



Univerza v Mariboru

Fakulteta za logistiko

**PORAZDELITEV ČRNEGA OGLJIKA GLEDE
NA PROMETNE TOKOVE V MESTNI OBČINI
CELJE**

magistrsko delo

Celje, 2018

Gregor Šipek



Univerza v Mariboru

Fakulteta za logistiko

**PORAZDELITEV ČRNEGA OGLJIKA GLEDE
NA PROMETNE TOKOVE V MESTNI OBČINI
CELJE**

magistrsko delo

Kandidat: Gregor Šipek

Mentor: izr. prof. dr. Borut Jereb

Celje, 2018

Zahvala

Rad bi se zahvalil mentorju izr. prof. dr. Borutu Jerebu za vso pomoč pri izdelavi magistrskega dela, za vse priložnosti, nova znanja na različnih področjih in izkušnje, ki jih je delil z mano tekom študija.

Hvala kolegici Simoni Šinko za vso pomoč in podporo v času študija ter pri pisanju zaključnega dela.

Prav tako se želim zahvaliti tudi vsem ostalim, ki so mi pomagali pri izdelavi dela in mi stali ob strani tekom študija.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za logistiko

Mariborska cesta 7
3000 Celje, Slovenija

IZJAVA O AVTORSTVU zaključnega dela

Spodaj podpisan Gregor Šipek, študent magistrskega študijskega programa Logistika sistemov, z vpisno številko 21007314, sem avtor zaključnega dela: Porazdelitev črnega ogljika glede na prometne tokove v Mestni občini Celje.

S svojim podpisom zagotavljam:

- da je predloženo delo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oz. avtoric, ki jih uporabljam v zaključnem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru;
- sem poskrbel, da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev oz. avtoric navedena v seznamu virov, ki je sestavni del zaključnega dela in je zapisan v skladu z navodili Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru;
- sem pridobil vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti prenesena v zaključno delo in sem to tudi jasno zapisala v zaključnem delu;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del, bodisi v obliki citata bodisi v obliki skoraj dobesednega parafraziranja bodisi v grafični obliki, s katerim so tuje misli oz. ideje predstavljene kot moje lastne – kaznivo po zakonu (Zakon o avtorskih in sorodnih pravicah), prekršek pa podleže tudi ukrepom Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru v skladu z njenimi pravili;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in za moj status na Fakulteti za logistiko Univerze v Mariboru;
- je zaključno delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Nika Teraž, mag. nov. štud.

V Celju, dne _____

Podpis avtorja: _____

Porazdelitev črnega ogljika glede na prometne tokove v Mestni občini Celje

Onesnaževanje okolja zaradi cestnega prometa je zelo pereča tema na globalni ravni, vedno več poudarka pa pridobiva tudi na lokalni ravni. Glavno onesnaževalo predstavlja ogljikov dioksid, ki se mu v zadnjem obdobju pridružujejo tako imenovani PM delci, med katerimi posebej izstopajoči delci predstavljajo tako imenovani črni ogljik. Meritve koncentracij črnega ogljika smo na Fakulteti za logistiko, v sodelovanju s podjetjem Aerosol in Mestno občino Celje, opravljali v spomladanskem obdobju leta 2017 in v zimskem obdobju leta 2017/2018. Statične meritve smo opravljali na različnih merilnih mestih v Celju, ki velja za eno najbolj onesnaženih in s PM delci obremenjenih mest v Sloveniji. Cestni promet predstavlja enega od glavnih virov onesnaženja s črnim ogljikom, zato ga lahko uvrstimo v eno izmed področij tveganj. V magistrskem delu smo raziskovali porazdelitev koncentracij črnega ogljika, vpliv padavin in vetra na gibanje koncentracij črnega ogljika ter črni ogljik analizirali in ga predstavili kot tveganje oziroma grožnjo nacionalni varnosti na podlagi Resolucije o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije.

Ključne besede: črni ogljik, meritve, Mestna občina Celje, promet, tveganje

Distribution of black carbon regard to the traffic flow in Municipality of Celje

Environmental pollution, caused by the road traffic, is a very urgent and global topic, one that is recently gaining more local emphasis. The main element of traffic pollution is carbon dioxide, joined by recently recognised PM particles with black carbon being a very prominent member of the latter. Levels of black carbon concentration were measured by the Faculty of Logistics in collaboration with Aerosol company and the Municipality of Celje. These measurements were done in the Spring of 2017 and in the Winter of 2017/2018. Static measuring points were established in Celje, which is recognised as being one of the most PM particles polluted city in Slovenia. Since road traffic presents one of the main sources of black carbon pollution, it can be classified as one of the most important risk areas. Our research includes data from measuring the distribution of black carbon concentration as well as the role of weather on black carbon concentration distribution. In addition, we have analysed black carbon and presented it as a risk and a threat to the national security, based upon the Resolution on the National Security Strategy of the Republic of Slovenia.

Keywords: black carbon, measurements, Municipality of Celje, road traffic, risk

Kazalo vsebine

UVOD	1
OPIS PROBLEMA	1
CILJI IN NAMEN.....	2
HIPOTEZE	2
PREDSTAVITEV OKOLJA.....	3
PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	3
METODE DELA.....	4
1 TEORETIČNE OSNOVE	5
1.1 OZRAČJE	5
1.2 ONESNAŽEVANJE	6
1.3 ONESNAŽEVALA.....	8
1.4 ČRNI OGLJIK	12
1.5 ZAKONODAJA PODROČJA ONESNAŽEVANJA Z DELCI PM10 IN PM2,5 NA EVROPSKI IN SLOVENSKE RAVNI	14
1.6 VARNOST	20
1.7 NACIONALNA VARNOST.....	21
1.8 TVEGANJE	21
1.9 OPREDELITEV GROŽENJ PO RESOLUCIJI O STRATEGIJI NACIONALNE VARNOSTI RS.....	26
2 METODA RAZISKOVANJA	28
2.1 MESTNA OBČINA CELJE	28
2.2 TEMPERATURNI OBRAT V MOC	29
2.3 GLAVNI ONESNAŽEVALCI V MOC	30
2.4 MERITVE ČRNEGA OGLJIKA.....	31
2.5 MERILNA MESTA.....	33
2.6 ŠTETJE PROMETA	39
3 REZULTATI	40
3.1 PROMET	40

3.2	MERITVE OD 14. DO 23. MARCA 2017 NA MERILNIH MESTIH B IN A	41
3.3	MERITVE OD 23. MARCA DO 3. APRILA 2017 NA MERILNI MESTIH B IN C	46
3.4	MERITVE OD 4. DO 14. APRILA 2017 NA MERILNIH MESTIH B IN E	51
3.5	MERITVE OD 20. DO 29. APRILA 2017 NA MERILNIH MESTIH B IN D	55
3.6	MERITVE OD 13. DO 28. DECEMBRA 2017 NA MERILNEM MESTU A.....	60
3.7	MERITVE OD 1. DO 25. JANUARJA 2018 NA MERILNEM MESTU F.....	66
3.8	MERITVE OD 22. DO 25. JANUARJA 2018 NA MERILNEM MESTU B	75
4	ČRNI OGLJIK KOT GROŽNJA NACIONALNI VARNOSTI RS	77
4.1	ČRNI OGLJIK KOT GROŽNJA NACIONALNI VARNOSTI NA PODLAGI RESOLUCIJE O STRATEGIJI NACIONALNE VARNOSTI REPUBLIKE SLOVENIJE	77
	DISKUSIJA.....	79
	KONCENTRACIJE ČRNEGA OGLJIKA.....	79
	PREVERJANJE CILJEV IN HIPOTEZ	83
	<i>Oddaljenost od vira onesnaževanja (hipoteza 1)</i>	<i>83</i>
	<i>Vpliv vetra na porazdelitev koncentracij črnega ogljika (hipoteza 2)</i>	<i>83</i>
	<i>Vpliv padavin na porazdelitev koncentracij črnega ogljika (hipoteza 3).....</i>	<i>84</i>
	<i>Vpliv gostote prometa na porazdelitev koncentracij črnega ogljika (hipoteza 4)..</i>	<i>84</i>
	<i>Vpliv fizičnih ovir na porazdelitev koncentracij črnega ogljika (hipoteza 5)</i>	<i>84</i>
	MOŽNOSTI NADALJNEGA RAZVOJA.....	84
	SEZNAM LITERATURE IN VIROV	86

Kazalo slik

SLIKA 1:	NASTANEK TEMPERATURNE INVERZIJE	7
SLIKA 2:	KISLE PADAVINE	10
SLIKA 3:	PRIMERJAVA VELIKOST TRDNIH DELCEV	11
SLIKA 4:	VPLIV DELCEV NA DIHALNE POTI	12
SLIKA 5:	VIRI ČRNEGA OGLJIKA.....	13
SLIKA 6:	KARTA OBMOČIJ IN AGLOMERACIJ V REPUBLIKI SLOVENIJI.....	20
SLIKA 7:	REGISTER TVEGANJ (OCENA TVEGANJ)	24

SLIKA 8: LEGA MOC	29
SLIKA 9: TEMPERATURNI OBRAT ALI INVERZIJA V MOC.....	30
SLIKA 10: DELEŽ POSAMEZNIH ONESNAŽEVALCEV OKOLJA V MESTNI OBČINI CELJE.....	31
SLIKA 11: MERILNA NAPRAVA AETHALOMETER	32
SLIKA 12: PRIKAZ POSTAVITVE MERILNIH MEST NA ZEMLJEVIDU SLOVENIJE IN V MOC.....	33
SLIKA 13: MERILNO MESTO A	34
SLIKA 14: MERILNO MESTO B	35
SLIKA 15: MERILNI MESTI B IN C	36
SLIKA 16: MERILNO MESTO D	36
SLIKA 17: MERILNO MESTO E	37
SLIKA 18: MERILNO MESTO F.....	38
SLIKA 19: MERILNA POSTAJA AMP GAJI (MERILNO MESTO G)	38
SLIKA 20: NORMALIZIRANO ŠTEVILO VOZIL (NNV) NA POVPREČEN DELOVNI DAN PO POSAMEZNIH MERILNIH MESTIH	41
SLIKA 21: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 14. DO 17. MARCA 2017.....	42
SLIKA 22: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 14. DO 17. MARCA 2017.....	43
SLIKA 25: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 21. DO 23. MARCA 2017.....	45
SLIKA 26: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 21. DO 23. MARCA 2017.....	46
SLIKA 27: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 23. DO 26. MARCA 2017.....	47
SLIKA 28: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 23. DO 26. MARCA 2017.....	47
SLIKA 29: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 27. DO 30. MARCA 2017.....	48
SLIKA 30: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 27. DO 30. MARCA 2017.....	49
SLIKA 31: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 31. MARCA DO 3. APRILA 2017.....	50
SLIKA 32: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 31. MARCA DO 3. APRILA 2017.....	50
SLIKA 33: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 4. DO 7. APRILA 2017.....	51
SLIKA 34: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 4. DO 7. APRILA 2017.....	52
SLIKA 35: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 8. DO 11. APRILA 2017.....	53
SLIKA 36: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 8. DO 11. APRILA 2017.....	53
SLIKA 37: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 12. DO 14. APRILA 2017.....	54
SLIKA 38: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 12. DO 14. APRILA 2017.....	55
SLIKA 39: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 20. DO 23. APRILA 2017.....	56
SLIKA 40: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 20. DO 23. APRILA 2017.....	56

SLIKA 41: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 24. DO 27. APRILA 2017	57
SLIKA 42: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 24. DO 27. APRILA 2017.....	58
SLIKA 43: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 28. DO 29. APRILA 2017	59
SLIKA 44: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 28. DO 29. APRILA 2017.....	59
SLIKA 45: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 13. DO 16. DECEMBRA 2017.....	60
SLIKA 46: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 13. DO 16. DECEMBRA 2017	61
SLIKA 47: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 17. DO 20. DECEMBRA 2017.....	62
SLIKA 48: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 17. DO 20. DECEMBRA 2017	62
SLIKA 49: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 21. DO 24. DECEMBRA 2017.....	63
SLIKA 50: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 21. DO 24. DECEMBRA 2017	64
SLIKA 51: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 25. DO 28. DECEMBRA 2017.....	65
SLIKA 52: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 25. DO 28. DECEMBRA 2018	65
SLIKA 53: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 1. DO 4. JANUARJA 2018	66
SLIKA 54: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 1. DO 4. JANUARJA 2018	67
SLIKA 55: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 5. DO 8. JANUARJA 2018	68
SLIKA 56: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 5. DO 8. JANUARJA 2018	68
SLIKA 57: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 9. DO 12. JANUARJA 2018	69
SLIKA 58: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 9. DO 12. JANUARJA 2018	70
SLIKA 59: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 13. DO 16. JANUARJA 2018	71
SLIKA 60: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 13. DO 16. JANUARJA 2018	71
SLIKA 61: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 17. DO 20. JANUARJA 2018	72
SLIKA 62: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 17. DO 20. JANUARJA 2018	73
SLIKA 63: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 21. DO 25. JANUARJA 2018	74
SLIKA 64: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 21. DO 25. JANUARJA 2018	74
SLIKA 65: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA OD 22. DO 25. JANUARJA 2018	75
SLIKA 66: KOLIČINA PADAVIN IN HITROST VETRA OD 22. DO 25. JANUARJA 2018	76
SLIKA 67: KORELACIJA MED KONCENTRACIJAMI ČRNEGA OGLJIKA (BC) IN HITROSTJO VETRA (WS) NA MERILNEM MESTU A	80
SLIKA 68: KORELACIJA MED NORMALIZIRANIM ŠTEVILOM VOZIL (NNV) IN KONCENTRACIJAMI ČRNEGA OGLJIKA (BC) NA MERILNEM MESTU A V A) ZIMSKEM OBDOBJU MERITEV IN B) V SPOMLADANSKEM OBDOBJU MERITEV.....	81

Kazalo tabel

TABELA 1: MEJNE VREDNOSTI DELCEV PM10	17
TABELA 2: OBMOČJA IN AGLOMERACIJE V REPUBLIKI SLOVENIJI	19
TABELA 3: RAZLAGA OCEN TVEGANJ	24
TABELA 4: VIRI OGROŽANJA IN TVEGANJA NACIONALNE VARNOSTI REPUBLIKE SLOVENIJE	27
TABELA 5: POVPREČNE VREDNOSTI KONCENTRACIJ ČRNEGA OGLJIKA (BC), HITROSTI VETRA (WS) IN TEMPERATUR ZA OBDOBJA MERITEV PO POSAMEZNIH MERILNIH MESTIH	82

Uvod

V magistrskem delu smo na osnovi opravljenih stacionarnih meritev črnega ogljika na različnih merilnih mestih v Mestni občini Celje (v nadaljevanju MOC) poskušali ugotoviti, kako prometni tokovi vplivajo na porazdelitev koncentracij črnega ogljika. Opazovali smo tudi vpliv vremenskih pojavov, predvsem hitrosti vetra in količine padavin, in oddaljenosti od virov onesnaževanja na gibanje koncentracij črnega ogljika.

Onesnaževanje okolja namreč postaja vedno bolj pereča tema tako na globalni kot na lokalni ravni. Države in Evropska unija neprestano iščejo nove rešitve za omilitev problema. Kljub vedno večji verjetnosti za nastanek posledic in posledicam, ki so že dokazane in so del našega vsakdana, se veliko ljudi sploh ne zaveda, kakšna grožnja preti tako ljudem kot celotnemu planetu.

Opis problema

Cestni promet predstavlja enega od največjih onesnaževalcev okolja, saj število vozil vsako leto narašča. V cestnem prometu glavno onesnaževalo ozračja predstavlja ogljikov dioksid (CO₂), izpostaviti pa moramo tudi trdne delce PM₁₀ in PM_{2,5}, pri katerih posebej izstopajoči delci predstavljajo tako imenovani črni ogljik («Promet in javno zdravje» [Evropska agencija za okolje], 30. september 2016). Črni ogljik nastaja pri nepopolnem izgorevanju dizelskega goriva in biomase (Liu, Chung, Yin & Schnaiter, 2018). Nahaja se v delcih PM_{2,5}, ki jih človeško telo zaradi majhne velikosti ne more izločiti in se posledično v telesu kopičijo («Trdni delci PM₁₀ in PM_{2,5}» [okolje.info], b. d.). Na podlagi omenjenih dejstev lahko črni ogljik razumemo kot zelo veliko tveganje tako za ljudi kot za okolje, ki nas obdaja. Grožnja zaradi onesnaževanja s črnim ogljikom je realna, saj je v koledarskem letu 2017 v MOC prišlo do večkratnih prekoračitev koncentracij črnega ogljika («Število preseganj dnevne mejne ravni delcev PM v letu 2017» [ARSO], 12. marec 2018). Posledice onesnaževanja so že vidne v okolju (dvig temperatur, večje število neviht itd.), vedno bolj pa so posledice tudi vidne na zdravju ljudi («Promet in javno zdravje» [Evropska agencija za okolje], 30. september 2016).

Cilji in namen

Cilji magistrskega dela so:

- pregledati in povzeti teoretične osnove na področju črnega ogljika;
- opisati do sedaj znani vpliv črnega ogljika na okolje in zdravje ljudi;
- opisati vpliv ovir (zgradbe, kanjoni) na porazdelitev koncentracij črnega ogljika;
- opisati vpliv vetra in padavin na porazdelitev koncentracij črnega ogljika in
- predstaviti črni ogljik kot tveganje oziroma grožnjo nacionalni varnosti Republike Slovenije.

Namen magistrskega dela je na podlagi opravljenih stacionarnih meritev črnega ogljika dokazati, da je območje ob glavni prometnici v Celju – Mariborski cesti bolj onesnaženo, kot je onesnaženo mestno ozadje.

Hipoteze

Hipoteze magistrskega dela so naslednje:

- hipoteza 1: na podlagi opravljenih meritev lahko potrdimo, da glavni vir črnega ogljika predstavlja promet, pri čemer vemo, da je vir izpustov približno 30 centimetrov od tal in koncentracije z oddaljenostjo od vira opazno padajo;
- hipoteza 2: hitrost vetra pomembno vpliva na porazdelitev koncentracij črnega ogljika;
- hipoteza 3: količina padavin pomembno vpliva na porazdelitev koncentracij črnega ogljika;
- hipoteza 4: koncentracije črnega ogljika ob viru onesnaževanja (cesta) so odvisne od gostote prometa;
- hipoteza 5: fizične ovire vplivajo na porazdelitev koncentracij črnega ogljika.

Predstavitev okolja

V Mestni občini Celje glavno prometnico predstavlja Mariborska cesta, ki je dnevno zelo obremenjena s prometom, posebej v času prometnih konic. Koncentracije črnega ogljika so bile po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje (v nadaljevanju ARSO) ob Mariborski cesti v letu 2017 prekoračene 57-krat, medtem ko je bilo na ostalem območju mesta Celje 39 preseganj dnevni mejni vrednosti (»Število preseganj dnevne mejne ravni delcev PM10 v letu 2017« [ARSO], 12. marec 2018). Do junija 2018 so bile ob Mariborski cesti dnevne mejne ravni presežene 23-krat, na ostalem območju mesta Celje pa 18-krat (»Število preseganj dnevne mejne ravni delcev PM10 v letu 2018« [ARSO], b. d.).

Predpostavke in omejitve

Predpostavke magistrskega dela so naslednje:

- upoštevali smo uradne meritve gostote prometa, ki so se izvajale ročno na povprečen delovni dan med 5.30 in 21.30;
- z reorganizacijo prometnih tokov lahko zmanjšamo koncentracije črnega ogljika v mestnem središču;
- v MOC upravljanju prometnih tokov ne posvečajo dovolj pozornosti.

Omejitve magistrskega dela so naslednje:

- število opravljenih meritev črnega ogljika, saj so se meritve izvajale v posameznih časovnih obdobjih (meritve se niso izvajale neprestano skozi leta);
- dejstvo, da v času izvajanja meritev ni bilo dovolj padavin, da bi lahko preučili njihov vpliv na gibanje koncentracij črnega ogljika.

Metode dela

V magistrskem delu smo si pomagali z naslednjimi znanstveno-raziskovalnimi metodami (Ivanko, 2007):

- metodo deskripcije, s katero smo opisali teoretične osnove, ki so potrebne za razumevanje magistrskega dela;
- metodo klasifikacije, s katero smo definirali različne pojme;
- metodo opazovanja, s katero smo opazovali in kasneje iskali najboljše rešitve problemov;
- metodo analize, s katero smo analizirali opravljene meritve koncentracij črnega ogljika in štetja prometa;
- metoda modeliranja, s katero smo spoznali gibanje koncentracij črnega ogljika v času meritev;
- primerjalno metodo, s katero smo primerjali dobljene rezultate meritev.

1 Teoretične osnove

V prvem poglavju smo predstavili teoretične osnove, ki so ključnega pomena za razumevanje dela. Predstavili smo ozračje oziroma atmosfero in njeno sestavo ter za človeka najpomembnejšo plast – troposfero. V nadaljevanju smo predstavili onesnaženje, njegove vire in onesnaževala, ki smo jih razdelili na plinska in trdna. Črni ogljik spada med trdna onesnaževala, zato smo le-ta predstavili podrobneje. V zaključku poglavja smo predstavili tudi zakonodajo področja onesnaževanja s trdimi delci na evropski in slovenski ravni.

1.1 Ozračje

Ozračje je sestavljeno iz več zmesi plinov, med katerimi prevladujeta dušik (78 %) in kisik (21 %), brez katerega lahko človek brez posledic za zdravje zdrži le pet minut. V manjši meri so v zraku stalno prisotni tudi drugi plini, na primer argon, ogljikov dioksid in vodna para. V ozračju so, poleg stalnih sestavin, v manjših koncentracijah prisotne še snovi, ki lahko škodijo živemu in neživemu svetu. Njihova prisotnost je posledica človekovih dejavnosti in naravnih virov (»Zrak« [ARSO], b. d.).

Plasti, ki obkrožajo Zemljo, z eno besedo imenujemo Zemljina atmosfera, v kateri se v spodnjih tridesetih kilometrih nahaja 99 % zraka. Plast, ki je najbližje Zemljinemu površju in je za človeka najpomembnejša, se imenuje troposfera, sledijo ji stratosfera, ki sega do petdeset kilometrov v ozračje, mezosfera, ki sega do 85 kilometrov, in še termosfera, ki sega do približno 500 kilometrov od Zemljinega površja. Na troposfero smo se osredotočili predvsem zato, ker je to edina plast, v kateri je življenje mogoče. Tu se odvija večina vremenskih procesov, pomembna pa je tudi pri premikanju zračnih mas. Z zračnimi masami se premikajo tudi vsi elementi, ki sestavljajo ozračje. Troposfera vsebuje približno 75 % mase ozračja in 99 % vodne pare (»Zračni tlak, troposfera [ciklon], b. d.).

1.2 Onesnaževanje

Atmosfera je v osnovi sestavljena iz zmesi plinov in postane onesnažena z dodajanjem trdnih delcev, plinov in raznih oblik energije (toplota, sevanje, hrup). Spremenjena sestava tako povzroča nezaželene posledice pri vremenu, klimi, zdravju ljudi in živali, pri rastlinah in materialih (Bizjak, 2007).

Bizjak (2007) onesnaženost zraka definira kot situacijo, v kateri so snovi predvsem antropogenega (delno tudi naravnega) izvora prisotne v ozračju v koncentracijah, ki so dovolj nad normalnimi okoljskimi nivoji, da povzročajo nezaželene merljive učinke na ljudi, živali, vegetacijo ali materiale.

BusinessDictionary definira onesnaženje (ang. pollution) kot prisotnost snovi (plinov, tekočin, trdnih snovi) ali energije (toplota, hrup, sevanje), katerih lastnosti, lokacija ali količina neposredno ali posredno spreminjajo značilnosti ali procese kateregakoli dela okolja ter vplivajo (ali pa imajo potencial, da vplivajo) na stanje, zdravje, varnost in dobrobit ljudi, živali, rastlin ali lastnine (Pollution, b. d.).

Zrak se onesnažuje iz različnih virov, ki so antropogenega in naravnega izvora, in sicer z (»Onesnaževanje zraka« [Evropska Agencija za Okolje], 9. oktober 2017):

- zgorevanjem fosilnih goriv pri proizvodnji elektrike, v prometu, industriji in gospodinjstvih;
- industrijskimi procesi in uporabi topil v kemični in nekovinski industriji;
- kmetijstvu;
- ravnanjem z odpadki;
- naravnimi viri, na primer izbruhi vulkanov, prah, ki ga prinese veter, razpršena morska sol in emisije hlapnih organskih spojin iz rastlin.

Antropogeno onesnaževanje ozračja je v centru pozornosti in skrbi, saj imamo ljudje nanj zelo velik vpliv. Pričelo se je že z odkritjem ognja, pri katerem nastaja dim, ki je produkt nepopolnega izgorevanja. Enega glavnih problemov nepopolnega izgorevanja

je predstavljala uporaba premogov, ki je posebej narastla v 19. stoletju s pričetkom industrijske revolucije. Tekom industrijske revolucije je večina obratov za gonilo strojev uporabljala premog in ostale za okolje obremenjujoče snovi. Dandanes se za gonilo strojev v industrijskih obratih uporablja elektrika, katere izvor pa je tudi vprašljiv. Ob neugodnih razmerah antropogeno onesnaževanje v kombinaciji s toplotno inverzijo (toplotnim obratom) povzroča nastanek smoga, ki je sestavljen iz visokih koncentracij dima in žveplovega dioksida (SO₂) (Bizjak, 2007). Temperaturna inverzija se pojavlja v hladnejšem delu leta, ko se hladen zrak usede na dna zaprtih kotlin in dolin, v višjih predelih pa je v tem primeru topleje kot v dolini. V brezvetrnih zaprtih kotlinah se zaradi inverzije poveča onesnaževanje, povečajo in mnogokrat tudi presežejo pa se količine koncentracij škodljivih snovi v zraku. Primer nastanka temperature inverzije smo prikazali na Sliki 1 («Temperaturni obrat ali inverzija» [edus.si], b. d.).

Slika 1: Nastanek temperature inverzije



Vir: »Temperature inversion diagram« [health.utah.gov], b. d.

1.3 Onesnaževala

Onesnaževala zraka lahko glede na fizikalno-kemijske reakcije v atmosferi razdelimo na primarna in sekundarna, glede na agregatno stanje pa ločimo plinasta onesnaževala in prašne (trdne) delce. Primarna onesnaževala se sproščajo neposredno iz vira onesnaženja v zrak (dimnik tovarne, izpušne cevi vozil). Sem uvrščamo ogljikov monoksid, žveplov dioksid in dušikove okside, ki so stranski produkti izgorevanja. Sekundarna onesnaževala nastanejo v fizikalno-kemijskih reakcijah iz primarnih onesnaževal (iz dušikovih oksidov, hlapnih organskih spojin). Najbolj značilno sekundarno onesnaževalo je ozon (Bilban, 2014).

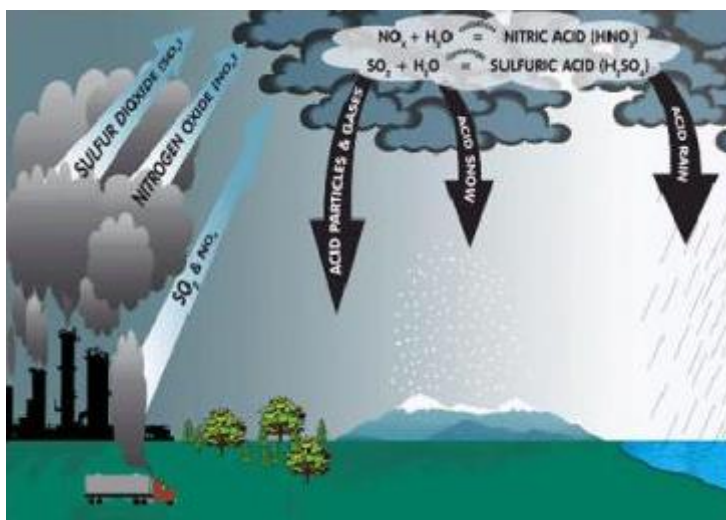
Ozon (O_3) je močno reaktiven plin, ki je sestavljen iz treh atomov kisika. Glede na mesto nastanka v atmosferi ločimo stratosferski ozon, ki je koristen za človeka, saj zagotavlja naravni ščit pred sončnim sevanjem in je posledica naravnega procesa tvorbe ozona. Plast stratosferskega ozona se razprostira do višine okoli 50 kilometrov, največja količina pa ga je na višini med 18 in 25 kilometri. V spodnji plasti atmosfere se nahaja troposferski ali prizemni ozon, ki nastaja kot sekundarni onesnaževalec z reakcijo iz dušikovih oksidov in ohlapnih spojin. Sem spadajo antropogeni viri, kot so izpuhi motornih vozil, industrijske emisije, hlapi goriv in topil. Poleg antropogenih virov pa k povišanim koncentracijam ozona pripomorejo tudi naravni viri in procesi, kot so gozdni in travniški požari. Koncentracije ozona se povišajo predvsem v poletnih mesecih čez dan, ko je tudi količina sončnega sevanja povišana. Izpostavljenost visokim koncentracijam ozona lahko povzroči številne zdravstvene težave, posebej obolenja dihal in celo prezgodnjo smrt («Ozon O_3 » [okolje.info], b. d.).

Ogljikov monoksid (CO) je plin brez vonja in je med onesnaževalci zraka najbolj razširjen. Njegov nastanek je posledica nepopolnega zgorevanja fosilnih goriv v energetskih obratih, avtomobilih, gospodinjstvih in različnih industrijskih procesih. Ocenjeno je, da avtomobili povzročajo 80 % celotnega emitiranega ogljikovega monoksida («Zrak nevarno onesnažuje človek, pa ne ukrepamo!» [varcevanje-energije.si], 25. januar 2018), zato je na območjih z gostim prometom koncentracija močno povečana, kar se še posebej izrazi v zimskem obdobju zaradi slabšega kroženja zraka, ki je posledica

temperaturnih inverzij. Ogljikov monoksid ima na človeka zelo slab vpliv, saj se ob vdihavanju plin absorbira v kri, s čimer se prepreči transport kisika po telesu. Posledično lahko pride do glavobola, vrtoglavice, zaspanosti ali celo smrti («Ogljikov monoksid» [okolje.info], b. d.).

Žveplov dioksid (SO₂) je najpogostejši plin izmed žveplovih oksidov in je brezbarven, njegov vonj pa draži sluznico. Nastaja pri zgorevanju goriv (nafte in premoga) in pri številnih industrijskih procesih. Glavni vir emisij žveplovega dioksida dandanes so elektrarne, naftne rafinerije, drugi industrijski obrati in koncentracije naravnega vira, kot so izbruhi vulkanov in gozdni požari. Onesnaženost zraka z žveplovim dioksidom vpliva na zdravje ljudi in okolje. Težave povzročajo predvsem astmatikom in ljudem, ki živijo v bližini industrijskih obratov, ki nimajo ustreznega čiščenja. V okolju povišane koncentracije žveplovega dioksida povzročajo predvsem pojav kislega dežja («Žveplov dioksid» [okolje.info], b. d.). Kisli dež ima negativen vpliv na vodo, tla in družbeno okolje. Nastane, ko se žveplovi oksidi in dušikovi oksidi (NO_x) v zraku zmešajo z vodo in pretvorijo v žvepleno in dušikovo kislino, ki skupaj z drugimi snovmi padejo na zemljo kot kisle padavine oziroma kisli dež. Tu je potrebno kot pomemben dejavnik upoštevati še veter, ki lahko vodne kapljice raznaša po zraku in posledično kisli dež pade še na območjih, ki so oddaljeni od mesta onesnaževanja. Primer nastanka kislih padavin smo prikazali na Sliki 2 («Obnovljivi viri in njihov vpliv na okolje» [kolednik.wordpress], b. d.).

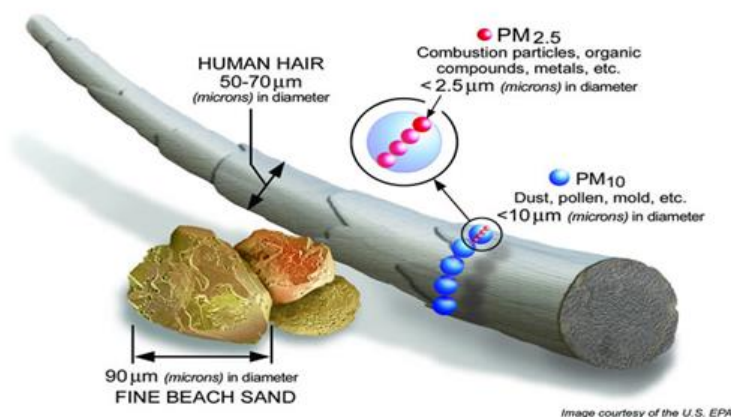
Slika 2: Kisle padavine



Vir: »Obnovljivi viri in njihov vpliv na okolje« [kolednik.wordpress], b. d.

Trdni delec ali PM delec je izraz za prah, ki je prisoten v zraku v določenem časovnem obdobju. V zraku se pojavlja kot vodna kapljica, v kateri je prisoten še trden ali tekoč delec. Glavna komponenta v večini delcev je ogljik, na katerega se lahko vežejo primesi, kot so kovine, organska topila ali ozon, vendar je sestava delcev odvisna od njihovega izvora. Znano je, da se manjši in svetlejši delci zadržujejo v zraku dlje časa. Delci so lahko naravnega (cvetni prah, morska sol, dim gozdnih požarov, vulkanski pepel) ali antropogenega izvora (promet, industrija, energetske objekti, individualna kurišča). Trdni delci povečujejo umrljivost za boleznimi dihal, srca in ožilja. Posebej so ogroženi starejši, bolniki z obstoječimi boleznimi dihal in otroci. Primerjavo velikosti trdnih delcev smo prikazali na Sliki 3 (»Trdni delci PM₁₀ in PM_{2,5}« [okolje.info], b. d.).

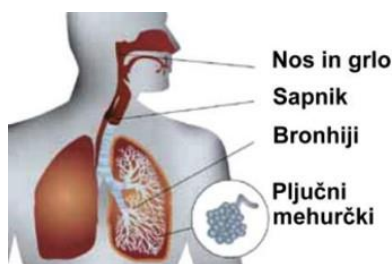
Slika 3: Primerjava velikost trdnih delcev



Vir: »What is PM10 and PM2,5?« [irceline.be], b. d.

PM delce uvrščamo med primarna in sekundarna onesnaževala. Pojav primarnih je posledica neposredne emisije prahu v zraku, sekundarni pa nastajajo kot posledica kemijskih reakcij med onesnaževali. Med sekundarne štejemo tudi delce, ki so se kot depozicija odložili na tla in kasneje z vetrom dvignili nazaj v zrak. Kot smo že omenili, so delci lahko različnega izvora, velja pa, da so delci, na katere so vezane težke kovine (arzen, svinec), bolj toksični. Vpliv trdnih delcev na dihala pogojuje njihova velikost. Prašni delci večji od 10 μm se običajno ustavijo v nosni votlini in žrelu. Večjo težavo predstavljajo delci velikosti 2–3 μm , saj prodrejo do pljučnih mešičkov (Bilban, 2014). Novejše študije kažejo, da lahko delci velikosti do 0,1 mikrona preidejo skozi pljučne mehurčke v kri in povzročajo zdravstvene težave v drugih telesnih organih. Tako poleg bolezni dihal, srca in ožilja vplivajo na Parkinsonovo in Alzheimerjevo bolezen. Vpliv delcev na dihalne poti smo prikazali na Sliki 4 (»Problematika prahu PM10 in PM2,5« [ARSO], b. d.).

Slika 4: Vpliv delcev na dihalne poti

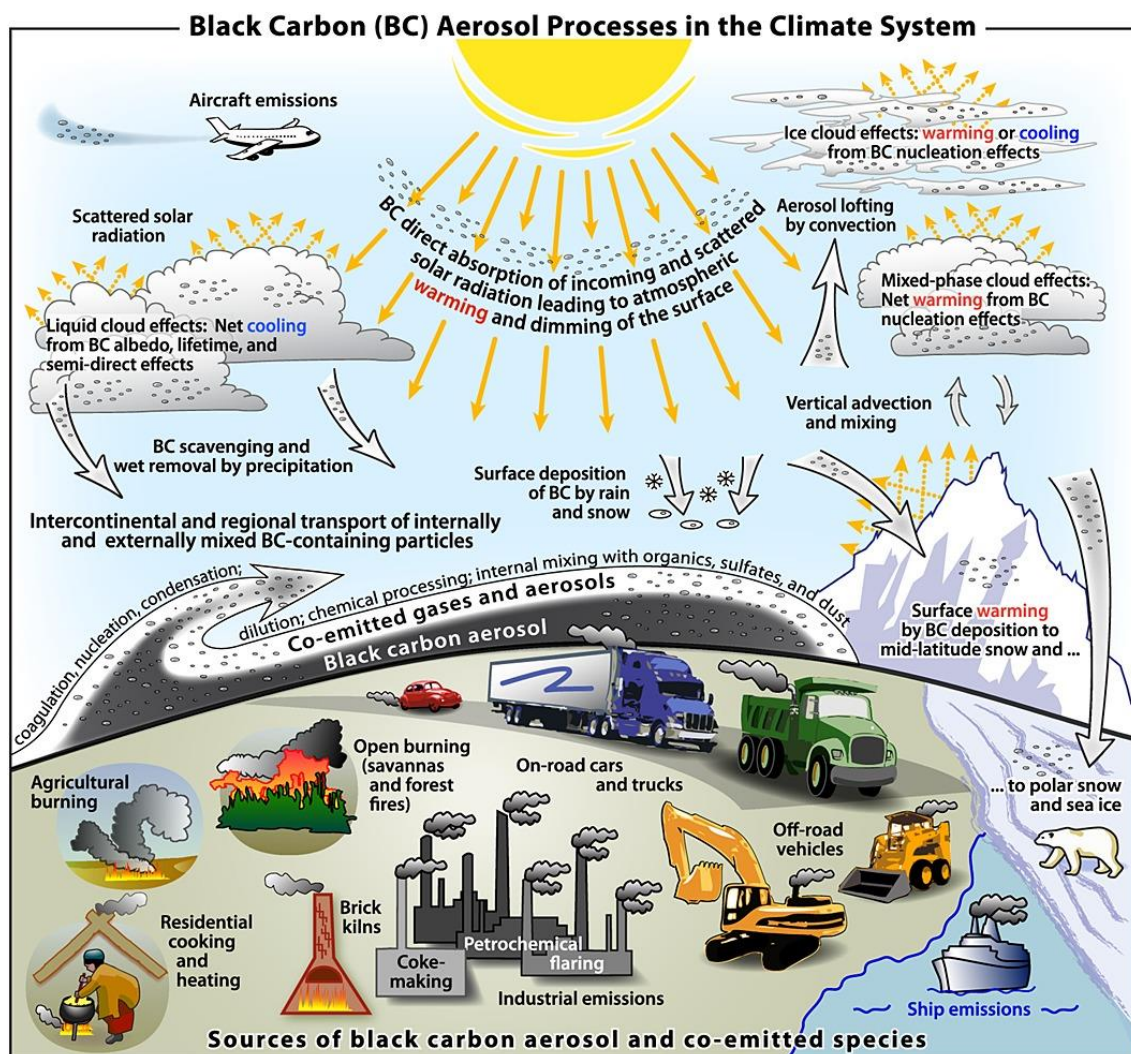


Vir: »Problematika prahu PM10 in PM2,5« [ARSO], b. d.

1.4 Črni ogljik

Črni ogljik (ang. black carbon – BC) v ozračju poleg ogljikovega dioksida (CO₂) predstavlja drugega najpomembnejšega povzročitelja globalnih sprememb, predvsem segrevanja planeta, hkrati pa je tudi dober pokazatelj nezaželenih vplivov delcev na zdravje. Črni ogljik nastaja tako po naravni poti kot tudi zaradi človeških dejavnosti pri nepopolnem zgorevanju fosilnih goriv, biogoriv in biomase. Med primarne vire nastanka vključujemo emisije iz dizelskih motorjev, zgorevanje biomase in gozdne požare (»What is black carbon?« [c2es.org], 2010). Na Sliki 5 smo prikazali glavne vire črnega ogljika. Na Sliki 5 je prikazana tudi interakcija črnega ogljika z zemeljskim sistemom. Vidimo, da različni viri izgorevanja, naravni in antropogeni, oddajo emisije črnega ogljika neposredno v ozračje. Največje vire predstavljajo požari oziroma gorenje gozdov in savan, trda goriva za kuhanje in ogrevanje ter dizelski motorji z notranjim izgorevanjem. Med pomembne vire spada tudi industrija, medtem ko emisije letalskega in ladijskega prometa predstavljajo manjše prispevke k oddajanju emisij na svetovni ravni. Med sproščanjem emisij se delci črnega ogljika prenašajo na regionalni in celo medcelinski ravni. Iz atmosfere oziroma ozračja se izločijo preko padavin ali suhega odlaganja na površje Zemlje, kar povzroči povprečno življenjsko dobo v atmosferi približno teden dni (Bond et al., 15. januar 2013).

Slika 5: Viri črnega ogljika



Vir: Bond et al., 2013

Črni ogljik je kljub svoji majhni količini v ozračju izredno pomemben zaradi vpliva na podnebne spremembe in zdravje. Močno absorbira svetlobo, s čimer segreva atmosfero, na površje pa meče senco. V primerjavi z ogljikovim dioksidom, ki planet segreva z močjo 1,6 vata na kvadratni meter, ga črni ogljik z močjo 1,1 vata. Najpomembnejša razlika med njima je, da je življenjska doba ogljikovega dioksida sto let, življenjska doba črnega ogljika pa od enega tedna do enega meseca. Potrebno je tudi poudariti, da bi z odstranitvijo črnega ogljika iz ozračja proces segrevanja Zemlje upočasnili za 20 let, s čimer bi tudi pridobili dodaten čas za razvoj novih tehnologij za odstranjevanje ostalih škodljivih plinov in snovi. Da pa bo odstranjevanje oziroma zmanjševanje uspešno, je

potrebno najprej izmeriti koncentracije v atmosferi, nato sprejeti ukrepe in nadzirati njihovo uspešnost (Tavčar, 2013).

Porazdelitev koncentracij črnega ogljika je odvisna od več dejavnikov, ki so lahko naravnega ali antropogenega izvora, kot so jakost in koncentracija pri izvoru ali oddaljenost od vira (Xing & Brumblecombe, 2018). Povečanje koncentracij črnega ogljika je prisotno predvsem v zimskem času, medtem ko v toplejšem delu leta koncentracije običajno padejo (Virkkula et al., 2007). Sezonska nihanja koncentracij so najpogosteje posledica kurjenja biomase, posebej v hladnejšem delu leta, ko zaradi nižjih zunanjih temperatur naraste poraba lesa ali premoga, potrebnega za ogrevanje stanovanj (Zhang et al., 2017).

1.5 Zakonodaja področja onesnaževanja z delci PM10 in PM2,5 na evropski in slovenski ravni

Onesnaževanje zraka škodi zdravju ljudi in okolju. Onesnaženost zraka se spreminja znotraj mest in držav, saj se v ozračje sproščajo številna onesnaževala iz različnih virov. V ozračju se lahko onesnaževala s pomočjo kemijskih reakcij preoblikujejo in posledično nastanejo nove oblike onesnaževal, ki so prav tako škodljive ljudem in okolju. Zelo pomemben dejavnik pri tem je tudi veter, saj se z njegovo pomočjo onesnaževala lahko razširijo na območja, ki so oddaljena od virov onesnaževanja. Za dodatno varovanje zdravja ljudi in okolja v Evropi in drugih državah so zato potrebna ciljno naravnana prizadevanja za zmanjšanje emisij («Onesnaževanje zraka» [Evropska Agencija za okolje], 9. oktober 2017).

Evropska unija je zaradi velikega onesnaževanja zraka predpisala več različnih zahtev, ki naj bi jih upoštevale vse države članice. 21. maja 2008 je bila izdana Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in sveta o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo (v nadaljevanju Evropska direktiva), ki je uradno začela veljati 11. junija 2008 («Dejavnosti agencije EEA» [Evropska Agencija za okolje], 23. avgust 2016).

Poleg Evropske direktive je pomembna še Direktiva o težkih kovinah in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku iz leta 2004. Obe direktivi obravnavata onesnaženost zraka na podlagi tematske strategije o onesnaženosti zraka. Opisujeta tudi osnovna načela, ki vključujejo ocenjevanje in upravljanje kakovosti zraka ter določata mejne koncentracije onesnaževal, ki ne smejo biti presežene. Če pride do prekoračitev, morajo za to pristojni organi pripraviti in izvesti načrt o upravljanju kakovosti zraka («Politični okvir» [Evropska Agencija za okolje], 10. oktober 2017).

Evropska direktiva navaja člene, ki naj bi jih sorazmerno upoštevale vse države članice. V nadaljevanju smo navedli najpomembnejše člene za razumevanje našega dela. Prvi člen določa ukrepe, katerih namen je opredelitev in določitev ciljev glede kakovosti zunanjega zraka, s čimer bi se izognili škodljivim učinkom na zdravje ljudi in okolja kot celote, jih preprečili ali zmanjšali – predstavitev ocenjevanja kakovosti zunanjega zraka v državah članicah na podlagi skupnih metod in meril, pridobivanje podatkov o kakovosti zunanjega zraka, zagotavljanje, da so podatki o kakovosti zunanjega zraka na voljo javnosti, ohranjanje kakovosti zunanjega zraka, kjer je dobro, in izboljšanje, kjer ni, ter spodbujanje sodelovanja med državami članicami pri zmanjševanju onesnaženosti zraka. Drugi člen opredeljuje pojme za lažje razumevanje celotne direktive, za nas najpomembnejše so opredelitve delcev PM10 in PM2,5 ter pojma aglomeracija in območje (Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008).

Evropska direktiva opredeljuje PM10 kot delce, ki preidejo skozi dovod, ki je opredeljen v referenčni metodi za vzorčenje in merjenje PM10, EN 12341, s 50-odstotno učinkovitostjo za odstranjevanje delcev z aerodinamskim premerom nad 10 μm (Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008).

Evropska direktiva opredeljuje PM2,5 kot delce, ki preidejo skozi dovod, ki je opredeljen v referenčni metodi za vzorčenje in merjenje PM2,5, EN 14907, s 50-odstotno učinkovitostjo za odstranjevanje delcev z aerodinamskim premerom nad 2,5 μm (Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008).

Evropska direktiva opredeljuje pojem »aglomeracija« kot območje, ki predstavlja somestje z več kot 250.000 prebivalci ali, kadar je prebivalcev 250.000 ali manj, z dano gostoto prebivalstva na kvadratni kilometer, ki jo določijo države članice (Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008).

Evropska direktiva opredeljuje pojem »območje« kot del ozemlja države članice, ki ga razmeji sama zaradi ocenjevanja in upravljanja kakovosti zraka (Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008).

Definicija pojmov »aglomeracija« in »območje« je pomembna, saj četrti člen Evropske direktive opredeljuje, da države članice same določijo območja in aglomeracije na svojem ozemlju. Ocenjevanje in upravljanje kakovosti zraka se izvaja na vseh območjih in v vseh aglomeracijah (Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008).

Z naštetimi členi in definicijami je povezan 13. člen Evropske direktive, ki opisuje mejne in alarmne vrednosti za varovanje zdravja ljudi. Člen navaja, da morajo države članice zagotoviti po vseh njihovih območjih in aglomeracijah ravni žveplovega dioksida, PM10, svineca in ogljikovega monoksida v zunanjem zraku v mejnih vrednostih iz Priloge XI Evropske direktive. V členu je opisano tudi, da mejne vrednosti dušikovega oksida in benzena, ki so določene v Prilogi XI, ne smejo biti presežene po datumih, določenih v Prilogi XI. Alarmna vrednost koncentracij žveplovega dioksida in dušikovega oksida v zunanjem zraku je določena v oddelku A Priloge XII. Spoštovanje omenjenih zahtev pa se ocenjuje v skladu s Prilogo III. Sprejemljivo preseganje mejnih vrednosti iz Priloge XI se uporablja v skladu s členom 22(3), ki pravi, da v primeru, ko država članica uporabi odstavek 1 ali 2, zagotovi, da mejna vrednost za onesnaževala ni presežena za več, kot je določeno najvišje sprejemljivo preseganje, ki je določeno v Prilogi XI. Tu se upošteva še člen 23(1), ki pravi, da v primeru, ko na določenih območjih ali aglomeracijah ravni onesnaževal presežejo katerokoli mejno ali ciljno vrednost in sprejemljivo preseganje, države članice pripravijo načrte za kakovost zraka na kritičnih območjih oziroma aglomeracijah in s tem dosežejo mejno ali ciljno vrednost iz Prilog XI in XIV (Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008).

V 21. členu Evropske direktive so opisane ravni delcev PM10 v zunanjem zraku na območjih in aglomeracijah, ki jih določi posamezna država članica. Države članice morajo ravni teh onesnaževal vzdrževati pod mejnimi vrednostmi, ki smo jih prikazali v Tabeli 1 (Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008).

Tabela 1: Mejne vrednosti delcev PM10

Čas povprečja	Mejna vrednost	Sprejemljivo preseganje	Datum, do katerega je treba doseči mejno vrednost
1 dan	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu	50 %	Velja od 1. januarja 2005
Koledarsko leto	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 %	Velja od 1. januarja 2005

Vir: Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008, str. 31

Evropska direktiva v 20. členu narekuje, da za določeno leto države članice posredujejo Evropski komisiji seznam območij in aglomeracij, na katerih so preseganja mejnih vrednosti za določeno onesnaževalo povzročili naravni viri ter zagotovijo informacije o koncentracijah in virih ter dokaze, da je mogoče preseganja pripisati naravnim virom. V 23. členu je opisana obveza držav članic, da pripravijo načrte za izboljšanje kakovosti zunanjega zraka za območja in aglomeracije, kjer so presežene mejne ali ciljne vrednosti koncentracij onesnaževal. Omeniti je potrebno še 30. člen, ki pravi, da države članice določijo pravila glede kazni v primeru kršitev nacionalnih predpisov, ki so sprejeti na podlagi Evropske direktive, in sprejmejo vse potrebne ukrepe za izvršitev kazni. Kazni morajo biti učinkovite, sorazmerne in odvračilne (Direktiva 2008/50/ES, Ur. l. EU, št. L1/52/11, 2008).

Na ravni zakonodaje v Republiki Sloveniji moramo omeniti Ustavo Republike Slovenije, ki predstavlja glavni in najvišji splošni akt. Za naše delo je pomemben 72. člen, ki opisuje zdravo življenjsko okolje. Ustava Republike Slovenije (Ur. l. RS, št. 33/91-I, 42/97 – UZS68, 66/00 – UZ80, 24/03 – UZ3a, 47, 68, 69/04 – UZ14, 69/04 – UZ43, 69/04 – UZ50, 68/06 – UZ121,140,143, 47/13 – UZ148, 47/13 – UZ90,97,99 in 75/16 – UZ70a, v nadaljevanju Ustava) v 72. členu določa, da ima v skladu z zakonom vsakdo pravico do zdravega življenjskega okolja in da država skrbi za zdravo življenjsko okolje. V ta namen zakon določa pogoje in načine opravljanja gospodarskih in drugih dejavnosti. Zakon določa, ob katerih pogojih in v kakšnem obsegu je povzročitelj škode v življenjskem okolju dolžan poravnati škodo.

Področje kakovosti zunanega zraka v slovenski zakonodaji predstavlja Zakon o varstvu okolja, ki je pripravljen v skladu z Evropsko direktivo. Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06-ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16 in 61/17 – GZ, v nadaljevanju ZVO-1) v prvem členu ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj in v tem okviru določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga z varstvom okolja povezana vprašanja. V drugem členu je predstavljen namen in cilji varstva okolja. Cilji varstva okolja so predvsem preprečitev in zmanjšanje obremenjevanja okolja, ohranjanje in izboljševanje kakovosti okolja, trajnostna raba naravnih virov, zmanjšanje rabe energije in večja uporaba obnovljivih virov energije, odpravljanje posledic obremenjevanja okolja, povečanje snovne učinkovitosti proizvodnje in potrošnje ter opuščanje in nadomeščanje uporabe nevarnih snovi.

Poleg ZVO-1 je za naše delo pomembna tudi Uredba o kakovosti zunanega zraka (Ur. l. RS št. 9/11 in 8/15, v nadaljevanju uredba). Uredba o kakovosti zunanega zraka je tako kot ZVO-1 pripravljena v skladu z Evropsko direktivo. Tretji člen uredbe določa območja in aglomeracije ter ocenjevanje in upravljanje kakovosti zraka glede najpogostejših onesnaževal in za naše delo najpomembnejšima onesnaževaloma PM10 in PM2,5. V

Tabeli 2 smo prikazali razdelitev območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji glede na najpomembnejše vire onesnaževanja, med njimi so tudi delci PM10 in PM2,5. Na Sliki 6 smo prikazali karto območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji glede na najpogostejša onesnaževala.

Tabela 2: Območja in aglomeracije v Republiki Sloveniji

Oznaka območja	Ime območja	Obseg območja glede na statistične regije
SIC	celinsko območje	Pomurska in Podravska brez Mestne občine Maribor, Koroška, Savinjska in Zasavska, Spodnjeposavska, Gorenjska, Osrednjeslovenska in Jugovzhodna Slovenija brez Mestne občine Ljubljana
SIP	primorsko območje	Goriška, Notranjsko-kraška, Obalno-kraška
Oznaka aglomeracije	Ime aglomeracije	Obseg aglomeracije
SIL	Ljubljana	območje Mestne občine Ljubljana
SIM	Maribor	območje Mestne občine Maribor

Vir: Uredba o kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS, št. 9/11 in 8/15. Priloga št. 1, str. 1

Slika 6: Karta območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji



Vir: Uredba o kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS, št. 9/11 in 8/15. Priloga št. 1, str. 1

Sedmi člen uredbe opisuje mejne vrednosti onesnaževal, ki so določene v prilogi 2, ki je sestavni del uredbe. V osmem členu so opisane zahteve v zvezi s PM_{2,5} in ciljno zmanjšanje PM_{2,5} na območju Republike Slovenije, ciljne in mejne vrednosti, ki so določene v tretji in četrti točki priloge 3 v tej uredbi.

1.6 Varnost

Varnost je pogosto obravnavano področje, saj spada med javne dobrine in mora biti dostopna vsem. Posameznik se varnosti najprej zave na individualni ravni v ožjem družinskem krogu. Pojem varnosti je težko opredeliti, saj ni odvisen samo od kvantitativnih meril (Žnidarič, 2006).

OxfordLivingDictionary definira varnost (ang. safety) kot stanje brez nevarnosti in groženj, v katerem se počutimo varno, stabilno in brez strahu ali tesnobe oziroma kot varnost države ali organizacije proti kaznivim dejanjem, kot so terorizem, kraje ali vohunstvo (Security, b. d.).

Varnost spada med prvine različnih pojavnih oblik človekovega bivanja že iz davne preteklosti. Pojav varnosti je povezan z vprašanji kakovosti življenja in smrti posameznika in višjimi ravnmi družbenega organiziranja (družba/država, meddržavna skupnost, svet kot celota). Varnost posameznika se vzpostavlja kot stanje, v katerem so posamezniku zagotovljeni življenje, zdravje, lastnina, svoboda in obenem kot zavestna aktivnost za vzpostavitev stanja varnosti (Grizold, 1998).

1.7 Nacionalna varnost

Nacionalna varnost je razmeroma nov pojem, ki ga avtorji definirajo različno. Grizold (1992) definira nacionalno varnost kot varnost državnega naroda. Sem spada varnost nacionalnega ozemlja (vključno z zračnim prostorom in ozemeljskimi vodami), zaščita življenja ljudi in njihove lastnine, ohranitev in vzdrževanje nacionalne suverenosti in uresničevanje temeljnih funkcij družbe (socialno-ekonomskih, družbenopolitičnih, kulturnih, ekoloških, gospodarskih idr.). Čaleta (2015) je mnenja, da nacionalna varnost v vsaki državi pomeni poleg ekonomsko-finančnega, političnega, socialnega, kulturnega in mednarodnega vpliva tudi enega izmed najpomembnejših temeljev za nemoteno delovanje države in predvsem zagotavljanje varnega okolja za razvoj družbe.

1.8 Tveganje

Ker črni ogljik predstavlja grožnjo oziroma tveganje nacionalni varnosti, smo definirali še pojem tveganje. Businessdictionary v splošnem definira tveganje (ang. risk) kot verjetnost ali nevarnost (grožnjo) za nastanek škode, poškodbe, izgube ali kakršenkoli drug negativni dogodek, ki je posledica zunanjih ali notranjih vzrokov in ga je mogoče vnaprej predvideti ter se mu s preventivnimi ukrepi tudi izogniti (Risk, b. d.).

Standard ISO 31000:2009 definira tveganje, ko pravi, da so organizacije različnih tipov in velikosti soočene z notranjimi in zunanjimi faktorji in vplivi, ki povzročajo negotovost glede časa, v katerem bo organizacija dosegla svoje cilje in glede tega, če jih bo sploh dosegla. Učinek negotovosti glede doseganja ciljev organizacije je »tveganje«. Standard

se uporablja za vse vrste tveganj, ne glede na njihovo naravo, in predvideva tako pozitivne kot negativne posledice (Jereb, 2014).

Pojem tveganje ima v povezavi z različnimi področji in v kombinaciji z različnimi besedami veliko definicij. Definicija tveganja v dani situaciji je tako odvisna od percepcije, zaznave, predstave negotovosti in grožnje. Posamezniki se ves čas nahajamo v stanju ali določenem razkoraku med lastno zaznavo in realnostjo grožnje (Podbregar, 2017).

Ljudje imajo različne odnose in poglede na enako tveganje, kar lahko privede tako do različnih izpostavljenosti kot tudi različno opredeljenih stopenj negotovosti. Tveganja je torej potrebno gledati ne na primeru posameznika, ampak na primeru posameznih skupkov ljudi, ki si delijo podobne značilnosti oziroma odnose do nekega tveganja. Ugotovimo lahko, da je dojemanje tveganja odvisno od posameznikovega oziroma skupinskega razumevanja problema (Jereb, 2014).

Učinkovito upravljanje tveganj predstavlja sklop sestavin, ki zagotavljajo temeljne in organizacijske ureditve za oblikovanje, vpeljavo, nadzorovanje, poročanje in nenehno izboljšavo upravljanja tveganj (Jereb, 2014). Pri samem obvladovanju tveganj je potrebno tveganja razvrstiti po pomembnosti, določiti še sprejemljive ravni tveganja, se odločiti o obravnavi posameznega tveganja, sprejeti ukrepe, nadzorovati njihovo izvajanje ter pregledovati tveganja in cilje. Tu ne smemo pozabiti na tveganja, ki so zaradi svoje obvladovanosti pozabljena, saj mogoče niso več obvladovana ali pa ne obstajajo več in so posledično tudi ukrepi odveč. Tveganja je potrebno upoštevati v prvotnem, neobvladovanem pomenu (Podbregar, 2017).

ISO 31000 opredeljuje postopek ocenjevanja tveganj kot kombinacijo treh faz – prepoznavanje, analizo in oceno tveganj. Prepoznavanje tveganj je proces, pri katerem organizacija identificira vire tveganja, področja vpliva, dogodke in njihove vzroke ter morebitne posledice. Namen analize tveganj ISO 31000 opredeljuje kot proces razumevanja narave tveganja in določitve stopnje tveganja. Ocena tveganja je proces

odločanja o ukrepanju glede tveganj in določitev pomembnosti posameznim tveganjem (Jereb, 2014).

Za celovito ocenjevanje tveganj se uporablja tako imenovani register tveganj. Model upravljanja tveganj, ki ga ponuja ISO 31000, ne obravnava tveganj, ki niso definirana v procesu prepoznavanja in analize tveganj. Vendar to ne pomeni, da ta tveganja ne obstajajo. Na Fakulteti za logistiko je bil razvit model za učinkovito ocenjevanje tveganj v organizacijah ter temelji na standardu ISO 31000 (upravljanje tveganj) in standardu ISO 28000 (varnost oskrbovalnih verig), na podlagi katerega tveganja razvrstimo v skupine (Jereb, 2014, str. 83):

1. »Tveganja fizičnih odpovedi, kot npr. funkcionalne odpovedi opreme, naključne odpovedi, zlonamerne poškodbe, teroristična ali kriminalna dejanja.
2. Operativna tveganja, ki vključujejo nadzor varnosti, človeškega faktorja in ostale aktivnosti, ki vplivajo na uspešnost, stanje in varnost organizacije.
3. Naravni okoljski dogodki (nevihte, poplave itd.), zaradi katerih lahko varnostni ukrepi in prema postanejo manj učinkoviti.
4. Faktorji, ki niso pod nadzorom organizacije, kot npr. odpoved opreme ali storitev, ki jih izvajajo zunanji ponudniki.
5. Tveganja vseh zainteresiranih udeležencev organizacije, npr. nedoseganje regulatornih zahtev ali zmanjšan ugled blagovne znamke.
6. Načrtovanje in instalacija varnostne opreme, vključujoč menjavo, vzdrževanje itd.
7. Upravljanje informacij, podatkov in komunikacije.
8. Grožnje kontinuiteti delovanja.«

Register tveganj predstavlja proces, s katerim v obliki preglednice določimo najpomembnejša tveganja in ukrepe za njihovo obvladovanje. Z registrom tveganj se vzpostavi notranja kontrola, za katero velja načelo upoštevanja stroškov in koristi, zagotovi se način smotrne uporabe relativno redkih sredstev za obvladovanje tveganj in predstavi pojavna oblika obvladovanja tveganj. Register tveganj, ki smo ga prikazali na Sliki 7, tako predstavlja matriko verjetnosti nastanka tveganj in njihovih posledic. Razlago registra tveganj za črni ogljik smo predstavili v Tabeli 3 (Podbregar, 2017).

Slika 7: Register tveganj (ocena tveganj)

Verjetnost	Zelo velika (4)	4	8	12	16
	Velika (3)	3	6	9	12
	Srednja (2)	2	4	6	8
	Majhna (1)	1	2	3	4
		Majhne (1)	Srednje (2)	Velike (3)	Zelo velike (4)
		Posledice			

Vir: Podbregar, 2017

Tabela 3: Razlaga ocen tveganj

Verjetnost	Posledice
majhna: redko (izjemni primeri)	majhne: majhen vpliv na zdravje ljudi, okolje in podnebne spremembe
srednja: možno (tveganje se lahko uresniči)	srednje: zmeren vpliv na zdravje ljudi, okolje in podnebne spremembe
velika: verjetno (tveganje se lahko uresniči večkrat, gledano srednjeročno)	velike: pomemben vpliv na zdravje ljudi, okolje in podnebne spremembe
zelo velika: skoraj gotovo (tveganje se bo kratkoročno zelo verjetno uresničilo, tudi večkrat)	zelo velike: izjemen vpliv na zdravje ljudi, okolje in podnebne spremembe

Vir: Podbregar, 2017

Na podlagi modela za ocenjevanje tveganj Fakultete za logistiko lahko črni ogljik definiramo kot tveganje oziroma grožnjo, ki pa lahko ima tako pozitivne kot negativne posledice. Med pozitivne posledice lahko uvrstimo izboljšave na področju reorganizacije prometnih tokov v MOC, s čimer bi znižali koncentracije črnega ogljika, ki nastanejo kot posledica prometa. Med negativne posledice črnega ogljika lahko uvrstimo vpliv na okolje in ljudi (segrevanje ozračja, onesnažena zrak in voda, nevihte, poplave, bolezni

itd.). Posebej moramo še poudariti, da se tveganje, ki ga predstavlja črni ogljik, tiče vseh nas, tako na lokalni kot tudi na globalni ravni.

Na podlagi Slike 7 in Tabele 3 lahko kratkoročno (do 5 let) verjetnost nastanka in posledic črnega ogljika kot tveganja uvrstimo v polje številka 4, ki prikazuje srednjo verjetnost nastanka in posledic. Zavedati se je potrebno, da je grožnja črnega ogljika že realna, saj je v koledarskem letu 2017 v Sloveniji na območju SIC (Slika 7), natančneje v Zagorju in Celju, prišlo do večkratnih prekoračitev koncentracij črnega ogljika, zato omenjeni mesti veljata za najbolj onesnaženi v Sloveniji. Onesnaženost je predvsem posledica prometa v kombinaciji z geografsko lego, saj obe mesti ležita v kotlini, kjer je zelo pogost pojav, predvsem v hladnejšem delu leta, temperaturna inverzija. Kratkoročno gledano posledice onesnaženja predstavljajo zmeren vpliv na zdravje ljudi, kar pomeni, da drastičnih porasti bolezenskih stanj pri ljudeh ne pričakujemo, vendar pa se je potrebno zavedati, da bo v prihodnje stanje drugačno. Srednjeročno gledano (5–10 let) lahko verjetnost za nastanek tveganja črnega ogljika in njegovih posledic uvrstimo v polje številka 6, ki prikazuje veliko verjetnost nastanka tveganja in srednje posledice. Zavedati se moramo, da bodo koncentracije črnega ogljika glede na trenutno naraščajoče število prometa ob nepravilnem ukrepanju rastle. Posledično bo kakovost zunanjšega zraka padla, posebej v zimskih mesecih. Menimo, da se bodo negativne posledice onesnaženja pričele kazati predvsem pri starejših ljudeh, otrocih in bolnikih z boleznimi dihal, srca in ožilja. Posledično se bodo morali začeti izvajati ukrepi tako na lokalni kot državni ravni v smislu zaprtja mest za promet, gradnje obvoznic in podobno. Dolgoročno gledano (nad 10 let) lahko črni ogljik kot tveganje uvrstimo v polje številka 9, ki prikazuje zelo veliko verjetnost nastanka tveganja in zelo velike posledice. Posledice onesnaženosti se ne bodo kazale le na zdravju ljudi, ampak tudi na okolju in podnebnih spremembah. Poleg porasti bolezenskih stanj ljudi lahko pričakujemo tudi številne podnebne spremembe, kot so dvig temperature zraka, spremenjeni padavinski vzorci in naravne nesreče (poplave ipd.), ne smemo pa pozabiti tudi na problem oskrbe s kakovostno pitno vodo, kar lahko pripelje do težav tudi pri pridelovanju hrane.

Črni ogljik bo v prihodnosti ob nepravilnem ukrepanju začel predstavljati veliko tveganje, ki ga bo potrebno vzeti skrajno resno. Potrebno bo sestaviti načrte kriznega upravljanja

in nadzorovati njihovo izvajanje. Nosilce načrtovanja delimo na različne ravni (Podbregar, 2017):

- obrtna raven, kjer načrte pripravijo gospodarske družbe, zavodi in druge organizacije;
- lokalna raven, kjer načrte pripravijo občine;
- regionalna raven, kjer načrte pripravijo izpostave Uprave RS za zaščito in reševanje ter
- državna raven, kjer načrte pripravi Uprava RS za zaščito in reševanje v sodelovanju z ministrstvi in drugimi državnimi organi.

1.9 Opredelitev groženj po Resoluciji o strategiji nacionalne varnosti RS

Resolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije (v nadaljevanju: Resolucija) je temeljni razvojno-usmerjevalni dokument na področju nacionalne varnosti. Z Resolucijo se opredeljujejo nacionalni interesi in nacionalno varnostni cilji Republike Slovenije, analizira varnostno okolje, viri ogrožanja varnosti in varnostna tveganja države, določa izhodišča politike odzivanja Republike Slovenije na posamezne varnostne grožnje in tveganja ter določa najširše sistemsko-organizacijske rešitve celovitega delovanja države pri zagotavljanju nacionalne varnosti. Zagotavljanje nacionalne varnosti Republike Slovenije temelji na Ustavi Republike Slovenije, spoštovanju človekovih pravic in temeljnih svoboščin ter demokracije in načel pravne države. Vire ogrožanja in tveganja nacionalne varnosti Republike Slovenije smo prikazali v Tabeli 4 (Resolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije, Ur. l. RS, št. 92/07, v nadaljevanju ReSNV-1).

Tabela 4: Viri ogrožanja in tveganja nacionalne varnosti Republike Slovenije

Globalni viri ogrožanja in tveganja nacionalne varnosti	Nadnacionalni viri ogrožanja in tveganja nacionalne varnosti	Nacionalni viri ogrožanja in tveganja nacionalne varnosti
<ul style="list-style-type: none"> • podnebne spremembe; • globalna, finančna, gospodarska in socialna tveganja; • krizna žarišča 	<ul style="list-style-type: none"> • terorizem; • nedovoljene dejavnosti na področju konvencionalnega orožja, orožij za množično uničevanje in jedrske tehnologije; • organiziran kriminal; • nezakonite migracije; • kibernetične grožnje in zloraba informacijskih tehnologij in sistemov; • dejavnost tujih obveščevalnih služb; • vojaške grožnje 	<ul style="list-style-type: none"> • ogrožanje javne varnosti; • naravne in druge nesreče; • omejenost naravnih virov ter degradacija življenjskega okolja; • zdravstveno-epidemiološke grožnje; • dejavniki negotovosti

Vir: ReSNV-1

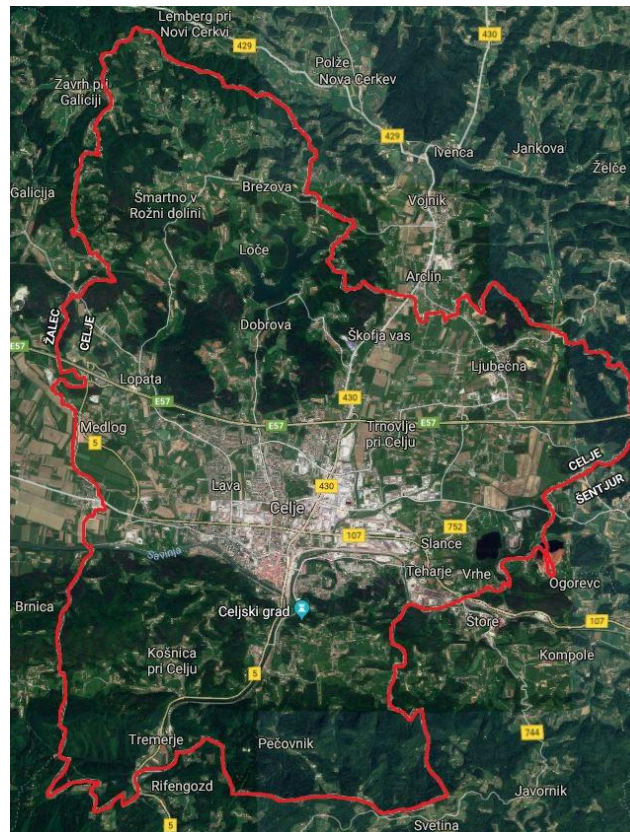
2 Metoda raziskovanja

V sledečem poglavju smo opisali raziskovalni del magistrskega dela. Opisali smo osnovne geografske značilnosti MOC, temperaturni obrat ter njegov vpliv v MOC in opredelili glavne onesnaževalce okolja v MOC. V nadaljevanju smo predstavili še postopek opravljanja meritev koncentracij črnega ogljika, opisali statična merilna mesta koncentracij in štetje prometa.

2.1 Mestna občina Celje

Mestna občina Celje se nahaja v vzhodnem delu Slovenije in obsega približno 95 kvadratnih kilometrov pretežno ravnega površja ob reki Savinji. Spada med enajst mestnih občin v Sloveniji in predstavlja upravno, izobraževalno, športno, gospodarsko, trgovsko in industrijsko središče Savinjske statistične regije. Na vzhodu meji na občino Šentjur, na jugovzhodu na občino Štore, na jugu na občino Laško, na zahodu na občino Žalec in na severu na občino Vojnik. MOC leži na stiku Predalpske in Obpanonske Slovenije, kar jo uvršča med prometno bolj obremenjene občine. Mesto Celje leži na skrajnem jugovzhodnem in najbolj pogreznjenem delu Celjske kotline. Južna meja Celjske kotline poteka po severnem obrobju Posavskega hribovja. Na severu mesta jo obdajata Hudinjsko in Ložniško gričevje, ki na vzhodu prehaja v Voglajnsko gričevje. Na zahodnem delu je občina najbolj odprta, saj prehaja v ravninsko Savinjsko dolino (Vovk Korže & Sajovic, 2009). Na Sliki 8 smo prikazali lego MOC, na kateri lahko vidimo odprtost občine na zahodu, hribovje na jugu ter gričevja na severu in vzhodu občine.

Slika 8: Lega MOC



Vir: Mestna občina Celje, b. d.

2.2 Temperaturni obrat v MOC

Celje spada med najhladnejša mesta v Sloveniji zaradi kotlinske lege in pogostega pojava temperaturnega obrata ali inverzije, ki je najbolj izrazita v zimskem obdobju, nastopa pa tudi poleti. Do temperaturnega obrata pride, ko se hladnejši in posledično težji zrak iz višjih leg spusti v dolino oziroma kotlino. Hladen zrak v dolini nima kam odteči in se zadrži pri dnu ter ustvari tako imenovano jezero hladnega zraka. Temperaturni obrat ima debelino od 60 do 150 metrov in zavzema od 32 do 128 kvadratnih kilometrov površine. V zimskem obdobju se temperaturni obrat razkraja med 11. in 13. uro, poleti pa nekoliko prej, in sicer med 8. in 10. uro (Golavšek, 2016). Celjska kotlina spada med manj prevetrena območja, zato se kot posledica temperaturnega obrata odraža tudi v povečanem onesnaženju. Več trdih delcev v ozračju predstavlja več kondenzacijskih jeder – ohlajenih delcev v toplejšem okoliškem zraku, okoli katerih se kondenzira vlaga.

Nastane tako imenovana »onesnažena megla« ali smog («Temperatura« [o-4os.ce.edus.si], b. d.). Na Sliki 9 smo prikazali primer temperaturnega obrata ali inverzije.

Slika 9: Temperaturni obrat ali inverzija v MOC

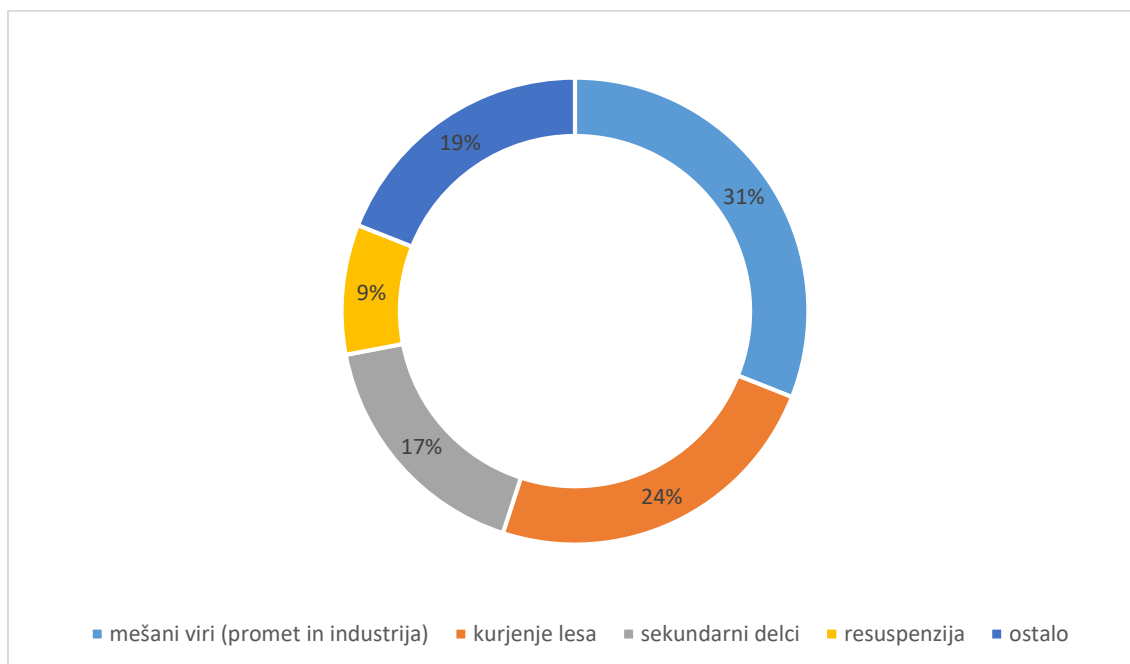


Vir: Jereb et al., 2017

2.3 Glavni onesnaževalci v MOC

MOC velja za prometno zelo obremenjeno območje, čigar posledica so obsežne emisije, vendar moramo upoštevati tudi druge onesnaževalce, ki pripomorejo k slabši kakovosti zraka. Glavne vire onesnaževanja v MOC, poleg prometa, predstavljajo industrija, tehnološki procesi in industrijske kotlovnice, kotlovnice za ogrevanje stavb in pripravo sanitarne vode ter mala kurišča. MOC-ovo Poročilo o stanju okolja v Mestni občini Celje navaja, da je bila podrobnejša analiza virov iz leta 2011 izvedena zaradi preseženega števila dovoljenih dnevni vrednosti delcev PM10 v zraku na območju MOC. Analiza virov je pokazala, da kar 31 % emisij prašnih delcev prispevata promet in industrija. Kurjenje biomase prispeva kar 24 % delcev, od tega je 17 % delcev sekundarnega izvora, ki jih lokalne zračne mase prinesejo od drugod. Resuspenzija cestnega prahu prispeva 9 % delcev, 19 % virov delcev pa je neopredeljenih. Delež posameznih virov onesnaženja smo prikazali na Sliki 10 (Poročilo o stanju okolja v Mestni občini Celje [moc.celje.si], november 2014).

Slika 10: Delež posameznih onesnaževalcev okolja v Mestni občini Celje



Vir: Poročilo o stanju okolja Mestne občine Celje 2014 [moc.celje.si], november 2014

2.4 Meritve črnega ogljika

Črni ogljik merimo z inštrumentom, ki ga je razvilo slovensko podjetje Aerosol, in se imenuje aethalometer. Način njegovega delovanja je zelo preprost. Naprava zrak črpa skozi filter, na katerem se nabirajo delci. Skozi filter nato posveti svetloba različnih valovnih dolžin oziroma barv in tako se vsako minuto izmeri, koliko svetlobe prepusti vzorec. Na podlagi sprememb intenzitete svetlobe med dvema meritvama se nato izračuna koncentracija črnega ogljika v zraku v tisti minuti. S pomočjo meritev z različnimi valovnimi dolžinami svetlobe se lahko določi še vire črnega ogljika. Napravo aethalometer smo prikazali na Sliki 11 (Tavčar, 2013). Čeprav so bili intervali zajemanja podatkov na aethalometru nastavljeni na eno minuto, smo ob interpretaciji in primerjavi rezultatov upoštevali polurna povprečja meritev, saj so bili podatki o količini padavin in hitrosti vetra v takšni obliki.

Slika 11: Merilna naprava aethalometer



Vir: »Rack Mount Aethalometer Model AE33« [mageesci.com], b. d.

Meritve črnega ogljika so potekale v več delih v okviru »Black bicycle« - kolesarske poti ob vpadnici v Celje: študentski projekt »Po kreativni poti do znanja« 2017, ki je potekal na Fakulteti za logistiko. Izvedene so bile v spomladanskem obdobju leta 2017 in v zimskem obdobju leta 2017/2018. Grafični prikaz poteka porazdelitev koncentracij črnega ogljika smo izdelali s pomočjo programskega orodja R Studio. V spomladanskem obdobju so meritve potekale v naslednjih intervalih (Šipek, Kovše & Jereb, 2018):

- od 14. do 23. marca na merilnih mestih B in A;
- od 23. marca do 3. aprila na merilnih mestih B in C;
- od 4. do 14. aprila na merilnih mestih B in E ter
- od 20. do 29. aprila na merilnih mestih B in D.

V zimskem obdobju so meritve potekale v naslednjih intervalih (Šipek et al., 2018):

- od 13. do 28. decembra na merilnem mestu A;
- od 1. do 25. januarja 2018 na merilnem mestu F in
- od 22. do 25. januarja 2018 na merilnem mestu B.

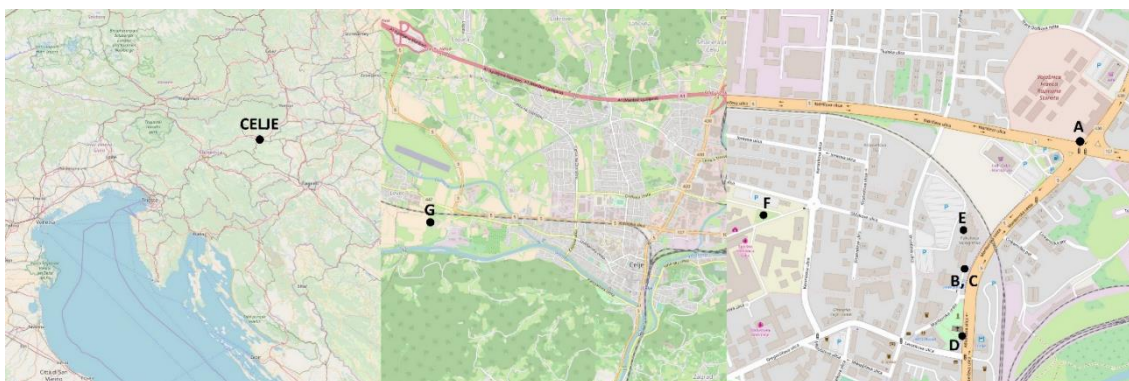
Posamezni intervali meritev niso bili pretirano dolgi zaradi občasnih tehničnih težav na aethalometru, vendar so rezultati kljub temu zadostovali za določitev vzorcev

porazdelitev koncentracij črnega ogljika. Sočasne meritve na merilnih mestih so nam pomagale pri ugotavljanju in opisovanju trendov porazdelitev koncentracij črnega ogljika ter definiranju korelacij med posameznimi merilnimi mesti. Merilna mesta smo opisali v sledečem poglavju (Šipek et al., 2018).

2.5 Merilna mesta

Meritve so potekale na območju MOC, določenih pa je bilo pet statičnih merilnih mest (A, B, C, D in E). Na vseh merilnih mestih so bili nameščeni aethalometri, ki so neprekinjeno merili koncentracije črnega ogljika. Poleg omenjenih statičnih merilnih mest so bili podatki za raziskavo pridobljeni tudi iz dveh merilnih postaj (merilni mesti F in G), ki sta vključeni v državno merilno mrežo. Merilna postaja Celje Bolnišnica (merilno mesto F) je zagotavljala stopnje onesnaženosti v mestnem ozadju, medtem ko so bili za potrebe te raziskave iz merilne postaje AMP Gaji (merilno mesto G) pridobljeni podatki o hitrosti vetra in količini padavin. Obe merilni postaji sicer zagotavljata meritve in podatke o splošni stopnji onesnaženosti zraka in o vremenskih pogojih v MOC. Postavitve merilnih mest na zemljevidu Slovenije in v MOC smo prikazali na Sliki 12.

Slika 12: Prikaz postavitve merilnih mest na zemljevidu Slovenije in v MOC



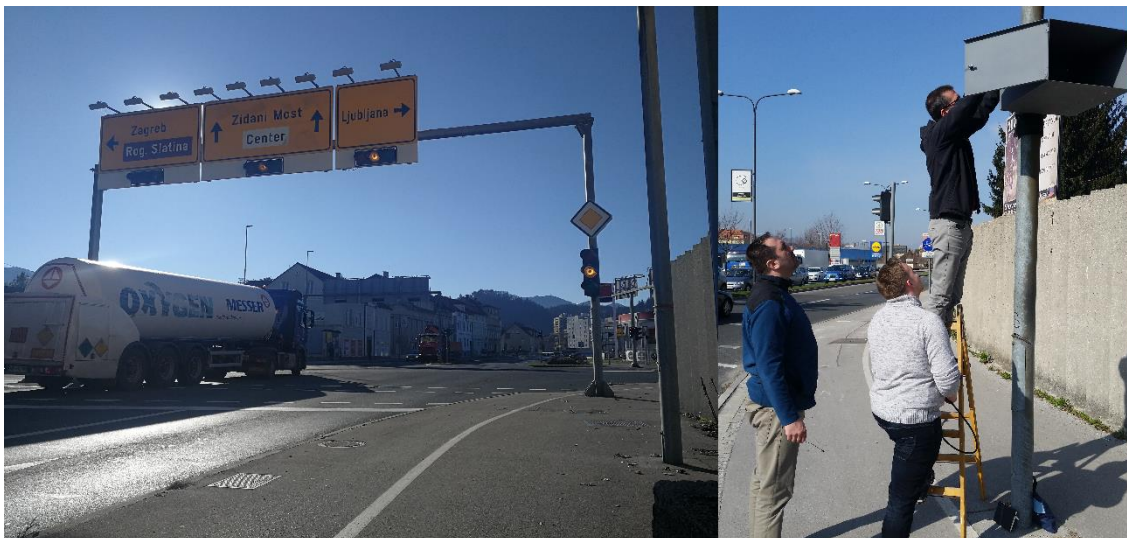
Vir: Celje, b. d.

Opis merilnih mest (Šipek et al., 2018):

- merilno mesto A predstavlja križišče Mariborske ceste in Kidričeve ulice, ki je hkrati največje križišče v MOC. Tu se seka osem vozniških pasov. Promet v tem križišču je zelo gost, saj ga na povprečen delovni dan prevozi več kot 20.000 dizelskih vozil.

Aethalometer je bil pritrjen na ulično svetilko na višini treh metrov, meritve pa so potekale spomladi in pozimi. Merilno mesto smo prikazali na Sliki 13;

Slika 13: Merilno mesto A



Vir: Jereb, et al., 2017

- merilno mesto B se je nahajalo v pritličju stavbe Fakultete za logistiko s približnimi dimenzijami 20 x 110 metrov, kjer je bil aethalometer pritrjen na višini treh metrov. Merilno mesto je bilo od cestišča Mariborske ceste, ki se dviguje iz podvoza, oddaljeno 20 metrov. Meritve na tem mestu so potekale spomladi in pozimi, vendar rezultati zimskih meritev niso bili avtentični zaradi določenih tehničnih težav z merilno napravo. Merilno mesto smo prikazali na Sliki 14;

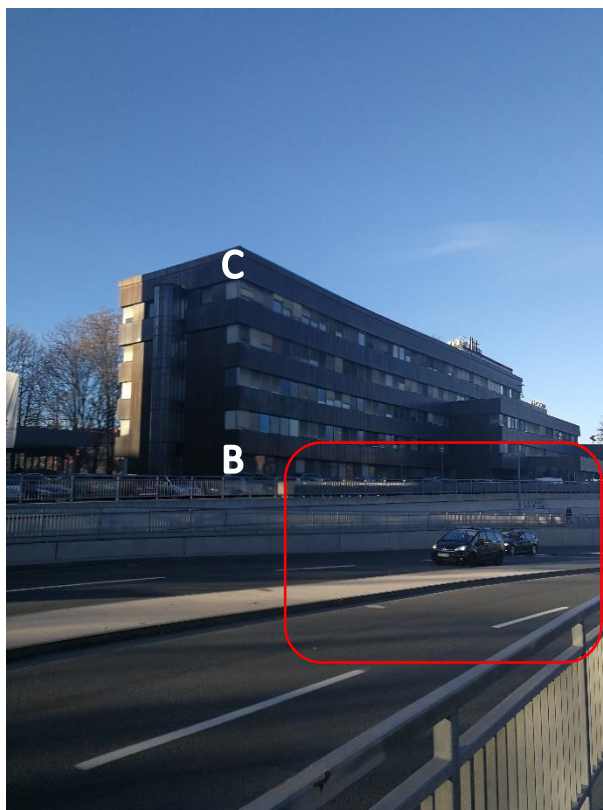
Slika 14: Merilno mesto B



Vir: Osebni vir

- merilno mesto C se je nahajalo v četrtem nadstropju iste stavbe, kjer je bil aethalometer nameščen natančno 18 metrov nad merilnim mestom B. Ta postavitev je bila izbrana z namenom opazovanja sprememb koncentracij črnega ogljika z naraščanjem višine. Merilni mesti B in C smo prikazali na Sliki 15, na kateri je viden tudi cestni kanjon, ki predstavlja oviro pri razporeditvi koncentracij črnega ogljika;

Slika 15: Merilni mesti B in C



Vir: Osebni vir

- merilno mesto D se je nahajalo tik ob Mariborski cesti, kjer je bil aethalometer pritrjen na cestno svetilko, oddaljeno dva metra od cestišča in na višini treh metrov. Meritve na tem mestu so potekale le v spomladanskem času. Merilno mesto smo prikazali na Sliki 16;

Slika 16: Merilno mesto D



Vir: Jereb et al., 2017

- merilno mesto E se je nahajalo v pritličju Fakultete za logistiko na drugi strani prej omenjene stavbe z dimenzijami 20 x 110 metrov, kjer je bil aethalometer pritrjen na višini treh metrov. Ta postavitev je bila izbrana, ker stavba predstavlja antropogeno oviro, ena izmed hipotez raziskave pa je bila vezana na določanje vpliva fizičnih ovir na distribucijo črnega ogljika. Ta točka sicer ne leži nasproti glavne prometnice, je pa za stavbo javno parkirišče in 80 metrov oddaljena stranska cesta z nizko gostoto prometa. Tudi na tem mestu so bile meritve izvedene zgolj v spomladanskem času. Merilno mesto smo prikazali na Sliki 17;

Slika 17: Merilno mesto E



Vir: Osebni vir

- merilno mesto F predstavlja merilno postajo Celje Bolnišnica, ki v okviru državne merilne mreže zagotavlja podatke o stopnji onesnaženosti v mestnem ozadju. Mimo tega merilnega mesta v povprečnem dnevu pelje približno 12.000 motornih vozil. Merilno mesto smo prikazali na Sliki 18;

Slika 18: Merilno mesto F



Vir: Osebni vir

- merilno mesto G predstavlja merilno postajo AMP Gaji, iz katere so bili za potrebe raziskave pridobljeni podatki o hitrosti vetra in količini padavin. Merilno postajo AMP Gaji smo prikazali na Sliki 19.

Slika 19: Merilna postaja AMP Gaji (merilno mesto G)



Vir: Osebni vir

2.6 Štetje prometa

Podatki o številu vozil so bili pridobljeni po naročilu MOC, in sicer s strani Direkcije Republike Slovenije za infrastrukturo (Projekt CPS Mestne občine Celje, 2016). Pripravljeni so bili na osnovi podatkov, pridobljenih s posameznimi ročnimi štetji prometa in iz avtomatskih števecv prometa na območju celotne Slovenije. Ročno štetje prometa je potekalo v 15-minutnih intervalih na povprečen delovni dan med 5.30 in 21.30. Na podlagi podatkov Statističnega urada Republike Slovenije je bilo konec leta 2017 v Sloveniji 51 % registriranih osebnih avtomobilov na bencin, 47 % na dizelsko gorivo in 2 % na alternativni pogon (plin, električna vozila) («Registrirana cestna motorna vozila in prikolice», Slovenija, 2017 [stat.si], 23. maj 2018).

Ker prometni tok sestavljajo različni tipi vozil, smo za lažje primerjave definirali in izračunali normalizirano število vozil (NNV). Normalizirano število vozil smo tako, da smo en avtobus ali tovornjak enačili s štirimi osebnimi vozili in ga izračunali po formuli $NNV = (\text{št. avtobusov ali št. tovornjakov}) \times 4$. To število izhaja iz dejstva, da je poraba goriva in posledično tudi količina emisij pri avtobusih in tovornjakih v povprečju štirikrat večja kot pri osebnih vozilih, če le-ta pospešujejo ali vozijo z enakomerno hitrostjo (Jereb, Krumperščak & Bratina, 2018).

3 Rezultati

V sledečem poglavju smo grafično prikazali in opisali rezultate štetja prometa na povprečen delovni dan in rezultate meritev koncentracij črnega ogljika ter prikazali in opisali vpliv hitrosti vetra (WS) in količine padavin na gibanje koncentracij po posameznih merilnih mestih. Koncentracije črnega ogljika po posameznih obdobjih meritev na vseh merilnih mestih smo prikazali kot:

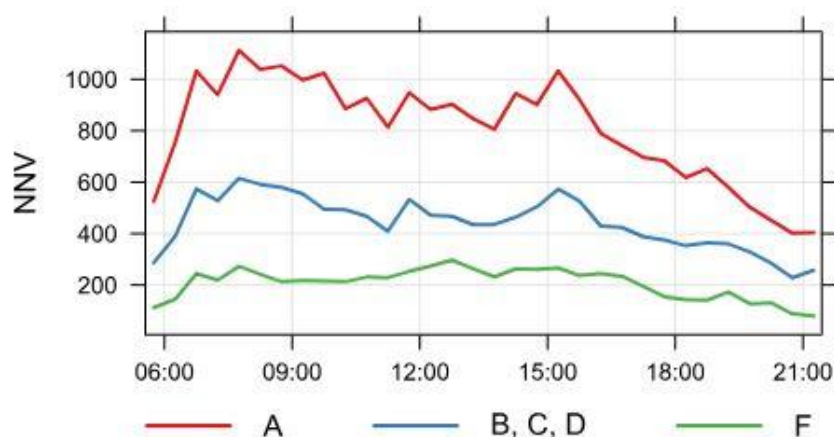
- črni ogljik, ki nastane kot posledica prometa (BC_{tr});
- črni ogljik, ki nastane kot posledica kurjenja biomase (BC_{bb}) in
- skupna vrednost koncentracij črnega ogljika (BC).

3.1 Promet

Glavno prometnico v Celju predstavlja Mariborska cesta. V povprečnem delovnem dnevu merilno mesto A prevozi 20.657 dizelskih vozil, od katerih je 16.175 dizelskih osebnih vozil, 233 avtobusov in 4.249 tovornih vozil. Mimo merilnega mesta B v povprečnem delovnem dnevu pelje 12.920 dizelskih vozil, od katerih je 10.011 dizelskih osebnih vozil, 204 avtobusov in 2.705 tovornih vozil. Jutranja prometna konica je najbolj izrazita med 6. in 8. uro, ko število osebnih vozil najbolj naraste, saj ljudje migrirajo v službo. Mariborska cesta predstavlja tudi glavno avtobusno linijo, zato v jutranji konici naraste tudi število avtobusov, predvsem v času šolskega pouka. Popoldanska konica je najbolj izrazita med 13.00 in 15.30, ko število osebnih vozil najbolj naraste, saj se ljudje odpravljajo iz služb. V mestnem ozadju, kjer smo na merilnem mestu F izvajali meritve, je pretok prometa bistveno manjši kot pri merilnem mestu A ali B. V povprečnem delovnem dnevu mimo merilnega mesta F pelje vsega skupaj 5.655 dizelskih vozil, od katerih je 5.286 osebnih vozil, 93 avtobusov in 276 tovornih vozil. Jutranja prometna konica se deli na dva dela, in sicer med 6.00 in 7.00 ter 7.30 in 8.15. Med 6. in 7. uro število osebnih vozil najbolj naraste, saj obdobje predstavlja prvi val službenih migracij ljudi. Obdobje med 7.30 in 8.15 pa predstavlja drugi val službenih migracij ljudi. V času šolskega pouka v tem obdobju naraste tudi število avtobusov. Popoldanska špica se prav tako deli na dve obdobji, in sicer med 10.30 in 13.00 ter med 13.45 in 15.15. V obeh

obdobjih popoldanske konice najbolj naraste število osebnih vozil. Število avtobusov se prav tako poveča, predvsem v času šolskega pouka, opazili pa smo tudi, da v obeh obdobjih naraste število tovornih vozil. Razlog lahko pripišemo dostavi. Normalizirano število vozil (NNV) na povprečen delovni dan po posameznih merilnih mestih smo prikazali na Sliki 20.

Slika 20: Normalizirano število vozil (NNV) na povprečen delovni dan po posameznih merilnih mestih



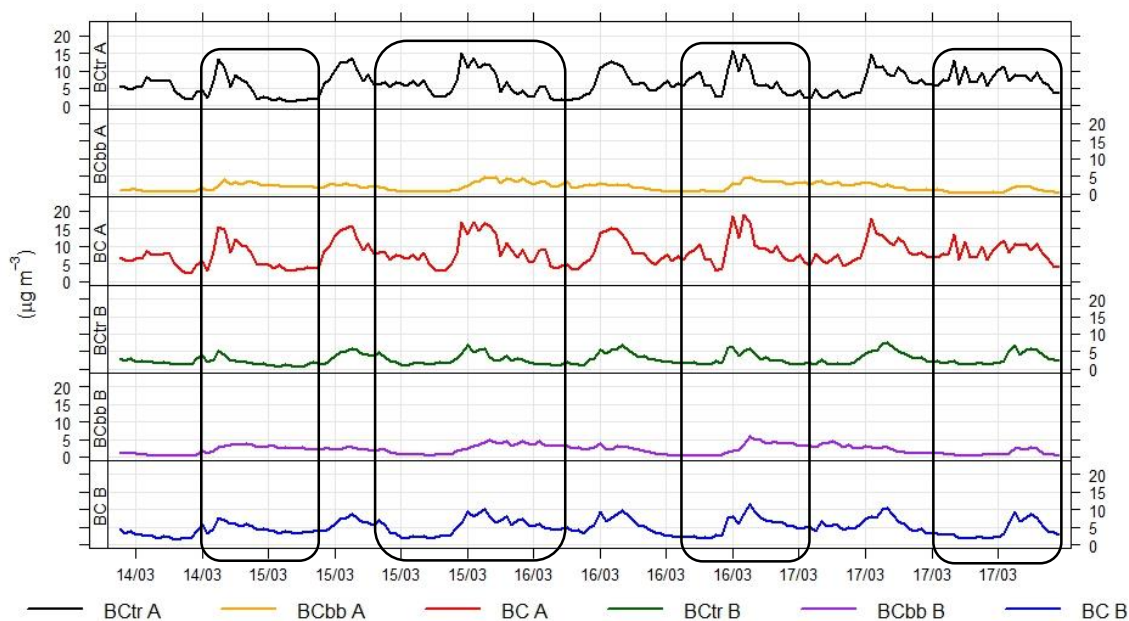
Vir: Mestna občina Celje, 2016

3.2 Meritve od 14. do 23. marca 2017 na merilnih mestih B in A

14. marca se je v času popoldanske prometne konice, med 15. in 18. uro, hitrost vetra gibala okoli 2 m/s, koncentracije črnega ogljika pa pod $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu A in pod $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu B. Ko je hitrost vetra v večernem obdobju padla pod 1 m/s, so koncentracije črnega ogljika narastle do $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu A in do $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu B. 15. marca so koncentracije črnega ogljika na obeh merilnih mestih v času jutranje konice med 6. in 9. uro narastle. Hitrost vetra se je gibala pod 2 m/s. V popoldanskem času med 12. in 18. uro je hitrost vetra narastla preko 2 m/s, koncentracije črnega ogljika pa so kljub popoldanski prometni konici padle za polovico na obeh merilnih mestih. 16. marca je med 15. in 17. uro hitrost vetra znašala okoli 2 m/s, koncentracije črnega ogljika na merilnem mestu A pa so v tem času padle za polovico. Koncentracije črnega ogljika so na obeh merilnih mestih med 17. in 18. uro

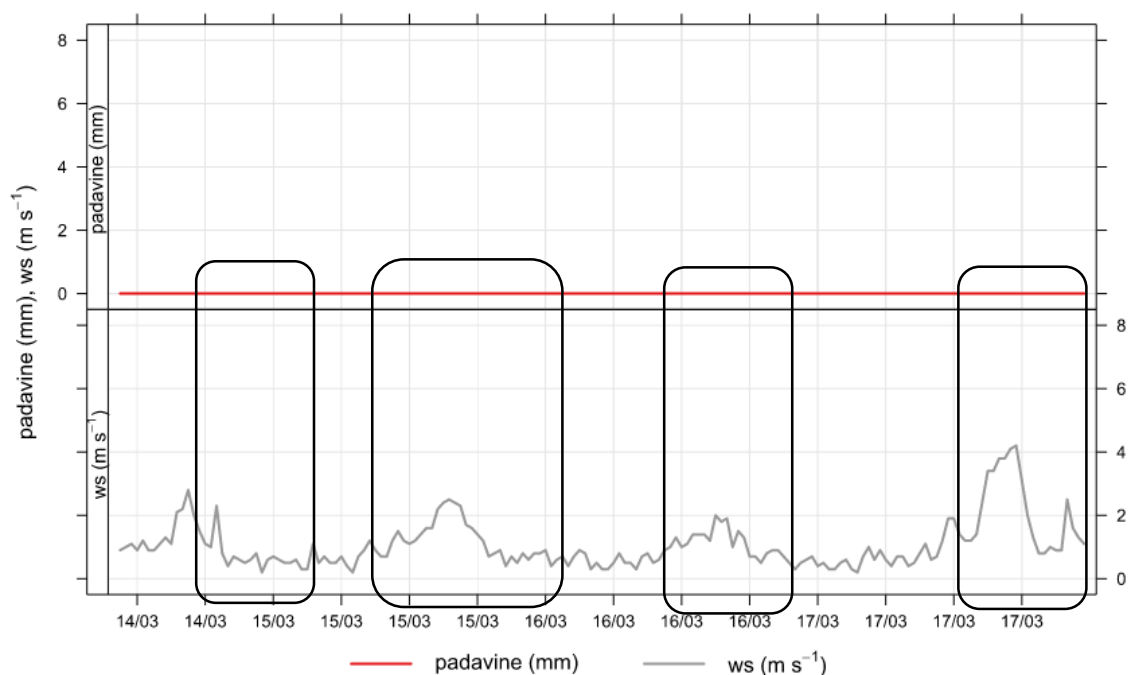
pričela naraščati, saj je hitrost vetra padla pod 1 m/s, v večernem času pa so se zopet spustile. Razlog za naraščanje koncentracij lahko pripišemo prometu. 17. marca je hitrost vetra v dopoldanskem času znašala okoli 1 m/s in ni imela bistvenega vpliva na gibanje koncentracij črnega ogljika na obeh merilnih mestih. Ob 14. uri je hitrost vetra pričela naraščati in narastla do 4 m/s, vendar kljub temu ni imela bistvenega vpliva na gibanje koncentracij na merilnem mestu A. Na merilnem mestu B so bile koncentracije v tem času zelo nizke, ko pa je po 18. uri hitrost vetra padla na 1 m/s, so narastle za faktor 5. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 21 in Sliki 22.

Slika 21: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 14. do 17. marca 2017



Vir: Osebni vir

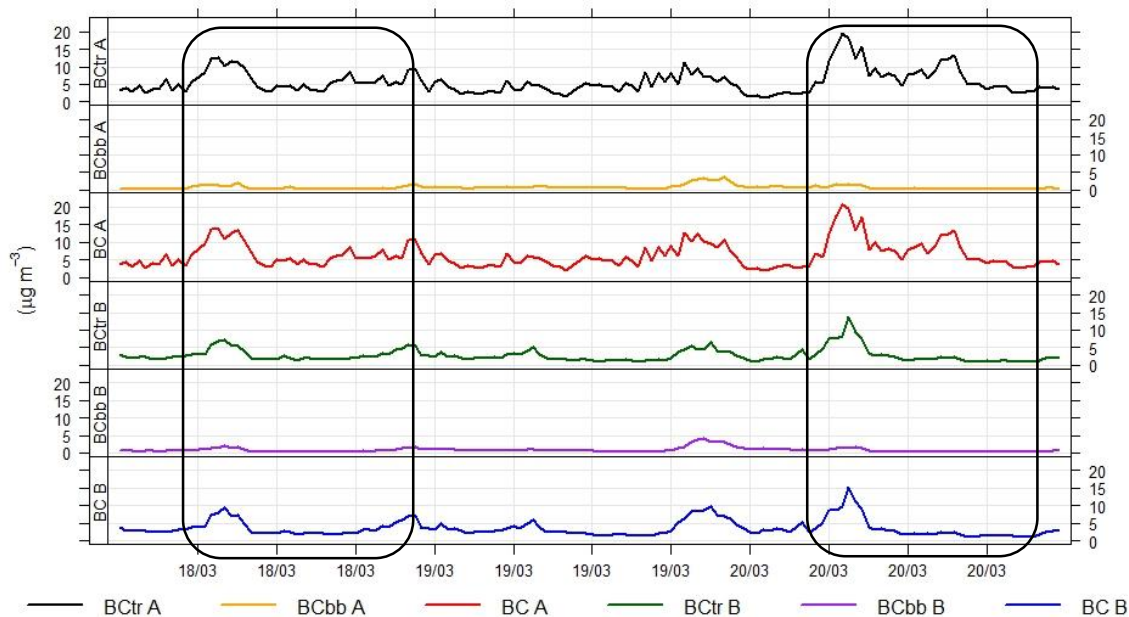
Slika 22: Količina padavin in hitrost vetra od 14. do 17. marca 2017



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

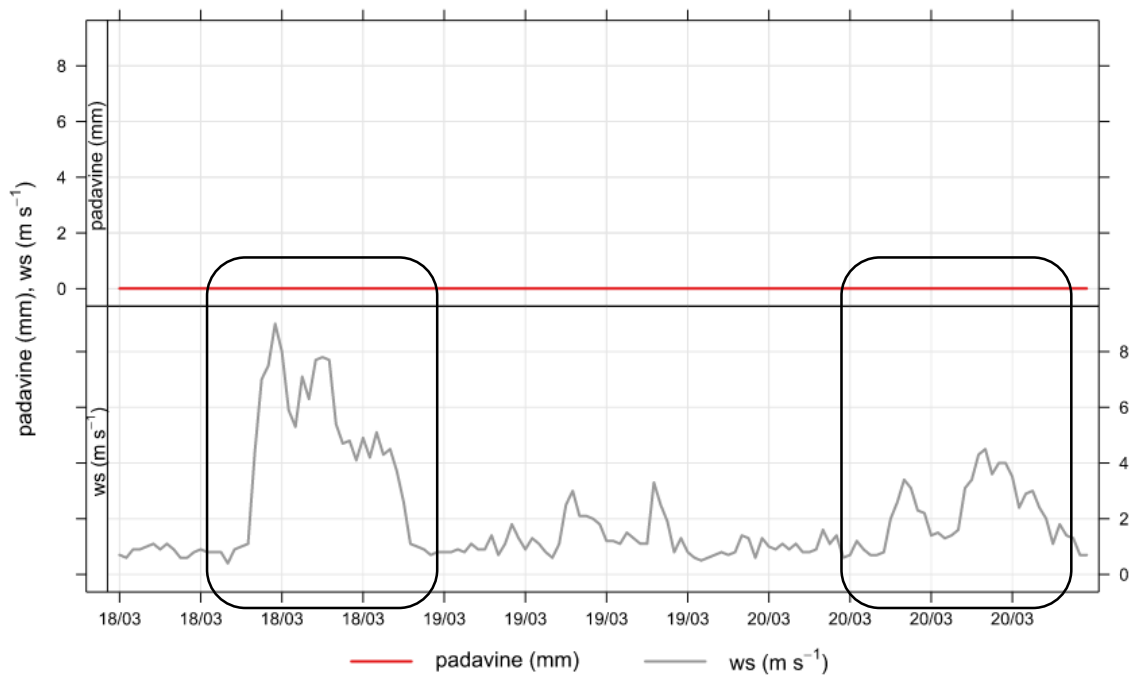
18. marca so koncentracije črnega ogljika v času jutranje konice na obeh merilnih mestih močno narastle. Hitrost vetra je pred koncem jutranje konice narastla prek 8 m/s, koncentracije črnega ogljika pa so padle iz 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu A in iz 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu B. 20. marca smo opazili, da je hitrost vetra med 6. in 11. uro narastla prek 3 m/s, vendar kljub temu ni imela bistvenega vpliva na porazdelitev koncentracij črnega ogljika. Po 14. uri je hitrost vetra ponovno narastla, tokrat prek 4 m/s in v času popoldanske prometne konice so koncentracije črnega ogljika na merilnem mestu B ostale zelo nizke, na merilnem mestu A pa so začele padati okoli 16. ure. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 23 in Sliki 24.

Slika 23: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 18. do 20. marca 2017



Vir: Osebni vir

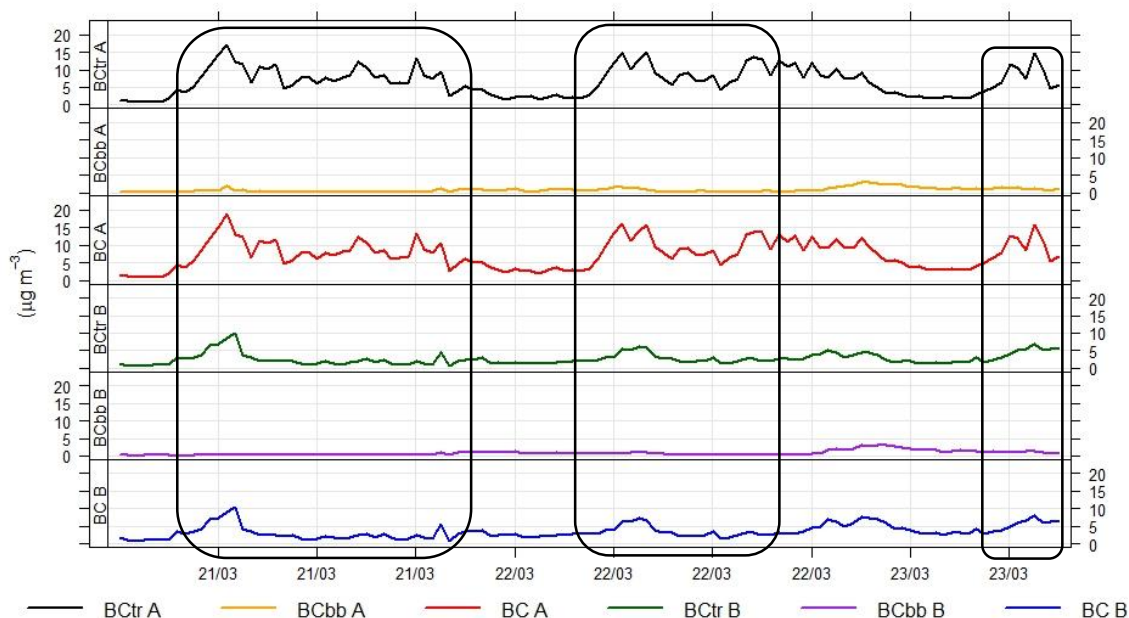
Slika 24: Količina padavin in hitrost vetra od 18. do 20. marca 2017



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

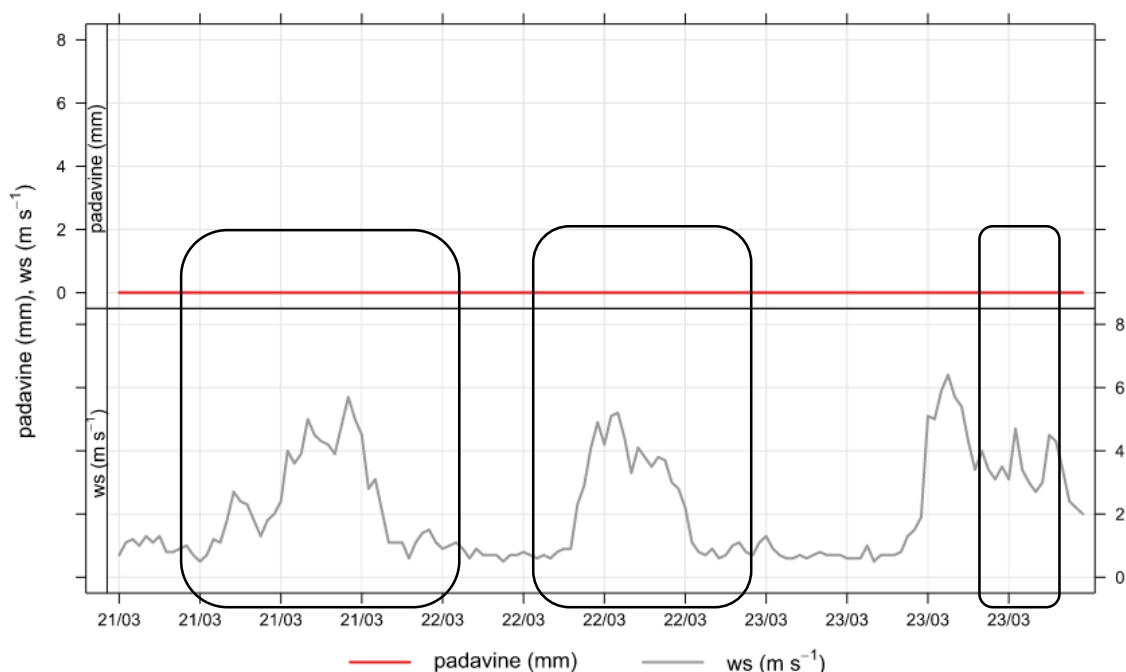
21. marca so koncentracije črnega ogljika pričele naraščati v jutranji konici in na obeh merilnih mestih dosegle vrhunec med 6. in 7. uro. V tem času se je hitrost vetra pričela dvigovati iz 1 m/s do 6 m/s in posledično so koncentracije črnega ogljika padle, posebej v času popoldanske prometne konice, ko so na merilnem mestu A padle za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in za okoli $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu B. 22. marca so koncentracije črnega ogljika pričele naraščati v času jutranje konice in dosegle vrhunec na obeh merilnih mestih okoli 10. ure. Medtem je hitrost vetra narastla do 5 m/s, posledično so koncentracije črnega ogljika na obeh merilnih mestih padle za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Okoli 15. ure, v času popoldanske konice, so koncentracije črnega ogljika kljub hitrosti vetra 4 m/s na merilnem mestu A narastle do $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na merilnem mestu B pa bistvenih sprememb nismo opazili. 23. marca smo meritve črnega ogljika izvajali le do 9. ure zjutraj. Opazili smo, da so v času jutranje konice koncentracije pričele naraščati. Medtem je hitrost vetra narastla do 6 m/s, kar je povzročilo padec koncentracij na obeh merilnih mestih. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 25 in Sliki 26.

Slika 25: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 21. do 23. marca 2017



Vir: Osebni vir

Slika 26: Količina padavin in hitrost vetra od 21. do 23. marca 2017



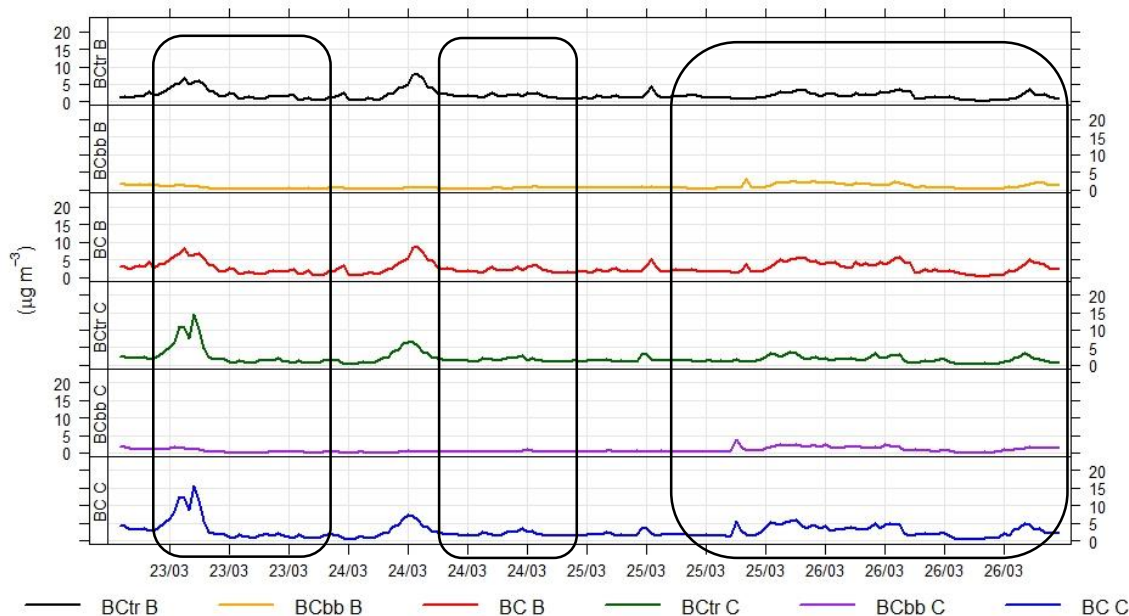
Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

3.3 Meritve od 23. marca do 3. aprila 2017 na merilni mestih B in C

23. marca so koncentracije črnega ogljika v času jutranje konice narastle do $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu B in do $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu C, ki se nahaja 18 metrov nad merilnim mestom B. Hitrost vetra je v času jutranje konice narastla prek 6 m/s , zato so koncentracije črnega ogljika okoli 9. ure začele padati na obeh merilnih mestih – za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu B in za $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na merilnem mestu C. Opazili smo, da so koncentracije črnega ogljika na merilnem mestu B padle počasneje kot na merilnem mestu C. Razlog za to lahko pripišemo dejstvu, da je merilno mesto B bližje izvoru onesnaževanja kot merilno mesto C. V popoldanskem času med 15. in 18. uro se je hitrost vetra gibala okoli 4 m/s . Koncentracije črnega ogljika se kljub popoldanski prometni konici niso bistveno spreminjale. 24. marca smo opazili, da so koncentracije črnega ogljika v času jutranje konice narastle do $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na obeh merilnih mestih, z naraščanjem hitrosti vetra prek 3 m/s pa so padle, posledično vpliva popoldanske konice na gibanje koncentracij črnega ogljika ni bilo. 25. in 26. marca smo opazili, da koncentracije črnega ogljika niso na nobenem merilnem mestu narastle prek $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Razlog za to lahko pripišemo vikendu. Med vikendom promet ni tako gost, upoštevati pa

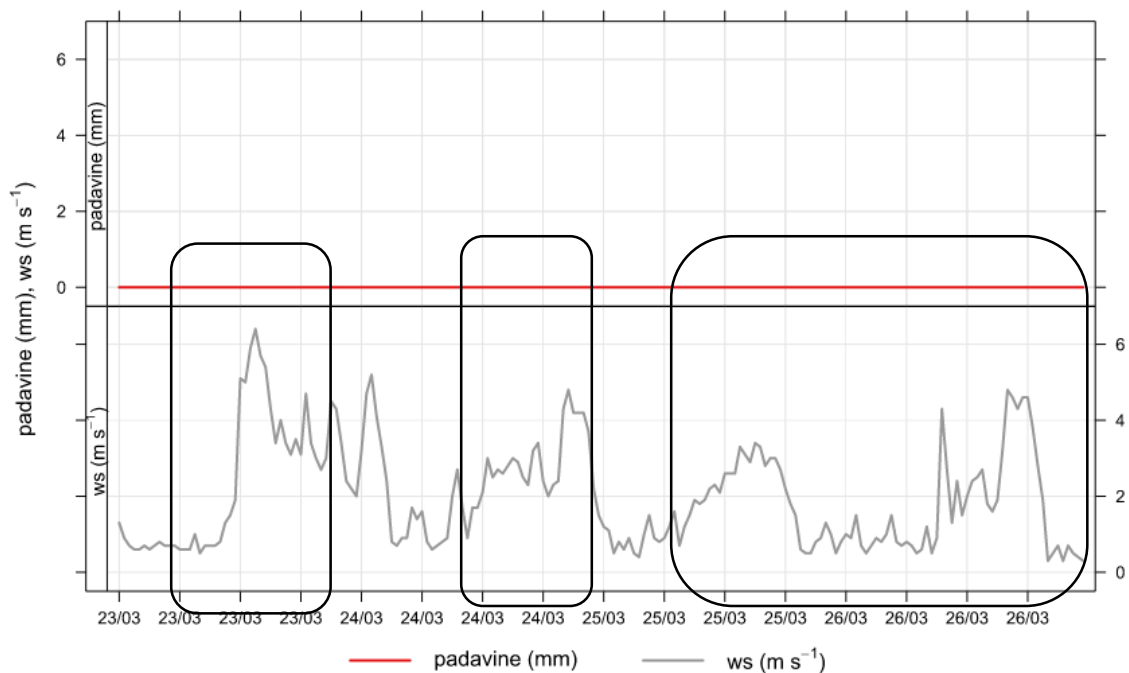
moramo tudi, da se je hitrost vetra gibala okoli 2 m/s. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 27 in Sliki 28.

Slika 27: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 23. do 26. marca 2017



Vir: Osebni vir

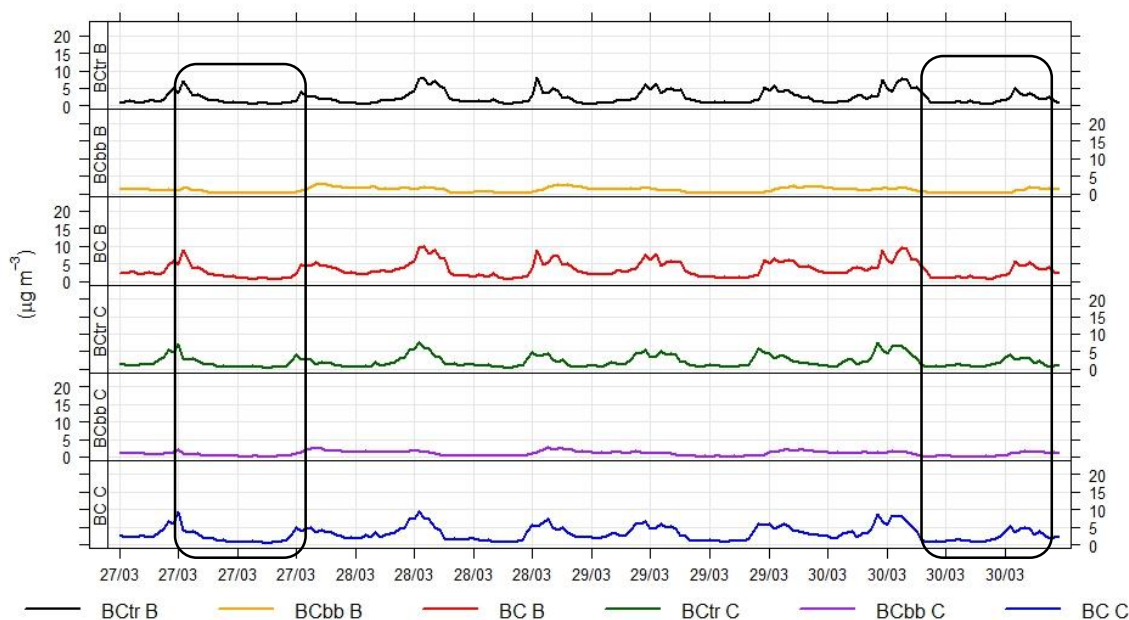
Slika 28: Količina padavin in hitrost vetra od 23. do 26. marca 2017



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

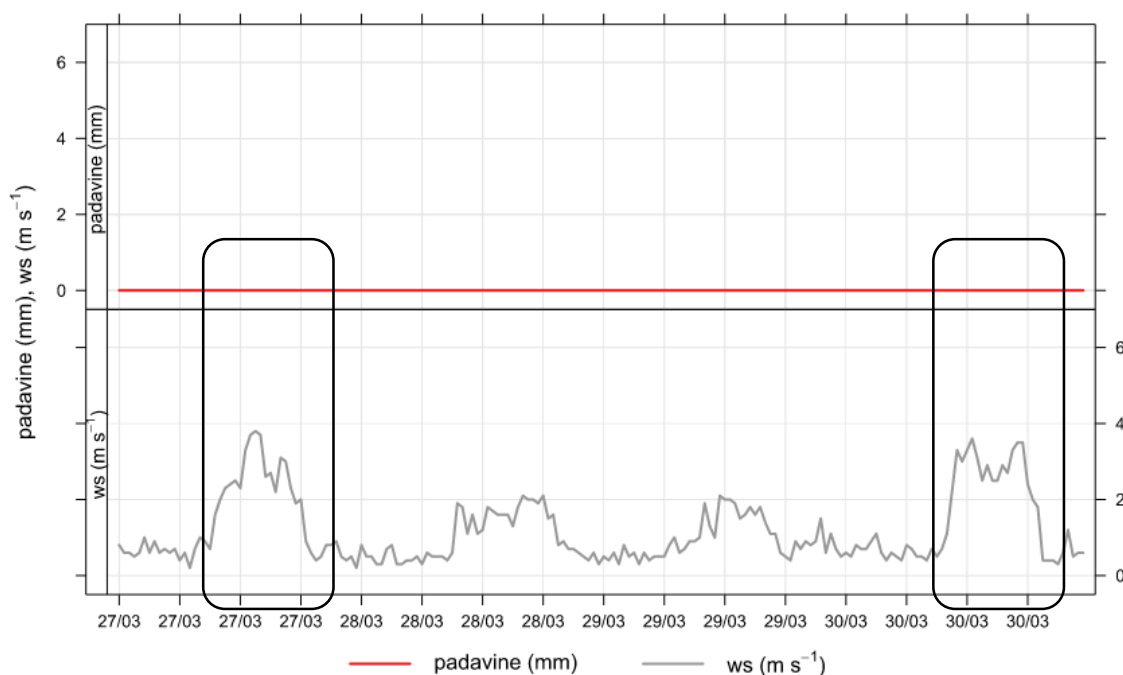
Od 27. do 30. marca smo opazili vpliv jutranje in popoldanske prometne konice na porast koncentracij črnega ogljika. Koncentracije so vsak dan pričele naraščati okoli 6. ure in 18. ure na obeh merilnih mestih. Opazili smo tudi, da se je hitrost vetra vsak dan okoli 6. ure zjutraj povišala do slabih 4 m/s (27. in 30. marec) oziroma do 2 m/s (28. in 29. marec). Koncentracije črnega ogljika so v obdobjih s hitrostjo vetra nad 2 m/s padale, ko pa je hitrost vetra znašala manj kot 2 m/s, so ponovno narastle do $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 29 in Sliki 30.

Slika 29: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 27. do 30. marca 2017



Vir: Osebni vir

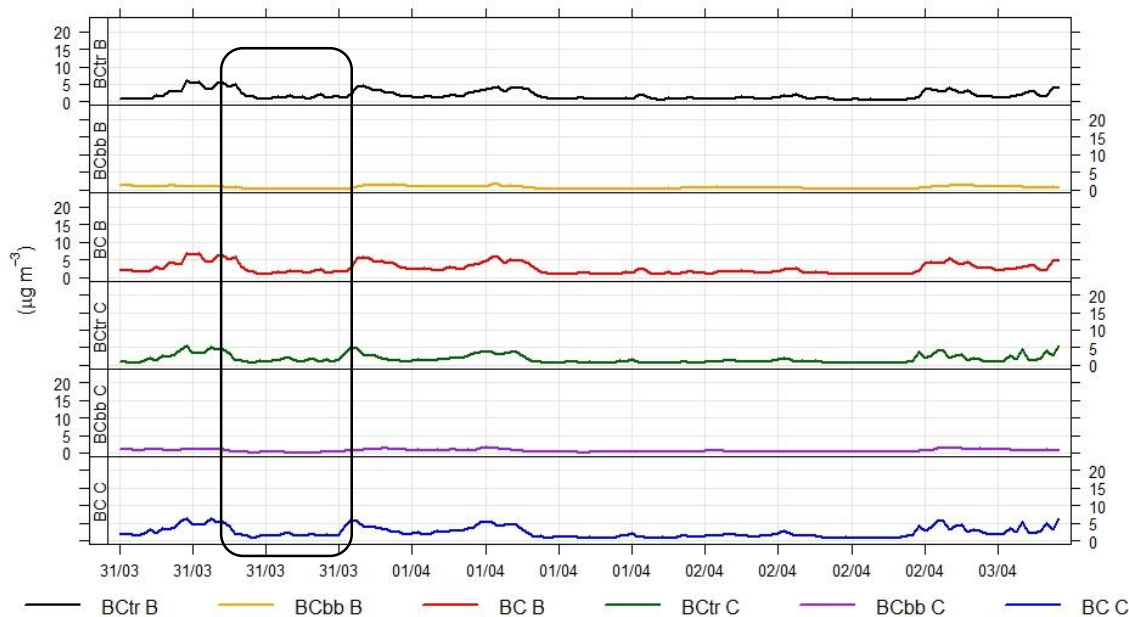
Slika 30: Količina padavin in hitrost vetra od 27. do 30. marca 2017



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

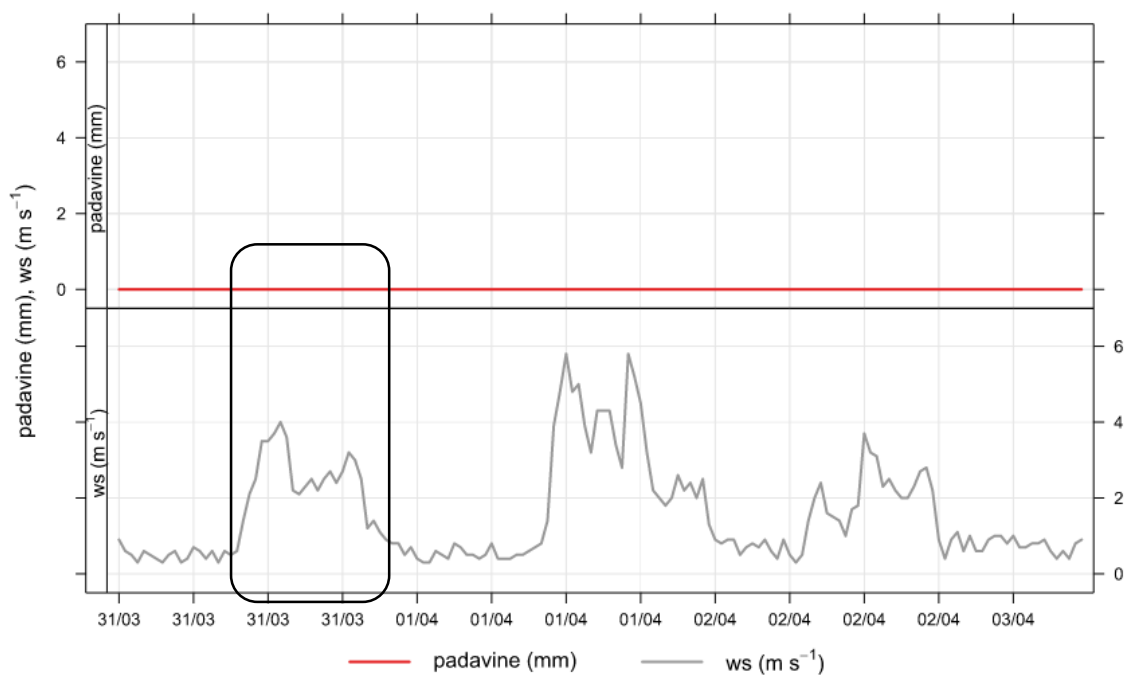
31. marca se je jutranja prometna konica začela nekaj pred 6. uro, saj so koncentracije črnega ogljika na obeh merilnih mestih pričele naraščati. Okrog 9. ure je pričela naraščati hitrost vetra do 4 m/s, zato so tudi koncentracije na obeh merilnih mestih padle. Po 18. uri je hitrost vetra padla pod 1 m/s, koncentracije črnega ogljika pa so znova nekoliko narastle. 1. in 2. aprila so bile koncentracije črnega ogljika zelo nizke, saj je bil vikend. Naraščati so začele v nedeljo, 2. aprila, po 21. uri. Razlog za povišanje koncentracij lahko pripišemo tovrnemu prometu, saj vsako nedeljo, ob praznikih in na dela proste dni velja splošna omejitev tovrnega prometa v Sloveniji od 8. do 21. ure. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 31 in Sliki 32.

Slika 31: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 31. marca do 3. aprila 2017



Vir: Osebni vir

Slika 32: Količina padavin in hitrost vetra od 31. marca do 3. aprila 2017

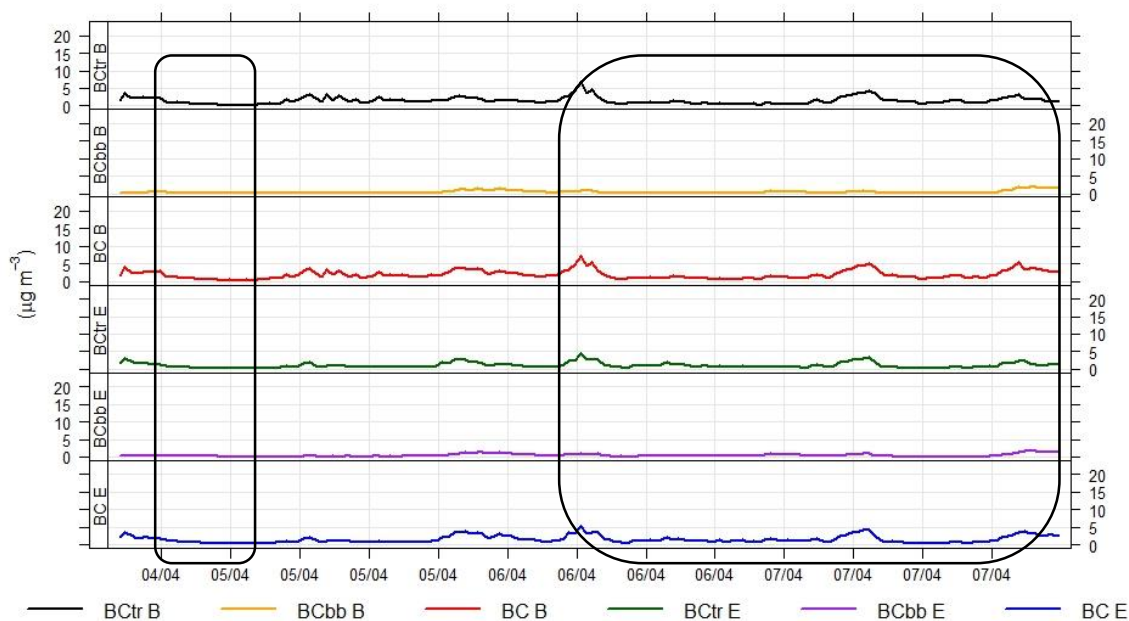


Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

3.4 Meritve od 4. do 14. aprila 2017 na merilnih mestih B in E

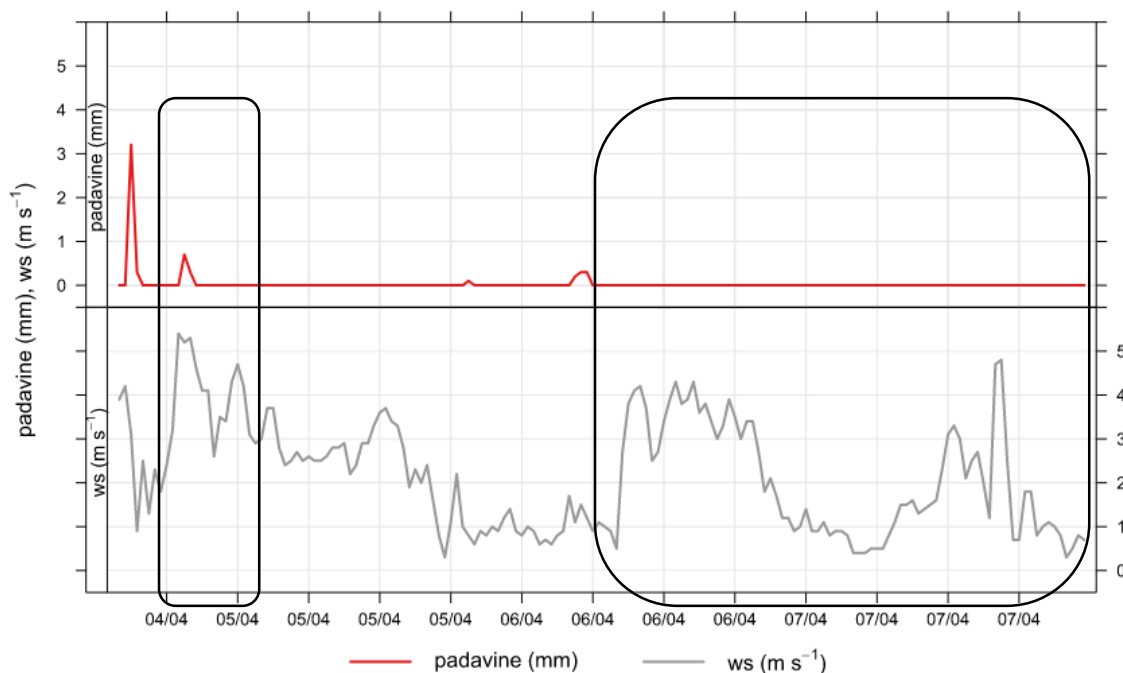
Obdobje od 4. do 7. aprila je bilo v primerjavi z že opisanimi obdobji bolj vetrovno, saj je hitrost vetra večino časa znašala prek 2 m/s. Porast koncentracij črnega ogljika zaradi prometnih konic je posledično manj izrazita. 4. aprila so bile v popoldanskih urah prisotne padavine, vendar njihovega vpliva na gibanje koncentracij črnega ogljika ne moremo opredeliti zagotovo, saj količina ni bila dovolj velika, hitrost vetra pa je znašala prek 2 m/s. Največje spremembe v koncentracijah črnega ogljika med jutranjo in popoldansko prometno konico smo opazili 6. in 7. aprila na obeh merilnih mestih, ko je hitrost vetra znašala do 2 m/s. Opazili smo tudi, da se trenda naraščanja in padanja koncentracij črnega ogljika na opazovanih merilnih mestih razlikujeta, saj na merilnem mestu E koncentracije črnega ogljika naraščajo počasneje in padajo hitreje kot na merilnem mestu B. Razlog lahko pripišemo dejstvu, da se je merilno mesto E nahajalo na drugi strani stavbe Fakultete za logistiko (antropogena ovira), ob javnem parkirišču 80 metrov stran od ceste, ki je prometno manj obremenjena kot Mariborska cesta. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 33 in Sliki 34.

Slika 33: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 4. do 7. aprila 2017



Vir: Osebni vir

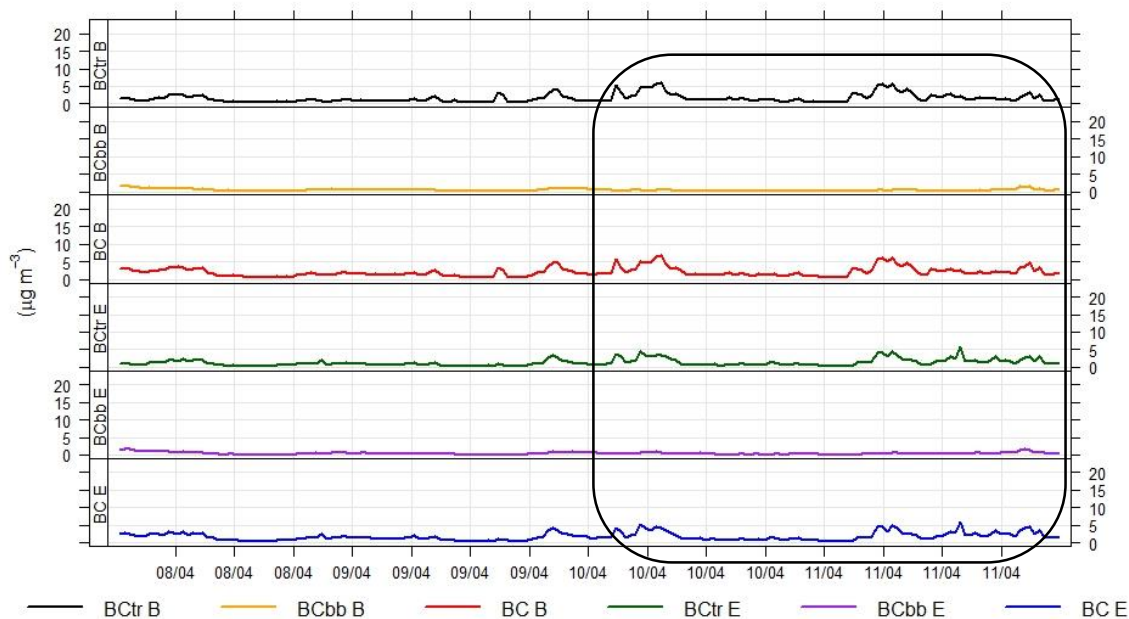
Slika 34: Količina padavin in hitrost vetra od 4. do 7. aprila 2017



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

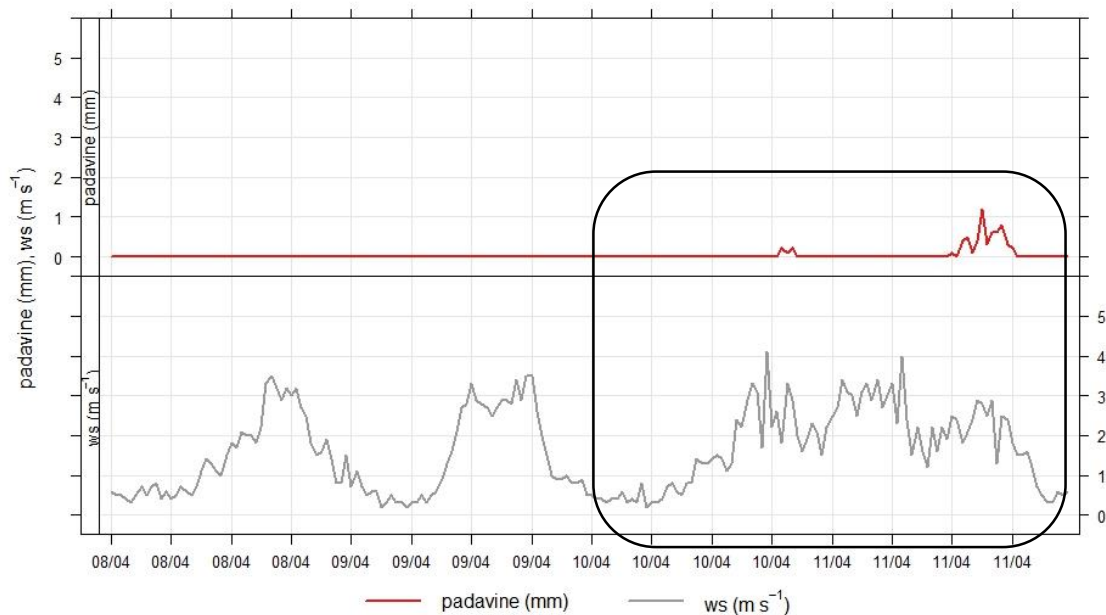
8. in 9. aprila je bil vikend, zato koncentracije črnega ogljika niso presegle $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Koncentracije črnega ogljika so nekoliko narastle 9. aprila po 18. uri, ko je hitrost vetra pričela padati in padla pod 2 m/s . Razlog za naraščanje koncentracij črnega ogljika lahko pripišemo tovornemu prometu. 10. aprila je bil viden vpliv le jutranje prometne konice, v popoldanskem času pa je hitrost vetra narastla prek 3 m/s in koncentracije črnega ogljika med popoldansko prometno konico niso narastle. V opazovanem obdobju smo opazili porast koncentracij črnega ogljika zaradi jutranje in popoldanske prometne konice samo 11. aprila, ko se je hitrost vetra gibala med 2 in 4 m/s . Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 35 in Sliki 36.

Slika 35: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 8. do 11. aprila 2017



Vir: Osebni vir

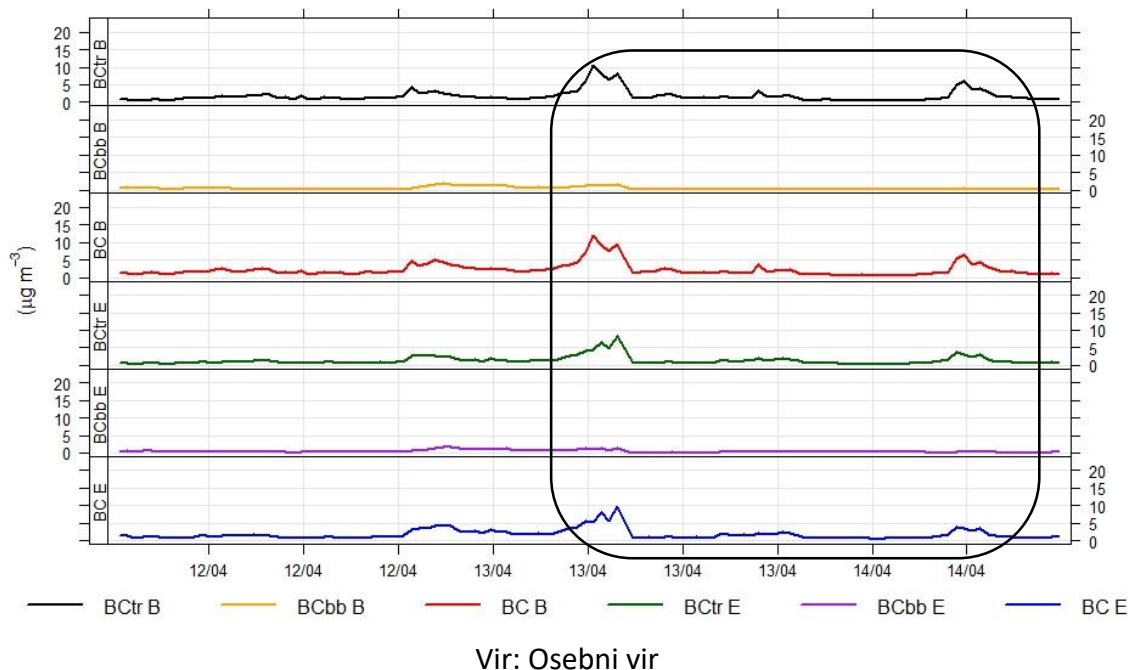
Slika 36: Količina padavin in hitrost vetra od 8. do 11. aprila 2017



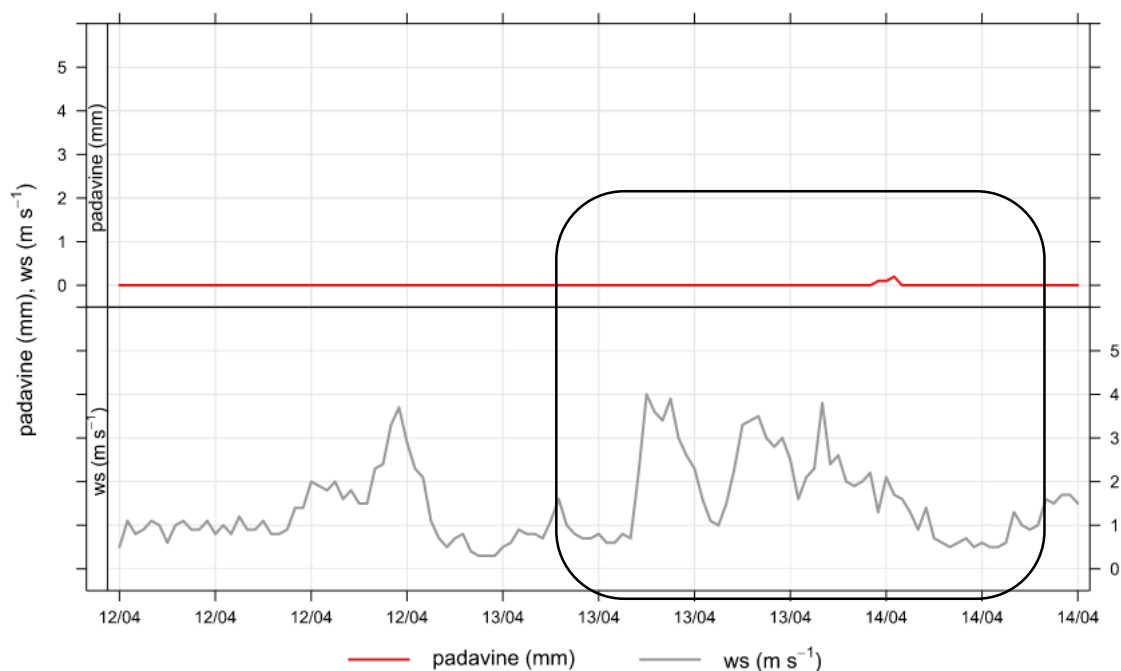
Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

12. aprila smo opazili, da se koncentracije črnega ogljika na obeh merilnih mestih kljub hitrosti vetra okoli 1 m/s tekom dneva niso bistveno spreminjale. Po 12. uri so nekoliko narastle, po 18. uri pa smo opazili, da so opazno narastle. Opazili smo tudi, da je narastla vrednost koncentracij črnega ogljika, ki je posledica kurjenja biomase (BCbb). Hitrost vetra je po 18. uri začela padati in padla pod 1 m/s. 13. aprila je bil vpliv jutranje prometne konice zelo izrazit, saj so koncentracije črnega ogljika na obeh merilnih mestih zelo narastle. Ponovno smo opazili vpliv stavbe Fakultete za logistiko (antropogena ovira), saj so na merilnem mestu E koncentracije naraščale počasneje kot na merilnem mestu B, padle pa so hitreje. Okoli 8. ure, med jutranjo prometno konico, je hitrost vetra začela naraščati do 4 m/s, koncentracije črnega ogljika pa so pričele padati. Vpliv popoldanske prometne konice ni bil tako izrazit, saj se je hitrost vetra gibala prek 2 m/s. 14. aprila vpliv jutranje konice ni bil tako izrazit kot 13. aprila, razlog lahko pripišemo dejstvu, da je bil 14. april dan pred podaljšanim vikendom, saj je vikendu sledil velikonočni ponedeljek. Veliko zaposlenih se zaradi tega odloči ostati doma tudi v petek, saj z enim dnevom dopusta pridobi štiri proste dni. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 37 in Sliki 38.

Slika 37: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 12. do 14. aprila 2017



Slika 38: Količina padavin in hitrost vetra od 12. do 14. aprila 2017

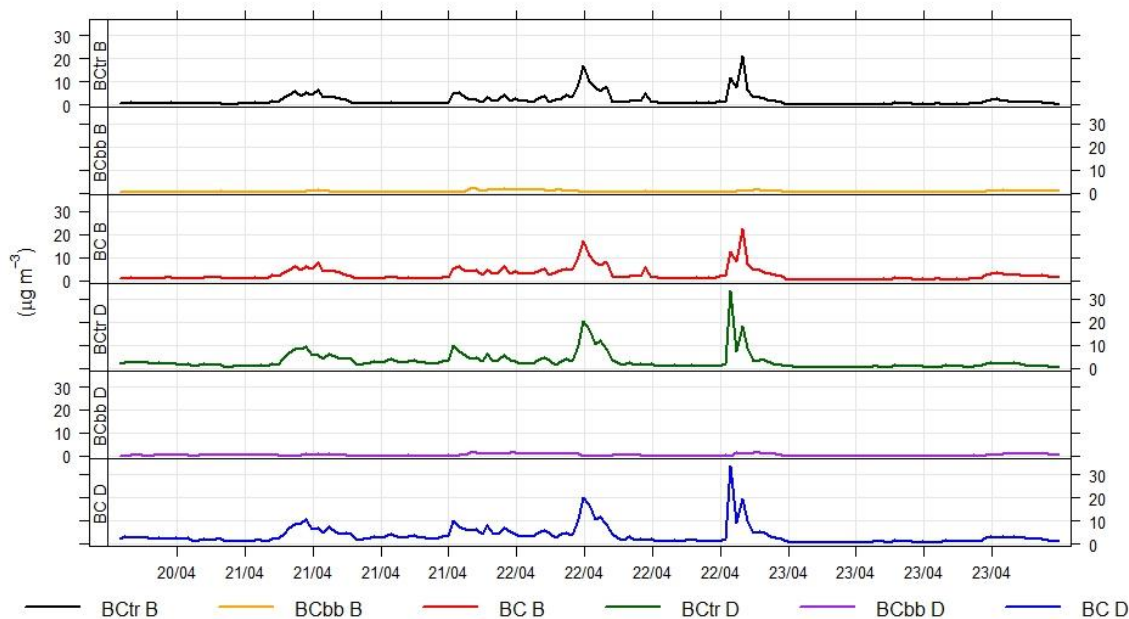


Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

3.5 Meritve od 20. do 29. aprila 2017 na merilnih mestih B in D

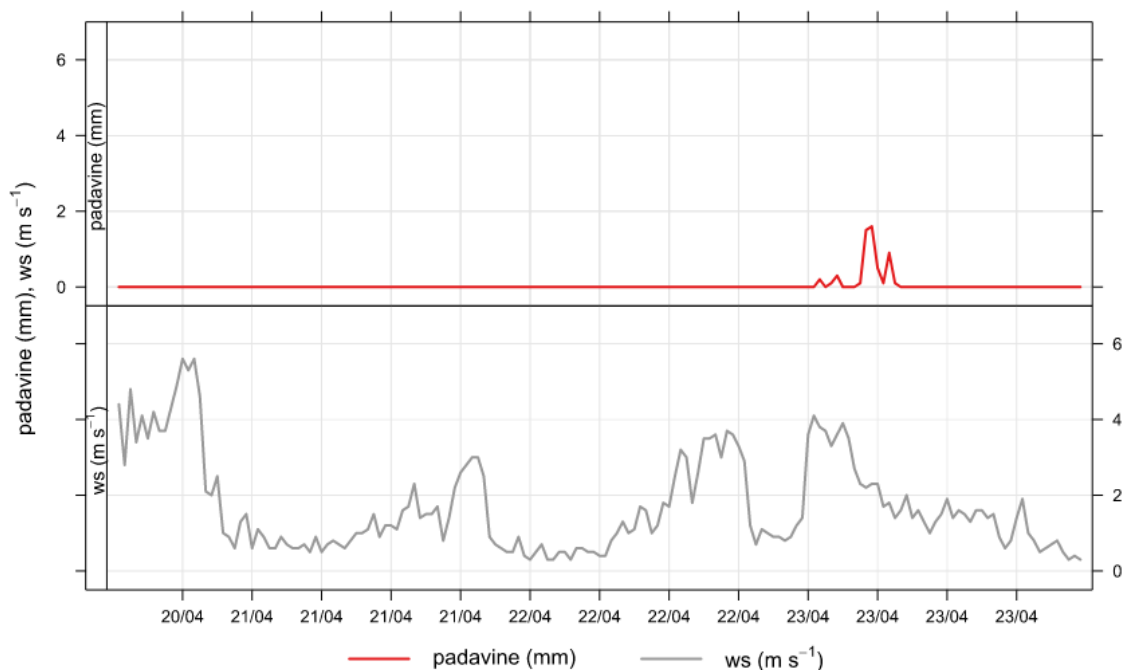
21. aprila smo opazili vpliv jutranje in popoldanske prometne konice. Koncentracije črnega ogljika so pričele po 12. uri padati, saj je hitrost vetra pričela naraščati. Popoldanska prometna konica ni bila tako izrazita kot jutranja oziroma so koncentracije črnega ogljika padle hitreje kot v jutranjem času, saj je hitrost vetra narastla prek 2 m/s. 22. aprila (sobota) smo opazili izrazit dvig koncentracij črnega ogljika v času jutranje in popoldanske prometne konice. Vzroka za povišanje vrednosti koncentracij nismo našli, saj je ob sobotah gostota prometa načeloma nižja kot med delovnim tednom. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 39 in Sliki 40.

Slika 39: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 20. do 23. aprila 2017



Vir: Osebni vir

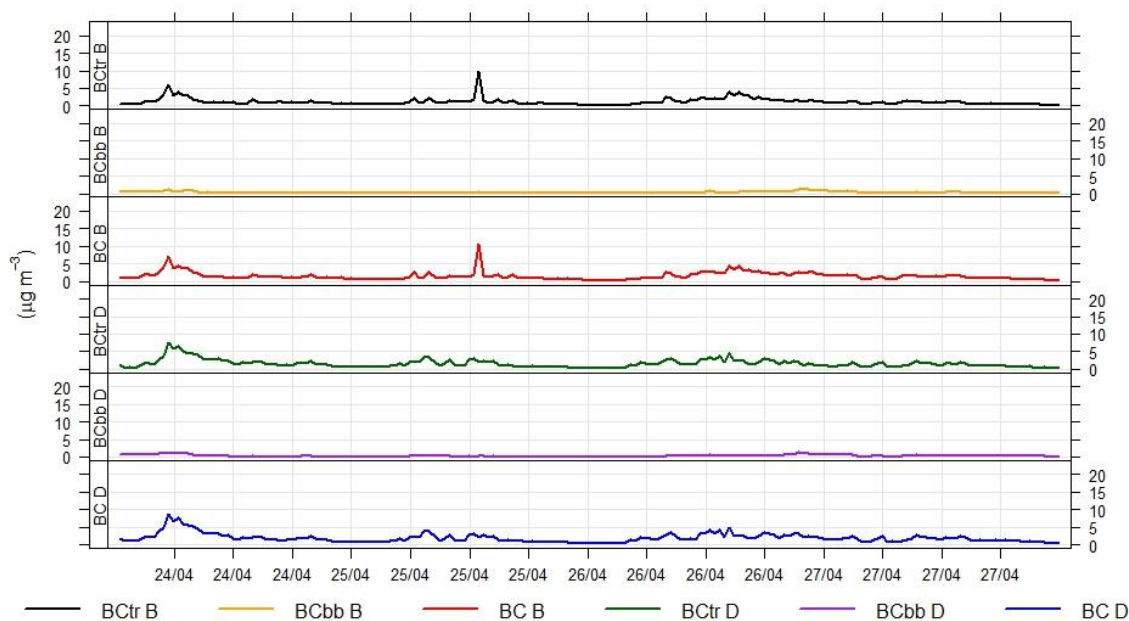
Slika 40: Količina padavin in hitrost vetra od 20. do 23. aprila 2017



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

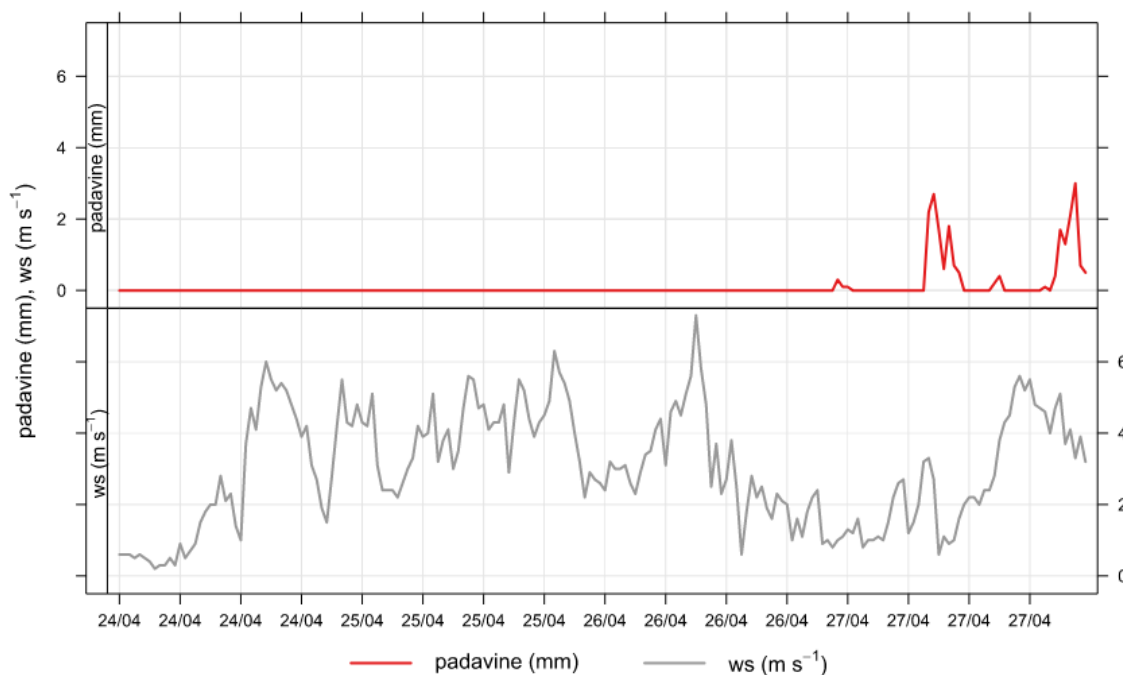
V obdobju med 24. in 27. aprilom so bile vrednosti koncentracij črnega ogljika razmeroma nizke in niso presegle vrednosti $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 24. aprila smo opazili vpliv jutranje prometne konice, ki pa je bil bolj izrazit na merilnem mestu D. Razlog za to lahko pripišemo dejstvu, da je merilno mesto D od vira onesnaževanja (cesta) oddaljeno vsega dva metra, medtem ko je merilno mesto B od vira onesnaževanja oddaljeno 20 metrov. Pri tem pa moramo upoštevati še cestni kanjon pri merilnem mestu B, ki tudi predstavlja antropogeno oviro pri porazdelitvi koncentracij črnega ogljika. Hitrost vetra je med jutranjo prometno konico narasla prek 2 m/s , v popoldanskem času pa do 6 m/s . Koncentracije črnega ogljika so na obeh merilnih mestih padle, vpliva popoldanske prometne konice nismo opazili. 25. aprila okoli 12. ure smo opazili dvig koncentracij črnega ogljika na merilnem mestu B. Razlog za to lahko pripišemo dostavi, saj se v bližini merilnega mesta B nahaja hotel. Razlog bi lahko pripisali tudi stoječemu vozilu v bližini merilne naprave. 26. aprila vpliv jutranje in popoldanske prometne konice ni bil tako izrazit na nobenem merilnem mestu, saj se je hitrost vetra gibala med 6 m/s v dopoldanskem času in 2 m/s v večernem času. 27. april je bil dela prost dan, zato je bila gostota prometa manjša kot na povprečen delovni dan. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 41 in Sliki 42.

Slika 41: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 24. do 27. aprila 2017



Vir: Osebni vir

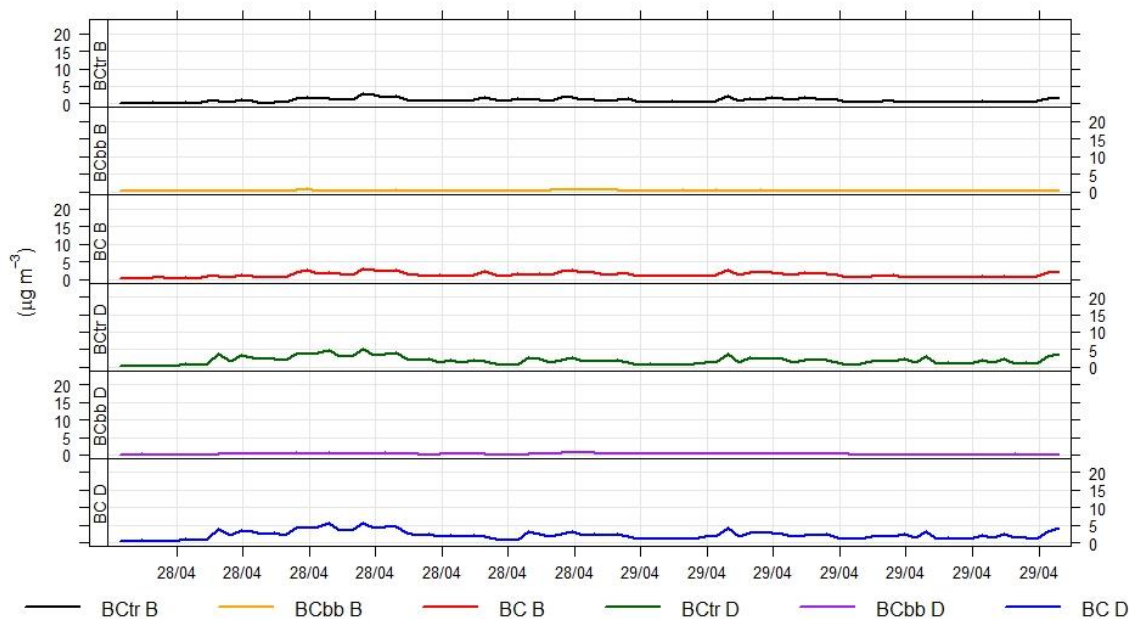
Slika 42: Količina padavin in hitrost vetra od 24. do 27. aprila 2017



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

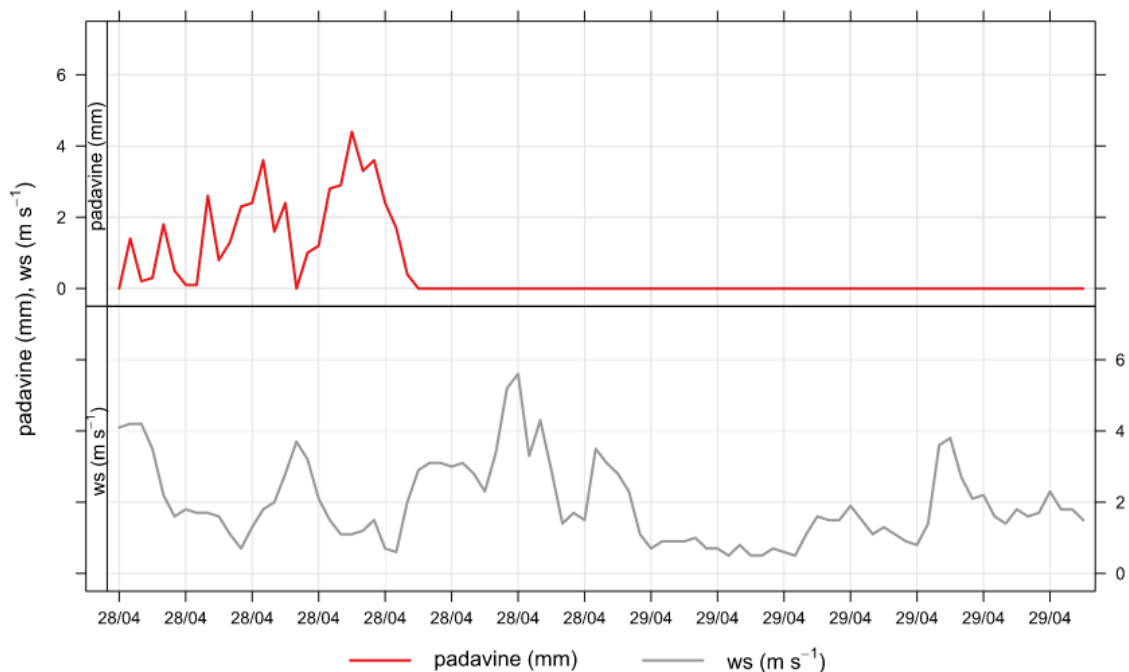
28. april je bil delovni dan (petek), vendar je potrebno upoštevati, da so bile v obdobju od 27. aprila do 2. maja šolske počitnice. Kljub temu, da je bil 28. april delovni dan, se veliko ljudi odloči izkoristiti dan dopusta, s čimer pridobijo šest prostih dni. Gostota prometa posledično ni bila enaka kot na povprečen delovni dan. Koncentracije črnega ogljika na obeh merilnih mestih tako niso narastle prek $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, smo pa opazili vpliv jutranje prometne konice na obeh merilnih mestih, ki ni bil tako izrazit kot na povprečen delovni dan. Vpliva popoldanske prometne konice nismo opazili, saj je hitrost vetra po 12. uri narastla prek 2 m/s do 6 m/s. Vpliva padavin ne moremo potrditi, saj se koncentracije črnega ogljika med 12. in 15. uro, ko je bilo največ padavin, niso bistveno spremenile. 29. aprila so se koncentracije črnega ogljika gibale pod $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Razlog za to lahko pripišemo vikendu in že prej omenjenim šolskim počitnicam. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 43 in Sliki 44.

Slika 43: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 28. do 29. aprila 2017



Vir: Osebni vir

Slika 44: Količina padavin in hitrost vetra od 28. do 29. aprila 2017

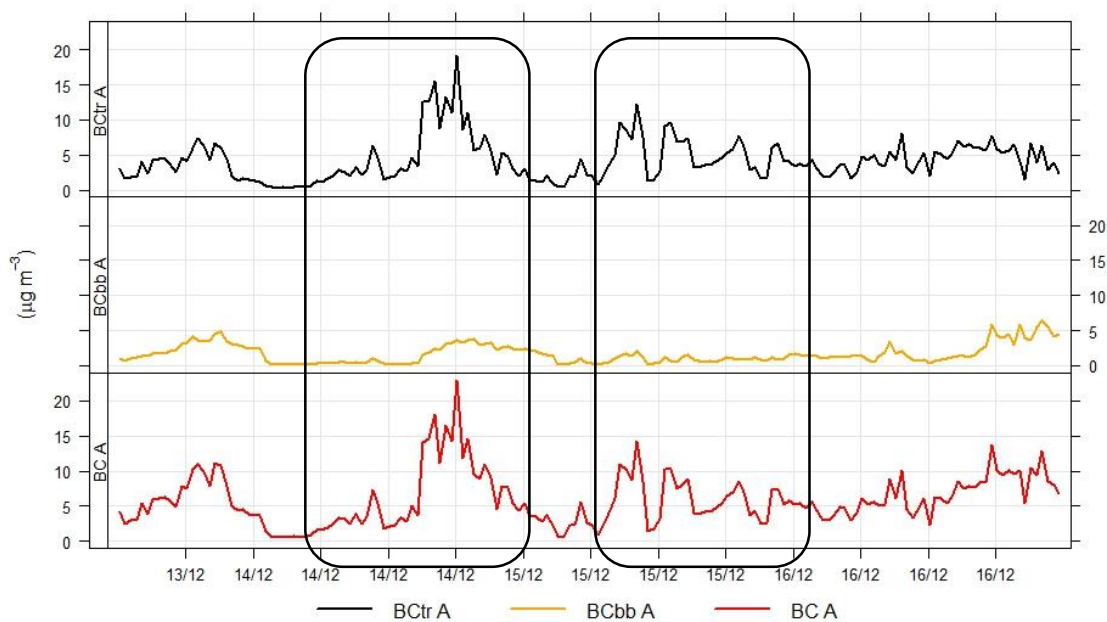


Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

3.6 Meritve od 13. do 28. decembra 2017 na merilnem mestu A

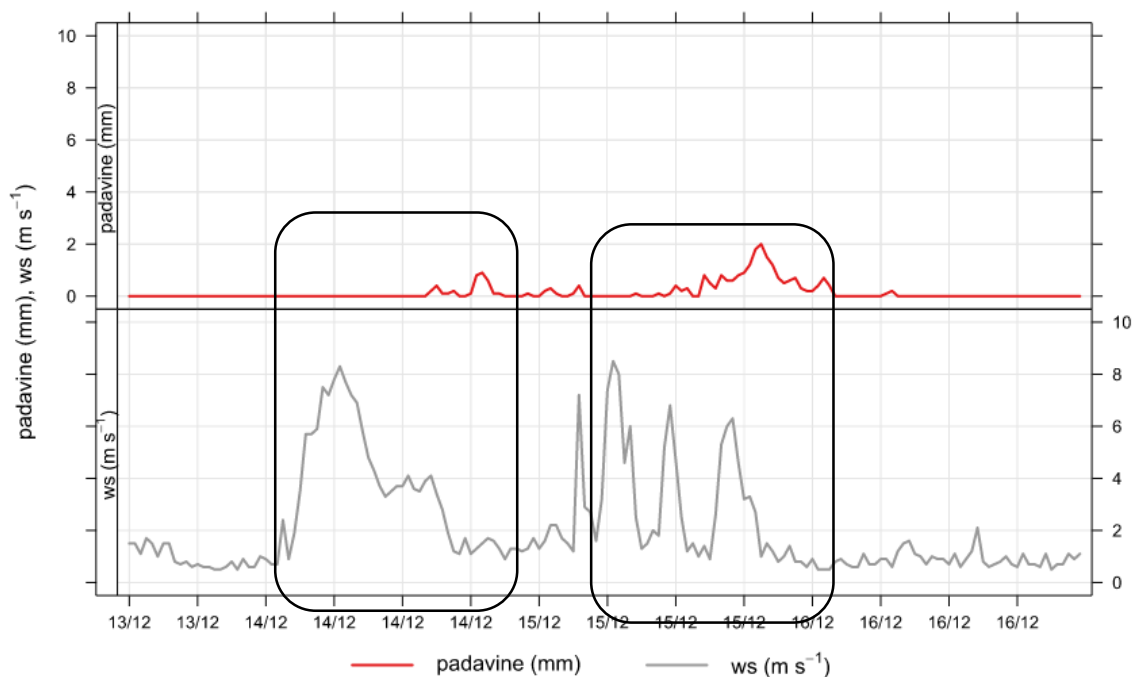
14. decembra je hitrost vetra ob 6. uri zjutraj znašala 6 m/s, zato vpliv jutranje prometne konice ni tako izrazit. Do 12. ure je hitrost vetra padla na 4 m/s, koncentracije črnega ogljika pa so se začele povečevati v času popoldanske prometne konice. Po 18. uri so pričele ponovno padati, hitrost vetra se je v tem času gibala pod 2 m/s. 15. decembra vpliv jutranje prometne konice ni bil tako izrazit, saj je veter pihal v sunkih s hitrostjo od 2 m/s do 8 m/s. Koncentracije črnega ogljika so bile nižje kot prejšnji dan. Razlog lahko pripišemo nižjemu deležu koncentracij črnega ogljika, ki so posledica kurjenja biomase (BCbb). V času popoldanske prometne konice so bile koncentracije črnega ogljika nekoliko nižje kot v dopoldanskem času. Hitrost vetra je bila nekoliko nižja, do 6 m/s, padla pa je tudi pod 2 m/s. 16. decembra smo opazili vpliv vikenda, saj so bile koncentracije črnega ogljika nižje. Vpliv vikenda smo opazili tudi pri naraščanju koncentracij črnega ogljika, ki so posledica kurjenja biomase (BCbb). Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 45 in Sliki 46.

Slika 45: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 13. do 16. decembra 2017



Vir: Osebni vir

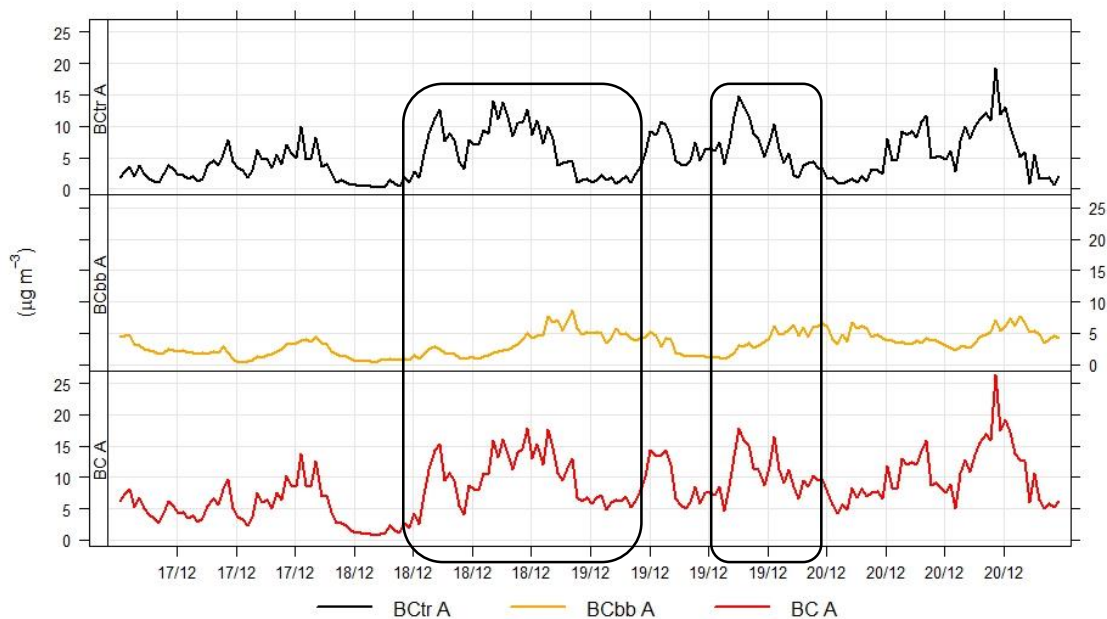
Slika 46: Količina padavin in hitrost vetra od 13. do 16. decembra 2017



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

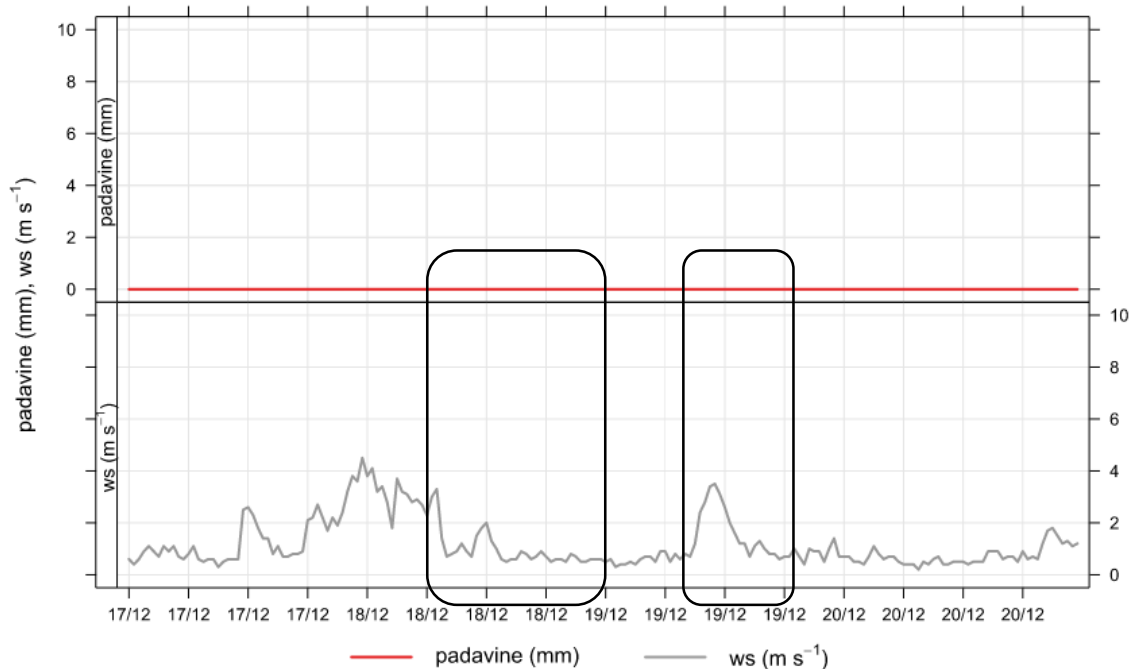
17. decembra (nedelja) smo opazili, da so koncentracije črnega ogljika v večernih urah narastle. Razloga za to lahko pripišemo kurjenju biomase in končani omejitvi prometa tovornih vozil. 18. decembra je zaradi hitrosti vetra okoli 4 m/s vpliv jutranje prometne konice viden nekoliko kasneje, saj je hitrost vetra po 6. uri začela padati in padla pod 2 m/s. Koncentracije črnega ogljika so tekom dneva narastle do $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in pričele padati šele po 18. uri, vendar niso padle pod $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, saj so ljudje ogrevali stanovanja (kurjenje biomase – BCbb). 19. decembra smo opazili padec koncentracij črnega ogljika med jutranjo in popoldansko prometno konico, ko je hitrost vetra narasla prek 3 m/s. Porazdelitev koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 47 in Sliki 48.

Slika 47: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 17. do 20. decembra 2017



Vir: Osebni vir

Slika 48: Količina padavin in hitrost vetra od 17. do 20. decembra 2017

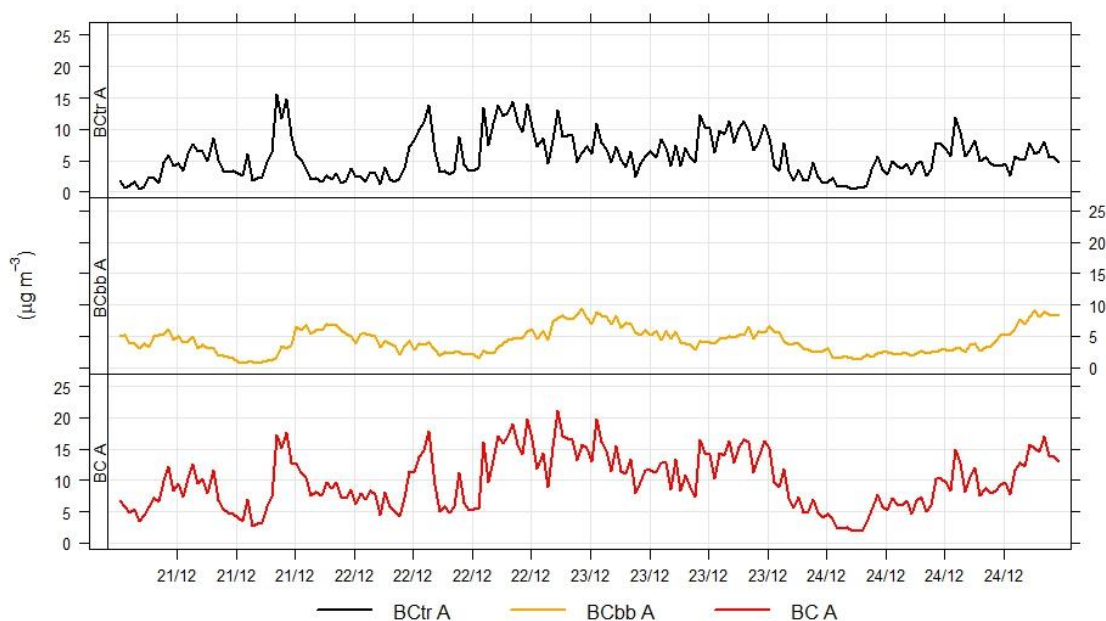


Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

21. in 22. december sta bila delovna dneva, nato je sledil vikend. Opazili smo vpliv jutranje in popoldanske prometne konice. Koncentracije črnega ogljika so bile oba dneva

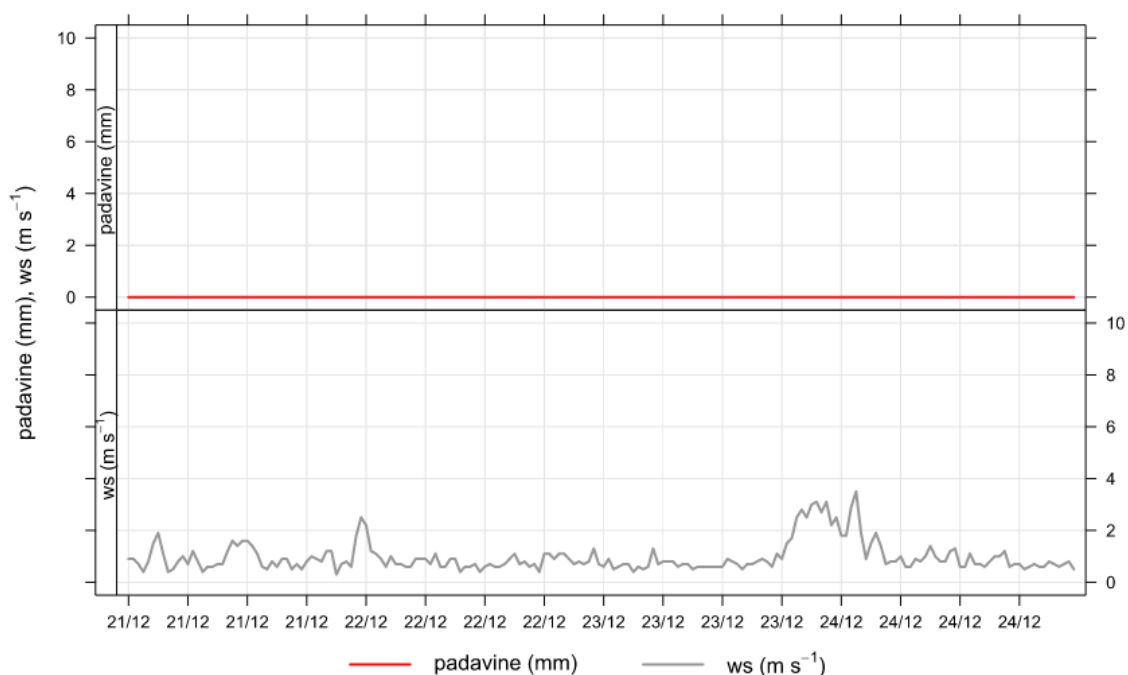
višje v popoldanskem času. Razlog za to lahko pripišemo koncentracijam črnega ogljika, ki so posledica kurjenja biomase (BCbb). Veter v tem času ni imel velikega vpliva, saj se je hitrost gibal pod 2 m/s. Vikend (23. in 24. december) ni posebno vplival na znižanje koncentracij črnega ogljika, saj so se oba dneva vrednosti gibale med 5 in 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Razlog za to lahko pripišemo povečani gostoti prometa, ki je posledica predbožičnih nakupov. Koncentracije črnega ogljika so 24. decembra v jutranjem času pričele padati, saj je hitrost vetra narasla prek 2 m/s, v dopoldanskem času pa so zaradi prometa ponovno narastle. V večernem času, ko se je promet umiril, so koncentracije črnega ogljika narastle zaradi kurjenja biomase (BCbb). Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 49 in Sliki 50.

Slika 49: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 21. do 24. decembra 2017



Vir: Osebni vir

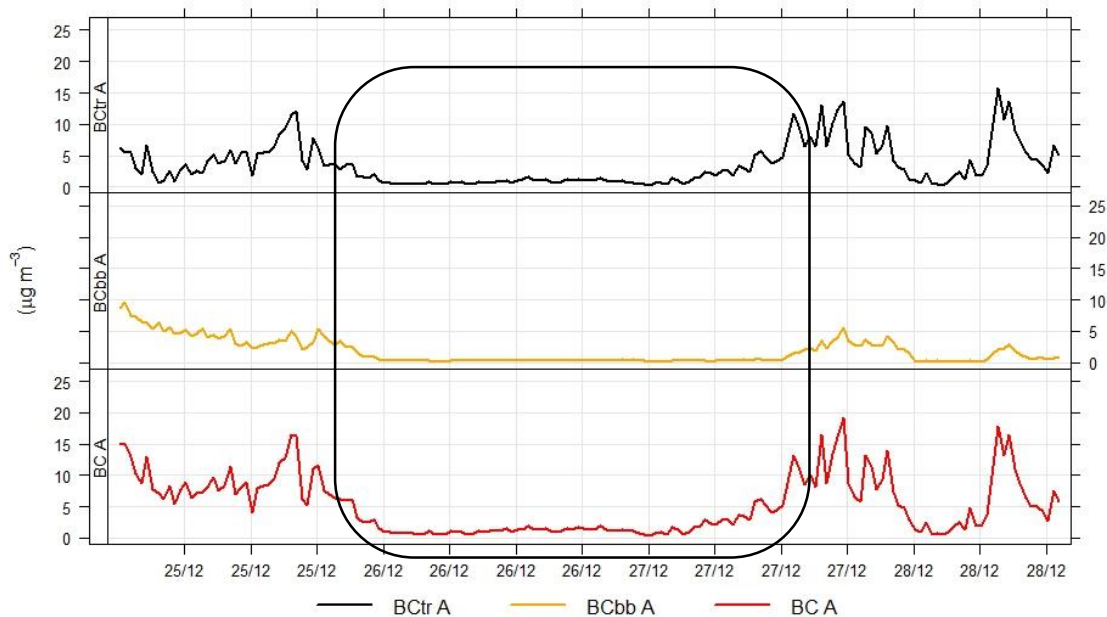
Slika 50: Količina padavin in hitrost vetra od 21. do 24. decembra 2017



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

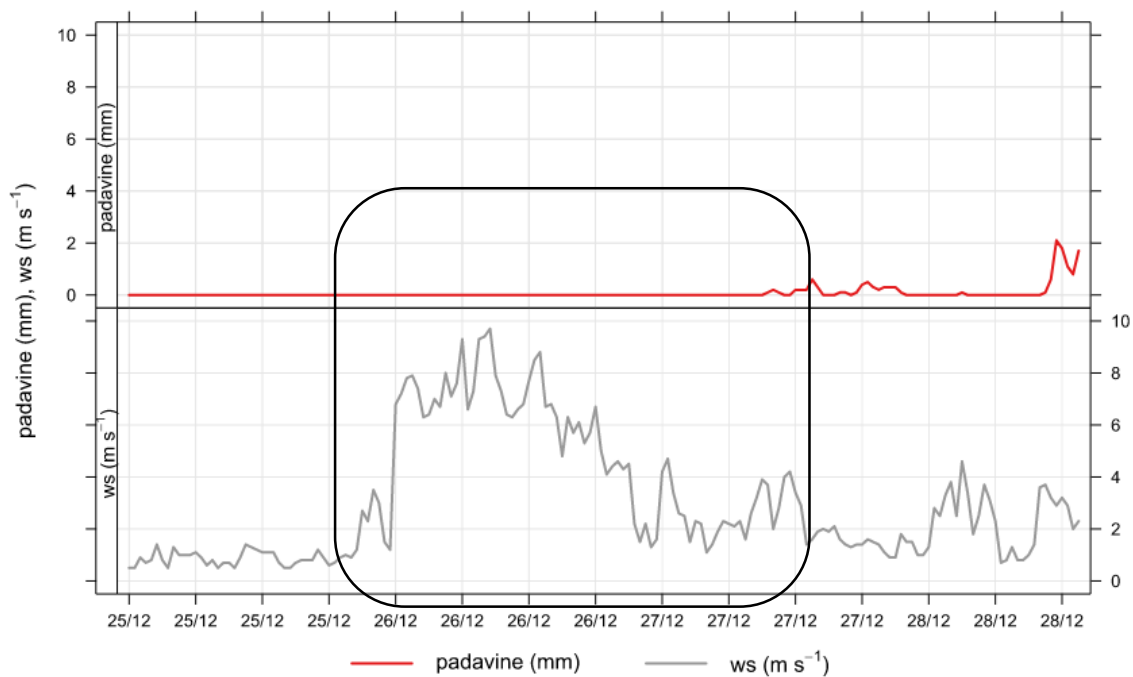
25. in 26. december sta bila dela prosta dneva, zato gostota prometa ni bila enaka kot je na povprečen delovni dan. Kljub temu smo opazili dvig koncentracij črnega ogljika 25. decembra v popoldanskem času. Razlog za to lahko deloma pripišemo kurjenju biomase (BCbb), vpliva prometa pa ne moremo zagotovo potrditi, saj nimamo podatkov o količini prometa na ta dan. Koncentracije črnega ogljika so v večernih urah pričele padati in do jutranje prometne konice 27. decembra niso narastle, saj je hitrost vetra znašala tudi prek 8 m/s. Koncentracije črnega ogljika so narastle prek $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ po 12. uri, ko je hitrost vetra padla pod 2 m/s. 28. decembra smo še opazili vpliv jutranje prometne konice, ki je bil kljub naraščanju hitrosti vetra do 4 m/s zelo izrazit, saj so se koncentracije črnega ogljika znižale za faktor 5. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 51 in Sliki 52.

Slika 51: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 25. do 28. decembra 2017



Vir: Osebni vir

Slika 52: Količina padavin in hitrost vetra od 25. do 28. decembra 2018

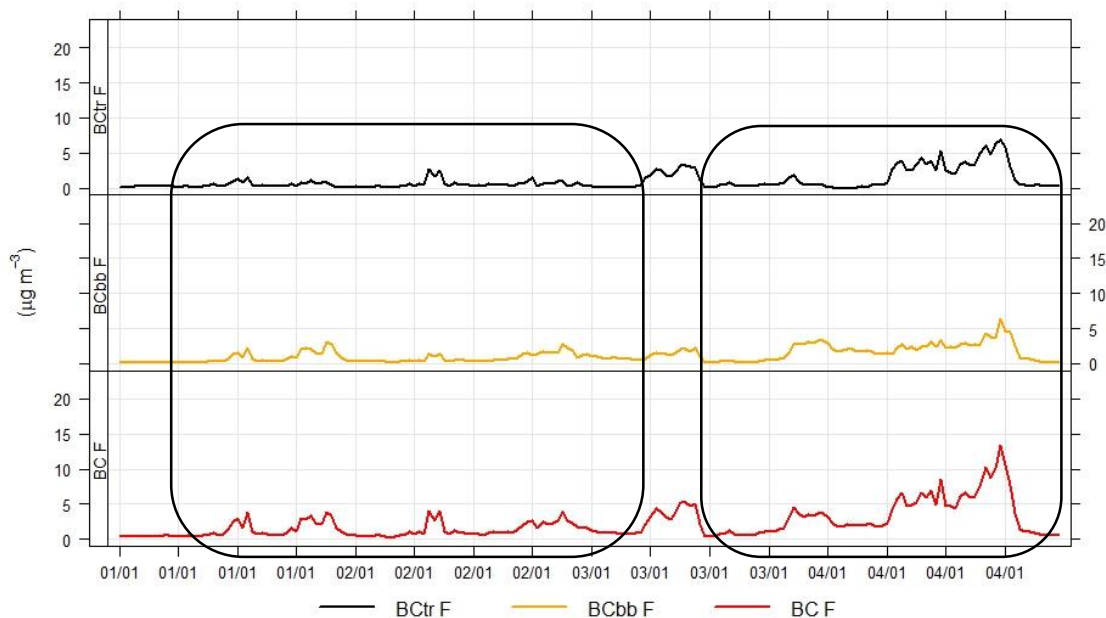


Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

3.7 Meritve od 1. do 25. januarja 2018 na merilnem mestu F

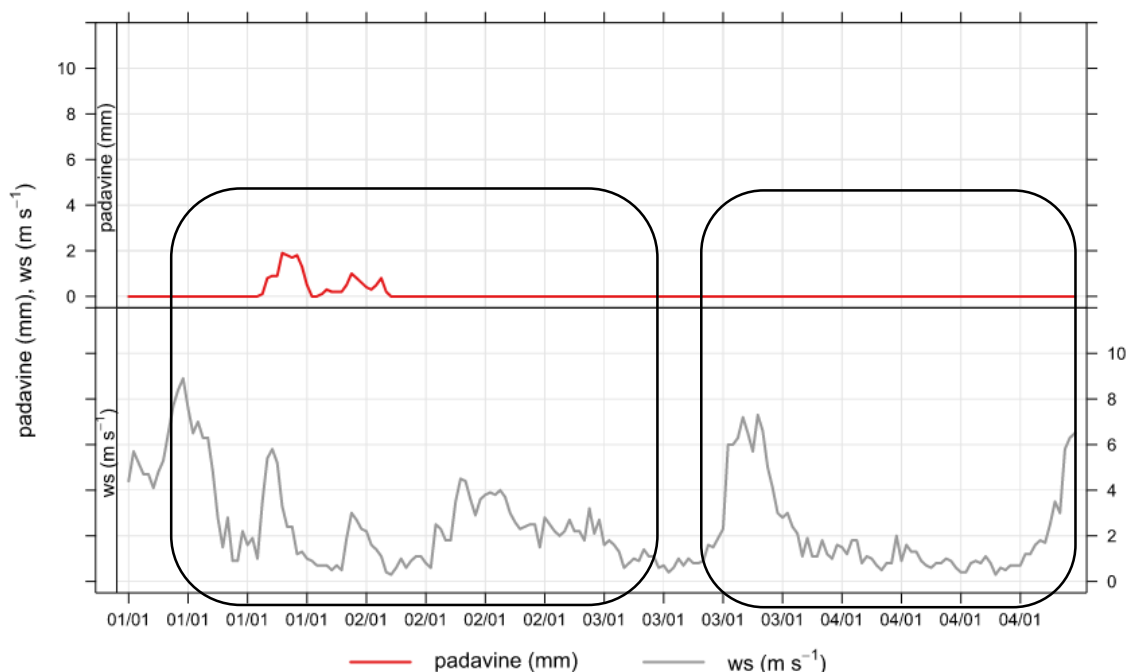
1. in 2. januar sta bila dela prosta dneva. Koncentracije črnega ogljika zato niso presegle vrednosti $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, glavni vir koncentracij pa je bil kurjenje biomase (BCbb). Opazili smo, da so vrednosti koncentracij črnega ogljika padle, ko je hitrost vetra znašala prek 2 m/s , razen 2. januarja okoli 9. ure zjutraj, ko so koncentracije črnega ogljika za kratek čas narastle kljub hitrosti vetra okoli 4 m/s . 3. januarja smo opazili vpliv jutranje prometne konice, medtem ko vpliv popoldanske prometne konice ni bil tako izrazit. Koncentracije črnega ogljika so po 18. uri pričele naraščati zaradi kurjenja biomase (BCbb). 4. januarja so koncentracije črnega ogljika pričele naraščati v času jutranje prometne konice in se tekom dneva niso bistveno spreminjale oziroma so rahlo naraščale. Po 18. uri, ko je hitrost vetra pričela naraščati, so koncentracije črnega ogljika padle pod $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 53 in Sliki 54.

Slika 53: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 1. do 4. januarja 2018



Vir: Osebni vir

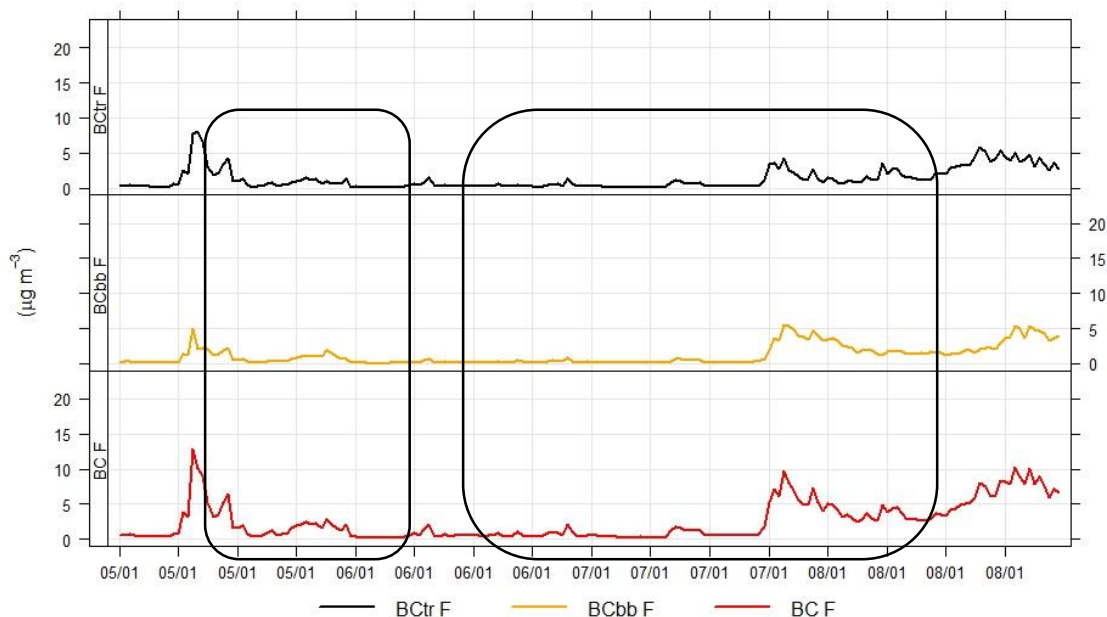
Slika 54: Količina padavin in hitrost vetra od 1. do 4. januarja 2018



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

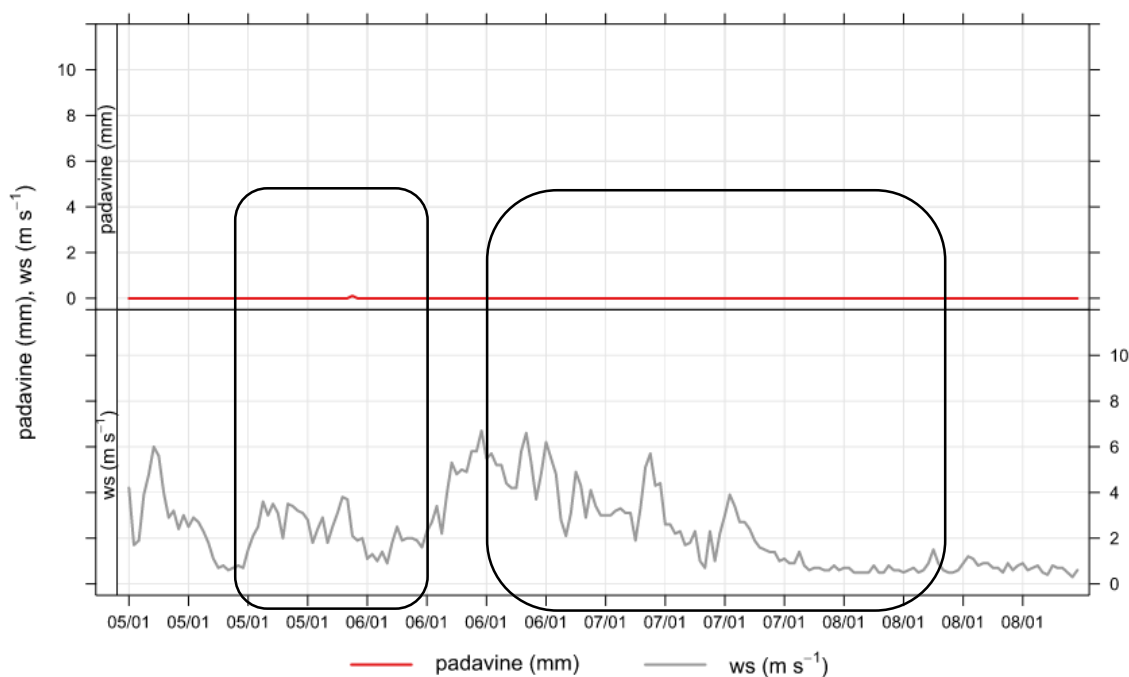
5. januarja so koncentracije črnega ogljika narastle med jutranjo prometno konico prek $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hitrost vetra je v tem času znašala manj kot 1 m/s . Hitrost vetra je okoli 12. ure narastla prek 3 m/s in se do poznih večernih ur ni spremenila. Posledično je bil vpliv popoldanske prometne konice manj izrazit. 6. in 7. januarja (sobota in nedelja) koncentracije črnega ogljika niso presegle vrednosti $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, saj je bil cel vikend vetroven, s hitrostjo vetra od 2 do 6 m/s , gostota prometa pa je tudi bila manjša. Koncentracije črnega ogljika so pričele naraščati v nedeljo, 7. januarja, v večernih urah, ko je hitrost vetra padla pod 2 m/s . Razloga za povišanje koncentracij črnega lahko pripišemo kurjenju biomase in koncu omejitve prometa tovornih vozil. 8. januarja so koncentracije črnega ogljika v času jutranje prometne konice nekoliko narastle in tekom dneva počasi naraščale. Hitrost vetra se je gibala pod 1 m/s . Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 55 in Sliki 56.

Slika 55: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 5. do 8. januarja 2018



Vir: Osebni vir

Slika 56: Količina padavin in hitrost vetra od 5. do 8. januarja 2018

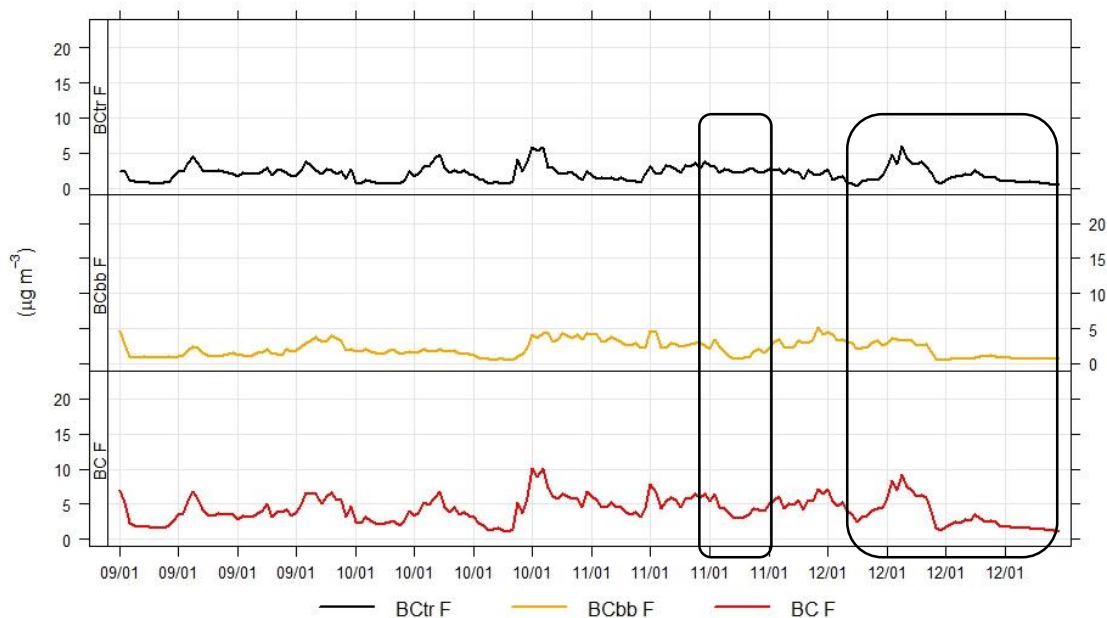


Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

9. januarja je bil vpliv jutranje prometne konice bolj izrazit kot vpliv popoldanske konice. Hitrost vetra je popoldne narastla prek 2 m/s, vendar se koncentracije črnega ogljika

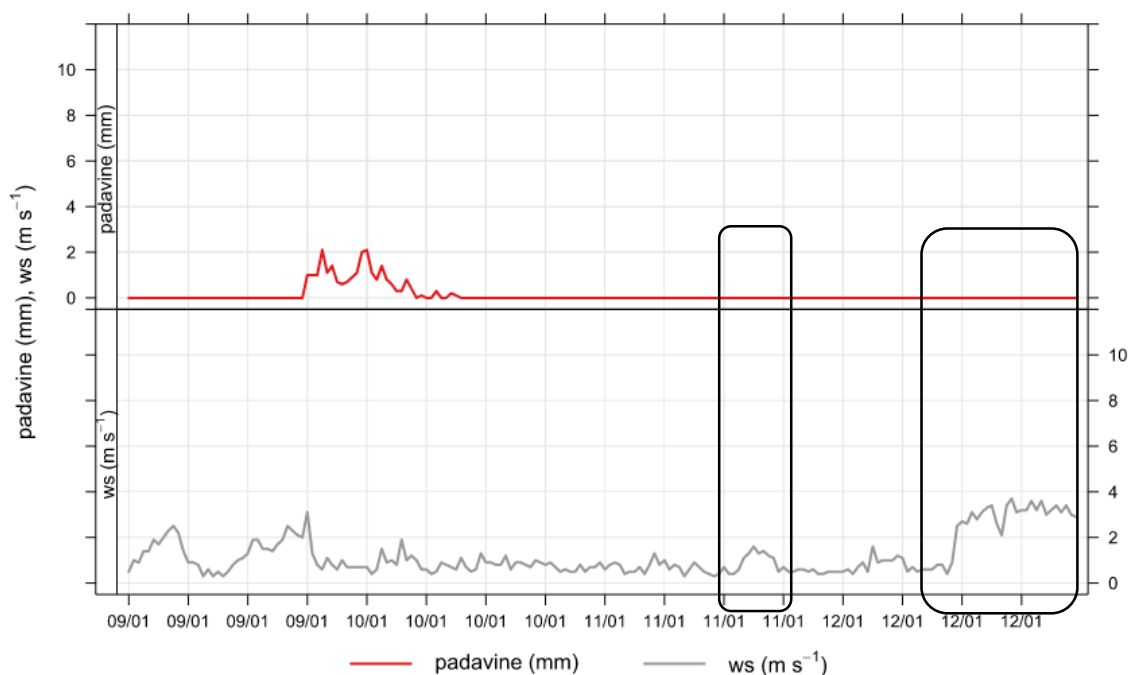
niso bistveno spremenile. 10. januarja smo opazili vpliv jutranje in popoldanske prometne konice, v večernih urah pa vpliv kurjenja biomase. Hitrost vetra je skozi cel dan znašala okoli 1 m/s. 11. januarja se koncentracije črnega ogljika tekom dneva niso veliko spreminjale, vpliv prometnih konic ni bil izrazit. Opazili smo, da je okoli 15. ure hitrost vetra narastla blizu 2 m/s, koncentracije črnega ogljika kot posledica kurjenja biomase pa so padle za polovico. 12. januarja je bil vpliv jutranje prometne konice zelo izrazit, vrednosti koncentracij so z naraščanjem hitrosti vetra prek 2 m/s padle pod $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in niso več naraščale. Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 57 in Sliki 58.

Slika 57: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 9. do 12. januarja 2018



Vir: Osebni vir

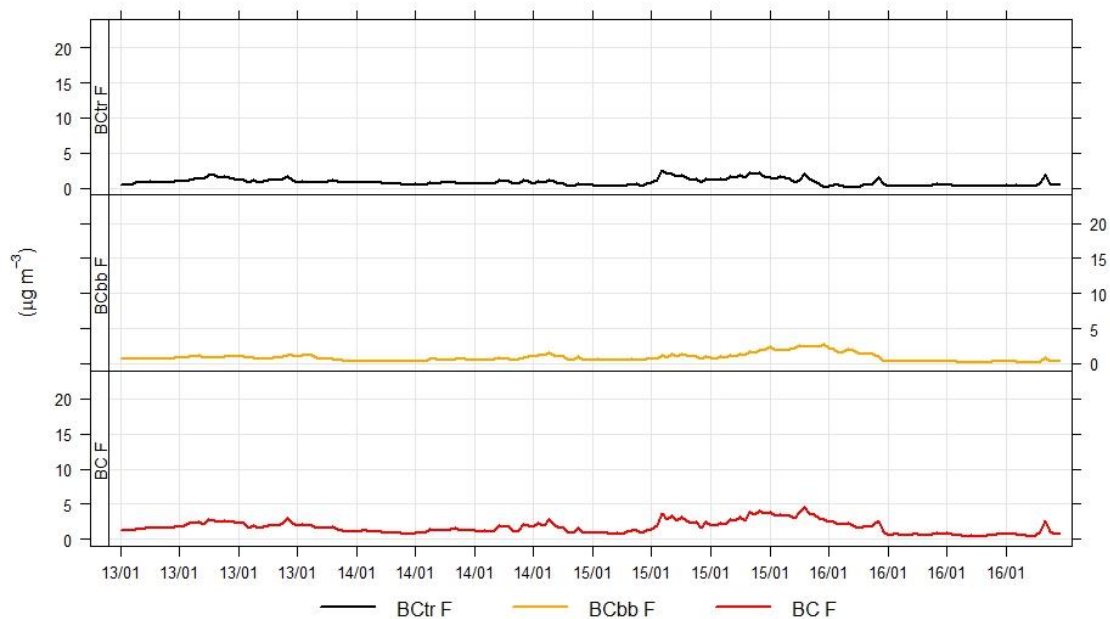
Slika 58: Količina padavin in hitrost vetra od 9. do 12. januarja 2018



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

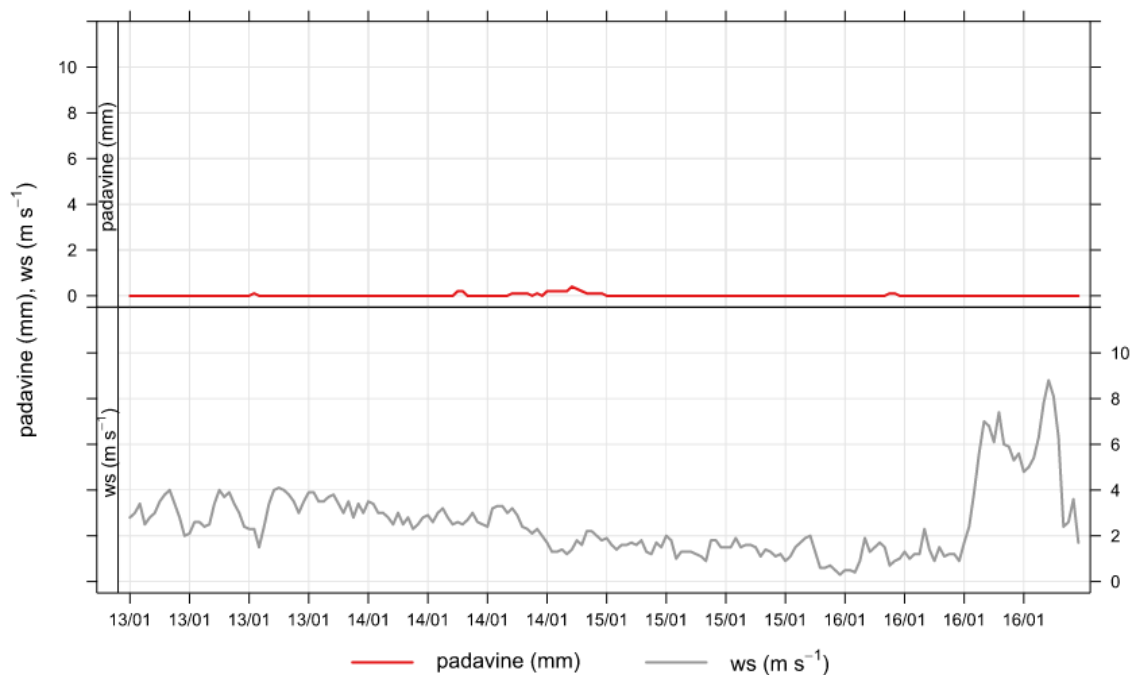
13. in 14. januar sta bila vikend dneva, zato je bila gostota prometa manjša kot na običajen delovni dan. Hitrost vetra se je oba dneva konstantno gibala med 2 in 4 m/s. Koncentracije črnega ogljika so se cel vikend gibale pod $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 15. januarja smo opazili vpliv jutranje prometne konice, vpliv popoldanske ni bil tako izrazit. V popoldanskem času so koncentracije črnega ogljika v primerjavi z dopoldnevom nekoliko narastle, saj se je povečalo kurjenje biomase (BCbb). Hitrost vetra se je gibala pod 2 m/s in ni imela pomembnega vpliva na gibanje koncentracij. 16. januarja je hitrost vetra okoli 12. ure narastla prek 5 m/s, koncentracije črnega ogljika so skozi cel dan ostale blizu ničle. Potek razporeditev koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 59 in Sliki 60.

Slika 59: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 13. do 16. januarja 2018



Vir: Osebni vir

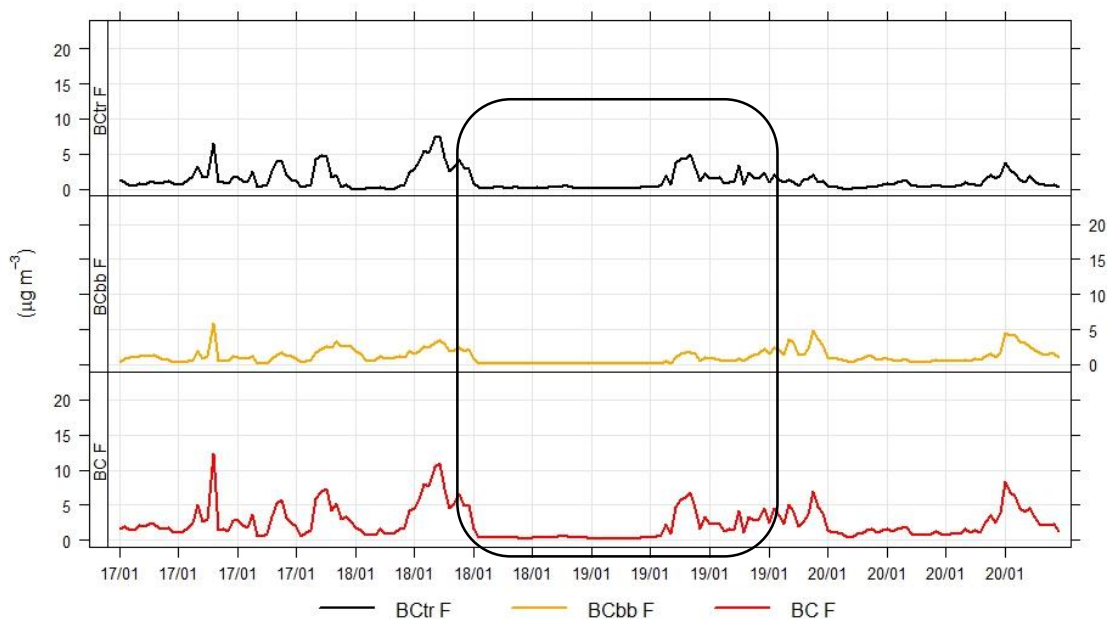
Slika 60: Količina padavin in hitrost vetra od 13. do 16. januarja 2018



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

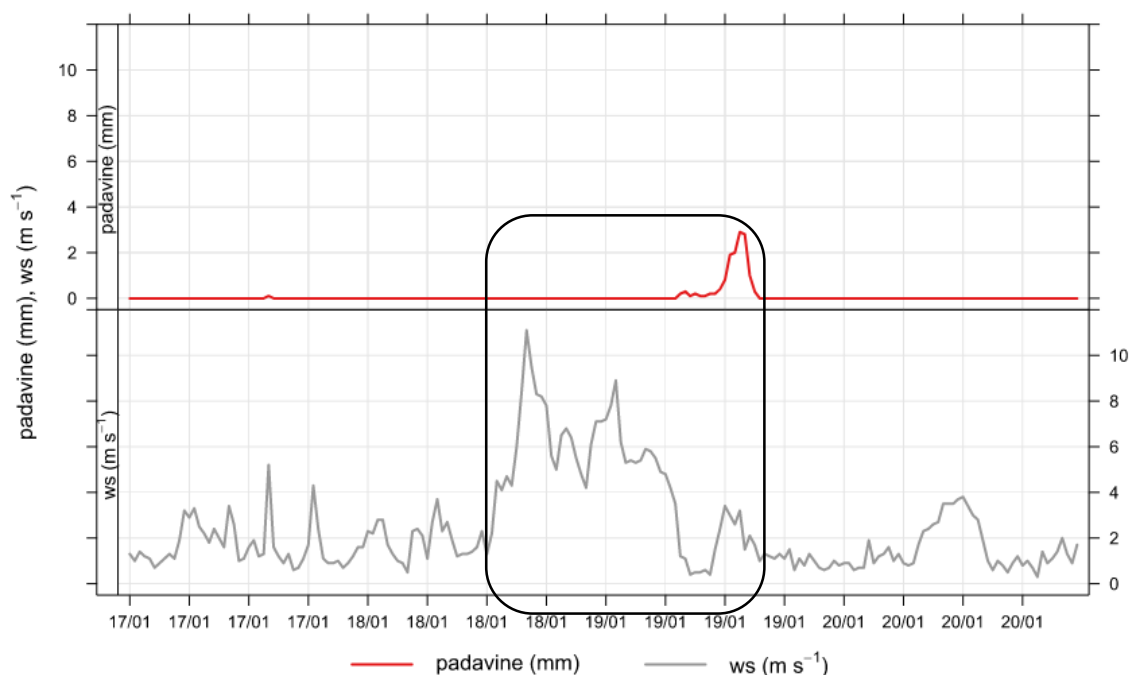
17. januarja smo opazili vpliv jutranje in popoldanske prometne konice na gibanje koncentracij črnega ogljika. Opazili smo tudi, da se je popoldanska prometna konica razdelila na dva dela, in sicer okoli 16. in okoli 19. ure. Hitrost vetra se je gibala med 1 in 4 m/s. 18. januarja smo opazili povišanje koncentracij črnega ogljika samo v času jutranje prometne konice. Ob 12. uri je hitrost vetra pričela naraščati in narastla tudi prek 10 m/s, koncentracije črnega ogljika pa so ostale na minimumu, dokler hitrost vetra ni padla pod 2 m/s. 19. januarja smo opazili vpliv jutranje prometne konice, v popoldanskem času pa so koncentracije črnega ogljika narastle predvsem zaradi kurjenja biomase. 20. januarja so bile koncentracije črnega ogljika nizke, saj je hitrost vetra znašala prek 2 m/s, v večernem času pa so koncentracije narastle predvsem zaradi kurjenja biomase. Potek razporeditev koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 61 in Sliki 62.

Slika 61: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 17. do 20. januarja 2018



Vir: Osebni vir

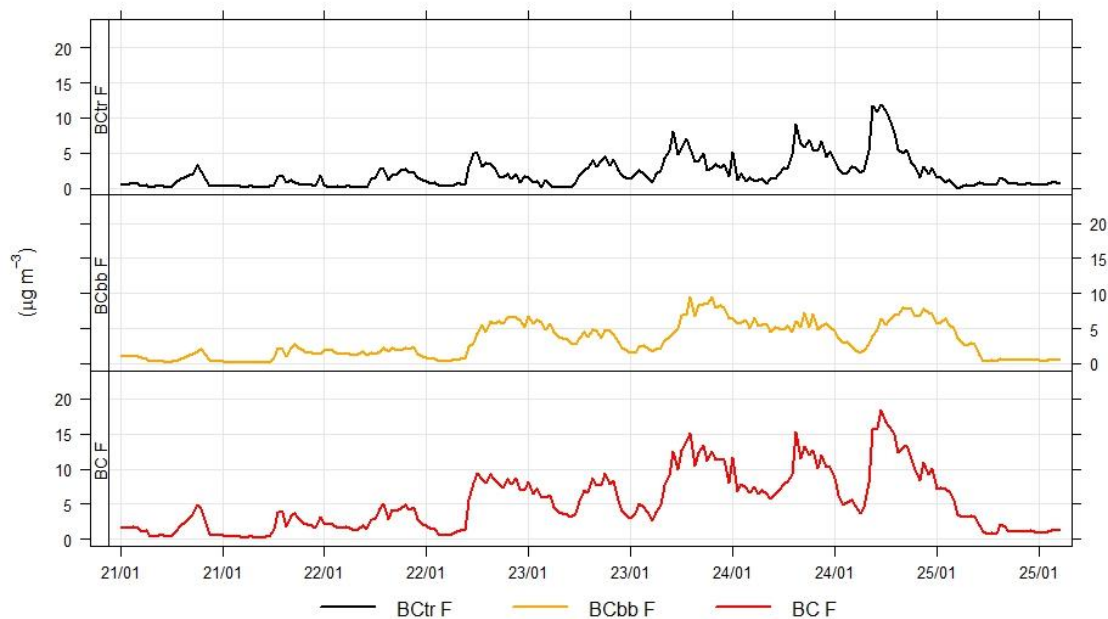
Slika 62: Količina padavin in hitrost vetra od 17. do 20. januarja 2018



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

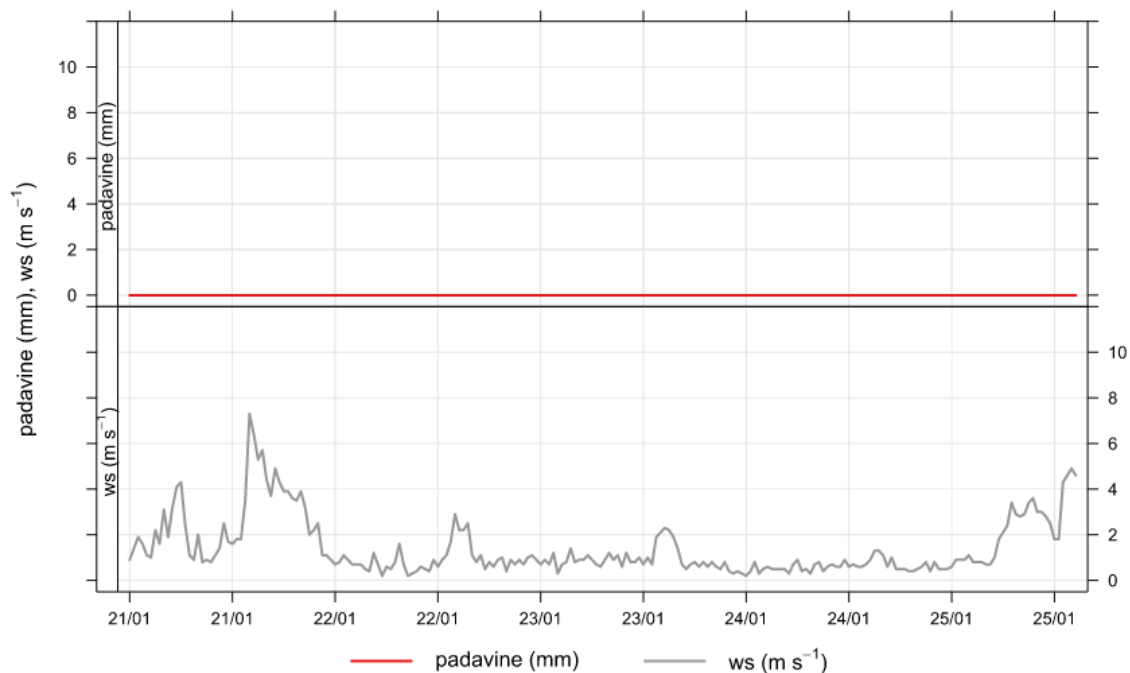
21. januarja so se koncentracije črnega ogljika gibale do $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hitrost vetra je v dopoldanskem in popoldanskem času narastla prek 2 m/s in takrat so koncentracije črnega ogljika padle. Zvečer so ponovno narastle zaradi kurjenja biomase. Od 22. do 25. januarja smo opazili vpliv tako jutranje kot popoldanske prometne konice na gibanje koncentracij črnega ogljika. Vrednosti so bile predvsem v popoldanskem oziroma večernem času višje kot zjutraj. Razlog za to lahko pripišemo predvsem kurjenju biomase v večernih urah. Hitrost vetra se je večinoma gibala pod 2 m/s in ni imela posebnega vpliva na gibanje koncentracij črnega ogljika. 25. januarja smo opazili, da so koncentracije po jutranji prometni konici močno padle, saj je hitrost vetra narastla prek 4 m/s . Potek porazdelitve koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 63 in Sliki 64.

Slika 63: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 21. do 25. januarja 2018



Vir: Osebni vir

Slika 64: Količina padavin in hitrost vetra od 21. do 25. januarja 2018

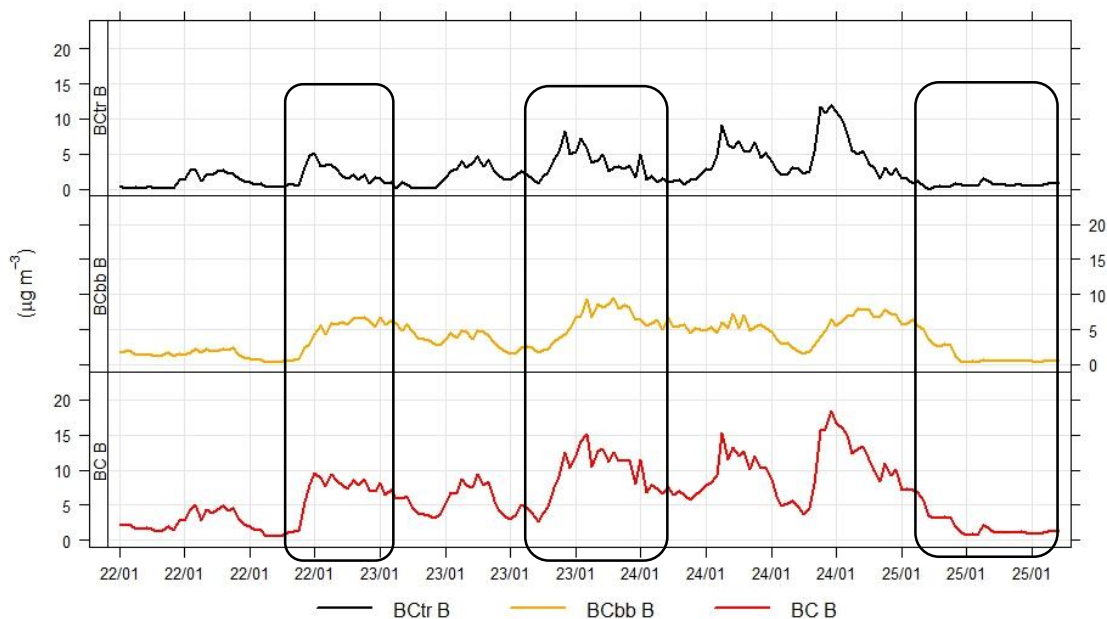


Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

3.8 Meritve od 22. do 25. januarja 2018 na merilnem mestu B

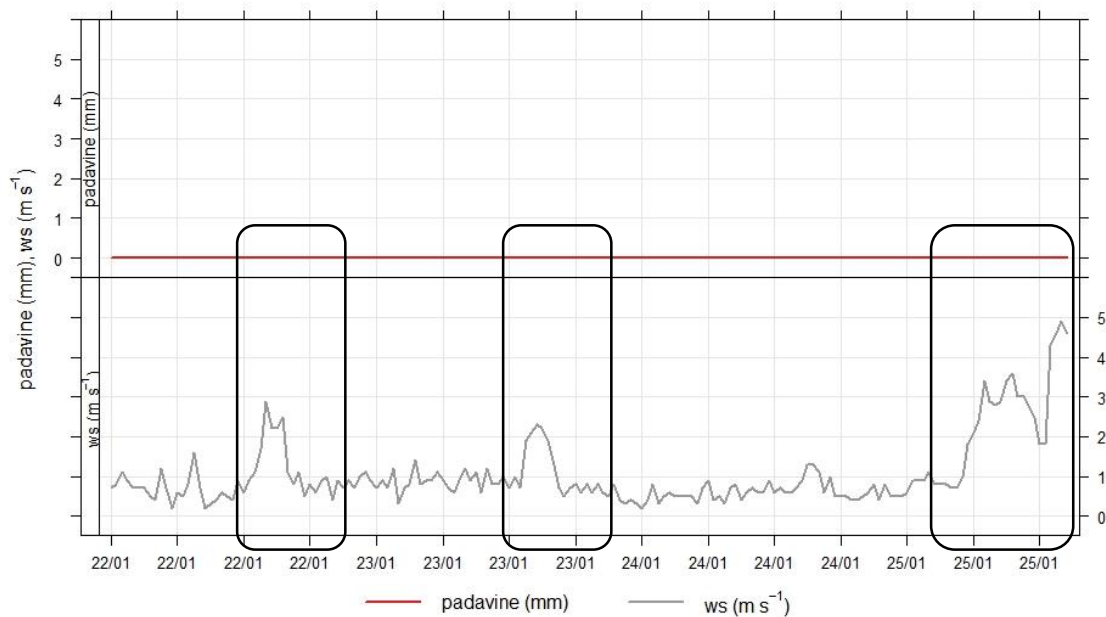
V obdobju od 22. do 25. januarja smo vsak dan opazili vpliv jutranje in popoldanske prometne konice in padec koncentracij črnega ogljika med njima. 22. in 23. januarja lahko padec koncentracij pripišemo dejstvu, da je hitrost vetra med 12. in 15. uro narastla prek 2 m/s. Pri dvigu koncentracij črnega ogljika v popoldanskem času smo opazili, da vrednosti padajo počasneje kot zjutraj. Razlog za to lahko pripišemo dejstvu, da je v popoldanskem času večji delež koncentracij črnega ogljika, ki je posledica kurjenja biomase (BCbb), ki pa do jutranje prometne konice pade. Potek razporeditev koncentracij črnega ogljika, količine padavin in hitrosti vetra smo prikazali na Sliki 65 in Sliki 66.

Slika 65: Porazdelitev koncentracij črnega ogljika od 22. do 25. januarja 2018



Vir: Osebni vir

Slika 66: Količina padavin in hitrost vetra od 22. do 25. januarja 2018



Vir: Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO], 2018

4 Črni ogljik kot grožnja nacionalni varnosti RS

V sledečem poglavju smo predstavili črni ogljik kot grožnjo nacionalni varnosti. Pri opredeljevanju črnega ogljika kot grožnje nacionalni varnosti smo si pomagali z Resolucijo.

4.1 Črni ogljik kot grožnja nacionalni varnosti na podlagi Resolucije o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije

Na podlagi Tabele 4, ki smo jo predstavili v teoretičnem delu in ki temelji na Resoluciji, lahko črni ogljik smatramo kot grožnjo nacionalni varnosti Republike Slovenije. Črni ogljik lahko kot vir ogrožanja in tveganja umestimo med globalne in nacionalne vire. Med globalne vire ogrožanja ga lahko uvrstimo, saj spada med glavne faktorje, ki imajo vpliv na podnebne spremembe, ki so zelo pomembna varnostna grožnja zaradi svojega multiplikativnega značaja in učinka. Dvig temperature zraka in gladine morja, spremembe padavinskih vzorcev in intenzivnejši izredni vremenski dogodki bodo zaostriili pomanjkanje življenjskih virov, kot sta hrana in voda, ter povečali pogostost in intenzivnost naravnih nesreč v obliki poplav, suš, vodnih ujm in podobno. Posledice teh sprememb bodo tako neposredne kot posredne. Neposredne posledice se bodo v prihodnje odražale v veliki gospodarski in materialni škodi, ki jo bodo povzročali različni vremenski in okoljski pojavi. Posredne posledice pa se bodo pojavljaje v obliki političnih, gospodarskih in energetskih kriz ter migracijskih, socialnih, zdravstveno-epidemioloških in drugih groženj ter tveganj. Izpostaviti je potrebno, da podnebne spremembe že vplivajo na nacionalno varnost Republike Slovenije, saj je neposredna grožnja, ki izhaja iz teh sprememb, predvsem večji obseg naravnih nesreč zaradi večje pogostosti in intenzivnosti izrednih vremenskih dogodkov. Črni ogljik lahko uvrstimo tudi med nacionalne vire ogrožanja in tveganja, saj, saj je po izvoru povezan z dogajanjem in pojavi v nacionalnem okolju. Sem štejemo ogrožanja javne varnosti, naravne in druge nesreče, omejenost naravnih virov ter degradacijo življenjskega okolja, zdravstveno-epidemiološke grožnje ter določene dejavnike negotovosti. Zaradi neprimerne rabe naravnih virov v preteklosti se posledično kažejo resni negativni vplivi tako v naravi kot

v človekom bivalnem prostoru. Ker črni ogljik poleg ogljikovega dioksida predstavlja največjo onesnaževalo in faktor pri globalnem segrevanju ozračja in onesnaževanja okolja, je možno, da se bo Republika Slovenija v prihodnosti soočila tudi s težavami pri oskrbi s kakovostno pitno vodo in z omejenimi naravnimi danostmi za pridelavo zdrave hrane. Največjo obremenitev za okolje in odločilni vpliv na procese v prostoru bodo tudi v prihodnje povzročali industrija, energetika, kmetijstvo, promet, poselitev in turizem, ki bodo hkrati še naprej ključni nosilci razvoja in dejavniki zagotavljanja blaginje v družbi (ReSNV-1).

Diskusija

V magistrskem delu smo s pomočjo opravljenih statičnih meritev koncentracij črnega ogljika spoznali osnovne trende gibanja koncentracij tekom posameznih dni glede na prometne tokove in hitrost vetra. Meritve so nam pokazale tudi, da je distribucija delcev odvisna od več dejavnikov – letnega časa, oddaljenosti od vira onesnaževanja, antropoloških vplivov (ogrevanje stavb), fizičnih ovir in hitrosti vetra. Spoznali smo, da je predstavljena tema vedno bolj pereča tako na lokalni kot evropski in globalni ravni. Države in Evropska unija nenehno iščejo nove rešitve in poskušajo čim bolj izkoristiti že dostopne tehnologije za preprečevanje onesnaževanja. Pri tem si pomagajo tudi s spremembami zakonodaje. Menimo, da se kljub vedno večji ozaveščenosti ljudi o onesnaževanju o tem še vedno premalo govori na ravni posameznikov, saj niso dovolj informirani. Posledično posamezniki nimajo dovolj informacij o resnosti tveganja, ki ga predstavlja črni ogljik, zato sta tudi njihova percepcija in dožemanje tveganja drugačna.

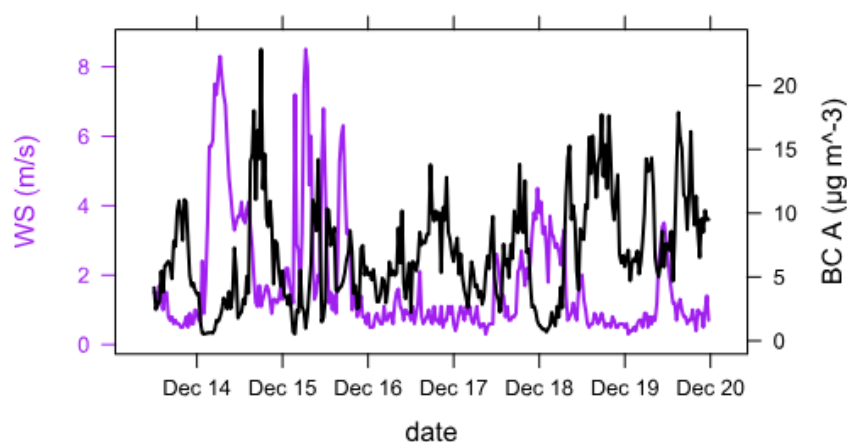
Koncentracije črnega ogljika

Koncentracije črnega ogljika imajo značilno sezonsko gibanje z višjimi koncentracijami v hladnejšem delu leta in nižjimi koncentracijami v toplejšem delu leta. Na sezonsko višje koncentracije v hladnejšem delu leta vpliva predvsem stopnja emisij črnega ogljika, ki je posledica kurjenja biomase, nižjih hitrosti vetra in pojav temperaturnega obrata, ki je značilen za Celjsko kotlino (Šipek et al., 2018).

Koncentracije črnega ogljika na vseh merilnih mestih se po posameznih dnevih povečajo v času jutranje in popoldanske konice kot posledica prometa. Pomemben dejavnik predstavlja tudi dan v tednu, saj je količina prometa med vikendi manjša kot med delovnimi dnevi. V hladnejšem delu leta se zaradi kurjenja biomase koncentracije povišajo predvsem v večernih urah. Najnižje koncentracije črnega ogljika kot posledice kurjenja biomase so bile opažene med 12. in 17. uro. Hitrost vetra ima pri gibanju koncentracij pomemben vpliv. To je bilo vidno v obdobjih brezvetrja, ko se je hitrost vetra gibala do 1 m/s, saj so koncentracije takrat naraščale, padati pa so začele predvsem

v daljših vetrovnih obdobjih, ko je hitrost vetra preseгла 2 oziroma 3 m/s. V vetrovnih obdobjih so bile koncentracije črnega ogljika med jutranjo in popoldansko konico posledično nižje. Korelacija med koncentracijami črnega ogljika in hitrostjo vetra na merilnem mestu A je prikazana na Sliki 67, na kateri lahko vidimo, da z naraščanjem hitrosti vetra (WS – vijolična barva) prek 2 m/s koncentracije črnega ogljika (BC – črna barva) padajo (Šipek et al., 2018).

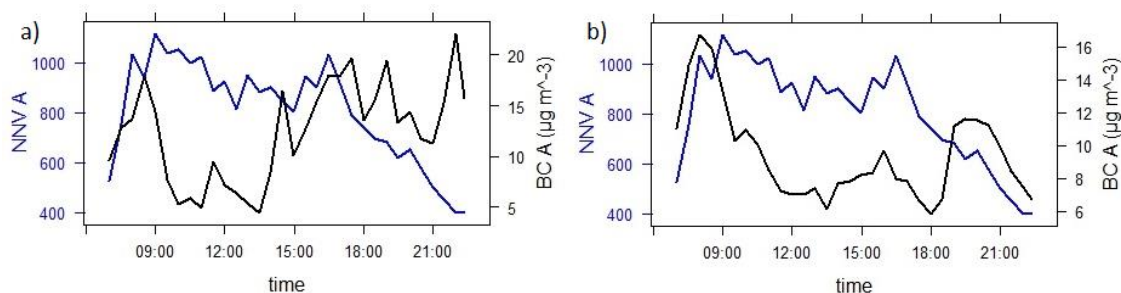
Slika 67: Korelacija med koncentracijami črnega ogljika (BC) in hitrostjo vetra (WS) na merilnem mestu A



Vir: Šipek et al., 2018

Zaradi prometne obremenjenosti so koncentracije črnega ogljika tako v hladnejšem kot toplejšem delu leta najvišje pri merilnem mestu A, ki se nahaja tik ob semaforiziranem križišču, kjer vozila stojijo in pospešujejo ($7,48 \pm 6,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v zimskem in $7,25 \pm 6,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v spomladanskem obdobju). Korelacija med normaliziranim številom vozil (NNV) oziroma gostoto prometa in koncentracijami črnega ogljika (BC) na merilnem mestu A v zimskem in spomladanskem obdobju je razvidna s Slike 68. Na sliki je dobro viden vpliv jutranjih in popoldanskih prometnih konic tako v zimskem kot spomladanskem obdobju meritev, viden pa je tudi vpliv kurjenja biomase, saj kljub zmanjšani gostoti prometa v večernih urah vrednosti koncentracij črnega ogljika ne padejo (Šipek et al., 2018).

Slika 68: Korelacija med normaliziranim številom vozil (NNV) in koncentracijami črnega ogljika (BC) na merilnem mestu A v a) zimskem obdobju meritev in b) v spomladanskem obdobju meritev



Vir: Osebni vir

V primerjavi z zimskimi meritvami so se v spomladanskem času koncentracije znižale za 3 %. V mestnem ozadju na merilnem mestu F so koncentracije v zimskem obdobju v januarju v povprečju znašale $3,31 \pm 3,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kar je v primerjavi z merilnim mestom A za več kot 50 % manj. Nekoliko nižje koncentracije so bile na merilnem mestu B, ki se nahaja dva metra nad tlemi na Fakulteti za logistiko, učilnica P006, in je od Mariborske ceste, ki se dviguje iz podvoza, oddaljeno 20 metrov ($6,20 \pm 5,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v zimskem in $2,68 \pm 2,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v spomladanskem obdobju). V primerjavi z zimskimi meritvami so se v spomladanskem času koncentracije na merilnem mestu znižale za več kot 50 %. V spomladanskem obdobju smo meritve izvajali tudi na merilnem mestu C, ki se nahaja v četrtem nadstropju Fakultete za logistiko, 18 metrov nad merilnim mestom B, koncentracije so bile nekoliko višje, in sicer $2,75 \pm 2,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Glede na višinsko razliko skoraj 20 metrov med merilnima mestoma so predvidevanja narekovala nižje koncentracije na merilnem mestu B. Povprečna hitrost vetra v danem obdobju je znašala $1,61 \pm 1,27 \text{ m/s}$. Na podlagi rezultatov lahko predvidevamo, da se na višini črni ogljik zadržuje dlje časa kot pri tleh. Meritve smo v spomladanskem obdobju opravljali še na drugi strani stavbe Fakultete za logistiko, na merilnem mestu E, ob katerem se nahaja javno parkirišče občine Celje. Koncentracije črnega ogljika so v povprečju znašale $1,67 \pm 1,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na tem merilnem mestu jutranja in popoldanska konica nimata tolikšnega vpliva na koncentracije črnega ogljika, povišane vrednosti v posameznih časovnih obdobjih pa lahko pripišemo dostavi in gibanju vozil po parkirišču. Na merilnem mestu D, ki se nahaja 135 metrov od merilnega mesta B in tri metre od Mariborske ceste, so v

povprečju koncentracije črnega ogljika v spomladanskem obdobju znašale $2,50 \pm 3,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V primerjavi z merilnim mestom B so koncentracije zelo podobne, kljub temu, da merilno mesto D stoji ob semaforiziranem križišču, kjer vozila stojijo in pospešujejo, število vozil, ki prevozijo obe merilni mesti, pa je enako. Upoštevati je potrebno tudi, da je ob merilnem mestu D bolj odprto območje kot pri merilnem mestu B in lahko veter tudi pri nižji hitrosti bolj vpliva na koncentracije črnega ogljika. Povprečne vrednosti koncentracij črnega ogljika, hitrosti vetra in temperatur za obdobja meritev po posameznih merilnih mestih smo prikazali v Tabeli 5 (Šipek et al., 2018).

Tabela 5: Povprečne vrednosti koncentracij črnega ogljika (BC), hitrosti vetra (WS) in temperatur za obdobja meritev po posameznih merilnih mestih

Merilno mesto	Zimske meritve (december 2017–januar 2018)			Spomladanske meritve (marec–maj 2017)		
	BC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	WS (m/s)	T ($^{\circ}\text{C}$)	BC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	WS (m/s)	T ($^{\circ}\text{C}$)
A	$7,48 \pm 6,48$	$2,01 \pm 1,84$	$2,91 \pm 4,93$	$7,25 \pm 6,06$	$1,91 \pm 1,43$	$11,70 \pm 6,47$
B	$6,20 \pm 5,07$			$2,68 \pm 2,65$		
C				$2,75 \pm 2,29$		
D				$2,50 \pm 3,94$		
E				$1,67 \pm 1,43$		
F	$3,31 \pm 3,25$					

Vir: Šipek et al., 2018

Preverjanje ciljev in hipotez

Vsi cilji, ki smo si jih zastavili na začetku magistrskega dela, niso bili doseženi. V teoretičnem delu smo pregledali in povzeli teoretične osnove na področju črnega ogljika, opisali do sedaj znani vpliv črnega ogljika na okolje in zdravje ljudi ter predstavili teoretične osnove na področju varnosti, nacionalne varnosti in tveganj ter Resolucijo, na podlagi katere smo v zadnjem delu predstavili črni ogljik kot grožnjo nacionalni varnosti Republike Slovenije. Na podlagi meritev smo opisali vpliv vetra na porazdelitev koncentracij črnega ogljika, ni pa nam uspelo raziskati in opisati vpliva padavin, saj v obdobjih meritev ni bilo dovolj padavin, da bi lahko zagotovo potrdili njihov vpliv na porazdelitev koncentracij.

Oddaljenost od vira onesnaževanja (hipoteza 1)

Na podlagi meritev smo ugotovili, da glavni vir črnega ogljika predstavlja promet, saj so meritve na vseh merilnih mestih pokazale, da je promet glavni vir onesnaževanja. Meritve so pokazale tudi, da koncentracije črnega ogljika z oddaljenostjo od vira onesnaževanja hitro padajo, saj so bile koncentracije na merilnem mestu B v zimskem obdobju meritev za 20 % in v spomladanskem obdobju za 75 % nižje kot na merilnem mestu A. Hipotezo lahko potrdimo.

Vpliv vetra na porazdelitev koncentracij črnega ogljika (hipoteza 2)

Meritve koncentracij črnega ogljika so pokazale, da hitrost vetra pomembno vpliva na razporeditev koncentracij črnega ogljika. Ko je hitrost vetra znašala prek 2 oziroma 3 m/s, so koncentracije v opazovanih časovnih obdobjih padale. Hipotezo lahko potrdimo.

Vpliv padavin na porazdelitev koncentracij črnega ogljika (hipoteza 3)

Vpliva padavin na porazdelitev koncentracij črnega ogljika na podlagi meritev nismo mogli definirati, saj v obdobjih meritev ni bilo dovolj padavin oziroma so se padavine pojavile v kombinaciji z vetrom s hitrostjo prek 2 m/s. Hipoteze na podlagi teh meritev ne moremo potrditi.

Vpliv gostote prometa na porazdelitev koncentracij črnega ogljika (hipoteza 4)

Meritve so pokazale, da je gostota prometa glavni faktor pri razporeditvi koncentracij črnega ogljika, ki je posledica prometa. V vseh obdobjih meritev smo opazili vpliv jutranje in popoldanske prometne konice, med vikendi in dela prostimi dnevi pa so bile koncentracije občutno nižje, saj je bila gostota prometa manjša. Ob vikendih smo naraščanje koncentracij črnega ogljika, ki so posledica prometa, opazili le ob nedeljah po 21. uri, ko preneha veljati splošna omejitev prometa tovornih vozil. Hipotezo lahko potrdimo.

Vpliv fizičnih ovir na porazdelitev koncentracij črnega ogljika (hipoteza 5)

Meritve na merilnem mestu E so pokazale, da fizične ovire vplivajo na porazdelitev koncentracij črnega ogljika, saj so bile vrednosti koncentracij v primerjavi z ostalimi merilnimi mesti, ne glede na oddaljenost od vira onesnaževanja, vsaj za 35 % nižje. Na merilnem mestu B so bile v spomladanskem obdobju vrednosti koncentracij v primerjavi z merilnim mestom A za 60 % nižje (vpliv cestnega kanjona). Hipotezo lahko potrdimo.

Možnosti nadaljnjega razvoja

Z rezultati naše raziskave smo dokazali, da je obvladovanje onesnažil v zraku, kot je črni ogljik, zapleten proces. Če želimo doseči izboljšanje, ni dovolj osredotočanje na le en vplivni faktor, ampak je potrebno obravnavati vse aspekte onesnaženja ter upoštevati tako antropogene kot naravne vplive. Poudariti moramo, da se je pri tem potrebno osredotočiti na vplivne faktorje, ki jih lahko kontroliramo. Ker je velik del koncentracij

črnega ogljika v MOC posledica cestnega prometa, bi se morali osredotočiti predvsem na reorganizacijo prometnih tokov. Z reorganizacijo prometnih tokov bi tako glavno prometnico – Mariborsko cesto – občutno razbremenili z izgradnjo obvoznic na avtocestnih priključkih Celje zahod in Celje vzhod, na avtocestnem priključku Celje center pa bi lahko zgradili izven-nivojsko prometnico, ki bi potekala nad Mariborsko cesto in bi se nanjo priključila pri merilnem mestu A ali celo na samem začetku Mariborske ceste. Z obvoznicami bi predvsem preusmerili tovorni promet mimo strogega centra mesta, s čimer bi lahko močno izboljšali kakovost ozračja in posledično življenja v mestu – zmanjšale bi se koncentracije črnega ogljika, ki so posledice prometa, znižala bi se raven hrupa, zmanjšal bi se izpust CO₂ itd. Možnost razbremenitve Mariborske ceste predstavlja tudi gradnja tretje razvojne osi, s katero bi preusmerili veliko večino prometa, ki je posledica dnevnih službenih migracij ljudi, in ves tranzitni tovorni promet, ki trenutno poteka skozi mesto Celje. Cenovno najbolj dostopna in, po našem mnenju, najlažje izvedljiva rešitev za vsaj delno zmanjšanje koncentracij črnega ogljika pa bi bila vzpostavitev zelenega vala prek celotne Mariborske ceste v obe smeri, s čimer bi povečali pretočnost prometa in zmanjšali izpuste škodljivih snovi, ki so posledica zaviranja, čakanja in speljevanja prometa v kolonah. Za vzpostavitev zelenega vala bi bilo po našem mnenju potrebno spremeniti tudi nekatera manj obremenjena semaforizirana križišča v krožišča.

Seznam literature in virov

- Arhiv – podatki samodejnih postaj [ARSO]*. Najdeno 3. decembra 2018 na spletnem naslovu <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>
- Bilban, M. (2014). *Onesnaževala zraka. Delo in varnost*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: http://www.zvd.si/media/medialibrary/2016/01/DV-04-2014_Onesnazevala_zraka.pdf
- Bizjak, M. (2007). *Onesnaženost ozračja*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: http://www.zf.uni-lj.si/data/datoteke/acam21/damjank/Studijski_program/Skripta.pdf
- Bond, T. C., Doherty, S. J., Fahey, D. W., Forster, P. M., Berntsen T., DeAngelo, B. J., Flanner, M. G., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., Kinne, S., Kondo, Y., Quinn, P. K., Sarofim, M. C., Schultz, M. G., Schulz, M., Venkataraman, C., Zhang, H., Zhang, S., Bellouin, N., Guttikunda, S. K., Hopke, P. K., Jacobson, M. Z., Kaiser, J. W., Klimont, Z., Lohmann, U., Schwarz, J. P., Shindell, D., Storelvmo, T., Warren, S. G., Zender, C. S. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118 (11).
- Celje (b. d.). V *Openstreetmap*. Najdeno 19. junija 2018 na spletnem naslovu <https://www.openstreetmap.org/search?query=celje#map=12/46.2548/15.2813>
- Čaleta, D. (2015, 8. april). Nacionalna varnost kot temelj državnosti. *Delo*. Najdeno 7. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.delo.si/mnenja/gostujoce-pero/nacionalna-varnost-kot-temelj-drzavnosti.html>
- Dejavnosti agencije EEA [Evropska Agencija za okolje]*. Najdeno 6. februarja 2018 na spletnem naslovu: <https://www.eea.europa.eu/sl/themes/air/eea-activities>
- Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 21. maj 2008 o kakovosti zunanega zraka in čistejšem zraku za Evropo. *Uradni list EU*, L1/52/11
- Golavšek, D. (2016). *Vpliv meteoroloških elementov na onesnaženost zraka v Celjski kotlini* (diplomsko delo). Maribor: Filozofska fakulteta.
- Grizold, A. (1992). *Oblikovanje slovenske nacionalne varnosti*. V A. Grizold, *Razpotja nacionalne varnosti: obramboslovne raziskave v Sloveniji* (str. 59-93). Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.

- Grizold, A. (1998). *Perspektive sodobne varnosti: Iz obramboslovnih raziskav II*. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
- Ivanko, Š. (2007). *Raziskovanje in pisanje del : metodologija in tehnologija raziskovanja in pisanja strokovnih in znanstvenih del*. Kamnik: Cubus image.
- Jereb, B. (2014). *Upravljanje tveganj*. Celje: Fakulteta za logistiko.
- Jereb, B., Gregorčič, A., Vovk Korže, A., Močnik, G., Strle, N. M., Kovše, Š., Herman, L., Čeh, I., Bezgovšek, T., Brezovšek, N. & Batkovič, T. (2017). »Black bicycle« - kolesarske poti ob vpadnici v Celje: študentski projekt »Po kreativni poti do znanja« 2017. Celje: Fakulteta za logistiko.
- Jereb, B., Krumperščak S. & Bratina, T. (2018). The impact of traffic flow on fuel consumption increase in the urban environment. *FME Transactions*, 46, str. 122-148.
- Liu, C., Chung, C.E., Yin, Y., & Schnaiter, M. 2018. The absorption Ångström exponent of black carbon: from numerical aspects. *Atmos. Chem. Phys.*, 18 (9), str. 6259-6273.
- Mestna občina Celje (2016). *Projekt CPS*. Celje: Mestna občina Celje
- Mestna občina Celje (b. d.). V *Google maps*. Najdeno 16. novembra 2018 na spletnem naslovu
<https://www.google.com/maps/place/Celje/@46.2547535,15.2111086,24760m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47657063c905bf3b:0xf164f93446526c50!8m2!3d46.256871!4d15.2558765>
- Obnovljivi viri in njihov vpliv na okolje [kolednik.wordpress.com]*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu <https://kolednik.wordpress.com/obnovljivi-viri-energije/>
- Ogljikov monoksid [okolje.info]*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/ogljikov-monoksid>
- Onesnaževanje zraka [Evropska agencija za okolje]*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <https://www.eea.europa.eu/sl/themes/air/intro>
- Ozon O₃ [okolje.info]*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/ozon>
- Podbregar, I. (2017). *Grožnje, percepcije, negotovosti in krize* (e-gradivo). Kranj: Fakulteta za organizacijske vede.

- Politični okvir [Evropska Agencija za okolje]*. Najdeno 6. februarja 2018 na spletnem naslovu: <https://www.eea.europa.eu/sl/themes/air/policy-context>
- Pollution (b. d.). V *Businessdictionary*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.businessdictionary.com/definition/pollution.html>
- Poročilo o stanju okolja Mestne občine Celje 2014 [moc.celje.si]* (2014, november). Najdeno 19. junija 2018 na spletnem naslovu https://moc.celje.si/images/Datoteke/Okolje/Porocilo_o_stanju_okolja_v_Mestni_obcini_Celje_2014.pdf
- Problematika prahu PM10 in PM2,5 [ARSO]*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/gozdarstvo/navodila_za_pravilno_kurjenje/zgorevanje_lesa_v_malih_kurilnih_napravah/problematika_prahu_pm10_in_pm25/
- Promet in javno zdravje [Evropska Agencija za okolje]* (2016, 30. september). Najdeno 3. decembra 2018 na spletnem naslovu <https://www.eea.europa.eu/sl/eea-signali/signali-eea-2016/clanki/promet-in-javno-zdravje>
- Rack Mount Aethalometer Model AE33 [mageesci.com]*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu <https://mageesci.com/improved-measurement-black-carbon-aethalometer-ae33/>
- Registrirana cestna motorna vozila in prikolice, Slovenija, 2017 [stat.si]* (2018, 23. maj). Najdeno 16. novembra 2018 na spletnem naslovu: <https://www.stat.si/StatWeb/sl/News/Index/7297>
- Resolucija o strategiji nacionalne varnosti Republike Slovenije. *Uradni list RS*, št. 92/07.
- Risk (b. d.). V *Businessdictionary*. Najdeno 8. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.businessdictionary.com/definition/risk.html>
- Security (b. d.). V *Oxfordlivingdictionaries*. Najdeno 7. februarja 2018 na spletnem naslovu: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/security>
- Šipek, G., Kovše, Š. & Jereb, B. (2018). Črni ogljik in promet. *Zbornik 14. slovenskega kongresa o prometu in prometni infrastrukturi*. Ljubljana: DRC, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije.
- Število preseganj dnevne mejne ravni delcev PM10 v letu 2017 [ARSO]* (2018, 12. marec). Najdeno 16. novembra 2018 na spletnem naslovu

http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/2017_PM10Preseganja.pdf

Število preseganj dnevne mejne ravni delcev PM10 v letu 2018 [ARSO]. Najdeno 16. novembra 2018 na spletnem naslovu http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/preseganja_pm10.html

Tavčar, B. (2013, 1. junij). Griša Močnik: Črni ogljik merimo najbolje na svetu. *Delo*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.delo.si/zgodbe/sobotnapriloga/grisa-mocnik-crni-ogljik-merimo-najbolje-na-svetu.html>

Temperatura [o-4os.ce.edus.si]. Najdeno 16. novembra 2018 na spletnem naslovu: <http://www.o-4os.ce.edus.si/gradiva/geo/podnebje/temperatura.html>

Temperature inversion diagram [health.utah.gov]. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://health.utah.gov/utahair/inversions.png>

Temperaturni obrat ali inverzija [edos.si]. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: http://www.o-4os.ce.edus.si/gradiva/geo/podnebje/temp_obrat.html

Trdni delci PM10 in PM2,5 [okolje.info]. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/trdni-delci>

Uredba o kakovosti zunanjega zraka. *Uradni list RS*, št. 9/11 in 8/15.

Ustava Republike Slovenije. *Uradni list RS*, št. 33/91-I, 42/97 – UZS68, 66/00 – UZ80, 24/03 – UZ3a, 47, 68, 69/04 – UZ14, 69/04 – UZ43, 69/04 – UZ50, 68/06 – UZ121,140,143, 47/13 – UZ148, 47/13 – UZ90,97,99 in 75/16 – UZ70a

Virkkula, A., Yli-Tuomi, T., Hirsikko, A., Hämeri, K, & Koponen, I.K. (2007). A Simple Procedure for Correcting Loading Effects of Aethalometer Data, Air & Waste Manage. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 57, str. 1214-1222.

Vovk Korže, A. & Sajovic, A. (2009). *Poročilo o stanju okolja v mestni občini Celje 2008*. Celje: MOC.

What is black carbon? [c2es.org] (2010). Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <https://www.c2es.org/site/assets/uploads/2010/04/what-is-black-carbon.pdf>

What is PM10 and PM2,5? [irceline.be]. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.irceline.be/en/documentation/faq/what-is-pm10-and-pm2.5>

- Xing, Y., & Brimblecombe, P. (2018). Dispersion of traffic derived air pollutants into urban parks. *Science of The Total Environment*, 622–623, str. 576-583.
- Zakon o varstvu okolja. *Uradni list RS*, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06-ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16 in 61/17 – GZ
- Zhang, W., Lu, Z., Xu, Y., Wang, C., Gu, Y., Xu, H., & Streets, D.G. (2018). Black carbon emissions from biomass and coal in rural China. *Atmospheric Environment*, 176, str. 158-170.
- Zračni tlak, troposfera [ciklon]*. Najdeno 2. februarja 2018 na spletnem naslovu: http://ciklon.si/stran/?page_id=1149
- Zrak [ARSO]*. Najdeno 2. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.arso.gov.si/zrak/>
- Zrak nevarno onesnažuje človek, pa ne ukrepamo! [varcevanje-energije.si] (2018, 25. januar)*. Najdeno 3. decembra 2018 na spletnem naslovu <https://www.varcevanje-energije.si/novice-rss-zanimivosti/zrak-nevarno-onesnazuje-clovek-pa-ne-ukrepamo.html>
- Žnidarič, B. (2006). Teoretična izhodišča sodobne varnostne paradigme. *Delo in varnost*, 51(5), str. 53-56.
- Žveplov dioksid [okolje.info]*. Najdeno 5. februarja 2018 na spletnem naslovu: <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/zveplov-dioksid>