









datum / lipanj 2025.

nositelj zahvata / Grad Zagreb, Trg Stjepana Radića 1, 10000 Zagreb

naziv dokumenta / **IZVJEŠTAJ O MJERENJIMA POSEBNE NAMJENE I KVALITETI
ZRAKA NA PODRUČJU MARKUŠEVCA**



Naručitelj:	Grad Zagreb OIB: 61817894937 Trg Stjepana Radića 1 10000 Zagreb
Izvršitelj mjerenja:	DVOKUT ECRO d.o.o. OIB: 29880496238 Trnjanska 37 10000 Zagreb Tel: +385 (01) 6114 867 / +385 (01) 6114 868 Fax: +385 (01) 6155 875 e-mail: info@dvokut-ecro.hr http://www.dvokut-ecro.hr
Naziv dokumenta:	IZVJEŠTAJ O MJERENJIMA POSEBNE NAMJENE I KVALITETI ZRAKA NA PODRUČJU MARKUŠEVCA
Ugovor:	Ugovor broj 672/2024 (naša oznaka U087-24)
Datum:	lipanj 2025.
Svrha mjerenja:	Mjerenje kvalitete zraka na području Markuševca
Voditelj izrade:	mr. sc. Gordan Golja, mag. ing. cheming. 
Stručni suradnici:	Sven Jambrušić, bacc. ing. evol. sust.  Mario Pokrivač, struč. spec. ing. sec.–zaštita okoliša, mag. ing. traff.  dr. sc. Tomi Haramina, mag. phys. geophys.  Marijana Bakula, mag. ing. cheming.  Luka Guštin, mag. ing. min.  Tomislav Harambašić, mag. phys. et geophys. 
Predsjednica Uprave:	mr. sc. Ines Rožanić, MBA 

 **DVOKUT ECRO d.o.o.**
proizvodnja i istraživanje
ZAGREB, Trnjanska 37



S A D R Ž A J

1	UVOD	3
2	OPIS RADNOG ZADATKA	5
2.1	MJERENJE KVALITETE ZRAKA.....	5
2.2	GRANIČNE VRIJEDNOSTI.....	5
2.3	ZAKONSKA REGULATIVA.....	6
3	MJERNI INSTRUMENTI I METODE MJERENJA	7
3.1	MJERNI INSTRUMENTI.....	7
3.2	AKREDITACIJA	8
4	METEOROLOŠKI INSTRUMENTI	10
5	REZULTATI MJERENJA	11
5.1	MIKROMETEOROLOŠKI PARAMETRI.....	11
5.2	POLUTANTI	13
6	ZAKLJUČAK	30



G R A F I Č K I P R I K A Z I

Grafički prikaz 1-1: Lokacija mjerenja (u središtu slike) u odnosu na lokaciju kompostane Markuševac.....	3
Grafički prikaz 5-1: Mikrometeorološki parametri na lokaciji tijekom prvog mjerenja (15.7. - 30.7.2024.).....	11
Grafički prikaz 5-2: Mikrometeorološki parametri na lokaciji tijekom drugog mjerenja (7.11. - 22.11.2024.).....	12
Grafički prikaz 5-3: Mikrometeorološki parametri na lokaciji tijekom trećeg mjerenja (19.2. - 6.3.2025.).....	12
Grafički prikaz 5-4: Mikrometeorološki parametri na lokaciji tijekom četvrtog mjerenja (19.5. - 3.6.2025.)	13
Grafički prikaz 5-5: Srednje dnevne koncentracije sumporovodika za sva četiri mjerenja.	14
Grafički prikaz 5-6: Srednje dnevne koncentracije amonijaka za sva četiri mjerenja	14
Grafički prikaz 5-7: Srednje dnevne koncentracije merkaptana za sva četiri mjerenja.	15
Grafički prikaz 5-8: Srednje satne koncentracije sumporovodika za sva četiri mjerenja.....	15
Grafički prikaz 5-9: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija sumporovodika u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za prvo mjerenje 15.7. - 30.7.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17
Grafički prikaz 5-10: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija sumporovodika u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za drugo mjerenje 7.11. - 22.11.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18
Grafički prikaz 5-11: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija sumporovodika u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za treće mjerenje 19.2. - 6.3.2025.(u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19
Grafički prikaz 5-12: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija sumporovodika u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za četvrto mjerenje 19.5. - 3.6.2025. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	20
Grafički prikaz 5-13: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija amonijaka u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za prvo mjerenje 15.7. - 30.7.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	21
Grafički prikaz 5-14: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija amonijaka u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za drugo mjerenje 7.11. - 22.11.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	22
Grafički prikaz 5-15: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija amonijaka u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za treće mjerenje 19.2. - 6.3.2025.(u $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	23
Grafički prikaz 5-16: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija amonijaka u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za četvrto mjerenje 19.5. - 3.6.2025. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24
Grafički prikaz 5-17: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija merkaptana u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za prvo mjerenje 15.7. - 30.7.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25
Grafički prikaz 5-18: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija merkaptana u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za drugo mjerenje 7.11. - 22.11.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26
Grafički prikaz 5-19: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija merkaptana u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za treće mjerenje 19.2. - 6.3.2025.(u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	27
Grafički prikaz 5-20: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija merkaptana u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za četvrto mjerenje 19.5. - 3.6.2025. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	28



T A B L I C E

Tablica 2-1: Granične vrijednosti iz Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku, NN 77/20, Prilog 1.D. Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na kvalitetu življenja (dodijavanje mirisom)	5
Tablica 5-1: Pokrivenost mjerenjima za promatrane vremenske periode.....	11
Tablica 5-2: Tablični prikaz srednjih dnevnih koncentracija sumporovodika za sva četiri mjerenja.....	16
Tablica 5-3: Tablični prikaz srednjih dnevnih koncentracija amonijaka za sva četiri mjerenja	16
Tablica 5-4: Tablični prikaz srednjih dnevnih koncentracija merkaptana za sva četiri mjerenja	17

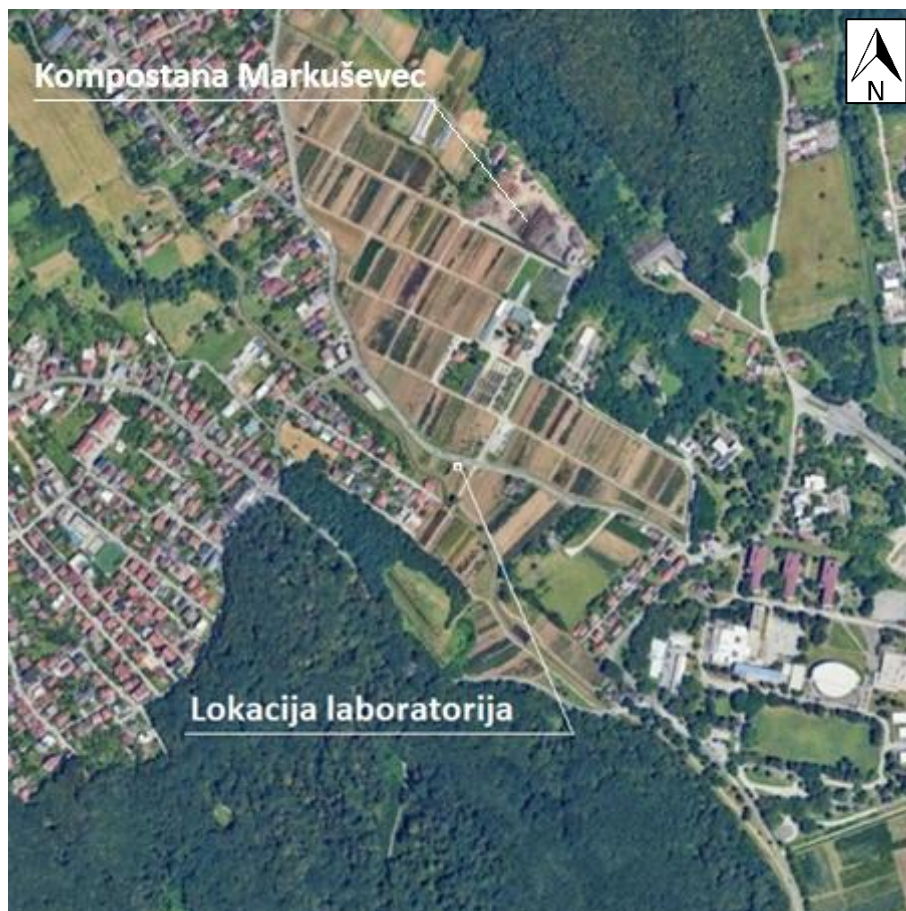


1 UVOD

U cilju utvrđivanja kvalitete zraka na području Markuševca, a temeljem ponude za posebna mjerenja kvalitete zraka od poduzeća "Dvokut Ecro" d.o.o. iz Zagreba naručen je posao obavljanja mjerenja kvalitete zraka na jednoj lokaciji. Naručeni posao obavljen je Pokretnim ekološkim laboratorijem (PEL). Kvaliteta zraka mjerena je ukupno četiri puta u razdoblju od svibnja 2024. godine do lipnja 2025. godine, te je svako mjerenje trajalo minimalno 15 dana. Periodi mjerenja kvalitete zraka odabrani su kako bi se približno obuhvatila sva godišnja doba te što veći raspon meteoroloških i okolišnih parametara, odnosno kako bi rezultati bili reprezentativni za cijelu godinu.

Lokacija:	Markuševac, Zagreb
Razdoblje mjerenja:	15.7.2024. – 30.7.2024. – 1. mjerenje 7.11.2024. – 22.11.2024. – 2. mjerenje 19.2.2025. – 6.3.2025. – 3. mjerenje 19.5.2025. – 3.6.2025. – 4. mjerenje
Koordinate:	45.839620°, 16.023022°

Na grafičkom prikazu u nastavku je lokacija Pokretnog ekološkog laboratorija (PEL).



Grafički prikaz 1-1: Lokacija mjerenja (u središtu slike) u odnosu na lokaciju kompostane Markuševac

Obveza izvršitelja bila je obaviti mjerenja imisijskih koncentracija relevantnih pokazatelja kvalitete zraka što je uključivalo: mjerenje imisijskih koncentracija H₂S, NH₃, merkaptana istovremeno sa mjerenjem mikrometeoroloških pokazatelja: brzina i smjer vjetra, temperatura, tlak i relativna vlažnost zraka.

Cilj predmetnog izvještaja je zajednički prikaz sva četiri mjerenja kako bi se uočili potencijalni trendovi te prepoznali potencijalni značajni izvori onečišćenja kvalitete zraka.



2 OPIS RADNOG ZADATKA

Prema Projektnom zadatku potrebno je obaviti indikativna mjerenja - na način da ista zadovolje propisane zahtjeve za minimalni obuhvat podataka i vremensku pokrivenost, u skladu s Pravilnikom o praćenju kvalitete zraka. Mjerenja su obavljena Pokretnim ekološkim laboratorijem (PEL) poduzeća Dvokut - ECRO. U nastavku su navedene mjerene onečišćujuće tvari te granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku sukladno Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 77/20).

2.1 MJERENJE KVALITETE ZRAKA

Mjerenje kvalitete zraka obuhvatilo je slijedeće pokazatelje:

amonijak	NH ₃
sumporovodik	H ₂ S
merkaptani	RSH

Mjerenje mikrometeoroloških parametara obuhvatilo je slijedeće parametre:

Brzina i smjer vjetra

Temperaturu zraka

Tlak zraka

Vlažnost zraka

2.2 GRANIČNE VRIJEDNOSTI

Granične vrijednosti određene su u Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 77/20). U tablici u nastavku dane su granične vrijednosti samo za mjerene za onečišćujuće tvari sumporovodik, merkaptane i amonijak.

Tablica 2-1: Granične vrijednosti iz Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku, NN 77/20, Prilog 1.D.
Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na kvalitetu življenja (dodijavanje mirisom)

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost, µg/m ³	Učestalost prekoračenja u godini
H ₂ S	1 sat	7	24
H ₂ S	24 sata	5	7
Merkaptani	24 sata	3	7
Amonijak	24 sata	100	7



2.3 ZAKONSKA REGULATIVA

1. Zakon o zaštiti zraka (NN 127/19, 57/22, 136/24)
2. Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18)
3. Pravilnik o sadržaju, formatu i postupku donošenja akcijskog plana za poboljšanje kvalitete zraka, te uzajamnoj razmjeni informacija i izvješćivanju o kvaliteti zraka i obvezama za provedbu Odluke Komisije 2011/850/EU (NN 26/23)
4. Pravilnik o praćenju kvalitete zraka (NN 72/20)
5. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 77/20)



3 MJERNI INSTRUMENTI I METODE MJERENJA

3.1 MJERNI INSTRUMENTI

Mjerenja onečišćujućih tvari rađena su pomoću mjernih instrumenata navedenih u nastavku. Za svaki instrument navedeno je i mjerno područje instrumenta te korištena mjerna metoda.

SYNSPEC GC 955-810

s/n 7215 (29.9.2017.)

Analizator za mjerenje merkaptana i ugljikovodika

mjerno područje: 0-300 vppb
donja granica detekcije: 0.2 vppb (metilmerkaptan) do 0.01 vppb (disulfid)
metoda mjerenja: plinska kromatografija

TELEDYNE T200

s/n 3703 (2017)

Analizator za mjerenje koncentracije NO, NO₂, NO_x

mjerna područja: Min: 0-50 ppb; Max: 0-20000 ppb
donja granica detekcije: 0.4 ppb
metoda mjerenja: kemiluminiscencija (EN 14211)

TELEDYNE T400

s/n 3809 (2018)

Analizator za mjerenje koncentracije O₃

mjerna područja: Min: 0-100 ppb Max: 0-10 ppm
donja granica detekcije: 0.4 ppb
metoda mjerenja: UV apsorpcija (EN 14625)

TELEDYNE T100

s/n 3674 (2018)

Analizator za mjerenje koncentracije SO₂

mjerna područja: Min: 0-50 ppb Max: 0-20000 ppb
donja granica detekcije: 0.4 ppb
metoda mjerenja: UV fluorescencija (EN 14212)

TELEDYNE T100 (T101)

s/n 3675 (2018)

Analizator za mjerenje koncentracije H₂S

mjerna područja: Min: 0-50 ppb Max: 0-10 ppm
donja granica detekcije: 0.4 ppb
metoda mjerenja: UV fluorescencija (EN 14212)

TELEDYNE T201/ T501NH₃

s/n 472 (2018) / s/n 481 (2018)

Analizator za mjerenje koncentracije NO, NO₂, NO_x, NH₃

mjerna područja: Min: 0-50 ppb Max: 0-2000 ppb
donja granica detekcije: 1.0 ppb
metoda mjerenja: kemiluminiscencija (EN 14211)



TELEDYNE T300

s/n 3266 (2017)

Analizator za mjerenje koncentracije CO

mjerna područja: Min: 0-1 ppm Max: 0-1000 ppm
donja granica detekcije: 0.004 ppm
metoda mjerenja: IR (EN 14626)

SERES GC 955-600

s/n 1764

Analizator za mjerenje benzena, toluena, p-ksilena, etilbenzena (BTEX)

mjerno područje: 0-300 vppb
donja granica detekcije: 0.15 vppb
metoda mjerenja: plinska kromatografija, kolona AT624, punjenje:
94% dimethylpolysiloxane, 6% cyanopropylphenyl
(EN 14662-3)

GRIMM 180-D

s/n 8HG14034

Analizator za mjerenje lebdećih čestica promjera < 10µm

mjerno područje: 0,1-1500 mg/m³
donja granica detekcije: 1.0 µg/m³ (2 sigma)
metoda mjerenja: laserski spektrometar

TELEDYNE 100E

s/n 2515

Analizator za mjerenje koncentracije SO₂

mjerna područja: do 20000 ppb
donja granica detekcije: 0.4 ppb
metoda mjerenja: UV fluorescencija (EN 14212)

TELEDYNE 200E

s/n 2566

Analizator za mjerenje koncentracije NO, NO₂, NO_x

mjerna područja: Min: 0-50 ppb; Max: 0-20000 ppb
donja granica detekcije: 0.4 ppb
metoda mjerenja: kemiluminiscencija (EN 14211)

TELEDYNE T201s/n 57 (T201) / sn 1034 (M501NH₃)Analizator za mjerenje koncentracije NO, NO₂, NO_x, NH₃

mjerna područja: Min: 0-50 ppb; Max: 0-2000 ppb
donja granica detekcije: 1.0 ppb
metoda mjerenja: kemiluminiscencija (EN 14211)

3.2 AKREDITACIJA

Laboratorij za praćenje kvalitete zraka i emisija u zrak tvrtke Dvokut ECRO proizvodnja i istraživanje d.o.o. akreditiran je od strane Hrvatske akreditacijske agencije. Tijekom prva tri mjerenja vrijedila je akreditacija pod brojem 1232 (KLASA: 383-02/19-30/041 URBROJ: 569-02/1-20-34, datum izdanja priloga: 13.3.2020., akreditacija je istekla: 12.3.2025.). za četvrto mjerenje vrijedila je akreditacija pod brojem 1232 (KLASA: 383-02/24-30/037 URBROJ: 569-02/8-25-13. datum izdanja priloga: 18.2.2025. Akreditacija istječe: 17.2.2030.)



Područje akreditacije su norme:

- HRN EN 14211:2012 (EN 14211:2012) — Mjerenje koncentracije dušikova dioksida i dušikova monoksida u zraku kemiluminiscencijom
- HRN EN 14212:2012 (EN 14212:2012) — Mjerenje koncentracije sumporova dioksida u zraku ultraljubičastom fluorescencijom
- HRN EN 14662-3:2015 (EN 14662-3:2015) - Mjerenje koncentracija benzena - 3.dio: Automatsko uzorkovanje prisvajanjem uz istovremenu analizu plinskom kromatografijom
- HRN EN 14625:2012 (EN 14625:2012) — Mjerenje koncentracije ozona ultraljubičastom fotometrijom
- HRN EN 14626:2012 (EN 14626:2012) — Mjerenje koncentracije ugljikova monoksida standardnom metodom

Uz prvu akreditaciju donesena je i dozvola za obavljanje djelatnosti praćenja kvalitete zraka Rješenjem Ministarstva zaštite okoliša i energetike (Klasa: UP/I-351-02/20-26/01 URBROJ: 517-04-2-19-2 od 16.3.2020). Dozvola je vrijedila do 12.3.2025. Uz drugu akreditaciju donesena je i druga dozvola za obavljanje djelatnosti praćenja kvalitete zraka Rješenjem Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije (Klasa: UP/I-351-06/25-01/2 URBROJ: 517-03-3-1-25-2 od 28.2.2025) prema metodama:

- HRN EN 14211:2012 (EN 14211:2012) — Mjerenje koncentracije dušikova dioksida i dušikova monoksida u zraku kemiluminiscencijom
- HRN EN 14212:2012 (EN 14212:2012); HRN EN 14212:2012/Ispr.1:2014 (EN 14212:2012/AC:2014) — Mjerenje koncentracije sumporova dioksida u zraku ultraljubičastom fluorescencijom
- HRN EN 14662-3:2015 (EN 14662-3:2015) - Mjerenje koncentracija benzena - 3.dio: Automatsko uzorkovanje prisvajanjem uz istovremenu analizu plinskom kromatografijom
- HRN EN 14625:2012 (EN 14625:2012) — Mjerenje koncentracije ozona ultraljubičastom fotometrijom
- HRN EN 14626:2012 (EN 14626:2012) — Mjerenje koncentracije ugljikova monoksida standardnom metodom
- Mjerenje koncentracija amonijaka — automatska mjerna metoda — HRN EN 14211:2012 (EN 14211:2012)
- Mjerenje koncentracije sumporovodika — automatska mjerna metoda — HRN EN 14212:2012 (EN 14212:2012); HRN EN 14212:2012/Ispr.1:2014 (EN 14212:2012/AC:2014)
- Mjerenje koncentracija merkaptana - automatska mjerna metoda - HRN EN 14662-3:2015 (EN 14662-3:2015)

Dozvola vrijedi do 17.2.2030.



4 METEOROLOŠKI INSTRUMENTI

Uz navedene onečišćujuće tvari, na Pokretnom ekološkom laboratoriju se također prate i mikrometeorološki parametri koji se kasnije koriste u analizi izmjerenih koncentracija. Korišteni meteorološki instrument naveden je u nastavku zajedno sa mjernim područje, točnosti i mjernom metodom uređaja za svaki meteorološki parametar.

WS 600UMB Anemometar za brzinu i smjer vjetra, tlak, temperaturu, vlažnost

Brzina vjetra

mjerno područje: 0-75 m/s

točnost: $\pm 0,3$ m/s ili $\pm 0,3$ % (0-35 m/s) $\pm 0,5$ m/s ili ± 5 % (>35 m/s) RMS

metoda mjerenja: ultrazvuk

Smjer vjetra

mjerno područje: 0-359,9 m/s

točnost: $< 3^\circ$ RMSE $> 1,0$ m/s

metoda mjerenja: ultrazvuk

Tlak

mjerno područje: 300-1200 hPa

točnost: $\pm 0,5$ hPa (0-40°C)

metoda mjerenja: MEMS kapacitivna

Temperatura

mjerno područje: -50 - +60 °C

točnost: $\pm 0,2^\circ\text{C}$ (-20 - +50°C)

metoda mjerenja: NTC

Vlažnost

mjerno područje: 0 - 100 % RH

točnost: ± 2 % RH

metoda mjerenja: kapacitivna

Padavine

rezolucija: 0,01 mm



5 REZULTATI MJERENJA

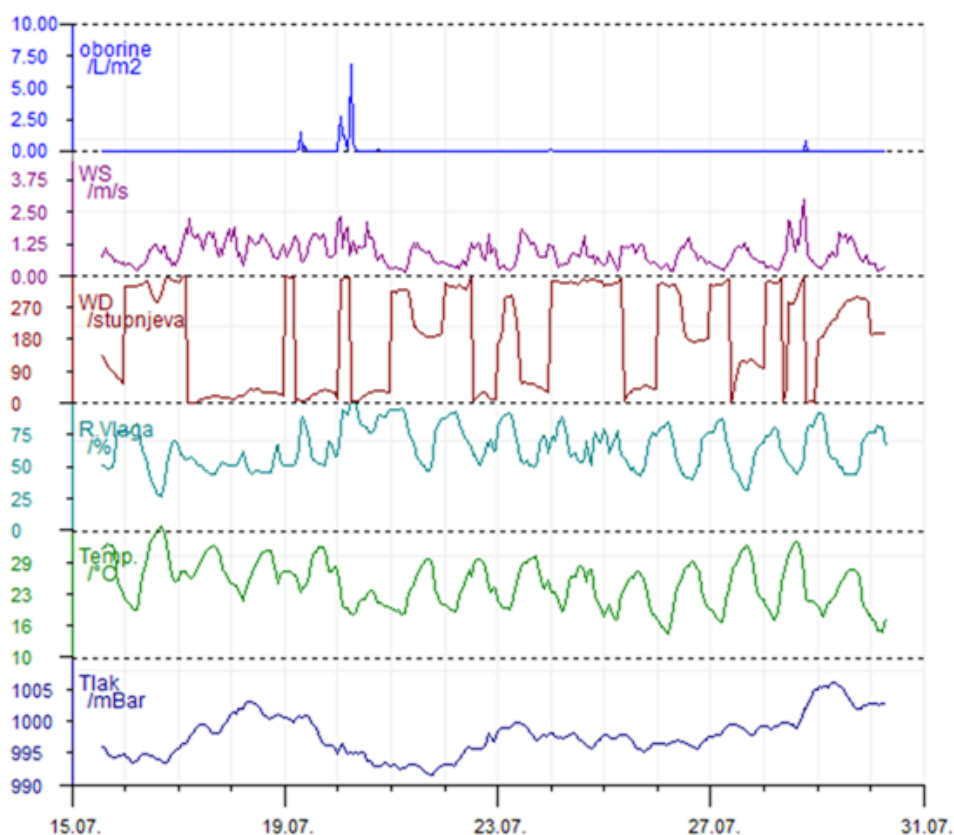
Kvaliteta zraka na lokaciji pratila se ukupno četiri puta, a svako mjerenje trajalo je minimalno 15 dana. U tablici u nastavku prikazano je ukupno vrijeme mjerenja te je određena pokrivenost mjerenjima kroz period.

Tablica 5-1: Pokrivenost mjerenjima za promatrane vremenske periode.

Vremenski period	Redni broj mjerenja	Vrijeme mjerenja	Broj podataka (pokrivenost mjerenja)
15.7.2024. u 14:00 – 30.7.2024. u 7:00	1. mjerenje	354 sati	354 podataka (100 %)
7.11.2024. u 13:00 – 22.11.2024 u 23:00	2. mjerenje	371 sati	371 podataka (100 %)
19.2.2025. u 10:00 – 6.3.2025. u 10:00	3. mjerenje	361 sati	361 podataka (100 %)
19.5.2025. u 13:00 – 3.6.2025. u 8:00	4. mjerenje	356 sata	356 podatka (100 %)

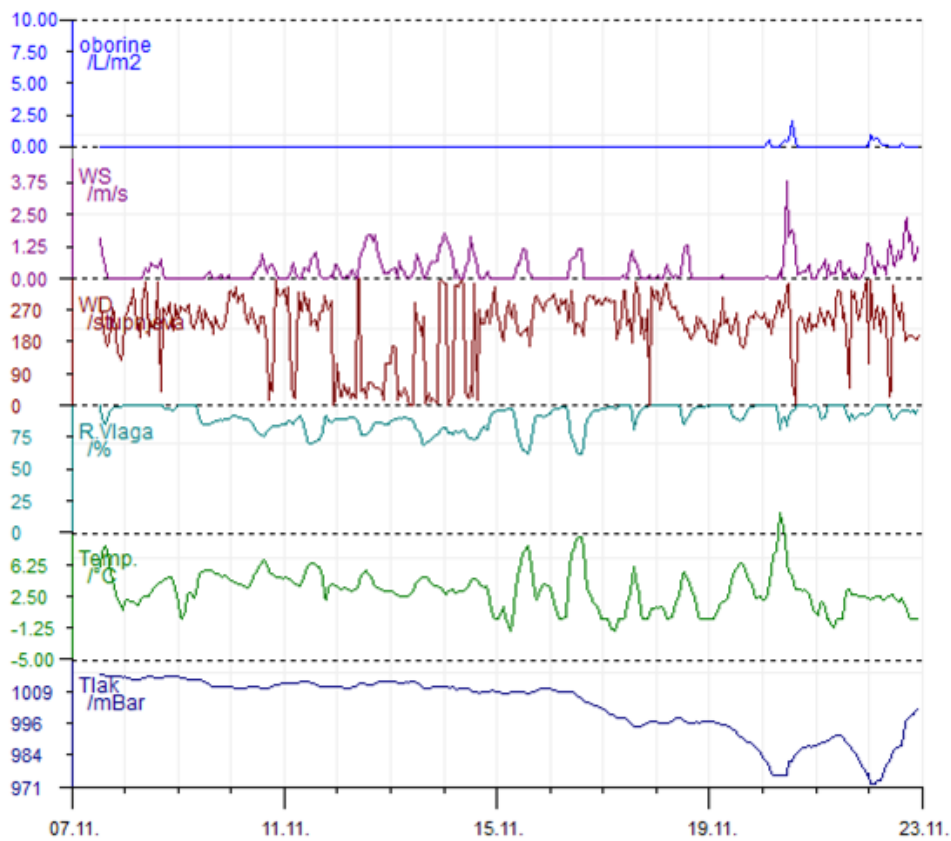
5.1 MIKROMETEOROLOŠKI PARAMETRI

Na grafičkim prikazima u nastavku prikazani su mikrometeorološki parametri zabilježeni tijekom mjerenja na lokaciji zahvata. Tijekom mjerenja kod kojih nije došlo do oborina, one nisu ni prikazane na grafičkom prikazu.

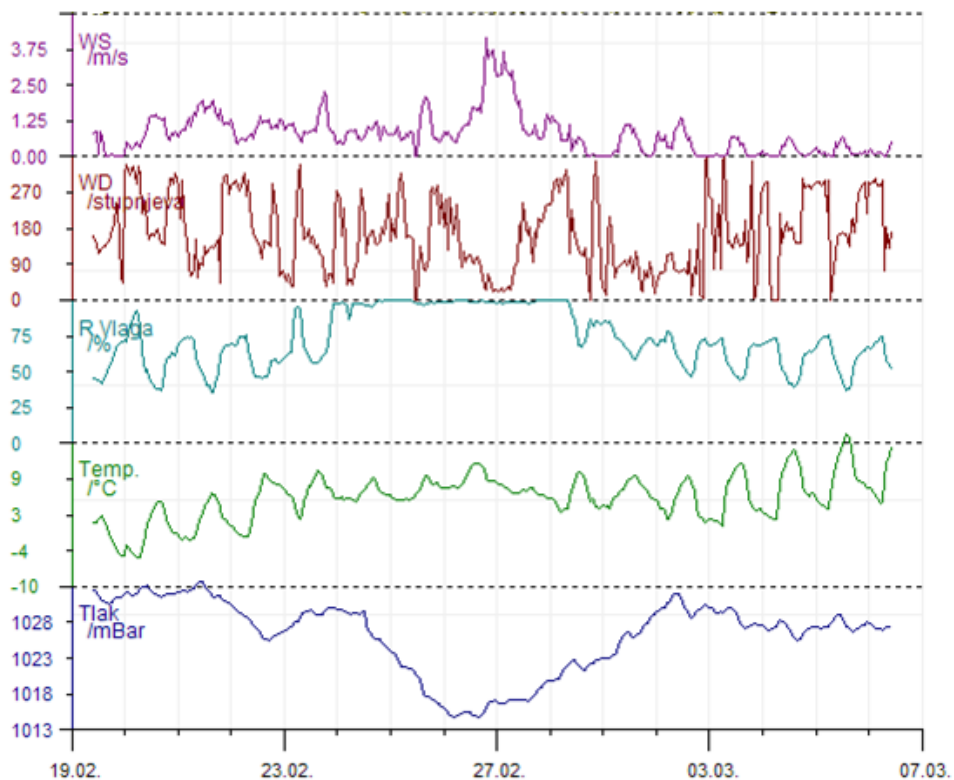


Grafički prikaz 5-1: Mikrometeorološki parametri na lokaciji tijekom prvog mjerenja (15.7. - 30.7.2024.)



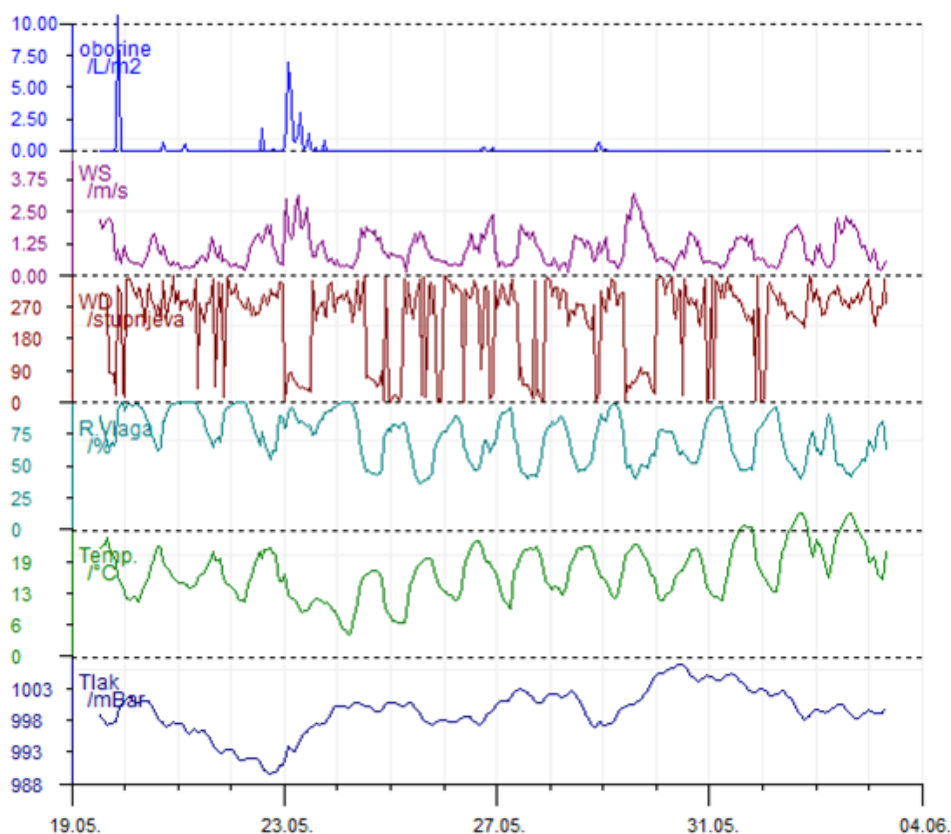


Grafički prikaz 5-2: Mikrometeorološki parametri na lokaciji tijekom drugog mjerenja (7.11. - 22.11.2024.)



Grafički prikaz 5-3: Mikrometeorološki parametri na lokaciji tijekom trećeg mjerenja (19.2. - 6.3.2025.)





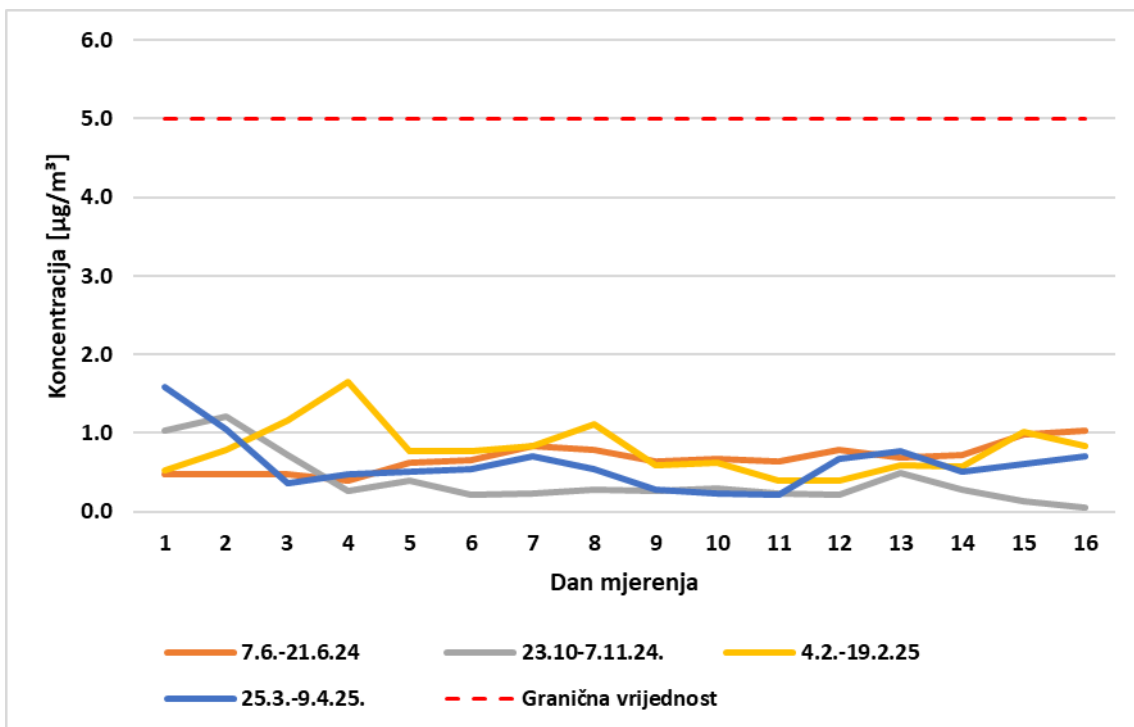
Grafički prikaz 5-4: Mikrometeorološki parametri na lokaciji tijekom četvrtog mjerenja (19.5. - 3.6.2025.)

5.2 POLUTANTI

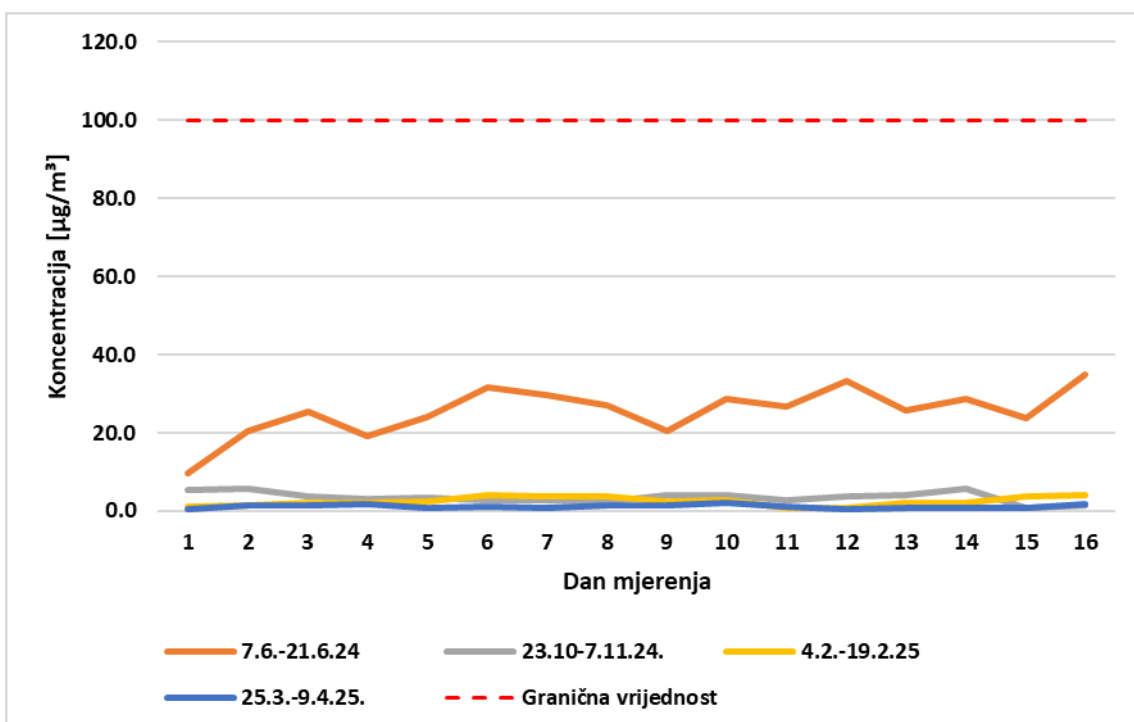
Na grafičkim prikazima u nastavku prikazani su rezultati mjerenja koncentracija onečišćujućih tvari u zraku za sva četiri mjerenja. Na grafičkim prikazima je također naznačena granična vrijednost za svaki polutant i period usrednjavanja.

Srednje dnevne koncentracije sumporovodika, amonijaka i merkaptana prikazane su i tablično za sva četiri mjerenja.



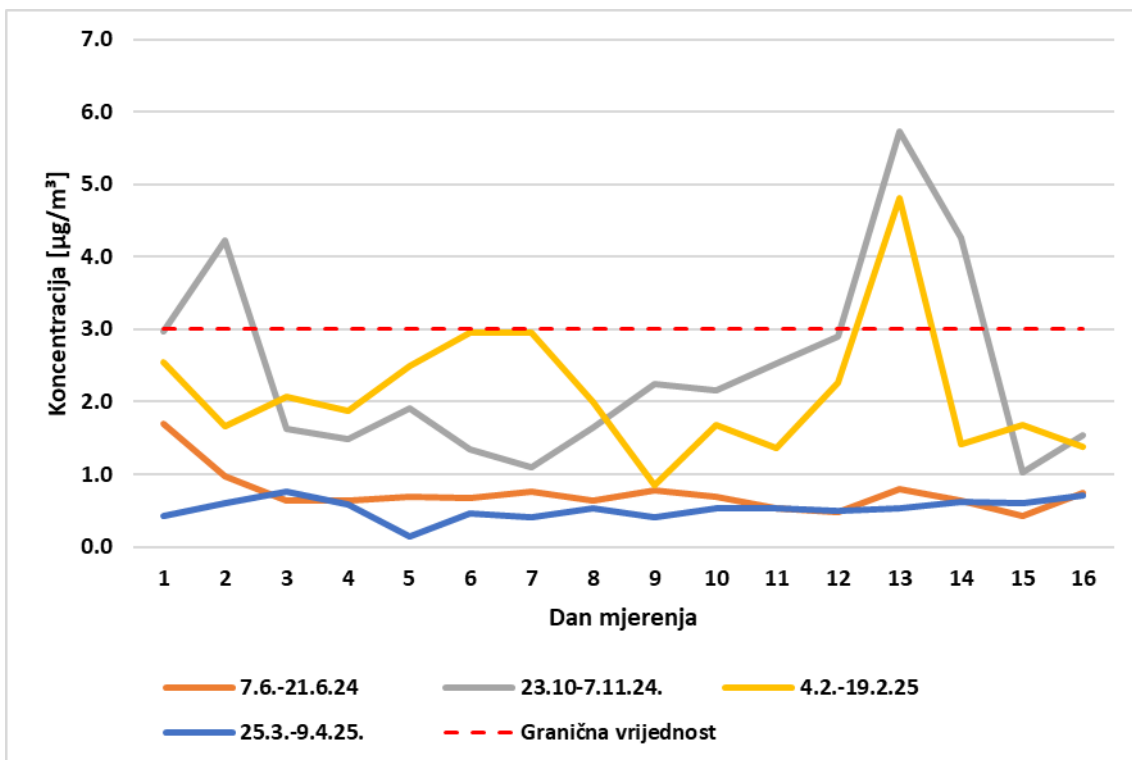


Grafički prikaz 5-5: Srednje dnevne koncentracije sumporovodika za sva četiri mjerenja.

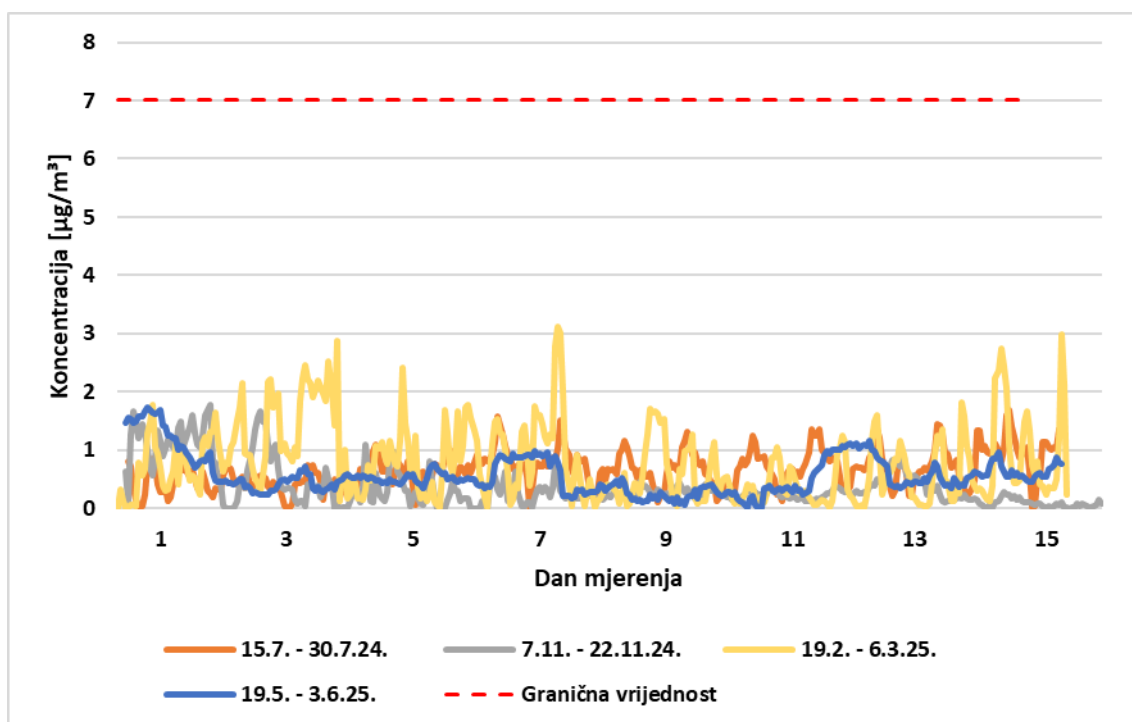


Grafički prikaz 5-6: Srednje dnevne koncentracije amonijaka za sva četiri mjerenja.





Grafički prikaz 5-7: Srednje dnevne koncentracije merkaptana za sva četiri mjerenja.



Grafički prikaz 5-8: Srednje satne koncentracije sumporovodika za sva četiri mjerenja.

Rezultati mjerenja sumporovodika ne pokazuju prekoračenje srednjih dnevnih ni srednjih satnih graničnih vrijednosti.

Rezultati mjerenja amonijaka ne pokazuju prekoračenje srednje dnevne granične vrijednosti.

Rezultati mjerenja merkaptana ne pokazuju prekoračenje srednje dnevne granične vrijednosti tijekom prvog mjerenja. Tijekom drugog mjerenja zabilježena su tri prekoračenja (8., 19. i 20.11.2024.). Tijekom



trećeg mjerenja zabilježeno je jedno prekoračenje (3.3.2025.) dok tijekom četvrtog mjerenja nije zabilježeno prekoračenje srednje dnevne granične vrijednosti.

Tablica 5-2: Tablični prikaz srednjih dnevnih koncentracija sumporovodika za sva četiri mjerenja

Dan mjerenja	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje	4. mjerenje
1	0,48	1,03	0,52	1,58
2	0,48	1,22	0,79	1,06
3	0,48	0,72	1,16	0,37
4	0,39	0,27	1,64	0,47
5	0,62	0,40	0,77	0,51
6	0,65	0,21	0,77	0,55
7	0,84	0,23	0,83	0,70
8	0,78	0,28	1,11	0,54
9	0,64	0,27	0,59	0,28
10	0,68	0,29	0,62	0,24
11	0,64	0,24	0,39	0,22
12	0,80	0,22	0,40	0,68
13	0,68	0,50	0,60	0,77
14	0,72	0,28	0,58	0,50
15	0,98	0,13	1,02	0,62
16	1,03	0,05	0,83	0,70

Tablica 5-3: Tablični prikaz srednjih dnevnih koncentracija amonijaka za sva četiri mjerenja

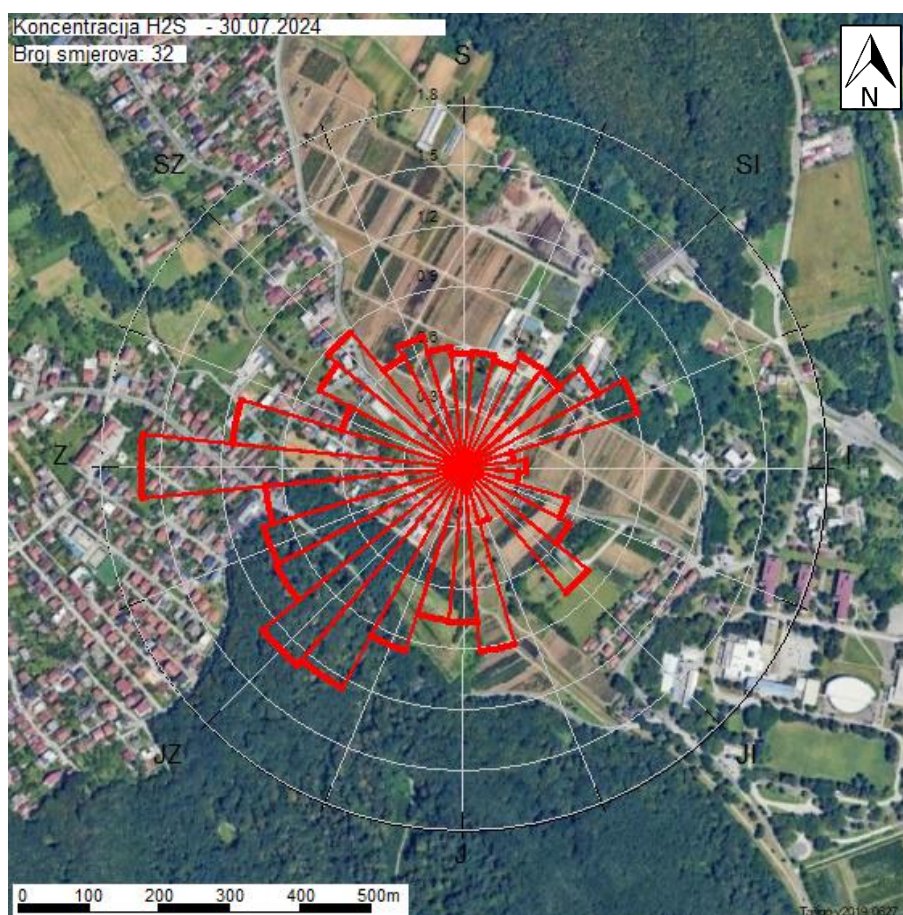
Dan mjerenja	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje	4. mjerenje
1	9,73	5,32	1,12	0,45
2	20,33	5,57	1,49	1,46
3	25,42	3,62	1,99	1,54
4	19,27	3,16	2,13	1,64
5	24,19	3,31	2,45	0,66
6	31,63	2,90	3,91	1,26
7	29,81	2,67	3,81	0,78
8	27,13	2,54	3,69	1,47
9	20,40	3,93	2,44	1,33
10	28,81	4,17	2,72	2,02
11	26,77	2,72	0,93	1,05
12	33,21	3,57	0,75	0,37
13	25,65	3,95	2,07	0,91
14	28,63	5,86	2,14	0,65
15	23,88	0,72	3,82	0,92
16	34,96	1,49	4,03	1,77



Tablica 5-4: Tablični prikaz srednjih dnevnih koncentracija merkaptana za sva četiri mjerenja

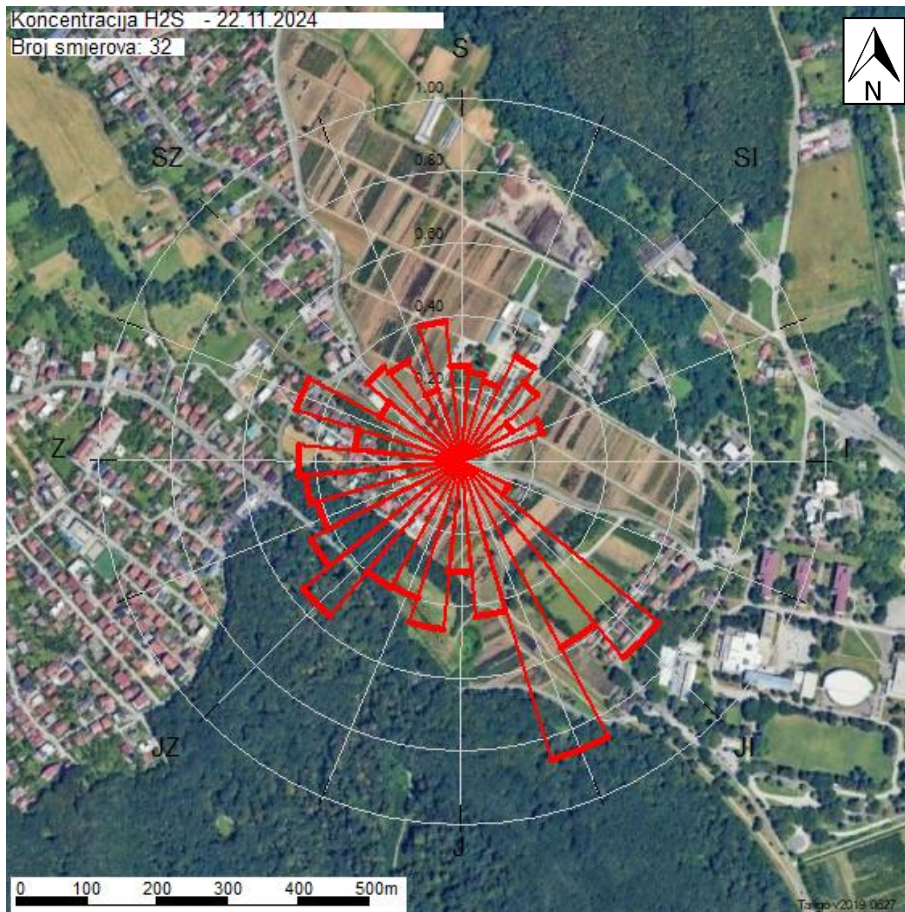
Dan mjerenja	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje	4. mjerenje
1	1,70	2,97	2,54	0,43
2	0,97	4,23	1,67	0,60
3	0,65	1,62	2,07	0,77
4	0,64	1,48	1,87	0,58
5	0,70	1,92	2,50	0,14
6	0,67	1,35	2,95	0,46
7	0,76	1,09	2,96	0,41
8	0,63	1,65	2,01	0,54
9	0,78	2,24	0,85	0,41
10	0,68	2,16	1,67	0,53
11	0,54	2,54	1,36	0,53
12	0,47	2,90	2,26	0,50
13	0,79	5,74	4,81	0,53
14	0,63	4,26	1,41	0,62
15	0,43	1,02	1,69	0,60
16	0,75	1,54	1,38	0,70

Na grafičkim prikazima u nastavku su prikazane koncentracije sumporovodika, amonijaka i merkaptana u odnosu na smjer vjetra kako bi se mogao odrediti smjer izvora onečišćenja.

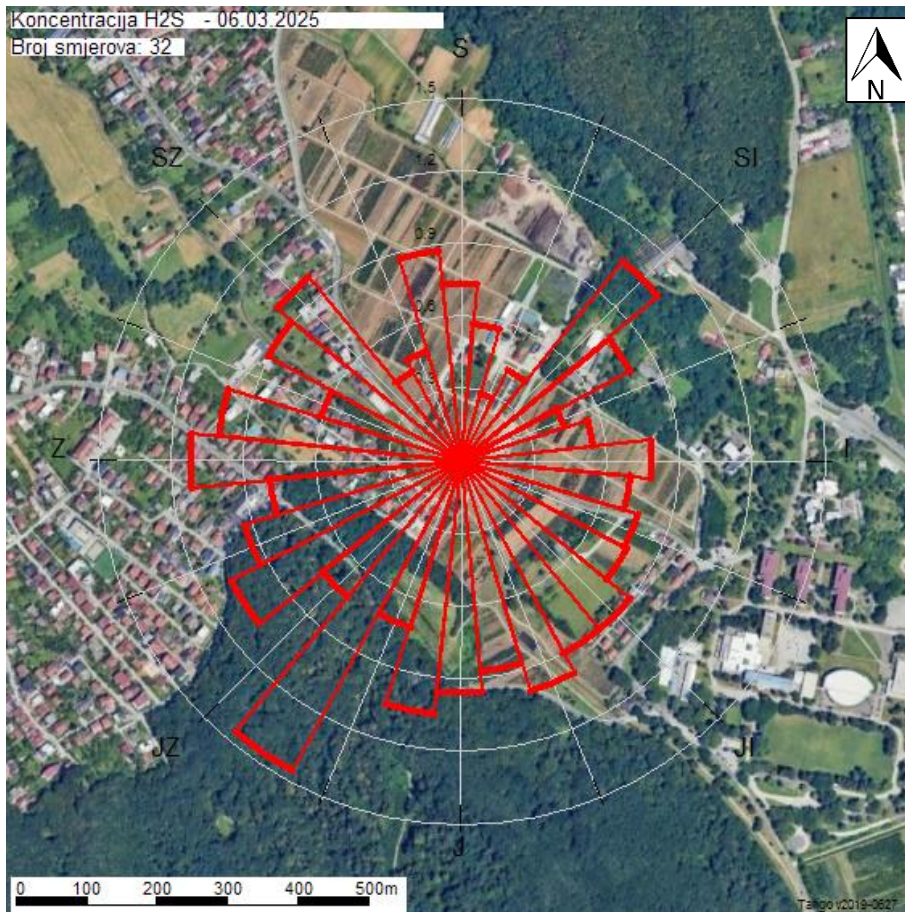


Grafički prikaz 5-9: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija sumporovodika u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za prvo mjerenje 15.7. - 30.7.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

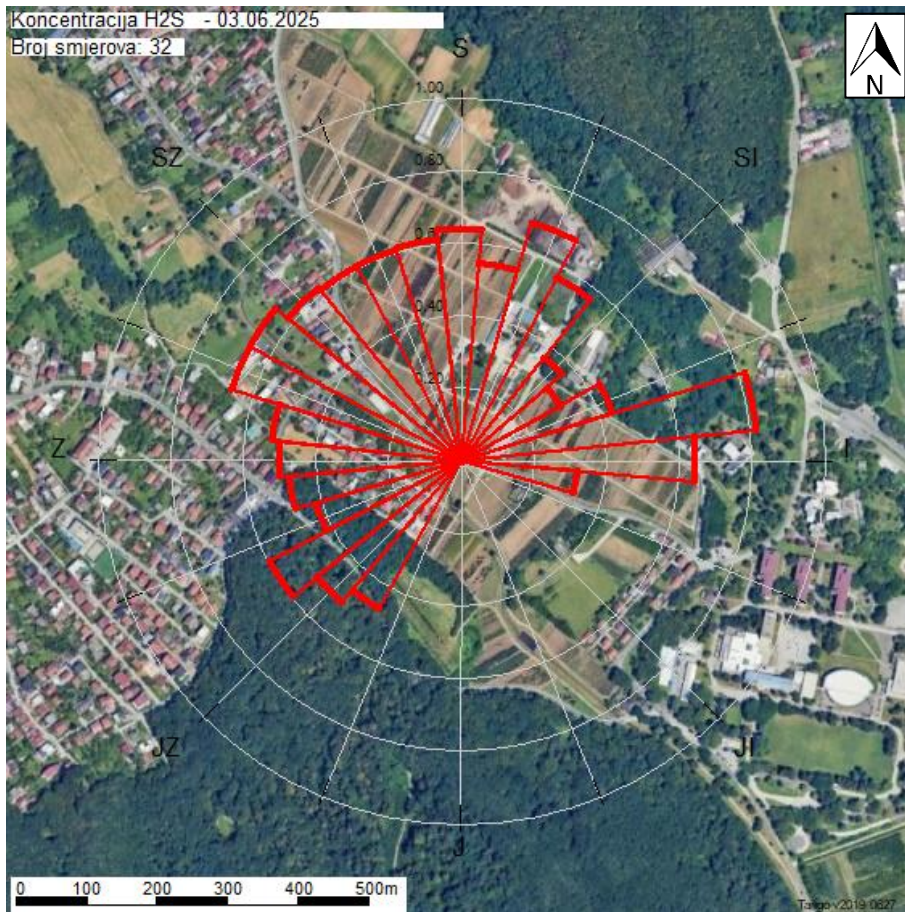




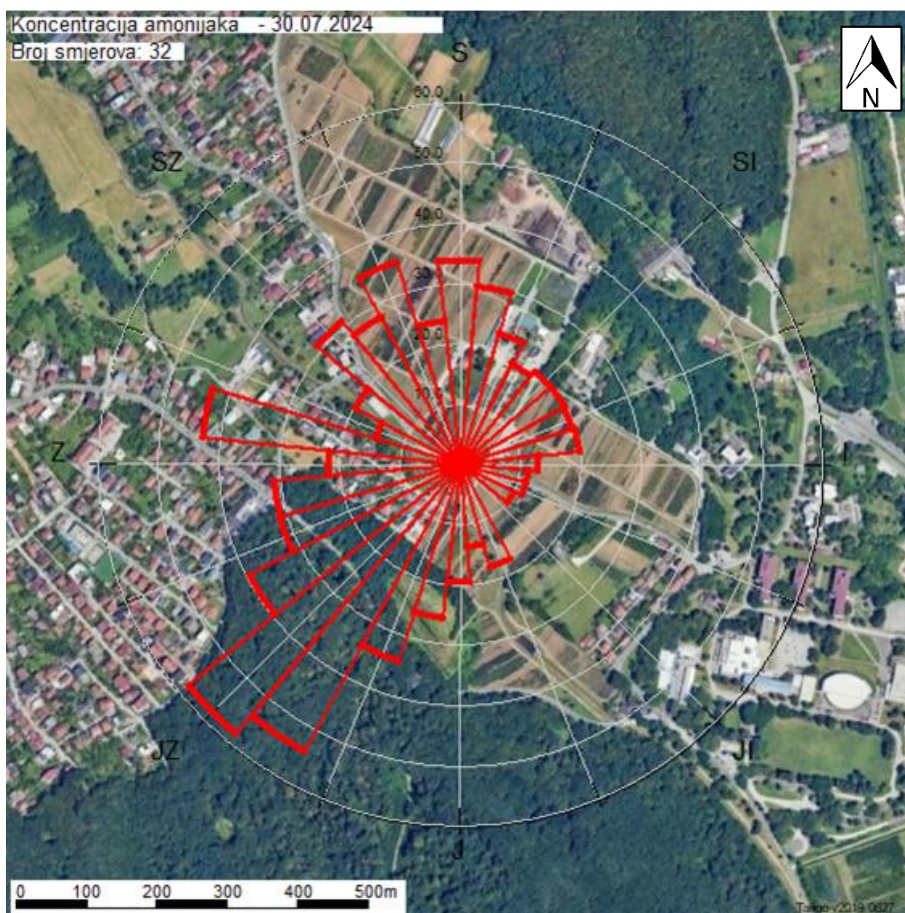
Grafički prikaz 5-10: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija sumporovodika u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za drugo mjerenje 7.11. - 22.11.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



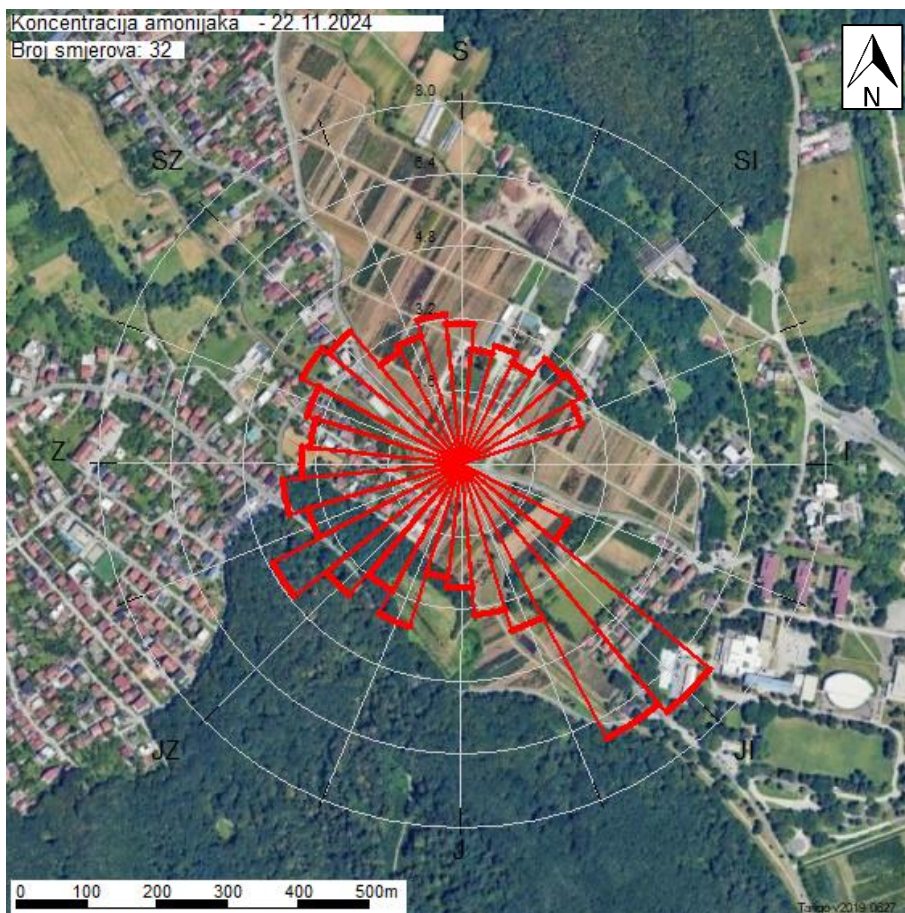
Grafički prikaz 5-11: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija sumporovodika u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za treće mjerenje 19.2. - 6.3.2025.(u µg/m³)



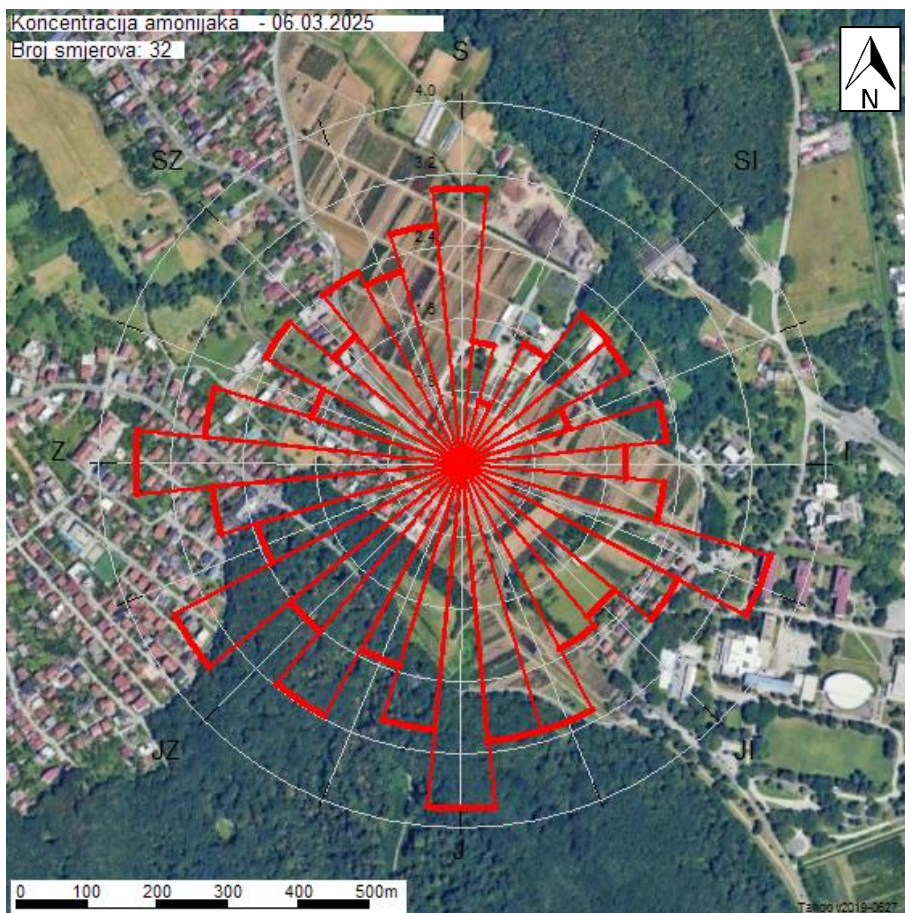
Grafički prikaz 5-12: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija sumporovodika u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za četvrto mjerjenje 19.5. - 3.6.2025. (u µg/m³)



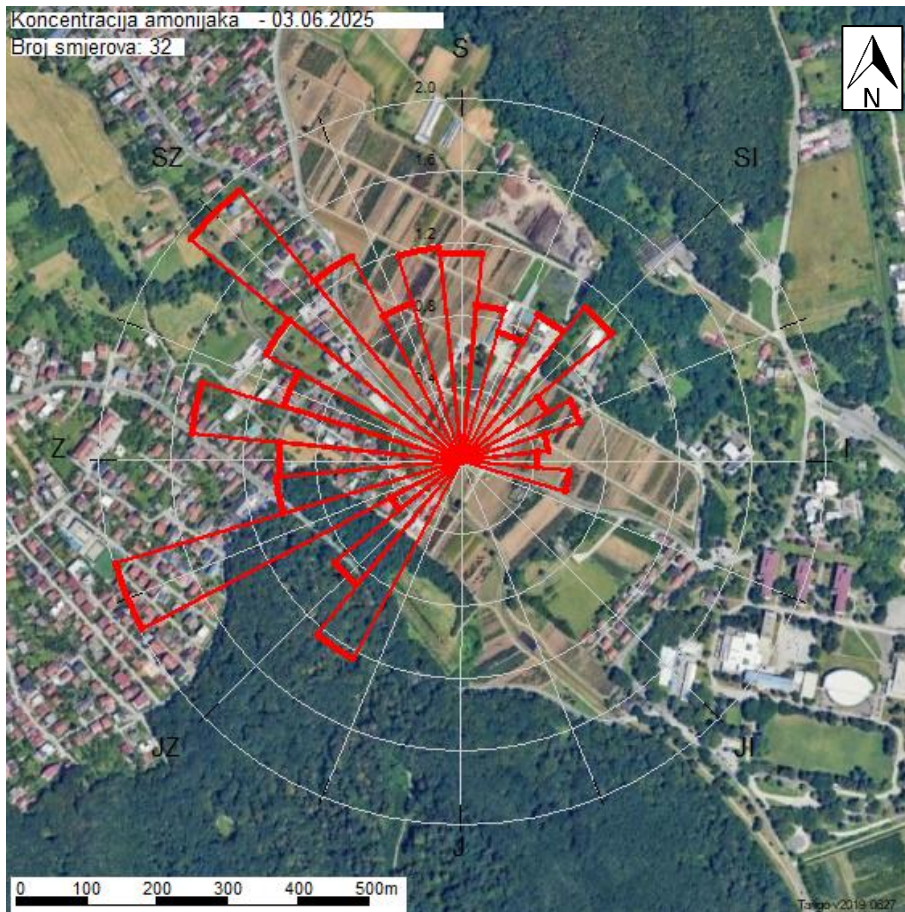
Grafički prikaz 5-13: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija amonijaka u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za prvo mjerenje 15.7. - 30.7.2024. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



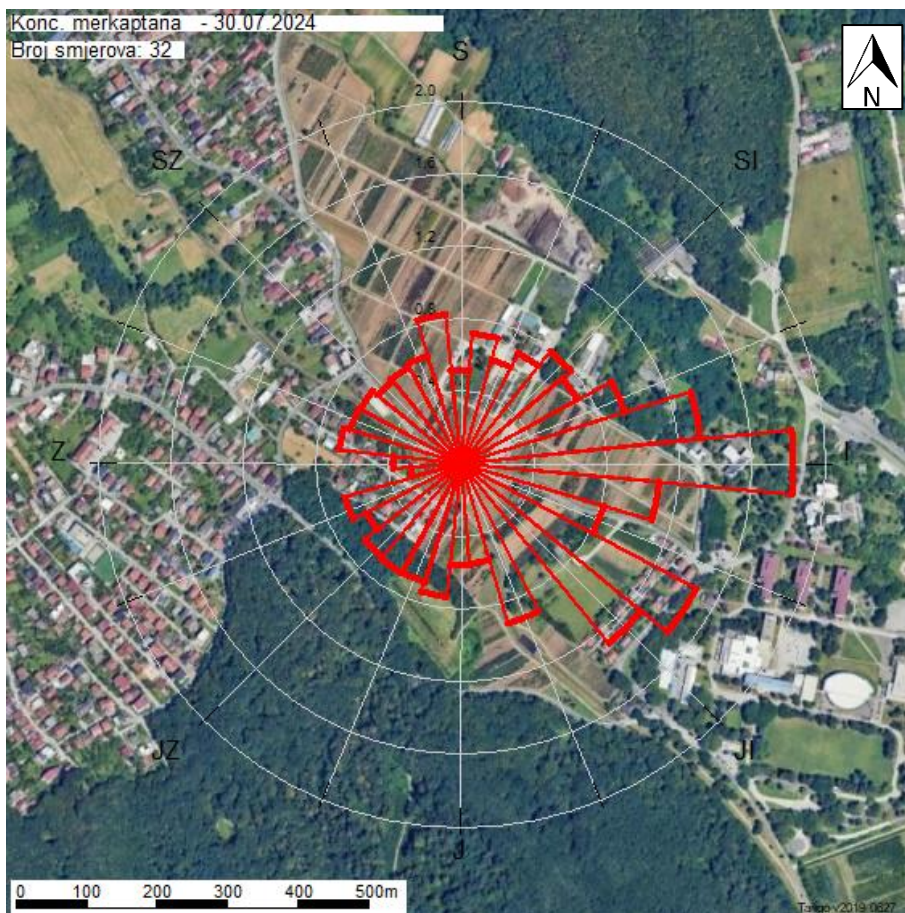
Grafički prikaz 5-14: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija amonijaka u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za drugo mjerenje 7.11. - 22.11.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



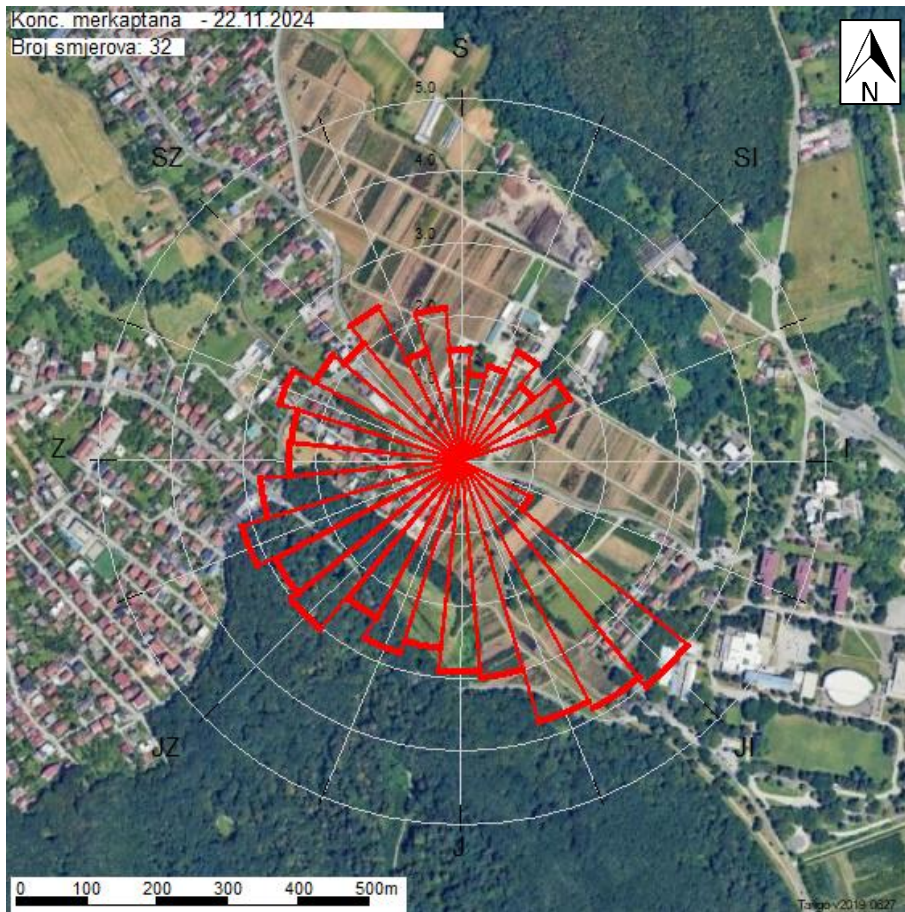
Grafički prikaz 5-15: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija amonijaka u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za treće mjerenje 19.2. - 6.3.2025.(u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



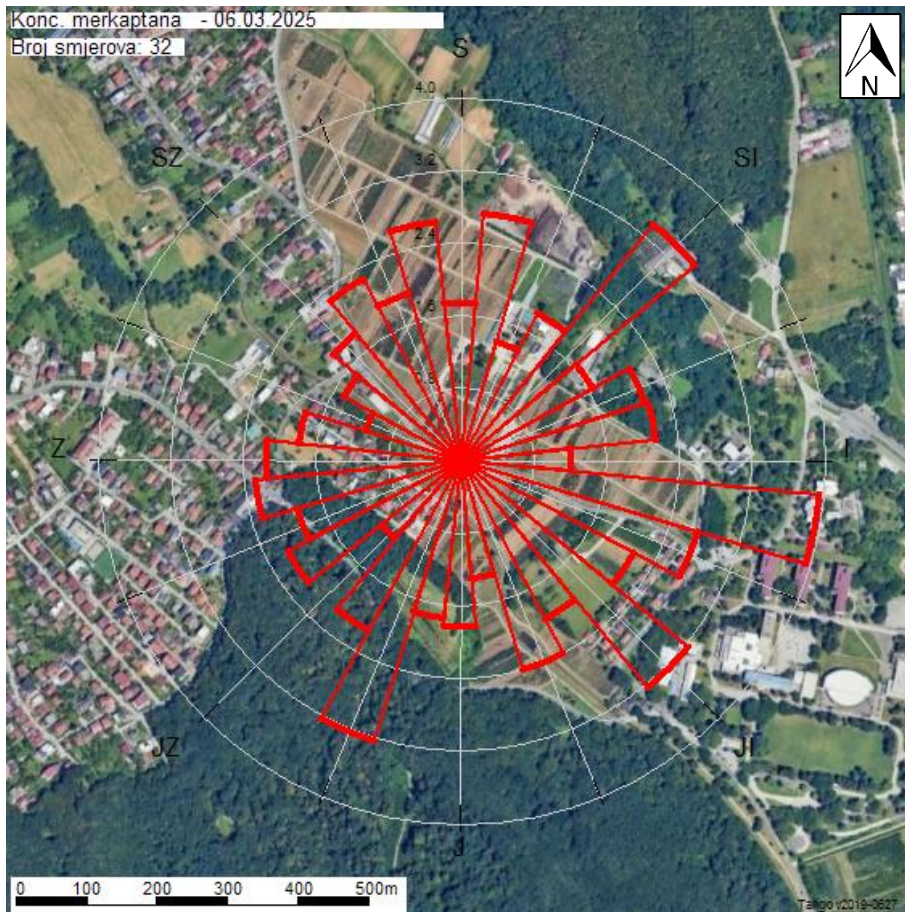
Grafički prikaz 5-16: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija amonijaka u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za četvrto mjerenje 19.5. - 3.6.2025. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



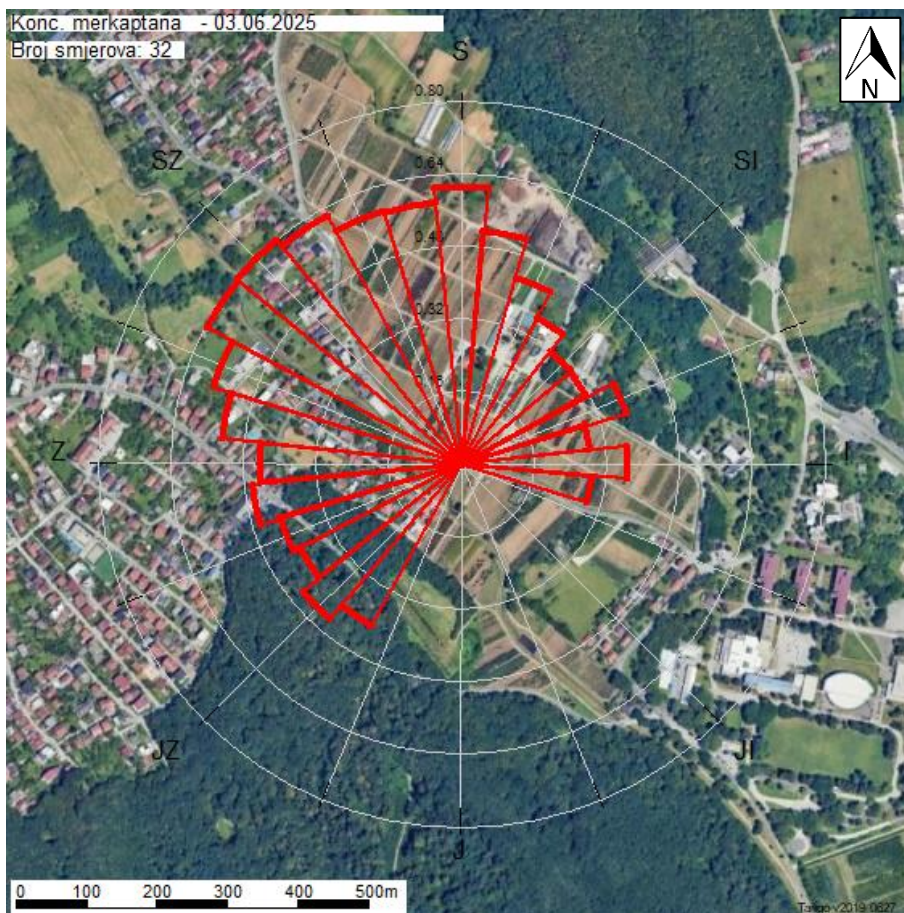
Grafički prikaz 5-17: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija merkaptana u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za prvo mjerenje 15.7. - 30.7.2024. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Grafički prikaz 5-18: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija merkaptana u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za drugo mjerenje 7.11. - 22.11.2024. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Grafički prikaz 5-19: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija merkaptana u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za treće mjerenje 19.2. - 6.3.2025.(u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Grafički prikaz 5-20: Prikaz srednjih imisijskih koncentracija merkaptana u odnosu na smjer vjetra na području Markuševca za četvrto mjerenje 19.5. - 3.6.2025. (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tijekom prvog, drugog i trećeg mjerenja zabilježene su podjednake koncentracije **sumporovodika** neovisno o smjeru strujanja vjetra. Tijekom četvrtog mjerenja zabilježene su podjednake koncentracije sumporovodika za vrijeme istočnog, sjevernog i zapadnog vjetra, dok za vrijeme južnog i jugoistočnog vjetra nije zabilježeno onečišćenje sumporovodikom. Potencijalan razlog zašto nije zabilježeno onečišćenje iz smjera juga i jugoistoka je izostanak vjetra iz tog smjera za vrijeme mjerenja.

Analiza izmjerenih koncentracija **amonijaka** i smjera strujanja vjetra tijekom prvog mjerenja pokazuje maksimalno onečišćenje za vrijeme jugozapadnih vjetrova. Tijekom drugog mjerenja maksimalne koncentracije amonijaka zabilježene su za vrijeme jugoistočnog vjetra. Tijekom trećeg mjerenja zabilježene su podjednake koncentracije amonijaka neovisno o smjeru strujanja vjetra. Četvrto mjerenje amonijaka pokazuje slične rezultate kao i mjerenje sumporovodika, podjednake koncentracije za vrijeme istočnog, sjevernog i zapadnog vjetra, dok nije zabilježeno onečišćenje iz smjera juga i jugoistoka, vrlo vjerojatno zbog izostanka vjetra iz tog smjera za vrijeme mjerenja.

Analiza izmjerenih koncentracija **merkaptana** i smjera strujanja vjetra tijekom prvog mjerenja pokazuje maksimalne koncentracije za vrijeme strujanja istočnog vjetra. Tijekom drugog mjerenja zabilježene su nešto veće koncentracije za vrijeme strujanja južnih vjetrova, dok za vrijeme strujanja istočnog vjetra nije zabilježeno onečišćenje merkaptanima. Zabilježena su i tri prekoračenja srednje dnevne granične vrijednosti na dane 8.11., 19.11. i 20.11. Prvo prekoračenje 8.11. zabilježeno je u periodu 00:00 – 14:00 sati kada je dominantan smjer vjetra bio zapadni. Drugo i treće prekoračenje zabilježeno je u periodu od 13:00 19.11. do 07:00 20.11. kada je također dominantan smjer vjetra bio zapadni. Za vrijeme trećeg mjerenja zabilježene su maksimalne koncentracije za vrijeme strujanja sjeveroistočnog, istočnog i jugozapadnog vjetra. Tijekom trećeg mjerenja zabilježeno je prekoračenje granične vrijednosti onečišćenje zraka za merkaptane na dan 3.3.2025. Maksimalne koncentracije zabilježene su u periodu 13:00 – 20:00 sati. Dominantan smjer vjetra u navedenom periodu bio je južni i jugoistočni. Tijekom



četvrtog mjerenja zabilježene su približno iste koncentracije za vrijeme strujanja istočnog, sjevernog i zapadnog vjetra, dok za vrijeme južnog i jugoistočnog vjetra nije zabilježeno onečišćenje merkaptanima, što je primarno zbog izostanka vjetra iz tog smjera za vrijeme mjerenja.



6 ZAKLJUČAK

U naselju Markuševac, Zagreb, u neposrednoj blizini kompostane Markuševac provedeno je praćenje kvalitete zraka u četiri različita perioda (razdoblja):

- 15.7.2024. – 30.7.2024. (16 dana)
- 7.11.2024. – 22.11.2024. (16 dana)
- 19.2.2025. – 6.3.2025. (16 dana)
- 19.5.2025. – 3.6.2025. (16 dana)

Kvaliteta zraka praćena je ukupno 64 dana, kroz različita godišnja doba i velik raspon vremenskih uvjeta. Razina onečišćenosti zraka ocjenjena je provođenjem mjerenja posebne namjene, predviđenim Zakonom o zaštiti zraka, NN 127/19, 57/22, 136/24.

Kako je po Uredbi o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku (NN 77/20) mjerenja potrebno provoditi neprekidno 1 godinu ovim mjerenjem dobiveni rezultati ne mogu se uspoređivati s Uredbom, ali mogu biti indikativni i ukazivati na stanje kvalitete zraka.

Rezultati mjerenja sumporovodika H₂S

Granična vrijednost koncentracije sumporovodika u zraku definirana je Uredbom o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku (NN 77/20) kao satni srednjak na 7 µg/m³ koji ne smije biti prekoračen više od 24 puta tijekom kalendarske godine, i kao dnevni srednjak na 5 µg/m³ koji ne smije biti prekoračen više od 7 puta godišnje.

Granična vrijednost satnog i dnevnog srednjaka nije prekoračena tijekom praćenja kvalitete zraka. Maksimalna srednja satna koncentracija zabilježena je 26.2.2025 tijekom trećeg mjerenja u 9:00 i iznosila je 3,13 µg/m³. Maksimalna srednja dnevna koncentracija zabilježena je tijekom trećeg mjerenja, 22.2.2025. i iznosila je 1,64 µg/m³.

Usporednom analizom koncentracija sumporovodika i dominantnog smjera vjetra ne može se donijeti zaključak o dominantnom izvoru onečišćenja. Zabilježene su podjednake koncentracije onečišćenja sumporovodikom neovisno o dominantnom smjeru strujanja zraka.

Rezultati mjerenja amonijaka NH₃

Granična vrijednost koncentracije amonijaka u zraku definirana je Uredbom o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku (NN 77/20) kao dnevni srednjak na 100 µg/m³ koji ne smije biti prekoračen više od 7 puta godišnje.

Tijekom mjerenja nije došlo do prekoračenja granične vrijednosti dnevnog srednjaka koncentracije amonijaka u zraku. Maksimalna srednja dnevna koncentracija amonijaka zabilježena je tijekom prvog mjerenja 30.7.2024. sa 34,96 µg/m³.

Usporednom analizom koncentracija amonijaka i dominantnog smjera vjetra tijekom prvog mjerenja ne može se jasno zaključiti dominantan smjer izvora onečišćenja, već su koncentracije približno iste neovisno o smjeru strujanja vjetra. Tijekom prvog mjerenja dominantan izvor onečišćenja nalazio se jugozapadno od lokacije mjerenja, tijekom drugog mjerenja dominantan izvor se nalazio jugoistočno, tijekom četvrtog mjerenja dominantan izvor se nalazio zapadno, dok je tijekom trećeg mjerenja zabilježena približno ista koncentracija neovisno o dominantnom smjeru vjetra.



Rezultati mjerenja merkaptana RSH

Granična vrijednost koncentracije merkaptana u zraku definirana je Uredbom o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku (NN 77/20) kao dnevni srednjak na $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ koji ne smije biti prekoračen više od 7 puta godišnje.

Prekoračenja granične vrijednosti dnevnog srednjaka zabilježeno je jednom tijekom trećeg mjerenja (3.3.2025.) te tri puta tijekom drugog mjerenja (8., 19. i 20.11.). Tijekom prvog i četvrtog mjerenja nije došlo do prekoračenja srednje dnevne koncentracije merkaptana. Maksimalna srednja dnevna koncentracija merkaptana zabilježena je 19.11.2024. i iznosila je $5,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Usporednom analizom koncentracija merkaptana i dominantnog smjera vjetra tijekom prvog mjerenja zabilježena je maksimalna koncentracija merkaptana za vrijeme strujanja istočnog vjetra. Tijekom drugog mjerenja prosječno najviše koncentracije zabilježene su za vrijeme strujanja jugoistočnog vjetra dok je za vrijeme strujanja zapadnog vjetra zabilježeno i prekoračenje granične vrijednosti. Tijekom trećeg mjerenja zabilježene su maksimalne koncentracije merkaptana za vrijeme strujanja sjeveroistočnog, istočnog i jugozapadnog vjetra. Do prekoračenja granične vrijednosti došlo je za vrijeme strujanja južnog i jugoistočnog vjetra. Tijekom četvrtog mjerenja zabilježene su približno iste koncentracije neovisno o smjeru strujanja vjetra, osim nedostatka onečišćenja iz smjera juga i jugoistoka, zbog nedostatka strujanja vjetra iz tih smjerova.

Na temelju provedenih mjerenja posebne namjene na području Markuševca, kao i detaljne usporedne analize koncentracija onečišćujućih tvari u zraku u odnosu na smjer i brzinu strujanja vjetra, nije moguće sa sigurnošću identificirati prevladavajući izvor onečišćenja. Rezultati upućuju na prisutnost više potencijalnih izvora, no zbog kompleksnosti atmosferskih uvjeta i varijabilnosti mjerenih podataka, nije bilo moguće izdvojiti dominantan doprinos pojedinog izvora.

