

## BIOINDIKĀCIJA KĀ EKOLOĢISKĀ MONITORINGA METODE RĒZEKNES PILSĒTĀ *BIOINDICATION AS AN ECOLOGICAL MONITORING METHOD IN REZEKNE CITY*

Autore: **Larisa REINIKOVA**, e-pasts: lr20006@edu.rta.lv  
Zinātniskā vadītāja: **Rasma TRETJAKOVA, Dr.biol., Mg. chem.**, e-pasts:  
rasma.tretjakova@rta.lv, RTA, Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne, LV-4601

---

**Abstract.** *The article discusses methods of air bioindication using lichens and the condition of needles in conifers. Monitoring methods and air quality are described. Methods of methods for analyzing air by studying lichen on trees are described, three methods are considered and used in studies, and the method for assessing air quality by the state of needles of coniferous trees is also used in studies. As a result of the study, the air quality in the city of Rezekne was assessed.*

*According to the results of the study, the air quality in most of the city of Rezenke is low pollution.*

**Keywords:** *bioindication, monitoring, lichens, air quality.*

---

### Ievads

Vides izpētes gaitā tiek izmantotas dažādas metodes. Viens no tiem var būt bioindikācija. Šī pieeja ietver noteiktu dzīvo organismu stāvokļa izpēti, lai iegūtu informāciju par to biotopu. Bioindikator ir dzīvs organisms un iespējams, visa suga vai kopiena, kas dzīvo noteiktā ekoloģiskā sistēmā, var kalpot kā tās stāvokļa atspoguļojums. Bioindikator ir dzīvs organisms, kas būtiski maina tās īpašības, kad notiek novirzes vidē. Tos var izmantot, lai noteiktu, vai gaiss ir piesārņots. Pat nelieli SO<sub>2</sub> daudzumi gaisā ir viegli identificējami ar ķērpjiem. Augu vidū šāda veida piesārņojošo vielu saturu var noteikt ar skuju koku sugām [1].

Mērķis: veikt Rēzeknes pilsētas ekoloģiskās situācijas novērtējumu izmantojot bioindikācijas metodes.

Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, tika noteikti sekojošie uzdevumi:

- 1) literatūras izpēte un analīze;
  - 2) bioindikācijas veikšana noteikto augu stāvokļa izpētei un analīzei:
    - Gaisa piesārņojuma noteikšana ar ķērpjiem (ķērpju identifikācija)
    - Gaisa piesārņojuma noteikšana pēc priežu skuju stāvokļa
  - 5) izanalizēt Rēzeknes pilsētas ekoloģisko situāciju izmantojot bioindikācijas metodes.
- Pētījuma objekts – fitobiota Rēzeknes pilsētas teritorijā.  
Pētījuma priekšmets – fitobiotas reakciju rezultāti Rēzeknes pilsētas teritorijā.

### Bioindikācija kā ekoloģiskā monitoringa metode

Viena no vides monitoringa sastāvdaļām ir bioloģiskais monitoringa - visu antropogēnas izcelsmes faktoru izraisīto biotas izmaiņu novērošanas, novērtēšanas un prognozēšanas sistēma. Bioloģiskā monitoringa struktūra ir diezgan sarežģīta. Tas ir veidots no atsevišķām apakšprogrammām, pamatojoties uz principu, kas balstīts uz bioloģisko sistēmu organizācijas līmeņiem.

Bioindikācija ir biotopa kvalitātes un tā individuālo īpašību novērtējums, pamatojoties uz biotas stāvokli dabiskos apstākļos. Lai ņemtu vērā vides izmaiņas antropogēna faktora ietekmē, tiek sastādīti indikatoru organismu saraksti. Bioindikator ir vienas sugas vai kopienas indivīdu grupa, pēc kuras klātbūtnes vai stāvokļa, kā arī pēc viņu uzvedības tiek vērtētas dabiskās un antropogēnās izmaiņas vidē. Tā kā izmaiņas bioloģiskajās sistēmās bieži var izraisīt antropogēni faktori, pašu "bioindikācijas" jēdzienu var formulēt šādi:

Bioindikācija ir bioloģiski un ekoloģiski nozīmīgu antropogēno slodžu noteikšana un noteikšana, pamatojoties uz dzīvo organismu un to kopienu reakcijām uz tām [2].

Vides kvalitāte, tās piesārņojuma pakāpe tiek vērtēta pēc sugu sastāva, sugu attiecības vai atsevišķu sugu stāvokļa ekosistēmā (bioindikācijas metodes) vai laboratorijas eksperimentālo organismu reakcijas, kas ievietotas pētītajā vidē (biotestēšana).

Bioindikācijas metodes ir sadalītas divās galvenajās metodēs: bioindikācijas reģistrēšana un bioindikācijas uzkrāšana. Bioindikācijas reģistrēšana ļauj spriest par vides faktoru ietekmi pēc sugas vai populācijas indivīdu stāvokļa, un bioindikācijas uzkrāšana izmanto augu un dzīvnieku īpašību, lai uzkrātu noteiktas ķīmiskas vielas [3].

### **Gaisa kvalitāte**

Gaisa kvalitātes jēdziens nevar norobežoties tikai ar vielu koncentrāciju gaisā. Ideāli tīrs gaiss ir tikpat nederīgs cilvēka organismam kā destilēts ūdens. Gaiss ir vide, kurā var koncentrēties ne tikai dažādas vielas, bet arī enerģētiskie lauki, turklāt to izcelsme var būt dažāda.

Piesārņojuma veidi:

- Fizikālais piesārņojums.
- Ķīmiskais piesārņojums.
- Bioloģiskais piesārņojums.
- Estētiskais piesārņojums.
- Psiholoģiskais piesārņojums [4].

Gaisa aizsardzībai no piesārņojuma ir piešķirama liela vērtība. Gaiss ir viens no svarīgākajiem faktoriem, kas nosaka dzīvību uz Zemes. Atkarībā no ķermeņa uzbūves cilvēks diennaktī patērē 6-12 kubikmetrus gaisa, bet lielas fiziskas slodzes gadījumā pat vairāk. Līdz ar to arī kaitīgu vielu mikrodaudzums gaisā var ietekmēt cilvēka veselību [5]. Piesārņojošās vielas ātri izplatās atmosfērā diezgan lielos attālumos, līdz ar to atmosfēras gaisa piesārņojuma problēma ir uzskatāma par starptautiski risināmu, un piesārņojuma samazināšanā liela nozīme ir starptautiskai sadarbībai [6].

Gaisa piesārņojums. Liela uzmanība tiek veltīta tiešajam gaisa piesārņojumam, uzlabojot tehnoloģijas un pēc iespējas mazinot ietekmi uz vidi. Diemžēl atmosfēras piesārņojuma rezultātā var tikt eitroficēti biotopi diezgan lielos attālumos. Īpaši tas attiecas uz jutīgiem, oligotrofiem biotopiem. Bieži paredzētā darbība izsauc citas darbības, kas var izraisīt lielāku ietekmi uz vidi [4].

### **Gaisa piesārņojuma bioindikācija – ķērpju metode**

Ķērpji ir plaši izplatīti organismi, kuriem ir diezgan augsta tolerance pret klimatiskajiem faktoriem un jutība pret vides piesārņotājiem. Ķērpji visstraujāk reaģē uz SO<sub>2</sub>. Ātra un efektīva ir piesārņojuma noteikšana, izmantojot indikatorsugas, piemēram, ķērpjus. Gaisa piesārņojumu var noteikt, izmantojot sastopamās ķērpju sugas un to aizņemto virsmu [3].

Pirmā metode:

Izgatavojiet caurspīdīgu biezu polietilēna sietu 10x10 cm kvadrāta formā, sadalot 10 daļās katrā pusē (100 kvadrāti). Caurspīdīgo sietu cieši piestipriniet pie koka stumbra 1,3 - 1,5 m augstumā. Skaitiet kvadrātu skaitu ar ķērpjiem.

Ķērpjus uz katra koka skaita šādi. Pirmkārt, tiek skaitīts to kvadrātu skaits, kuros ķērpji ar aci aizņem vairāk nekā pusi kvadrāta (a) platības, nosacīti tiem attiecinot pārklājumu, kas vienāds ar 100%. Pēc tam saskaita to kvadrātu skaitu, kuros ķērpji aizņem mazāk nekā pusi no kvadrāta (b) platības, parasti tiem piešķirot 50% pārklājumu. Dati tiek ierakstīti darba tabulā.

Kopējo projektīvo segumu procentos (R) aprēķina pēc formulas:

$$R = (100 a + 50 b) / C, \tag{1}$$

kur C ir kopējais paletes kvadrātu skaits (piemēram, lietojot 10 x 10 cm paleti ar 1 x 1 cm kvadrātiem),  $C = 100$  [7]. Uzskaita ķērpju skaitu uz katra koka. Precīzākai skaitīšanai varat izmantot palielināmo stiklu. Sadaliet visas atrastās sugas trīs grupās pēc formas: krevu, lapu, krūmu.

Novērtējiet koka stumbra pārklājumu. Lai to izdarītu, 130-150 cm augstumā uz mizas daļas, kas visvairāk apaugusi ar ķērpjiem, ielieciet rāmi. Aprēķiniet, cik procentus no kopējās platības aizņem ķērpji.

Pārklājums tiek novērtēts punktu skalā procentos (1 punkts - pārklājums 1-10%, 2 punkti - pārklājums 11-20%, 3 punkti - 21-30%, 4 punkti - 31-40% utt. Uz augšu līdz 10 punktiem).

Novērtējumi par sastopamības biežumu un pārklājuma pakāpi. Tādējādi katram ķērpju veidam – krevu, lapu, krūmu - tiek noteikti sastopamības un pārklājuma pakāpi. Pēc vairāku desmitu koku pētījumu veikšanas katram ķērpju veidam - krevu (A), lapu (B) un krūmu (C) - tiek aprēķināti vidējie sastopamības un pārklājuma rādītāji, katrā novērojamā punktā. Zinot vidējā A, B, C sastopamības rādītājus, ir viegli aprēķināt atmosfēras tīrības indeksu (IAQ, Index of Atmosphere Quality) pēc formulas:

$$RTR = (A + 2B + 3C) / 30. \quad (2.)$$

Jo augstāks IAQ (tuvāk vienotībai vai 100%), jo tīrāks ir dzīvotnes gaiss. Atkarībā no SO<sub>2</sub> vidējās koncentrācijas pastāv tieša saistība starp IAQ un tās atmosfēras piesārņojumu [8].

Otrā metode:

Ķērpju projektīvā seguma noteikšana ar "lineārā krustošanās" metodi, atšķirībā no "paletes" metodes, balstās uz lineāru, nevis areālu rādītāju mērīšanu. Metode sastāv no mērlentes piestiprināšanas pie koka stumbra apkārtam, un fiksēt visus ķērpju veidiem. Ķērpju mērīšana ar šo metodi tiek veikta šādi. Pēc koka izvēles pētnieks nosaka punktu uz stumbra, kas atrodas 150 cm augstumā no dibena, pēc tam uz stumbra tiek piestiprināta mērlente ar sadalījumiem tā, lai lentes skalas nulle sakristu ar izvēlēto punktu, un skaitļu pieaugums skalā atbilst kustībai pulkstenrādītāja kustības virzienā. Pēc pilna pagrieziņa mērlente tiek piestiprināta nulles punktā. Apvienojot lentes pēdējo daļījumu un nulli, tiek noteikts stumbra apkārtmērs. Turpmākajos aprēķinos to uzskata par 100%. Pēc tam sākas mērījumi, virzoties ar skatienu pa lenti un fiksējot katra lentes krustojuma sākumu un beigas ar ķērpju veidu. Saskaņā ar lauka mērījumu datiem tiek aprēķināts ķērpju projektīvais segums.

Ir H. H. Trass (1985) klasifikācija, apvienojot ķērpju poleotolerances klasēs, t.i. grupās, kuru dalībnieki vairāk vai mazāk vienādi reaģē uz noteiktiem piesārņotājiem un to koncentrāciju apkārtējā gaisā. Protams, ka ķērpju sugu sastāva salīdzinājums noteikt ļoti nosacīti.

Tā sauktie lichenoindikācijas indeksi palīdzēs noteikt biotopu traucējumu līmeni. Ir daudz ķērpju indikatīvo indeksu. Šajā darbā izmantots vel viens no indeksiem - poleotolerances indeksā (IP) tiek ņemts vērā ķērpju sugu sastāvs (t.i., lai to izmantotu, jānosaka suga), un to aprēķina pēc formulas:

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{A_i C_i}{C_n}, \quad (3.)$$

kur n - sugu skaits aprakstītajā vietā,

A<sub>i</sub> - i-tā veida poleotolerances klase (no 1 līdz 10),

C<sub>i</sub> - i-tā veida pārklājums balles,

C<sub>n</sub> - visu veidu pārklājuma summa (balles).

Poleotolerances indekss tiek aprēķināts vidēji visiem apsekotajiem kokiem kvadrātā. Projektīvā seguma novērtē 10 ballu skalā. IP vērtības svārstās no 1 līdz 10. Jo augstāka IP vērtība, jo vairāk piesārņots gaiss attiecīgajā biotopā. IP vērtība var būt nulle tikai tad, ja ķērpju vispār nav [7].

**IP vērtības attiecībā pret SO<sub>2</sub> saturu gaisā**

IP	SO <sub>2</sub> koncentrācija (mg / m <sup>3</sup> )	Nosacītā zona
1-2	Mazāk par 0,01	Normāla
2-5	0,01 - 0,03	Zems piesārņojums
5-7	0,03 - 0,08	Vidējs piesārņojums
7-10	0,08 - 0,10	Liels piesārņojums
10	0,10 - 0,30	Kritiskais piesārņojums
0	Vairāk par 0,3	Ķērpju tuksnesī

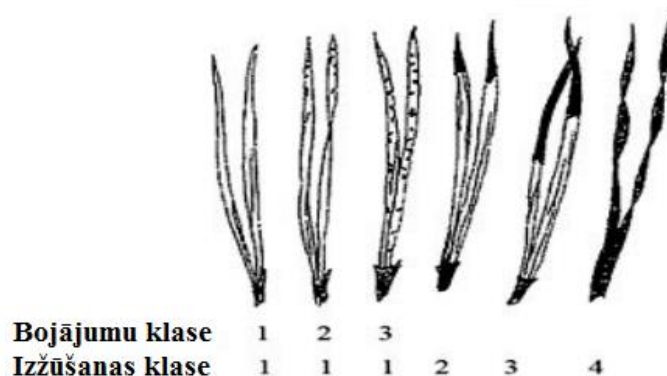
Trešā metode:

Izmantojot bioindikatoru sugu sastopamības skalu, nosakām vidējais SO<sub>2</sub> daudzums gaisā mg/m<sup>2</sup>, pēc ķērpju sugām. [9].

**Skujkoku metode**

Tiek uzskatīts, ka skujkoku meži ir visjutīgākie pret gaisa piesārņojumu. Tas nosaka priedes un egles izvēli kā vissvarīgāko antropogēnās ietekmes rādītāju, kas šobrīd tiek uztverts kā "biodiagnostikas standarts". Nepiesārņotu mežu ekosistēmās skujkoku skuju lielākā daļa ir vesela, tai nav bojājumu, un tikai nelielai skuju daļai ir gaiši zaļi plankumi un mikroskopisku izmēru nekrotiski punkti, kas vienmērīgi izkaisīti pa visu virsmu. Piesārņotā atmosfērā parādās bojājumi, un priežu skuju kalpošanas laiks samazinās [3].

Ekspress gaisa kvalitātes novērtējums pēc skuju stāvokļa. Eksperimentālā tehnika - skujkoku skuju stāvokļa noteikšana. Katrā kvadrātā izvēlieties 3-15 priedes (vai egles) atklātā vietā 15-20 gadu vecumā. No kociem paņemam skuja otrajā un trešajā dzīves gadā. Nosakiet skuju bojājuma pakāpi. Nosaka, cik gadus skuja turas pie zara un cik procenti no katra gada skujām palikuši pie stumbra, ja pieņem, ka šogad izaugušās skujas ir 100 %. Visas skujas ir sadalītas trīs daļās (neskartas, ar plankumiem un izžūšanas pazīmēm), un katrā grupā tiek skaitīts skuju skaits.



1. attēls. **Bojājumu un skuju izžūšanas klases**

Bojājumi: 1 - skuja bez plankumiem; 2 - ar nelielu skaitu mazu plankumu; 3 - ar lielu skaitu melnu un dzeltenu plankumu, daži no tiem ir lieli, visi skuja platums; izžūšana: 1 - nav sausu vietu; 2 - gals izžūvis par 2–5 mm; 3 - trešdaļa ir izžuvusi skuja; 4 - visas skuja ir dzeltenas vai vairāk, nekā puse no to garuma ir sausa [3].

**Rezultāti un to izvērtējums**

Novērtēšanas vietas Rēzeknes pilsētā (autores izveidotas vietas):

1. Ančupanu mežs

2. Rebir
3. Parks pie 5. vidusskolas
4. Rēzekne II (pie viadukta)
5. RTA
6. Raiņa parks
7. Rēzeknes upe (Olimpiskai centrs, pie tilta)
8. Vīpingas parks (tuberkulozes slimnīca)
9. Rēzeknes upe (festivāls parks)
10. Rēzekne I (Kovšu ezers)
11. Kovšu ezers (pie Mūzikas skola)

Novērtēšanas dati no visas vietas bija apstrādāti un apkopoti. Izmantojot abus metodes: ar paleti un mērļenti saņemti rezultāti bija izpētīti un ar aprēķināti ar dažādam formulām, kuras aprakstīti augstāk. Saņemti sekojošie gala rezultāti.

2. tabula

**IAQ un IP koeficienti, Rēzeknes pilsētā teritorijā**

Vieta	IAQ pēc 1 metodes, %	IAQ pēc 2 metodes, %	IP
1. Ančupanu mežs	59	56	1,7
2. Rebir	45	36	5,03
3. Parks pie 5. vidusskolas	52	50	3,33
4. Rēzekne II (pie viadukta)	34	25	7,06
5. RTA	58	53	3,16
6. Raiņa parks	58	53	3,51
7. Rēzeknes upe (Olimpiskai centrs, pie tilta)	47	45	5,01
8. Vīpingas parks (tuberkulozes slimnīca)	59	55	1,86
9. Rēzeknes upe (festivāls parks)	55	54	3,14
10. Rēzekne I (Kovšu ezers)	54	50	3,08
11. Kovšu ezers (pie Mūzikas skola)	58	55	2,97

Datu novākšanai un analīzei izmantoti visi trīs metodes kuri aprakstīti darbā. Pēc visiem analīzēm un pētījumiem var secināt, ka Rēzeknes pilsētā gandrīz visā teritorija sastopama krevu un lapu veidu ķērpji, kas liecina vāju piesārņojumu, krūmu veidu ķērpji tika atrasti daudzos punktos, taču to bija ļoti maz. To bija nedaudz vairāk 1. un 8. punktos, tie ir Ančupanu mežs un Vīpingas parks, jo šīs vietas atrodas zaļā zonā un tālu no ceļiem. Krūmu ķērpju būtībā liecina, ka piesārņojuma nav. Krūmu ķērpju vispār nebija konstatēti četros punktos – 2, 4, 5, 7. Nr. 2 punkts (Rebir) – atrodas rūpniecības zonā, kā arī pie Atbrīvošanas alejas un Maskavas ielas krustojuma – šajā krustojumā ir liela autotransporta plūsma. Punkti 5 un 7 arī atrodas ceļa tuvumā, kūkos ir augsta autotransporta plūsma, punkta 7 vēl tuvumā ir degvielas uzpildīšana. Nr.4 punkts atrodas dzelzceļa stacija, kur ir liela vilcienu plūsma un arī tuvuma ir daudz autoceļu, kur ir liela automobiļu plūsma.

Visaugstākais kopējais ķērpju projektīvais segums ir gandrīz visas punktos, tas sastāda vairāk 80%. To liecina pa mazāko piesārņojumu. Punktā Nr. 2 (Rebir) ķērpju projektīvais segums – sastāda aptuveni 70%, tas liecina par vidējo piesārņojumu. Bet viszemākais ķērpju projektīvais segums ir punktā Nr. 4 (Rēzekne II (pie viadukta)), tas sastāda mazāk nekā 50%, ko liecina par lielu piesārņojumu.

Pēc novērojumiem un aprēķinam ir redzams, ka punktos 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10 un 11 IAQ ir augtāks (50 – 59 % robežas), nosacīti var teikt, ka piesārņojums ir zems. Punktos 2 un 7 – zemāk 50 %, nosacīti var teikt, ka šos punktos ir vidējais piesārņojums. Punktā 4 IAQ – zemāks par 35 %, nosacīti var teikt, ka 4 punktā ir liels piesārņojums.

IP indeksa radītājus skatam pēc 1. tabulas un novērtējam SO<sub>2</sub> daudzumu. Punktos 1 un 8 – līdz 2, tas nozīmē, ka šos punktos SO<sub>2</sub> mazāks par 0,01 mg/m<sup>3</sup> gada – normāla zona. Tas ir Ančupanu mežs un Vīpingas parks, šīs vietas atrodas zaļā zonā un tālu no ceļiem. Punktos 3, 5, 6, 9, 10 un 11 – IP indekss ir ap 3, tas nozīmē, ka šos punktos SO<sub>2</sub> 0,01-0,03 mg/m<sup>3</sup> gada – zems piesārņojums, šie punkti atrodas nelielas zaļas zonas, bet tuvumā ir ceļš, bet transporta plūsma ir ne visu laiku ir intensīva (automašīnas šos vietas brauc cauri un ne stāv), 10 punkts ir Rēzekne I – bet šajā stacija vilcienu kustība ir vāja, tāpēc šeit ir zemi radītāji. Punktos 2 un 7 – IP indekss ir ap 5, tas nozīmē, ka šos punktos SO<sub>2</sub> 0,03-0,08 mg/m<sup>3</sup> gada – vidējs piesārņojums. Punktā 2 atrodas rūpniecības zonā, kā arī pie Atbrīvošanas alejas un Maskavas ielas krustojuma – šajā krustojumā ir liela autotransporta plūsma. Punktā 7 atrodas ceļa tuvumā, kūkos ir augsta autotransporta plūsma un tuvumā ir degvielas uzpildīšana. Punktā 4 – IP indekss ir visaugstākā ap 7 tas nozīmē, ka šā punktā SO<sub>2</sub> 0,08-0,10 mg/m<sup>3</sup> gada – liels piesārņojums, tā punktā atrodas dzelzceļa stacija, kur ir liela vilcienu plūsma un arī tuvumā ir daudz autoceļu, kur ir liela automobiļu plūsma.

3. tabula

#### Skujiņas nekroze, Rēzeknes pilsētā teritorijā

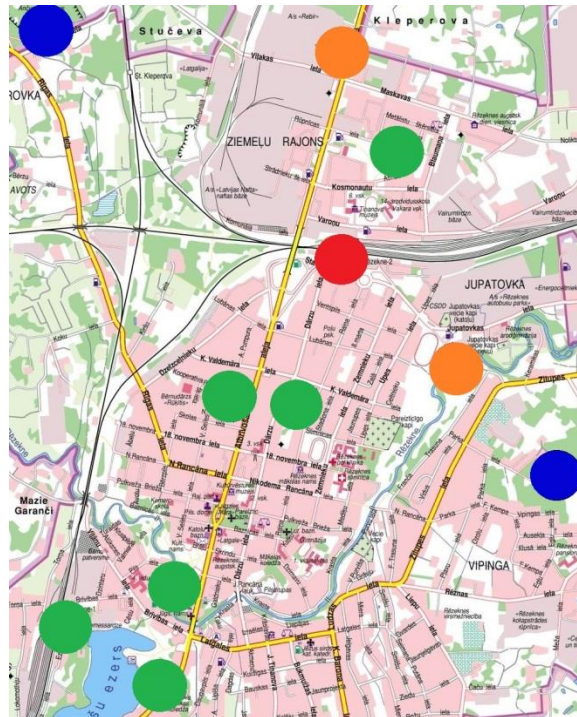
Vieta	Nekroze %	Klase
1. Ančupanu mežs	20	1
2. Rebir	54	3
3. Parks pie 5. vidusskolas	31	2
4. Rēzekne II (pie viadukta)	55	3
5. RTA	41	2
6. Raiņa parks	41	2
7. Rēzeknes upe (Olimpiskai centrs, pie tilta)	50	3
8. Vīpingas parks (tuberkulozes slimnīca)	19	1
9. Rēzeknes upe (festivāls parks)	43	2
10. Rēzekne I (Kovšu ezers)	-	-
11. Kovšu ezers (pie Mūzikas skola)	-	-

Pēc trešās metodes novēroti ķērpju sugas. Kā novērtēšanas sugas šī metodei izskatam tikai dažas ķērpju sugas, pēc dažiem ķērpju atlasiem. Bija konstatēti ka Rēzeknes pilsētas teritorijā visas punktos projektīvais segums ir ķērpju sugas Lecanora allophana, Xanthoria parietina, vidējais projektīvais segums – ap 20 %. Izņemot punktu Nr. 2, 4 konstatēti projektīvais segums ir ķērpju suga Parmelia sulcata - vidējais projektīvais segums ir ap 30 %. Ķērpi punktā Nr. 2 ir sīkas. Punktos Nr. 5 un 7 ir ķērpju sugas Lecanora allophana, Xanthoria parietina, pie ceļa ir nelieli, bet punktā 5 tālāk no ceļa aiz ēkām un punktā 7 vietā kur plānots pludmale dažas kokos bija satikās Parmelia sulcata – tas ir vidējais piesārņojums. Ķērpju suga Evernia prunasti, bija konstatēta tikai punktos Nr. 1, 8 un ļoti nedaudz punktos 3, 6, 9, 10, 11 – Rēzeknes pilsētā vidējais projektīvais segums ir ap 2,5 %. Tas liecina par to, ka šos vietas piesārņojums ir zems.

Novērtēšanas dati pēc skuju metodes no visas vietas bija apstrādāti un apkopot un ierakstīti tabulas. Pēc iespējas skuju bija savākti no priedēm, bet dažāda vietas bija tikai egles. Divas vietas – Rēzekne I un pie Mūzikas skolas bija tikai viens vai divi skujkoki un tie bija tik

augsti, ka skujiņas savākt nebija iespēja. Tāpēc šos vietas nav iespēja izmantot šo metodi novērojumam.

Rēzeknes pilsētas novērtēti trīs gaisa piesārņojuma klasēs. Lielākajā daļā Rēzeknes pilsētā noteikts 2. klases piesārņojuma līmenis. Punktos Nr. 1 un 8 - 1. piesārņojuma klase, jo šajos punktos noteikts viszemākais nekrotizēto skuju procentuālais segums zemāk par 20% un 1 – 2 nekrotizēšanās pakāpe, kas liecina par zemu gaisa piesārņojumu. Punktos Nr. 2, 4, 7 ir 3. piesārņojuma klasē, jo šajos punktos nekrotizēto skuju procentuālais segums pārsniedz 50%. Tāpēc kā šos punktos ir intensīvā transporta plūsma (vietām ne tikai auto, bet arī dzelzceļa), 2 punktā ir rūpnieciskais rajons, bet 7 punktā – uzpildīšanas stacija.



- - gandrīz nav piesārņojuma;  
piesārņojums;      ■ - zems piesārņojums;      ■ - vidējais  
■ - liels piesārņojums

## 2.attēls. Gaisa kvalitātes piesārņojums Rēzeknes pilsēta pēc bioindikācijas metodes

### Secinājumi

Iegūtie rezultāti pēc visām izmantotajām bioindikācijas metodēm - ķērpju trīs metodes, skuju koku nekrotizēšanas ir līdzīgi. Tīrākās zonas - gandrīz nav piesārņojuma ir punkti Nr. 1 un 8. Šie punkti atrodas pilsētas nomaļie, kur nav aktīva transporta plūsmas, ir zaļās atpūtas zonas. Vispiesārņotākais punkts ir Nr. 4, vidēji piesārņoti ir punkti Nr. 2 un 7. Iespējamie piesārņojuma avoti ir transports, degvielas uzpildes stacijas, automazgātavas, dzelzceļš un rūpniecības zonas. Lielākajā pilsētas daļā (punkti Nr. 3, 5, 6, 9, 10, 11), vērtējot pēc bioindikācijas metodēm, gaisa piesārņojuma līmenis ir zems.. Šajos punktos nav ražošanas zonas, ir parki, atpūtas un relaksācijas zonas.

### Summary

*Various methods are used in the course of environmental research. One of them may be a bioindication. This method doesn't require more expensive research hardware and reagents. A bioindicator is a group of individuals of the same species or community, whose presence or*

conditions, as well as their behavior, assess natural and anthropogenic changes in the environment.

Lichens are widespread organisms that have a fairly high tolerance to climatic factors and sensitivity to environmental pollutants.

Studied the territory of Rezekne city was divided into 11 points, according to the assessments of bioindication methods it's found that on average in Rezekne the air quality is low pollution. If you run into two specific points (No. 1 and 8) there is almost no pollution - it can be said that the air is practically clean, one point No. 2 has a lot of pollution and points No. 2 and 7 - average pollution.

#### Literatūra

1. Bioindikators ir tas, ko? Bioindikatoru definīcija, veidi un veidi. (sk. Internet 20.03.2021) <https://lv.public-welfare.com/4309261-bioindicator-is-what-definition-types-and-types-of-bioindicators>
2. Рассадина Е.В., Биоиндикация и её место в системе мониторинга окружающей среды. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. Ульяновск. 2007. – 48-53 с.
3. Политаева Н. А. Методы контроля качества окружающей среды. Учебное пособие. Н.А. Собгайда. Москва, 2017. — 112 с.
4. M. Virčavs. Vide, ietekmes un novērtējums: principi un analīze. Rīga. 2025. – 248 lpp.
5. M. Kļaviņa, J. Zalkšņa. Vide un ilgtspējīga attīstība. Rīga. 2010. – 334 lpp.
6. M. Kļaviņš, O. Nikodemus, V. Segliņš, V. Melecis, M. Virčavs, K. Āboliņa. Vides zinātne. Latvijas Universitāte. Rīga. 2008. – 599 lpp.
7. Боголюбов А.С., Кравченко М.В. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации. Барнаул. 2001. – 15 с.
8. Лишеноиндикация (изучение загрязнения воздуха при помощи лишайников) (sk. Internetā 25.03.2021) <http://gov.cap.ru/home/93/000/asio/200/252.htm?fbclid=IwAR1D7dZ3LciN2T8NEsl8I8ph-vS-Vo86uE3nW6EQV3lzWVE64jzhX6k3oko>
9. Pētījums I. Gaisa piesārņojuma bioindikācija file (sk. Internetā 28.03.2021) [https://www.siic.lu.lv/bio/IT/B\\_10/default.aspx@tabid=9&id=151.html](https://www.siic.lu.lv/bio/IT/B_10/default.aspx@tabid=9&id=151.html)