



ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo

Ljubljana

Oddelek za okolje

**POROČILO O MERITVAH KAKOVOSTI ZRAKA NA
OKOLJSKEM MERILNEM SISTEMU
MESTNE OBČINE LJUBLJANA**

leto 2018

218264-C-5-1

Ljubljana, MAREC 2019



ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo
Ljubljana
Oddelek za okolje

Št. poročila: 218264-C-5-1

**POROČILO O MERITVAH KAKOVOSTI ZRAKA NA
OKOLJSKEM MERILNEM SISTEMU
MESTNE OBČINE LJUBLJANA**

leto 2018

Ljubljana, MAREC 2019

Direktor:

dr. Boris ŽITNIK, univ. dipl. inž. el.

Meritve kakovosti zunanjega zraka in meteoroloških parametrov so bile opravljene z Okoljskim merilnim sistemom Mestne občine Ljubljana je izvajal Elektroinštitut Milan Vidmar. Obdelave podatkov, postopki zagotavljanja skladnosti in poročilo so bili izdelani na Elektroinštitutu Milan Vidmar v Ljubljani.

© Elektroinštitut Milan Vidmar 2019

Vse pravice pridržane. Nobenega dela dokumenta se brez poprejšnjega pisnega dovoljenja avtorja ne sme ponatisniti, razmnoževati, shranjevati v sistemu za shranjevanje podatkov ali prenašati v kakršnikoli obliki ali s kakršnimikoli sredstvi. Objavljanje rezultatov dovoljeno le z navedbo vira.

PODATKI O POROČILU:

Naročnik:	Mestna občina Ljubljana, Oddelek za varstvo okolja Zarnikova 3, Ljubljana	
Št. pogodbe:	Okvirni sporazum: 430-119/2015-6	
Odgovorna oseba naročnika:	Andrej PILTAVER, univ. dipl. inž. el.	
Št. delovnega naloga:	218 264	
Št. poročila:	218264-C-5-1	
Naslov poročila:	Poročilo o meritvah kakovosti zraka na okoljskem merilnem sistemu mestne občine Ljubljana	
Izvajalec:	Elektroinštitut Milan Vidmar Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo Hajdrihova 2, 1000 LJUBLJANA	
Poročilo izdelal-i:	Petra DOLŠAK, mag. ekol. Tine GORJUP, rač. teh.	
Datum izdelave:	MAREC 2019	
Seznam prejemnikov poročila:	MOL, Oddelek za varstvo okolja Elektroinštitut Milan Vidmar - arhiv	3 x cd 1 x

Vodja oddelka:

mag. Rudi VONČINA, univ. dipl. inž. el.



KAZALO VSEBINE

1.	UVOD	1
2.	VPOGLED V SISTEM MERITEV V MO LJUBLJANA	3
2.1	LOKALNI DEJAVNIKI KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA	3
2.2	OPIS POSAMEZNEGA ONESNAŽEVALA IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE IN BIODIVERZITETO	4
2.3	ZAKONODAJA	5
2.4	PODATKI O AVTOMATSKI MERILNI POSTAJI	6
2.4.1	Meritve kakovosti zunanjega zraka	6
2.4.2	Meteorologija in hrup	8
2.4.3	Nadzor skladnosti meritev	8
3.	REZULTATI MERITEV	11
3.1	VZDRŽEVALNI IN TESTNI POSEGI	11
3.2	PRIKAZ REZULTATOV MERITEV	13
3.2.1	Pregled koncentracij v zraku: SO ₂	14
3.2.2	Pregled koncentracij v zraku: NO ₂	17
2.1.1	Pregled koncentracij v zraku: NO _x – Tivolska - Vošnjakova	20
3.2.3	Pregled koncentracij v zraku: PAH	23
3.2.4	Pregled koncentracij v zraku: PM ₁₀	34
3.2.5	Pregled koncentracij v zraku: PM _{2.5}	37
3.3	Meteorološke meritve	39
3.3.1	Pregled temperature in relativne vlage v zraku – Tivolska - Vošnjakova	39
3.3.2	Pregled hitrosti in smeri vetra – Tivolska - Vošnjakova	42
3.4	Meritve Hrupa	44
3.4.1	Meritve hrupa – Tivolska - Vošnjakova	44
4.	ANALIZA REZULTATOV MERITEV NA MESEČNEM NIVOJU	47
5.	ANALIZA DELCEV PM₁₀ in PM_{2.5}	49
5.1	DODATNA ANALIZA DNEVNEGA HODA EMISIJ DELCEV PM₁₀	49
5.2	DODATNA PRIMERJAVA DELCEV PM_{2.5} IN PM₁₀	51
6.	ZAKLJUČEK	53



1. UVOD

Doseganje ustrezne kakovosti zunanjega zraka pomembno vpliva na kvaliteto našega življenja. Onesnaženost zunanjega zraka se definira kot obstoj onesnažil v ozračju v količinah, ki negativno vplivajo na zdravje ljudi, okolje, kulturno dediščino in podnebje (EEA, 2016). Poročilo je namenjen prikazu spremljanja in analize rezultatov Okoljskega merilnega sistema (OMS) Mestne občine Ljubljana (MOL) na merilnem mestu križišče Tivolske ceste in Vošnjakove ulice ter spremljanju kakovosti zunanjega zraka v letu 2018 v mestni občini Ljubljana.

Poročilo obsega:

- osnovne podatke o lokalnih dejavnikih kakovosti zraka, merjenih onesnažil, zakonodaji, merilnem mestu in nadzoru skladnosti, ki se izvaja;
- zapise o opažanju, izvedenih servisnih in vzdrževalnih delih ter drugih posegih na merilni opremi ter o testiranjih merilnikov;
- rezultate meritev kakovosti zraka;
- komentar in povzetek rezultatov meritev kakovosti zraka;
- Dodatno analizo koncentracij v zunanjem zraku z delci PM₁₀ na območju AMP Tivolska - Vošnjakova v primerjavi s koncentracijami na drugih merilnih mestih v Sloveniji.

V merjenem obdobju se rezultati meritev SO₂ in PM₁₀ na lokaciji Tivolska – Vošnjakova obravnavajo kot uradni rezultati meritev, saj je bila njihova razpoložljivost podatkov 100% in 99%. Zakonsko predpisana letna meja za uradne rezultate je 90%. Dnevna mejna vrednost PM₁₀ je bila v merjenem obdobju presežena 51 krat.

Meritve koncentracij NO₂/NO_x se obravnavajo kot informativni rezultati meritev, saj je bila razpoložljivost podatkov 78%. Prav tako se kot informativni rezultati obravnavajo tudi meritve koncentracij PAH s 74% razpoložljivostjo podatkov. Zakonsko predpisana letna meja za uradne rezultate je 90%.

Trenutne vrednosti koncentracij SO₂, NO₂/NO_x, PAH, delcev PM₁₀, meteoroloških parametrov in indeksov v zunanjem zraku so dostopne na spletni strani www.okolje.info, MO Ljubljana [http://www.okolje.info/?link=dbViewOmsValue&option=com_content&Itemid=181].

Vse vrednosti so poleg numerične predstavitve prikazane tudi grafično [http://www.okolje.info/?link=ChartViewMol&option=com_content&Itemid=181].

Na spletni strani so prosto dostopna tudi vsa mesečna poročila kakovosti zraka, ki so bila izdana v letu 2018 [<http://www.okolje.info/index.php/porocila-oms>].



2. VPOGLED V SISTEM MERITEV V MO LJUBLJANA

Emisije so lahko primarnega izvora in so emitirane v atmosfero direktno iz vira, lahko pa se pod določenimi pogoji tvorijo v ozračju, torej so sekundarnega izvora. Učinkovita ukrepanja na področju zmanjšanja vpliva onesnaženja zahtevajo dobro razumevanje virov emisij, njihov transport in obnašanje v atmosferi ter njihov vpliv na ljudi, ekosistem, podnebje ter posledično na družbo in gospodarstvo.

Nadzor nad izpusti onesnaževal se lahko doseže z učinkovito zakonodajo, ki omogoča sodelovanje in ukrepanje na globalni, nacionalni in lokalni ravni ter vključuje vse deležnike tudi gospodarstvo in ozaveščanje javnosti.

S sprejetjem *Zakona o varstvu okolja (ZVO-1, Ur.l. RS, št. 41/2004 s spremembami)* v letu 2004 je bil vzpostavljen pravni red za spodbujanje in usmerjanje takšnega družbenega razvoja, ki omogoča dolgoročne pogoje za človekovo zdravje, počutje in kakovost njegovega življenja ter ohranjanje biotske raznovrstnosti. Med cilji tega zakona sta tudi preprečitev in zmanjšanje obremenjevanja okolja in ohranjanje ter izboljševanje kakovosti okolja, kar je ena izmed nalog AMP Ljubljana.

2.1 LOKALNI DEJAVNIKI KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

Na kakovost zraka poleg virov emisij v okolju vplivajo tudi dejavniki kot so klimatske značilnosti prostora ter meteorološki pojavi, reliefna razgibanost površja in fizikalno-kemijski procesi v ozračju. Variacija vseh teh elementov je predstavljena na spodnji sliki (slika 1). Lokalna meteorologija in reliefna razgibanost površja sta tesno povezani s koncentracijo emisij v zunanjem zraku, zato je za celovit vpogled na stanje kakovosti zunanjega zraka v okolju nujno spremljanje meteoroloških parametrov kot so vertikalni profil vetra in temperature, smer in hitrost vetra, gibanje zračnih mas, padavine, sončno sevanje, količino padavin in vlažnost ter upoštevanje reliefne razgibanosti površja. Lokalna meteorologija je odvisna tudi od reliefne raznolikosti v okolju, saj le-ta vpliva predvsem na gibanje zračnih mas. V primeru ugodnih meteoroloških razmer lahko emisije potujejo na dolge razdalje in tako vplivajo na večje območje.



Slika 1: Elementi, ki vplivajo na kakovost zunanjega zraka v urbanem okolju.

2.2 OPIS POSAMEZNEGA ONESNAŽEVALA IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE IN BIODIVERZITETO

Kratkotrajna in dolgotrajna izpostavljenost visokim koncentracijam onesnaževal ima velik vpliv na obolevnost prebivalstva zaradi bolezni dihal in posledično tudi kardiovaskularnih obolenj. Poleg tega pa ima velik vpliv na ekonomski vidik saj zmanjšuje življenjsko dobo prebivalstva, povečuje stroške zdravljenja in zmanjšuje produktivnost v gospodarstvu zaradi izostanka delavcev. Onesnaževala, ki imajo največji vpliv na zdravje ljudi so SO₂, NO₂, PM₁₀ in O₃. Pred izpostavljenostjo visokim koncentracijam onesnažil je potrebno še posebno zaščititi otroke, starejše, nosečnice, ljudi, ki se veliko zadržujejo zunaj ter bolnike dihal in srčnih bolezni. Onesnaženje pa ima negativni vpliv tudi na biodiverzitetu, torej na vegetacijo in ekosistem v okolju, kar vodi v različne pomembne okoljske vplive ter na kvaliteto vode, tal in na ekosistemske storitve. Zaradi tega moramo biti pozorni na naslednja onesnaževala: SO₂, O₃, NH₃ in NO_x. Spodnja tabela prikazuje posamezna onesnaževala, ki so obravnavana v tem poročilu in njihov izvor ter vpliv na zdravje ljudi in biodiverzitetu.

ONESNAŽEVALO IN VIRI	VPLIV NA ZDRAVJE IN BIODIVERZITETO
<p>Žveplov dioksid (SO₂) Je brezbarven plin z ostrim vonjem. Nastaja pri izgorevanju fosilnih goriv, ki vsebujejo sledi žveplovih spojin. Največji problem je spreminjanje žveplovega dioksida (SO₂) v žveplovo kislino (H₂SO₄) v ozračju, ki se nato nalaga kot kisel dež, sneg ali v obliki posušenih kislih delcev.</p>	<p>Draženje povzroča zoženje dihalnih poti. Kratkoročno izpostavljanje povzroči težave astmatikom in občutljivim ljudem predvsem v bližini industrije, ki je brez ustreznega čiščenja. Otroci v krajih z onesnaženim zrakom pogosteje zbolevajo za kašljem, bronhitisom in infekcijami globlje v dihalih.</p> <p>Visoke koncentracije SO₂ imajo škodljiv vpliv na rastline, saj prispeva k zakisanju kopenskih in vodnih ekosistemov in vodi do izgube biotske raznovrstnosti.</p>
<p>Dušikov oksid (NO_x) zajema mešanico dušikovega oksida (NO) in dušikovega dioksida (NO₂). NO_x spadajo v skupino anorganskih plinov, ki nastanejo iz reakcije kisika in dušika v zraku. Glavni viri so proizvodnja električne energije, izgorevanja v industrijskih procesih in transport.</p>	<p>Kratkotrajna izpostavljenost lahko povzroči vnetje dihalnih poti, povečanje alergijskih reakcij ter večjo stopnjo obolevnosti.</p> <p>Dviguje koncentracijo nitratov v prsti in tekočih vodah (eutrofikacija). Prispeva k zakisanju kopenskih in vodnih ekosistemov ter vodi do izgube biotske raznovrstnosti. Sodeluje tudi pri nastajanju ozona (O₃).</p>
<p>Policiklični aromatski ogljikovodik (PAH) so ogljikovodiki - organske spojine, ki vsebujejo samo ogljik in vodik - sestavljeni so iz večih aromatičnih obročev (organski obroči, v katerih se elektroni delokalizirajo).</p>	
<p>1. Benzen (C₆H₆) je pri sobni temperaturi hlapna organska spojina brez barve, ki se nahaja v naftnih derivatih. Pomemben vir pa je tudi petrokemična industrija in različni procesi izgorevanja.</p>	<p>Benzen je rakotvorna snov in sodi v prvo skupino rakotvornih snovi po klasifikaciji Mednarodne Agencije za Raziskavo Rakotvornih Snovi.</p>
<p>2. Toluen (C₆H₆CH₃) je derivat benzena. Je bistra, v vodi netopna tekočina z značilnim aromatskim vonjem ter se uporablja v industriji za sintezo drugih spojin.</p>	<p>Ima akutne in kronične učinke na centralni živčni sistem. Povzroči lahko tudi počasnejši razvoj človeškega telesa in ima vplive na razmnoževanje.</p> <p>Spada v skupino onesnaževal, ki povzročajo nastanek smoga.</p>

<p>3. Meta & Para ksilen; Orto ksilen Ksilen ima tri izomere dimetilbenzena. Izomere razlikujemo z označb orto, meta in para, ki določajo, na kateri C-atom (benzenovega obroča) je vezan. Uporablja se v kemični industriji kot topilo, predvsem pri proizvodnji plastenk in poliestra oblačil.</p>	<p>Krajša izpostavljenost ksilenu povzroča draženje kože, oči, nosu in grla. V zadostnih količinah ima vpliv na centralni živčni sistem. Dolgotrajna izpostavljenost pa ima vpliv na živčni sistem.</p>
<p>4. Etilbenzen Glavni vir je naftna industrija in uporaba nafte. Je zelo volutaična spojina in se jo v večini pričakuje v zraku.</p>	<p>Meja toksičnosti etilbenzena je zelo nizka. V človeku se nalaga v maščobi in se izloča z urinom.</p>
<p>Delci PM₁₀ So sestavljeni iz različnih organskih in anorganskih snovi, pretežno pa iz žvepla, nitrata, amonijaka, črnega ogljika, mineralov in vode. Lahko so primarnega ali sekundarnega izvora (tvorijo se pri kemijski reakciji drugih škodljivih snovi v zraku, kot SO₂ ali NO₂). Glavni vir je izgorevanje pri transportu, kuriščih in industriji. Naravni viri vključujejo prah, ki ga prenaša veter, morska sol, cvetni prah in talni delci.</p>	<p>PM₁₀ delci prizadenejo največ ljudi v primerjavi z drugimi onesnaževali. Zaradi njihove velikosti lahko penetrirajo globoko v pljuča. Povečujejo umrljivost in obolevnost za boleznimi dihal in kardiovaskularnih bolezni. Črni ogljik, ki je najmanjši del prašnih delcev, vpliva na spremembo podnebja. Sekundarni PM vsebujejo sulfat, nitrat in amonij, tvorjen iz SO₂, NO_x in NH₃, ki so glavni nosilci zakisljevanja in evtrofikacije.</p>

2.3 ZAKONODAJA

Ocenjevanje kakovosti zraka je treba izvajati kljub dobremu nadzoru vnosa snovi v zrak pri viru. Če je bilo včasih ocenjevanje kakovosti zraka osredotočeno predvsem na področje ob velikih onesnaževalcih zraka. Se dane pojavlja potreba po nadzoru tudi na drugih področjih. Obstaja namreč vrsta nenadziranih manjših izpustov snovi v zrak, kot so avtomobilski izpuhi, manjša kurišča, kurjenje na prostem ter tudi manjši industrijske naprave, ki so nadzirane zgolj občasno ali trajno in lahko v kombinaciji z neugodnimi meteorološkimi razmerami negativno vplivajo na kakovost zraka.

Monitoring kakovosti zunanega zraka pomeni spremljanje in nadzorovanje stanja onesnaženosti zraka s sistematičnimi meritvami ali drugimi metodami in z njimi povezanimi postopki. Način spremljanja in nadzorovanja je predpisan v podzakonskih aktih – uredbah in pravilniku: *Uredbi o kakovosti zunanega zraka (Ur. l. RS št. 9/11 in 8/15)* in *Pravilniku o ocenjevanju kakovosti zunanega zraka (Ur. l. RS, št. 55/11 s spremembami)*. Ti predpisi so bili sprejeti na podlagi *Zakona o varstvu okolja (ZVO, Ur. l. RS, št. 32/93; ZVO-1, Ur. l. RS, št. 41/2004 s spremembami)*. V letu 2007 je bila sprejeta tudi *Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur. l. RS 31/07 s spremembami)*, ki povzročiteljem obremenitve zunanega zraka med drugim predpisuje zahteve v zvezi z ocenjevanjem kakovosti zraka na območju vrednotenja obremenitve zunanega zraka.

Za doseganje skladnosti z mejnimi vrednostmi za delce PM₁₀ je Vlada Republike Slovenije v sodelovanju z lokalnimi skupnostmi pripravila Načrte za kakovost zunanega zraka za mestne občine Celje, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto ter zasavske občine: Hrastnik, Trbovlje in Zagorje ob Savi. Na območju mestne občine Ljubljana je Vlada Republike Slovenije v dogovoru z lokalno skupnostjo pripravila *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Ljubljana (Ur. l. RS, št. 77/17)*. Načrti so usmerjeni v ukrepe na področju spodbujanja učinkovite rabe energije in obnovljivih virov, na izpuste cestnega motornega prometa, na druge ukrepe ter na kratkoročne ukrepe.

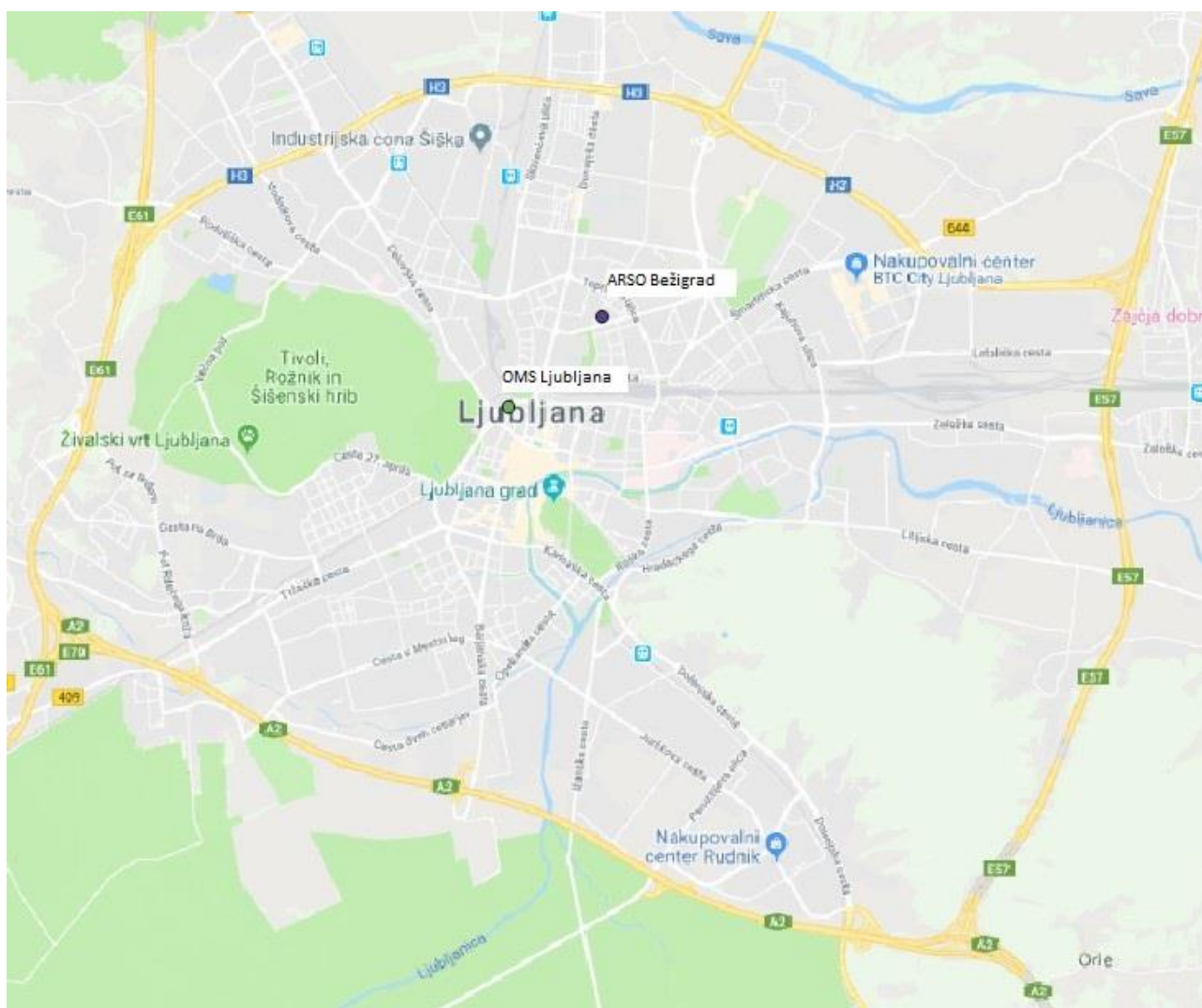
2.4 PODATKI O AVTOMATSKI MERILNI POSTAJI

Na AMP Tivolska – Vošnjakova se poleg meritev kakovosti zraka izvajajo tudi meritve meteoroloških parametrov. Analizatorji kakovosti zunanjega zraka so nameščeni v kontejnerju, ki je opremljen s klimatsko napravo in komunikacijsko opremo. Zaradi zahteve po ugotavljanju skladnosti smo v AMP Tivolska – Vošnjakova v času upravljanja imeli nameščen sistem za zajem podatkov, ki zagotavlja ustrezen nadzor nad izmerjenimi vrednostmi in pogoje za skladnost delovanja opreme, kakor to zahteva standard EN ISO/IEC 17025.

2.4.1 Meritve kakovosti zunanjega zraka

Z avtomatsko merilno postajo, katere last je Mestna občina Ljubljana, upravlja osebje Elektroinštituta Milan Vidmar Ljubljana (EIMV). EIMV predpisuje postopke izvajanja meritev in QA/QC, izdeluje končno obdelavo rezultatov meritev in potrdi njihovo veljavnost. Tip Merilne postaje je prometen, lociran v mestu, ki ima značilnosti stanovanjskih in poslovnih objektov. Relief v bližini merilnega mesta je ravninski. Koordinate merilne postaje so prikazane v spodnji tabeli.

Merilna postaja	Nadmorska višina	GKKY	GKKX
AMP Tivolska - Vošnjakova	299 m	461919	101581



Slika 2: Lokacija AMP Tivolska - Vošnjakova (Vir: Google Earth)

Podatki o analizatorjih plinastih onesnaževal, na dan 6.02.2019

	Analizator NO ₂ /NO _x	Analizator SO ₂	Analizator BTX
Proizvajalec:	Thermo Fisher Scientific	Thermo Fisher Scientific	Synspec b.v.
Model:	Thermo 42i	Thermo 43i	GC 955
Merilna metoda:	EN 14211	EN 14212	Plinska kromatografija
Specificirana točnost:	1 ppb	1 ppb	< 3% ali 1 ppb
Serijska številka:	CM08130057	CM08130056	156028 - MOL

Podatki o merilnikih delcev PM₁₀, na dan 6.02.2019

	Referenčni gravimetrični merilnik PM ₁₀	Gravimetrični ferkvenčni merilnik PM ₁₀
Proizvajalec:	Schwebstaubsammel technik	Palas
Model:	Leckel, SEQ47/50	Fidas 200
Merilna metoda:	EN 12341	Spektrometrija
Specificirana točnost:	1 ppb	–
Serijska številka:	13/0063	MOL PALAS 9383

V monitoringu kakovosti zunanjega zraka je uporabljena merilna oprema, ki je skladna z referenčnimi merilnimi metodami. Meritve kakovosti zraka se opravljajo po naslednjih standardnih preskusnih metodah:

- SIST EN 14212:2012: Standardna metoda za določanje koncentracije žveplovega dioksida z ultravijolično fluorescenco.
- SIST EN 14211:2012: Standardna metoda za določanje koncentracije dušikovega dioksida in dušikovega oksida s kemiluminiscenco,
- SIST EN 12341:2014: Določevanje frakcije PM₁₀ lebdečih trdnih delcev; Referenčna metoda in terenski preskusni postopek za potrditev ustreznosti merilnih metod,
- SIST EN 14662-3:2016 – Kakovost zunanjega zraka – Standardna metoda za določanje koncentracije benzena – 3. del: Avtomatsko vzorčenje s prečrpavanjem in določanje s plinsko kromatografijo na kraju samem (in situ).

Nabor merjenih parametrov kakovosti zunanjega zraka v avtomatski merilni postaji:

Naziv postaje	Parametri kakovosti zraka								
	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	Benzen	Toluen	M&P ksilen	Étilbenzen	O-ksilen
AMP Tivolska – Vošnjakova	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Ustreznost meritev kakovosti zunanjega zraka se potrjuje s sprotnim nadzorom stanja merilne opreme in uporabnostjo merilnih rezultatov. Zagotavljanje kakovosti rezultatov je skladno s prilogo 1 *Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 55/11 s spremembami)*.

2.4.2 Meteorologija in hrup

Lokalna meteorologija in reliefna razgibanost površja sta tesno povezani s koncentracijo emisij v zunanjem zraku, zato je za celovit vpogled na stanje kakovosti zunanjega zraka v okolju nujno spremljanje meteoroloških parametrov. Izvajajo se meritve smeri in hitrosti vetra, temperature zraka in relativne vlage. Prav tako se na lokaciji Tivolska-vošnjakova izvajajo meritve hrupa. Ustreznost meritev kakovosti zunanjega zraka se potrjuje s sprotnim nadzorom stanja merilne opreme in uporabnostjo merilnih rezultatov. Zagotavljanje kakovosti rezultatov je skladno z *Zakonom o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi (ZDMHS) (Ur.l. RS, št. 60/17)*.

Meritve meteoroloških parametrov se izvajajo po naslednjih merilnih principih:

- Merjenje smeri in hitrosti vetra je izvedeno z ultrazvočnim anemometrom. Merilnik meri vrednosti trodimenzionalnega vektorja hitrosti vetra. Vektor se določa na podlagi meritve časa preleta zvoka na treh ustrezno postavljenih poteh. Sistem na ta način združuje meritve hitrosti in smeri vetra brez mehansko vrtljivih senzorjev.
- Merjenje temperature zraka je izvedeno z aspiriranim dajalnikom temperature s termolinearnim termistorskim vezjem.
- Merjenje relativne vlažnosti zraka je izvedeno s kapacitivnim dajalnikom, ki s pomočjo elektronskega vezja linearizira in ojača spremembe vlage v zraku ter jih pretvori v ustrezen analogen električni izhodni signal.

Področje varstva pred hrupom v okolju urejata *Uredba o ocenjevanju in urejanju hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 121/04)* in *Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 105/05 s spremembami)*. Meritve hrupa se izvajajo z merilnikom Type 4435 s serijsko številko 116582, ki je last MO Ljubljana.

2.4.3 Nadzor skladnosti meritev

Za veljavnost izmerjenih vrednosti je nujno potreben nadzor delovanja merilnega sistema in skladnost le tega z zahtevami standardov ter evropskimi direktivami na področju kakovosti zraka.

Za učinkovito zagotavljanje nadzora nad delovanjem merilnika in kakovostjo rezultatov (QA/QC) so pomembni 4 nivoji, ki vodijo od izbire merilne opreme do analize končnih rezultatov (slika 3). Zaradi možnosti kasnejše medsebojne primerjave merilnih rezultatov se zahteva, da uporabljena merilna oprema in vzpostavljen sistem, nista unikatna ampak delujeta po sprejetih dogovorjenih principih. To določata prva dva nivoja skladnosti, ki sta zahtevana tudi s predpisi. Nivoja skladnosti 3. in 4. se osredotočata na izvajanje in zagotavljanje skladnosti meritev. Tako podatki, ki uspešno prestanejo 3. nivo nadzora skladnosti predstavljajo izmerjene vrednosti. Te se sproti objavljajo na spletnih straneh in imajo status informativnih podatkov. Vzporedno s 3. nivojem poteka 4. nivo oziroma validacija izmerjenih vrednosti. Podatki, ki uspešno prestanejo ta nivo skladnosti so merilni rezultati, ki se jih objavi skladno z zahtevami standarda ISO/IEC 17025.

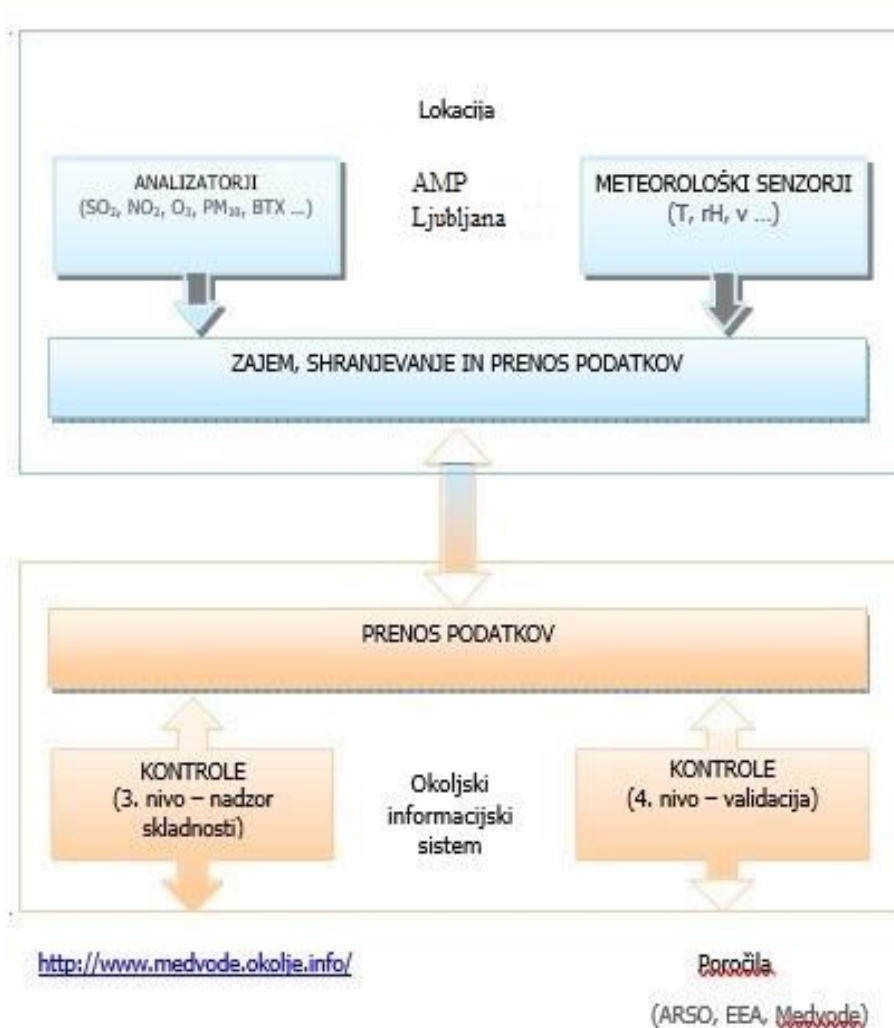
Nadzor skladnosti meritev je zasnovan 4 nivojsko:

1. nivo: izbira analizatorjev, ki ustrezajo zahtevam referenčnih metod za merjenje koncentracij onesnažil v zunanjem zraku,
2. nivo: izbira lokacije AMP, ustreznost sistema vzorčenja, sistema za zajem podatkov, pogojev okolja, program rednih pregledov in vzdrževanja,
3. nivo: nadzor skladnosti delovanja merilne opreme, linearnosti, negotovosti meritev, izpolnjevanja zahtev glede razpoložljivosti meritev
4. nivo: validacija izmerjenih vrednosti, ocena merilne negotovosti, statistična analiza izmerjenih vrednosti, nadzor odstopanja od predpisanih mej.

Po zaključenem 4 stopenjskem procesu se stanje o kakovosti v zunanjem zraku na določeni lokaciji, ki odraža učinkovitost sistema QA/QC, opiše v poročilu za določeno časovno obdobje.

Izmerjene vrednosti so ustrezne kakovosti v primeru, da izpolnjuje spodnje predpostavke:

- so skladne s priložo 1 *Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Uradni list RS, št. 55/11, 6/15 in 5/17)* in je zagotovljena 90% razpoložljivost za merilnike SO₂, NO/NO_x in trdnih delcev PM₁₀,
- je zagotovljena stabilnost ničelne in referenčne točke za merilnike SO₂, NO/NO_x,
- se redno izvajajo dvotočkovno umirjanje (na 3-mesece)
- se 1-krat letno opravi test linearnosti.



Slika 3: Shema zajema, nadzora in validacije izmerjenih parametrov kakovosti zunanjega zraka v okoljskem informacijskem sistemu



3. REZULTATI MERITEV

Meritve onesnaženosti zraka in meteoroloških parametrov so bile opravljene z merilnim sistemom monitoringa kakovosti zunanjega zraka Mestne občine Ljubljana na lokaciji avtomatske merilne postaje Tivolska - Vošnjakova. Merilna postaja je v upravljanju EIMV. Zagotavljanje skladnosti meritev se potrjuje s sprotnim nadzorom stanja merilne opreme in uporabnostjo merilnih rezultatov. Izpolnjevanje zahtev standardov SIST EN 14212:2012, SIST EN 14212:2012/AC:2014, SIST EN 14211:2012, SIST EN 12341:20A4 in SIST EN 14662-3:2016 je zagotovljeno z vključitvijo AMP Tivolska Vošnjakova v sistem kakovosti OOK Elektroinštituta Milan Vidmar. Z vključitvijo v sistem kakovosti je OOK Elektroinštituta Milan Vidmar vzpostavil sistem nadzora skladnosti meritev in nadzora delovanja opreme, v okviru nadzora skladnosti meritev 3. in 4. nivoja. Pri tem so bile uporabljene metode za oceno koncentracij v zraku, katerih negotovost bo ocenjena skladno z načeli mednarodno uveljavljenih standardov.

3.1 VZDRŽEVALNI IN TESTNI POSEGI

Na merilnem mestu Tivolska Vošnjakova se poleg rednih testiranj merilnikov izvajajo tudi dodatni vzdrževalni posegi, ki so za leto 2018 prikazani v spodnji tabeli.

Datum	Naziv	Komentar
26.02.2018	Vklop radiatorjev - gretje	Zaradi nizkih zunanjih temperatur je bilo potrebno dovod toplote povečati, termostatska glava se je prestavila na pozicijo 2.
3.04.2018	Radiator	Izklop radiatorjev iz napajanja.
3.04.2018	Menjava jeklenke	Zamenjava nadomestne jeklenke N2 za merilnik BTX.
6.05.2018	Ostalo	Ob 2:35 ponoči se je vklopil alarm, vendar je s postajo vse v redu. O dogodku je podjetje Valina podalo poročilo.
11.05.2018	Ostalo	Ob 13:43 se je vklopil alarm, vendar je s postajo vse v redu. O dogodku je podjetje Valina podalo poročilo.
13.05.2018	Ostalo	Ob 10:06 se je vklopil alarm, vendar je s postajo vse v redu. O dogodku je podjetje Valina podalo poročilo.
23.05.2018	Ostalo	Na postaji se je iz strani podjetja Artes montiral nov merilnik prašnih delcev Palas.
05.06.2018	Ostalo	Iz sistema se je izločil merilnik za TEOM
06.06.2018	Ostalo	Merilnik OPSIS, ki je last MOL je bil na daljšem hranjenju na EIMV, zato ga je g. Piltaver prevzel. Narejen je bil tudi zapisnik o prevzemu merilne opreme.
04.07.2018	Čiščenje postaje	Opravilo se je čiščenje grafitov iz merilne postaje.
16.08.2018	Čiščenje postaje	Opravilo se je temeljito čiščenje notranjosti postaje.
22.08.2018	Predstavitev meritev v javnosti	Izvedlo se je snemanje oddaje Ugriznimo v znanost.
20.09.2018	Ostalo	Podjetje AEROSOL je izvedlo kalibracijo svojega merilnika črnega ogljika.
21.09.2018	Predstavitev meritev v javnosti	Prevzem materiala za dan odprtih vrat.
22.09.2018	Predstavitev meritev v javnosti	Dan odprtih vrat v okviru tedna mobilnosti in izjava za RTV.
09.11.2018	Radiator	Menjava vtikača na stenskem radiatorju
09.11.2018	Čiščenje postaje	Opravilo se je čiščenje postaje.
20.11.2018	Ostalo	Podjetje AEROSOL je izvedlo demontažo svojega merilnika črnega ogljika.
18.12.2018	Radiator	Vklop stenskega radiatorja.

Za pravilno delovanje merilnikov se morajo izvajati redni testni posegi. V spodnji tabeli so prikazani vsi posegi, ki so bili narejeni na merilnikih v letu 2018. Pri vsakem večjem posegu, kot je naravnavanje, test linearnosti in večji servisni posegi v laboratoriju na EIMV-ju ali pri pooblaščenem serviserju je poleg zapisa v sistem narejeno tudi poročilo, ki je dostopno in hranjeno v ustanovi EIMV.

ID	Naziv	Inventarna številka	Posegi
13_0063	Leckel SEQ47/50	13/0063	09.11.2018 - Vzdrževanje kasete za prazne filme 3.10.2018 se je izmerila debelina lamel na črpalki, ki so se dne 9.11.2018 tudi zamenjale. Vsakih 14 dni – menjal se je filter vzorcev na merilniku ter se je sprotno čistila tudi merilna glava merilnika.
Fidas 200	Palas Fidas 200	MOL PALAS 9383	23.05.2018 – Montaža merilnika iz strani ARTES-a. 24.05.2018 – Vzpostavitev komunikacije z merilnikom Palas COM6, 9600. 4.09.2018 – Kalibracija 6.09.2018 – Servisni poseg 11.02.2018 - Na osnovi primerjalnih meritev z Lecklom za obdobje november 2018 - janura 2019 določen nov faktor za PM10: $x=0,878y+7,877$. Datoteka: Test for Equivalence_Leckel-Palas.xls.
CM08130057	Thermo 42i NO ₂ /NO _x *	CM08130057	15.02.2018 - Menjava silika gela in montaža začasnega tulca zaradi poškodbe. Potrebno naročiti nov tulec. Čiščenje celotnega merilnika (notranjost). Pri tem je bilo opaženo, da je prišlo do zamenjave kapilarnih cevk (notri sta dve, ki omogočata različni pretok). 18.10.2018 – Naravnavanje merilnika, izvedba testa učinkovitosti konverterja in linearnosti, nastavitve parametrov merilnika ter Novo nastavljeno merilno območje iz 20.000 na 1.000. 19.10.2018 - Montaža in ponovna vzpostavitev meritev po servisu. 9.11.2018 – Menjava filtra 12.11.2018 - Kontrola delovanja. Enote na merilniku so že bile nastavljene na ppb.
159699	Thermo 43i SO ₂	CM08130056	16.02.2018 - Menjava filtra 10.05.2018 - Parametri na merilniku so bili prestavljeni v ppb; faktor je dodan v bazi na EIMV. 18.05.2018 - Nastavitev ZERO, dvig za 0,9 ppb. 4.07.2018 - Nastavitev ZERO, dvig za 1 ppb. 6.08.2018 - Nastavitev ZERO, dvig za 0,8 ppb. 4.09.2018 - Menjava filtra, naravnavanje in nastavitve parametrov merilnika 9.11.2018 - Menjava filtra
6160	Merilnik BTX	6160	Merilnik je bil med 22.12.2017 in 03.04.2018 na servisnem posegu pri pooblaščenem serviserju v Nemčiji. Po montaži merilnika v merilno postajo se je merilnik redno spremljal in vzdrževal. 9.11.2018 Čiščenje zajemnega filtra.
116582	Merilnik Hrpa Type 4435	166582 - MOL	Brez posebnosti, merilnik je v letu 2018 dobro deloval.
6130	Računalnik	6130	Brez posebnosti, računalnik je v letu 2018 dobro deloval.
6140	AMES - Meta	6140	Brez posebnosti, AMES je v letu 2018 dobro deloval.
6849	Koncentrator	6849	Brez posebnosti, koncentrator je v letu 2018 dobro deloval.

*V obdobju med 2.8.2016 in 19.10.2018 je bil merilnik Thermo i42, ki je v lasti MOL na servisnem posegu, zato je bil ta merilnik zamenjan s merilnikom Teledyne 200E s inventarno številko 6645, ki je v lasti EIMV.

Merilnik NO₂/NO_x Thermo 42i s inventarno številko CM08130057 in je v lasti Mestne občine Ljubljana je bil dne 2.8.2016 zaradi večje okvare začasno odstranjen iz merilnega mesta. Meritve so se izvajale z nadomestnim merilnikom, Teledyne 200E s inventarno številko 6645, ki je v lasti EIMV. S tem se je zagotovilo nadaljnjo merjenje NO₂/NO_x. Merilnik je bil redno vzdrževan, na njem pa so se izvajale tudi redna umerjanja, drugi testi in servisi. Dne 7.6.2018 pa se opazilo nepravilno delovanje nameščenega merilnika, zato je bilo potrebno merilnik odstraniti. Meritve so se ponovno vzpostavile z dnem 19.10.2018, ko je bil na postajo nameščen merilnik Thermo i42, ki je v lasti Mestne občine Ljubljana. Predhodno je bil na merilniku opravljen večji servis, naravnavanje in kontrola delovanja.

3.2 PRIKAZ REZULTATOV MERITEV

V poročilu so za leto 2018 podani rezultati urnih in dnevni vrednosti za parametre SO₂, NO₂/NO_x, PM₁₀/PM_{2.5} in PAH ter statistična analiza v skladu s predpisano zakonodajo. Podani so tudi rezultati meritev meteoroloških parametrov in hrupa v letu 2018 na tej lokaciji. Vse leto je na lokaciji AMP Tivolska - Vošnjakova izmerjena največja obremenitev z delci PM₁₀. Izmerjene koncentracije SO₂ so relativno nizke. Prav tako nakazuje na relativno-nizke koncentracije tudi izmerjene vrednosti PAH in NO_x/NO₂, kljub temu da so vrednosti informativne narave. Večina izmerjenih koncentracij je najpogosteje prišla iz zahodne smeri.

Pregled preseženih vrednosti: SO₂ za leto 2018

		nad MVU	AV	nad MVD	podatkov
postaja	meritve od	urne v.	3 urne v.	dnevne v.	%
Tivolska - Vošnjakova	01.01.2018	0	0	0	100

Pregled preseženih vrednosti: NO₂ za leto 2018

		nad MVU	AV	nad MVD	podatkov
postaja	meritve od	urne v.	3 urne v.	dnevne v.	%
Tivolska - Vošnjakova	01.01.2018	0	0	-	78

Pregled preseženih vrednosti: delci PM₁₀ za leto 2018

		nad MVU	AV	nad MVD	podatkov
postaja	meritve od	urne v.	3 urne v.	dnevne v.	%
Tivolska - Vošnjakova	01.01.2018	-	-	51	99

Pregled srednjih koncentracij: SO₂ (µg/m³) za leto 2018 in pretekla leta

postaja	2016	2017	2018
Tivolska - Vošnjakova	2	2	1

Pregled srednjih koncentracij: NO₂ (µg/m³) za leto 2018 in pretekla leta

postaja	2016	2017	2018
Tivolska - Vošnjakova	32	50	41

Pregled srednjih koncentracij: NO_x (µg/m³) za leto 2018 in pretekla leta

postaja	2016	2017	2018
Tivolska - Vošnjakova	75	111	113

Pregled srednjih koncentracij: delci PM₁₀ (µg/m³) za leto 2018 in pretekla leta

postaja	2016	2017	2018
Tivolska - Vošnjakova	39	33	35

Pregled srednjih koncentracij: benzen (µg/m³) za leto 2018 in pretekla leta

postaja	2016	2017	2018
Tivolska - Vošnjakova	3	3	-

Pregled srednjih koncentracij: toluen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za leto 2018 in pretekla leta

postaja	2016	2017	2018
Tivolska - Vošnjakova	6	4	-

Pregled srednjih koncentracij: M & P ksilen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za leto 2018 in pretekla leta

postaja	2016	2017	2018
Tivolska - Vošnjakova	5	4	-

Pregled srednjih koncentracij: etilbenzen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za leto 2018 in pretekla leta

postaja	2016	2017	2018
Tivolska - Vošnjakova	1	0	-

Pregled srednjih koncentracij: O-ksilen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za leto 2018 in pretekla leta

postaja	2016	2017	2018
Tivolska - Vošnjakova	1	0	-

3.2.1 Pregled koncentracij v zraku: SO_2

V letu 2018 je izmerjeno 100% pravih rezultatov urnih koncentracij SO_2 v zraku, zato se rezultati obravnavajo kot uradni podatki meritev SO_2 monitoringa kakovosti zunanjega zraka MO Ljubljana. Urna mejna vrednost ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in dnevna mejna vrednost SO_2 ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nista bili preseženi. Maksimalna urna koncentracija SO_2 je znašala $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maksimalna dnevna koncentracija $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimalne urne koncentracije so se pojavile v aprilu, maju, avgustu in septembru. Srednja letna koncentracija je znašala $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vrednost indeksa kakovosti zraka (CAQI) za ta parameter je zelo nizek. Onesnaženje je prišlo v največji meri iz jugo-zahoda in severo-vzhoda. Največji deleži so iz smeri SW in NNE. Največji vri SO_2 v bližini so industrijski predeli Ljubljane in termoelektrarne. V Ljubljani se nahajajo na severo-vzhodnem delu glede na merilno mesto.

Mejne in alarmne vrednosti ter kritične vrednosti za varstvo rastlin za SO_2 :

časovni interval povprečenja	mejna vrednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	alarmna vrednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Priporočila po WHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1 ura	350 (ne sme biti presežena več kot 24-krat v koledarskem letu)	-	-
3-urni interval	-	500	-
10-minut	-	-	500
1 dan	125 (ne sme biti presežena več kot 3-krat v koledarskem letu)	-	20
časovni interval povprečenja	kritična vrednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	sprejemljivo preseganje ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
zimski čas od 1. oktobra do 31. marca	20	-	-
koledarsko leto	20	-	-

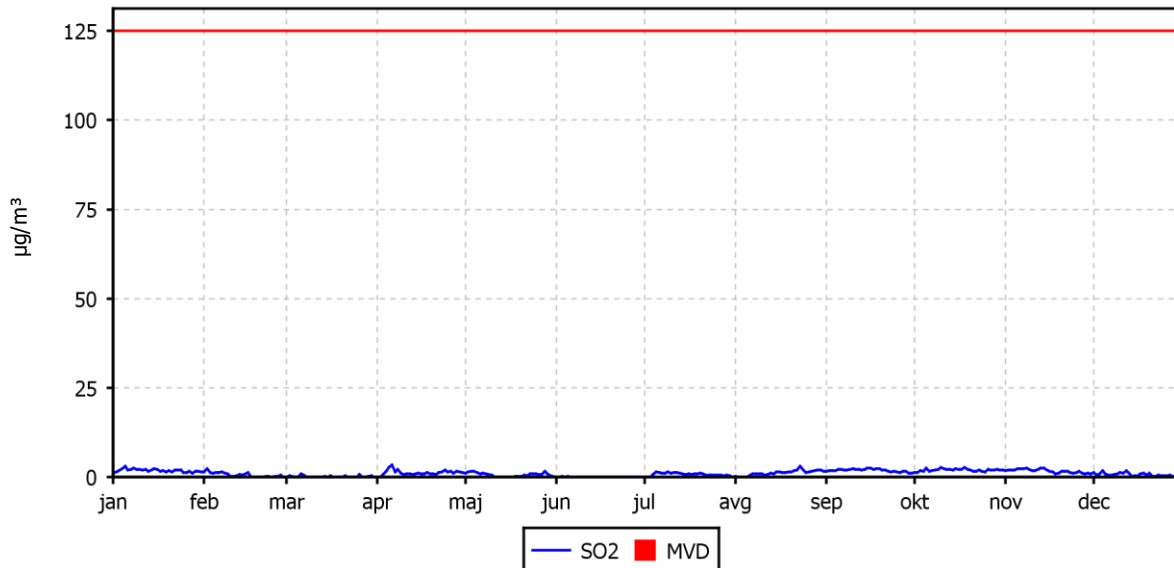
Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	8745	100%
Maksimalna urna koncentracija:	10 µg/m ³	23.08.2018 13:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	3 µg/m ³	06.04.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	0 µg/m ³	18.02.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	1 µg/m ³	
Srednja konc. v zimskem času (1.10.17 - 1.4.18):	1 µg/m ³	
Število primerov urne koncentracije		
- nad MVU 350 µg/m ³ :	0	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad MVD 125 µg/m ³ :	0	
- nad vrednostjo 75 µg/m ³ :	0	
- nad vrednostjo 50 µg/m ³ :	0	
Št. intervalov 3 zaporednih ur nad AV 500 µg/m ³ :	0	
Percentilna vrednost		
- 99.7 p.v. - urnih koncentracij:	4 µg/m ³	
- 99.2 p.v. - dnevnih koncentracij:	3 µg/m ³	

DNEVNE KONCENTRACIJE - SO₂

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

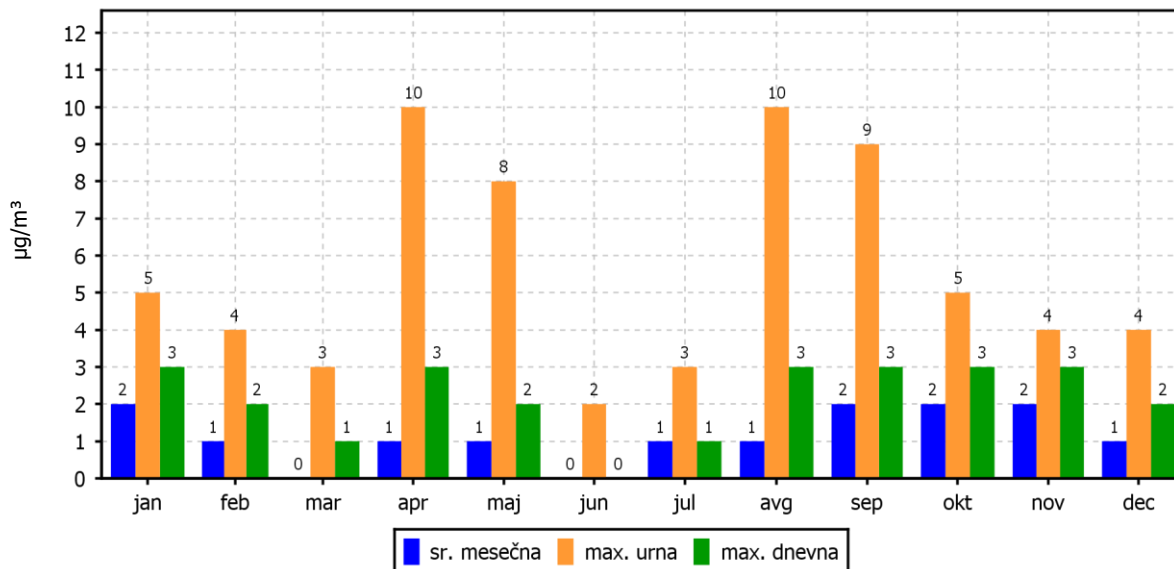
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - SO₂

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

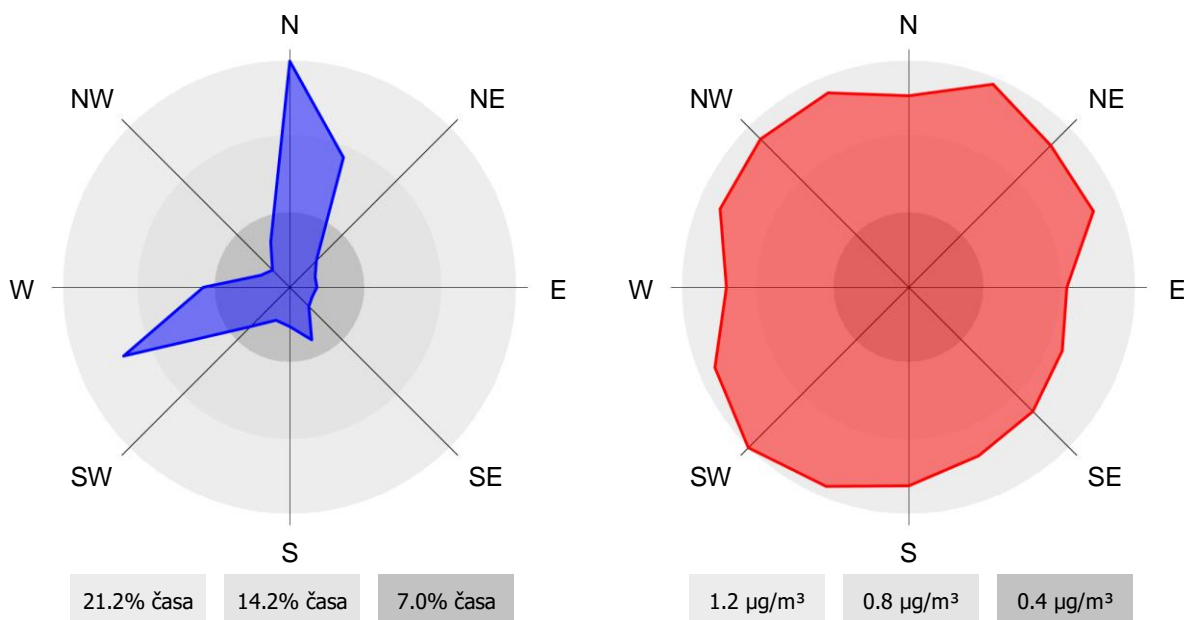
01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



3.2.2 Pregled koncentracij v zraku: NO₂

Koncentracije NO₂, ki so bile izmerjene v letu 2018 se upoštevajo kot informativne vrednosti, saj je bilo v poletnih mesecih nekaj težav z merilnikom.

Merilnik NO₂/NO_x Thermo 42i s inventarno številko CM08130057 in je v lasti Mestne občine Ljubljana je bil dne 2.8.2016 zaradi večje okvare začasno odstranjen iz merilnega mesta. Meritve so se izvajale z nadomestnim merilnikom, Teledyne 200E s inventarno številko 6645, ki je v lasti EIMV. S tem se je zagotovilo nadaljnjo merjenje NO₂/NO_x. Merilnik je bil redno vzdrževan, na njem pa so se izvajale tudi redna umerjanja, drugi testi in servisi. Dne 7.6.2018 pa se opazilo nepravilno delovanje nameščenega merilnika, zato je bilo potrebno merilnik odstraniti. Meritve so se ponovno vzpostavile z dnem 19.10.2018, ko je bil na postajo nameščen merilnik Thermo i42, ki je v lasti Mestne občine Ljubljana. Predhodno je bil na merilniku opravljen večji servis, naravnavanje in kontrola delovanja.

V merjenem obdobju urna mejna vrednost (200 µg/m³) ni bila presežena, prav tako ni bila presežena alarmna mejna vrednost (koncentracije 3-eh zaporednih ur nad 400 µg/m³) NO₂. Maksimalna urna koncentracija NO₂ je znašala 150 µg/m³, maksimalna dnevna koncentracija 105 µg/m³. Srednja letna koncentracija je znašala 48 µg/m³. Vrednost indeksa kakovosti zraka (CAQI) za ta parameter je srednji. Onesnaženje NO₂ je v največjem obsegu prišlo iz zahodnih smeri. Največji deleži so iz smeri W.

Mejne in alarmne vrednosti za dušikov dioksid ter kritična vrednost za varstvo rastlin za NO₂/NO_x:

časovni interval povprečenja	mejna vrednost (µg/m ³)	alarmna vrednost (µg/m ³)	Priporočila po WHO (µg/m ³)
1 ura	200 (velja za NO ₂) (ne sme biti presežena več kot 18-krat v koledarskem letu)	-	200 (velja za NO ₂)
3-urni interval	-	400 (velja za NO ₂)	-
koledarsko leto	40 (velja za NO ₂)	-	40 (velja za NO ₂)
časovni interval povprečenja	kritična vrednost (µg/m ³)	sprejemljivo preseganje (µg/m ³)	
koledarsko leto	30 (velja za NO _x)	-	-

Opomba: Od leta 2010, vključno z njim, za dušikov dioksid ni sprejemljivega preseganja

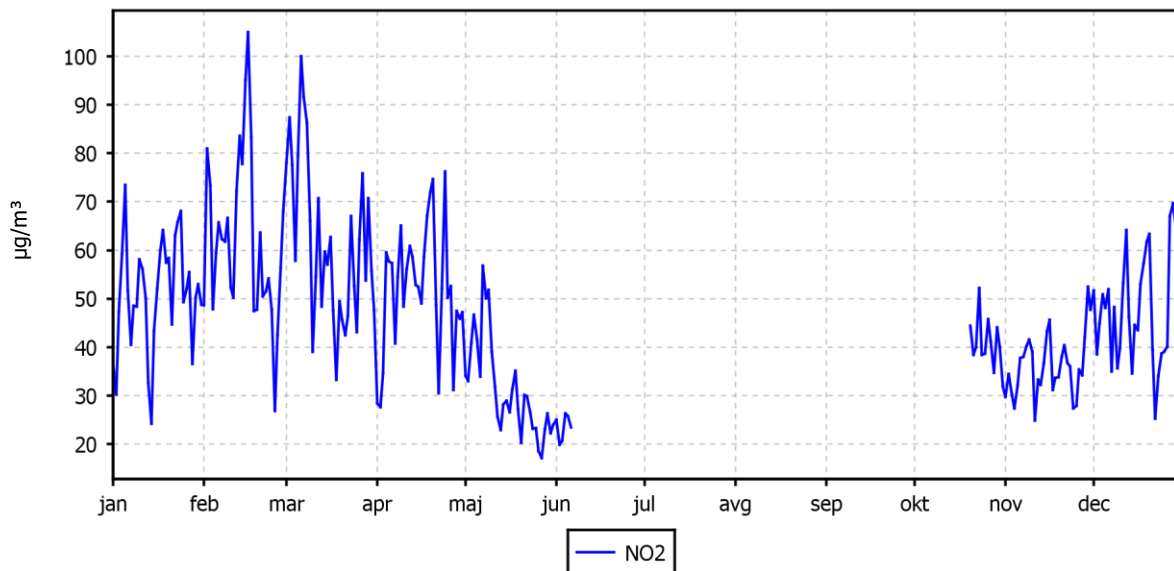
Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	5400	63%
Maksimalna urna koncentracija:	150 µg/m ³	15.02.2018 19:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	105 µg/m ³	16.02.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	17 µg/m ³	27.05.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	48* µg/m ³	
Število primerov urne koncentracije		
- nad MVU 200 µg/m ³ :	0	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad vrednostjo 100 µg/m ³ :	1	
- nad vrednostjo 140 µg/m ³ :	0	
Št. intervalov 3 zaporednih ur nad AV 400 µg/m ³ :	0	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	104 µg/m ³	
- 99.8 p.v. - dnevni koncentracij:	103 µg/m ³	
* Informativna vrednost, pod 75% podatkov.		

DNEVNE KONCENTRACIJE - NO₂

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

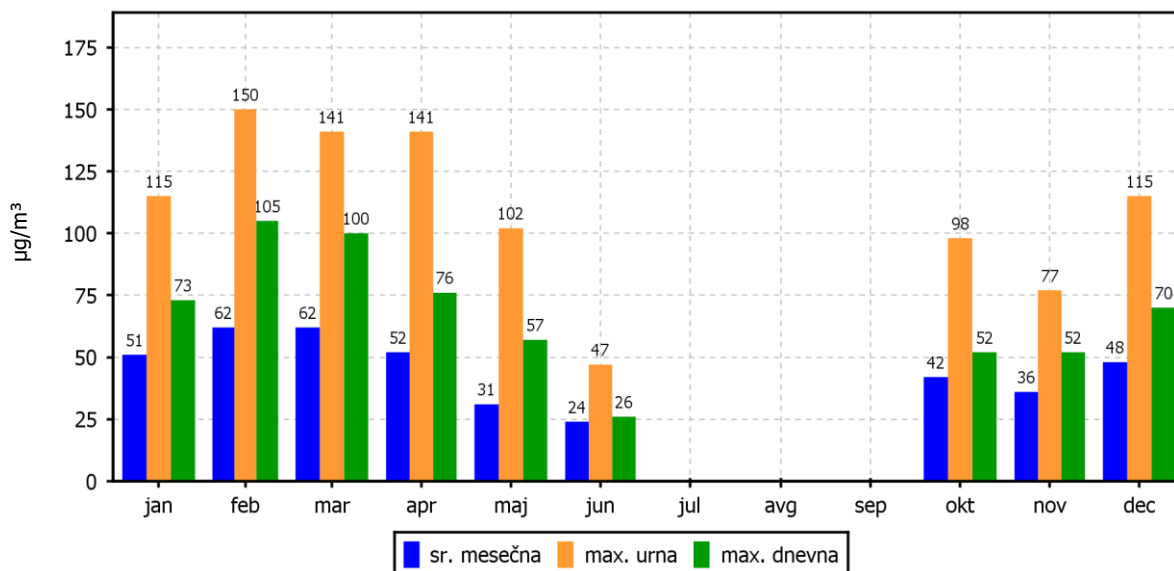
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - NO₂

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

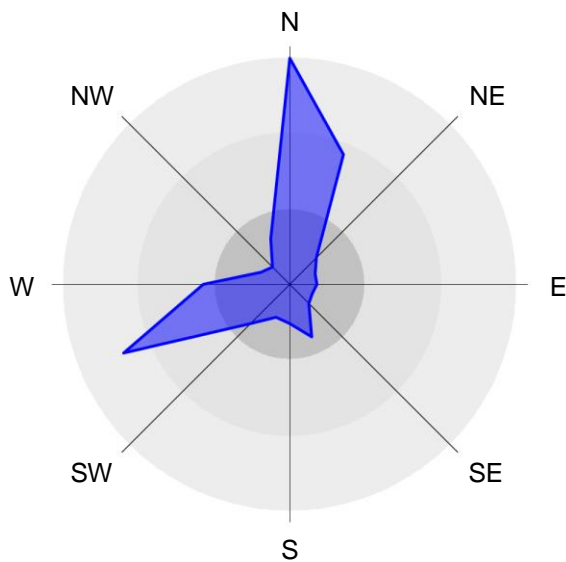
01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

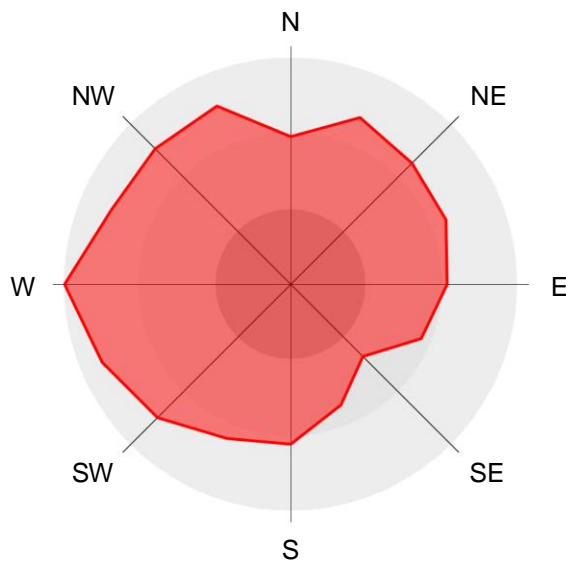
01.01.2018 do 01.01.2019



21.2% časa

14.2% časa

7.0% časa



53.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

35.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

17.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2.1.1 Pregled koncentracij v zraku: NO_x – Tivolska - Vošnjakova

Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	5400	63%
Maksimalna urna koncentracija:	680 µg/m ³	28.12.2018 18:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	418 µg/m ³	28.12.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	34 µg/m ³	11.11.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	128* µg/m ³	
Srednja konc. v zimskem času (1.10.17 - 1.4.18):	149 µg/m ³	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	415 µg/m ³	
- 99.8 p.v. - dnevnih koncentracij:	397 µg/m ³	

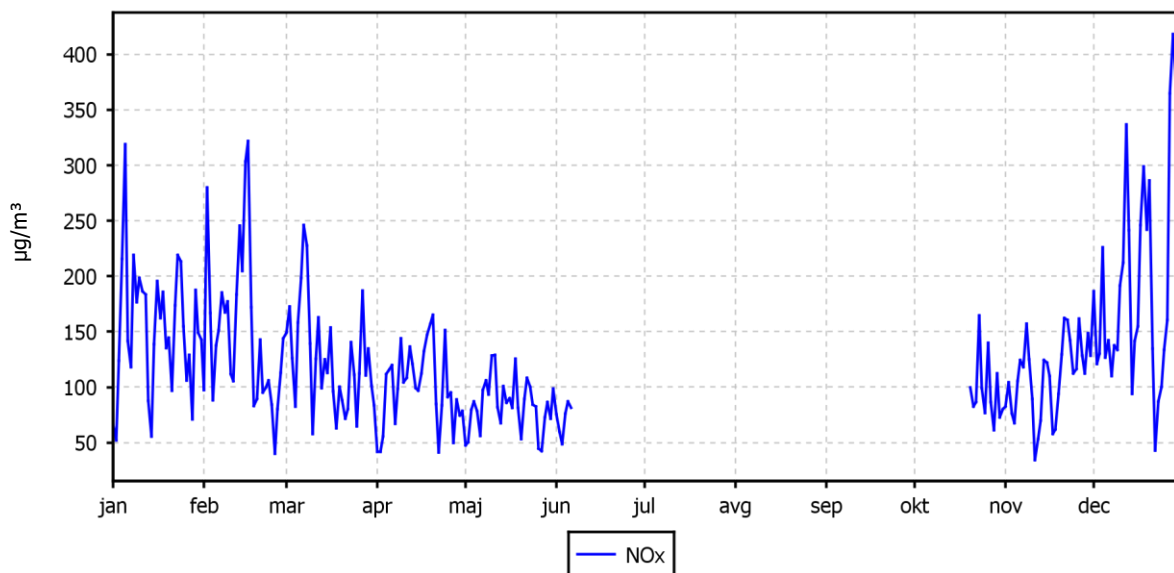
* Informativna vrednost, pod 75% podatkov.

Razredi porazdelitve	Čas. interval - URA		Čas. interval - DAN	
	št. primerov	delež - %	št. primerov	delež - %
0.0 do 20.0 µg/m ³	104	2	0	0
20.0 do 40.0 µg/m ³	542	10	1	0
40.0 do 60.0 µg/m ³	681	13	20	9
60.0 do 80.0 µg/m ³	706	13	23	10
80.0 do 100.0 µg/m ³	628	12	49	21
100.0 do 120.0 µg/m ³	516	10	32	14
120.0 do 140.0 µg/m ³	433	8	30	13
140.0 do 150.0 µg/m ³	179	3	15	7
150.0 do 160.0 µg/m ³	162	3	8	3
160.0 do 180.0 µg/m ³	287	5	15	7
180.0 do 200.0 µg/m ³	214	4	12	5
200.0 do 220.0 µg/m ³	194	4	7	3
220.0 do 240.0 µg/m ³	155	3	3	1
240.0 do 260.0 µg/m ³	114	2	5	2
260.0 do 280.0 µg/m ³	81	2	1	0
280.0 do 300.0 µg/m ³	69	1	2	1
300.0 do 400.0 µg/m ³	209	4	6	3
400.0 do 500.0 µg/m ³	94	2	1	0
500.0 do 600.0 µg/m ³	25	0	0	0
600.0 do 9999.0 µg/m ³	7	0	0	0
Skupaj	5400	100	230	100

DNEVNE KONCENTRACIJE - NO_x

OMS - MOL (Tivolska - Vošnjakova)

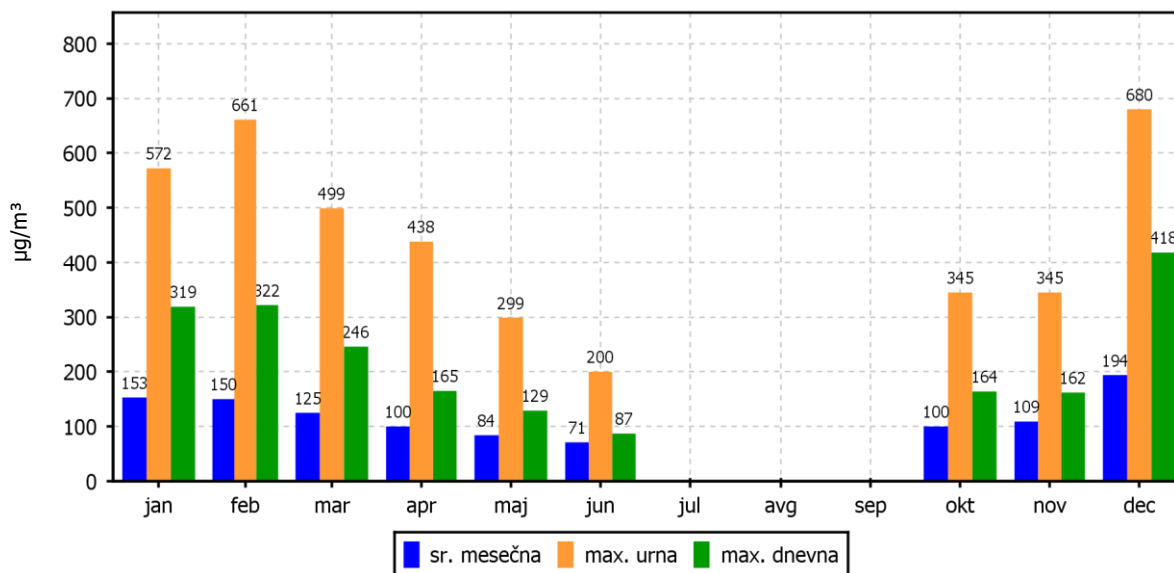
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - NO_x

OMS - MOL (Tivolska - Vošnjakova)

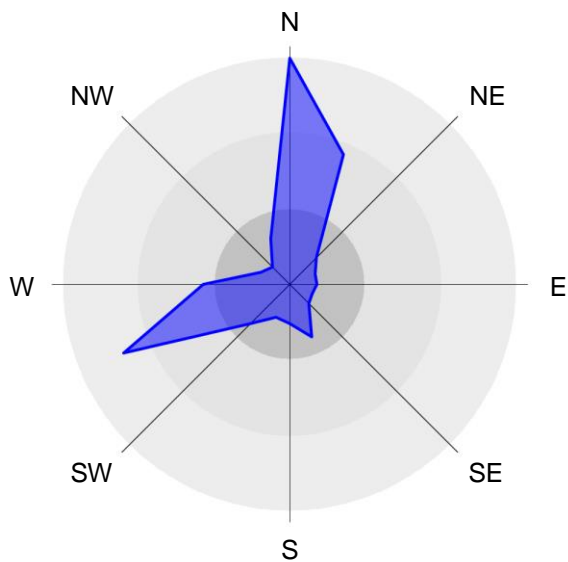
01.01.2018 do 01.01.2019



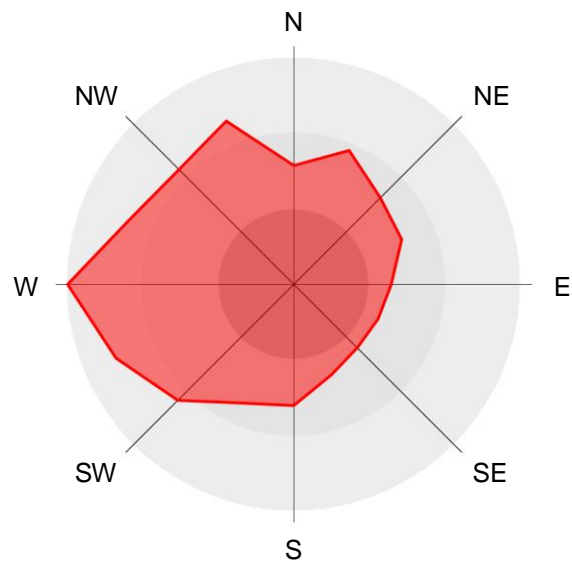
ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

OMS - MOL (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



21.2% časa	14.2% časa	7.0% časa
------------	------------	-----------



171.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	115.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	56.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

3.2.3 Pregled koncentracij v zraku: PAH

V prvi četrtini leta 2018 je bil merilnik BTX-ov oziroma PAH (policikličnih aromatskih ogljikovodiki) v laboratoriju na servisu, zaradi nepravilnega delovanja. Meritve so se vzpostavile s aprilom 2018, posledično pa se meritve obravnavajo kot informativne vrednosti.

- BENZEN

Letna mejna vrednost benzene ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ni bila presežena. Maksimalna urna koncentracija benzene je znašala $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in se je pojavila 4.5.2018, maksimalna dnevna koncentracija pa $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja koncentracija v merjenem obdobju pa je znašala $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Večje koncentracije so se pojavile bile v času od oktobra do decembra 2018. Onesnaženje benzene je v največjem obsegu prišlo iz zahodnih smeri, prav tako kot v letu 2017. Največji deleži so iz smeri W.

Mejne vrednosti za benzen :

časovni interval povprečenja	mejna vrednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Priporočila po WHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Koledarsko leto	5	Je karcinogen, zato ga WHO v ozračju odsvetuje

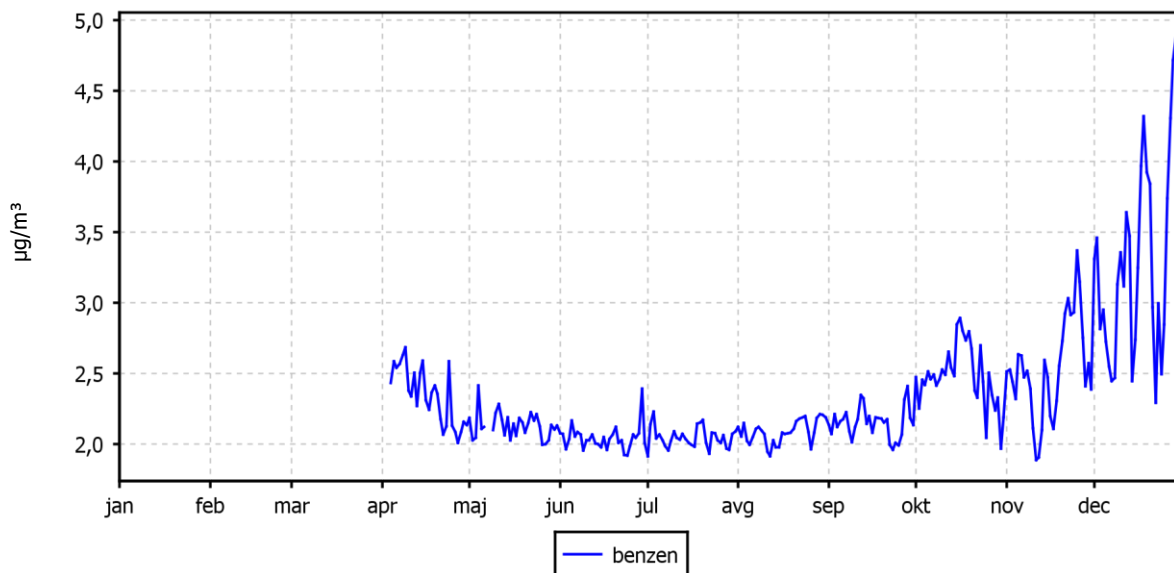
Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	6492	74%
Maksimalna urna koncentracija:	$7 \mu\text{g}/\text{m}^3$	04.05.2018 21:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	29.12.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	11.11.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	$2^* \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
* Informativna vrednost, pod 75% podatkov.		

DNEVNE KONCENTRACIJE - benzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

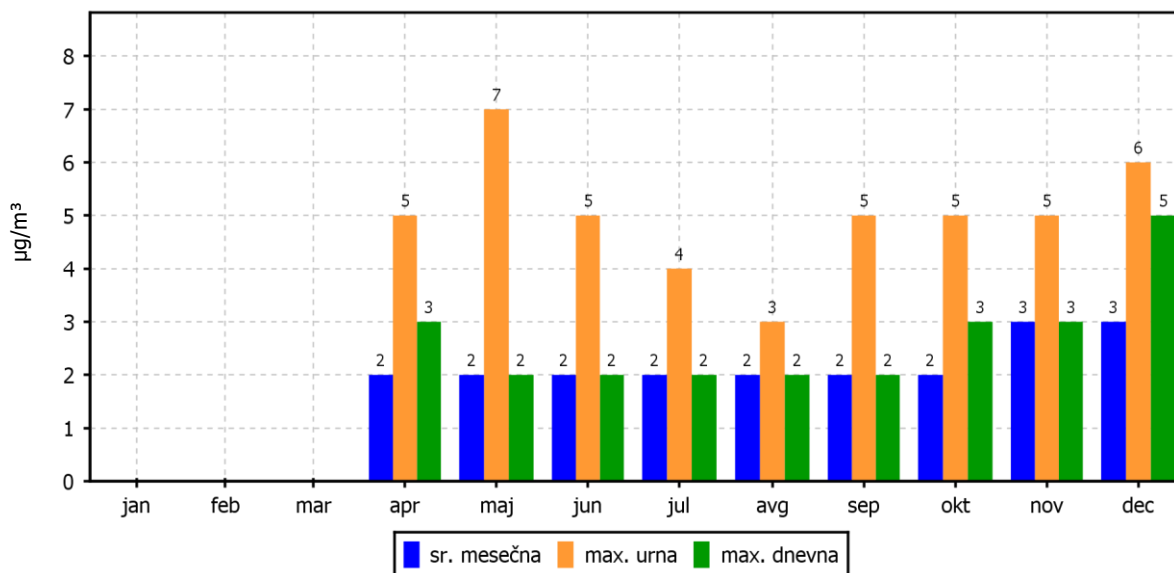
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - benzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

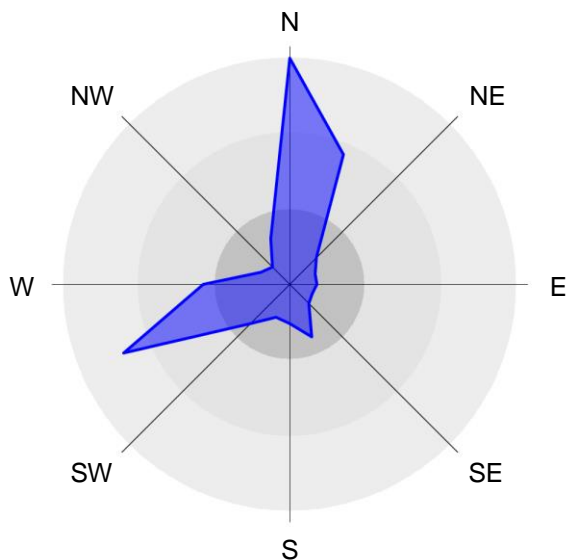
01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

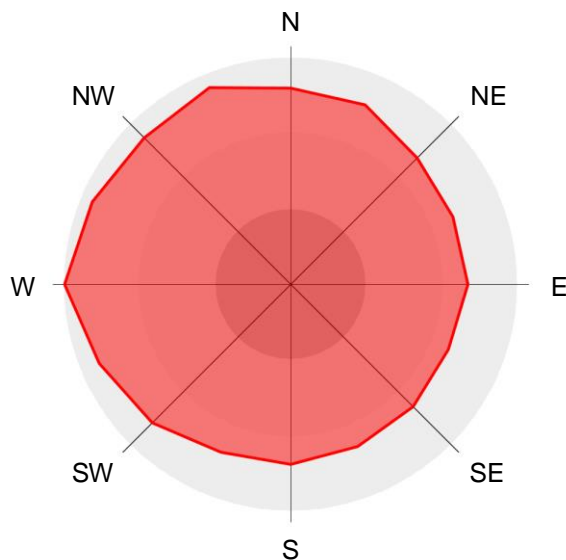
01.01.2018 do 01.01.2019



21.2% časa

14.2% časa

7.0% časa



2.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

• TOLUEN

Maksimalna urna koncentracija toluena je znašala 891 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dne 15.09.2018, istega dne je bila tudi maksimalna dnevna koncentracija, 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tako velika koncentracija je bila 1-kraten dogodek, ki je najverjetneje nastal zaradi uporabe močnih barvil v okolju. Srednja koncentracija v merjenem obdobju je posledično znašala 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Onesnaženje toluena je v največjem obsegu prišlo iz jugo-zahodnih smeri. Največji deleži so iz smeri WSW.

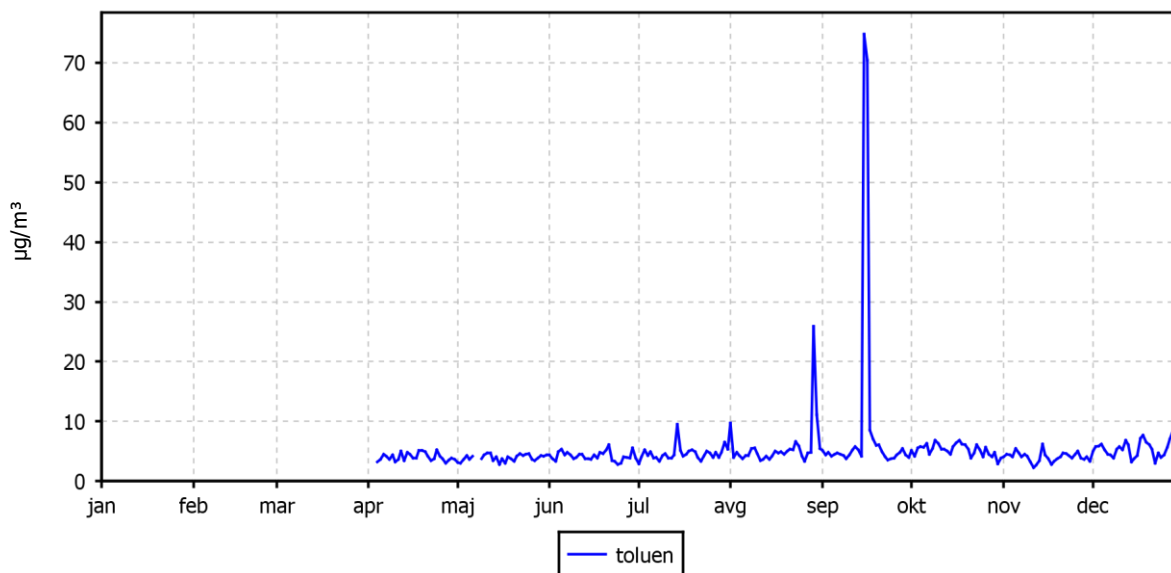
Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	6492	74%
Maksimalna urna koncentracija:	891 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15.09.2018 21:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15.09.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11.11.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	5* $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
* Informativna vrednost, pod 75% podatkov.		

DNEVNE KONCENTRACIJE - toluen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

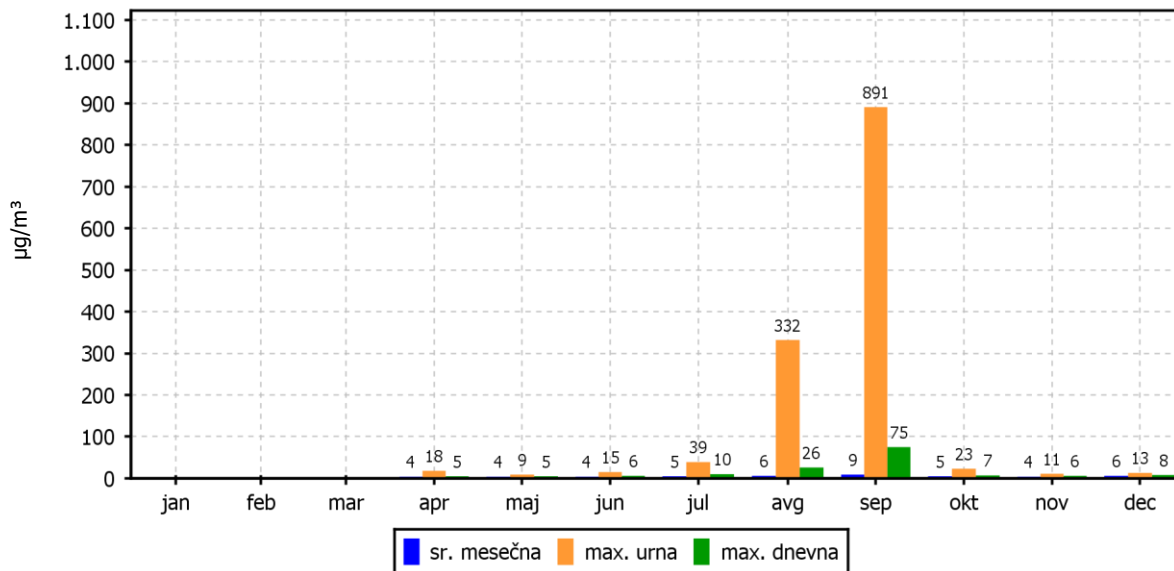
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - toluen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

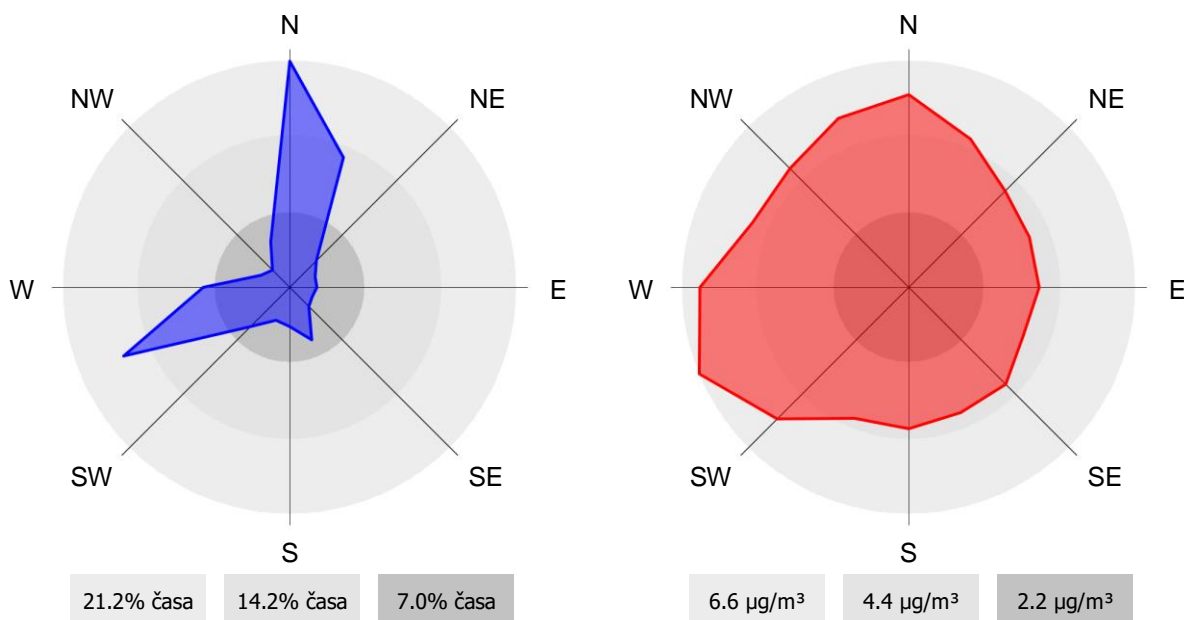
01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



- M&P KSILEN

Maksimalna urna koncentracija toluena je znašala $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maksimalna dnevna koncentracija pa $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja koncentracija v merjenem obdobju je znašala $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Onesnaženje toluena je v največjem obsegu prišlo iz severo-zahodnih smeri, prav tako kot v letu 2017. Največji deleži so iz smeri W in NNW.

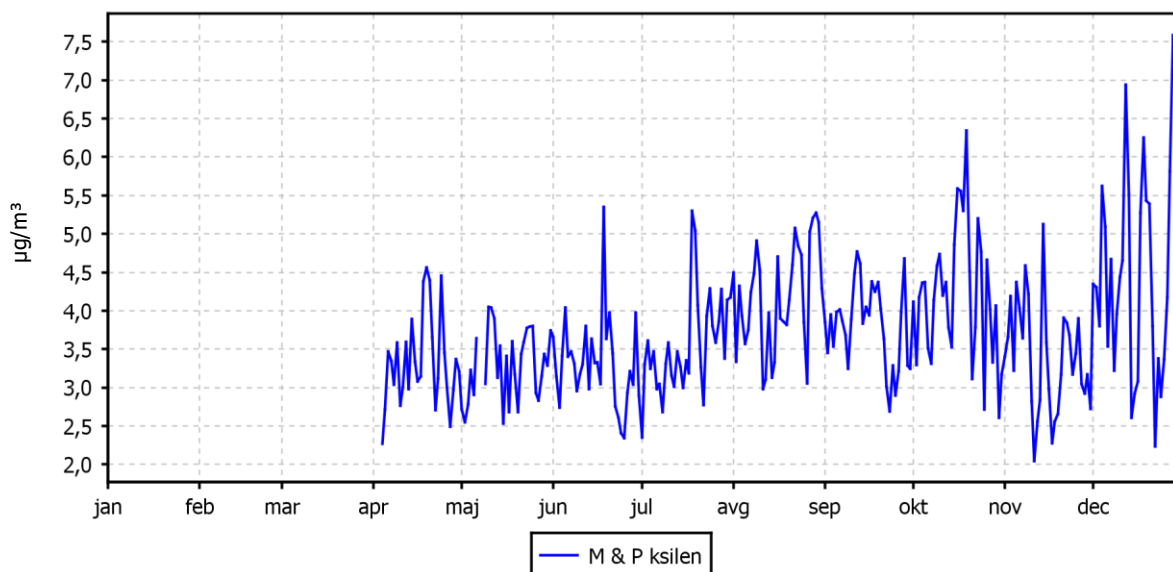
Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	6492	74%
Maksimalna urna koncentracija:	$17 \mu\text{g}/\text{m}^3$	07.12.2018 18:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$8 \mu\text{g}/\text{m}^3$	28.12.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	11.11.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	$4^* \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$7 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
* Informativna vrednost, pod 75% podatkov.		

DNEVNE KONCENTRACIJE - M & P ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

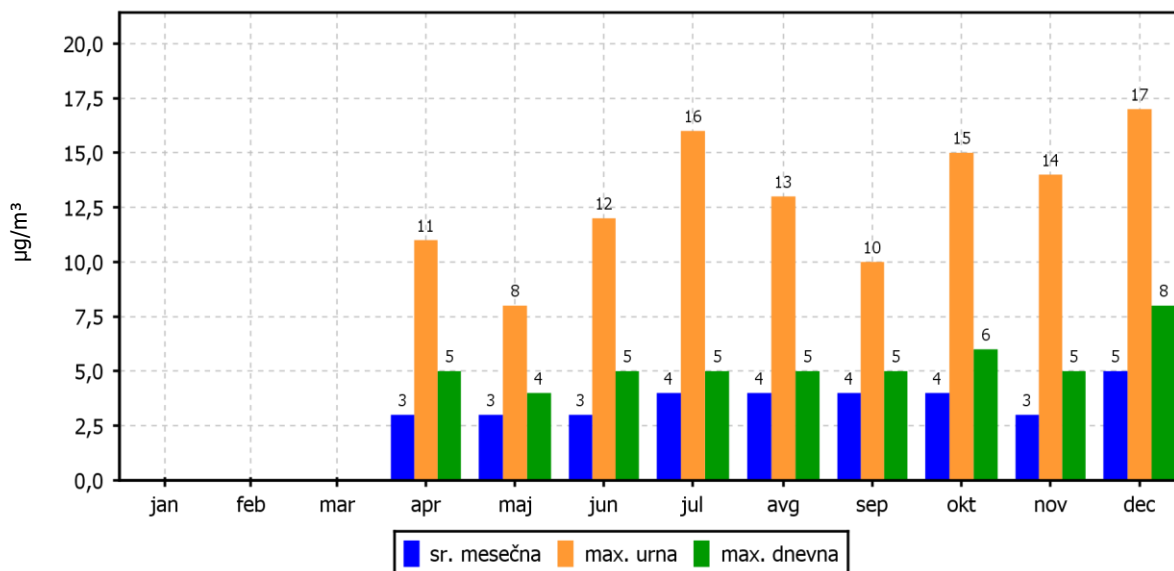
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - M & P ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

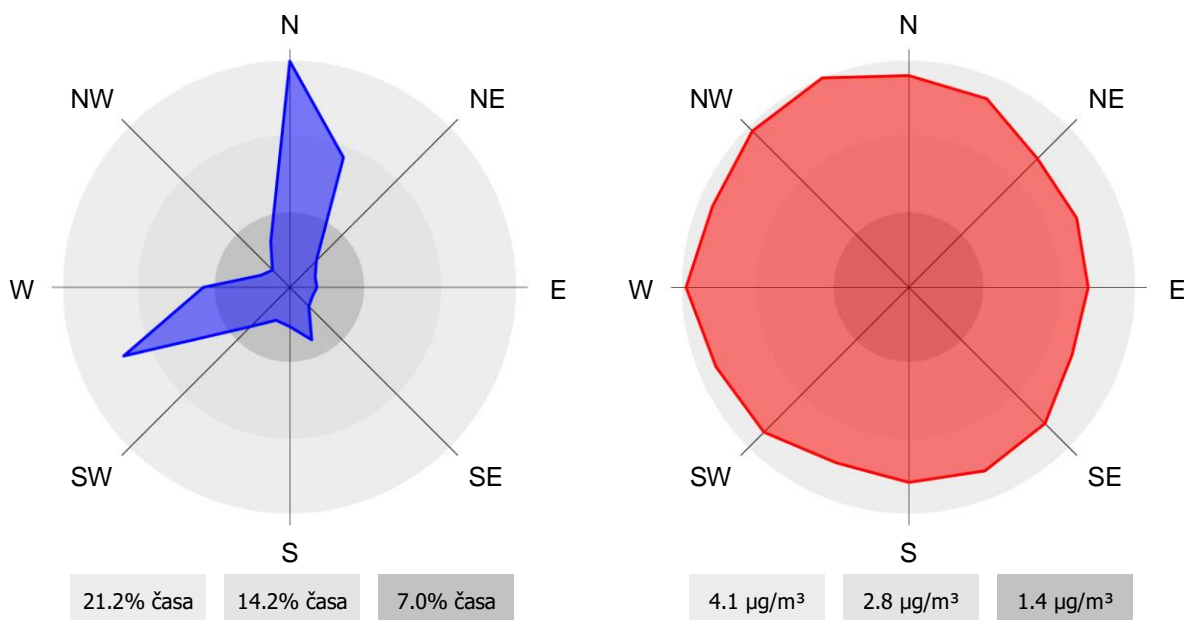
01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



• ETILBENZEN

Maksimalna urna koncentracija toluena je znašala $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maksimalna dnevna koncentracija pa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja koncentracija v merjenem obdobju je znašala $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Onesnaženje toluena je v največjem obsegu prišlo iz severo-zahodnih smeri, prav tako kot leto poprej. Največji deleži so iz smeri W in NNW. Iz istih smeri so prihajale tudi koncentracije M&P ksilena.

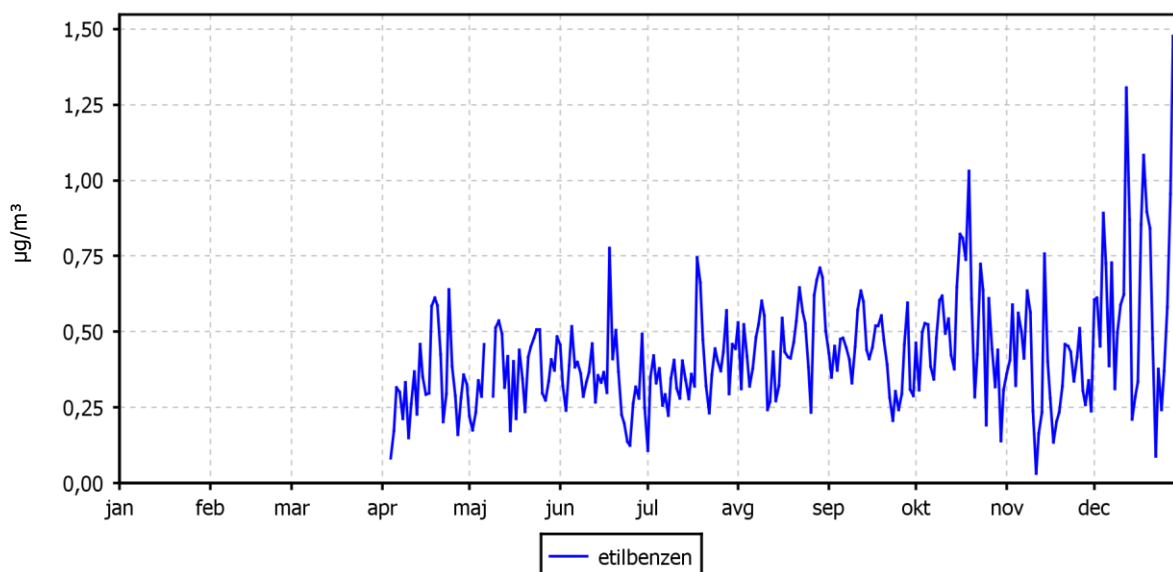
Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	6492	74%
Maksimalna urna koncentracija:	$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	28.07.2018 15:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	28.12.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	11.11.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	$0^* \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
* Informativna vrednost, pod 75% podatkov.		

DNEVNE KONCENTRACIJE - etilbenzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

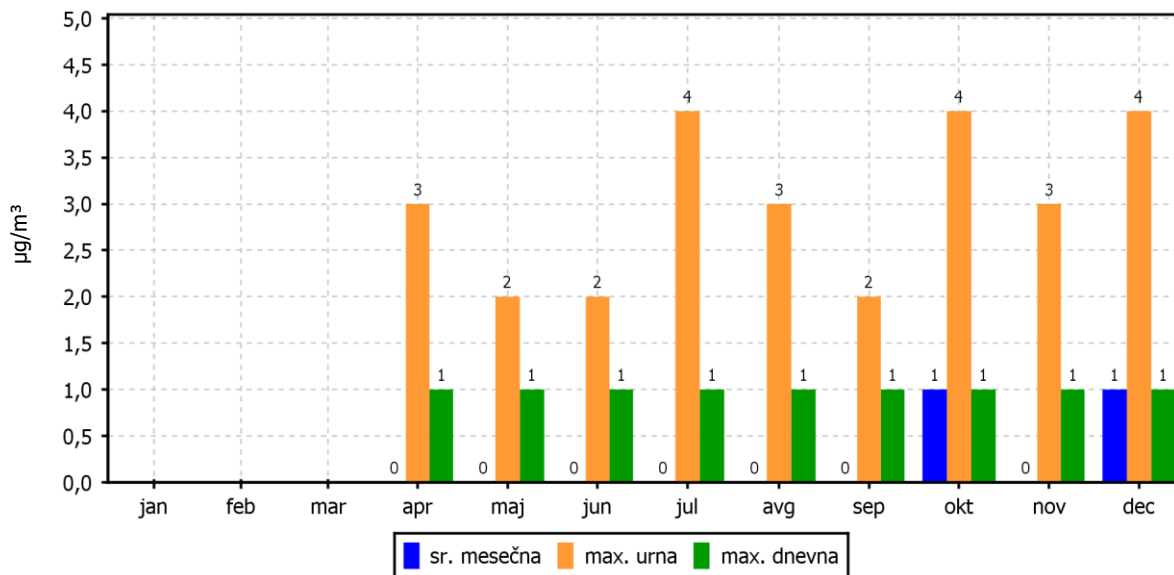
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - etilbenzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

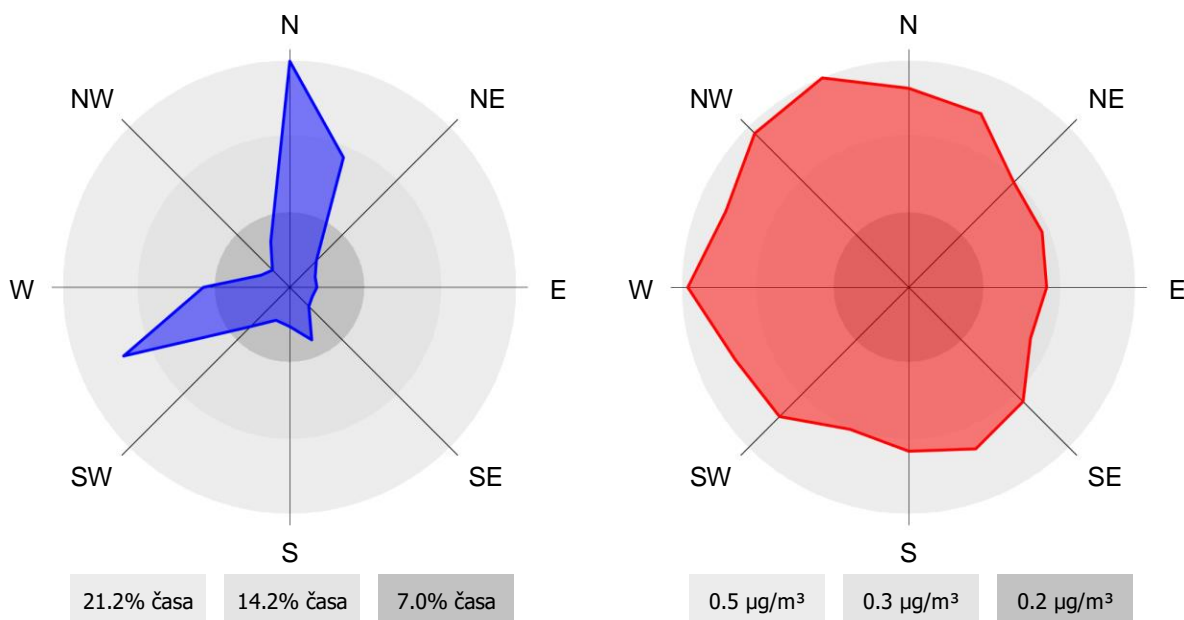
01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



- O-KSILEN

Maksimalna urna koncentracija o-ksilena je znašala $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maksimalna dnevna koncentracija pa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja koncentracija v merjenem obdobju je znašala $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kar nakazuje na manjše koncentracije onesnažila v zraku. Onesnaženje o-ksilenaje v največjem obsegu prišlo iz vzhodnih smeri. Največji deleži so iz smeri W, SW in NNW.

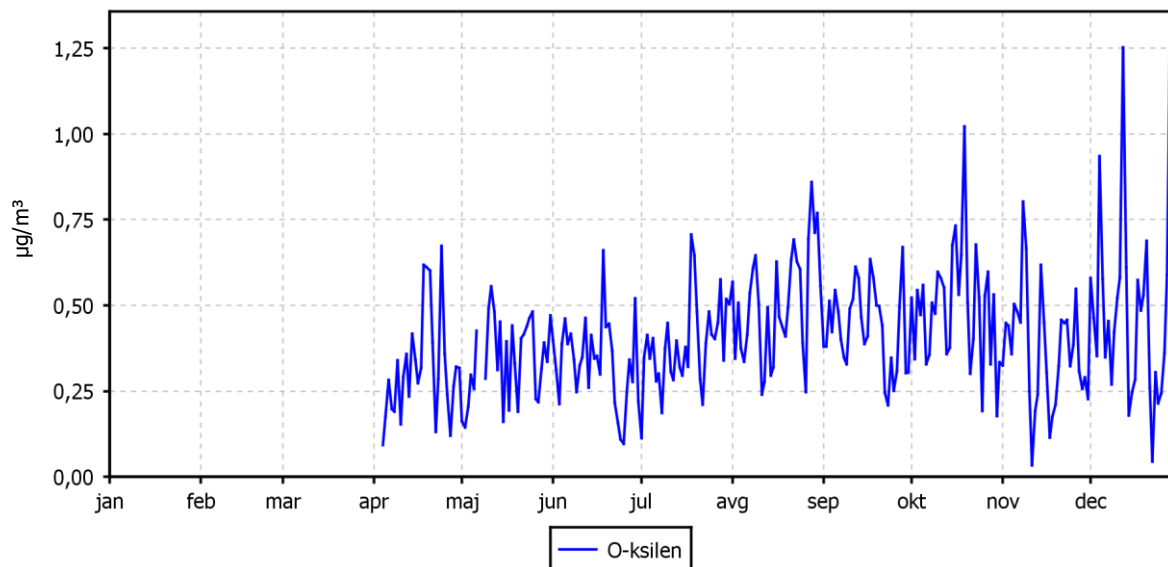
Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	6492	74%
Maksimalna urna koncentracija:	$6 \mu\text{g}/\text{m}^3$	19.10.2018 17:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	28.12.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	11.11.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	$0^* \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
* Informativna vrednost, pod 75% podatkov.		

DNEVNE KONCENTRACIJE - O-ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

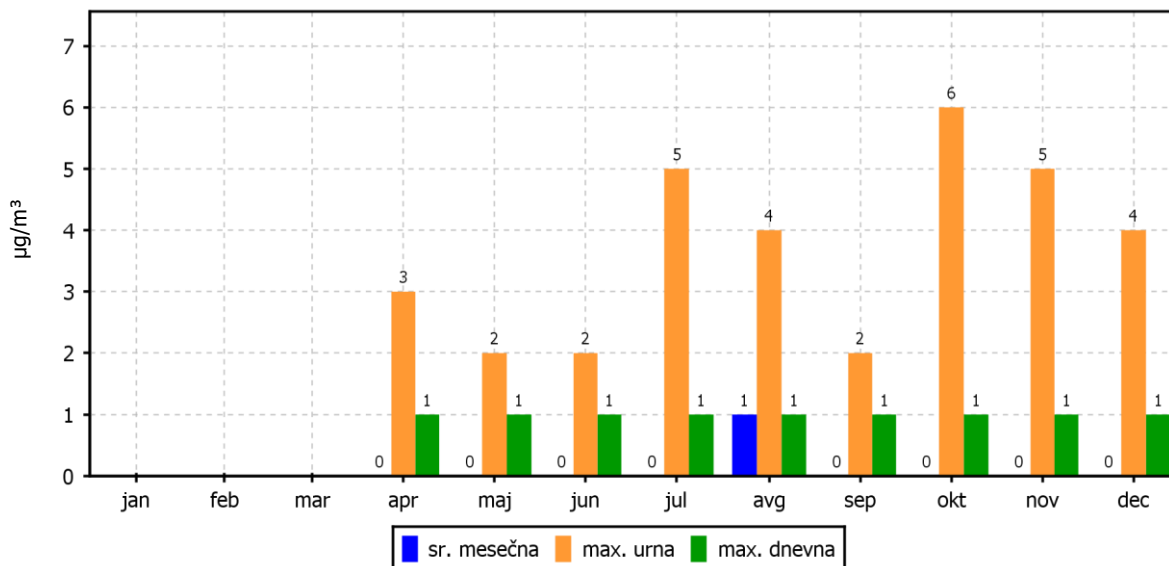
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - O-ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

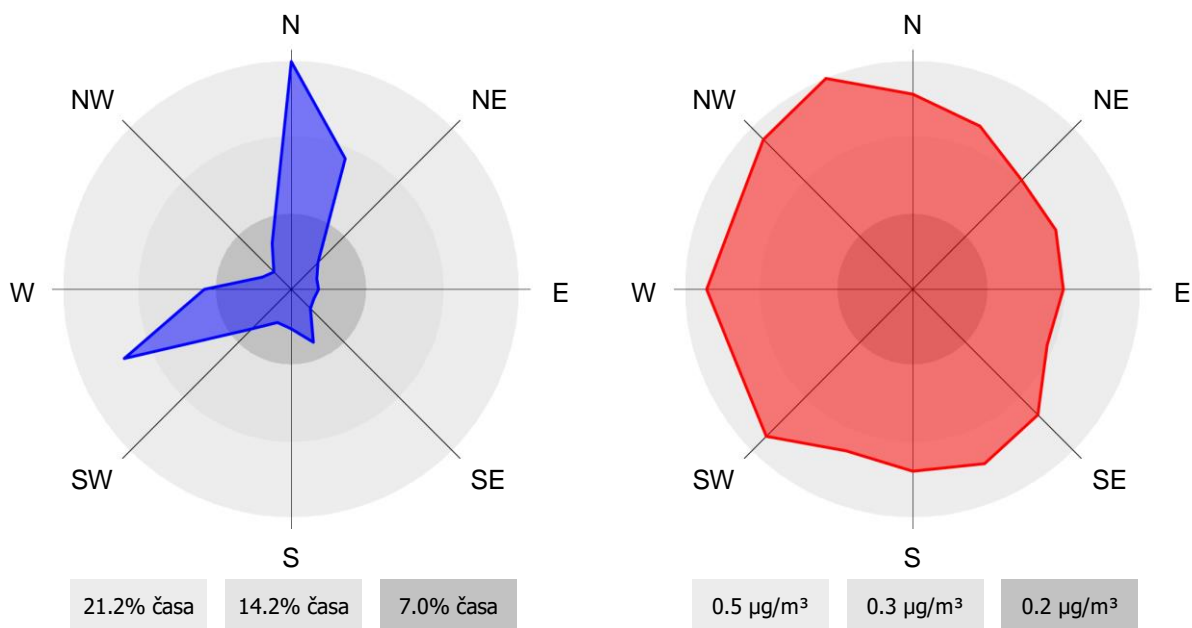
01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



3.2.4 Pregled koncentracij v zraku: PM₁₀

V letu 2018 je bilo izmerjenih več kot 90 % pravih rezultatov urnih koncentracij delcev PM₁₀ v zraku, zato se rezultati obravnavajo kot uradni podatki meritev delcev PM₁₀ monitoringa kakovosti zunanega zraka MO Ljubljana. Dnevna mejna vrednost (50 µg/m³) je bila presežena 51-krat, prav tako je bila v letu 2017 dnevna mejna vrednost presežena 51-krat. Maksimalna urna koncentracija delcev PM₁₀ je znašala 261 µg/m³, maksimalna dnevna koncentracija 133 µg/m³. Srednja letna koncentracija je znašala 35 µg/m³. Vrednost indeksa kakovosti zraka (CAQI) za ta parameter je srednji. Onesnaženje z delci PM₁₀ je v največjem obsegu prišlo iz zahodnih strani. Največji deleži so iz smeri W. Onesnaženje z delci lahko predvsem pripišemo lokalnim virom, saj je postaja v bližini večje prometnice. Prav tako pa na formacijo prašnih delcev močno vpliva meteorologija, še posebno v zimskem obdobju leta. V letu 2018 so se najvišje koncentracije pojavile v februarju, marcu in decembru.

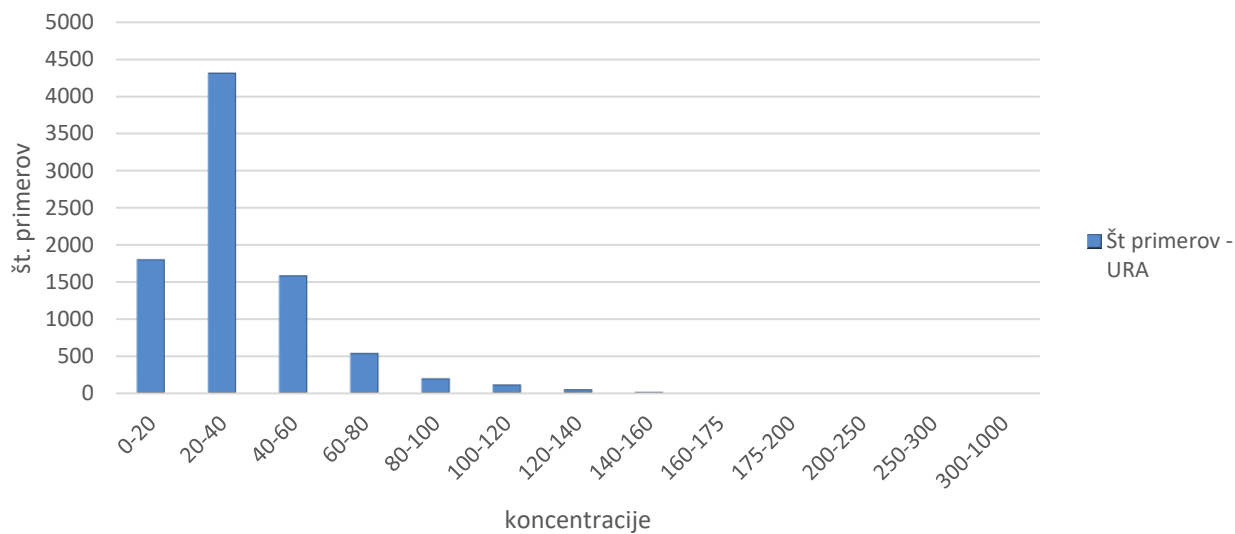
Mejne vrednosti za delce PM₁₀:

časovni interval povprečenja	mejna vrednost (µg/m ³)	Priporočila po WHO (µg/m ³)
1 dan	50 (ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu)	50
Koledarsko leto	40	20

Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	8643	99%
Maksimalna urna koncentracija:	261 µg/m ³	02.07.2018 15:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	133 µg/m ³	29.12.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	8 µg/m ³	26.08.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	35 µg/m ³	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad MVD 50 µg/m ³ :	51	
Percentilna vrednost		
- 90 p.v. - urnih koncentracij:	62 µg/m ³	
- 98.1 p.v. - dnevnih koncentracij:	94 µg/m ³	

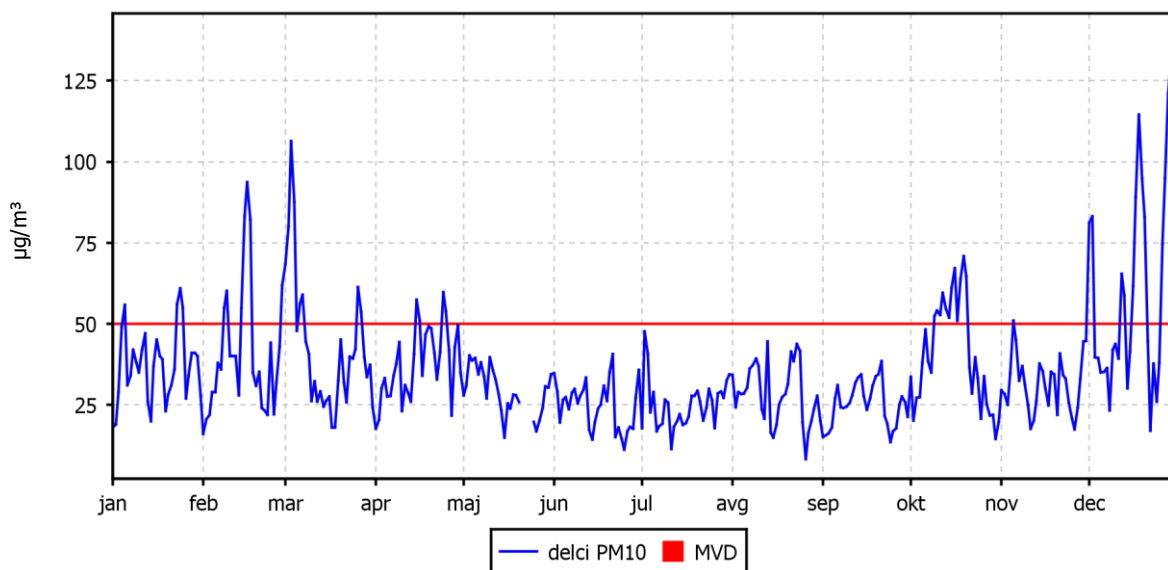
Ferkvenčna porazdelitev koncentracij PM₁₀



DNEVNE KONCENTRACIJE - delci PM₁₀

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

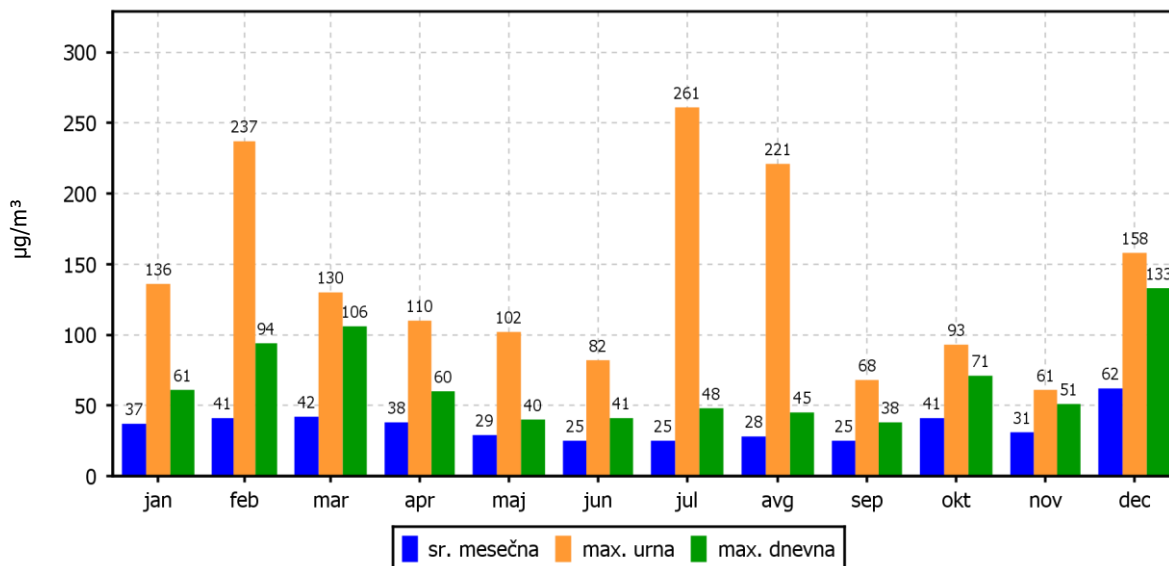
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - delci PM₁₀

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

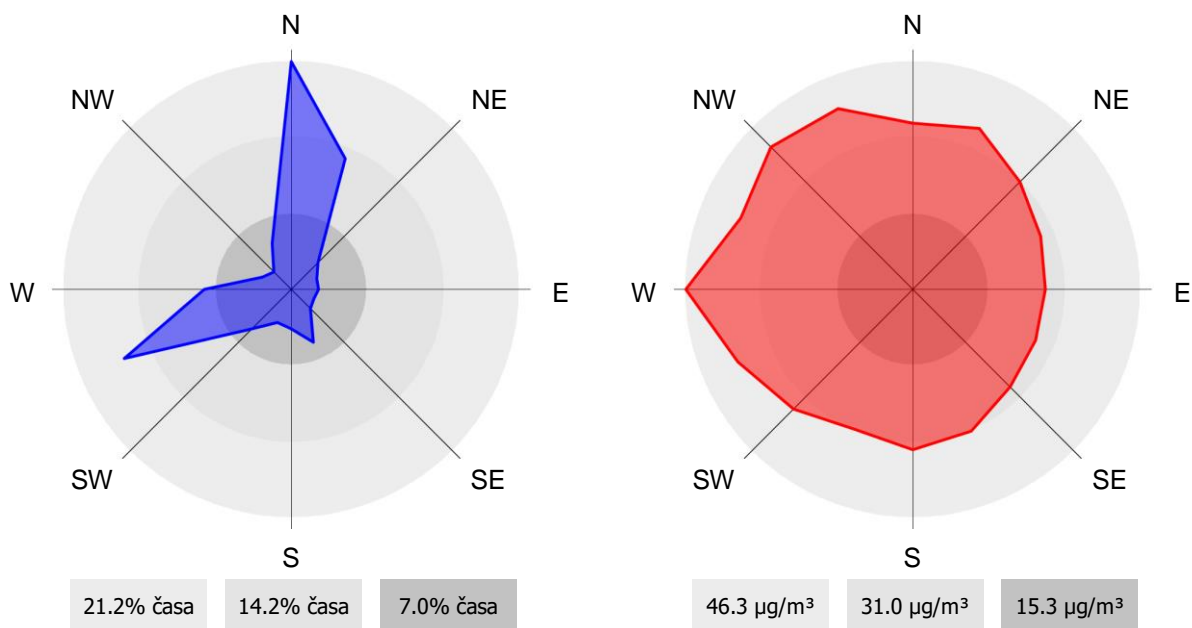
01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



3.2.5 Pregled koncentracij v zraku: PM_{2.5}

Z majem 2018 so se vzpostavile tudi meritve prašnih delcev z velikosti premera 2.5 µm. Koncentracije PM_{2.5} imajo podoben trend kot koncentracije PM₁₀, opazne so manjše koncentracije v poletnih mesecih ter višje v zimskih mesecih. Maksimalna urna koncentracija delcev PM_{2.5} je znašala 146 µg/m³, maksimalna dnevna koncentracija 120 µg/m³. Srednja letna koncentracija v merjenem obdobju je znašala 21 µg/m³. Onesnaženje z delci PM_{2.5} je v največjem obsegu prišlo iz zahodnih strani. Največji deleži so iz smeri W. Onesnaženje z delci lahko predvsem pripišemo lokalnim virom, saj je postaja v bližini večje prometnice. Prav tako pa na formacijo prašnih delcev močno vpliva meteorologija, še posebno v zimskem obdobju leta. V letu 2018 so se najvišje koncentracije pojavile v decembru.

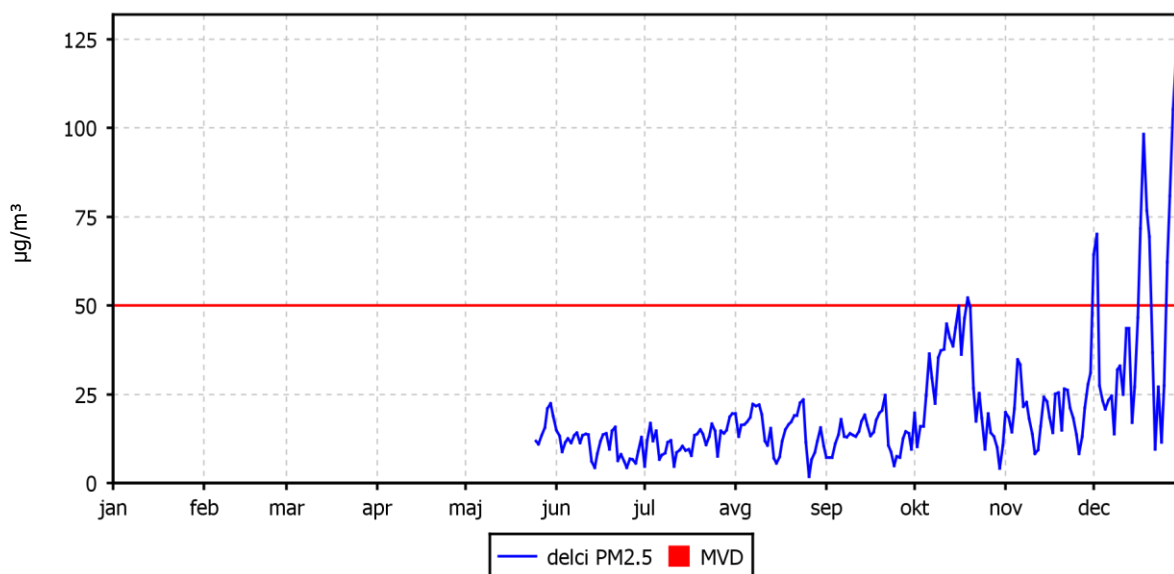
Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	5315	61%
Maksimalna urna koncentracija:	146 µg/m ³	29.12.2018 20:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	120 µg/m ³	29.12.2018
Minimalna dnevna koncentracija:	2 µg/m ³	26.08.2018
Srednja koncentracija v obdobju:	21* µg/m ³	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad MVD 50 µg/m ³ :	13	
Percentilna vrednost		
- 90 p.v. - urnih koncentracij:	41 µg/m ³	
- 98.1 p.v. - dnevni koncentracij:	80 µg/m ³	
* Informativna vrednost, pod 75% podatkov.		

DNEVNE KONCENTRACIJE - delci PM_{2.5}

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

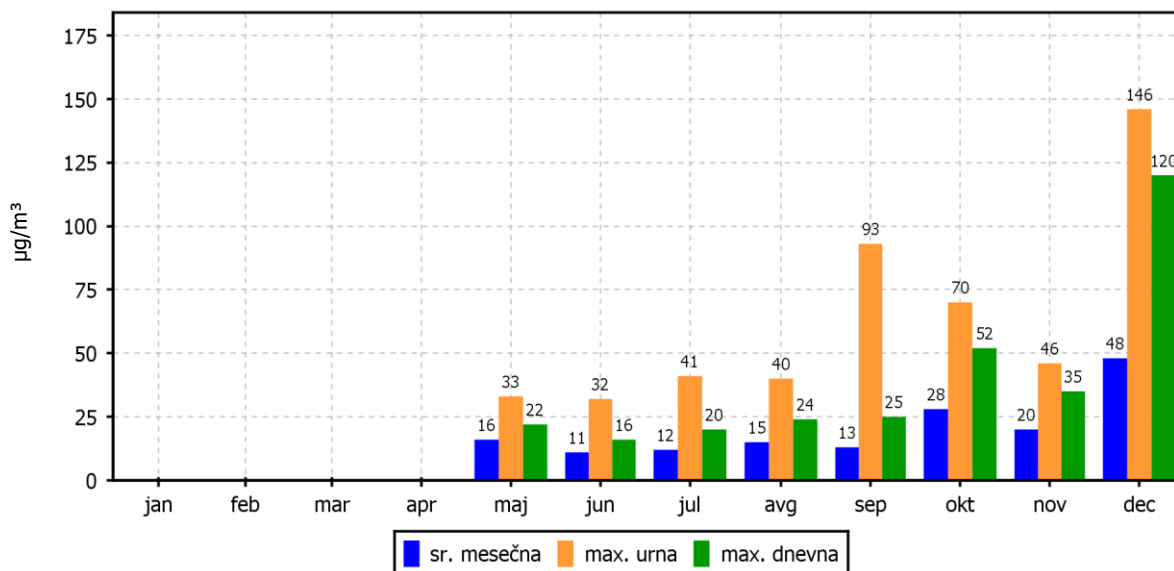
01.01.2018 do 01.01.2019



KONCENTRACIJE - delci PM2.5

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

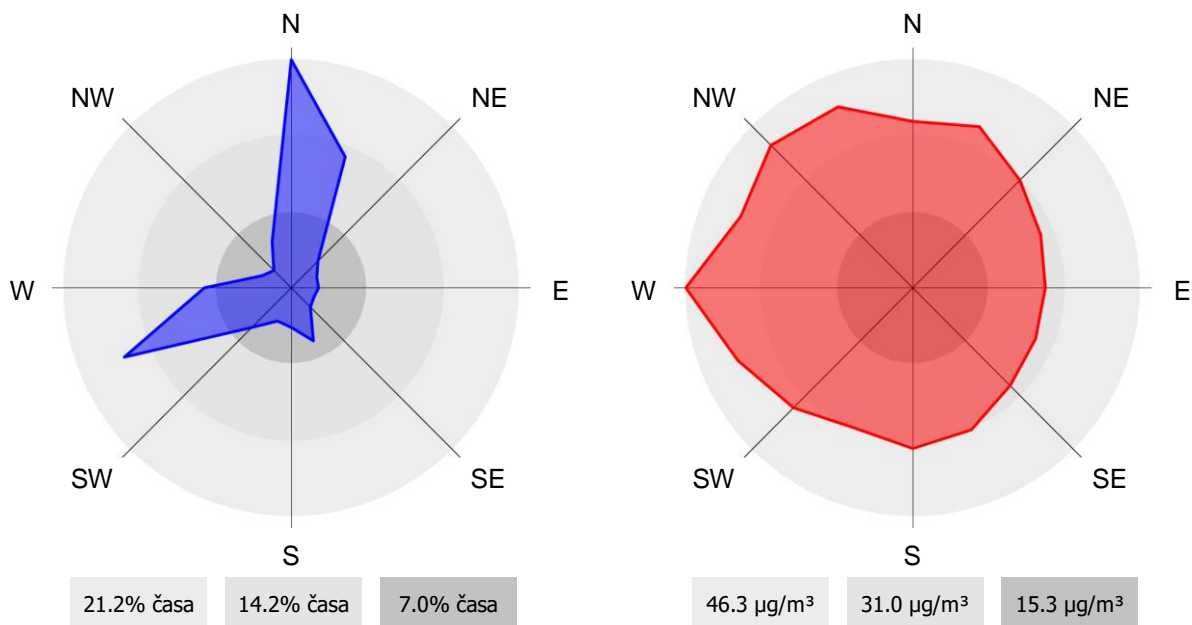
01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



3.3 METEOROLOŠKE MERITVE

Najnižje temperature so se pojavile konec meseca februarju ter v začetku marca, ko se je živo srebro spustilo do - 13°C, medtem ko so se najvišje temperature pojavile v avgustu 34°C (8.8.2018). Povprečna temperatura pa je bila 12°C. V času med februarjem in marcem je bilo kar 31 dni s snežno odejo. Največ padavin pa je bilo v mesecu avgustu (223 mm) (ARSO, 2019). Najmočnejše je veter pihal v marcu (3 m/s). Veter je večinoma časa pihal iz severa in zahoda oziroma iz smeri N in WSW.

3.3.1 Pregled temperature in relativne vlage v zraku – Tivolska - Vošnjakova

Lokacija meritev: OMS - MOL
Postaja: Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

	TEMPERATURA		RELATIVNA VLAGA	
Razpoložljivih urnih podatkov	8717	100%	8746	100%
Maksimalna urna vrednost	34 °C	08.08.2018 14:00:00	90%	09.01.2018 05:00:00
Maksimalna dnevna vrednost	27 °C	31.07.2018	89%	08.01.2018
Minimalna urna vrednost	-13 °C	28.02.2018 06:00:00	12%	21.04.2018 16:00:00
Minimalna dnevna vrednost	-8 °C	28.02.2018	38%	22.04.2018
Srednja vrednost v obdobju	12 °C		68%	

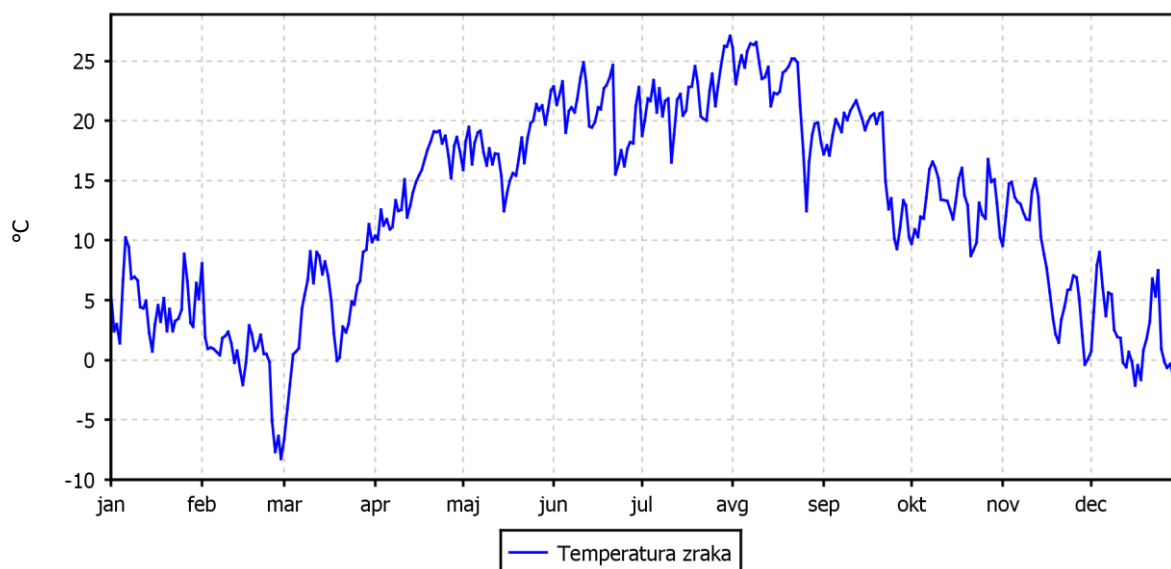
TEMPERATURA	Čas. interval - URA		Čas. interval - DAN	
	št. primerov	delež - %	št. primerov	delež - %
-50.0 do 0.0 °C	630	7	25	7
0.0 do 3.0 °C	1122	13	48	13
3.0 do 6.0 °C	711	8	31	8
6.0 do 9.0 °C	795	9	25	7
9.0 do 12.0 °C	778	9	34	9
12.0 do 15.0 °C	945	11	37	10
15.0 do 18.0 °C	1185	14	42	12
18.0 do 21.0 °C	950	11	58	16
21.0 do 24.0 °C	654	8	42	12
24.0 do 27.0 °C	504	6	22	6
27.0 do 30.0 °C	292	3	1	0
30.0 do 50.0 °C	151	2	0	0
Skupaj	8717	100	365	100

REL. VLAŽNOST	Čas. interval - URA		Čas. interval - DAN	
	Razredi porazdelitve	št. primerov	delež - %	št. primerov
0.0 do 20.0 %	5	0	0	0
20.0 do 30.0 %	133	2	0	0
30.0 do 40.0 %	598	7	1	0
40.0 do 50.0 %	858	10	17	5
50.0 do 60.0 %	1054	12	79	22
60.0 do 70.0 %	1500	17	109	30
70.0 do 80.0 %	1957	22	110	30
80.0 do 90.0 %	2638	30	49	13
90.0 do 100.0 %	3	0	0	0
Skupaj	8746	100	365	100

DNEVNE VREDNOSTI - Temperatura zraka

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

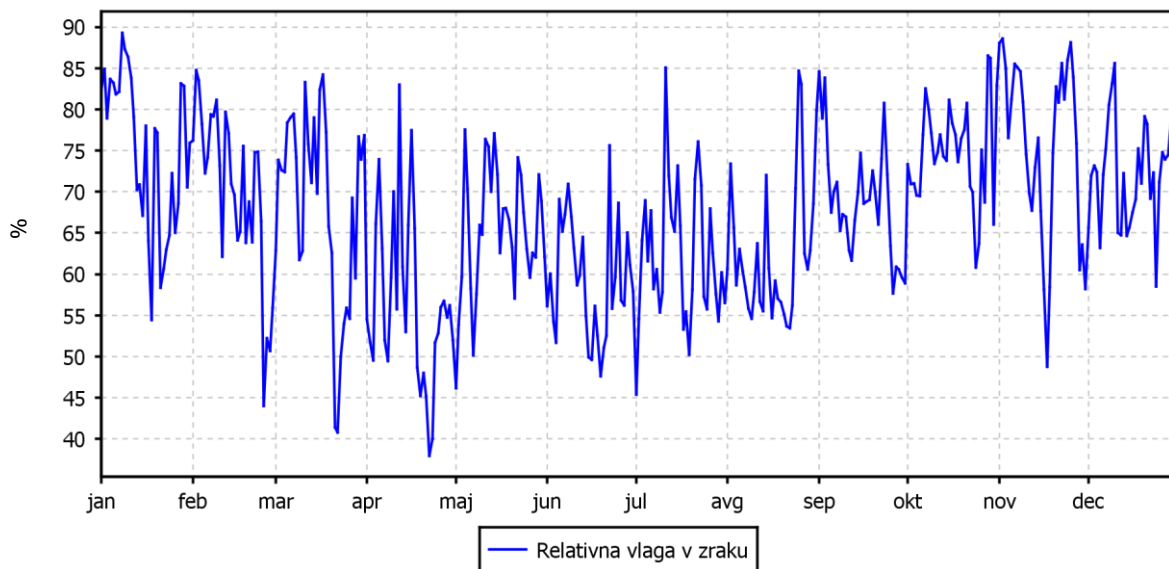
01.01.2018 do 01.01.2019



DNEVNE VREDNOSTI - Relativna vlaga v zraku

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

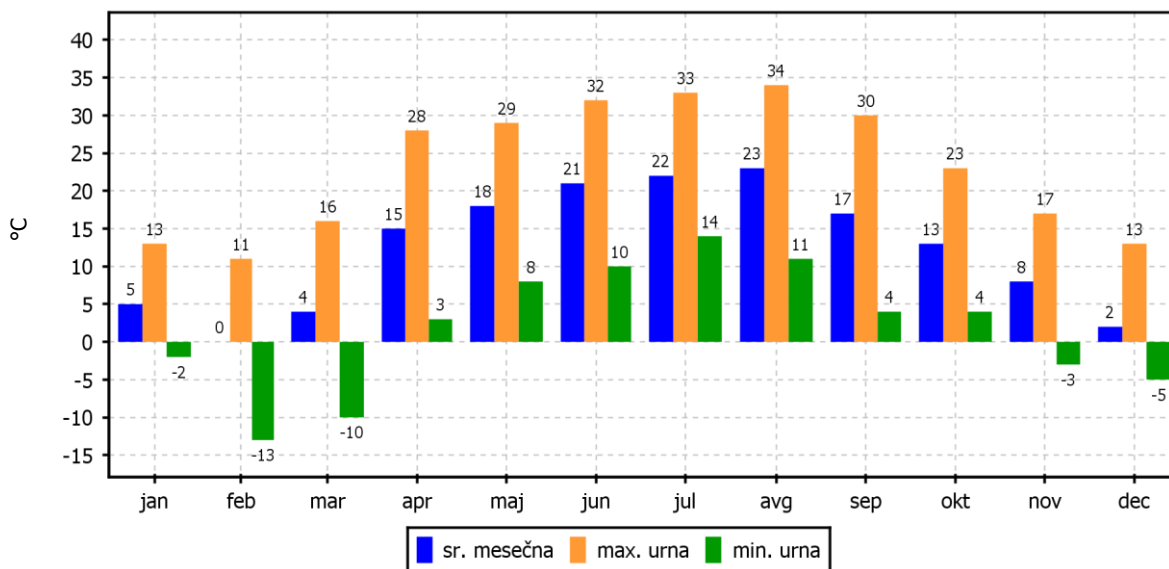
01.01.2018 do 01.01.2019



TEMPERATURA ZRAKA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



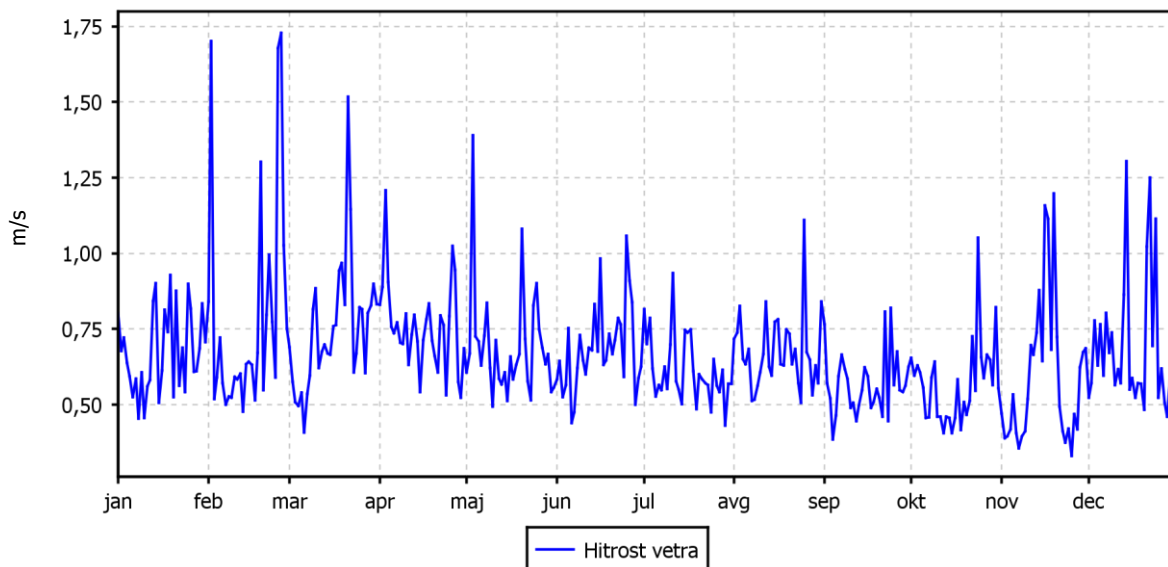
3.3.2 Pregled hitrosti in smeri vetra – Tivolska - Vošnjakova

Lokacija meritev: OMS - MOL
 Postaja: Tivolska - Vošnjakova
 Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	8746	100%
Maksimalna urna hitrost:	3 m/s	21.03.2018 10:00:00
Minimalna urna hitrost:	0 m/s	20.10.2018 03:00:00
Srednja hitrost v obdobju:	1 m/s	
Brezvetrje (0,0-0,1 m/s):	0	

DNEVNE VREDNOSTI - Hitrost vetra

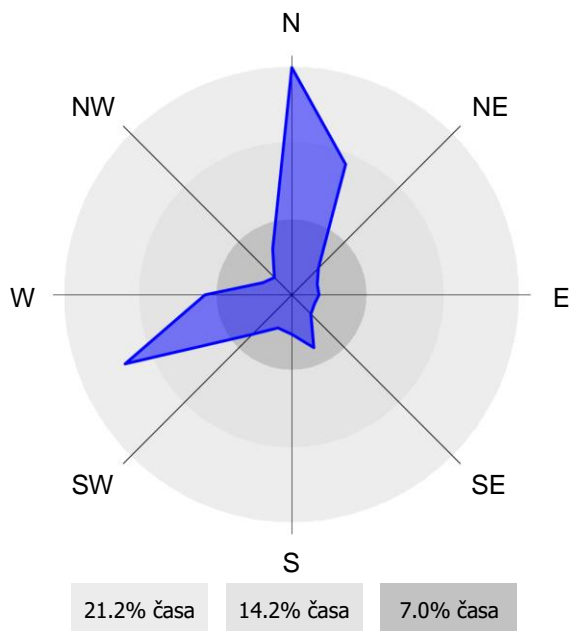
Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)
 01.01.2018 do 01.01.2019



ROŽA VETROV

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2018 do 01.01.2019



3.4 MERITVE HRUPA

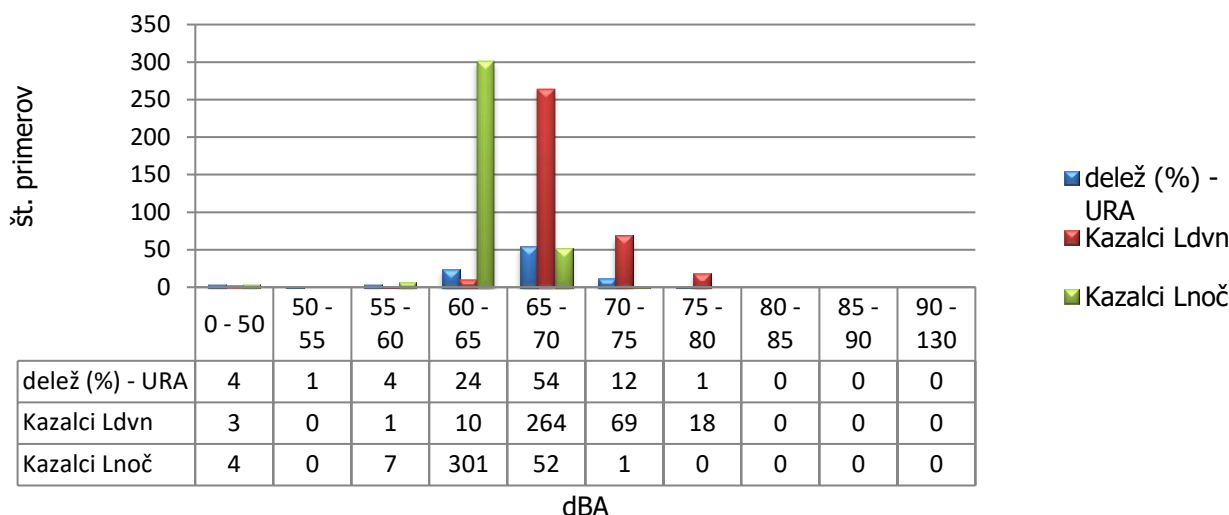
3.4.1 Meritve hrupa – Tivolska - Vošnjakova

Lokacija križišče Tivolske ceste in Vošnjakove ulice je zelo prometna lokacija in posledično močno obremenjena s hrupom. V bližini je čez Tivolsko cesto manjša industrijska cona, vzporedno s cesto pa mimo merilne lokacije teče primorska železniška proga. Nahaja se na robu trgovskega in poslovnega območja, ki je hkrati tudi namenjeno bivanju in se opredeljuje kot območje, za katerega velja III. območje varstva pred hrupom. Vrednosti kazalcev hrupa L_{dvn} in $L_{noč}$ stalno presegajo mejno vrednost. Visoke nočne vrednosti so zelo verjetno posledica prometne Tivolske ceste.

Obdobje meritev: 01.01.2018 do 01.01.2019

Razpoložljivih urnih podatkov:	8732	100 %
Maksimalna urna raven:	85	20.07.2018 2:00
Minimalna urna raven:	38	05.05.2018 1:00
Maksimalna vrednost kazalca L_{dvn} :	78	24.07.2018
Minimalna vrednost kazalca L_{dvn} :	44	26.08.2018
Število primerov nad (MVK) L_{dvn} 60 dBA:	360	
Število primerov nad (KVK) L_{dvn} 69 dBA:	121	
Maksimalna vrednost kazalca $L_{noč}$:	74	12.07.2018
Minimalna vrednost kazalca $L_{noč}$:	42	26.08.2018
Število primerov nad (MVK) $L_{noč}$ 50 dBA:	361	
Število primerov nad (KVK) $L_{noč}$ 59 dBA:	357	

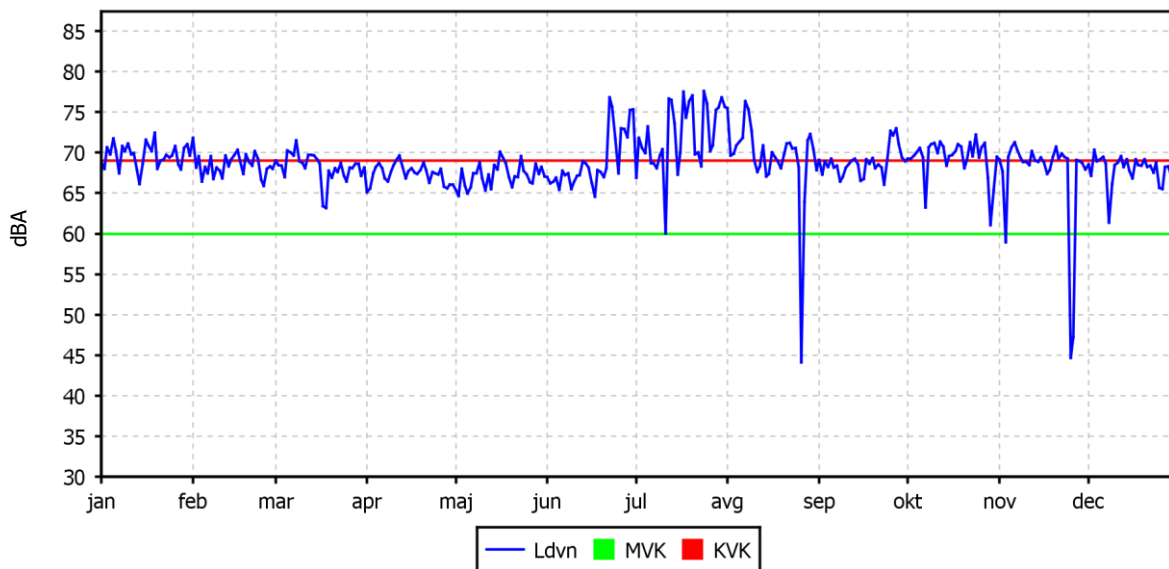
ferkvenčna porazdelitev ravni hrupa



KAZALCI Ldvn

Mestna občina Ljubljana (MOL-OMS)

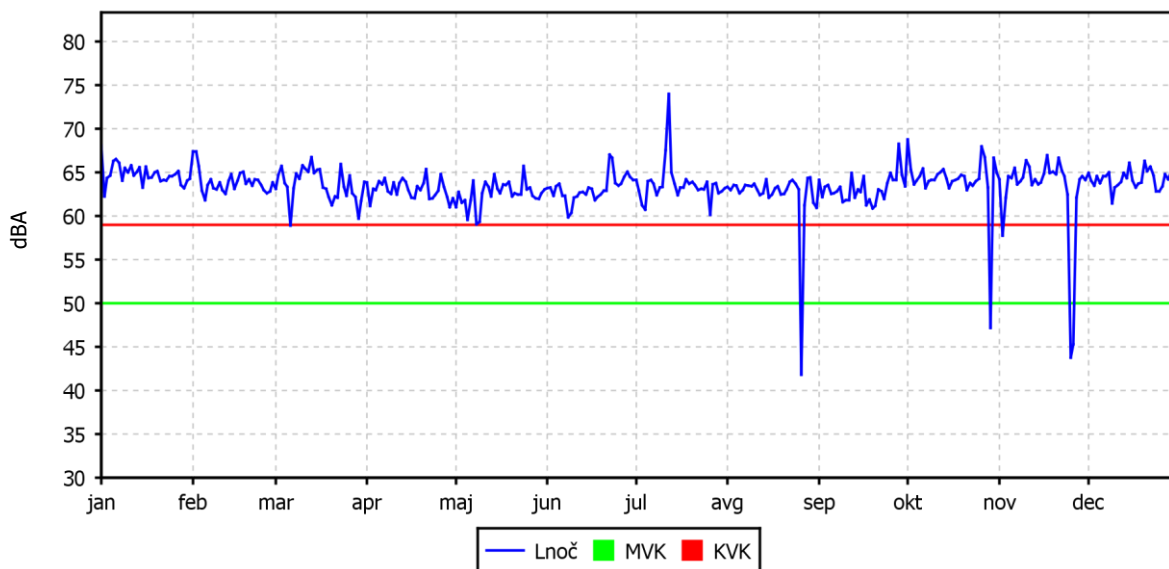
01.01.2018 do 01.01.2019



KAZALCI Lnoč

Mestna občina Ljubljana (MOL-OMS)

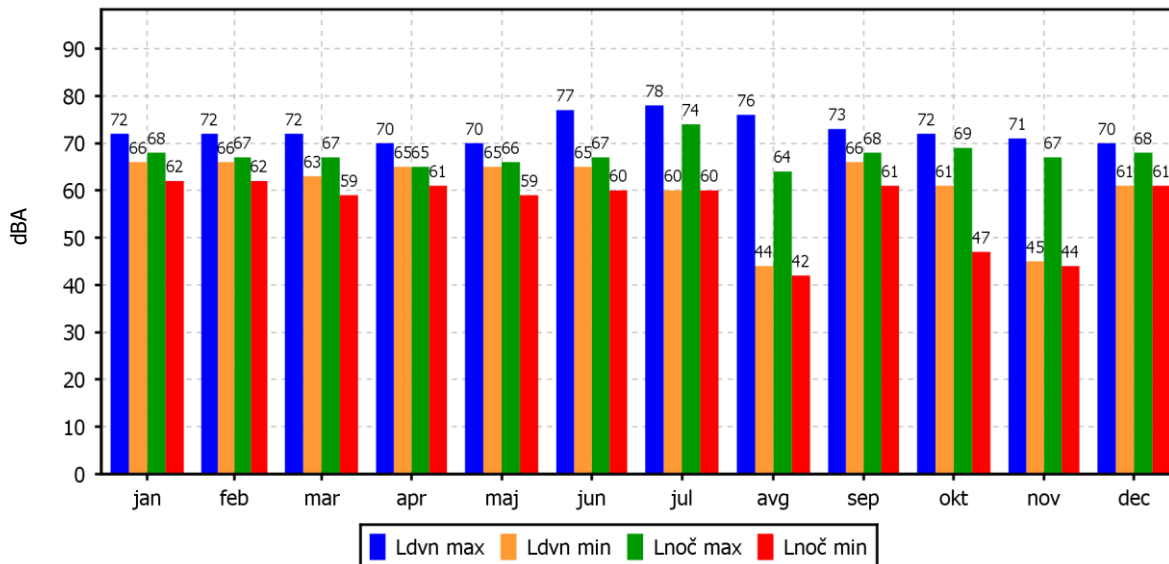
01.01.2018 do 01.01.2019



EKSTREMI KAZALCEV Ldvn IN Lnoč

Mestna občina Ljubljana (MOL-OMS)

01.01.2018 do 01.01.2019



4. ANALIZA REZULTATOV MERITEV NA MESEČNEM NIVOJU

- **Januar**

Na lokaciji AMP Tivolska - Vošnjakova je bila nizka obremenitev z SO₂ in NO₂/NO_x. Obremenitev z delci PM₁₀ je bila značilno zimska z izmerjenimi 4 prekoračitvami dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje je v večini prišlo iz južnih smeri, kar je posledica vetra, ki je prišel iz severne smeri. Januar je bil običajno topel mesec, suh z nekaj sončnimi dnevi v drugi polovici meseca.

- **Februar**

Obremenitev z SO₂ je bila nizka. Obremenitev z NO₂ pa je bila višja od prejšnjega meseca. Obremenitev z delci PM₁₀ je bila zaradi pomanjkanja padavin in suhega zraka višja kot prejšnji mesec, izmerjenih je 7 prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje je v večini prišlo iz zahodnih smeri. Večji del izmerjenih koncentracij lahko z veliko verjetnostjo pripišemo vplivu večjih prometnic v bližini merilnika. Temperature so bile šele v zadnjih dneh mesece precej nizke in primerne zimskemu letnemu času. Pojavila pa so se tudi obdobja jutranjih in večernih temperaturnih inverzij.

- **Marec**

Obremenitev z SO₂ je bila zelo nizka. Izmerjene koncentracije NO₂ so bile prav tako nižje kot prejšnja meseca. Obremenitev z delci PM₁₀ je bila primerljiva s prejšnjim mesecem, izmerjenih je bilo 8 prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje je prišlo večinoma iz severo-zahodne strani oziroma iz strani večjih prometnic. Začetek meseca je bil še precej hladen, z nekaj snežnimi padavinami. Druga polovica meseca pa je bila bolj sončna.

- **April**

Obremenitev z SO₂ je bila v primerjavi s prejšnjim mesecem višja, koncentracije pa so prihajala iz severo-vzhoda oziroma iz strani industrijskih objektov. Obremenitve z NO₂ pa je bila precej enakovredna prejšnjim mesecem. Obremenitev z delci PM₁₀ je bila nižja kot v prejšnjih mesecih, vendar so kljub temu zabeležena 4 preseganja mejne vrednosti. Aprila je bil zelo sončen in topel mesec z malo padavinami.

- **Maj**

Obremenitev z SO₂ in NO₂ sta bili podobni prejšnjemu mesecu. Obremenitev z delci PM₁₀ je bila v zakonsko predpisanih mejah, saj na lokaciji ni bilo izmerjenih prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Tudi maj je bil precej topel in sončen mesec, z manjšo količino padavin. Z mesecem majem so se na lokaciji vzpostavile tudi meritve PM_{2.5} z montažo merilnika Palas Fidas 200.

- **Junij**

Obremenitev z SO₂ je bila nižja kot v prejšnjem mesecu. Zaradi nepravilnosti delovanja merilnika NO₂, meritve niso upoštevane. Obremenitev z delci PM₁₀ je bila v zakonsko predpisanih mejah in na lokaciji ni bilo izmerjenih prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje z delci je dokaj enakomerno iz vseh smeri, z malenkost večjo obremenitvijo iz jugovzhodne smeri na kar vpliva izraziti severni veter. Tudi junij je bil precej topel mesec z nekaj padavinami v zadnji dneh meseca.

- **Julij**

Onesnaženje z SO₂ je bilo prav tako kot prejšnji mesec precej nizko. Zaradi nepravilnosti delovanja merilnika, NO₂ meritve niso upoštevane. Obremenitev z delci PM₁₀ je bila v zakonsko predpisanih mejah in na lokaciji ni bilo izmerjenih prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Opaziti pa je višjo kratkotrajno koncentracijo dne 2.7.2018. Manjšo obremenitev z delci lahko pripišemo boljšim vremenskim razmeram v toplem delu leta, predvsem odsotnosti megle, prevetrenosti in padavinam, ki so čistile ozračje. Onesnaženje z delci je dokaj enakomerno iz vseh smeri, oziroma je malenkost bolj izrazita JZ smer. Višje poletne temperature so se pojavile šele ob koncu meseca.

- **Avgust**

Onesnaženje z SO₂ je bilo nekoliko večje kot prejšnji mesec in je prišlo predvsem iz industrijske smeri (smer TETOL), vendar je bilo kljub temu nizko. Meritve prašnih delcev so bile značilne poletne in v tem mesecu ni bilo prekoračitev zakonodajno dovoljenih mejnih vrednosti. Opazni pa sta 2 visoki koncentraciji, dne 13. in 21.8.2018. Avgust je bil nad povprečno sončen in topel mesec, zato se je nadaljevala poletna suša in vročina.

- **September**

Onesnaženje z SO₂ je bilo podobno prejšnjemu mesecu, meritve NO₂ pa v avgustu še niso bile vzpostavljene. V mesecu septembru se je 15. oziroma 16. pojavila tudi večja obremenitev s toluenom. Obremenitev z delci PM₁₀ je bila v zakonsko predpisanih mejah, na lokaciji pa ni bilo izmerjenih prekoračitev dnevne mejne vrednosti. September je bil še vedno topel in sončen mesec, dežja pa je primanjkovalo, obilnejše padavine so bile le v času med 23. in 25. septembrom.

- **Oktober**

Onesnaženje z SO₂ je bilo razmeroma nizko. Dne, 19.10.2018 so se vzpostavile tudi meritve NO₂, ki so bile tudi relativno nizke. Oktober je bil precej suh in stabilen mesec, kar pa je privedlo do jutranjih in večernih meglenih obdobji, ki so vplivale na pojav 12-ih prekoračitev dnevni mejnih vrednosti prašnih delcev med 9. in 20.10.2018. Po tem datumu so se pojavile krajše padavine, ki so »očistile« ozračje.

- **November**

Onesnaženje z SO₂ je bilo nizko in je bilo enakomerno. Onesnaženje z NO₂ je bilo enakomerno iz vseh smeri. Obremenitev z delci PM₁₀ so 1-krat prekoračile dnevno mejno vrednost. Onesnaženje je bilo pogojeno tudi z vremenskimi razmerami, močnejše padavine in manj stabilno vreme so močno znižale količino delcev v zraku. V večini je prišlo onesnaženje iz vzhodnih smeri, iz smeri Tivolske ceste in Vošnjakove. Pojavila pa se je tudi prva snežna odeja v letu 2018.

- **December**

Onesnaženje z SO₂ je bilo podobno kot vse pretekle mesece, nizko. Izmerjene koncentracije NO₂ so bile prav tako podobne prejšnjim mesecem. Obremenitev z delci PM₁₀ je bila precej visoka in podobna obremenjenosti v mesecu novembru. Izmerjenih je bilo 15 prekoračitev dnevne mejne vrednosti. V večini je onesnaženje prišlo iz severa iz smeri Tivolske ceste. Večjo obremenitev z delci lahko pripišemo slabšim vremenskim razmeram v toplem delu leta, predvsem prisotnosti megle, manjši prevetrenosti in odsotnosti padavin. Leto 2018 je bilo izredno toplo leto.

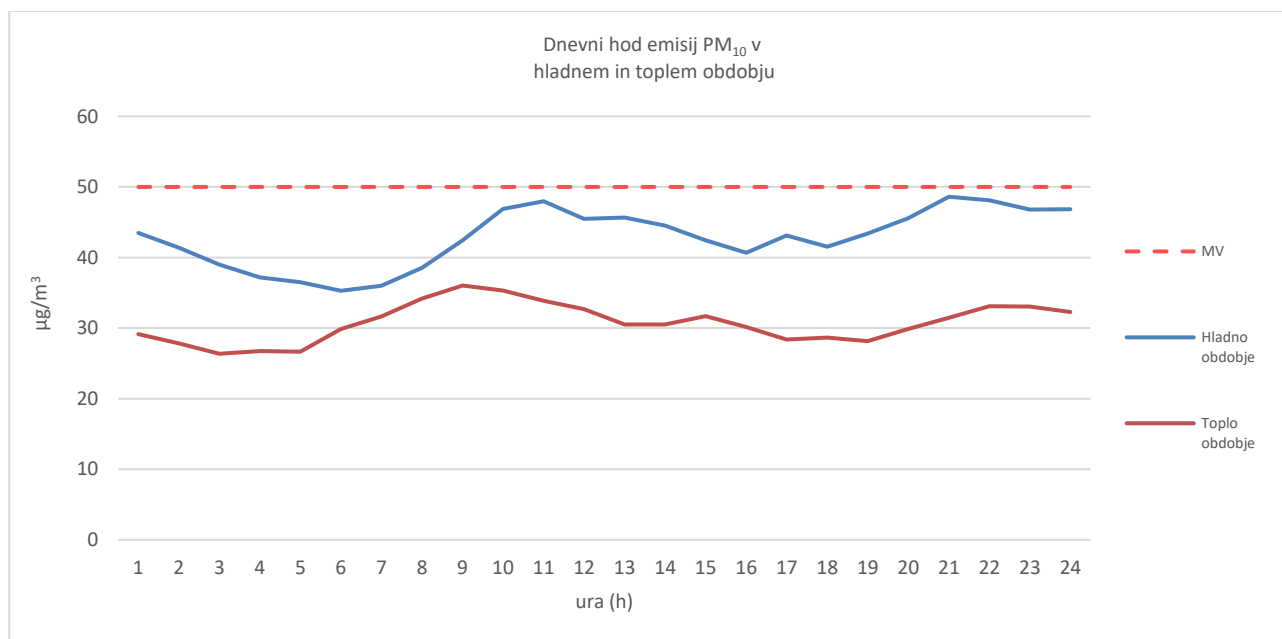
5. ANALIZA DELCEV PM₁₀ IN PM_{2.5}

Lokacija merilnega mesta je ob večji prometnici, zato je največji vir emisije v bližini merilne postaje transport. Poleg tega so vsako letno zazna preseganja dovoljenega števila mejnih dnevni vrednosti prašnih delcev, zato je v nadaljevanju narejena dodatna analiza emisije prašnih delcev.

5.1 DODATNA ANALIZA DNEVNEGA HODA EMISIJ DELCEV PM₁₀

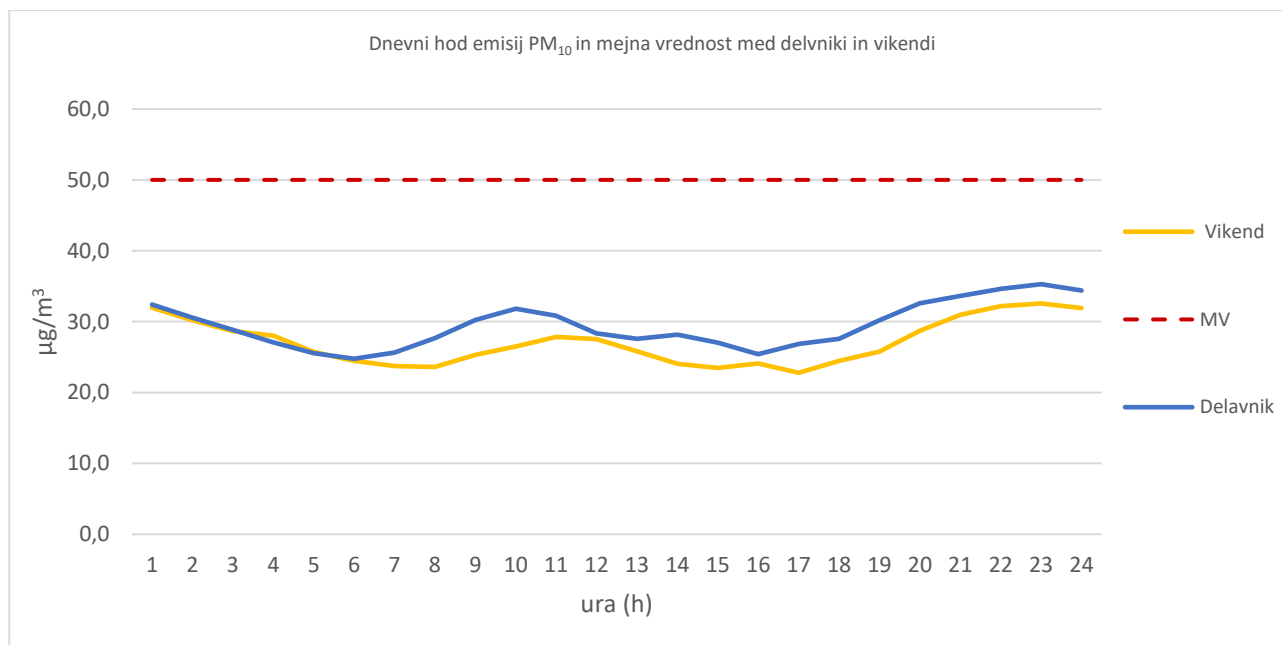
Neprekinjene meritve v daljšem časovnem obdobju omogočajo spremljanje značilnosti koncentracij določenih onesnažil v zunanjem zraku v določenem obdobju, kar nam posledično omogoča identificiranje obnašanja koncentracij oziroma hod. Dnevni hodi emisij izražajo prispevek koncentracij, ki so nastale ob določeni uri tekom dneva. Na ta način se spremlja časovno nastajanje emisij, kar nam omogoča tudi lažjo identifikacijo vira iz katerega emisije nastajajo. Poleg identifikacije vira pa je pomembna tudi identifikacija obdobja največjih koncentracij, ki so poleg primarnega oziroma izvornega nastanka lahko tudi sekundarnega nastanka. Sekundarni aerosoli nastanejo zaradi kemijskih reakcij in meteoroloških pogojev v ozračju. Tako se primarni delci, ki so manjši od 10 µm tekom dneva oplaščijo ali koagulirajo v večje delce, ki so velikosti premera 10 µm in jih v nadalje merilnik tudi zazna.

Spodnja slika prikazuje povprečne vrednosti prašnih delcev tekom dneva v obdobju 24-ur v primerjavi med hladnim in toplim obdobjem leta. Hladno obdobje je definiran čas med 1.11 in 1.4, medtem ko je toplo obdobje definiran čas med 1.4 in 28.10. Hladno obdobje ima večje koncentracije kot toplo obdobje. Pri obeh dnevni hodih se opazita dopoldanski, okrog 11.00 ure pozimi in okrog 9.00 uri poleti, ter večerni vrh, ki nastane okrog 23.00 ure. Bolj izrazitejši graf je zimski graf, predvsem zaradi meteoroloških razmer, saj so značilna jutranje in večerne inverzije, ki vplivajo predvsem na formacijo sekundarnih aerosolov. Prav tako pa je za Ljubljano značilno brez oziroma slabše veterje, ki povzroča, da se emisije nabirajo v ljubljanski kotlini in se ozračje ne "očisti".



Slika 4: Graf dnevnih hodov med toplim in hladnim obdobjem leta

Spodnji graf prikazuje razliko med delavniki in vikendi, opaziti je, da je dnevni hod med obema obdobjema tedna enak, z razliko, da so emisije med tednom malenkost višje. Gostota in čas najvišje zgoščenosti vozil se namreč med tednom in delavnikom razlikujeta, prav tako kot se razlikuje gostota in čas najvišje zgoščenosti vozil med toplim in hladnim obdobjem leta.

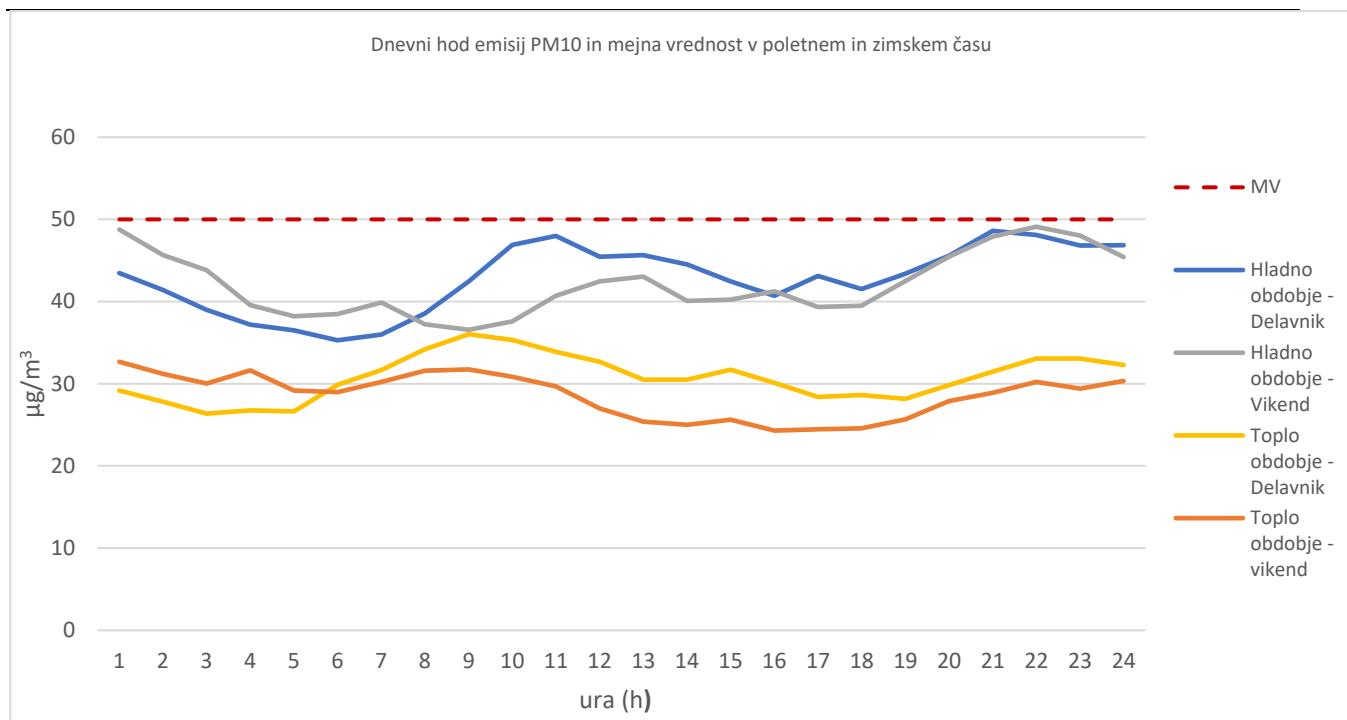


Slika 5: Graf dnevnih hodov med delavniki in vikendi v letu 2018

Spodnja slika prikazuje, da je dinamika emisij v bližini merilnega mesta Tivolska-Vošnjakova precej podobna v poletnem in zimskem času ter med vikendi in delavniki. Največja razlika v trendu je opazno v hladni polovici leta med delavniki in vikendi, kjer ima velik vpliv tudi količina vozil na bližnji prometnici ter čas, ko je gostota le-teh največja.

Kako pomembno vlogo pri koncentraciji emisij na nekem območju ima meteorologija pa dokazuje primerjava med poletnim in zimskim obdobjem emisij prašnih delcev.

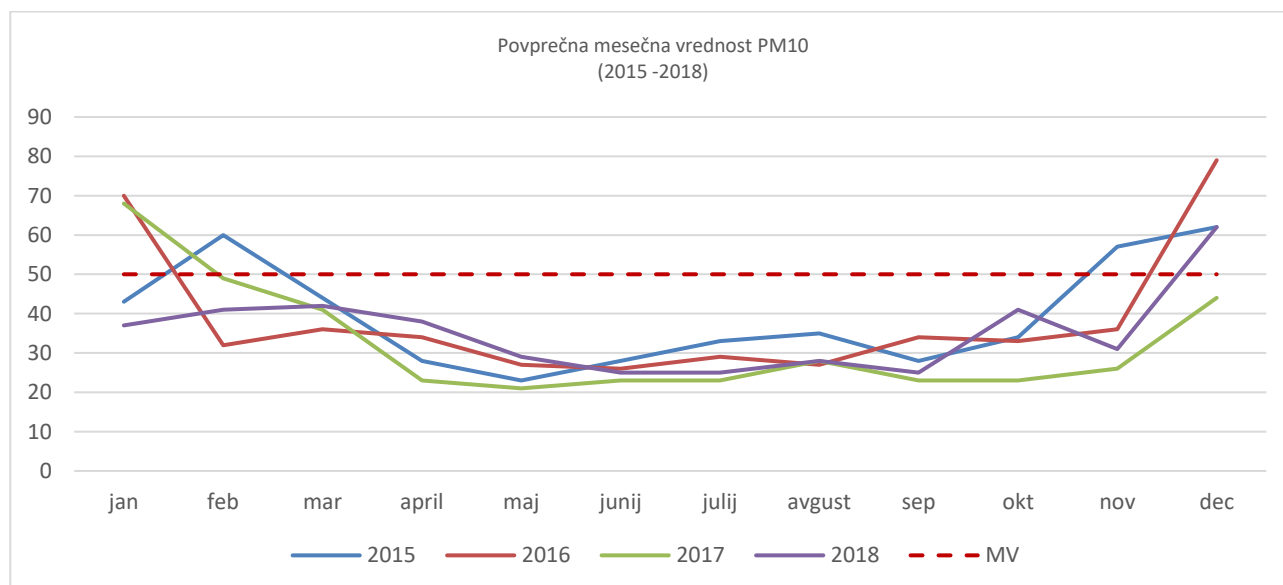
V mestni občini Ljubljana oziroma v samem središču mesta je plinovodno omrežje, zato prebivalci večinoma uporabljajo plin za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode. To je vidno tudi na dnevnem hodu emisij, saj večerni vrh ni tako izrazit kot je le-ta v drugih mestih v Sloveniji.



Slika 6: Graf dnevni hodov med delavniki in vikendi ter med toplim in hladnim obdobjem leta 2018

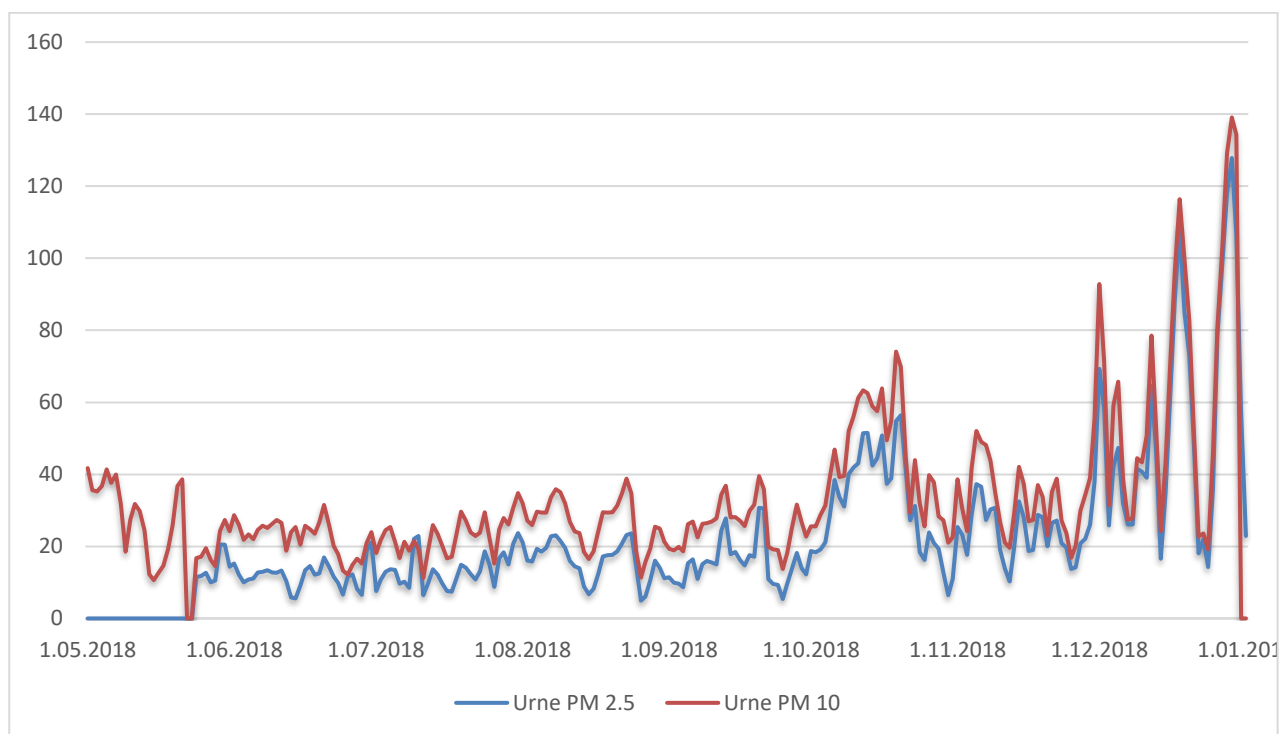
5.2 DODATNA PRIMERJAVA DELCEV PM_{2.5} IN PM₁₀

Spodnja slika prikazuje srednje mesečne koncentracije v obdobju med letom 2015 in 2018. Za lažjo vizualizacijo je na grafu podana tudi povprečna letna mejna vrednost, ki pa v nobenem letu ni bila presežena, saj je bila povprečna vrednost v določenem letu manj kot 50 µg/m³. Opaziti je, da imajo emisije med leti zelo podoben trend, največje pa so v januarskem in decembrskem času.



Slika 7: Pregled srednjih mesečnih vrednosti PM₁₀ v letih od 2015 do 2018.

V maju 2018 je bil na lokaciji nameščen tudi merilnik Palas Fidas 200, ki omogoča meritve prašnih delcev velikosti reda 2,5 μm . V nadaljevanju je prikazan graf meritev $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{10} delcev. Opaziti je, da je razmerje med delci velikosti 2,5 μm in 10 μm manjše v toplejšem obdobju, medtem ko je v zimskem obdobju to razmerje večje. Povprečno razmerje v merjenem obdobju pa je 0,65. To nakazuje, da poleg večjih emisij v zunanem zraku in vpliva meteorologije, tudi na večjo tvorbo sekundarnih delcev v zimskem obdobju, še posebno v stabilnih dnevih in dnevih brez dežja, kjer je večja prisotnost vlage v zraku zaradi megle. Večje število $\text{PM}_{2,5}$ delcev v koncentracijah meritvah PM_{10} pa nakazuje tudi na bližino prometnic, katerih glavni vir so emisije iz izgorevalne emisije iz transporta, kjer pa se v večini emitirajo delci premera $\text{PM}_{2,5}$.



Slika 8: Primerjava izmerjenih vrednosti PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ v obdobju od maja do decembra 2018.

6. ZAKLJUČEK

Iz analize podatkov za leto 2018 je razvidno, da za parametre NO₂/NO_x, SO₂, in PAH ni bilo preseganj mejne urne in dnevne vrednosti. Koncentracije prašnih delcev pa so bile presežene 51-krat. Zakonsko dovoljeno število preseganj je 35. Razpoložljivost podatkov je bila za parameter SO₂ in PM₁₀ nad 90%, zato se rezultati obravnavajo kot uradnim, medtem ko so meritve NO₂/NO_x in PAH informativen.

Glede na izpostavljeno problematiko delcev PM₁₀ v Sloveniji oziroma Ljubljani in na lokaciji AMP Tivolska-Vošnjakova je bila narejena podrobnejša analiza delcev PM₁₀. Prekoračitve so zabeležene predvsem v zimskih neprevetrenih obdobjih, s pogosto meglo in pomanjkanjem padavin. Dodatno prispevajo še cirkulacije zračnih mas, ki prinesejo delce od drugod. Skupaj z lokalnimi viri (industrija, promet in individualna kurišča) povzročijo prekomerno onesnaženje, ki je bila v letu 2018 nadpovprečno visoko in so bili rezultati meritev na večini slovenskih postaj nad zakonsko dovoljenim številom prekoračitev.

Glede na to, da merilniki določajo koncentracijo le v 1 točki prostora je za učinkovit in celovit pogled nad dogajanjem v zunanjem zraku v lokalnem okolju priporočljivo dodati tudi druga orodja ocenjevanja kakovosti zraka, kot so:

- **Modelski izračuni:** modelski izračuni dopolnijo oceno kakovosti zunanjega zraka s prostorsko razporeditvijo onesnaženja, ki omogoča boljši vpogled v okoljske posledice onesnaževanja iz določenega vira in opredeljuje območja v okolici vira, ki so najbolj obremenjena. Torej z modelsko oceno se lahko določi dodatno obremenitev iz točno določenega posameznega vira.
- **Krajše merilne kampanje v lokalnem okolju:** še posebno v času večjih koncentracij je priporočljivo izvajati meritve tudi na drugih občutljivih točkah v prostoru.
- **Napoved pojava inverzije:** Poleg hitrosti vetra ima na koncentracije onesnaževal zelo pomemben vpliv tudi stabilnost ozračja. Spodnja plast atmosfere je v primeru temperaturne inverzije zelo stabilna in to negativno vpliva na razširjanje onesnaževal in privede do višjih koncentracij. Temperaturno inverzijo prepoznamo iz višinskega poteka temperature, kadar temperatura z višino narašča.