

***Vadlīniju sagatavošana transportlīdzekļu radītā
PM₁₀ un PM_{2.5} piesārņojuma
modelēšanai Latvijas apstākļos***

Projekta atskaite

Saturs

Ievads.....	3
1. Emisijas faktoru, kas raksturo PM_{10} un $PM_{2.5}$ emisijas transportlīdzekļu kustības rezultātā, raksturojums	4
1.1. Emisijas faktoru datu bāzes.....	4
1.2. Aprēķinu modeļu salīdzinājums	5
1.2.1. Riepu nodilums	5
1.2.2. Bremžu sistēmas elementu nodilums	8
1.2.3. Priekšlikumi vadlīniju izstrādei	11
2. Atkārtotas suspendēšanās emisijas faktora noteikšana.....	12
2.1. Transportlīdzekļu plūsmas un PM_{10} , $PM_{2.5}$ koncentrāciju mērījumi.....	12
2.2. Atkārtotas suspendēšanās emisijas faktora skaitliskās vērtības noteikšana	15
2.3. Cieto daļiņu koncentrācijas aprēķins, izmantojot atkārtotās suspendēšanās emisijas faktoru	17
2.4. Pienesuma avotu struktūras analīze	19
3. Secinājumi.....	20

1. pielikums

Vadlīnijas transportlīdzekļu kustības radītā PM_{10} un $PM_{2.5}$ piesārņojuma modelēšanai Latvijas apstākļos

2. pielikums

Projekta ietvaros veikto mērījumu rezultāti

Ievads

Projekta atskaite sagatavota starp Latvijas vides aizsardzības fonda administrāciju un SIA "Estonian, Latvian & Lithuanian Environment" 2007. gada 2. aprīlī noslēgtā līguma Nr. 86 par projekta finansēšanu un izpildes kārtību ietvaros.

Projekta laikā veikti cieto daļiņu koncentrāciju mērījumi un transportlīdzekļu uzskaitē no 2007. gada novembra līdz 2008. gada jūlijam Rīgas pilsētā. Iegūtais datu apjoms izmantots, lai noteiktu atkārtotās suspendēšanās emisijas faktoru, kas pārbaudīts, izmantojot gaisa piesārņojuma izkliedes modeli. Ar modeļa palīdzību veikta arī piesuma avotu struktūras analīze.

Projekta rezultātā sagatavotas vadlīnijas transportlīdzekļu kustības radītā PM_{10} un $PM_{2.5}$ piesārņojuma novērtēšanai Latvijas apstākļos, kas nodrošinās efektīvu un pamatotu cieto daļiņu piesārņojuma novērtējumu un rīcības programmu izstrādi gaisa kvalitātes uzlabošanai. Vadlīniju sagatavošanā izmantotas Eiropas Vides aģentūras emisiju inventarizācijas vadlīnijas "EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007" un šī projekta rezultāti.

Projekta rezultāti ļauj pamatoti novērtēt cieto daļiņu PM_{10} robežlielumu pārsniegumus, kas saistīti ar ceļa uzturēšanas darbiem. Saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvu 2008/50/EK (2008. gada 21. maijs) par gaisa kvalitāti un tīrāku gaisu Eiropai to robežlieluma pārsnieguma daļu, ko var saistīt ar ceļu kaisīšanu ar smiltīm vai ar sāli, var atskaitīt, novērtējot atbilstību gaisa kvalitātes robežlielumiem, ja ir veikti vērā ņemami pasākumi, lai mazinātu koncentrāciju.

Projekta atskaite ietver:

- emisijas faktoru raksturojumu un analīzi,
- pārskatu par piesārņojuma koncentrāciju mērījumiem un transportlīdzekļu uzskaiti (iegūtie rezultāti elektroniskā formā pievienoti atskaitei),
- pārskatu par atkārtotās suspendēšanās emisijas faktora noteikšanu un modelēšanas rezultātiem,
- piesuma avotu struktūras analīzi,
- vadlīniju projektu.

Projekta izpildi nodrošināja SIA "Estonian, Latvian & Lithuanian Environment".

1. Emisijas faktoru, kas raksturo PM_{10} un $PM_{2.5}$ emisijas transportlīdzekļu kustības rezultātā, raksturojums

1.1. Emisijas faktoru datu bāzes

Projekta ietvaros izvērtēti un apkopoti dažādos literatūras avotos norādītie emisijas faktori, kas raksturo PM_{10} un $PM_{2.5}$ emisijas transportlīdzekļu kustības rezultātā. Šie faktori raksturo cieto daļiņu emisijas riepu, bremžu sistēmas elementu un ceļa seguma nodiluma rezultātā. Darba mērķiem izmantotas četras plašāk lietotās emisijas faktoru datu bāzes (modeļi):

1. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 (turpmāk tekstā – EMEP)

EMEP (*European Monitoring and Evaluation Programme*) ir emisiju inventarizācijas vadlīnijas, ko izdevusi Eiropas Vides aģentūra. Vadlīnijās ir ietverti emisijas faktori, kas raksturo cieto daļiņu emisijas riepu, bremžu sistēmas elementu un ceļa seguma nodiluma rezultātā. Minētais dokuments neapskata atkārtoto suspendēšanos, kas saistīta ar transporta kustību. EMEP apraksta divas novērtējuma metodes – vienkāršotu metodi PM_{10} emisiju noteikšanai un detalizētu metodi, kas aptver dažādus transportlīdzekļu tipus un apskata faktora atkarību no kustības ātruma, kravas transportlīdzekļa izmēriem un kravas masas. Tālākajā novērtējumā izmantota EMEP detalizētā metode.

2. RAINS modeļa datu bāze

RAINS (*Regional Air Pollution INformation and Simulation*) modeli ir izstrādājuši starptautiska izpētes organizācija IIASA (*International Institute for Applied Systems Analysis*). Tas paredzēts alternatīvo piesārņojuma samazināšanas stratēģiju integrētai novērtēšanai. Modelis sniedz iespēju novērtēt sēra dioksīda, slāpekļa oksīdu, amonija, gaistošo organisko savienojumu un cieto daļiņu emisijas. Viens no RAINS moduļiem apskata dažādas ekonomiskās aktivitātes, kas rada piesārņojumu, t.sk. pasažieru un kravu transportu.

3. CEPMEIP datu bāze

CEPMEIP (*Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance*) programma ir paredzēta nacionālo ekspertu atbalstam, lai sagatavotu cieto daļiņu emisijas inventarizāciju EMEP programmas ietvaros. Projekta ietvaros ir sniegts pārskats par cieto daļiņu emisiju novērtēšanas metodēm un veikts emisiju novērtējums, piemērojot CEPMEIP noteiktos emisijas faktorus.

4. ASV vides aģentūras izmantotie emisijas faktori, kas ietverti MOBILE 6.2 modelī

MOBILE 6.2 ir programma, kas paredzēta transportlīdzekļu radīto emisiju aprēķināšanai. Šajā programmā ir ietverti emisijas faktori, kas raksturo cieto daļiņu emisijas riepu un bremžu sistēmas elementu nodiluma rezultātā.

1.2. Aprēķinu modeļu salīdzinājums

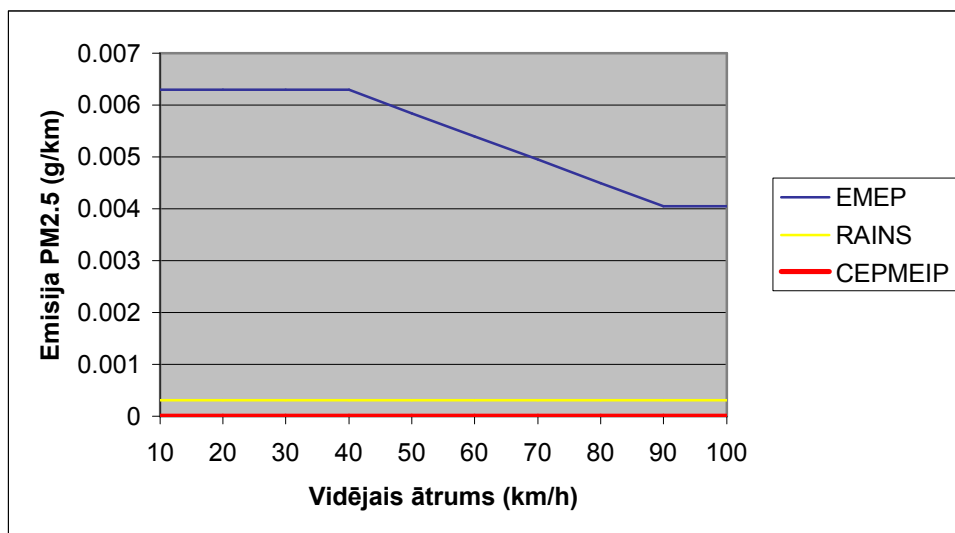
Aprēķinu modeļu salīdzinājums tika balstīts uz savstarpēju emisijas faktoru salīdzinājumu dažādiem cieto daļiņu izmēriem un dažādiem transportlīdzekļu tipiem. Pamatā aplūkotas iespējas novērtēt PM_{10} un $PM_{2.5}$ emisijas, vienlaicīgi izvērtējot modeļu iespējas novērtēt arī citus cieto daļiņu izmērus.

Dažādos avotos ir lietots dažāds transportlīdzekļu iedalījums. Ņemot vērā projekta ietvaros veiktos transporta intensitātes mērījumus, salīdzinājumam izvēlēti divi transportlīdzekļu tipi – vieglā pasažieru automašīna un smagās kravas automašīnas ar trīs asīm. Vienlaicīgi jānorāda, ka ne visas aplūkotās aprēķinu metodes ietver tik detalizētu transportlīdzekļu raksturojumu, tāpēc salīdzinājuma nolūkiem veikti vairāki pieņēmumi:

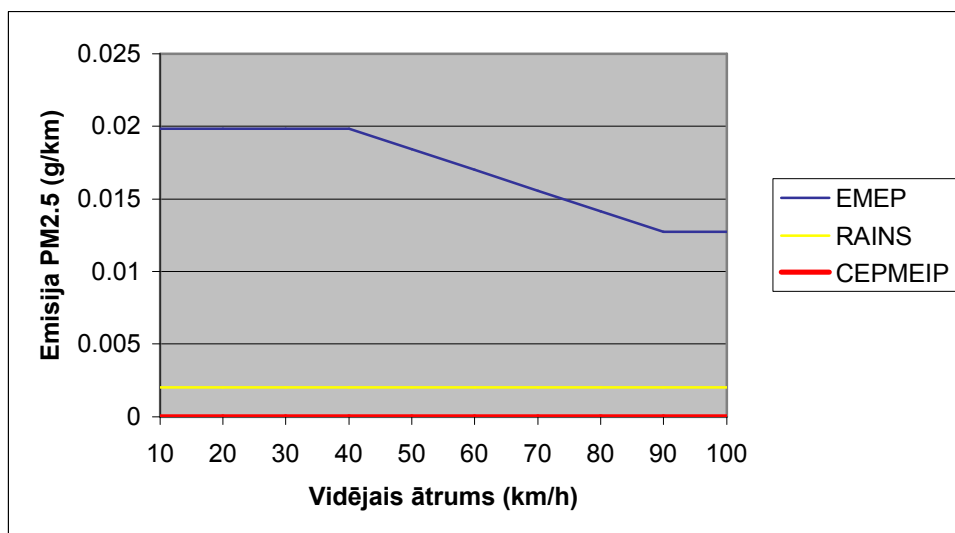
- smago kravas automašīnu detalizēts iedalījums ir pieejams EPEM un MOBILE 6.2 datu bāzēs. Tomēr, ja EMEP izmantotais iedalījums ir balstīts uz asu skaitu, tad MOBILE 6.2 – riteņu skaitu. Novērtējuma mērķiem pieņemts, ka smagās kravas automašīnas ar trīs asīm atbilst smagajām kravas automašīnām ar 10 riteņiem;
- RAINS un CEPMEIP datu bāzēs smagās kravas automašīnas nav iedalītas sīkākās grupās, līdz ar to novērtējumam izmantots tajās ietvertais emisijas faktors smagajām kravas automašīnām;
- vienīgi EMEP aprēķinu metode paredz izmantot emisijas faktora korekciju atkarībā no kravas apjoma. Metode ietver korekcijas faktoru no 0 (tukša krava) līdz 1 (pilna krava). Novērtējuma mērķiem izmantota vērtība 0.5, lai raksturotu emisijas gan riepu, gan bremžu sistēmas elementu nodiluma rezultātā.

1.2.1. Riepu nodilums

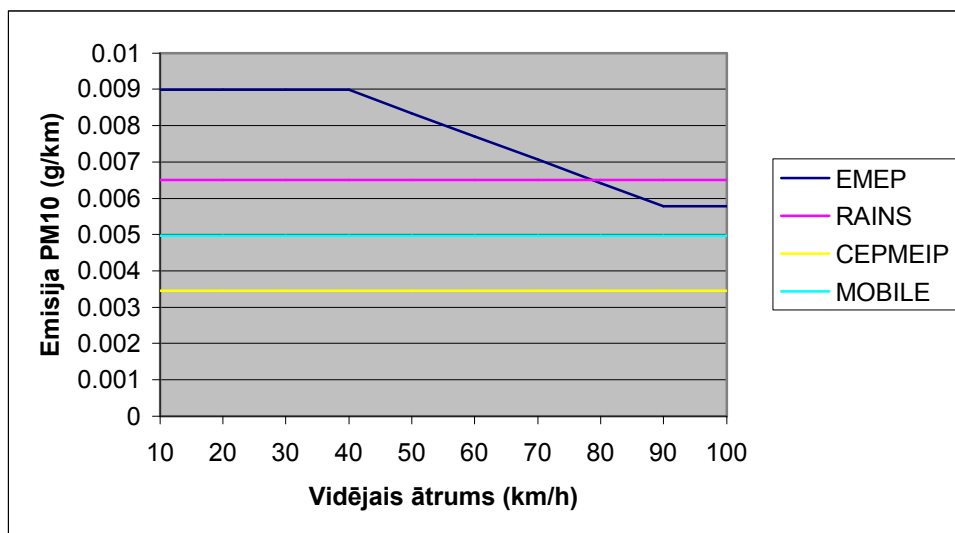
1. - 4. attēlā ir sniegts uzskatāms emisijas faktoru salīdzinājums, kas aprēķinu metodēs ietverts PM_{10} un $PM_{2.5}$ emisiju daudzuma aprēķināšanai riepu nodiluma rezultātā. Grafiski ir attēlota emisijas atkarība no transportlīdzekļa kustības ātruma izvēlētajiem transportlīdzekļu tipiem. Emisiju aprēķins veikts vienam transportlīdzeklim.



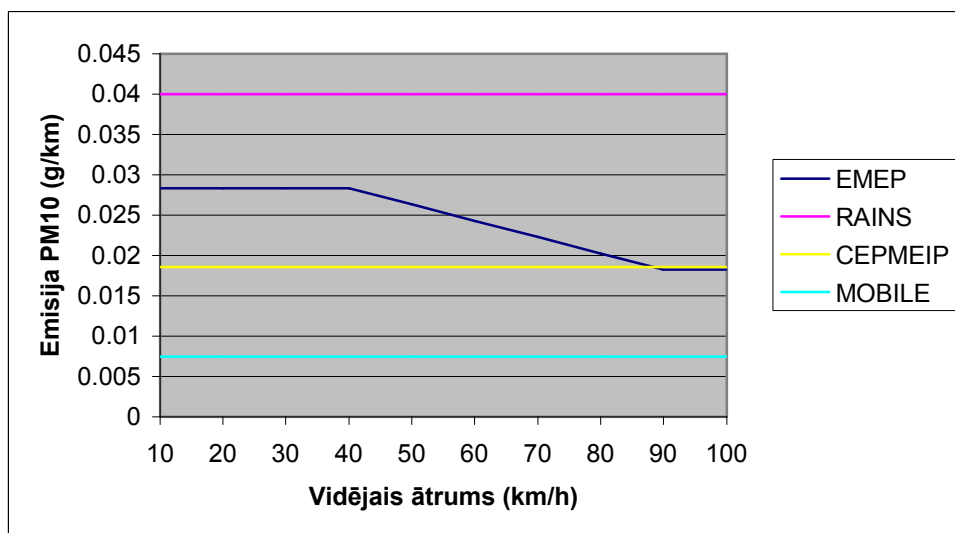
1. attēls. Vieglās pasažieru automašīnas, $PM_{2.5}$



2. attēls. Smagās kravas automašīnas, $PM_{2.5}$



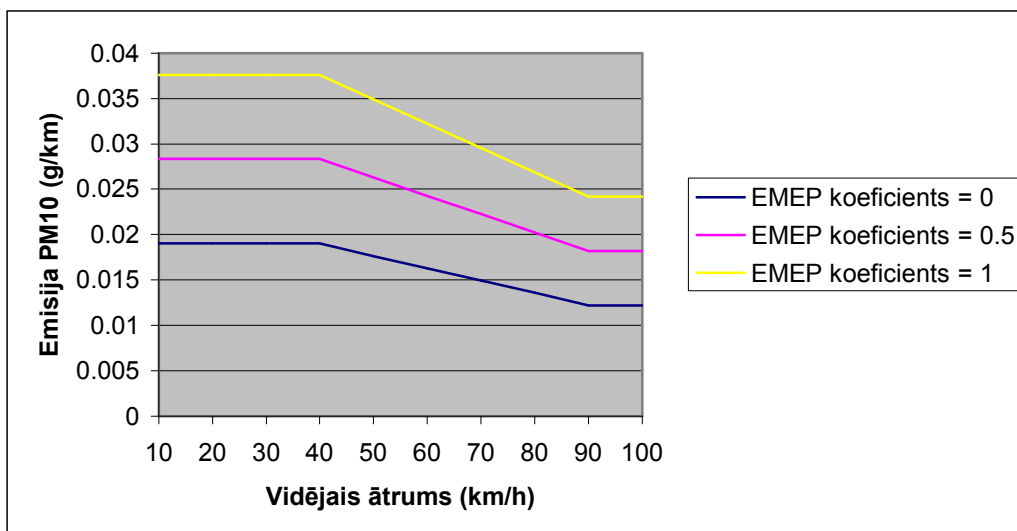
3. attēls. Vieglās pasažieru automašīnas PM_{10}



4. attēls. Smagās kravas automašīnas, PM_{10}

EMEP metode ietver korekcijas faktoru, kas ņem vērā transportlīdzekļa kustības ātrumu. Minētais korekcijas faktors ir pielietojams ātruma robežās no 40 līdz 90 km/h. Transportlīdzekļiem, pārvietojoties ar mazāku vai lielāku ātrumu, aprēķinātās emisijas ir konstantas. Vienlaicīgi metožu salīdzinājums parāda, ka citas aprēķinu pieejas vispār neparedz iespēju koriģēt emisijas faktoru atkarībā no transportlīdzekļa kustības ātruma un izmanto vienu konstantu emisijas faktoru.

Kā jau minēts iepriekš, EMEP metode paredz iespēju novērtēt arī smago kravas automašīnu emisijas atkarību no kravas apjoma (1. – 4. attēlā izmantotais korekcijas koeficients 0.5). 5. attēlā raksturota kravas korekcijas koeficienta ietekme uz emisijas faktoru (izmantotās koeficienta vērtības 0, 0.5 un 1).



5. attēls. Emisijas atkarība no kravas koeficienta (smagās kravas automašīnas)

Kā redzams 5. attēlā koeficientam ir lielāka ietekme uz emisiju apjomu pie mazākiem kustības ātrumiem, lai gan atšķirības nav tik izteiktas kā bremžu sistēmas elementu nodiluma gadījumā (skat. 10. attēlu).

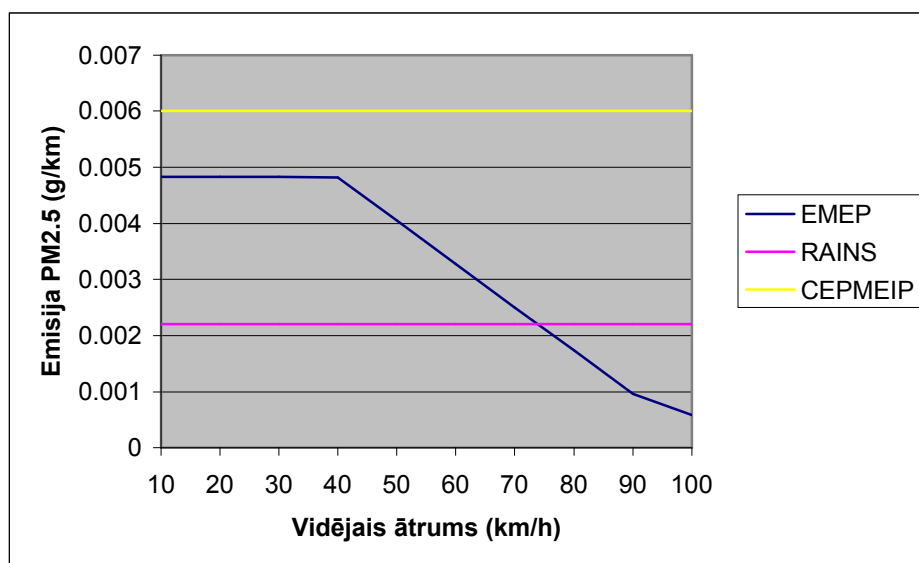
Salīdzinot emisijas faktorus, kas raksturo $PM_{2.5}$ emisijas, jāsecina, ka EMEP metode visos gadījumos dod visaugstākās vērtības. Saskaņā ar CEPMEIP metodiku cietās daļiņas $PM_{2.5}$ vispār netiek emitētas, savukārt, MOBILE 6.2 – neizdala frakciju $PM_{2.5}$.

Raksturojot cieto daļiņu PM_{10} emisijas, visaugstākās vērtības ar EMEP metodi tiek iegūtas vieglajam autotransportam pie mazākiem kustības ātrumiem. Citos gadījumos visaugstākās vērtības rada RAINS datu bāzē ietvertais emisijas faktors.

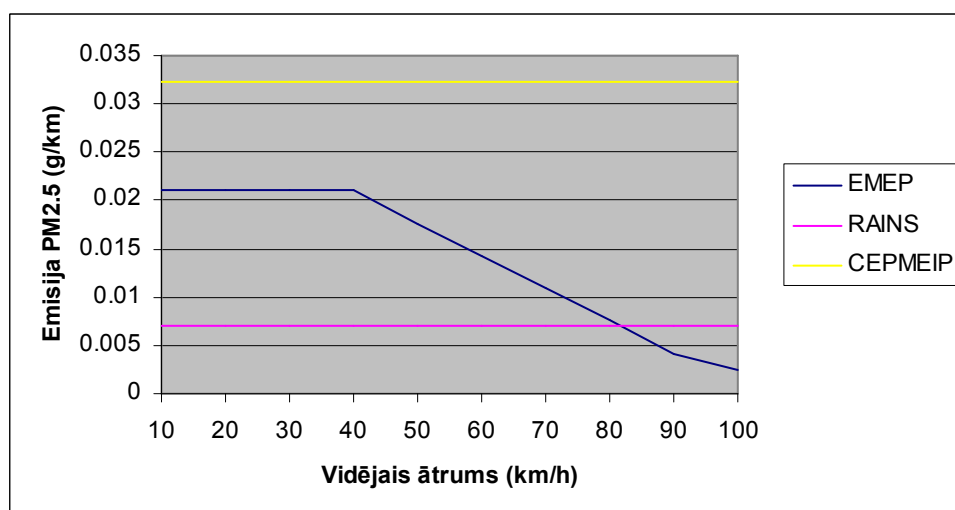
Kopumā jāsecina, ka dažādās datu bāzes ietvertie emisijas faktori rada būtiski atšķirīgus rezultātus. Kā viens no galvenajiem iemesliem jāmin atšķirīgie datu bāzu izveides mērķi, kas nosaka to detalizācijas pakāpi.

1.2.2. Bremžu sistēmas elementu nodilums

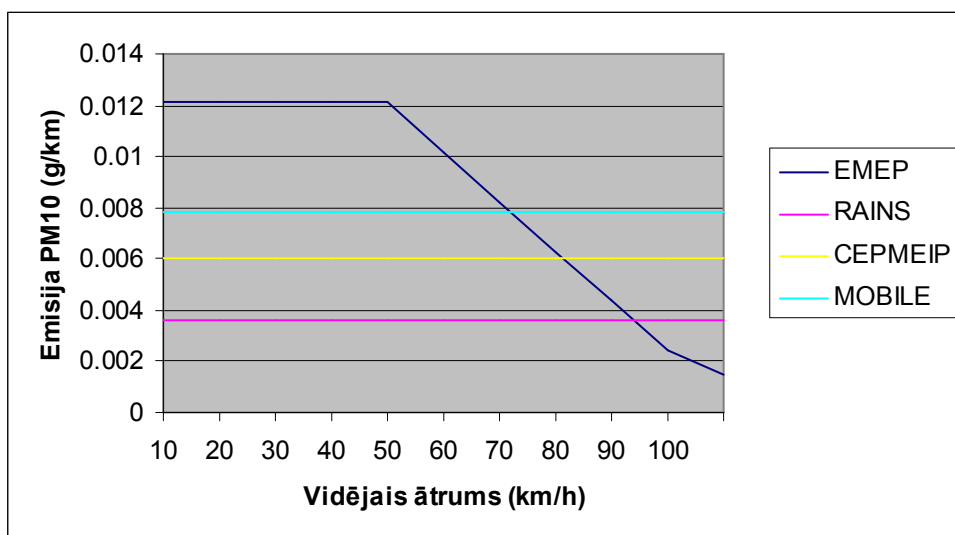
6. - 7. attēlā ir sniegts uzskatāms emisijas faktoru salīdzinājums, kas aprēķinu metodēs ietverts PM_{10} un $PM_{2.5}$ emisiju daudzuma aprēķināšanai bremžu sistēmas elementu nodiluma rezultātā. Grafiski ir attēlota emisijas faktora atkarība no transportlīdzekļa kustības ātruma izvēlētajiem transportlīdzekļu tiptiem. Emisiju aprēķins veikts vienam transportlīdzeklim.



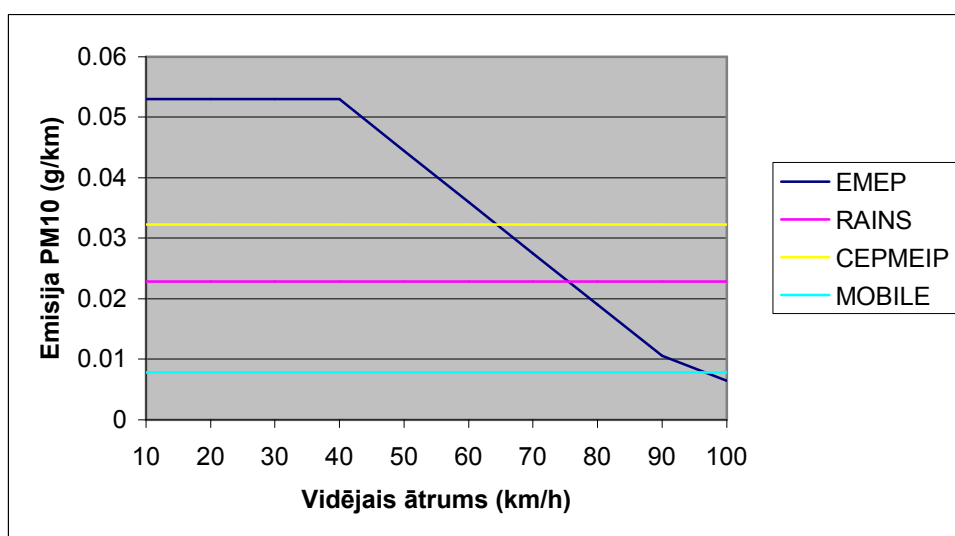
6. attēls. Vieglās pasažieru automašīnas, $PM_{2.5}$



7. attēls. Smagās kravas automašīnas, $PM_{2.5}$



8. attēls. Vieglās pasažieru automašīnas, PM_{10}



9. attēls. Smagās kravas automašīnas, PM_{10}

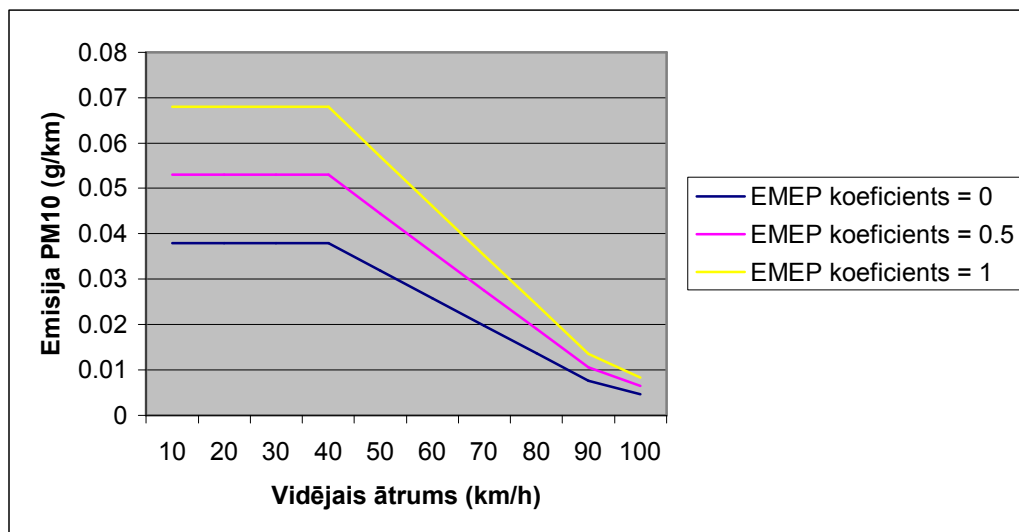
Tāpat kā aprēķinot emisijas, kas saistītas ar riepu nodilumu, EMEP metode vienīgā ņem vērā transportlīdzekļa kustības ātrumu. Šiem mērķiem tiek izmantots korekcijas faktors, kas pielietojams robežās no 40 līdz 95 km/h.

MOBILE 6.2 neizdala cieto daļiņu frakciju $PM_{2.5}$, kas uzskatāms par būtisku metodes trūkumu. Savukārt, CEPMEIP un REINS sniedz ievērojami atšķirīgas $PM_{2.5}$ emisijas faktoru vērtības, kas rezultējas atšķirīgos emisijas apjomos. Mazākas, bet tomēr ievērojamas, atšķirības konstatējamās arī starp literatūrā norādītajiem konstantajiem PM_{10} emisijas faktoriem.

Kopumā vērtējot, $PM_{2.5}$ gadījumā augstākās vērtības tiek iegūtas izmantojot CEPMEIP metodi, bet emisiju vērtību atšķirības EMEP metodes gadījumā pie dažādiem ātrumiem ir līdzvērtīgas emisiju vērtības starpībai, kas iegūtas pielietojot CEPMEIP un RAINS metodes.

PM₁₀ gadījumā saskaņā ar EMEP metodiku aprēķinātās emisijas vērtības pie noteiktiem kustības ātrumiem atbilst kādai no vērtībām, kas iegūtas pielietojot CEPMEIP, RAINS vai MOBILE 6.2 metodi.

Atsevišķi novērtēta kravas apjoma ietekme uz emisijas apjomu, izmantojot EMEP metodi. 10. attēlā raksturota kravas korekcijas koeficienta ietekme uz emisijas faktoru smagajām kravas automašīnām (izmantotās koeficienta vērtības 0, 0.5 un 1). Arī šajā gadījumā uzskatāmi redzams, ka korekcijas koeficientam ir lielāka ietekme uz emisijas apjomu pie maziem transportlīdzekļu kustības ātrumiem.



10. attēls. Emisijas apjoma atkarība no kravas koeficienta (smagās kravas automašīnas)

1.2.3. Priekšlikumi vadlīniju izstrādei

Literatūrā aprakstītās metodikas ar transportlīdzekļu kustību saistītā piesārņojuma novērtēšanai ietver emisijas faktorus, kuru skaitliskās vērtības ievērojami atšķiras. Vienlaicīgi jāuzsver, ka vienīgi EMEP metode sniedz iespēju novērtēt emisijas faktoru atkarību no transportlīdzekļa ātruma, kravas apjoma un kravas automobiļu izmēra. Pie tam šī metode visos gadījumos ļauj novērtēt gan PM₁₀, gan PM_{2.5} emisijas. Līdz ar to, jāsecina, ka nevienai citai no izvērtētajām metodēm nav nekādas priekšrocības salīdzinājumā ar EMEP metodi. Pamatojoties uz šiem apsvērumiem tiek rekomendēts Latvijā izmantot EMEP metodi transportlīdzekļu kustības radītā piesārņojuma, kas saistīts ar riepu un bremžu nodilumu, novērtēšanai. Metode ietverta projekta ietvaros sagatavotajās vadlīnijās.

2. Atkārtotas suspendēšanās emisijas faktora noteikšana

Kā jau minēts iepriekš, transporta kustības radītās emisijas rada dažādi avoti. Šo avotu skaitā jāmin:

- riepu nodilums,
- bremžu sistēmas elementu nodilums,
- ceļa seguma nodilums,
- smilšu – sāls maisījuma atkārtota suspendēšanās.

Pirmie divi no minētajiem avotiem var tikt raksturoti ar literatūrā pieejamiem emisiju faktoriem, kuru novērtējums un piemērotāko faktoru izvēle atspoguļota 1. nodaļā.

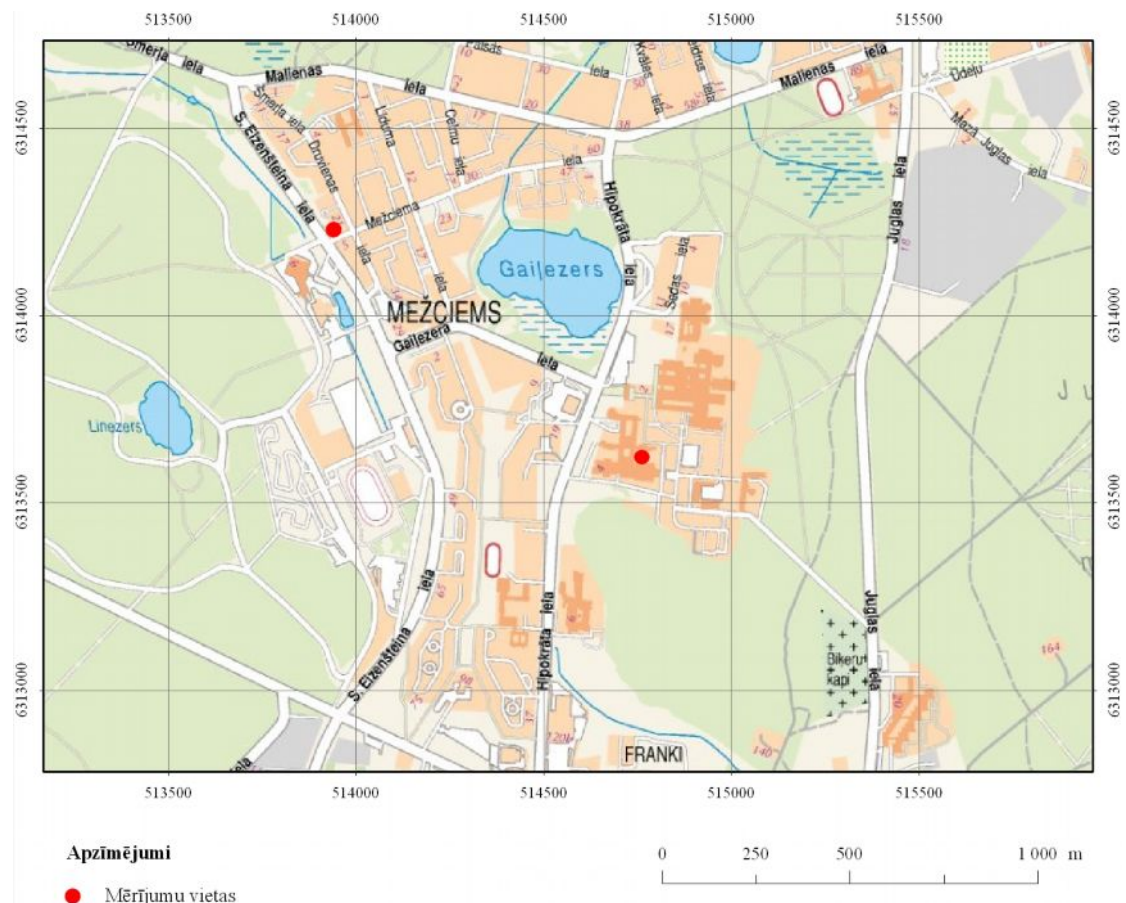
Savukārt, tā emisiju daļa, kas saistīta ar smilšu – sāls maisījuma atkārtotu suspendēšanos atmosfērā, ir novērtēta, ņemot vērā Latvijas apstākļus un ceļa uzturēšanas paņēmienus. Citās ES dalībvalstīs, izņemot Baltijas valstis, ceļa uzturēšanai pielietotie tehnoloģiskie paņēmieni ir būtiski atšķirīgi, kā rezultātā šajās valstīs veiktie PM emisiju novērtējumi nav piemērojami Latvijas situācijai. Šī emisiju daļa ietver arī ceļa seguma nodiluma izraisītās emisijas, jo tās praktiski nav iespējams nodalīt no citu daļiņu emisijām, kas veido kopējo atkārtotas suspendēšanās emisijas faktoru.

2.1. *Transportlīdzekļu plūsmas un PM_{10} , $PM_{2.5}$ koncentrāciju mērījumi*

Lai veiktu novērojumus projekta ietvaros, bija nepieciešams iegūt datus par cieto daļiņu piesārņojumu tiešā ielas tuvumā un pilsētas fona piesārņojumu. Ielas izvēlei būtiski kritēriji bija pietiekami liela transporta plūsma un tas, lai šī iela ziemas periodā būtu iekļauta ielu kaisīšanas maršrutā.

Cieto daļiņu PM_{10} mērījumu veikšanai tika izvēlētas divas vietas Rīgas pilsētā. Monitoringa iekārtas tika izvietotas uz S. Eizenšteina ielas netālu no krustojuma ar Mežciema ielu – transportlīdzekļu piesārņojuma avotu ietekmes stacija un SIA “Rīgas Austrumu klīniskā universitātes slimnīcas” Latvijas Onkoloģijas centra teritorijā – pilsētas fona stacija. Novērojumu stacijā S. Eizenšteina ielā tika uzstādīts arī transportlīdzekļu plūsmas skaitītājs.

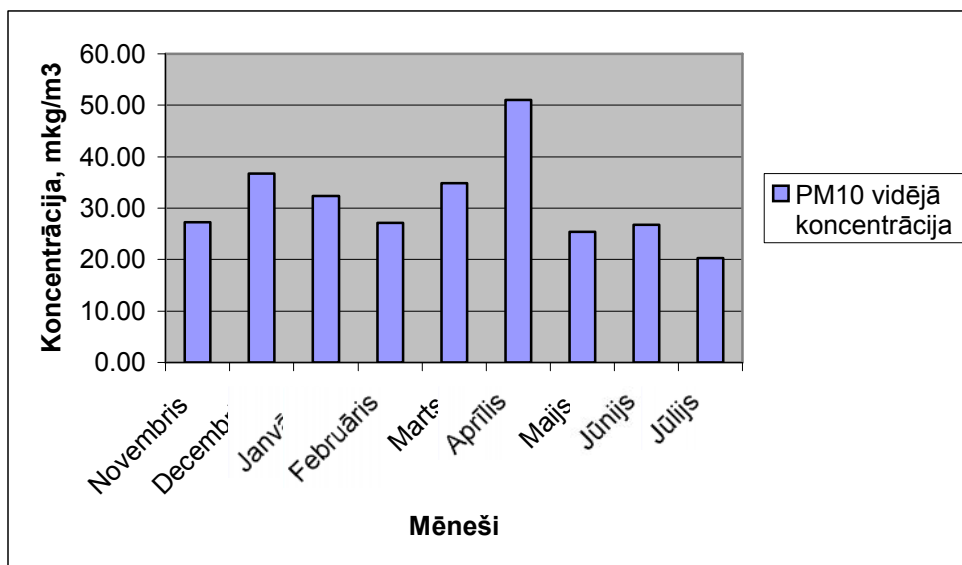
Mērījumu vietas norādītas 11. attēlā.



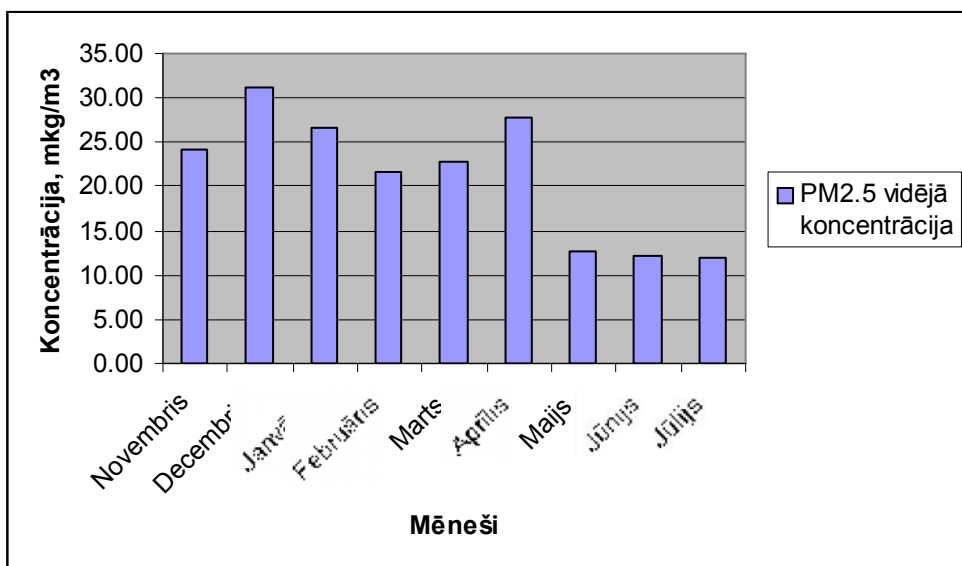
11. attēls. Mērījumu veikšanas vietas

Mērījumi tika veikti laika posmā no 2007. gada 7. novembra līdz 2008. gada 22. jūlijam. Mērījumu veikšanai tika izmantota ražotāja GRIMM Aerosol Technik GmbH vides putekļu monitoringa iekārta ENVIRONMENTAL DUST MONITOR 107G (Instrumenti nepārtrauktiem cieto daļiņu PM_{10} , $PM_{2,5}$ un PM_1 koncentrāciju mērījumiem ārējā vidē), identifikācijas Nr. 7G070021., 7G070022. Cieto daļiņu PM_{10} mērījumos izmantotā metode ir daļiņu uzskaitē ar gaismas stara izkliedes palīdzību, kas atbilst Ministru kabineta 2003. gada 21. oktobra noteikumiem Nr. 588 "Noteikumi par gaisa kvalitāti" (ar grozījumiem, kas pieņemti līdz 2006. gada 25. jūlijam).

Mērījumu ceļā noteiktās cieto daļiņu mēnešu vidējās koncentrācijas atspoguļotas nākamajos attēlos.

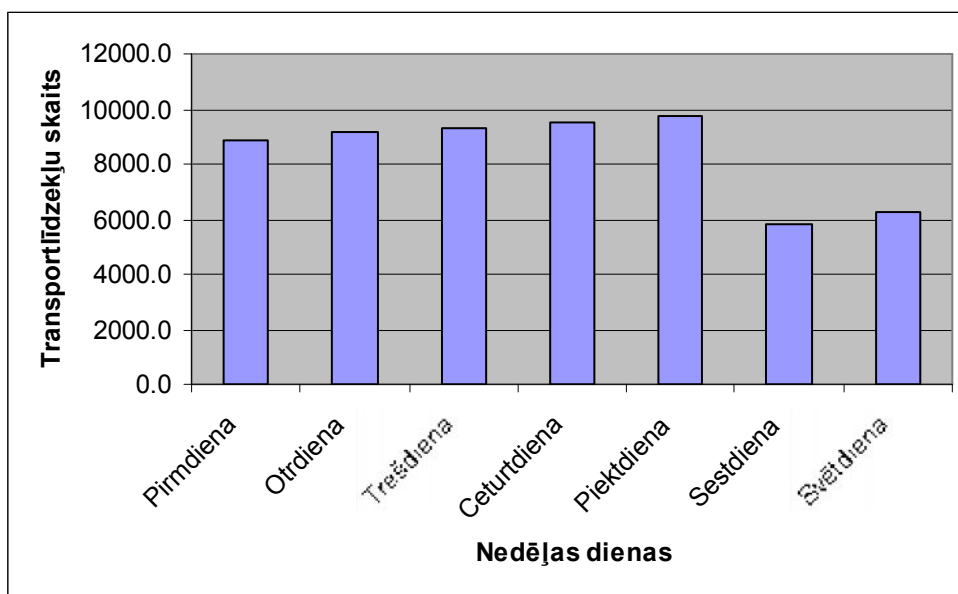


12. attēls. Cieto daļiņu PM_{10} mēneša vidējā koncentrācija S. Eizenšteina ielā

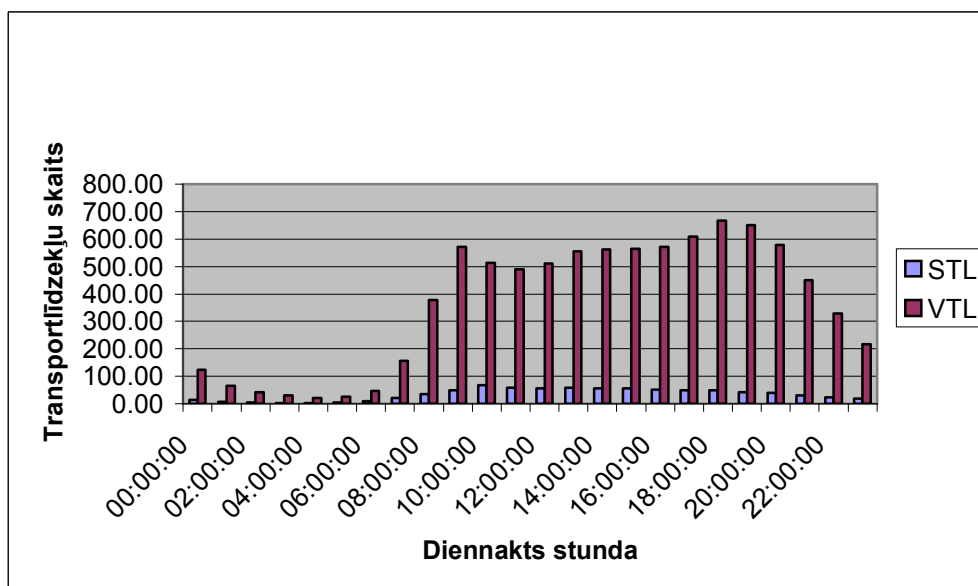


13. attēls. Cieto daļiņu $PM_{2.5}$ mēneša vidējā koncentrācija S. Eizenšteina ielā

Transportlīdzekļu plūsmas mērījumi tika veikti, izmantojot ražotāja EIS Electronic Integrated Systems automobiļu radara skaitītāju RTMS. Iegūtie rezultāti nedēļas un diennakts griezumā atspoguļoti 14. – 15. attēlā.



14. attēls. Vidējais transportlīdzekļu skaits dienā nedēļas griezumā



15. attēls. Vidējais transportlīdzekļu skaits stundā diennakts griezumā (STL – smagie transportlīdzekļi, VTL – viegie transportlīdzekļi)

2.2. Atkārtotas suspendēšanās emisijas faktora skaitliskās vērtības noteikšana

Kopējo cieto daļiņu emisijas daudzumu atmosfērā, ko rada transportlīdzekļu kustība, var izteikt kā abrazīvo avotu (riepu, bremžu sistēmas elementu) un atkārtotas suspendēšanās radīto emisiju summu:

$$E_{KOPĒJĀ} = E_{RIEPAS} + E_{BREMZES} + E_{SUSP} \quad (2.1.)$$

kur:

- $E_{KOPĒJĀ}$ - kopējās transportlīdzekļu kustības radītās cieto daļiņu emisija,
- E_{RIEPAS} - cieto daļiņu emisija, ko rada riepu nodilums,
- $E_{BREMZES}$ - cieto daļiņu emisija, ko rada bremžu sistēmas elementu nodilums,

E_{SUSP} - cieto daļiņu emisija atkārtotas suspendēšanās rezultātā.

Lai noteiktu emisiju daudzumu, kas saistīts ar transporta kustības radīto atkārtotu cieto daļiņu suspendēšanos atmosfērā, var tikt izmantots 2.1. vienādojums un literatūras avotos norādītie cieto daļiņu emisijas faktori, kas raksturo riepu un bremžu sistēmas elementu nodilumu (skat. 1. nodaļu).

Lai izmantotu šo pieeju, izdarīti vairāki pieņēmumi, kas ļauj veikt sākotnējos aprēķinus. Pirmkārt, pamatojoties uz literatūras avotos¹ pieejamo informāciju, tiek pieņemts, ka transportlīdzekļu dzinēju radītās cietās daļiņas pamatā sastāv no daļiņām ar aerodinamisko diametru 2.5 µm, savukārt transportlīdzekļu kustības radītās cietās daļiņas – no daļiņām ar aerodinamisko diametru no 2.5 līdz 10 µm. Otrkārt, tiek pieņemts, ka starp piesārņojošās vielas emisiju un tās radīto piezemes koncentrāciju pastāv tieša lineāra sakarība. Tā rezultātā emisija, kas raksturo atkārtotu suspendēšanos, var tikt noteikta, izmantojot 2.2. vienādojumu:

$$E_{PM_{2.5-10}} = E_{TPM_{2.5-10}} \left(\frac{\Delta C_{PM_{2.5-10}}}{\Delta C_{TPM_{2.5-10}}} \right) \quad (2.2.)$$

kur:

E – cieto daļiņu $PM_{2.5-10}$ emisija,
 ΔC – koncentrācijas pieaugums ceļa tuvumā,
 T – indekss, kas norāda uz teorētiski izvēlētu emisijas faktoru.

Lai noteiktu atkārtotas suspendēšanās emisiju atbilstoši 2.2. vienādojumam konkrētajos apstākļos, no mērījumu rezultātiem tika aprēķināts $PM_{2.5-10}$ koncentrāciju pieaugums ceļa tuvumā. No tālākajiem aprēķiniem tika izslēgtas tās mērījumu stundas, kurās pieaugumam bija negatīva vērtība. Iegūtā datu kopa izmantota $E_{PM_{2.5-10}}$ skaitliskās vērtības noteikšanai. Aprēķinātā $E_{PM_{2.5-10}}$ vērtība uzskatāma par kopējo emisiju, kas saistīta ar transportlīdzekļu plūsmu. Izmantojot reālos transportlīdzekļa uzskaites datus un emisijas faktorus, kas raksturo emisiju, ko rada riepu un bremžu sistēmas elementu nodilums, saskaņā ar 2.1. vienādojumu ir aprēķināta E_{SUSP} , kas raksturo cieto daļiņu $PM_{2.5-10}$ emisiju atkārtotas suspendēšanās rezultātā.

Lai noteiktu emisijas faktoru, tika izmantoti transporta plūsmas mērījumu dati. $PM_{2.5-10}$ koncentrācijas un atbilstošie transportlīdzekļu uzskaites dati tika sagrupēti atbilstoši darba dienām un brīvdienām. Iegūto rezultātu kopu vidējie lielumi tika izmantoti, lai aprēķinātu emisijas faktoru smagajām kravas automašīnām (SKA) un vieglajām pasažieru automašīnām (VPA), izmantojot vienādojumu:

$$E_{SUSP} = xVPA + ySKA \quad (2.3.)$$

kur:

E_{SUSP} - cieto daļiņu emisija atkārtotas suspendēšanās rezultātā,

¹ CERC, Road vehicle non-exhaust particulate matter: initial air quality model development and application, model uncertainty analyses and further model improvements - 2007

VPA un *SKA* - attiecīgi vidējais vieglo pasažieru automašīnu un smago kravas automašīnu skaits,
x un *y* - vērtības, kas tiek aprēķinātas, atrisinot vienādojumus ar diviem nezināmajiem.

Aprēķinātie emisijas faktori ir ietverti 1. tabulā.

1. tabula. VPA un SKA emisijas faktori, kas raksturo cieto daļiņu atkārtotu suspendēšanos transportlīdzekļu kustības rezultātā

Transportlīdzekļa veids	Emisijas faktors, g/km
Vieglais pasažieru automobilis	0.9
Smagais kravas automobilis	1.1

2.3. Cieto daļiņu koncentrācijas aprēķins, izmantojot atkārtotās suspendēšanās emisijas faktoru

Darba ietvaros noteiktais atkārtotās suspendēšanās emisijas faktors tika izmantots, lai aprēķinātu cieto daļiņu PM₁₀ koncentrācijas gaisa kvalitātes novērojumu stacijas punktos. Gaisa piesārņojuma izkliedes aprēķini veikti, izmantojot datorprogrammu ADMS Roads 2.3 (izstrādātājs CERC – *Cambridge Environmental Research Consultants*, beztermiņa licence P05-0628-C-AR200-LV). Šī programma pielietojama rūpniecisko un transporta plūsmu izmešu izkliedes aprēķināšanai, ņemot vērā izmešu avotu īpatnības, apkārtnes apbūvi un reljefu, kā arī vietējos meteoroloģiskos apstākļus.

Gaisa piesārņojuma koncentrācijas aprēķinātais laika periodam no 2007. gada novembra līdz 2008. gada jūlijam.

Novērtējuma mērķiem tika izvēlētas transportlīdzekļu piesārņojuma avotu ietekmes stacijas Rīgā – Brīvības ielā (Brīvības iela 73) un K.Valdemāra ielā (K.Valdemāra iela 18), kā arī aprēķināta koncentrācija novērojuma punktā, kas izvietots S. Eizenšteina ielā.

Lai izvērtētu piesārņojumu, ko rada transportlīdzekļu dzinēji, ir izmantoti literatūrā pieejamie emisijas faktori. Eiropas Savienībā vairākās valstīs ir radītas autotransporta emisijas faktoru datu bāzes. Projekta ietvaros izmantotas DMRB vadlīnijas¹, kas izstrādātas pēc Lielbritānijas Automaģistrāļu aģentūras pasūtījuma (Design Manual for Roads and Bridges, turpmāk tekstā – DMRB). Šīs vadlīnijas sniedz iespēju aprēķināt emisijas faktorus atkarībā no automašīnas tipa, dzinēja tipa, darba tilpuma un atbilstības ES likumdošanas prasībām, kā arī braukšanas ātruma.

Modeļa ievaddati ietvēra:

- transportlīdzekļu dzinēju radītās emisijas (DMRB datu bāze),
- emisijas, kas rodas bremžu sistēmas elementu nodiluma rezultātā (EMEP datu bāze),

¹ Design Manual for Roads and Bridges. Volume 11 – Environmental Assessment. Section 3. Environmental Assessment Techniques. Part 1 – Air Quality. February 2003

- emisijas, kas rodas riepu nodiluma rezultātā (EMEP datu bāze),
- atkārtotas suspendēšanās emisijas (projekta rezultāti, skat. 1. tabulu).

Minētie ievaddati raksturo transportlīdzekļu radītās cieto daļiņu emisijas, kas tika summētas ar pilsētas fona koncentrācijām. Pilsētas fona koncentrācijas iegūtas no novērojuma stacijām Mīlgrāvī (Viestura prospekts 24) un novērojuma stacijas Latvijas Onkoloģijas centra teritorijā.

Izkliedes aprēķini veikti, ņemot vērā transportlīdzekļu plūsmu konkrētajos ielu posmos. Brīvības un K.Valdemāra ielas gadījumā izmantoti Rīgas domes Vides departamenta rīcībā esošie transportlīdzekļu uzskaites dati, bet S. Eizenšteina ielai – projekta ietvaros veiktā transportlīdzekļu uzskaitē. Saskaņā ar šo informāciju vidējā transportlīdzekļu diennakts intensitāte Brīvības ielā posmā no Dzirnau līdž Ģertrūdes ielai ir 25400, posmā no Bruņinieku līdž Miera ielai – 33200, bet K.Valdemāra ielā posmā no Elizabetes līdž Stabu ielai - 18530 un S. Eizenšteina ielā – 8654. Transportlīdzekļu plūsmas sadalījums mēnešu un diennakts griezumā iegūts, balstoties uz projekta laikā veikto uzskaiti.

Modelēšanai izmantoti Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras sniegtie dati par meteoroloģiskiem apstākļiem. Meteoroloģisko datu kopā iekļauti 2007. gada un 2008. gada dati ar 1 stundas intervālu: gaisa temperatūra, virsmas siltuma plūsma, vēja virziens un ātrums, kopējais mākoņu daudzums, sajaukšanas augstums un Monina – Obuhova garums.

Aprēķinātās un mērījumu ceļā iegūtās cieto daļiņu PM₁₀ koncentrācijas apkopotas 2. un 3. tabulā. Pirmajā no tām sniegti rezultāti, kas iegūti veicot gaisa piesārņojuma izkliedes aprēķinus, neņemot vērā atkārtotās suspendēšanās emisijas faktoru. 3. tabulā norādīti rezultāti, kas iegūti, izmantojot projekta ietvaros noteikto atkārtotās suspendēšanās emisijas faktoru.

2. tabula. Cieto daļiņu PM₁₀ vidējās koncentrācijas (neietverot atkārtoto suspendēšanos)

Vieta	Novērotā vērtība, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aprēķinātā vērtība, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Attiecība*
K.Valdemāra iela	45.02	26.21	0.58
Brīvības iela	52.55	26.56	0.51
S. Eizenšteina iela	32.49	21.73	0.53

Piezīmes:

* - aprēķinātā vērtība pret novēroto vērtību

3. tabula. Cieto daļiņu PM₁₀ vidējās koncentrācijas (ietverot atkārtoto suspendēšanos)

Vieta	Novērotā vērtība, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aprēķinātā vērtība, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Attiecība*
K.Valdemāra iela	45.02	35.01	0.78
Brīvības iela	52.55	40.49	0.77
S. Eizenšteina iela	32.49	27.69	0.85

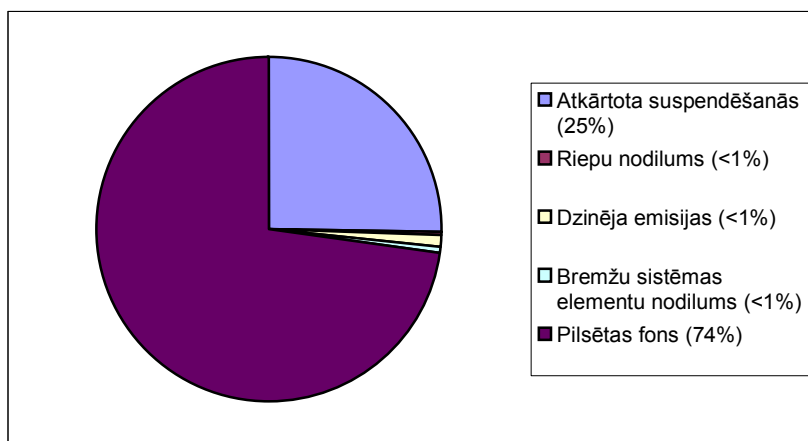
Piezīmes:

* - aprēķinātā vērtība pret novēroto vērtību

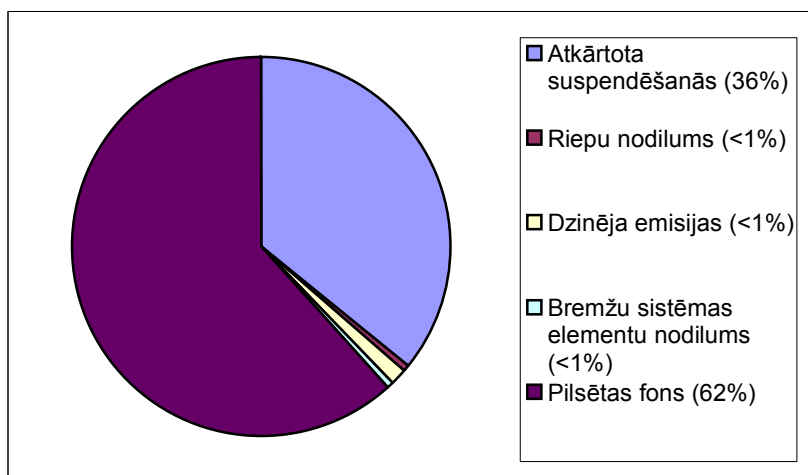
Kā redzams no iegūtajiem rezultātiem atkārtotās suspendēšanās emisijas faktora izmantošana transportlīdzekļu kustības radītā piesārņojuma novērtēšanā visos gadījumos sniedz labāku rezultātu atbilstību, salīdzinot ar novērotajām vērtībām. Pie tam, nevienā no gadījumiem rezultātu atšķirība nepārsniedz 25% (skat. 3. tabulu).

2.4. Pienesuma avotu struktūras analīze

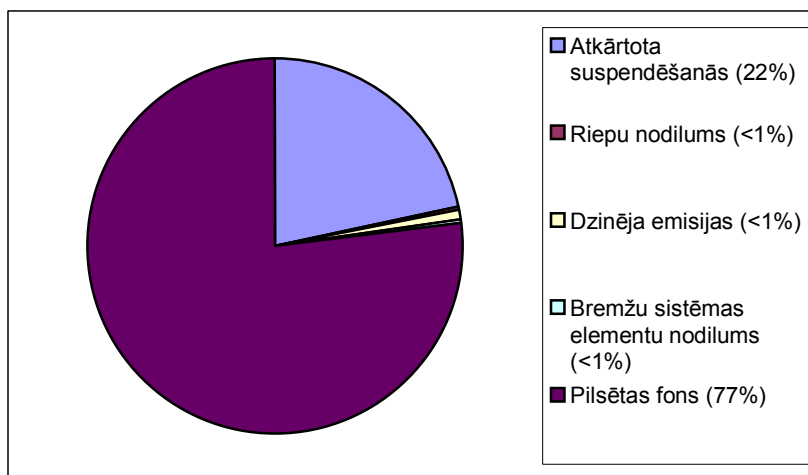
Pamatojoties uz aprēķinu rezultātiem, tika noteikts dažādo piesārņojuma avotu – dzinēja emisiju, riepu, bremžu sistēmas elementu nodiluma un atkārtotās suspendēšanās devums. 16. - 18. attēlā norādīts dažādo piesārņojuma avotu devums cieto daļiņu koncentrācijā novērojuma punktos.



16. attēls. Pienesuma avotu struktūra Valdemāra ielā



17. attēls. Pienesuma avotu struktūra Brīvības ielā



18. attēls. Pienesuma avotu struktūra S.Eizenšteina ielā

Pienesuma avotu struktūras analīze norāda uz to, ka visos gadījumos dominē pilsētas fons un atkārtota suspendēšanās. Šobrīd mūsu rīcībā nav informācijas par to, kādi avoti rada tik nozīmīgu pilsētas fona koncentrāciju Rīgas pilsētā. Tā kā šis pienesuma avots neietver transportlīdzekļu radīto piesārņojumu, tad var pieņemt, ka ievērojama cieto daļiņu pilsētas fona piesārņojuma daļa var būt saistīta ar pārrobežu pārnesei un dabiskajiem avotiem. Saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2008/50/EK (2008. gada 21. maijs) par gaisa kvalitāti un tīrāku gaisu Eiropai prasībām piesārņojošās vielas robežlielumu pārsniegumu, kas radies no dabiskajiem avotiem, neuzskata par pārsniegumu šīs direktīvas izpratnē. Dalībvalstīm ir pienākums sniegt informāciju par piesārņojošās vielas koncentrācijām un pienesuma avotiem, kā arī pierādījumus par to, ka pārsniegums ir radies no dabiskajiem avotiem. Ņemot vērā šos apstākļus būtu vēlams tālāka izpēte, kuras ietvaros tiktu noskaidrota pilsētas fonu veidojošā pienesuma avotu struktūra.

3. Secinājumi

Pamatojoties uz projekta ietvaros veikto literatūrā pieejamo emisijas faktoru salīdzinājumu, tiek rekomendēts Latvijā izmantot EMEP (*European Monitoring and Evaluation Programme*) vadlīnijās norādītās metodes transportlīdzekļu kustības radītā piesārņojuma, kas saistīts ar riepu un bremžu nodilumu, novērtēšanai. Salīdzinot ar citām apskatītajām novērtējuma metodēm, EMEP vadlīnijas visos gadījumos ļauj novērtēt gan PM_{10} , gan $PM_{2.5}$ emisijas, kā arī sniedz iespēju novērtēt emisijas faktoru atkarību no transportlīdzekļa ātruma, kravas apjoma un kravas automobiļu izmēra.

EMEP vadlīnijās norādītās metodes transportlīdzekļu kustības radītā piesārņojuma, kas saistīts ar riepu un bremžu nodilumu, novērtēšanai, ir ietvertas projekta ietvaros sagatavotajās vadlīnijās.

Papildus aprēķinu ceļā, pamatojoties uz ilglaicīgiem gaisa piesārņojuma mērījumiem un transportlīdzekļu uzskaites datiem, noteikta atkārtotās suspendēšanās emisijas faktora skaitliskā vērtība. Gaisa piesārņojuma izkliedes aprēķini, kas veikti izmantojot minēto lielumu, norāda uz to, ka transportlīdzekļu piesārņojuma avotu ietekmes zonā pienesuma avotu struktūrā dominē pilsētas fona piesārņojums (62 – 77%) un

piesārņojums, ko rada atkārtota cieto daļiņu suspendēšanās transportlīdzekļu kustības rezultātā (22 – 36%). Pie tam, kā parāda piesārņojuma koncentrāciju mērījumu rezultāti, visaugstākās mēneša vidējās koncentrācijas novērojumu stacijas apkārtņē ir fiksētas aprīlī, kas apstiprina pieņēmumu, ka šāds cieto daļiņu PM₁₀ pieaugums varētu būt saistīts ar intensīvu ceļu kaisīšanu ar smiltis un sāls maisījumu ziemas periodā, un tam sekojošu transporta intensitātes pieaugumu pavasara mēnešos.

Atkārtotās suspendēšanās emisijas faktors ietverts projekta ietvaros sagatavotajās vadlīnijās.

Projekta rezultāti nesniedz informāciju par to, kādi avoti rada tik nozīmīgu pilsētas fona koncentrāciju Rīgas pilsētā. Tā kā šis pienesuma avots neietver transportlīdzekļu radīto piesārņojumu, tad var pieņemt, ka ievērojama cieto daļiņu pilsētas fona piesārņojuma daļa var būt saistīta ar pārrobežu pārnesei un dabiskajiem avotiem. Saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2008/50/EK (2008. gada 21. maijs) par gaisa kvalitāti un tīrāku gaisu Eiropai prasībām piesārņojošās vielas robežlielumu pārsniegumu, kas radies no dabiskajiem avotiem, neuzskata par pārsniegumu šīs direktīvas izpratnē. Dalībvalstīm ir pienākums sniegt informāciju par piesārņojošās vielas koncentrācijām un pienesuma avotiem, kā arī pierādījumus par to, ka pārsniegums ir radies no dabiskajiem avotiem. Ņemot vērā šos apstākļus būtu vēlams tālāka izpēte, kuras ietvaros tiktu noskaidrota pilsētas fonu veidojošā pienesuma avotu struktūra.