

Logotip izvajalca

---

**Poročilo**

Meteorološke meritve in meritve emisij vonja na  
CČN Ljubljana

Maj 2020 - Julij 2020

CČN Ljubljana

---

Oznaka poročila



Kraj, datum

OSNOVNI PODATKI

**Naročnik:** **JP Voka Snaga d.o.o.**

Vodovodna cesta 90

1000 Ljubljana

Odgovorna oseba: ga. Vesna Mislej, procesni tehnolog

Kontaktna oseba: ga. Vesna Mislej, procesni tehnolog

E-pošta: vesna.mislej@vokasnaga.si

Datum izvedbe meritev: maj 2020 – julij 2020

Datum poročila: 8. 8. 2020

Oznaka poročila:

Kraj izvedbe: CČN Ljubljana

**Izvajalec:**

Odgovorna oseba:

E-pošta:

Izdelava poročila:

IZJAVA

Poročila se brez pisnega dovoljenja izvajalcev ne sme reproducirati.

## Vsebina

1.	Namen .....	4
2.	Meritve emisij vonja .....	4
2.1.	Podatki o emisijskih virih .....	4
2.2.	Opis meritev .....	6
2.2.1.	Metodologija meritev emisij vonja .....	6
2.2.2.	Merilna oprema .....	7
2.3.	Rezultati meritev .....	7
2.3.1.	Koncentracija vonja v vzorcih iz zgoščevalnikov komunalne vode.....	7
2.3.2.	Emisija vonja iz ozračevalnega bazena.....	7
2.3.3.	Emisija vonja na izpustu očiščene vode v Ljubljano.....	8
2.4.	Analiza meritev .....	8
3.	Meritve gibanja zraka.....	9
3.1.	Meteorološke razmere .....	9
3.2.	Merilno mesto .....	9
3.3.	Merilna oprema .....	9
3.4.	Meritve in program za obdelavo .....	9
3.5.	Delovanje merilnika .....	10
3.6.	Analiza meritev .....	10

## 1. Namen

Namen projekta je klasifikacija emisijskih virov vonja, odvzem vzorcev odpadnih plinov, meritve volumskih pretokov odpadnih plinov, izvedba meritev koncentracije vonja v odvzetih vzorcih v laboratoriju za dinamično olfaktometrijo in meritve meteoroloških parametrov.

Cilj meritev emisij vonja in analiziranja obremenjenosti zunanjega zraka z vonjem na območju vrednotenja CČN Ljubljana je ugotoviti stanje obremenjenosti zraka z vonjem pred izvedbo nadgradnje sistema za upravljanje z odpadno vodo CČN Ljubljana.

## 2. Meritve emisij vonja

Meritve so bile izvedene z uporabo podtlačne komore in namenskih sistemov za zajem odpadnih plinov iz različnih vrst emisijskih virov (Slika 1). Vzorci so bili zajeti v Nalophanske vzorčevalne vreče prostornine 25 L.

Koncentracija vonja v odvzetih vzorcih je bila izmerjena v laboratoriju za dinamično olfaktometrijo. Pri meritvah je sodelovalo 6 panelistov, ki so bili predhodno preizkušeni z referenčnim plinom n-butanol in seznanjeni s postopkom dinamične olfaktometrije po standardu EN 13725:2003.

### 2.1. Podatki o emisijskih virih

Podatki o emisijskih virih na katerih so bili odvzeti vzorci odpadnega zraka so navedeni v Tabeli 1, ki vključuje datum odvzema vzorcev, tip emisijskega vira in njegove dimenzije ter meritve pretoka, temperature in vlage odpadnih plinov. Ker je bilo na nekaterih obratih več enakih emisijskih virov, navajamo v razpredelnicah podatek o številu virov, ki je pomemben za izračun skupne emisije vonja v poglavju Rezultati meritev.

Tabela 1. Podatki o tipu in dimenzijah emisijskega vira ter meritve pretoka (hitrosti), temperature in vlage odpadnih plinov.

<b>1. Emisijski vir: zgoščevalniki blata</b>			
Datum odvzema vzorcev:	21. 6. 2018	12. 9. 2018	22. 7. 2019
Tip emisijskega vira:	pasivni površinski vir	pasivni površinski vir	pasivni površinski vir
Površina vira:	48 m <sup>2</sup>	48 m <sup>2</sup>	48 m <sup>2</sup>
Temperatura izpusta pri viru:	27,6°C ± 0,2 °C	26,8°C ± 0,2 °C	28,9°C ± 0,2 °C
Relativna vlaga odpadnih plinov:	70 % ± 2 %	81 % ± 2 %	66 % ± 2 %
Višina izpustov:	15 m	15 m	15 m
Število virov:	3	3	3

**2. Emisijski vir: ozračevalni bazen na CČN**

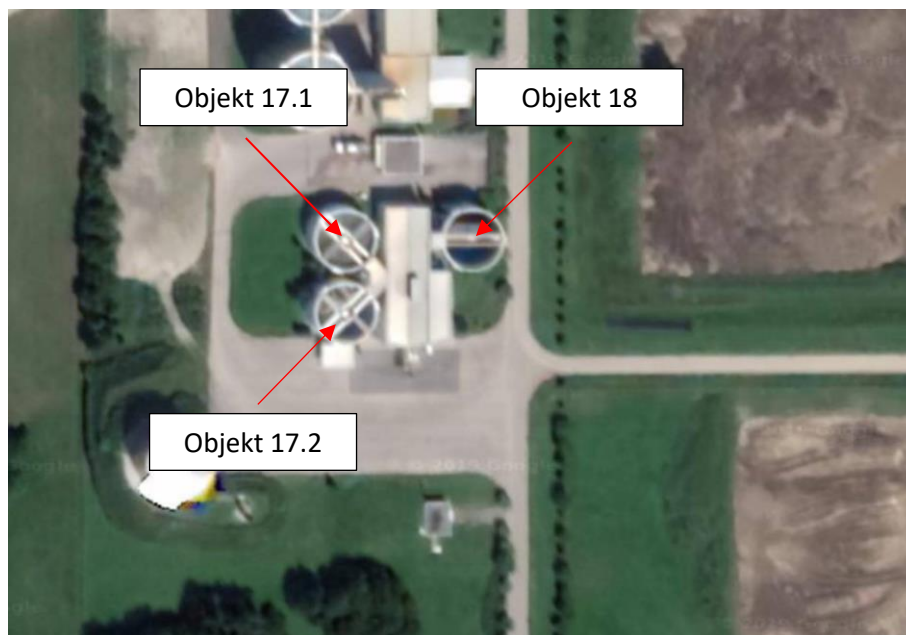
Datum odvzema vzorcev:	12. 9. 2018	22. 7. 2019
Tip emisijskega vira:	pasivni/aktivni površinski vir	pasivni/aktivni površinski vir
Površina vira:	7.500 m <sup>2</sup>	7.500 m <sup>2</sup>
Temperatura izpusta pri viru:	12,1°C ± 0,2 °C	12,3°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	0,01 m/s	0,01 m/s
Relativna vlaga odpadnih plinov:	87 % ± 2 %	89 % ± 2 %
Višina vira:	1 m	1 m

**3. Emisijski vir: Izpust vode v Ljubljano**

Datum odvzema vzorcev:	22. 7. 2019
Tip emisijskega vira:	pasivni/aktivni površinski vir
Površina vira:	10 m <sup>2</sup>
Temperatura izpusta pri viru:	12,5°C ± 0,2 °C
Hitrost odpadnih plinov:	0,01 m/s
Relativna vlaga odpadnih plinov:	78 % ± 2 %
Višina vira:	1 m



Slika 1. Odvzem vzorcev odpadnih plinov na gladini ozračevalnega bazena in zgoščevalnikih blata na čistilni napravi.



Slika 2. Oznake zgoščevalnikov blata.

## 2.2. Opis meritev

### 2.2.1. Metodologija meritev emisij vonja

Metodologija zbiranja in analize podatkov po metodi skladni z zahtevami navedenimi v standardu dinamične olfaktometrije EN 13725:2003.

Postopek:

1. Odvzem vzorcev odpadnih plinov na emisijskem viru. Vzoredno potekajo meritve temperature, vlage in pretoka odpadnega zraka. Vzorci zraka so odvzeti v vzorčevalne vreče iz referenčnega materiala Nalophan. Prostornina posamezne vzorčevalne vreče je 25 L. Zajem vzorca se izvede z uporabo sistema za odzemanje vzorcev iz tekočih površinskih virov.  
Zaradi zagotavljanja reprezentativnosti odvzetega vzorca zraka morajo biti vsi vzorci analizirani najkasneje v 6 urah od ure vzorčenja.
2. Izvedba meritev koncentracije vonja v odvzetih vzorcih zraka z dinamičnim olfaktometrom. Laboratorij za dinamično olfaktometrijo mora zadoščati pogojem navedenim v standardu EN 13725:2003.  
Panelisti so predhodno preizkušeni z uporabo referenčnega plina n-butanol in seznanjeni s postopkom dinamične olfaktometrije.
3. Določitev koncentracije neprijetnih vonjav ( $\text{EV}/\text{m}^3$ ) po metodi »Prisilnega izbora« z uporabo dinamičnega olfaktometra. Pri meritvah sodeluje 6 preizkušenih panelistov, meritve vodi strokovnjak z področja motečih vonjav.

4. Izračun emisije vonja (EV/s – enot vonja v sekundi) skladno s standardom EN 13725, nemškimi smernicami VDI in ostalimi priznanimi metodami.
5. Izdelava poročila z analizo.

### 2.2.2. Merilna oprema

Vzorci odpadnih plinov so bili odvzeti s sistemom za vzorčenje iz tekočih površinskih virov; koncentracija vonja je bila izmerjena z laboratorijskih olfaktometrom proizvajalca Aromatrix .

## 2.3. Rezultati meritev

Rezultati meritev koncentracij vonja in izračuni emisij vonja so navedeni v naslednjih razpredelnicah.

### 2.3.1. Koncentracija vonja v vzorcih iz zgoščevalnikov komunalne vode

V sklopu centralne čistilne naprave delujejo trije zgoščevalniki blata, ki so pasivni površinski viri (Slika 2). Koncentracija vonja v vzorcu zraka odvzetem v sekundarnem zgoščevalniku (objekt 18) je znašala 512 EV/m<sup>3</sup>, primarnem zgoščevalniku z oznako 17.1 274 EV/m<sup>3</sup>, v primarnem zgoščevalniku z oznako 17.2 pa 72 EV/m<sup>3</sup>. Ker se vsi trije viri uvrščajo med pasivne vire, privzemamo po smernici VDI nnnn podatek, da je hitrost odpadnih plinov manjša od 30 m/h. Emisija vonja iz zgoščevalnika z oznako 18 tako znaša 205 EV/s, iz zgoščevalnika z oznako 17.1 110 EV/s in iz zgoščevalnika z oznako 17.2 29 EV/s.

*Tabela 2.* Koncentracije vonja v vzorcih odpadnega zraka odvzetih na zgoščevalnikih blata.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Vir	Izmerjena koncentracija vonja $Z_{ITE}$ [EV/m <sup>3</sup> ]
21. 6. 2018, 12.00	E210618-V5	zgošč. 18	512
12. 9. 2018, 10.15	E120918-V5	zgošč. 17.2	72
21. 6. 2018, 12.15	E210618-V6	zgošč. 17.1	362
12. 9. 2018, 9.45	E120918-V4	zgošč. 17.1	203
22. 7. 2019, 10.30	E220719-V3	zgošč. 17.1	256
Povprečna koncentracija vonja $\bar{Z}_{ITE}$ (zgoščevalnik 17.1)			274 EV/m <sup>3</sup>

### 2.3.2. Emisija vonja iz ozračevalnega bazena

Ozračevalne bazene v katerih poteka bogatenje odpadne komunalne vode s kisikom (okoliški zrak) štejemo v odvisnosti od načina obratovanja tako med aktivne in kot tudi pasivne emisijske vire. Povprečna koncentracija vonja v odvzetih vzorcih odpadnega plina je znašala 276 EV/m<sup>3</sup>. Z upoštevanjem podatka o hitrosti pretoka odpadnega zraka 0,01 m/s izračunamo emisijo vonja, ki znaša 20.675 EV/s.

**Tabela 3.** Koncentracije vonja v vzorcih odpadnega zraka odvzetih na prezračevalnem bazenu in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja $Z_{ITE}$ [EV/m <sup>3</sup> ]
12. 9. 2018, 11.00	E120918-V6	322
12. 9. 2018, 11.00	E120918-V7	287
22. 7. 2019, 9.30	E220719-V2	218
Povprečna koncentracija vonja $\bar{Z}_{ITE}$		276 EV/m <sup>3</sup>
Emisija vonja [EV/s]		20.675 EV/s

### 2.3.3. Emisija vonja na izpustu očiščene vode v Ljubljano

Izpust uvrščamo med pasivne tekoče površinske vire. Povprečna koncentracija vonja v odvzetih vzorcih odpadnega plina je znašala 23 EV/m<sup>3</sup>. Z upoštevanjem podatka o hitrosti pretoka odpadnega zraka 0,01 m/s izračunamo emisijo vonja, ki znaša EV/s.

**Tabela 4.** Koncentracije vonja v vzorcih odpadnega zraka odvzetih pri izpustu očiščene vode in izračun emisije vonja.

Datum in čas meritve	Oznaka vzorca	Izmerjena koncentracija vonja $Z_{ITE}$ [EV/m <sup>3</sup> ]
22. 7. 2019, 8.45	E220719-V1	23
Povprečna koncentracija vonja $\bar{Z}_{ITE}$		23 EV/m <sup>3</sup>
Emisija vonja [EV/s]		2,3 EV/s

## 2.4. Analiza meritev

Emisije vonja iz tekočih površinskih virov, kot so lagune z izcedno vodo, bazeni na čistilnih napravah itd., so dokaj enakomerne. Odvisne so predvsem od obratovanja naprav in vremenskih razmer. Opozoriti velja, da se emisije vonja povečajo, če prihaja do zastajanja odpadne tekočine. Pri izvedbi meritev in emisijskih izračunih je potrebno upoštevati tudi v katerem režimu delovanja bazena z odpadno vodo je bila izvedena meritev. V režimu, ko sistem v odpadno vodo dovaja čist okoliški zrak, je namreč emisija vonja večja, kot v režimu, ko proces vpihovanja ne poteka.

Primerjava posameznih virov vonja na čistilni napravi kaže, da je največji emisijski vir ozračevalni bazen, temu sledijo zgoščevalniki blata, najmanj vonja pa emitira izpust očiščene vode v Ljubljano. Čeprav so emisije slednjega najmanjše velja poudariti, da se nahaja v neposredni bližini stanovanjskih hiš in je njegov vpliv občasno lahko zaznaven.



### **3. Meritve vetra**

#### **3.1. Meteorološke razmere**

V velikem delu Slovenije prevladujejo šibki vetrovi, ki so pogosti predvsem v nočnih in jutranjih urah. Šibki vetrovi so posledica geografske lege Slovenije, ki leži v zavetrju Alp. Ker je Slovenija reliefno precej hribovita dežela, hladen zrak zastaja v konkavnih reliefnih oblikah. Zaradi šibkih vetrov in zastajanja zraka v kotlinah prihaja pogosto do pojava temperaturnih inverzij, ki jih spremljata megla in povišani ravni onesnaženja v zunanjem zraku. Povišane koncentracije vonja se ob močnih temperaturnih inverzijah lahko pojavijo že ob majhnih emisijah vonja.

#### **3.2. Merilno mesto**

Poleg geografskih značilnosti in meteoroloških razmer je potrebno pri izboru merilnega mesta upoštevati tudi umeščenost glede na bližnje objekte. Zadostiti je potrebno meteorološkemu standardom (oddaljenost od prve zgradbe, oddaljenost od prometne infrastrukture, poraščenost okolice merilnega mesta, odprtost merilnega mesta v vse smeri in itd.), hkrati pa upoštevati oddaljenost emisijskih virov. Pravilen izbor merilnega mesta je pomemben tudi pri obravnavanju širjenja izpustov z računskimi modeli, saj lahko napačen izbor pomeni podcenjene ali pa precenjene koncentracije vonja v zunanjem zraku.

Ultrazvočni anemometer je nameščen na strehi črpališča vode - Objekta 0; Slika 3. Nameščen je 10 m nad tlemi; na strehi 3 m visoke stavbe in 6,5 m visokem drogu.

#### **3.3. Merilna oprema**

Za meteorološke meritve se uporablja 3 komponentni ultrazvočni anemometer z oznako USA-1 proizvajalca Metek. Prednost tovrstnih anemometrov je natančnost meritev, ki temelji na uporabi ultrazvoka in tehnično izvedbo merilnika, ki nima mehanskih delov. Glavna prednosti tega inštrumenta je veliko število zaporednih meritev (10 meritev v sekundi) v treh dimenzijah in delovanje inštrumenta pri majhni hitrosti vetra. Poleg osnovnih meritev smeri in hitrosti vetra, omogoča večja natančnost meritev tudi meritve spremenljivk o turbulenci v ozračju. Od te so odvisne sposobnosti razredčenja in širjenja emisij vonja v zunanjem zraku.

#### **3.4. Meritve in program za obdelavo**

Osnovne meritve gibanja zraka v prostoru in virtualne temperature zraka se izvajajo 10 krat v sekundi. S turbulenčnim programom obdelav se poleg smeri, skalarne in vektorske hitrosti vetra, stalnosti smeri vetra ter virtualne temperatura zraka, za deset minutni časovni interval računajo standardne deviacije komponent hitrosti vetra v smereh x, y in z, vertikalni toplotni tok, torna hitrost in ostali parametri turbulence.

Kakovostni podatki izmerjeni s 3D ultrazvočnim anemometrom so poleg podatkov o emisijah vonja ključnega pomena za kvalitetne izračune koncentracij vonja z disperzijskim modelom.



*Slika 3.* Merilno mesto.

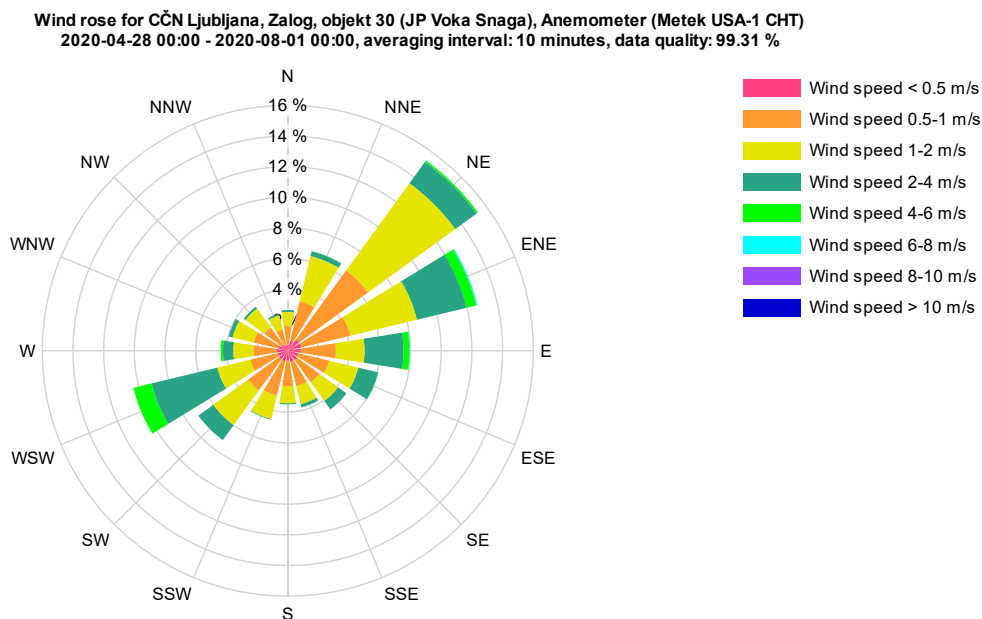
### **3.5. Delovanje merilnika**

Anemometer je bil pred pričetkom meritev kalibriran po priporočenem postopku proizvajalca. V merilnem obdobju je učinkovitost delovanja merilnika gibanja zraka znašala 99 odstotkov.

### **3.6. Analiza meritev**

Posledica geografskih značilnosti področja na katerem se nahajajo obrati CČN Ljubljana je zastajanje zraka v Ljubljanski kotlini. Ponoči in zjutraj se pogosto tvorijo temperaturne inverzije in prevladujejo šibki vetrovi. Roža vetra na Sliki 4 kaže, da je bila na merilnem mestu najpogostejša severovzhodna smer vetra; na sliki je ta smer označena s kratico NE.

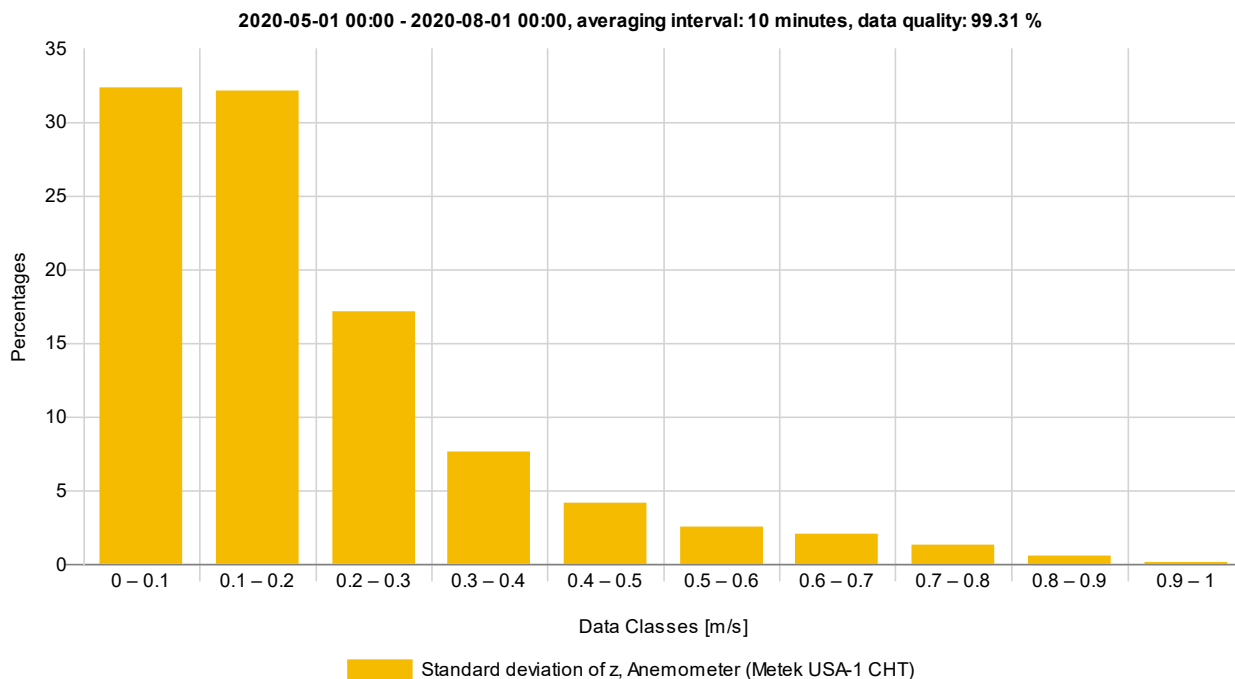
V času temperaturne inverzije se odpadni plini z okoliškim zrakom mešajo neučinkovito in se kopičijo v omejenem volumnu zraka. Ravni koncentracij vonja so v takih razmerah lahko povišane in za bližnje prebivalce moteče.



Slika 4. Roža vetrov – značilne smeri vetrov na CČN Ljubljana.

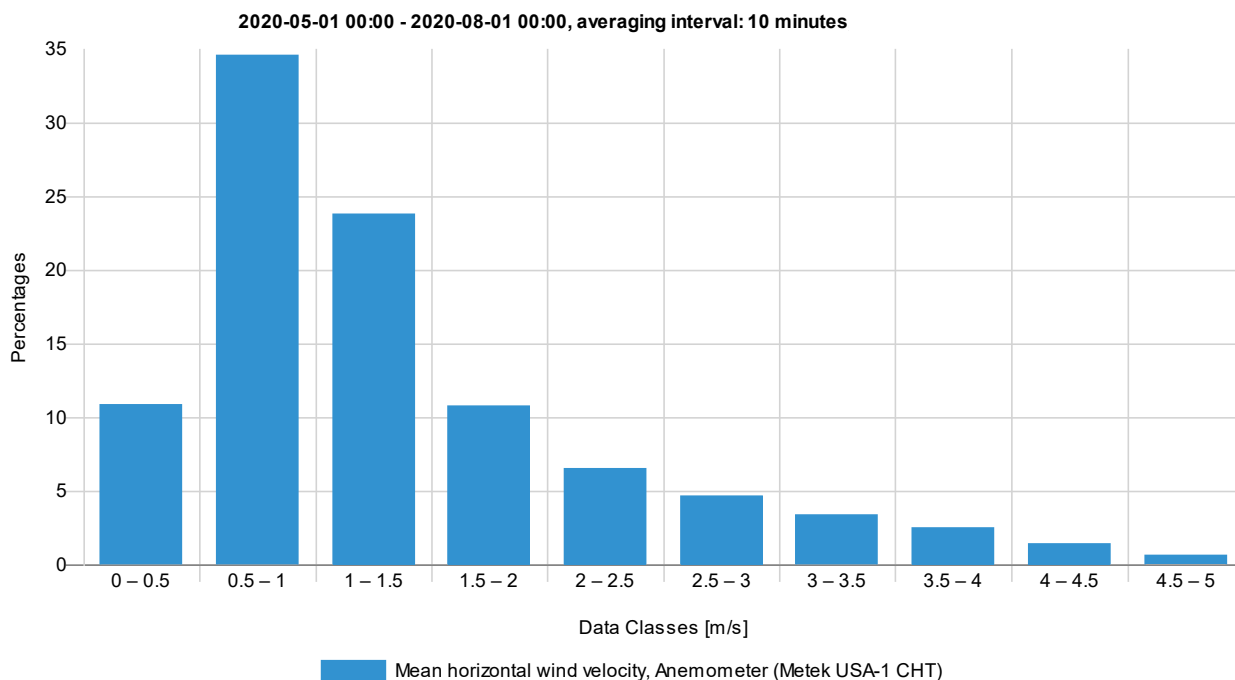
Dobro merilo intenzivnosti mešanja zraka oziroma turbulence v prizemnem sloju ozračja je standardna deviacija vertikalne hitrosti vetra, ki predstavlja povprečen odmik vertikalne hitrosti od povprečne vertikalne hitrosti. Majhne vrednosti standardne deviacije vertikalne hitrosti vetra pomenijo slabe pogoje za mešanje vonja z zrakom in potencialno povišane koncentracije vonja v zraku, visoke vrednosti pa dobre pogoje za mešanje vonja z zunanjim zrakom in nizke koncentracije vonja.

Meritve koncentracij plinov na Odlagališču nenevarnih odpadkov Barje (RCERO), ki je pasivni površinski talni vir kažejo, da se začnejo povišane koncentracije plinov v zraku pojavljati, ko padejo vrednosti standardne deviacije vertikalne hitrosti vetra pod 0,2 m/s. Podobno velja za CČN Ljubljana. Verjetnost za moteč vonj je največja ponoči, zjutraj in prvem delu dopoldneva. Porazdelitev standardne deviacije vertikalne hitrosti vetra je prikazana na Sliki 5.



Slika 5. Porazdelitev standardne deviacije vertikalne hitrosti vetra (m/s).

Vrednosti standardne deviacije vertikalne komponente hitrosti vetra so najnižje pri hitrostih vetra pod 1 m/s. Porazdelitev meritev hitrosti vetra po posameznih hitrostnih razredih je prikazana na Sliki 6. V celotnem merilnem obdobju je bila hitrost vetra na merilnem mestu 'CČN Ljubljana' pod 1 m/s 51 % časa.



Slika 6. Porazdelitev hitrosti vetra po razredih hitrosti s korakom 0,5 m/s.