

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA

**METEOROLOĢISKO RĀDĪTĀJU IETEKME UZ BĒRZA  
ZIEDPUTEKŠŅU KONCENTRĀCIJU GAISĀ**

Bakalaura darbs

Autors: **Olga Patļina**

Stud. apl. VidZ040067

Darba vadītāji: *Asoc. prof. Dr.*

*geogr* Laimdota Kalniņa

*Asoc. prof. Dr.*

*geogr* Agrita Briede

Rīga 2008

## ANOTĀCIJA

Bakalaura darba tēma ir meteoroloģisko rādītāju ietekme uz bērza ziedputekšņu koncentrāciju gaisā. Par pētījuma objektu tika ņemti tieši bērza ziedputekšņi, jo bērzs ir visbīstamākais elpceļu un cita veida alerģijas izraisītājs Latvijas teritorijā. Darbā tiek raksturots kādā veidā meteoroloģiskie rādītāji (temperatūra, nokrišņu daudzums, vēja stiprums un virziens, gaisa spiediens, relatīvais mitrums, mākoņu daudzums) ietekmē ziedputekšņu koncentrāciju. Tiek sniegta jauna interpretācija bērza ziedputekšņu sezonas sākuma datumiem.

Darbu veido 5 pamatnodaļas ar 12 apakšnodaļām, ko ilustratīvi papildina 12 attēli un 4 tabulas darba pamatnodaļā un 9 pielikumos.

**Atslēgvārdi:** Aerobioloģija, aerobioloģiskais monitorings, Burkard uztvērējs, ziedputekšņu koncentrācija, ziedputekšņu transports, bērzs, meteoroloģiskie rādītāji.

## ANNOTATION

The theme of this Bachelor Paper is „The influence of Meteorological parameters on Birch pollen Concentration in the Air”. Investigation object is birch pollen, because of the fact that birch is the most dangerous founder of the respiratory tract and other types of allergy. The paper describes how the meteorological indices (temperature, wind speed and direction, rainfall, cloudiness, level of humidity) impact birch pollen concentration in the air. The author of the paper worked out the new birch pollen interpretation for the dates of pollination season start.

The paper consists of 5 chapters with 12 sub-chapters, 12 figures, 4 tables and 9 appendixes.

**Key words:** Aerobiology, pollen concentration, Burkard pollen trap, pollen transportation, birch, meteorological parameters.

# SATURA RĀDĪTĀJS

|   |    |
|---|----|
| ANOTĀCIJA .....   | 2  |
| ANNOTATION .....  | 3  |
| IEVADS .....  | 5  |
| 1. AEROBIOLOĢIJA .....  | 7  |
| 1.1. Aerobioloģija un ziedputekšņu alerģija .....   | 7  |
| 1.2. Ziedputekšņi un to morfoloģija. Bērza ziedputekšņi .....                               | 9  |
| 1.3. Bērza ziedputekšņu transports .....  | 11 |
| 1.4. Bērza ziedputekšņu monitoringā nozīmīgo klimatisko apstākļu raksturojums Latvijā ..... | 13 |
| 1.5. Citās Eiropas valstīs veiktie aerobioloģiskie pētījumi .....                           | 15 |
| 2. MATERIĀLI UN METODEDES .....   | 17 |
| 2.1. Meteoroloģiskie un fenoloģiskie dati .....   | 17 |
| 2.2. Ziedputekšņu monitoringa dati. Burkarda uztvērējs .....                                | 18 |
| 2.3. Parauga apstrādes metodika .....   | 19 |
| 2.4. Iespējamās kļūdas pētījumu veikšanas laikā .....                                       | 21 |
| 3. REZULTĀTI UN TO ANALĪZE .....  | 23 |
| 3.1. 2003.-2007. gadu ziedputekšņu koncentrācijas datu apkopošana un analīze .....          | 23 |
| 3.2. 2003.-2007. gadu meteoroloģisko un fenoloģisko datu apkopošana un analīze .....        | 26 |
| 3.3. Ziedputekšņu koncentrācijas un meteoroloģisko rādītāju sakarības .....                 | 29 |
| SECINĀJUMI .....  | 35 |
| KOPSAVILKUMS .....  | 37 |
| LITERATŪRAS SARAKSTS .....  | 38 |
| PIELIKUMI .....   | 40 |

## IEVADS

Mūsdienās, arvien biežāk tiek runāts par Zemes ekoloģiskajām problēmām, par cilvēka tiešo ietekmi uz dabas procesiem, par to cik lielā mērā ir piesārņota cilvēces dzīves vide – cietzeme, ūdens, gaiss. Antropogēnās darbības rezultātā tiek izmainīta apkārtējā vide un cilvēku organisms novājināts tik lielā mērā, ka nespēj cīnīties ar dabisko gaisa piesārņojumu. Dabiskais gaisa piesārņojums – tas piesārņojums, ko rada pati daba savas pastāvēšanas rezultātā.

Pašlaik sabiedrībā aktuālākās problēmas, kas tieši ietekmē cilvēku dzīvi - ir dzeramā ūdens piesārņojums, ģenētiski modificētā pārtika un gaisa piesārņojums. Mazāk tiek runāts tieši par bioloģisko gaisa piesārņojumu, bet tajā pat laikā aptuveni 20% no Rīgas iedzīvotājiem sirgst ar polinozi un šo cilvēku skaits turpina palielināties it īpaši starp bērniem, pie tam visvairāk polinozes slimnieki cieš tieši no bērza putekšņiem (Kalniņa u.c., 2005).

Pētījuma aktualitāte, aerobioloģiskā monitoringa veikšana, darbs Latvijas Universitātes meteoroloģiskajā stacijā un iespēja paaugstināt kvalifikāciju Eiropas aerobioloģijas asociācijas organizētajosursos sekmēja šī darba izstrādi.

Pētījumi tika veikti Rīgas pilsētas centrā, precīzāk – Raiņa bulvārī 19, pavasara un vasaras mēnešos no 2003. līdz 2007. gadam. Šajā darbā nav iekļauti pētījumi par 2008.gadu, jo darbs tika izstrādāts ātrāk par bērza ziedputekšņu sezonas beigām.

**Mērķis:** Izpētīt kādā veidā meteoroloģiskie apstākļi ietekmē bērza ziedputekšņu koncentrāciju gaisā.

### **Uzdevumi:**

- Apgūt putekšņu aerobioloģiskās monitorēšanas metodiku
- Apgūt mūsdienu putekšņu noteikšanu un veikt putekšņu analīzi no Burkarda uztvērēja
- Apkopot datus par putekšņu koncentrācijas dinamiku kopš Burkard putekšņu uztvērēja uzstādīšanas Latvijā.
- Izmantojot Latvijas Vides Ģeoloģijas un Meteoroloģijas aģentūras, Latvijas Universitātes un citas pieejamas datu bāzes iegūt attiecīgos meteoroloģiskos un fenoloģiskos datus par šo laika periodu.
- Veikt literatūras avotu izpēti un izanalizēt esošus datus.
- Iepazīties ar dažāda veida ziedputekšņu izpētes un koncentrācijas mērīšanas un prognozēšanas metodoloģiju.

— Iegūt papildus informāciju par pētāmo jautājumu no starptautiskiem aerobioloģijas kursiem (*The 8th European Course on Basic Aerobiology*), kas tika rīkoti 2007.gada jūnijā Serbijas pilsētā Novi Sad.

Darba izstrādes laikā tika apstrādāti Latvijas aerobioloģijas dienesta 2003.-2005.gada dati par ziedputekšņu koncentrāciju, tika veikti pētījumi 2006. un 2007. gadā no marta mēneša līdz septembrim, lai papildinot datu bāzi iegūt nepieciešamos aerobioloģiskus datus par visu Latvijas aerobioloģijas monitoringa periodu.

Dotais bakalaura darbs ir izstrādāts saskaņā ar Ģeogrāfijas Studiju programmas padomē 22.11.2007. apstiprinātiem Bakalaura daba noformēšanas un izstrādāšanas noteikumiem.

Darbs sastāv no 3 nodaļām un 12 apakšnodaļām.

Pirmajā nodaļā tiek aprakstīta aerobioloģisko pētījumu būtība, tiek sniegts šo pētījumu nepieciešamības pamatojums, skaidroti daži aerobioloģiskie termini. Šajā nodaļā lasītājs tiek iepazīstināts ar ziedputekšņu morfoloģiju, bērza ziedputekšņu pārvietošanas īpašībām, tiek sniegts īsu to meteoroloģisko rādītāju raksturojumu Latvijas teritorijai, kas ietekmē bērza ziedputekšņu koncentrāciju gaisā. Pēdējā šīs nodaļas apakšnodaļa veltīta citu valstu aerobiologu pētījumiem

Otrajā nodaļā tiek sniegts pilns pētījumu metodikas un izmantoto datu raksturojums, tika izskaidroti ziedputekšņu monitoringa veikšanas principi, Burkarda uztvērēja darbības un apsaimniekošanas apraksts, iegūto datu apstrādes metodika un iespējamo kļūdu apraksts.

Trešajā nodaļā, kas saucās „Rezultāti un to analīze”, tika aprakstītas pētāmo gadu klimatiskās atšķirības, korelācijas starp meteoroloģiskajiem un aerobioloģiskajiem rādītājiem, sniegti iegūto pētījumu rezultāti un izteikti vairāki varianti ziedputekšņu sezonas sākuma un beigu datumu noteikšanai, tika secināts kādā veidā un kādi no meteoroloģiskajiem rādītājiem ietekmē bērza ziedputekšņu koncentrāciju un transportu gaisā, kā arī pētījuma rezultāti tika salīdzināti ar citu valstu aerobiologu pētījumiem.

Bakalaura darba kopējais apjoms ir 50 lapas, šajā darbā ir ietverti 12 attēli, 4 tabulas un 9 pielikumi.

# 1. AEROBIOLOĢIJA

## 1.1. Aerobioloģija un ziedputekšņu alerģija

**Aerobioloģija** ir zinātnes nozare, kas fokusējās uz organismiem, kas pasīvi tiek pārnesti ar gaisa plūsmām, ieskaitot arī šo organismu nonākšanu gaisā, izplatību un transportēšanu, akumulāciju un ietekmi uz dzīvniekiem, augiem un cilvēka organismu. Tā ir daudzdisciplināra zinātnes nozare, kas cieši saistīta ar botāniku, ekoloģiju, meteoroloģiju, lauksaimniecību un alergoloģiju. Viens no aerobioloģijas pamatvirzieniem ir augu ziedputekšņu pētīšana un to koncentrācijas gaisā noteikšana. Ar ziedputekšņu (kā arī sporu un aļģu) pētīšanu nodarbojas speciāli dienesti, kuri ir izveidoti gandrīz visā pasaulē. Šādus dienestus, kuri pēta bioloģisko gaisa piesārņojumu sauc par **aerobioloģiskajiem dienestiem**, vai **aerobioloģiskā monitoringa dienestiem**.

Eiropā ir ap 500 aerobioloģijas monitoringa dienesta vietām, un liela daļa no tām darbojas jau 30 gadus. Igaunijā un Lietuvā darbojas trīs šādi dienesti. Dažādās pasaules valstīs iegūtie dati par ziedputekšņu koncentrāciju gaisā tiek iekļauti vienotā datorizētā Eiropas Aeroalegoloģiskajā datu bāzes tīklā (EAN), kas ir publiski pieejami internētā - [www.polleninfo.org](http://www.polleninfo.org). 2003.gadā Latvija ir pievienojusies Eiropas aerobioloģisko datu tīklā pārstāvēto valstu saimei. Šo tīklu ļoti plaši izmanto gan alergologi, gan pētnieki, gan arī cilvēki, kuri cieš no ziedputekšņu alerģijas.

Pēc alergologu novērojumiem 36% pacientu cieš tieši no koku ziedputekšņiem (lazdas, alkšņu, bērzu), 22% no graudzāļu ziedputekšņiem un 16% no nezāļu ziedputekšņiem, pārējie - no graudzāļu, nezāļu un koku ziedputekšņiem kopā (Puriņa u.c., 2004; Šauliene, Kalniņa, 2005; ).

Sarežģītais ziedputekšņu ķīmiskais sastāvs bieži vien izraisa elpceļu slimības (astmu, polinozi). **Polinoze** ir paaugstināta jutība pret augu ziedputekšņiem, kas var saasināt jebkura cita veida alerģiju un pat astmu (Puriņa u.c., 2004). Svaigie putekšņi, kas nonāk gaisā ir ļoti aktīvi. Nokļūstot uz cilvēka gļotādas, ziedputekšņu graudiņš piebriest, apvalks (ārējā sieniņa) pārsprāgst un alerģiju izraisojošās olbaltumvielas, kas ātri šķīst ūdenī, iesūcas asinīs, tādējādi inficējot organismu. Eksistē vesela rinda augu, no kuru putekšņiem ik gadu cieš tūkstošiem cilvēku.

Pēc Lielbritānijas aerobioloģiskā dienesta datiem (Emberlin, 2007), par vienu no bīstamākajiem augiem atzīta ambrozija, kaut gan Lielbritānijas teritorijā tā ir reti sastopama, toties to bieži var redzēt ASV, Kanādā un vairākās Eiropas valstīs. Šis augs producē milzīgu ziedputekšņu daudzumu, jo izplatās ar vēja palīdzību. Pēdējos gados ambrozijas ziedputekšņi rada lielas problēmas cilvēkiem gandrīz visā Eiropā, visvairāk tieši Ungārijā, kur novērojamas

plašas ambroziju audzes (D'Amato, 1992). Citās valstīs, kur ir atšķirīgs ģeogrāfiskais stāvoklis un līdz ar to arī dienas un nakts garums un klimatiskie apstākļi, lielākā nozīme ir citām koku un zāļu sugām.

Katram augam ir savs ziedēšanas periods, pie tam katru gadu mainās gan auga ziedēšanas intensitāte un līdz ar to ziedputekšņu produktivitāte, kas savukārt var ietekmēt to koncentrāciju gaisā. L. Kalniņa piecos putekšņu monitorēšanas gados ir secinājusi, ka pilns putekšņu koncentrācijas gada cikls ietver četrus ziedputekšņu izkliedes posmus:

1. posmu: lapu koku (alksnis, lazda, vītols, bērzs, ozols) ziedēšana,
2. posmu: skujkoku (priedes, egles) ziedēšana,
3. posmu: graudzāļu ziedēšana
4. posmu: vērmeļu, vībotņu, asteru (kurvjziežu), ceļmallapu, balandu un sūreņu dzimtas augu ziedēšanu. (Kalniņa, Grišule, 2008)

Kritēriji, kas nosaka vai putekšņu koncentrācijas gaisā ir augsta, zema vai vidēja dažādās vietās pasaulē ir atšķirīgi. Galvenā nozīme ir augu valsts sastāvam, reljefam, mežu izplatībai un klimatam. Latvijā tiek izmantota Zviedrijas Dabas vēstures muzeja Palinoloģijas laboratorijas izstrādāto un apstiprināto putekšņu koncentrāciju novērtējumu skala (1.1.tabula). Gan kokiem, gan lakstaugiem zema putekšņu koncentrācija gaisā ir, ja diennakts putekšņu summa nav lielāka par 10 graudiem/ m<sup>3</sup>. Ņemot vērā koku spēju producēt lielāku daudzumu putekšņus koncentrāciju novērtējuma robežvērtības būtiski atšķiras. Par vidēju putekšņu koncentrāciju kokiem tiek uzskatīts no 11 līdz 100 ziedputekšņiem 1 kubikmetrā gaisa, bet lakstaugiem no 11 līdz 30. Par augstu koncentrāciju kokiem tiek noteiktas vērtības 101 līdz 1000 graudiem/ m<sup>3</sup>, bet lakstaugiem no 31 līdz 100 graudiem/ m<sup>3</sup>. Augstas koncentrācijas Rīgā konstatētas bērzu, alkšņu, kā arī priedes putekšņiem. Pēdējie netiek uzskatīti par alergēniem. Starp lakstaugiem augstas koncentrācijas konstatētas graudzāļu un vībotņu putekšņiem (Kalniņa, Grišule 2008).

*1.1.tabula.*

**Zviedrijas Dabas vēstures muzeja Palinoloģijas laboratorijas izstrādātā un arī Latvijā izmantotā putekšņu koncentrāciju novērtējumu skala (Kalniņa, Grišule 2008)**

| <b>augi</b>           | <b>zema</b> | <b>vidēja</b> | <b>augsta</b> | <b>Ļoti augsta</b> |
|-----------------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|
| <i>Alnus</i>          | 1-10        | 11-100        | 101-1000      | >1000              |
| <i>Ulmus</i>          | 1-10        | 11-100        | 101-1000      | >1000              |
| <i>Betula (Bērzs)</i> | 1-10        | 11-100        | 101-1000      | >1000              |
| <i>Quercus</i>        | 1-10        | 11-100        | 101-1000      | >1000              |
| <i>Corylus</i>        | 1-10        | 11-100        | 101-1000      | >1000              |
| <i>Salix</i>          | 1-10        | 11-100        | 101-1000      | >1000              |

Nevar viennozīmīgi pateikt, ka kādā reģionā kāds augs ir bīstamāks par citiem, jo bīstamības pakāpi nosaka konkrēta auga ziedputekšņu koncentrācija gaisā un ietekme uz cilvēka organismu. Katru gadu ziedputekšņu koncentrācija mainās, jo to nosaka meteoroloģiskie apstākļi, līdz ar to mainās arī šī auga bīstamības pakāpe (Puriņa u.c., 2004). Tieši tāpēc izšķir veselu augu grupu, kuri negatīvi ietekmē cilvēka organismu, iekļūstot elpceļos, vai nonākot uz cilvēka gļotādas. Par bīstamiem ir atzīti: alksnis, osis, dižskābardis, bērzs, ciprese, plūškoks, goba, lazda, skābardis, kļava, vībotne, zīdkoks, nātre, ozols, vērmeļlapu ambrozija, skābene, kastanis, valrieksts, vītols un citi, mazāk pazīstami Latvijas iedzīvotājiem (Charpin et al., 1974).

Latvijas teritorijā kā bīstamākais koks polinozes izraisīšanā ir atzīts tieši bērzs (Kalniņa, 2004). Ir zināms, ka bērza puteksnī ir apmēram 40 olbaltumvielu, 5 no kuriem ir tie, kas lielākā vai mazākā mērā izraisa alerģiskās reakcijas (Stach, 2003).

Industriāli attīstītajās Centrālās un Ziemeļeiropas valstīs vairāk kā 15% iedzīvotāju cieš no slimībām, ko izraisa ziedputekšņi. Īpaši bieži astmas, polinozes u.c. slimības ir novērojamas bērnu starpā (Galan, 2007). Lai laicīgi veikt procedūras organisma imunitātes pastiprināšanai ir nepieciešamas putekšņu koncentrācijas prognozes. Putekšņu koncentrācijas prognozes pamatā balstās uz aerobioloģisko monitoringu un fenoloģisko staciju novērojumiem (Kalniņa, 2007). Tomēr jau ilgu laiku ir zināms, ka pirms alerģiju izraisīto augu ziedēšanas, ir iespējami astmas un polinozes uzliesmojumi. Tas ir saistīts ar ziedputekšņu transportu kas būtiski maina ziedputekšņu sezonas sākuma un beigu datumus daudzos Eiropas reģionos. Ziedputekšņu transports ir īpaši nozīmīgs Baltijas valstīs un Ziemeļeiropas valstu teritorijās, kur alerģisko augu sezona sākās vēlā pavasarī. Kā liecina Somu aerobioloģijas dienesta pētījumi, ļoti augsta bērza ziedputekšņu koncentrācijas gaisā (virs 1000 ziedputekšņu vienā m<sup>3</sup>) ir novērojama mēnesi pirms bērza ziedēšanas sākuma (Sofiev, 2006).

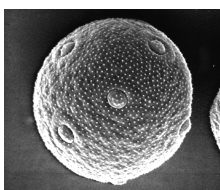
## **1.2. Ziedputekšņi un to morfoloģija. Bērza ziedputekšņi**

Ziedputekšņi ir ziedaugu vīrišķās dzimumšūnas. Tie ir dažādas formas, lieluma un krāsas graudiņi celulozes apvalkā, kas labi pasargā tos no apkārtējās vides ietekmes. Putekšņu ķīmiskais sastāvs ir atkarīgs no augu sugas, augsnes sastāva, gaisa mitruma un citiem apstākļiem. Putekšņi satur olbaltumvielas, taukus, cukuru, pienskābi, dažādus vitamīnus (B grupas, C, E, A), kā arī fermentus, aminoskābes, minerālus (K, P, Si, Na, Ca, Mg, S, Cl u. c.). Tie gaisā bieži vien atrodas kopā ar gaisa piesārņotājiem (putekļiem, baktērijām, kvēpiem) (Kalniņa u.c., 2004).

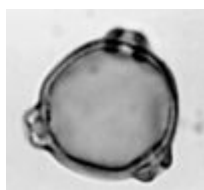
Katram ziedputekšņu tipam ir unikāls pazīmju kopums pēc kā var atpazīt auga tipu vai sugu. Kas attiecās tieši uz zāļu putekšņiem, atpazīt katru sugu ir grūti, jo putekšņu graudiņi maz atšķiras sava starpā. Viegli ir atpazīt zāļu ziedputekšņus kopumā. Nozīmīgākie kritēriji, pēc kuriem nosaka ziedputekšņu tipus ir: izmērs, forma, poru vai rievu skaits, zīmējums uz ārējā apvalka.

Katrs ziedputekšnis atšķiras no citas sugas ar savu **formu**. Dažreiz ir tā, ka dažādu faktoru ietekmes rezultātā vienas un tās pašas sugas augu putekšņi izskatās ļoti atšķirīgi. Tie varētu būt saspiesti, saplēsti un izskatīties pēc cita auga ziedputekšņiem.

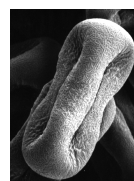
Pēc ziedputekšņu graudu formas, kopumā izdala divas lielas putekšņu grupas – elipsveida – ovālās (1.3. attēls) vai diskveida - apaļās formas (1.1.attēls, 1.2.attēls ), ko daļa sīkāk izdalot polārās ass garumu (P) pret ziedputekšņa ekvatoriālā diametra garumu (E) un pēc iegūtā koeficienta nosaka ziedputekšņa formu. Pašlaik eksistē deviņas putekšņu formas, atkarībā no iegūtā koeficienta lieluma: ļoti saspiests ( $P/E < 0.50$ ), saspiests ( $P/E = 0.5-0.75$ ), nedaudz saspiests ( $P/E = 0.76-0.88$ ), saspiests-sferoidāls ( $P/E = 0.89-0.99$ ), sfērisks ( $P/E = 1$ ), iegareni sferoidāls ( $P/E = 1.01-1.14$ ), nedaudz iegarens ( $P/E = 1.15-1.33$ ), iegarens ( $P/E = 1.34-2.00$ ), garš ( $P/E > 2$ ) (Frenguelli, 2007).



1.1. attēls. *Plantago*

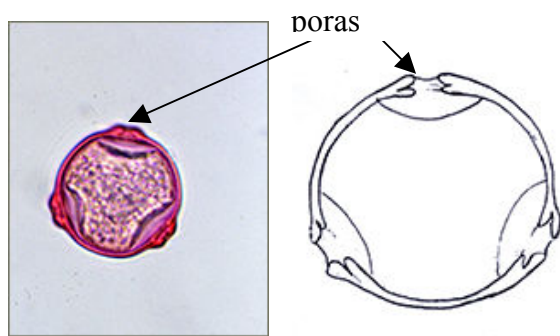


1.2.attēls. *Betula*

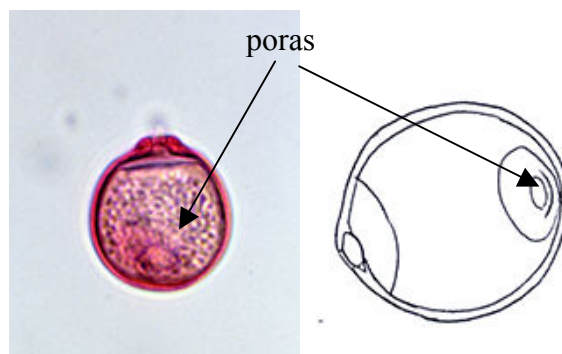


1.3. attēls. *Tordylium* (RNSA, 2007)

Ziedputekšņu graudiņu **izmērs** parasti svārstās ap 15-80 mikroniem. Mikronu apzīmē „ $\mu\text{m}$ ” un  $1\mu\text{m} = 0,001\text{mm}$ , tieši tāpēc lielāku daļu ziedputekšņu graudiņu nav iespējams ieraudzīt bez mikroskopa palīdzības. Lai būtu vieglāk identificēt putekšņus, tika izstrādāta putekšņu izmēru gradācija pēc to diametriem: līdz  $10\mu\text{m}$  - ļoti mazi putekšņi,  $10\mu\text{m}$  -  $24\mu\text{m}$  – mazi,  $25\mu\text{m}$  -  $49\mu\text{m}$  – vidējie putekšņi,  $50\mu\text{m}$  -  $99\mu\text{m}$  lielie,  $100\mu\text{m}$  –  $200\mu\text{m}$  ļoti lielie, ja putekšņa diametrs pārsniedz  $200\mu\text{m}$ , tad tas jau ir gigantisks putekšnis (Frenguelli, 2007).



1.4. attēls. Bērza ziedputekšnis (RNSA, 2007)



Dažādu augu sugu putekšņu graudi atšķiras gan pēc ornamenta uz ārējās sienas, gan pēc **poru un rievu** izskata un skaita. Graudzāļu ziedputekšņiem parasti ir vairākas poras, dažādu koku ziedputekšņi ir ļoti atšķirīgi pēc ārējā izskata, jo varētu būt ar/bez porām, ar/bez rievām.

Bērza ziedputeksnis ir mazs, jo tā diametrs parasti sastāda 20 μm. Puteksnim ir trīs poras (1.4. attēls), kas parasti ir labi saskatāmas ar mikroskopa palīdzību..

Ziedputekšņu apvalks sastāv no vairākiem slāņiem. Zīmējumu, ko ir iespējams saskatīt zem mikroskopa veido atsevišķi izdalāms slānis, citiem vārdiem ziedputekšņa ārējais apvalks, ko dēvē par *sexine*. *Sexine* katram puteksnim izskatās ļoti atšķirīgi, kopumā izdala deviņas to ornamenta grupas, piemēram - svītrotā, tīklveida, caurumota, raupja un citas. Bērza ziedputeksnim ārējā sieniņa ir gluda, kaut gan ļoti bieži puteksnis izskatās ar raupju virsmu (1.4. attēls), tas ir saistīts ar to, ka ziedputeksnis atrodies gaisā, vai paraudu sagatavošanas laikā tiek papildīts ar mikroskopiskajām daļiņām, kuras sekmē šādu efektu.

### 1.3. Bērza ziedputekšņu transports

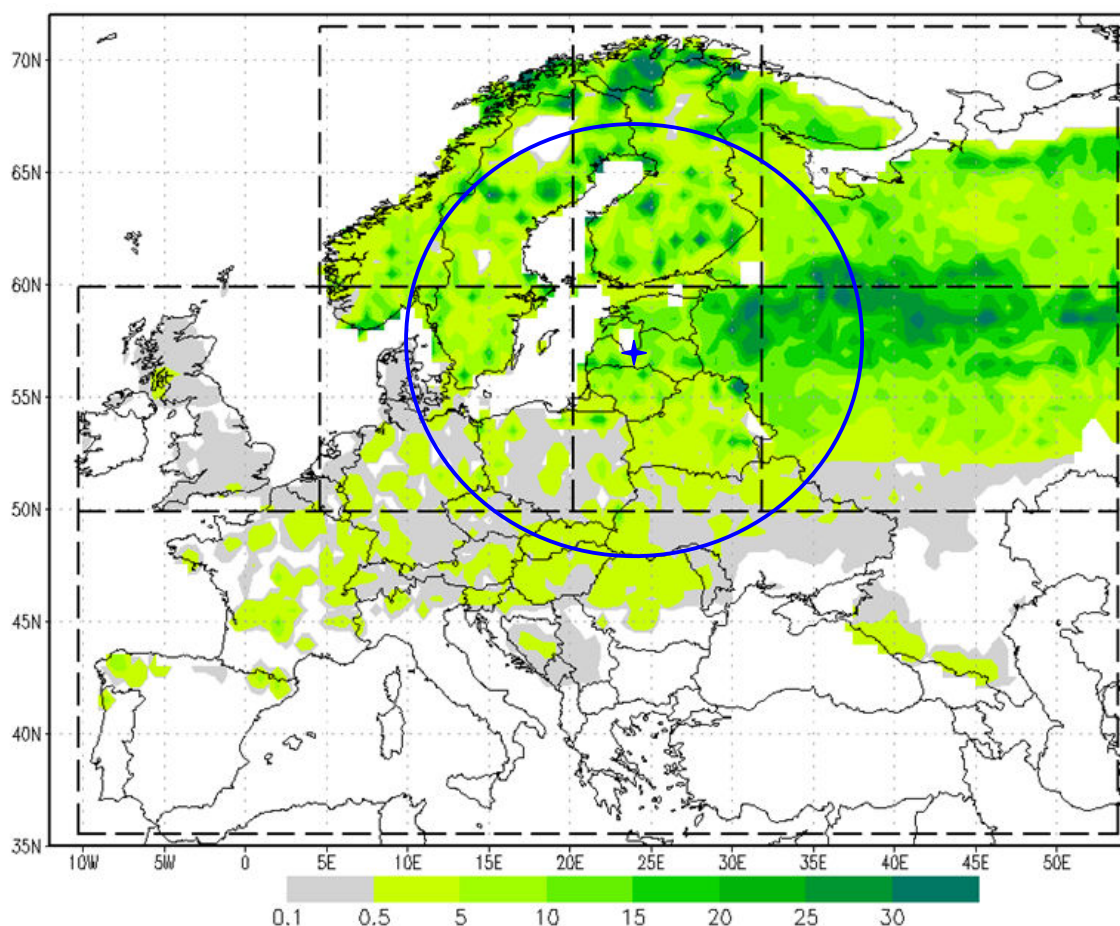
Bērza dzimtei (*Betulacea*) ir apmēram 120 sugu kas aug ziemeļu puslodē (1.pielikums). Bērza dzimtē ietilpst tādas Latvijas teritorijā sastopamas sugas kā alksnis (baltalksnis, melnalksnis), skābardis un, protams, bērzs. Bērzs, kura ziedputekšņi ir vizizteiktākie polinozes izraisītāji, ir savvaļas koks un aug mežos visā Eiropas teritorijā un īpaši bieži sastopams Eiropas ziemeļu un centrālajos rajonos (1.5.attēls). Latvijā aug vairākas bērza sugas – āra bērzs, purva bērzs, zemais bērzs, pundurbērzs. To ziedputekšņi maz atšķiras savā starpā un pie koncentrāciju noteikšanas tiek skaitīti kopā, neatdalot atsevišķi katras bērza sugas ziedputekšņus.

Bērza ziedēšanas laikā gaisā nonāk ļoti liels ziedputekšņu daudzums. Erdtmans G. 1954. gadā ir izpētījis, ka viena *Betula pubescens* skara ziedēšanas sezonas laikā var producēt līdz pat 6000000 ziedputekšņu graudu (Emberlin et al, 2002) un nav brīnums, ka bērzs ir vizizplatītākais alergiju izraisošs koks Ziemeļaustrumu Eiropā.

Īpaši lielas putekšņu koncentrācijas tika novērotas Skandināvijā, kur ziedēšanas sezonas sākumā, dažu dienu laikā, bērzu putekšņu koncentrācijas gaisā var pārsniegt vairākus tūkstošus vienā kubikmetrā. Rīgā 2003. gadā tika konstatēts 5900 bērza ziedputekšņu 1 m<sup>3</sup> (Kalniņa u.c. 2008), kas joprojām paliek rekorda lielums bērza ziedputekšņu monitorēšanas laikā Latvijā.

Lielākā daļa ziedputekšņu, ko pēta aerobiologi ir no anemofīliem augiem. Anemofīlie augi ir tie, kuriem apputeksnēšana notiek ar vēja palīdzību. Bērzs arī pieder pie šīs augu grupas. Lai turpinātu dzimtu vīrišķie ziedi ir spiesti ražot pēc iespējas vairāk ziedputekšņu,

kas ar vēja palīdzību nonāk pie sievišķiem ziediem. Evolūcijas rezultātā augi, kuriem apputeksnēšana notiek ar vēja palīdzību, mainījuši putekšņu ārējo izskatu un formu, lai vējš varētu tos transportēt uz lielākiem attālumiem. Tā, anemofīlo augu putekšņi izskatās gludi, apaļīgi, turpretī augiem, kuru apputeksnēšana notiek ar dzīvnieku vai kukaiņu palīdzību (*entomofīlie augi*), ziedputekšņi ir adataināki, lai vieglāk varētu piestiprināties pie dzīvniekiem (Emberlin, 2007).



1.5.attēls. Bērza izplatības karte % no kopējām meža platībām (Sofiev u.c., 2006)

Anemofīlo augu ziedputekšņu graudu izmērs parasti svārstās no 15  $\mu\text{m}$  līdz 80  $\mu\text{m}$ . Entomofīliem augiem putekšņu izmēru amplitūda ir daudz lielāka – no 3  $\mu\text{m}$  līdz 250  $\mu\text{m}$  (Emberlin, 2007).

Pētot anemofīlo augu ziedputekšņu transportu ir svarīgi izprast kas ietekmē ziedputekšņu pārvietošanos un izkļūšanu no gaisa plūsmām. Kad ziedputekšņi tiek izmesti no zieda, tie ar turbulences vai vēja palīdzību nonāk gaisa plūsmā. Ceļš, kuru „noies” ziedputekšnis ir atkarīgs no tādiem parametriem kā: grauda izmērs, forma un masa, kā arī no gaisa temperatūras, turbulences un nokrišņu daudzuma (Sofiev, 2008). Laiks, ko katrs ziedputekšnis pavada gaisā var svārstīties no dažām stundām līdz pat vairākām dienām.

Ziedputekšņu transportā lielā nozīme ir gravitācijas spēkam. Visas daļiņas, kas atrodas gaisā gravitācijas spēka rezultātā krīt uz zemes virsmu ar ātrumu, kas ir proporcionāls daļiņu masai. Tomēr pārējie spēki arī iedarbojas. Gaisa molekulas veido savdabīgu pretspēku daļiņu krišanai (Emberlin, 2007).

Bērza ziedputekšņi ir tik mazi, ka var vairākās dienas atrasties gaisā un vidēji varētu tikt transportēti par 1 000 km no izcelsmes vietas (Sofiev 2006). Kā ir redzams kartē (1.5. attēls), teritorija, no kuras varētu tikt atnesti bērza putekšņi, ir ļoti liela – ieskaitot Somiju, Zviedriju, Lietuvu, Igauniju, Vāciju, Poliju, Baltkrieviju, Krieviju un Ukrainu. Katrā no šīm valstīm bērza ziedēšanas sezonas sākuma un beigu datumi ir atšķirīgi, tieši tāpēc, dažreiz, pirms vai pēc ikgadējās bērza putekšņu sezonas, to putekšņi ir sastopami aerobiologu novērojumos. Tiklīdz sākās bērza ziedēšana kādā no iepriekšminētajām valstīm, un dažas dienas pēc kārtas pūš noteiktā virziena vējš, ziedputekšņi ar gaisa masu palīdzību varētu tikt atnesti uz Latviju. Bezvēja apstākļos bērza ziedputekšņi izplatās no koka 6 m attālumā (Замятнин, 1951).

Nokrišņiem ir būtiska ietekme uz ziedputekšņu atrašanos gaisā. Ir divi veidi, kā ar nokrišņu palīdzību ziedputekšņi var izkļūt no gaisa plūsmām. Pirmais – kad ziedputekšņu graudi tiek iesūkti mākoņu pilienos vai ledus kristālos un otrs ir kad graudi tiek nomazgāti – tas ir kad mazie lietus pilieni izsit ziedputekšņus no gaisa vai absorbējot, izmet tos. Parasti neliels lietus (smidzināšana) var ļoti būtiski samazināt ziedputekšņu skaitu gaisā (Emberlin, 2007).

Vēl liela nozīme ziedputekšņu pārvietošanā ir sadursmei. Tas notiek vietās, kur gaisa plūsmām traucē ēkas vai koki. Graudu daudzums, uz kuriem iedarbojas šķērsli ir atkarīgs no ziedputekšņu izmēriem, formas, vēja ātruma, īpaši no putekšņa masas. Ļoti svarīgi ir tas, ka putekšņi virzās tieši uz šķērsli ietriecoties tajā, neskatoties uz to, ka gaisa plūsma saskaroties ar šķērsli maina virzienu (Siljamo, u.c., 2004). Tieši šādas ziedputekšņu īpašības izmanto aerobioloģijas monitoringā uzstādot putekšņu uztvērējus (Galan, 1997).