

Primerjalne meritve **PM₁₀ in PM_{2,5}**

14.1.2025 – 17.3.2025

ARSO, Ljubljana

KAZALO

POVZETEK	4
1. UVOD	6
2. ORGANIZACIJSKA SHEMA.....	7
2.1. Udeleženci in vzorčevalniki.....	7
2.2. Lokacija vzorčenja	8
2.3. Meteorološki pogoji v času vzorčenja	9
2.3.1. Meteorološki pogoji v obdobju vzorčenja PM_{10}	9
2.3.2. Meteorološki pogoji v obdobju vzorčenja $PM_{2,5}$	12
3. IZLOČITEV OČITNIH NAPAK	15
4. DODELJENA VREDNOSTI.....	16
4.1. Izračun robustne konsenzne vrednosti.....	16
4.2. Izračun negotovosti dodeljene vrednosti.....	16
4.3. PM_{10} in $PM_{2,5}$ dodeljene dnevne vrednosti.....	17
5. EVALVACIJA PODATKOV.....	19
5.1. Standardni odklon za oceno usposobljenosti (σ_{pt}).....	19
5.2. z' – vrednost.....	20
5.2.1. PM_{10} z' -vrednost.....	21
5.2.2. $PM_{2,5}$ z' -vrednost	22
5.3. E_n – vrednost	23
5.3.1. PM_{10} E_n -vrednost.....	24
5.3.2. $PM_{2,5}$ E_n -vrednost.....	25
5.4. Negotovost meritev	27
6. ZAKLJUČEK	29
PRILOGE	30

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Vzorčevalni prostor primerjalnih meritev.</i>	8
<i>Slika 2: Prikaz lokacije vzorčevalnikov na dvorišču ARSO.</i>	9
<i>Slika 3: Prikaz temperature, relativne vlage, tlaka, padavine, hitrosti in smeri vetra na lokaciji ARSO Bežigrad v času izvedbe primerjalnih meritev PM10.</i>	11
<i>Slika 4: Prikaz temperature, relativne vlage, tlaka, padavine, hitrosti in smeri vetra na lokaciji ARSO Bežigrad v času izvedbe primerjalnih meritev PM2,5.</i>	14
<i>Slika 5: Dodeljene vrednosti delcev PM10 in PM2,5 za vsak dan meritev.</i>	18
<i>Slika 6: Koncentracijska distribucija dodeljenih vrednosti za delce PM10 in PM2,5</i>	18
<i>Slika 7: Grafičen prikaz zadovoljivih (S), pogojno zadovoljivih (Q) in nezadovoljivih (U) z'-vrednosti za delce PM10</i>	21
<i>Slika 8: Škatlast diagram z'-vrednosti za meritve delcev PM10.</i>	22
<i>Slika 9: Grafičen prikaz zadovoljivih (S), vprašljivih (Q) in nezadovoljivih (U) z'-vrednosti za delce PM2,5</i>	22
<i>Slika 10: Škatlast diagram z'-vrednosti za meritve delcev PM2,5.</i>	23
<i>Slika 11: Grafičen prikaz zadovoljivih (S), pogojno zadovoljivih (Q) in nezadovoljivih (U) En-vrednosti za delce PM10.</i>	24
<i>Slika 12: Škatlast diagram En-vrednosti za meritve delcev PM10</i>	25
<i>Slika 13: Grafičen prikaz zadovoljivih (S), pogojno zadovoljivih (Q) in nezadovoljivih (U) En-vrednosti za delce PM2,5.</i>	25
<i>Slika 14: Škatlast diagram En-vrednosti za meritve delcev PM2,5</i>	26
<i>Slika 15: Grafični prikaz različnih primerjav negotovosti meritev za delce PM10</i>	27
<i>Slika 16: Grafični prikaz različnih primerjav negotovosti meritev za delce PM2,5</i>	28
<i>Slika 17: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij A</i>	31
<i>Slika 18: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij B</i>	33
<i>Slika 19: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij C</i>	35
<i>Slika 20: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij D</i>	37
<i>Slika 21: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij E</i>	39
<i>Slika 22: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij F</i>	41
<i>Slika 23: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij G</i>	43

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Pregled udeležencev primerjalnih meritev (po abecednem redu), vzorčevalnikov in filtrov</i>	7
<i>Tabela 2: Dodeljene vrednosti v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in razširjene negotovosti v % za delce PM10 in PM2,5 v merilnem obdobju</i>	17
<i>Tabela 3: Zajem podatkov za meritve delcev PM10 in PM2,5 v celotnem merilnem obdobju</i>	19
<i>Tabela 4: Dodeljene vrednosti in standardni odkloni (σ) za vsak dan meritev</i>	20
<i>Tabela 5: Povzetek nezadovoljivih (U) z'-vrednosti</i>	21
<i>Tabela 6: Povzetek nezadovoljivih (U) En-vrednosti</i>	24
<i>Tabela 7: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij A</i>	30
<i>Tabela 8: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij B</i>	32
<i>Tabela 9: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij C</i>	34
<i>Tabela 10: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij D</i>	36
<i>Tabela 11: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij E</i>	38
<i>Tabela 12: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij F</i>	40
<i>Tabela 13: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij G</i>	42

POVZETEK

Agencija Republike Slovenije za okolje je organizirala primerjalne meritve določitve masne koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ v zunanjem zraku. Na meritve so bili povabljeni laboratoriji iz Slovenije, ki izvajajo tovrstne analize. Udeleženci so vzorčenje izvajali s svojimi vzorčevalniki prašnih delcev PM_{10} oziroma $PM_{2,5}$ v skladu z referenčno gravimetrično metodo po standardu EN 12341:2023: Zunanji zrak - Standardna gravimetrijska metoda za določevanje masne koncentracije frakcije lebdečih delcev PM_{10} ali $PM_{2,5}$.

Pri primerjalnih meritvah, ki so potekale od januarja do marca 2025 na dvorišču Agencije Republike Slovenije za okolje, je pri določitvi PM_{10} sodelovalo 7 vzorčevalnikov ter pri meritvah $PM_{2,5}$ 3 vzorčevalniki. Dodeljene dnevne vrednosti za delce PM_{10} in $PM_{2,5}$ so bile izračunane kot robustna povprečja dnevnih meritev vseh udeležencev. Usposobljenost udeležencev je bila nato ocenjena na osnovi dveh kazalnikov uspešnosti, ki oba preverjata, ali je razlika med izmerjeno vrednostjo udeleženca in dodeljeno vrednostjo znotraj določenih kriterijev. To sta z' -vrednost in E_n -vrednost.

Med skupno 207 poročanimi vrednostmi za delce PM_{10} je bilo kot nezadostnih po kriteriju z' -vrednosti ocenjenih 5 rezultatov (2,4 %), medtem ko je mejni kriterij E_n -vrednosti preseglo 17 rezultatov (8,2 %). Pri meritvah delcev $PM_{2,5}$ nobena izmed 93 poročanimi vrednostmi ni presegla mejnega kriterija upoštevanih kazalnikov uspešnosti. Primerjalne meritve $PM_{2,5}$ so zaradi majhnega števila udeležencev informativne narave.

1. UVOD

V zadnjih desetletjih je kakovost zraka postala ena izmed ključnih okoljskih tem, saj ima onesnažen zrak pomemben vpliv na zdravje ljudi in okolje. Med najpomembnejšimi onesnaževali, ki jih spremljamo v zraku, so delci, znani kot PM (particulate matter). Izraz delci uporabljamo kot splošen pojem, ki označuje suspendirane delce (tekoče in trdne) v plinu. S PM_{2,5} označujemo drobne delce (angl. fine particles), ki imajo aerodinamični premer manjši od 2,5 µm, s PM₁₀ pa delce z aerodinamičnim premerom pod 10 µm. Delci PM₁₀ torej poleg drobnih delcev PM_{2,5} vključujejo tudi grobe delce (angl. coarse particles) z aerodinamičnim premerom med 2,5 µm in 10 µm.

Delci PM imajo lahko pomemben vpliv na zdravje ljudi, saj zaradi svoje majhnosti lahko prodrejo globoko v dihalo in celo v krvi obtok. Povišane ravni delcev v zraku se pojavljajo predvsem pozimi, ko se cestnem prometu, ki je pomemben vir onesnaženosti zraka, in industrijskim virom priključijo še dodatni viri - kurišča in neugodni vremenski pogoji.

Za zaščito zdravja ljudi se je Evropska unija v letu 2008 dogovorila o mejnih vrednostih za prašne delce PM_{2,5} in PM₁₀ ter o cilju zmanjšanja izpostavljenosti za PM_{2,5}, ki so opisani v *Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo* (v nadaljevanju Direktiva). V letu 2024 je bila direktiva prenovljena in sicer kot *Direktiva (EU) 2024/2881 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2024 o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo*. Revidirana direktiva daje prednost zdravju prebivalcev v Evropski uniji saj določa nove nižje standarde kakovosti zraka za onesnaževala, ki naj bi bili doseženi do leta 2030 in so bolj usklajeni s smernicami Svetovne zdravstvene organizacije. Direktiva o kakovosti zraka postavlja pravno podlago za usklajeno oceno onesnaženosti zraka v Evropi. Referenčni merilni metodi za PM_{2,5} in PM₁₀ sta opisani v evropskem standardu *EN 12341:2023 Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM₁₀ or PM_{2,5} mass concentration of suspended particulate matter* (v nadaljevanje EN 12341). Zahteve glede kakovosti podatkov so postavljene z določenim minimalnim ciljem za negotovost meritve ter kot ocena minimalnega zajema podatkov.

Kakovost in zanesljivost meritev delcev PM₁₀ in PM_{2,5} sta tako ključnega pomena za ocenjevanje stanja kakovosti zraka ter za oblikovanje ustreznih okoljskih politik in ukrepov za njihovo zmanjšanje. Zaradi možnih razlik v meritvah, ki lahko izhajajo iz uporabljenih metod, merilne opreme ali postopkov laboratorijev, je pomembno redno preverjati primerljivost rezultatov med različnimi izvajalci.

V ta namen so bile izvedene primerjalne meritve, pri katerih je več laboratorijev hkrati izvajalo vzorčenje delcev PM₁₀ in PM_{2,5} na isti lokaciji in v istem časovnem obdobju. Cilj teh meritev je bil oceniti skladnost rezultatov med laboratoriji, prepoznati morebitna odstopanja ter preveriti ustreznost uporabljenih merilnih postopkov in opreme. Takšne primerjave so ključne za zagotavljanje kakovosti meritev in za vzpostavitev zaupanja v podatke o onesnaženosti zraka.

Agencija Republike Slovenije za okolje periodično organizira primerjalne meritve prašnih delcev. K sodelovanju povabi vse laboratorije v Sloveniji, ki ponujajo storitev meritev prašnih delcev v zunanjem zraku. V letu 2025 so bile organizirane primerjalne meritve PM₁₀ na merilnem območju ARSO v obdobju med 14.1. in 13.2, katerih se je udeležilo 7 laboratorijev. Meritve PM_{2,5} so nadaljevali 3 laboratoriji v obdobju med 14.2 in 17.3.

To poročilo predstavlja potek in rezultate teh primerjalnih meritev ter ocenjuje usposobljenost udeležениh laboratorijev z dvema kazalnikoma uspešnosti: z'-vrednost in E_n-vrednost.

2. ORGANIZACIJSKA SHEMA

Primerjalne meritve so se izvajale na merilnem območju Agencije Republike Slovenije za okolje (v nadaljevanju ARSO), na naslovu Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana. Udeleženci so primerjavo izvajali s svojimi vzorčevalniki delcev PM₁₀ oziroma PM_{2,5} v skladu s standardom EN 12341:2023. Udeleženci so imeli tudi možnost sodelovanja v primerjavi laboratorijske analize delcev PM₁₀ na kovine (arzen, kadmij, nikelj in svinec) in/ali benzo(a)pirena vendar ti rezultati niso del tega poročila. Pred začetkom primerjalnih meritev je vsak od udeležencev izpolnil vprašalnik z opisom vzorčevalnika, merilne negotovosti, uporabe filtra in drugih željah.

Vzorčenje PM₁₀ se je izvajalo v obdobju med 14.1.2025 in 13.2.2025 in se ga je udeležilo 7 laboratorijev. Nato so v obdobju med 14.2.2025 in 17.3.2025 sledile primerjalne meritve delcev PM_{2,5}, ki so se ga udeležili le 3 laboratoriji. Zaradi majhnega števila udeležencev primerjalnih meritev delcev PM_{2,5} je le ta predvsem informativne narave.

Dnevne izmerjene vrednosti in merilne negotovosti so udeleženci po končanih primerjalnih meritvah posredovali v Excelovem dokumentu po elektronski pošti.

2.1. Udeleženci in vzorčevalniki

Seznam udeležencev, vzorčevalnikov ter uporabljenih filtrov je prikazan v tabeli 1. Vsi vzorčevalniki so vzorčili z nizkim volumskih pretokom in sicer 2,3 m³/h.

Tabela 1: Pregled udeležencev primerjalnih meritev (po abecednem redu), vzorčevalnikov in filtrov

Udeleženci	Vzorčevalnik	Filter
Agencija RS za okolje	Leckel SEQ 47/50	kvarčni filtri Ø 47 mm Macherey-Nagel MN QF-10
ALPACEM CEMENT, d.d.	Leckel SEQ 47/50	stekleni filtri Ø 47 mm Sartorius GF grade 13400
Elektroinštitut Milan Vidmar	Dadolab Gemini	stekleni filtri Ø 47 mm Whatman EPM 2000
Eurofins raziskave okolja Slovenija d.o.o.	Tecora Skypost PM HV	stekleni filtri, Merck Milipore Ltd. APFC04700
Inštitut za varstvo pri delu MARIBOR	Leckel SEQ 47/50-EV	stekleni filtri Ø 47 mm Whatman GF 10
Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano	Leckel SEQ47/50 CDRV	stekleni filtri Ø 46 mm Sartorius, 65 g/m ²
Zavod za varstvo pri delu	Leckel SEQ 47/50	stekleni filtri Ø 47 mm, Whatman EPM 2000

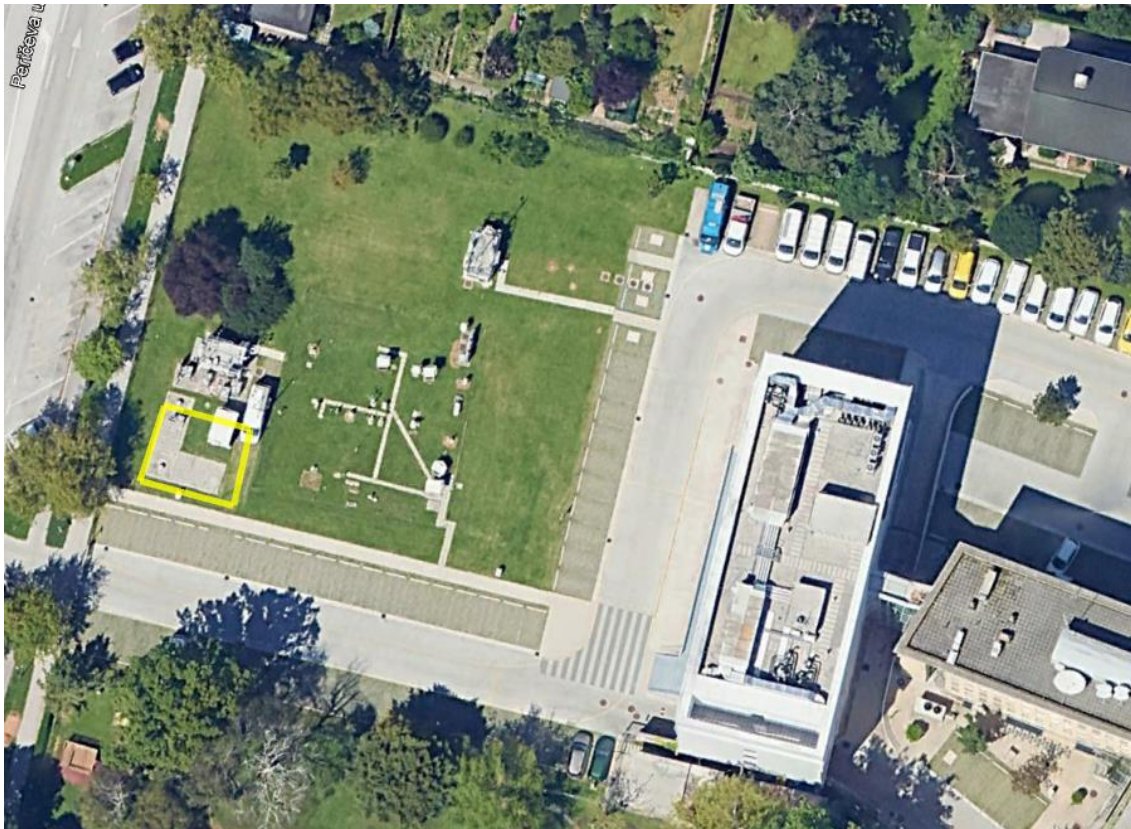
2.2. Lokacija vzorčenja

Primerjalne meritve so se izvajale na merilnem prostoru ARSO (sliki 1 in 2). Območje je zaščiteno z ograjo. Dostop do območja je omogočen samo pod nadzorom. Udeleženci so imeli v času uradnih ur ARSO možen dostop do svojih vzorčevalnikov predvsem z namenom menjave filtrov.

Merilno mesto je locirano v Ljubljani, ki se nahaja na pred-alpskem območju v ljubljanski kotlini. Za ljubljansko kotlino je značilno, da je lahko v zimskem obdobju, v času stabilnih zračnih mas in nizkega vetra, zunanji zrak prekomerno onesnažen z delci. Merilno mesto Bežigrad je locirano na območju mestnega ozadja v stanovanjsko-poslovnem območju.



Slika 1: Vzorčevalni prostor primerjalnih meritev



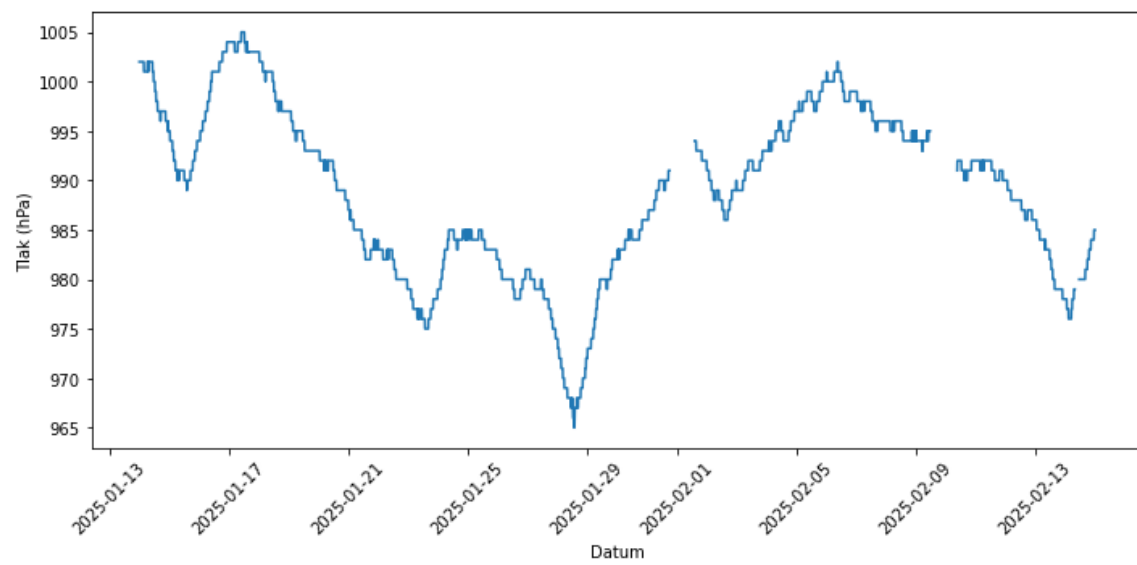
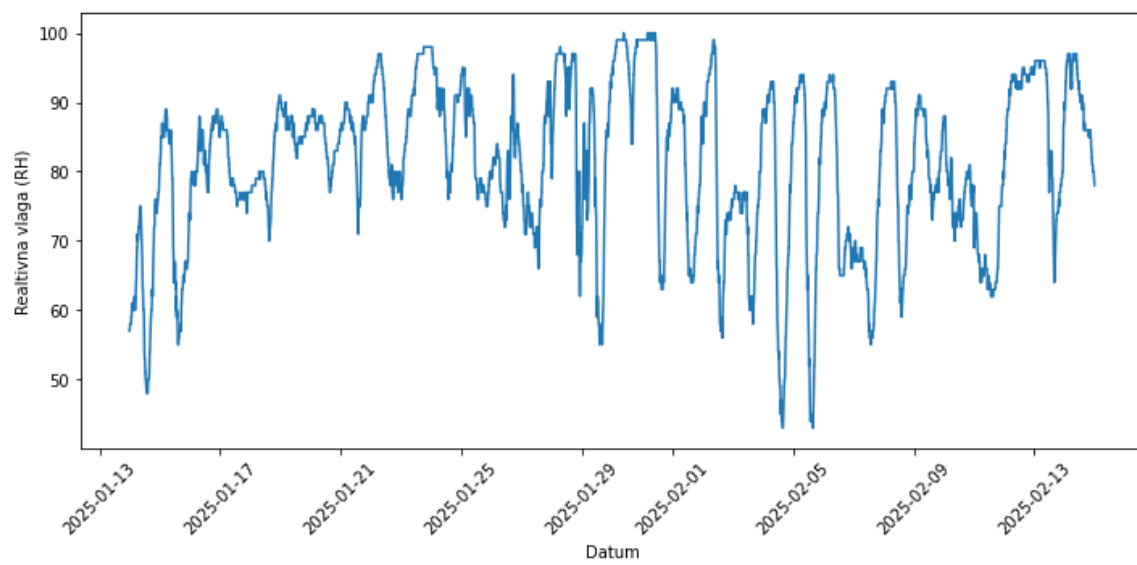
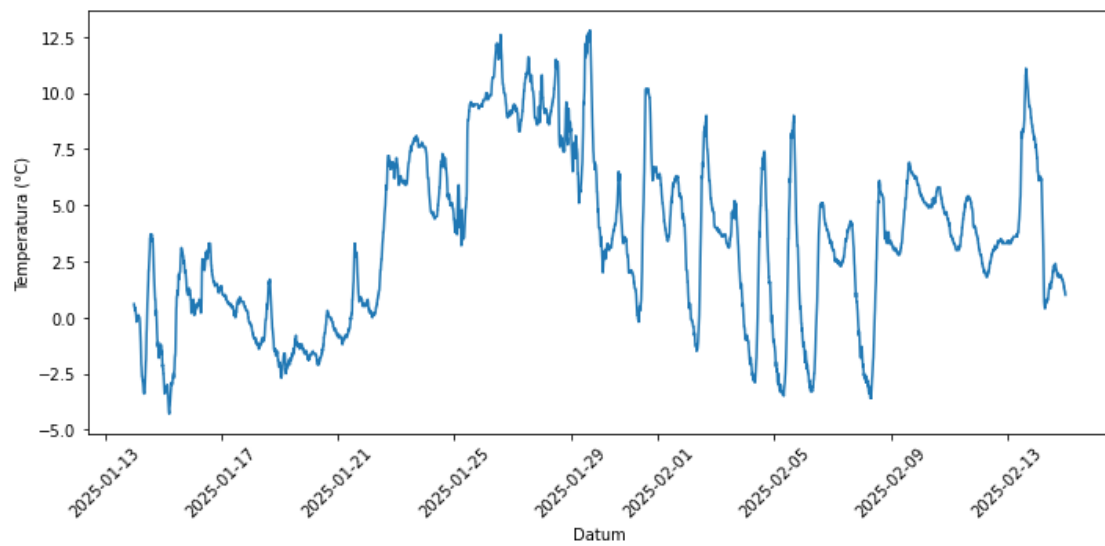
Slika 2: Prikaz lokacije vzorčevalnikov na dvorišču ARSO

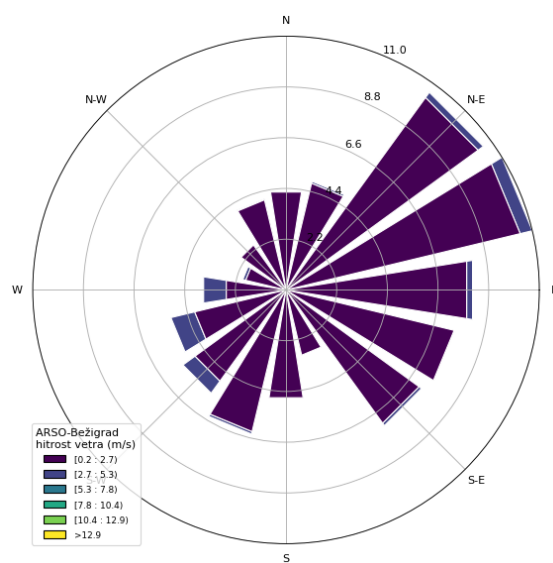
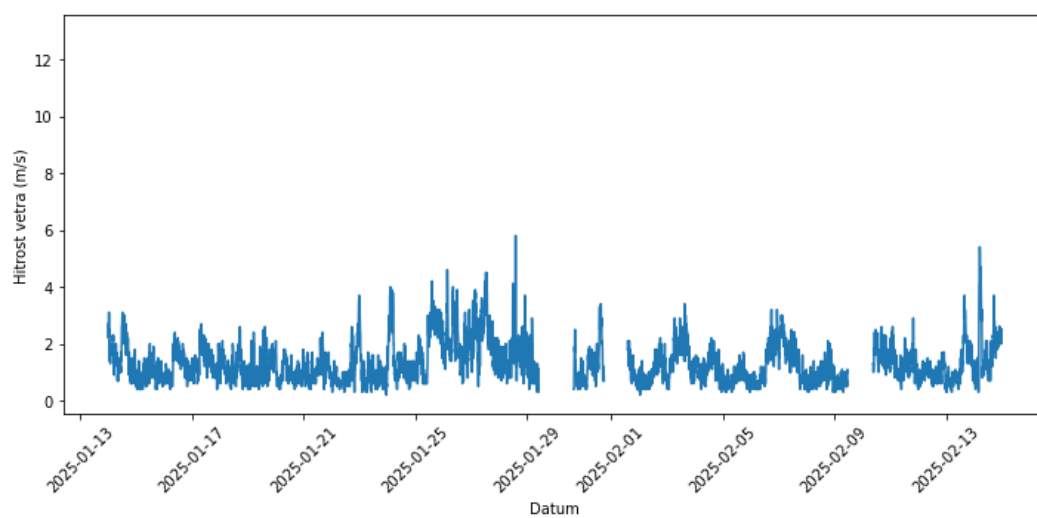
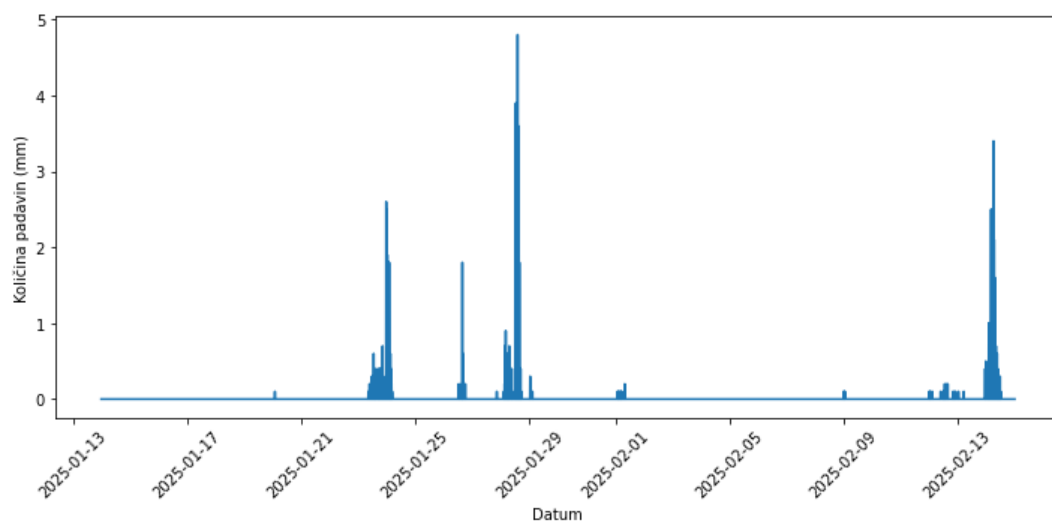
2.3. Meteorološki pogoji v času vzorčenja

Onesnaženost zraka povzročajo izpusti, njihovo redčenje v ozračju je odvisno od meteoroloških pogojev. Na dvorišču ARSO je meteorološka postaja, kjer se izvajajo meritve meteoroloških parametrov. V nadaljevanju sledi pregled meteoroloških pogojev v obdobju vzorčenja PM_{10} in $PM_{2,5}$.

2.3.1. Meteorološki pogoji v obdobju vzorčenja PM_{10}

V obdobju vzorčenja PM_{10} se je temperatura zraka gibala med $-4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $12,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ s povprečno temperaturo $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zračni tlak se je gibal med 965 in 1005 hPa, s povprečno vrednostjo 989 hPa. Povprečna relativna izmerjena vlaga je bila 81 % z najnižjo vrednostjo 43 %. Skupna količina padavine je bila 77,8 mm. Hitrost vetra je dosegla do 12,9 m/s s precej nizkim povprečjem in sicer 1,3 m/s. Prevladovala je severo-vzhodna smer vetra. Analiza 10 minutnih meritev temperature, zračnega tlaka, relativne vlage, količine padavin, hitrosti vetra in rože vetrov so prikazane na sliki 3.

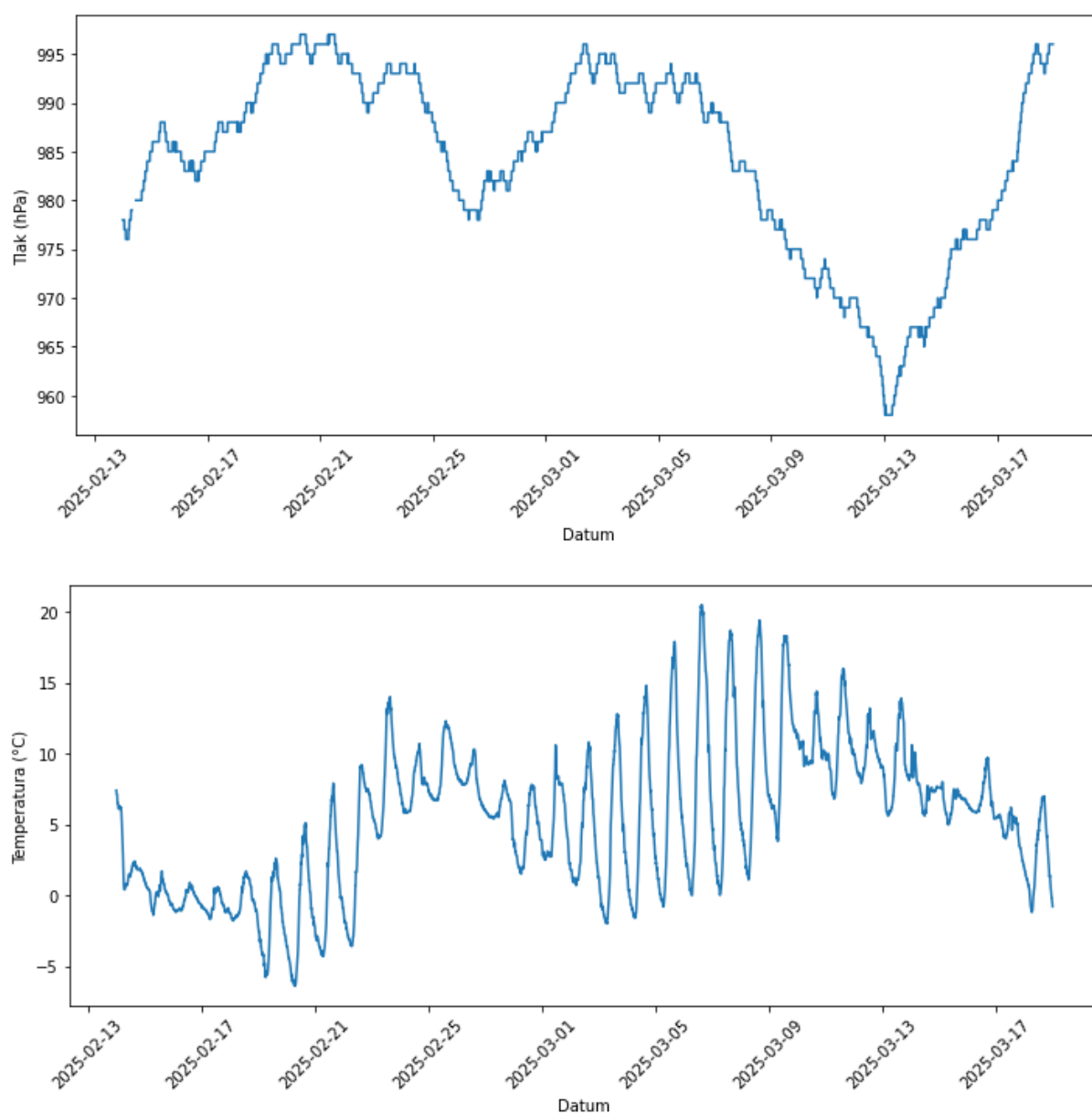


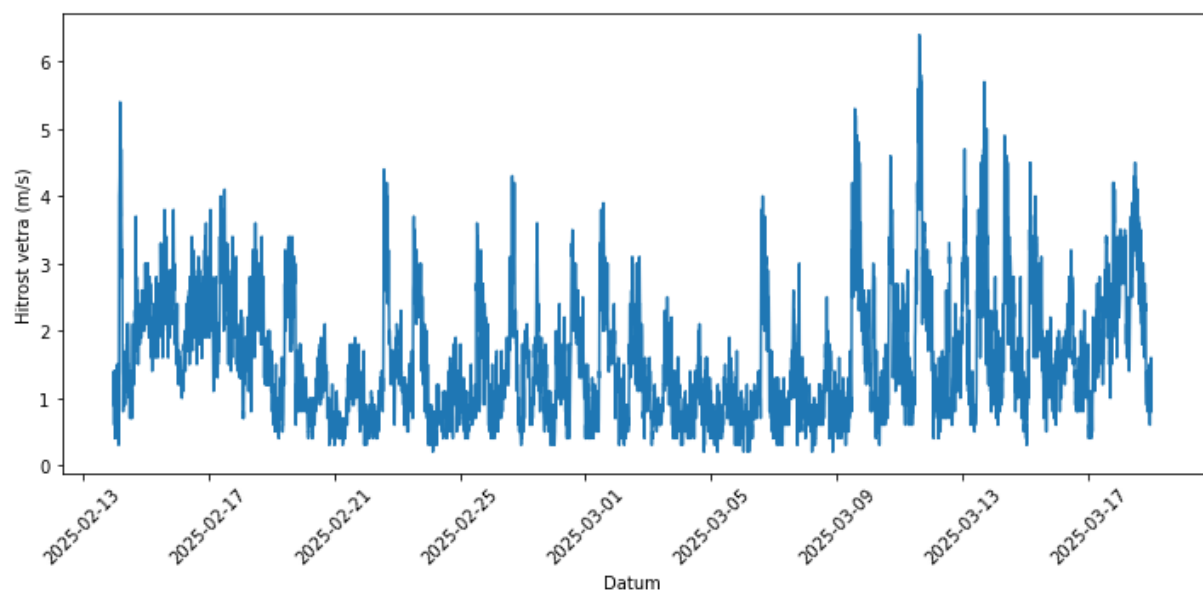
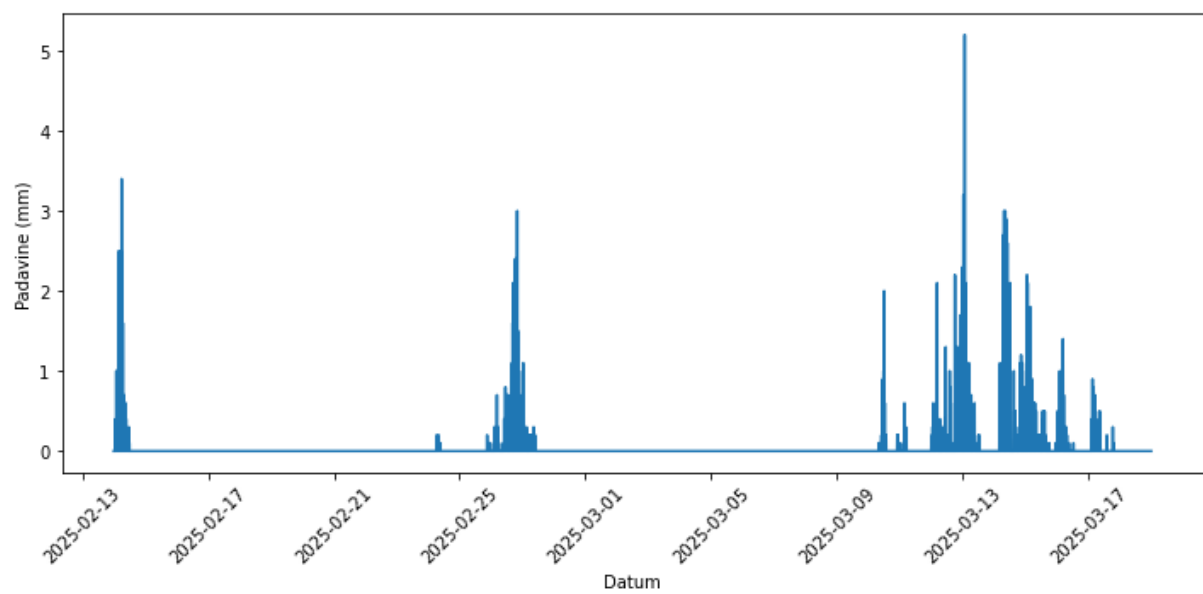
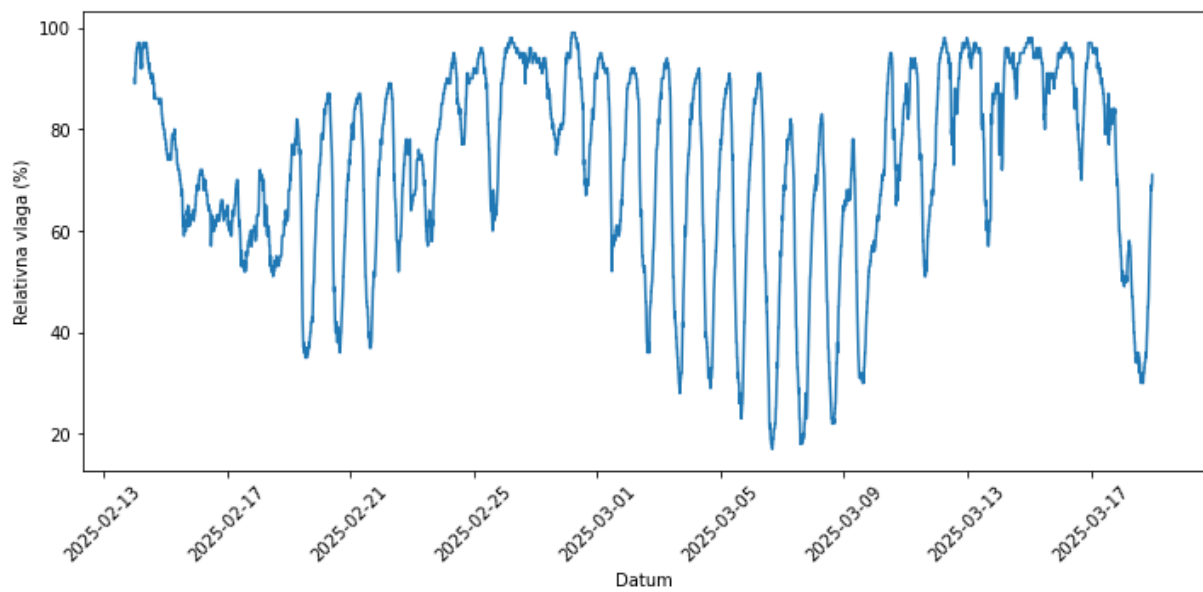


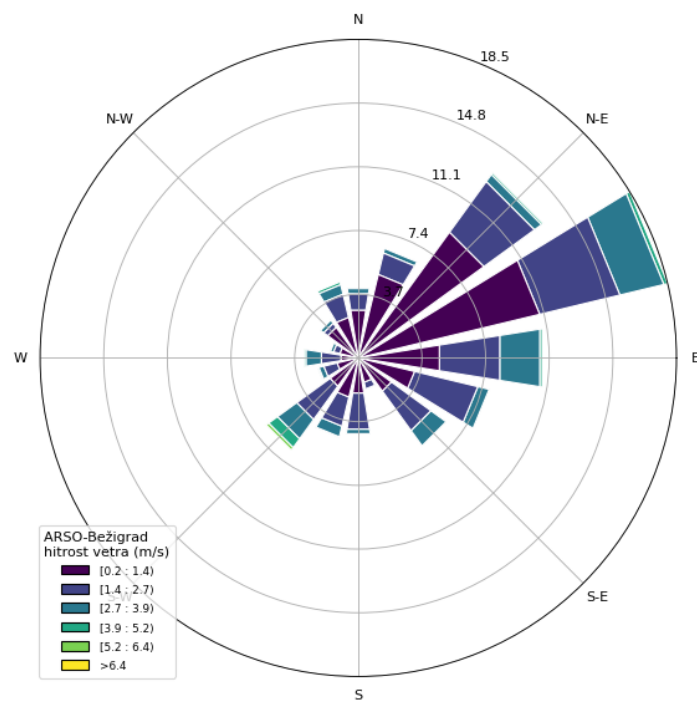
Slika 3: Prikaz temperature, relativne vlage, tlaka, padavine, hitrosti in smeri vetra na lokaciji ARSO Bežigrad v času izvedbe primerjalnih meritev PM₁₀

2.3.2. Meteorološki pogoji v obdobju vzorčenja PM_{2,5}

V času vzorčenja PM_{2,5} se je temperatura zraka gibala med – 6,4 °C in 20,5 °C s povprečno temperaturo 5,4 °C. Zračni tlak se je gibal med 958 in 997 hPa, s povprečno vrednostjo 984 hPa. Povprečna relativna izmerjena vlaga je bila 73 % z najnižjo vrednostjo 17 %. Skupna količina padavine je bila 187,3 mm. Hitrost vetra je dosegla do 6,4 m/s z precej nizkim povprečjem in sicer 1,6 m/s. Izrazito je prevladovala severo-vzhodna smer vetra. Analiza 10 minutnih meritev temperature, zračnega tlaka, relativne vlage, količine padavin, hitrosti vetra in rože vetrov so prikazane na sliki 4.







Slika 4: Prikaz temperature, relativne vlage, tlaka, padavine, hitrosti in smeri vetra na lokaciji ARSO Bežigrad v času izvedbe primerjalnih meritev $PM_{2,5}$

3. IZLOČITEV OČITNIH NAPAK

Standard *ISO 13528:2022, Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison* priporoča, da se pred analizo podatkov in njihovo primerjavo izloči vse očitne napake. Po vizualnem pregledu vseh podatkov o delcih PM_{10} in $PM_{2,5}$ niso bile ugotovljene nobene napake. Udeleženci so poročali nekaj nepravilnostih zaradi jasnih tipkarskih napak v predloženih podatkih in jih popravili. Po pregledu in popravku podatkov so se šteli za dokončne in lahko se je nadaljevalo splošno vrednotenje uspešnosti prek z' - in E_n -vrednosti.

4. DODELJENA VREDNOSTI

4.1. Izračun robustne konsenzne vrednosti

V skladu s standardom *ISO 13528:2022 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison* (v nadaljevanju ISO 13528) je bilo za dodeljeno vrednost (x_{pt}) za vsak dan primerjalnih meritev uporabljeno robustno povprečje (x^*) vseh rezultatov sodelujočih laboratorijev. Robustno povprečje (x^*) in njemu pripadajoč standardni odklon (s^*) sta bila izračunana po algoritmu A v skladu s ISO 13528 (C.3.1 *Algorithm A with iterated scale*) po postopku opisanem v nadaljevanju.

Začetni vrednosti x^* in s^* sta bili izračunani po formuli 1 in 2. Pri tem se oznaka p nanaša na število laboratorijev, ki so prispevali meritve na izbrani dan.

$$x^* = \text{mediana vrednosti } x_i \text{ (} i = 1, 2, \dots, p \text{)} \quad (1)$$

$$s^* = 1,483 \cdot \text{mediana vrednosti } |x_i - x^*| \text{ (} i = 1, 2, \dots, p \text{)} \quad (2)$$

Na podlagi izračunane vrednosti δ po formuli 3 so bile nato posodobljene vrednosti posameznih laboratorijev x_i ($i = 1, 2, \dots, p$) po formuli 4:

$$\delta = 1,5 \cdot s^* \quad (3)$$

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - \delta, & \text{če } x_i < x^* - \delta \\ x^* + \delta, & \text{če } x_i > x^* + \delta \\ x_i, & \text{sicer} \end{cases} \quad (4)$$

Iz posodobljenih vrednosti posameznih laboratorijev se na podlagi formul 5 ter 6 določi novi vrednosti x^* in s^* :

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^p x_i^*}{p} \quad (5)$$

$$s^* = 1,134 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p (x_i^* - x^*)^2}{p - 1}} \quad (6)$$

Robustni oceni x^* in s^* sta bili izračunani na osnovi iterativnega postopka, pri katerem sta se vrednosti x^* ter s^* večkrat posodobili z uporabo prilagojenih podatkov in formul 3-6, dokler postopek ni konvergiral. Da je bila konvergenca dosežena, se je štelo, ko med dvema zaporednima iteracijama ni prišlo do spremembe v tretji signifikantni decimalni robustnega povprečja in robustnega standardnega odklona.

4.2. Izračun negotovosti dodeljene vrednosti

Ko se dodeljene vrednosti določa na osnovi robustnega povprečja standard ISO 13528 priporoča, da se standardne negotovosti dodeljene vrednosti $u'(x_{pt})$ oceni na osnovi formule 7:

$$u'(x_{pt}) = 1,25 \cdot \frac{s^*}{\sqrt{p}} \quad (7)$$

Negotovost dodeljene vrednosti mora vključevati prispevek homogenosti koncentracij delcev PM_{10} na vzorčevalnem mestu: Pri izračunu kombinirane standardne negotovosti dodeljenih vrednosti $u(x_{pt})$ po formuli 8 je bila kot vrednost negotovosti med vzorčevalniki (u_{bs}) upoštevana največja dovoljena vrednost, ki jo določa standard EN 12341, in sicer $2 \mu g/m^3$. V tabeli 2 so navedene razširjene negotovosti dodeljenih dnevnih vrednosti $U(x_{pt})$ in so izračunane

po formuli 9. Pri tem je bil kot faktor k upoštevamo vrednost 2, ki v primeru normalne porazdelitve ustreza stopnji zaupanja 95 %.

$$u(x_{pt}) = \sqrt{u'(x_{pt})^2 + u_{bs}^2} \quad (8)$$

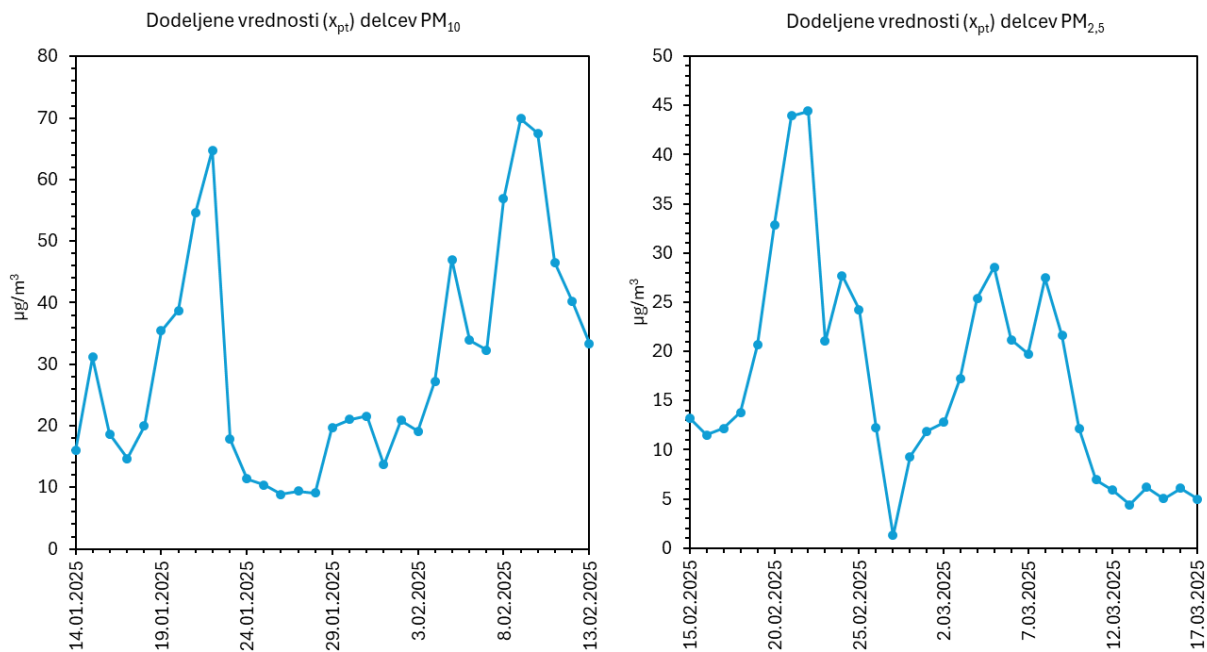
$$U(x_{pt}) = 2 \cdot u(x_{pt}) \quad (9)$$

4.3. PM₁₀ in PM_{2,5} dodeljene dnevne vrednosti

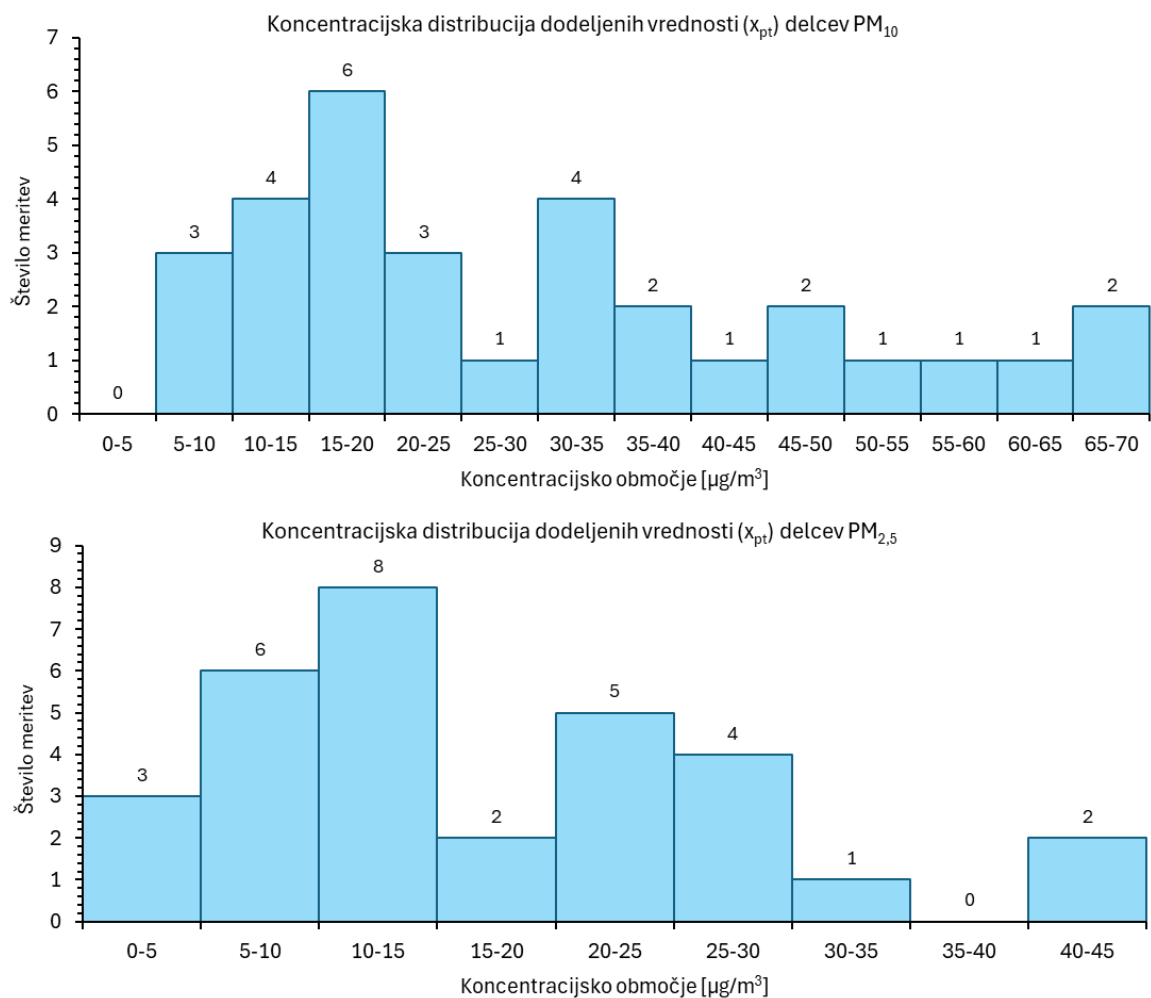
Dodeljene dnevne vrednosti so se za delce PM₁₀ gibale med 8,87 in 69,87 µg/m³ ter za delce PM_{2,5} od 1,30 do 44,42 µg/m³. Dodeljene vrednosti za vsak dan izvajanja meritev, njihove razširjene merilne negotovosti in število laboratorijev (p), ki so za dotični dan prispevali meritve, so povzeti v tabeli 2. Grafičen prikaz dodeljenih vrednosti tekom merilnega obdobja se nahaja na sliki 5, medtem ko slika 6 prikazuje koncentracijsko distribucijo dodeljenih vrednosti na histogramu z velikostjo razreda 5 µg/m³.

Tabela 2: Dodeljene vrednosti v µg/m³ in razširjene negotovosti v % za delce PM₁₀ in PM_{2,5} v merilnem obdobju

PM ₁₀				PM _{2,5}			
Datum	x _{pt}	U(x _{pt})	p	Datum	x _{pt}	U(x _{pt})	p
14.01.2025	15,99	4,08	7	15.02.2025	13,21	4,24	3
15.01.2025	31,14	4,36	7	16.02.2025	11,50	4,06	3
16.01.2025	18,68	4,14	7	17.02.2025	12,17	4,00	3
17.01.2025	14,66	4,31	7	18.02.2025	13,82	4,20	3
18.01.2025	19,93	4,87	7	19.02.2025	20,67	4,04	3
19.01.2025	35,42	5,25	7	20.02.2025	32,88	4,08	3
20.01.2025	38,76	5,33	7	21.02.2025	43,93	4,32	3
21.01.2025	54,57	6,11	7	22.02.2025	44,42	5,64	3
22.01.2025	64,78	6,63	7	23.02.2025	21,02	5,25	3
23.01.2025	17,84	4,22	7	24.02.2025	27,68	5,79	3
24.01.2025	11,37	4,05	7	25.02.2025	24,24	6,35	3
25.01.2025	10,43	4,25	7	26.02.2025	12,20	7,94	3
26.01.2025	8,87	4,12	7	27.02.2025	1,30	4,00	3
27.01.2025	9,42	4,05	7	28.02.2025	9,31	4,04	3
28.01.2025	9,12	4,03	6	1.03.2025	11,90	4,49	3
29.01.2025	19,70	4,05	6	2.03.2025	12,80	4,22	3
30.01.2025	21,04	4,04	6	3.03.2025	17,24	4,30	3
31.01.2025	21,57	4,08	6	4.03.2025	25,40	4,04	3
1.02.2025	13,67	4,10	6	5.03.2025	28,57	5,01	3
2.02.2025	20,88	4,06	6	6.03.2025	21,19	4,02	3
3.02.2025	19,15	4,40	6	7.03.2025	19,75	4,80	3
4.02.2025	27,26	4,29	6	8.03.2025	27,44	4,26	3
5.02.2025	46,98	4,32	6	9.03.2025	21,60	4,14	3
6.02.2025	33,87	4,20	6	10.03.2025	12,18	4,21	3
7.02.2025	32,29	4,57	7	11.03.2025	6,93	4,08	3
8.02.2025	56,86	5,63	7	12.03.2025	5,91	4,42	3
9.02.2025	69,87	5,61	7	13.03.2025	4,39	4,37	3
10.02.2025	67,56	4,44	7	14.03.2025	6,20	4,22	3
11.02.2025	46,55	4,69	7	15.03.2025	5,03	4,68	3
12.02.2025	40,21	4,72	7	16.03.2025	6,09	4,22	3
13.02.2025	33,35	4,41	7	17.03.2025	5,00	4,40	3



Slika 5: Dodeljene vrednosti delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ za vsak dan meritev



Slika 6: Koncentracijska distribucija dodeljenih vrednosti za delce PM_{10} in $PM_{2,5}$

5. EVALVACIJA PODATKOV

Na podlagi števila meritev, ki so bili zbrane tekom 31 dni primerjalnih meritev delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, je bil za vsak udeležen laboratorij izračunan odstotek zajetih podatkov. V primeru, da je bil zajem pod mejno vrednostjo razpoložljivosti vzorčevalnika, ki na podlagi standarda EN 12341 znaša 90 %, je udeleženec v tabeli 3 označen z rumeno barvo. Pri meritvah PM₁₀ je en laboratorij dosegel nižji zajem podatkov, pri meritvah PM_{2,5} so vsi udeleženci prispevali vse meritve.

Tabela 3: Zajem podatkov za meritve delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v celotnem merilnem obdobju

PM ₁₀			PM _{2,5}		
Laboratorij	Št. podatkov	% podatkov	Laboratorij	Št. podatkov	% podatkov
A	31	100	A	31	100
B	31	100	B	31	100
C	21	68	E	31	100
D	31	100			
E	31	100			
F	31	100			
G	31	100			

Merilna usposobljenost udeležencev je bila ocenjena na podlagi metodologije opisane v standardu ISO 13528. Dodeljene vrednosti so bile določene kot opisano v poglavju 4, medtem ko je bil standardni odklon za oceno usposobljenosti izračunan kot navedeno v poglavju 5.1. Usposobljenost laboratorijev je bila nato ocenjena na osnovi dveh kazalnikov uspešnosti, ki oba preverjata, ali je razlika med izmerjeno udeleženco in dodeljeno vrednostjo znotraj določenih kriterijev. Oba kazalnika uspešnosti sta bila izračunana za vsakega udeleženca posebej in za vsak dan merilne kampanje.

Prvi kazalnik uspešnosti je bila z'-vrednost, obravnavana v poglavju 5.2, ki primerja razliko med izmerjeno vrednostjo udeleženca in dodeljeno vrednostjo s kvadratnim korenom kvadratne vsote standardnega odklona za oceno usposobljenosti (σ_{pt}) in standardne negotovosti dodeljene vrednosti ($u(x_{pt})$). Ta vrednost je bila uporabljena, ker je za vse dni meritev za delce PM₁₀ kot tudi PM_{2,5} veljal izraz $u(x_{pt}) > 0,3 \sigma_{pt}$.

Drugi kazalnik uspešnosti je bila E_n-vrednost, obravnavana v poglavju 5.3, ki primerja razliko med izmerjeno vrednostjo udeleženca in dodeljeno vrednostjo s kvadratnim korenom kvadratne vsote razširjene negotovosti meritve udeleženca in dodeljene vrednosti.

5.1. Standardni odklon za oceno usposobljenosti (σ_{pt})

Kot standardni odklon za oceno usposobljenosti (σ_{pt}) je bila upoštevana merilna negotovost metode, določena na podlagi posameznih virov negotovosti, kot jo predpisuje standard EN 12341. Za izračun se upošteva formula 10.

$$\sigma_{pt}^2 = \frac{u_m^2}{(m_l - m_u)^2} + u_f^2 + \frac{u_{bs}^2}{L^2} \quad (10)$$

Pri izračunu so upoštevani sledeči prispevki:

- negotovost mase filtra u_m (47 µg)
- masa nanosa na filter ($m_l - m_u$) pri dani koncentraciji delcev (L)
- negotovost pretoka u_f (1,3 %)
- negotovosti med vzorčevalniki u_{bs} (2 µg/m³)
- dnevna koncentracija delcev (dodeljena vrednost) L

Izračunane vrednosti σ_{pt} za vsak dan meritev so podane v tabeli 4.

Tabela 4: Dodeljene vrednosti in standardni odkloni (σ_{pt}) za vsak dan meritev

PM ₁₀ [µg/m ³]			PM _{2,5} [µg/m ³]		
Datum	x_{pt}	σ_{pt}	Datum	x_{pt}	σ_{pt}
14.01.2025	15,99	2,19	15.02.2025	13,21	2,18
15.01.2025	31,14	2,21	16.02.2025	11,50	2,17
16.01.2025	18,68	2,20	17.02.2025	12,17	2,17
17.01.2025	14,66	2,19	18.02.2025	13,82	2,18
18.01.2025	19,93	2,19	19.02.2025	20,67	2,19
19.01.2025	35,42	2,23	20.02.2025	32,88	2,22
20.01.2025	38,76	2,25	21.02.2025	43,93	2,25
21.01.2025	54,57	2,30	22.02.2025	44,42	2,25
22.01.2025	64,78	2,34	23.02.2025	21,02	2,19
23.01.2025	17,84	2,19	24.02.2025	27,68	2,20
24.01.2025	11,37	2,19	25.02.2025	24,24	2,19
25.01.2025	10,43	2,18	26.02.2025	12,20	2,18
26.01.2025	8,87	2,21	27.02.2025	1,30	2,09
27.01.2025	9,42	2,22	28.02.2025	9,31	2,19
28.01.2025	9,12	2,22	1.03.2025	11,90	2,18
29.01.2025	19,70	2,20	2.03.2025	12,80	2,20
30.01.2025	21,04	2,20	3.03.2025	17,24	2,19
31.01.2025	21,57	2,20	4.03.2025	25,40	2,20
1.02.2025	13,67	2,19	5.03.2025	28,57	2,20
2.02.2025	20,88	2,19	6.03.2025	21,19	2,18
3.02.2025	19,15	2,19	7.03.2025	19,75	2,19
4.02.2025	27,26	2,21	8.03.2025	27,44	2,21
5.02.2025	46,98	2,26	9.03.2025	21,60	2,19
6.02.2025	33,87	2,22	10.03.2025	12,18	2,18
7.02.2025	32,29	2,25	11.03.2025	6,93	2,17
8.02.2025	56,86	2,32	12.03.2025	5,91	2,18
9.02.2025	69,87	2,37	13.03.2025	4,39	2,18
10.02.2025	67,56	2,34	14.03.2025	6,20	2,19
11.02.2025	46,55	2,25	15.03.2025	5,03	2,19
12.02.2025	40,21	2,24	16.03.2025	6,09	2,18
13.02.2025	33,35	2,22	17.03.2025	5,00	2,17

5.2. z' – vrednost

Za izračun z'-vrednosti je bila na podlagi standarda ISO 13528 uporabljena formula 11:

$$z'_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{\sigma_{pt}^2 + u^2(x_{pt})}} \quad (11)$$

Pri izračunu se upoštevajo:

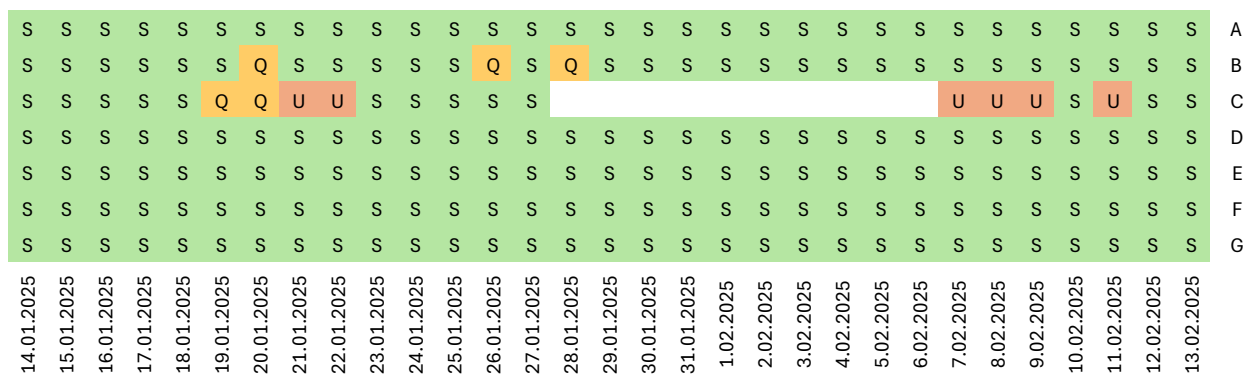
- vrednost posameznega laboratorija x_i
- dodeljena vrednost x_{pt}
- standardni odklon za oceno usposobljenosti σ_{pt}
- kombinirana standardna negotovost dodeljene vrednosti $u(x_{pt})$

- če velja $|z'| \leq 2$, je vrednost zadovoljiva (S)
- če velja $2 < |z'| < 3$, je vrednost pogojno zadovoljiva (Q)
- če velja $|z'| \geq 3$, je vrednost nezadovoljiva (U).

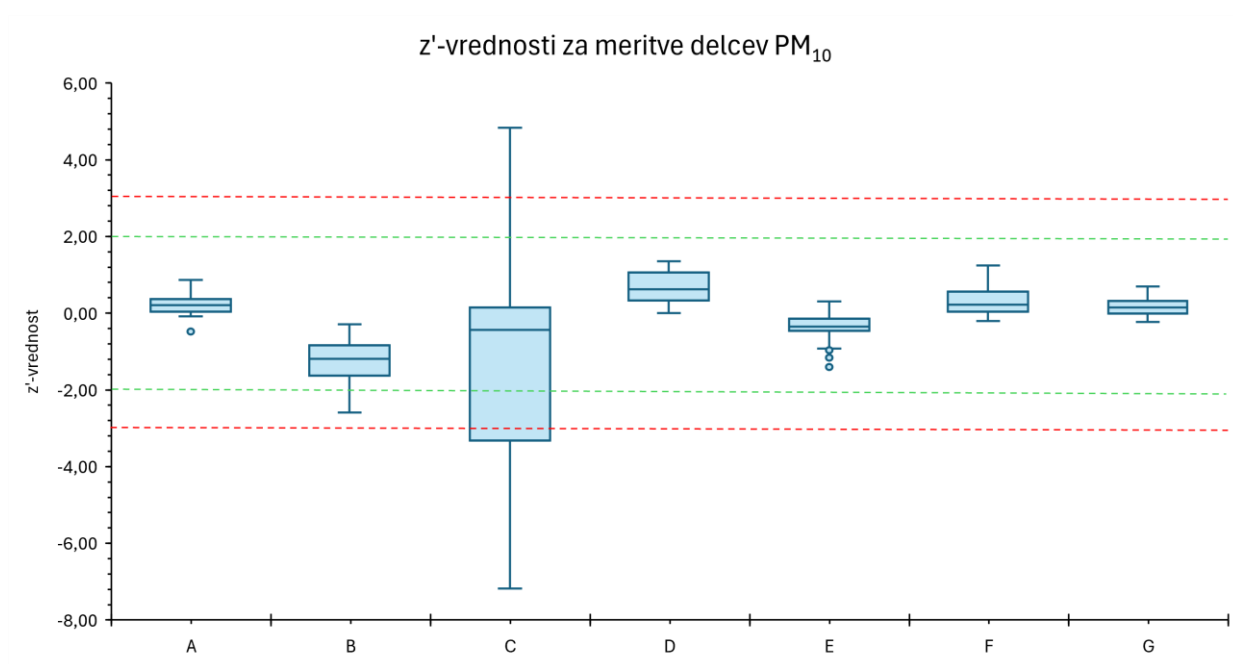
Tabela 5: Povzetek nezadovoljivih (U) z'-vrednosti

Nezadovoljive (U) z'-vrednosti pri PM ₁₀			
Udeleženec	Št. U meritev	Datum	z'
C	6	21.01.2025	-4,09
		22.01.2025	-3,97
		7.02.2025	-6,33
		8.02.2025	-7,18
		9.02.2025	-6,11
		11.02.2025	4,84

Pregled vseh izračunanih z'-vrednosti za meritve delcev PM₁₀ za vsak laboratorij (y-os) in za vsak dan meritev (x-os) je grafično prikazan na sliki 7. Zadovoljive vrednosti (S) so obarvane z zeleno barvo, pogojno zadovoljive (Q) so obarvane rumeno in nezadovoljive vrednosti (U) rdeče. Beli kvadratici pomenijo, da laboratorij za ta dan ni prispeval meritev.



Iz slike 7 je jasno vidno, da je bila večina vrednosti zadovoljivih. Od skupno 207 meritev je bilo pogojno zadovoljivih 5 (2,4 %) in nezadovoljivih 6 (2,9 %) meritev. Na sliki 8 je prikazan škatlast diagram, ki predstavlja vizualen povzetek rezultatov z'-vrednosti meritev delcev PM₁₀ vsakega udeleženca. Na diagramu je razvidna mediana, porazdelitev vrednosti in s črkanimi črtami označene meje za pogojno zadovoljive (zelena barva) in nezadovoljive rezultate (rdeča barva).



Slika 8: Škatlast diagram z'-vrednosti za meritve delcev PM₁₀

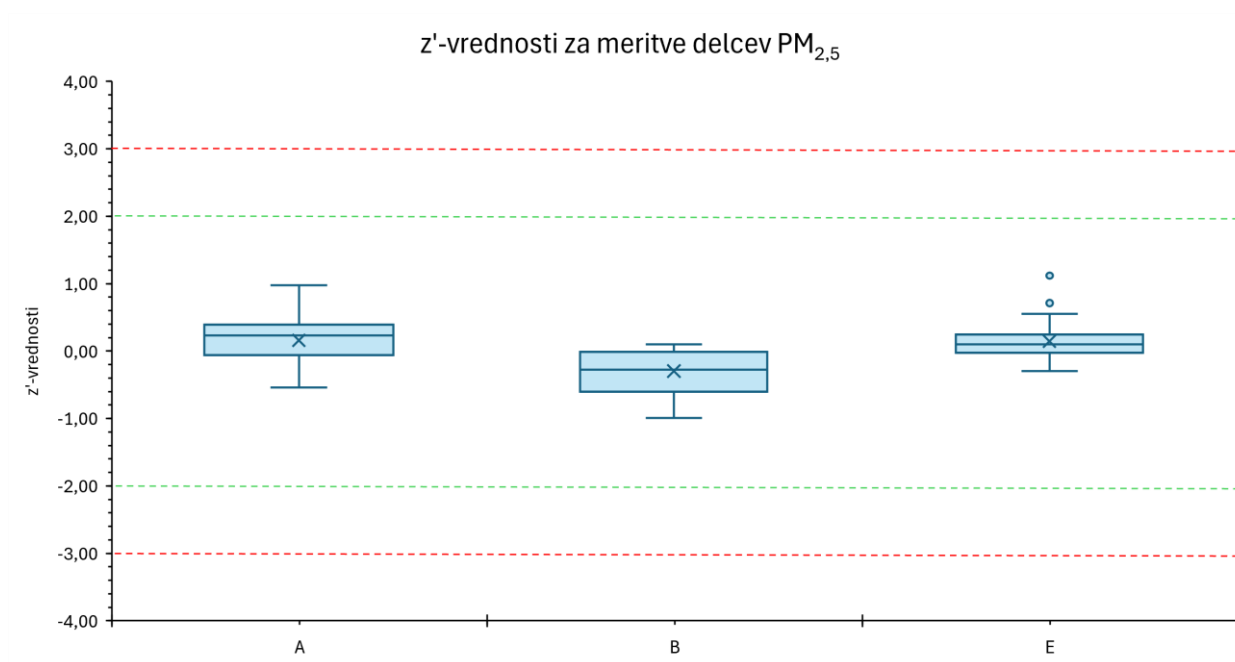
5.2.2. PM_{2,5} z'-vrednost

Pregled vseh izračunanih z'-vrednosti za meritve delcev PM_{2,5} za vsak laboratorij (y-os) in za vsak dan meritev (x-os) je grafično prikazan na sliki 9. Zadovoljive vrednosti (S) so obarvane z zeleno barvo, pogojno zadovoljive (Q) so obarvane rumeno in nezadovoljive vrednosti (U) rdeče.

S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	A
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	B
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E
15.02.2025	16.02.2025	17.02.2025	18.02.2025	19.02.2025	20.02.2025	21.02.2025	22.02.2025	23.02.2025	24.02.2025	25.02.2025	26.02.2025	27.02.2025	28.02.2025	1.03.2025	2.03.2025	3.03.2025	4.03.2025	5.03.2025	6.03.2025	7.03.2025	8.03.2025	9.03.2025	10.03.2025	11.03.2025	12.03.2025	13.03.2025	14.03.2025	15.03.2025	16.03.2025	17.03.2025		

Slika 9: Grafičen prikaz zadovoljivih (S), vprašljivih (Q) in nezadovoljivih (U) z'-vrednosti za delce PM_{2,5}

Iz slike 9 je jasno vidno, da je bilo vseh 93 meritev zadovoljivih. Na sliki 10 je prikazan škatlast diagram, ki predstavlja vizualen povzetek rezultatov z'-vrednosti meritev delcev PM_{2,5} vsakega udeleženca. Na diagramu je razvidna mediana, porazdelitev vrednosti in s črtkanimi črtami označene meje za pogojno zadovoljive (zeleno barva) in nezadovoljive rezultate (rdeča barva).



Slika 10: Škatlast diagram z'-vrednosti za meritve delcev PM_{2,5}

5.3. E_n – vrednost

Za izračun E_n-vrednosti je bila na podlagi standarda ISO 13528 uporabljena formula 12:

$$(E_n)_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{U^2(x_i) + U^2(x_{pt})}} \quad (11)$$

Pri izračunu se upoštevajo:

- vrednost posameznega laboratorija x_i
- dodeljena vrednost x_{pt}
- razširjena negotovost posameznega laboratorija $U(x_i)$
- razširjena negotovost dodeljene vrednosti $U(x_{pt})$

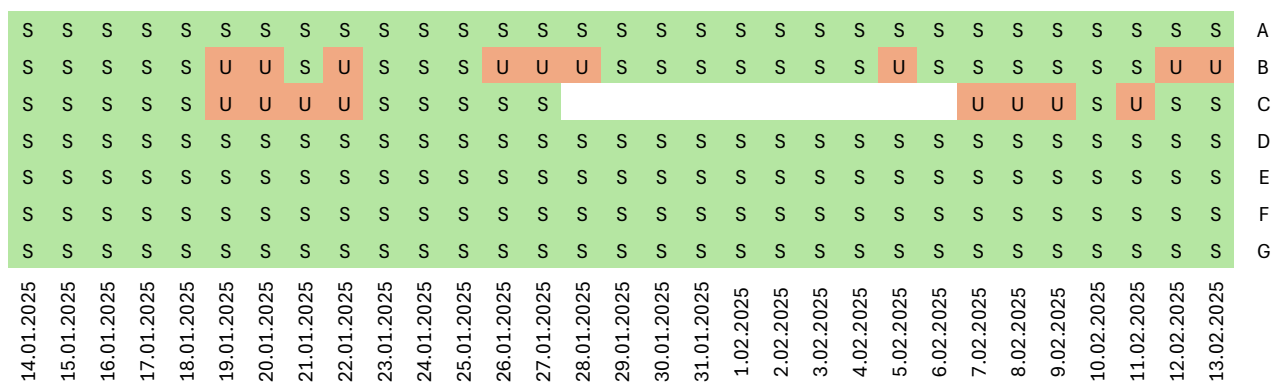
Kot uspešen oz. zadovoljiv rezultat (S) se upošteva, če velja $|E_n| < 1$. Rezultati, za katere velja $|E_n| \geq 1$, kažejo na potrebo po ponovni oceni negotovosti ali pa na neustrezen merilni rezultat. Takšni rezultati, so bili v nadaljevanju označeni kot nezadovoljivi (U). Rezultati vseh E_n-vrednosti so grafično predstavljeni v sledečih podglavjih, rezultati za vsak laboratorij za vsak dan meritev pa se nahajajo med prilogami. V tabeli 6 so zbrani vsi nezadovoljive vrednosti tega parametra.

Tabela 6: Povzetek nezadovoljivih (U) E_n -vrednosti

Nezadovoljive (U) E _n -vrednosti pri PM ₁₀			
Udeleženec	Št. U meritev	Datum	E _n
B	9	19.01.2025	-1,02
		20.01.2025	-1,65
		22.01.2025	-1,11
		26.01.2025	-1,54
		27.01.2025	-1,41
		28.01.2025	-1,59
		5.02.2025	-1,10
		12.02.2025	-1,06
		13.02.2025	-1,37
C	8	19.01.2025	-1,55
		20.01.2025	-1,53
		21.01.2025	-2,15
		22.01.2025	-1,96
		7.02.2025	-4,29
		8.02.2025	-4,08
		9.02.2025	-3,05
		11.02.2025	2,02

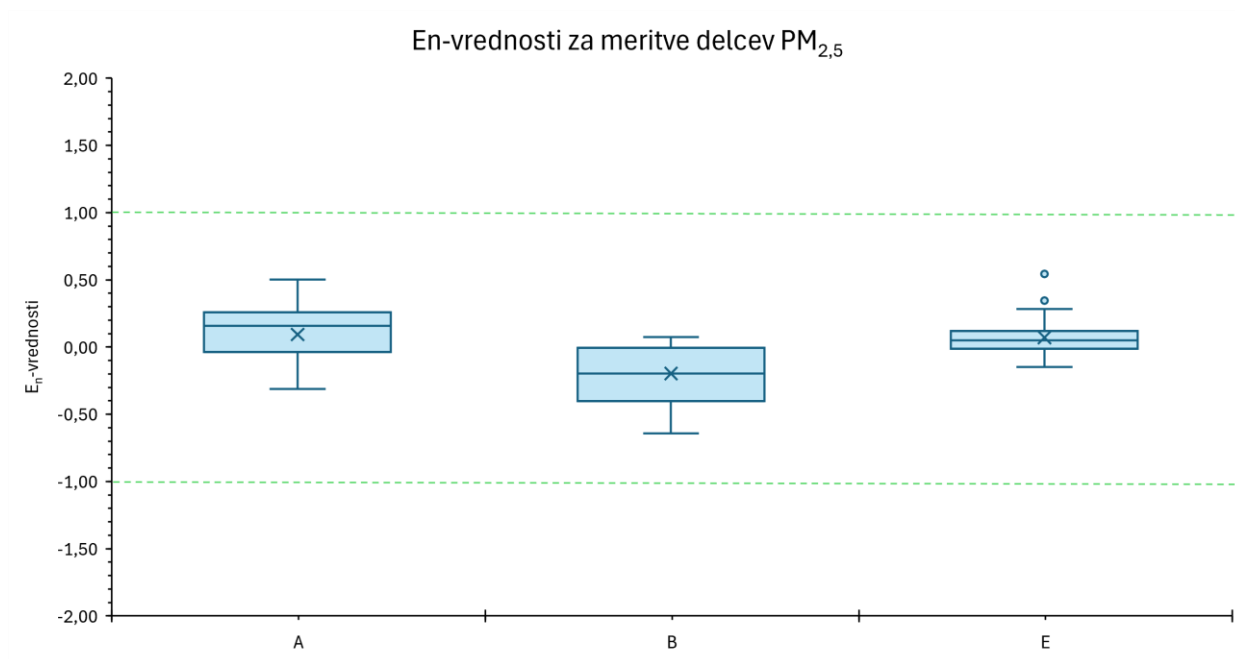
5.3.1. PM₁₀ E_n-vrednost

Pregled vseh izračunanih E_n -vrednosti za meritve delcev PM_{10} za vsak laboratorij (y-os) in za vsak dan meritev (x-os) je grafično prikazan na sliki 11. Zadovoljive vrednosti (S) so obarvane z zeleno barvo, medtem ko so nezadovoljive vrednosti (U) rdeče barve. Beli kvadratici pomenijo, da laboratorij za ta dan ni prispeval meritev.



Slika 11: Grafičen prikaz zadovoljivih (S), pogojno zadovoljivih (Q) in nezadovoljivih (U) E_n -vrednosti za delce PM_{10}

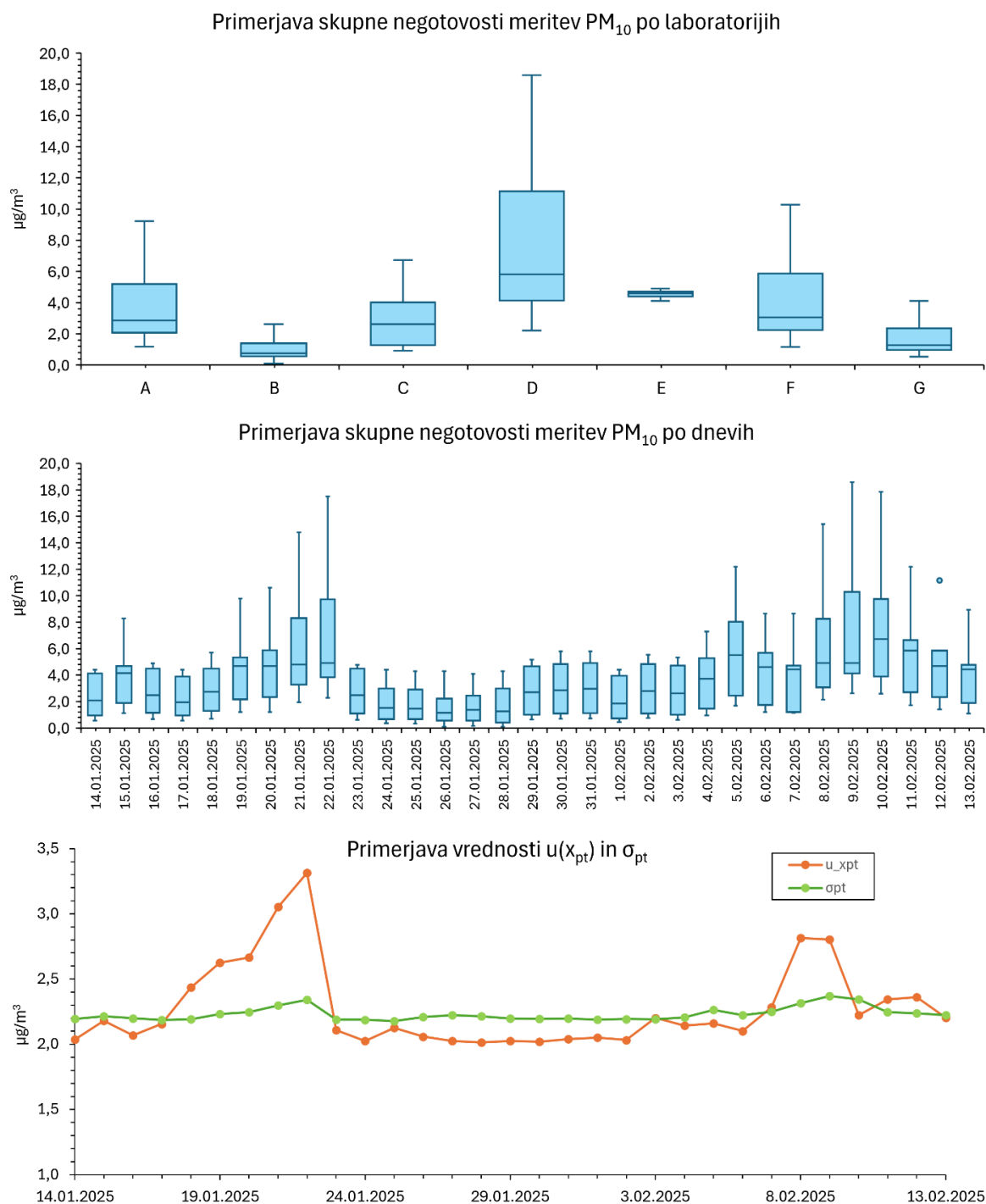
Iz slike 11 je jasno vidno, da je bila večina vrednosti zadovoljivih. Od skupno 207 meritev je bilo nezadovoljivih 17 (8,2 %) meritev. Na sliki 12 je prikazan škatlast diagram, ki predstavlja vizualen povzetek rezultatov E_n -vrednosti meritev delcev PM_{10} vsakega udeleženca. Na diagramu je razvidna mediana, porazdelitev vrednosti in s črtkanimi črtami označene meje za nezadovoljive rezultate (zelena barva).



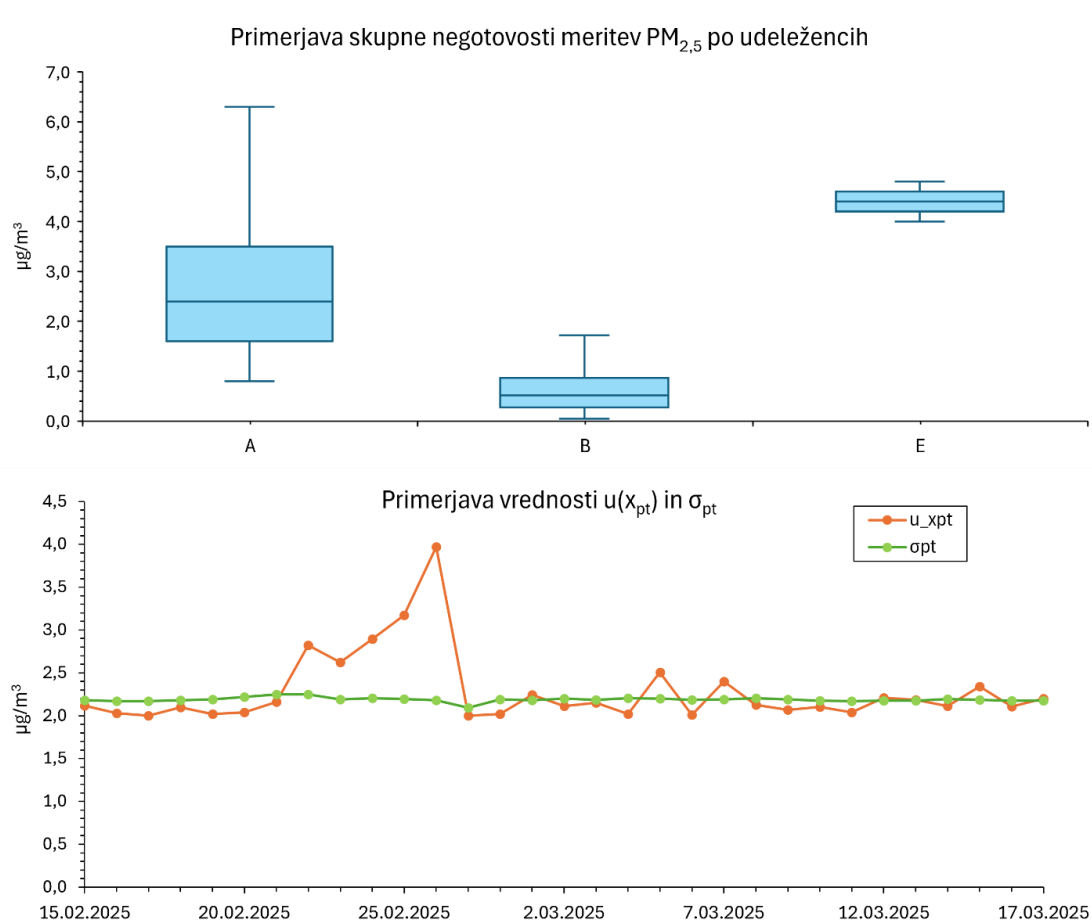
Slika 14: Škatlast diagram E_n -vrednosti za meritve delcev $PM_{2,5}$

5.4. Negotovost meritev

Za boljše razumevanje rezultatov E_n -vrednosti je bila podrobneje preučena negotovost udeležencev in negotovost, ki pripada dodeljeni vrednosti. Na sliki 15 so prikazane različne primerjave negotovosti za meritve delcev PM_{10} – to vključuje škatlasta diagrama, ki prikazujeta porazdelitev negotovosti združenih po posameznih udeležencih in po posameznih dnevih, ter graf, na katerem se primerjata standardni odklon za oceno usposobljenosti (σ_{pt}) in standardna negotovosti dodeljene vrednosti ($u(x_{pt})$) po posameznih dnevih. Vrednosti na drugem škatlastem diagramu naj bi sledile trendu σ_{pt} , ki je z zeleno črto prikazan na zadnjem grafu. Bolj izrazito razpršenost negotovosti je opaziti zlasti na dneve z višjimi koncentracijami delcev, kar je privedlo do večjih razlik med udeleženci. Za vse udeležence je priporočljiv pregled izračuna negotovosti v skladu s standardom EN 12341, saj ta neposredno vpliva na rezultate E_n -vrednosti.



Slika 15: Grafični prikaz različnih primerjav negotovosti meritev za delce PM_{10}



Slika 16: Grafični prikaz različnih primerjav negotovosti meritev za delce $PM_{2,5}$

Na sliki 16 so prikazane različne primerjave negotovosti za meritve delcev $PM_{2,5}$ in sicer škatlast diagram, ki prikazuje porazdelitev negotovosti združenih po posameznih udeležencih in graf, na katerem se primerjata standardni odklon za oceno usposobljenosti (σ_{pt}) in standardna negotovosti dodeljene vrednosti ($u(x_{pt})$) po posameznih dnevih. Škatlast diagram, ki prikazuje porazdelitev negotovosti združenih po posameznih dnevih, ni vključen zaradi majhnega števila udeležencev pri teh meritvah.

6. ZAKLJUČEK

Na primerjalnih meritvah so bile za oceno usposobljenosti dodeljene dnevne vrednosti izračunane kot robustno povprečje meritev vseh udeležencev, ki so za meritve uporabljali standardno gravimetrično metodo opisano v standardu EN 12341. Usposobljenost udeleženi laboratorijev je bila ocenjena z dvema kazalnikoma uspešnosti in sicer sta bila to z' -vrednost in E_n -vrednost.

Pri z' -vrednostih je bilo 2,9 % rezultatov pri meritvah delcev PM_{10} ocenjenih kot nezadovoljivih ($|z'| \geq 3$). Od skupno 207 meritev je 196 meritev zadovoljivih, 5 pogojno zadovoljivih in 6 nezadovoljivih. Od 7 laboratorijev jih je pet imelo vse meritve zadovoljive, en laboratorij je imel 3 pogojno zadovoljive, en laboratorij pa 2 pogojno zadovoljive in 6 nezadovoljivih meritev.

Pri meritvah delcev $PM_{2,5}$ so bile vse z' -vrednosti zadovoljive. Vseh 93 meritev je zadovoljivih in vsi trije sodelujoči laboratoriji so meritve opravili zadovoljivo.

Pri E_n -vrednostih je 8,2 % rezultatov pri meritvah delcev PM_{10} preseglo mejni kriterij tega kazalnika uspešnosti ($|E_n| \geq 1$). Od skupno 207 meritev je 190 meritev zadovoljivih in 17 nezadovoljivih. Od 7 laboratorijev jih je pet imelo vse meritve zadovoljive, en laboratorij je imel 9 nezadovoljivih meritev, en laboratorij pa 8 nezadovoljivih meritev.

Pri meritvah delcev $PM_{2,5}$ so bile vse E_n -vrednosti zadovoljive. Vseh 93 meritev je zadovoljivih in vsi trije sodelujoči laboratoriji so meritve opravili zadovoljivo.

PRILOGE

PRILOGA 1: Meritve laboratorija A

Tabela 7: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij A

A											
Zajem podatkov PM ₁₀ = 100 %						Zajem podatkov PM _{2,5} = 100 %					
Datum	PM ₁₀					Datum	PM _{2,5}				
	X _{pt}	X _{lab}	U _{lab}	z'	E _n		X _{pt}	X _{lab}	U _{lab}	z'	E _n
14.01.2025	15,99	16	2,1	0,00	0,00	15.02.2025	13,21	14	1,7	0,26	0,17
15.01.2025	31,14	32	4,2	0,28	0,14	16.02.2025	11,50	13	2,2	0,50	0,32
16.01.2025	18,68	19	2,5	0,11	0,07	17.02.2025	12,17	13	2,2	0,28	0,18
17.01.2025	14,66	15	2,0	0,11	0,07	18.02.2025	13,82	14	2,4	0,06	0,04
18.01.2025	19,93	21	2,7	0,33	0,19	19.02.2025	20,67	21	3,2	0,11	0,06
19.01.2025	35,42	36	4,7	0,17	0,08	20.02.2025	32,88	33	4,7	0,04	0,02
20.01.2025	38,76	40	5,2	0,36	0,17	21.02.2025	43,93	44	6,0	0,02	0,01
21.01.2025	54,57	56	7,3	0,38	0,15	22.02.2025	44,42	47	6,3	0,71	0,30
22.01.2025	64,78	68	8,8	0,79	0,29	23.02.2025	21,02	23	3,4	0,58	0,32
23.01.2025	17,84	19	2,5	0,38	0,24	24.02.2025	27,68	30	4,2	0,64	0,32
24.01.2025	11,37	12	1,6	0,21	0,15	25.02.2025	24,24	28	4,0	0,97	0,50
25.01.2025	10,43	12	1,6	0,52	0,35	26.02.2025	12,20	16	2,6	0,84	0,45
26.01.2025	8,87	9,5	1,2	0,21	0,15	27.02.2025	1,30	1,2	0,8	-0,03	-0,02
27.01.2025	9,42	11	1,4	0,53	0,37	28.02.2025	9,31	8	1,6	-0,44	-0,30
28.01.2025	9,12	9,1	1,2	-0,01	-0,01	1.03.2025	11,90	12	2,1	0,03	0,02
29.01.2025	19,70	20	2,6	0,10	0,06	2.03.2025	12,80	13	2,2	0,07	0,04
30.01.2025	21,04	21	2,7	-0,01	-0,01	3.03.2025	17,24	17	2,7	-0,08	-0,05
31.01.2025	21,57	22	2,9	0,14	0,09	4.03.2025	25,40	24	3,5	-0,47	-0,26
1.02.2025	13,67	14	1,8	0,11	0,07	5.03.2025	28,57	27	4,0	-0,47	-0,25
2.02.2025	20,88	21	2,7	0,04	0,02	6.03.2025	21,19	21	3,2	-0,06	-0,04
3.02.2025	19,15	19	2,5	-0,05	-0,03	7.03.2025	19,75	18	2,9	-0,54	-0,31
4.02.2025	27,26	27	3,5	-0,09	-0,05	8.03.2025	27,44	26	3,8	-0,47	-0,25
5.02.2025	46,98	48	6,2	0,33	0,13	9.03.2025	21,60	21	3,3	-0,20	-0,11
6.02.2025	33,87	35	4,6	0,37	0,18	10.03.2025	12,18	13	2,3	0,27	0,17
7.02.2025	32,29	34	4,4	0,53	0,27	11.03.2025	6,93	7,9	1,6	0,33	0,22
8.02.2025	56,86	60	7,8	0,86	0,33	12.03.2025	5,91	7	1,5	0,35	0,23
9.02.2025	69,87	71	9,2	0,31	0,10	13.03.2025	4,39	5,5	1,4	0,36	0,24
10.02.2025	67,56	68	8,8	0,14	0,04	14.03.2025	6,20	6,9	1,5	0,23	0,16
11.02.2025	46,55	45	5,9	-0,48	-0,21	15.03.2025	5,03	6,3	1,5	0,40	0,26
12.02.2025	40,21	40	5,2	-0,06	-0,03	16.03.2025	6,09	6,9	1,5	0,27	0,18
13.02.2025	33,35	34	4,4	0,21	0,10	17.03.2025	5,00	6,2	1,5	0,39	0,26

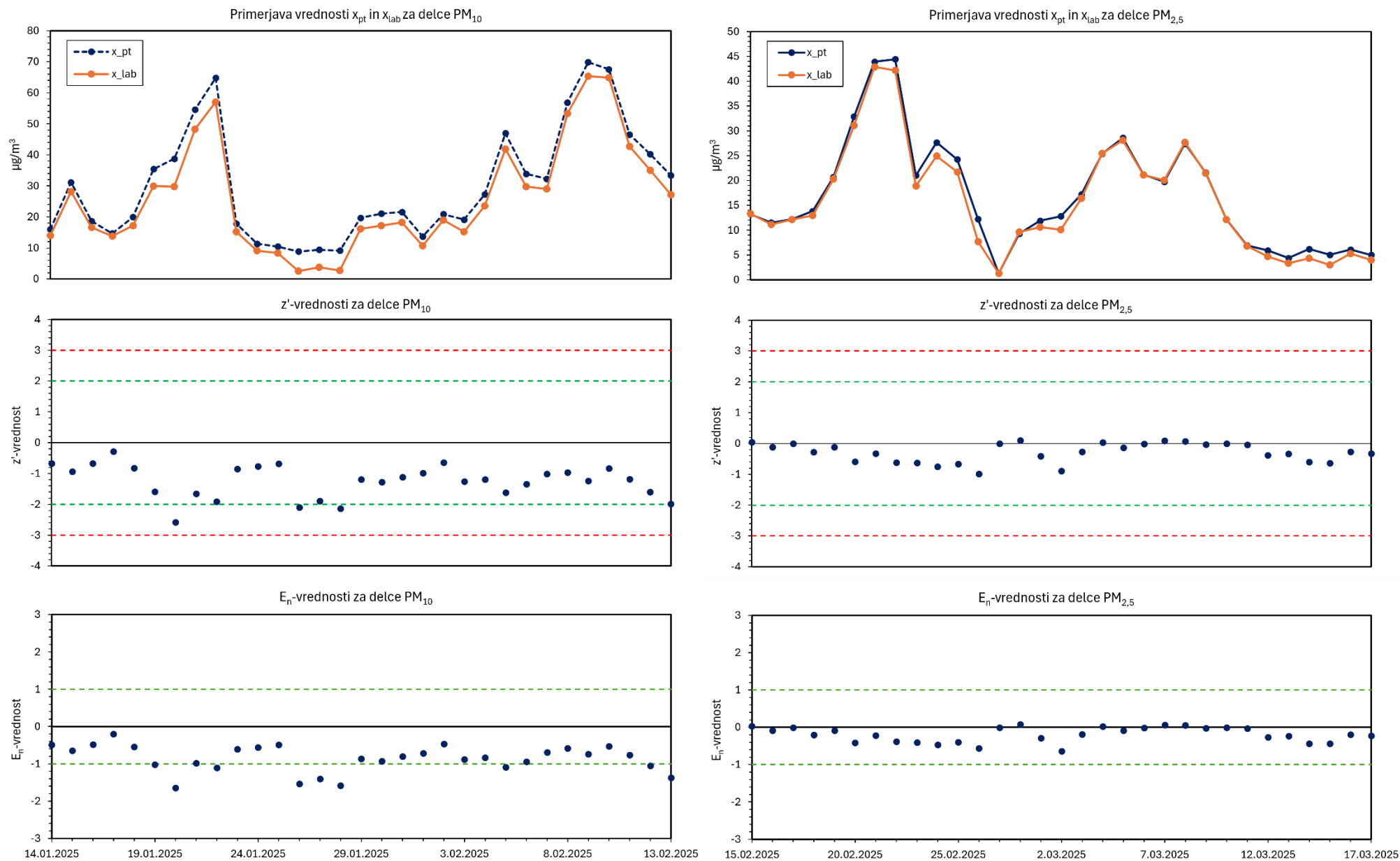


Slika 17: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij A

PRILOGA 2: Meritve laboratorija B

Tabela 8: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij B

B											
Zajem podatkov PM ₁₀ = 100 %						Zajem podatkov PM _{2,5} = 100 %					
Datum	PM ₁₀					Datum	PM _{2,5}				
	X _{pt}	X _{lab}	U _{lab}	z'	E _n		X _{pt}	X _{lab}	U _{lab}	z'	E _n
14.01.2025	15,99	14,0	0,6	-0,68	-0,49	15.02.2025	13,21	13,3	0,5	0,04	0,03
15.01.2025	31,14	28,2	1,1	-0,94	-0,65	16.02.2025	11,50	11,2	0,4	-0,12	-0,09
16.01.2025	18,68	16,6	0,7	-0,68	-0,49	17.02.2025	12,17	12,2	0,5	-0,01	-0,01
17.01.2025	14,66	13,8	0,6	-0,29	-0,20	18.02.2025	13,82	13,0	0,5	-0,28	-0,20
18.01.2025	19,93	17,2	0,7	-0,82	-0,55	19.02.2025	20,67	20,3	0,8	-0,12	-0,09
19.01.2025	35,42	29,9	1,2	-1,59	-1,02	20.02.2025	32,88	31,1	1,2	-0,59	-0,41
20.01.2025	38,76	29,8	1,2	-2,58	-1,65	21.02.2025	43,93	42,9	1,7	-0,33	-0,22
21.01.2025	54,57	48,2	1,9	-1,65	-0,99	22.02.2025	44,42	42,2	1,7	-0,62	-0,38
22.01.2025	64,78	57,0	2,3	-1,91	-1,11	23.02.2025	21,02	18,9	0,8	-0,63	-0,41
23.01.2025	17,84	15,2	0,6	-0,85	-0,61	24.02.2025	27,68	24,9	1,0	-0,75	-0,47
24.01.2025	11,37	9,1	0,4	-0,77	-0,56	25.02.2025	24,24	21,7	0,9	-0,67	-0,40
25.01.2025	10,43	8,3	0,3	-0,69	-0,49	26.02.2025	12,20	7,7	0,3	-0,99	-0,57
26.01.2025	8,87	2,5	0,1	-2,10	-1,54	27.02.2025	1,30	1,3	0,1	-0,01	-0,01
27.01.2025	9,42	3,7	0,1	-1,90	-1,41	28.02.2025	9,31	9,6	0,4	0,10	0,07
28.01.2025	9,12	2,7	0,1	-2,14	-1,59	1.03.2025	11,90	10,6	0,4	-0,41	-0,29
29.01.2025	19,70	16,1	0,6	-1,19	-0,87	2.03.2025	12,80	10,1	0,4	-0,89	-0,64
30.01.2025	21,04	17,2	0,7	-1,28	-0,93	3.03.2025	17,24	16,4	0,7	-0,27	-0,19
31.01.2025	21,57	18,2	0,7	-1,11	-0,81	4.03.2025	25,40	25,5	1,0	0,03	0,02
1.02.2025	13,67	10,7	0,4	-0,99	-0,72	5.03.2025	28,57	28,1	1,1	-0,14	-0,09
2.02.2025	20,88	19,0	0,8	-0,64	-0,47	6.03.2025	21,19	21,1	0,8	-0,02	-0,01
3.02.2025	19,15	15,2	0,6	-1,26	-0,88	7.03.2025	19,75	20,0	0,8	0,09	0,06
4.02.2025	27,26	23,6	0,9	-1,20	-0,84	8.03.2025	27,44	27,7	1,1	0,07	0,05
5.02.2025	46,98	41,9	1,7	-1,62	-1,10	9.03.2025	21,60	21,5	0,9	-0,03	-0,02
6.02.2025	33,87	29,8	1,2	-1,35	-0,94	10.03.2025	12,18	12,2	0,5	-0,01	-0,01
7.02.2025	32,29	29,0	1,2	-1,02	-0,69	11.03.2025	6,93	6,8	0,3	-0,04	-0,03
8.02.2025	56,86	53,3	2,1	-0,97	-0,59	12.03.2025	5,91	4,7	0,2	-0,38	-0,27
9.02.2025	69,87	65,3	2,6	-1,24	-0,74	13.03.2025	4,39	3,4	0,1	-0,33	-0,24
10.02.2025	67,56	64,8	2,6	-0,84	-0,53	14.03.2025	6,20	4,4	0,2	-0,61	-0,44
11.02.2025	46,55	42,7	1,7	-1,18	-0,77	15.03.2025	5,03	3,0	0,1	-0,64	-0,44
12.02.2025	40,21	35,0	1,4	-1,60	-1,06	16.03.2025	6,09	5,3	0,2	-0,27	-0,20
13.02.2025	33,35	27,1	1,1	-1,99	-1,37	17.03.2025	5,00	4,0	0,2	-0,33	-0,23

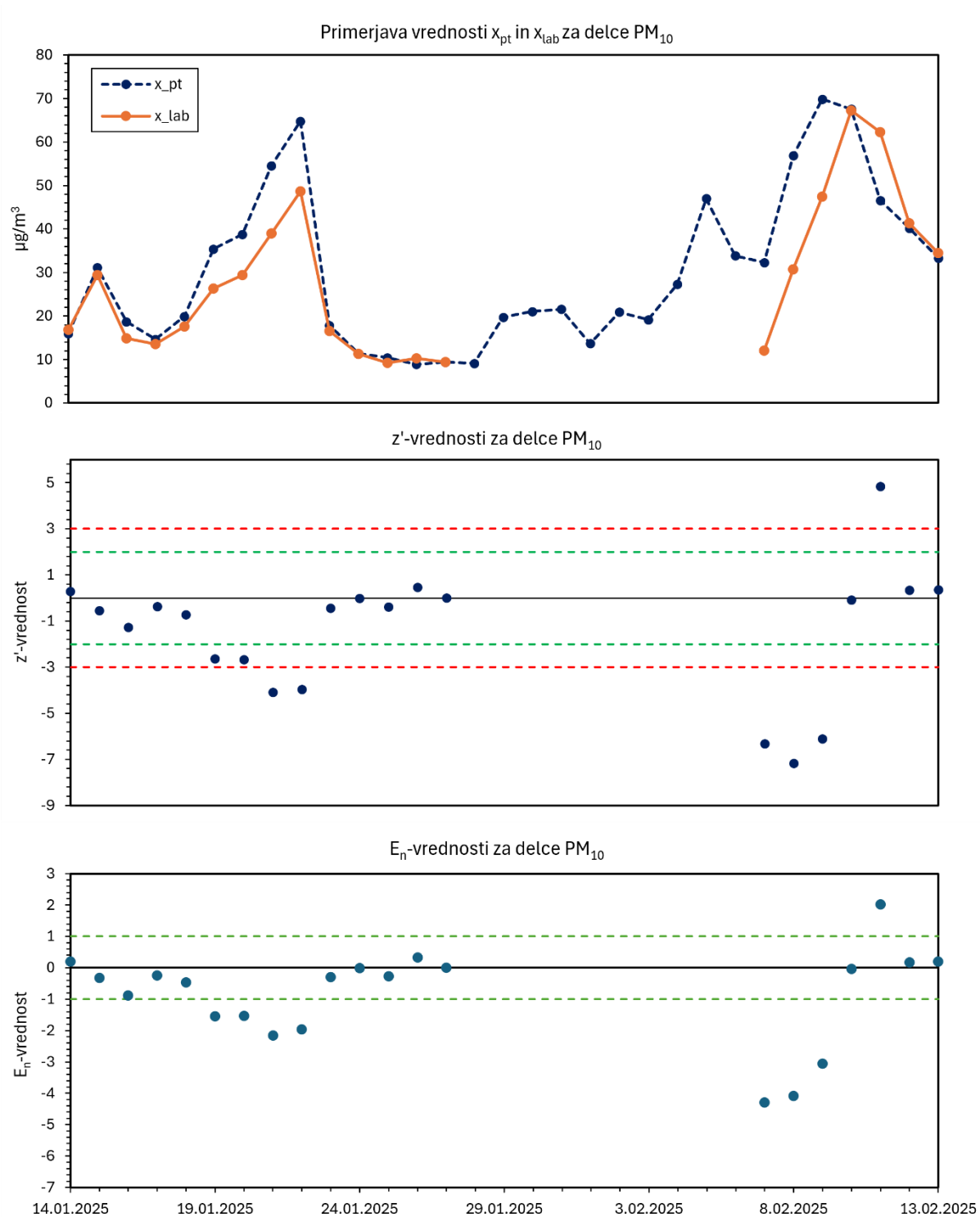


Slika 18: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij B

PRILOGA 3: Meritve laboratorija C

Tabela 9: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij C

C					
Zajem podatkov PM ₁₀ = 68 %					
Datum	PM ₁₀				
	x _{pt}	x _{lab}	U _{lab}	z'	E _n
14.01.2025	15,99	16,861	1,686	0,29	0,20
15.01.2025	31,14	29,434	2,943	-0,55	-0,32
16.01.2025	18,68	14,824	1,482	-1,28	-0,88
17.01.2025	14,66	13,546	1,355	-0,36	-0,25
18.01.2025	19,93	17,544	1,754	-0,73	-0,46
19.01.2025	35,42	26,319	2,632	-2,64	-1,55
20.01.2025	38,76	29,447	2,945	-2,67	-1,53
21.01.2025	54,57	38,956	3,896	-4,09	-2,15
22.01.2025	64,78	48,672	4,867	-3,97	-1,96
23.01.2025	17,84	16,512	1,651	-0,44	-0,29
24.01.2025	11,37	11,343	1,134	-0,01	-0,01
25.01.2025	10,43	9,240	0,924	-0,39	-0,27
26.01.2025	8,87	10,278	1,028	0,47	0,33
27.01.2025	9,42	9,431	0,943	0,00	0,00
28.01.2025	9,12				
29.01.2025	19,70				
30.01.2025	21,04				
31.01.2025	21,57				
1.02.2025	13,67				
2.02.2025	20,88				
3.02.2025	19,15				
4.02.2025	27,26				
5.02.2025	46,98				
6.02.2025	33,87				
7.02.2025	32,29	12,013	1,201	-6,33	-4,29
8.02.2025	56,86	30,700	3,070	-7,18	-4,08
9.02.2025	69,87	47,443	4,744	-6,11	-3,05
10.02.2025	67,56	67,268	6,727	-0,09	-0,04
11.02.2025	46,55	62,267	6,227	4,84	2,02
12.02.2025	40,21	41,301	4,130	0,34	0,17
13.02.2025	33,35	34,493	3,449	0,36	0,20

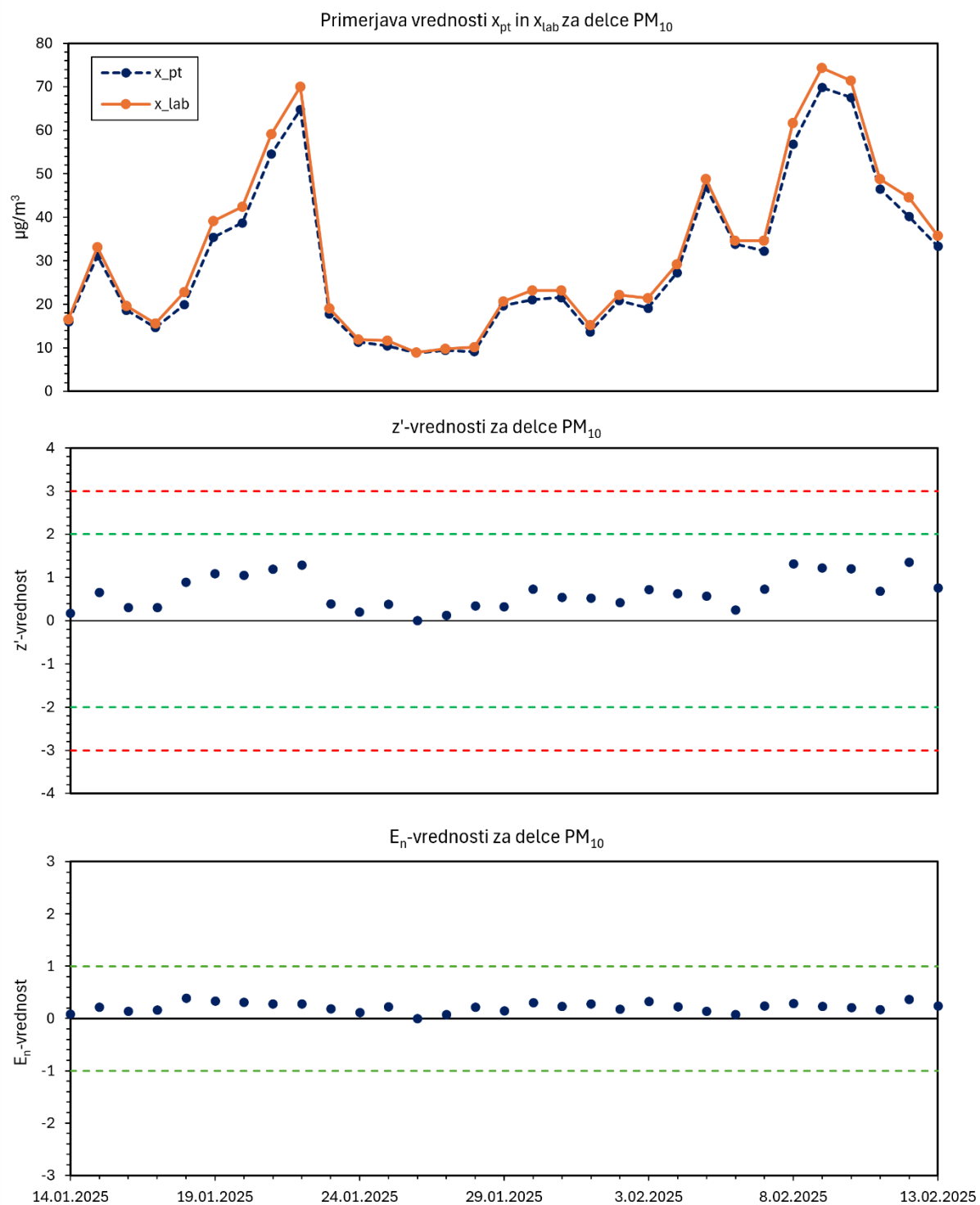


Slika 19: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij C

PRILOGA 4: Meritve laboratorija D

Tabela 10: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij D

D					
Zajem podatkov $PM_{10} = 100 \%$					
Datum	PM_{10}				
	x_{pt}	x_{lab}	U_{lab}	z'	E_n
14.01.2025	15,99	16,51	4,1	0,17	0,09
15.01.2025	31,14	33,17	8,3	0,65	0,22
16.01.2025	18,68	19,59	4,9	0,30	0,14
17.01.2025	14,66	15,60	3,9	0,31	0,16
18.01.2025	19,93	22,86	5,7	0,89	0,39
19.01.2025	35,42	39,17	9,8	1,09	0,34
20.01.2025	38,76	42,45	10,6	1,06	0,31
21.01.2025	54,57	59,12	14,8	1,19	0,28
22.01.2025	64,78	70,00	17,5	1,29	0,28
23.01.2025	17,84	19,04	4,8	0,40	0,19
24.01.2025	11,37	11,97	3,0	0,20	0,12
25.01.2025	10,43	11,61	2,9	0,39	0,23
26.01.2025	8,87	8,88	2,2	0,00	0,00
27.01.2025	9,42	9,79	2,4	0,12	0,08
28.01.2025	9,12	10,16	2,5	0,34	0,22
29.01.2025	19,70	20,67	5,2	0,33	0,15
30.01.2025	21,04	23,21	5,8	0,73	0,31
31.01.2025	21,57	23,21	5,8	0,55	0,23
1.02.2025	13,67	15,24	3,8	0,52	0,28
2.02.2025	20,88	22,13	5,5	0,42	0,18
3.02.2025	19,15	21,40	5,4	0,72	0,32
4.02.2025	27,26	29,20	7,3	0,63	0,23
5.02.2025	46,98	48,78	12,2	0,58	0,14
6.02.2025	33,87	34,65	8,7	0,25	0,08
7.02.2025	32,29	34,64	8,7	0,73	0,24
8.02.2025	56,86	61,67	15,4	1,32	0,29
9.02.2025	69,87	74,37	18,6	1,23	0,23
10.02.2025	67,56	71,45	17,9	1,21	0,21
11.02.2025	46,55	48,78	12,2	0,69	0,17
12.02.2025	40,21	44,62	11,2	1,36	0,36
13.02.2025	33,35	35,73	8,9	0,76	0,24

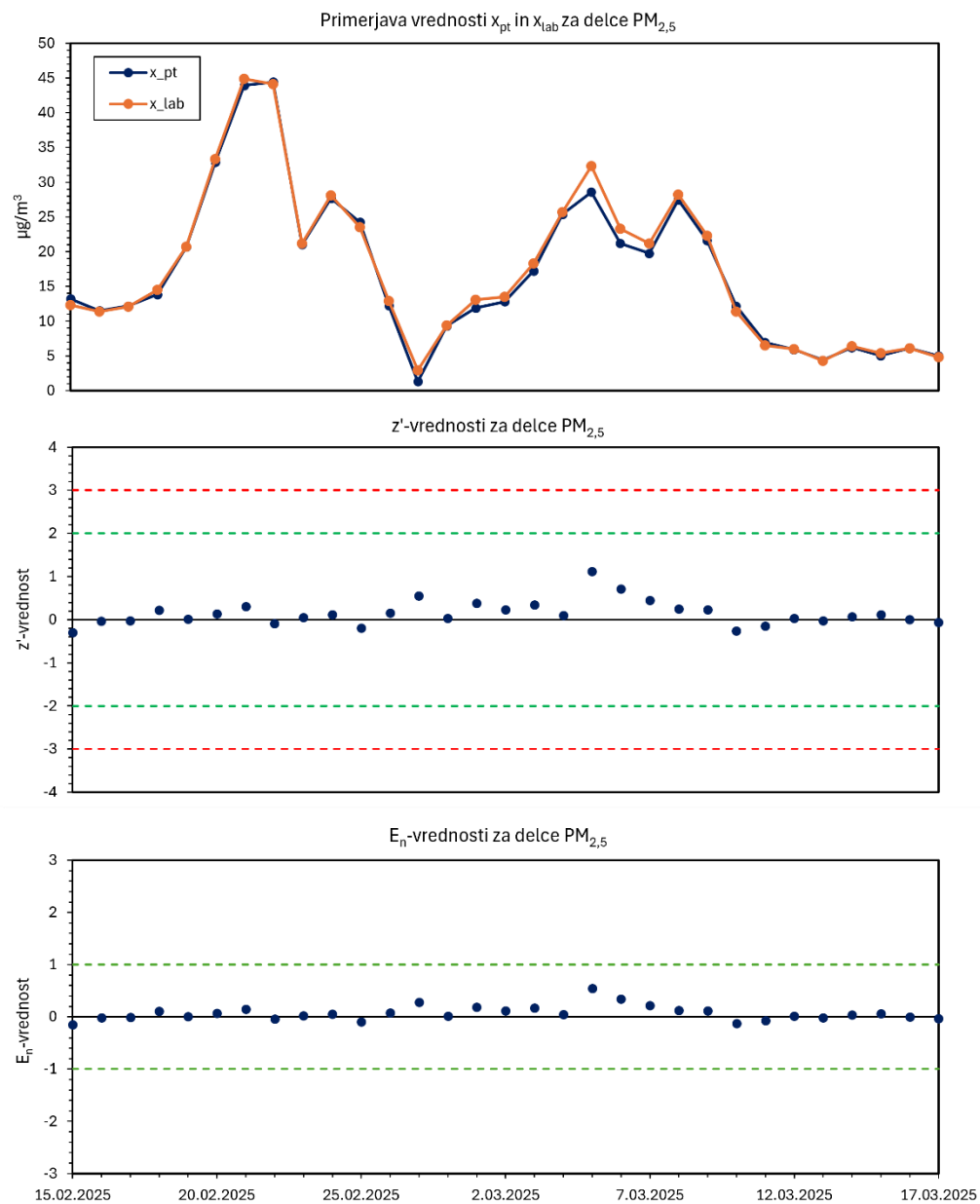
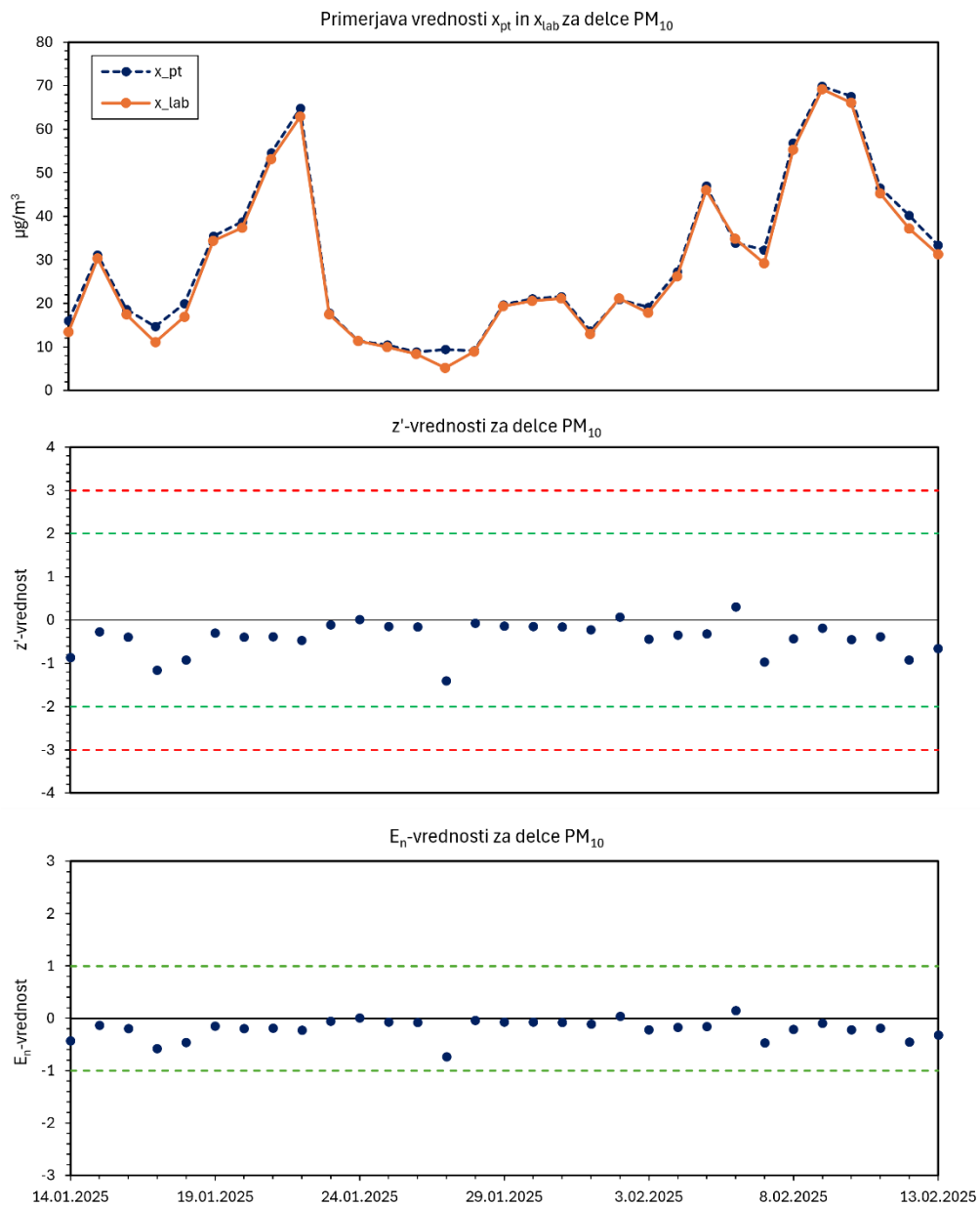


Slika 20: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij D

PRILOGA 5: Meritve laboratorija E

Tabela 11: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij E

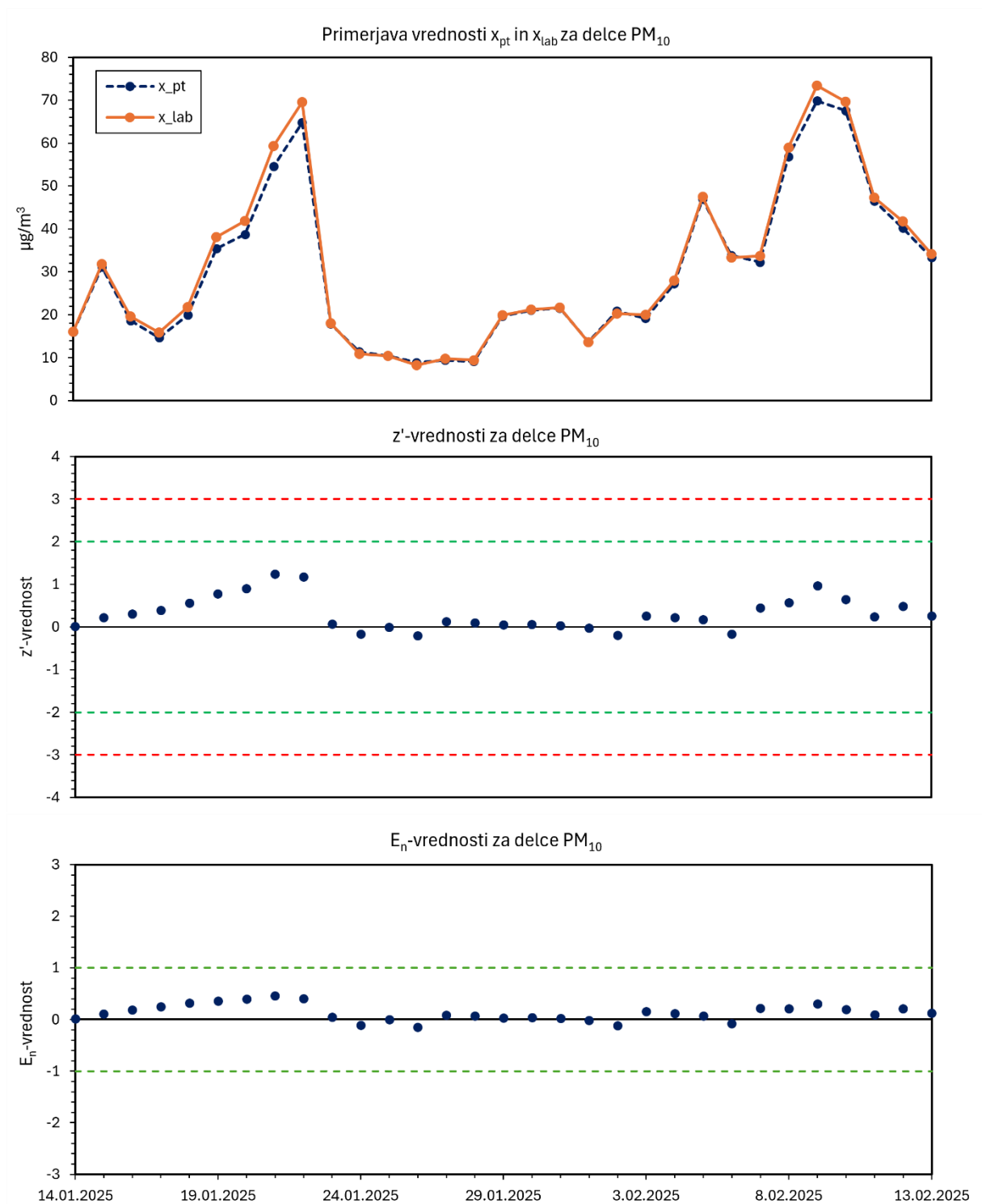
E											
Zajem podatkov PM ₁₀ = 100 %						Zajem podatkov PM _{2,5} = 100 %					
Datum	PM ₁₀					Datum	PM _{2,5}				
	X _{pt}	X _{lab}	U _{lab}	z'	E _n		X _{pt}	X _{lab}	U _{lab}	z'	E _n
14.01.2025	15,99	13,4	4,4	-0,86	-0,43	15.02.2025	13,21	12,3	4,4	-0,30	-0,15
15.01.2025	31,14	30,3	4,7	-0,27	-0,13	16.02.2025	11,50	11,4	4,4	-0,03	-0,02
16.01.2025	18,68	17,5	4,5	-0,39	-0,19	17.02.2025	12,17	12,1	4,4	-0,03	-0,01
17.01.2025	14,66	11,1	4,4	-1,16	-0,58	18.02.2025	13,82	14,5	4,4	0,22	0,11
18.01.2025	19,93	16,9	4,5	-0,92	-0,46	19.02.2025	20,67	20,7	4,5	0,01	0,00
19.01.2025	35,42	34,4	4,7	-0,30	-0,14	20.02.2025	32,88	33,3	4,7	0,14	0,07
20.01.2025	38,76	37,4	4,7	-0,39	-0,19	21.02.2025	43,93	44,9	4,8	0,31	0,15
21.01.2025	54,57	53,1	4,8	-0,38	-0,19	22.02.2025	44,42	44,1	4,8	-0,09	-0,04
22.01.2025	64,78	62,9	4,9	-0,46	-0,23	23.02.2025	21,02	21,2	4,6	0,05	0,03
23.01.2025	17,84	17,5	4,5	-0,11	-0,05	24.02.2025	27,68	28,1	4,6	0,12	0,06
24.01.2025	11,37	11,4	4,4	0,01	0,01	25.02.2025	24,24	23,5	4,6	-0,19	-0,09
25.01.2025	10,43	10	4,3	-0,14	-0,07	26.02.2025	12,20	12,9	4,4	0,15	0,08
26.01.2025	8,87	8,4	4,3	-0,16	-0,08	27.02.2025	1,30	2,9	4,0	0,55	0,28
27.01.2025	9,42	5,2	4,1	-1,40	-0,73	28.02.2025	9,31	9,4	4,3	0,03	0,01
28.01.2025	9,12	8,9	4,3	-0,07	-0,04	1.03.2025	11,90	13,1	4,4	0,38	0,19
29.01.2025	19,70	19,3	4,5	-0,13	-0,07	2.03.2025	12,80	13,5	4,4	0,23	0,12
30.01.2025	21,04	20,6	4,5	-0,15	-0,07	3.03.2025	17,24	18,3	4,5	0,35	0,17
31.01.2025	21,57	21,1	4,6	-0,16	-0,08	4.03.2025	25,40	25,7	4,6	0,10	0,05
1.02.2025	13,67	13	4,4	-0,22	-0,11	5.03.2025	28,57	32,3	4,7	1,12	0,54
2.02.2025	20,88	21,1	4,6	0,07	0,04	6.03.2025	21,19	23,3	4,6	0,71	0,35
3.02.2025	19,15	17,8	4,5	-0,44	-0,21	7.03.2025	19,75	21,2	4,6	0,45	0,22
4.02.2025	27,26	26,2	4,6	-0,35	-0,17	8.03.2025	27,44	28,2	4,6	0,25	0,12
5.02.2025	46,98	46	4,8	-0,31	-0,15	9.03.2025	21,60	22,3	4,6	0,23	0,11
6.02.2025	33,87	34,8	4,7	0,30	0,15	10.03.2025	12,18	11,4	4,4	-0,26	-0,13
7.02.2025	32,29	29,2	4,7	-0,96	-0,47	11.03.2025	6,93	6,5	4,2	-0,14	-0,07
8.02.2025	56,86	55,3	4,9	-0,43	-0,21	12.03.2025	5,91	6	4,2	0,03	0,02
9.02.2025	69,87	69,2	4,9	-0,18	-0,09	13.03.2025	4,39	4,3	4,1	-0,03	-0,01
10.02.2025	67,56	66,1	4,9	-0,45	-0,22	14.03.2025	6,20	6,4	4,2	0,07	0,03
11.02.2025	46,55	45,3	4,8	-0,39	-0,19	15.03.2025	5,03	5,4	4,2	0,11	0,06
12.02.2025	40,21	37,2	4,7	-0,92	-0,45	16.03.2025	6,09	6,1	4,2	0,00	0,00
13.02.2025	33,35	31,3	4,7	-0,66	-0,32	17.03.2025	5,00	4,8	4,1	-0,06	-0,03



Slika 21: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij E

Tabela 12: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij F

F					
Zajem podatkov $PM_{10} = 100 \%$					
Datum	PM_{10}				
	x_{pt}	x_{lab}	U_{lab}	z'	E_n
14.01.2025	15,99	16,0	2,2	0,02	0,01
15.01.2025	31,14	31,8	4,5	0,22	0,11
16.01.2025	18,68	19,6	2,7	0,30	0,18
17.01.2025	14,66	15,9	2,2	0,39	0,25
18.01.2025	19,93	21,8	3,0	0,56	0,32
19.01.2025	35,42	38,1	5,3	0,78	0,36
20.01.2025	38,76	41,9	5,9	0,90	0,40
21.01.2025	54,57	59,3	8,3	1,24	0,46
22.01.2025	64,78	69,6	9,7	1,18	0,41
23.01.2025	17,84	18,0	2,5	0,07	0,04
24.01.2025	11,37	10,9	1,5	-0,16	-0,11
25.01.2025	10,43	10,4	1,5	0,00	0,00
26.01.2025	8,87	8,3	1,2	-0,21	-0,15
27.01.2025	9,42	9,8	1,4	0,12	0,09
28.01.2025	9,12	9,4	1,3	0,10	0,07
29.01.2025	19,70	19,9	2,8	0,05	0,03
30.01.2025	21,04	21,2	3,0	0,06	0,04
31.01.2025	21,57	21,7	3,0	0,03	0,02
1.02.2025	13,67	13,6	1,9	-0,02	-0,01
2.02.2025	20,88	20,3	2,8	-0,19	-0,11
3.02.2025	19,15	20,0	2,8	0,26	0,15
4.02.2025	27,26	27,9	3,9	0,22	0,12
5.02.2025	46,98	47,5	6,7	0,17	0,07
6.02.2025	33,87	33,4	4,7	-0,16	-0,08
7.02.2025	32,29	33,7	4,7	0,45	0,22
8.02.2025	56,86	59,0	8,3	0,57	0,21
9.02.2025	69,87	73,4	10,3	0,97	0,30
10.02.2025	67,56	69,7	9,8	0,65	0,20
11.02.2025	46,55	47,3	6,6	0,24	0,10
12.02.2025	40,21	41,8	5,9	0,49	0,21
13.02.2025	33,35	34,2	4,8	0,26	0,13

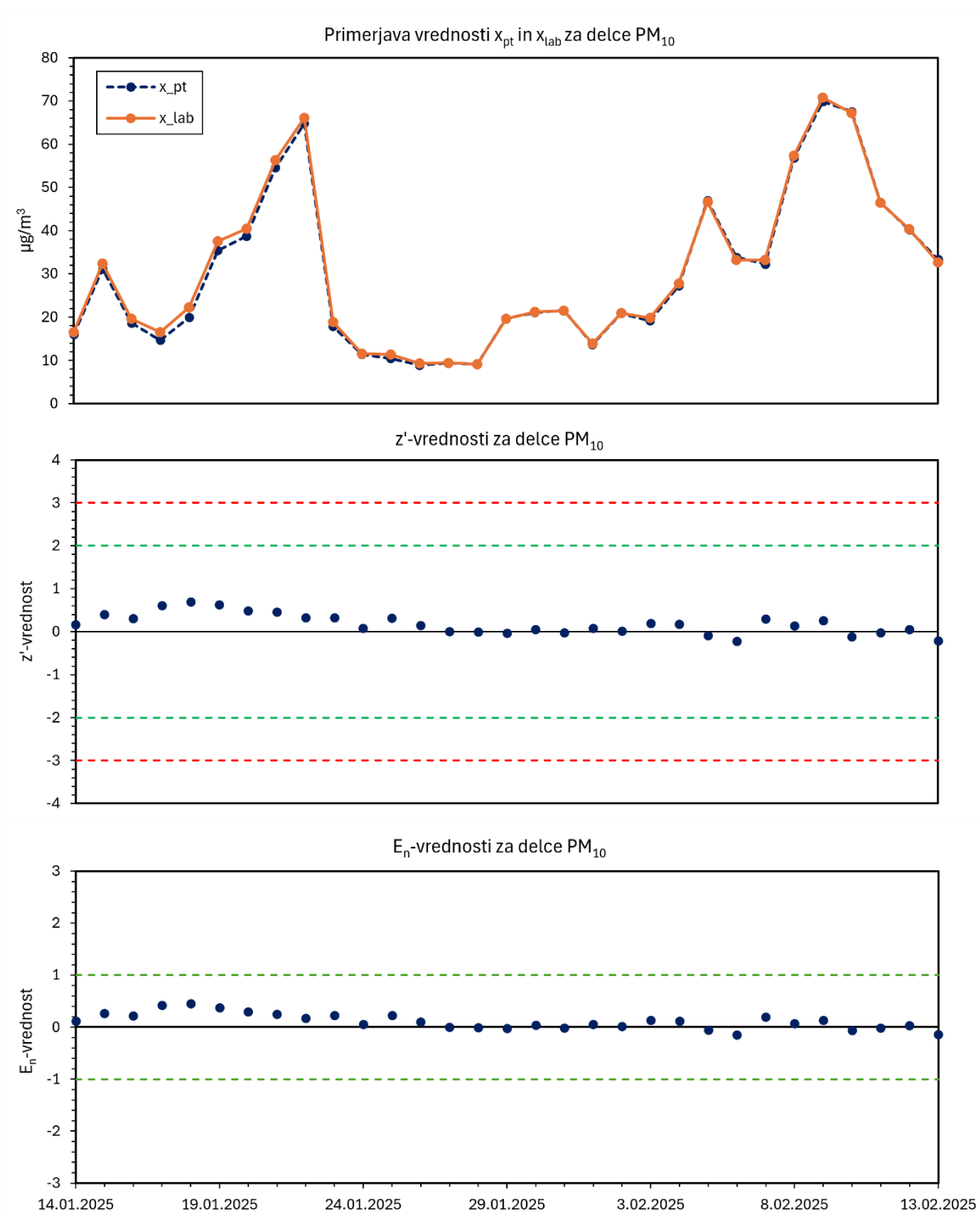


Slika 22: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij F

PRILOGA 7: Meritve laboratorija G

Tabela 13: Poročane vrednosti, negotovosti in kazalnik uspešnosti za laboratorij G

G					
Zajem podatkov PM ₁₀ = 100 %					
Datum	PM ₁₀				
	X _{pt}	X _{lab}	U _{lab}	z'	E _n
14.01.2025	15,99	16,5	1,0	0,16	0,12
15.01.2025	31,14	32,4	1,9	0,40	0,26
16.01.2025	18,68	19,6	1,1	0,31	0,22
17.01.2025	14,66	16,5	1,0	0,61	0,42
18.01.2025	19,93	22,2	1,3	0,69	0,45
19.01.2025	35,42	37,6	2,2	0,62	0,38
20.01.2025	38,76	40,5	2,3	0,49	0,29
21.01.2025	54,57	56,3	3,3	0,46	0,25
22.01.2025	64,78	66,1	3,8	0,33	0,17
23.01.2025	17,84	18,8	1,1	0,33	0,23
24.01.2025	11,37	11,6	0,7	0,08	0,05
25.01.2025	10,43	11,4	0,7	0,31	0,22
26.01.2025	8,87	9,3	0,5	0,14	0,10
27.01.2025	9,42	9,4	0,5	0,00	0,00
28.01.2025	9,12	9,1	0,5	-0,01	0,00
29.01.2025	19,70	19,6	1,1	-0,04	-0,03
30.01.2025	21,04	21,2	1,2	0,06	0,04
31.01.2025	21,57	21,5	1,2	-0,03	-0,02
1.02.2025	13,67	13,9	0,8	0,08	0,05
2.02.2025	20,88	20,9	1,2	0,02	0,01
3.02.2025	19,15	19,8	1,1	0,20	0,14
4.02.2025	27,26	27,8	1,6	0,17	0,11
5.02.2025	46,98	46,7	2,7	-0,09	-0,06
6.02.2025	33,87	33,2	1,9	-0,22	-0,15
7.02.2025	32,29	33,2	1,9	0,30	0,19
8.02.2025	56,86	57,3	3,3	0,13	0,07
9.02.2025	69,87	70,8	4,1	0,26	0,14
10.02.2025	67,56	67,2	3,9	-0,12	-0,06
11.02.2025	46,55	46,5	2,7	-0,02	-0,01
12.02.2025	40,21	40,4	2,3	0,05	0,03
13.02.2025	33,35	32,7	1,9	-0,21	-0,14



Slika 23: Grafičen prikaz poročanih vrednosti, negotovosti in kazalnikov uspešnosti za laboratorij G

