

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA

**GAISA KVALITĀTES APRĪKOJUMA “GRIMM” STACIJAS
IZMANTOŠANA PUTEKŠŅU PĒTĪJUMOS
BAKALaura DARBS**

Autors: Tince Balode

Stud. apl. tb15002

Darba vadītājs: Olga Ritenberga,

Dr. geogr.

RĪGA 2018

SATURS

ANOTĀCIJA.....	3
ANNOTATION.....	4
IEVADS	5
1. LITERATŪRAS APSKATS.....	8
1.1 Putekšņu monitorings Latvijā un pasaulē klimata mainības ietekmē.....	8
1.2 Putekšņu veidi un to sezonas	10
1.3 Putekšņu morfoloģija.....	11
1.4 Putekšņu negatīvā ietekme.....	13
1.5 Burkard uztvērējs.....	14
1.6 Gaisa kvalitātes stacija “GRIMM”	15
1.7 Putekšņu uzskaites automatizācija.....	16
2. MATERIĀLI UN METODES	20
2.1. Paraugu apstrādes metodika.....	20
2.2. Datu analīze	21
2.3. Datu precizitāte	23
3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	24
3.1. Burkard un GRIMM datu analīze	24
3.2. Meteoroloģisko rādītāju ietekme uz Burkard un GRIMM datiem	27
SECINĀJUMI	34
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	35
PIELIKUMI.....	40

ANOTĀCIJA

Bakalaura darba tēma ir gaisa kvalitātes aprīkojuma “GRIMM” stacijas izmantošana putekšņu pētījumos. Darbā tiek analizēti 2014. gada pavasara putekšņu, gaisa kvalitātes stacijas un meteoroloģiskie dati. Pētījuma sākumā tiek izvirzīta hipotēze, ka kvalitātes stacijas GRIMM datus ir iespējams izmantot putekšņu pētījumos. Tiek izmantoti gaisa kvalitātes stacijas dati, kuri atbilst anemofilo putekšņu izmēriem, iegūtie dati tiek salīdzināti ar pētāmo putekšņu datiem. Tiek apskatīta arī meteoroloģisko faktoru ietekme uz Burkard uztvērēja un gaisa kvalitātes stacijas GRIMM datiem. Darba mērķis ir izpētīt, vai gaisa kvalitātes stacijas GRIMM lielo frakciju (18,75- 34 μm) dati ir izmantojami putekšņu pētījumos – kopējā diennakts putekšņu daudzuma mērīšanai un reālā laika putekšņu summārā daudzuma novērojumos.

Atslēgas vārdi: aerobioloģija, putekšņi, cietās daļiņas, Burkard uztvērējs, gaisa kvalitātes stacija GRIMM, putekšņu automatizēta uzskaitē, Rīga

ANNOTATION

The title of the bachelor thesis is: Use of Air quality station “GRIMM” data for pollen studies. Pollen, particular matter and meteorological data for the 2014 spring was used for analysis. The hypothesis of the study is that GRIMM dust monitoring station data can be used in pollen studies. The necessary size of fraction which is closer to anemophilous pollen was used and compared with the pollen data. The study examines also the influence of meteorological factors on the Burkard sampler and GRIMM air quality station data. The aim of the work is to study whether the GRIMM big-fraction (18,75- 34 μm) data of the dust monitoring station can be used for pollen studies - the total daily pollen measurement and the observation of the amount of pollen in real-time.

Keywords: aerobiology, pollens, particular matter, Burkard sampler, GRIMM dust monitoring station, automated pollen counting, Riga

IEVADS

Putekšņi ir vieni no nozīmīgākajām, atmosfērā esošajām, bioloģisko daļiņu grupām (Nowosad, 2016). Putekšņus, kas ir daļa no bioloģiskajiem aerosoliem, var uzskatīt par bioloģisko piesārņojumu, kam ir liela ietekme uz cilvēka organismu, un tie ir vieni no galvenajiem elpceļu alergiju izraisītājiem. Putekšņu pētījumi kļūst arvien aktuālāki Latvijā un pasaulē (Myszowska, 2014; Puc and Kasprzyk, 2013; Šaulienė et al., 2014; Ritenberga et al., 2012).

Latvijā veiktajos pētījumos tiek runāts par putekšņu ietekmi uz cilvēku veselību, jo aptuveni 20 % no Latvijas iedzīvotājiem ir alergija pret gaisā esošajām bioloģiskajām daļiņām (Ritenberga and Kalnina, 2011). Pārsvārā šie cilvēki cieš no polinozes vai astmas, kas lielā mērā var ietekmēt cilvēka pašsajūtu un dzīves kvalitāti (Lake et al., 2017). Pētījumos pasaulē arī ir konstatēts, ka putekšņu koncentrācijas līmenis ir pieaudzis, un ir vērojamas izmaiņas putekšņu sezonas sākuma un beiguma datumos (Stepalska et al., 2016). Putekšņu pētījumu veikšana, rezultātu atspoguļošana un tālāko prognožu veikšana, ļauj laicīgi uzsākt polinozes pacientu profilaktisku ārstēšanu (Ritenberga, 2017).

Putekšņu pētījumi ir svarīgi ne tikai no alergijas viedokļa. Tiem ir būtiska nozīme lauksaimniecībā. Sezonālais putekšņu indekss, kas tiek saukts arī pat sezonālo putekšņu integrālu (pēc būtības - putekšņu koncentrācija summa sezonas garumā) (Ritenberga, 2017 pēc Bastl et al., 2016; D'Amato et al., 2007; Huynen et. al, 2003) tiek izmantots kā indikators dažādu augļu koku, kā olīvkoku, vīnogu produktivitātes noteikšanai (Ritenberga, 2017 pēc Dhiab et al., 2016; Orlandi et al., 2005; Oteros et al., 2013; Prasad et al., 1999). Putekšņu indekss darbojas arī kā indikators augu reakcijai uz noteikto klimata pārmaiņām (Ritenberga, 2017 pēc Hatfield and Prueger, 2015; Hedhly et. al., 2009; Storkey et al., 2014).

Bakalaura darba pētījuma aktualitāte ir saistīta ar aerobioloģisku novērojumu metožu pilnveidošanu. Eiropā un pasaulē (Crouzy et al., 2016; Oteros et al., 2015) jau vismaz 5 gadu laikā, notiek pakāpeniskā putekšņu monitoringa automatizācija. Lielākā daļā monitoringa staciju joprojām tiek izmantoti vecie (izgudroti vairāk nekā pirms 50 gadiem) Burkarda tipa uztvērēji (Hirst, 1954), kuru dati ir pieejami ar 1- 2 nedēļu nobīdi, un tāpēc ir problemātiski datus izmantot prognozēšanas vajadzībām. Šobrīd reālā laika monitori tiek izmantoti putekšņu pētījumos Vācijā un Šveicē. Putekšņu monitoru iegādes, uzstādīšanas un apkalpošanas izmaksas ir pārāk lielas, lai tos varētu atļauties uzstādīt katrā no Eiropas Aerobioloģijas tīkla novērojumu punktiem. Monitoru darbības precizitāte nepārtraukti tiek uzlabota, palielinot attēlu atpazīšanas bibliotēku ar jauniem putekšņu attēliem (Oteros et al., 2015).

Ņemot vērā, ka Burkard uztvērējs sniedz informāciju par putekšņu koncentrāciju ar vienas nedēļas nobīdi, būtu vērtīgi novērtēt iespēju iegūt kopējā putekšņu daudzuma datus reālā laikā, izmantojot gaisa kvalitātes stacijas datus. Gaisa kvalitātes stacija "GRIMM" sniedz informāciju par reālā laika aerosolu esamību gaisā. Stacija skaita visas cietās daļiņas, kuru izmērs ir robežās 0.25- 35 μm (Ritenberga and Steinberga, 2016). Abas šīs novērojumu stacijas ir novietotas Rīgas centrā - uz Latvijas Universitātes galvenās ēkas jumta. Anemofīlo augu putekšņu vidējie izmēri variē 25-30 μm (Ritenberga and Steinberga, 2016) intervālā, kas ļauj secināt, ka gaisa kvalitātes stacijas dati varētu būt izmantojami kopējā putekšņu daudzuma mērīšanai reālā laikā.

Novitāte: Gaisa kvalitātes stacijas datu izvērtējums reālā laika putekšņu novērojumiem.

Hipotēze: Kvalitātes stacijas GRIMM attiecīgā lāzeru kanāla datus ir iespējams izmantot putekšņu pētījumos, jo 18,75- 34 μm uztvertās daļiņas ir putekšņu graudi.

Darba mērķis: Izpētīt, vai gaisa kvalitātes stacijas GRIMM lielo frakciju (18,75- 34 μm) dati ir izmantojami putekšņu pētījumos – kopējā diennakts putekšņu daudzuma mērīšanai un reālā laika putekšņu summārā daudzuma novērojumos.

Darba uzdevumi:

- Apkopot pieejamo literatūru par aerobioloģijas pētījumiem Latvijā un pasaulē;
- Izvēlēties sugu taksonus kopējās diennakts un summārās putekšņu daudzuma mērīšanai;
- Veikt kopējās diennakts un summāro putekšņu dinamikas novērtēšanu izmantojot Burkard uztvērēja datus;
- Izmantojot GRIMM datus, veikt aerobioloģisko datu novērtēšanu;
- Veikt meteoroloģisko, putekšņu un gaisa kvalitātes stacijas datu salīdzināšanu, sakarību meklēšanu izmantojot datu grafiskās un statistiskās apstrādes metodes;
- Izpētīt likumsakarības starp Burkard uztvērēja un gaisa kvalitātes stacijas GRIMM datu parametriem;
- Izdarīt secinājumus, vai kvalitātes stacijas GRIMM lielo frakciju (18,75- 34 μm) dati ir izmantojami putekšņu pētījumos.

Bakalaura darbs sastāv no anotācijas latviešu un angļu valodā, ievada, 3 nodaļām un 13 apakšnodaļām. Darba apjoms bez pielikumiem ir 39 lpp, tajā iekļauti 20 attēli.

Pirmo nodaļu veido literatūras apskats, tajā tiek aprakstīts putekšņu monitorings Latvijā un pasaulē klimata mainības ietekmē, putekšņu veidi un to sezonas, putekšņu morfoloģija un to

negatīvā ietekme uz cilvēka veselību. Nodaļā tiek aprakstīts Burkard uztvērējs, gaisa kvalitātes stacija GRIMM, kā arī putekšņu uzskaites automatizācija.

Otrajā nodaļā tiek aprakstīti pētījumā izmatotie materiāli un metodes. Tiek aprakstītas paraugu apstrādes metodikas, datu analīze, kur tiek veikta Burkard un GRIMM datu apstrāde, meteoroloģisko datu vidējo vērtību aprēķināšana, statistiskās analīzes apraksts, kā arī datu precizitātes apraksts.

Trešajā nodaļā tiek aprakstīti pētījumā iegūtie rezultāti. Tiek atspoguļotas Burkard uztvērēja un gaisa kvalitātes stacijas GRIMM absolūtie un normalizētie dati, skaidrota datu sakritība. Nodaļā tiek apskatīta meteoroloģisko datu ietekme uz Burkard un GRIMM datiem, kā arī tiek aprakstīti lineārās regresijas rezultāti.

Darba rezultātu aprobācija:

Daļa no bakalaura darba rezultātiem tika prezentēta Latvijas Universitātēs starptautiskās 76. Zinātniskās konferences sekcijā “Vides piesārņojums; novērojumi un risinājumi” 2018. gada 30. janvārī (1. pielikums) un stenda ziņojuma “Gaisa kvalitātes aprīkojuma izmantošana putekšņu pētījumos” tēzes ir nopublicētas LU 76. zinātniskās konferences ĢZZF referātu tēžu krājumā “Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne” (Balode and Ritenberga 2018).

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1 Putekšņu monitorings Latvijā un pasaulē klimata mainības ietekmē

Aerobioloģija ir starpdisciplināra zinātnes nozare, kas fokusējas uz bioloģiskās izcelsmes daļiņu izpēti gaisā. Tā pēta putekšņus, sporas, kā arī vīrusus un baktērijas, kas tiek pārnesti ar gaisa plūsmas palīdzību. Tāpat, aerobioloģija pēta un skaidro bioloģisko aerosolu ietekmi uz cilvēku veselību un labsajūtu (Ritenberga and Kalnina, 2011).

Latvijā aerobioloģija sāka attīstīties pēdējo 15 gadu laikā, kamēr Eiropā bioloģisko aerosolu izpēte ilgst 50-70 gadu. Aerobioloģijas monitorings Rīgā tika uzsākts 2003. gada 26. martā, kad uz Latvijas Universitātes ēkas jumta tika uzstādīts Burkard sporu – putekšņu uztvērējs (Ritenberga and Kalnina, 2011). Sākot ar 2015.gadu Latvijā tiek veikti nozīmīgi pētījumi putekšņu prognozēšanas jomā (Ritenberga et al., 2018, 2017, 2016; Sofiev et al., 2017)

Aerobioloģiskie pētījumi ir ļoti cieši saistīti ar klimatoloģiju un meteoroloģiju. Meteoroloģiskie dati līdz ar putekšņu un sporu datiem tiek izmantoti likumsakarību meklēšanā un aerobioloģisku procesu analizē. Aerobioloģiskajos pētījumos tiek novērota augu agrāka ziedēšana, kam ir cieša korelācija ar ikgadējo vidējās gaisa temperatūras pieaugumu (Myszkowska, 2014). Pēc pieejamās informācijas, vidējā gaisa temperatūra Eiropā periodā 2006.- 2015. gadam kļuva par 1,5 °C augstāka (Füssel et al., 2017). Pētījumos pasaulē, apstiprinās izvirzītās hipotēzes par globālās sasilšanas ietekmi uz augiem. Ir vērojamas izmaiņas starp bioloģisko aerosolu sezonas sākuma un beiguma datumiem (Spieksma et al., 2000). Zināšanas par šo faktoru mijiedarbību palīdz interpretēt aerobioloģiskos datus un veidot precīzākus modeļus alerģisko putekšņu koncentrācijas noteikšanai atmosfērā (Puc and Kasprzyk, 2013).

Gaisa temperatūras paaugstināšanās ietekmē augu bioloģiskos procesus. Dažiem augiem, kuru ziedēšana un apputeksnēšanās notiek agri pavasarī, ir nepieciešamas zemas gaisa temperatūras, un tie ir jutīgi pret temperatūru paaugstināšanos. Kā, piemēram, lazdas ir jutīgas attiecībā pret temperatūru svārstībām, mitrumu un stipru vēju, bet tolerantas pret aukstumu, sniegu un salu, kad temperatūra var pazemināties līdz -15 °C (Črepinšek et al., 2012). Ziemā ziedošie koki, piemēram, alksnis (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner), var pārciest nelabvēlīgu klimatisko apstākļu periodus, samazinot metabolisko aktivitāti agrā rudens periodā (González-Parrado et al., 2006).

Putekšņu sezonas ilgumā ir vērojamas izmaiņas. Gados, kad gaisa temperatūras ir augstākas, putekšņu sezonas ilgums var būt īsaks, atšķirībā no gadiem, kad vidējās gaisa temperatūras ir zemākas (Kasprzyk, 2003). Putekšņu sezonu pētījumos ir novērota augsta datu mainība noteiktos gados gan attiecībā uz putekšņu sezonas ilgumu, gan koncentrācijas pakāpi. Dažos gadījumos sezonas ir kļuvušas garākas, pat līdz rudens ziedēšanas periodam (Malkiewicz, Drzeniecka-Osiadacz and Krynicka, 2016; Stepalska et al., 2016). Līdzīgi pētījumi pierāda, ka, līdz ar klimata pārmaiņām, ozola un bērza putekšņu sezonām ir tendence sākties agrāk, pat par 10 dienā un kopējā novērojamā putekšņu koncentrācija ir palielinājusies, kā arī vērojama kopējā putekšņu skaita palielināšanās visā Eiropā. Klimata pārmaiņu jautājumos tiek ziņots, ka novērotās un nākotnē prognozētās klimata izmaiņas nav vienmērīgas, kā arī visu augu sugu reakcija uz šīm izmaiņām nav prognozējama viennozīmīgi, augu ziedēšanas sezonas atšķirības var būt saistītas ar klimata izmaiņām reģionālajā līmenī (Hansen et al., 2013; Füssel et al., 2017).

Lazdas un alkšņa putekšņi ir pirmie, kas tiek konstatēti gaisā. Meteoroloģiskie apstākļi nosaka putekšņu sezonas sākšanos, kā arī sezonas beigas (Puc and Kasprzyk, 2013). Fenoloģisko un aerobioloģisko pētījumu veikšanā, ko ir izstrādājuši Puc un Kasprzyk pilsētās Ščecinā (Szczecin), tika konstatēts, lazdas putekšņu sezonas ilgums pētījuma periodā 2009.-2011. gadam mainījās par 14-34 dienām Polijas ZR (Ščecinā) un 8-13 dienām Polijas DA (Žešovā). Alkšņa putekšņu emisijas sezonas ilgums minētajās pilsētās mainījās no 12-41 dienai (Ščecinā) un 5-35 dienām (Žešovā) (Puc and Kasprzyk, 2013). Ščecinā un Žešovā (Rzeszow) laika posmā 2009.-2011. gadam, tiek konstatēts, ka lazdas un alkšņu putekšņi ir sastopami gaisā ilgu laiku pēc putekšņu sezonas beigām (Puc and Kasprzyk, 2013). Alkšņa sporas gaisa sastāvā tika konstatētas pat jūnijā Ščecinā un maija beigās Žešovā 2010. gadā (Puc and Kasprzyk, 2013).

Polijā, Vroclovā (Wroclaw) lazdas un alkšņa putekšņi ir vieni no pirmajiem, kas ir konstatējami gaisa sastāvā. 2004.-2007., atšķirības starp *Corylus* un *Alnus* putekšņu parādīšanos bija vidēji 10 dienas (Malkiewicz et al., 2016). Līdzīgi notiek arī Latvijā.

Pētījumā, kas veikts Lielbritānijā, tika novērots, ka lazdas putekšņu emisijas sezona (26 dienas) ir garāka nekā alkšņa (15 dienas) (Emberlin et al., 2007). Pētījumi, kas veikti Krakovā 1991.-2010. gadam, salīdzinot alkšņa un lazdas sporu sezonas sākšanos dažādās temperatūrās (-4 °C un 4 °C), tika noskaidrots, ka lielāka iespēja sezonās sākumam pie zemām temperatūrām (-4 °C) alksnim nekā lazda (Myszkowska, 2014).

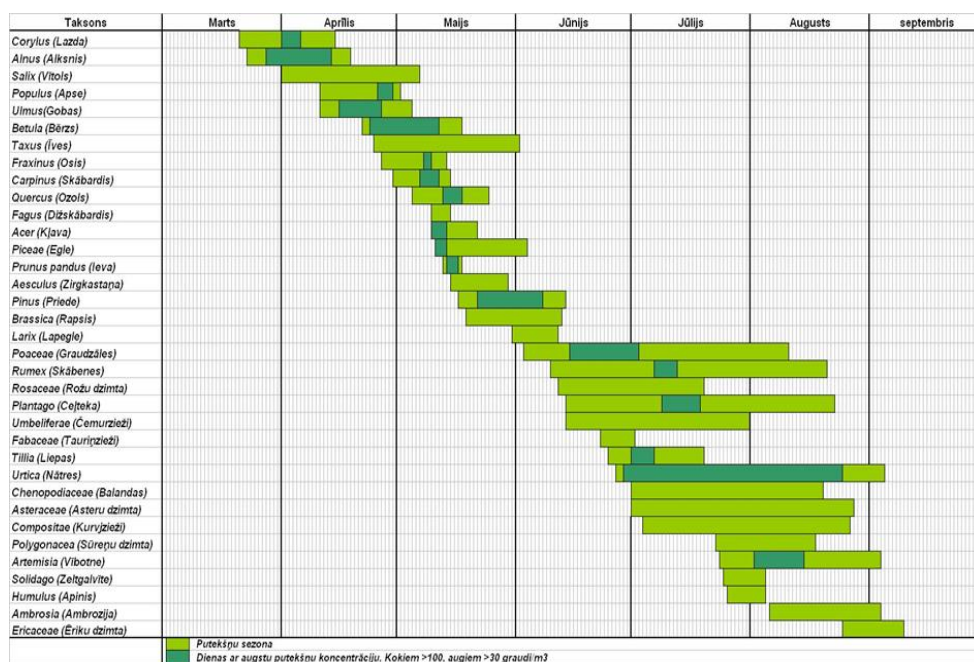
Pētījumā Spānijas pilsētā Ponferradā periodā 1995.-2002. gadam meteoroloģiskie rādītāji uzrādīja nozīmīgāko korelāciju starp putekšņu skaitu un minimālajām, vidējām gaisa

temperatūrām. Augstākā putekšņu koncentrācija tika novērota temperatūras diapazonā starp 9 °C un 14 °C. Nokrišņiem un gaisa relatīvajam mitrumam ir maza ietekme uz alkšņa putekšņu koncentrāciju atmosfērā (González Parrado et al., 2009).

Novērotās klimata izmaiņas neietekmē tikai augu sezonālos parametrus, bet arī augu sugu dabiskās areālas robežas - sugas intensīvi izplatās virzienā uz ziemeļiem (Blaus, 2016 pēc Beggs, 2010; Berman, 2011). Sugu migrācija ietekmē putekšņu koncentrāciju gaisā, un svešzemju putekšņu parādīšanos gaisā.

1.2 Putekšņu veidi un to sezonas

Latvijā ir sastopamas aptuveni 35- 40 dažādi putekšņu tipi (1.1. att.), taču ne visi no tiem ir alergisku reakciju izraisītāji. Bīstamu alergisku reakciju izraisītāji Latvijā ir bērzs (*Betula L.*), alkšnis (*Alnus Mill.*), lazda (*Corylus L.*), graudzāles (*Poaceae*), nezāles (piemēram, vībotne). Par bīstamiem vēl ir atzīti: osis, dižskābardis, ciprese, vītols, goba, skābardis, nātre, ozols u.c. (Ritenberga and Kalnina, 2011).



1.1.attēls. Putekšņu sezona Latvijā (Blaus, 2016).

Sākotnējās putekšņu koncentrācijas parādīšanās var būt saistīta ar anemofīlu augu ziedēšanu citviet Eiropā (Ritenberga and Kalnina, 2010). Tie tiek pārnesti uz attālumu līdz simtiem kilometru, tādejādi Latvijā var būt sastopami putekšņi no daudzām valstīm.

Putekšņu sezonu Latvijā veido vietējo augu putekšņi un pārnestie putekšņu graudi. Šo sezonu var iedalīt četros posmos:

- Pirmais posms – ziedēšana sākas martā un ilgst līdz maija beigām. Šajā posmā zied: alksnis, bērzs, vītols, lazda, apses, gobas u.c. koku. Šis pavasara posms svarīgs ar to, ka parasti tiek novērotas lielākās putekšņu koncentrācijas.
- Otrais posms – ziedēšana sākas maijā un ilgst līdz jūnija vidum. Parasti zied tādi augi kā ozols, liepa, egle un priede.
- Trešais posms – ziedēšana sākas vasaras sākumā. Vasaras sākumā zied galvenokārt dažādi lakstaugi, graudzāles, rožu dzimtas augi, dažādi čemurzieži skābenes un tauriņzieži. Tiek novērots, ka šajā laika posmā esošā putekšņu koncentrācijas ir ievērojami zemākas, ja tiek salīdzinātas ar agri pavasarī un pavasara beigās ziedošo kokaugu putekšņu koncentrācijām.
- Ceturtais posms – ziedēšana notiek vasaras beigās un rudens sākumā. Novērojamu lakstaugu – vībotnes, ambrozija, ceļmallapu, balandu – ziedēšana (Ritenberga and Kalnina, 2010).

1.3 Putekšņu morfoloģija

Putekšņi ir ziedaugu vīrišķās dzimumšūnas – mikrogametofiti. Tie veidojas augu vīrišķajos orgānos, to funkcija ir nodrošināt augu vairošanos pārnesot ģenētisko materiālu no vīrišķās uz sievišķo reprodiktīvo orgānu sistēmu (Galan, 2007). Putekšņi tiek pārnesti ar dažādu starpnieku- ūdens, vēju, kukaiņu, u.c. starpniecību.

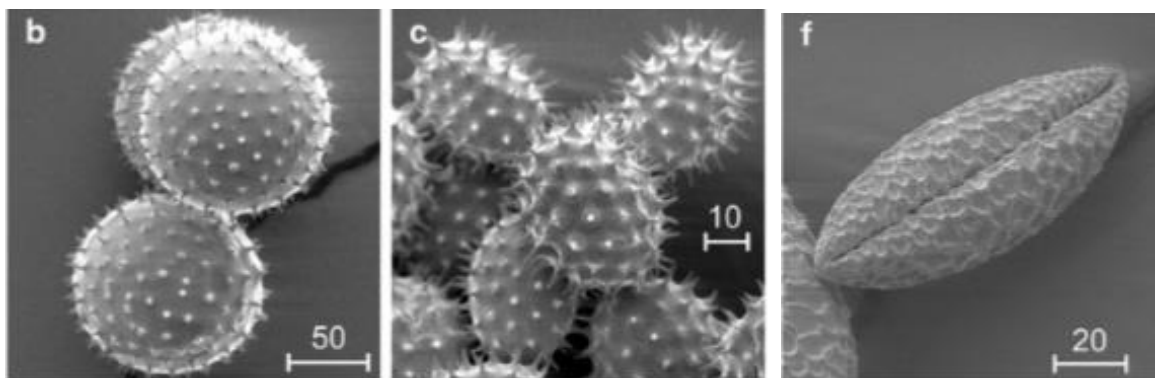
Putekšņu attīstības ciklā var izdalīt vairākus posmus: pirmais – putekšņu nogatavināšanās, atkarīga no auga produktivitātes; otrais- putekšņu izklūšana no putekšņīcas jeb to emisija, šis posms ir cieši saistīts ar meteoroloģiskajiem faktoriem; trešais – putekšņu pārvietošanas gaisa plūsmās jeb to dispersija, to ietekmē vairāki meteoroloģiskie parametri; ceturtais - putekšņu nogulsnešanās jeb akumulēšanās (Ritenberga and Kalnina, 2010).

Augus, kuri tiek apputeksnēti ar vēja palīdzību, sauc par anemofiliem. Šiem augiem parasti ziedi ir ļoti sīki, vīrišķie ziedi atrodas spurdzēs (Galan, 2007).

Putekšņi tiek labi pasargāti no apkārtējās vides ietekmes un dažādiem bojājumiem – tie ir rezistenti pret ūdens zudumu, lai izvairītos no izžūšanas (Frenguelli, 2007). To graudiņus pasargā celulozes apvalks. Putekšņu sastāvā ir ogļhidrāti, piemēram, cukurs, olbaltumvielas, pienskābe un lipīdi – tauki (Galan, 2007).

Dažādu augu sugu putekšņi atšķiras ar savu formu. Putekšņiem ir trīs dimensionāla struktūra, pēc to graudu formas izdala divās grupās – elipsveida (putekšņu forma ir ovāla) (1.3. att., 1.4. att.) un sfēriskās (putekšņu forma ir apaļa) (1.2. att.) (Frenguelli, 2007).

Sīkāk putekšņus pēc to formas var izdalīt, ja to polārās ass garums (P) tiek izdalīts ar putekšņa ekvatoriālo ass garumu (E). Tādējādi tiek izdalītas šādas putekšņu formas: garš ($P/E > 2.00$); iegarens ($P/E = 1.34-2.00$); nedaudz iegarens ($P/E = 1.15-1.33$); iegareni sferoidāls ($P/E = 1.01-1.14$); sfērisks ($P/E = 1$); saspiests-sferoidāls ($P/E = 0.89-0.99$); nedaudz saspiests ($P/E = 0.76-0.88$); saspiests ($P/E = 0.5-0.75$); ļoti saspiests ($P/E < 0.5$) (Ritenberga, 2010 pēc Frenguelli, 2007).



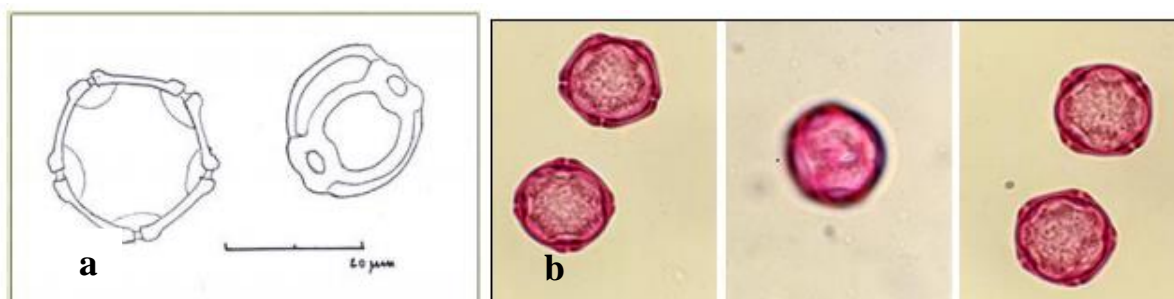
1.2.attēls. Cucurbita pepo
(Goleva and Zebitz, 2013)

1.3.attēls. Helianthus annuus
(Goleva and Zebitz, 2013)

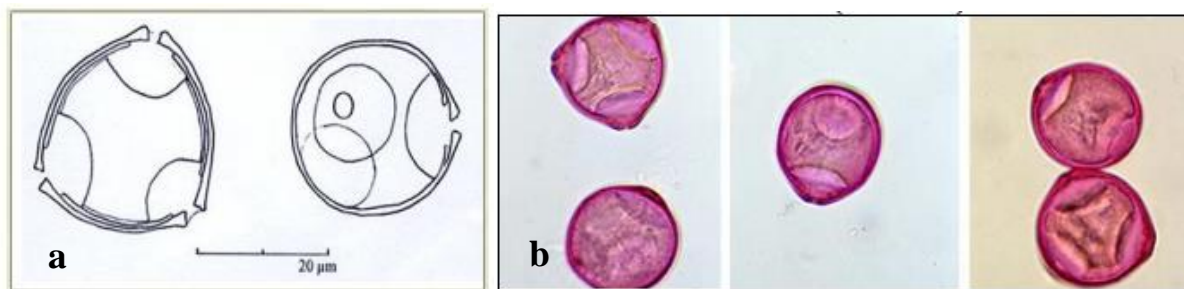
1.4.attēls. Lilium martagon
(Goleva and Zebitz, 2013)

Putekšņu izmēri var variēt no 5 līdz pat 200 un 300 mikroniem. Vidējais putekšņu lielums svārstās ap 10- 80 μm . Tā kā tika iepriekš minēts, ka putekšņu izmēri var variēt no dažiem līdz pat simtiem mikronu, tad ir izstrādātas šādas putekšņu izmēru gradācijas klases: ļoti mazi – diametrs ir mazāks nekā 10 μm ; mazi, 10–24 μm ; vidēji, 25–49 μm ; lieli, 50– 99 μm ; ļoti lieli, 100–200 μm ; gigantiski – putekšņa diametrs pārsniedz 200 μm (Veselova, 2013 pēc Frenguelli, 2007). Alkšņa putekšņa izmēri ir aptuveni 60 μm (1.5. att.), lazdas putekšņa izmēri ir aptuveni 20- 25 μm (1.6. att.).

Putekšņu graudi, dažādu sugu augiem, atšķiras pēc poru, rievu izskata un to skaita. Lazdas puteksnim ir trīs poras (1.6. att.), bet alkšņa puteksnim ir piecas poras (1.5. att.).



1.5.attēls. Alkšņa putekšņa shematiskais zīmējums (a), attēls mikroskopā (b) (RNSA, 2007).



1.6.attēls. Lazdas putekšņa shematiskais zīmējums (a), attēls mikroskopā (b) (RNSA, 2007).

1.4 Putekšņu negatīvā ietekme

Mūsdienās arvien vairāk cilvēku ir astma un alerģiska reakcija pret gaisā esošām sporām un putekšņiem. Aptuveni 20 % Rīgas iedzīvotāju veselības stāvokli ietekmē sporu un putekšņu sezona (Ritenberga and Kalnina, 2011).

Paaugstināta jutība pret putekšņiem ir polinoze. Tā parasti izpaužas ar dažāda smaguma pakāpes simptomiem, kas liecina par alerģisku reakciju. Visbiežāk tas ir acu vai deguna iekaisums, kā arī astmas paveids. Taču pastāv arī daudzas citas blakusparādības, kas liecina par alerģisku reakciju, tā var būt miegainība, redzes pasliktināšanās, reiboņi, epileptiskās lēkmes, kas ļoti ietekmē cilvēku ikdienas ritmu, psiholoģisko stāvokli un dzīves kvalitāti (Lake et al., 2017). Bieži alerģija, kā arī tās intensitāte, ir atkarīga no putekšņu sezonas sākuma, tās ilguma, kā arī intensitātes. Īpaša nozīme alerģisko reakciju smagumam ir arī meteoroloģiskajiem apstākļiem. Neatkarīgi no augu ziedēšanas sezonas nobīdes, ir novērojams trends saistībā ikgadējo putekšņu skaitu un diennakts putekšņu koncentrācijas pieaugumu (Kasprzyk, 2003).

Nozīmīgākie alergēnu izraisītāji ir bērza (Betulaceae), dižskābārža (Fagaceae), lazdas (Corylaceae) augu sugas putekšņi, kas ietilpst dižskābāržu rindā (Skjøth et al., 2009). Polijā kokiem, kuru apputeksnēšanās notiek agri, tai skaitā alksnis, lazda un bērzs, ir liela nozīme no medicīniskā viedokļa. Polijā, lazdas un alkšņa sporas ir uzskatāmas par galvenajiem alergēnu izraisītājiem veģitācijas sezonās sākumā. Putekšņu koncentrācija gaisā ir augsta, un tā bieži vien pārsniedz robežvērtību, kas izraisa alerģiskus simptomus (Rapiejko et al., 2004; Puc, 2007).

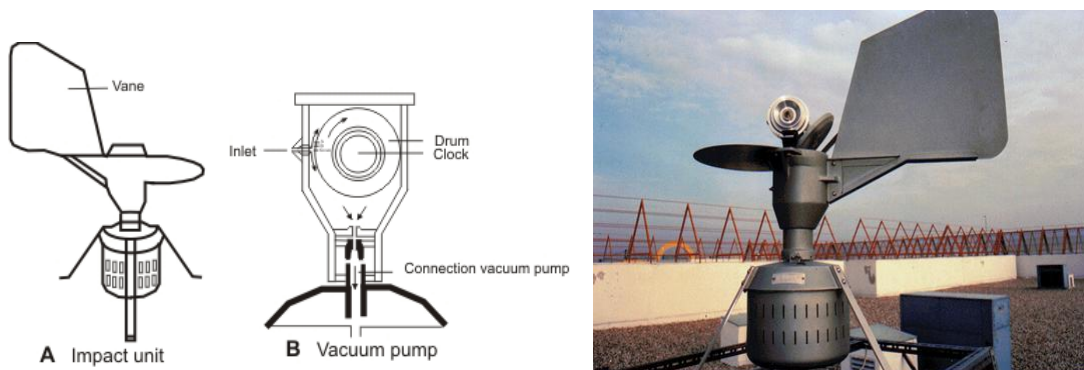
Veikti pētījumi, kuru iegūtie dati liecina, ka aptuveni 59.6 % gadījumos alerģijas izraisītājs ir tieši alkšņa un lazdas putekšņi, bet 70.8 % gadījumos alergēns ir bērza putekšņi (Ritenberga, 2010 pēc Burbach et al., 2009).

Iepriekš minēto koku putekšņi ir līdzīgi pēc struktūras un sastāva, tāpēc ir novērojamas krusteniskās reakcijas - ja cilvēkam ir alerģiska reakcijai pret bērza putekšņiem, iespējams,

kādas alergiskas reakcijas simptomi var rasties arī lazdu ziedēšanas laikā (Ritenberga, 2010 pēc Radisic, Sikoparja, 2005).

1.5 Burkard uztvērējs

Aerobioloģisko datu ievākšanai izmanto Burkard 7 – dienu sporu – putekšņu uztvērēju. Pirmais sporu – putekšņu uztvērējs tika izgatavots 1952. gadā, un tā izgatavotājs ir angļu zinātnieks Džons Malkoms Hirsts. Pēc šī principa, ko ir izstrādājis Hirsts, ir izgatavots iepriekš minētais Burkard uztvērējs (1.6. att.) (Lanzoni, 2007).



1.7. attēls. Burkard uztvērēja shematiskais attēls un attēls dabā (Aerobiologia en Cordoba, 2014).

Sporu – putekšņu uztvērējs ir uzstādīts Rīgas centrā uz Latvijas Universitātes galvenās ēkas jumta, vietas relatīvais augstums ir aptuveni 24 m virs zemes virsas. Augstums, kādā atrodas uztvērējs, ir standarts, lai uztvertu vēja plūsmu. Ja uztvērējs atrodas zemāk, tad tas atspoguļo nekorektus aerobioloģiskos rezultātus (Ritenberga and Kalnina, 2011). Burkard stacijas novietojuma koordinātas- 56° 57'02.49"N, 24° 06'57.31"E (Šaulienē et al., 2014).

Viens Burkard uztvērējs pilnībā reprezentē putekšņu koncentrācijas ainu 30 km rādiusā ap uzstādīšanas vietu, bet tajā pat laikā, piemēram, bērza putekšņi var būt pārnesi uz attālumu līdz 1000 km no emisijas vietas (Sofiev et al., 2006), respektīvi, Latvijā var būt atrodami putekšņi vismaz no 7 apkārt esošām valstīm (Ritenberga and Kalnina, 2010).

Burkard uztvērēja darbības principā ir gaisa iesūkņšana. Tas ir uzstādīts tā, lai minūtes laikā iesūknētu 10 litrus gaisa, kas līdzīgs cilvēka elpošanas ātrumam. Gaiss tiek iesūknēts caur nelielu horizontālu spraugu, kas atrodas uztvērēja priekšpusē. Ir svarīgi, lai iesūknētais gaisa ātrums būtu 10 litri minūtē (Lanzoni, 2007).

Uztvērēja iekšienē ir iemontēts rotējošs disks, tā rotēšanas ātrums ir 2 mm stundā, dienā diskam ir jāpagriežas pa 48 mm. Nedēļas laikā diskam ir jāapgriežas pa 360° (Emberlin, Smih, 2007; Lanzoni, 2007). Ap rotējošo disku atrodas lenta, kas ir klāta ar lipīgu vielu. Lenta var būt pārklāta ar silikona eļļu, vazelīnu vai parafīna vasku. Pie lentas pielīp dažādas sīkās daļiņas – sporas, putekšņus, putekļus, kas atrodas iesūknētā gaisā (Emberlin, Smih, 2007).

Lai tiktu veikti pētījumi, ir svarīgi, lai iegūtie dati būtu precīzi un kvalitatīvi, tāpēc tālāk minētajiem punktiem ir jāatbilst standartiem:

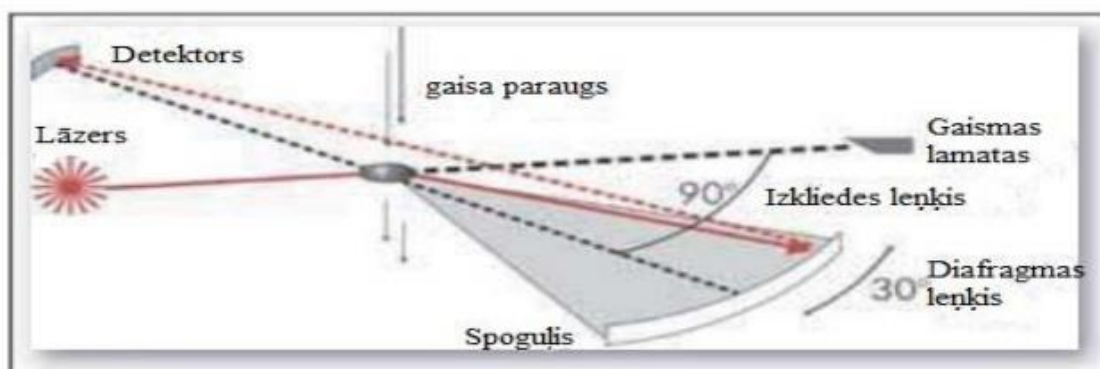
- Spraugai, pa kuru tiek iesūknēts gaiss, vienmēr jābūt tīrai, tāpēc regulāri jāveic tīrīšana ar kokvilnas lupatiņu vai filtrpapīru, kas ir, piesūcināts ar etilspirtu;
- Uztvērējam minūtes laikā ir jāiesūknē 10 litri gaisa, jo pat iesūknētā gaisa daudzuma izmaiņas par 1 litru minūtē var ļoti ietekmēt rezultātu precizitāti. Ir speciālās gaisa ātruma mērīšanas iekārtas, ko izmanto putekšņu novērojumu kvalitātes pētījumos;
- Ļoti svarīgs ir attālums starp horizontālās spraugas un lentas virsmu, tam jābūt $0.7 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$. Ja noteiktā attāluma distance ir mazāka par 0.6 mm, tad iesūknētā gaisa ātrums būs mazāks par 10 litriem minūtē. Ja šis attālums pārsniedz 0.7 mm, tad samazinās novērojumu precizitāte;
- Uztvērēja diskam ir jāveic pilns rotācijas aplis 7 dienu laikā, lai rezultāti būtu pēc iespējas precīzāki (Lanzoni, 2007).

1.6 Gaisa kvalitātes stacija “GRIMM”

Gaisa kvalitātes stacija ir veidota, lai mērītu cieta daļiņu daudzumu gaisā. Dažādo daļiņu monitoringam tiek pielietota lāzera izkliede intensitāte. Iekārtai ir gaisa plūsmas kontrolēts sūknis, kas ievada gaisu ar tajā esošajām daļiņām. Iekārta gaisu iesūknē ar ātrumu 1.2 litri minūtē. Iesūknētās daļiņas tiek mērītas pēc ortogonāla gaismas izklijes principa. Katra atsevišķā daļiņa tiek izgaismota ar lāzeru, katrs izklijes signāls nokļūst iekārtā esošajā spogulī pie 90° liela leņķa. Iegūtais signāls nonāk uz diodi (Ivanovs, 2016 pēc Grimm and Eatough, 2009).

Uztvērējam ir vairāki kanāli, kuri atbilst noteiktiem daļiņu izmēriem. Uztvērējā saņemtie impulsi attiecīgi tiek sadalīti pa dažādiem kanāliem, pavisam tiek izdalīti 31 kanāls. Gaisa kvalitāte stacija uztver daļiņas, kas izmēros variē 0,25- 30 μm. (Ritenberga and Steinberga, 2016). Gaisa kvalitātes stacija “GRIMM” ir uzstādīta blakus Burkard uztvērējam Rīgas centrā

uz Latvijas Universitātes galvenās ēkas jumta, vietas relatīvais augstums ir aptuveni 24 m (Ritenberga and Steinberga, 2016)



1.8. attēls. GRIMM EDM 107 putekļu monitora darbības shēma (Ivanovs, 2016)

1.7 Putekšņu uzskaites automatizācija

Daudzi aerobiologi joprojām izmanto putekšņu uztvērējus, kas ir izgatavoti pēc Burkard uztvērēja principa, iegūtie dati tiek analizēti un pētīti ar gaismas mikroskopa palīdzību, kā rezultātā laboratorijas darbi ir intensīvi un laikietilpīgi. Ņemot vērā, ka visā pasaulē šobrīd notiek pāreja uz augu putekšņu monitoringa automatizāciju, ir svarīgi izvērtēt esošā aprīkojuma lietderību. Eiropas Aerobioloģijas Savienības attīstības plāni ir saistīti ar anemofilo putekšņu datu iegūšanu, uzkrāšanu un apstrādi automātiskā režīmā (Sofiev and Bergmann, 2012).

Prognozēšanas nolūkiem noderīgi būtu iegūt reālā laika putekšņu datus ik pēc pāris stundām konkrētā diennaktī, taču izmantojot manuālos putekšņu uztvērējus šāda iespēja nepastāv, bet tas būtu iespējams ar automatizētiem uztvērējiem (Sofiev and Bergmann, 2012). Aplūkojot pieejamo literatūru tiek aprakstītas dažas metodes automatizētai putekšņu uztveršanai:

1. Daļēji automatizētas sistēmas, kurās tiek izmantoti daudzfunkcionālo optisko mikroskopa putekšņu attēli, kas tiek ievākti ar parasto Hirst tipa sporu- putekšņu uztvērēju. Pirmais solis automatizētā putekšņu uzskaitē ir putekšņu graudu nošķiršana no citām gaisā esošajām daļiņām. Lai vēlāk identificētu putekšņu graudus, no iegūtajiem 2D attēliem, tiek izšķirtas konkrētas putekšņu pazīmes, tostarp putekšņa virsmas pazīmes, forma un poru skaits (Boucher et al., 2002; Chen et al., 2006). Šīs metodes efektivitāte putekšņu pētījumos, kur tiek noteiktas specifiskas putekšņu sugas, tiek vērtēta dažādi, 77% anemofilo putekšņu paraugu noteikšanā (Boucher et al., 2002), 97.2% paraugos, kas satur trīs alergisko putekšņu paraugus (Chen et al., 2006).

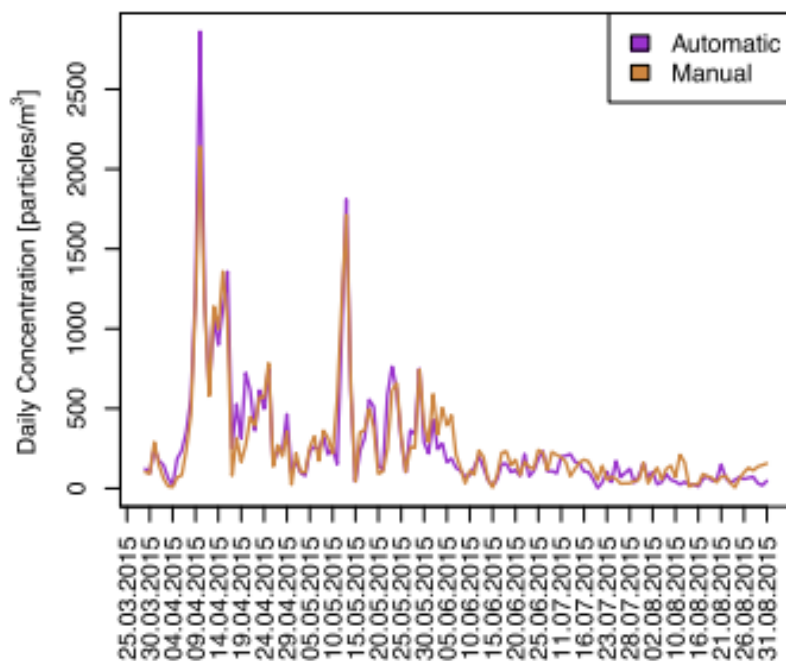
2. Automatizēta putekšņu paraugu uzkrāšanas sistēma, kas automātiski apkopo, sagatavo un fiksē datus par putekšņiem, izmantojot lāzera skenēšanas mikroskopu. Putekšņu atpazīšanai tiek izmantoti 3D ciparu formāta attēli. Izmantojot katra pikseļa pelēko vērtību sistēma pilnīgi automātiski izdala nepieciešamo informāciju un atpazīst putekšņu graudus, tos salīdzinot ar datu bāzē pieejamo informāciju (Ronneberger et al., 2002). Šīs putekšņu paraugu atpazīšanas metodes precizitāte ir 84,3% (Ronneberger, 2007). Līdz šim šī ierīce netika izstrādāta ārpus prototipa stadijas un tā nav komerciāli pieejama (Sofiev and Bergmann, 2012).
3. Citas sistēmas neizmanto putekšņu ciparu formātā attēlus, bet to pamatā ir daļiņu uzskaitīšana ar lāzera gaismu:
 - Šigeto Kavašima (Shigeto Kawashima) aprakstītajā uztvērējā, notiek putekšņu uztveršana izmantojot lāzera gaismas izkliedes principu. Gaiss, kas satur anemofilos putekšņus tiek izlaists cauri optiskai sistēmai un tiek apstarots ar lāzeru. Putekšņu graudu izstarotais gaismas signāls tiek reģistrēts un iegūtie dati tiek apstrādāti automātiski. Izmantojot šo sistēmu un apstrādājot paraugus, kas tiek iegūti vasaras beigās, varēja izdalīt nātres (Urticaceae), ambrozijas (Ambrosia) un zāles (Poaceae) putekšņus (Kawashima et al., 2007). Citu putekšņu taksonu uzskaitē, kas ir sastopami Eiropā, šī ierīce nav izmantota (Sofiev and Bergmann, 2012).
 - Japānā kompānija “Kowa” ir izstrādājusi citu automatizētu reālā laika putekšņu uzskaites uztvērēju, kura pamatā notiek putekšņu graudu uzskaitē ar lāzera palīdzību. Dati par putekšņiem tiek apkopoti diagrammā, kur to iedalījums ir atkarīgs no putekšņa grauda izmēra un fluorescences nokrāsas. Japānā šo skaitītāju izmanto Tokijas ziedputekšņu informācijas tīklu sistēmas (Suzuki et al., 2008).

Viena no pieejamām anemofilo putekšņu datu iegūšanas, uzkrāšanas un automātiskās apstrādes sistēmām ir Šveicē ražotā iekārta “Plair PA-300” (1.9. att.) (Crouzy et al., 2016). Iekārtas pamatā ir daļiņu uztveršana ar lāzera izkliedes principu. Daļiņas vispirms iziet cauri sarkanā lāzera stariem, to viļņu garums ir 658 nm. Lāzera izkliedes signālus reģistrē divi foto detektori. Izkliedes signāls palīdz raksturot uztverto daļiņu optisko izmēru, formas un to virsmas īpašības. Otrais lāzers darbojas ultravioleto viļņu diapazonā, to garums ir 337 nm. Daļiņu izstarotais viļņu signāls un fluorescences signāls tiek ierakstīts, izmantojot difrakciju režģi signāli tiek sadalīti kanālos (diapazons 390x600 nm) (Crouzy et al., 2016).



1.9. attēls. Automatizētais putekšņu uztvērējs “Plair PA-300” (Plair 2018)

Salīdzinot reālā laika putekšņu datus, kas tika iegūti izmantojot uztvērēju “Plair PA-300” un manuālā Burkard tipa uztvērēja datus, tika secināts, ka Plair uztvērēju ir iespējams izmantot putekšņu monitoringā (1.10. att.). Automatizētais uztvērējs nodrošina datu bāzi, kur tiek apkopota informācija par putekšņu izmēriem, formu un to virsmas īpašībām, kas palielina iespēju automatizēta putekšņu monitoringa attīstībai, jo ierīces atpazīst vēl vairākus putekšņu veidus.



1.10. attēls. “Plair PA-300” un Burkard putekšņu datu salīdzināšana (Crouzy et al., 2016)

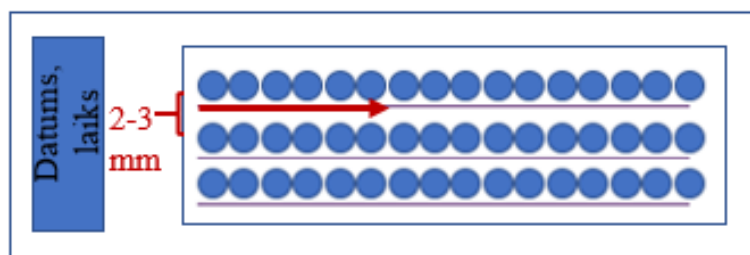
2. MATERIĀLI UN METODES

2.1. Paraugu apstrādes metodika

Burkard 7 – dienu sporu – putekšņu uztvērēja diska lenti maina ik pēc septiņām dienām. Iepriekšējā lente tiek aizstāta ar jaunu, lai būtu, iespējams veikt putekšņu analīzi (Frenguelli, 2007). Lente, uz kuras atrodas putekšņi, tiek sadalīta vairākās sekcijās, kuru garums ir 48 mm. Izdalītās lentes sekcijas atspoguļo vienas diennakts periodu, jo uztvērējā esošais disks rotē ar ātrumu 2 mm stundā (Frenguelli, 2007).

Lai turpmāk varētu veikt iegūto paraugu laboratorijas analīzi, ir nepieciešams sagatavot esošās lentes gabaliņus. Katrs lentes sekcijas gabaliņš tiek novietots uz priekšmeta stikliņa. Lai tālāk būtu iespējams mikroskopā novērot redzamās sporas un putekšņus, uz lentes tiek uzklāts šķīdums, kas iekrāso daļiņas, tad, mikroskopā tie ir vieglāk saredzami. Uz esošā slaida tiek uzklāts segstikliņš. Uz katra sagatavotā slaida tiek uzrakstīts datums, laiks un kārtas numurs, lai laboratorijas darba laikā slaidi tiktu atšķirti (Frenguelli, 2007).

Sagatavotie slaidi tiek aplūkoti mikroskopā 400 x palielinājumā. Putekšņu skaitīšana nenotiek pa visu tās laukumu, bet gan tās pilniem šķērsriezumiem. Kopējais lentes gabaliņa laukums ir 672 m², taču lai dati būtu statistiski nozīmīgi, tad apskatītajam slaida laukumam nevajadzētu būt mazākam par 10- 12 % no kopējā laukuma (Frenguelli, 2007). Lai noteiktu katras diennakts putekšņu summu, pētāmajā slaidā tiek izdalītas 3 horizontālas līnijas, kuru atstatums ir vismaz 2 mm, tas tiek noteikts izmantojot mikroskopā iebūvēto lineālu. Izdalītajās līnijās tiek uzskaitīti visi redzamie putekšņi.



2.1. att. Putekšņu uzskaitē slaidos, shematisks attēls (Galan, 2007)

Katrā slaidā var atrasties daudz un dažādi bioloģiskie aerosoli, atsevišķi tiek uzskaitītas redzamās sporas un putekšņi. Ar *Microsoft Excel* palīdzību, tiek aprēķināta katras diennakts putekšņu koncentrācija vienā kubikmetrā.

Šeit tiek izmantota formula:

$$K = \Sigma * F$$

- K – auga putekšņu koncentrācija 1 m³;
- Σ - saskaitītā diennakts putekšņu summa vienā slaidā;
- F – koeficients (jeb faktora lielums), ko nosaka izmantotā mikroskopa parametri. Faktora lielumu nosaka pamatojoties uz mikroskopa redzes lauka diametru (Veselova, 2013).

2.2. Datu analīze

Pētījumā tiek izmantoti dati no Burkard uztvērēja un gaisa kvalitātes stacijas GRIMM. Tiek analizēti dati par 2014. gada pavasara periodu (marts līdz maijs). Putekšņu datu un aerosolu datu salīdzināšanai izmanto arī meteoroloģiskos datus, kas ir pieejami Latvijas Vides Ģeoloģijas un Meteoroloģijas aģentūras datubāzē.

Excel vidē meteoroloģiskajiem datiem – temperatūrai un relatīvajam mitrumam tiek aprēķinātas vidējās diennakts vērtības (4. pielikums).

Excel vidē tiek apstrādāti GRIMM dati, no datubāzes tiek izmantoti dati par cietajām daļiņām ar lielumu 18,75- 34 μm , kas atbilst pētījumā aplūkotojumiem anemofīlo putekšņu izmēriem, kuru izmēri variē 25-30 μm . Iegūtajām vērtībām tiek aprēķinātas konkrētās diennakts summa (2. pielikums).

Putekšņu un meteoroloģisko datu analīze tika veikta izmantojot *Excel* programmu. Tika veikta datu apkopošana, aprēķinātas putekšņu koncentrācijas. Datu statistiskai apstrādei un datu salīdzināšanai tika izmantota programma SPSS 22 (*Statistical Package for the Social Sciences*).

Lai veiktu korektu iegūto datu korelāciju un lai iegūtie dati tiktu statistiski salīdzināti, tiek veikta datu normalizācija (3. pielikums). Datu normalizācija tika veikta putekšņu koncentrācijas datiem pēc sekojošas formulas:

$$N_n = \frac{K_n}{\Sigma_{n,x-n}}$$

N – normalizētā putekšņu koncentrācija noteiktā dienā n, K – auga putekšņu koncentrācija 1 m³, Σ – sezonas kopējā putekšņu koncentrācijas summa, x – dienu skaits sezonā.

SPSS programmā tiek veikta datu pāru korelācija, lai noskaidrotu faktoru ciešumu. Pētījumā tika aplūkota meteoroloģisko rādītāju (vidējās gaisa temperatūras un relatīvā gaisa

mitruma) ietekme uz putekšņu un putekšņu izmēra cieto daļiņu koncentrāciju gaisā. Korelācija ir pazīmju atkarība, kurā kādas konkrētas pazīmes vērtībai atbilst kādas citas pazīmes vērtība. Pāru korelācija raksturo atkarību starp divām pazīmēm, tai var būt vienpusīgs raksturs un tā var neatspoguļot pētāmo pazīmju faktisko sakarību. Korelācijā starp diviem faktoriem var pastāvēt arī kādu citu faktoru ietekme (Melecis, 2010). Korelācija ir lineāra, ja vienas pazīmes vērtības izmaiņām atbilst otras pazīmes izmaiņas. Tādējādi var izšķirt gan pozitīvo, gan negatīvo lineāro korelāciju. Pozitīvas korelācijas gadījumā pieaugot faktoriālajām vērtībām pieaug arī rezultatīvās vērtības. Negatīvas korelācijas gadījumā faktoriālajām vērtībām palielinoties samazinās rezultatīvās vērtības (Melecis, 2010).

Pazīmju vērtības atliekot koordinātu sistēmā var iegūt izkliedes diagrammu, ar kuras palīdzību var uzskatāmi attēlot pāru korelāciju. Uz abscisu ass tiek atliktas faktoriālās vērtības, bet uz ordinātu ass tiek atliktas rezultatīvās vērtības, tādējādi tiek iegūts korelācijas lauks. Ja korelācijas laukam ir izstiepta elipses veida forma, tad ir to var uzskatīt par lineāru korelāciju. Punktu izkliede ap korelācijas asi raksturo datu savstarpējo ciešumu, mazākai izklidei atbilst ciešāka korelācija starp pazīmēm. Pēc iespējas precīzāka korelācijas lauka forma ir iegūstama, ja korelācija tiek veikta pie liela novērojumu skaita (Melecis, 2010).

Pastāv vairāki pazīmju ciešuma rādītāji:

- Pīrsona lineārās korelācijas koeficients;
- Ballu korelācijas koeficients;
- Rangu korelācijas koeficients;
- Korelācijas attiecība;
- Kontingences koeficienti (Melecis, 2010).

Veicot korelācijas analīzi pētījumā tika izmantots Pīrsona lineārās korelācijas koeficients. Datu korelācijas raksturošanai tiek izmantots korelācijas koeficientu r . Koeficienta vērtības var mainīties robežās no -1 līdz 1. Jo ciešāka korelācija starp pazīmēm, jo lielāka ir koeficienta absolūtā vērtība. Pozitīvas funkcionālās sakarības gadījumā $r = 1$, bet negatīvas funkcionālās sakarības gadījumā $r = -1$. Taču, ja korelācija starp izvēlētajām pazīmēm nepastāv, tad korelācijas koeficients šādā gadījumā ir 0 (Melecis, 2010). Veicot lineāro korelāciju tiek iegūts determinācijas koeficients R^2 , kas norāda lineārās saistības daļu rezultatīvai pazīmei ar faktoriālo pazīmi (Melecis, 2010).

Pīrsona korelācijas koeficienta būtiskuma novērtēšanā tiek ņemtas vērā kritiskās m, α vērtības, kur tiek ņemts vērā datu izlases apjoms (Melecis, 2010).

Ciešāka sakarība ir raksturīga tai korelācijai, kuras vērtība pēc moduļa ir lielāka. Kā vāju sakarību var raksturot, ja tās koeficients r ir robežās 0,2-0,49. Vidēji cieša sakarība ir vērojama, ja koeficients r ir robežās no 0,5-0,69. Cieša sakarība ir novērojama, ja koeficients r ir robežās no 0,7-0,9 (Čerņajeva, [bez dat.]).

2.3. Datu precizitāte

Datu apstrādes procesā var rasties dažādas kļūdas, kas varētu būt saistītas ar slaidos redzamo putekšņu un sporu skaitīšanu. Var rasties gadījumi, ka redzami putekšņi nav veseli vai arī tie ir deformējušies. Šādos gadījumos viena auga putekšņi var izskatīties pēc citas sugas auga putekšņiem (Ritenberga, 2010 pēc Frenguelli, 2007).

Putekšņu skaitīšanā svarīgi ir arī kuras sporas un putekšņi tiek uzskaitīti. Ir iespējams, ka putekšņa daļas var atrasties ārpus uzskaites sektora robežām. Tad pastāv iespējas – tiek, vai netiek uzskaitīti putekšņi, kuru visas daļas neatrodas uzskaites sektorā; putekšnis tiek uzskaitīts, ja vairāk nekā puse tā daļas atrodas uzskaites sektorā. Tomēr ir svarīgi atcerēties, ka šādos gadījumos nevajadzētu kustināt pētāmo paraugu (Ritenberga, 2010 pēc Frenguelli, 2007).

Pētot paraugus mikroskopā, ir svarīgi kontrolēt tā fokusu – attēla asumu. Tas var ietekmēt putekšņu uzskaiti, jo putekšņi var būt novietoti tuvāk vai tālāk no segstikliņa. Var gadīties, ka pētāmajā sektorā ir daudz putekšņu, kas aizsedz viens otru, vai arī uz lentas atrodas citi biogēnie objekti, kas aizsedz putekšņus (Ritenberga, 2010 pēc Frenguelli, 2007).

Svarīgi ir pareizi sagatavot paraugus, precīza lentes sagriešana, glicerīna un segstikliņa uzklāšana uz lentas parauga, lai neizdotos gaisa burbuļi, nesāktos putekšņu slīdēšana. Parauga virsmai jābūt gludai (Ritenberga, 2010 pēc Frenguelli, 2007).

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Burkard un GRIMM datu analīze

Pētījumā tika aplūkota 2014. gada putekšņu sezona no pirmās marta dekādes līdz pēdējai maija dekādei (5. marts- 27. maijs). 2014. gads tika izvēlēts, jo tieši tā gada februāra beigās, blakus Burkard uztvērējam tika uzstādīta GRIMM gaisa kvalitātes stacija. Ņemot vērā, ka darbības princips un iesūktā gaisa daudzums abām ierīcēm ievērojami atšķiras, bija nepieciešams atrast metodi, ka padarīt to datus salīdzināmus. Cieto daļiņu (PM) datu un putekšņu datu salīdzināšanai (3.1.att.), tika veikta datu normalizācija (3.2. att.).

Marts ir raksturojams kā putekšņu sezonas sākumposms (atsevišķos gados sezonai sākoties februāra beigās), kad mazās koncentrācijās gaisa sastāvā ir novērojami pirmie, alkšņa un lazdas putekšņi. Nelielas putekšņu koncentrācijas arī ir redzamas attēlā (3.2. att.), kad līdz pat marta vidum ir novērojamas pirmo putekšņu zemās koncentrācijas. Iegūtajos rezultātos redzams, ka pastāv atšķirības starp putekšņu daudzumu un cieto daļiņu daudzumu periodā no 5. marta līdz 24. martam (3.2. att.) un pēc vizuālās analīzes, viennozīmīgi spriest par to, ka GRIMM mērījumos atspoguļoti dati tikai par putekšņu koncentrāciju, nav iespējams.

Periodā no 25. marta līdz 9. aprīlim tiek konstatēti atsevišķi putekšņi, kas pārsvarā ir lazdas un alkšņa, arī skatoties GRIMM datus daļiņas, kas atbilst putekšņu izmēram, ir vērojams, kas tās gaisā praktiski nav sastopamas.

Nelielas putekšņu un cieto daļiņu koncentrācijas ir vērojamas aprīļa vidū (10.- 14. aprīlis), vērojamas līdzības salīdzināmajos putekšņu un cieto daļiņu datus, novērojami pirmie bērza putekšņi, sezonas sākums (3.2. att.). Parasti bērza putekšņu sezona sākas ar nelielu putekšņu koncentrāciju dažas dienas pirms bērza ziedēšanas sākums (Ritenberga et al., 2016), tas vērojams tajā skaitā 2014. gadā.

Liela putekšņu koncentrācija ir vērojama sākot ar 18. aprīli, kad redzams putekšņu koncentrācijas ievērojams pieaugums, gaisā ir daudz bērza putekšņu graudu. Lielākais putekšņu daudzums ir novērojams 22. aprīlī. Ja tiek aplūkoti GRIMM dati, tad ir redzama līdzība ar Burkard datiem, lai gan cietās daļiņas (pēc GRIMM) putekšņu daudzuma maksimuma laikā ir pat vairāk. Ņemot vērā, ka:

- (1) šajā laikā zied pārsvarā tikai bērzs (gaisā joprojām sastopami lazdas un alkšņa putekšņi nelielā koncentrācijā),

(2) ne-bioloģiskās izcelsmes daļiņas, kas atbilst putekšņu izmēram, nevar atrasties augstumā 24 m,

ir domājams, ka GRIMM uztvertās daļiņas tomēr ir putekšņi (un augu atliekas), savukārt atšķirības normalizētos datos ir saistītas ar ierīču darbības principu dažādību.

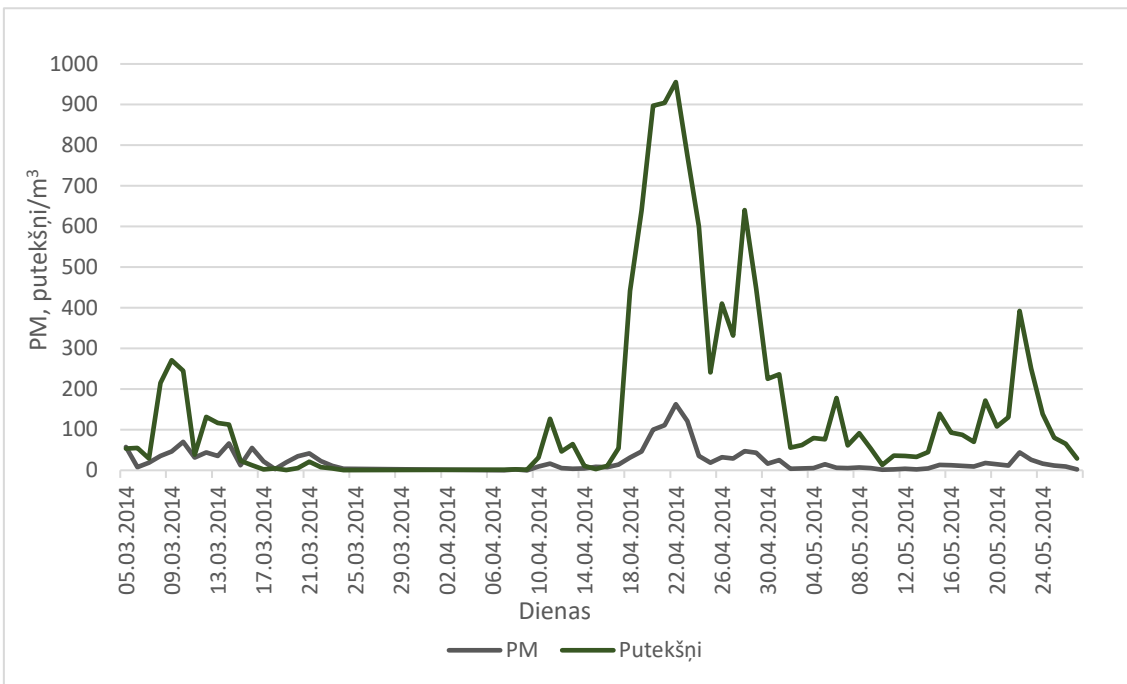
Nākamais izteikts koncentrācijas pieaugums vērojams aprīļa pēdējās dekādes beigās (26.-30. aprīlis), kad turpinās bērzu ziedēšana un gaisā joprojām novērojama augsta bērza putekšņu koncentrācija. Šajā pašā laika posmā ir vērojama diezgan augsta cieto daļiņu koncentrācija, kas reģistrēta ar GRIMM, tomēr tā attiecībā pret putekšņu daudzumu tā ir nedaudz zemāka (3.2. att.).

Maija sākumā ir vērojama putekšņu koncentrācijas mazināšanās, beigusies aktīva bērzu ziedēšana Latvijā kā arī putekšņu pārnese no citām blakus esošajām valstīm ir neliela. Gaisā ir sastopami bērza putekšņi, tikai jau mazākās koncentrācijās, kā arī sāk parādīties vītola, gobas un apses putekšņi. Vērojama arī cieto daļiņu koncentrācijas samazināšanās, kas ir ļoti tuva sastopamo putekšņu daudzumam šajā laika periodā.

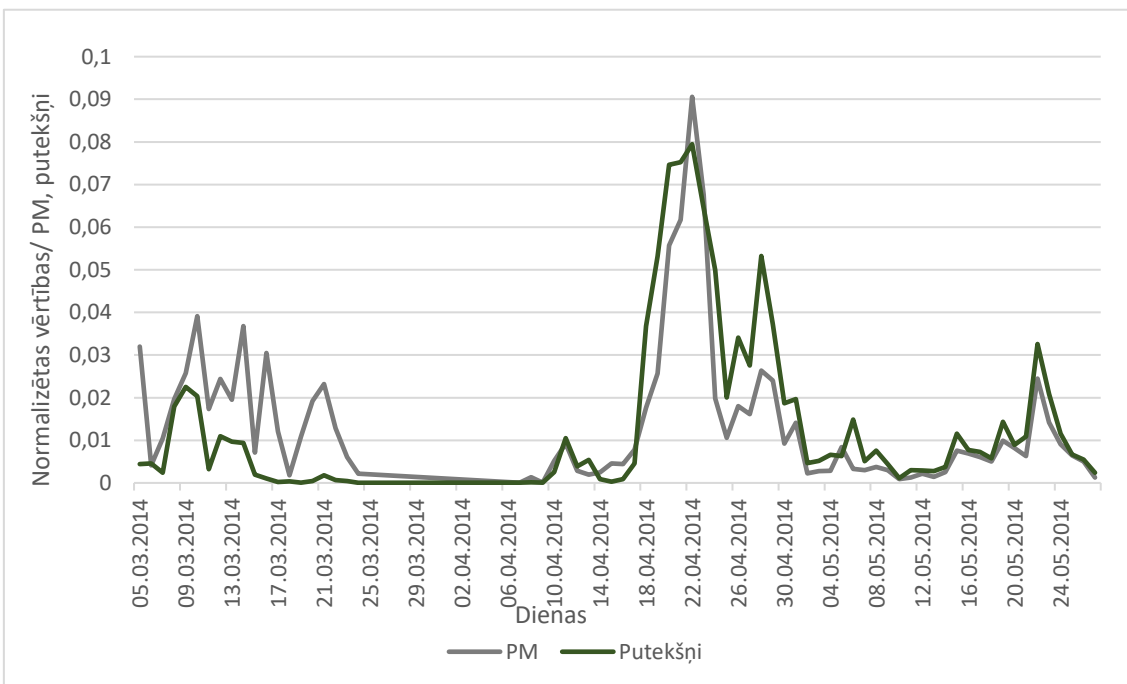
Maija vidū ir vērojama putekšņu kā arī cieto daļiņu daudzuma kritiska samazināšanās, kad gaisa sastāvā ir sastopamas tikai nedaudz bērza, vairāk ir novērojamas apses, gobas un vītola putekšņi.

Pakāpenisks putekšņu koncentrācijas pieaugums ir vērojams no maija vidus līdz maija pēdējās dekādes beigām. Gaisa sastāvā tiek konstatētas vairāk vītola, gobas un apses putekšņi, kā arī nelielā daudzumā tiek novērotas priedes un egles putekšņi. Maija beigās (22.-24. maijs) ir vērojams putekšņu koncentrācijas pieaugums, kad gaisa sastāvā lielā daudzumā ir sastopamas egles un priedes putekšņi, jo sākas to ziedēšanas sezona (3.2. att.).

Kopumā aplūkojot un salīdzinot Burkard putekšņu datus ar GRIMM cieto daļiņu datiem, tiek novērots, ka datu līdzība ir izteikta un ir saskatāmas kopīgas tendences, kas saistāmas ar augu ziedēšanas periodu sākumiem un putekšņu koncentrācijas daudzuma palielināšanos esošā gaisa sastāvā (3.2. att.)



3.2.attēls. Putekšņu un cieto daļiņu absolūtie parametri laika posmā no 05.04.2014. līdz 27.05.2014. (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF Aerobioloģisko datu bāzi)

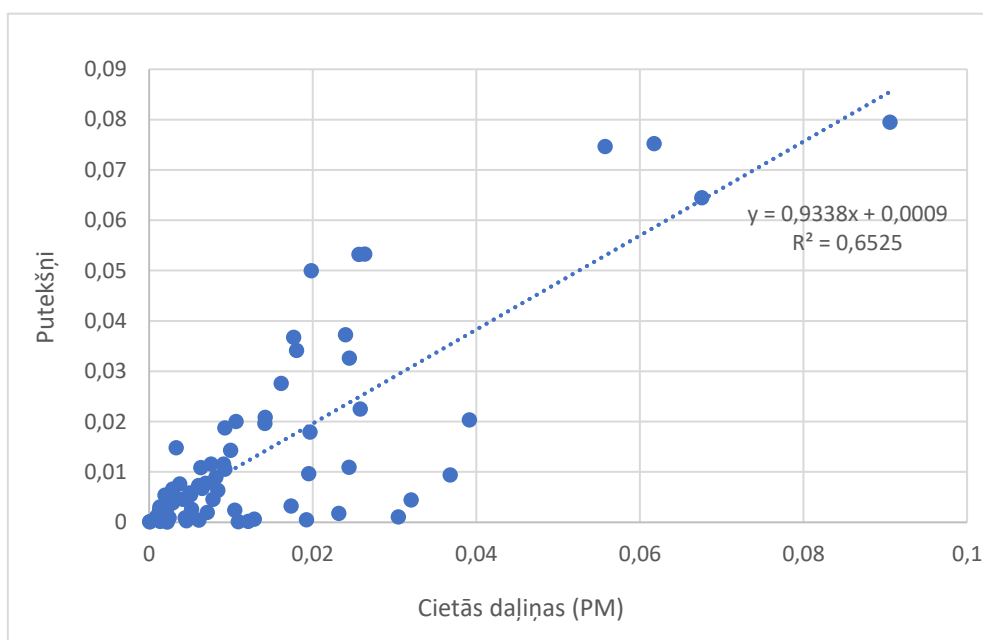


3.1.attēls. Putekšņu un cieto daļiņu normalizētie dati laika posmā no 05.04.2014. līdz 27.05.2014. (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF Aerobioloģisko datu bāzi)

Tiek veikta arī daudzfaktoru korelācija jeb daudzfaktoru lineārā regresija, salīdzinot putekšņus un cietās daļiņas. Lineārās regrijā uzrāda lineāru taisni, determinācijas koeficients

$R^2 = 0,65$, kas ir visai augsts un parāda ciešo sakarību (3.3. att.). Veicot Pīrsona korelāciju, tika iegūts, ka $r = 0,808$, kas norāda uz abu faktoru sakarību ciešumu.

Lai pētāmā paraugkopa nodrošinātu augstu statistiskās ticamības līmeni, paraugkopu apjomam ir jābūt pietiekami lieliem $n > 30$ (paraugkopas apjomam ir jābūt vismaz vairāk kā 30 vērtībām). Jo mazāks ir paraugkopas apjoms, jo mazāka datu izkliede un iegūtie dati grupējas ciešāk ap aritmētisko vidējo. Pie mazām un bieži vien nepietiekamām paraugkopām tiek uzskatīti dati, ja to paraugapjoms $n = 5-10$, ja $n = 20-30$, tad šīs ir vidēji lielas paraugkopas, bet, ja $n = 50-100$, tās var uzskatīt par ļoti lielām paraugkopām, kas uzrāda augstu rezultātu statistiskās ticamības līmeni (Melecis, 2014). Pētāmās paraugkopas apjoms $n = 71$, kas liecina, ka pētāmās paraugkopas apjoms ir pietiekami liels, lai statistikas analīzē iegūtie dati sniegtu augstu rezultātu ticamības līmeni.



3.3.att. Putekšņu koncentrācijas korelācija ar cieto daļiņu skaitu (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF Aerobioloģisko dati bāzi).

3.2. Meteoroloģisko rādītāju ietekme uz Burkard un GRIMM datiem

Lai skaidrotu putekšņu un putekšņu izmēra cieto daļiņu koncentrācijas izmaiņas, tika apskatīti iespējamie ietekmējošie faktori. Grafikā (3.4. att.) tiek atspoguļota vidējās gaisa temperatūras ietekme uz Burkard un GRIMM datiem. Kopumā ir vērojama sakarība starp temperatūras izmaiņām un pētāmo daļiņu koncentrācijas svārstībām.

Pētāmā perioda sākumos ir novērojama putekšņu sezonas sākšanās, jo pakāpeniski palielinās putekšņu skaits atmosfērā. Redzams, ka šajā laika posmā ir vērojama temperatūras paaugstināšanās, kas veicina koku ziedēšanu. Vidējā gaisa temperatūra 5.- 13. aprīlī svārstās aptuveni 2 °C- 8,5 °C, pie šādām temperatūras vērtībām sāk ziedēt lazdas un alkšņi (Kalinovych et al., 2016). Salīdzinot temperatūras ietekmi uz cietajām daļiņām, izteikti cieša sakarība nav saskatāma, kaut arī pamanāmas atsevišķas dienas (piemēram, 10.marts., 14.marts), kad līdz ar temperatūras pieaugumu palielinās cieto daļiņu daudzums gaisā. Turpretī, dienās, kad temperatūra ir pazeminājusies, gaisā joprojām var novērot daudz cietās daļiņas (3.4. att.) – šeit ir iespējami vairāki skaidrojumi. Var pieļaut, ka atšķirības ir saistītas ar GRIMM ierīces darbības specifiku, dažādu daļiņu izcelsmi. Jāuzsver, ka pastāv ļoti maza iespējamība, ka 24 m augstumā ir sastopamas ne-bioloģiskās izcelsmes cietās daļiņas putekšņu izmērā. Antropogēnās izcelsmes daļiņas putekšņu izmērā (piemēram, putekļi, riepu daļiņas) ir pārāk smagas, lai būtu atrodamas šādos augstumos. Ja pat intensīvās turbulences laikā tie uzlidotu minētā augstumā, tad tikai uz ļoti īsu brīdi.

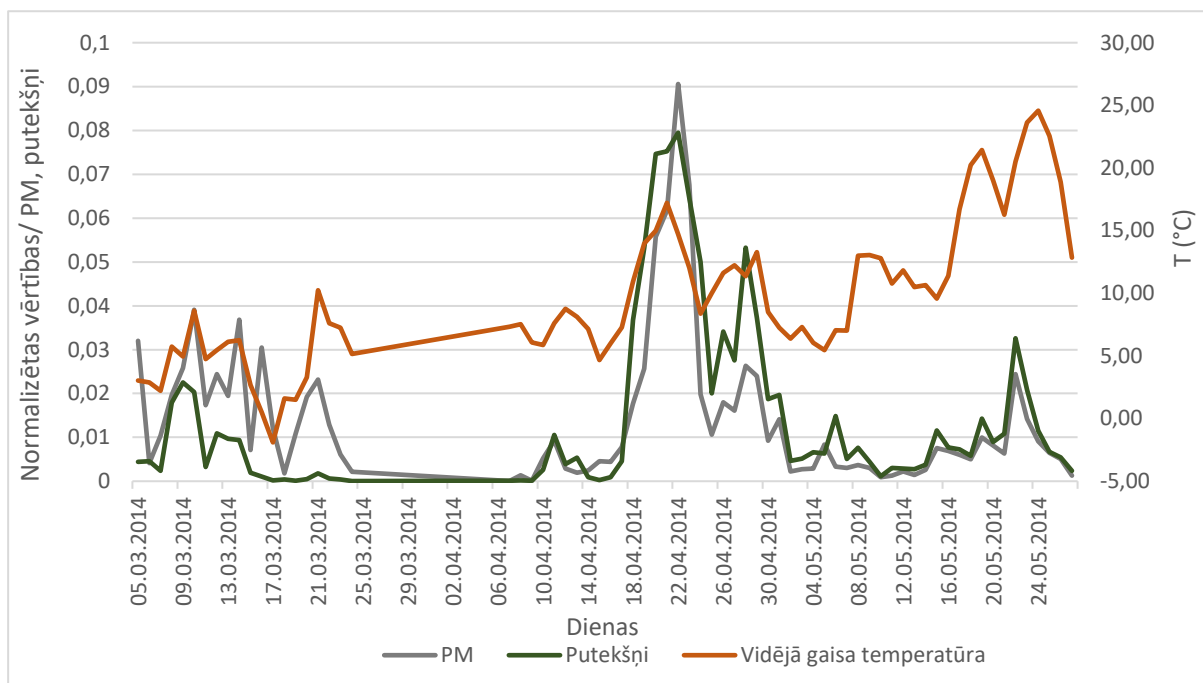
Periodā 17.- 23. martam temperatūras paaugstināšanās neietekmē putekšņu skaita palielināšanos, tas ir samērā zems, pētāmajos paraugos tika konstatētas tikai daži alkšņa un lazdas putekšņi. Šo faktoru mijiedarbībai, iespējams, ir vēl kāds rezultējošais faktors, kā piemēram, relatīvais mitrums. Kā redzams grafikā (3.7. att.), tad šajā laika posmā relatīvā mitruma daudzums tuvojas 90 %, kas ietekmē putekšņu daudzumu gaisā. Turpretī, attiecībā pret cietajām daļiņām, temperatūras paaugstināšanās ietekme sekmē cieto daļiņu daudzuma palielināšanos atmosfērā (3.4. att.).

Sākot ar 10. aprīli, kad gaisa sastāvā vērojama neliela putekšņu un cieto daļiņu pieaugums, gaisa temperatūra šajā posmā ir nedaudz pakāpusies līdz 8,2 °C.

Temperatūras pakāpeniska paaugstināšanās laikā 14.- 23. aprīlim, kad maksimālā gaisa temperatūra sasniegusi 17,2 °C, ietekmē arī bērza putekšņu sezonas sākšanos, kad ir vērojama liela putekšņu koncentrācija un ir redzamas visaugstākās vērtības. Temperatūra ietekmē arī cieto daļiņu skaita palielināšanos atmosfērā, līdzīgi kā putekšņiem, arī cietajām daļiņām maksimālais daudzums ir novērojams šajā laika periodā (3.4. att.).

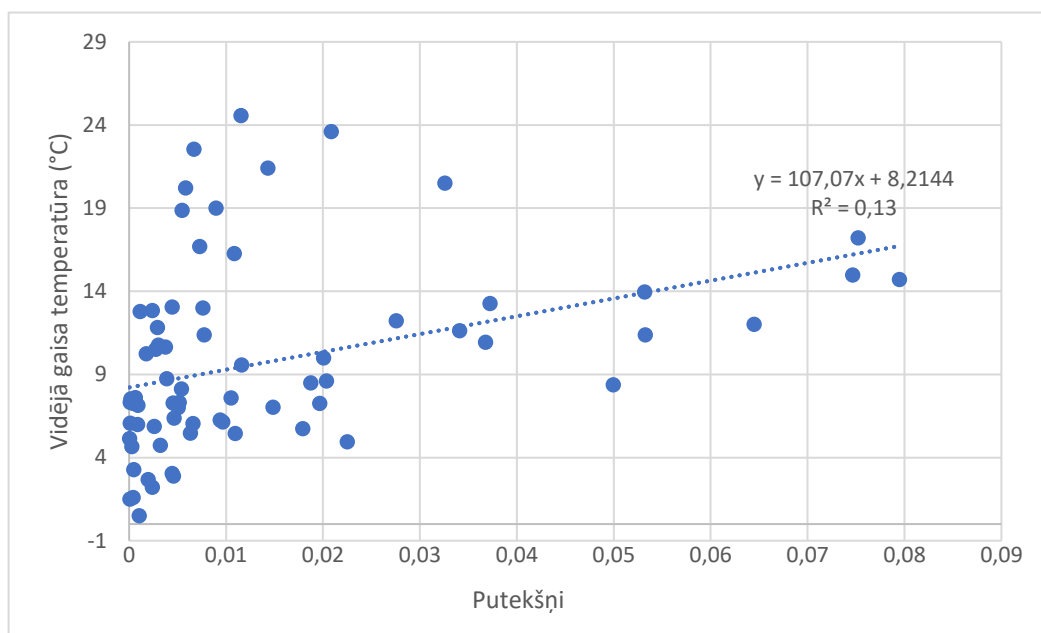
Temperatūrai nedaudz samazinoties, aptuveni par 5 °C, vērojama arī putekšņu skaita un krasāka cieto daļiņu koncentrācijas samazināšanās, taču joprojām laika posmā 26.- 30. aprīlim ir vērojama augsta bērza putekšņu koncentrācija (3.4. att.).

Aplūkojot periodu 4.- 16. aprīlim, temperatūras izmaiņām nav konkrētas ietekmes uz putekšņu un cieto daļiņu koncentrāciju, taču sākoties egļu un priežu ziedēšanai (sākot ar 17. maiju), putekšņu un cieto daļiņu skaits pētāmajos paraugos ir palielinājies, temperatūrai pat paaugstinoties līdz 24, 6 °C (3.4. att.).



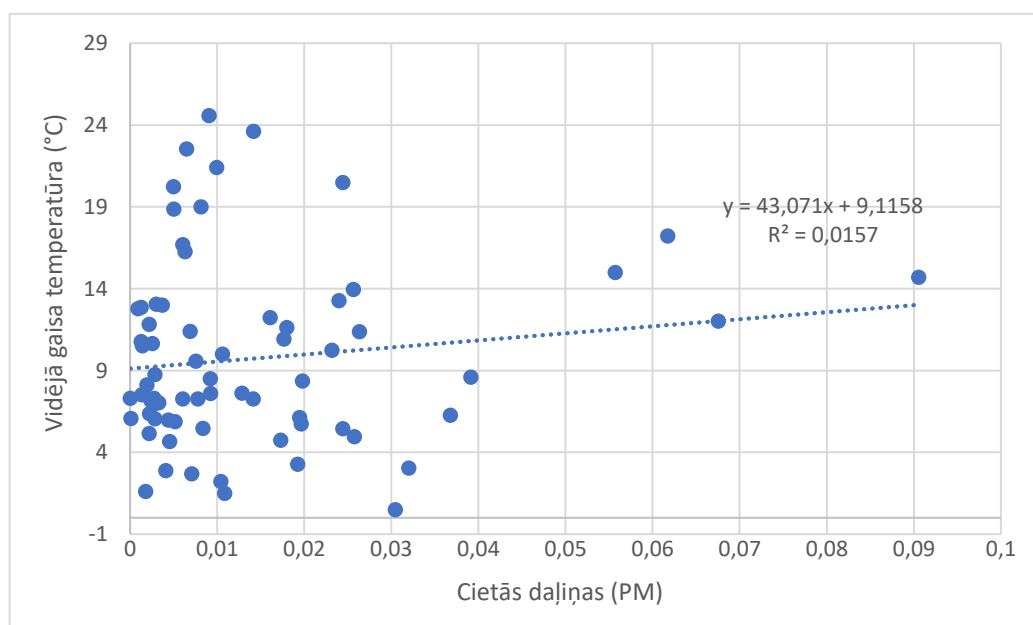
3.4.attēls. Vidējās gaisa temperatūras ietekme uz putekšņu un cieto daļiņu koncentrāciju laika posmā no 05.04.2014. līdz 27.05.2014. (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF Aerobioloģisko datu bāzi)

Lai spētu novērtēt sakarības starp vidējo gaisa temperatūru un putekšņiem, tad šeit arī tika izmantota lineārā regresija, kopumā determinācijas koeficients $R^2 = 0,13$, kas neuzrāda ciešu sakarību starp izvēlētajiem faktoriem. Pēc lineārās regresijas grafika var novērot sakarību, kas saistās ar pozitīvu lineāro regresiju, ka paaugstinoties temperatūrai, paaugstinās arī putekšņu koncentrācijas daudzums (3.5. att.). Pēc Pīrsona korelācijas iegūtais koeficients $r = 0,361$, kas uzrāda vidēju ciešumu starp izvēlētajiem faktoriem.



3.5.att. Putekšņu koncentrācijas korelācija ar vidējo gaisa temperatūru (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF Aerobioloģisko dati bāzi)

Salīdzinot cieto daļiņu saistību ar vidējo gaisa mitrumu, izmantojot daudzfaktoru korelāciju, tika iegūts, ka determinācijas koeficients $R^2 = 0,015$, kas ir ļoti zems un uzrāda zemu sakarību ciešumu starp šiem lielumiem (3.6. att.). Izmantojot Pīrsona korelāciju, tika iegūts, ka koeficients $r = 0,125$, kas uzrāda vāju ciešumu starp abiem lielumiem, tādējādi secinot, ka starp šiem lielumiem nepastāv statistiski nozīmīga sakarība.



3.6.att. Cieto daļiņu korelācija ar vidējo gaisa temperatūru (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF Aerobioloģisko dati bāzi)

Aplūkojot relatīvā mitruma ietekmi uz putekšņu un putekšņu izmēra cieto daļiņu koncentrācijas izmaiņām, tiek secināts, ka relatīvais mitrums ir ierobežojošs faktors, kas samazina emisiju intensitāti.

Aplūkojot pētāmā perioda sākumposmu 5.- 7. martu, kad tiek konstatēti pirmie putekšņi, taču to koncentrācija ir maza, skaidrojams ar augstā relatīvā mitruma ietekmi uz gaisā esošajām daļiņām, jo šajā laika periodā relatīvais mitrums sasniedz pat 95 %. Aplūkojot cietās daļiņas, šajā gadījumā relatīvais mitrums nav limitējošais faktors, jo to koncentrācija gaisā ir samērā augsta (3.7. att.).

Sākot ar 8. martu, kad alkšņa un lazdas putekšņu emisijas intensitāte palielinās, vērojama relatīvā mitruma mazināšanās, tāpēc 9. un 13. martā ir vērojama lazdas un alkšņa putekšņu sezonas maksimālā koncentrācija. Attiecībā pret cietajām daļiņām, šeit nav vērojama tāda pati likumsakarība kā ar putekšņiem, redzams, kad relatīvā mitruma daudzums palielinās, cieto daļiņu koncentrācija arī proporcionāli palielinās (3.7. att.). Putekšņu gadījumā šī tendence novērojama gadījumos, kad tiek analizēti diennakts dati, proti, dažās stundās tika ievākts (izmērīts) ievērojams daļiņu datums un tad atlikušā diennakts laikā palielinājies relatīvā gaisa mitruma daudzums. Tajā pat laikā, diennakts vērtības gan daļiņu koncentrācijai gan gaisa mitrumam ir lielas.

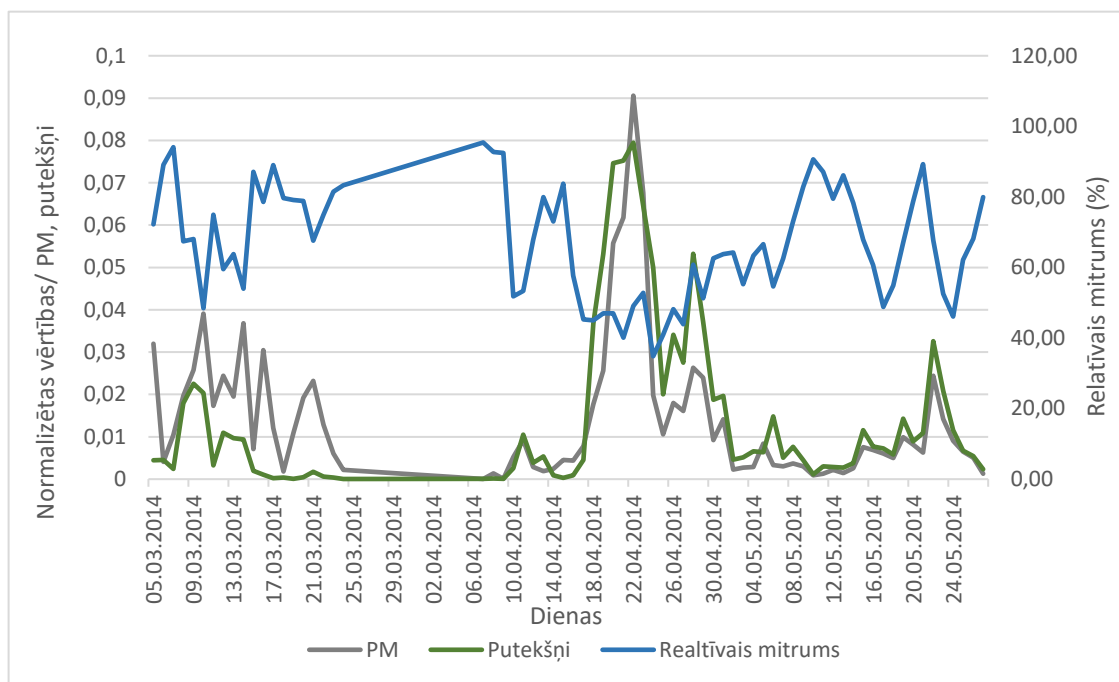
Laika posmā 25. marta- 6. aprīlim relatīvais mitrums ir ierobežojošais faktors gan putekšņiem gan cietajām daļiņām, jo šajā periodā ir sastopami tikai pāris alkšņa un lazdas putekšņi kā arī pāris cietās daļiņas, relatīvais mitrums svārstās 82- 93 % (3.7. att.).

Bērza putekšņu emisijas sākumu iezīmē relatīvā mitruma kritums. Kad bērza putekšņu sezona sasniedz savu maksimumu, gaisa relatīvais mitrums ir tikai 40- 50 % (3.7. att.). Tas pats arī vērojams nākamajā izteiktajā emisijas maksimumā, taču tagad relatīvā mitruma daudzums ir mazliet palielinājies līdz 60%, tāpēc putekšņu daudzums vairs nav tik izteikti augsts, kā arī ievērojami samazinājies cieto daļiņu daudzums (3.7. att.).

Periodā 3.- 8. maijam vērojamas relatīvā mitruma svārstības, tā vērtības variē 50- 60 %, redzams arī, ka putekšņu un cieto daļiņu daudzums atkal krietni samazinās, lai gan relatīvā mitruma vērtības nav tika lielas (3.7. att.). Būtu jāņem vērā, ka šajā periodā ir vērojamas arī temperatūras svārstības, kad tā ir nokritusies līdz 5,5 °C (3.4. att.).

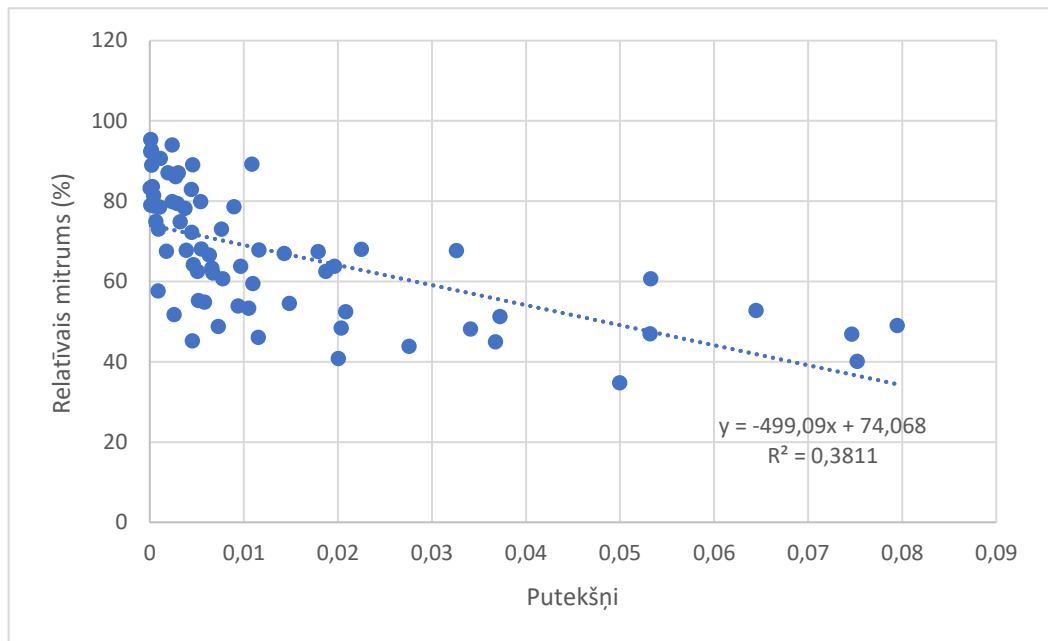
Turpmāk redzams, ka relatīvā mitruma daudzums atmosfērā ir salīdzinoši augsts, tas sasniedz pat 87 %, tāpēc redzams, ka gaisa sastāvā ir tikai dažas bērza, apses, gobas un vītola putekšņi. Ar cieto daļiņu skaitu ir vērojamas tādas pašas līdžības (3.7. att.).

22.- 24. maijā, kad vērojama izteiktāka egļu un priežu putekšņu koncentrācija, relatīvā mitruma līmenis ir visai augsts- 89 % (3.7. att.), taču šajā periodā ir vērojamas samērā augstas gaisa temperatūras līdz pat 24,6 °C (3.4. att.). Taču var secināt, ka arī šeit relatīvais mitrums ir limitējošais faktors, kas ietekmē putekšņu un cieto daļiņu koncentrāciju, un šajā periodā nav vērojami tādi maksimumi kā bēra putekšņu emisijas sezonā (3.7. att.).



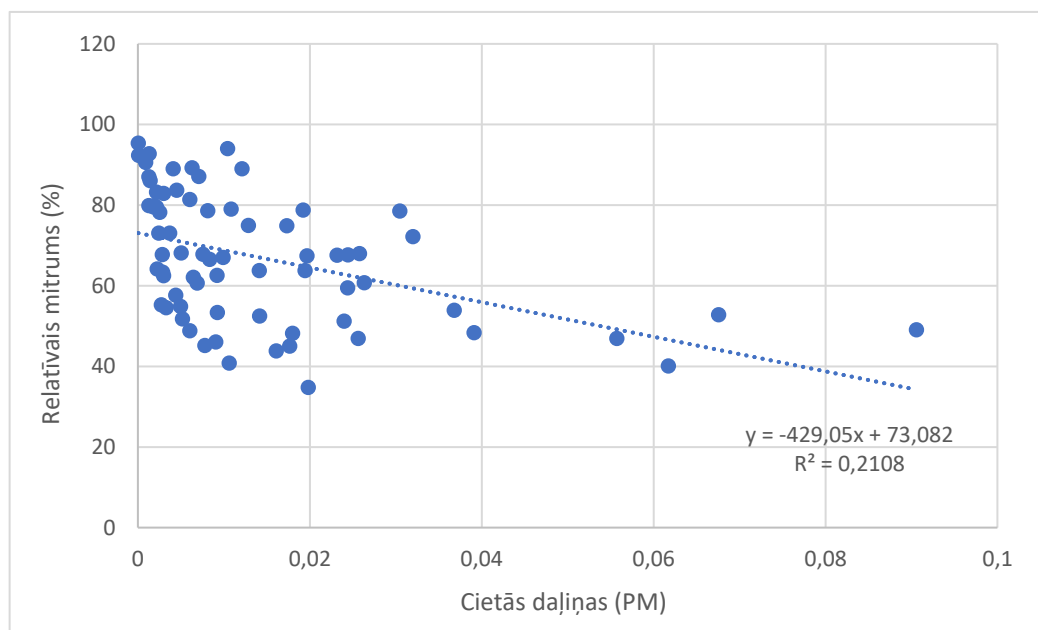
3.7.attēls. Relatīvā mitruma ietekme uz putekšņu un cieto daļiņu koncentrāciju laika posmā no 05.04.2014. līdz 27.05.2014. (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF Aerobioloģisko datu bāzi)

Izmantojot lineāro regresiju, tika noteikt ciešums starp putekšņu koncentrāciju un relatīvo mitrumu. Iegūtais determinācijas koeficients $R^2= 0,381$, kas uzrāda ciešu sakarību starp izvēlētajiem faktoriem (3.8. att.). Pēc regresijas līknes ir redzams, ka pastāv sakarība, paaugstinoties relatīvajam mitrumam samazinās putekšņu daudzums un otrādi. Pastāv negatīva funkcionālā sakarība. Papildus lineārajai regresijai tika izmantota arī Pīrsona korelācija, kur koeficients $r= 0,617$, kas ir augsts ciešuma rādītājs.



3.8.att. Putekšņu koncentrācijas korelācija ar relatīvo gaisa mitrumu (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF Aerobioloģisko dati bāzi)

Lineārā regresija tika izmantota arī, lai salīdzinātu tādus parametrus kā cieto daļiņu skaitu attiecībā pret relatīvo mitrumu. Tika iegūts determinācijas koeficients $R^2 = 0,21$, kas norāda uz samērā ciešu sakarību starp rādītājiem. Aplūkojot grafiku arī var redzēt likumsakarību, ka palielinoties relatīvā mitruma daudzumam, samazinās cieto daļiņu skaits (3.9. att.). Novērojama negatīva funkcionālā sakarība. Veicot Pīrsona korelāciju, tika iegūts, ka $r = 0,459$, kas ir vidēji ciešs rādītājs.



3.9.att. Cieto daļiņu korelācija ar relatīvo gaisa mitrumu (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF Aerobioloģisko dati bāzi)

SECINĀJUMI

Salīdzinot Burkard putekšņu uztvērēja un GRIMM gaisa kvalitātes stacijas datus, tika saskatītas līdzības daļiņu koncentrācijā gaisa sastāvā periodā no 25. marta līdz 27. maijam.

Lielākā datu nesakritība ir pētāmā perioda sākumposmā- marta sākumā, kad GRIMM dati ievērojami atšķiras no Burkard datiem, bet tomēr ir uzskatāms, ka GRIMM uztvertās daļiņas tomēr ir putekšņi (un augu atliekas), savukārt atšķirības datus ir saistītas ar ierīču darbības principu dažādību.

Tika novērota gan Burkard uztvērēja, gan GRIMM stacijas datu ciešā apgrieztā saistība ar gaisa relatīvo mitrumu. Dienās, kad gaisa relatīvais mitrums, ir robežās 80%- 95%, gaisa sastāvā ir pavisam niecīgs daudzums bioloģisko daļiņu, tādējādi var secināt, ka relatīvais mitrums ir limitējošais faktors pētītā izmēra daļiņu klātbūtnē gaisā.

Gaisa temperatūrai ir pozitīva ietekme abu ierīču datiem, kas vēlreiz apstiprina hipotēzi par putekšņu uztveršanu ar GRIMM staciju. Zemie korelācijas koeficienti visā pētāmā periodā skaidrojami ar citu faktoru vienlaicīgu ietekmi uz putekšņu daudzumu gaisā. Ir nepieciešams veikt papildus analīzes, nodalot atsevišķus posmus, lai viennozīmīgi spriest par temperatūras ietekmes mehānismu.

Spriežot pēc iegūtiem rezultātiem, hipotēze ir apstiprinājusies, tomēr, ir nepieciešams veikt papildus pētījumus par dažādiem periodiem un faktoriem, lai būtu iespējams aprēķināt GRIMM/ Burkard koeficientu un novērtēt metodes efektivitāti.

Tika secināts, ka laika periodos, kad gaisā tiek konstatēti tikai daži putekšņu veidi, t.i. ziemas beigās, pavasara sākumā un rudenī, putekšņu monitoringā ir iespējams izmantot gaisa kvalitātes stacijas mērījumus līdz ar putekšņu uztvērēja mērījumiem.

Savukārt, intensīvās putekšņu sezonas laikā, kad, gaisā tiek novērots daudz dažādu putekšņu veidu, gaisa kvalitātes stacija var būt izmantojama kopējā diennakts putekšņu daudzuma mērījumos.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

Publicētie materiāli

- Bastl, K., Kmenta, M., Pessi, A.M., Prank, M., Saarto, A., Sofiev, M., Bergmann, K.C., Buters, J.T.M., Thibaudon, M., Jäger, S., Berger, U., 2016. First comparison of symptom data with allergen content (Bet v 1 and Phl p 5 measurements) and pollen data from four European regions during 2009-2011. *Sci. Total Environ.* 548–549, 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.014>
- Beggs, P.J., 2010. Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 7, 3006–3021. <https://doi.org/10.3390/ijerph7083006>
- Ben Dhiab, A., Ben Mimoun, M., Oteros, J., Garcia-Mozo, H., Domínguez-Vilches, E., Galán, C., Abichou, M., Msallem, M., 2016. Modeling olive-crop forecasting in Tunisia. *Theor. Appl. Climatol.* 128, 541–549. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1726-1>
- Berman, D., 2011. ChanGe and aeroallerGens in 24, 65–71.
- Boucher, A., Hidalgo, P.J., Thonnat, M., Belmonte, J., Galan, C., Bonton, P., Tomczak, R., 2002. Development of a semi-automatic system for pollen recognition. *Aerobiologia (Bologna)*. 18, 195–201. <https://doi.org/10.1023/A:1021322813565>
- Burbach, G. J., Heinzerling, L. M., Edenharter, G., Bachert, C., Bindslev-Jensen, C., Bonini, S., et al. (2009). GA2LEN skin test study II: Clinical relevance of inhalant allergen sensitizations in Europe. *Allergy*, 64(10), 1507–1515.
- Chen, C., Hendriks, E.A., Duin, R.P.W., Reiber, J.H.C., Hiemstra, P.S., De Weger, L.A., Stoel, B.C., 2006. Feasibility study on automated recognition of allergenic pollen: Grass, birch and mugwort. *Aerobiologia (Bologna)*. 22, 275–284. <https://doi.org/10.1007/s10453-006-9040-0>
- Crouzy, B., Stella, M., Konzelmann, T., Calpini, B., Clot, B., 2016. All-optical automatic pollen identification: Towards an operational system. *Atmos. Environ.* 140, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.05.062>
- Črepinšek, Z., Štampar, F., Kajfež-Bogataj, L., Solar, A., 2012. The response of *Corylus avellana* L. phenology to rising temperature in north-eastern Slovenia. *Int. J. Biometeorol.* 56, 681–694. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0469-7>
- D'Amato, G., Cecchi, L., Bonini, S., Nunes, C., Annesi-Maesano, I., Behrendt, H., Liccardi, G., Popov, T., Van Cauwenberge, P., 2007. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy Eur. J. Allergy Clin. Immunol.* 62, 976–990. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x>
- Füssel, H.-M., Jol, A., Marx, A., Hildén, M., Aparicio, A., Bastrup-Birk, A., Bigano, A., Castellari, S., Erhard, M., Georgi, B., Isoard, S., Kendrovski, V., Kristensen, P., Kurnik, B., Leitner, M., Louwagie, G., Lung, T., Mysiak, J., Olesen, J., Reker, J., Semenza, J., Suk, J., Vanneuville, W., Watkiss, P., Wugt-Larsen, F., Barredo, J., Biala, K., Borrelli, P., Ceglar, A., Chomat, G., Christiansen, T., Civic, K., Crawford-Brown, D., Delbaere, B., Eichler, L., Elmi, M., Feyen, L., Fronzek, S., Galbiati, L., Jones, A., Jurek, M., Kampus, K., Kipling, R., Kiviluoma, J., Lehtonen, H., Lexer, W., Lugato, E., Madsen, K., Meakins, B., Meiner, A., Musco, E., Niemeyer, S., Palmer, M., Panagos, P., Perrels, A., Prettenthaler, F., Reckermann, M., Roggero, P., Schweiger, O., Schönhart, M., Settele, J., Simmons, A., Spinoni, J., Steininger, K., Szalai, S., Vaughan, D., Vogt, J., Zingstra, H.,

- van der Linden, P., 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. <https://doi.org/citeulike-article-id:14262052> doi: 10.2800/534806
- González-Parrado, Z., Fuertes-Rodríguez, C.R., Vega-Maray, A.M., Valencia-Barrera, R.M., Rodríguez-Rajo, F.J., Fernández-González, D., 2006. Chilling and heat requirements for the prediction of the beginning of the pollen season of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner in Ponferrada (León, Spain). *Aerobiologia* (Bologna). 22, 47–53. <https://doi.org/10.1007/s10453-005-9008-5>
- González Parrado, Z., Valencia Barrera, R.M., Fuertes Rodríguez, C.R., Vega Maray, A.M., Pérez Romero, R., Fraile, R., Fernández González, D., 2009. Alternative statistical methods for interpreting airborne Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner) pollen concentrations. *Int. J. Biometeorol.* 53, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s00484-008-0184-1>
- Grimm, H., Eatough, D.J., 2009. Aerosol measurement: The use of optical light scattering for the determination of particulate size distribution, and particulate mass, including the semi-volatile fraction. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 59, 101–107. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.59.1.101>
- Hansen, J., Kharecha, P., Sato, M., Masson-Delmotte, V., Ackerman, F., Beerling, D.J., Hearty, P.J., Hoegh-Guldberg, O., Hsu, S.L., Parmesan, C., Rockstrom, J., Rohling, E.J., Sachs, J., Smith, P., Steffen, K., Van Susteren, L., Von Schuckmann, K., Zachos, J.C., 2013. Assessing “dangerous climate change”: Required reduction of carbon emissions to protect young people, future generations and nature. *PLoS One* 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081648>
- Hatfield, J.L., Prueger, J.H., 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather Clim. Extrem.* 10, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Hedhly, A., Hormaza, J.I., Herrero, M., 2009. Global warming and sexual plant reproduction. *Trends Plant Sci.* 14, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.11.001>
- Hirst, J.M., 1954. An automatic volumetric spore trap. *Ann. Appl. Biol.* 39, 257–265.
- Huynen, M., 2003. Phenology and Health : Allergic Disorders.
- Kalinovych, N., Voloshchuk, K., Vorobets, N., 2016. *Corylus* and *Alnus* pollen concentration in air of Lviv (Western Ukraine). *Acta Agrobot.* 69, 6–8. <https://doi.org/10.5586/aa.1680>
- Kasprzyk, I., 2003. Flowering phenology and airborne pollen grains of chosen tree taxa in Rzeszów (SE Poland). *Aerobiologia* (Bologna). 19, 113–120. <https://doi.org/10.1023/A:1024406819444>
- Kawashima, S., Clot, B., Fujita, T., Takahashi, Y., Nakamura, K., 2007. An algorithm and a device for counting airborne pollen automatically using laser optics. *Atmos. Environ.* 41, 7987–7993. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.09.019>
- Lake, I.R., Jones, N.R., Agnew, M., Goodess, C.M., Giorgi, F., Hamaoui-Laguel, L., Semenov, M.A., Solomon, F., Storkey, J., Vautard, R., Epstein, M.M., 2017. Climate change and future pollen allergy in Europe. *Environ. Health Perspect.* 125, 385–391. <https://doi.org/10.1289/EHP173>
- Malkiewicz, M., Drzeniecka-Osiadacz, A., Krynicka, J., 2016. The dynamics of the *Corylus*, *Alnus*, and *Betula* pollen seasons in the context of climate change (SW Poland). *Sci. Total Environ.* 573, 740–750. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.103>
- Myszkowska, D., 2014. Predicting tree pollen season start dates using thermal conditions.

- Aerobiologia* (Bologna). 30, 307–321. <https://doi.org/10.1007/s10453-014-9329-3>
- Nowosad, J., 2016. Spatiotemporal models for predicting high pollen concentration level of *Corylus*, *Alnus*, and *Betula*. *Int. J. Biometeorol.* 60, 843–855. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1077-8>
- Orlandi, F., Ruga, L., Romano, B., Fornaciari, M., 2005. An integrated use of aerobiological and phenological data to analyse flowering in olive groves. *Grana* 44, 51–56. <https://doi.org/10.1080/00173130510010431>
- Oteros, J., García-Mozo, H., Vázquez, L., Mestre, A., Domínguez-Vilches, E., Galán, C., 2013. Modelling olive phenological response to weather and topography. *Agric. Ecosyst. Environ.* 179, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.008>
- Oteros, J., Pusch, G., Weichenmeier, I., Heimann, U., Möller, R., Röseler, S., Traidl-Hoffmann, C., Schmidt-Weber, C., Buters, J.T.M., 2015. Automatic and online pollen monitoring. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 167, 158–166. <https://doi.org/10.1159/000436968>
- Puc, M., 2007. The effect of meteorological conditions on hazel (*Corylus* spp.) and alder (*Alnus* spp.) pollen concentration in the air of Szczecin. *Acta Agrobot.* 60, 65–70. <https://doi.org/10.5586/aa.2007.032>
- Puc, M., Kasprzyk, I., 2013. The patterns of *Corylus* and *Alnus* pollen seasons and pollination periods in two Polish cities located in different climatic regions. *Aerobiologia* (Bologna). 29, 495–511. <https://doi.org/10.1007/s10453-013-9299-x>
- Rapiejko, P., Lipiec, A., Wojdas, A., Jurkiewicz, D., 2004. Threshold pollen concentration necessary to evoke allergic symptoms. *Int. Rev. Allergol. Clin. Immunol.* 10, 91–94. [https://doi.org/10.1016/S0030-6657\(07\)70491-2](https://doi.org/10.1016/S0030-6657(07)70491-2)
- Ritenberga, O., 2017. Forecasting the geospatial and temporal patterns of pollen season in Europe using statistical and deterministic modelling.
- Ritenberga, O., Kalnina, L., 2011. Development of aerobiological monitoring in Latvia, *Integration The Vlsi Journal*.
- Ritenberga, O., Kalnina, L., 2010. Putekšņu koncentrācijas atmosfērā novērojumi Rīgā 2003.-2010. gadā.
- Ritenberga, O., Kalnina, L., Gross, K.A., Gudovicha, M., 2012. Occurrence of ragweed plants and pollen in Latvia. *Ambrosie, First Int. Ragweed Rev.* 27, 21–27.
- Ritenberga, O., Sofiev, M., Kirillova, V., Kalnina, L., Genikhovich, E., 2016. Statistical modelling of non-stationary processes of atmospheric pollution from natural sources: Example of birch pollen. *Agric. For. Meteorol.* 226–227, 96–107. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.05.016>
- Ritenberga, O., Sofiev, M., Siljamo, P., Saarto, A., Dahl, A., Ekeboom, A., Sauliene, I., Shalaboda, V., Severova, E., Hoebeke, L., Ramfjord, H., 2018. A statistical model for predicting the inter-annual variability of birch pollen abundance in Northern and North-Eastern Europe. *Sci. Total Environ.* 615. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.061>
- Ritenberga, O., Steinberga, I., 2016. Particulate matter and airborne pollen as background pollution in urban area - example of Riga, Latvia.
- Ritenberga, O., Šauliene, I., Šukiene, L., Berger, U., Sofiev, M., 2017. Towards developing personal allergy symptom forecasting system in Baltic States. *Allergy Eur. J. Allergy Clin. Immunol.* 72, 803. <https://doi.org/10.1111/all.13249>

- RNSA– Réseau National de Surveillance Aerobiologique. 2007. The pollen content of the air: Identification key. Version 2.(CD), France
- Ronneberger, O., 2007. 3D Invariants for Automated Pollen Recognition 271.
- Ronneberger, O., Schultz, E., Burkhardt, H., 2002. Automated pollen recognition using 3D volume images from fluorescence microscopy. *Aerobiologia (Bologna)*. 18, 107–115. <https://doi.org/10.1023/A:1020623724584>
- Skjøth, C.A., Smith, M., Brandt, J., Emberlin, J., 2009. Are the birch trees in Southern England a source of *Betula* pollen for North London? *Int. J. Biometeorol.* 53, 75–86. <https://doi.org/10.1007/s00484-008-0192-1>
- Sofiev, M., Bergmann, K.C., 2012. Allergenic pollen: A review of the production, release, distribution and health impacts, Monitoring, Modelling and Forecasting of the Pollen Season. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4881-1>
- Sofiev, M., Ritenberga, O., Albertini, R., Arteta, J., Belmonte, J., Bernstein, C.G., Bonini, M., Celenk, S., Damialis, A., Douros, J., Elbern, H., Friese, E., Galan, C., Oliver, G., Hrga, I., Kouznetsov, R., Krajsek, K., Magyar, D., Parmentier, J., Plu, M., Prank, M., Robertson, L., Marie Steensen, B., Thibaudon, M., Segers, A., Stepanovich, B., Valdebenito, A.M., Vira, J., Vokou, D., 2017. Multi-model ensemble simulations of olive pollen distribution in Europe in 2014: Current status and outlook. *Atmos. Chem. Phys.* 17. <https://doi.org/10.5194/acp-17-12341-2017>
- Sofiev, M., Siljamo, P., Ranta, H., Rantio-Lehtimäki, A., 2006. Towards numerical forecasting of long-range air transport of birch pollen: Theoretical considerations and a feasibility study. *Int. J. Biometeorol.* 50, 392–402. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0027-x>
- Spiekma, F.T.M., Van Noort, P., Nikkels, H., 2000. Influence of nearby stands of *Artemisia* on street-level versus roof-top-level ratio's of airborne pollen quantities. *Aerobiologia (Bologna)*. 16, 21–24. <https://doi.org/10.1023/A:1007618017071>
- Stepalska, D., Myszkowska, D., Piotrowicz, K., Kasprzyk, I., 2016. The phenological phases of flowering and pollen seasons of spring flowering tree taxa against a background of meteorological conditions in Kraków, Poland. *Acta Agrobot.* 69, 1–12. <https://doi.org/10.5586/aa.1678>
- Storkey, J., Stratonovitch, P., Chapman, D.S., Vidotto, F., Semenov, M.A., 2014. A process-based approach to predicting the effect of climate change on the distribution of an invasive allergenic plant in Europe. *PLoS One* 9, 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088156>
- Suzuki, M., Tonouchi, M., Murayama, K., 2008. Automatic measurements of Japanese cedar/cypress pollen concentration and the numerical forecasting at Tokyo metropolitan area. *Environment* 1–5.
- Šaulienė, I., Šukienė, L., Severova, E., Kalnina, L., 2014. Comparison of *Alnus*, *Corylus*, *Betula* pollen seasons in Riga, Moscow and Vilnius. *Aerobiologia (Bologna)*. 30, 423–433. <https://doi.org/10.1007/s10453-014-9341-7>
- Vara Prasad, P. V., Craufurd, P.Q., Summerfield, R.J., 1999. Fruit number in relation to pollen production and viability in groundnut exposed to short episodes of heat stress. *Ann. Bot.* 84, 381–386. <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0926>

Nepublicētie materiāli

- Balode, T., Ritenberga, O., 2018. Gaisa kvalitātes stacijas izmantošana putekšņu petījumos, in: *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides Zinātne. Referātu Tēzes*. Rīga: Latvijas Universitāte, 2018. pp. 331–333.
- Blaus, A. 2016. *Latvijas mūsdienu putekšņu spektra pamata komponentu novērtēšana atmosfēras piezemes slāni*. Maģistra darbs. Rīga, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Frenguelli, G. 2007. *Pollen development, biology and function*. 8th Basic Course on Aerobiology. Novi Sad, Serbia, pp 23-30. 51
- Galan, C. 2007. *Pollen development, biology and function*. 8th Basic Course on Aerobiology. Novi Sad, Serbia, pp 31-39
- Ivanovs, V. 2016. *Gaisa aerosolu daļiņu mērījumi iekštelpās un āra vidē*. Bakalaura darbs. Rīga, Ķīmijas fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Melecis, V. 2014. *Lielā skaita likums: lekciju materiāls*. Rīga, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Melecis, V. 2010. *Korelāciju analīze: lekciju materiāls*. Rīga, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Radisic, P., Sikoparija, B. 2005. *Betula spp. Pollen in the atmosphere of Novi Sad (2000 - 2002)*, *Aerobiologia*, no 21, pp 63-67
- Ritenberga, O. 2010. *Bērza putekšņu koncentrācija gaisā un to noteicošo faktoru izpēte Latvijā 2003.- 2009. gadā*. Maģistra darbs. Rīga, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Veselova, A. 2013. *Meteoroloģisko rādītāju ietekme uz alkšņa un lazdas putekšņu koncentrāciju gaisā*. Bakalaura darbs. Rīga, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Elektroniskie resursi

- Aerobiologia en Cordoba. 2014. Método de muestreo aerobiológico. Universidad d Cordoba. Skat: 29.12.2017. Pieejams <http://www.uco.es/aerobiologia/metodologia/captacion.html>
- Čerņajeva, S., [Bez dat.]. *Vienkāršā lineārā regresija un korelācija: lekciju konspekts*. RTU Inženiermatemātikas katedra, Rīgas Tehniskā Universitāte. Skat: 18.05.2018. Pieejams https://estudijas.rtu.lv/pluginfile.php/634598/mod_resource/content/0/Matematiska_statistika/regresija_un_korelacija.pdf
- Plair. 2018. *Real-Time Airborne Particle Identifier*. Sk. 23.05.2018. Pieejams <http://www.plair.ch/>

PIELIKUMI

1. pielikums. Sertifikāts par dalību Latvijas Universitātēs starptautiskās 76. Zinātniskās konferences sekcijā “Vides piesārņojums; novērojumi un risinājumi”.
2. pielikums. Burkard un GRIMM dati periodā 05.03.2014.- 27.05.2014.
3. pielikums. Burkard un GRIMM normalizētie dati periodā 05.03.2014.- 27.05.2014.
4. pielikums. Vidējie meteoroloģiskie parametri periodā 05.03.2014.- 27.05.2014.

1.pielikums. Sertifikāts par dalību Latvijas Universitātēs starptautiskās 76. Zinātniskās konferences sekcijā “Vides piesārņojums; novērojumi un risinājumi”.



2. pielikums. Burkard un GRIMM dati periodā 05.03.2014.- 27.05.2014. (izstrādājis autors izmantojot LU, ĢZZF aerobioloģisko datubāzi)

Datums	PM	Putekšņi
05.03.2014	575	534
06.03.2014	74	547
07.03.2014	187	287
08.03.2014	353	2153
09.03.2014	463	2705
10.03.2014	702	2446
11.03.2014	311	388
12.03.2014	439	1315
13.03.2014	350	1161
14.03.2014	661	1127

15.03.2014	127	234
16.03.2014	547	124
17.03.2014	217	23
18.03.2014	32	48
19.03.2014	195	10
20.03.2014	345	57
21.03.2014	416	212
22.03.2014	231	76
23.03.2014	109	49
24.03.2014	39	4
07.04.2014	1	12
08.04.2014	24	21
09.04.2014	2	12
10.04.2014	93	310
11.04.2014	166	1265
12.04.2014	51	467
13.04.2014	35	648
14.04.2014	44	108
15.04.2014	82	33
16.04.2014	79	106
17.04.2014	140	545
18.04.2014	317	4420
19.04.2014	461	6394
20.04.2014	1000	8974
21.04.2014	1108	9043
22.04.2014	1626	9554
23.04.2014	1213	7750
24.04.2014	356	6005
25.04.2014	191	2410
26.04.2014	323	4100
27.04.2014	289	3313
28.04.2014	473	6403
29.04.2014	431	4476
30.04.2014	166	2251
01.05.2014	254	2362
02.05.2014	40	557
03.05.2014	49	622
04.05.2014	52	791
05.05.2014	150	759
06.05.2014	59	1782
07.05.2014	54	610
08.05.2014	67	914
09.05.2014	54	532
10.05.2014	16	136
11.05.2014	23	364
12.05.2014	39	349

13.05.2014	26	330
14.05.2014	46	450
15.05.2014	136	1393
16.05.2014	124	930
17.05.2014	108	874
18.05.2014	90	698
19.05.2014	178	1719
20.05.2014	146	1076
21.05.2014	113	1305
22.05.2014	439	3918
23.05.2014	255	2505
24.05.2014	163	1386
25.05.2014	116	805
26.05.2014	91	656
27.05.2014	23	286

3.pielikums. Burkard un GRIMM normalizētie dati periodā 05.03.2014.- 27.05.2014.
(izstrādājis autors izmantojot LU, ĢZZF aerobioloģisko datubāzi)

Datums	PM (normalizētā koncentrācija)	Putekšņi (normalizētā koncentrācija)
05.03.2014	0,03201	0,00444
06.03.2014	0,00410	0,00455
07.03.2014	0,01043	0,00239
08.03.2014	0,01967	0,01791
09.03.2014	0,02578	0,02250
10.03.2014	0,03912	0,02034
11.03.2014	0,01732	0,00323
12.03.2014	0,02443	0,01094
13.03.2014	0,01948	0,00966
14.03.2014	0,03680	0,00937
15.03.2014	0,00710	0,00195
16.03.2014	0,03047	0,00103
17.03.2014	0,01211	0,00019
18.03.2014	0,00180	0,00040
19.03.2014	0,01087	0,00008
20.03.2014	0,01924	0,00047
21.03.2014	0,02318	0,00176
22.03.2014	0,01285	0,00063
23.03.2014	0,00606	0,00041
24.03.2014	0,00218	0,00003
07.04.2014	0,00004	0,00010
08.04.2014	0,00133	0,00017
09.04.2014	0,00009	0,00010
10.04.2014	0,00519	0,00258
11.04.2014	0,00925	0,01052

12.04.2014	0,00285	0,00388
13.04.2014	0,00192	0,00539
14.04.2014	0,00243	0,00090
15.04.2014	0,00454	0,00027
16.04.2014	0,00440	0,00088
17.04.2014	0,00779	0,00453
18.04.2014	0,01766	0,03676
19.04.2014	0,02565	0,05318
20.04.2014	0,05572	0,07464
21.04.2014	0,06174	0,07521
22.04.2014	0,09057	0,07947
23.04.2014	0,06756	0,06446
24.04.2014	0,01982	0,04995
25.04.2014	0,01061	0,02005
26.04.2014	0,01802	0,03410
27.04.2014	0,01611	0,02756
28.04.2014	0,02634	0,05326
29.04.2014	0,02399	0,03723
30.04.2014	0,00923	0,01872
01.05.2014	0,01413	0,01965
02.05.2014	0,00224	0,00463
03.05.2014	0,00274	0,00517
04.05.2014	0,00287	0,00658
05.05.2014	0,00836	0,00631
06.05.2014	0,00329	0,01482
07.05.2014	0,00302	0,00507
08.05.2014	0,00371	0,00760
09.05.2014	0,00301	0,00442
10.05.2014	0,00090	0,00113
11.05.2014	0,00129	0,00303
12.05.2014	0,00219	0,00290
13.05.2014	0,00143	0,00274
14.05.2014	0,00256	0,00374
15.05.2014	0,00756	0,01159
16.05.2014	0,00691	0,00774
17.05.2014	0,00604	0,00727
18.05.2014	0,00499	0,00581
19.05.2014	0,00994	0,01430
20.05.2014	0,00815	0,00895
21.05.2014	0,00630	0,01085
22.05.2014	0,02445	0,03259
23.05.2014	0,01419	0,02084
24.05.2014	0,00907	0,01153
25.05.2014	0,00648	0,00670
26.05.2014	0,00504	0,00546
27.05.2014	0,00127	0,00238

4. pielikums. Vidējie meteoroloģiskie parametri periodā 05.03.2014.- 27.05.2014. (izstrādājis autors izmantojot LU, ĢZZF Aerobioloģisko datubāzi)

Datums	Vidējā gaisa temperatūra	Realtīvais mitrums
05.03.2014	3,04	72,25
06.03.2014	2,89	89,08
07.03.2014	2,22	94,08
08.03.2014	5,74	67,46
09.03.2014	4,96	68,04
10.03.2014	8,61	48,42
11.03.2014	4,74	74,92
12.03.2014	5,46	59,50
13.03.2014	6,14	63,79
14.03.2014	6,27	53,96
15.03.2014	2,69	87,13
16.03.2014	0,50	78,58
17.03.2014	-1,90	89,04
18.03.2014	1,61	79,63
19.03.2014	1,50	79,08
20.03.2014	3,29	78,83
21.03.2014	10,25	67,58
22.03.2014	7,62	74,96
23.03.2014	7,26	81,46
24.03.2014	5,15	83,25
07.04.2014	7,32	95,42
08.04.2014	7,53	92,75
09.04.2014	6,08	92,42
10.04.2014	5,88	51,79
11.04.2014	7,60	53,38
12.04.2014	8,75	67,79
13.04.2014	8,12	79,96
14.04.2014	7,15	73,08
15.04.2014	4,67	83,71
16.04.2014	5,99	57,71
17.04.2014	7,28	45,25
18.04.2014	10,93	45,04
19.04.2014	13,96	47,00
20.04.2014	14,99	46,96
21.04.2014	17,23	40,13
22.04.2014	14,71	49,08
23.04.2014	12,02	52,83
24.04.2014	8,37	34,83
25.04.2014	10,00	40,88
26.04.2014	11,63	48,21
27.04.2014	12,23	43,88

28.04.2014	11,38	60,75
29.04.2014	13,27	51,29
30.04.2014	8,50	62,58
01.05.2014	7,26	63,79
02.05.2014	6,37	64,21
03.05.2014	7,31	55,29
04.05.2014	6,06	63,38
05.05.2014	5,47	66,58
06.05.2014	7,04	54,58
07.05.2014	7,01	62,54
08.05.2014	13,01	73,08
09.05.2014	13,06	82,96
10.05.2014	12,78	90,67
11.05.2014	10,78	87,08
12.05.2014	11,83	79,50
13.05.2014	10,51	86,13
14.05.2014	10,66	78,29
15.05.2014	9,58	67,88
16.05.2014	11,39	60,71
17.05.2014	16,70	48,83
18.05.2014	20,23	54,88
19.05.2014	21,42	67,04
20.05.2014	19,00	78,67
21.05.2014	16,28	89,29
22.05.2014	20,50	67,71
23.05.2014	23,62	52,50
24.05.2014	24,58	46,13
25.05.2014	22,55	62,17
26.05.2014	18,87	68,17
27.05.2014	12,85	79,96

