

Okrepljene meritve kakovosti zraka v Mestni občini Novo mesto v letu 2019



Kazalo vsebine

1. Uvod	2
2. Emisije	6
3. Merilne postaje	8
4. Določitev dnevne vrednosti delcev PM ₁₀	14
5. Meteorološka analiza	19
6. Analiza virov delcev PM ₁₀ na merilnem mestu Cikava	27
7. Kemijska sestava delcev PM ₁₀	33
8. Meritve z avtomatskim merilnikom na Kandiji.....	41
9. Zaključek.....	42

1. Uvod

V letu 2019 smo izvedli okrepljene meritve kakovosti zunanjega zraka v Mestni občini Novo mesto. Kampanja je potekala od 11. 1. 2019 do 10. 4. 2019 in se je izvajala z namenom določitve prostorske in časovne spremenljivosti onesnaženosti zraka, virov onesnaženja in reprezentativnosti obstoječe stalne merilne postaje. Ugotoviti smo želeli v kolikšnem obsegu k onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM₁₀ prispevajo industrija, promet, individualna kurišča in resuspenzija. Na več lokacijah v občini Novo mesto smo postavili merilnike kakovosti zunanjega zraka. Poleg teh merilnikov smo postavili tudi merilnike meteoroloških parametrov, saj na razredčevanje izpustov zelo vplivajo meteorološke razmere. Zemljevid z označenimi lokacijami merilnih postaj je prikazan na sliki 1. V preglednici 1 pa so za vse lokacije podane tudi geografske koordinate, nadmorska višina in vrsta merilnika, s katerim smo izvajali meritve.

Preglednica 1: Seznam merilnih lokacij.

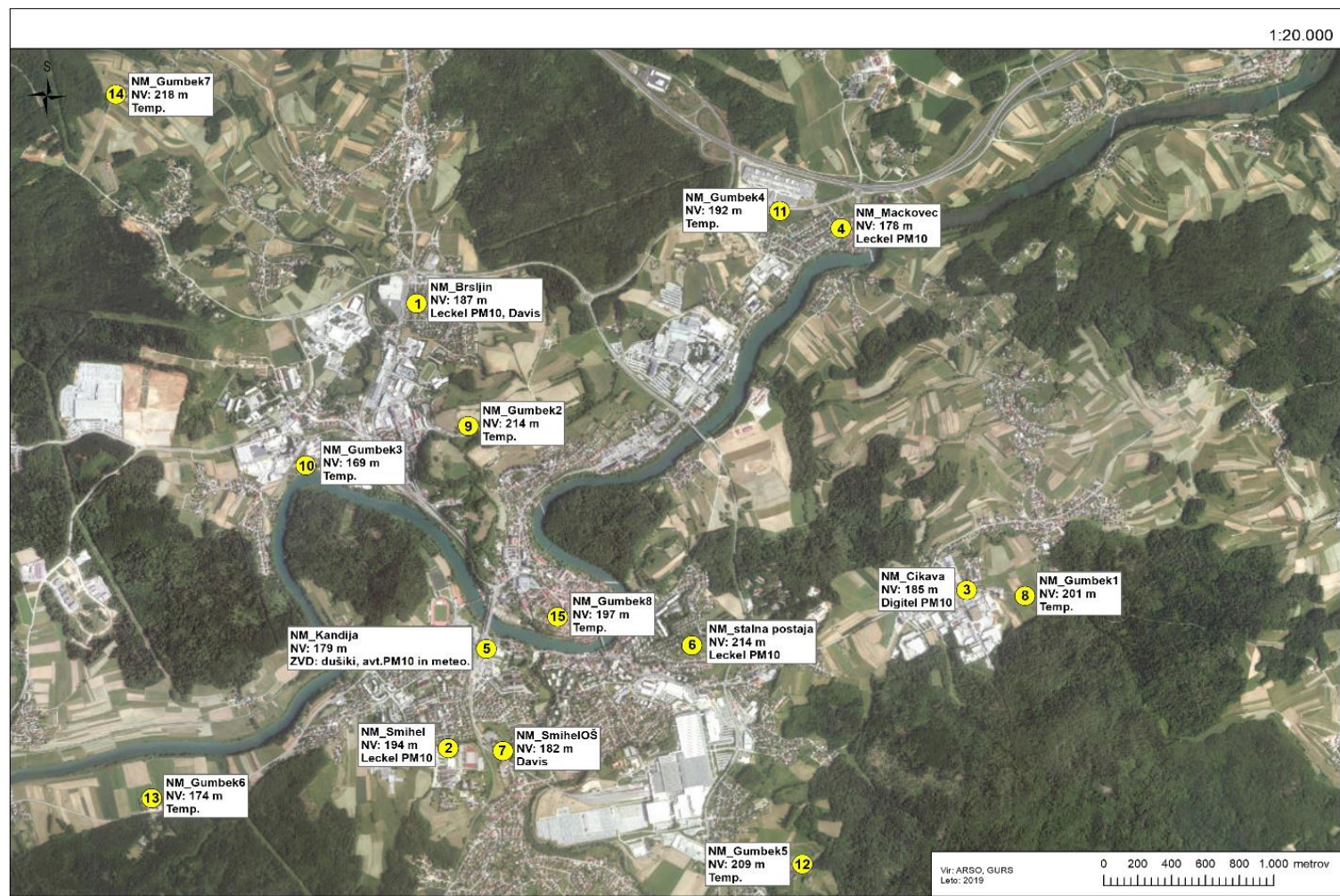
MERILNO MESTO	GKY	GKX	Nadmorska višina [m]	VRSTA MERILNIKA
NM Bršljin	512540	75186	187	Leckel PM ₁₀ , meteorološka postaja Davis
NM Šmihel	512726	72427	194	Leckel PM ₁₀
NM Cikava	515784	73407	185	Digitel PM ₁₀
NM Mačkovec	515042	75652	178	Leckel PM ₁₀
NM Kandija	512950	73043	179	Merilnik Airpointer: dušikovi oksidi, PM ₁₀ in meteorološka postaja
NM stalna postaja	514163	73066	214	Leckel PM ₁₀ , meteorološke meritve skladne s standardi Svetovne meteorološke organizacije
NM Šmihel OŠ	513049	72410	182	meteorološka postaja Davis
NM Gumbek 1	516127	73371	201	merilnik temperature
NM Gumbek 2	512844	74426	214	merilnik temperature
NM Gumbek 3	511886	74182	169	merilnik temperature
NM Gumbek 4	514681	75758	192	merilnik temperature
NM Gumbek 5	514816	71709	209	merilnik temperature
NM Gumbek 6	510976	72117	174	merilnik temperature
NM Gumbek 7	510767	76481	218	merilnik temperature
NM Gumbek 8	513371	73242	197	merilnik temperature

Komentar: GKX, GKY – Gauss-Krugerjeve koordinate

Za določanje vsebnosti in sestave delcev PM₁₀, ki se nahajajo v zunanjem zraku, se uporabljajo različni vzorčevalniki, ki z različnimi volumskimi pretoki prečrpavajo zunanji zrak. Posledično se na filterjih, ki so različnih velikosti (filtri se avtomatsko menjujejo vsakih 24 ur), lovijo delci velikosti do 10 µm. V merilni kampanji smo uporabili dve vrsti vzorčevalnikov delcev PM₁₀, in sicer Digitel (na sliki 1 označen kot Digitel PM10) in Leckel (na sliki 1 označen kot Leckel PM10). V preglednici 1 so navedena merilna mesta in vrste merilnikov na teh lokacijah. Na merilnem mestu NM Kandija, je meritve opravil Zavod za

ARSO OKOLJE

varstvo pri delu. Uporabljali so merilnik Airpointer, s katerim se avtomatsko določuje dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2.5}.



Slika 1: Zemljevid Mestne občine Novo mesto z merilnimi lokacijami.

Za meritve meteoroloških parametrov smo uporabili 8 prenosnih merilnikov temperature (na sliki 1 označeni kot Temp.) ter dve prenosni meteorološki postaji Davis Vantage Pro2, ki poleg temperature merita zračni tlak, količino padavin, smer in hitrost vetra, relativno vlažnost ter jakost sončnega sevanja.

Po končanem merjenju različnih parametrov smo delce PM_{10} (slika 2) tudi kemijsko analizirali v Kemijsko analiznem laboratoriju Agencije RS za okolje. Določena je bila masna koncentracija delcev PM_{10} in njihova sestava (težke kovine, kationi, anioni, PAH-i, elementni in organski ogljik ter levoglukozan). S pomočjo izmerjenih vrednosti meteoroloških parametrov ter podatkov o količini izpustov okoliške industrije smo poskušali ovrednotiti rezultate meritev, ki smo jih pridobili na posameznih merilnih lokacijah in pojasniti reprezentativnost stalne merilne postaje.

Delci PM_{10} so zdravju škodljivi in tudi pri vsebnostih pod sedanjimi zakonodajnimi mejnimi vrednostmi predstavljajo zdravstveno tveganje. Poročila Svetovne zdravstvene organizacije kažejo, da ne obstaja meja, pod katero ni pričakovati vpliva na zdravje. Pomembno je torej z ustreznimi ukrepi zmanjšati onesnaženost zraka. To še posebej velja v zimskih mesecih, ko je raven delcev PM_{10} v zraku največja. Za učinkovito zmanjšanje ravni delcev pa je najprej potrebno poznati njihov izvor. Izvor lahko določimo na podlagi sestave delcev, ki je odvisna od virov. Tako je na primer znano, da je levoglukozan indikator za kurjenje lesa.



Slika 2: Filtri z depoziti delcev PM_{10} .

Kurjenje lesa in promet prispevajo delce, ki so posledica neposrednih izpustov v zrak. Večina delcev, ki nastane pri kurjenju lesa, je posledica uporabe zastarelih kurilnih naprav gospodinjstev. S prometom povezujemo delce, ki so posledica izpuha pri izgorevanju goriva. K izpustom prometa največ prispeva cestni promet, zlasti vozila na dizelsko gorivo. Resuspenzijo predstavljajo delci, ki so se že odložili na tla in se nato ponovno dvignejo v zrak. V resuspenziji je veliko cestnega prahu, ki je posledica obrabe pnevmatik in zavor v prometu. V večini se resuspenzija pojavlja v toplejših mesecih, ko so ceste suhe. Sekundarni delci nastanejo kot posledica kemijskih reakcij amonijaka (kmetijstvo), dušikovih oksidov (visoko temperaturni procesi izgorevanja) ter žveplovega dioksida (premog).

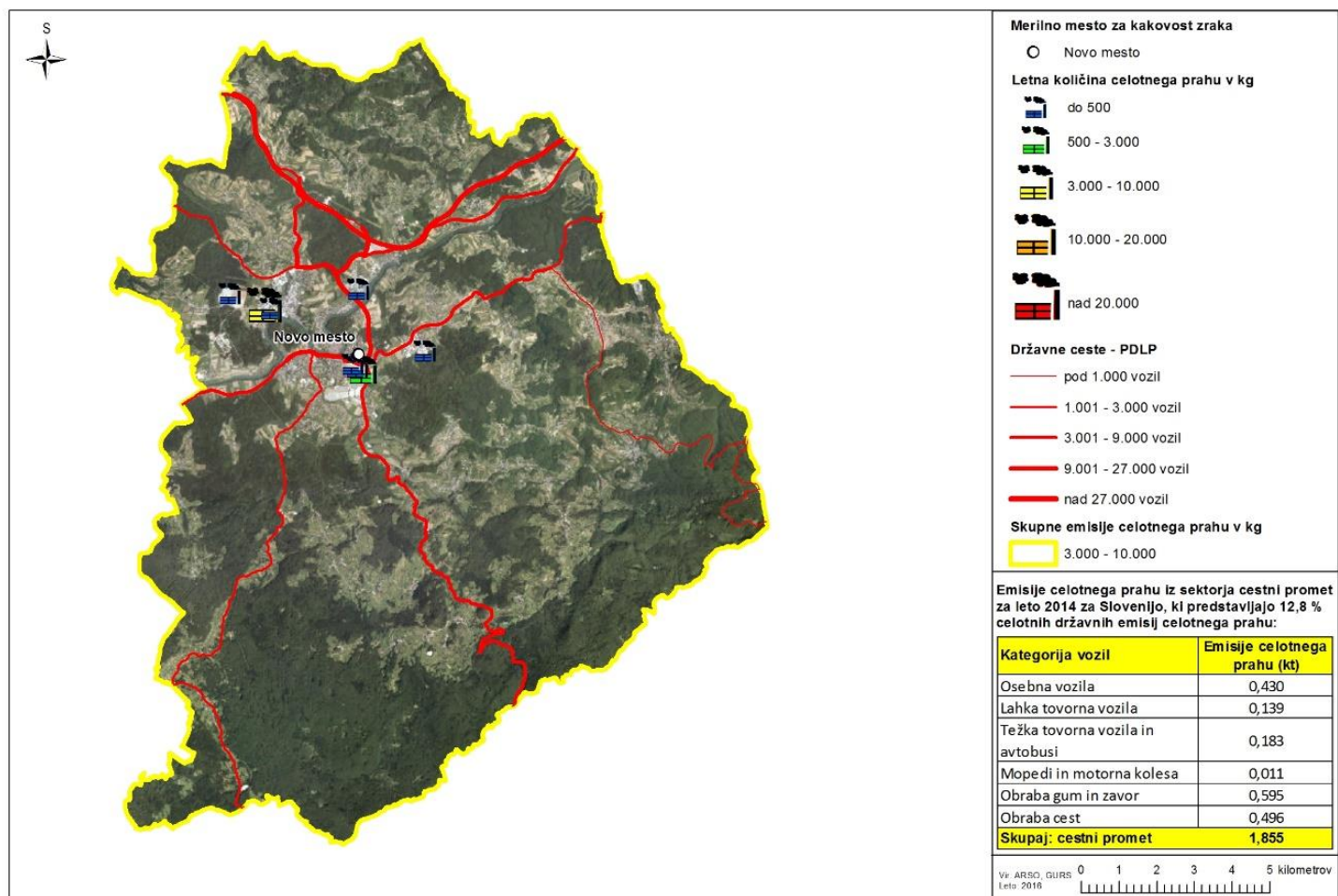
2. Emisije

V Mestni občini Novo mesto je 15 industrijskih obratov, ki so oddali letno poročilo o emisijah snovi v zrak za leto 2018 na Agencijo RS za okolje. Ta podjetja so zavezana k izvedbi obratovalnega monitoringa emisij snovi v zrak in k poročanju emisij v skladu z Uredbo o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur.l.RS, št. 31/07, 70/08 in 61/09) in Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu emisije snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja ter o pogojih za njegovo izvajanje (Ur.l.RS, št. 105/08).

V preglednici 2 so za posamezen industrijski obrat napisane količine skupnega prahu, ki so pridobljene iz oddanih letnih poročil industrijskih obratov za leto 2018. Podatki vsebujejo samo emisije, ki se odvajajo v zrak skozi odvodnike. Slika 3 prikazuje karto Novega mesta, na kateri so označene državne ceste ter industrijski obrati.

Preglednica 2: Emisije celotnega prahu v zrak iz industrijskih obratov za leto 2018 za Mestno občino Novo mesto.

Naziv zavezanca	Lokacija zavezanca	Emisija snovi iz izpustov [kg]	Ocena razpršene emisije [kg]
ADRIA MOBIL	Straška cesta 50	270	0
ADRIA PLUS, d.o.o. Novo mesto	Podbevškova ulica 13	9	1
ADRIA PLUS, d.o.o. Novo mesto	Straška cesta 50	14	2
BELES d.o.o., PE Laze	Laze 26	395	20
BOBIČ YACHT INTERIOR, notranja oprema d.o.o.	Podbevškova ulica 29	10	25
DINOS d.d. - Center za predelavo Novo mesto	Ljubljanska cesta 35	/	35
Jata - Emona, d.o.o., Mešalnica krmil	Povhova ulica 3	330	5
KOMUNALA NOVO MESTO d.o.o.	Podbevškova ulica 12	96	0
KRKA d.d.	Šmarješka cesta 6	1097	0
Krka-Obrat Bršljin	Povhova ulica 5	5	0
Revoz, d.d.	Belokranjska cesta 4	2738	0
ROLETARSTVO MEDLE d.o.o.	Podbevškova ulica 31	1	0
TPV Avto d.o.o. PE Novo mesto	Kandijska cesta 60	27	0
TPV d.o.o., PE Novo mesto	Kandijska cesta 60	254	0
URSA SLOVENIJA, D.O.O.	Povhova ulica 2	2133	841



Slika 3: Slikovni prikaz točkovnih virov in državnih cest na zemljevidu Mestne občine Novo mesto (vir: Atlas okolja).

3. Merilne postaje

Vzorčevalniki delcev za svoje delovanje potrebujejo električni priključek, kar predstavlja določeno omejitev pri izbiri mikrolokacije za postavitvev. Lokacije v Novem mestu smo določili po predhodnem ogledu na podlagi strokovne ocene in s pomočjo predstavnika Mestne občine Novo mesto, ki pozna dinamiko občine. Merilna mesta v Bršljinu, Mačkovcu, Šmihelu in stalna postaja se uvrščajo v tip *mestno ozadje*, značilnost območja pa imajo *stanovanjsko*. Na vseh teh lokacijah so v bližini individualne stanovanjske hiše, ki za svoje ogrevanje uporabljajo različne energente. Na Kandiji smo merilnik postavili na parkirišču pri Zdravstvenem domu in ga uvrščamo v *mestno-prometni* tip, značilnost območja *poslovno*. Na tem merilnem mestu pričakujemo več izpustov iz prometa. Merilno mesto v Cikavi uvrščamo v *predmestno industrijski* tip, značilnost območja je *poslovno* in *stanovanjsko*. Slike 4-14 prikazujejo merilne naprave na različnih lokacijah.



Slika 4: NM Bršljin vzorčevalnik delcev Leckel PM₁₀.



Slika 5: NM Bršljin meteorološka postaja Davis.



Slika 6: NM Šmihel vzorčevalnik delcev Leckel PM₁₀.



Slika 7: NM Šmihel OŠ meteorološka postaja Davis.



Slika 8: NM Cikava vzorčevalnik delcev Digitel PM₁₀.



Slika 9: NM Cikava vzorčevalnik delcev Digital PM₁₀.



Slika 10: NM Mačkovec vzorčevalnik delcev Leckel PM₁₀.



Slika 11: NM Mačkovec vzorčevalnik delcev Leckel PM₁₀.



Slika 12: NM Kandija avtomatski vzorčevalnik dušikovih oksidov in delcev PM₁₀ in PM_{2,5}.



Slika 13: NM stalna postaja vzorčevalnik delcev Leckel PM₁₀.



Slika 14: NM Gumbek1 - merilnik temperature.

4. Določitev dnevne vrednosti delcev PM₁₀

Iz razlike v masi filtra pred in po vzorčenju smo določili dnevno vrednost delcev PM₁₀ na vseh merilnih mestih Leckel PM₁₀ in Digitel PM₁₀. Nato smo po zaključku kampanje, glede na meteorološko situacijo, izbrali dni, za katere smo s kemijsko analizo določili sestavo delcev. V preglednici 3 so predstavljene dnevne ravni delcev PM₁₀ na šestih merilnih mestih v Novem mestu. Za primerjavo so podane tudi ravni v Ljubljani in Celju. V preglednici 4 so zbrane povprečne ravni delcev in število preseganj dnevne mejne vrednosti po posameznih merilnih mestih v času trajanja merilne kampanje. Na slikah 15 in 16 je grafičen prikaz rezultatov meritev. Prikazane so tudi padavine izmerjene na lokaciji stalne postaje. Izdatnejše padavine skoraj vedno povzročijo večji padec onesnaževal v zraku.

Iz slike 15a in preglednice 3, kjer so podane dnevne ravni delcev PM₁₀ za obdobje kampanje od 11. 1. 2019 do 10. 4. 2019 je razvidno, da so bile ravni delcev visoke v prvi polovici kampanje, in sicer od 12. 1. 2019 do 26. 2. 2019. V obdobju od 27. 2. 2019 do konca merilne kampanje ni bilo izmerjenega nobenega preseganja dnevne mejne vrednosti 50 µg/m³. Potek ravni delcev PM₁₀ za merilni mesti Ljubljana in Celje je podoben kot na merilnih postajah kampanje Novo mesto 2019.

Merilna negotovost delcev PM₁₀ je odvisna od vzorčevalnika in znaša v Šmihelu, Bršljinu, Mačkovcu in na stalni postaji 13 %, na Cikavi 8 %, za merilnik na Kandiji pa ni podatka o merilni negotovosti meritev.

Preglednica 3: Dnevne vrednosti delcev PM₁₀ v µg/m³ v času kampanje na vseh merilnih mestih kampanje Novo mesto in na merilnih mestih Ljubljana in Celje.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna postaja	NM Kandija	Ljubljana	Celje
11.01.2019	33	41	38	24	39	/	26	35
12.01.2019	47	52	57	31	50	/	59	68
13.01.2019	46	56	54	31	44	/	57	53
14.01.2019	39	41	40	27	33	/	25	28
15.01.2019	39	47	37	27	31	/	16	38
16.01.2019	35	45	36	29	30	/	28	36
17.01.2019	13	25	17	11	12	/	19	20
18.01.2019	28	28	26	17	23	/	15	31
19.01.2019	26	27	31	27	24	/	19	30
20.01.2019	43	45	38	33	44	/	39	43
21.01.2019	48	49	57	45	42	/	33	61
22.01.2019	44	46	51	42	41	/	34	36
23.01.2019	52	55	59	53	47	/	34	47
24.01.2019	49	59	58	48	49	46	/	39
25.01.2019	74	65	65	63	57	59	45	50
26.01.2019	71	85	77	61	66	71	82	82
27.01.2019	65	82	76	49	67	64	113	68
28.01.2019	45	51	52	40	47	44	25	16
29.01.2019	33	31	36	32	28	26	21	36
30.01.2019	28	30	31	21	25	24	25	35
31.01.2019	45	49	51	45	43	42	38	40
1.02.2019	60	63	71	61	62	57	46	68

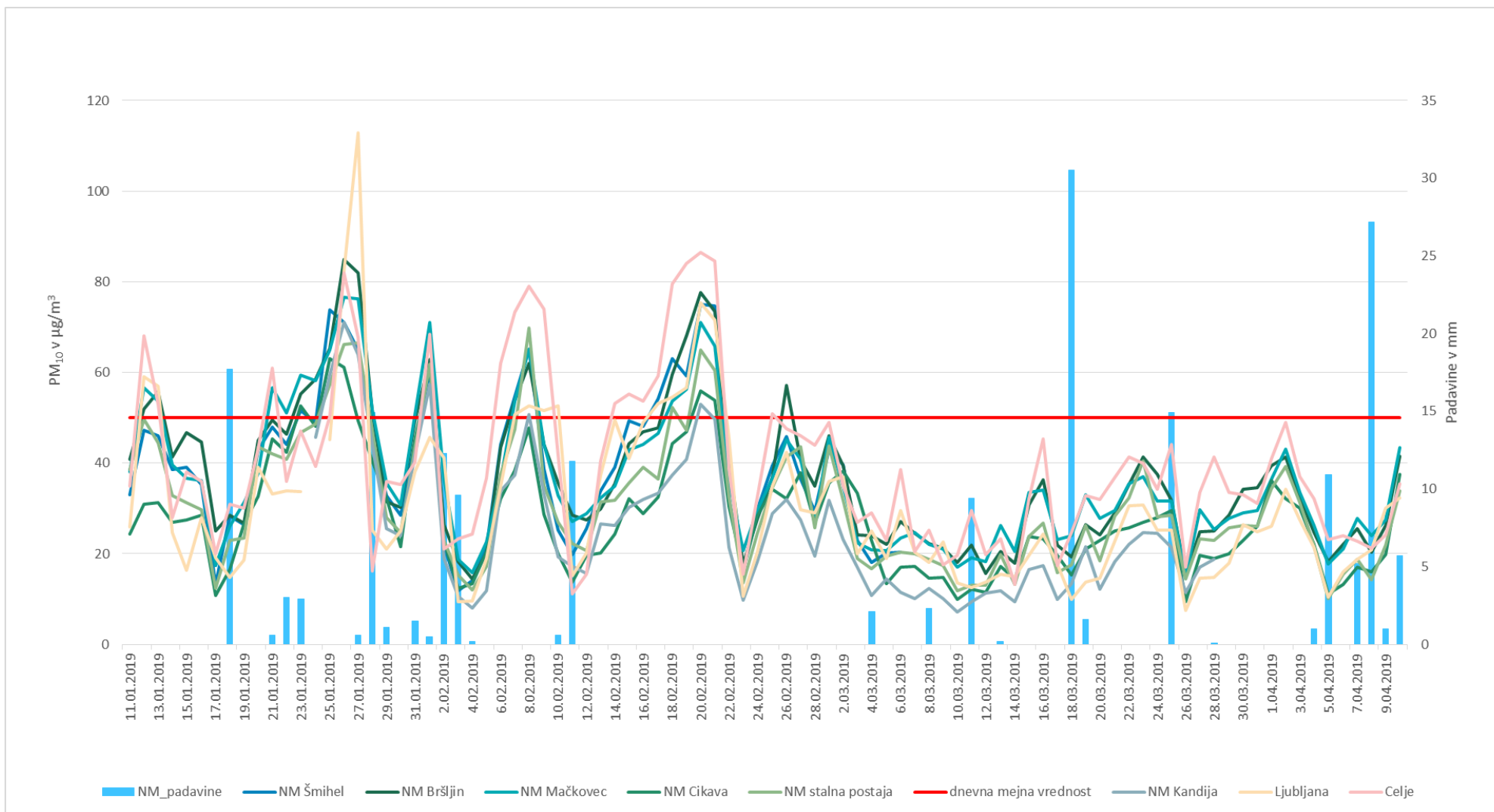
	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna postaja	NM Kandija	Ljubljana	Celje
2.02.2019	22	26	37	23	23	19	41	21
3.02.2019	12	18	19	12	15	11	9	23
4.02.2019	14	15	16	13	12	8	10	24
5.02.2019	21	20	23	21	17	12	19	37
6.02.2019	44	43	36	32	38	34	35	62
7.02.2019	55	54	54	38	47	37	51	73
8.02.2019	65	62	65	48	70	51	53	79
9.02.2019	39	44	44	29	35	33	52	74
10.02.2019	25	36	33	20	27	19	53	42
11.02.2019	20	28	27	14	22	17	15	11
12.02.2019	26	27	29	20	21	16	20	15
13.02.2019	34	30	32	20	31	27	37	41
14.02.2019	39	35	35	24	32	26	49	53
15.02.2019	49	44	43	32	36	30	41	55
16.02.2019	48	47	44	29	39	32	49	54
17.02.2019	54	48	47	32	36	33	53	59
18.02.2019	63	60	54	44	52	37	54	80
19.02.2019	59	68	56	47	47	41	57	84
20.02.2019	75	78	71	56	65	53	75	86
21.02.2019	75	74	66	54	61	50	72	85
22.02.2019	32	40	36	30	32	21	45	39
23.02.2019	16	18	21	16	14	10	11	15
24.02.2019	30	28	30	28	25	18	20	33
25.02.2019	39	37	37	34	35	29	35	51
26.02.2019	46	57	45	32	41	32	42	48
27.02.2019	37	41	41	38	44	27	30	46
28.02.2019	29	35	27	27	26	19	29	44
1.03.2019	43	46	46	36	44	32	36	49
2.03.2019	40	39	35	38	32	23	37	35
3.03.2019	23	24	22	33	19	17	20	27
4.03.2019	18	24	21	23	17	11	25	29
5.03.2019	20	22	21	13	20	14	19	23
6.03.2019	20	27	23	17	20	12	30	39
7.03.2019	20	24	25	17	20	10	20	21
8.03.2019	22	22	22	15	19	12	18	25
9.03.2019	21	21	21	15	17	10	23	18
10.03.2019	16	18	17	10	12	7	14	20
11.03.2019	16	22	19	12	13	9	13	30
12.03.2019	16	16	18	12	13	11	14	20
13.03.2019	18	20	26	17	20	12	16	23
14.03.2019	13	18	20	14	13	9	15	13
15.03.2019	33	31	33	24	24	17	20	32
16.03.2019	29	36	34	23	27	17	24	45
17.03.2019	20	22	23	20	16	10	18	17
18.03.2019	20	19	24	15	18	13	10	25
19.03.2019	28	26	33	21	26	22	14	33

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna postaja	NM Kandija	Ljubljana	Celje
20.03.2019	24	24	28	23	18	12	15	32
21.03.2019	34	29	30	25	28	18	23	37
22.03.2019	37	35	35	26	32	22	31	41
23.03.2019	40	41	37	27	40	25	31	40
24.03.2019	33	38	32	28	28	24	25	34
25.03.2019	30	32	32	30	28	21	25	44
26.03.2019	15	15	15	9	14	11	7	17
27.03.2019	23	25	30	20	23	17	15	34
28.03.2019	31	25	25	19	23	19	15	41
29.03.2019	27	29	28	20	26	/	18	34
30.03.2019	31	34	29	23	26	/	26	33
31.03.2019	34	35	30	26	26	/	25	31
1.04.2019	37	39	36	36	34	/	26	41
2.04.2019	44	41	43	32	39	/	34	49
3.04.2019	31	32	34	30	31	/	28	37
4.04.2019	24	25	26	22	22	/	21	32
5.04.2019	17	18	18	11	10	/	10	23
6.04.2019	20	22	21	13	15	/	16	24
7.04.2019	23	26	28	17	19	/	19	23
8.04.2019	17	20	24	16	14	/	21	21
9.04.2019	23	26	27	20	22	/	30	24
10.04.2019	38	42	43	38	34	/	32	35

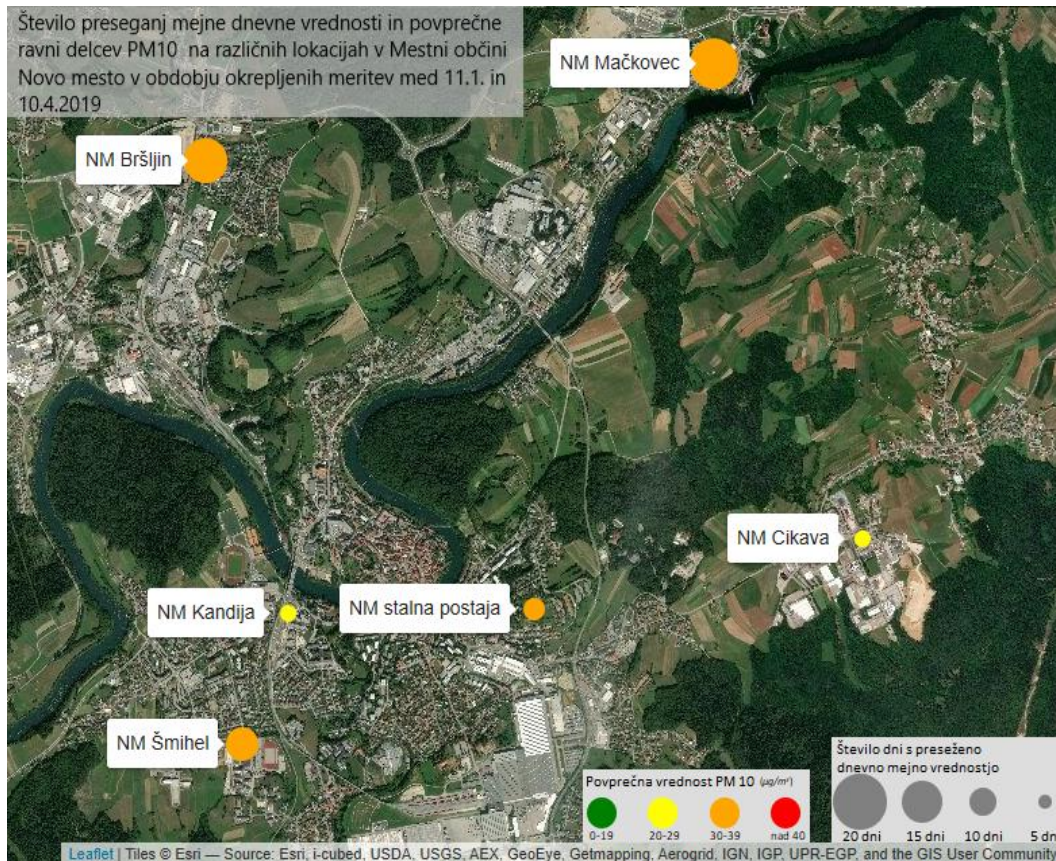
Preglednica 4: Povprečna in maksimalna dnevna vrednost delcev PM₁₀ v µg/m³ v času kampanje ter število preseganj mejne dnevne vrednosti na vseh merilnih mestih kampanje Novo mesto in na merilnih mestih Ljubljana in Celje.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna	NM Kandija	Ljubljana	Celje
c_p [µg/m³]	34	37	36	28	31	25	31	40
c_{max} [µg/m³]	75	85	77	63	70	71	113	86
>MV [dan]	12	16	18	6	8	6	13	19

Legenda: Cp-povprečna raven PM₁₀ v obdobju meritev (mejna letna vrednost je 40 µg/m³), Cmax-najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev, >MV-število dni, ko je bila presežena mejna dnevna vrednost 50 µg/m³.



Slika 15: Dnevne vrednosti delcev PM₁₀ v µg/m³ na vseh merilnih mestih kampanje Novo mesto ter na merilnih mestih Ljubljana in Celje.



Slika 16: Povprečne dnevne vrednosti delcev PM₁₀ v µg/m³ ter število preseganj dnevne mejne vrednosti v času kampanje na vseh merilnih mestih kampanje Novo mesto.

Na kakovost zunanjega zraka zelo vplivajo vremenske razmere, saj je ob enakih izpustih ob ugodnih vremenskih razmerah (padavine, veter,...) kakovost zraka dobra, ob neugodnih (temperaturni obrat, brezvetrje,...) pa lahko zelo slaba. V celotnem obdobju meritev je bilo veliko padavin (modri stolpci na sliki 15). Padavine sperejo onesnaževala iz ozračja in s tem poskrbijo za boljšo kakovost zunanjega zraka. V 90 dneh merilne kampanje je bilo precej padavinskih dni in posledično zelo malo dni s preseženo mejno dnevno vrednostjo delcev PM₁₀ 50 µg/m³. V sedmem poglavju tega poročila je podrobneje predstavljena meteorološka situacija v času meritev in njen vpliv na meritve kakovosti zunanjega zraka.

Kot je razvidno iz zgornje preglednice je bila na merilnih mestih v Novem Mestu dnevna mejna vrednost največkrat presežena na merilni postaji NM Mačkovec (18-krat). Največja povprečna raven PM₁₀ v obdobju meritev je bila dosežena v NM Bršljin (37 µg/m³), kjer je bil izmerjena tudi najvišja dnevna vrednost v okviru kampanje v Novem mestu (85 µg/m³). Za primerjavo vidimo, da je bila v Ljubljani v enakem obdobju meritev izmerjena višja maksimalna dnevna vrednost (113 µg/m³), v Celju pa je bilo zabeleženo večje število dni s presežanjem dnevne mejne vrednosti (19) in višja povprečna dnevna vrednost (40 µg/m³).

V dneh, ko so bile vremenske razmere neugodne, so ravni delcev narasle na vseh merilnih mestih v Novem mestu. V povprečju so najvišje ravni delcev izmerjene v Bršljinu in Mačkovcu, nato sledita stalna postaja in Šmihel, najnižje ravni pa so bile izmerjene na Cikavi in Kandiji. Največji lokalni vir delcev PM₁₀ so individualna kurišča na drva, ki v posameznih naseljih ob slabih vremenskih pogojih pomembno vplivajo na kakovost zunanjega zraka. Tako so izmerjene razlike v povprečnih dnevni ravni delcev PM₁₀ med posameznimi lokacijami pričakovane glede na mikrolokacijo, opisano v tretjem poglavju tega poročila. Občasno se zaradi bližnjih lokalnih izpustov lahko pojavijo tudi večje razlike v ravni delcev, kar bi bilo možno razbrati iz urnih meritev PM₁₀.

5. Meteorološka analiza

Do preseganj dnevne mejne vrednosti delcev PM₁₀ večinoma prihaja v zimskih mesecih, ko se temperaturni obrat pojavlja pogosteje kot v sicer, zrak pa zaradi povečane potrebe po ogrevanju onesnažujejo male kurilne naprave. Meteorološki pogoji torej močno prispevajo k boljši ali slabši kakovosti zunanjega zraka. Namen izvajanja meteoroloških meritev v okviru merilne kampanje Novo mesto je bil podrobneje spremljati vpliv meteoroloških pogojev na izmerjene ravni parametrov onesnaženosti zunanjega zraka. Pri tem je potrebno poudariti, da so bile le meritve na stalni postaji Novo mesto izvedene skladno s standardi Svetovne meteorološke organizacije (WMO). Ostale meteorološke meritve pridobljene v okviru merilne kampanje zahtevnim standardom ne zadoščajo. Z upoštevanjem sistematičnih napak in drugih negotovosti, ki izhajajo iz postavitve merilnikov in načina izvajanja začasnih meteoroloških meritev, pa lahko te meritve do določene mere vseeno uporabimo za pomoč pri interpretaciji izmerjenih parametrov kakovosti zunanjega zraka.

Slika 17 prikazuje potek temperature, tlaka, vlage, padavin in jakosti vetra na štirih različnih lokacijah merilne kampanje v Novem mestu. Poleg tega so na pripadajočih lokacijah prikazani tudi rezultati meritev delcev PM₁₀, ki so bili že predstavljeni v tretjem poglavju. Lokacija NM Šmihel z meritvami delcev PM₁₀ in pripadajoča lokacija NM Šmihel OŠ z meteorološkimi meritvami se sicer nekoliko razlikujeta (razvidno s slike 1). Z izjemo padavin in delcev PM₁₀, kjer prikazujemo dnevne vrednosti, so na sliki 17 prikazani rezultati 10 minutnih meritev. Razlike v meritvah temperature so med posameznimi merilnimi mesti zelo majhne. Pri meritvah tlaka je pri umerjanju barometra na lokaciji NM Bršljin prišlo do manjše napake, zaradi česar opazimo nekoliko odstopanja v tlaku izmerjenem na tej lokaciji. Meteorološke meritve na lokaciji NM Kandija so najmanj skladne s standardi WMO (parkirišče, pokritost tal in neustrezna višina meritev nad tlemi), posledica česar je opazno odstopanje relativne vlage in vetra od meritev na ostalih lokacijah. Zaradi prenizke višine merjenja (2 m namesto 10 m) z Davis postajo so meritve jakosti vetra na lokacijah NM Bršljin in NM Šmihel OŠ sistematično podcenjene, obenem pa zaradi slabe natančnosti merilnika smer vetra pri jakostih pod 0,45 m/s ni bila določena. To je imelo za posledico kar 64 % delež manjkajočih podatkov za smer vetra v primeru lokacije NM Šmihel OŠ (na stalni meteorološki postaji samo 1%). Na lokaciji NM Bršljin pa je na izmerjeno smer vetra dodatno vplivala tudi bližina ceste in stanovanjskih hiš. Ta dejstva je potrebno upoštevati pri nadaljnji interpretaciji rezultatov.

Prva preseganja dnevne mejne vrednosti za delce PM₁₀ so bila izmerjena že v prvih dneh merilne kampanje Novo mesto, in sicer dne 12.1.2019 in 13.1.2019, ko se je ozračje pri tleh ob temperaturnem obratu prvič umirilo. Nato so dnevne ravni delcev pričele postopno naraščati po prehodu hladne fronte dne 18.1.2019. Prvo daljše obdobje preseganj dnevne mejne vrednosti, od 21.1.2019 do 28.1.2019, je bilo zaznamovano z zelo nizkimi temperaturami zraka (dnevna povprečja pod 0 °C), šibkim vetrom ter meglo in nizko oblačnostjo, ki sta vztrajali tudi preko dneva (razvidno iz visoke relativne vlage). V dneh 26.1.2019 in 27.1.2019, ko so bile ravni delcev PM₁₀ najvišje je bil izmerjen tudi izrazit temperaturni obrat (slika 18). Ob naslednjem prehodu hladne fronte in padavinah dne 28.1.2019 se je ozračje očistilo in ravni delcev so se prehodno znižale. Le nekaj dni kasneje, 31.1.2019 in 1.2.2019 so ob rahlem sneženju in hkratni umiritvi ozračja ter nizkih temperaturah ravni delcev ponovno močno narasle. Zatem je bil izrazit padec ravni delcev PM₁₀ posledica dobre prevetrenosti ozračja (na Primorskem je pihala burja), temperature so obenem nekoliko narasle, v Novem mestu je bilo izmerjenih tudi nekaj krajevnih padavin. Ob naslednjem izmerjenem dvodnevem preseganju dnevne mejne vrednosti dne 7.2.2019 in 8.2.2019 se je veter lokalno ponovno povsem umiril. Nato se je ob prehodu hladne fronte dne 11.2.2019 ozračje močno prevetnilo in s padavinami počistilo, izmerjene ravni delcev PM₁₀ so bile na vseh merilnih mestih ta dan med najnižjimi v času kampanje. Sledilo je najdaljše suho obdobje brez padavin v času merilne kampanje, ki je trajalo do 4.3.2019. V tem obdobju so ravni delcev najprej postopno naraščale. Prvo ponovno preseganje je bilo izmerjeno dne 17.2.2019, ko se je vzpostavil izrazit temperaturni obrat



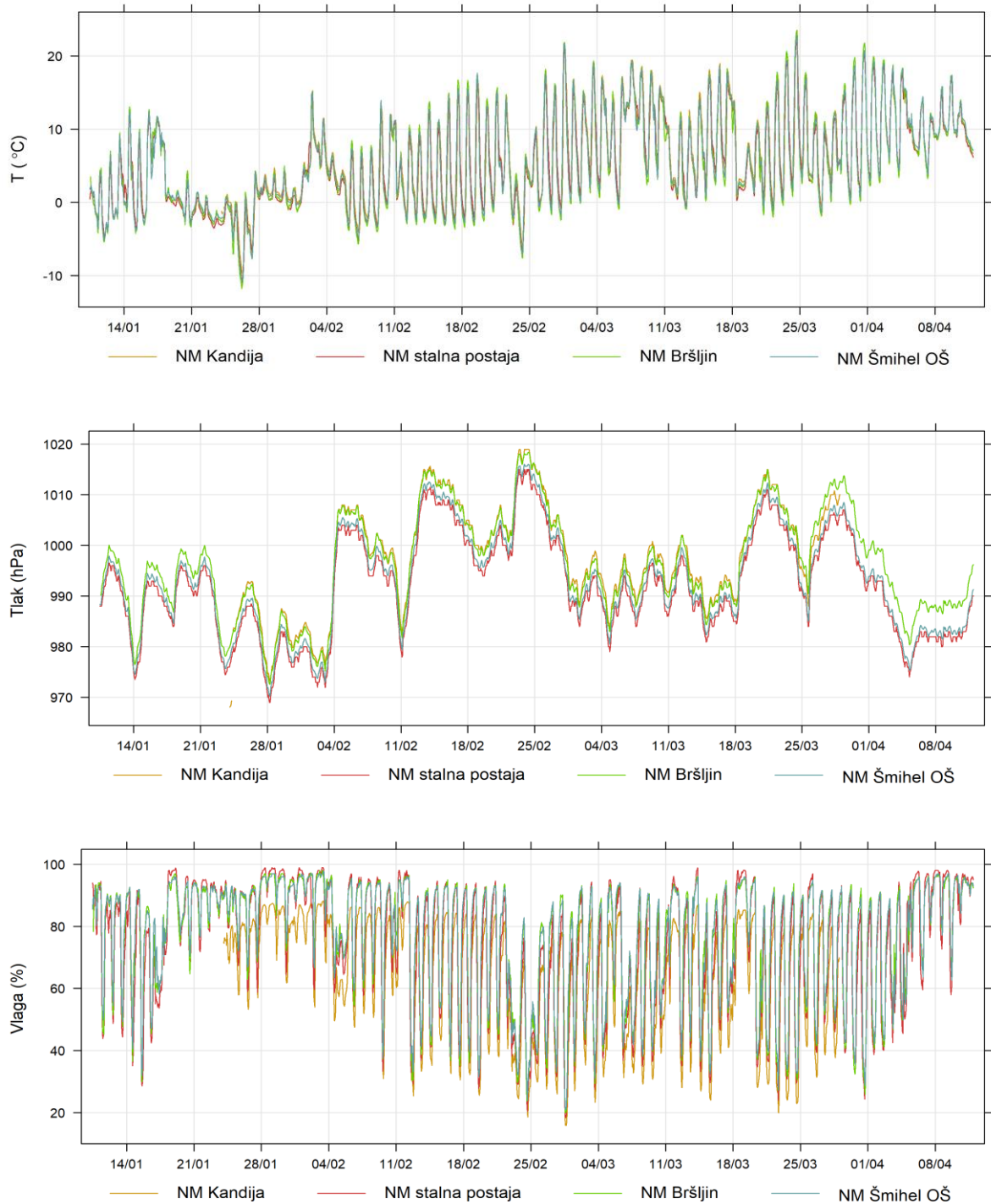
(slika 18). Onesnaženost zraka se je zatem še stopnjevala. To drugo izrazitejše obdobje povišane onesnaženosti zraka z delci PM_{10} je trajalo do 21.2.2019. Značilna za to obdobje so bila izrazita dnevna nihanja temperature in relativne vlage s precejšnjo razliko med minimalno jutranjo temperaturo in dnevnimi maksimumi. Preko noči se je v tem obdobju z ohladitvijo zraka pri tleh vzpostavil temperaturni obrat, ozračje povsem umirilo in pojavila se je megla. Preko dneva pa se je ob dnevnem porastu temperature zaradi sonca megla razkrojila (relativna vlaga zmanjšala), temperaturni obrat se je v plasti zraka tik nad tlemi razbil in veter ob tem nekoliko ojačil. V takšnih meteoroloških pogojih so običajno ravni delcev PM_{10} ponoči zelo visoke, podnevi pa se zaradi lokalnega premešanja prizemne plasti zraka lahko precej znižajo. Na lokaciji NM Kandija, ki je edino merilno mesto z avtomatskimi urnimi meritvami delcev PM_{10} so meritve v teh dneh potrdile takšen dnevni hod delcev PM_{10} (slika ni prikazana). Povprečne dnevne ravni delcev so v tem obdobju postopno naraščale, do izrazitega padca je prišlo ob prehodu hladne fronte zaradi močnega vetra in zamenjave zračne mase dne 22.2.2019. Padavin v Novem mestu ob tem prehodu fronte ni bilo, saj je bila zračna masa, ki je prešla Slovenijo zelo hladna in suha (vidno iz padca relativne vlage in temperature), ko se je preko celotne Slovenije pomaknilo območje visokega zračnega tlaka (vidno iz porasta tlaka). Zatem je bilo 26.2.2019, ko se je ponovno vzpostavil izrazit temperaturni obrat in je bilo ozračje tudi preko dneva mirno, izmerjeno še zadnje preseganje dnevne mejne vrednosti v tej merilni kampanji. Čeprav je zatem temperaturni obrat vztrajal do prvih dni marca, so le še 29.2.2019 ravni delcev PM_{10} nekoliko narasle, takrat je bilo ozračje ponovno mirno tudi preko dneva. V marcu je bila onesnaženost zraka z delci PM_{10} zaradi spremenljivega vremena, pogostih padavin in nekoliko toplejšega ozračja manjša.

Nadaljnje statistične analize povzamejo dosedanje ugotovitve. Razsevni grafikoni na sliki 19 prikazujejo povezavo dnevnih ravni delcev z dnevnimi povprečji temperature, vlage in jakosti vetra za dve merilni mesti kampanje. Najvišje dnevne ravni delcev PM_{10} so bile izmerjene v dneh s šibkim vetrom in nizkimi temperaturami zraka, ponavadi je bila obenem povprečna dnevna relativna vlaga v dnevnu nekoliko višja. Ker se z dnevnim povprečenjem urnih meritev nekatere pomembne informacije izgubijo, slika 20 prikazuje tudi razsevni grafikon urnih vrednosti PM_{10} ter temperature oziroma relativne vlage na lokaciji NM Kandija, ki je edina lokacija z razpoložljivimi urnimi meritvami delcev PM_{10} in meteorološkimi parametri. Povezava med onesnaženostjo zraka in temperaturo oziroma relativno vlago je v tem primeru še bolj razvidna.

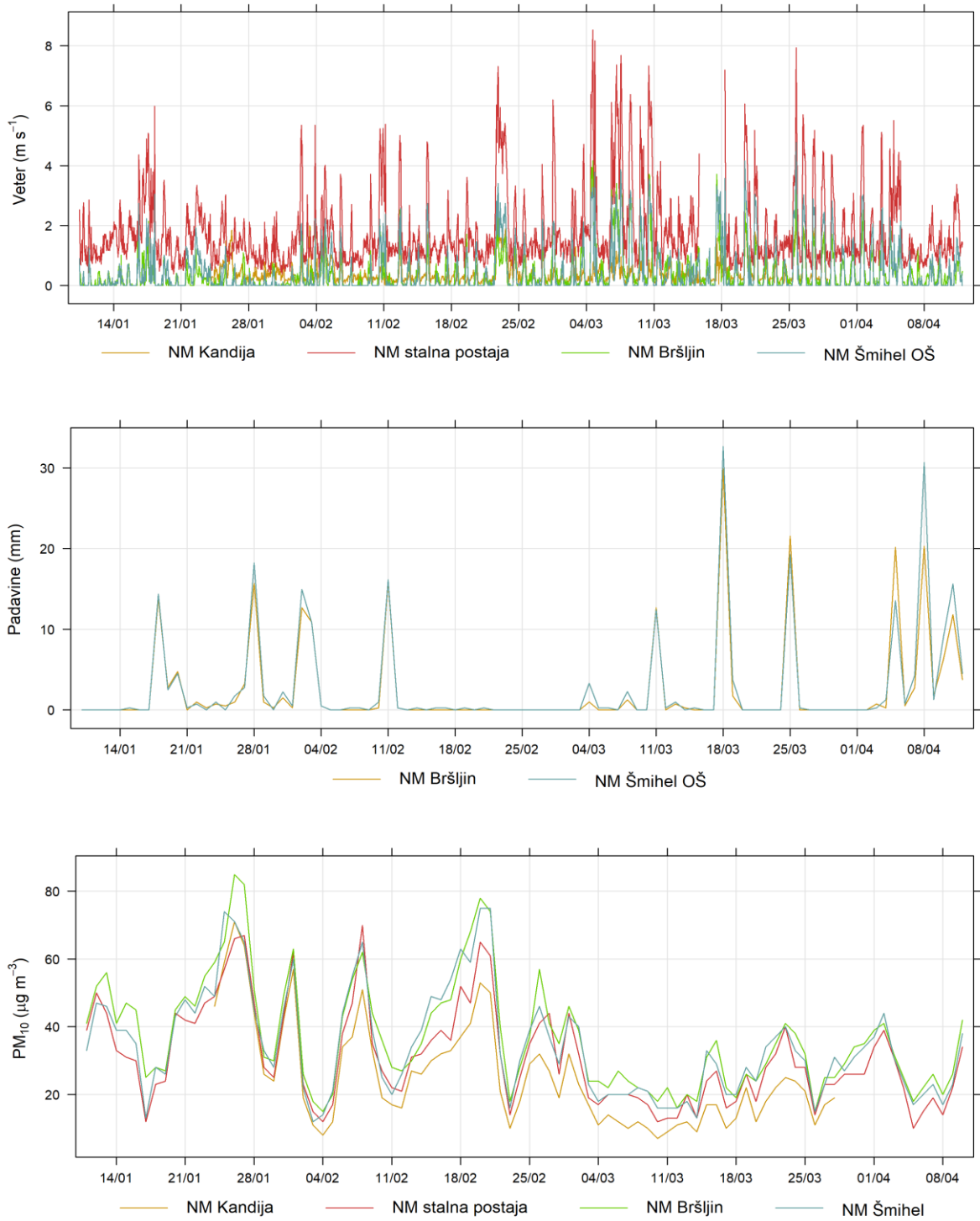
Kolikor so pridobljene meritve omogočale, smo naredili tudi podrobnejše analize vpliva vetra na onesnaženost zraka po posameznih postajah. Najprej smo ločeno obravnavali dni, ko je bilo izmerjeno preseganje dnevne mejne vrednosti delcev PM_{10} , ki znaša $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na merilnem mestu NM Šmihel je bilo takšnih dni 12, NM Bršljin 16, na NM stalna postaja pa 8. Rezultati pogostosti smeri in hitrosti vetra (rezultati 10 minutnih meritev) za dni s preseganji so za stalno merilno mesto in NM Šmihel prikazani na sliki 21. Na stalnem merilnem mestu je v dneh s preseganji prevladoval veter južne do zahodne smeri, jakosti med 1 m/s in 2 m/s. V manjšem deležu je bil prisoten tudi nekoliko močnejši severovzhodnik, ki se je pojavil v dneh, ko je prišlo do padca ravni delcev PM_{10} šele v večernih urah, povprečna dnevna vrednost pa je kljub temu bila presežena. Na lokaciji NM Šmihel je v dneh s preseganji večino časa pihal veter jakosti do 1 m/s, najpogosteje severovzhodnik. Šibkejši veter na lokaciji NM Šmihel je posledica razlike v višini postavitve Davis merilnika vetra (2 m namesto 10 m). Obenem je za Davis merilnik določitev prevladujoče smeri vetra nezanesljiva zaradi velikega deleža manjkajočih podatkov o smeri vetra za najnižje jakosti vetra (do 0,45 m/s), zato rezultati Davis merilnika niso reprezentativni in so prikazani zgolj informativno.

Na sliki 22 so urne ravni delcev PM_{10} izmerjene na lokaciji NM Kandija analizirane skupaj z urnimi meritvami vetra s stalne postaje Novo mesto. Slika tako sicer prikazuje rezultate meritve z dveh lokacij, vendar so meritve vetra na lokaciji NM Kandija zelo pomanjkljive, meritve vetra stalne postaje pa reprezentativne za širše območje. S slike je razvidno, da se najvišje urne ravni delcev pojavljajo pri šibkih jakostih vetra, najvišje so v povprečju približno pri jakosti vetra 1 m/s južne smeri. Le izjemoma so bile na lokaciji NM Kandija izmerjene višje urne ravni tudi pri močnejšem vetru SV smeri (izmerjenem na stalni postaji). Analiza vpliva lokalnega gibanja zraka na mikrolokaciji postaje NM Kandija (analiza narejena z meritvami vetra NM Kandija) kaže najvišje urne ravni delcev ob JZ smereh vetra, vendar rezultati teh analiz zaradi nezanesljivosti meritev vetra niso prikazani.

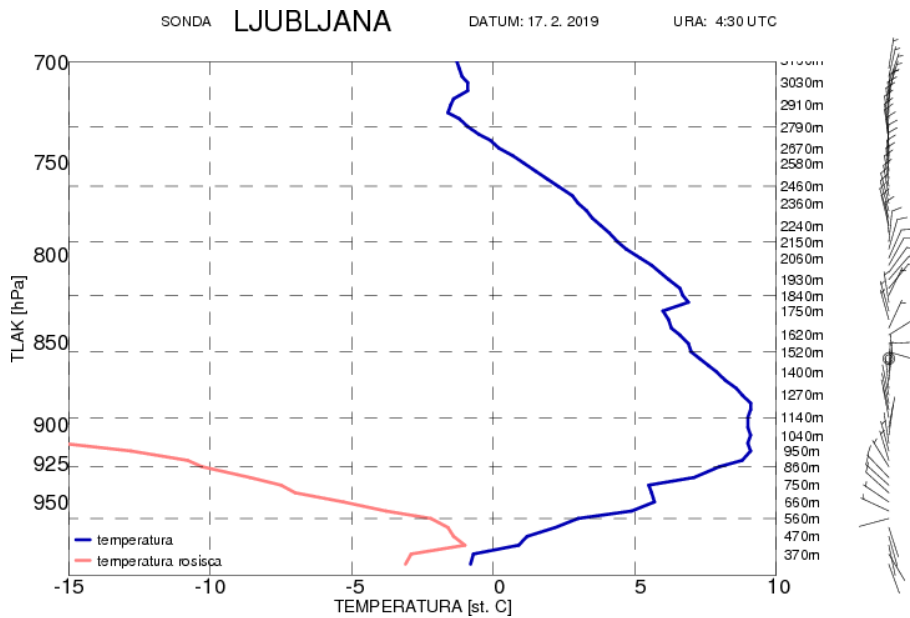
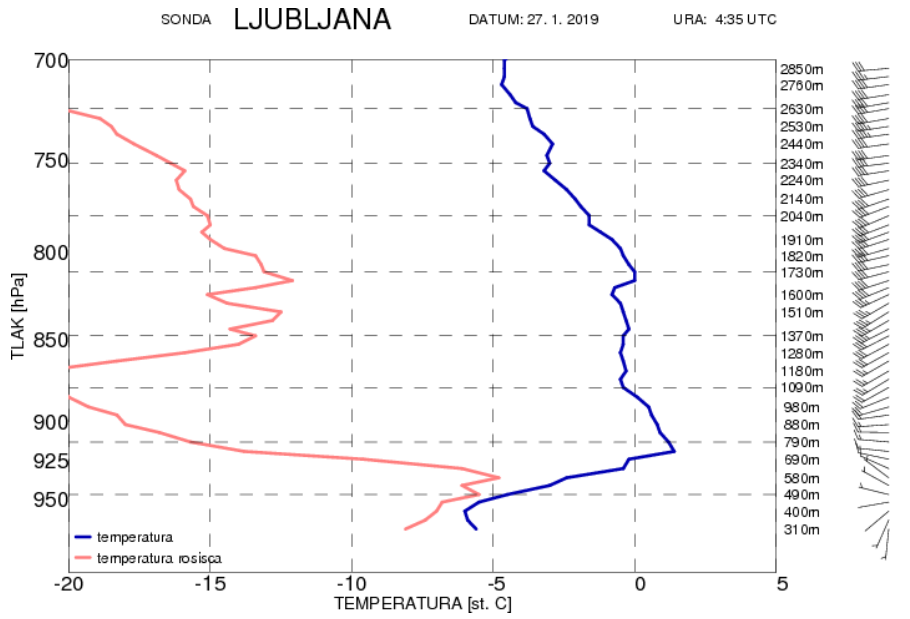
Pregledali smo tudi rezultate merilnikov temperature v 5 minutni ločljivosti (NM Gumbek 1, ..., NM Gumbek 8). Potek temperature je bil na vseh lokacijah približno enak kot na drugih merilnih postajah, razlike v temperaturi med posameznimi lokacijami so majhne in za interpretacijo onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ manj pomembne, zaradi česar teh rezultatov v poročilu podrobneje ne prikazujemo.



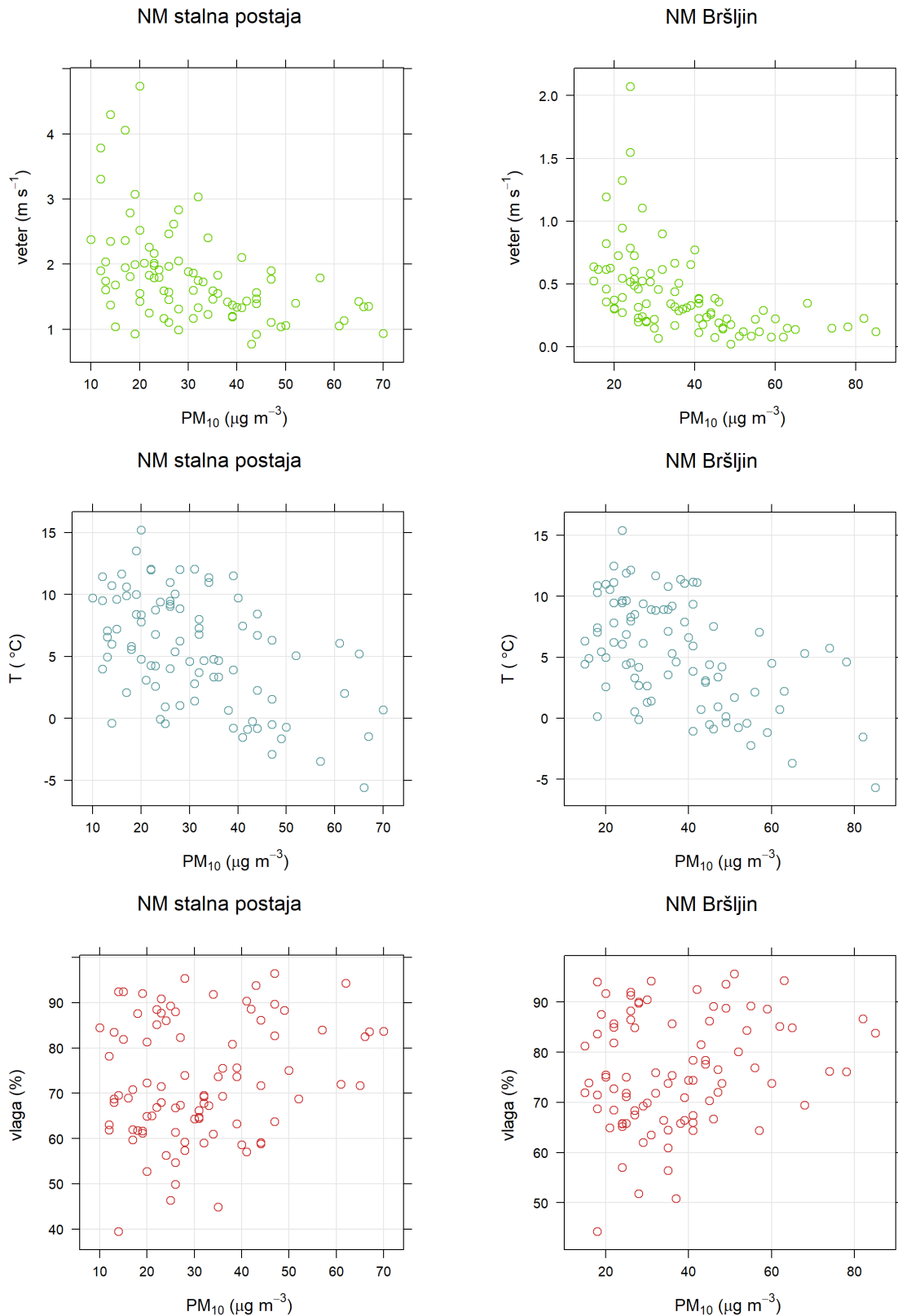
Slika 17 (prvi del): Potek temperature, tlaka in vlage na štirih merilnih mestih kampanje Novo mesto. Prikazane so meritve v 10 minutni časovni ločljivosti. *Opomba: razhajanje pri meritvah tlaka na lokaciji NM Bršljin je posledica manjše napake pri umerjanju barometra.



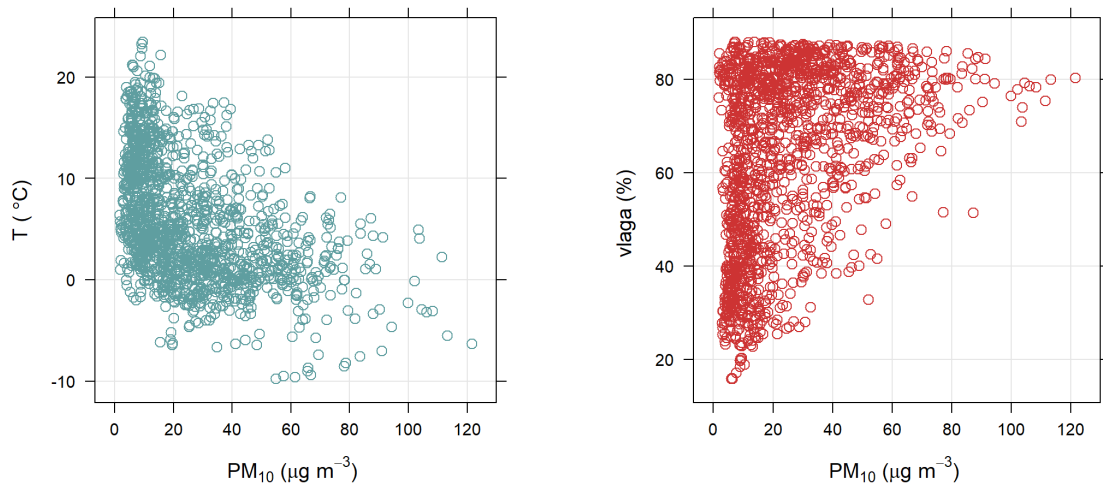
Slika 17 (drugi del): Jakost vetra, padavine in ravni delcev PM_{10} na štirih merilnih mestih kampanje Novo mesto. Meritve vetra so prikazane v 10 minutni, padavine in ravni delcev pa v 24 urni časovni ločljivosti.



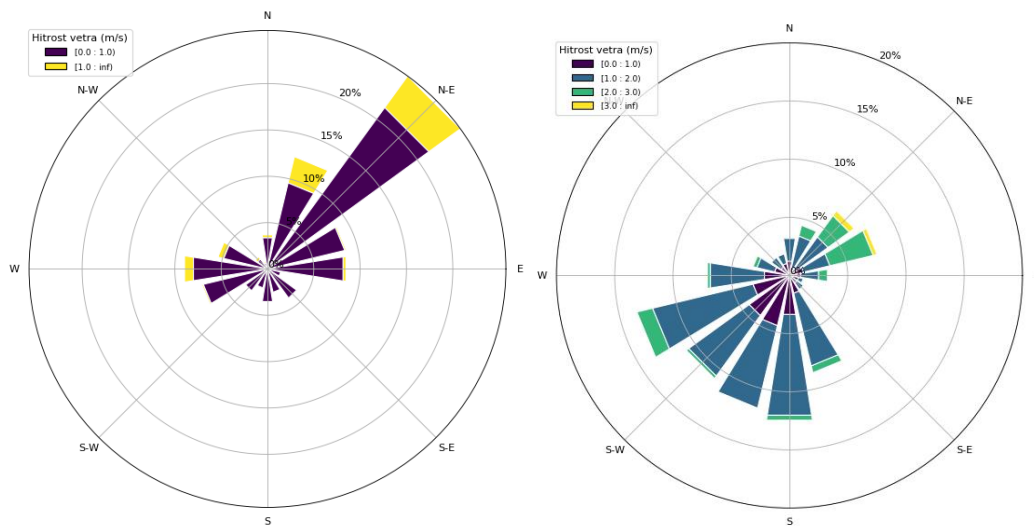
Slika 18: Radiosondažne meritve vertikalnih profilov temperature, vlage in vetra nad Ljubljano za dan 27.1.2019 (zgoraj) in dan 17.2.2019 (spodaj). Modra linija predstavlja potek temperature, rdeča temperature rosišča. Na desni strani grafa je prikazana smer in hitrost vetra. Vir: <http://www.arso.gov.si>.



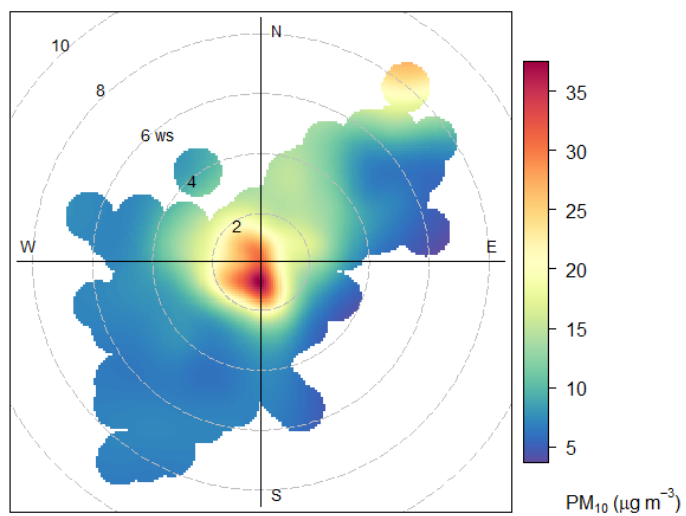
Slika 19: Razsevni grafikon prikazuje povezavo med dnevnimi ravni delcev in pripadajočimi dnevnimi povprečji vetra, temperature in vlage na dveh lokacijah merilne kampanje. OPOMBA: meritve vetra na lokaciji NM Bršljin so potekale na višini 2 m (na stalni postaji skladno z zahtevami WMO na višini 10 m).



Slika 20: Razsevna grafikona prikazujeta povezavo med urnimi ravnmi delcev in pripadajočimi urnimi vrednostmi temperature in vlage na lokaciji NM Kandija. Opomba: meteorološke meritve niso bile izvedene skladno z zahtevami WMO



Slika 21: Prikaz pogostnosti smeri in hitrosti vetra (vetrovne rože) za 10 minutne termine na meteorološki postaji Davis Šmihel OŠ (levo) in stalni meteorološki postaji NM (desno), za dni, ko je na teh merilnih mestih prišlo do preseganja dnevne mejne vrednosti delcev PM_{10} , ki znaša $50 \mu g/m^3$.



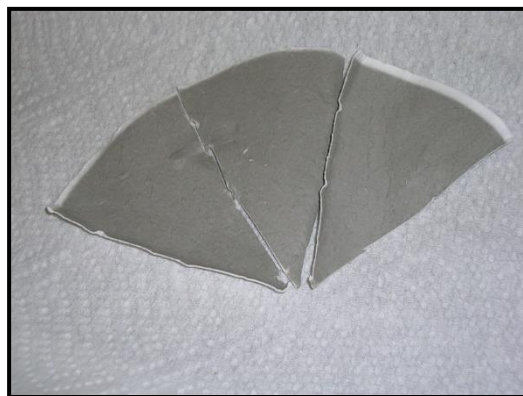
Slika 22: Odvisnosti povprečne ravni delcev PM_{10} od smeri in jakosti vetra. Za prikaz so uporabljeni rezultati urnih meritev delcev PM_{10} na lokaciji NM Kandija in urnih meritev vetra na lokaciji stalne postaje v Novem mestu.

6. Analiza virov delcev PM₁₀ na merilnem mestu Cikava

Na merilnem mestu Cikava smo meritve delcev izvajali z visokovolumskim vzorčevalnikom Digitel, kjer se delci PM₁₀ zbirajo na filtru s premerom 150 mm (slika 23). Velika površina filtra ter velik depozit delcev PM₁₀ omogoča njegovo analizo na večje število parametrov. Koncentracija in sestava delcev je odvisna od virov (naravnih in antropogenih) ter od meteoroloških pogojev. Po končanem vzorčenju iz razlike v masi filtra določimo masno koncentracijo delcev PM₁₀, nato pa te delce PM₁₀ analiziramo na parametre, ki so predstavljeni v preglednici 5. Vzorce in kemijsko analizo smo naredili na vseh 90 vzorcih odvzetih med 11.1. in 10.4.2019. Daljše kot je časovno obdobje, boljši je rezultat analize virov.

Preglednica 5: 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	NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} in Mg^{2+} NO_3^- , Cl^- in SO_4^{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
Levoglukozan	



Slika 23: Del razrezanega filtra Ø 150 mm, pripravljenega za kemijsko analizo.

Rezultate kemijske analize smo vnesli v statistični model PMF (Positive Matrix Factorization), ki določi skupno odvisnost od značilnih indikatorjev (angl. tracers) za posamezen emisijski vir. PMF je receptorski model, ki se lahko uporablja za določitev in kvantifikacijo prispevkov posameznih virov delcev PM v zunanem zraku. Na ta način določamo tipe virov, ki prispevajo k izmerjenim ravnom PM₁₀.

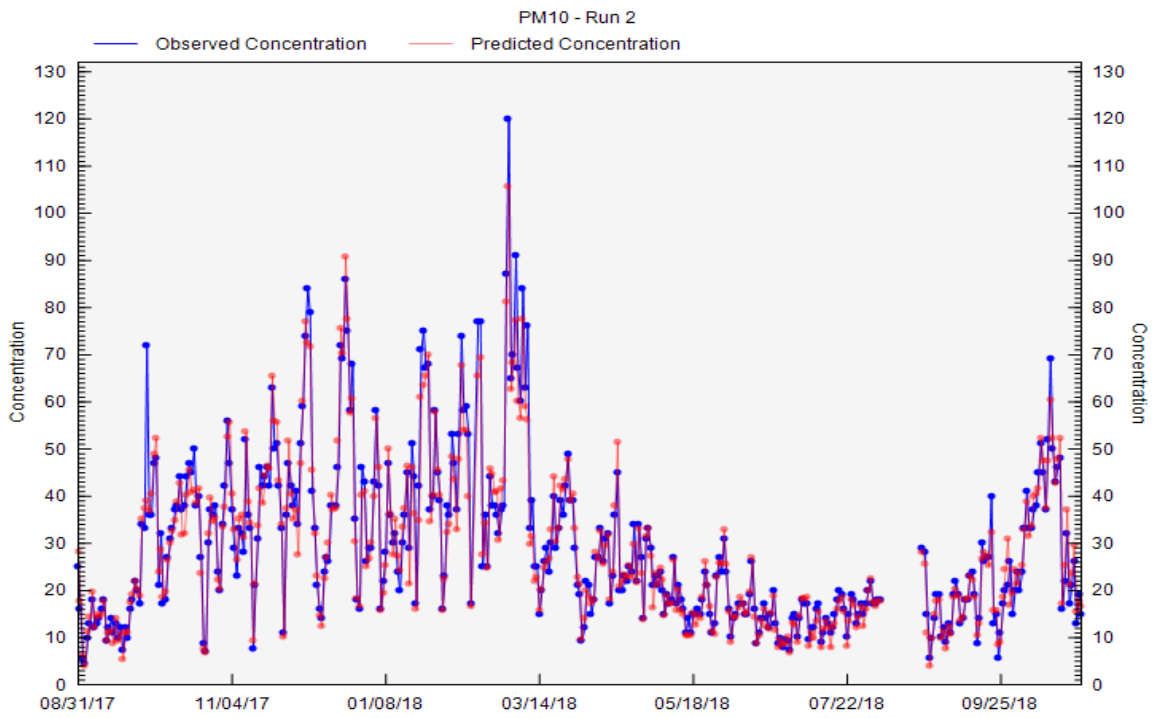
Statistični model posameznemu viru pripiše najbolj zastopane indikatorje. V preglednici 6 je iz različne strokovne literature in člankov (European guide on air pollution source apportionment with receptor models JRC technical reports 2019, Morawska and Zang 2001, Sternbeck et al. 2002, Perekh et al. 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.



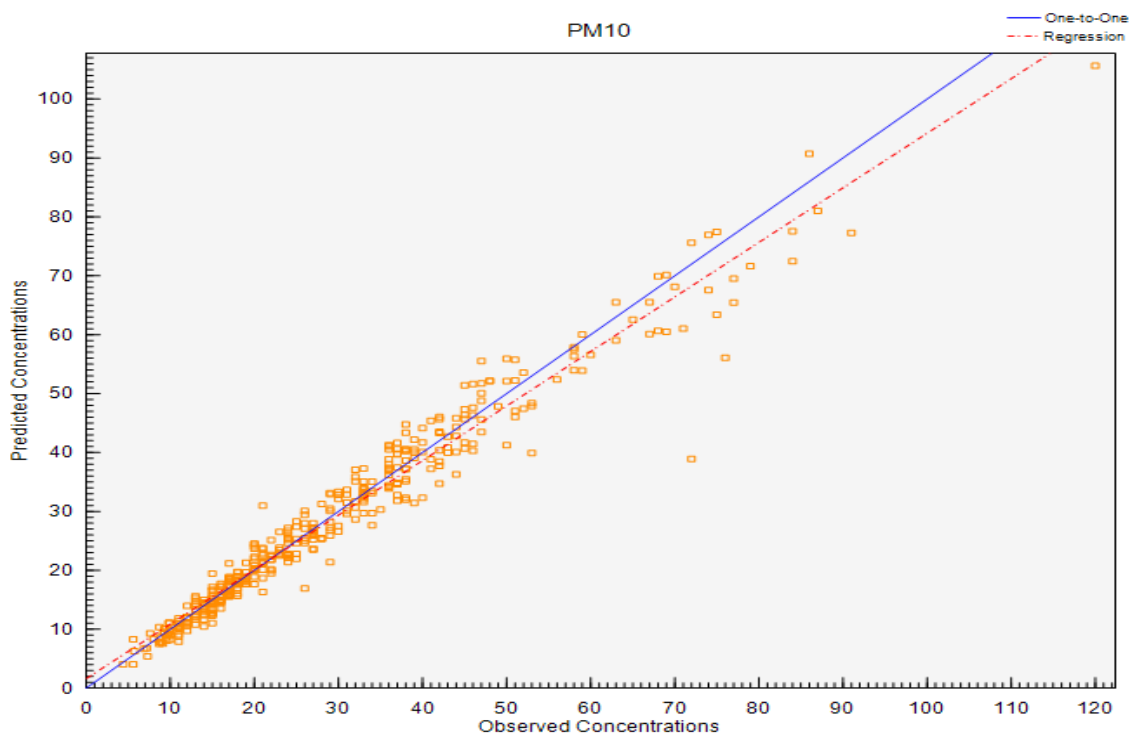
Slika 24 in 25 prikazujeta ujemanje ravni delcev PM₁₀ pridobljenih z meritvami in izračunanimi s statističnim modelom PMF. Ujemanje je 96 %, kar je zelo dobro, zato lahko trdimo da so izračunani viri delcev PM₁₀, pridobljeni s tem statističnim pristopom, verodostojni.

Preglednica 6: Značilni indikatorji za posamezen vir onesnaženja.

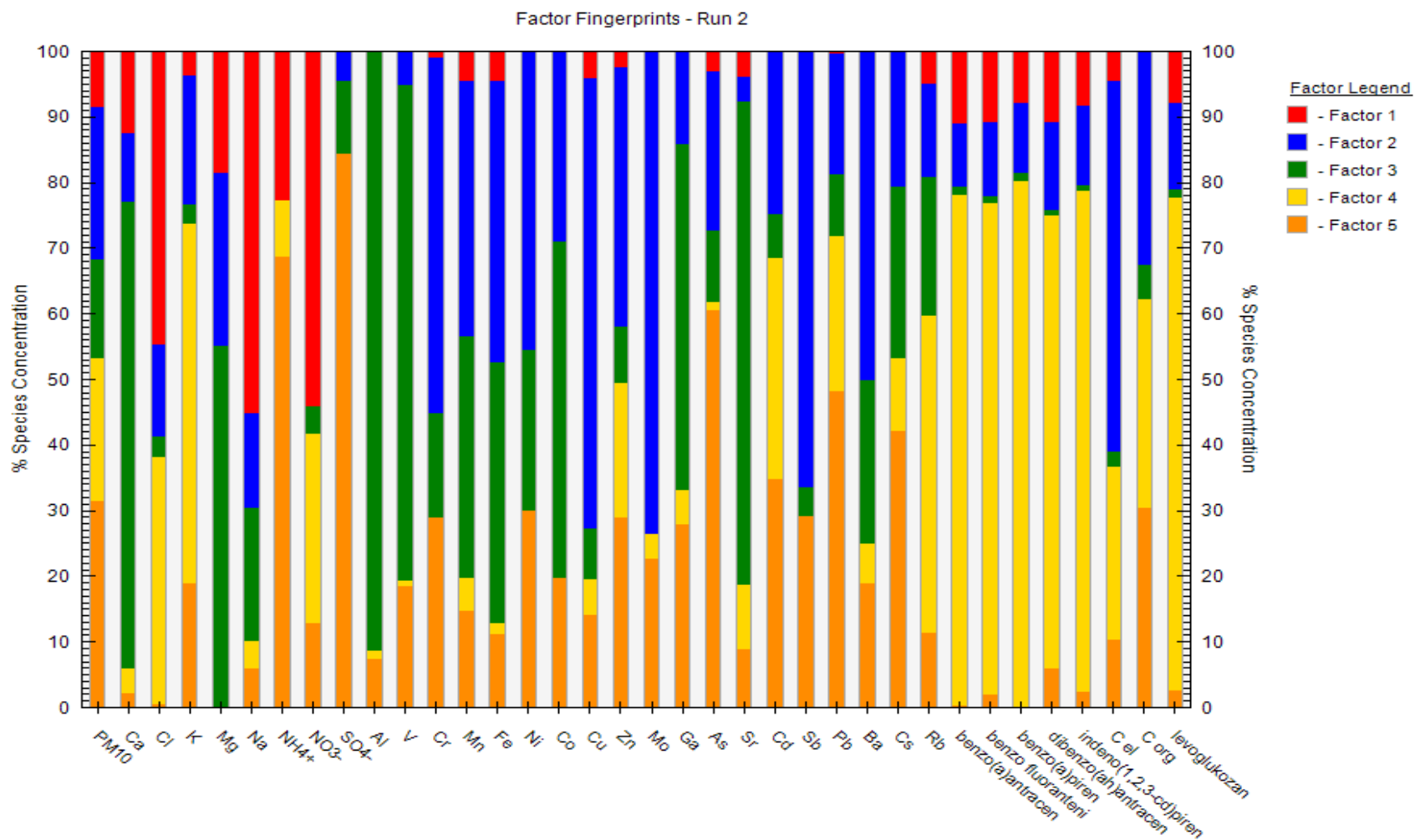
Vir onesnaženja	Značilni elementi
CESTNI PROMET: Emisija izpusta Obraba pnevmatik Obraba zavor Prah na cestah zaradi prometa	Br, Pb, Ba, EC, Mn, Cl, Zn, V, Ni, Se, Sb, As, PAH Zn Cu, Zn, Pb EC, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, Zn
INDUSTRIJA: Industrija železa in jekla Rafinerija Cementarna	Pb V Mg, Al, K, Ti,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



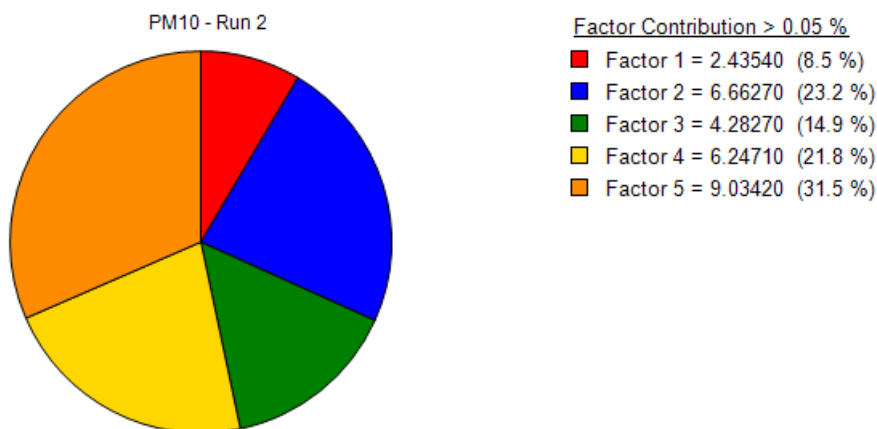
Slika 18: Ujemanje izmerjenih (Observed Concentration-modra črta) dnevni ravni delcev PM_{10} z izračunanimi (Predicted Concentration-rdeča črta) s statističnim modelom PMF.



Slika 25: Ujemanje izmerjenih (Observed Concentration-modra črta) dnevni ravni delcev PM_{10} z izračunanimi (Predicted Concentration-rdeča črta) s statističnim modelom PMF, $r^2 = 0,96$.



Slika 26: Zastopnost posameznega parametra v odstotkih v določenem viru (Factor).



	Vir emisij	Delež
1 + 5	Anorganski sekundarni delci	(8,5 % + 31,5 %) 40 %
2	Promet	23,2 %
3	Resuspenzija	14,9 %
4	Kurjenje lesa	21,8 %

Slika 27: Porazdelitev posameznih virov (Factor) v odstotkih za PM₁₀.

Slika 26 in preglednica 7 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 Cikavi pa je prikazana na sliki 27. Iz podatkov v preglednici 6 in iz slike 26 lahko določimo vire onesnaženja.

VIR 1 (rdeča barva): Iz slike 26 je razvidno, da v tem viru prevladuje nitrat, natrij in klorid. Nitrat 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. Natrij in klorid sta povezana s soljenjem cest. K onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM₁₀ ta vir prispeva 8,5 % delcev PM₁₀ (slika 27).

VIR 2 (modra barva): Iz slike 26 je razvidno, da v tem viru prevladuje elementarni in organski ogljik, baker, molibden, antimon, barij in krom. 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 μm. Baker je indikator za motorno olje in obrabo pnevmatik, antimon je indikator za obrabo pnevmatik. Ta vir lahko pripišemo cestnemu prometu, ki k onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM₁₀ prispeva 23,2 % delcev PM₁₀ (slika 27).

VIR 3 (zelena barva): Iz slike 26 je razvidno, da v tem viru prevladuje aluminij, kalcij, vanadij, magnezij in stroncij. 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 PM₁₀ ta vir prispeva 14,9 % delcev PM₁₀ (slika 27).

VIR 4 (rumena barva): Iz slike 26 je razvidno, da v tem viru prevladuje levoglukozan, policiklični aromatski ogljikovodiki PAH, 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 zunanjega zraka z delci PM₁₀ prispeva 21,8 % delcev PM₁₀ (slika 27).

VIR 5 (oranžna barva): Iz slike 26 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 (SO₂ in NH₃). Večina teh delcev ni posledica lokalnih virov, temveč transporta na daljše razdalje. K onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM₁₀ ta vir prispeva 31,5 % delcev PM₁₀ (slika 27).

Iz te analize virov delcev PM₁₀ lahko zaključimo, da na merilnem mestu Cikava v zimskem obdobju prevladujejo štiri viri onesnaženja (slika 27). Največji delež (40 % - vir 1 in vir 5 skupaj) pripada sekundarnim delcem, nato sledi 23,2 %, ki jih lahko pripišemo izpustom iz prometa, 21,8 % individualnim kuriščem na trda goriva ter 14,9 % resuspenziji. Zelo podobno razporeditev po virih delcev PM₁₀ smo dobili leta 2013, ko je analiza virov potekala na stalnem merilnem mestu v Novem mestu. Takrat se je tudi pokazalo, da se je v dneh, ko so ravni delcev PM₁₀ presegle dnevno mejno vrednost, največ povečal delež iz individualnih kurišč (preglednica 7). Na podatkih iz Cikave za to kampanjo takšne analize zaradi premajhnega števila podatkov ni smiselno narediti.

Preglednica 7: Porazdelitev virov delcev PM₁₀ glede na njihovo raven (nad in pod 50 µg/m³) v zimskem obdobju meritev na stalnem merilnem mestu v Novem mestu v letu 2013 in 2014. V oklepaju je naveden delež vira emisij.

	Vir emisij	C_{PM10} < 50 µg/m³	C_{PM10} > 50 µg/m³
1	Kurjenje lesa	11 µg/m ³ (37 %)	33 µg/m ³ (51 %)
2	Anorganski sekundarni delci	11 µg/m ³ (38 %)	22 µg/m ³ (34 %)
3	Promet/Resuspenzija	7 µg/m ³ (25 %)	10 µg/m ³ (15 %)

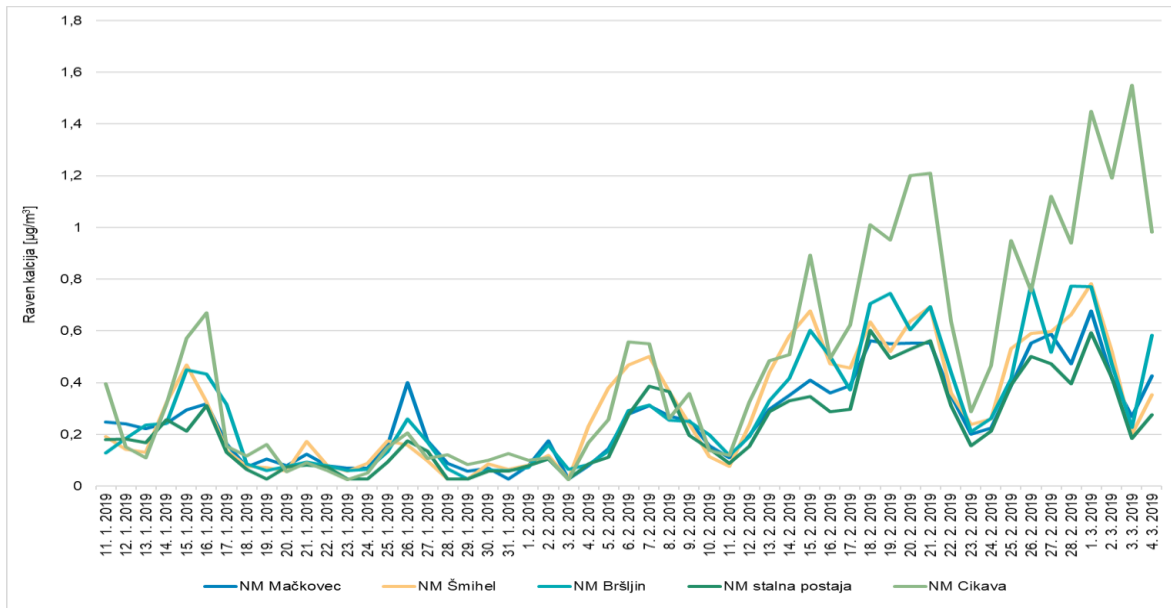
7. Kemijska sestava delcev PM₁₀

Za obdobje od 11. 1. - 4. 3. 2019 se je na merilnih postajah NM Šmihel, NM Bršljin, NM Mačkovec in NM stalna postaja, kjer je vzorčenje potekalo z nizkovolumskim vzorčevalnikom, delce PM₁₀ analiziralo na prisotnost določenih ionov, levoglukoza, organskega in elementarnega ogljika. Nizkovolumski vzorčevalniki zbirajo delce na filtrih z manjšim premerom, zaradi česar je bilo na teh merilnih mestih možno filtre analizirati na manjše število parametrov kot na merilni postaji NM Cikava, kjer se je poleg teh analiz opravila še analiza na nekatere težke kovine ter policiklične aromatske ogljikovodike.

Na slikah 28 do 38 je grafično prikazan potek dnevnih vrednosti za posamezne parametre določene v delcih PM₁₀ na različnih merilnih mestih v Novem mestu v obdobju od 11.1. do 4.3.2019. Povprečne ravni in najvišje dnevne vrednosti posameznih parametrov so predstavljene v preglednicah 9 do 19. Vsak rezultat ima merilno negotovost, ki jo je potrebno upoštevati pri interpretaciji rezultatov. Merilne negotovosti za posamezne parametre so napisane v preglednici 8.

Preglednica 8: Merilna negotovost po posameznih parametrih.

Parameter	Merilna negotovost
Nitrati	16 %
Sulfati	8%
Kloridi	27 %
Kalcij	19 %
Magnezij	31 %
Natrij	14 %
Kalij	33 %
Amonij	20 %
Elementarni ogljik	12 %
Organski ogljik	7 %
Levoglukoza	21 %

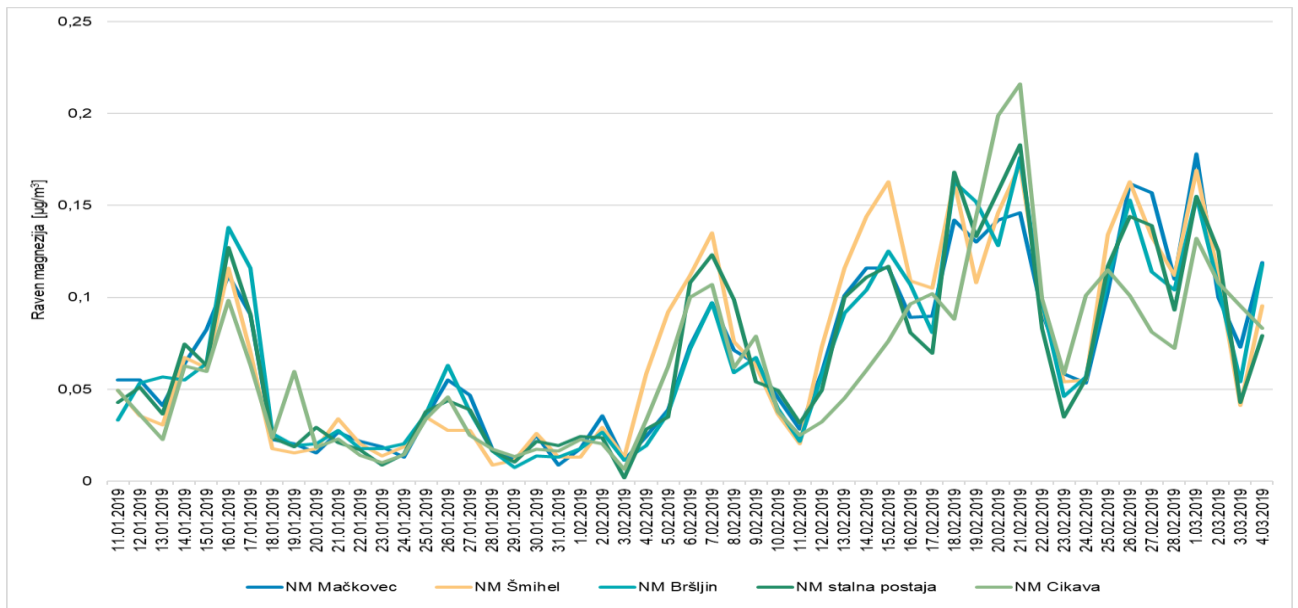


Slika 19: Dnevne ravni kalcija v PM_{10} na različnih merilnih mestih.

Preglednica 9: Povprečna in maksimalna dnevna raven kalcija v PM_{10} na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,30	0,30	0,26	0,46	0,23
c_{max} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,78	0,78	0,68	1,6	0,60

Legenda: c_p -povprečna raven kalcija v obdobju meritev, c_{max} -najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev

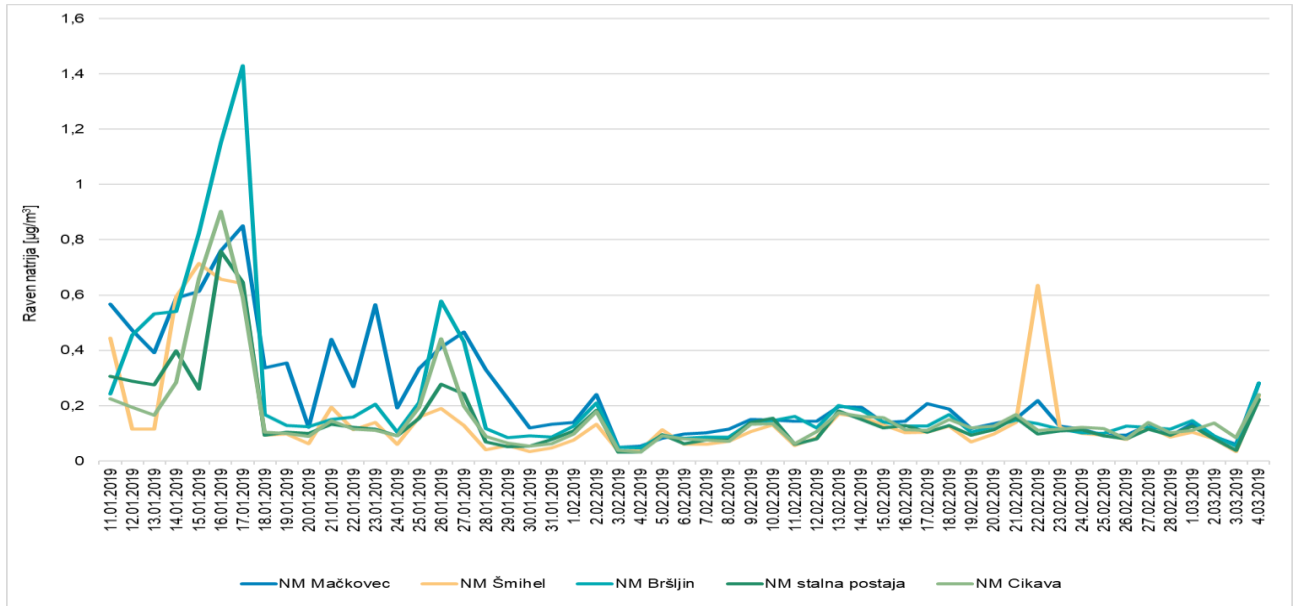


Slika 20: Dnevne ravni magnezija v PM_{10} na različnih merilnih mestih.

Preglednica 10: Povprečna in maksimalna dnevna raven magnezija v PM_{10} na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07
c_{max} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,17	0,18	0,18	0,22	0,18

Legenda: c_p -povprečna raven magnezija v obdobju meritev, c_{max} -najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev

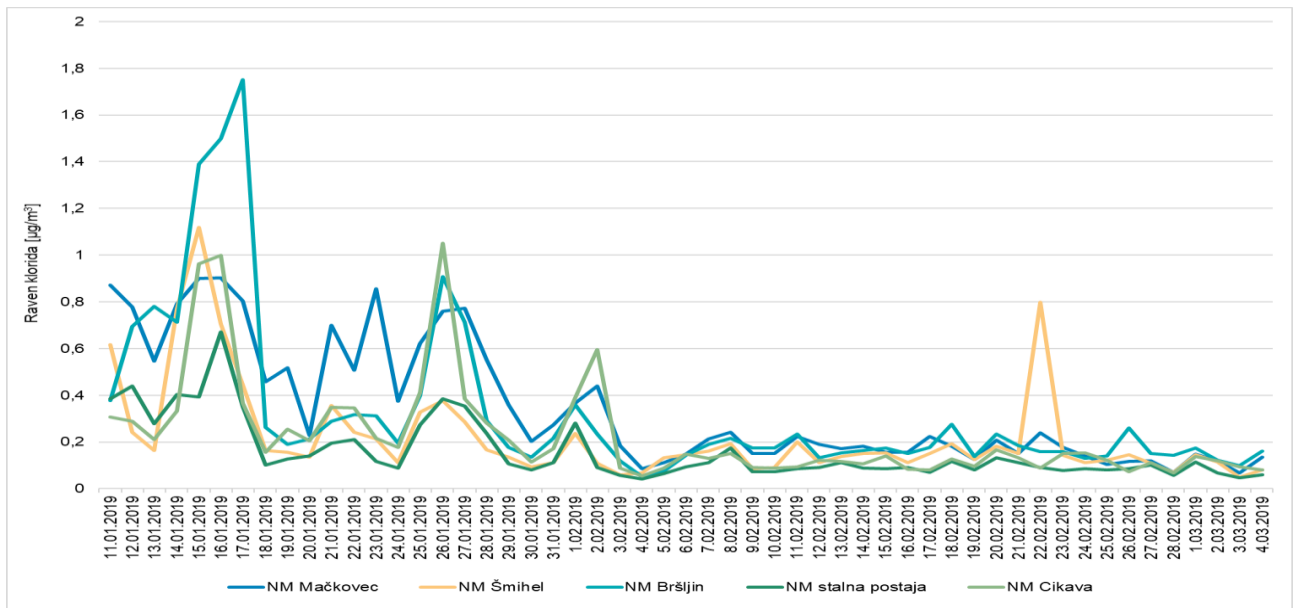


Slika 30: Dnevne ravni natrija v PM₁₀ na različnih merilnih mestih.

Preglednica 11: Povprečna in maksimalna dnevna raven natrija v PM₁₀ na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [µg/m³]	0,16	0,22	0,24	0,16	0,15
c_{max} [µg/m³]	0,71	1,4	0,85	0,90	0,76

Legenda: c_p -povprečna raven natrija v obdobju meritev, c_{max}-najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev

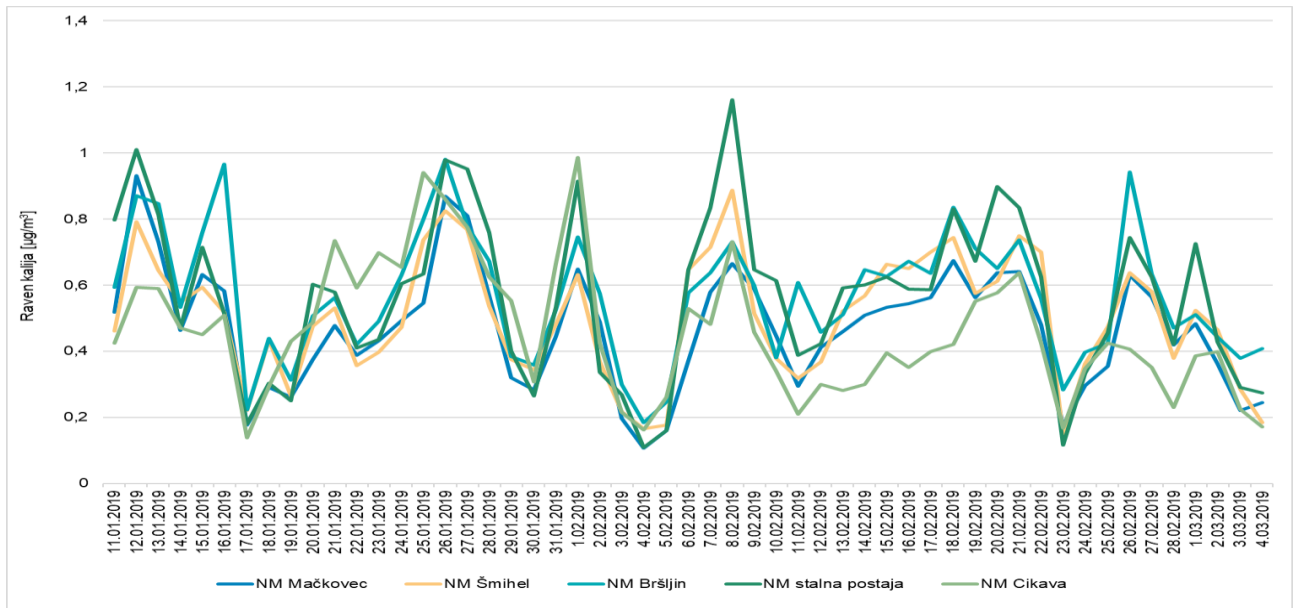


Slika 31: Dnevne ravni klorida v PM₁₀ na različnih merilnih mestih.

Preglednica 12: Povprečna in maksimalna dnevna raven klorida v PM₁₀ na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [µg/m³]	0,22	0,33	0,34	0,23	0,16
c_{max} [µg/m³]	1,1	1,8	0,90	1,1	0,67

Legenda: c_p -povprečna raven klorida v obdobju meritev, c_{max}-najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev

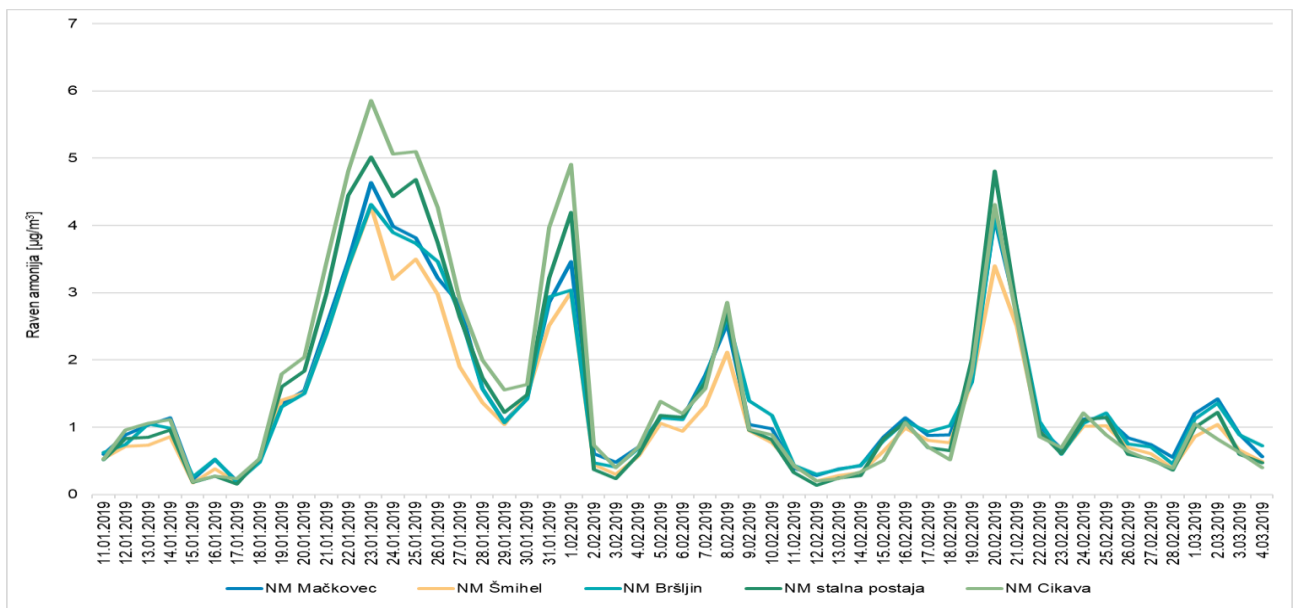


Slika 32: Dnevne ravni kalija v PM_{10} na različnih merilnih mestih.

Preglednica 13: Povprečna in maksimalna dnevna raven kalija v PM_{10} na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,50	0,57	0,47	0,46	0,57
c_{max} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,89	0,98	0,93	0,99	1,2

Legenda: c_p -povprečna raven kalija v obdobju meritev, c_{max} -najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev

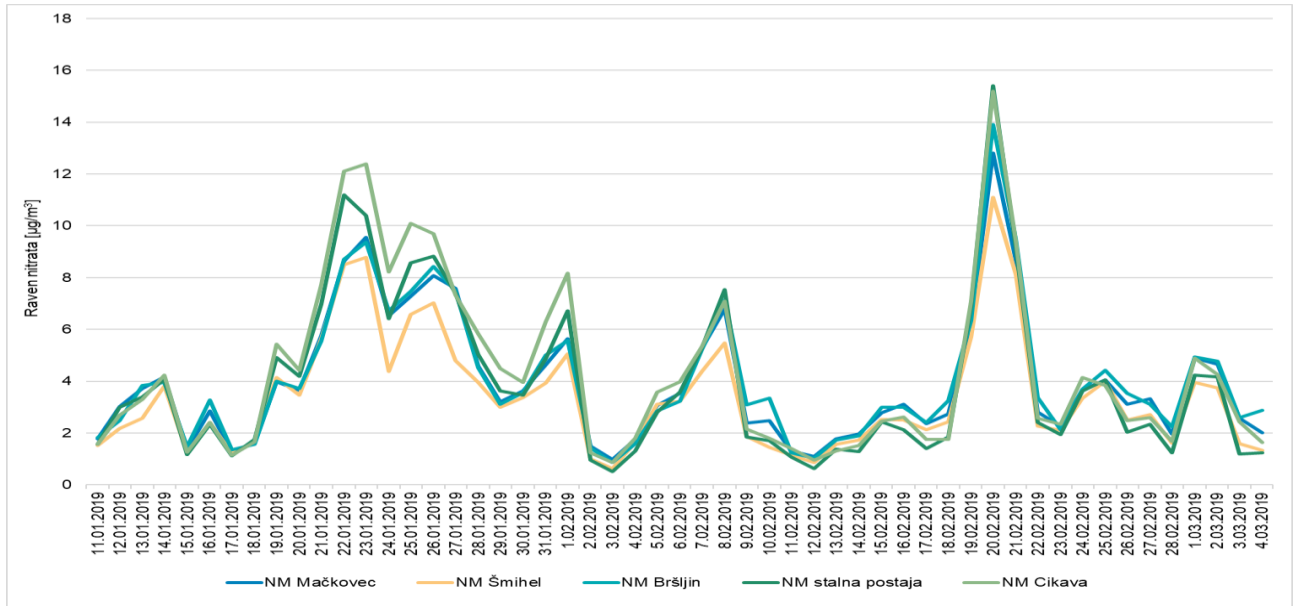


Slika 33: Dnevne ravni amonija v PM_{10} na različnih merilnih mestih.

Preglednica 14: Povprečna in maksimalna dnevna raven amonija v PM_{10} na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5
c_{max} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	4,3	4,3	4,6	5,9	5,0

Legenda: c_p -povprečna raven amonija v obdobju meritev, c_{max} -najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev

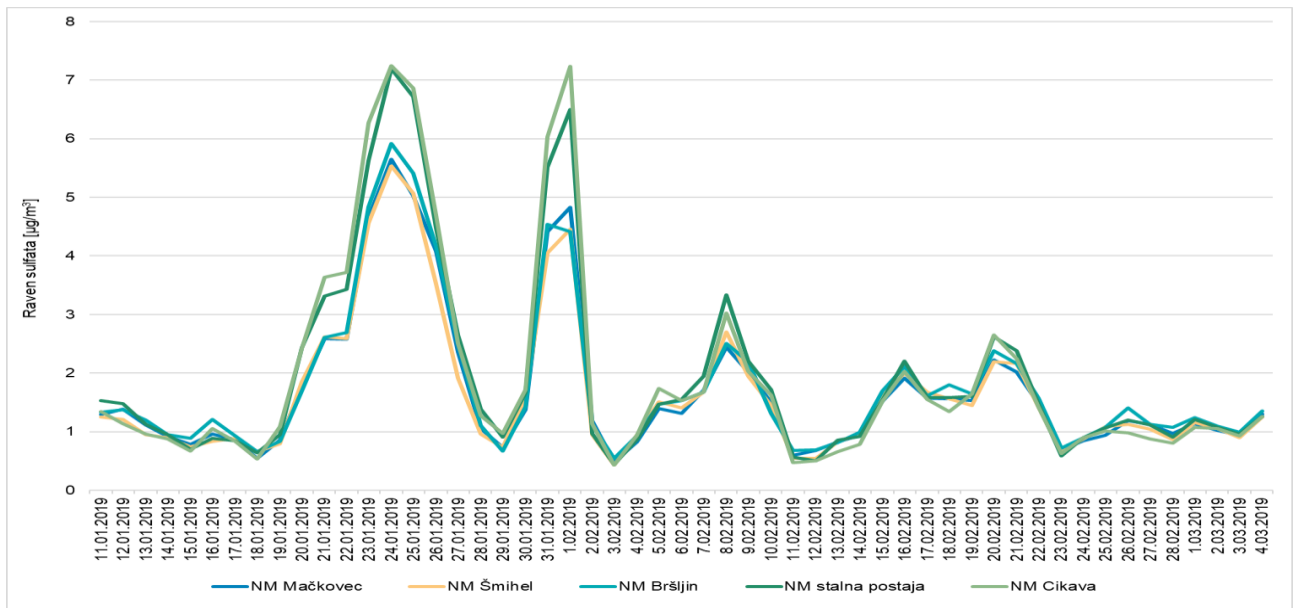


Slika 34: Dnevne ravni nitrata v PM₁₀ na različnih merilnih mestih.

Preglednica 15: Povprečna in maksimalna dnevna raven nitrata v PM₁₀ na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [µg/m³]	3,4	4,1	4,0	4,4	3,9
c_{max} [µg/m³]	11,1	13,9	12,8	15,2	15,4

Legenda: c_p - povprečna raven nitrata v obdobju meritev, c_{max} - najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev

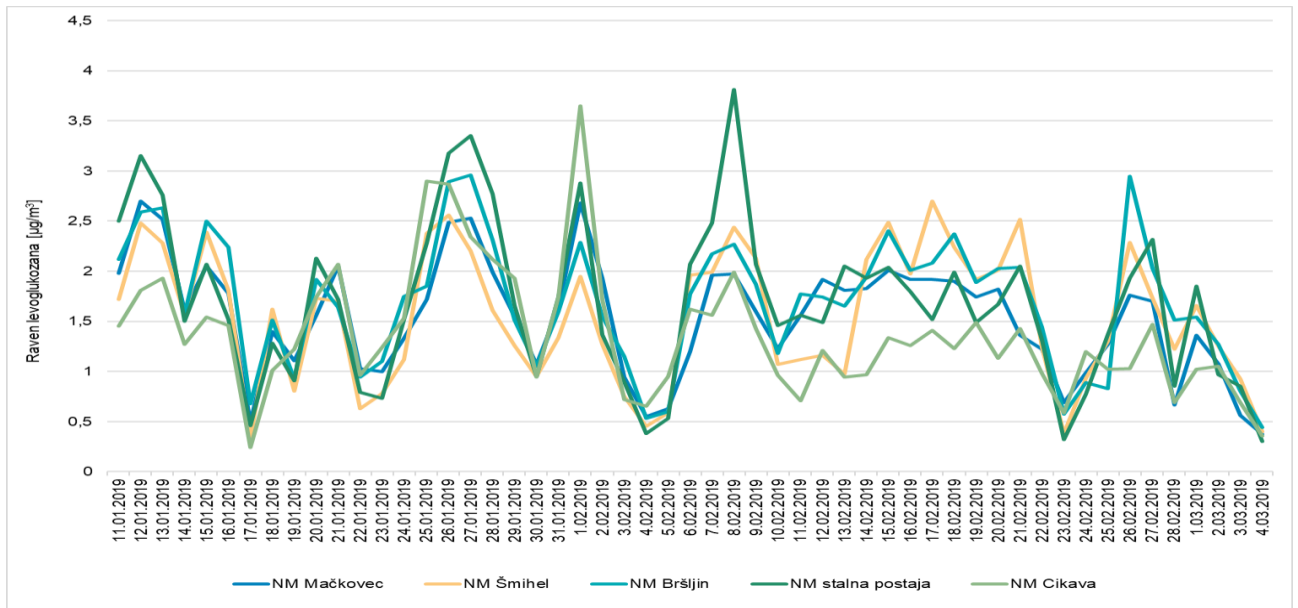


Slika 35: Dnevne ravni sulfata v PM₁₀ na različnih merilnih mestih.

Preglednica 6: Povprečna in maksimalna dnevna raven sulfata v PM₁₀ na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [µg/m³]	1,7	1,8	1,7	2,0	2,0
c_{max} [µg/m³]	5,5	5,9	5,7	7,3	7,2

Legenda: c_p - povprečna raven sulfata v obdobju meritev, c_{max} - najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev



Slika 36: Dnevne ravni levoglukozana v PM_{10} na različnih merilnih mestih.

Preglednica 7: Povprečna in maksimalna dnevna raven levoglukozana v PM_{10} na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1,6	1,7	1,5	1,4	1,7
c_{max} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2,7	3,0	2,7	3,7	3,8

Legenda: c_p -povprečna raven levoglukozana v obdobju meritev, c_{max} -najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev

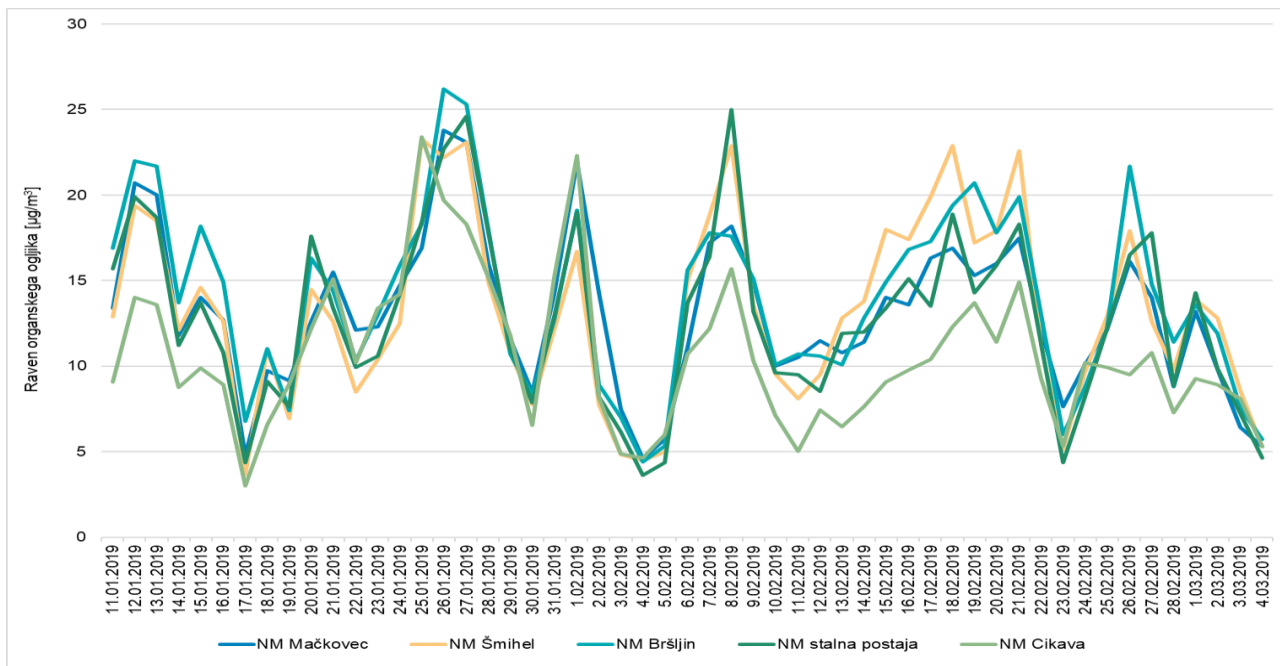


Slika 37: Dnevne ravni elementarnega ogljika v PM_{10} na različnih merilnih mestih.

Preglednica 8: Povprečna in maksimalna dnevna raven elementarnega ogljika v PM_{10} na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	1,1	1,4	1,3	1,4	1,1
c_{max} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2	2,6	2,1	2,5	1,9

Legenda: c_p -povprečna raven elementnega ogljika v obdobju meritev, c_{max} -najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev



Slika 38: Dnevne ravni organskega ogljika v PM₁₀ na različnih merilnih mestih.

Preglednica 9: Povprečna in maksimalna dnevna raven organskega ogljika v PM₁₀ na različnih merilnih mestih v obdobju od 11.1. do 4.3.2019.

	NM Šmihel	NM Bršljin	NM Mačkovec	NM Cikava	NM stalna
c_p [µg/m³]	13,3	14,0	13,1	10,6	12,8
c_{max} [µg/m³]	23,3	26,2	23,8	23,4	25

Legenda: c_p -povprečna raven organskega ogljika v obdobju meritev, c_{max}-najvišja dnevna vrednost v obdobju meritev

Z upoštevanjem merilne negotovosti posameznega parametra (preglednica 8) rezultati kemijskih analiz za noben parameter niso pokazali večjega odstopanja med posameznimi merilnimi mesti. Občasno se raven katerega od parametrov na določenih merilnih mestih poviša, kar je pričakovano in je posledica občasnih lokalnih izpustov oziroma značilnosti mikrolokacije.

Izvor kalcija in magnezija je mineralni prah in ga je več v ruralnem okolju ob suhem vremenu, kar je lepo razvidno iz slike 28, ko so ravni kalcija v obdobju suhega vremena od 14. februarja do 4. marca narasle predvsem na merilnem mestu Cikava, ki se nahaja izven gosto poseljenega dela mesta.

Kalij in levoglukozan sta indikatorja za kurjenje lesa in na vseh merilnih mestih dobro korelirata z ravnimi delcev PM₁₀. Najvišje izmerjene ravni kalija in levoglukozana sovpadajo na vseh merilnih mestih z najvišjimi ravnimi delcev PM₁₀. Dne 8. februarja je bila na stalni postaji izmerjena najvišja dnevna raven PM₁₀ v celotnem obdobju in iz slike 32 in 36 je razvidno, da na ta dan izstopata tudi ravni levoglukozana in kalija na tem merilnem mestu, kar pomeni da so na tem merilnem mestu povišane ravni delcev ta dan povzročila bližnja individualna kurišča na drva. Podobno je bilo 1. februarja na Cikavi in 26. januarja v Bršljinu in Mačkovcu.

Povišane ravni natrija in klorida hkrati so v celinski Sloveniji povezane s soljenjem cest. V Bršljinu so povišane ravni natrija in klorida izmerjene med 15. in 17. januarjem, v Šmihelu pa 22. februarja, kar je razvidno tudi iz slik 30 in 31.

Amonij, sulfat in nitrat so sekundarna anorganska onesnaževala, ki ponavadi nimajo lokalnega izvora in je pričakovati, da so na bližnjih lokacijah ravni podobne. Na slikah 33, 34 in 35 je razvidno, da je trend na vseh merilnih lokacijah glede na ostala onesnaževala bolj enoten. Preseneča pa obdobje med 23. in 25. januarjem in 31. januarjem in 1. februarjem, ko na merilnih mestih stalna postaja in Cikava ta tri onesnaževala bistveno odstopajo glede na ostali tri merilna mesta. Največje odstopanje je pri sulfatu.

Sovpadanje s povišanimi vrednostmi levoglukozana in kalija v teh dneh na merilnih mestih stalna postaja in Cikava ter hkratna umiritev ozračja (meteorološke meritve kažejo padec jakosti vetra) nakazujejo precejšno verjetnost, da imajo ta sekundarna onesnaževala izvor v lokalnih virih onesnaženja.

Ravni elementarnega in organskega ogljika so predstavljene na slikah 37 in 38. Njun izvor povezujemo z nepopolnim gorenjem kot tudi z izpusti iz prometa. Iz rezultatov ni razvidno da bi katera izmed lokacij izstopala v ravneh teh dveh onesnaževal.

8. Meritve z avtomatskim merilnikom na Kandiji

Avtomatske meritve za spremljanje urnih vrednosti onesnaževal v zraku je opravljal Zavod za varstvo pri delu, saj Agencija RS za okolje ni imela na voljo razpoložljivega merilnika. Meritve delcev PM₁₀, dušikovega dioksida, ogljikovega monoksida in meteoroloških parametrov so se izvajale z avtomatskim instrumentom AIRPOINTER na lokaciji pred Zdravstvenim domom Novo mesto od 25.1. do 28.3.2019. Poročilo o izvedenih meritvah je pripravil Zavod za varstvo pri delu in je kot priloga priloženo temu poročilu. V preglednicah 19 in 20 so predstavljene povprečne in maksimalne urne vrednosti dušikovega dioksida in ogljikovega monoksida na merilnem mestu Kandija. Za primerjavo so za enako obdobje prikazani tudi podatki merilnih mest Ljubljana Bežigrad in Celje. Standardi kakovosti, ki jih predpisuje zakonodaja za dušikov dioksid, so predpisane na urni (mejna urna vrednost znaša 200 µg/m³ in ne sme biti presežena več kot 18-krat v koledarskem letu) in letni ravni (mejna letna vrednost za koledarsko leto znaša 40 µg/m³). Za ogljikov monoksid pa je predpisana največja dnevna osemurna srednja vrednost, ki znaša 10 mg/m³. Iz preglednic 14 in 15 je razvidno, da so ravni dušikovega dioksida in ogljikovega monoksida na merilnem mestu Kandija v obdobju meritev pod mejnimi vrednostmi.

Preglednica 10: Povprečne ravni in maksimalna urna vrednost dušikovega dioksida na različnih merilnih mestih v obdobju od 25.1. do 28.3.2019.

	NM Kandija	Ljubljana	Celje
c_p[µg/m³]	24	35	36
c_{max} urna[µg/m³]	108	127	123

Preglednica 11: Povprečne ravni in maksimalna urna vrednost ogljikovega monoksida na različnih merilnih mestih v obdobju od 25.1. do 28.3.2019.

	NM Kandija	Ljubljana
c_p[µg/m³]	0,9	0,5
c_{max} urna[µg/m³]	2,9	1,8

9. Zaključek

V Mestni občini Novo mesto je Agencija za okolje v obdobju od 11. 1. 2019 do 10. 4. 2019 izvedla okrepljene meritve kakovosti zunanega zraka s poudarkom na meritvah delcev PM₁₀. Namen meritev je bil določitev prostorske in časovne spremenljivosti onesnaženosti zraka in ocena reprezentativnosti obstoječe stalne merilne postaje. Hkrati smo želeli ugotoviti v kolikšnem obsegu k onesnaženosti zunanega zraka z delci PM₁₀ prispevajo industrija, promet, individualna kurišča in resuspenzija. Na več lokacijah v občini Novo mesto smo postavili merilnike kakovosti zunanega zraka. Poleg teh merilnikov smo na različnih lokacijah postavili tudi merilnike meteoroloških parametrov, saj na razredčevanje izpustov zelo vplivajo meteorološke razmere.

Najvišja povprečna raven PM₁₀ je bila v celotnem obdobju izmerjena v Bršljinu 37 µg/m³, prav tako je bila na tem mestu izmerjena najvišja dnevna vrednost v celotnem obdobju meritev (85 µg/m³). Najnižja povprečna raven PM₁₀ pa je bila zabeležena na Kandiji 25 µg/m³. Dnevna mejna vrednost je bila največkrat presežena na merilni postaji Mačkovec (18-krat). Za primerjavo: v istem obdobju je bila v Ljubljani dosežena najvišja dnevna vrednost (113 µg/m³), v Celju pa je bilo zabeleženo največje število dni s preseganjem dnevne mejne vrednosti (19). Potek ravni delcev PM₁₀ za merilni mesti Ljubljana in Celje je podoben kot pri merilnih postajah, ki so bile del kampanje Novo mesto 2019. Na kakovost zunanega zraka zelo vplivajo vremenske razmere, saj je ob enakih izpustih ob ugodnih vremenskih razmerah (padavine, veter) kakovost zraka dobra, ob neugodnih (temperaturni obrat, brezvetrije) pa lahko zelo slaba. V celotnem obdobju okrepljenih meritev je bilo veliko padavin, ki sperejo ozračje in poskrbijo za boljšo kakovost zunanega zraka. Zato je bilo v 90 dneh zelo malo dni s preseženo mejno dnevno vrednostjo 50 µg/m³. V dneh, ko so bile vremenske razmere neugodne, so ravni delcev narasle na vseh merilnih mestih v Novem mestu. V povprečju so najvišje ravni delcev izmerjene v Bršljinu in Mačkovcu, nato sledita stalna postaja in Šmihel, najnižje ravni pa so bile izmerjene na Cikavi in Kandiji. Največji lokalni vir delcev PM₁₀ so individualna kurišča na drva, ki v posameznih naseljih ob slabih vremenskih pogojih, poslabšujejo kakovost zunanega zraka. Najvišje ravni delcev so tako izmerjene v tistih v naseljih kjer je gostota individualnih hiš največja.

Na merilnem mestu Cikava so meritve delcev PM₁₀ v celotnem obdobju potekale z vzorčevalnikom z velikim volumskim pretokom Digitel. Cilj je bil pridobiti čim več informacij o kemijski sestavi delcev na tem merilnem mestu. S pomočjo statističnega modela PMF (Positive Matrix Factorization) smo na podlagi pridobljenih rezultatov kemijske analize delcev PM₁₀ določili prispevke posameznih virov emisij delcev PM₁₀ za celotno obdobje meritev. Analiza virov delcev PM₁₀ je pokazala, da na merilnem mestu Cikava v zimskem obdobju prevladujejo štiri viri onesnaženja. Največji delež (40 %) pripada sekundarnim delcem, 23,2 % jih lahko pripišemo izpustom iz prometa, 21,8 % individualnim kuriščem na trda goriva ter 14,9 % resuspenziji.

Za obdobje od 11. 1. do 4. 3. 2019 se je na merilnih postajah NM Šmihel, NM Bršljin, NM Mačkovec, NM Cikava in NM stalna postaja delce PM₁₀ analiziralo na prisotnost določenih ionov, PAH-ov, levoglukozana, organskega in elementarnega ogljika. Z upoštevanjem merilne negotovosti posameznega parametra rezultati kemijske analize niso za noben parameter pokazali večjega odstopanja med posameznimi merilnimi mesti. Občasno se na določenih merilnih mestih poviša raven kakega onesnaževala, kar je pričakovano in je posledica občasnih izpustov oziroma značilnosti mikrolokacije. Najbolj zanimivo je da najvišje izmerjene ravni kalija in levoglukozana sovpadajo na vseh merilnih mestih z najvišjimi ravni delcev PM₁₀. Levoglukozan in kalij sta indikatorja za kurjenje lesa, kar pomeni da je ta vir pomembno doprinesel k najvišjim ravnem delcev PM₁₀.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE