

---

# **Pilsētvides kvalitātes izvērtēšana un gaisa piesārņojuma zonējuma izstrādāšana Jelgavas pilsētas administratīvajai teritorijai**



03/28/2017

Gala atskaite

Latvijas Lauksaimniecības universitāte  
Meža un ūdens resursu zinātniskā laboratorija

2017

# **Pilsētvides kvalitātes izvērtēšana un gaisa piesārņojuma zonējuma izstrādāšana Jelgavas pilsētas administratīvajai teritorijai.**

## **G A L A A T S K A I T E**

Ziņojumu sagatavoja:

I.Grīnfelde

I.Straupe

O.Rums

A.Trifane

J.Pilecka

K.Valujeva

V.Kalniņš

## Saturs

ATTĒLU SARAKSTS.....	3
IEVADS .....	4
ĶĒRPJU FLORAS SASTĀVA UN DAUDZUMA DATI.....	5
Bioindikācijas metodes raksturojums.....	5
Ķērpju bioloģiskais raksturojums.....	6
Koku stumbra kā substrāta nozīme ķērpju attīstībā un izplatībā .....	7
Ķērpju ekoloģiskais raksturojums.....	7
Parauglaukumu izvēle.....	9
Lihenoindikācijas rezultāti .....	13
GAISA PIESĀRŅOTĀJI JELGAVAS PILSĒTAS TERITORIJĀ .....	16
Gaisa piesārņojuma raksturojums .....	16
Nozīmīgākie gaisa primārie piesārņotāji .....	16
Gaisa piesārņojuma ietekme uz pilsētvidi .....	18
Gaisa piesārņojuma ietekme uz cilvēku un dzīvniekiem .....	19
Gaisa piesārņojuma ietekme uz augiem .....	20
Gaisa piesārņotāju atlases metodika .....	23
Punktveida piesārņojuma avoti.....	23
Difūzā piesārņojuma avoti.....	24
Gaisa piesārņotāji Jelgavas teritorijā.....	24
ĶĒRPJU TRANSPLANTĀCIJA.....	27
TRANSPLANTU IZVIETOJUMS JELGAVAS PILSĒTĀ.....	31
GAISA TĪRĪBAS INDEKSS.....	34
PAŠREIZĒJĀS SITUĀCIJAS SALĪDZINĀJUMS AR ĪEPRIEKŠ VEIKTO PĒTĪJUMU REZULTĀTIEM .....	41
JELGAVAS GAISA PIESĀRŅOJUMA KARTE AR GAISA PIESĀRŅOJUMA ZONĀM UN KVALITĀTI.....	44
EKOLOĢISKĀ “STRESA” RAJONI JELGAVĀ .....	47
Gāzu koncentrāciju datu atlase un verifikācija .....	47
VIDES PIESĀRŅOJUMA INDIKĀCIJA NOSAKOT SMAGO METĀLU SASTĀVU UN DAUDZUMU SNIEGA SEGĀ.....	50
SECINĀJUMI.....	53
IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....	55
PIELIKUMI.....	62

## ATTĒLU SARAKSTS

1. attēls Parauglaukumu izvietojums 1996.gada pētījumā.....	9
2. attēls Parauglaukumu izvietojums 2006.gada pētījumā.....	10
3. attēls Parauglaukumu izvietojums šajā 2016. gada pētījumā .....	12
4. Attēls ķērpju izplatības zonas (apzīmējumi: (sarkans - iekšējās cīņas zona; dzeltens - ārējās cīņas zona; zaļš - normālā zona).....	15
5. attēls Ķērpju izplatības zonu īpatsvars Jelgavas pilsētā .....	15
6. attēls Punktveida piesārņotājuma avotu izplatība Jelgavā .....	23
7. attēls Sēra dioksīda punktveida piesārņojuma avoti.....	24
8. attēls Slāpekļa oksīdu punktveida piesārņojuma avoti .....	25
9. attēls Oglekļa monoksīda punktveida piesārņojuma avoti .....	25
10. attēls Oglekļa dioksīda punktveida piesārņojuma avoti .....	26
11. attēls gaistošo organisko savienojumu punktveida piesārņojuma avoti.....	26
12. attēls Transplantēto ķērpju vitalitātes novērtējums .....	28
13. attēls Ķērpju transplant Dzelzsceļa stacija .....	31
14.attēls Ķērpju transplant Lielā iela (pie Dobeles ielas, veikals MEGO).....	31
15.attēls ķērpju transplant Aspazijas ielā .....	32
16.attēls Ķērpju transplant Lielā iela/ Driksas tilts .....	32
17. attēls ķērpju transplant Langervaldes iela .....	33
18. attēls Ķērpju transplant Neste Rīgas iela (RAF) .....	33
19.attēls Gaisa piesārņojuma zonējums 1996., 2006. un 2016.gadā Jelgavas pilsētā kopumā.....	35
20.attēls Gaisa piesārņojuma zonējums 1996., 2006. un 2016.gadā Jelgavas pilsētas centrā .....	36
21.attēls Gaisa piesārņojuma zonējums 1996., 2006. un 2016. gadā ārpus centra Jelgavas pilsētā .....	36
22. attēls Gaisa kvalitātes zonas pēc IAP indeksa .....	41
23. attēls Jelgavas pilsētas gaisa kvalitātes zonas 1996. gadā .....	42
24. attēls Jelgavas pilsētas gaisa kvalitāte 2006. gadā.....	42
25. attēls Jelgavas pilsētas gaisa kvalitāte 2016. gadā.....	43
26. attēls Jelgavas pilsētas gaisa kvalitātes izmaiņas 20.gados .....	43
27. attēls Jelgavas pilsētas piesārņojuma zonas un CO punktveida piesārņotāji .....	44
28. attēls Jelgavas pilsētas piesārņojuma zonas un CO <sub>2</sub> punktveida piesārņotāji .....	44
29. attēls Jelgavas pilsētas piesārņojuma zonas un NO <sub>x</sub> punktveida piesārņotāji .....	45
30. attēls Jelgavas pilsētas piesārņojuma zonas un SO <sub>x</sub> punktveida piesārņotāji.....	45
31. attēls Jelgavas pilsētas piesārņojuma zonas un putekļu PM10 punktveida piesārņotāji .....	46
32. attēls Oglekļa dioksīda diennakts koncentrācijas stresa rajona .....	47
33. attēls metāna diennakts koncentrācijas stresa rajonā .....	48
34. attēls Amonjaka koncentrācijas stresa rajonā.....	48
35. attēls Dislāpekļa oksīda koncentrācijas stresa rajonā .....	49
38. attēls Jelgavas pilsētas smago metālu mērījumi sniegā.....	51
39.attēls Jelgavas pilsētas smago metālu mērījumi sniegā, sadalījums pa plāsteriem.....	52

## IEVADS

Projekta galvenais uzdevums ir veikt pilsētvides kvalitātes un gaisa piesārņojuma līmeņa biomonitoringu un sniega ķīmiskās analīzes kurināmā izmešu un autotransporta piesārņojuma īpatsvara noteikšanai.

Projekta uzdevumi:

1. Ar lihenindikācijas metodes palīdzību iegūt datus par ķērpju floras (kā īpaši jutīgu gaisa piesārņojuma bioindikatoru) sastāvu un daudzumu 104 uzskaites punktos pilsētas teritorijā, kas vienmērīgi, atkarībā no apbūves blīvuma, transporta maģistrāļu izvietojuma un konkrētajiem apstākļiem, pārklāj visu platību;
2. Sagatavot informāciju par gaisa piesārņotājiem Jelgavas pilsētas administratīvajā teritorijā, pamatojoties uz Valsts vides dienesta datiem;
3. Ar matemātiskām metodēm aprēķināt gaisa tīrības indeksu I.A.P. (Index of Atmospheric Purity), kas parāda ilggadīgu vidēju gaisa piesārņojumu pilsētā;
4. Veikt pašreizējās situācijas salīdzinājumu ar iepriekš veikto (1995./96.g., 2006.g.) pētījumu rezultātiem;
5. Sastādīt Jelgavas gaisa piesārņojuma karti ArcGIS programmatūrā ar gaisa piesārņojuma zonām un kvalitāti;
6. Izdalīt ekoloģiskā “stresa” rajonus Jelgavā (augsta piesārņojuma zona);
7. Veikt vides piesārņojuma indikāciju nosakot smago metālu sastāvu un daudzumu sniega segā 20 punktos Jelgavas pilsētas administratīvajā teritorijā;
8. Veikt CO<sub>2</sub>; CH<sub>4</sub>; NH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O mērījumus “stresa” rajonos;
9. Sagatavot ziņojumu par gaisa kvalitāti Jelgavas pilsētā;
10. Izstrādāt vides kvalitātes optimizācijas priekšlikumus un ieteikumus rīcības plāna izstrādei;
11. Prezentēt pētījumu rezultātus Jelgavas pašvaldībā un iesniegt veikto darbu atskaites elektroniski un papīra formā divos eksemplāros.

## ĶĒRPJU FLORAS SASTĀVA UN DAUDZUMA DATI

### Bioindikācijas metodes raksturojums

Bioindikācijā (ekoloģijas apakšnozare) izmanto indikatororganismu (bioindikatoru) jutīgumu un to specifisko reakciju uz piesārņotājiem. Sākumā parasti novēro fizioloģiskās (fotosintēzes u.c. dzīvības procesu pavājināšanos), vēlāk arī morfoloģiskās izmaiņas (plankumi, atmirušas auga daļas). Piesārņojums var izraisīt pat atsevišķu sugu pilnīgu izzušanu konkrētajā ekosistēmā (Falla et al., 2000). Šādai dzīvo organismu izmantošana vides stāvokļa noteikšanā pazīstama jau kopš 19. gs., kad industriālās revolūcijas sākumā ogļu raktuvēs pastāvīgi turēja kanārijputniņus *Serinus canaria* (L.), kas ātrāk par cilvēkiem spēja sajūst tādu bīstamu gāzu kā CO uzkrāšanos raktuvju šahtās (Cairns & Pratt 1993). Visbiežāk bioindikācijā izmanto augus (fitoindikācija) un ķērpjus (lihenoindikācija) (Falla et al., 2000; Migaszewski et al., 2005), jo tie ir piesaistīti konkrētai vietai un tos ir iespējams relatīvi viegli ievākt (Falla et al., 2000). Gaisa piesārņojuma jomā parasti izmanto ķērpjus.

Ideja par to, ka ķērpjus ietekmē gaisa piesārņojums, pirmoreiz izteikta jau 1790. gadā, pētot pie metāla lietuviem augošos ķērpjus Ziemeļvēlsā (Nimis et al., 2002). Idejai pakāpeniski attīstoties tālāk, jau 19. gs. beigās Eiropas zinātniskajā literatūrā var atrast atsauces par šo tēmu. Tomēr visstraujākais lihenoindikācijas attīstības posms aizsākās 20.gs. 60. un 70. gados, kad tika veidoti lihenoindikācijas teorētiskie pamati un izstrādātas tādas nozīmīgas lihenoindikācijas metodes kā gaisa tīrības indekss Index of Atmospheric Purity – IAP (LeBlanc and De Sloover, 1970), kas savu nozīmību nemainīgi saglabājušas līdz pat mūsdienām.

Lihenoindikācijas pētījuma, kas veikts Jelgavā 1995./1996.gadā (Inga Straupe) un 2006.gadā (Ligita Liepiņa, 2006), rezultāti ir izmantoti vides kvalitātes plānošanas dokumentu izstrādē un ir ietverti Jelgavas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijas 2007. – 2020. vides pārskatā (SIA Estonian, Latvian & Lithuanian Environment, 2008).

Ar lihenoindikācijas palīdzību nav iespējams noteikt precīzas piesārņojošo vielu koncentrācijas, tāpēc to maz izmanto valstu vai pašvaldību oficiālajās gaisa kvalitātes monitoringa programmās, bet vairāk uzskata par alternatīvu metodi. Galvenās lihenoindikācijas priekšrocības ir zemās izmaksas un spēja raksturot ilgtermiņa piesārņojumu, tāpēc to bieži lieto kā alternatīvu mērījumiem vietās, kur to pielietošana nav ekonomiski izdevīga vai arī to rezultātu validācijai.

Pētījumā izmantotas sekojošas lihenoindikācijas metodes:

1. Kvantitatīva ķērpju daudzveidības novērtēšana, ar mērķi aprēķināt gaisa kvalitāti raksturojošus indeksus;

Kvantitatīva ķērpju daudzveidības novērtēšana ir viena no vienkāršākajām un efektīvākajām lihenoidikācijas metodēm. Labi zināms šo metožu piemērs ir gaisa tīrības indekss IAP (LeBlanc & De Sloover, 1970), ko uzskatīta par pasaulē populārāko bioindikācijas risinājumu ilggadīgas gaisa kvalitātes novērtēšanai.

2. Kvalitatīva gaisa piesārņojuma novērtēšana, ar mērķi kontrolēt gaisa kvalitāti, ievācot ķērpju *Hypogimnia physodes* paraugus vietā ar tīru gaisu un tos pārstādot (transplantējot) novērtējamā teritorijā.

Kvalitatīva gaisa piesārņojuma novērtēšanas metode paredzēta tikai viena veida piesārņojuma – sēra dioksīda (SO<sub>2</sub>) ietekmes novērtēšanai. Pētījumi rāda, ka metodei ir trūkumi, jo ar tās palīdzību nav iespējams izvērtēt piesārņojuma mijiedarbības izraisītos bojājumus.

### **Ķērpju bioloģiskais raksturojums**

Ķērpji (Lichenes) ir simbiotiski organismi, un tie sastāv no mikobionta, ko veido sēņu micēlija jeb sēņotnes hifas un fotobionta: zaļalģēm un/vai atsevišķām citām aļģēm, turklāt starp abiem organismiem pastāv sarežģītas savstarpējās attiecības (Dobson, 2000). Ķērpju enerģijas ieguves avots ir fotosintēze, taču autotrofās aļģes veido tikai 5-10 % no ķērpja lapaņa. Pārējo daļu veido sēnes daļa, kas nosaka nepieciešamo resursu (gaisma, ūdens, minerālvielas u.c.) nokļūšanu līdz aļģēm un tādējādi regulē fotosintēzi (Piterāns, 1986).

Ķērpji sastopami gandrīz visās sauszemes ekosistēmās. Īpaša nozīme tiem ir vielu riņķojumā tundrā un boreālajos jeb ziemeļu skuju koku mežos (Löhmus, 2005). Ķērpji epifīti (kas kā augšanas substrātus izmanto koku stumbrus) veido mikrobiotopus un barības bāzi bezmugurkaulniekiem, kā arī kalpo kā ligzdu veidojamie materiāli putniem un sīkiem dzīvniekiem (Will-Wolf et al., 2002).

Ķērpji ir lēnaudzīgi organismi, tiem raksturīga īpaša barošana un vielu maiņa, kas lielā mērā atkarīga no fitocenotiskajiem un ekoloģiskiem apstākļiem vidē (Sömermaa, 1972). Fizikālu aizsardzību no tādiem faktoriem kā piesārņojums un augsta gaismas intensitāte aļģēm nodrošina sēne. Ķērpji ir poikilohidriski organismi bez gāzmaiņu regulējošām fizikālām struktūrām kā kutikula, tie ir aktīvi vienīgi, kad ūdens daudzums vidē ir pietiekams, lai atjaunotu un uzturētu metabolismu jeb vielu maiņu (Sondberg et al., 1997).

## **Koku stumbra kā substrāta nozīme ķērpju attīstībā un izplatībā**

Koku stumbram kā substrātam ir ietekme uz ķērpju sabiedrību veidošanos, tas ir ļoti nozīmīgs ķērpju izplatības faktors, turklāt ķērpju sabiedrības 60 % gadījumos nosaka substrāts un 40% - mikroklimats (Sömermaa, 1972).

Ir novērota ķērpju sugu saistība ar noteiktas specifiskas saimniekaugiem – noteiktas sugas koku stumbriem. Dažādu sugu kokiem dažādā vecumā un apstākļos ir raksturīga noteikta mizas pH reakcija, spēja aizturēt un uzglabāt mitrumu un struktūra, ar ko saistīta mikrobiotopu daudzveidība. Novērojama arī parādība, ka dažādās koka vecuma stadijās tā daļu īpašības var atšķirties, kā, piemēram, stumbra pamatnē ir labvēlīgāki mitruma apstākļi, bet stumbra augšdaļā un uz zariem ir labāks apgaismojums. Tamdēļ ir ķērpju sugas, kas ne tikai saistītas ar noteiktām koku sugām, bet arī ar noteiktām koku daļām. Uz kokiem ķērpju floras daudzveidība un bagātība palielinās līdz ar koku vecumu (Sömermaa, 1972), un to izskaidro fakts, ka koks kā substrāts ilgāk pakļauts dažādu ķērpju sugu vairošanās vienību (diasporu) iedarbībai (Uliczka, Angelstam, 1999). Ir dati, ka epifītu ķērpju daudzums palielinās arī līdz ar koka izmēriem: ķērpju sugu daudzveidība pozitīvi korelē ar koka krūšaugstuma caurmēru. Liela nozīme ir mizas struktūrai, tās spējai plaisāt un lobīties (Piterāns, 1986). Miza kā ķērpja dzīves vide mainās laikā un telpā. Tādas mizas īpašības kā pH, barības vielas, miecvielas, sveķi, cietība, porainums, mitruma daudzums ir ļoti nozīmīgi ķērpju veģetācijai (Barkman, 1958). Turklāt koku miza ir atšķirīga ne tikai dažādām koku sugām, bet mainās pat vienam un tam pašam kokam – atkarībā no vecuma, stumbra daļas, apgaismojuma u.c. faktoriem (Piterāns, 1986). Lielāka nozīme ir mizas ķīmiskajām nekā fizikālajām īpašībām. Audzei kļūstot vecākai, izmainās tās mikroklimats un līdz ar to arī mizas fizikālās un ķīmiskās īpašības: miza kļūst skābāka (Hyvarinen et al., 1992). Skābai videi priekšroku dod krevu ķērpji un tos var uzskatīt par strestolerantiem. Tajā pašā laikā mizas fizikālās īpašības dažādu sugu kokiem kļūst līdzīgas līdz ar vecumu. Līdz ar to arī epifītisko ķērpju sugu sastāvs mainās atkarībā no koka vecuma (Piterāns, 1986). Uz veciem dažādu sugu kokiem var atrast ķērpju sugas, kuras raksturīgas kādai konkrētai koku sugai.

## **Ķērpju ekoloģiskais raksturojums**

Ķērpju attīstība un izplatība uz dažādu koku sugu stumbriem atkarīga no virknes ekoloģisko faktoru. Apgaismojums un citi resursi ir galvenie, kas nosaka ķērpju sabiedrību sugu sastāvu un lielumu (John, Dale, 1995). Ķērpji pārtver un absorbē nokrišņus, kuros ir dažādas barības un piesārņojuma vielas, to attīstība un augšana ir atkarīga no nokrišņiem, gaisa mitruma, gaismas un potenciālās iztvaikošanas (Will-Wolf et al., 2002). Ķērpji kopumā ir izturīgi pret vairumu dabisko ietekmes faktoru, bet ir jutīgi pret faktoriem, kurus izraisījusi cilvēka darbība, piemēram,



piesārņojums, eitrofikācija, mežsaimnieciskās darbības izraisītās izmaiņas u.c., kā rezultātā daudzviet Eiropā ir samazinājusies ķērpju daudzveidība un daudzu sugu izplatības areāli ir sarukuši vai suga ir vispār izzuduši (Sillett, Goslin, 1999; van Herk, 1999).

Ķērpji ir nozīmīgi gaisa piesārņojuma indikatori, jo, uzņemot toksiskas vielas, ķērpji nespēj tās izvadīt, un rezultātā noārdās hlorofils aļģu šūnās. Noārdoties hlorofilam, pakāpeniski atmirst arī pats ķērpis. Arī izmainoties mikroklimatam, tie jutīgi reaģē, tāpēc ķērpjus izmanto kā indikatorus gan atmosfēras monitoringā (lihenoindikācija), gan citos vides pētījumos (Piterāns, 1986; Will-Wolf et al, 2002).

Ķērpji akumulē piesārņojumu no apkārtējās vides dažādos veidos – daļiņu piesaistē, jonu apmaiņā, hidrolīzē, elektrolīta absorbcijā u.c. Tie ir jutīgi pret gandrīz visām gaisu piesārņojošām vielām, jo dzīvības procesiem nepieciešamās barības vielas un ūdeni iegūst tieši no atmosfēras nokrišņiem (Asta et al., 2002; Fuga et al., 2008; Conti et al., 2001), turklāt ķērpjiem nav aizsargājoša audu slāņa un bioķīmisku izvades mehānismi (Asta et al., 2002; Purvis et al., 2007). Līdz ar to ķērpji ātri reaģē uz apkārtējā gaisa kvalitātes izmaiņām – ja gaisā palielinās piesārņojošo vielu daudzums, tas attiecīgi palielinās arī ķērpjos. Tāpēc var novērot sakarības starp gaisa piesārņojuma līmeni un noteiktu ķērpju sugu veselības stāvokli (Tiwari, 2008). Ķērpju jutība pret specifiskiem piesārņotājiem un to ietekmes mehānismi ir apskatīti daudzos pētījumos:

SO<sub>2</sub> – ietekmes rezultātā samazinās elpošana un pavājinās fotosintēze, palielinās membrānu caurlaidība, rodas K<sup>+</sup> jonu pārmērīga uzkrāšanās šūnās un veidojas ultrastruktūras izmaiņas (Belnap et al., 1993). Bojājumus aļģes komponentam ķērpjos raksturo hlorofila daudzuma samazināšanās, kā rezultātā vēlāk iet bojā viss ķērpja laponis (Batts et al., 2004).

O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> – ozons izraisa fotosintēzes pavājināšanos un ultrastruktūras izmaiņas, savukārt, slāpekļa oksīdu ietekmē samazinās zaļā pigmenta hlorofila daudzums (Belnap et al., 1993).

Smagie metāli – veicina membrānu un hlorofila degradāciju, samazina fotosintēzes efektivitāti un rada ultrastruktūras izmaiņas (Garty, 2001; Bačkor and Dzubay, 2004).

PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> – tiešā veidā ķērpjus gandrīz neietekmē, jo tiem nav elpošanas orgānu. Saskaroties ar cietajām daļiņām ķērpjos nokļūst citi piesārņotāji, piemēram, smagie metāli (Nash, 2008).

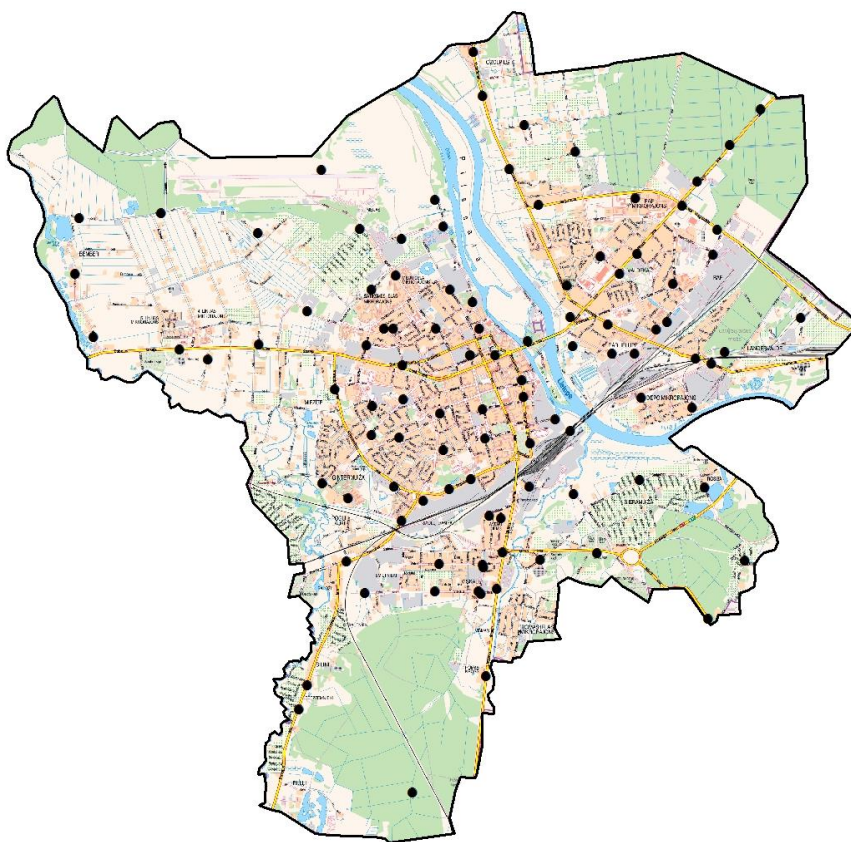
Pārējo piesārņotāju ietekme ir mazāk pētīta (Conti and Cecchetti, 2001), bet vairāki pētījumi parāda, ka ķērpji ir jutīgi pret gaistošajiem organiskajiem savienojumiem (Catala, et. al., 2013). Tomēr precīzi bioķīmiskās ietekmes procesi pašlaik vēl nav zināmi. Gandrīz visu piesārņotāju – SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, smago metālu u.c. iedarbības rezultātā lielākā vai mazākā apmērā tiek bojāts ķērpja fotosintēzes mehānisms, un samazinās tajos esošais zaļā pigmenta (hlorofila) daudzums. Tā kā ir

zināms, ka hlorofila degradācijas rezultāts ir cits pigments – feofitīns (Nimis et al., 2002), tad šo abu pigmentu daudzuma attiecības nosaka piesārņojuma radīto bojājumu apmēru konkrētajā ķērpī.

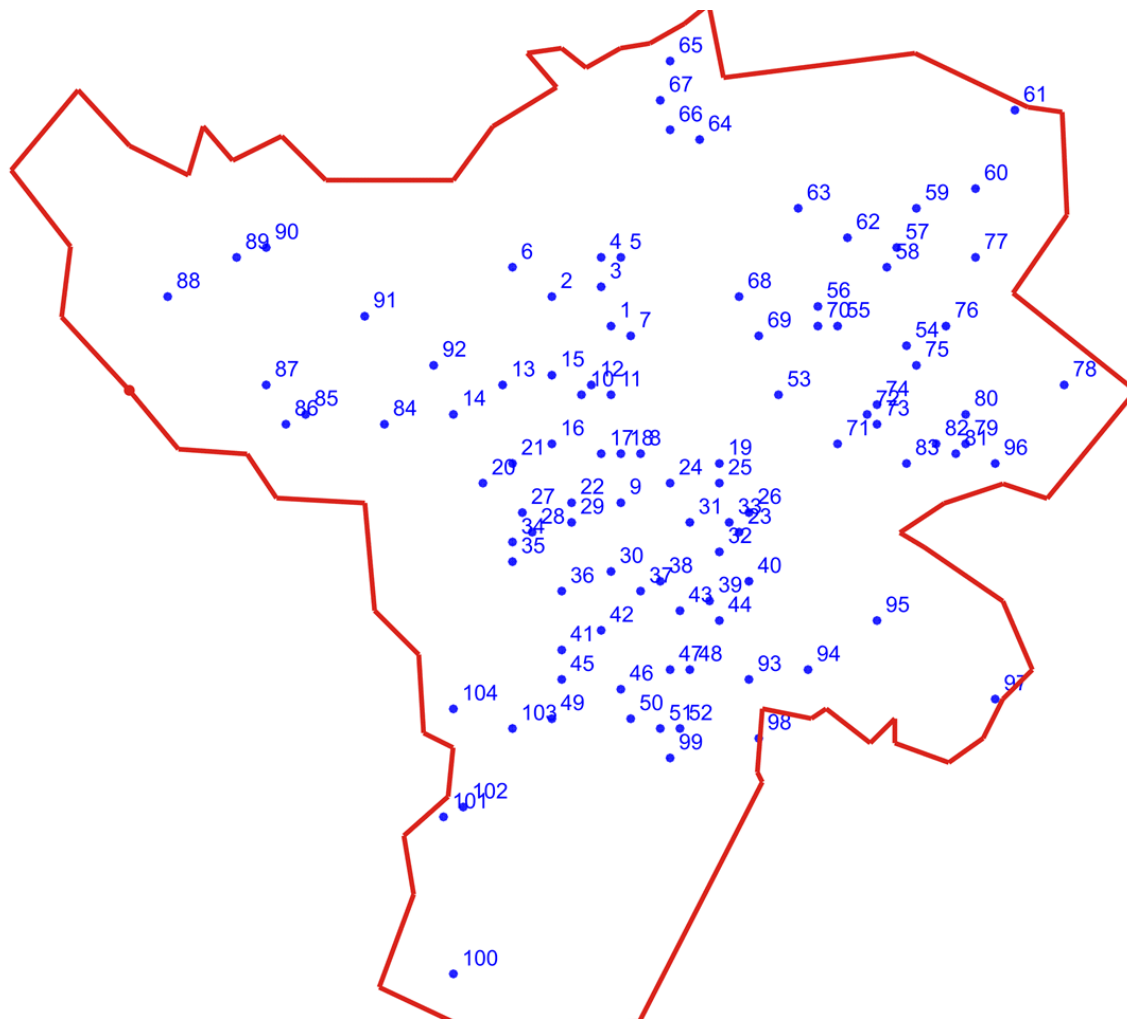
Latvijā pirmos lihenindikācijas pētījumus veicis A. Piterāns (Piterāns, 1982; Piterāns, 1986; Piterāns & Bērziņa, 1990), kā arī citi autori, piemēram, Jelgavas pilsētas centra lihenindikatīvā analīze 1995.gadā (Straupe & Piterāns, 1995), Daugavpils gaisa kvalitātes novērtējums 2012.-2013.gadā (Rutkovska, 2014) u.c. Balstoties uz A.Piterāna pētījumu rezultātiem, Latvijā ir izveidots ķērpju interaktīvais noteicējs, ar kura palīdzību var noskaidrot, kādam gaisa kvalitātes līmenim ir raksturīga konkrētā ķērpju suga – skalā no tīra gaisa līdz augstam piesārņojumam (pieejams: [http://latvijas.daba.lv/augi\\_senes/kjerpi/noteiceejs.shtml](http://latvijas.daba.lv/augi_senes/kjerpi/noteiceejs.shtml)).

## Parauglaukumu izvēle

Jelgavas pilsētas teritorija (60,32 km<sup>2</sup>) gaisa kvalitātes kartēšanai atkarībā no apbūves blīvuma, maģistrāļu izvietojuma un ražošanas uzņēmumiem sadalīta 104 parauglaukumos – centrs 500m x 500m (52 parauglaukumi) un pārējā platība – 1km x 1km (52 parauglaukumi). Parauglaukumu izveidoti 1996. gadā, kur veikti atkārtotie pētījumi pēc vienotas metodikas arī 2006. (skatīt attēlu Nr.1) un 2016. gadā (skatīt attēlu Nr.2). Ņemot vērā apbūves intensitāti un Jelgavas pilsētas attīstības tendences, šajā pētījumā papildus izveidots 21 parauglaukums (Skatīt attēlu Nr 3).



1. ATTĒLS PARAGLAUKUMU IZVIETOJUMS 1996.GADA PĒTĪJUMĀ



2. ATTĒLS PARAGLAUKUMU IZVIETOJUMS 2006.GADA PĒTĪJUMĀ

Kvantitatīva ķērpju daudzveidības novērtēšana ir viena no vienkāršākajām un efektīvākajām lihenoindikācijas metodēm. Gaisa tīrības indeksa I.A.P. (*Index of Atmospheric Purity*) metode (LeBlanc & De Sloover, 1970) tiek uzskatīta par pasaulē populārāko bioindikācijas risinājumu gaisa kvalitātes novērtēšanai, tomēr jāatzīmē, ka iegūtie dati atspoguļo ilgtermiņa piesārņojuma līmeni.

Katrā parauglaukumā uz 10 koku stumbriem augstumā no 30 cm līdz 2 m veikta visu ķērpju sugu uzskaitē. Tajā stumbra pusē, kur sastopams visvairāk ķērpju, novērtēts ķērpju procentuālais segums pa sugām. Gaisa tīrības indeksu jeb I.A.P. nosaka katram parauglaukumam, un tas sastāv no visu ķērpju sugu toksikotolerances faktora Q vērtības un seguma sastopamības pakāpes f vērtību reizinājuma summas.

To aprēķina pēc sekojoša vienādojuma:

$$IAP = \sum_{i=1}^n \frac{(Q \times f)}{10}$$

kur:

*IAP* – gaisa tīrības indekss,

*n* – ķērpju sugu skaits pētāmajā teritorijā,;

*Q* – toksikotolerances faktors (konstants katrai ķērpju sugai)

$$Q = n_1 / n_2 ,$$

kur *n*<sub>1</sub> – visu ķērpju sugu kopējais skaits visos parauglaukumos, kuros ir interesējošā suga,

*n*<sub>2</sub> – parauglaukumu summa, kuros ir sastopama interesējošā suga.

*f* – seguma sastopamības pakāpe, ko nosaka pēc ķērpju sugas procentuālā seguma un ķērpju sugas sastopamības biežuma kombinējuma katrā parauglaukumā.

*f* vērtības:

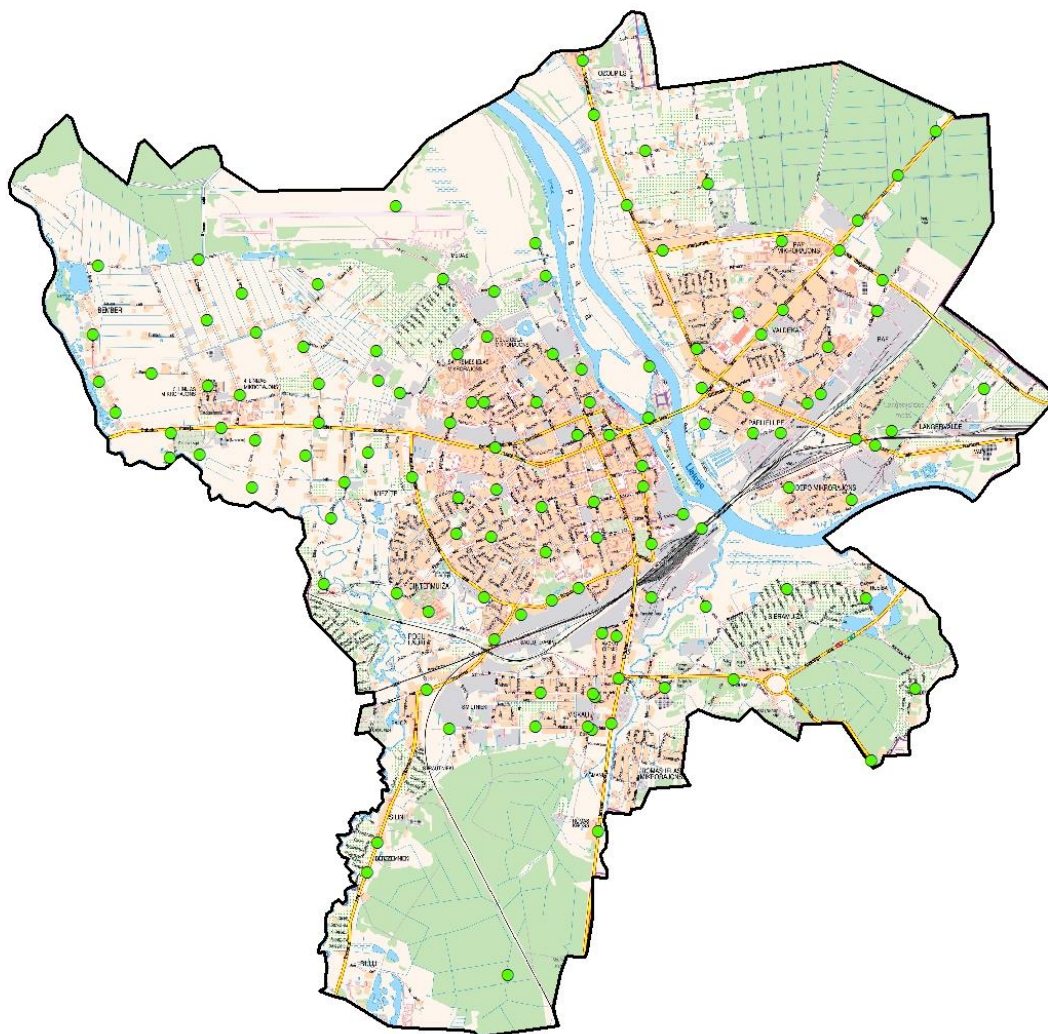
- 1 – suga reta, ar niecīgu segumu,
- 2 – suga reti vai ar 1-5% segumu,
- 3 – suga ne bieži vai ar 5-10% segumu,
- 4 – suga bieži vai ar 10-20% segumu,
- 5 – suga ļoti bieži ar segumu, kas lielāks par 20%.

Pētījumā izvēlēti 1250 lapu koki, pēc iespējas – ar līdzīgu vecumu, vainagu formu un ekspozīciju, kā arī līdzīgu augšanas vietu – galvenokārt ielu un ceļu malā. Pētījumā iekļauti dažādu sugu lapu koki: liepas *Tilia spp.*, vītoli *Salix spp.*, parastie ozoli *Quercus robur*, parastās kļavas *Acer platanoides*, ošlapu kļavas *Acer negundo*, parastās zirgkastaņas *Aesculus hippocastanum*, āra bērzi *Betula pendula*, parastās gobas *Ulmus glabra*, parastās vīksnas *Ulmus laevis*, pīlādži *Sorbus spp.*, baltalkšņi *Alnus incana*, melnalkšņi *Alnus glutinosa*, plūmes *Prunus spp.*, bumbieres *Pyrus spp.* un ābeles *Malus spp.*(1.tabula).

1. tabula

Ķērpju floras sastāvs un daudzums 125 uzskaites punktos pilsētas teritorijā

1. parauglaukums	Paraugkoka nr.	Ķērpju sugas		Ķērpju sugas nosaukumi																															
		Paraugkoka suga	Ķērpju suga	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Candelariella xanthostigma</i>	<i>Physcia tenella</i>	<i>Physcia adscendens</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Physconia enteroxantha</i>	<i>Lecanora chlorotera</i>	<i>Buellia punctata</i>	<i>Melanelia glabrata</i>	<i>Lepraria incana</i>	<i>Ramalina fastigiata</i>	<i>Physcia aipolia</i>	<i>Evernia prunastri</i>	<i>Physcia distorta</i>	<i>Ramalina fraxinea</i>	<i>Ramalina farinacea</i>	<i>Anaptychia ciliaris</i>	<i>Lecanora conizaeoides</i>	<i>Pertusaria amara</i>	<i>Pleurosticta acetabulum</i>	<i>Cladonia macilenta</i>	<i>Lecanora dispersa</i>	<i>Parmeliopsis ambigu</i>	<i>Xanthoria candelaris</i>	<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Usnea subfloridana</i>	<i>Pseudoevernina furfuracea</i>				
1	Vīt		30		28	7	15																												
2	Oz							95																											
3	Oz		3		6		85																												
4	Oz		96													1																			
5	Oz						85								4	5																			
6	Oz						98																												
7	Oz						75																												
8	L		45		18		16				5																								
9	K						82																												
10	K		18				74																												



3. ATTĒLS PAR AUGLAUKUMU IZVIETOJUMS ŠAJĀ 2016. GADA PĒTĪJUMĀ

Atkarībā no I.A.P. vērtībām parauglaukumos izveidota Jelgavas pilsētas gaisa piesārņojuma zonu karte:

1. I Augsta piesārņojuma zona ar stipri ierobežotu ķērpju apdzīvotību

**I.A.P.= 0,1 – 110**

2. II Vidēja piesārņojuma zona ar ierobežotu ķērpju apdzīvotību

**I.A.P.= 111 – 200**

3. III Zema piesārņojuma zona, bagāta ar ķērpjiem

**I.A.P. > 200**

## Lihenoindikācijas rezultāti

Kopumā Jelgavas pilsētā parauglaukumos konstatētas 28 epifītu – ķērpju sugas (2. tabula).

2. tabula

Jelgavas pilsētā konstatēto ķērpju saraksts (2016. gadā)

Nr.	Ķērpju sugas latīņu nosaukums	Piesārņojuma rādītājs*	Aizsardzības statuss **
1.	<i>Anaptychia ciliaris</i>	Maznozīmīga piesārņojuma ķērpis	
2.	<i>Buellia punctata</i>	Piesārņotas vides ķērpis	
3.	<i>Candelariella xanthostigma</i>	Nav datu	
4.	<i>Cladonia macilenta</i>	Piesārņotas vides ķērpis	
5.	<i>Lecanora conizaeoides</i>	Piesārņotas vides ķērpis	
6.	<i>Hypogymnia physodes</i>	Mērena piesārņojuma ķērpis	
7.	<i>Lecanora chlarotera</i>	Mērena piesārņojuma ķērpis	
8.	<i>Lecanora dispersa</i>	Piesārņotas vides ķērpis	
9.	<i>Lepraria incana</i>	Piesārņotas vides ķērpis	
10.	<i>Evernia prunastri</i>	Mērena piesārņojuma ķērpis	
11.	<i>Melanelia glabratula</i>	Mērena piesārņojuma ķērpis	
12.	<i>Parmelia sulcata</i>	Mērena piesārņojuma ķērpis	
13.	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Mērena piesārņojuma ķērpis	
14.	<i>Pertusaria amara</i>	Vidēja un zema gaisa piesārņojuma ķērpis	
15.	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Maznozīmīga piesārņojuma ķērpis	
16.	<i>Physcia adscendens</i>	Mērena piesārņojuma ķērpis	
17.	<i>Physcia aipolia</i>	Maznozīmīga piesārņojuma ķērpis	
18.	<i>Physcia distorta</i>	Maznozīmīga piesārņojuma ķērpis	
19.	<i>Physcia tenella</i>	Mērena piesārņojuma ķērpis	
20.	<i>Physconia enteroxantha</i>	Maznozīmīga piesārņojuma ķērpis	
21.	<i>Pleurosticta acetabulum (Parmelia acetabulum)</i>	Maznozīmīga piesārņojuma ķērpis	Īpaši aizsargājama suga
22.	<i>Pseudoevernia furfuracea</i>	Maznozīmīga piesārņojuma ķērpis	
23.	<i>Ramalina farinacea</i>	Mērena piesārņojuma ķērpis	
24.	<i>Ramalina fastigiata</i>	Tīra gaisa ķērpis	
25.	<i>Ramalina fraxinea</i>	Tīra gaisa ķērpis	
26.	<i>Usnea subfloridana</i>	Tīra gaisa ķērpis	
27.	<i>Xanthoria candelaria</i>	Nav datu	
28.	<i>Xanthoria parietina</i>	Piesārņotas vides ķērpis	

\*<http://latvijas.daba.lv/scripts/atteli/albums.cgi?d=augi&k=Kerpi/&t=1>

[latvijas.daba.lv/augi\\_senes/kjerpi/](http://latvijas.daba.lv/augi_senes/kjerpi/)

\*\* Ministru kabineta noteikumi Nr.396 (14.11.2000.) Noteikumi par īpaši aizsargājamo sugu un ierobežoti izmantojamo īpaši aizsargājamo sugu sarakstu

Pamatojoties uz ķērpju daudzveidību jeb sugu skaitu katrā parauglaukumā, izdala ķērpju izplatības zonas (Skatīt 4. attēlu un 3.tabulu). Jelgavā 2016. gadā izdalītas trīs ķērpju izplatības zonas:

1. Iekšējās cīņas zona (parauglaukumā sastopams mazāk par 4 ķērpju sugām),
2. Ārējā cīņas zona (parauglaukumā sastopamas 5 – 10 ķērpju sugas),
3. Normālā zona (parauglaukumā sastopamas 11 un vairāk ķērpju sugas).

3. tabula

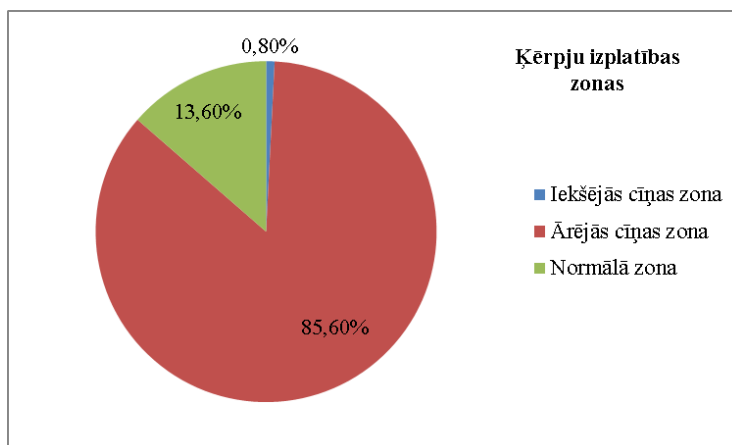
Ķērpju izplatības zonas

PL Nr.	Sugu skaits	PL Nr.	Sugu skaits	PL Nr.	Sugu skaits	PL Nr.	Sugu skaits	PL Nr.	Sugu skaits
1	7	26	4	51	7	76	10	101	8
2	8	27	10	52	7	77	10	102	9
3	5	28	9	53	9	78	8	103	12
4	9	29	10	54	8	79	5	104	8
5	8	30	8	55	10	80	3	105	11
6	7	31	10	56	9	81	7	106	12
7	5	32	9	57	8	82	8	107	8
8	8	33	8	58	9	83	8	108	7
9	6	34	9	59	9	84	9	109	9
10	6	35	11	60	11	85	9	110	8
11	8	36	9	61	9	86	11	111	8
12	7	37	8	62	10	87	8	112	10
13	8	38	8	63	9	88	12	113	10
14	12	39	9	64	12	89	10	114	9
15	6	40	11	65	10	90	8	115	9
16	9	41	7	66	11	91	9	116	8
17	8	42	6	67	9	92	11	117	8
18	7	43	7	68	8	93	7	118	6
19	6	44	7	69	8	94	9	119	7
20	11	45	7	70	10	95	6	120	8
21	8	46	10	71	5	96	8	121	8
22	7	47	8	72	7	97	9	122	12
23	11	48	8	73	6	98	12	123	9
24	9	49	10	74	9	99	6	124	13
25	9	50	10	75	6	100	9	125	6



4. ATTĒLS KĒRPJU IZPLATĪBAS ZONAS (APZĪMĒJUMI: (SARKANS - IEKŠĒJĀS CĪŅAS ZONA; DZELTENS - ĀRĒJĀS CĪŅAS ZONA; ZAĻŠ - NORMĀLĀ ZONA)

Jelgavas pilsētas teritorijā iekšējās cīņas zona sastopama tikai vienā parauglaukumā (0,8 %) pie Langervaldes meža. Ārējās cīņas zona aizņem lielāko pilsētas daļu (85,6 % no pilsētas teritorijas), bet normālā zona – 13,6 % no pilsētas (5. attēls).



5. ATTĒLS KĒRPJU IZPLATĪBAS ZONU ĪPATSVARŠ JELGAVAS PILSĒTĀ



## GAISA PIESĀRŅOTĀJI JELGAVAS PILSĒTAS TERITORIJĀ

### Gaisa piesārņojuma raksturojums

Gaisa piesārņojums ir viena no visaktuālākajām vides problēmām visā pasaulē, jo pieaugoša satiksmes intensitāte un enerģijas patēriņš rada aizvien pieaugošu gaisu piesārņojošu vielu emisiju daudzumu. Īpaši svarīgi ir savlaicīgi identificēt ar gaisa piesārņojumu saistītos riskus, lai nepieciešamības gadījumā varētu pielietot atbilstošas vides pārvaldības procedūras šo risku novēršanai.

**Dabiskais gaisa piesārņojums** vidē rodas dažādos dabiskos procesos, piemēram, vulkānu izvirdumos, mežu ugunsgrēkos, smilšu vētrās u.c., kuru laikā atmosfērā nonāk putekļu daļiņas un tādi gāzveida piesārņotāji (piemēram, sēra dioksīds), tomēr tā ietekme uz ekosistēmu, kā arī uz cilvēkiem un citiem organismiem ir minimāla. **Antropogēnais jeb cilvēka radītais piesārņojums** vidē ir sastopams lielos daudzumos, turklāt tā emisijas ir regulāras, kā rezultātā antropogēnā gaisa piesārņojuma ietekme uz dzīvajiem organismiem ir daudz lielāka.

Atkarībā no izcelsmes veida, gaisa piesārņojumu iedala primārajā un sekundārajā (Agarwal, 2009; Maczulak, 2010; Robert et al., 2013). Primārais piesārņojums vidē parasti nokļūst tiešu emisiju rezultātā – pelni no vulkānu izvirdumiem, autotransporta izplūdes gāzes u.c. Sekundārais piesārņojums atšķirībā no primārā vidē nenonāk tiešā veidā – tas pārsvarā rodas atmosfērā, primāro piesārņotāju reakciju rezultātā. Daži piesārņotāji vienlaicīgi var būt gan primārie, gan sekundārie (Stern, 2014; Borrego & Brebbia, 2007; Krzyżanowski et al., 2005; Livingston 2006), piemēram, slāpekļa oksīds atmosfērā var nonākt tiešu emisiju rezultātā, augstas temperatūras sadegšanas procesos vai arī fotoķīmiskās reakcijas ceļā NO<sub>2</sub> sadalīšanās rezultātā.

### Nozīmīgākie gaisa primārie piesārņotāji

Nozīmīgākie gaisa primārie piesārņotāji ir:

- Sēra dioksīds (SO<sub>2</sub>) – rodas gan dabiskos (vulkānu izvirdumi), gan antropogēnos procesos – sadegot sēru saturošam kurināmajam (degvielai, oglēm). Parasti tādu katalizatoru kā NO<sub>x</sub> klātbūtnē SO<sub>2</sub> rada sērskābi – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> un tā, savukārt, izraisa skābos nokrišņus (Watt, 2009; Maczulak, 2010; Stern, 2014).
- Slāpekļa oksīdi (NO<sub>x</sub>) – rodas augstas temperatūras sadegšanas procesos. Tā kā slāpekļa monoksīds NO ātri oksidējas par NO<sub>2</sub>, tāpēc vairumā gadījumu šis nosaukums ir attiecināms tieši uz

NO<sub>2</sub>. Neliels slāpekļa oksīdu daudzums rodas arī dabas procesos – negaisos, elektriskās izlādes laikā, tomēr nozīmīgākais NO<sub>x</sub> avots ir autotransports (Borrego & Brebbia, 2007; Vallero, 2014).

Satiksmes radīta gaisa piesārņojuma būtiska īpatnība ir tā lielās atšķirības pat mazos attālumos – gaisa kvalitāte var atšķirties gan atsevišķu rajonu, gan ielu līmenī. Cēlonis šādām variācijām pārsvarā ir satiksmes intensitātes atšķirības dažādās ielās un to posmos un tādas pilsētvides struktūras kā “ielu kanjoni” – vietas, kur ielu no abām pusēm norobežo augstas ēkas, radot kanjonam līdzīgu vidi (Nicholson, 1975).

“Ielu kanjonus” iespējams klasificēt atkarībā no to malu attiecības garumā (L), platumā (W) un augstumā (H). **Izmantojot tikai H/W attiecību**, ielu kanjoni iedalās (Visscher, 2013):

- Vienmērīgs –  $H/W \sim 1$  un kanjona malās nav būtisku atvērumu, piemēram atsevišķas zemas ēkas vai neapbūvēti zemesgabali,
- Avēnijas veida –  $H/W \sim 0.5$ ,
- Dziļš kanjons –  $H/W \geq 2$ .

**Izmantojot tikai L/H attiecību**, iedalījums ir sekojošs (Visscher, 2013):

- Īss –  $L/H \sim 3$ ,
- Vidējs –  $L/H \sim 5$ ,
- Garš –  $L/H \sim 7$ .

“Ielu kanjonu” ģeometrijai ir būtiska loma gaisa piesārņojuma izkliedē – tā nosaka ātrumu, ar kādu notiek gaisa masu apmaiņa starp ielu vidi un pārējo atmosfēru virs ēku jumtiem. Turklāt to ģeometrija būtiski ietekmē konkrētās vietas mikroklimatu – ir zināms, ka klimatiskie apstākļi pilsētvidē ievērojami atšķiras no sinoptiskajiem (Hunter et al., 1992; Visscher, 2013). Visvairāk tiek ietekmētas vēja plūsmas – plaši avēnijas veida “kanjoni” rada minimālu ietekmi uz gaisa masu kustību, savukārt gari un dziļi “kanjoni” rada tuneļa efektu – strauju vēja ātruma palielināšanos utt. Tā kā vējš ir viens no galvenajiem piesārņojuma izkliedi ietekmējošiem faktoriem, šādā veidā pilsētvidē būtiski izmainās gaisa piesārņojuma izplatīšanās – tā kļūst neregulārāka un grūtāk prognozējama (Hunter et al., 1992; Visscher, 2013).

- Oglekļa monoksīds (CO) – ir bezkrāsaina gāze bez smaržas, kas ir ļoti toksiska. Tā rodas nepilnīga kurināmā (degviela, gāze, ogles, malka) sadegšanas procesos. Lielākais CO avots ir autotransports (Gillespie, 2005; Krzyżanowski et al., 2005).
- Oglekļa dioksīds (CO<sub>2</sub>) – ir bez smaržas un nav arī toksisks (Flagan, 2012; Vallero, 2014). Pie gaisa piesārņotājiem CO<sub>2</sub> tas iekļauts, jo izraisa siltumnīcas efektu (Harrison, 2001; Flagan, 2012).

- Gaistošie organiskie savienojumi VOC (savienojumi, kas satur metānu NH<sub>4</sub> vai nesatur metānu – NMVOC (Koppmann, 2007; Stern, 2014). Metāns un to saturošie VOC veicina siltumnīcas efektu un līdz ar to arī globālās sasilšanas. Savukārt NMVOC grupa ietver daudzus kancerogēni savienojumus, no kuriem biežāk sastopamie ir benzols, toluols un ksilols (Bloemen, 1993; Wang, 1996; Koppmann, 2007). Turklāt VOC bieži izraisa nepatīkamas smakas, piemēram, VOC kopā ar H<sub>2</sub>S nosaka kanalizācijas cauruļu smaku.

Sekundārie piesārņotāji rodas apkārtējā vidē, savstarpēji reaģējot dažādām vielām. Nozīmīgākie šīs grupas piesārņotāji ir ozons un cietās daļiņas.

- Ozons (O<sub>3</sub>) – dabiskā veidā atrodas stratosfērā, veidojot ozona slāni (stratosfēras ozons), un, aizturot lielāko daļu Saules ultravioletā starojuma, nodrošina dzīvību uz Zemes. Par piesārņotāju tiek uzskatīts piezemes (troposfēras) ozons, kas rodas antropogēnos procesos (Leighton, 1971; Vallero, 2014). Ozons rodas saules gaismas ietekmē, reaģējot NO<sub>x</sub> un VOC (Vallero, 2014), līdz ar to, lielākais ozona piesārņojums ir vietās, kur šie abi piesārņotāji veido lielākas koncentrācijas - intensīvas satiksmes zonās.

- Putekļu daļiņas PM – veido cieto un šķidro daļiņu suspensiju gaisā (McMurry, 2004; Zereini, 2010). Tām var būt arī dabiska izcelsme (vulkānu izvirdumos, putekļu vētrās, mežu ugunsgrēkos u.c.) Antropogēnie putekļu daļiņu avoti ir autotransports (degvielas sadegšana) un dažādi industriālie procesi, tajā skaitā enerģijas ieguve. Putekļu daļiņu ietekmi uz veselību raksturo to izmērs – PM<sub>10</sub> (<10µm) un PM<sub>2.5</sub> (<2.5µm), jo savu mazo izmēru dēļ spēj iekļūt dziļi elpošanas sistēmā (Cassee et al. 2011). Galvenie putekļu daļiņu sastāvu veidojošie ķīmiskie komponenti ir sulfāti, nitrāti, amonijijs u.c., kā arī neorganiskie joni – nātrijs, kālijs, kalcijs, magnijs, hlorīdi, organiskais un elementārais ogleklis, kristāliskie materiāli, ar daļiņām saistītais ūdens, metāli (t.sk. kadmijijs, varš, niķelis, vanādijs, cinks), policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži. Turklāt putekļu daļiņu sastāvā var ietilpt arī alergēni un baktērijas (Krzyżanowski et al., 2005; Livingston 2006; Vallero, 2014).

Pilsētu gaisa piesārņojuma izcelsme var būt dažāda – pie tiem pieder visi gaisa piesārņojuma avoti pilsētvidē, turklāt papildus piesārņojumu rada arī aerosolu izmantošana, augsts iedzīvotāju blīvums un nepareiza atkritumu apsaimniekošana (Flagan, 2012; Vallero, 2014).

## Gaisa piesārņojuma ietekme uz pilsētvidi

Gaisa piesārņojums ietekmē vidi un izraisa daudzas nozīmīgas vides problēmas:

- Siltumnīcas efekts, kas izraisa globālo sasilšanu un nevēlamas klimata pārmaiņas, kas rada draudus daudzu ekosistēmu pastāvēšanai (Gillespie, 2005; Matyseek, et al, 2013).

- Smogs, ko veido dažādu gaisa piesārņotāju maisījums miglas vai dūmakas veidā blīvi apdzīvotās vietās. Sākotnēji vārds “smogs” tika attiecināts uz SO<sub>2</sub> un mitra gaisa veidotu maisījumu (mitrais jeb Londonas tipa smogs), ko izraisīja industrializācijas attīstība 19. gs. beigās, kad kā kurināmo izmantoja ogles, kā rezultātā veidojās SO<sub>2</sub> emisijas gaisā. Mūsdienās mitrā smoga vietā ir sastopams fotoķīmiskais – sausais jeb Losandželosas tipa smogs, kā galvenais avots ir intensīva satiksme (Fenger et al., 1998; Vallero, 2014). Šis smoga veids rodas saules gaismas ietekmē, fotoķīmiskā veidā, reaģējot VOC un NO<sub>x</sub>, kā rezultātā veidojas gāzu maisījums, kas pārsvarā sastāv no O<sub>3</sub>, peroksiacetilnitrāta un NO<sub>x</sub> (Leighton, 1971; Vallero, 2014).
- Augsnes un ūdeņu piesārņojums, ko nosaka piesārņojošo vielu nokļūšana augsnē un ūdenī no gaisa (galvenokārt cieto daļiņu veidā, saturot dažādas piesārņojošās vielas, t.sk. smagos metālus) (Sharama, 2007; Girard, 2014), ir saistīta ar gaisa piesārņojuma spēju pārvietoties lielos attālumos. Turklāt ūdeņos papildus ieskalojas arī piesārņojums no augsnes (Sharama, 2007).
- Skābie nokrišņi (SO<sub>2</sub> un NO<sub>x</sub> sajaukšanās ar atmosfēras sastāvā esošiem ūdens tvaikiem, veidojot sērskābes H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> vai slāpekļskābes HNO<sub>3</sub> pilienus) ar nelielu skābju koncentrāciju tiešus draudus cilvēka veselībai nerada (Sharama, 2007; Vallero, 2014), nodara kaitējumu pilsētvides infrastruktūrai, vēsturiskām ēkām, pieminekļiem un augiem (paskābinās augsne), kas, nespējot pielāgoties šādām izmaiņām, ātri iet bojā (Kumar, 2002; Agrios, 2005; Fort et al., 2006; Watt, 2009; Apsimon, et al., 2013). Līdzīgi tiek ietekmēta arī ūdens vide (Sharama, 2007; Girard, 2014).
- Veģetācijas bojājumi, kas rodas, gaisa piesārņojumam tieši ietekmējot augāju (SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>) (Bell & Treshow, 2002; Agrios, 2005; Apsimon, et al., 2013) turklāt ejot bojā veģetācijai, savu dabisko dzīvotni zaudē arī dzīvnieki un mikroorganismi.

## **Gaisa piesārņojuma ietekme uz cilvēku un dzīvniekiem**

Gaisa piesārņojums visvairāk ietekmē elpošanas orgānu sistēmu. Piesārņotāji kopā ar gaisu elpošanas procesā nokļūst plaušās, izraisot to bojājumus, un atkarībā no piesārņojuma veida, caur asinsriti izplatās tālāk organismā, nodarot tam vēl lielāku kaitējumu (Witorsch & Spagnolo, 1994; Holgate, 1999; Gurjar, et al., 2010; Vallero, 2014).

Visvairāk pētītais rādītājs saistībā ar gaisa piesārņojumu ir mirstība (Katsouyanni et al., 1993; Roberts, 2004; Bell et al., 2006; Cheng & Kan, 2012) – daudzi pētījumi pierāda, ka kopējās mirstības palielināšanās ir tieši saistīta ar tādu gaisa piesārņotāju kā O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> un putekļu daļiņu koncentrācijas vienlaicīgu palielināšanos gaisā, tomēr visbiežāk negatīvās sekas rada tieši piesārņotāju vielu mijiedarbība (Krzyżanowski et al., 2005; Agarwal, 2009).

Gaisa piesārņojuma ietekme uz cilvēku orgāniem un to sistēmām:

- Elpošanas orgānu sistēma – gaisa piesārņojums izraisa deguna un rīkles gļotādas karinājumu ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  un atsevišķi smagie metāli – arsēns, niķelis un vanādijs) (Balmes et al., 1987; Kagawa, 1985). Putekļu daļiņas saistās ar alveolu sienām un var arī izspiesties tām cauri (Ghio & Huang, 2004), bet  $\text{O}_3$  bieži ir cēlonis plaušu iekaisumam. Gaisa piesārņotāji palielina arī uzņēmību pret elpceļu infekcijām (Tager et al., 2005). Ilgstoša  $\text{O}_3$  un smago metālu ieelpošana var izraisīt smagus plaušu darbības traucējumus, pat plaušu audzējus (Tager et al., 2005; Kuo et al., 2006; Nawrot et al., 2006).
- Sirds un asinsvadu sistēma – CO saistās ar asinīs esošo hemoglobīnu (vielu, kuras funkcija ir apgādāt organismu ar skābekli), tādējādi organisms pietiekami netiek apgādāts ar skābekli. Visvairāk cieš smadzenes un sirds - orgāni, kuros skābekļa patēriņš ir vislielākais. Gaisa piesārņojums no plaušām var izraisīt asins recēšanas traucējumus, asinsvadu vārstuļu bojājumus un pat miokarda infarktu (Riediker et al., 2004; Vermeylen et al., 2005).
- Gremošanas un izvadorgānu sistēma – dioksīni var izraisīt aknu bojājumus šūnu līmenī, kā arī kuņģa un aknu audzējus (Mandal, 2005), bet smagie metāli vairāk ietekmē nieres (Loghman-Adham, 1997; Damek-Poprawa and Sawicka-Kapusta, 2003; Jarup, 2003).
- Nervu sistēma – nervu sistēmu visvairāk ietekmē smago metālu piesārņojums – svins, dzīvsudrabs, kadmījs u.c. (atmiņas traucējumi, redzes, runas un kustību traucējumi) (Ewan and Pamphlett, 1996; Ratnaik, 2003). Plaši izplatīts un īpaši neirotoksisks smagais metāls ir svins (Pb), kas izraisa bojājumus smadzeņu darbībā (Lasley and Gilbert, 2000; Lasley et al., 2001). Savukārt dioksīni ir saistīti ar nervu sistēmas un garīgās attīstības traucējumiem bērniem (Thomke et al., 1999; Walkowiak et al., 2001).
- Reproductīvā sistēma – gaisa piesārņojums reproductīvo sistēmu ietekmē gan tiešā, gan netiešā ceļā (Kogevinas, 2001; Torf et al., 2004). Tieši mijiedarbojoties tādiem piesārņotājiem kā smagie metāli un gaistošie organiskie savienojumi, samazinās auglība, rodas hromosomu mutācijas, tiek kavēta augļa attīstība un paaugstinās spontāno abortu risks (Veras et al., 2010). Savukārt netiešas ietekmes gadījumā, vispirms cieš endokrīnā sistēma un tiek izjaukts hormonālais līdzsvars, kas tālāk izraisa reproductīvās sistēmas traucējumus (Torf et al., 2004).

## Gaisa piesārņojuma ietekme uz augiem

Augi ir jutīgi pret lielāko daļu piesārņotāju –  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$  u.c., tikai šo vielu iedarbības ceļi ir atšķirīgi no tā, kā tās pašas vielas iedarbojas un cilvēkiem un dzīvniekiem:

- $\text{SO}_2$  – ir viens no galvenajiem skābo nokrišņu izraisītājiem, kas, reaģējot ar gaisā esošajiem ūdens pilieniem, veido sērskābi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , kas izraisa dažādas pakāpes bojājumus augu lapām, kas izpaužas kā zaļās krāsas zudums: no gaišākiem līdz brūniem un melniem plankumiem (atmirušām lapas daļām) (Kumar, 2002; Agrios, 2005).  $\text{SO}_2$  augos parasti nokļūst caur atvārsnītēm un rada fotosintēzes procesa traucējumus.  $\text{SO}_2$  mijiedarbojas arī ar daudziem bioķīmiskajiem procesiem – kavē aminoskābju metabolismu un mazina dažādu aminoskābju un fermentu sintēzi (Kozioł, 2013; Roy & Basu, 2006). Dažādu augu sugu jutība pret  $\text{SO}_2$  ir atšķirīga – dažas sugas ir jutīgākas nekā citas, un pat relatīvi zemas  $\text{SO}_2$  koncentrācijas izraisa tām ievērojamus bojājumus. Bet ir sugas, kas reaģē tikai uz paaugstinātu  $\text{SO}_2$  daudzumu gaisā. Visvairāk pēfīta ir kultūraugu jutība – tā, piemēram, ir zināms, ka āboliņi un tabaka ir jutīgi pret  $\text{SO}_2$ , bet kukurūza, selerijas un kartupeļi ir relatīvi izturīgi (Omasa et al., 2002).
- $\text{NO}_x$  – ir skābo nokrišņu izraisītājs, kas reakcijā ar ūdeni veido  $\text{HNO}_3$  – skābi, kas rada augu lapām līdzīgus bojājumus kā sērskābe (Kumar, 2002; Agrios, 2005). Slāpekļa oksīdi pārsvarā ietekmē fotosintēzes procesu, radot bojājumus zaļajās plastīdās - hloroplastos (Mudd & Kozłowski, 1975).  $\text{NO}_x$  izraisa kristaloīdu rašanos hloroplastu stromā, tādējādi radot neatgriezeniskus bojājumus un samazinot fotosintēzes procesa efektivitāti, kas būtiski ietekmē auga spējas apgādāt sevi ar organiskajām vielām (Durner, 2013).
- $\text{CO}$  – ietekmē augus tikai ļoti lielās koncentrācijās. Koncentrācijas, kas ir mazākas par 75 mg m<sup>-3</sup> neizraisa nekādus bojājumus pat ilgstošā iedarbībā (Agrios, 2005).
- Putekļu daļiņas (PM) – pārsvarā augiem būtisku kaitējumu nerada (Lepp, 1981; Emberson et al., 2003). Tomēr putekļu daļiņu sastāvā var atrasties dažādi piesārņotāji piemēram, smagie metāli, pret kuriem augi ir jutīgi (Lepp, 1981; Emberson et al., 2003). Putekļu uzkrāšanās uz lapu virsmas var kavēt gāzmaiņas procesu (lapas elpošanu), bet tos parasti no lapām noskalo atmosfēras nokrišņi un līdz ar to negatīvā iedarbība ir īslaicīga. Tomēr ir zināms, ka cementa putekļu uzkrāšanās uz lapu virsmas var radīt bojājumus augam, kavējot tā elpošanas procesu, it sevišķi mitruma ietekmē salīpot un veidojot gaisu necaurlaidīgu slāni (Kumar, 2002; Agrios, 2005).
- $\text{O}_3$  – augos nokļūst elpošanas procesā pa lapas atvārsnītēm. Kā spēcīgs oksidētājs  $\text{O}_3$  izraisa audu atmiršanu visā lapā vai atsevišķās tās daļās (Omasa et al., 2002; Roshchina et al., 2003).  $\text{O}_3$  nodarīto kaitējumu pastiprina tādu piesārņotāju kā  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  un smago metālu klātbūtne apkārtējā gaisā, ar kuriem tas veido sarežģītus mijiedarbības procesus (Agrios, 2005). Raksturīgākie simptomi augiem ir lapu dzeltēšana un plankumu veidošanās uz to virsmas. Bioķīmiskā līmenī  $\text{O}_3$  izraisa augu dzīvības procesos neaizstājamu organisko vielu – celulozes un ATF (universāls enerģijas avots - neizstājams komponents dzīvības procesu uzturēšanai) sintēzes traucējumus (Kumar, 2002; Agrios, 2005).  $\text{O}_3$  iedarbību ietekmē meteoroloģiskie apstākļi: pastiprina augsts gaisa mitrums, bet samazina sauss gaiss un zema gaisa temperatūra (Elampari et al., 2013).

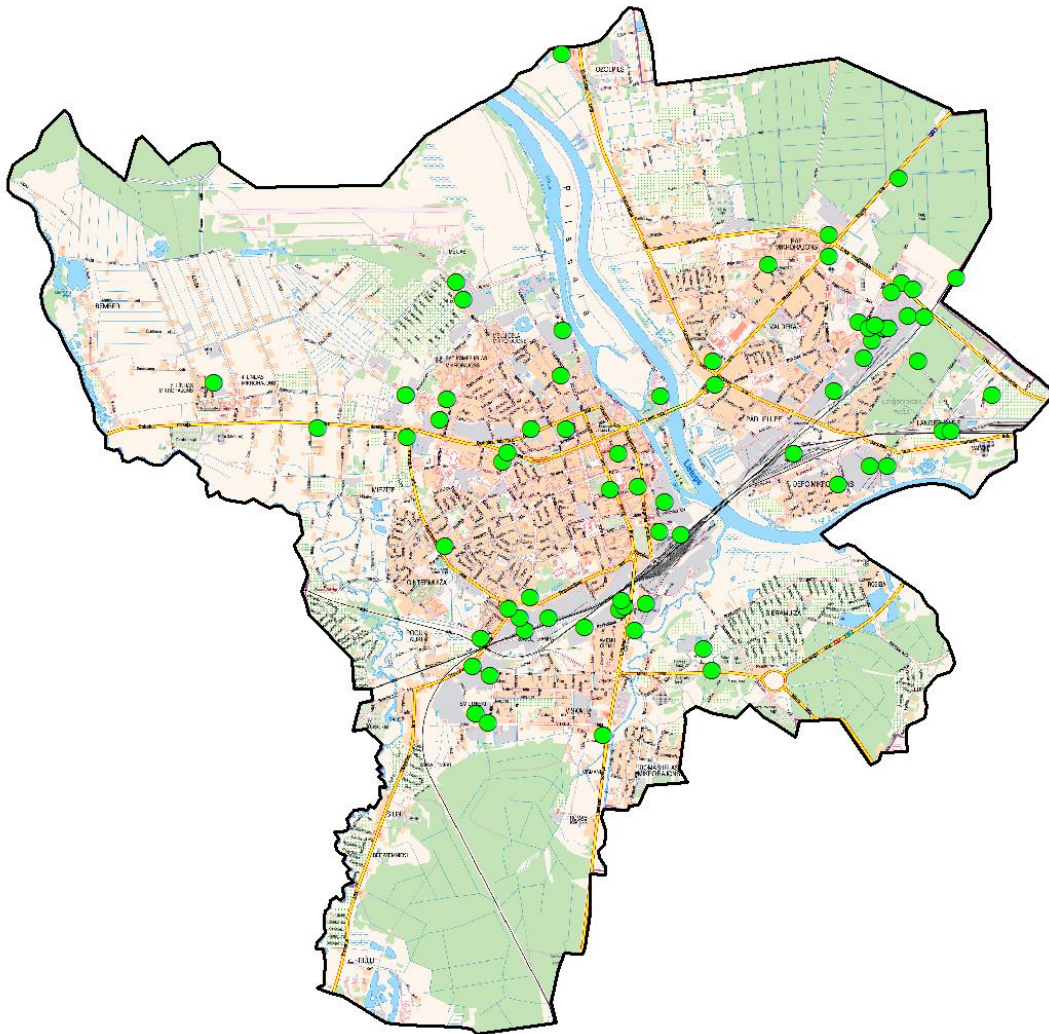
- Sūnas ir īpaši jutīgas pret smagajiem metāliem, kurus tās uzņem no putekļu daļiņām (Breuer & Melzer, 1990; Tyler, 1990). Šāda jutība izskaidrojama ar sūnu morfoloģiju – to virsmu veido “zariem” līdzīgi veidojumi, kas palielina virsmas laukumu un līdz ar to sekmē jonu apmaiņas procesu. Sūnas arī spēj absorbēt lielu daudzumu ūdens, kurā esošie smago metālu joni var saistīties ar sūnapvalka sienām (Knight et al., 1961; Clymo, 1963; Ruhling & Tayler, 1970).
- Gaisa piesārņojuma ietekme uz zemākajiem augiem un mikroorganismiem ir atšķirīga. Pret piesārņojumu mazjutīgas ir dažādu sugu aļģes un mikroorganismi, piemēram, pilsētvidē plaši izplatītā aerofītiskā zaļā aļģe *Pleurococcus vulgaris*, kas spēj izdzīvot pat stipri piesārņotās vietās. Atsevišķi mikroorganismi ir pat spējīgi pārstrādāt gaisu piesārņojošās vielas, piemēram, dažu sugu baktērijas, kas mīt uz augu saknēm un lapām, spēj uzņemt un pārstrādāt sēra un slāpekļa savienojumus (Khiyami, 2008).
- Saistībā ar gaisa piesārņojumu īpaša dzīvo organismu grupa ir ķērpji – simbiotiski organismi, kas sastāv no aļģes (nodrošina fotosintēzi) un sēnes (micēlija jeb sēņotnes hifas nodrošina ūdens un tajā izšķīdušo neorganisko vielu uzsūkšanu). Tie spēj izdzīvot dažādos vides apstākļos, bet tajā pašā laikā ir ļoti jutīgi pret gaisa piesārņojumu: tas izskaidrojams ar to, ka ķērpji ūdeni galvenokārt saņem tikai no atmosfēras nokrišņiem, turklāt to vielu maiņa notiek caur visu ķērpja virsmu. Plašā izplatība dažādās dzīvotnēs un jutība ķērpjus padara par piemērotiem indikatororganismiem, pēc kuru izplatības un vitalitātes var spriest par kopējo gaisa kvalitāti un tās izmaiņām (Nimis et al., 2002).

## Gaisa piesārņotāju atlasē metodika

Jelgavas pilsētā gaisa piesārņojumu veido vairāki piesārņotāji, kuri savstarpēji veido kumulatīvo piesārņojumu, kas atstāj negatīvi ietekmi uz pilsētas vides kvalitāti kopumā.

### Punktveida piesārņojuma avoti

Punktveida piesārņojuma avoti tika izdalīti pamatojoties uz Valsts Vides dienestā pieejamo informāciju. Piesārņotāju karti skatīt attēlā Nr. 6. attēlā ir redzams, ka punktveida piesārņojuma avoti ir izvietoti pilsētas blīvi apdzīvotajās teritorijās.



6. ATTĒLS PUNKTVEIDA PIESĀRŅOTĀJUMA AVOTU IZPLATĪBA JELGAVĀ



## Difūzā piesārņojuma avoti

Difūzā piesārņojuma avoti ir maģistrālās ielas un individuālās apbūves teritorijas, kas apkurei izmanto dažāda veida kurināmo. Difūzā piesārņojuma avoti tiks izmantoti ArcGis karšu izgatavošanai noslēdzošajā pētījuma posmā.

## Gaisa piesārņotāji Jelgavas teritorijā

Punktveida piesārņotāju analīzei tika izdalīti piecas galvenās piesārņojošās vielas: Sēra dioksīds ( $\text{SO}_2$ ), Slāpekļa oksīdi ( $\text{NO}_x$ ), Oglekļa monoksīds (CO), Oglekļa dioksīds ( $\text{CO}_2$ ), Gaistošie organiskie savienojumi.

Sēra dioksīds ( $\text{SO}_2$ ) emisijas avoti ir attēloti 7.attēlā.



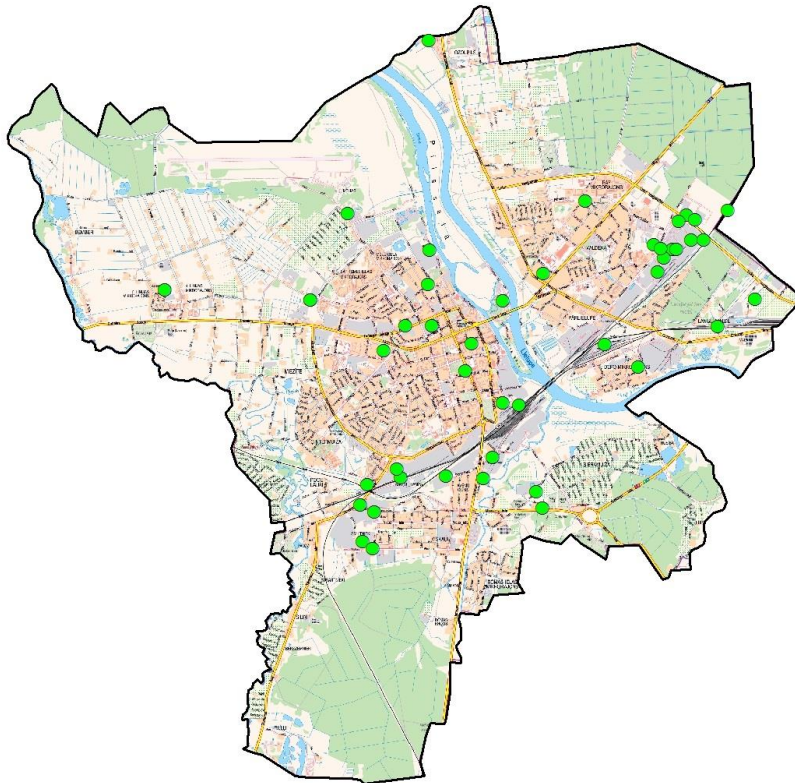
7. ATTĒLS SĒRA DIOKSĪDA PUNKTVEIDA PIESĀRŅOJUMA AVOTI

Slāpekļa oksīdu ( $\text{NO}_x$ ) punktveida piesārņojuma avoti ir attēloti 8. attēlā.



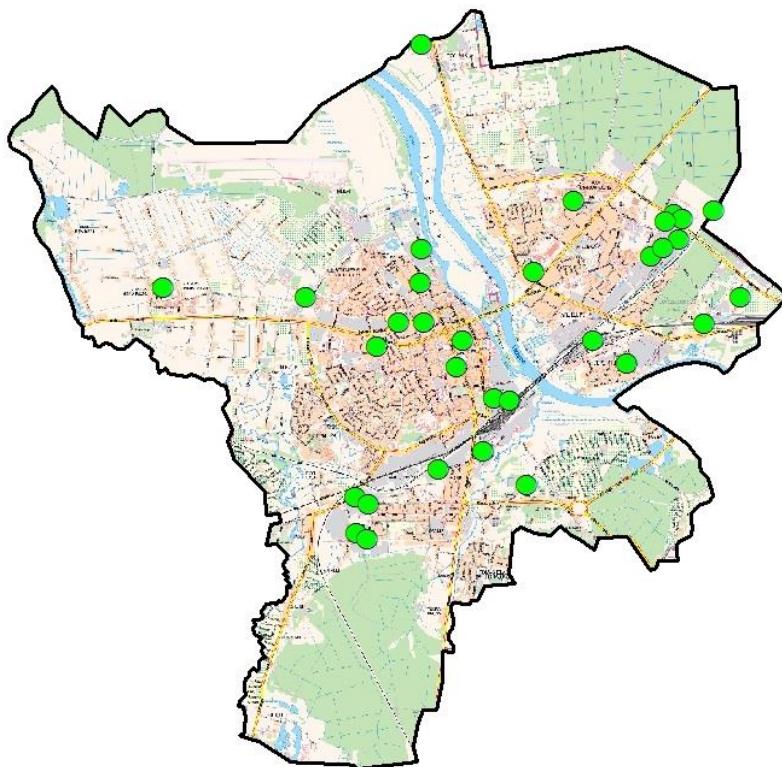
8. ATTĒLS SLĀPEKĻA OKSĪDU PUNKTVEIDA PIESĀRŅOJUMA AVOTI

Oglekļa monoksīda ( $\text{CO}$ ) punktveida piesārņojuma avoti ir attēloti 9. attēlā.



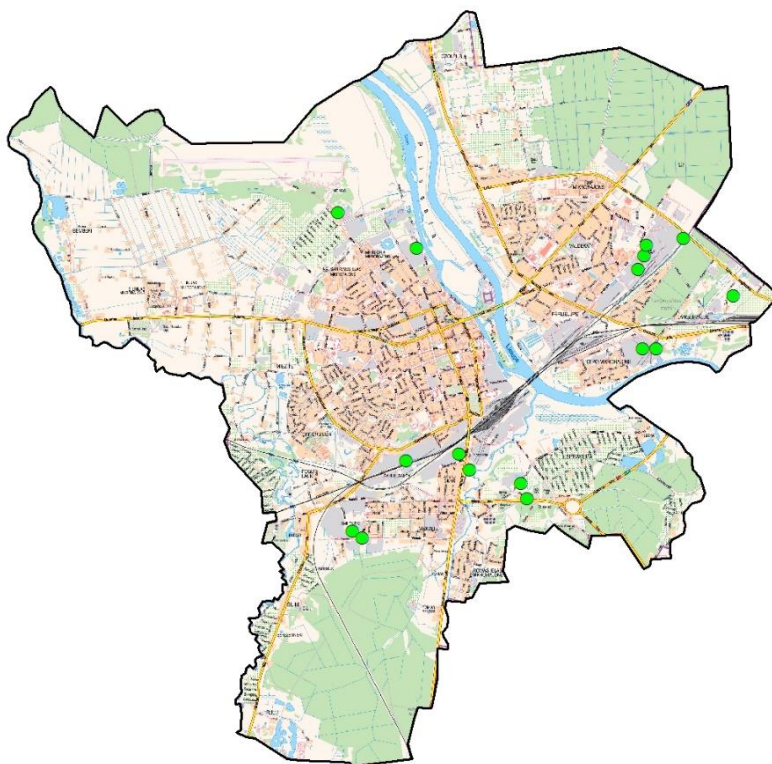
9. ATTĒLS OGLEKĻA MONOOKSĪDA PUNKTVEIDA PIESĀRŅOJUMA AVOTI

Oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) punktveida piesārņojuma avoti ir attēloti 10. attēlā.



**10. ATTĒLS OGLEKĻA DIOKSĪDA PUNKTVEIDA PIESĀRŅOJUMA AVOTI**

Gaistošo organisko savienojumu punktveida piesārņojuma avoti ir attēloti 11. attēlā.



**11. ATTĒLS GAISTOŠO ORGANISKO SAVIENOJUMU PUNKTVEIDA PIESĀRŅOJUMA AVOTI**

## ĶĒRPJU TRANSPLANTĀCIJA

Transplantācijas metode – ķērpju paraugu ievākšana vietā ar tīru gaisu un to pārstādīšana (transplantēšana) novērtējamā teritorijā, lai vēlāk novērtētu piesārņojuma ietekmi uz ķērpjiem.

Ķērpju transplantācijas metodi veiksmīgi izmanto visā pasaulē jau no pašiem lihenoidikācijas pirmsākumiem, kas liecina par šīs metodes precizitāti (Nimis et al., 2002). Ķērpju suga *Hypogimnia physodes* uz pētījuma vietu tiek pārnesta ar nelielu substrāta fragmentu, tādējādi ķērpja laponis netiek mehāniski bojāts, turklāt tiek nodrošināts arī dabiskais substrāta pH līmenis u.c. ķīmiskie faktori, ja konkrētā suga pret tiem ir jutīga (Nimis et al., 2002).

Lai noteiktu pašreizējo piesārņojumu, 20 vietās Jelgavā (4. tabula un 3. attēls) 1. jūlijā (atkārtojot 1996. un 2006. gada eksperimentu) izvietoti zariņi ar lapu ķērpī *Hypogimnia physodes* (ievākts ārpus Jelgavas pilsētas teritorijas mežā no kokiem, kas aug meža ceļu vai stigu malās) un uzsākts to monitorings: katra mēneša 1.datumā notiek ķērpju vitalitātes pārbaude un novērtējums.

4. tabula

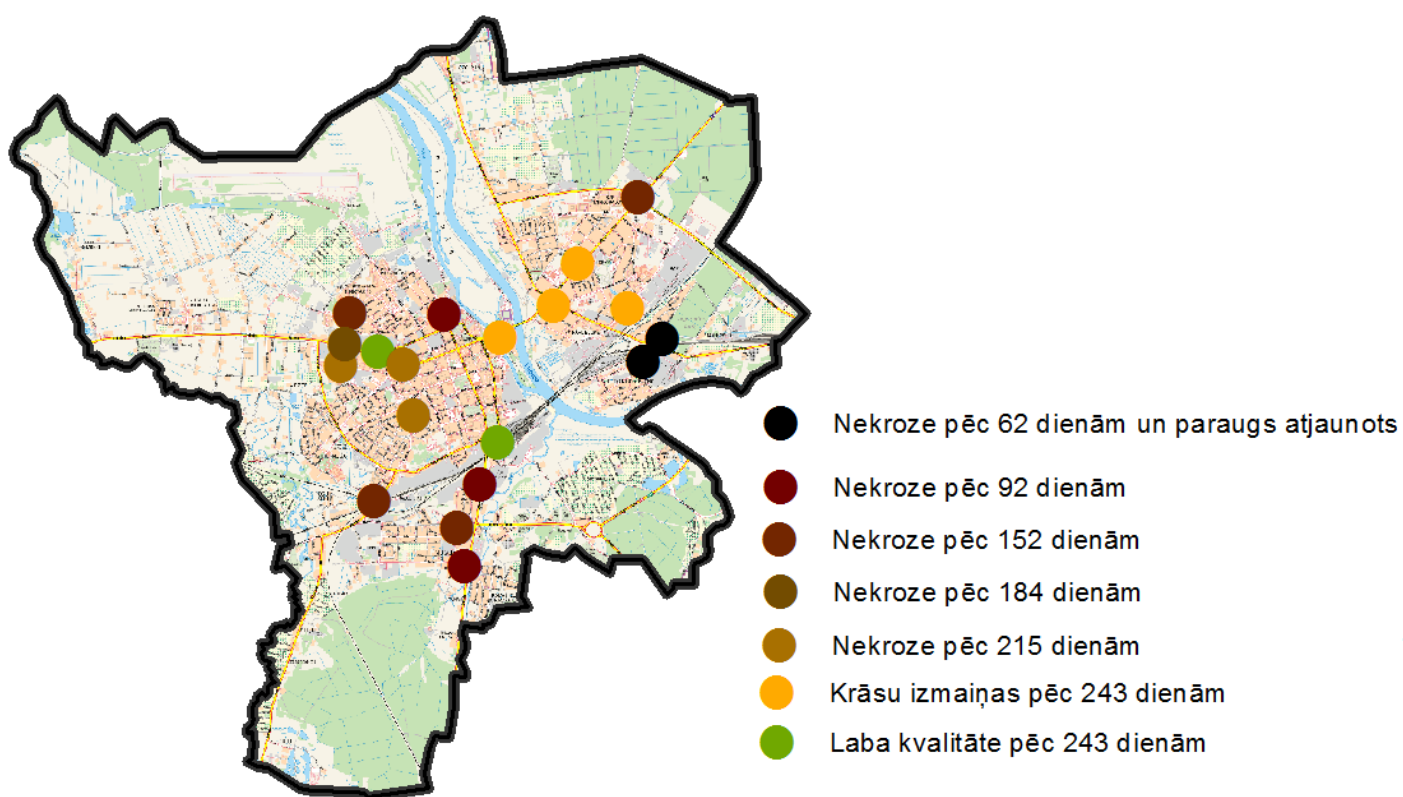
### *Pašreizējā piesārņojuma monitoringa vietas Jelgavā 2016. gadā*

Nr.	Monitoringa vieta
1	Viskaļu iela/ Lāču iela
2	Lietuvas šoseja/ Platones iela
3	Lietuvas šoseja/ Savienības iela
4	Dzelzsceļa stacija
5	Tērvetes ielas pārbrauktuve
6	Rūpniecības iela / Tērvetes iela (Astarte)
7	Tērvetes iela/ Pavasara iela
8	Lielās iela/ Ozola skvērs
9	Lielā iela/ Dobeles iela (veikals MEGO)
10	Aspazijas iela/ Asteru iela (5.vsk.)
11	Dobeles šoseja/ Satiksmes iela
12	Satiksmes iela/ Ganību iela (Statoil)
13	Ausekļa iela/ Blaumaņa iela
14	Lielā iela/ Driksas tilts
15	Rīgas iela/ Brīvības bulvāris (Statoil)
16	Prohorova iela/ Neretas iela (Depo)
17	Langervaldes parks (Rubeņu ceļš)
18	Aviācijas iela (pie naftas bāzes)
19	Rīgas iela (RAF, Neste)
20	TC Valdeka/ Rīgas iela

Monitoringa punktu apsekošana veikta 20 vietās Jelgavā (4.tabula) 2016. gada 1. augustā, 1. septembrī, 1. oktobrī, 1. novembrī, 1. decembrī, un 2017. gada 1. janvārī, 1. februārī un 1. martā. Apsekošanas laikā novērtēta ķērpja vitalitāte, atzīmējot sekojošas pazīmes - krāsas izmaiņas, lapaņa bojājumus vai nekrozes (atmiršanas pazīmes).

Iepriekš veiktajos monitoringos (1996. un 2006. gadā) izmantota metodika, kas norāda, ja sēra dioksīda koncentrācija gaisā ir  $0,5 \text{ mg/ m}^3$  – augsts piesārņojums, tad ķērpji atmirst 200 dienu laikā (seši mēneši), ja tā ir  $0,16 \text{ mg/ m}^3$  –  $0,49 \text{ mg/ m}^3$ , tad ķērpji atmirst 200 – 500 dienās, bet, ja tā ir  $0,15 \text{ mg/ m}^3$ , tad ķērpji izdzīvo ilgāk par 500 dienām. Tomēr vēlākie pētījumi pasaulē ir pierādījuši, ka minētā metode ir orientēta tikai uz sēra dioksīda koncentrāciju gaisā, bet neparāda dažādu faktoru (t.sk. dažādu piesārņotāju) mijiedarbības efektu. Tāpēc uzskatām, ka projekta gaitā iegūtie rezultāti vērtējami kā monitoringa vietu patreizējās gaisa kvalitātes tendences rādītāji.

Monitoringa rezultāti 2016. gadā rāda, ka ķērpja *Hypogimnia physodes* vitalitāte Jelgavas pilsētā atšķiras (5.tabula). Monitoringa vietā Nr. 6 Rūpniecības iela / Tērvetes iela (Astarte) ķērpja paraugi nozāģēti kopā ar zariem (pēc 4 mēnešiem jeb 123 dienām), tāpēc projekta gala rezultātos vērtējums nav iekļauts. Līdz nozāģēšanas brīdim ķērpju vitalitāte vērtēta kā laba, bez vizuāli novērtējumiem bojājumiem.



12. ATTĒLS TRANSPLANTĒTO ĶĒRPJU VITALITĀTES NOVĒRTĒJUMS

## Transplantēto ķērpju vitalitātes novērtējums 2016. gadā

Nr.	Monitoringa vieta	Bojājuma veids	Dienu skaits
16	Prohorova iela/ Neretas iela (Depo)	Nekrozes	62
*		Nekrozes	31
17	Langervaldes parks (Rubeņu ceļš)	Nekrozes	62
*		Nekrozes	90
1	Viskaļu iela/ Lāču iela	Nekrozes	92
3	Lietuvas šoseja/ Savienības iela	Nekrozes	92
13	Ausekļa iela/ Blaumaņa iela	Nekrozes	92
2	Lietuvas šoseja/ Platones iela	Nekrozes	153
5	Tērvetes ielas pārbrauktuve	Nekrozes	153
12	Satiksmes iela/ Ganību iela (Statoil)	Nekrozes	153
19	Rīgas iela (RAF, Neste)	Nekrozes	153
11	Dobeles šoseja/ Satiksmes iela	Nekrozes	184
7	Tērvetes iela/ Pavasara iela	Nekrozes	215
8	Lielā iela/ Ozola skvērs	Nekrozes	215
10	Aspazijas iela/ Asteru iela (5.vsk.)	Nekrozes	215
14	Lielā iela/ Driksas tilts	Krāsu izmaiņas	243
15	Rīgas iela/ Brīvības bulvāris (Statoil)	Krāsu izmaiņas	243
18	Aviācijas iela (pie naftas bāzes)	Krāsu izmaiņas	243
20	TC Valdeka/ Rīgas iela	Krāsu izmaiņas	243
4	Dzelzsceļa stacija	Laba kvalitāte	243
9	Lielā iela/ Dobeles iela (veikals MEGO)	Laba kvalitāte	243
6	Rūpniecības iela / Tērvetes iela (Astarte)	Paraugš nozāģēts	123

\*atkārtota ķērpju paraugu izvietošana

Monitoringa divās vietās konstatēti **ekoloģiskā stresa rajoni – augsta pašreizējā gaisa piesārņojuma zona**: Nr. 16 Prohorova iela/ Neretas iela (Depo) un Nr. 17 Langervaldes parks (Rubeņu ceļš), kur ķērpju nekrozes un lapoņa nolobīšanās no zariņiem konstatēta jau pēc 2 mēnešiem (jūlija, augusta), tāpēc šeit veikti atkārtoti pētījumi - atjaunoti ķērpju paraugi, kam nekrozes un lapoņa pilnīga nolobīšanās no zariņiem konstatēta attiecīgi pēc 31 un 90 dienām. Atšķirības perioda ilguma ziņā skaidrojamas ar ķērpju lielāku fizioloģisko aktivitāti vasaras periodā, salīdzinot ar rudens/ ziemas periodu. Abām minētajām monitoringa vietām nepieciešama papildus detāla izpēte.

**Vidēja pašreizējā gaisa piesārņojuma zona** konstatēta vairākās vietās. Monitoringa trīs vietās – Nr. 1 Viskaļu iela/ Lāču iela, Nr. 3 Lietuvas šoseja/ Savienības iela un Nr.13 Ausekļa iela/ Blaumaņa iela ķērpju nekrozes konstatētas pēc 3 mēnešiem (92 dienām). Gaisa kvalitāti šajās vietās

nosaka autotransporta radītais piesārņojums (Lietuvas šoseja, Jelgavas tirgus apkārtnē). Līdzīga, nedaudz labāka situācija ir monitoringa vietās Nr.2 Lietuvas šoseja/ Platones iela, Nr.5 Tērvetes ielas pārbrauktuve, Nr.12 Satiksmes iela/ Ganību iela (Statoil), Nr. 19 Rīgas iela (RAF dzīvojamais rajons, Neste) (ķērpju nekrozes konstatētas pēc 5 mēnešiem jeb 153 dienām), kā arī Nr. 11 Dobeles šoseja/ Satiksmes iela (ķērpju nekrozes konstatētas pēc 6 mēnešiem jeb 184 dienām). Arī šajās vietās vislielākā ietekme ir autotransporta radītajam piesārņojumam, kas aptver lielākās ielas un šosejas (Lietuvas šoseja, Tērvetes iela, Rīgas šoseja, Dobeles šoseja, Satiksmes iela).

**Samērā laba gaisa kvalitāte** ir monitoringa vietās Nr. 7 Tērvetes iela/ Pavasara iela, Nr. 8 Lielā iela/ Ozolskvērs un Nr. 10 Aspazijas iela/ Asteru iela (5.vsk.), kur ķērpju nekrozes konstatētas pēc 7 mēnešiem jeb 215 dienām. Abās pēdējās vietās labvēlīga ietekme ir laukumiem vai klajumiem ar apstādījumiem, kas nodrošina piesārņojuma izkliedi. Arī monitoringa vietās Nr. 14 Lielā iela/ Driksas tilts, Nr. 15 Rīgas iela/ Brīvības bulvāris (Statoil), Nr.18 Aviācijas iela (pie naftas bāzes) un Nr.20 TC Valdeka/ Rīgas iela ir līdzīga situācija: ķērpjiem pēc 8 mēnešiem (243 dienas) konstatētas tikai lapoņu krāsas izmaiņas, kas liecina par salīdzinoši labu gaisa kvalitāti, ko pozitīvi ietekmē atklāti klajumi un laukumi, kā arī upju tuvums, kas nosaka un uzlabo mitruma apstākļus. Labu gaisa kvalitāti un ļoti labu vitalitāti (8 mēnešus jeb 243 dienas) saglabā ķērpji monitoringa vietā Nr. 4 Dzelzsceļa stacija un Nr. 9 Lielā iela/ Dobeles iela (veikals MEGO). Atzīmējams, ka abu vietu tuvumā ir salīdzinoši lielas atklātas telpas, kas kļiedē piesārņojumu.

## TRANSPLANTU IZVIETOJUMS JELGAVAS PILSĒTĀ



13. ATTĒLS ĶĒRPJU TRANSPLANTS DZELZSCEĻA STACIJĀ



14. ATTĒLS ĶĒRPJU TRANSPLANTS LIELĀ IELĀ (PIE DOBELES IELAS, VEIKALS MEGO)





15.ATTĒLS KĒRPJU TRANSPLANTS ASPAZIJAS IELĀ



16.ATTĒLS KĒRPJU TRANSPLANTS LIELĀ IELĀ/ DRIKSAS TILTS



17. ATTĒLS ĶĒRPJU TRANSPLANTS LANGERVALDES IEĻA



18. ATTĒLS ĶĒRPJU TRANSPLANTS NESTE RĪGAS IEĻA (RAF)

## GAISA TĪRĪBAS INDEKSS

Pēc gaisa tīrības indeksa IAP vērtībām 2016.gadā Jelgavā izdalītas trīs zonas:

### I Augsta piesārņojuma zona

Ar stipri ierobežotu ķērpju apdzīvotību jeb ķērpju izdzīvošanas zona (I.A.P. ir no 0-110)

### II Vidēja piesārņojuma zona:

Ar ierobežotu ķērpju apdzīvotību jeb pārejas zona (I.A.P. = 111 – 200)

### III Zema piesārņojuma zona:

Bagāta ar ķērpjiem jeb dabas vides zona (I.A.P.> par 200)

Gaisa piesārņojuma zonējuma sadalījums pa parauglaukumiem Jelgavas pilsētā kopumā, centrā un ārpus centra parādīts 6.tabulā. Pilsētas centrā parauglaukuma lielums ir 0,25 km<sup>2</sup>, bet pilsētā ārpus centra – 1 km<sup>2</sup>.

6. tabula

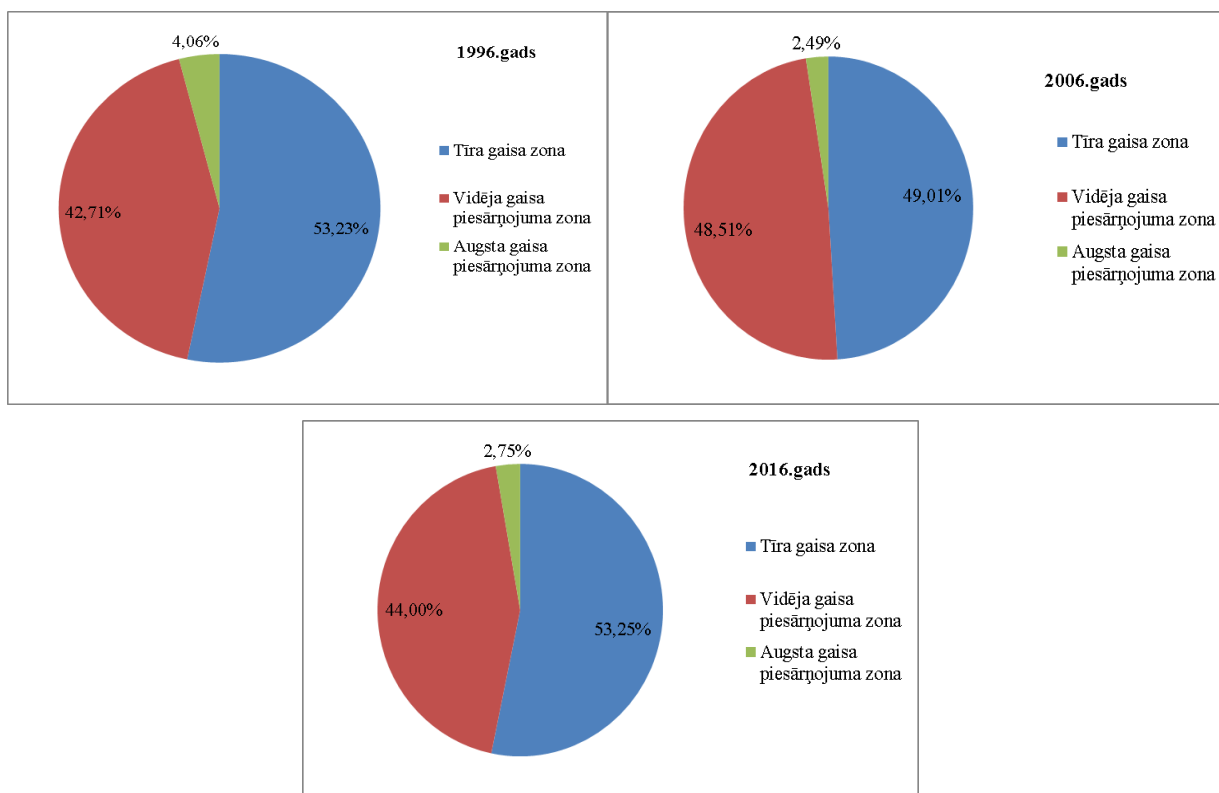
### *Gaisa piesārņojuma zonējuma sadalījums pa parauglaukumiem 1996., 2006. un 2016. gadā*

Gads	Vieta	Parauglaukumu skaits		
		Tīra gaisa zona	Vidēja gaisa piesārņojuma zona	Augsta gaisa piesārņojuma zona
<b>1996</b>	Pilsētā kopā	52	45	7
	centrā	23	23	6
	ārpus centra	29	22	1
<b>2006</b>	Pilsētā kopā	47	51	6
	centrā	20	26	6
	ārpus centra	27	25	0
<b>2016</b>	Pilsētā kopā	44	56	4
	centrā	12	37	3
	ārpus centra	39	19	1

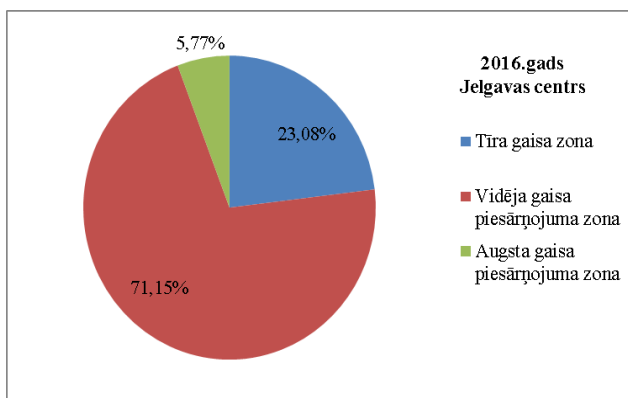
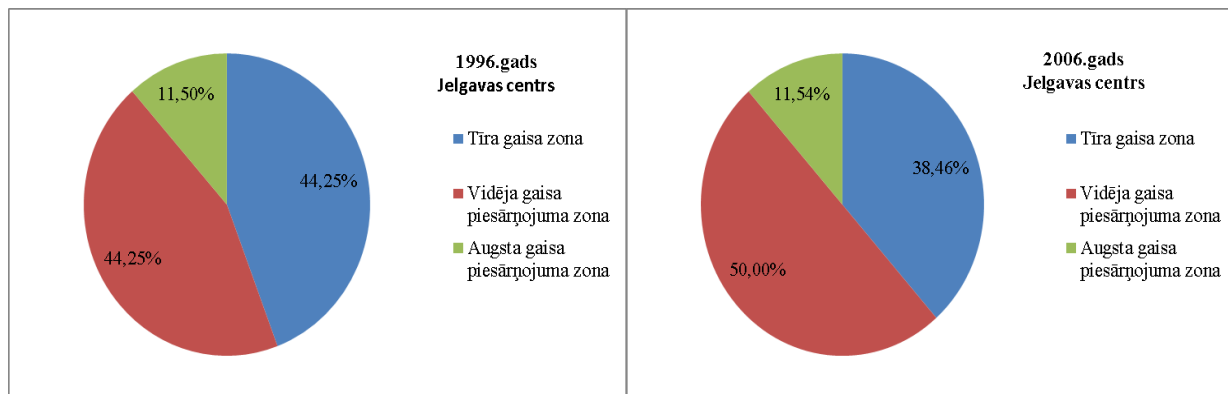
Gaisa piesārņojuma zonējuma sadalījums pa platībām un īpatsvaram Jelgavas pilsētā kopumā (19.attēls), centrā (20.attēls) un ārpus centra (21.attēls) parādīts 7.tabulā.

**Piesārņojuma zonējuma sadalījums pa platībām  
(Jelgavas pilsētā kopā, centrā un ārpus centra)**

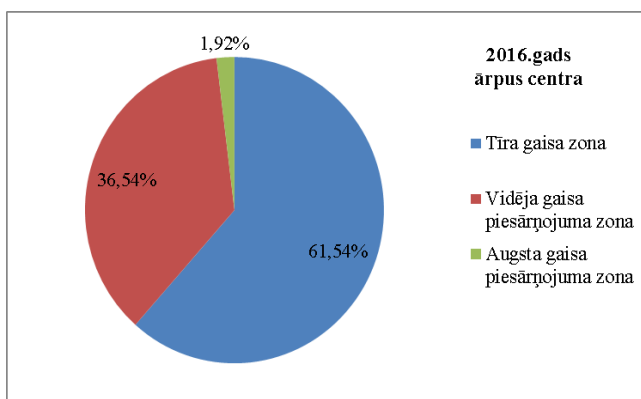
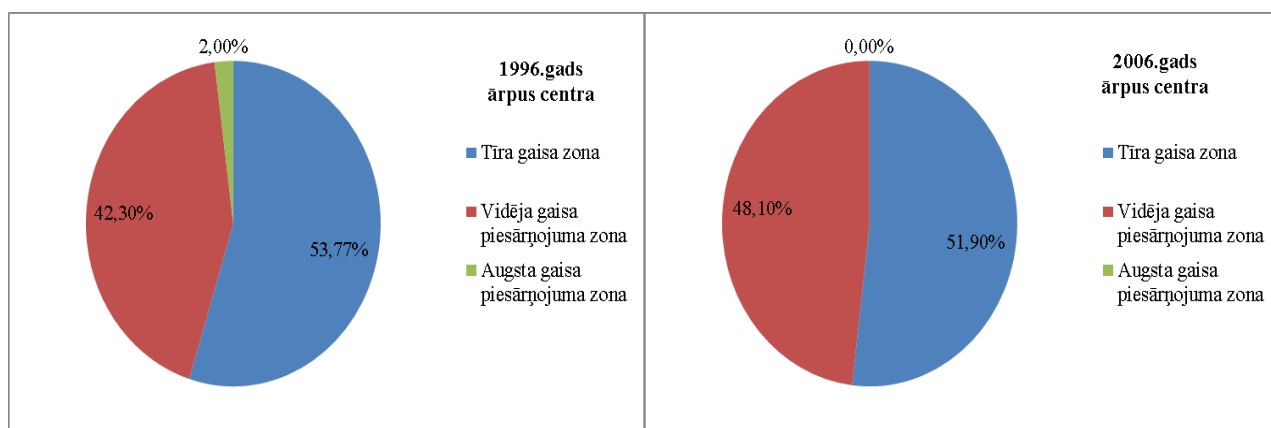
Gads	Vieta	Platība (km <sup>2</sup> ) jeb īpatsvars		
		Tīra gaisa zona	Vidēja gaisa piesārņojuma zona	Augsta gaisa piesārņojuma zona
1996	Pilsētā kopā	32,11 jeb 53,23%	25,76 jeb 42,71%	2,45 jeb 4,06%
	centrā	5,75 jeb 44,25%	5,75 jeb 44,25%	1,5 jeb 11,5%
	ārpus centra	26,36 jeb 53,77%	20,01 jeb 42,3%	0,95 jeb 2,0%
2006	Pilsētā kopā	29,56 jeb 49,01%	29,26 jeb 48,51%	1,5 jeb 2,49%
	centrā	5 jeb 38,46%	6,5 jeb 50%	1,5 jeb 11,54%
	ārpus centra	24,56 jeb 51,9%	22,76 jeb 48,1%	0 jeb 0 %
2016	Pilsētā kopā	32,12 jeb 53,25%	26,54 jeb 44,0%	1,66 jeb 2,75%
	centrā	3 jeb 23,08%	9,25 jeb 71,15%	0,75 jeb 5,77%
	ārpus centra	29,12 jeb 61,54%	17,29 jeb 36,54%	0,91 jeb 1,92 %



19.ATTĒLS GAISA PIESĀRŅOJUMA ZONĒJUMS 1996., 2006. UN 2016.GADĀ JELGAVAS PILSĒTĀ KOPUMĀ



20.ATTĒLS GAISA PIESĀRŅOJUMA ZONĒJUMS 1996., 2006. UN 2016.GADĀ JELGAVAS PILSĒTAS CENTRĀ



21.ATTĒLS GAISA PIESĀRŅOJUMA ZONĒJUMS 1996., 2006. UN 2016. GADĀ ĀRPUS CENTRA JELGAVAS PILSĒTĀ

Gaisa kvalitātes salīdzinājums pa gadiem parādīts 8.tabulā. Krāsu apzīmējumi: zaļa – tīra gaisa zona, dzeltena – vidēja gaisa piesārņojuma zona, sarkana – augsta gaisa piesārņojuma zona.

**Piesārņojuma zonējuma sadalījuma salīdzinājums pa gadiem****Jelgavas pilsētā**

PL Nr.	Parauglaukumu atrašanās vietas	1996.	Zona	2006.	Zona	2016.	Zona
1	Slokas iela (bij. galantērijas fabrika "Lielupe")	290,52	3	311,16	3	145,50	2
2	Slokas iela/ Meiju ceļš	249,17	3	234,56	3	191,16	2
3	Lapskalna iela/ notekūdeņu attīrīšanas iekārtas	180,88	2	200,34	2	110,95	1
4	Uzvaras iela/ Ūdens ņemšanas stacija	217,67	3	240,12	3	219,30	3
5	Rosmes iela	214,04	3	250,23	3	198,27	2
6	Meiju ceļš/ Zvejnieku iela	258,89	3	246,3	3	137,24	2
7	Lapskalna iela/ Larelini	183,87	2	196,67	2	93,84	1
8	Uzvaras parks/ Villa Medem	287,65	3	204,43	3	174,17	2
9	Satiksmes iela/ Ganību iela (Statoil)	71,52	1	57,22	1	146,56	2
10	Traktoristu iela/ Lidotāju iela	204,87	3	245,1	3	154,26	2
11	Kazarmes iela/ Meiju ceļš	240,62	3	212,23	3	174,02	2
12	Uzvaras iela/ Dobeles iela (3.sākumskola)	182,47	2	190,31	2	111,60	2
13	LLU (pils)	212,38	3	250,2	3	201,78	3
14	Dobeles šoseja/ Atmodas iela (dārzniecība)	313,35	3	323,78	3	252,09	3
15	Satiksmes iela	81,9	1	50,54	1	128,48	2
16	Dobeles šoseja/ Lielā iela	129,22	2	132,41	2	162,14	2
17	Lielā iela (Annas baznīca)	151,91	2	110,22	1	130,47	2
18	Lielā iela/ Pasta iela	149,76	2	131,12	2	120,52	2
19	Meža fakultāte	150,25	2	171,33	2	137,15	2
20	Atmodas iela	291,66	3	300,21	3	227,30	3
21	Aspazijas iela/ Asteru iela	207,92	3	201,44	3	145,80	2
22	Dambja iela/ Sarmas iela	185,29	2	189,29	2	112,29	2
23	Slimnīcas iela/ Svētes iela	193,44	2	196,67	2	194,33	2
24	Raiņa parks	220,78	3	197,9	2	148,76	2
25	Akadēmijas iela/ Zemgales prospekts	149,99	2	123,54	2	130,26	2
26	Palīdzības iela (cietums)	112,58	2	146,21	2	74,30	1
27	Bebru ceļš	246,21	3	250,45	3	203,18	3
28	Dambja iela/ A.Brigaderes iela	226,48	3	250,45	3	211,37	3
29	Filozofu iela	151,16	2	151,41	2	190,81	2
30	Tērvetes iela/ Pavasara iela	68,13	1	98,45	1	182,06	2
31	Alunāna parks	153,57	2	164,06	2	176,13	2
32	Zemgales prospekts (dzelzsceļa stacija)	209,24	3	115,81	2	175,89	2
33	Sporta iela (dzelzceļš)	129,84	2	116,68	2	128,83	2
34	Dambja iela	330,72	3	269,99	3	194,19	2

PL Nr.	Parauglaukumu atrašanās vietas	1996.	Zona	2006.	Zona	2016.	Zona
35	Psihslimnīca/ Ģintermuižas kapi	444,6	3	480,34	3	232,64	3
36	Em. Dārziņa iela	235,85	3	267,45	3	173,01	2
37	Grēbnera parks	281,53	3	291,6	3	147,43	2
38	Rūpniecības iela/ Slimnīcas iela	129,61	2	111,34	2	197,20	2
39	Lietuvas šoseja (Pareizticīgo baznīca)	149,62	2	189,02	2	166,48	2
40	Lapu iela	141,37	2	159,49	2	193,62	2
41	Tērvetes ielas pārbrauktuve	69,91	1	78,78	1	137,37	2
42	Šauļu rampa	179,25	2	189,67	2	119,86	2
43	Savienības iela/ Lāču iela	172,98	2	190,03	2	163,48	2
44	Lietuvas šoseja / Jelgavas maiznieks	96,99	1	95,5	1	199,08	2
45	Ruļļu iela/ Salnas iela	131,7	2	154,67	2	166,46	2
46	Vidus iela/ Sargu iela	253,67	3	300,6	3	202,03	3
47	Vidus iela/ Lāču iela	285,92	3	300,1	3	200,97	3
48	Lietuvas šoseja /Platones iela	149,44	2	150,51	2	181,82	2
49	Ruļļu iela/ Viskaļu iela	204,3	3	200,9	2	210,62	3
50	Viskaļu iela/ Sila iela	82,34	1	120,89	2	208,82	3
51	Viskaļu iela / Lāču iela	196,3	2	189,4	2	200,80	3
52	Viskaļu iela/ Lietuvas šoseja	163,05	2	180,57	2	176,38	2
53	Brīvības bulvāris/ Rīgas šoseja	245,73	3	279,4	3	219,27	3
54	Brīvības bulvāris/ VMF	156,22	2	205,89	3	146,19	2
55	Rīgas iela/ TC Valdeka	246,12	3	250,67	3	211,88	3
56	Institūta iela/ Zāļu iela	256,04	3	260,4	3	205,53	3
57	RAF mikrorajons	231,4	3	191,02	2	206,71	3
58	Rīgas iela/ Loka maģistrāle	184,09	2	134,2	2	228,43	3
59	Keramika	220,22	3	341,06	3	212,78	3
60	Rīgas šoseja (Apartis)	181,03	2	154,39	2	206,35	3
61	Rīgas šoseja / Klijānu ceļš	219,85	3	231,87	3	177,28	2
62	6.vidusskola	210,62	3	237,43	3	202,47	3
63	Bērzu kapi	261,15	3	300,56	3	227,43	3
64	Rogu ceļš	412,1	3	359,54	3	244,05	3
65	Ozolpils	272,95	3	238,57	3	243,13	3
66	Kalnciema ceļš/ Rogu ceļš	158,02	2	202,59	3	260,19	3
67	Kalnciema ceļš/ Klijēnu ceļš	133,47	2	220,56	3	210,37	3
68	Kalnciema ceļš/ Robežu iela	220,44	3	215	3	201,21	3
69	Kalnciema ceļš/ Vecais ceļš (Svētbirzs)	155,35	2	150,41	2	198,76	2
70	Cukura iela	143,86	2	143,56	2	217,73	3
71	Garozas iela/ Aviācijas iela (bij. Cukurfabrika)	144,41	2	149,3	2	163,28	2
72	Aviācijas iela/ Cukura iela	160,84	2	135,36	2	194,65	2
73	Cukurfabrikas dzelzsceļa stacija	122,67	2	150,45	2	145,93	2

PL Nr.	Parauglaukumu atrašanās vietas	1996.	Zona	2006.	Zona	2016.	Zona
74	Aviācijas iela/ Lācplēša iela	154,25	2	189,45	2	173,07	2
75	Aviācijas iela/ Priežu iela	154,05	2	255,56	3	145,87	2
76	RAF rūpnīca	144,36	2	139,4	2	227,08	3
77	Aviācijas iela/ Loka maģistrāle	281,11	3	300,41	3	222,29	3
78	Ziediņu ceļš	170,13	2	150,56	2	182,68	2
79	Garozas iela	178,68	2	195,4	2	111,39	2
80	Langervaldes parks	113,43	2	141,91	2	73,22	1
81	Būvmateriālu rūpn.	154,56	2	149,4	2	198,57	2
82	Depo Neretas iela	177,02	2	180,5	2	183,21	2
83	Depo Prohorova iela	106,79	1	130,45	2	194,36	2
84	Dobeles šoseja Dinaz	257,81	3	270,35	3	225,99	3
85	4.līnija	258,18	3	300,47	3	202,07	3
86	Zanderu kapi	375,64	3	350,56	3	257,68	3
87	5.līnija	222,05	3	198,5	2	190,94	2
88	Bemberi	296,26	3	250,45	3	240,09	3
89	Meža ceļš	315,55	3	345,51	3	255,21	3
90	3./4.līnija/ Meža ceļš	238,82	3	200,34	2	172,27	2
91	2. līnija/ Riekstu ceļš	229,46	3	198,3	2	209,53	3
92	1. līnija/ Ganību iela	206,83	3	180,34	2	265,58	3
93	Zemeņu iela	230,41	3	230,45	3	200,23	3
94	Miera iela/ Ebreju kapi	210,49	3	211,4	3	223,82	3
95	Siera muiža	232,34	3	210,1	3	172,80	2
96	Kārniņu ceļš	168,94	2	150,45	2	226,98	3
97	Lediņu kalns	328,64	3	200,3	2	225,19	3
98	Mežmalas iela	206,36	3	250,34	3	247,50	3
99	Romas krogs/ Višmaņi	156,17	2	132,29	2	175,60	2
100	Ruļļu kalni, kartinga trase	151,67	2	150,35	2	249,21	3
101	Tērvetes šoseja/ Bērzzemnieki	247,24	3	305,13	3	175,03	2
102	Siliņi	279,09	3	280,25	3	209,55	3
103	Viskaļu ielas gals	291,38	3	300,45	3	255,22	3
104	Tērvetes šoseja/ Baložu kapi	186,54	2	195,25	2	163,98	2

**Gaisa kvalitāte uzlabojusies** vairākos parauglaukumos Jelgavas pilsētas centra daļā: pie Statoil Satiksmes ielā, Satiksmes ielā, Dobeles ielas/ Lielās ielas apkārtnē, Tērvetes ielā, Tērvetes ielas pārbrauktuves rajonā, uz Lietuvas šosejas (pie Gaisa tilta), Ruļļu ielas un Viskaļu ielas apkārtnē, Viskaļu ielas, Sila ielas un Lāču ielas apkārtnē.

Arī ārpus centra gaisa kvalitātes uzlabojums konstatēts RAF dzīvojamā masīva centrā, RAF apkārtnē, Nestes apkārtnē pie Loka maģistrāles, Cukura ielas apkārtnē, 1. un 2. līnijā, Kārniņu ceļā, Lediņu kalna apkārtnē un Ruļļu kalnu apkārtnē.



**Gaisa kvalitāte pasliktinājusies** būtiski Jelgavas pilsētas centra daļā Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu, SIA Larelini apkārtnē un Palīdzības ielā. Zemāka gaisa kvalitāte konstatēta arī pie bijušās galantērijas fabrikas *Lielupe*, Meiju ceļā, Uzvaras parka apkārtnē, Traktoristu ielā, Kazarmes ielā, Aspazijas un Asteru ielas apkārtnē, Dambja ielā, Em.Dārziņa ielā un Grēbnera parka apkārtnē.

Ārpus Jelgavas centra būtiska gaisa kvalitātes pasliktināšanās konstatēta pie Langervaldes parka, pasliktinājums novērots arī Brīvības bulvārī (pie VMF), Rīgas šosejas un Klijānu ceļa apkārtnē, Aviācijas un Priežu ielas apkārtnē un Siera muižas apkārtnē.

**Augsta gaisa piesārņojuma zona** Jelgavā kopumā **2016.gadā** aizņem 1,66 km<sup>2</sup> jeb 2,75% no visas pilsētas teritorijas: tā konstatēta 4 parauglaukumos, t. sk. Jelgavas pilsētas centrā – 3 parauglaukumos (Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu teritorija; SIA *Larelini* teritorija, Palīdzības iela) un ārpus centra – vienā parauglaukumā (pie Langervaldes parka).

Salīdzinot ar iepriekšējiem rezultātiem 1996.gadā, kopumā tā Jelgavas pilsētā ir samazinājusies – attiecīgi no 2,45 km<sup>2</sup> (4,06%) līdz 1,66 km<sup>2</sup> (2,75%), bet, salīdzinot ar 2006.gada rezultātiem, nedaudz palielinājusies – attiecīgi no 1,5 km<sup>2</sup> (2,49%) līdz 1,66 km<sup>2</sup> (2,75%). Augsta piesārņojuma zonai pilsētas centrā ir tendence samazināties, salīdzinot ar 1996. un 2006.gadu (no 1,5 km<sup>2</sup> jeb 11,5% abos iepriekšējo pētījumu gados līdz 0,75 km<sup>2</sup> jeb 5,77%, bet ārpus centra tā sasniegusi to pašu apjomu, kas bijis 1996.gadā.

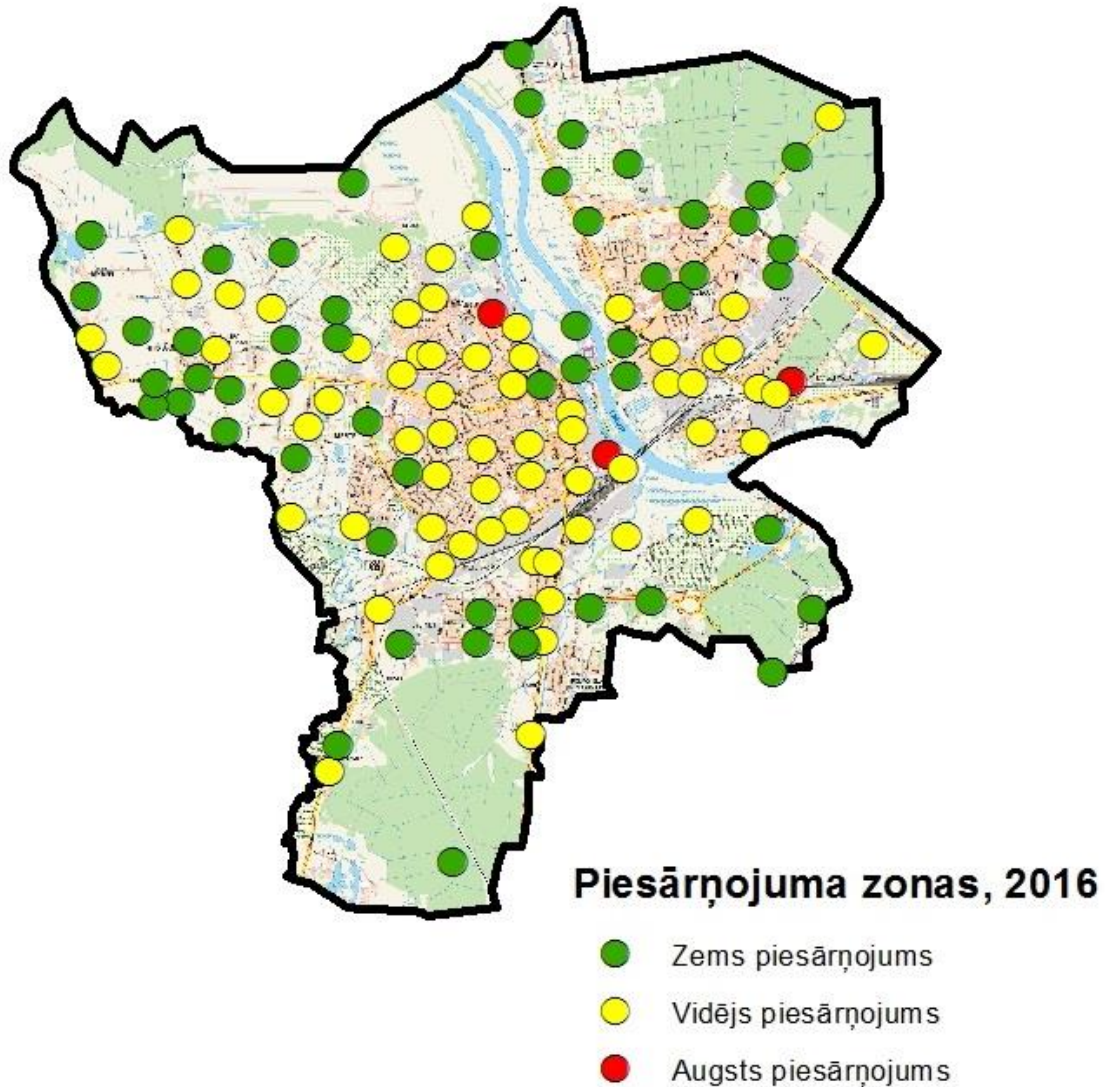
**Vidēja gaisa piesārņojuma zona** Jelgavā kopumā **2016.gadā** aizņem 26,54 km<sup>2</sup> jeb 44,0 % no kopplatības. Salīdzinot ar iepriekšējiem rezultātiem 1996.gadā, tās platība nedaudz pieaugusi – attiecīgi no 25,76 km<sup>2</sup> jeb 44,0 % līdz 26,54 km<sup>2</sup> jeb 44,0 %, bet, salīdzinot ar 2006.gada rezultātiem, samazinājusies – attiecīgi no 29,26 km<sup>2</sup> jeb 48,51 %, 26,54 km<sup>2</sup> jeb 44,0 %.

Pieaudzis vidējā gaisa piesārņojuma zonas īpatsvars pilsētas centrā laika gaitā no 1996.-2006. līdz 2016.gadam – attiecīgi 5,75 km<sup>2</sup> jeb 44,25 %, 6,5 km<sup>2</sup> jeb 50,0 % līdz 9,25 km<sup>2</sup> jeb 71,15 %. Secināms, ka Jelgavas pilsētas centrā dominē vidēja gaisa piesārņojuma zona (71,15 %), un ir novērojama tendence palielināties. Savukārt ārpus pilsētas centra vidēja gaisa piesārņojuma zona pieaugusi laikā no 1996. līdz 2006.gadam (attiecīgi no 20,01 km<sup>2</sup> jeb 42,3 % līdz 22,76 km<sup>2</sup> jeb 48,1 %), bet no 2006.gada līdz 2016.gadam – samazinājusies (attiecīgi no 2,76 km<sup>2</sup> jeb 48,1 % līdz 17,29 km<sup>2</sup> jeb 36,54 %).

**Zema gaisa piesārņojuma jeb tīra gaisa zona** Jelgavas pilsētā kopumā **2016.gadā** aizņem vairāk kā pusi no pilsētas teritorijas - 32,12 km<sup>2</sup> jeb 53,25 %. Salīdzinot ar iepriekšējiem rezultātiem 1996. un 2006. gadā, kopumā tā Jelgavas pilsētā ir nedaudz pieaugusi: attiecīgi 1996.gadā - 32,11 km<sup>2</sup> jeb 53,23 % un 2006.gadā - 29,56 km<sup>2</sup> jeb 49,01 %. Tomēr, salīdzinot ar iepriekšējiem rezultātiem pilsētas centrā, tīra gaisa zona te aizņem vairs tikai 3 km<sup>2</sup> jeb 23,08 % platības, turklāt tai

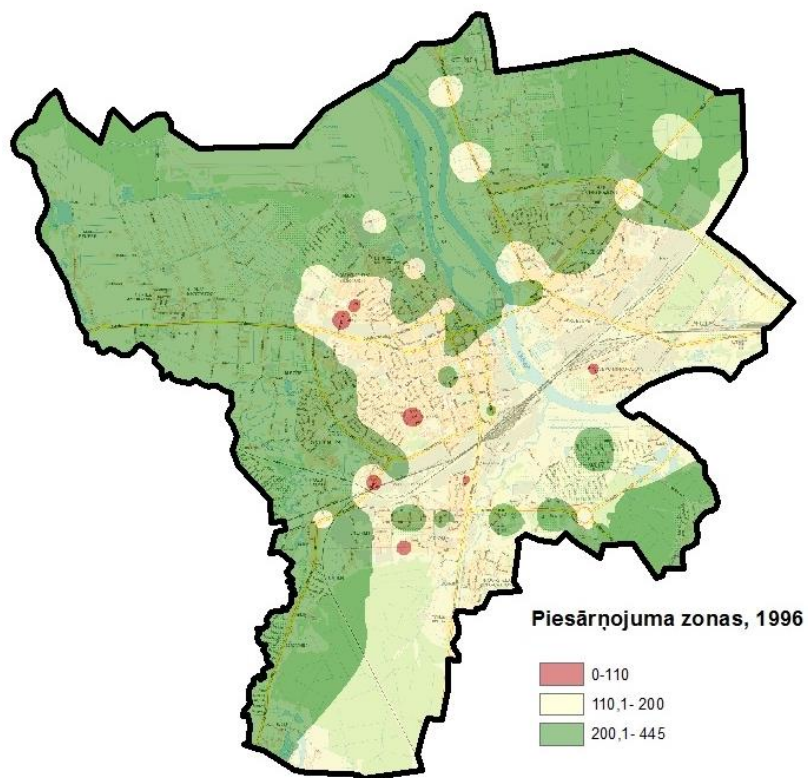
ir tendence samazināties (attiecīgi 1996.un 2006.gadā – 5,75 km<sup>2</sup> jeb 44,25 % un 5 km<sup>2</sup> jeb 38,46 %).

Ārpus pilsētas centra tīra gaisa zona laika gaitā palielinājusies: 2016.gadā tā aizņem 29,12 km<sup>2</sup> jeb 61,54 %, bet 1996.gadā - 26,36 km<sup>2</sup> jeb 53,77 % un 2006.gadā - 24,56 km<sup>2</sup> jeb 51,9 %.

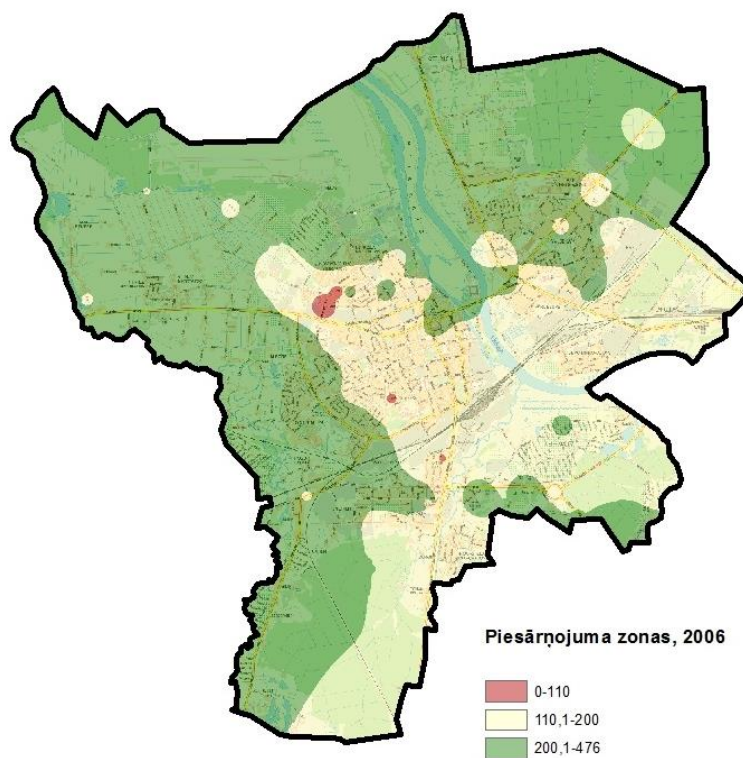


22. ATTĒLS GAISA KVALITĀTES ZONAS PĒC IAP INDEKSA

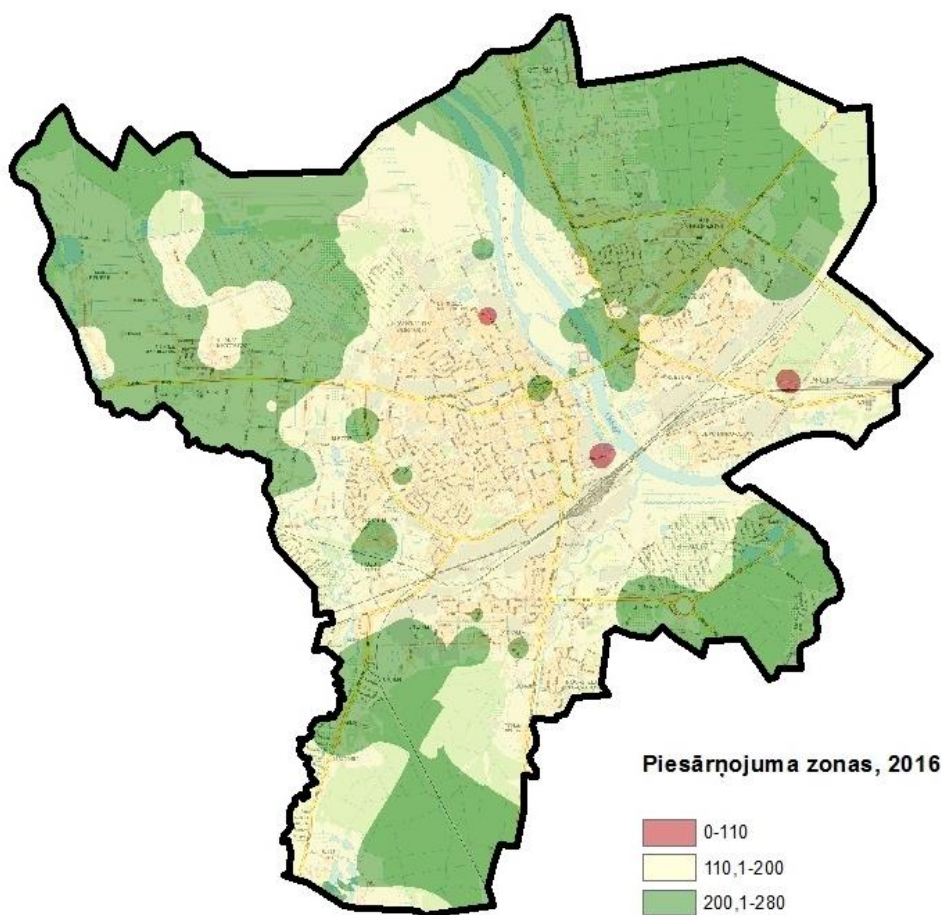
PAŠREIZĒJĀS SITUĀCIJAS SALĪDZINĀJUMS AR IEPRIEKŠ VEIKTO PĒTĪJUMU REZULTĀTIEM



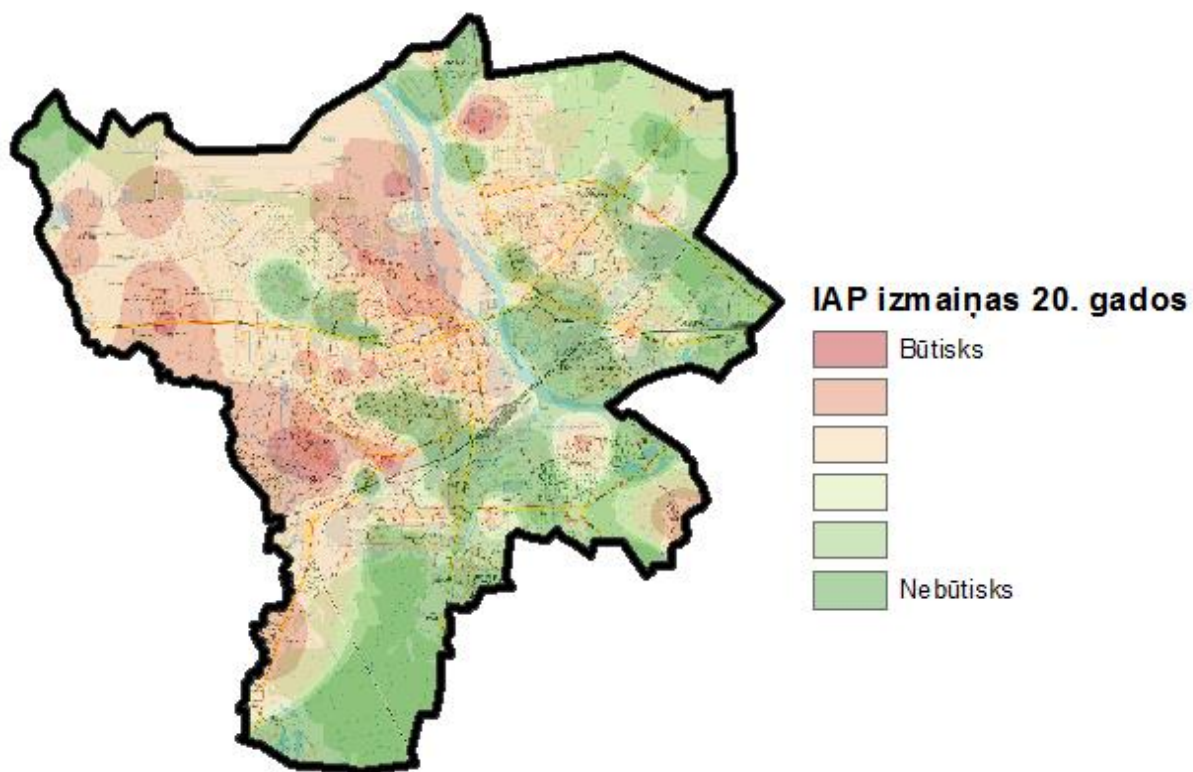
23. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS GAISA KAVLITĀTES ZONAS 1996. GADĀ



24. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS GAISA KVALITĀTE 2006. GADĀ

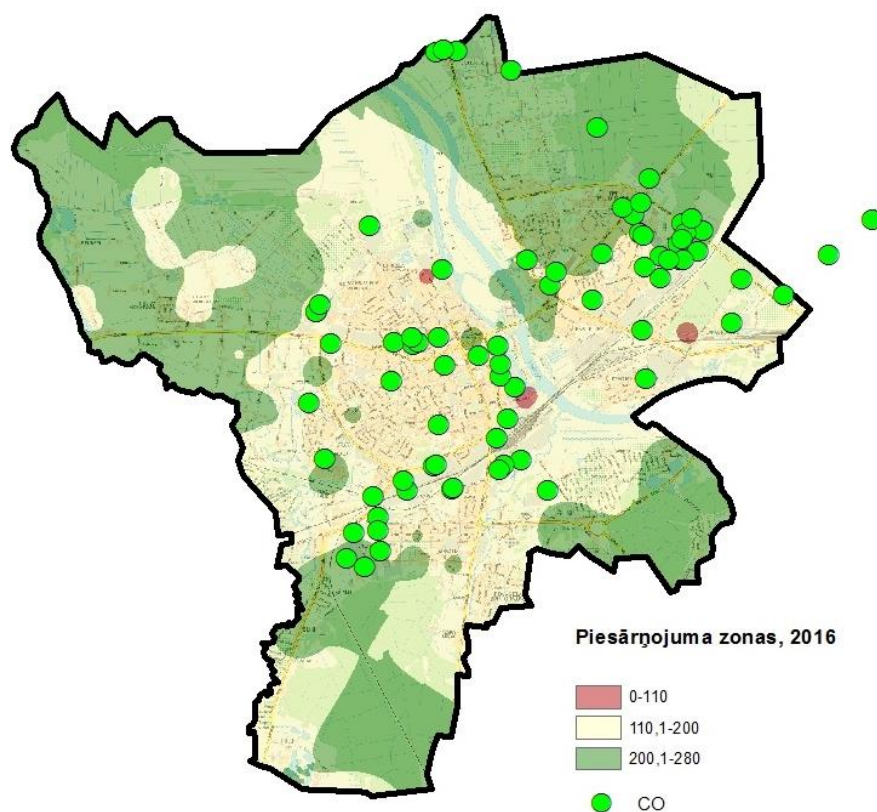


25. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS GAISA KVALITĀTE 2016. GADĀ

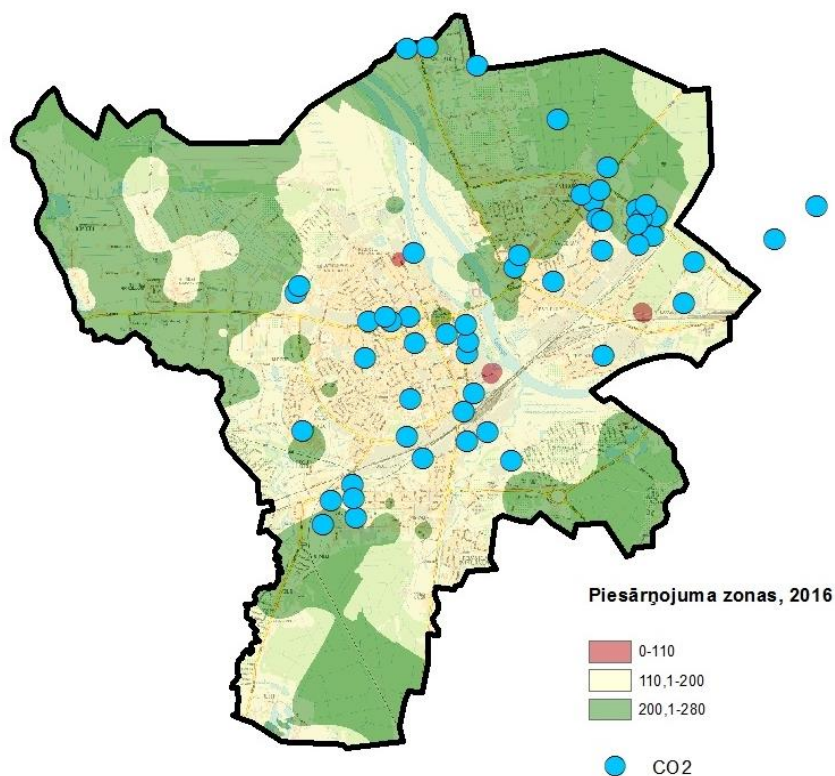


26. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS GAISA KVALITĀTES IZMAIŅAS 20.GADOS

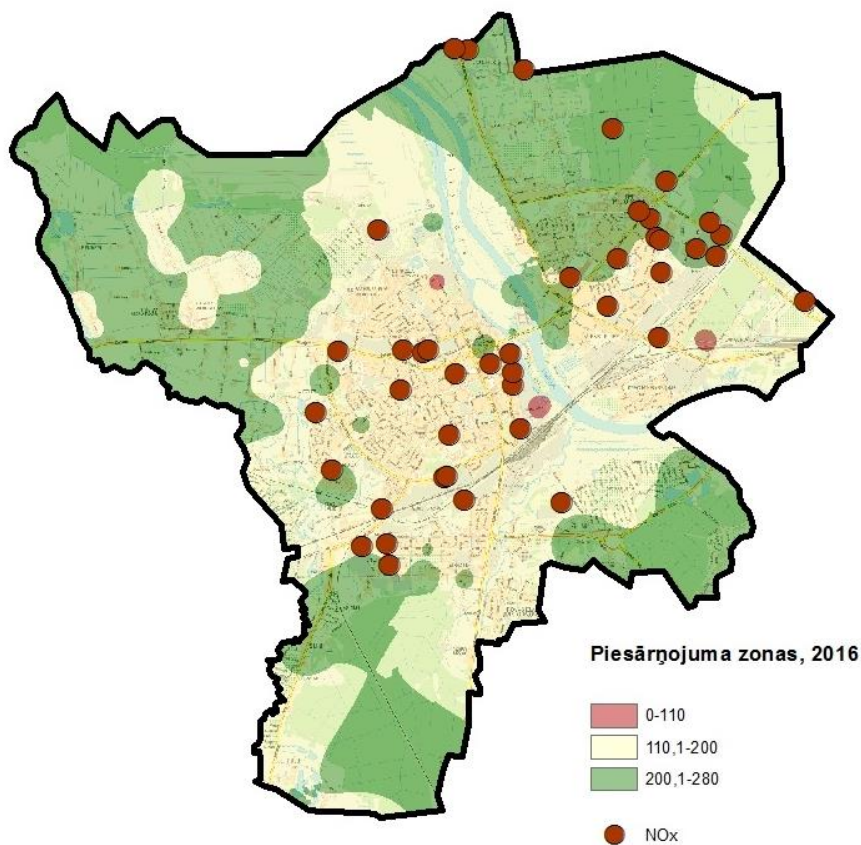
## JELGAVAS GAISA PIESĀRŅOJUMA KARTE AR GAISA PIESĀRŅOJUMA ZONĀM UN KVALITĀTI



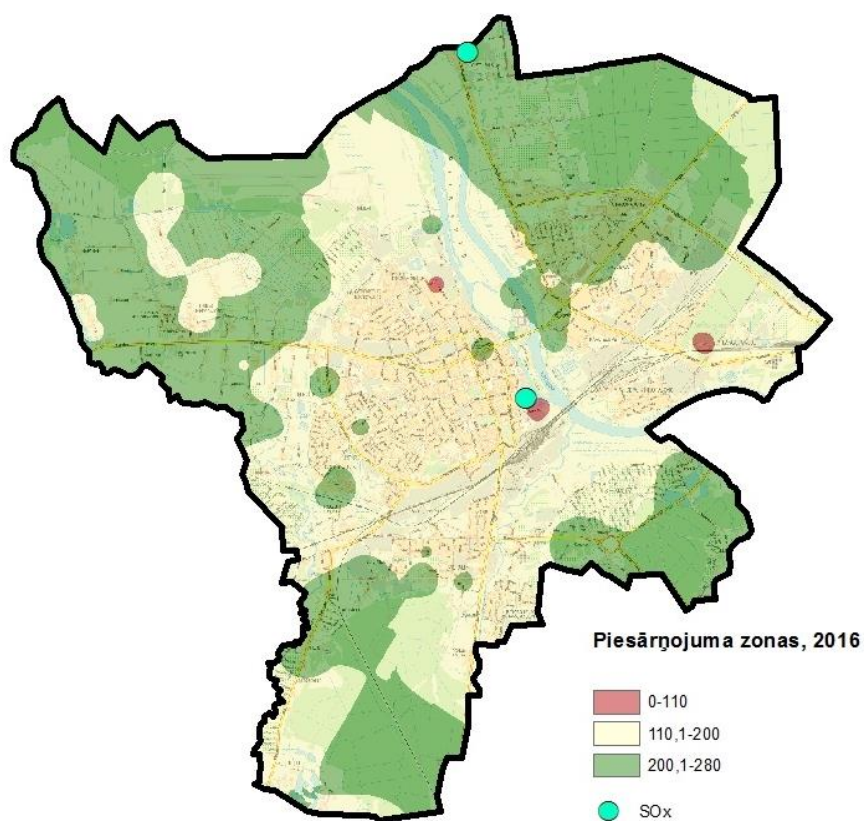
27. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS PIESĀRŅOJUMA ZONAS UN CO PUNKTVEIDA PIESĀRŅOTĀJI



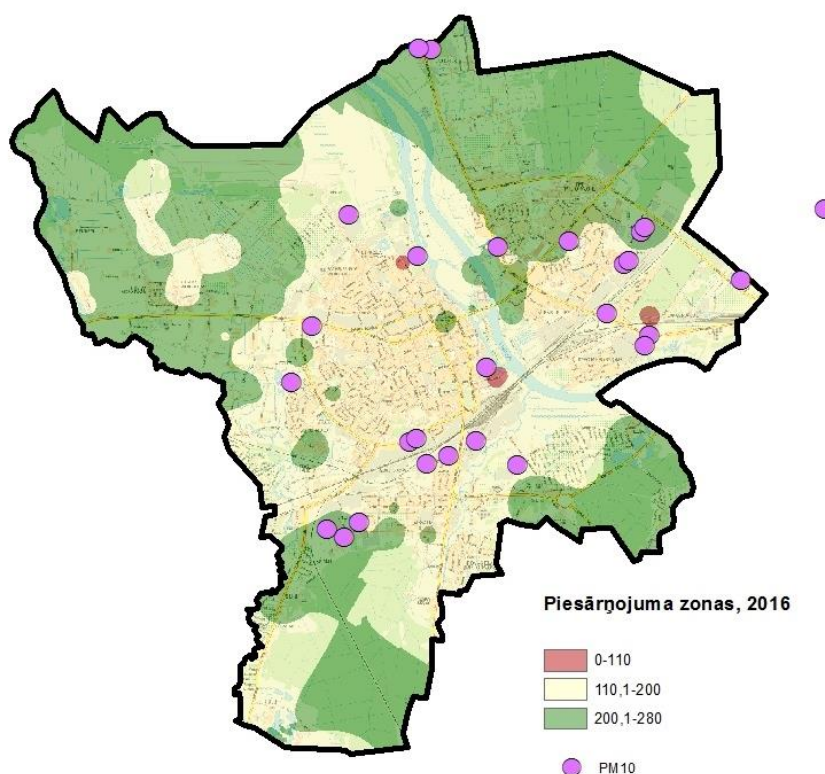
28. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS PIESĀRŅOJUMA ZONAS UN CO<sub>2</sub> PUNKTVEIDA PIESĀRŅOTĀJI



29. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS PIESĀRŅOJUMA ZONAS UN NO<sub>x</sub> PUNKTVEIDA PIESĀRŅOTĀJI



30. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS PIESĀRŅOJUMA ZONAS UN SO<sub>x</sub> PUNKTVEIDA PIESĀRŅOTĀJI



31. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS PIESĀRŅOJUMA ZONAS UN PUTEKĻU PM10 PUNKTVEIDA PIESĀRŅOTĀJI

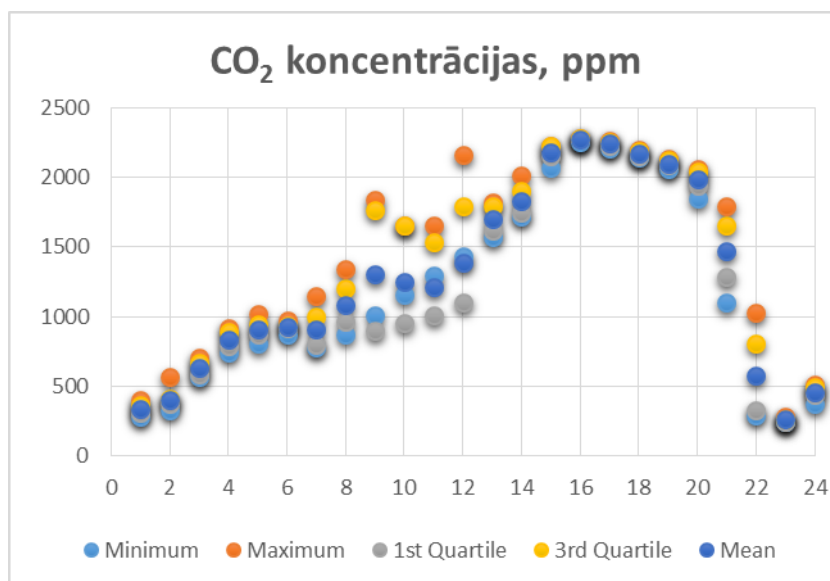
## EKOLOĢISKĀ “STRESA” RAJONI JELGAVĀ

Gāzu mērījumi tika veikti Akadēmijas ielā 19 izmantojot mobilo spektrometru Picarro G2508, kas ļauj vienlaikus veikt piecu gāzu mērījumus Dislāpekļa oksīdu ( $N_2O$ ), metānu ( $CH_4$ ), oglekļa dioksīdu ( $CO_2$ ), amonjaku ( $NH_3$ ), un ūdens tvaiki ( $H_2O$ ) ar vienas sekundes vidējo intervālu. Sīkāk par iekārtas tehniskajiem parametriem un tās izmantošanas iespējām ir aprakstīts (Fleck et al., 2013). Picarro G2508 tika novietots Vides un būvzinātņu fakultātes 1. stāvā un 30m gara teflona caurulīte, kuras iekšējais diametrs ir 1/16 collas un ārējais diametrs 1/8 collas tika izvadīta uz mērījumu vietu, Gāzu mērījumi tika veikti 1,5 m augstumā no zemes un 15 m no Akadēmijas ielas braucamās daļas. Mērījumi tika veikti 7 diennaktis laika posmā no 2016. gada 1.septembra līdz 2016.gada 7. septembrim.

### Gāzu koncentrāciju datu atlase un verifikācija

Dati ar gāzu koncentrāciju rādījumiem ppm izteiksmē tika atlasīti no ģenerālkopas izmantojot stundas laika marķieri. Primārā datu verifikācija tika veikta izmantojot grafisko metodi, pārbaudot datu homogenitāti. Katras gāzes stundas pirmo kvartiļu, trešo kvartiļu, minimālo, maksimālo un vidējo vērtību noteikšanai tika izmantota 25 000 koncentrāciju mērījumu datu kopa.

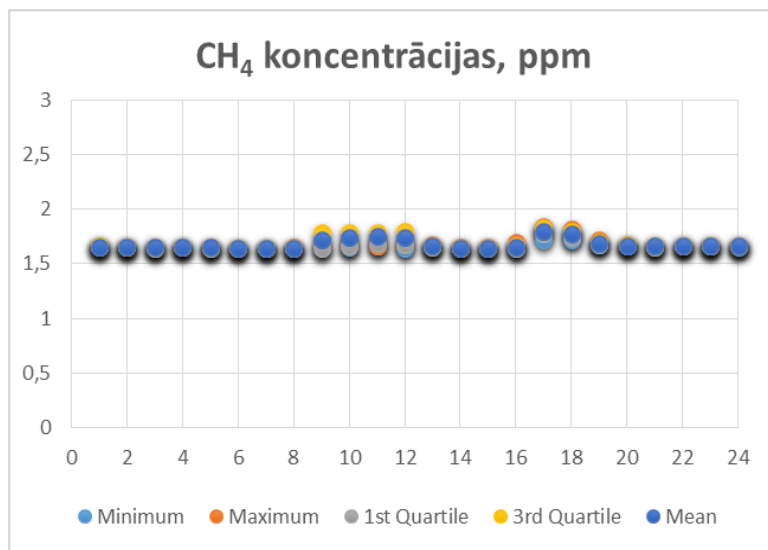
Oglekļa dioksīda koncentrācijas raksturojas ar iztektu mainību diennakts laikā (32.attēls), kas saistīta ar transporta plūsmu kā arī fotosintēzes un elpošanas procesiem dabiskajā vidē. Normāla  $CO_2$  koncentrācija atmosfērā tika novērota nakts stundās, kad satiksmes intensitāte ir viszemākā, izteikta variānce vērojama laika posmā no 8 00 rītā līdz 10 00, kas saistās ar satiksmes intensitātes izmaiņām iepriekšminētajā periodā.



32. ATTĒLS OGLEKĻA DIOKSĪDA DIENNAKTS KONCENTRĀCIJAS STRESA RAJONA

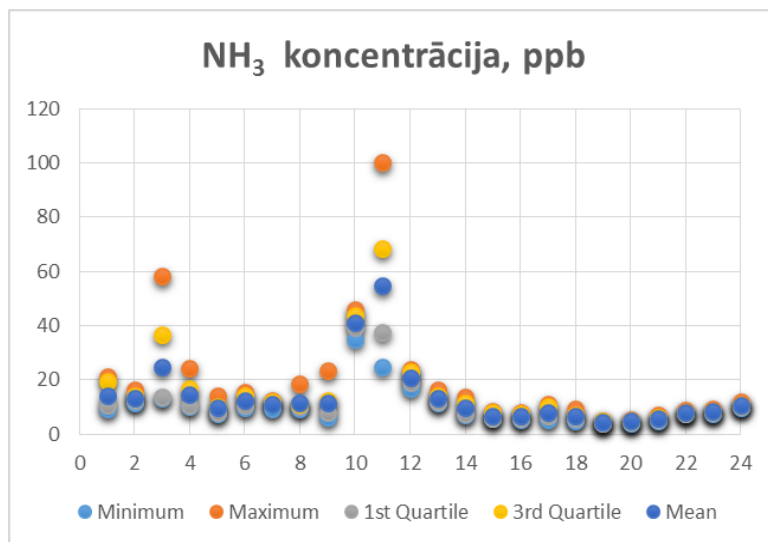


Metāna koncentrācijas ir stabilas un būtiski nemainās diennakts laikā (33.attēls). Nelielas koncentrācijas svārstības saistītas ar satiksmes plūsmas palielināšanos un nepilnīgiem sadegšanas procesiem dzinējos.



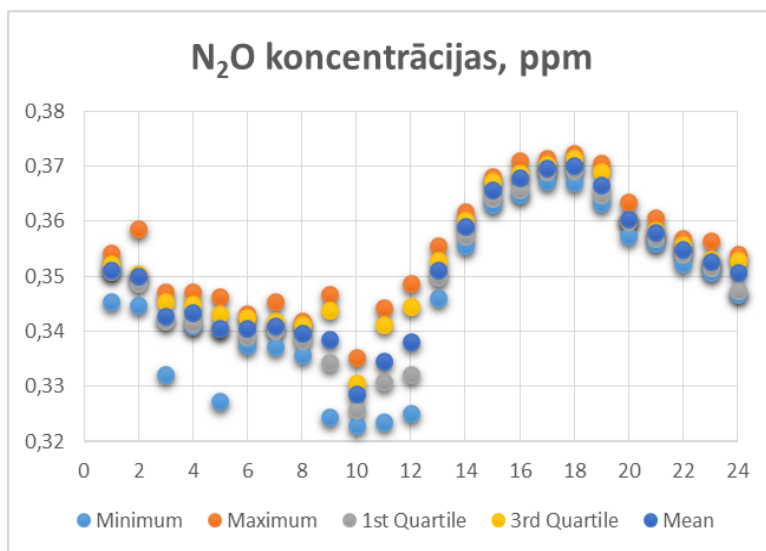
33. ATTĒLS METĀNA DIENNAKTS KONCENTRĀCIJAS STRESA RAJONĀ

Amonjaka koncentrācija atmosfērā saistās ar organisko vielu noārdīšanos. Amonjaka robežvērtības atmosfērā ir 2200 ppm, kad cilvēks sāk sajūst amonjaku. Fiksētās koncentrācijas ir desmitkārtīgi mazākas par robežvērtību (34.attēls).



34. ATTĒLS AMONJAKA KONCENTRĀCIJAS STRESA RAJONĀ

Dislāpekļa oksīds gaisā ir ļoti zemās koncentrācijās un galvenokārt tā izcelsme saistās ar anairobiem procesiem augsnē. Garfīkā attēlotā mainība ir saistīta ar ķīmiskajiem procesiem atmosfērā (35.attēls).



35. ATTĒLS DISLĀPEKĻA OKSĪDA KONCENTRĀCIJAS STRESA RAJONĀ

## VIDES PIESĀRŅOJUMA INDIKĀCIJA NOSAKOT SMAGO METĀLU SASTĀVU UN DAUDZUMU SNIEGA SEGĀ

Smagie metāli un mikroelementi ir it visur vidē, daži ir būtiski dzīvības procesiem (piemēram, dzelzs), bet, piemēram, dzīvsudrabs tiek uzskatīts par toksisku. Šo elementu līmenis vidē nosaka vietējo ķīmiju un antropogēnās emisijas, ar ietekmi uz cilvēka un vides veselību (Barbante et al., 2011).

Aktuāls var būt dzīves vides gaisa piesārņojums ar vielām, kuras ir tipiskas āra gaisa piesārņojuma gadījumos: sēra oksīds, smagie metāli, aerosoli u.c (Kļaviņš, 2012).

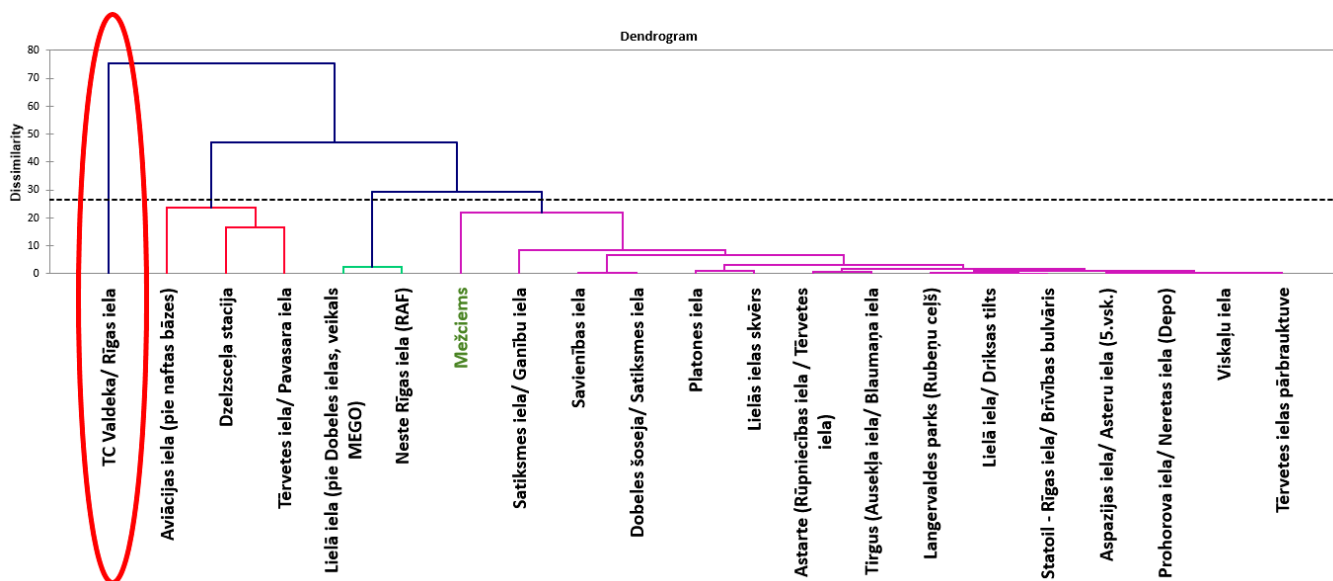
Metālkausēšanas rūpnīcu tuvumā augsne tiek pastiprināti piesārņota ar smagajiem metāliem. Ap šādām rūpnīcām izveidojas tā sauktie industriālie tuksneši, kur nav sastopami gandrīz nekādi augi un dzīvnieki (Kļaviņš, 2012).

Gaisa piesārņotājus cilvēki ieelpo. Putekļi, gāzes, dūmi, tvaiki, garaiņi u.c. pirmkārt tie iedarbojas uz augšējo elpceļu gļotādu, radot tajos patoloģiskas pārmaiņas. Mikroskopiskie putekļi iekļūst dziļi elpceļos, tie nonāk plaušu alveolās, kā arī kuņģī un zarnās. Uz putekļu virsmas var būt absorbētas toksiskas vielas. Gan šīs toksiskās vielas, gan pašas putekļu daļiņas var izraisīt ne tikai dažādas plaušu, bet arī citu organisma daļu bojājumus. No vides ieelpotās gāzes daļēji tiek izelpotas, bet daļēji organismā pārveidojas. Dažādi gaisa piesārņotāji, it īpaši metāli, var uzkrāties augsnē un nonākt zālē un dārzenos, tādējādi sasniedzot organismu caur barības ķēdi. Cilvēka organismam ir kaitīgi šādi smagie metāli: svins, dzīvsudrabs, kadmijs, varš, cinks, alva, arsēns, bet visbīstamākie ir dzīvsudrabs, kadmijs, svins. Smagie metāli pārtikas produktos nokļūst no rūpnieciskām gāzēm, automašīnu izplūdes gāzēm, putekļiem un piesārņota ūdens. Smagie metāli var izraisīt nopietnas nervu slimības, kaulu, aknu, nieru u.c. orgānu slimības. Dzīvsudrabs uzturā nav pieļaujams. Lielākā daļa vidē nokļuvušo toksisko metālu nokļūst cilvēku un dzīvnieku barības ķēdēs (Aulika, u.c. 2008). Smagie metāli ir dabīgi elementi, kam ir augsts atomu svars (Tchounwou et al., 2014) un to relatīvais blīvums ir lielāks par 5 g/cm<sup>3</sup>. Vides aizsardzībā atbilstoši metālu izmantošanai tautsaimniecībā un to savienojumu bīstamībai lielāka uzmanība tiek pievērsta tikai dažiem smagajiem metāliem, kā arī nemetāliem, kuru iedarbība var radīt draudus dzīvajiem organismiem, piemēram, arsēnam (As), dzīvsudrabam (Hg), kadmijam (Cd), selēnam (Se), varam (Cu), cinkam (Zn), hromam (Cr), niķelim (Ni), svinam (Pb), alvai (Sn), antimonam (Sb), bismutam (Bi), kobaltam (Co). Smagie metāli lielākoties augsnē nonāk:

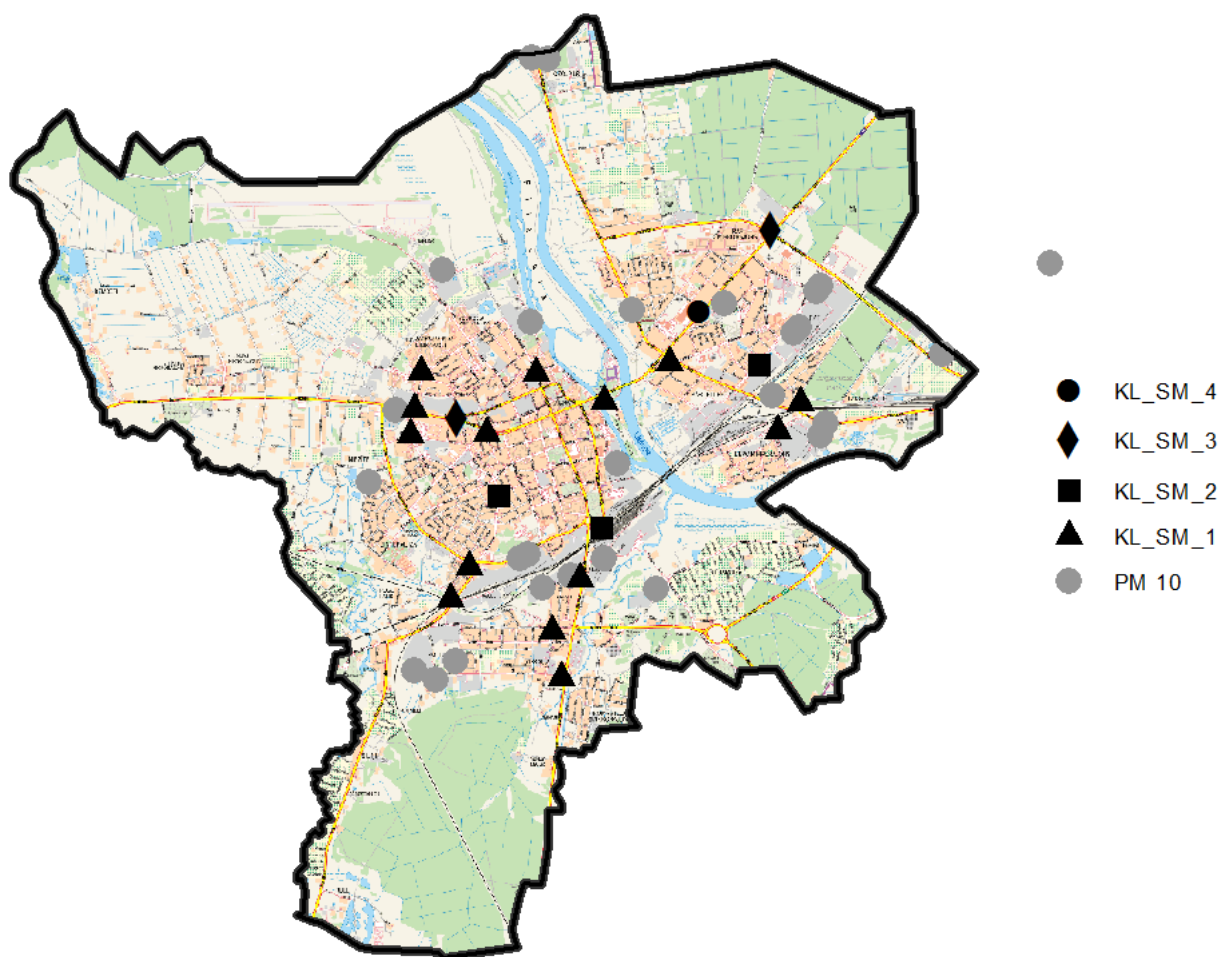
- rūpnieciskās darbības rezultātā;
- lauksaimniecības darbības rezultātā, mēslojot un kaļķojot augsni vai arī apūdeņojot teritoriju;
- uzglabājot atkritumus (sadzīves un rūpniecības);

- fosilā kurināmā sadedzināšanas rezultātā;
- autotransporta ekspluatācijas laikā (Kļaviņš, 2012).

Smagie metāli, kas ar dažādu piesārņojuma avotu izmešiem nonāk atmosfērā, ar laiku mitro un sauso nosēdumu veidā izgulsnējas uz augsnes. Ir aprēķināts, ka Eiropā gada laikā uz augsnes izsēžas 130 g/ha Ni, 500 g/ha Zn, 20 g/ha Pb, 75 g/ha Cu, 20 g/ha Cr, 3,5 g/ha Cd. Rūpnieciskās darbības, enerģētikas un transporta ietekmes dēļ smago metālu koncentrācija augsnes virsējā slānī globālā mērogā pieaug, jo augsnei piemīt ļoti augsta metālu sorbcijas spēja. Sevišķi augsts augsnes piesārņojums ir pilsētās, lielo rūpniecības uzņēmumu apkārtnē un gar automaģistrālēm (Kļaviņš, 2012).



36. ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS SMAGO METĀLU MĒRĪJUMI SNIEGĀ



37.ATTĒLS JELGAVAS PILSĒTAS SMAGO METĀLU MĒRĪJUMI SNIEGĀ, SADALĪJUMS PA PLĀSTERIEM

## SECINĀJUMI

1. Pēc gaisa tīrības indeksa IAP vērtībām, kas rāda **ilglaicīgu gaisa piesārņojumu**, 2016.gadā Jelgavā izdalītas trīs gaisa piesārņojuma zonas:

**I Augsta piesārņojuma zona** (ar stipri ierobežotu ķērpju apdzīvotību jeb ķērpju izdzīvošanas zona, kur I.A.P. ir no 0-110);

**II Vidēja piesārņojuma zona** (ar ierobežotu ķērpju apdzīvotību jeb pārejas zona, kur I.A.P. = 111 – 200);

**III Zema piesārņojuma zona** (bagāta ar ķērpjiem jeb dabas vides zona, kur I.A.P.> par 200).

2. **Augsta gaisa piesārņojuma zona 2016.gadā** Jelgavā kopumā aizņem 1,66 km<sup>2</sup> jeb 2,75% no visas pilsētas teritorijas: tā konstatēta 4 parauglaukumos, t. sk. Jelgavas pilsētas centra daļā – 3 vietās (Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu teritorija; SIA *Larelini* teritorija, Palīdzības iela) un ārpus centra – vienā vietā (pie dzelzceļa pārbrauktuves Langervaldes parka apkārtnē). Salīdzinot ar gaisa piesārņojuma rezultātiem 1996.gadā, minētā zona ir samazinājusies, bet, salīdzinot ar 2006.gada rezultātiem - nedaudz palielinājusies. Augsta piesārņojuma zonai Jelgavas centrā ir tendence samazināties, salīdzinot ar 1996. un 2006.gadu, bet ārpus centra tā sasniegusi to pašu apjomu, kas bijis 1996.gadā.

3. **Vidēja gaisa piesārņojuma zona 2016.gadā** Jelgavā kopumā aizņem 26,54 km<sup>2</sup> jeb 44,0 % no kopplatības. Salīdzinot ar iepriekšējiem rezultātiem 1996.gadā, tās platība nedaudz pieaugusi, bet, salīdzinot ar 2006.gada rezultātiem, samazinājusies. Pieaudzis vidējā gaisa piesārņojuma zonas īpatsvars Jelgavas centrā laikā no 1996. līdz 2016.gadam. Jelgavas pilsētas centrā dominē vidēja gaisa piesārņojuma zona (71,15 %), un tai ir tendence palielināties. Savukārt ārpus pilsētas centra vidēja gaisa piesārņojuma zona palielinājusies laikā no 1996. līdz 2006.gadam, bet no 2006.gada līdz 2016.gadam – samazinājusies.

4. **Zema gaisa piesārņojuma jeb tīra gaisa zona 2016.gadā** Jelgavas pilsētā kopumā aizņem vairāk kā pusi no pilsētas teritorijas - 32,12 km<sup>2</sup> jeb 53,25 %. Salīdzinot ar rezultātiem 1996. un 2006. gadā, kopumā tā Jelgavas pilsētas teritorijā ir nedaudz pieaugusi. Tomēr pilsētas centrā tīra gaisa zonai ir tendence samazināties. Ārpus pilsētas centra tīra gaisa zona laika gaitā palielinājusies.

5. Ķērpju monitoringa metodes (izmantojot ķērpja sugas *Hypogimnia physodes* transplantāciju) rezultāti raksturo **pašreizējo gaisa kvalitāti** 2016./ 2017.gadā 20 vietās Jelgavas pilsētā.

Konstatēti divi **ekoloģiskā stresa rajoni** – Prohorova ielas/ Neretas ielas (Depo) un Langervaldes parka apkārtnē (pie Rubeņu ceļa). Situācijas cēloņu noskaidrošanai nepieciešama papildus detāla izpēte. **Vidējs pašreizējais gaisa piesārņojums**, ko galvenokārt nosaka autotransports, konstatēts ap galvenajām ielām - Lietuvas šoseju, Tērvetes ielu, Rīgas šoseju, Dobeles šoseju un Satiksmes ielu, kā arī Jelgavas tirgus teritorijā. **Samērā laba gaisa kvalitāte** konstatēta vietās, kur piesārņojumu kļiedē

un uzlabo atklāti klajumi vai laukumi ar zālājiem un apstādījumiem, kā arī upju – Driksas un Lielupes tuvums (Aspazijas iela/ Asteru iela (5.vsk.), Tērvetes iela/ Pavasara iela, Lielā iela/ Ozolskvērs, Lielā iela/ Driksas tilts, Rīgas iela/ Brīvības bulvāris - Statoil, Aviācijas iela un Rīgas iela/ TC Valdeka). **Laba gaisa kvalitāte** sastopama ap Dzelzsceļa staciju un Dobeles ielu (veikals MEGO), kur apkārtnē ir salīdzinoši lielas atklātas telpas, kas veicina gaisa piesārņojuma izkliedi.

6. Ieteicams veikt Jelgavas pilsētas apstādījumu inventarizāciju, novērtējumu un papildināšanu, izmantojot pret gaisa piesārņojumu izturīgas koku un krūmu sugas. Gaisa kvalitātes uzlabošanai parkus, skvērus un laukumus ieteicams papildināt ar nelielām strūklakām un ūdens baseiniem.

7. Nepieciešami papildus modelēšanas darbi, punktvēida piesārņojuma potenciālo izplatības areālu noteikšanai.

8. Difūzo piesārņojumu ir iespējams kvalitatīvi analizēt, izmantojot ArcGIS platformu un kombinējot satiksmes apbūves ar individuālu apkures sistēmu datus.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Agarwal, S. K. Air Pollution. Delhi: APH Publishing Corporation, 2012. 323 pp. ISBN 8176488313
2. Agrios, G.N. Plant Pathology. Waltham, Massachusetts: Academic Press, 2005, 952 pp. ISBN 9780080473789
3. Apsimon, H., Pearce, D., Ozdemiroglu, E. Acid Rain in Europe: Counting the Cost. London: Routledge, 2013, 210 pp. ISBN 9781134180349
4. Asta, J., Erhardt, W., Ferretti, M., Fornasier, F., Kirschbaum, U., Nimis, P.L., Purvis, O.W., Pirintsos, S., Scheidegger, C., Van Haluwyn, C., Wirth, V. *European Guideline for Mapping Lichen Diversity as an Indicator of Environmental Stress*. London: The British Lichen Society, 2002. 18 pp.
5. Aulika, B., Avota, M., Baķe, M.Ā., u.c., (2008). *Vides veselība*. Rīga: Rīgas Stradiņu universitāte.
6. Āboliņa, A., Piterāns, A., Bambe, B. Latvijas ķērpji un sūnas. Taksonu saraksts.
7. Bačkor, M., Dzubay, A. Short-term and chronic effects of copper, zinc and mercury on the chlorophyll content of four lichen photobionts and related alga. *Journal of Hattori Botanical Laboratory*. 2004, vol. 95, pp. 271-284.
8. Balmes, J.R., Fine, J.M., Sheppard, D. Symptomatic bronchoconstriction after short-term inhalation of sulfur dioxide. *American review of respiratory disease*. 1987, vol. 136, pp. 1117-1121.
9. Barbante, C., Jacopo Gabrieli, J., Gabrielli, P., Vallelonga, P.T., Cozzi, G., Turetta, C., Hong, S., Rosman, K., Boutron, C., Cescon, P., (2011). *A historical record of heavy metal pollution in Alpine snow and ice*. Berlin: Persistent Pollution - Past, Present and Future.
10. Barkman J.J. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Van Gorcum. Assen. 1958, 628 p.
11. Batts, J.E., Calder, L.J., Batts, B.D. Utilizing stable isotope abundances of lichens to monitor environmental change. *Chemical Geology*. 2004, vol. 204, pp. 345-368.
12. Bell, J.N.B., Treshow, M. Air Pollution and Plant Life. New York: John Wiley & Sons, 2002, 465 pp. ISBN 9780471490913
13. Bell, M.L., Peng, R.D., Dominici, F. The exposure–response curve for ozone and risk of mortality and the adequacy of current ozone regulations. *Environmental Health Perspectives*. 2006, vol. 114, pp. 532-536.



14. Belnap, J., Harper, K., Warren, S. Surface disturbance of cryptobiotic soil crusts: nitrogenase activity, chlorophyll content, and chlorophyll degradation. *Arid Land Resources Management*. 1993, vol. 8, pp. 1-8.
15. Bloemen, H.J., Brun, J. Chemistry and Analysis of Volatile Organic Compounds in the Environment. Netherland: Springer, 1993, 290 pp. ISBN 9789401049535
16. Borrego, C.A., Brebbia, C.A. Air pollution XV. Southampton: WIT Press, 2007, 625 pp. ISBN 9781845642686
17. Breuer, K., Melzer, A. Heavy metal accumulation (lead and cadmium) and ion exchange in three species of Sphagnaceae. I. Main principles of heavy metal accumulation in Sphaganaceae. *Oecologia*. 1 990, vol. 82, pp. 461-467.
18. Cairns, J., Pratt, J.R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. D.M.Rosenberg, V.H.Resh, ed. Chapman and Hall: New York, 1993, pp. 10-27.
19. Cassee, F.R., Mills, N.L., Newby, D.E. Cardiovascular Effects of Inhaled Ultrafine and Nano-Sized Particles. Hoboken: Wiley, 2011, 576 pp. ISBN 9780470922774
20. Catalá, M., Gasulla, F., Pradas del Real, A.E., García-Breijo, F., Reig-Armiñanab, J., Barreno, E. The organic air pollutant cumene hydroperoxide interferes with NO antioxidant role in rehydrating lichen. *Environmental Pollution*. 2013, vol. 179, pp. 277-284.
21. Cheng, Y., Kan, H. Effect of the interaction between outdoor air pollution and extreme temperature on daily mortality in Shanghai, China. *Journal of Epidemiology*. 2012, vol. 22, pp. 28-36.
22. Clymo, R.S. Ion exchange in Sphagnum and its relation to bog ecology. *Annals of Botany*. 1963, vol. 27, pp. 309-324.
23. Conti, M.E., Cecchetti, G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment: a review. *Environmental Pollution*. 2001, vol. 114, pp. 471-492.
24. Damek-Poprawa, M., Sawicka-Kapusta, K. Damage to the liver, kidney, and testis with reference to burden of heavy metals in yellow-necked mice from areas around steelworks and zinc smelters in Poland. *Toxicology*, vol. 186, pp. 1-10.
25. Dobson F.S. Lichens – An Illustrated Guide to the British and Irish Species. Richmond Publishing. 2000, 431 p.
26. Durner, E.F. Principles of Horticultural Physiology. Massachusetts, Cambridge: CABI, 2013, 405 pp. ISBN 9781780643069
27. Elampari, K., Debaje, S.B., Jeyakumar, S.J. Chithambarathanu, T. Measurements of ozone and its precursor nitrogen dioxide and crop yield losses due to cumulative ozone exposures over 40 ppb (AOT40) in rural coastal southern India. 2013, vol 70, pp 357-371.
28. Emberson, L., Ashmore, M., Murray, F. Air Pollution Impacts on Crops and Forests: A Global Assessment. Singapore: World Scientific, 2003, 388 pp. ISBN 9781783261352
29. Estonian, Latvian & Lithuanian Environment. Vides pārskats Jelgavas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijai 2007.-2020. gadam. Jelgava. 2008. 103 lpp.

30. Ewan, K.B., Pamphlett, R. Increased inorganic mercury in spinal motorneurons following chelating agents. *Neurotoxicology*. 1996, vol. 17, pp. 343-349.
31. Falla, J., Gilly, P.L., Henryson, M., Morlot, D., Ferard, J.F. Biological Air Quality Monitoring: A Review. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2000, vol. 64, pp. 627-644.
32. Fenger, J., Hertel, O., Palmgren, F. *Urban Air Pollution - European Aspects*. Netherland: Springer, 1998, 482 pp. ISBN 9789401590808
33. Flagan, R.C., Seinfeld, J.H. *Fundamentals of Air Pollution Engineering*. New York: Dover Publications, 2012, 576 pp. ISBN 9780486488721
34. Fort, R., de Buergo, M.A., Gomez-Heras, M., Vazquez-Calvo, C. *Heritage, Weathering and Conservation, Two Volume Set: Proceedings of the International Heritage, Weathering and Conservation Conference (HWC-2006), 21-24 June 2006, Madrid, Spain*. Boca Raton: CRC Press, 2006, 1026 pp. ISBN 9780415412728
35. Fuga, A., Saiki, M., Marcelli, M.P., Saldiva, P.H.N. Atmospheric pollutants monitoring by analysis of epiphytic lichens. *Environmental Pollution*. 2008, vol. 151, pp. 334-340.  
Garty, J. Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens: Theory and application. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2001, vol. 20, pp. 309-371.
36. Ghio, A.J., Huang, Y.C. Exposure to concentrated ambient particles (CAPs): a review. *Inhalation Toxicology*. 2004, vol. 16, pp. 53-59.
37. Gillespie, A. *Climate Change, Ozone Depletion and Air Pollution: Legal Commentaries with Policy and Science Considerations*. Leiden: Brill Academic Pub, 2005, 430 pp. ISBN 9789004145207
38. Girard, J.E., Girard, J. *Principles of Environmental Chemistry*. Burlington: Jones & Bartlett Learning, 2014, 712 pp. ISBN 978-1449650155
39. Gurjar, B.R., Molina, L.T., Ojha, C.S.P. *Air Pollution: Health and Environmental Impacts*. Boca Raton: CRC Press, 2010, 556 pp. ISBN 9781439809631
40. Holgate, S.T., Koren, H.S., Samet, J.M., Maynard, R.L. *Air Pollution and Health*. Waltham, Massachusetts: Academic Press, 1999, 1065 pp. ISBN 9780080526928
41. Hunter L.J., Johnson, G.T., Watson, I.D. An investigation of three-dimensional characteristics of flow regimes within the urban canyon. *Atmospheric Environment*. 1992, vol. 26B, pp. 425-432.
42. Jarup, L. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*. 2003, vol. 68, pp. 167-182.
43. John E., Dale M.R.T. Neighbor relations within a community of epiphytic lichens and bryophytes. *The Bryologist*, No.98(1), p. 29-37. John E., Dale M.R.T. 1995. Neighbor relations within a community of epiphytic lichens and bryophytes. *The Bryologist*, No.98(1). 1995, p. 29-37.
44. Kagawa, J. Evaluation of biological significance of nitrogen oxide exposure. *Tokai journal of experimental and clinical medicine*. 1985, vol. 10, pp. 348-353.

45. Katsouyanni, K., Pantazopoulou, A., Touloumi, G., Tselepidaki, I., Moustiris, K., Asimakopoulos, D., Pouloupoulou, G., Trichopoulos, D. Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Archives of environmental health*. 1993, vol. 48 pp. 235-42.
46. Khiyami, M., Alyaman, E. Aerobic and facultative anaerobic bacteria from gut of red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*). *African Journal of Biotechnology*. 2008, vol. 7. pp.1432-1437.
47. Kļaviņš, M., (2012). *Vides piesārņojums un tā iedarbība* (102.-185. lpp). Rīga: LU akadēmiskais apgāds.
48. Knight, A.H., Crooke, W.M., Inkson, R.H.E. Cation-exchange capacities of tissues of higher and lower plants and their related uronic acid contents. *Nature*. 1961, vol. 192, pp. 142-143.
49. Kogevinas, M. Human health effects of dioxins: cancer, reproductive and endocrine system effects. *Human Reproduction Update*. 2001, vol. 7, pp. 331-339.
50. Koppmann, R. *Volatile Organic Compounds in the Atmosphere*. New York: Wiley-Blackwell, 2007, 512 pp. ISBN 978-0-470-99415-3
51. Kozioł, M. J., Whatley, F. R. *Gaseous Air Pollutants and Plant Metabolism*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013, 480 pp. ISBN 9781483165363
52. Krzyżanowski, M., Kuna-Dibbert, B., Schneider, J. *Health Effects of Transport-related Air Pollution*. Copenhagen: WHO Regional Office Europe, 2005. 190 pp. ISBN 9789289013734
53. Kumar, A. *Environmental Pollution and Agriculture*. New Delhi: A.P.H. Publishing Corporation, 2002, 531 pp. ISBN 9788176483216
54. Kuo, C.Y., Wong, R.H., Lin, J.Y., Lai, J.C., Lee, H. Accumulation of chromium and nickel metals in lung tumors from lung cancer patients in Taiwan. *Journal of Toxicology and Environmental Health A*. 2006, vol. 69, pp. 1337-1344.
55. Lasley, S.M., Gilbert, M.E. Glutamatergic components underlying lead-induced impairments in hippocampal synaptic plasticity. *Neurotoxicology*. 2000, vol. 21, pp. 1057-1068.
56. Lasley, S.M., Green, M.C., Gilbert, M.E. Rat hippocampal NMDA receptor binding as a function of chronic lead exposure level. *Neurotoxicology and Teratology*. 2001, vol. 23, pp. 185-189.
57. LeBlanc, F., DeSloover, J. Relations between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany*. 1970, vol. 48, pp. 1485-1496.
58. Leighton, P. *Photochemistry of Air Pollution*. Waltham, Massachusetts: Academic Press, 1971, 312 pp. ISBN 9780323156455
59. Lepp, N.W. *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants: Metals in the Environment*. New York: Springer Science & Business Media, 1981, 258 pp. ISBN 9789400980990
60. Liepiņa, L. *Vides kvalitātes izvērtēšana un gaisa piesārņojuma zonējuma izstrādāšana Jelgavas pilsētas administratīvajā teritorijā. Jelgavas pilsētas Domes materiāli*. Jelgava, 2006. 48 lpp.

61. Livingston, J.V. ed. Air Pollution: New Research. Nova Science Publishers, New York, 2006, 201 pp. ISBN 9781594545696
62. Loghman-Adham, M. Renal effects of environmental and occupational lead exposure. Environmental Health Perspectives. 1997, vol. 105, pp. 928-938.
63. Lohmus P. Forest lichens and their substrata in Estonia. Dissertationes Biologicae Universitatis Tartensis, No.107. 2005, 31 p.
64. Maczulak, A.E. Pollution : treating environmental toxins. New York: Facts on File, 2010. 232. pp.
65. Mandal, P.K. Dioxin: a review of its environmental effects and its arylhydrocarbon receptor biology. Journal of Comparative Physiology B. 2005, vol. 175, p.. 221-230.
66. Matyssek, R. Clarke, N., Cudlin, P., Mikkelsen, P.N., Tuovinen, J.P., Wieser, G., Paoletti, P. Climate Change, Air Pollution and Global Challenges: Understanding and Perspectives from Forest Research. Amsterdam: Elsevier, 2013, 648 pp. ISBN 9780080983424
67. McMurry, P.H., Shepherd, M.F., Vickery, J.S. Particulate Matter Science for Policy Makers: A NARSTO Assessment. Cambridge: Cambridge University Press, 2004, 542 pp. ISBN 9780521842877
68. Migaszewski, Z.M., Gałuszka, A., Paślowski, P. The use of the barbell cluster ANOVA design for the assessment of environmental pollution: A case study, Wigierski National Park, NE Poland. Environmental Pollution. 2005, vol. 133, pp. 213-223.
69. Mudd., J.B. Responses of Plants to Air Pollution. New York: Academic Press, 1975, 398 pp. ISBN 9780323152266
70. Nash, T. H. *Lichen Biology*, 2nd edn. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 502 pp. ISBN 9780521692168
71. Nawrot, T., Plusquin, M., Hogervorst, J., Roels, H.A., Celis, H., Thijs, L., Vangronsveld, J., Van Hecke, E., Staessen, J.A. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. Lancet Oncology. 2006, vol. 7, pp. 119-126.
72. Nicholson, S.E. A pollution model for street-level air. *Atmospheric Environment*. 1975, vol. 9, pp. 19-31.
73. Nimis, P.L., Scheidegger, C. and Wolseley, P.A. Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens: NATO science series IV: Earth and Environmental Sciences. vol. 7, London: Springer, 2002. 408 pp. ISBN 978-94-010-0423-7
74. Omasa, K., Saji, H., Youssefian, S., Kondo, N. Air Pollution and Plant Biotechnology: Prospects for Phytomonitoring and Phytoremediation. New York: Springer Science & Business Media, 2012, 455 pp. ISBN 9784431683889
75. Piterāns A. Vai pazīstam ķērpjus? Rīga: Zinātne, 1986. 55 lpp.
76. Piterāns, A. Latvijas ķērpju konspekts. Latvijas veģetācija. 2001, Nr. 5, 5-46. lpp.
77. Piterāns A., Bērziņa S. Rīgas pilsētas lihenindikācija. Latvijas ekoloģija. 1990, Nr. 2, 61-67. lpp.

78. Purvis, O.W., Seaward, M.R.D., Loppi, S. Lichens in a changing pollution environment: An introduction. *Environmental Pollution*. 2007, vol. 146, pp. 291-292.
79. Ratnaik, R.N. Acute and chronic arsenic toxicity. *Postgraduate Medical Journal*. 2003, vol. 79, pp. 391-396.
80. Riediker, M., Cascio, W.E., Griggs, T.R., Herbst, M.C., Bromberg, P.A., Neas, L., Williams, R.W., Devlin, R.B. Particulate matter exposure in cars is associated with cardiovascular effects in healthy young men, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2004, vol. 169, pp. 934-940.
81. Robert, F., Robert, N. *Introduction to Air Pollution Science: A Public Health Perspective*. Burlington: Jones & Bartlett Publishers, 2013. 333 pp. ISBN 9780763780449
82. Roberts, S. Interactions between particulate air pollution and temperature in air pollution mortality time series studies. *Environmental Research*. 2004, vol. 96, pp. 328-337.
83. Roy, B., Basu, A.K. *Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants: Breeding and Biotechnology*. New Delhi: New India Publishing, 2009, 544 pp. ISBN 9788189422943
84. Roshchina, V.V., Roshchina, V.D. *Ozone and Plant Cell*. New York: Springer Science & Business Media, 2003, 267 pp. ISBN 9789401725231
85. Ruhling, A., Tyler, G. Sorption and retention of heavy metals in the woodland moss *Hylocomium splendens* (Hedw.). *Br. et Sch. Oikos*. 1970, vol. 21, pp. 92-97.
86. Rutkovska, S. Augājs kā pilsētvides indikators Daugavpilī. Promocijas darbs. Rīga [LU], 2014. 120 lpp.
87. Sharama, A. *Environmental Chemistry*. Uttar Pradesh: Krishna Prakashan Media, 2007, 88 pp. ISBN 9788182830127
88. Sillet S.C., Goslin M.N. Distribution of epiphytic macrolichens in relation to remnant trees in a multiple-age Douglas-fir forest. *Can. J. For. Res.*, No.29. 1999, p.1204-1215.
89. Sondberg B., Palmqvist K., Esseen P.A., Renhorn K.E. Growth and vitality of epiphytic lichens. II. Modelling of carbon gain using field and laboratory data. *Oecologia*, No.109. 1997, p.10-18.
90. Sõmermaa A. Ecology of epiphytic lichens in main Estonian forest types. *Tartu: Scripta Mycologica*, No. 4. 1972, p.117.
91. Stern, C. *Fundamentals of Air Pollution*. Amsterdam: Elsevier, 2014. 508 pp. ISBN 9780323147675
92. Straupe, I., Piterāns, A. Jelgavas pilsētas centra lihenoindekatīvā analīze. No: Mežzinātne, Meža nozares augstākās izglītības 75.gadu jubilejai veltītās konferences materiāli. Jelgava: LLU, 1995, 125-130 lpp.
93. Tager, I.B., Balmes, J., Lurmann, F., Ngo, L., Alcorn, S., Kunzli, N. Chronic exposure to ambient ozone and lung function in young adults. *Epidemiology*. 2005, vol. 16, pp. 751-759.
94. Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.Y., (2014). Heavy Metals Toxicity and the Environment. *hhs publicē Access. Author manuscript. EXS. 2012; 101: 133–164.*

95. Thomke, F., Jung, D., Besser, R., Roder, R., Konietzko, J., Hopf, H.C. Increased risk of sensory neuropathy in workers with chloracne after exposure to 2,3,7,8-polychlorinated dioxins and furans. *Acta Neurologica Scandinavica*. 1999, vol. 57, pp. 3108–3111.
96. Tiwari, G.B.G.P.K. Lichens as an indicator for Air Pollution: A Review. *Indian Journal of Air Pollution Control*. 2008, vol. 8, pp. 8-17.
97. Tyler, G. Bryophytes and heavy metals: a literature review. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1990, vol. 104, pp. 231-253.
98. Torf, G. Hagmar, L., Giwercman, A. Bonde, J. P. Epidemiological evidence on reproductive effects of persistent organochlorines in humans. *Reproductive Toxicology*. 2004, vol. 19, pp. 5-26.
99. Uliczka H., Angelstam P. Occurrence of epiphytic macrolichens in relation to tree species and age in managed boreal forest. *Ecography* 22: Copenhagen. 1999, p. 396-405.
100. Kalniņš, V., Gaisa piesārņojuma sinerģiskā efekta novērtējums ar bioindikācijas un vides parametru metodēm: promocijas darbs inženierzinātņu doktora (Dr. sc.ing.) zinātniskā grāda iegūšanai vides zinātnes nozarē vides inženierzinātnes apakšnozarē/ zinātniskie vadītāji Rīvars Sudārs, Inga Straupe; Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Vides un būvzinātņu fakultāte. Vides un ūdenssaimniecības katedra. - Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 2016. 100 lpp.
101. Vallero, D. *Fundamentals of Air Pollution*, 5th Edition. Waltham: Academic Press, 2014. 996 pp. ISBN 9780124046023
102. Van Herk C.M. Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. *Lichenologist*, No.31(1). 1999, p. 9-20.
103. Veras, M.M., Caldini, E.G., Dolhnikoff, M., Saldiva, P.H. Air pollution and effects on reproductive-system functions globally with particular emphasis on the Brazilian population. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*. 2010, vol. 13, pp. 1-15.
104. Vermynen, J., Nemmar, A., Nemery, B., Hoylaerts, M.F. Ambient airpollution and acute myocardial infarction. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 2005, vol. 3, pp. 1955-1961.
105. Vernon, L.P. Spectrophotometric determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts. *Analytical Chemistry*. 1960, vol. 32, pp. 1144-1150.
106. Walkowiak, J., Wiener, J.A., Fastabend, A., Heinzow, B., Kramer, U., Schmidt, E., Steingruber, H.J., Wundram, S., Winneke, G. Environmental exposure to polychlorinated biphenyls and quality of the home environment: effects on psychodevelopment in early childhood. *Lancet*. 2001, vol. 358, pp. 1602-1607.
107. Wang, W., Schnoor, J.L., Doi, J. *Volatile Organic Compounds in the Environment*. West Conshohocken: ASTM International, 1996, 300 pp. ISBN 9780803120488
108. Will-Wolf S., Esseen P.-A., Neitlich P. Monitoring biodiversity and ecosystem function: forests. In: *Monitoring with Lichens-Monitoring Lichens*. Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. (eds.). 2002, p.203-222.
109. Witorsch, P., Spagnolo, S.M. *Air Pollution and Lung Disease in Adults*. Boca Raton: CRC Press, 1994, 336 pp. ISBN 9780849301810
110. Zereini, F., Wiseman, C.L.S. *Urban Airborne Particulate Matter: Origin, Chemistry, Fate and Health Impacts*. Berlin: Springer, 2010, 656 pp. ISBN 9783642122774

## PIELIKUMI

***Pielikums Nr 1. Gaisa piesārņojuma punktteida avoti Jelgavas teritorijā***

1. Cross Timber Systems SIA, Latvijas Republika, Jelgava Aviācijas iela 18
2. 'LAZURJ' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Sniega iela 56
3. 'VT EAST' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Kalnciema ceļš 134
4. Locitech Production, Latvijas Republika, Jelgava, Viskaļu iela 95
5. 'EIBE-L' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Graudu iela 6
6. "Latvijas dzelzceļš" VAS, Reģ. apsaimn. iec. Jelgavas nodaļa, Latvijas Republika, Jelgava, Jaunais ceļš 6
7. OAK, Latvijas Republika, Jelgava, Elektrības iela 8b
8. 'LATVIJAS DZELZCEĻŠ' valsts AS\_Ceļu distance\_ katlu māja Stacijas ielā 4, Latvijas Republika, Jelgava, Stacijas iela 4
9. SIA "Viada Baltija", DUS "Jelgava-1", Latvijas Republika, Jelgava, Rūpniecības iela 20D
10. "Rīgas Miesnieks" AS, Latvijas Republika, Jelgava, Savienības iela 8
11. 'ĢINTERMUIŽA' Jelgavas psihoneiroloģiskā slimnīca, valsts bezpeļņas SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Filozofu iela 69
12. 'EVOPIPES' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Langervaldes iela 2a
13. SIA "Eko PET", Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 18
14. JELGAVAS CIETUMS, Palīdzības iela 3, Jelgava, LV-3001
15. "Fortum Latvia" SIA, koģenerācijas stacija, Latvijas Republika, Jelgava, Ganību iela 71A
16. 'ELĪZA-K' AS, Latvijas Republika, Jelgava, Slokas iela 1
17. "Fortum Latvia" SIA, biokurināmā koģenerācijas stacija, Latvijas Republika, Jelgava, Rūpniecības iela 73A
18. 'RITALES' AS, Latvijas Republika, Jelgava, Dobeles šoseja 2
19. 'LIDUMS' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Rūpniecības iela 39
20. 'LATVIJAS DZELZCEĻŠ' valsts AS\_Ceļu distance\_ Jelgavas nodaļa, Latvijas Republika, Jelgava, Bauskas iela 5
21. 'MADARA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Rūpniecības iela 39
22. 'TS-RĪGA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 18a
23. "EFTEN Jelgava" SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Rīgas iela 48
24. FORTUM JELGAVA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 47
25. 'FORTUM JELGAVA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Neretas iela 10
26. 'FORTUM JELGAVA' SIA, katlu māja Kalnciema ceļā 109, Latvijas Republika, Jelgava, Kalnciema ceļš 109



27. 'LUKOIL BALTIJA R' SIA , DUS, Latvijas Republika, Jelgava, Lietuvas šoseja 72
28. 'FORTUM JELGAVA' SIA katlu māja Ganību ielā 71, Latvijas Republika, Jelgava, Ganību iela 71
29. 'MADARA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Salnas iela 28
30. "Latvijas autoceļu uzturētājs" VAS, Jelgavas ceļu rajons, Jelgavas DVI, Latvijas Republika, Jelgava, Savienības iela 2
31. 'FORTUM JELGAVA' SIA, katlu māja Rūpniecības ielā 73, Latvijas Republika, Jelgava, Rūpniecības iela 73
32. 'FORTUM JELGAVA' SIA, katlu māja Skautu ielā 1a, Latvijas Republika, Jelgava, Skautu iela 1a
33. AS "Baltijas Gumijas Fabrika", Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela .
34. 'FERRUS' AS, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 42
35. 'JELGAVAS MAŠĪNBŪVES RŪPNĪCA' AS, Latvijas Republika, Jelgava, Krišjāņa Barona iela 40
36. 'NESTE LATVIJA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Atmodas iela 21b
37. "East Bend Company" SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Viskaļu iela 74
38. 'NESTE LATVIJA' SIA, DUS, Latvijas Republika, Jelgava, Meiju ceļš 42
39. 'ELEJAS BĒRNU UN ĢIMEŅU ATBALSTA CENTRS' Jelgavas novada pašvaldība, Latvijas Republika, Jelgava, Parka iela 11
40. 'NESTE LATVIA' SIA, DUS, Latvijas Republika, Jelgava, Loka maģistrāle 2a
41. "Cremo" SIA, Lolojuma dzīvnieku (mīldzīvnieku) krematorija, Latvijas Republika, Jelgava, Uzvaras iela 59
42. 'ZEMGALES VESELĪBAS CENTRS' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Zemgales prospekts 15
43. "Latvijas Piens" SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Langervaldes iela 7
44. 'PET BALTIJA' AS, PET pudeļu pārstrādes uzņēmums, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 18
45. 'LATVIJA STATOIL' SIA, DUS-51, Latvijas Republika, Jelgava, Satiksmes iela 29
46. 'LATVIJA STATOIL' SIA, DUS-50, Latvijas Republika, Jelgava, Akadēmijas iela 20
47. 'LATVIJA STATOIL' SIA, DUS-49, Latvijas Republika, Jelgava, Brīvības bulvāris 1
48. VSAC "Zemgale", filiāle"Jelgava", Latvijas Republika, Jelgava, Kalnciema ceļš 109
49. 'ASTARTE-NAFTA' SIA, DUS Nr.23 Jelgavā, Latvijas Republika, Jelgava, Rūpniecības iela 75a
50. 'ASTARTE-NAFTA' SIA, DUS Nr.21 Jelgavā, Latvijas Republika, Jelgava, Lielā iela 40
51. 'KONEKESKO LATVIJA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Rubeņu ceļš 46c
52. 'AKG THERMOTECHNIK LETTLAND' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 34
53. 'JELGAVAS PILSĒTAS SLIMNĪCA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Brīvības bulvāris 6

54. 'AUTO-REMONTS' AS, Latvijas Republika, Jelgava, Dobeles iela 47
55. 'GREEN WORLD' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Rubeņu ceļš 2
56. 'LAIMDOTA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Katoļu iela 7
57. 'NP JELGAVAS BIZNESA PARKS' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 18
58. 'ASTARTE-NAFTA' SIA, DUS Nr.3 Jelgavā, Latvijas Republika, Jelgava, Dambja iela 25
59. "MITAU STEEL" SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 18C
60. Akvarius, Rubeņu ceļš 2E, Jelgava, Latvijas Republika, Jelgava, Rubeņu ceļš 2E
61. 'TRANSPORTBETONS MB' SIA \_struktūrvienība Jelgava, Latvijas Republika, Jelgava, Graudu iela 4
62. 'ZN METĀLAPSTRĀDE' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 18
63. Keramika LV SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Rīgas iela 67
64. "DANFORT" SIA, naftas bāze, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 10
65. 'BERLING' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Dambja iela 13
66. "LDZ ritošā sastāva serviss", Lokomotīvu Remonta Centrs, Rīgas iecirknis, Jelgavas cehs, Latvijas Republika, Jelgava, Prohorova iela 30
67. 'WESEMANN' SIA, Jelgavas GK, Latvijas Republika, Jelgava, Savienības iela 8
68. 'JELGAVAS DZIRNAVAS' AS, Latvijas Republika, Jelgava, Bauskas iela 2
69. 'JELGAVAS DZIRNAVAS' AS, graudu kaltes, Latvijas Republika, Jelgava, Bauskas iela 2
70. 'LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE', Latvijas Republika, Jelgava, Lielā iela 2
71. 'FLORA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Tērvetes iela 85
72. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Dobeles ielā 41, Latvijas Republika, Jelgava, Dobeles iela 41
73. 'LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE', 10. dienesta viesnīcas katlu māja, Latvijas Republika, Jelgava, Pumpura iela 7
74. 'LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE', Ražošanas apmācības katedras Katlu māja, Latvijas Republika, Jelgava, Paula Lejiņa iela 2
75. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Latvijas Republika, Jelgava, Akadēmijas iela 19
76. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Veterinārā fakultāte, k.m., Helmaņa iela 8/10, Latvijas Republika, Jelgava, Kristapa Helmaņa iela 8/10
77. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Latvijas Republika, Jelgava, Raiņa iela 1
78. 'LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE' \_ sporta zāle Tērvetes 91D \_ katlu māja, Latvijas Republika, Jelgava, Tērvetes iela 91d
79. 'LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE', Ekonomikas fakult.katlu māja Svētes ielā 18, Latvijas Republika, Jelgava, Svētes iela 18

80. 'LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE', Mehan. fakultātes katlu māja Čakstes bulv.7, Latvijas Republika, Jelgava, Jāņa Čakstes bulvāris 7
81. 'SPORTA KOMPLEKSS ZEMGALE' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Rīgas iela 11
82. Virāža A SIA, AGUS Rūpniecības ielā, Latvijas Republika, Jelgava, Rūpniecības iela 77
83. Virāža A SIA, AGUS Rīgas ielā, Latvijas Republika, Jelgava, Rīgas iela 48a
84. SIA "Latvijas nacionālā naftas kompānija" DUS Jelgavā, Lietuvas šoseja 2, Latvijas Republika, Jelgava, Lietuvas šoseja 2
85. SIA "Latvijas nacionālā naftas kompānija" DUS Jelgavā, Rīgas iela 56, Latvijas Republika, Jelgava, Rīgas iela 56
86. SIA "Latvijas nacionālā naftas kompānija" DUS Jelgavā, Dobeles šoseja 59, Latvijas Republika, Jelgava, Dobeles šoseja 59
87. "ZELTA VĀRPA AGRO" SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Ganību iela 78a
88. 'UNIVERSĀLS Ltd' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 6
89. Signum, Latvijas Republika, Jelgava, Lietuvas šoseja 2
90. 'LATVIJAS PROPĀNA GĀZE' SIA, Jelgavas AGUS, Latvijas Republika, Jelgava, Dobeles šoseja 61
91. 'LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE', katlu māja Strazdu ielā, Latvijas Republika, Jelgava, Strazdu iela 1
92. 'EUROMAINT RAIL' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Rūpniecības iela 39
93. 'DĀRZS' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Dobeles šoseja 45a
94. 'IGATE' ceļu būvniecības SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Satiksmes iela 7
95. AR Nami, Katlu māja, Latvijas Republika, Jelgava, Zirgu iela 12
96. 'IGATE' ceļu būvniecības SIA, ASFALTBETONA RŪPNĪCA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 18k
97. VS Color, Latvijas Republika, Jelgava Ruļļu 8d
98. 'NAV LAIKA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Pērnavas iela 4
99. Auto mikss 111 SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Dobeles iela 62a
100. 'JELGAVAS TIPOGRĀFIJA' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Langervaldes iela 1a
101. AKTAVA SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Tērvetes iela 85c
102. "FERO M", SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 18N
103. Igates betons, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 18k
104. 'INTRANSSERVISS' SIA, Latvijas Republika, Jelgava, Aviācijas iela 30
105. 'RAUTAKESKO' AS, veikals 'K- Rauta', Latvijas Republika, Jelgava, Rīgas iela 50a
106. 'LDZ infrastruktūra' SIA Jelgavas nodaļa, Latvijas Republika, Jelgava, Jaunais ceļš 6