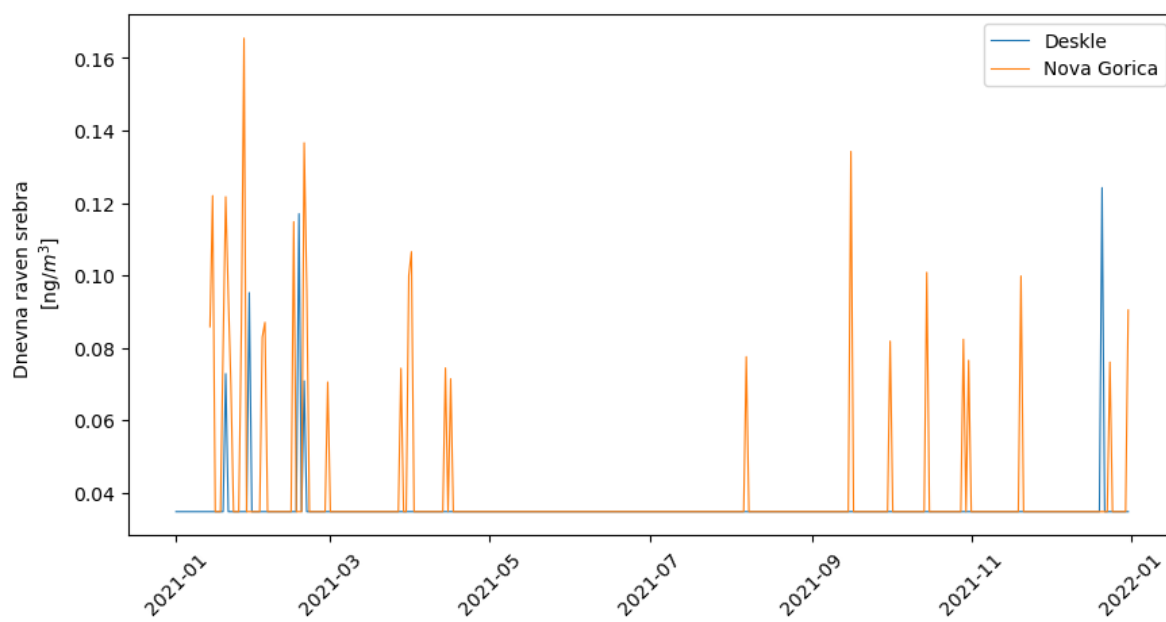
Slika 62



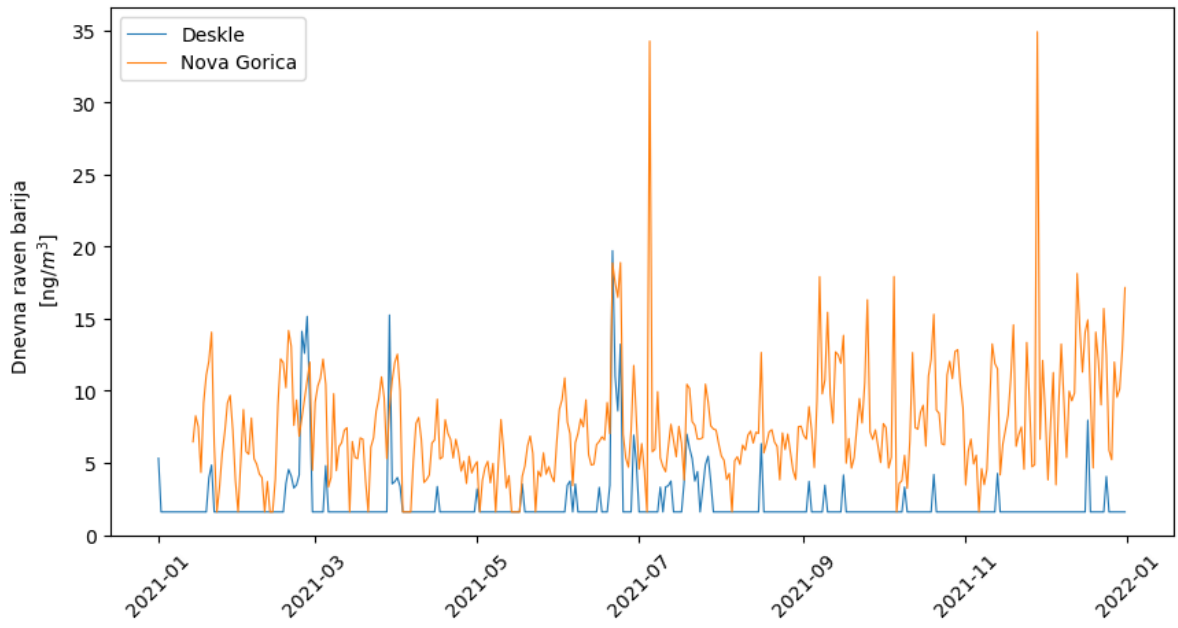
Slika 63



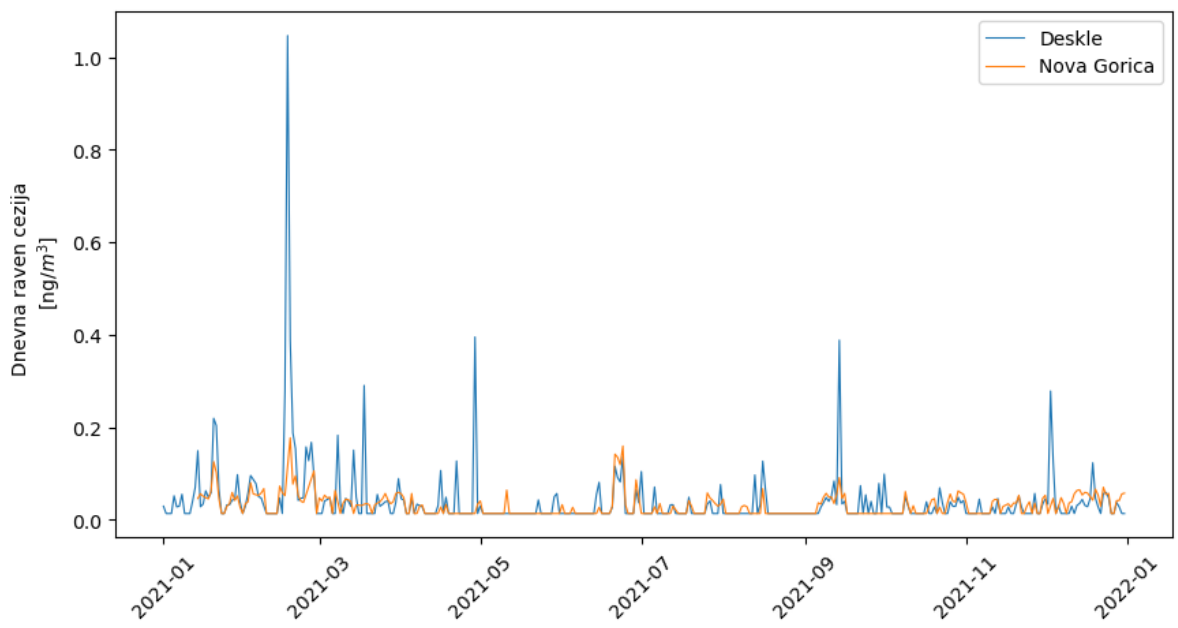
Slika 64



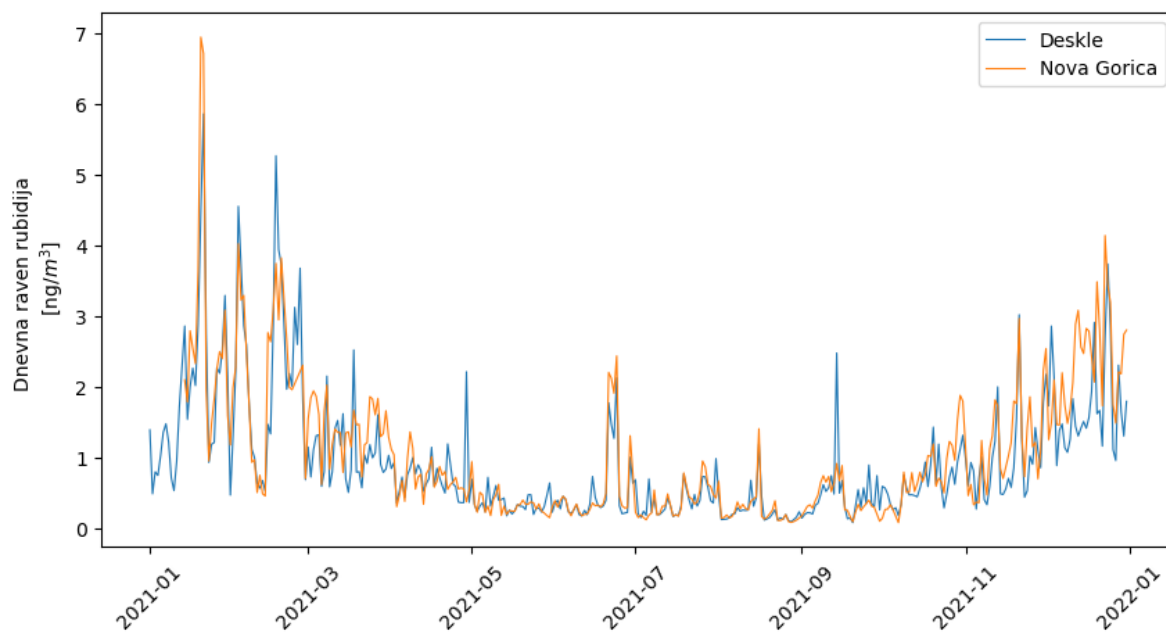
Slika 65



Slika 66



Slika 67



Slika 68

Slika 32 – slika 68: Povprečne dnevne ravni posameznih onesnaževal navedenih v tabelah 10-15 v letu 2021 na merilnih mestih Deskle in Nova Gorica.

4 Analiza virov delcev PM₁₀

Rezultate kemijske analize smo vnesli v receptorski model PMF (Positive Matrix Factorization), ki določi skupno odvisnost od značilnih indikatorjev (angl. tracers) za posamezen vir. PMF je receptorski model, ki se lahko uporablja za določitev in kvantifikacijo prispevkov posameznih virov delcev PM v zunanjem zraku. Na ta način določamo tipe virov, ki prispevajo k izmerjenim ravnam PM₁₀. Onesnaževala pri katerih je bilo v enem letu več kot polovico rezultatov nižjih od meje kvantizacije LOQ nismo vključili v PMF model.

Statistični model posameznemu viru pripiše najbolj zastopane indikatorje. V tabeli 16 je iz različne strokovne literature in člankov (European guide on air pollution source apportionment with receptor models JRC technical reports 2019, Morawska and Zang 2001, Sternbeck et al. 2002, Perekh et al. 1987, Ojanen et al. 1998, Maenhaut et al. 1989, Harrison et al. 2003 in Simoneit et al. 1999) povzeto, kateri indikatorji so značilni za posamezen vir onesnaženja.

Tabela 16: Značilni indikatorji za posamezen vir onesnaženja.

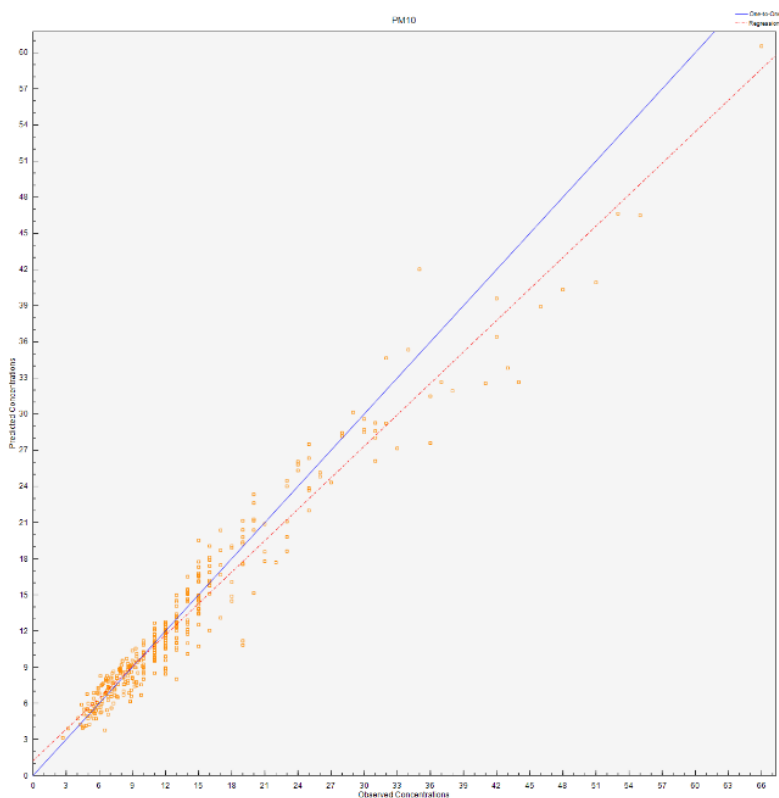
Vir onesnaženja	Značilni elementi
CESTNI PROMET:	
Izpušni plini	Br, Pb, Ba, EC, Mn, Cl, Zn, V, Ni, Se, Sb, As, PAH
Obraba pnevmatik	Zn
Obraba zavor	Cu, Zn, Pb
Prah na cestah zaradi prometa	EC, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, Zn
INDUSTRIJA:	
Industrija železa in jekla	Pb
Rafinerija	V
Cementarna	Mg, Al, K, Tl, Mn, Fe
INDIVIDUALNA KURIŠČA:	
Les	Levoglukozan, PAH, EC, Ca, Na, K, Fe, Br, Cl, Cu
Premog	Se, As, OC, EC, Cr, Co, Cu, Al, S, P, Ga
Kurilno olje	EC, V, Ni
AEROSOLI IZ MORJA:	Na, Cl, S, K
RESUSPENZIJA:	Si, V, Cr, Ca, Ti, Sr, Al, Mn, Sc
MINERALNI PRAH:	Si, Al, Ca, Mg
SEKUNDARNI DELCI:	
Kmetijstvo	NH ₃
Premog, livarne	SO ₂
Izgorevanje	NO _x

4.1 Deskle

Sliki 69 in 70 prikazujeta ujemanje ravni delcev PM₁₀ pridobljenih z meritvami in izračunanimi s statističnim modelom PMF. Ujemanje je 94 %, kar je zelo dobro, zato lahko trdimo da so izračunani viri delcev PM₁₀, pridobljeni s tem statističnim pristopom, verodostojni.

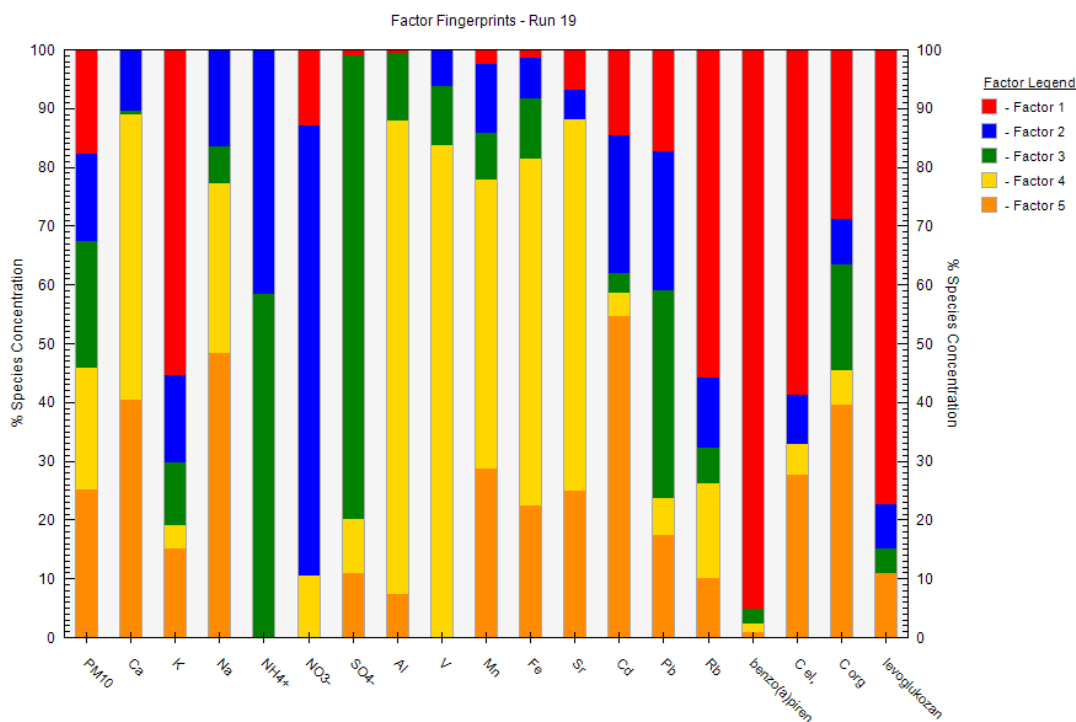


Slika 69: Ujemanje izmerjenih (Observed Concentration-modra črta) dnevni ravni delcev PM₁₀ na merilnem mestu Deskle z izračunanimi (Predicted Concentration-rdeča črta) s statističnim modelom PMF.

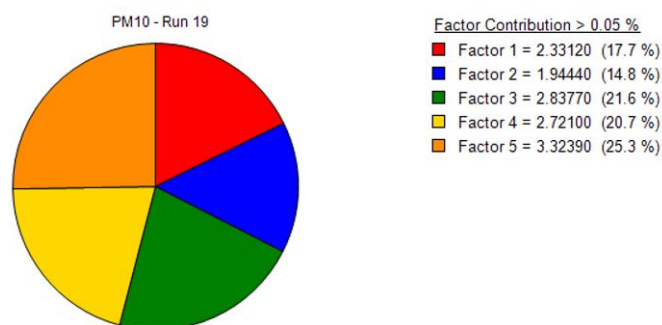


Slika 70: Ujemanje izmerjenih (Observed Concentration-modra črta) dnevni ravni delcev PM₁₀ na merilnem mestu Deskle z izračunanimi (Predicted Concentration-rdeča črta) s statističnim modelom PMF, $r^2 = 0,94$.

Sliki 71 in 72 prikazujeta zastopanost posameznega indikatorja v odstotkih v določenem viru (faktor). Vsak vir je označen s svojo barvo. Porazdelitev posameznega vira v celotni ravni delcev PM₁₀ v času merjenja v Desklah je prikazana na sliki 71.



Slika 71: Zastopanost posameznega parametra v odstotkih v določenem viru (Factor) v Desklah.

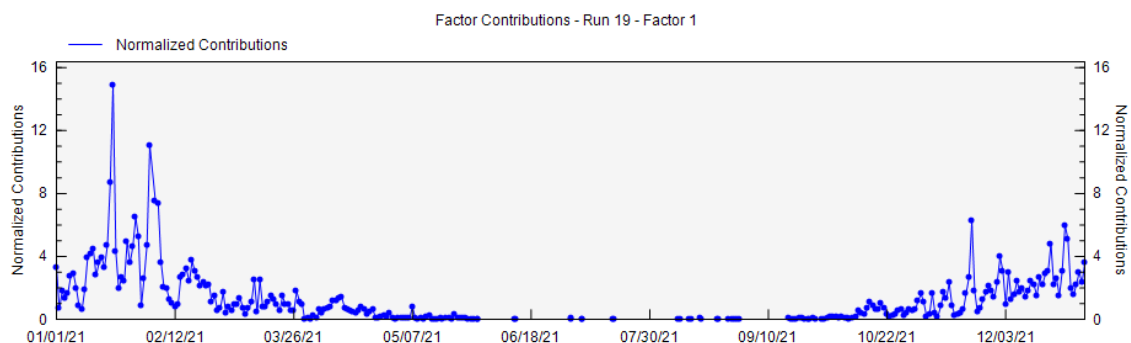


	Vir emisij	Delež
1	Kurjenje lesa	17,7 %
2	Anorganski sekundarni delci-nitrat	14,8 %
3	Anorganski sekundarni delci-sulfat	21,6 %
4	<u>Resuspenzija</u>	20,7 %
5	Promet	25,3 %

Slika 72: Porazdelitev posameznih virov (Factor) v odstotkih za PM₁₀ v Desklah.

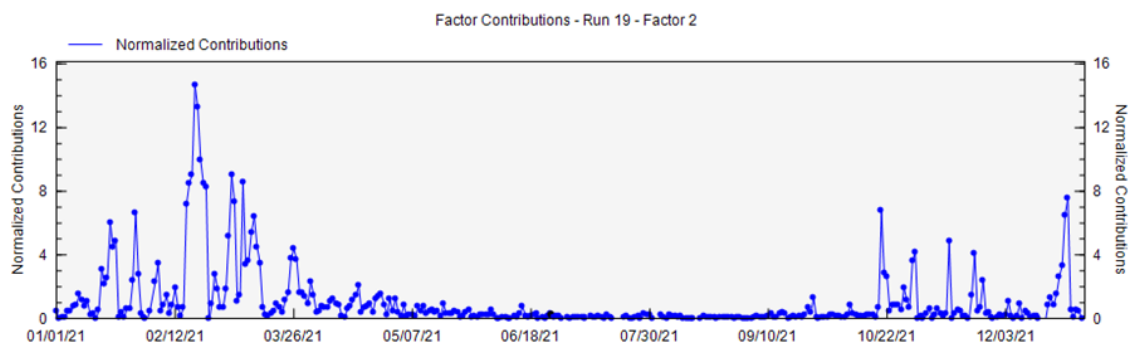
VIR 1 (rdeča barva): Iz slike 71 je razvidno, da v tem viru prevladuje levoglukozan, benzo(a)piren, elementarni in organski ogljik ter kalij. Levoglukozan je sladkor, ki nastaja pri gorenju lesa in je zelo značilen indikator za uporabo lesa in biomase v individualnih kuriščih.

Prav tako pri izgorevanju nastajajo PAH, ogljik in kalij. Ta vir lahko torej pripišemo kurjenju lesa, ki k onesnaženosti zunanega zraka z delci PM_{10} prispeva 17,7 % delcev PM_{10} (slika 72). Kot je pričakovati, se ta vir pojavlja izključno v kurilni sezoni, največ ga je bilo v Desklah v letu 2021 januarja (slika 73).



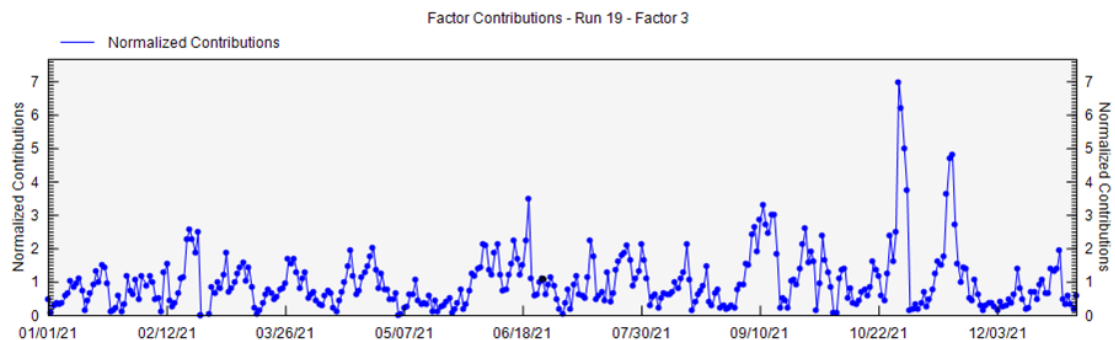
Slika 73: Časovna porazdelitev vira 1 v Desklah.

VIR 2 (modra barva): Iz slike 71 je razvidno, da v tem viru prevladuje nitrat in amonij, ki sta oba indikatorja za anorganske sekundarne delce. Ti delci nastanejo s kemijskimi reakcijami iz primarnega onesnaževala NO_x . Večina teh delcev ni posledica lokalnih virov, temveč transporta na daljše razdalje. K onesnaženosti zunanega zraka z delci PM_{10} ta vir prispeva 14,8 % delcev PM_{10} (slika 72). Slika 74 prikazuje časovno porazdelitev tega vira, ki je bil v Desklah v letu 2021 v največji meri prisoten v mesecu februarju. Vrhovi na sliki 74 sovpadajo s transportom onesnaženega zraka iz Padske nižine v Italiji.



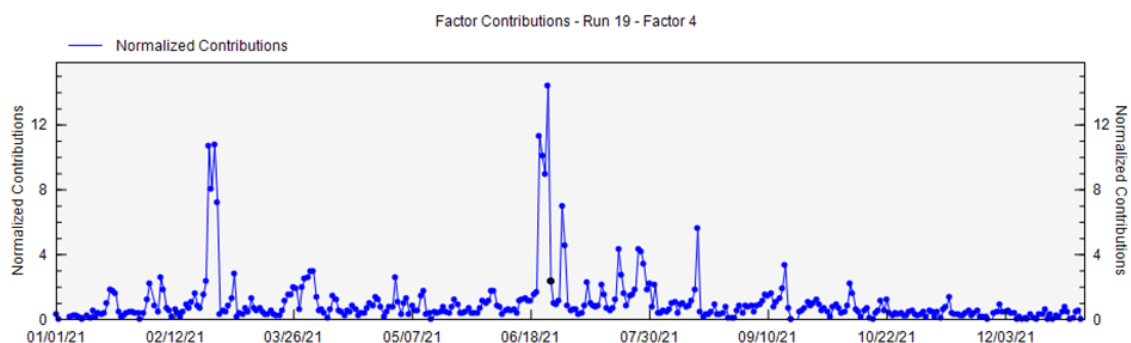
Slika 74: Časovna porazdelitev vira 2 v Desklah.

VIR 3 (zeleno barva): Iz slike 71 je razvidno, da v tem viru prevladuje amonij in sulfat. Amonij in sulfat sta indikatorja za anorganske sekundarne delce. Ti delci nastanejo s kemijskimi reakcijami iz primarnih onesnaževal (SO_2 in NH_3). Večina teh delcev ni posledica lokalnih virov, temveč transporta na daljše razdalje. K onesnaženosti zunanega zraka z delci PM_{10} ta vir prispeva 21,6 % delcev PM_{10} (slika 72). Slika 75 prikazuje časovno porazdelitev tega vira, ki je bil v Desklah v letu 2021 čez celo leto dokaj enakomerno razporejen, nekaj več ga je prisotnega v jesenskem času.



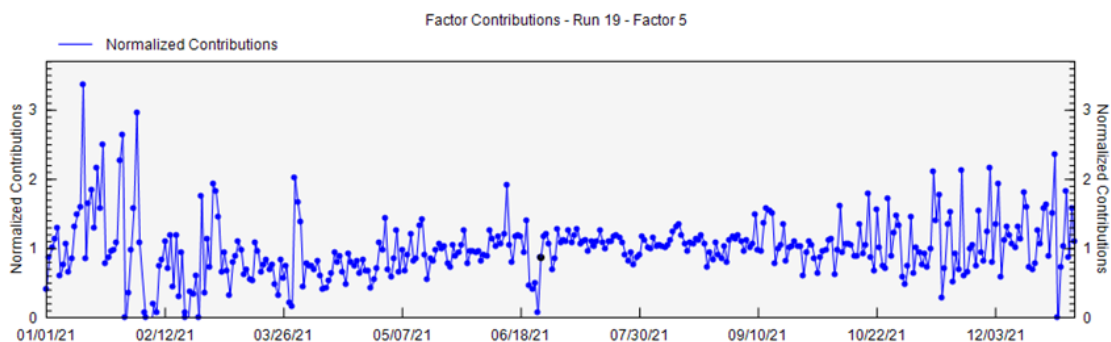
Slika 75: Časovna porazdelitev vira 3 v Desklah.

VIR 4 (rumena barva): Iz slike 71 je razvidno, da v tem viru prevladuje aluminij, kalcij, vanadij, stroncij železo in mangan. Ti parametri so indikatorji za resuspenzijo in mineralni prah. Resuspenzija je prah, ki se v zrak prenaša iz kmetijskih zemljišč (obdelava kmetijskih površin) in iz prometa (kot obraba avtomobilskih gum, zavor in cestišča). K onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM_{10} ta vir prispeva 20,7 % delcev PM_{10} (slika 72). Časovna razporeditev tega vira (slika 76) kaže na večjo pojavnost v toplejših mesecih leta, ko so površine suhe. Dva večja vrhova (februarja in junija) sovpadata s prehodom puščavskega prahu nad Slovenijo.



Slika 76: Časovna porazdelitev vira 4 v Desklah.

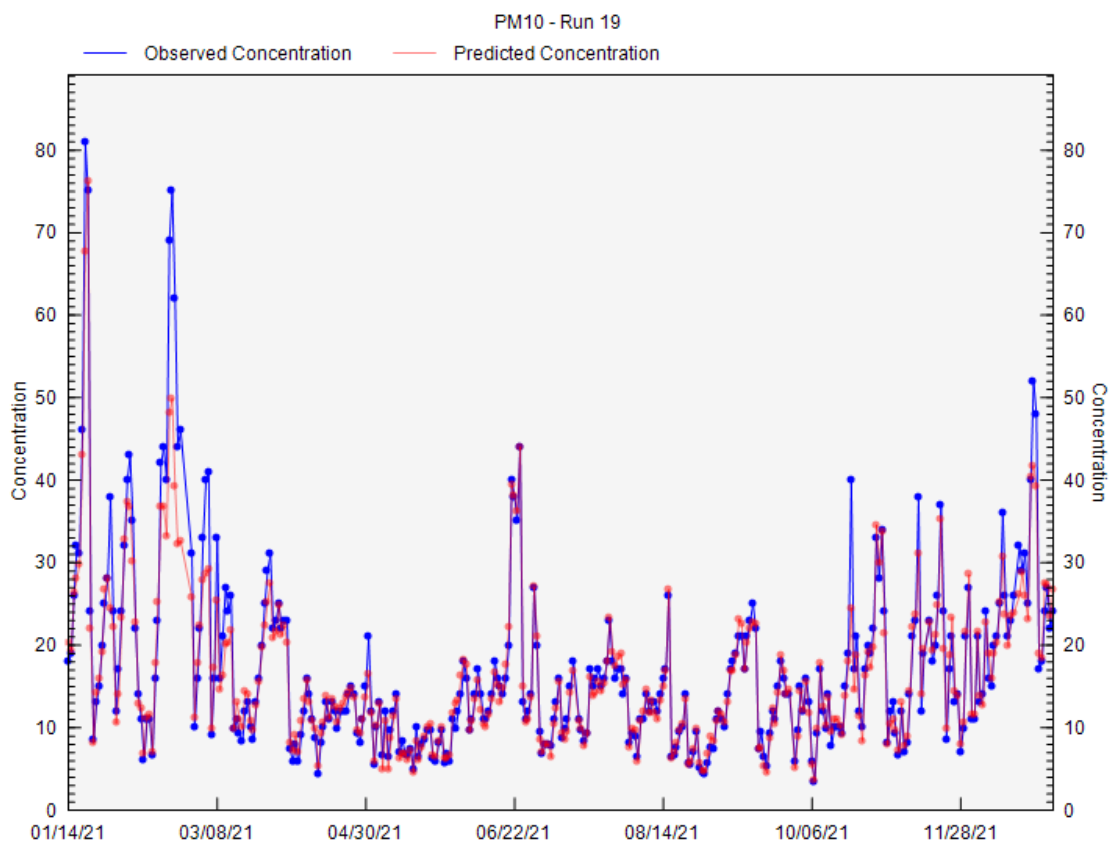
VIR 5 (oranžna barva): Iz slike 71 je razvidno, da v tem viru prevladujeta elementarni in organski ogljik. Elementarni ogljik je primarno onesnaževalo in nastaja pri nepopolnem izogrevanju fosilnih goriv in biomase. Organski ogljik je kompleksna mešanica različnih ogljikovodikov, ki ima lahko primarni in sekundarni izvor. Primarni viri obsegajo procese izogrevanja, pri čemer nastajajo predvsem delci manjši od $1 \mu m$. Ta vir lahko pripišemo cestnemu prometu, ki k onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM_{10} prispeva 25,3 % delcev PM_{10} (slika 72). Slika 77 prikazuje časovno porazdelitev tega vira, ki je bil v Desklah v letu 2021 čez celo leto dokaj enakomerno razporejen.



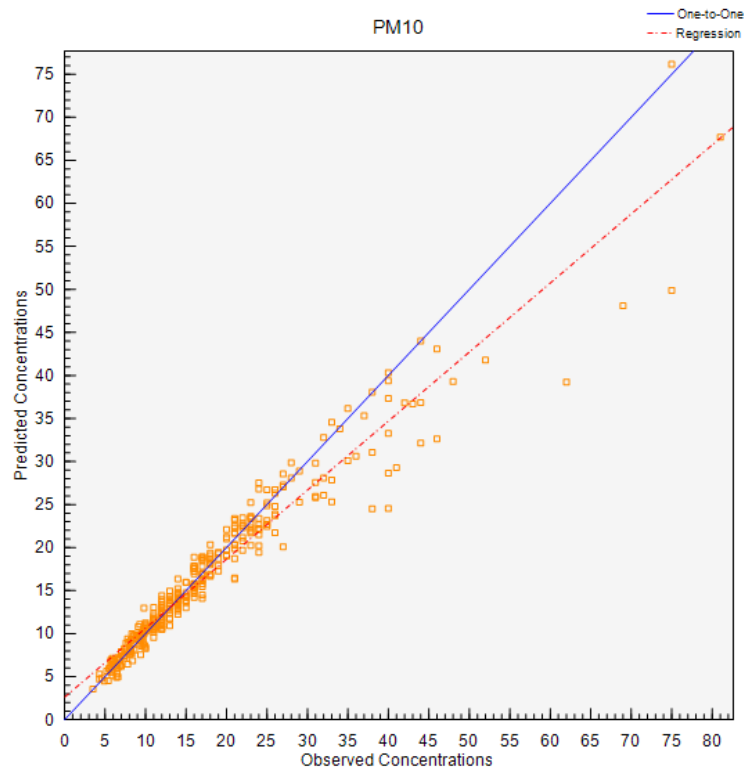
Slika 77: Časovna porazdelitev vira 5 v Desklah.

4.2 Nova Gorica

Sliki 78 in 79 prikazujeta ujemanje ravni delcev PM_{10} pridobljenih z meritvami in izračunanimi s statističnim modelom PMF. Ujemanje je 94 %, kar je zelo dobro, zato lahko trdimo da so izračunani viri delcev PM_{10} , pridobljeni s tem statističnim pristopom, verodostojni.

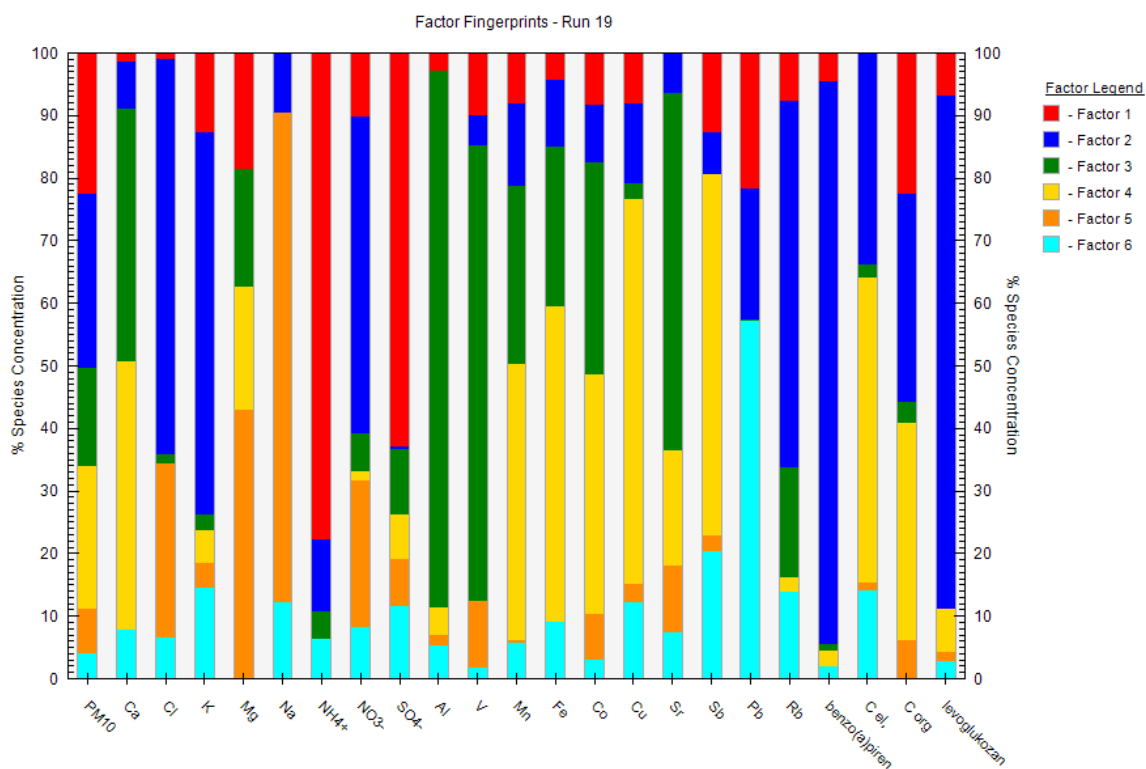


Slika 78: Ujemanje izmerjenih (Observed Concentration-modra črta) dnevni ravni delcev PM_{10} na merilnem mestu Nova Gorica z izračunanimi (Predicted Concentration-rdeča črta) s statističnim modelom PMF.

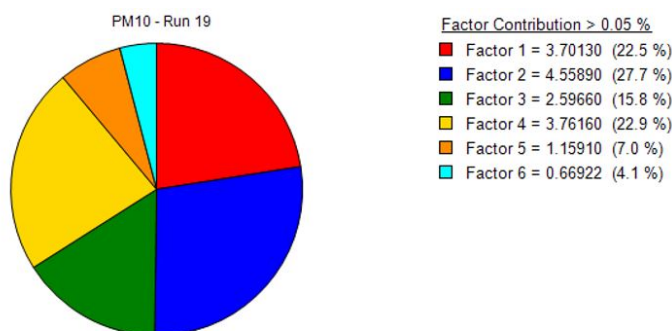


Slika 79: Ujemanje izmerjenih (Observed Concentration-modra črta) dnevni ravni delcev PM_{10} na merilnem mestu Nova Gorica z izračunanimi (Predicted Concentration-rdeča črta) s statističnim modelom PMF, $r^2 = 0,94$.

Sliki 80 in 81 prikazujeta zastopanost posameznega indikatorja v odstotkih v določenem viru (faktor). Vsak vir je označen s svojo barvo. Porazdelitev posameznega vira v celotni ravni delcev PM_{10} v času merjenja v Novi Gorici pa je prikazana na sliki 80.



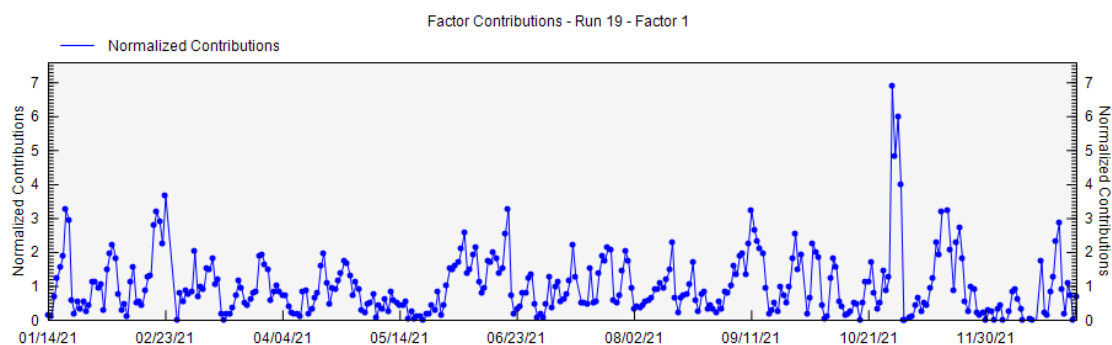
Slika 80: Zastopanost posameznega parametra v odstotkih v določenem viru (Factor) v Novi Gorici.



	Vir emisij	Delež
1	Anorganski sekundarni delci-sulfat	22,5 %
2	Kurjenje lesa	27,7 %
3	Resuspenzija	15,8 %
4	Promet	22,9 %
5	Aerosoli iz morja	7,0 %
6.	Industrija	4,1 %

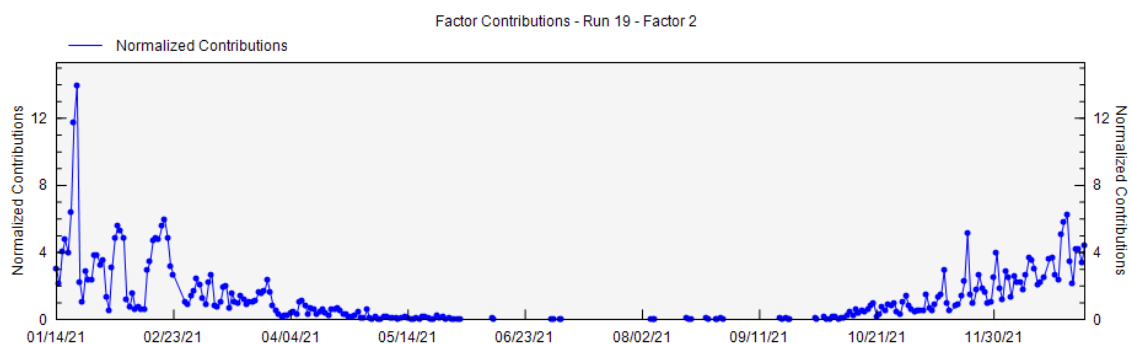
Slika 81: Porazdelitev posameznih virov (Factor) v odstotkih za PM₁₀ v Novi Gorici.

VIR 1 (rdeča barva): Iz slike 80 je razvidno, da v tem viru prevladuje amonij in sulfat. Amonij in sulfat sta indikatorja za anorganske sekundarne delce. Ti delci nastanejo s kemijskimi reakcijami iz primarnih onesnaževal (SO_2 in NH_3). Večina teh delcev ni posledica lokalnih virov, temveč transporta na daljše razdalje. K onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM_{10} ta vir v Novi Gorici prispeva 22,5 % delcev PM_{10} (slika 81). Slika 82 prikazuje časovno porazdelitev tega vira, ki je bil v letu 2021 čez celo leto dokaj enakomerno razporejen, nekaj več ga je prisotnega v jesenskem času.



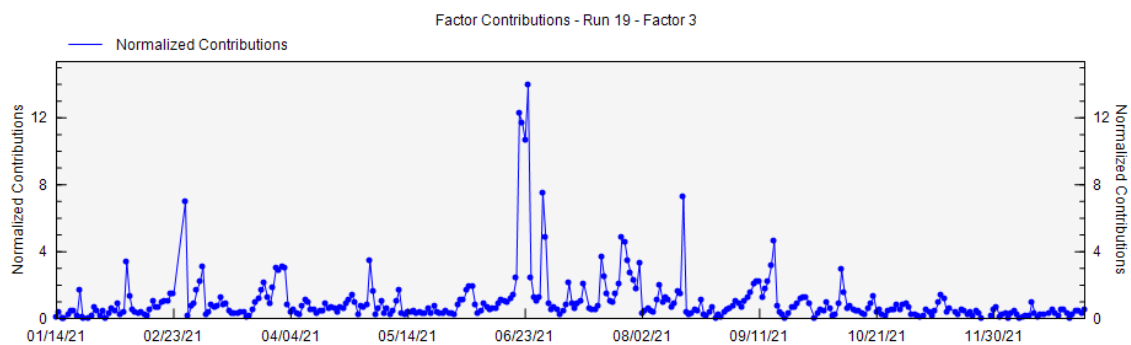
Slika 82: Časovna porazdelitev vira 1 v Novi Gorici.

VIR 2 (modra barva): Iz slike 80 je razvidno, da v tem viru prevladuje levoglukozan, benzo(a)piren, elementarni in organski ogljik ter kalij. Levoglukozan je sladkor, ki nastaja pri gorenju lesa in je zelo značilen indikator za uporabo lesa in biomase v individualnih kurilščih. Prav tako pri izgorevanju nastajajo PAH, ogljik in kalij. Ta vir lahko torej pripišemo kurjenju lesa, ki k onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM_{10} prispeva 27,7 % delcev PM_{10} (slika 81). Kot je pričakovati se ta vir pojavlja izključno v kurilni sezoni, v Novi Gorici ga je bilo v letu 2021 največ v januarju (slika 83). V tem viru je bil prisoten tudi nitrat, ki je indikator za anorganske sekundarne delce. Ti delci nastanejo s kemijskimi reakcijami iz primarnega onesnaževala NO_x . Večina teh delcev ni posledica lokalnih virov, temveč transporta na daljše razdalje.



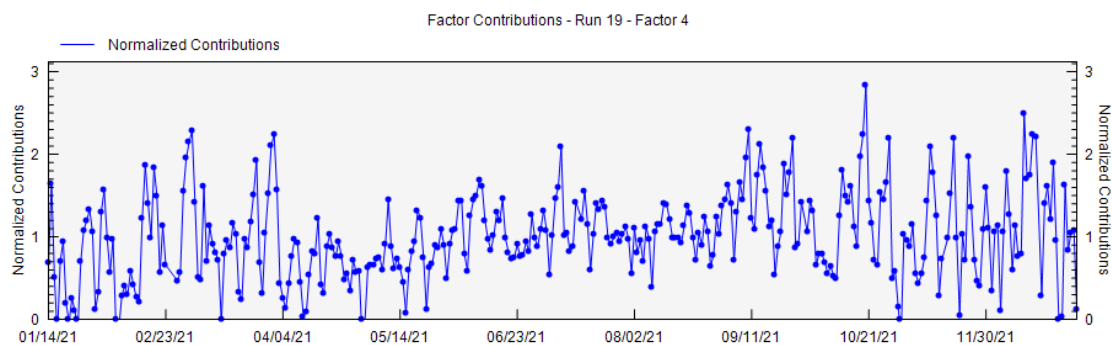
Slika 83: Časovna porazdelitev vira 2 v Novi Gorici.

VIR 3 (zelená barva): Iz slike 80 je razvidno, da v tem viru prevladuje aluminij, vanadij, stroncij, kalcij, železo in mangan. Ti parametri so indikatorji za resuspenzijo. Resuspenzija je prah, ki se v zrak prenaša iz kmetijskih zemljišč (obdelava kmetijskih površin) in iz prometa (kot obraba avtomobilskih gum, zavor in cestišča). K onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM_{10} ta vir prispeva 15,8 % delcev PM_{10} (slika 81). Časovna razporeditev tega vira (slika 84) kaže na večjo pojavnost v toplejših mesecih leta, ko so površine suhe.



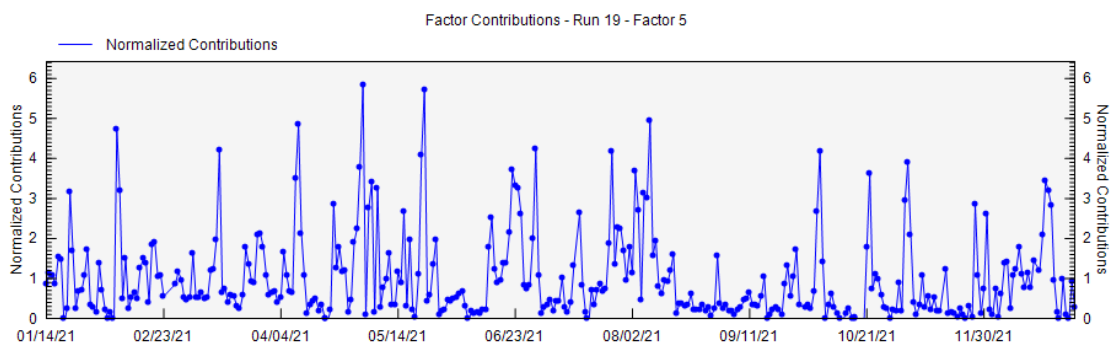
Slika 84: Časovna porazdelitev vira 3 v Novi Gorici.

VIR 4 (rumena barva): Iz slike 80 je razvidno, da v tem viru prevladujeta elementarni in organski ogljik. Elementarni ogljik je primarno onesnaževalo in nastaja pri nepopolnem izgorevanju fosilnih goriv in biomase. Organski ogljik je kompleksna mešanica različnih ogljikovodikov, ki ima lahko primarni in sekundarni izvor. Primarni viri obsegajo procese izgorevanja, pri čemer nastajajo predvsem delci manjši od $1\ \mu\text{m}$. Ta vir lahko pripišemo cestnemu prometu, ki k onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM_{10} prispeva 22,9 % delcev PM_{10} (slika 81). Slika 85 prikazuje časovno porazdelitev tega vira, ki je bil v Novi Gorici v letu 2021 čez celo leto enakomerno razporejen.



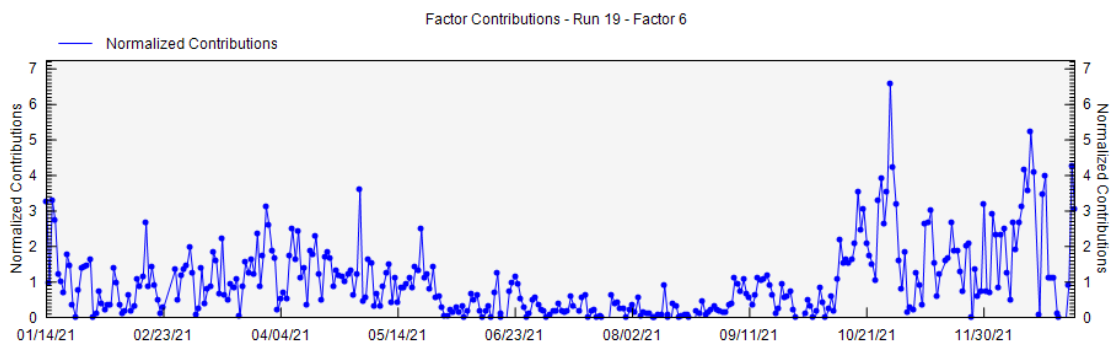
Slika 85: Časovna porazdelitev vira 4 v Novi Gorici.

VIR 5 (oranžna barva): Iz slike 80 je razvidno, da v tem viru prevladujeta natrij, magnezij in klorid. Kar povežujemo z morskimi aerosoli. K onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM_{10} ta vir prispeva 7,0 % delcev PM_{10} (slika 81). Slika 86 prikazuje časovno porazdelitev tega vira, ki je bil v Novi Gorici v letu 2021 čez celo leto enakomerno razporejen.



Slika 86: Časovna porazdelitev vira 5 v Novi Gorici.

VIR 6 (turkizna barva): Iz slike 80 je razvidno, da v tem viru prevladuje svinec, ki ga lahko povežemo z industrijo. K onesnaženosti zunanega zraka z delci PM_{10} prispeva 4,1 % delcev PM_{10} (slika 81). Slika 87 prikazuje časovno porazdelitev tega vira, ki je bil v letu 2021 v Novi Gorici v največji meri prisoten v jesenskem času.



Slika 87: Časovna porazdelitev vira 6 v Novi Gorici.

5 Zaključek

Agencija Republike Slovenije za okolje je v letu 2021 izvajala obsežne meritve kakovosti zunanjega zraka v Desklah v Občini Kanal ob Soči. Namen izvedbe meritev je bil preveriti kakovost zunanjega zraka, ki so mu izpostavljeni prebivalci, saj zaradi izpustov iz cementarne Salonit Anhovo obstaja s strani prebivalcev sum, da so izpostavljeni prekomerno onesnaženemu zraku. Agencija RS za okolje je meritve izvajala na dvorišču vrtca v Desklah z mobilno postajo in visokovolumskim referenčnim vzorčevalnikom delcev PM_{10} . Mobilna postaja je bila opremljena z merilniki za spremljanje ravni dušikovih oksidov, ozona, SO_2 , CO , PM_{10} in $PM_{2,5}$ in lahko-hlapnih organskih spojin (benzen, toluen, etilbenzen, m&p ksilen in o ksilen). Z referenčnim merilnikom je potekalo vzorčenje delcev PM_{10} na filtrih, ki so se kasneje analizirali v laboratoriju (težke kovine, kationi, anioni, PAH-i, elementni in organski ogljik ter levoglukozan). Meritve so se izvajale v skladu s Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Uradni list RS, št. 55/11, 6/15, 5/17 in 44/22 – ZVO-2), rezultati pa so se z vidika skladnosti s predpisanimi standardi kakovosti ovrednotili na podlagi Uredbe o kakovosti zunanjega zraka (Uradni list RS, št. 9/11, 8/15, 66/18 in 44/22 – ZVO-2) in Uredbe o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku (Uradni list RS, št. 56/06 in 44/22 – ZVO-2).

V Desklah v letu 2021 ni bilo preseganj mejnih vrednosti za onesnaževala katerih podatki so na razpolago v realnem času. Izmerjene so bile zelo nizke ravni SO_2 in CO v primerjavi z zakonsko določenimi vrednostmi. Ravni ozona so primerljive v Desklah in Novi Gorici, saj ima ozon izrazit regionalni značaj z velikim vplivom čezmejnega transporta še posebej v tej regiji. Večja razlika v izmerjenih ravneh je le pri dušikovih oksidih, kjer so vrednosti v Novi Gorici bistveno višje, kar pa je tudi posledica gostote prometa. Dnevni potek onesnaževal je povezan še z različno mikrolokacijo obeh merilnih mest in pojavom temperaturne inverzije. V Desklah izrazito prevladuje šibek veter jakosti pod 1 m/s. Prevladujoča JJV smer je posledica vpliva reliefa, zaradi katerega se veter lokalno kanalizira, ko v višjih zračnih plasteh pihajo vetrovi drugih smeri. Najvišje ravni delcev, dušikovih oksidov, živega srebra in benzena se pojavljajo ob šibkih vetrovih različnih smeri. Pri NO_x so najvišje vrednosti praviloma povezane s SV smerjo vetra, pri NO_2 ni opaziti prevladujoče smeri vetra, pri živem srebru izstopa Z smer in pri benzenu JV. V primeru ozona je situacija nekoliko drugačna, saj so ravni najvišje, ko so temperature visoke in piha veter iz J do JZ smeri po dolini reke Soče navzgor. Onesnaženje neposredno iz smeri Salonita Anhovo bi na merilno mesto prinesel S do V veter iz smeri doline reke Soče. Možno pa je tudi, da se onesnaženje akumulira in dlje časa vztraja v volumnu zraka nad obravnavanim območjem, ter ga potem do merilnega mesta zanesejo šibki vetrovi drugih smeri. Vpliv Salonita Anhovo torej na podlagi predstavljenih rezultatov ni izključen.

Meritve živega srebra je za ARSO izvedel Inštitut Jožef Stefan. Merilnik je bil nameščen na Osnovni šoli Deskle. Povprečna izmerjena raven živega srebra je znašala $1,84 \text{ ng/m}^3$, kar je v območju, ki je značilno za urbana območja severne hemisfere. Občasno so se pojavile povišane ravni v obliki vrhov, ki so odstopali od običajnih vrednosti, vendar pa ta povišanja ne kažejo sistematične povezave z vplivi iz cementarne.

Meritve benzena na merilnem mestu Deskle so pokazale pričakovan hod meritev, torej nekoliko višje vrednosti v hladnejšem delu letu. Primerjava vrednosti benzena na lokacijah Deskle, Maribor in Ljubljana v letu 2021 izkazuje, da je bila na vseh treh lokacijah povprečna letna vrednost 1,0, medtem ko je bil najvišji standardni odklon na merilnem mestu Deskle ($1,7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Prav tako so bile meritve toluena, etilbenzena, M&P ksilena ter o-ksilena v povprečju precej nizke, opazni pa so redki večji skoki, ki se pojavijo na vseh merilnih mestih istočasno. V letu 2021 so se pojavili 10-krat.

Ravni delcev PM_{10} v letu 2021 so bile na merilnem mestu v Desklah nižje od standardov

kakovosti, ki jih predpisuje zakonodaja. Povprečna letna vrednost PM_{10} za leto 2021 je v Desklah znašala $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mejna letna vrednost je $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Do preseganj mejne dnevne vrednosti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je v letu 2021 v Desklah prišlo štirikrat. V koledarskem letu je dovoljeno 35 preseganj mejne dnevne vrednosti. Od vseh 38 onesnaževal, ki smo jih določili v delcih PM_{10} so v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka in Uredbi o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku, predpisani standardi kakovosti le za: svinec, kadmij, arzen, nikelj in benzo(a)piren. Za teh pet onesnaževal so predpisane letne mejne/ciljne vrednosti. V letu 2021 v Desklah ni bila presežena mejna/ciljna vrednost za svinec, kadmij, arzen, nikelj. Za benzo(a)piren je bila ciljna vrednost dosežena. Ravni vseh petih policikličnih aromatskih ogljikovodikov PAH (benzo(a)antracen, benzo fluoranteni, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen in indeno(1,2,3-cd)piren) so na merilnem mestu Deskle višje kot v Novi Gorici. PAH imajo izrazit letni hod, saj so prisotni le v hladni polovici leta, v toplejših mesecih pa so njihove ravni pod mejo kvantifikacije. Glavni vir predstavlja izpusti iz zastarelih kurilnih naprav, za katere so značilni slabši proces izgorevanja in slab energetski izkoristek. Tudi promet je vir PAH. V uvodu tega poročila smo napisali, da literatura navaja, da cementarne med drugim izpuščajo težke kovine: talij, arzen, antimon, kadmij, krom, baker, mangan, svinec, cink, vanadij. V letu 2021 so bile v Desklah nekajkrat izmerjene povišane ravni teh onesnaževal. 13. junija 2021 so bile v Desklah močno povišane ravni svinca, antimona in bakra. 98 % izmerjenih ravni talija je bilo v letu 2021 pod mejo kvantizacije. So bile pa v januarju in februarju nekajkrat izmerjene dnevne ravni talija nad mejo kvantizacije. V istih dnevih so bile povišane še ravni mangana, kobalta, bakra, cinka, arzena in stroncija. Ravni ionov ter elementarnega in organskega ogljika so v Desklah podobne oziroma nižje kot v Novi Gorici.

Rezultate kemijske analize smo vnesli v receptorski model PMF (Positive Matrix Factorization), ki določi skupno odvisnost od značilnih indikatorjev (angl. tracers) za posamezen vir onesnaženja. PMF je receptorski model, ki se lahko uporablja za določitev in kvantifikacijo prispevkov posameznih virov delcev PM v zunanjem zraku. Na ta način določamo tipe virov, ki prispevajo k izmerjenim ravnem PM_{10} . Onesnaževala pri katerih je bilo v enem letu več kot polovico rezultatov nižjih od meje kvantizacije LOQ nismo vključili v PMF model. Iz analize virov delcev PM_{10} lahko zaključimo, da na obeh merilnih mestih tako v Desklah kot tudi v Novi Gorici, prevladujejo štirje viri onesnaženja z delci PM_{10} . Največji delež pripada sekundarnim delcem, nato sledijo izpusti iz prometa, resuspenzija in individualna kurišča na trda goriva. V Novi Gorici je bilo v manjšem deležu zaznati še aerosole iz morja in pa industrijski vir z izpustom svinca. Enoletne meritve kakovosti zraka v Desklah niso pokazale prekomerne onesnaženosti zunanjega zraka glede na standarde kakovosti zunanjega zraka. To še ne pomeni, da iz bližnjega industrijskega obrata ni izpustov snovi, ki so zdravju škodljive. Izpusti iz industrijskih obratov obsegajo onesnaževala, ki niso zajeta v zakonodaji in zanje ne obstajajo predpisane vrednosti. Predlagamo, da se preveri najnovejše evropske standarde mejnih vrednosti izpustov in tehnologij. V primeru strožjih zahtev naj se slovenska zakonodaja uskladi z njimi, spremeni in uzakoni naj se neodvisen način nadzora nad delovanjem industrijskih objektov ter izpolnjevanj zahtev iz okoljevarstvenega dovoljenja. Na Agenciji za okolje bomo v kratkem preučili možnost izvedbe meritev dioksinov in furanov v zunanjem zraku na tem območju.

Literatura

- [1] *Guidelines on Pre- and Co-processing of Waste in Cement Production, Use of waste as alternative fuel and raw material*, GIZ-LafargeHolcim, 2020.
- [2] H. Q. Bang and V. H. N. Khue, "Air pollution: Monitoring, quantification and removal of gases and particles," 2019.
- [3] *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019*, European Environment Agency, 2020.
- [4] *Emisije snovi v zrak iz industrijskih obratov za leto 2018*, ARSO, 2018.
- [5] *Air Quality Guidelines - Second Edition: Benzene General description*, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000.
- [6] *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Factsheet (Center for Disease Control and Prevention, National Biomonitoring Program)*, view 21.3.2022, https://www.cdc.gov/biomonitoring/{PAH}s_FactSheet.html.
- [7] *Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2020*, ARSO, 2021.
- [8] *Exposure to benzene: a major public health concern, Preventing disease through healthy environments*, WHO, 2019.