



Liepāja [•]



ATMOSFĒRAS PIESĀRŅOJUMA MĒRĪJUMU REZULTĀTI 2022. GADA
VASARAS UN 2023. GADA ZIEMAS PERIODĀ

2023. GADA MARTS

PERSONU APVIENĪBA "FIRMA L4 UN ARDENIS"

SATURA RĀDĪTĀJS

ANOTĀCIJA.....	3
1. MĒRĪJUMU PROGRAMMA	4
2. CIETO DAĻIŅU (PM₁₀, PM_{2.5}) MĒRĪJUMU REZULTĀTI, SENSORU MĒRĪJUMI.....	7
2.1 CIETO DAĻIŅU PM ₁₀ MĒRĪJUMU REZULTĀTI	7
2.2 CIETO DAĻIŅU PM _{2.5} MĒRĪJUMU REZULTĀTI	11
3. SLĀPEKĻA DIOKSĪDA (NO₂) REZULTĀTI.....	18
4. CIETO DAĻIŅU AVOTU IDENTIFIKĀCIJA, SPEKTRĀLĀS ANALĪZES REZULTĀTI 20	
5. NOTURĪGO ORGANISKO SAVIENOJUMU (BENZAPIRĒNA) UN SMAGO METĀLU (SVINA) KONCENTRĀCIJAS.....	26
6. KOPSAVILKUMS - SECINĀJUMI	27
6.1 SECINĀJUMI	27
6.2 REKOMENDĀCIJA	29

ANOTĀCIJA

Ziņojumu par gaisa kvalitātes mērījumiem ir sagatavojusi personu apvienība sabiedrība ar ierobežotu atbildību “Firma L4” un SIA “Ardenis” atbilstoši 2022.gada 13.aprīlī noslēgtajam līgumam par gaisa kvalitātes indikatīvo mērījumu veikšanu Liepājas valstspilsētā, pamatojoties uz atklāta konkursa „Gaisa kvalitātes kontroles mērījumu veikšana Liepājas valstspilsētā” (LVP 2022/27) rezultātiem. Līgums nosaka šādu gaisu piesārņojošo vielu mērījumus un to izvērtējumu:

- Daļiņu (PM_{10} un $PM_{2,5}$) noteikšana;
- Slāpekļa dioksīda (NO_2) noteikšana;
- Benz(a)pirēna (B(a)P) noteikšana;
- Svina (Pb) noteikšana.

Ziņojuma sagatavošanas ietvaros veikti sekojoši darbi:

- Sezonas bez apkures (vasaras) mērījumi. Vasaras sezonas mērījumu atskaite ir iesniegta 2022.gada 1.septembrī,
- Vasaras mērījumu prezentācija Liepājas pilsētas domes Vides komisijā 27.09.2022.;
- Sezonas ar apkuri (ziemas) mērījumus;
- Veikta datu analīze, kopsavilkums un secinājumi.

Kontaktpersonas par šo ziņojumu ir:

No Pasūtītāja puses: Liepājas pilsētas domes Vides, veselības un sabiedrības līdzdalības daļas Vides nodaļas vadītāja Dace Liepniece-Liepiņa, kontaktinformācija: dace.liepniece@liepaja.lv, telefons [63 404 745](tel:63404745);

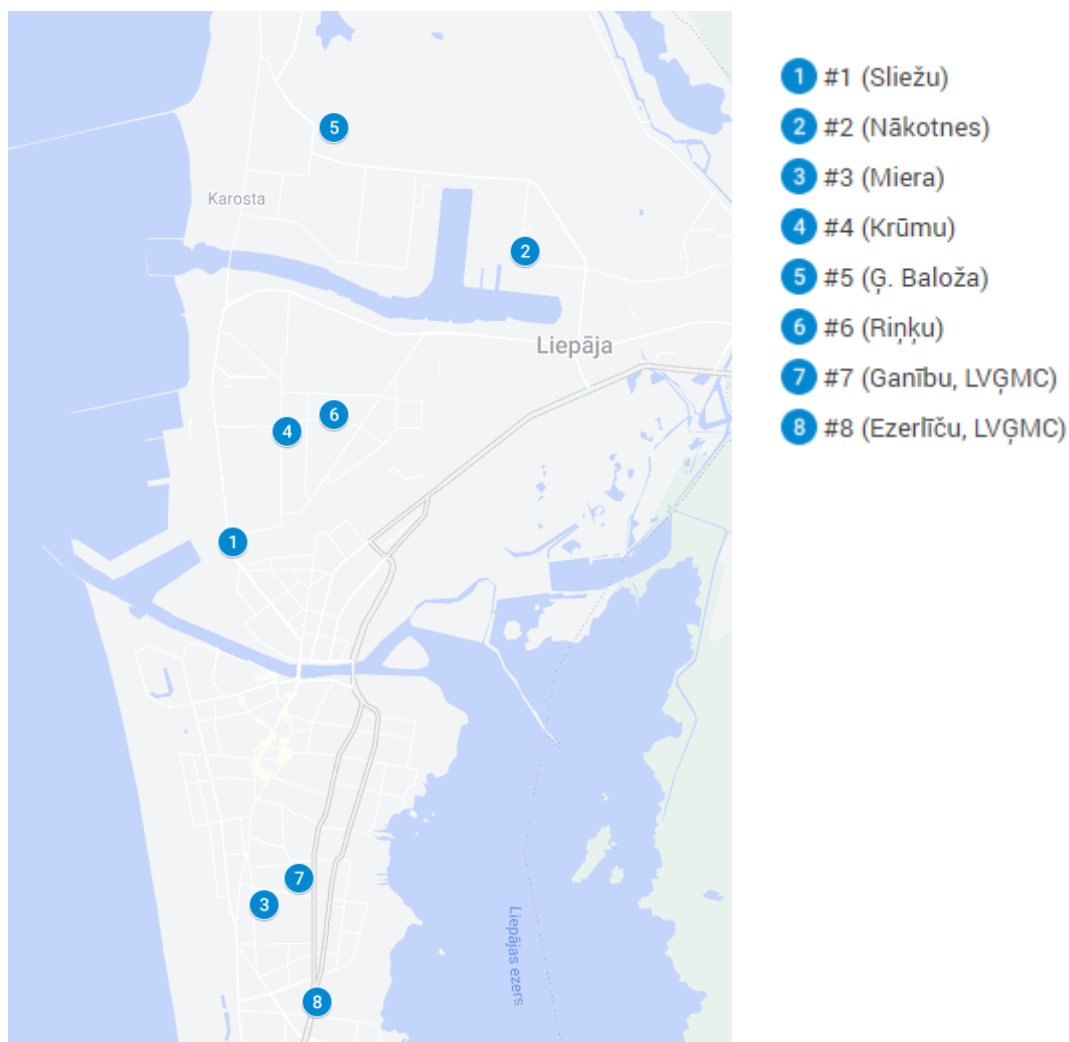
No Izpildītāja puses: personu apvienība “Firma L4” un SIA “Ardenis”, Jānis Māsēns, tālr.: 67500180, e-pasts: firmaL4@L4.lv.

1. MĒRĪJUMU PROGRAMMA

Gaisa kvalitātes mērījumi Liepājā tiek veikti astoņos (8) monitoringa punktos, no tiem seši monitoringa punkti ierīkoti šī projekta ietvaros. Mērījumi tiek turpināti tajās pašās vietās (vai ļoti tuvu tām), kur tie tika uzsākti 2021. gadā, izstrādājot Liepājas pilsētas gaisa kvalitātes uzlabošanas rīcības programmu 2021.-2025.gadam.

Pārējās vietās mērījumi tiek veikti nacionālās monitoringa programmas ietvaros, kur mērījumu veikšanu pārrauga Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrs (#7 Ganību; #8 Ezerlīču).

Monitoringa punktu izvietojums sniegts kartē zemāk (1.attēls).



1.attēls. Monitoringa punktu izvietojums Liepājā, 2022-2023

Cieto daļiņu koncentrāciju un sastāva, un slāpekļa dioksīda mērījumi uzsākti jūnijā, ar mērķi novērtēt piesārņojošo vielu koncentrācijas kalendārā gada laikā bez apkures. Ziemas periodā mērījumi uzsākti 29.12.2022. Vietu detalizēts raksturojums, mērāmo vielu un izmantoto metožu kopsavilkums dots 1.tabulā.

Pašreiz veiktajā analīzē pievērsta uzmanība mērījumu punktos #1 - #5 iegūtajiem rezultātiem, nacionālā monitoringa rezultāti izmantoti tikai indikatīvai salīdzināšanai. Papildus analīze veikta arī meteoroloģisko apstākļu ietekmes apmēra uz piesārņojuma līmeni identificēšanai, izmantoti Liepājas meteoroloģiskās stacijas novērojumi.

1.tabula. **Mērījumu vietu raksturojums.**

	Mikrorajons	Adrese	Koordinātes	Vielas	Piezīmes
#1	Tosmare	Nākotnes iela 6	56.5459 21.0464	NO ₂ PM ₁₀ PM _{2.5} Pb* B(a)P**	Rūpnieciskais rajons
#2	Ziemeļu priekšpilsēta	Sliežu iela 3	56.5235 21.0015	NO ₂ PM ₁₀ PM _{2.5} Pb* B(a)P**	Transports, ostas uzņēmumu ietekme
#3	Vecliepāja/Līvas rajons	Miera iela 10	56.4944 21.0093	NO ₂ PM ₁₀ PM _{2.5} Pb* B(a)P**	Blīvs privātmāju rajons, dominē individuālā malkas apkure
#4	Ziemeļu priekšpilsēta/ Velnciems	Krūmu iela 42	56.5317 21.0122	NO ₂	Transports
#5	Velnciems	Riņķu iela 28	56.5330 21.0192	PM ₁₀ PM _{2.5} NO ₂ Pb* B(a)P**	Dominē individuālā gāzes apkure
#6	Karosta/Tosmare	Ģ. Baloža iela 11	56.5555 21.0192	NO ₂	Transports, jaukta tipa individuālā apkure
#7	Vecliepāja	Ganību iela 106	56.4974 21.0137	NO ₂ PM ₁₀ PM _{2.5}	LVĢMC stacija Fona stacija
#8	Ezerkrasts	Ezerlīču iela 1	56.4866 21.0147	NO ₂ PM ₁₀	LVĢMC stacija Transports

* svina koncentrācija noteikta kopējā cietao daļiņu masā, papildus noteiktas arī arsēna, kadmija, kobalta, hroma, vara, niķeļa, titāna un cinka koncentrācijas

** benzapirēna koncentrācija noteikta kopējā cietao daļiņu masā, papildus noteiktas arī citu poliaromātisko ogļūdeņražu koncentrācijas

Papildus cieto daļiņu koncentrāciju mērījumiem veikta individuālo ķīmisko elementu identifikācija, spektrālā analīze, kuras rezultātā klasificēta daļiņu izcelsme. Mērījumu veikšanai izmantoto metožu raksturojums dots 2.tabulā.

2. tabula. **Mērījumu veikšanas metodes.**

Adrese	Vielas	Metode	Laboratorija
Nākotnes iela 6	NO ₂	pasīvā paraugu ņemšana, fotometrija	Passam AG (Šveice)
Sliežu iela 3	PM ₁₀	pasīvā paraugu ņemšana, mikroskopija	Passam AG (Šveice)
		automātiskie novērojumi, optiskie sensori	openSenseLab gGmbH (Vācija)
Miera iela 10	PM _{2.5}	pasīvā paraugu ņemšana, mikroskopija	Passam AG (Šveice)
Riņķu iela 28B		automātiskie novērojumi, optiskie sensori	openSenseLab gGmbH (Vācija)
	Svins	pasīvā paraugu ņemšana, ICP-OES*	LU ĢZZF Dabas resursu izpētes laboratorija (Latvija)
	Benzapirēns	pasīvā paraugu ņemšana, GH/MS**	
		PMx spektrālā analīze	SEM-EDX***
Krūmu iela 42	NO ₂	pasīvā paraugu ņemšana, fotometrija	Passam AG (Šveice)
Ģ. Baloža iela 11	NO ₂	pasīvā paraugu ņemšana, fotometrija	Passam AG (Šveice)

* ICP-OES – induktīvi saistītās plazmas spektrometrija ar optiskās emisijas detekciju

** GH/MS – gāzu hromatogrāfija/masas spektrometrija

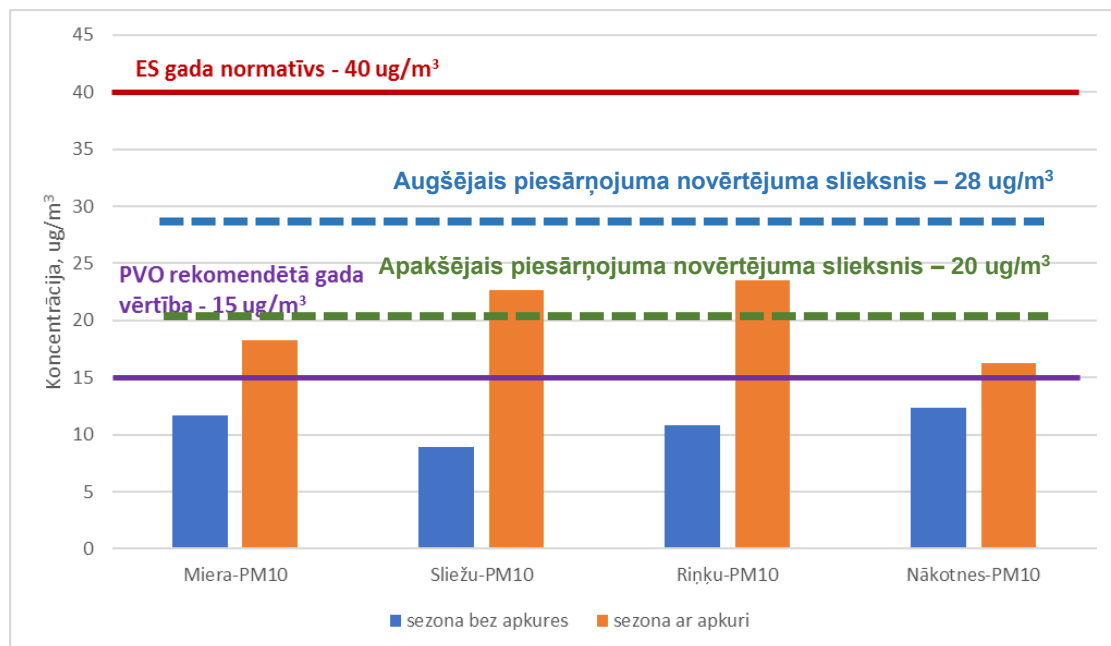
*** SEM-EDX – maināma vakuuma (spiediena) lauka emisijas elektronu avota skenējošā elektronu mikroskopija ar rentgenstaru enerģijas dispersijas spektrometriju

2. CIETO DAĻIŅU (PM₁₀, PM_{2.5}) MĒRĪJUMU REZULTĀTI, SĒNSORU MĒRĪJUMI

Cieto daļiņu sensoru mērījumi veikti četros (4) monitoringa punktos ar mērķi novērtēt transporta, rūpniecisko aktivitāšu, un ostas teritorijā veikto darbību ietekmi uz gaisa kvalitāti. Papildus novērtējums veikts arī privātmāju rajonā, analizējot iegūtās koncentrācijas gada siltajā sezonā bez ēku apkures. Cieto daļiņu PM₁₀ diennakts koncentrāciju datu rindas dotas 2. attēlā, kurā indikatīvi norādītas arī Latvijā noteiktās normatīvu vērtības, kā arī Pasaules Veselības organizācijas (PVO) ilgtermiņa rekomendējošās vērtības.

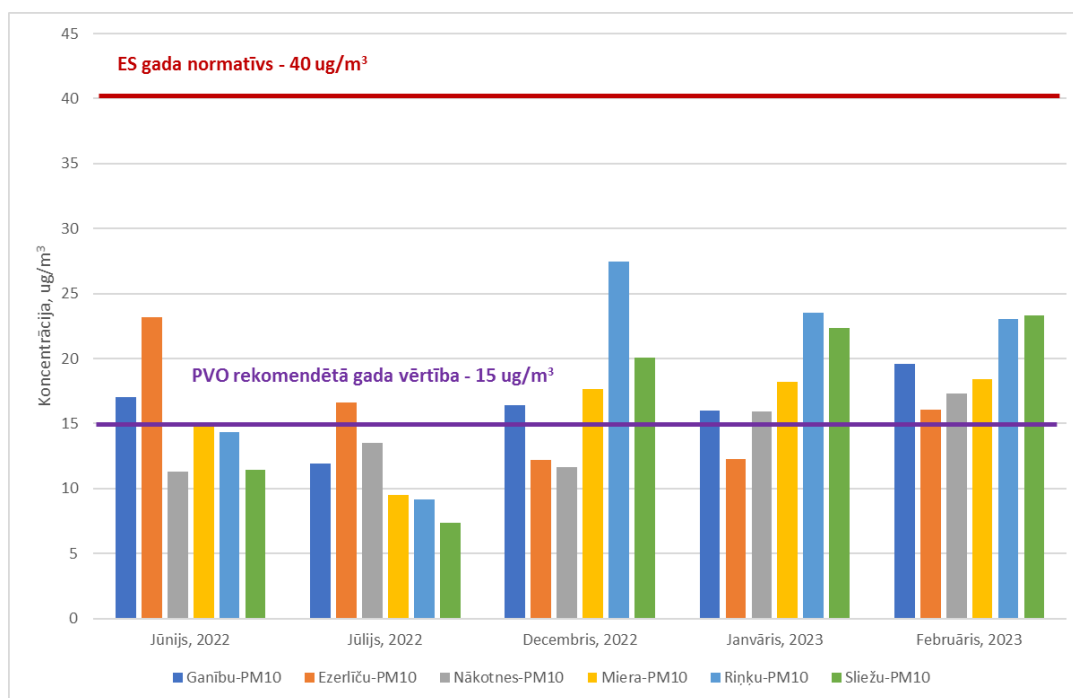
2.1 CIETO DAĻIŅU PM₁₀ MĒRĪJUMU REZULTĀTI

Kā jau ierasts, cieto daļiņu PM₁₀ koncentrācijām vērojama pietiekami plaša koncentrāciju variācija. Tā kā viens no mērījumu mērķiem bija konstatēt atšķirības mērījumos sezonā ar un bez apkures, ja tādas pastāv. 2. attēlā apkopoti visos mērījumu punktos iegūtie rezultāti, un vizuāli jau iespējams secināt, ka apkures sezonā ir vērojamas augstākas koncentrācijas. Dažkārt šīs atšķirības ir pat 2 un vairāk reizes lielākas, piemēram, Sliežu un Riņķu ielā. Nevietā no gadījumiem, ja varam indikatīvi salīdzināt periodu vidējās vērtības ar gada normatīvu, nav pārsniegta Eiropā un Latvijā noteiktā normatīvā vērtība (40 ug/m³). Ja skatāmies uz Pasaules Veselības organizācijas (PVO) rekomendējamām atmosfēras piesārņojum vērtībām (15 ug/m³), tad gan vērojams šī indikatīvā rādītāja pārsniegums. Tomēr jāatceras, ka Pasaules Veselības organizācijas mērķlielums nav normatīvs un vērtībai ir tikai rekomendējošs raksturs.



2.attēls. Cieto daļiņu PM₁₀ sensoru mērījumu rezultāti Liepājā, 2022-2023. Attēlotas novērojumu periodos vidējās vērtības.

3.attēlā dotas vidējās vērtības katrā no novērojumu periodiem. Jāatzīmē, ka 2022.gada decembrī mērījumi veikti tikai dažas dienas, jo ziemas periodā tie uzsākti 29.12.2022. 3. attēlā iekļautas arī LVĢMC monitoringa stacijās iegūtās koncentrācijas, arī šajā gadījumā viennozīmīgi iespējams secināt – sezonā ar apkuri PM₁₀ koncentrācijas var būt pat 3-kārt augstākas (piemēram, Sliežu ielā).

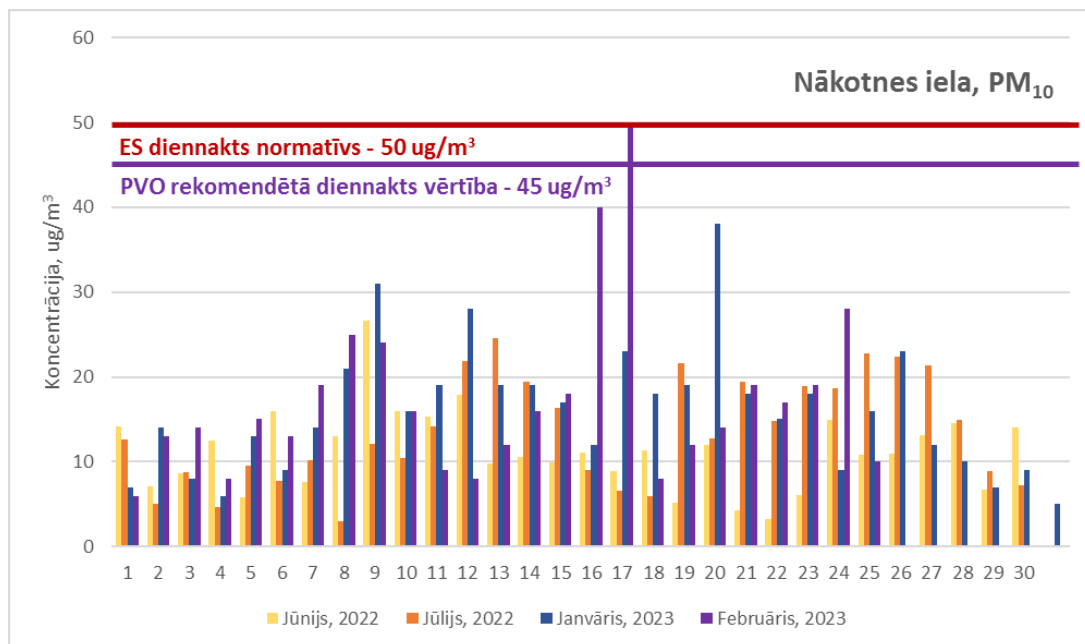


3.attēls. Cieto daļiņu PM₁₀ sensoru mērījumu rezultāti Liepājā, 2022-2023. Attēlotas vidējās vērtības attiecīgā novērojumu mēnesī.

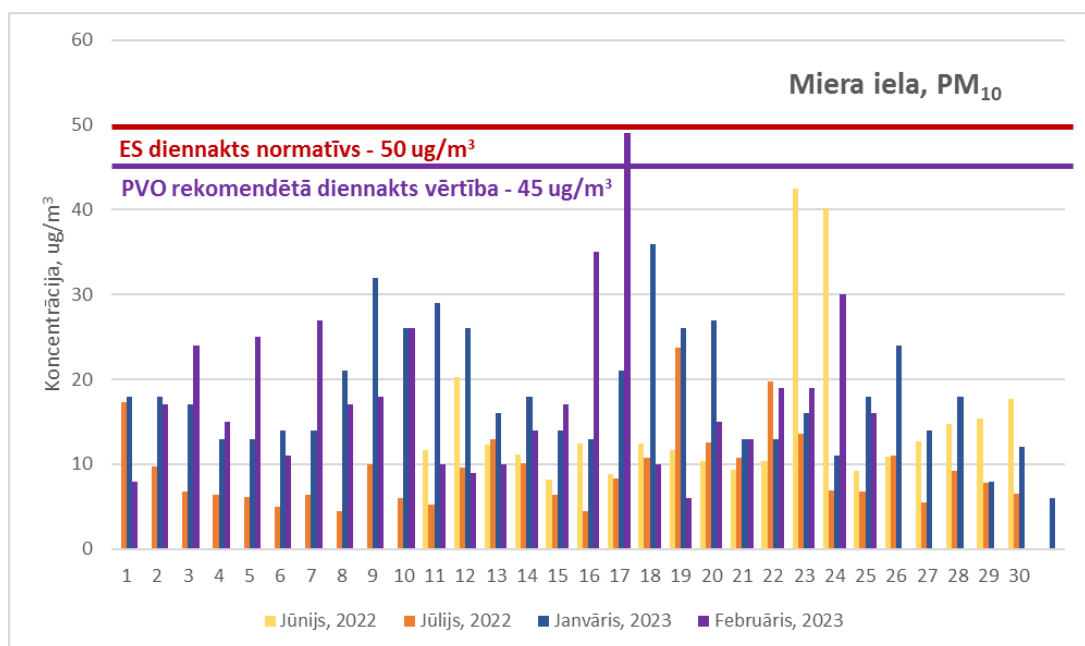
Cietajām daļiņām PM₁₀ ir noteikts arī diennakts normatīvs:

- Latvijā tas ir noteikts 50 ug/m³, kuru atļauts gada laikā pārsniegt ne vairāk kā 35 reizes;
- Pasaules Veselības organizācijas rekomendējošā vērtība – 45 ug/m³, kuru atļauts gada laikā pārsniegt 3-4 reizes.

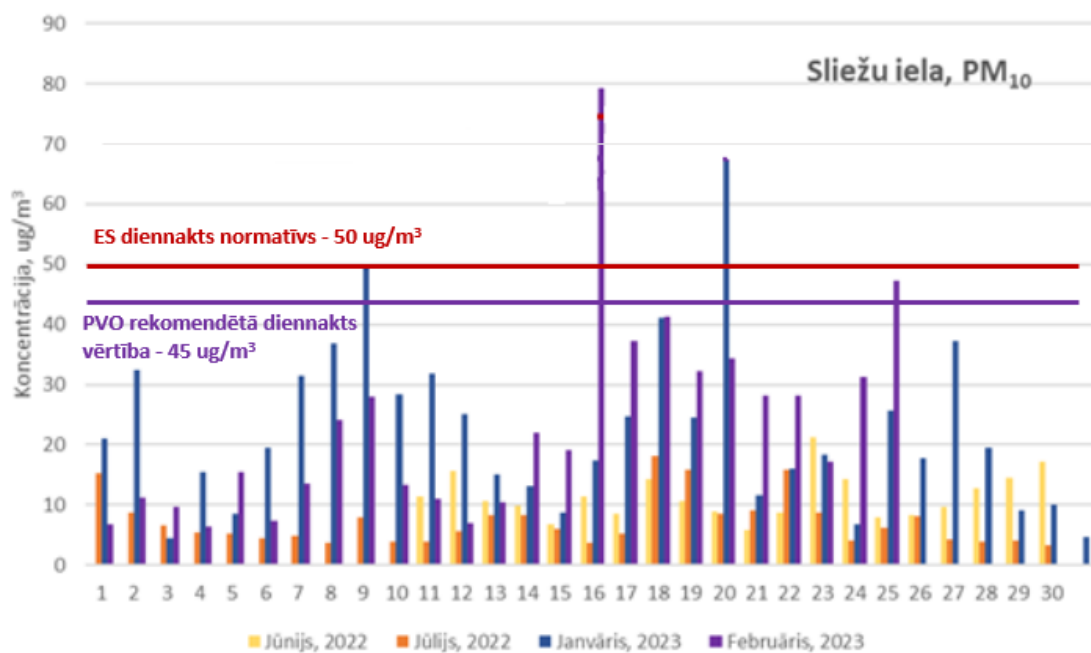
4.-7. attēlā apkopoti diennakts vidējie koncentrāciju līmeņi katrā no novērojumu vietām.



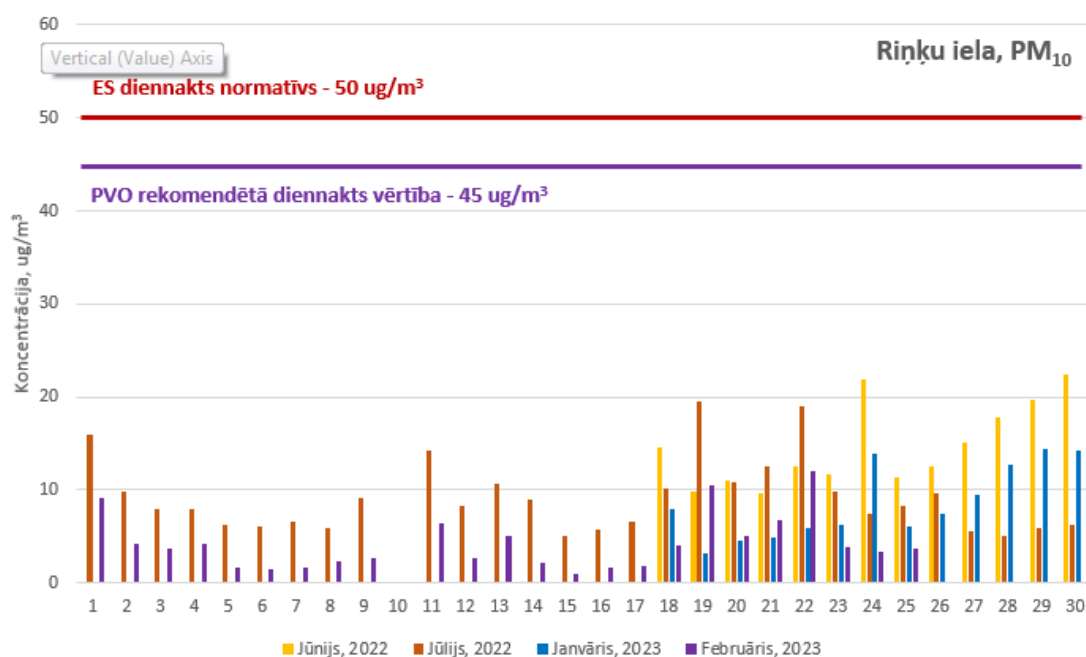
4.attēls. Cieto daļiņu PM₁₀ sensoru mērījumu rezultāti Liepājā, Nākotnes ielā, diennakts koncentrācijas



5.attēls. Cieto daļiņu PM₁₀ sensoru mērījumu rezultāti Liepājā, Miera ielā, diennakts koncentrācijas



6.attēls. Cieto daļiņu PM₁₀ sensoru mērījumu rezultāti Liepājā, Sliežu ielā, diennakts koncentrācijas



7.attēls. Cieto daļiņu PM₁₀ sensoru mērījumu rezultāti Liepājā, Riņķu ielā, diennakts koncentrācijas

Rūpnieciskā piesārņojuma ietekmes novērojumu vietā (Nākotnes ielā) vērojams, ka izteikti augstākas koncentrācijas dominē tieši apkures sezonas laikā, vienā gadījumā (17.02.2023.) sasniegts diennakts periodam noteiktais normatīvs 50 ug/m³, bet tas raksturīgs visām novērojumu stacijām tieši šajos datumos. Meteoroloģisko parametru analīze liecina, ka dominēja mērens (3.4-4.0 m/s) Dienvidrietumu vējš, vidējā

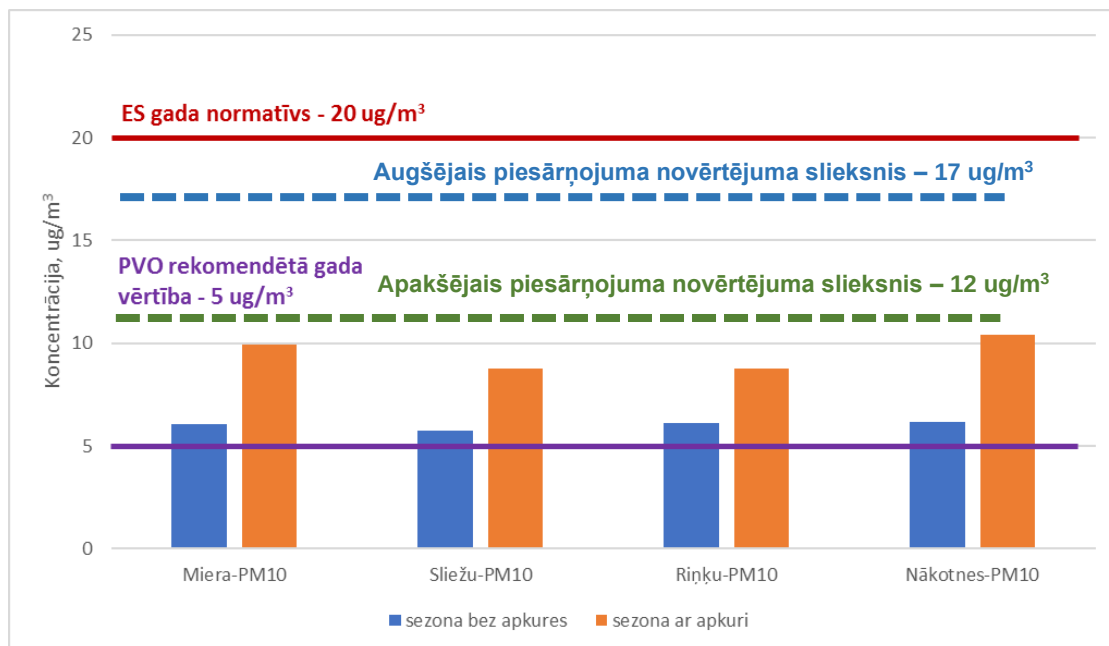
diennakts gaisa temperatūra bija robežās no 3.0 – 4.0 oC, bet, tieši 17.02.2023. konstatēts ārkārtīgi spēcīgs lietus, dienas laikā nolija 13.3 mm nokrišņu. Atsevišķos gadījumos, izmantojot spektroskopiskās analīzes metodes, sīki lietus pilieniņi var tikt maldīgi uzskatīti par aerosolu piesārņojumu, tomēr, šāda situācija nav iespējama spēcīga lietus gadījumā, kāds tika novērots tieši šajā periodā. Tamdēļ jāmeklē cits cēlonis. Kā iespējamo cēloni tik augstam piesārņojumam visticamāk var minēt augsto pārrobežu piesārņojumu, - Austrumeiropā februāra mēnesī, pateicoties raksturīgiem reģonāliem vējiem, tiek novērots paaugstināts Sahāras putekļu piesārņojums. CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service, <https://atmosphere.copernicus.eu/cams-monitors-first-saharan-dust-episodes-europe-2023>) dati tiešām šo hipotēzi apliecina, - paaugstināto piesārņojumu veidoja Sahāras putekļi, kuru sastāvā šoreiz dominēja jūras sāls daļiņas, sulfātus saturošas daļiņas. Šo faktu apliecina arī mērījumu rezultāti, kuri iegūti nacionālā monitoringa stacijā Rucavā, - cieta daļiņu PM₁₀ koncentrācijas šajā dienā atsevišķās stundās pārsniedza pat 50 ug/m³.

Vasaras periodā, kā viena no piesārņotākām dienām uzskatāmas 23.04.2022.-24.06.2022. (Līgo svētki un Jāņu diena), jo īpaši privātmāju rajonos. Iemesls, šķiet ir acīmredzams, un piesārņojuma līmenis saistāms ar Līgo svētku svinēšanu – ugunsgrāku un grillu kurināšanu.

Kopumā vērtējot cieta daļiņu PM₁₀ diennakts koncentrācijas, var apgalvot, ka diennakts normatīvu pārsniegšana novērojama reti, atsevišķos gadījumos, arī PVO diennakts rekomendētās robežvērtības šajā novērojumu kampaņā tika pārsniegtas tikai 1 reizi, - Sahārtas putekļu vētras epizodes gadījumā.

2.2 CIETO DAĻIŅU PM_{2.5} MĒRĪJUMU REZULTĀTI

Sīkāko cieta daļiņu (PM_{2.5}) mērījumi iegūti vienlaikus ar PM₁₀ mērījumiem. Vērtējot koncentrācijas kā dažādu periodu (ar vai bez apkures) vidējās vērtības, redzams, ka tās nav augstas un noteiktas gada normatīvs netiek pārsniegts nevienā no mērījumu vietām (skat. 8. attēlu). Līdzīgi kā lielāko daļiņu (PM₁₀) gadījumā, mēnešos ar apkuri piesārņojuma līmenis ir vērā ņemami augstāks, - aptuveni 2 reizes. Salīdzinot ar Pasaules veselības rekomendēto ārkārtīgi stingro gada mērķlielumu (5 ug/m³), tas tiek pārsniegts visos gadījumos. Bet arī šajā gadījumā jāatceras, ka Pasaules veselības organizācijas mērķlielums nav normatīvs.

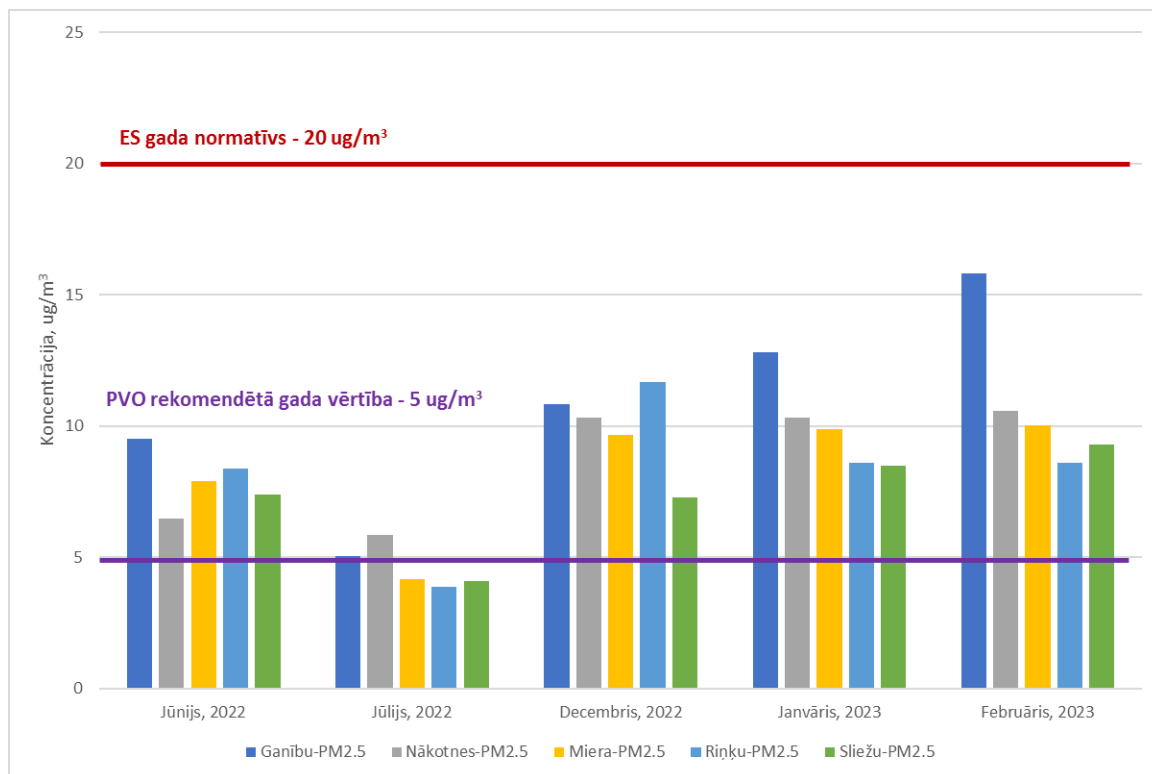


8.attēls. Cieto daļiņu $PM_{2.5}$ mērījumu rezultāti dažādos mērījumu periodos Liepājā

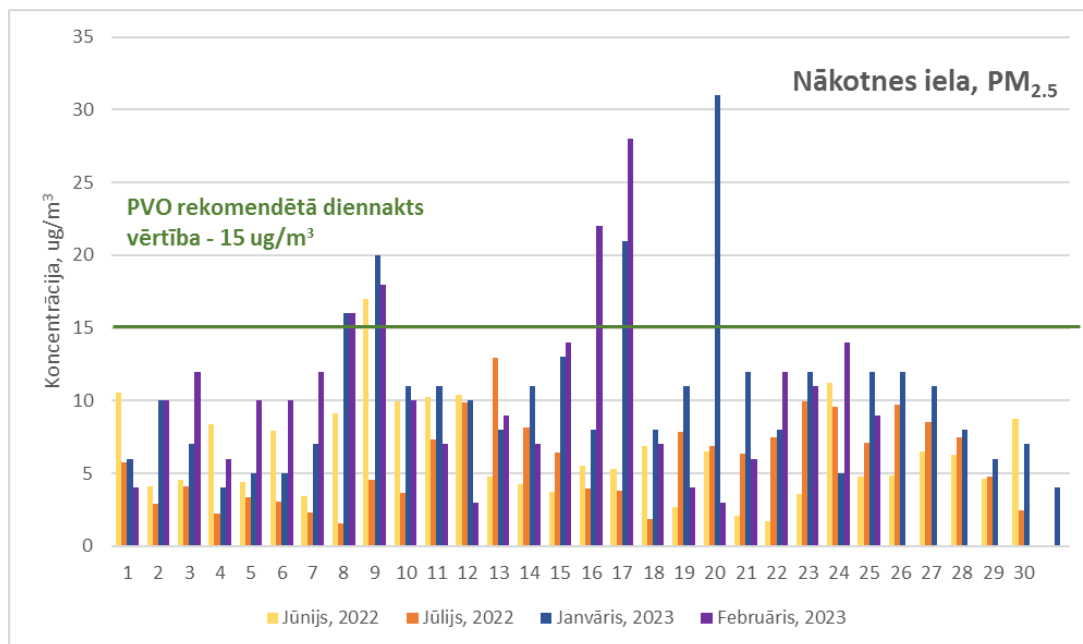
Cieto daļiņu $PM_{2.5}$ piesārņojuma dinamikā vērojamas analogas tendences PM_{10} piesārņojumam, kas faktiski norāda, ka lielāko daļiņu ($PM_{2.5-10}$) īpatsvars faktiski nemaz nav tik augsts un kopumā cieto daļiņu piesārņojuma līmeni nosaka tieši sīkākās daļiņas. Koncentrāciju novērtējums atsevišķos mēnešos (skat. 9. attēlu), ka šaurākā diskretizācijas periodā, iespējams novērot, ka atšķirību faktors var sasniegt pat trīskāršu līmeni.

Lai arī Latvijā diennakts normatīvs cietajām daļiņām $PM_{2.5}$ nav noteikts, indikatīvi var veikt salīdzinājumu ar PVO noteikto ilgtermiņa rekomendējošo vērtību, kas gan ir ļoti stingra – 15 ug/m^3 , tomēr, arī šajā gadījumā vērojamas tikai atsevišķas epizodes, kad šis lielums ticis pārsniegts:

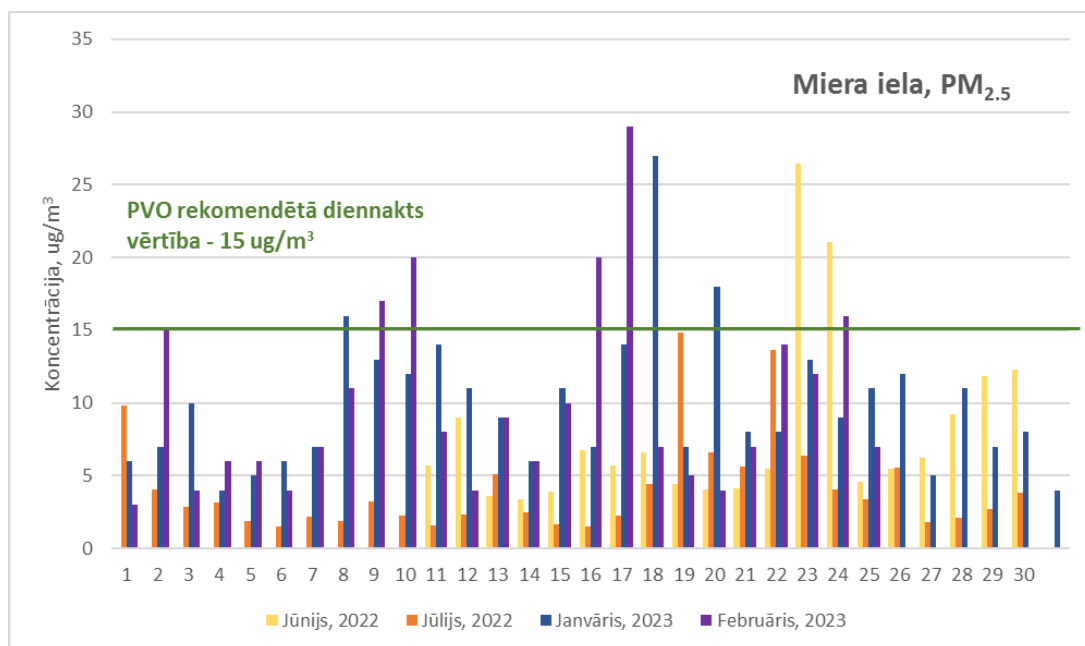
- dažas darba dienas Nākotnes ielā, brīvdienas Miera ielā Līgo svētku laikā
- Sahāras putekļu epizode 16.-17. februārī (2023) visās novērojumu stacijās (skat. 10.-13. attēlu).



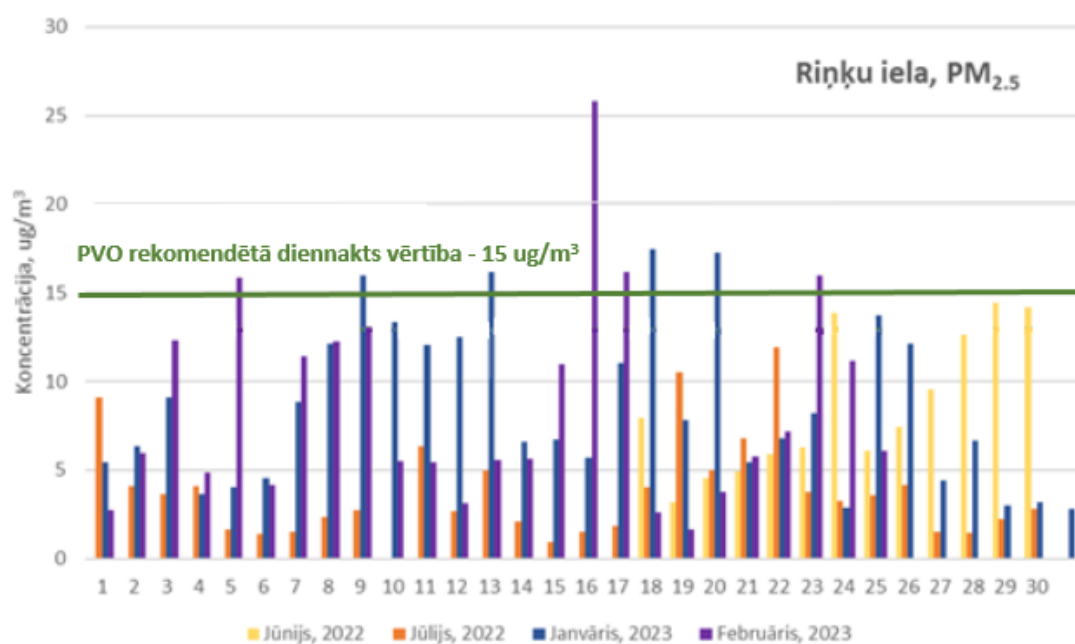
9.attēls. Cieto daļiņu PM_{2.5} vidējās koncentrācijas dažādos mēnešos, 2022-2023



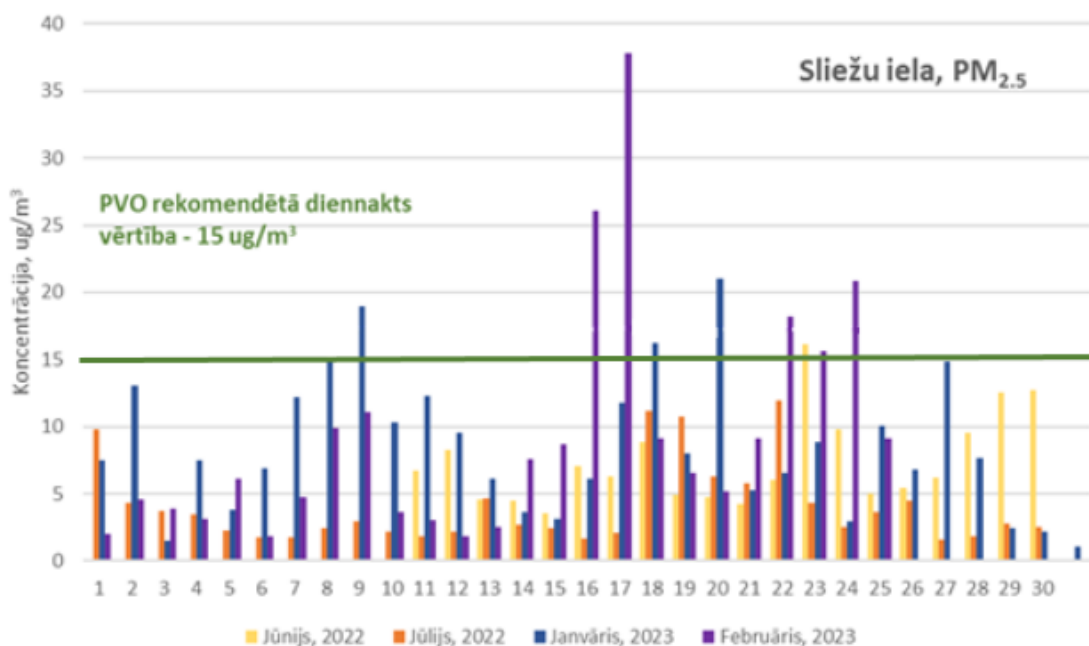
10.attēls. Cieto daļiņu PM_{2.5} diennakts vidējās vērtības Liepājā Nākotnes ielā, 2022-2023



11.attēls. Cieto daļiņu PM_{2.5} diennakts vidējās vērtības Liepājā Miera ielā, 2022-2023



12.attēls. Cieto daļiņu PM_{2.5} diennakts vidējās vērtības Liepājā Rīņķu ielā, 2022-2023

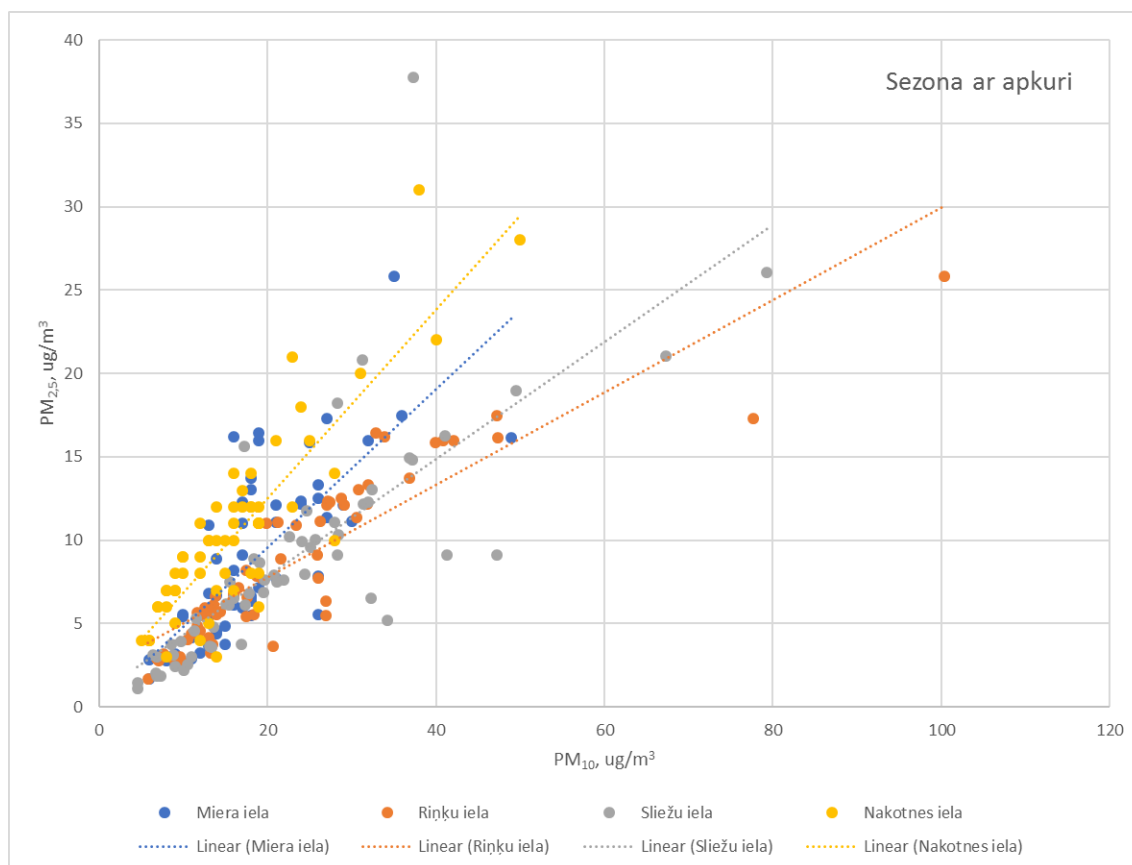


13.attēls. Cieto daļiņu PM_{2.5} diennakts vidējās vērtības Liepājā Sliežu ielā, 2022-2023

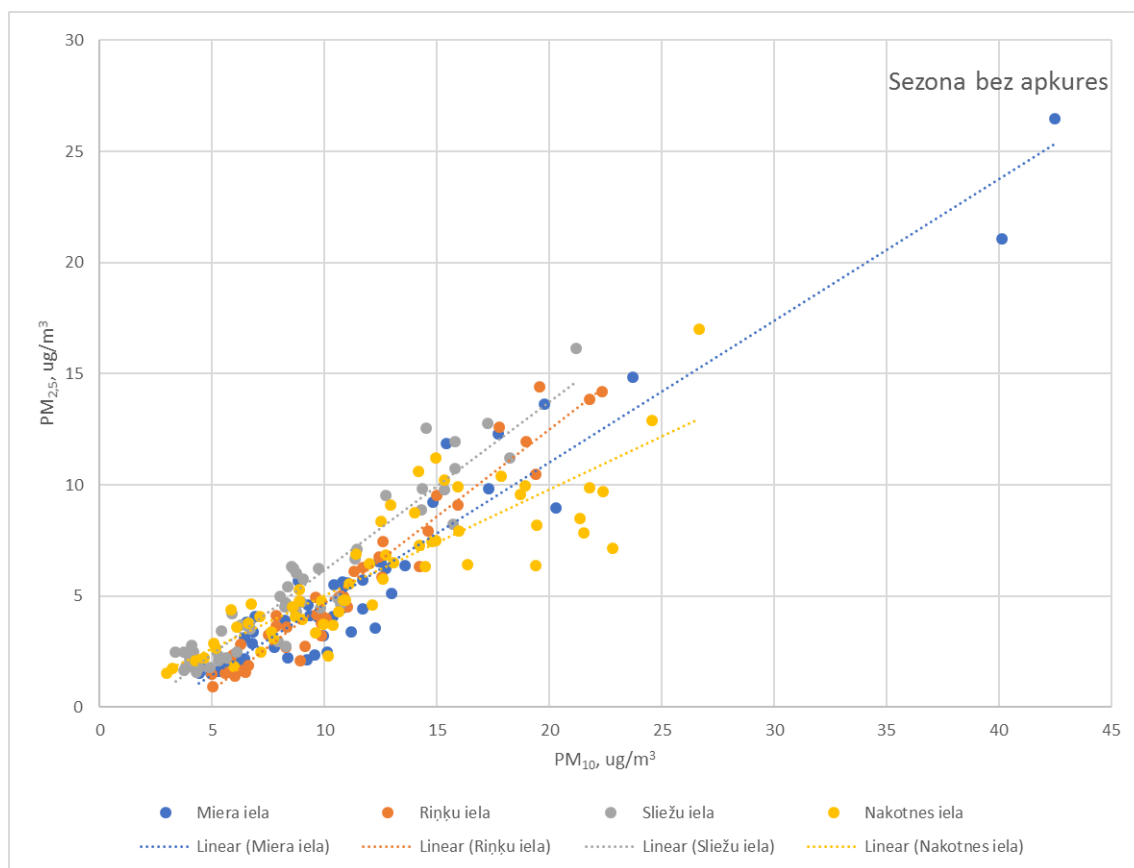
Cits veids, kā analizēt antropogēno avotu ietekmi uz atmosfēras piesārņojuma līmeni ir sīkāko cieto daļiņu (PM_{2.5}) attiecības analīze attiecībā pret lielāko daļiņu (PM₁₀) piesārņojuma līmeni. Šajā jomā tiek izmantots vispārzināms pieņēmums, ka zema PM_{2.5}/PM₁₀ attiecība liecina par būtisku dabiskas izcelsmes cieto daļiņu dominanci, savukārt augsta PM_{2.5}/PM₁₀ attiecība liecina par dominējošu antropogēno ietekmi. Tomēr definēt skaitliski šādus indikatīvus lielumus nav tik vienkārši reģionālo atšķirību dēļ, piemēram, Eiropā pilsētās/teritorijās ar augstu urbanizācijas līmeni PM_{2.5}/PM₁₀ attiecība var svārstīties robežās no 0.39 līdz 0.74, zemākās vērtības vērojamas Dienvidēiropā, savukārt augstākās – Austrumeiropā.

Analizējot iegūtos rezultātus Liepājā redzams, ka šī attiecība, atkarībā no stacijas veida un novērojumu perioda variē plašās robežās (skat. 14.-15. attēlu). Pēc būtības, - jo stāvākas tendenču taisnes, jo lielāka antropogēnā ietekme. Tātad, lielākā antropogēnā ietekme uz piesārņojuma līmeni vērojama:

- apkures sezonā;
- apkures sezonā sarāžējot novērojumu vietas (no lielākās antropogēnās ietekmes uz mazāko), veidojas šāds ranžējums: **Nākotnes iela** ⇒ **Miera iela** ⇒ **Sliežu iela** ⇒ **Riņķu iela**;
- sezonā bez apkures aranžējuma kārtība mainās: zemākā attiecība konstatēta Miera un Riņķu ielā, kurās pēc būtības arī sagaidāma zemāka antropogēno avotu ietekme, savukārt augstākais attiecības koeficients vērojams Sliežu ielas novērtējuma vietā, kur **Sliežu iela** ⇒ **Riņķu iela** ⇒ **Miera iela** ⇒ **Nākotnes iela**.



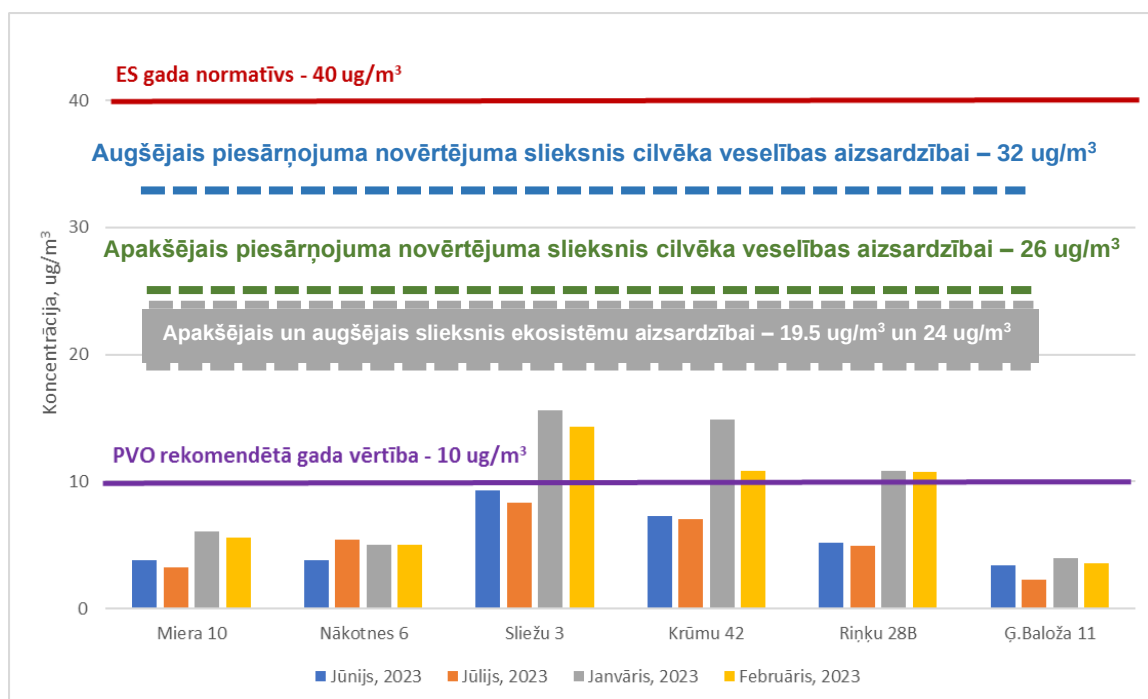
14.attēls. Cieto daļiņu $PM_{2.5}$ un PM_{10} koncentrāciju attiecība Liepājā, 2022-2023.
Attēloti mērījumi sezonā ar apkuri.



14.attēls. Cieto daļiņu $PM_{2.5}$ un PM_{10} koncentrāciju attiecība Liepājā, 2022. Attēloti mērījumi sezonā bez apkures.

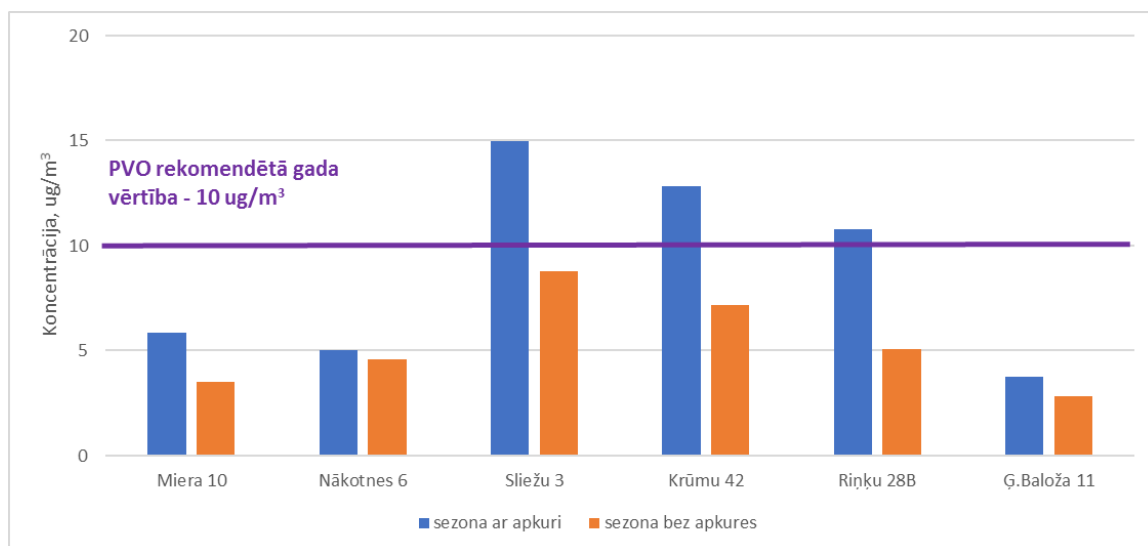
3. SLĀPEKĻA DIOKSĪDA (NO₂) REZULTĀTI

Atbilstoši mērījumu veikšanas plānam, izmantojot difūzās paraugu ņemšanas iekārtas, slāpekļa dioksīda koncentrācijas noteiktas mēneša ekspozīcijai. Slāpekļa dioksīdam Latvijā ir noteikts gada robežlielums – 40 ug/m³ un stundas robežlielums – 200 ug/m³, kuru gada laikā atļauts pārsniegt 18 stundas, savukārt PVO rekomendējamais ilgtermiņa gada mērķlielums ir 10 ug/m³, bet diennakts ekspozīcijai – 25 ug/m³. Analizējot iegūtos rezultātus (skat. 15. attēlu), redzams, ka gada robežlielumi netiek pārsniegti, savukārt gada aukstajos mēnešos (ar apkuri) vērojamas paaugstinātas NO₂ vērtības Sliežu ielā, Krūmu ielā un Riņķu ielā. Augstākās koncentrācijas, kā jau sagaidāms, novērotas vietās ar intensīvāku autosatiksmi un saimniecisko darbību. Dažādu vietu salīdzinošā analīze liecina, ka tieši autosatiksmei ir lielāka ietekme.



15.attēls. Slāpekļa dioksīda mēneša vidējās koncentrācijas novērojumu punktos
Liepājā, 2022-2023

Apkopojot iegūtos rezultātus, izteikti redzamas augstākas koncentrācijas tieši apkures sezonā, mazāk izteiktas atšķirības ir Ģ. Baloža ielā, lielākās - Sliežu, Krūmu un Riņķu ielā, vidējais atšķirību koeficients – 2 reizes (skat. 16.attēlu).



16. attēls. Vidējās slāpekļa dioksīda koncentrācijas novērojumu punktos Liepājā dažādos periodos, 2022-2023

4. CIETO DAĻIŅU AVOTU IDENTIFIKĀCIJA, SPEKTRĀLĀS ANALĪZES REZULTĀTI

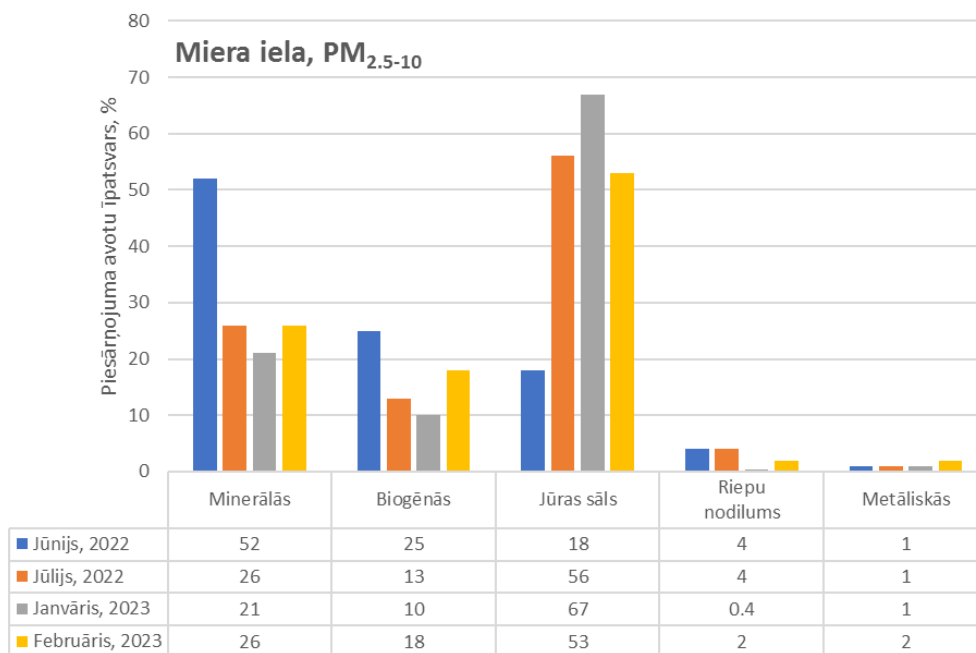
Lai iegūtu papildus informāciju par cieto daļiņu ķīmisko sastāvu un izcelsmi, izmantojot skenējošās elektronu mikroskopijas un rentgenstaru enerģijas dispersijas metodi, veikta uz filtriem ievākto individuālo daļiņu analīze. Turpmāk sniegts katras individuālās pētījumu vietas raksturojums.

Analizējot cieto daļiņu avotus, secināts, ka dominē šāda izcelsme – biogēnas (dabiskas) izcelsmes daļiņas, minerālas izcelsmes daļiņas, metāliskas izcelsmes daļiņas, jūras sāls daļiņas un daļiņas, kuras atmosfērā nonāk riepju nodiluma rezultātā. Katra veida daļiņām ir savs profils jeb to ķīmiskais sastāvs, kas saistīts ar konkrētiem piesārņojuma avotiem:

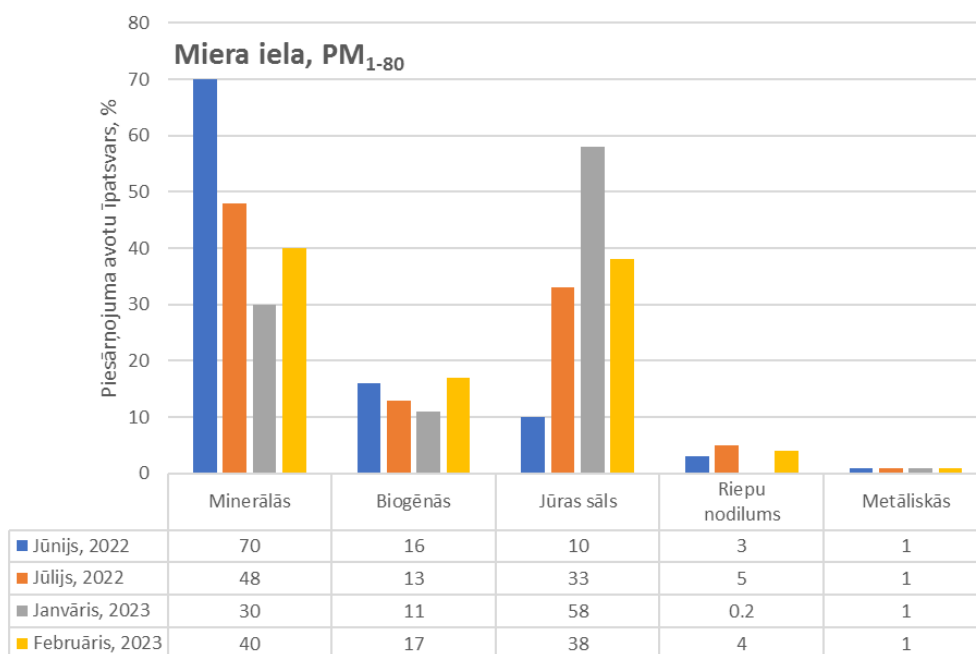
- **Biogēnās** (organiskas/dabiskas) daļiņas, kuru sastāvā izteikti dominē šādi ķīmiskie elementi – C, O, Ca, Na, Si, N, Cl, S; savukārt potenciālie avoti – koksnes daļiņas, putekšņi;
- **Metāliskās** daļiņas, kuru sastāvā dominē šādi ķīmiskie elementi – Fe, O, C, Si, Al, Mg, Na, Ca, K, savukārt zemākās koncentrācijās, bet konstatējami – Ti, Mn; potenciālie avoti – abrāzijas rezultāta radušās metālisko detaļu (bremžu, sliežu, auto virsbūvju) nodiluma daļiņas;
- **Minerālās** daļiņas, kuru sastāvā dominē šādi ķīmiskie elementi – O, C, Ca, Si, Fe, Al, S, Na, Mg, K, Cl; potenciālie avoti – erozijas procesu rezultāta radušies minerālu oksīdi, tai skaitā grantēto ielu seguma materiāla resuspensija;
- **Jūras sāls** daļiņas, kuru sastāvā dominē šādi ķīmiskie elementi – Na, Cl, Ca, S, un jāpiemin, ka šajās daļiņās izteikti dominē Na (Na:Cl ~ 2:1.6);
- **Riepju nodiluma** daļiņas, kuru sastāvā dominē šādi ķīmiskie elementi – C, O, Ca, Si, Fe.

Miera ielā iegūtie rezultāti (skat. 17. un 18. attēlu) liecina, ka vasaras mēneši bijuši pietiekami atšķirīgi, savukārt ziemas periodā (ar apkuri) sastāva izmaiņas un dažādu piesārņojuma avotu ieguldījums ir līdzīgs:

- Vasaras periodā izteikti dominē biogēnās un minerālās izcelsmes daļiņas;
- Jūlijā, un arī ziemas mēnešos vērojama izteikta jūras sāls daļiņu dominance; tas gan nenozīmē, ka visos gadījumos piesārņojuma avots ir jūra; ja vasaras periodā, specifiskos apstākļos, jūras sāls daļiņu avots tiešām ir jūra, tad ziemas periodā visbiežāk šo piesārņojumu veido ielu kaisīšana ar smiltis – sāls maisījumu, materiāla resuspensija.
- kā maznozīmīgākās piesārņojuma avotu ietekmes uzskatāmas – metāliskās daļiņas, arī t.s. riepju nodiluma daļiņas.;
- dažādu frakciju (2.5-10 un 1-80 mikroni) analīze liecina, ka minerālas izcelsmes daļiņas atmosfērā atrodamas visa izmēra spektrā, un tās pat var būt kā lieli aglomerāti, kuru dzīves ilgums parasti ir vien dažas stundas, savukārt minerālas izcelsmes daļiņu, metālisko un riepju nodiluma daļiņu izmēri galvenokārt atbilst izmēram 2.5-10 mikroni.

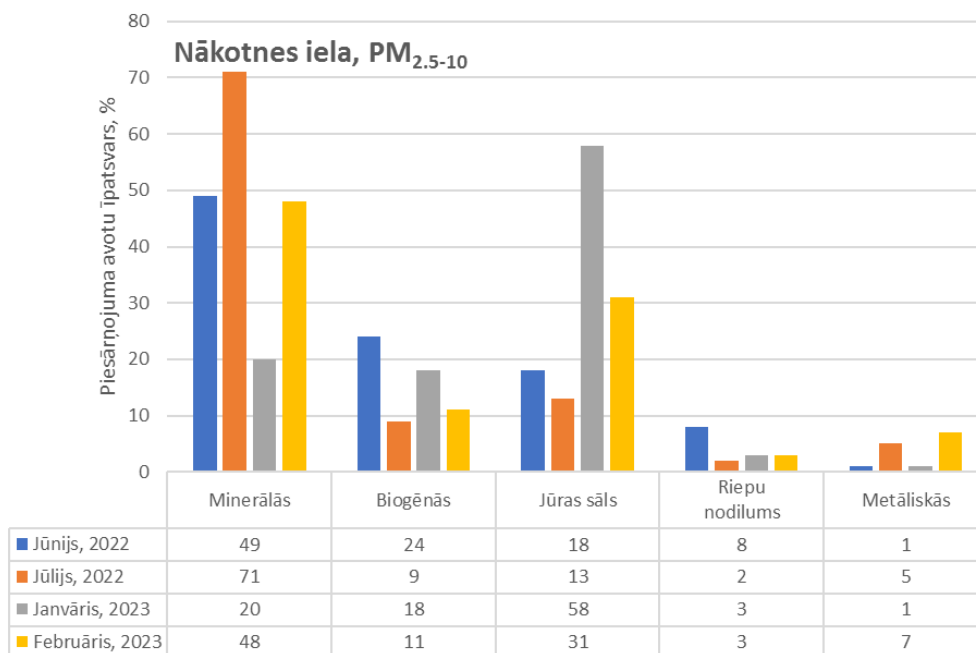


17.attēls. Cieto daļiņu kompozicionālais sastāvs PM_{2.5-10} frakcijā Miera ielā, 2022-2023

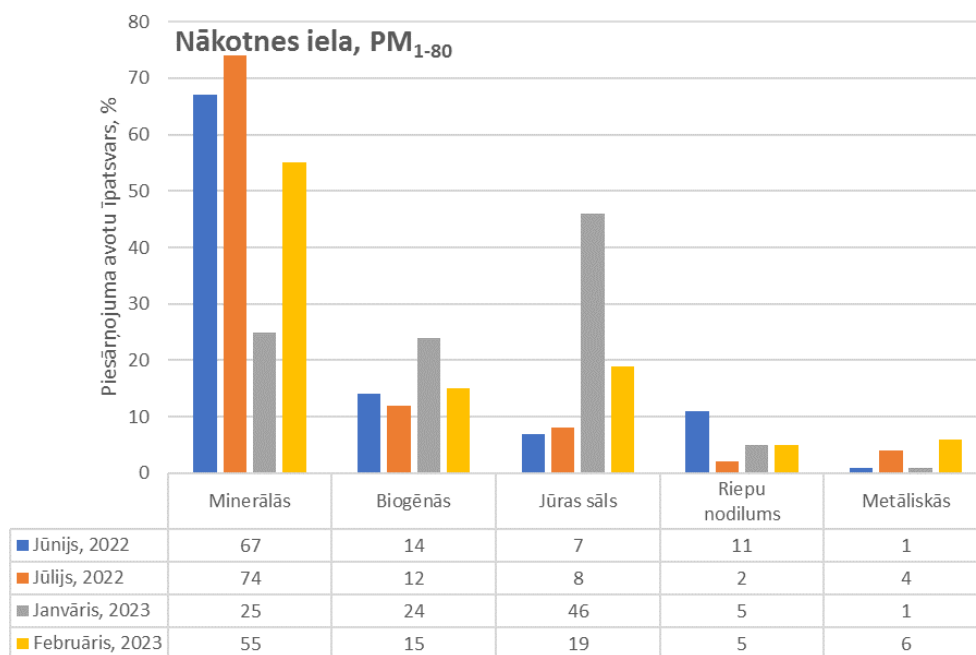


18.attēls. Cieto daļiņu kompozicionālais sastāvs PM₁₋₈₀ frakcijā Miera ielā, 2022-2023

Mērījumu rezultāti, kuri iegūti **Nākotnes ielā** viennozīmīgi apliecina apkārtnē esošo rūpniecisko uzņēmumu dominējošo ietekmi uz cieto daļiņu piesārņojuma līmeni, jo minerālās izcelsmes daļiņu īpatsvars dominē. Kā izņēmuma gadījums skatāms 2023. gada janvāris, kad vairāk dominēja jūras sāls daļiņas (skat. 19.-20. attēlu).



19.attēls. Cieto daļiņu kompozicionālais sastāvs PM_{2.5-10} frakcijā Nākotnes ielā, 2022-2023



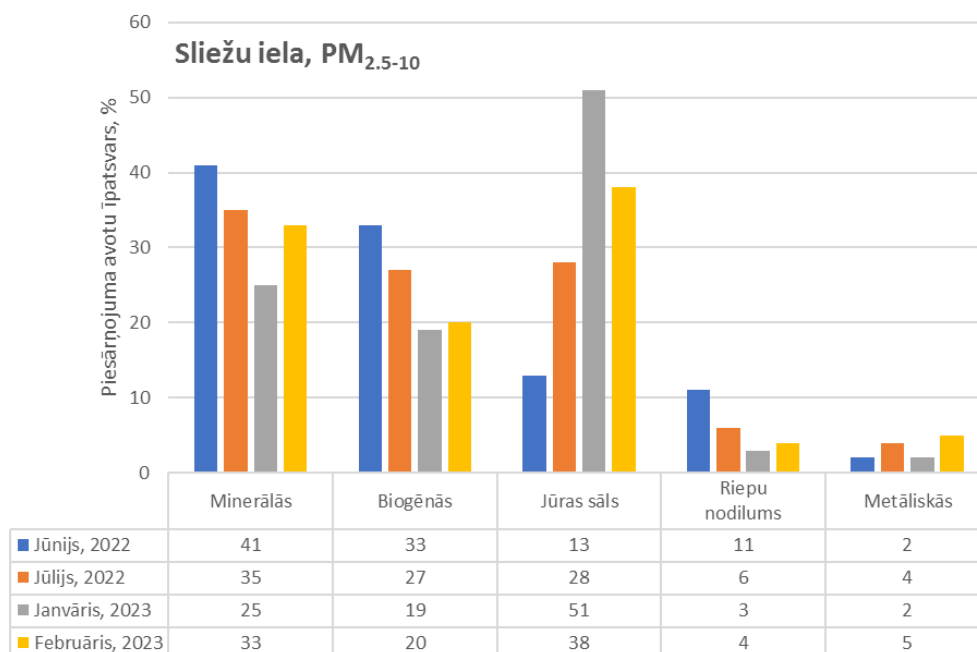
20.attēls. Cieto daļiņu kompozicionālais sastāvs PM₁₋₈₀ frakcijā Nākotnes ielā, 2022-2023

Sliežu ielā veiktie mērījumi cieto daļiņu sastāva raksturojumā ļoti atšķiras no pārējām mērījumu vietām, kas saistīts dažādo piesārņojuma avotu ietekmi:

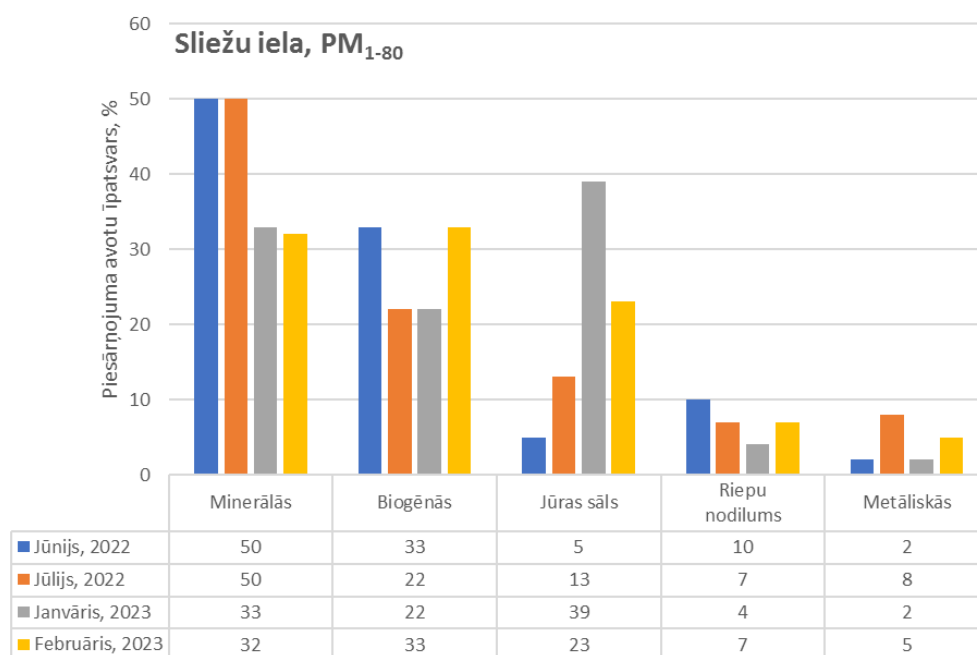
- novērots augsts (219 % - 33 %) biogēno daļiņu īpatsvars, un ķīmiskā sastāva analīze liecina, ka tās varētu būt koksnes mikrodaļiņas; šo faktu apliecina ostas teritorijā veiktās šķeldas pārkraušanas operācijas;

- arī ar riepu nodilumu saistīto daļiņu īpatsvars ir pat vairākkārt lielāks nekā citās novērojumu vietās, jo blakus atrodas viena no noslogotākajām maģistrālēm Liepājā – Oskara Kalpaka iela;
- šajā mērījumu vietā konstatēto metālisko daļiņu īpatsvars, kas arī ir augstāks nekā citur, norāda uz metālisko daļu un detaļu abrāziju gan autotransporta satiksmē, gan dzelzceļa satiksmē.

legūto rezultātu apkopojums dots 21. un 22. attēlā.



21.attēls. Cieto daļiņu kompozicionālais sastāvs PM_{2.5-10} frakcijā Sliežu ielā, 2022-2023

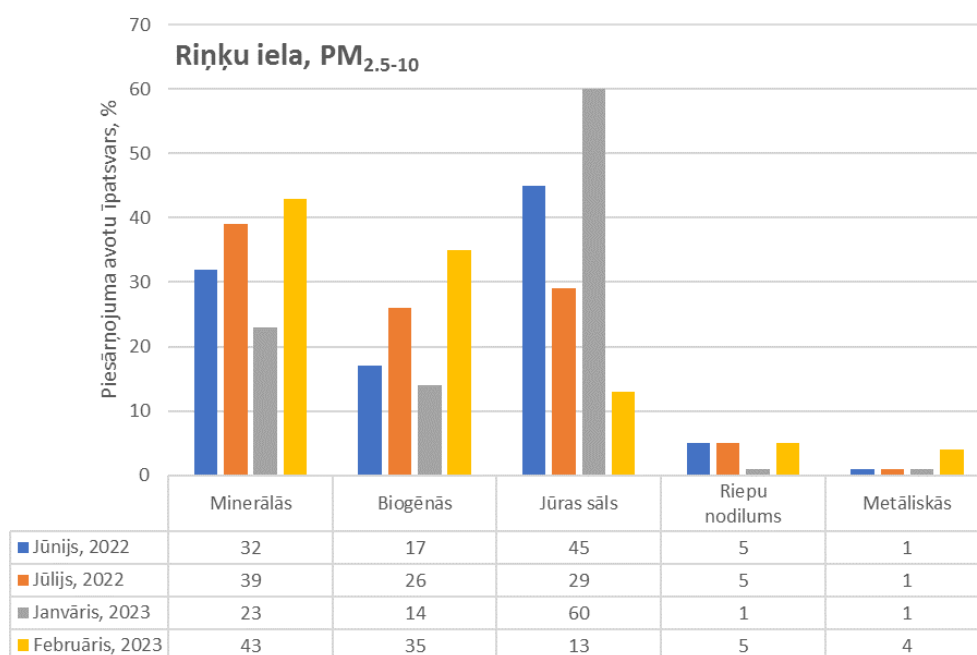


22.attēls. Cieto daļiņu kompozicionālais sastāvs PM₁₋₈₀ frakcijā Sliežu ielā, 2022-2023

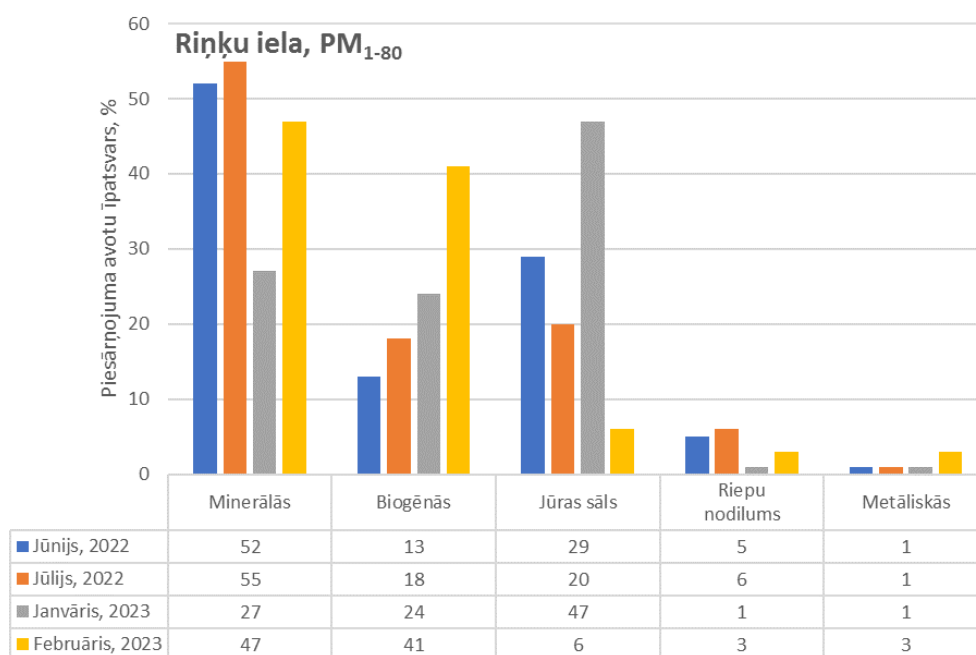
Riņķu ielā iegūtie rezultāti uzskatāmi par ļoti līdzīgiem ar Miera ielā iegūtiem rezultātiem, abas pētījumu veikšanas vietas pēc būtības ir ārkārtīgi līdzīgas un šāda līdzība saskatāma arī salīdzinot iegūtos mērījumus jūnijā un jūlijā – dominē jūras sāls un minerālās izcelsmes avoti.

Šādi līdzīgi rezultāti un secinājumi apliecina, ka privātmāju rajonos Liepājas iedzīvotājiem ir līdzīgs dzīves stils, un jāņem vērā, ka cieto daļiņu elementārais sastāvs var būtiski mainīties, ja tiks uzlabota grants segumu apsaimniekošana, vai arī tie tiks nomainīti ar cita veida segumu.

Riņķu ielā iegūto rezultātu kopsavilkums dots 23. un 24. attēlā.



23.attēls. Cieto daļiņu kompozicionālais sastāvs PM_{2.5-10} frakcijā Riņķu ielā, 2022-2023



24.attēls. Cieto daļiņu kompozicionālais sastāvs PM₁₋₈₀ frakcijā Riņķu ielā, 2022-2023

5. NOTURĪGO ORGANISKO SAVIENOJUMU (BENZAPIRĒNA) UN SMAGO METĀLU (SVINA) KONCENTRĀCIJAS

Poliaromātisko ogļūdeņražu (PAO) hromatogrāfiskās analīzes veiktas atbilstoši ISO 18287:20116 (modif.) standarta aprakstam „*Soil quality Determination of polycyclic hydrocarbon (PAH) Gas chromatographic method with mass spectrometric detection (GC-MS)*” un LVS EN 15549:2010 standarta aprakstam “Gaisa kvalitāte. Standartmetode benzo[a]pirēna koncentrācijas mērīšanai gaisā”. Paraugu analīžu rezultāti apkopoti 3.tabulā.

Kopumā var apgalvot, ka benzapirēna piesārņojuma līmenis ir zems, sezonā bez apkures koncentrācijas ir tik zemas, ka tās pat nav iespējams analītiski noteikt. No mērījumiem redzams, ka indikatīvi salīdzinot ar noteikto gada normatīvu un Pasaules Veselības organizācijas mērķlielumu, tie netiek pārsniegti.

3.tabula. Benzapirēna koncentrācijas

Paraugu ņemšanas laiks	Mērījumu vieta			
	Sliežu iela	Nākotnes iela	Miera iela	Riņķu iela
2022.g. jūnijs	n.d.	0.034	n.d.	n.d.
2022.g. jūlijs	n.d.	0.047	n.d.	n.d.
2023.g. janvāris	<0.019	0.029	<0.019	<0.019
2023.g. februāris	0.020	0.031	0.035	<0.019
Normatīvs, ng/m ³	1	1	1	1
PVO rekomendējošā vērtība, ng/m ³	0.12	0.12	0.12	0.12
Apakšējais novērtējuma sliekšnis, ng/m ³	0.4			
Augšējais novērtējuma sliekšnis, ng/m ³	0.6			

Svina piesārņojuma gadījumā situācija ir analoga benzapirēna koncentrācijām. Paraugu analīžu rezultāti apkopoti 4.tabulā.

4.tabula. Svina koncentrācijas

Paraugu ņemšanas laiks	Mērījumu vieta			
	Sliežu iela	Nākotnes iela	Miera iela	Riņķu iela
2022.g. jūnijs	< 0.019	< 0.019	< 0.019	< 0.019
2022.g. jūlijs	< 0.019	< 0.019	< 0.019	< 0.019
2023.g. janvāris	< 0.019	< 0.019	< 0.019	< 0.019
2023.g. februāris	< 0.019	< 0.019	0.092	0.055
Normatīvs, ug/m ³	0.5	0.5	0.5	0.5
Apakšējais novērtējuma sliekšnis, ug/m ³	0.25			
Augšējais novērtējuma sliekšnis, ug/m ³	0.35			

Kopumā svina koncentrācijas cietajās daļiņās ir ļoti zemas, indikatīvi salīdzinot ar noteikto gada normatīvu, redzams, ka tas netiek pārsniegts.

6. KOPSAVILKUMS - SECINĀJUMI

6.1 SECINĀJUMI

Indikatīvs salīdzinājums ar Liepājas gaisa kvalitātes uzlabošanas programmas izstrādes ietvaros veiktajiem mērījumiem. Katrā 5. tabulas šūnā norādītas vidējās vērtības sezonā bez apkures, sezonā ar apkuri un vidējās vērtības attiecīgi. Pēdējā kolonnā sniegts indikatīvs vērtējums par izmaiņu tendencēm.

5.tabula. Salīdzinājums ar Liepājas Gaisa kvalitātes uzlabošanas rīcības programmas datiem

Mērījumu vieta	Piesārņojošā viela	GKUP, mērījumi 2021-2022	Mērījumi 2022-2023	Salīdzinājums
O. Kalpaka iela/Sliežu iela	NO ₂	25.6/27.6; 26.6	8.8/14.9; 11.9	😊
	Cietās daļiņas PM _{2.5}	7.4/25.1; 16.2	5.4/8.7; 7.0	😊/😊
	Cietās daļiņas PM ₁₀	13.9/50.25; 32.1	9.5/24.0; 16.7	
	Svins	< 0.019/< 0.019; < 0.019	< 0.019/< 0.019; < 0.019	😊
	B[a]P	n.d./0.021;	n.d./0.019; 0.019	😊
Miera iela	NO ₂	5.1/8.3; 6.7	3.5/5.8; 4.6	😊
	Cietās daļiņas PM _{2.5}	6.3/17.9; 12.1	5.8/10.0; 7.9	😊/😊
	Cietās daļiņas PM ₁₀	13.5/42.2; 27.8	12.0/18.0; 15.0	
	Svins	< 0.019/< 0.082; < 0.419	< 0.019/< 0.055; < 0.037	😊
	B[a]P	n.d./0.026;	n.d./0.027	😐
Nākotnes iela	NO ₂	6.9/11.3; 9.1	4.6/5.0; 4.8	😊
	Cietās daļiņas PM _{2.5}	4.2/8.7; 6.4	5.9/10.4; 8.1	😐/😐
	Cietās daļiņas PM ₁₀	9.4/19.4; 14.4	12.3/15.5; 13.9	
	Svins	< 0.019/< 0.019; < 0.019	< 0.019/< 0.019; < 0.019	😐
	B[a]P	0.057/0.029; 0.043	0.040/0.030; 0.035	😐
Riņķu iela	NO ₂	*	5.0/10.8; 7.9	**
	Cietās daļiņas PM _{2.5}	4.5/19.5; 12.0	6.1/8.9; 7.5	😊/😊
	Cietās daļiņas PM ₁₀	10.3/54.1; 32.2	10.5/24.0; 17.2	
	Svins	*	< 0.019/< 0.045; 0.032	**
	B[a]P	*	n.d./< 0.019; < 0.019	**
Krūmu iela	NO ₂	8.9/11.0; 10.0	7.1/12.8; 10.0	😐
Ģ. Baloža iela	NO ₂	4.1/7.6; 5.8	2.8/3.8; 3.3	😊

* GKUP ietvaros mērījumi netika veikti

** tendenci nav iespējams noteikt, jo iepriekš mērījumi nav veikti

😊 - pozitīva tendence, piesārņojuma līmenis samazinājies

😐 - situācija nav mainījusies

😞 - negatīva tendence, situācija ir pasliktinājusies

Slāpekļa dioksīds

Vispārinot, redzams, ka slāpekļa dioksīda koncentrācijas visos mērījumu punktos ir salīdzinoši zemas, raksturīgi, ka sezonā ar apkuri novērotas nedaudz augstākas koncentrācijas, kas ir likumsakarīgi. Salīdzinot visas novērojumu vietas, augstākās koncentrācijas identificētas Sliežu ielā un Krūmu ielā, kur vērojama lielākā autotransporta ietekme. Indikatīvs salīdzinājums ar Latvijā noteiktajiem normatīviem un novērtējuma sliekšņiem liecina, ka tie netiek pārsniegti.

Cietās daļiņas, avotu ieguldījums

Cieto daļiņu piesārņojuma līmeņa ietekmējošie faktori ir ārkārtīgi dažādi, kas arī tika novērots pēc paraugu apstrādes. Situācija praktiski nav mainījusies vai pat pavisam nedaudz pasliktinājusies, ja salīdzinām mērījumus, kuri iegūti pirms gada, Liepājas gaisa kvalitātes uzlabošanas programmas izstrādes laikā. Šāds tiešs salīdzinājums gan neliecina par gaisa kvalitātes pasliktināšanos tieši lokālu piesārņojuma avotu dēļ. Piemēram, 2023. gada februārī konstatēta īpaši izteikta Sahāras putekļu piesārņojuma epizode, kas veicināja augstu piesārņojuma līmeni vairāku dienu laikā, pat neskatoties uz ļoti stipriem nokrišņiem tieši šajās dienās. Indikatīvs salīdzinājums ar Latvijā noteiktajiem gaisa kvalitātes normatīviem un novērtēšanas sliekšņiem liecina, ka tie netiek pārsniegti.

Analizējot dažādu piesārņojuma avotu ieguldījumu kopējā piesārņojuma līmenī, iespējams apgalvot, ka būtisks piesārņojuma avots ir minerālo un jūras sāls daļiņu avots (ielu kaisīšana ar sāls-smilts maisījumu), bez tam šāda veida daļiņas novērojamas arī vasaras sezonā. Šajā gadījumā to veidošanās algoritmi ir nedaudz atšķirīgi, - fotoķīmiskās reakcijas piedaloties jūras sāls kristāliem vai aerosoliem ar erodētām smiltis daļiņām veidojas šāds piesārņojums. Jāatzīst, ka vasaras laikā šāda piesārņojuma veidošanos ir salīdzinoši grūti ierobežot. Īpaši izteikts minerālo daļiņu piesārņojums novērots Nākotnes ielas apkārtnē, kas likumsakarīgi skaidrojams ar blakus esošiem uzņēmumiem, kuru teritorijā ir atklāta tipa minerālu resursu krautnes.

Savdabīgi, ka Sliežu ielas novērojumu punkta apkārtnē konstatēts arī augsts biogēno daļiņu īpatsvars, kas skaidrojams intensīvu šķeldas pārkraušanu otas teritorijā. Šo apgalvojumu apliecina augstais biogēno elementu (P, N) saturs šajās daļiņās.

Par zemu ieguldījumu kopējā piesārņojuma līmeņa veidošanā uzskatāmi tādi avoti kā riepu abrāzijas daļiņas, metāliskās daļiņas.

Benzapirēns

Benzapirēna piesārņojuma līmeņa izmaiņas praktiski nav novērotas, vasaras periodā koncentrācijas cietajās daļiņās ir tik zemas, ka tās pat netiek analītiski konstatētas. No mērījumiem redzams, ka indikatīvi salīdzinot ar noteikto gada normatīvu (arī piesārņojuma novērtēšanas sliekšņiem) un Pasaules Veselības organizācijas mērķlielumu, tie netiek pārsniegti.

Svins

Svina piesārņojuma gadījumā situācija ir analoga, bieži vien analītiski nebija iespējams noteikt koncentrāciju. Kopumā svina koncentrācijas cietajās daļiņās ir ļoti zemas, indikatīvi salīdzinot ar noteikto gada normatīvu (arī piesārņojuma novērtēšanas sliekšņiem), redzams, ka tas netiek pārsniegts.

6.2 REKOMENDĀCIJA

Gaisa piesārņojuma samazināšanas rīcības plānā 2020. - 2030. gadam (apstiprināts ar 2020. gada 16. aprīļa MK rīkojumu Nr.197) norādīts, ka Liepājas pilsētai nepieciešams izstrādāt pasākumus, kuri sekmē gaisa kvalitātes uzlabošanos, 2030. gadā sasniedzot progresu rādītāju ***“netiek pārsniegts gaisa kvalitātes augšējais piesārņojuma novērtēšanas sliekšnis nevienai gaisu piesārņojošajai vielai”***.

Lai rādītāju sasniegšanas progresu novērtētu, ziņojuma autori rekomendē turpināt un pilnveidot gaisa piesārņojošo vielu monitoringu un mērījumus ilgākā laika posmā, lai varētu noteikt tendences un veikt atbilstošu analīzi. Ir nepieciešams turpināt gaisa kvalitātes mērījumus un monitoringu situācijas apzināšanai, avotu noteikšanai un ietekmju mazināšanai, kā jau paredzēts Liepājas valstspilsētas Gaisa kvalitātes uzlabošanas rīcības programmā.