

LATVIJAS UNIVERSITĀTES  
RAKSTI

724. SĒJUMS

Zemes un  
vides zinātnes

SCIENTIFIC PAPERS  
UNIVERSITY OF LATVIA

VOLUME 724

Earth and  
Environment Sciences

SCIENTIFIC PAPERS  
UNIVERSITY OF LATVIA

VOLUME 724

Earth and  
Environment Sciences

UNIVERSITY OF LATVIA

LATVIJAS UNIVERSITĀTES  
RAKSTI

724. SĒJUMS

# Zemes un vides zinātnes

LATVIJAS UNIVERSITĀTE

UDK 567(082)

Ze 556

Galvenais redaktors prof. *Dr. geol.* **Vitālijs Zelčs**

Atbildīgā redaktore prof. *Dr. geogr.* **Zaiga Krišjāne**

Redkolēģija

Prof. *Ph. D.* **Lars Bengts Ake Bergmans**, Stokholmas Universitāte (Zviedrija)

*Ph. D.* **Edmunds Bunkše**, LU Goda doktors

*Dr.* **Aleksis Dreimanis**, LU Goda doktors, Rietumontario Universitātes emeritētais profesors

*Dr. habil. geogr.* **Guntis Eberhards**, Latvijas Universitātes emeritētais profesors

Prof. *Dr. habil. chem.* **Māris Kļaviņš**, Latvijas Universitāte

Prof. *Dr. geogr.* **Zaiga Krišjāne**, Latvijas Universitāte

Prof. *Dr. habil. geogr.* **Māris Laiviņš**, Latvijas Universitāte

Prof. *Dr. geol.* **Ervīns Lukševičs**, Latvijas Universitāte

Prof. *Ph. D.* **Tomass Lundens**, Stokholmas Universitāte (Zviedrija)

Prof. *Dr. biol.* **Viesturs Melecis**, Latvijas Universitāte

Prof. *Dr. geogr.* **Oļģerts Nikodemus**, Latvijas Universitāte

Prof. *Dr. geogr.* **Valdis Segliņš**, Latvijas Universitāte

Asoc. prof. *Dr. geogr.* **Pēteris Šķiņķis**, Latvijas Universitāte

Latviešu valodas tekstu literārā redaktore **Indra Orleja**

Angļu valodas tekstu literārā redaktore **Māra Antenišķe**

Maketu veidojusi **Andra Liepiņa**

Visi krājumā ievietotie raksti ir recenzēti.

Pārpublicēšanas gadījumā nepieciešama Latvijas Universitātes atļauja.

Citējot atsauce uz izdevumu obligāta.

© Latvijas Universitāte, 2009

ISBN 978-9984-45-101-5

ISSN 1407-2157

## Saturs/Contents

<b>Vija Hodireva, Deniss Korpečkovs, Aleksandrs Savvaitovs</b> Granātu grupas minerāli kā kimberlīta minerālu asociācijas galvenie indikatori Latvijas terīgēnajos iežos <i>Garnet Group Minerals as the Main Indicators of Kimberlitic Mineral Assemblages in Siliciclastic Rocks of Latvia</i> .....	7
<b>Deniss Korpečkovs, Vija Hodireva</b> Hromšpineļi Latvijas terīgēnajos iežos <i>Chromspinels in Siliciclastic Rocks of Latvia</i> .....	23
<b>Aija Torklere</b> Latvijas mūsdienu lēzeno jūras krastu dinamika <i>Dynamics of the Present-Day Flat Seashore of Latvia</i> .....	38
<b>Andris Karpovičs, Valdis Segliņš</b> Morēnas fizikālo īpašību atšķirības atkarībā no mērījumu veikšanas virziena <i>The Differences of the Physical Properties of Till Depending on the Direction of Measurement</i> .....	52
<b>Artis Robalds, Māris Kļaviņš, Tom Frisk</b> Passive Sampling Approach in Environmental Analysis <i>Pasīvo paraugu ievākšanas pieeja vides analīžu veikšanai</i> .....	62
<b>Anda Bakute, Elga Apsīte</b> Konceptuālā modeļa METQ lietošanas iespējas Latvijas upju hidroloģiskajā monitoringā <i>Application of the Model METQ for Hydrological Monitoring of Rivers in Latvia</i> .....	77
<b>Agnese Priede</b> Dynamics of Non-Native Flora: Changes over the Last Decades in the Abava River Valley <i>Svešzemju floras dinamika: pēdējo gadu desmitu izmaiņas Abavas ielejā</i> .....	89
<b>Dace Reihmane</b> Ošu mežu sabiedrību daudzveidība Latvijā <i>Diversity of Ash Forest Communities in Latvia</i> .....	109
<b>Andis Zilāns</b> Latvijas pilsētu attīstības politikas vērtējums ilgtspējīgas attīstības kontekstā <i>Assessment of the Sustainability of Urban Development Policies in Latvia</i> .....	130
<b>Māris Bērziņš</b> Iedzīvotāju mobilitātes un sastāva izmaiņas Latvijas mazpilsētās <i>Specific Features of Population Changes and Mobility in Small Towns of Latvia</i> .....	153
<b>Zanda Penēze, Oļģerts Nikodemus, Imants Krūze</b> Izmaiņas Latvijas lauku ainavā 20. un 21. gadsimtā <i>Changes in Latvian Rural Landscape During the 20th–21st Century</i> .....	168



**Granātu grupas minerāli kā kimberlīta minerālu  
asociācijas galvenie indikatori Latvijas terīgēnajos iežos**  
*Garnet Group Minerals as the Main Indicators of  
Kimberlitic Mineral Assemblages in  
Siliciclastic Rocks of Latvia*

**Vija Hodireva**

Latvijas Universitāte, Ģeoloģijas institūts,  
Raiņa bulvāris 19, Rīga, LV-1586, Latvija  
E-pasts: [Vija.Hodireva@lu.lv](mailto:Vija.Hodireva@lu.lv)

**Deniss Korpečkovs**

Krievijas Zinātņu akadēmijas Rūdu atradņu ģeoloģijas, petrogrāfijas, mineraloģijas un  
ģeoķīmijas institūts (IGEM RAN), Staromonetnij pereulok 35, Maskava, 119017, Krievija  
E-pasts: [korpechkov@yandex.ru](mailto:korpechkov@yandex.ru)

**Aleksandrs Savvaitovs**

Latvijas Universitāte, Ģeoloģijas institūts, pensionēts pētnieks

Šajā darbā aplūkotas granātu grupas minerāla piropa iedalījuma un diagnostikas īpatnības, kā arī izplatības iezīmes Latvijas terīgēnajos iežos un pētīts šā minerāla tipomorfisms: gan graudu virsmās, gan ķīmiskajā sastāvā. Salīdzinot literatūras datus ar iegūtajiem rezultātiem, noskaidrots, ka pētīto piropu graudi, visdrīzāk, ir gan tālas, gan tuvas pārnese. Faktu materiāls liecina, ka Latvijā atklātie piropi veidojušies kimberlītos, un tādējādi tos var izmantot gan kā reģiona iespējamā kimberlītu magmatisma, gan kā dimantu meklēšanas indikatorminerālus.

**Atslēgvārdi:** devons, dimanta indikatorminerāli, kvartārs, pirops, smagie minerāli.

## **Teorētiskie priekšstati un problēmas būtība**

Pirops ir granātu grupas minerāls, kas raksturīgs Zemes mantijas iežiem. Dabīgo granātu sastāvā piropa ( $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ ) minerāla (jeb izomorfās rindas galējā locekļa) saturs parasti nepārsniedz 75–80%, un visizplatītākie izomorfi piemaisījumi Mg vai Al jonu vietā piropa kristālrežģī ir  $Fe^{2+}$ , Ca, Cr, Ti, Mn,  $Fe^{3+}$ . Lai gan dabā sastopamajās sistēmās piropa–almandīna un piropa–grosulāra mainīgo sastāvu rindās vērojams pilnīgs izomorfisms, tomēr parasti granātos prevalē kāds no minerāliem – piropa, almandīna vai grosulāra. Eklogīta granātos vien konstatēts, ka šie minerāli var būt līdzīgā daudzumā. Tāpēc petroloģiski pamatoti ir granātu grupā izdalīt minerālu kopu – piropus. Turklāt ar jēdzienu “pirops” (plašākā nozīmē nekā

to saprot mineralogiskajās klasifikācijās) apzīmē lielā dziļumā, galvenokārt Zemes mantijā radušos granātus, kuru sastāvā dominē piropa mināls.

Parasti pirops veidojas dziļumā, kas pārsniedz 50 kilometru (*Malkov, 1997*). Šādos apstākļos anortītu un špineli saturošās minerālu asociācijas tiek aizvietotas ar piropu saturošām paraģenēzēm. Salīdzinoši reti sastop piropu saturošus eklogitizētus iežus, kas veidojušies 30–40 km dziļumā gneisu kompleksa sastāvā. Izšķir vairāku paraģenēžu piropus.

1. Ultrabazītu paraģenēzes piropi – saistīti ar dziļuma dunītiem, harcбургītiem, lercolītiem un verlītiem. Šīs paraģenēzes piropu raksturīgā īpašība ir to sastāvā esošais hroms. Parasti  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  saturs pārsniedz 1,5 masas %, margināli var sasniegt 16%, vidēji līdz 10%. Granātu dzelzainība ( $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Mg})$ ) parasti ir neliela – 10–20 molekulas %. CaO saturs ir līdz 7–8 masas %. Vadoties no CaO satura (kā arī  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) uz  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ –CaO masas % diagrammām, izdala granātus, kas atbilst harcбургītu–dunītu (CaO – 1–3%), lercolītu (CaO 4–5%) un verlītu (CaO > 6–7%) paraģenēzēm (*Sobolev, 1964; Sobolev, 1974; Dawson and Stephens, 1975; Dawson, 1980; Nowicki et al., 2007*). Augšējā mantijā dominē lercolītu paraģenēzes piropi. Ultrabazītu paraģenēzes piropiem raksturīgas avenuokrāsas, ceriņokrāsas, sarkanas vai violetas nokrāsas.
2. Bāziskās (eklogīta) paraģenēzes piropi – tipiski dažādiem eklogīta paveidiem (biminerali, distēna, korunda u. c.). Eklogīta paraģenēzes piropiem raksturīgs gandrīz pilnīgs hroma trūkums. Granātu dzelzainība ir no 34 līdz 62%, kalcija komponenta saturs – no 8–9 līdz 35%. Atsevišķos gadījumos abu komponentu īpatsvars var būt lielāks. Tādējādi no mineralogiskā viedokļa daļa šo granātu var atrasties tuvāk almandīniem vai grosulāriem, nevis piropiem. Eklogītu paraģenēzes granātiem raksturīga sarkana, oranža vai dzeltena nokrāsa.
3. Pārejas tipa piropi – raksturīgi iežiem, kas pēc sastāva ir pārejas tipa starp bāziskiem un ultrabāziskiem, piemēram, vebsterītiem. Šā tipa piropiem raksturīgs zems  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (līdz 1–2%) saturs un liela (lielāka nekā ultrabāziskās paraģenēzes piropiem) Fe un Ca satura izkliede. Pārejas tipa piropu loma dabā kopumā ir maznozīmīga.

Pēc veidošanās dziļuma Zemes mantijas iežus, kuri satur piropus, parasti iedala divās dziļuma fācijās: grafīta–piropa un dimanta–piropa, robeža starp kurām parasti atbilst 120 km dziļumam (*Sobolev, 1974*). Dimanta–piropa dziļuma fācijas minerālos konstatē raksturīgas tipomorfas iezīmes. Tādos piropos konstatē divas galvenās tipomorfas īpatnības.

Pirmkārt, ultrabazītu paraģenēzes piropos ir augsts hroma un zems kalcija saturs. Dimanta–piropa fācijā tādi piropi ir sastopami tikai kopā ar dimantiem (veidojas augsta spiediena apstākļos). Otrkārt, eklogītu paraģenēzes piropos ir pastāvīgs  $\text{Na}_2\text{O}$  piemaisījums – līdz 0,2%.

Zemes garozā piropu saturošus iežus sastop tikai divu tipu ģeoloģiskos apstākļos. Pirmkārt, eklogītu, retāk peridotītu tektoniskajās lēcās (*Moller, 1998; Breuckner et al., 2004*), kuras nākušas no Zemes mantijas (piemēram, Norvēģijas un Čehijas peridotītu–eklogītu iežu kompleksi). Otrkārt, kimberlītos un mantijas iežu ksenolītos, kas veido pašus kimberlīta diatrēmu ķermeņus. Pirmajā iežu kompleksā sastop bāziskās (eklogīta) paraģenēzes piropus, savukārt otrajā – galvenokārt



ultrabazītu paraģenēzes piropus. Kad eksogēnos apstākļos minētie ieži tiek pakļauti dēdēšanas procesiem, ķīmiski un mehāniski noturīgie minerāli, tostarp pirops, materiāla pārneses un pārgulsnēšanās procesos uzkrājas nogulās. Tātad, ja terīgēnajos iežos sastop ultrabazītu paraģenēzes piropu (piropu, kura sastāvā ir hroms), tad tā cilmiezim noteikti ir jābūt kimberlīta tipa iezim.

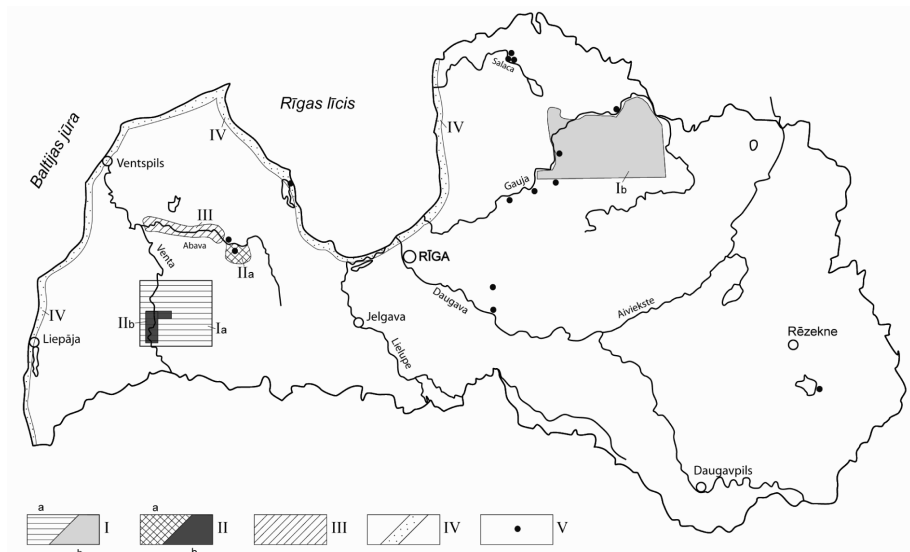
Tādējādi piropu un īpaši hrompiropu (ar augstu hroma saturu) izmanto kā nozīmīgu indikatorminerālu, prognozējot un meklējot kimberlītu diatrēmas. Ļoti nozīmīga pazīme ir piropu ķīmiskais sastāvs, jo piropos no dažādām kimberlīta diatrēmām atšķiras Ca, Cr, Ti, Mn saturs. Otrs aspekts – ja iežos tiek atklāti dimantu asociācijas piropi, tad var izteikt prognozes par dimantu iespējamo klātbūtni diatrēmās (Sobolev, 1974; Nowicki et al., 2007).

Vēl par nozīmīgu informatīvu pazīmi tiek uzskatīts piropa graudu virsmas mikroreljefs. Daudzos pētījumos (Harkiv, 1978; Afanasjev, 1986; Ladygina and Nesterov, 2002; Mange and Wright, 2004; Morton et al., 2004; Ladygina et al., 2005; Moral Cardona et al., 2005) tiek minētas ļoti tipiskas primārās (magmatogēnās, hidrotermālo izmaiņu) un sekundārās (hipergēno izmaiņu, mehāniskās apstrādes) piropu graudu virsmas. Detalizētas graudu mikroreljefa izpētes rezultāti dod iespēju prognozēt pārneses attālumu no to cilmvietas kimberlīta diatrēmā.

Ultrabazītu paraģenēzes piropu diagnostika terīgēnajos iežos ir diezgan vienkārša. Piropi visbiežāk ir violeti vai aveņkrāsas un labi atšķiras no citiem minerāliem, tostarp no pārējiem granāta grupas minerāliem. Retos gadījumos tiem vizuāli līdzīgi ir korunds, pjemontīts, fluorīts, cirkons, no kuriem tos atšķir pēc gaismas laušanas koeficienta (Ilupin, 1978). Daudz grūtāk ir diagnosticēt oranžīgos un sarkanīgos eklogītu paraģenēzes piropus, kuri ir līdzīgi citiem granātu grupas minerāliem. Tāpēc tos smago minerālu koncentrātos nav iespējams nošķirt.

## Materiāli un metodes

Latvijā piropi tika pētīti dažāda vecuma – devona un kvartāra – nogulumos. Kvartāra nogulumu paraugošana tika veikta gan aluviālajos nogulumos, gan jūras un ezera pludmales kļiedņos. Šajā darbā izmantoti autoru un citu pētnieku – J. Krivopalova, V. Sorokina, Ņ. Samburgas ievāktie paraugi (1. att.).



### 1. att. Latvijas terīgēno iežu nozīmīgākās paraugšanas vietas

I – J. Krivopalova vadībā 1989.–1990. gadā veikto darbu iecirkņi (Krivopalov *et al.*, 1991; Krivopalov, *et al.*, 1992): Ia – Kurzemes, Ib – Vidzemes; II – V. Sorokina vadībā 1991.–1992. gadā veikto darbu iecirkņi (Sorokins u. c., 1993): IIa – Imulas un Amulas, IIb – Ventas un Cieceres; III – V. Sorokina vadībā 1993. gadā veikto darbu iecirknis (Sorokins u. c., 1995); IV – V. Savvaitova vadībā 1997.–2000. gadā veikto darbu iecirknis (Savvaitovs u. c., 2000); V – raksta autoru vadībā 2001.–2003. gadā veikto darbu iecirkņi (Hodireva, Korpečkovs, 2003).

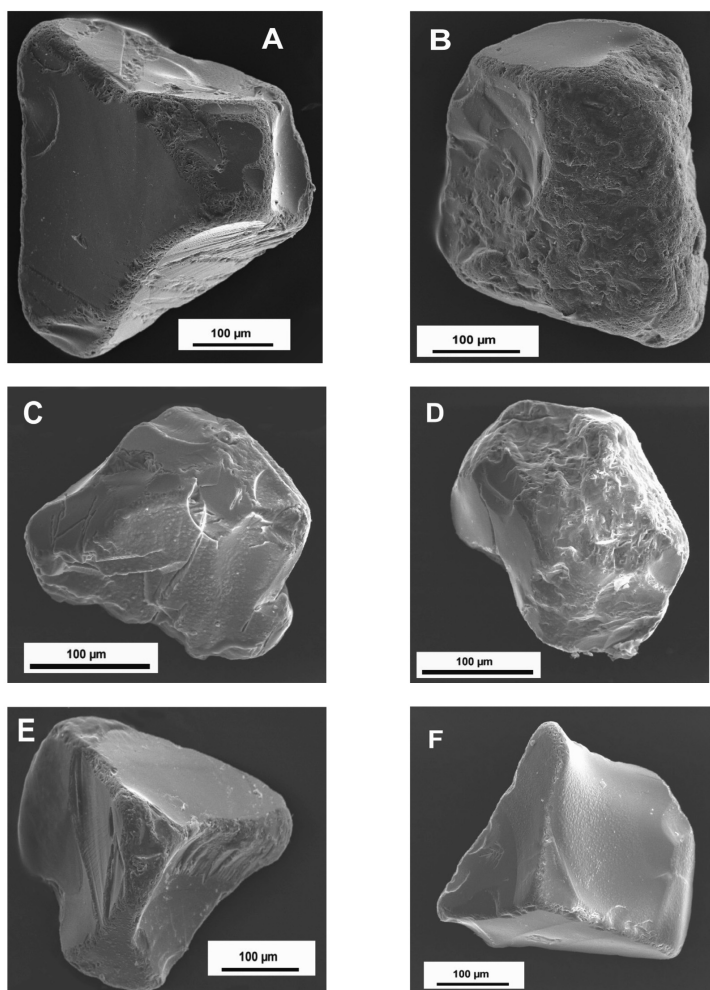
### Major sampling localities of siliciclastic deposits of Latvia

I – Sampling localities in 1989–1990 (Krivopalov *et al.*, 1991; Krivopalov *et al.*, 1992): Ia – Kurzeme, Ib – Vidzeme; II – sampling localities in 1991–1992 (Sorokins *et al.*, 1993): IIa – Imula and Amula, IIb – Venta and Ciecere; III – sampling locality in 1993 (Sorokins *et al.*, 1995); IV – sampling locality in 1997–2000 (Savvaitovs *et al.*, 2000); V – sampling localities in 2001–2003 (Hodireva, Korpečkovs, 2003).

Paraugi tika skaloti un bagātināti lauka apstākļos, pēc tam laboratorijas apstākļos veikta sijāšana un frakcionēšana bromoformā. Parasti lielākā piropu koncentrācija ir sastopama smago minerālu nemagnētiskajā frakcijā. Tāpēc tika veikta tās bagātināšana, nodalot minerālu magnētisko un elektromagnētisko frakciju ar Sočņeva magnētu S-5 (Kopchenova, 1979). Lai salīdzinātu piropa koncentrāciju nogulumos, parasti tika veikts tā satura aprēķins standarta apjoma (20 litru) paraugā. Monominerālu frakcija tika atlasīta manuāli, izmantojot binokulāru. Minerālu graudi tika pētīti skenējošajā elektronu mikroskopā (SEM) Jeol JSM840A, veicot fotografēšanu un ķīmiskā sastāva analīzi ar mikroparauga analizatoru (*energy dispersive spectrometer* – EDS). Autoru pētījuma rezultāti (Hodireva, 2002; Hodireva u. c., 2000; 2002; 2003a; 2003b; 2003c; Korpečkov *et al.*, 2005; Savvaitovs u. c., 2000) ir papildināti ar citu pētnieku iegūtajiem rezultātiem (Krivopalov *et al.*, 1987; Krivopalov *et al.*, 1991; Krivopalov *et al.*, 1992; Sorokins u. c., 1993; Sorokins u. c., 1995).

## Rezultāti un diskusija

Latvijā piropi ir konstatēti devona Gaujas, Ogres, Mūru, Žagares, Ketleru, Šķerveļa svītu un kvartāra nogulumos (2. att.). Svarīgākie starpkolektori ir Gaujas, Ogres, Ketleru svītu un kvartāra nogulumu slāņi. Līdztekus notiek arī jaunas kimberlīta minerālu asociācijas piense Latvijas terīgēnajos nogulumos, kura no esošajām asociācijām atšķiras ar savām tipomorfajām pazīmēm. Tas varētu notikt gan izskalojot varbūtējās vietējās, gan attālu esošas kimberlīta diatrēmas. Mūru un Žagares svītās visdrīzāk nonāca minerāli no Ogres svītas kolektora asociācijas, Šķerveļa svītā – no Ketleru svītas nogulumiem.



2. att. Augšdevona smilšakmens piropa graudu mikrogrāfijas no Ogres (A–B) un Ketleru (C–F) svītas nogulumiem Kurzemē

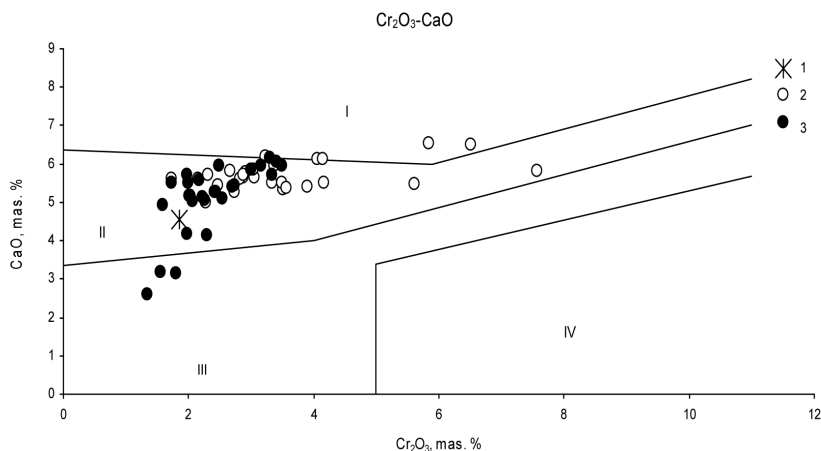
*Micrographs of pyrope grains from the Ogře formation (A–B) and the Ketleri formation (C–F) of the Upper Devonian in Kurzeme*

Senākie nogulumieži, kas pētīti, lai diagnosticētu kimberlīta minerālu asociāciju, ir saistīti ar Arukilas un Burtnieku svītām. Vēl senāki ieži, piemēram, Pērnavas svītas, netika pārbaudīti, jo tie Latvijas teritorijā ieļu dziļāk un ir maz atsegti. Tomēr arī šeit ir iespējami kimberlīta minerālu starpkolektori, jo, piemēram, Ļeņingradas apgabalā ir zināms minerālu izplatības areāls, kurš, visdrīzāk, veidojies pēc tam, kad tikusi izskalota Pērnavas svīta (*Konstantinovskii and Shcherbakova, 1998*).

Kurzemes ziemeļos no Arukilas svītas tika paņemti daži paraugi, taču piropus tajos nekonstatēja. Burtnieku svītas nogulumu tika rūpīgi paraugoti Abavas lejtecē Kurzemē. Arī tajos piropi nav atrasti. Pēdējos gados Vidzemē, Burtnieku svītas nogulumos, ir ievākti daži paraugi, taču tie nesatur piropus.

Gaujas svītas nogulumu ir visvecākais starpkolektors Latvijas teritorijā. Daži piropa graudi atrasti Vidzemē – Bāles smilšu karjerā un smilšakmens atsegumos pie Gaujas un Braslas upes. Precīzām metodēm apstiprināti tikai četri atradumi: divi – Bāles karjerā (Centrālā zinātniski pētnieciskā krāsaino un cēlmetālu ģeoloģiskās izpētes institūta – CNIGRI darbinieku atradumi) (*Prokopchuk et al., 1980*), un divi ir autoru pēdējo gadu atradumi Braslas upes krastos un Sprīņu iezī Gaujas krastos, netālu no Līgatnes.

CNIGRI darbinieku abi atrastie piropa graudi ir nelielas ( $0,3 \times 0,4$  mm), maz noapaļotas, stūrainas atlūzas. Tie ir gaiši violetā krāsā ar matētu virsmu, gaismas laušanas koeficients ir 1,734. Uz pētīto graudu virsmas nav novērojamas hipergēnās iedarbības pēdas. Pētījuma rezultātu apkopojumā ir sniegta viena pētīto graudu mikrozonas analīze (3. att). MgO saturs piropā ir 20,33%,  $Cr_2O_3$  – 1,82%,  $TiO_2$  – 0,16%, tas ir, pētītajā graudā ir relatīvi zems hroma un titāna saturs.



3. att.  $Cr_2O_3$  un CaO saturs augšdevona Gaujas (1), Ogres (2) un Ketleri (3) svītas terīgēnajos nogulumos atrastajos piropa graudos

Piropu paraģenēzes lauki diagrammā: I – verlīta, II – lercolīta, III – harcburgīta un dunīta, IV – dimanta

*Features of the chemical composition of the pyrope grains from the Gauja (1), Ogre (2), and Ketleri (3) formation of the Upper Devonian*

*Formations: 1 – Gauja, 2 – Ogre, 3 – Ketleri. Fields of the diagram: I – wehrlite paragenesis, II – lherzolite paragenesis, III – dunite-harzburgite paragenesis, IV – diamond assemblage*

Braslas upes krasta atsegumā atrastais piropa grauds ir apmēram 0,2 mm diametrā, nedaudz saplacināts, šķautnes mazliet nogludinātas, grauda krāsa – rozā ar izteiktu violetu nokrāsu, samērā gaišs. Sprinģu ieža atsegumā atrastais piropa grauds ir nedaudz sīkāks. Tam ir asas šķautnes. Grauds ir gaiši violets ar rozā nokrāsu (Korpečkov *et al.*, 2005). Abu graudu virsmā tika konstatēti lieli gliemežņīcas lauzumi. Tos var uzskatīt par primāru piropa virsmas plaisājumu, kas veidojies kimberlīta dēdēšanas garozā. Šīs virsmas pilnībā klātas ar sīkiem izcilnīšiem, kas veidojušies grauda šķīšanas procesā nogulumu slāņkopās. No tā var secināt, ka graudu pārnese attālums no cilmavota ir bijis neliels. Lai gan graudu virsmu mikroreljefa pētījumi vēl turpinās, ir iespējams apgalvot, ka graudu šķīšana notikusi jau pēc transportēšanas tieši Gaujas svītas smilšakmeņos. Piropa diagnostika apstiprināta ar puskvantitatīvo mikrozonas analīzi, kas tika veikta neslīpētai grauda virsmai, tāpēc tā nav pietiekami precīza un šajā darbā netiek izmantota.

Ogres svītas nogulumos Kurzemē arī tika atklāts nozīmīgs kimberlīta indikatorminerālu starpkolektors (Sorokins *u. c.*, 1993). Piropa sakopojumi koncentrējušies pārsvarā Ogres svītas Rembates ridas apakšējā daļā. Piropa saturs paguļošajā Lielvārdes ridā ir ievērojami zemāks. To var skaidrot ar atšķirīgajiem paleostraumju virzieniem šo ridu veidošanās laikā (Lielvārdes ridai – no ziemeļiem un ziemeļaustrumiem, Rembates – austrumiem un austrumiem—ziemeļaustrumiem). Citādi piropa saturu iespaido ieža granulometriskais sastāvs un smago minerālu frakcijas saturs. Vidēji piropa saturs Rembates ridā ir graudu desmiti, pārrēķinot uz standarta 20 litru paraugu. Lielāks piropa graudu saturs ir rupjākajās frakcijās (0,5–0,25 mm). Graudu vidējie izmēri un to saturs pieaug austrumu–ziemeļaustrumu virzienā, kas korelatīvi saistīts ar smilšainā materiāla pārnese virzienu Rembates ridā (Sorokins *u. c.*, 1993).

Kopumā Ogres svītas nogulumos atrasto piropa graudu izmēri ir no 0,15–0,2 līdz 0,7–0,8 mm. Graudu forma parasti ir neregulāra, iegarena, sirpjveida, ar dažiem lieliem čaulveida virsmas veidojumiem, to robežas ir nogludinātas, ar nelieliem robiem un ķīmiski korodētas (sk. 2. att.). Piropa graudu krāsa parasti ir samērā piesātināta – rozgani violeta, violeti rozā, tumši rozā ar violetu nokrāsu. Dominē violetie toņi. Gaismas laušanas koeficients ir 1,748–1,751 (Sorokins *u. c.*, 1993).

Pēc ķīmiskā sastāva Ogres svītas piropi ir ar mazu un vidēju hroma saturu, bet lielu magnija saturu (sk. 3. att.). Dominē graudi ar zemu hroma saturu (līdz 4 masas %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), bet ir arī ar hromu bagātāki graudi (līdz 7,58 masas %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

Ogres svītas nogulumu paraugošana Ogres upes atsegumos pie Rembates un Lielvārdes atsegumos un paraugu izpēte pierādīja, ka šajā teritorijā sastopams smalkgraudains un stipri cementēts smilšakmens. Nogulumu raksturs norāda, ka tie nav piemēroti kimberlīta asociācijas minerālu uzkrāšanai.

Mūru un Žagares svītas nogulumos tika atrasti pa vienam piropa graudam (Krivopalov *et al.*, 1991). Šo atradumu apraksti ģeoloģijas arhīvā nav saglabājušies. Var tikai izteikt pieņēmumu, ka piropa graudi ir nonākuši šajos nogulumos no Ogres svītas pārgulsnēšanās rezultātā.

Ketleru un Šķerveļa svītas nogulumi tika paraugoti Kurzemē. Vislielākā piropa koncentrācija konstatēta Ketleru svītas iežos (vairāk nekā 300 graudu standarta 20 litru paraugā). Kopumā piropa saturs ir nevienmērīgs pat viena atseguma vai līdzīga

ģeoloģiskā vecuma slāņu robežās. Tas atkarīgs no graudu izmēra un citām nogulumu litoloģiskajām īpašībām. Dažos atsegumos vislielākā piropa graudu koncentrācija ir smilšakmenī, citos – brekčijās vai konglomerātos. Tāpat ir novērota paaugstināta piropa koncentrācijas saistība ar bazālajām ridām un lokālajām izskalojuma virsmām (Sorokin *et al.*, 1992).

Piropa graudu izmēri Ketleru svītā ir no 0,08 līdz 0,4 mm (Sorokins u. c., 1993), bet dominē ap 0,15 mm lieli graudi. To forma visbiežāk ir asšķautņaina. Visizteiktākās ir lielu gliemežnīcas veida nošķēlumu virsmas. Iespējams, tās veidojušās plaisāšanas rezultātā kimberlīta dēdēšanas garozā. Lielāko daļu graudu skārusi ķīmiskā šķīšana, kas parasti izpaužas sīkpaugurainās virsmās uz primārajām nošķēlumu virsmām (sk. 2. att.). Ketleru svītas piropa graudi ir samērā blāvā, gaiši rozā, rozganīgā ceriņkrāsā vai pelēcīgā ceriņkrāsā; violetie un aveneskrāsas graudi arī ir samērā blāvi un reti sastopami. Interesanti, ka elektromagnētiskajā frakcijā, kaut gan pirops nav īsti raksturīgs šīs frakcijas minerāls, piropa krāsa ir piesātinātāka nekā nemagnētiskajā frakcijā. Stipri korodēti graudi izskatās intensīvāk krāsoti. Šādu vizuālo efektu rada matētā graudu virsma. Ketleru svītas piropa graudu gaismas laušanas koeficients ir 1,747–1,754, un blāvajiem graudiem koeficienti ir zemāki nekā intensīvākas krāsas graudiem.

Pēc ķīmiskā sastāva Ketleru svītas piropa graudiem raksturīgs zems hroma un titāna saturs. Hroma saturs ir robežās no 1,36 līdz 3,51 masas %, maksimālais titāna saturs sasniedz 0,29 masas % (sk. 3. att.).

Šķerveļa svītas nogulumos atrastie piropa graudi ir analogiski Ketleru svītas piropiem. Tomēr pētījumos konstatēts, ka Šķerveļa svītas smilšakmenī piropa graudi, kas pēc izskata līdzīgi Ketleru svītas piropiem, ir vairāk noapaļoti. Turklāt ir atrasti piropa graudi, kas atšķiras pēc krāsas, graudu izmēra, formas un virsmas rakstura. Šo graudu izmērs ir lielāks – 0,30–0,35 mm. Tie ir aveneskrāsas, ieapaļi, labi noapaļoti, ar matētu virsmu un ar daudziem robiņiem. Laušanas koeficients ir 1,752 (Sorokins u. c., 1993). Bez šaubām, šiem piropa graudiem ir atšķirīgs cilmavots.

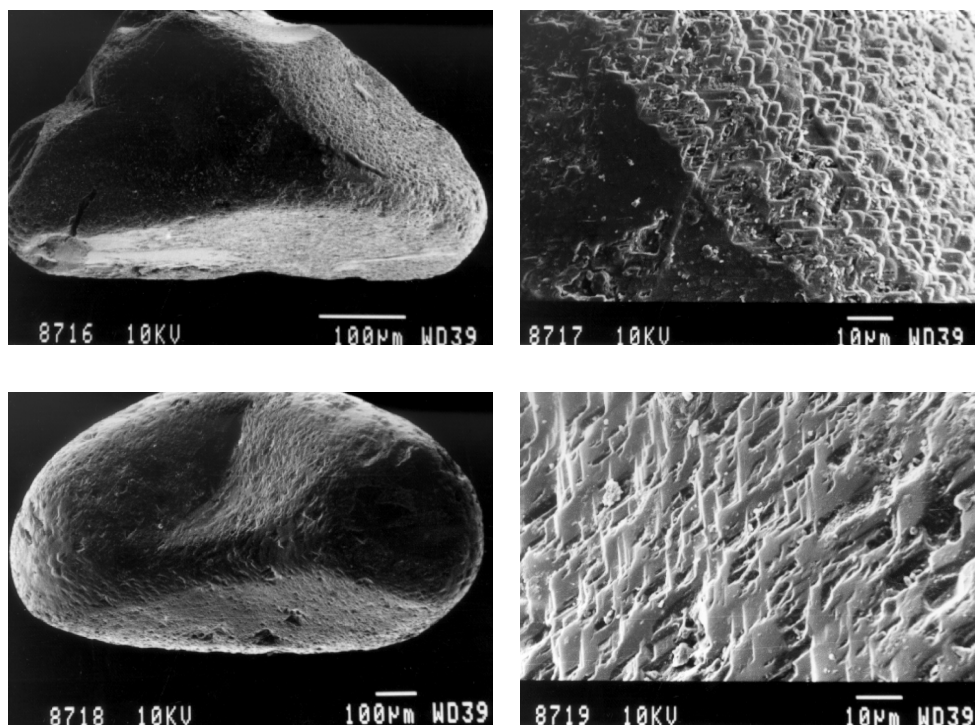
Tika konstatēts, ka kimberlīta asociācijas minerāli, tostarp pirops, ir nevienmērīgi izplatīti arī Latvijas kvartāra nogulumos. Vislielākā piropa koncentrācija ir Cieceres un tās pieteku alūvijā Kurzemē (līdz 48 graudiem 20 litros parauga). Arī Baltijas morēnā šajā apvidū ir augsta piropa koncentrācija. Morēnas bazālie slāņi (3,1–3,7 m dziļumā no zemes virsmas) ir bagātāki ar piropu (142 graudi) nekā virsējie slāņi (līdz 0,6 m dziļumā tikai 2 graudi). Kurzeme, ņemot vērā smago minerālu frakcijas izpētes rezultātus, ir ar piropiem bagātāka nekā Zemgale, Vidzeme un it īpaši Latgale. To apstiprina arī Baltijas jūras un Rīgas līča pludmales nogulumu sastāva pētījumi (Savvaitov *et al.*, 1998). Baltijas jūras pludmales kļiedņi (Labrags, Ulmale, Liepene, Staldzene) satur dažus desmitus piropa graudu vienā kilogramā koncentrāta (smagās frakcijas satur ap 50%), kas ir dažas reizes vairāk nekā piropa saturs Rīgas līča kļiedņos (parasti līdz 10 graudiem). Lielāka piropa koncentrācija Kurzemē ir novērojama Ventas pieteku apvidos.

Vidzemes ziemeļu un centrālajā daļā skaidri iezīmējas liela reģionāla anomālija. Šajā teritorijā ir paaugstināts piropa saturs (apmēram katrā desmitajā paraugā, ja paraugu tilpums ir 20–40 litru). Īpaši šī anomālija izceļas salīdzinājumā ar Igaunijas un Latgales nogulumiem, kur gandrīz nemaz nav piropa. Tomēr šeit piropa

koncentrācija ir 1–2 reizes mazāka nekā Kurzemē. Parasti Vidzemes paraugos ir pa vienam vai diviem piropa graudiem, izņemot vienu paraugu, kurā bija trīs piropa graudi. Vidzemes augstienes rietumu daļa ir nabadzīgāka ar piropiem. Piropu necīgais saturs atspoguļojas arī pludmales kliežu sastāvā.

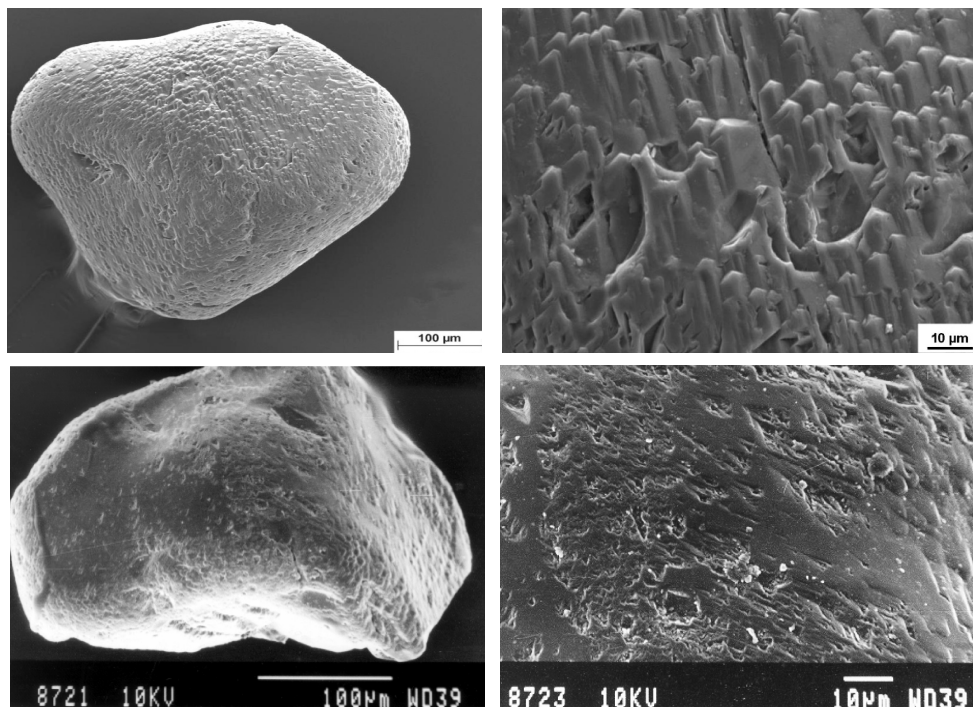
Zemgale, salīdzinot ar Kurzemi un Vidzemi, ir vēl nabadzīgāka ar piropa graudu atradumiem. Iespējams, tāpēc, ka Zemgales upju alūvijā ir mazs smagās frakcijas saturs. Latgales teritorijā piropa atradumi ir liels retums. Aluviālo nogulumu pētījumos piropa graudi šajā reģionā atrasti tikai trīs paraugos, kaut gan paraugošana tika veikta pēc tādas pašas metodikas kā citās teritorijās. Pēdējos gados piropa graudi ir atrasti Rāznes ezera pludmales klieznī, kaut gan mazā koncentrācijā – daži graudi vienā kilogramā koncentrāta.

Kvartāra nogulumos atrastie piropa graudi pēc morfoloģijas ir daudzveidīgāki nekā devona nogulumos (4. un 5. att.). Graudu izmēri ir no milimetra desmitdaļām līdz 4 mm, parasti 0,3–0,8 mm. Piropi ir rozganā ceriņkrāsā, violeti, avenkrāsas vai gaiši violetā krāsā. Rozgani ceriņkrāsas un gaiši violetiem graudiem gaismas laušanas koeficients ir no 1,737 (blāvajiem graudiem) līdz 1,754 (intensīvi krāsotajiem), violetajiem un avenkrāsas – no 1,754 līdz 1,767 (dažreiz līdz 1,780). No dažādiem Latvijas reģioniem iegūtiem piropa graudiem ir vērojamas krāsu atšķirības.



4. att. Piropi no aluviālajiem nogulumiem Latvijā ar atšķirīgu graudu virsmas morfoloģiju

*Different types of the pyrope grain surface textures from alluvial sediments of Latvia*



5. att. Piropa graudi ar atšķirīgu graudu virsmas morfoloģiju no Baltijas jūras un Rīgas līča pludmales kļiedņiem

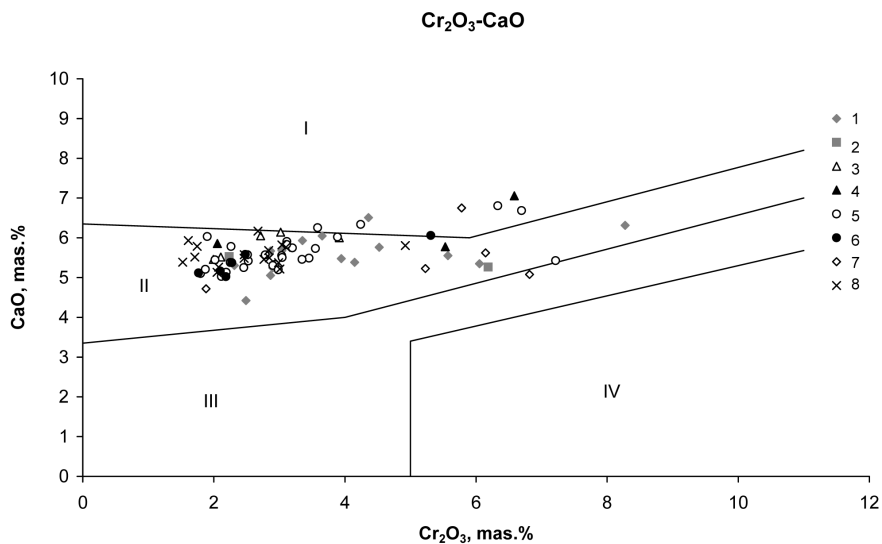
*Pyrope grains with different types of surface textures from beach placers of the Baltic Sea and the Gulf of Riga*

Pēc ķīmiskā sastāva kvartāra piropa graudi ir daudzveidīgāki nekā devonā sastopamie. Dažādos reģionos tie atšķiras arī pēc ķīmiskā sastāva (6. un 7. att.). Kurzemes un Zemgales piropos ir zems hroma saturs – 2–3 masas %. Šajā ziņā tie līdzinās Ketleru svītas piropa graudiem. Kurzemes alūvija piropa graudos vidējais hroma saturs ievērojami pārsniedz vidējo Ketleru svītas piropa hroma saturu, bet ir mazliet zemāks nekā Ogres svītas graudos. Baltijas jūras Kurzemes piekrastes pludmales kļiedņu piropa graudiem raksturīgs vēl augstāks hroma saturs nekā Kurzemes alūvija vai Ogres svītas piropam. Kā jau iepriekš tika minēts, pludmales kļiedņi atspoguļo Latvijas teritorijas kimberlītu asociācijas minerālu fonu, savukārt Kurzemes alūvija piropi ir jāuzskata par fona piropu un vietējo Ogres un Ketleru svītu kolektoru piropu sajaukšanās rezultātu. Tikai atsevišķi piropa graudi ir atrasti tālāk uz dienvidiem – Lietuvas teritorijā, un to ķīmiskais sastāvs ir līdzīgs Ketleru svītas piropam. Tas liecina par fona piropu un Ogres svītas starpkolektora piropu satura samazināšanos dienvidu virzienā (*Krivopalov et al., 1987*).

Vidzemes kvartāra nogulumu piropus kopumā raksturo augstāks hroma saturs nekā Kurzēmē sastaptajiem piropiem. Agrāk tika minēts arī augstāks dzelzs un titāna saturs Vidzemes piropos, turklāt piropi ar augstāku hroma, titāna un dzelzs saturu



atrasti Vidzemes centrālās un ziemeļu daļas aluviālajos nogulumos, bet Vidzemes pludmales nogulumos šo elementu saturs ir zemāks (sk. 6. un 7. att.).



6. att. Kurzemes un Lietuvas kvartāra nogulumu piropu sastāvs. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> un CaO satura attiecības masas %

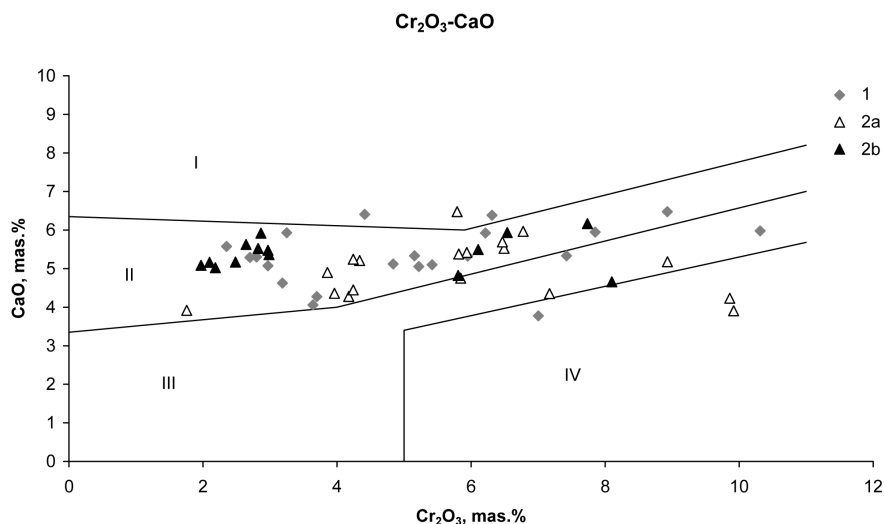
Paraugu veids: 1 – Baltijas jūras Kurzemes pludmales kļiedņi pie Labraga, Ulmales, Liepenes un Staldzenes; 2 – Rīgas līča Kurzemes pludmales kļiedņi pie Ķesterciema; 3 – Rietumkurzemes upju alūvijs; 4 – Ventas kreisā krasta pieteku alūvijs; 5 – Kurzemes centrālās daļas upju alūvijs; 6 – Zemgales līdzenuma upju alūvijs; 7 – Ziemeļkurzemes upju alūvijs; 8 – Lietuvas upju alūvijs.

Lauki diagrammā: I – verlīta, II – lercolīta, III – harcburgīta un dunīta, IV – dimanta.

**Chemical composition of pyrope occurring in Quaternary deposits of Kurzeme and Lithuania (in diagram Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CaO in weight percents)**

Types of samples: 1 – the Baltic Sea Kurzeme beach placers (near Labrags, Ulmale, Liepene, and Staldzene), 2 – Gulf of Riga Kurzeme beach placers (near Ķesterciems), 3 – alluvium of West Kurzeme, 4 – alluvium of the left bank of the tributaries of the Venta River, 5 – alluvium of Central Kurzeme rivers, 6 – alluvium of Zemgale rivers, 7 – alluvium of North Kurzeme rivers, 8 – alluvium of Lithuania rivers.

Fields of the diagram: I – wehrlite paragenesis, II – lherzolite paragenesis, III – dunite-harcburgite paragenesis, IV – diamond assemblage.



7. att. Vidzemes kvartāra nogulumu piropu sastāvs. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> un CaO saturs attiecībā masas %

Paraugu veids: 1 – Rīgas līča Vidzemes pludmales kļiedņi pie Ežurgām; 2 – Vidzemes upju (Mellupes, Raunas, Vijas, Abula, Rauzas un citu) alūvijs: a – Savvaitovs u. c., 2000; Hodireva u. c., 2002; b – Krivopalov et al., 1987; 1992.

Lauki diagrammā: I – verlīta, II – lercolīta, III – harcburgīta un dunīta, IV – dimanta.

**Features of chemical composition of pyrope occurring in Quaternary deposits of Vidzeme (in diagram Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CaO in weight percents)**

Pyrope from: 1 – Gulf of Riga Vidzeme coast placers (near Ežurgas),  
2 – Central and North Vidzeme (the rivers Mellupe, Rauna, Vija, Abuls, Rauza) alluvium  
(a – Savvaitovs et al., 2000; Hodireva et al., 2002; b – Krivopalov et al., 1987; 1992).

Fields of diagram: I – wehrlite paragenesis, II – lherzolite paragenesis,  
III – dunite-harzburgite paragenesis, IV – diamond assemblage.

## Secinājumi

Visu pētījumu rezultāti rāda, ka piropi, kuri atklāti Latvijā dažāda vecuma iežos un dažādos rajonos, ir ļoti atšķirīgi. Visbūtiskākās atšķirības tika atklātas Kurzemes teritorijā starp Ogres un Ketleru svītās konstatētajiem piropiem.

Ogres svītas piropiem konstatēta vidēja graudu noapaļotības pakāpe un vidēji augsts hroma saturs. Tajā pašā laikā nav atrasti piropi, kuri pēc sastāva ir raksturīgi kimberlīta minerālu asociācijai, kas asociē ar dimantiem. Ketleru svītas piropu graudi ir maz noapaļoti, un hroma saturs tajos ir zems. Mūru un Žagares svītās sastapto piropu avots, visdrīzāk, ir Ogres svītas nogulumu, savukārt Šķerveļa svītā – Ketleru svītas nogulumu. Tādējādi Kurzemē tikai Ogres un Ketleru svītās ir izveidojušies ievērojami devona vecuma piropu starpkolektori.

Daļa piropu, kas Kurzemē sastopami kvartāra nogulumos, ir pārgulsnējušies no Ogres un Ketleru svītām. Citu izcelsme ir saistīta ar kādu patstāvīgu cilmavota Baltijas jūrā, kura esamība parādās pārliecinoši Kurzemes mūsdienu pludmaļu

nogulumos. Šajos nogulumos sastopamajos piropos ir salīdzinoši augstāks hroma saturs.

Vidzemē Gaujas svītas iežos konstatētie piropi atšķiras no citiem Latvijā izpētītajiem piropiem. Arī piropi Vidzemes upju alūvijā atšķiras no visiem citiem tipomorfaļiem paveidiem. No Gaujas svītas piropiem tie atšķiras ar lielākām hiperģenām izmaiņām, savukārt no Kurzemes kvartāra nogulumos sastaptajiem – ar ievērojami augstāku hroma saturu.

Visu izpētīto piropu cilmieži nepārprotami ir kimberlīta tipa ieži, lai gan ķīmiskā sastāva variācijas un mazākā mērā graudu tipomorfisms norāda uz to, ka piropu cilmavoti ir atšķirīgi. Piropu saturs Ogres un Ketleru svītu nogulumos ir ļoti augsts un var tikt salīdzināts ar šā minerāla saturu tieši kimberlīta diatrēmās. Tādējādi to pārnese attālums varētu būt neliels, domājams, daži desmiti kilometru. Arī kvartāra piropiem Kurzemē varētu būt tas pats netālu esošais avots.

Netālu pārnestu Vidzemes kvartāra nogulumu piropu avots rada minerāla anomālas koncentrācijas. Līdz ar augstāku hroma saturu nekā Kurzemes piropos un arī pašas dimantu asociācijas paveidu graudu klātbūtne liecina par lielāku dimantu atrašanās varbūtību Latvijas ziemeļaustrumos salīdzinājumā ar Rietumlatviju.

Pašreizējie pētījumu rezultāti neļauj sniegt atbildi par piropu izcelsmi Gaujas svītas nogulumos. Graudu tipomorfisms norāda uz īsu pārnese ceļu un līdz ar to arī uz kimberlītu iespējamo tuvumu, turpretim zemais piropu saturs nogulumos cilmiežu tuvumu neapstiprina.

Latvijas piropu daudzveidību ietekmē ne tikai jau minētie trīs piropu cilmavoti, bet arī attālāki kimberlīta tipa cilmieži. Visticamāk, tie atrodas Skandināvijas (visdrīzāk Somijas) un Krievijas teritorijā. Visu apkopoto datu izvērtējums par kimberlīta minerālu asociāciju, kuru raksturo ne tikai piropi, bet arī hromšpineļi (sk. publikāciju šajā krājumā), olivīns, hromdiopsīds, pikroilmenīts, muassanīts, Latvijas terīgēnajos iežos, kā arī tās transportēšanas ceļa virzieni un īpatnības dažādos ģeoloģiskajos laika posmos deva iespēju autoriem izveidot kimberlīta tipa iežu cilmvietu izplatības modeli (*Korpečkov et al., 2007*) un arī prognozēt dimantu iespējamo atklāšanu Latvijā un tuvākajā teritorijā.

## Pateicības

Pētījums veikts ilgākā laikposmā ar LZP finansiālu atbalstu zinātnisko projektu 01.0095 (2001.–2003. gads) un 04.1298 (2004.–2008. gads) gaitā. Izsakām pateicību par atbalstu un palīdzību mūsu kolēģei, LU Ģeoloģijas institūta pensionētajai ģeoloģei Ninai Samburgai, Tallinas Tehniskās Universitātes Materiālu pētīšanas centra darbiniekam Dr. Valdekam Mikli, kā arī autoriem V. Sorokinam un J. Krivopalovam, kuru dati ir izmantoti rakstā.

## Izmantotie informācijas avoti

Afanasjev, V. P., Sibircev, J. M., Egorov, A. J. (1986) O kimberlitovih mineralah iz drevnih pribrezhno-morskih kollektorov (Kimberlitic Minerals from Ancient Sea Coast Collectors). *Geologija i razvedka*, 2: 48–54 (in Russian).

- Breuckner, H. K., Van Roermund, H. L. M., Pearson, N. J. (2004) An Archean to Paleozoic Evolution for a Garnet Peridotite Lens with Sub-Baltic Shield Affinity within the Seve Nappe Complex of Jämtland, Sweden, Central Scandinavian Caledonides. *Journal of Petrology*, vol. 45, № 2: 415–437.
- Dawson, J. B. (1980) *Kimberlites and Their Xenoliths*. Berlin : Springer-Verlag. 252 p.
- Dawson, J. B., Stephens, W. E. (1975) Statistical Classification of Garnets from Kimberlites and Associated Xenoliths. *Journal of Geology*, vol. 83: 589–607.
- Harkiv, A. D. (1978) Mineralogičeskije osnovi poiskov almaznih mestorozhdenij (*Mineralogical Bases of Prospecting of Diamond Deposits*). Moscow : Nedra. 136 p. (in Russian)
- Hodireva, V. (2002) Dimantu pavadoņminerālu pētījumu rezultāti. *RTU zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija*, 1(3), 62.–65. lpp.
- Hodireva, V., Korpečkovs, D., Savvaitovs, A. (2003a) Latvijas piropu tipoķīmiskās īpatnības (un dimantu atklāšanas prognozes). *RTU zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija*, 1(3), 137.–142. lpp.
- Hodireva, V., Korpečkov, D., Samburg, N., Savvaitov, A. (2003b) Sources of Kimberlitic Minerals in Clastic Sediments of Latvia and Some Problems in the Succession of Formation of Supposed Kimberlite. *Geologija*, 42: 3.–8. lpp.
- Hodireva, V., Korpečkovs, D., Savvaitovs, A., Samburga, N. (2002) Kimberlīta minerālu asociāciju ķīmiskie indikatori un dimantu atklāšanas prognozes Latvijā. *RTU zinātniskie raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija*, 1(5), 69.–75. lpp.
- Hodireva, V., Nulle, U., Samburg, N., Savvaitov, A., Veinbergs, I. (2000) Minerals of Probably Kimberlitic Assemblage in the Beach Placers of Latvia. *The Baltic: the Sixth Marine Geological Conference*. Hirtshals, Denmark, Abstracts, p. 34.
- Ilupin, I. P. (1978) Metodi diagnostiki mineralov-sputnikov almaza (*Diagnostic Methods of Diamond Indicator Minerals*). CNIGRI, Moscow. 38 p. (in Russian)
- Konstantinovskii, A. A., Shcherbakova, T. E. (1998) The Problem of the Diamond Potential of the Northwestern Russian Plate. *Lithology and Mineral Resources*, 33(3): 226–234.
- Kopchenova, E. V. (1979) Mineralogičeskij analiz shlihov i rudnih koncentratov (*Mineralogical Analysis of Placers and Ore Concentrates*). Moscow : Nedra. 247 p. (in Russian)
- Korpečkov, D., Hodireva, V., Savvaitov, A. (2005) Minerals of the Kimberlitic Assemblage in Terrigenous Sediments of Latvia and Perspectives of Its Diamond Potential. *Lithology and Mineral Resources*, 40(6): 528–536.
- Korpečkov, D., Savvaitov, A., Samburg, N., Hodireva, V. (2007) Novije rajoni vozmožnogo kimberlitovogo magmatizma na severo zapade Ruskoj pliti (New Regions of Supposed Kimberlitic Magmatism in NW of Russian Plate). *Geologija i razvedka*, № 3: 42–48 (in Russian).
- Ladygina, M., Yu., Nesterov, A. R., Evdokimov, M. D. (2005) Morfoloģičeskije osobennosti pirogov iz amazonosnih porod basseina reki Luga (Morphologic Peculiarities of Pyropes from Diamond-Bearing Rocks of the Luga River Basin). *Proceedings of the Russian Mineralogical Society*, pt. CXXXIV, № 4. p. 28–44 (in Russian).
- Ladygina, M. Yu., Nesterov, A. R. (2002) Minerali-sputniki almaza iz srednepaleozojskih konglomerato-brekcij (bassein reki Lugi) (Diamond Indicator Minerals from Middle Paleozoic Conglomerates and Breccias). *Proceedings of the Russian Mineralogical Society*, № 1, p. 35–44 (in Russian).

- Malkov, B. A. (1997) Geologija i petrologija kimberlitov (*Geology and petrology of kimberlites*). Sankt-Peterburg : Nauka. 282 c. (in Russian)
- Mange, M. A., Wright, D. T. (2004) High-Resolution Heavy Mineral Analysis (HRHMA): a Brief Summary. *Developments in Sedimentology*, vol. 58 (Heavy Minerals in Use), Elsevier, p. 433–436.
- Moller, C. (1998) Decompressed Eclogites in the Sveconorwegian (-Grenvillian) Orogen of SW Sweden: Petrology and Tectonic Implications. *Journal of Metamorphic Geology*, vol. 16, № 5, 641–656.
- Moral Cardona, J. P., Gutierrez Mas, J. M., Sanchez Belon, A., Dominguez-Bella, S., Martinez Lopez, J. (2005) Surface Textures of Heavy-Mineral Grains: a New Contribution to Provenance Studies. *Sedimentary Geology*, 174: 223–235.
- Morton, A., Hallsworth, C., Chalton, B. (2004) Garnet Compositions in Scottish and Norwegian Basement Terrains: a Framework for Interpretation of North Sea Sandstone Provenance. *Marine and Petroleum Geology*, 21: 393–410.
- Norwicki, T. E., Moore, R. O., Gurney, J. J., Baumgartner, M. C. (2007) Diamonds and Associated Heavy Minerals in Kimberlite: a Review of Key Concepts and Applications. *Developments in Sedimentology*, vol. 58 (Heavy Minerals in Use). Elsevier, p. 1235–1267.
- Prokopchuk, B. I., Konstantinovskij, A. A., Sochneva, E. G. (1980) Nahodki piropa v verhnedevoevskih kvarcevih peskah Pribaltiki (Occurrence of Pyrope in Upper Devonian Quartz Sands in the Baltics) *Proceedings of Academy of Sciences of USSR*, vol. 254, № 56, 1217–1218 (in Russian).
- Savvaitov, A., Veinbergs, I., Nulle, U., Samburg, N., Stinkulis, G. (1998) New Data about Mineral Composition of Latvian Beach Placers. *Baltica*, 11, 52–58.
- Sobolev, N. V. (1964) Parageneticheskiye tipi granatov (*Paragenetic Types of Garnets*). Moskva : Nauka. 94 c. (in Russian)
- Sobolev, N. V. (1974) Glubinnije vkluchenija v kimberlitah i problēma sostava verhnej mantii (*Mantle-Genetic Xenolites in Kimberlites and Problem of Chemical Composition of Upper Mantle*). Novosibirsk : Nauka. 264 c. (in Russian)
- Sorokin, V. S., Krivopalov, J. A., Mūrnieks, A. E., Savvaitova, L. S., Samburg, N. K. (1992) Sobitijnaja startigrafija i perspektīvi almazonosnosti zapadnoj Latvii (Eventual Stratigraphy and Prospects of Diamond Potential of Western Latvia). *Paleontology and Stratigraphy of Phanerozoic of Latvia and the Baltic Sea*, 77–84 (in Russian).

## Nepublicētie materiāli

- Hodireva, V., Korpečkovs, D. (2003c) Granātu grupas minerāli Latvijas terīgēnajā sedimentogēnēzē: zinātniskā projekta Nr. 448/01. 0095 izpildes pārskats. Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6088.
- Krivopalov, Y.U. I., Tarakanov, N. A., Prusakova, N. A., Vladimirskaia, N. I., Anciferov, B. V., Shcherbakova, T. B. (1987) Oпитно-методические шлито-геохимические работы по региональной оценке перспектив и видения локальных пошхчадеи длја поисков маторозхдениј алмазов в пределah северо-западной части Русской платформы (Experimental Methodical Mineralogical-Geochemical Studies for Regional Assessment of Prospects and Identification of the Local Areas to Search Deposits of Diamonds at the Northwest Part of Russian Platform. Settlement Povarovka. Valsts Ģeoloģijas fonds, Nr. 10563 (in Russian).

- Krivopalov, J., Vladimirskaja, N., Murnieks, A., Baulin, L., Pobedinskij, A. (1991) Regionalnaja ocenka Valmieriskoj i Centralnokurzemskej perspektivnih ploshchadej na produktivnije kimberliti (masshtaba 1:200000 i 1:100000). Promezhutochnij otchot Limbazhskoj KGRE i partii Nr. 7 KoME za period 1989-1990 g. (Regional Assessment of Prospective Territories of Valmiera and Central Kurzeme on Productive Kimberlites (Scale 1:200 000 and 1:100 000). Preliminary report on works 1989–1990). Rīga, Valsts Ģeoloģijas fonds, Nr. 10812 (in Russian).
- Krivopalov, J., Vladimirskaja, N., Murnieks, A., Kopitin, A. (1992) Regionalnaja ocenka Valmieriskoj i Centralnokurzemskej perspektivnih ploshchadej na produktivnije kimberliti (masshtaba 1:200000 i 1:100000). Otchot o rabotah 1989–1990 (Regional Assessment of Prospective Territories of Valmiera and Central Kurzeme on Productive Kimberlites (Scale 1:200 000 and 1:100 000). Report on works 1989–1990). Rīga, Valsts Ģeoloģijas fonds, Nr. 10812 (in Russian).
- Savvaitovs, A., Veinbergs, I., Samburga, Ņ., Nulle, U., Hodireva, V., Korpečkovs, D. (2000) Dimanta pavadoņminerāli Latvijas pludmales kļiedņos un aluviālos nogulumos Vidzemē. Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6087.
- Sorokins, V., Samburga, Ņ., Savvaitova, L., Samburģs, A., Birķis, A. (1993) Dimanta asociācijas kļiedņu minerālu kolektoru noskaidrošana un izvērtēšana Kurzemes augšējā un vidusdevona griezumos (Cieceres, Ventas un Abavas objektos). Ketleru un Ogres dimantu asociācijas minerālu kolektori Kurzemē: Iģumdarba Nr. 1339 atskaite (1). Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6052.
- Sorokins, V., Samburga, Ņ., Birķis, A. (1995) Dimanta asociācijas kļiedņu minerālu kolektoru noskaidrošana un izvērtēšana Kurzemes augšējā un vidusdevona griezumos. Burtnieku–Gaujas svītu fona un dimantu asociācijas kļiedņu minerālu izpēte objektā Abava (Iejtece): Iģumdarba Nr. 1339 atskaite (2). Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6089.

## Summary

*The kimberlitic mineral assemblages in siliciclastic rocks have been investigated in Latvia since the eighties of the 20th century. Mineralogical and geochemical research has been carried out the territory of the Baltic states – Estonia, Latvia, and Lithuania. By this research, some areas with supposed kimberlitic minerals were detected.*

*At present it has been clarified that the minerals of kimberlitic assemblage – pyropes, chromspinel, and others – were redeposited in the Devonian sandstones. Another part of these minerals is related to modern beach placers of the Baltic Sea and the Gulf of Riga, as well as to alluvial deposits.*

*We discovered that these assemblages differ in chemical composition and mineral grain morphology. In the area under examination, the variability of the chemical composition of the kimberlitic minerals, especially pyrope and chromspinel, allows to suggest the possibility of separate sources of these heavy minerals. Difference in pyrope grain surface textures lead us to point out several possible ways of material transportation after weathering, such as water streams or water-ice environment. Clastic pyrope grains with sculptured surface could be defined as indicators of primary growth of the magmatic process. These features might confirm the short distance of material transportation and may be prognostic of probable diamond-bearing rock occurrence in Latvia.*

**Keywords:** Devonian sandstones, diamond indicator minerals, heavy minerals, pyrope, Quaternary sediments.

## Hromšpineļi Latvijas terīgēnajos iežos *Chromspinels in Siliciclastic Rocks of Latvia*

**Deniss Korpečkovs**

Krievijas Zinātņu akadēmijas Rūdu atradņu ģeoloģijas, petrogrāfijas, mineraloģijas un ģeoķīmijas institūts (IGEM RAS), Staromonetnij pereulok 35, Maskava, 119017, Krievija  
E-pasts: [korpechkov@yandex.ru](mailto:korpechkov@yandex.ru)

**Vija Hodireva**

Latvijas Universitāte, Ģeoloģijas institūts, Raiņa bulvāris 19, Rīga, LV-1586, Latvija  
E-pasts: [Vija.Hodireva@lu.lv](mailto:Vija.Hodireva@lu.lv)

Šajā darbā aplūkotas hromšpineļu izplatības īpatnības Latvijas terīgēnajos iežos un izpētīts hromšpineļu tipomorfisms: gan graudu formās un graudu virsmu raksturīgajās iezīmēs un īpatnībās, gan ķīmiskajā sastāvā. Salīdzinot publicētos datus ar iegūtajiem rezultātiem, noskaidrots, ka pētītie graudi ir poliģenētiski. Iegūtie rezultāti liecina, ka daļa graudu, visticamāk, veidojušies kimberlītos, un tādējādi tos var izmantot kā dimanta indikatorminerālus.

**Atslēgvārdi:** devons, dimanta indikatorminerāli, kimberlīti, kvartārs, minerālu tipomorfisms, smagie minerāli.

### Ievads

Terīgēno iežu smago minerālu detalizēta iezīmju pētniecība dod iespēju iegūt nozīmīgu ģenētisko informāciju, kas raksturo terīgēnā materiāla cilmavotu. Latvijā iespējamā kimberlītu magmatisma indikatorminerāli terīgēnajos iežos ir pētīti ilgāku laiku. Terīgēnajos iežos sastopamie hromšpineļi šādā aspektā piesaista interesi un glabā daudz informācijas. To pētniecībai ir ne tikai teorētiska, bet arī lietišķa nozīme, jo atsevišķi hromšpineļu paveidi sastopami kopā ar dimantiem kimberlīta minerālu asociācijā. Citu dimanta indikatorminerālu (piropu, hromdiopsīdu, muassanītu) daudzie atradumi Latvijā aktualizē arī hromšpineļu kā dimanta pavadoņminerālu detalizētas pētniecības nepieciešamību. Latvijas terīgēnajos iežos sastopamo hromšpineļu atsevišķas īpatnības ir tikušas raksturotas iepriekš (Hodireva u. c., 2002; Hodireva u. c., 2003; Korpečkovs u. c., 2001; *Korpechkov et al.*, 2005). Šajā rakstā plašākā izklāstā tiek apkopotī iepriekšējo gadu pētījumu rezultāti, kā arī publicēti jaunākie iegūtie materiāli.

### Hromšpineļu grupas raksturojums

Hromšpineļi veido minerālu grupu, kuru ķīmiskā formula ir  $AB_2O_4$ , kur A ir Mg,  $Fe^{2+}$ , reizēm Zn, Mn, savukārt B – Cr, Al,  $Fe^{3+}$ , reizēm Ti un V. Hromšpineļus visbiežāk sastop jeb tie ir tipomorfi ultrabāziskiem un bāziskiem iežiem, reti

vidēja sastāva iežiem, ļoti reti granitoīdiem. Hromšpineļi ir tipiski magmatisko iežu minerāli, kaut gan raksturīgi arī metamorfiem iežiem. Hromšpineļiem piemīt tipoķīmiskas īpatnības, tā ka pastāv plašs katjonu izomorfisms (jonu aizvietošanās gan A, gan B pozīcijās ķīmiskajā formulā), kas norāda gan uz cilmiežu sastāvu, gan to veidošanās apstākļiem. Svarīgākās no raksturiezīmēm ir Cr, Al, Fe<sup>3+</sup> un Ti saturs un minerāla magnezialitāte (Mg/Mg+Fe<sup>2+</sup>). Piemaisījumu elementu (Zn, Mn, V, Ni, Co u. c.) saturs reti pārsniedz procenta desmitdaļas, kas gan bieži sniedz svarīgu petroloģisko informāciju.

Viena ģeoloģiskā ķermeņa robežās (piemēram, atsevišķa intruzīva masīva) hromšpineļu ķīmiskie sastāvi variē samērā plaši, tomēr raksturīgās robežās, veidojot trendu ķīmiskā sastāva analīžu diagrammās. Lai gan konstatēts, ka dažu atšķirīgu ģeoloģisko formāciju hromšpineļu ķīmiskais sastāvs ir līdzīgs, to veidotie trendi pēc savas ievirzes un īpatnībām dažādos iežos un dažādās formācijās ir atšķirīgi (*Barnes and Roeder*, 2001; *Bullen and Dick*, 1984; *Irvine*, 1965, 1967; *Kamenetsky et al.*, 2001; *Sack and Ghiorso*, 1991; *Macuk et al.*, 1989; *Prihodko*, 1980; *Plaksenko*, 1989; *Chernisheva*, 1989). Pēc daudzu autoru datiem, magmatiskās un metamorfās formācijās var noteikt vairākus hromšpineļu pakāpenisku ķīmiskā sastāva izmaiņu primāro trendu tipus. Biežāk sastopami ir divi: V. Prihodko izdalītais (1980) magmatiskais trends un temperatūras (dunītu) trends. Pirmo nosaka magmatisko kausējumu fracionēšanās kristalizācijas procesā. Tam raksturīga TiO<sub>2</sub> un dzelzs summārā satura paaugstināšanās. Palielinoties fracionēšanās pakāpei, samazinās Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> un MgO saturs. Magmatiskais trends ir tipisks bazaltiem, kimberlītiem un citiem magmatiskajiem iežiem. Otrajam trendam raksturīgas Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> un Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> satura izmaiņas, zems Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> un TiO<sub>2</sub> saturs un konstants MgO un FeO saturs. Tās raksturīgs alpīnā tipa hiperbazītiem jeb ofiolītiem.

Hidrotermālo un metasomatisko, kā arī metamorfisma procesu gaitā, piemēram, iežu serpentīnizācijas ietekmē, hromšpineļu sastāvs parasti nemainās. Eksogēnos apstākļos hromšpineļi ir samērā noturīgi, maz pakļaujas ķīmiskai iedarbībai, ir izturīgi pret abrāziju, kas veicina to uzkrāšanos terīgēnajās slāņkopās.

Minētās īpatnības un likumsakarības tiek plaši izmantotas pētniecības un ģeoloģiskās izpētes darbos, meklējot un novērtējot derīgo izrakteņu (hromītu, dimantu, Cu-Ni rūdu, platinoīdu u. c.) atradnes.

Viens no pētījuma uzdevumiem bija diagnosticēt tieši tos Latvijas terīgēno iežu tipomorfos hromšpineļu paveidus, kuru izcelsme varētu būt saistīta ar kimberlīta veidošanos, tāpēc ir ļoti svarīgi apzināt to izplatību. Hromšpineļi ir vieni no raksturīgākajiem kimberlītu akcesorajiem minerāliem, kuru saturs iežī vidēji ir procenta simtdaļas, kas ir ievērojami mazāk nekā kimberlītos plaši sastopamo minerālu – piropa un pikroilmenīta – saturs. Tomēr Austrumeiropas platformā, kuras daļa ir arī Latvijas teritorija, ir zināmas kimberlītu diatrēmas, kurās hromšpineļi dominē pār granātu un pikroilmenītu. Hromšpineļu graudu izmēri kimberlītos parasti ir milimetra desmitdaļas (ap 0,2–0,8 mm) (*Ilupin*, 1978), reti sastopami sīkaki (milimetra simtdaļas) vai lielāki (līdz 2–3 mm diametrā) (*Harkiv*, 1978).

Visbiežāk pētnieki akcentē četrus ar kimberlītiem saistīto hromšpineļu morfoloģiskos tipus (*Ilupin*, 1978), nošķirot (1) oktaedrus ar gludām, spīdīgām skaldnēm, (2) graudus ar oktaedrisku habitusu un izteikti noapaļotām virsotnēm un



šķautnēm (un reliktām oktaedra skaldnēm), (3) izometriskus vai neregulāras formas graudus ar neskaitāmām gludām, spīdīgām, bieži izliektām skaldnēm, (4) neregulārus ksenomorfus graudus bez skaldnēm.

Tikai kimberlītu hromšpineļiem ir raksturīgas korozijas pēdas, kas radušās kimberlīta kausējumā (veidojas matēti, ieapaļi kristāli ar reliktām spīdīgām skaldnēm), un uz dažu kristāliņu virsmas ir sastopamas daudzas spīdīgas skaldnītes. Hromšpineļu oktaedriskie kristāli un ksenomorfās formas var būt raksturīgas arī hromšpineļiem, kuru izcelsme nav saistīta ar kimberlītiem.

Kimberlīta hromšpineļu ķīmiskais sastāvs veido magmatisko trendu, tomēr  $Fe^{3+}$  komponenta saturs tajos parasti nav augsts un reti pārsniedz 30%. Tas ir daudz zemāk nekā bāzisko magmatisko iežu sērijās. Tomēr tā satura palielināšanās notiek uz hroma rēķina, bet alumīnija saturs gandrīz nemainās vai mazliet samazinās. Hromšpineļu raksturīgākā īpašība ir augsts titāna saturs – līdz 11,7 masas %  $TiO_2$  (Chernisheva, 1989). Līdzīgs titāna saturs ir hromšpineļiem sārmaini–ultrabāziskajās formācijās, ievērojami augstāks nekā normālas sārmainības iežos. Tomēr kimberlītos sastop arī hromšpineļus ar zemu titāna saturu, kas nav raksturīgi sārmaini–ultrabāziskajām formācijām. Parasti vienā kimberlīta diatrēmā sastop dažāda ķīmiskā sastāva hromšpineļus.

Dimanta asociācijas hromšpineļi ir tie, kas parasti veido iekļāvumus dimanta kristālos, un tos sastop pat biežāk nekā citu nozīmīgu dimanta indikatorminerālu – piropu. Hromšpineļu kimberlītu diatrēmās ir ievērojami mazāk nekā piropu, tāpēc hromšpineļus no dimantiem atrod biežāk nekā piropus no dimantiem. Dimantu asociācijas hromšpineļiem ir daudz tipoķīmisko īpatnību. Pirmkārt, augsts  $Cr_2O_3$  (vairāk nekā 62 masas %) saturs, ja alumīnija saturs ir vidējs ( $Al_2O_3$  – 2–7 masas %). Citu ģeoloģisko formāciju hromšpineļiem ar augstu hroma saturu ir ievērojami lielāks vai zemāks alumīnija saturs. Otrkārt – dimantu asociācijas hromšpineļu magnezialitāte parasti ir 0,5–0,7 mol. % robežās, bet var būt arī augstāka. Titāna un trīsvertīgās dzelzs saturs parasti ir zems.

## Materiāls un metodes

Pasaulē hromšpineļu minerālu grupa tiek uzskatīta par vienu no nozīmīgākajām dimantsaturošu iežu – kimberlītu atklāšanā un diagnostikā. Hromšpineļu minerālu grupas pētniecības pieredze Latvijā ir diezgan ilga, jo tie tika pētīti kā dimanta indikatorminerāli dimantsaturošu iežu meklēšanas darbos. Šos darbus 20. gs. 80. un 90. gados sāka Centrālā zinātniski pētnieciskā krāsaino un dārgmetālu ģeoloģiskās izpētes institūta (CNIGRI) pētnieki J. Krivopalova vadībā (Krivopalov et al., 1987; 1988), bet pēc tam turpināja LU Ģeoloģijas institūta līdzstrādnieki: devona iežos – V. Sorokina vadībā (1990–1995), kvartāra iežos – A. Savvaitova vadībā (1995–2000), pēc 2000. gada – raksta autoru vadībā (sk. 1. att. šā krājuma rakstā: Hodireva u. c. Granātu grupas minerāli kā kimberlīta minerālu asociācijas galvenie indikatori Latvijas terīgēnajos iežos).

Hromšpineļi Latvijā ir pētīti daudzos apvidos un dažādās ģeoloģiskā griezuma daļās. Šādos detalizētos pētījumos tika noteikts iežu minerālais sastāvs, smago minerālu tipomorfās iezīmes, īpašu uzmanību veltot kimberlīta minerālu asociācijas izdalīšanai.

Dažādos laikos ievāktie paraugi bija atšķirīgi – no dažiem simtiem gramu līdz pat 1 m<sup>3</sup> ieža. Lai būtu iespēja salīdzināt un unificēt visu pieejamo mineraloģisko analīžu kvantitatīvos datus, hromšpineļu saturs tika pārrēķināts vienādām ieža apjoma vienībām (*Harkiv, 1978*). Ievākto paraugu apstrādes metodika ir līdzīga: smago minerālu frakcijas bagātināšana ūdens vidē, izmantojot speciālas skalotnes vai mehāniskas ierīces (vītņu separatoru, fracionēšanas galdu). Tikai nedaudz gadījumos bija iespēja ievākt paraugus no dabīgā minerālu koncentrāta (mūsdienu pludmales kļiedņos vai no kļiedņiem devona vecuma iežos). Pēc tam paraugus sijāja un no informatīvākās granulometriskās frakcijas (0,25–0,1 mm) bromoformā nodalīja smagos minerālus, veicot arī magnētisko un elektromagnētisko separāciju. Visus nodalītos smagos minerālus pētīja binokulārajā mikroskopā. Visos Latvijas paraugos tika konstatēts, ka hromšpineļi sastopami tikai elektromagnētiskajā frakcijā. Šīs frakcijas apjoms daudzos paraugos bija lielāks, nekā nepieciešams hromšpineļu pētniecībai, tāpēc no tās tika atdalīts atsevišķs iesvars (daži grami smago minerālu koncentrāta).

Hromšpineļi ir samērā grūti diagnosticējami, īpaši, ja smago minerālu frakcijā ir daudz citu melno, praktiski necaurspīdīgo minerālu – ilmenīta, magnetīta, turmalīna – kā tas ir Latvijas terīgēnajos iežos. Hromšpineļus no citiem minerāliem ir vieglāk atšķirt, ja tiem ir izteikts kristaloģrāfiskais apveids – oktaedriski kristāli. Jāatzīst, ka neregulāras formas hromšpineļi paraugos parasti netiek identificēti. Hromšpineļu graudi tika pētīti skenējošajā elektronu mikroskopā (SEM) *Jeol JSM840A*, turklāt 119 graudiem tika veiktas analīzes ar mikroparauga analizatoru (*energy dispersive spectrometer* – EDS). Pašlaik jau izveidotas vairāku desmitu graudu elektronmikrogrāfiju fototabulas, kur apkopots materiāls no dažādiem Latvijas apvidiem un ģeoloģiskā griezuma dažādām daļām.

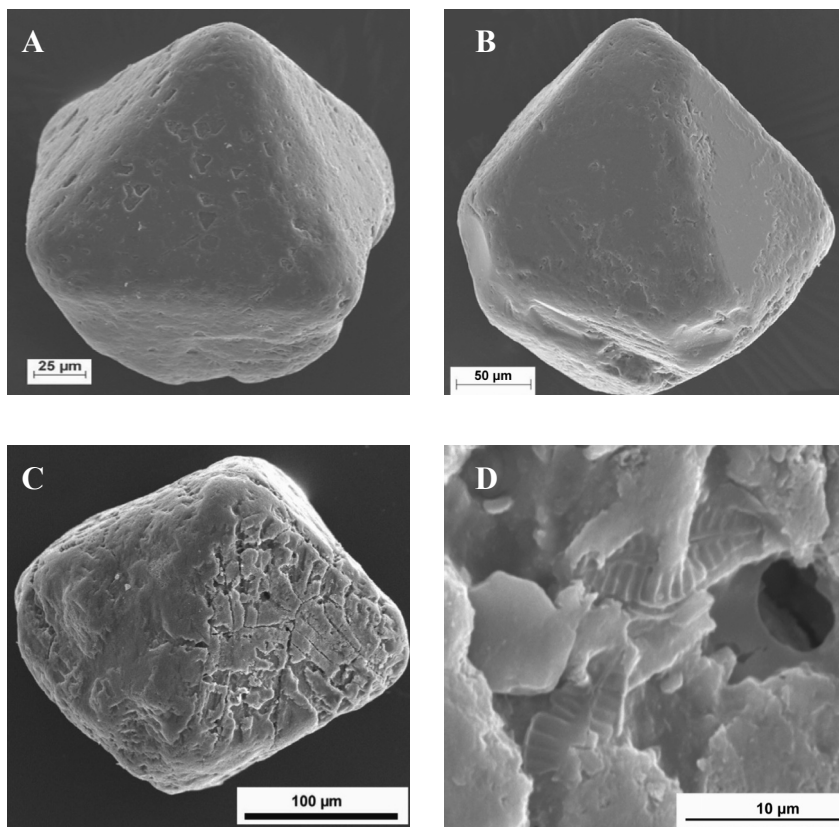
Hromšpineļi Latvijas terīgēnajos nogulumos ir konstatēti un pētīti devona Arukilas, Burtņieku, Gaujas, Amatas, Pļaviņu, Ogres, Ketleru, Šķerveļa svītas nogulumos un kvartāra alūvijā, un pludmales kļiedņos. Arukilas svīta paraugota atsegumos, kas atrodas Kurzemes ziemeļos, Burtņieku – Abavas lejteces atsegumos, Gaujas un arī Burtņieku svītas nogulumu – Vidzemē. Ogres (atsegumi pie Abavas upes), Ketleru un Šķerveļa (atsegumi pie Ventas, Cieceres un Paksītes upes) svīta pētīta tajos Kurzemes apvidos, kur tika konstatēta arī ievērojama piropa (nozīmīgākā kimberlīta minerālu asociācijas minerāla) koncentrācija (Sorokins u. c., 1993, 1995). Alūvija hromšpineļi pētīti gandrīz visas Baltijas teritorijā (*Krivopalov et al., 1987, 1991, 1992*), detalizētāk – Centrāl Kurzemē (*Krivopalov et al., 1987, 1991*) un Vidzemes centrālajā un ziemeļu daļā (*Krivopalov et al., 1992, Savvaitovs u. c., 2000; Hodireva, Korpečkovs, 2003*). Tie pētīti arī Baltijas jūras un Rīgas līča (nepublicēti pārskati: Savvaitovs u. c., 1997, 1998, 1999, 2000; Hodireva, Korpečkovs, 2003) un Rāznas ezera pludmales kļiedņos. Tiek minēti hromšpineļu atradumi arī Amatas un Pļaviņu svītas iežos (urbumu serdēs), tomēr detalizētāk tie nav pētīti (*Krivopalov et al., 1991*).

## Rezultāti

Devona terīgēnās slāņkopas parasti satur dažus graudus hromšpineļu 3–5 gramos smago minerālu frakcijas, turklāt to daudzums dažādos paraugos ir ļoti atšķirīgs (līdz pat 10 reizēm). Tas praktiski nav atkarīgs no stratigrāfiskā līmeņa. Vienīgais izņēmums ir paaugstinātais hromšpineļu saturs Amatas svītas nogulumos Kurzemē, urbumā I-Pakšite (*Krivopalov et al.*, 1991). Hromšpineļu saturs tāpat nav atkarīgs no kimberlītu indikatorminerālu – piropu satura: līdzīgs hromšpineļu saturs konstatēts gan slāņos, kur piropu nav vai tie ir nelielos daudzumos (Arukilas, Burtnieku, Gaujas, Šķerveļa svīta), gan slāņos ar anomāli augstu piropa koncentrāciju (starpkolektori Ogres un Ketleru svītu nogulumos). Hromšpineļu koncentrācija pludmales klieņos parasti ir mazliet zemāka nekā devona nogulumos (1–10 graudi 20–30 gramos smagās frakcijas). Rīgas līča pludmales klieņos hromšpineļu ir mazliet vairāk nekā Baltijas jūras pludmales klieņos, tomēr šis secinājums nopietni jāpārbauda, jo datu rinda ir jāpapildina. Visvairāk hromšpineļu konstatēts upju alūvijā. Piemēram, Vidzemē to saturs sasniedz desmitus un simtus (100–200) graudu 30–40 gramos smagās frakcijas. Iespējams, ka tāda bagātināšanās saistīta ar mūsdienu alūvija īpatnībām – nogulu nelielo brieduma pakāpi, salīdzinot ar devona nogulumiem, un daudz smalkgraudainākām nogulām, salīdzinot ar pludmales klieņiem, kā arī mazāku alūvija šķirojuma pakāpi, salīdzinot ar pludmales klieņiem.

Latvijā hromšpineļus parasti sastop 0,25–0,1 mm granulometriskajā frakcijā. Graudu vidējais izmērs ir ap 0,15 mm. Retāk graudu izmēri ir mazāki par 0,1 mm, lai gan V. Sorokins (Sorokins u. c., 1993) pētījumā par Ketleru svītas nogulumiem uzsver to klātbūtni. Graudi, lielāki par 0,25 mm, sastopami ārkārtīgi reti. Graudu krāsa ir melna, plānas lauskas un gabaliņi – caurspīdīgi sarkanbrūni. Graudu forma lielākoties ir oktaedriska (iespējams, ka neregulāras formas graudi šlihā netika atpazīti). Oktaedri parasti ir dažādās pakāpēs nogludināti, īpaši devona nogulumos.

Var izdalīt vairākus graudu virsmas tipus jeb mikroreljefu (1. att.). Reizēm vērojamas gludas, it kā viļņainas virsmas, kuras, iespējams, ir magmatiskas izcelsmes un veidojušās, graudiem apkūstot efuzīvo iežu, tostarp kimberlītu, veidošanās procesā. Līdzīgas virsmas var veidoties, arī graudam noapaļojoties. Lielākoties visi hromšpineļu graudi ir pakļauti ķīmiskai korozijai. Visbiežāk ķīmiskā šķīšana uz oktaedru skaldnēm rada dziļas šķīšanas iedobes, kurām parasti ir trīsstūra forma (1. att. A un B). Samērā bieži veidojas arī sīkporaina, sīkavernoza virsma, kas vislabāk redzama uz oktaedra skaldnēm un šķautnēm. Reizēm uz hromšpineļu graudu virsmām rodas plaišņu tīkls, pa kuru notiek dziļa korodēšana, kam seko grauda lobīšanās (1. att. C un D). Tādus graudus atrod reti. Mehāniskās apstrādes pēdas graudiem novēro reti. Acīmredzot kristālu pārnēsē ūdens straumēs oktaedru šķautnes un virsotnes noapaļojas, bet skaldīšanās pēdas (subkvālo apstrādi) var novērot reti. Tā ir vāji izteikta un, iespējams, tāpēc nav pamanāma mikrofotogrāfijās. Ledāja darbības pēdas – lielus, paralēlus, pakāpienveida nošķēlumus – konstatē ļoti reti. Parasti devona hromšpineļi ir mazliet labāk noapaļoti nekā kvartāra hromšpineļi.

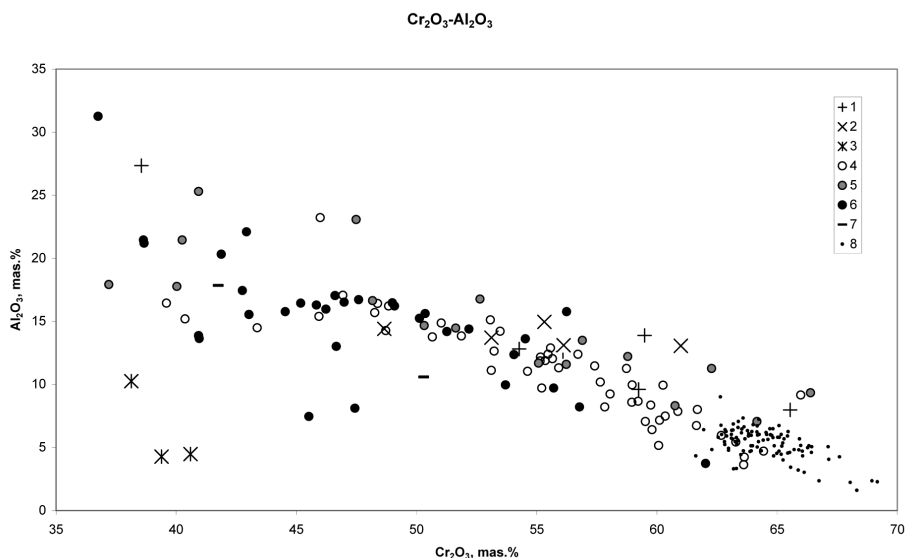


*1. att. Hromšpineļu graudi ar dažāda tipa virsmas mikroreljefu (graudu mikrogrāfijas) no pludmales nogulumiem Rīgas līča Kurzemes piekrastē – Ķesterciems (A), Engure (B) un Vidzemes (Vijas upes) alūvija (C; D – detalizēti lielākā palielinājumā)*

*Chromspinellide grains with different types of surface from beach deposits of the Gulf of Riga, Kurzeme – Ķesterciems (A), Engure (B), and Vidzeme (the river Vija) alluvial deposits (C and D – in detail) (grain micrographs)*

Pēc ķīmiskā sastāva gandrīz visus hromšpineļus var pieskaitīt pie paveida, kam raksturīgs zems titāna, bet vidējs un augsts hroma saturs. Pēc Sokolova klasifikācijas (Sokolov, 1948), vairums hromšpineļu pieder šādiem paveidiem – hromītiem un hrompikotītiem. No Latvijas teriģēnajos iežos atklātajiem hromšpineļiem trīs graudi (divi no Ketleru svītas, viens – Vidzemes alūvija) jāpieskaita ferihromītiem, divi (viens no Ketleru svītas, otrs – Rīgas līča Vidzemes piekrastes kļiedņa) – pie ferihrompikotītiem, un viens no Vidzemes alūvija ir pārejas forma no ferihromīta uz ferihrompikotītu. Pēc divvērtīgās dzelzs un magnija attiecības vairums hromšpineļu pieder magneziāli dzelzainajiem paveidiem. Pieci Vidzemes alūvija graudi un pa vienam graudam no Centrāl Kurzemes alūvija, no Gaujas un no Ketleru svītas iekļūst dzelzaino paveidu laukā, bet magneziālie hromšpineļa paveidi Latvijā pagaidām nav atrasti. Kopumā pētītajiem hromšpineļiem Cr komponenta daudzums (%) ir robežās

no 15,05 (parasti no 45) līdz 88,35, Al komponenta daudzums – no 7,52 līdz 81,76 (parasti līdz 45–50) masas %,  $\text{Fe}^{3+}$  komponenta daudzums – no 0 līdz 37,29 masas %. Titāna masas daļa mainās no 0 līdz 1,96 masas %  $\text{TiO}_2$ , bet kopumā dominē paveidi ar zemu titāna saturu – līdz 1 masas %. Galveno oksīdu un komponentu saturs Latvijas hromšpineļidos no dažādiem rajoniem un atšķirīgām ģeoloģiskā griezumā daļām redzams 2. un 3. attēlā un 1. tabulā.



**2. att. Latvijas terīgēno nogulumu hromšpineļu ķīmiskais sastāvs salīdzinājumā ar dimantu paraģenētiskās asociācijas hromšpineļu sastāvu.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  un  $\text{Al}_2\text{O}_3$  satura attiecība izteikta masas %**

Devona perioda terīgēno iežu hromšpineļi: 1 – Arukilas (atsegumi Kurzemes ziemeļos), Burtnieku (atsegumi Abavas lejtecē un pie Gaujas) un Gaujas (atsegumi pie Braslas un Gaujas) svītās; 2 – Ogres svītā (atsegumi Abavas upes ielejā); 3 – Ketleri svītā (atsegumi pie Ventas, Cieceres un Paksītes). Kvartāra nogulumu hromšpineļi: 4 – Kurzemes alūvijā un pludmales nogulumos (pie Staldzenes), 5 – Rīgas līča pludmales nogulumos (pie Ķesterciema, Engures, Buļļusalas, Ķurmraga un Ežurgām) un Zemgales alūvijā; 6 – Gaujas vidusteces kreisā krasta pieteku alūvijā Vidzemē; 7 – Rāznas ezera pludmales nogulumos Latgalē; 8 – dimantu paraģenētiskās asociācijas hromšpineļi (pēc literatūras datiem)

***Comparison of composition of chromspinelides from clastic sediments of Latvia and chromspinelides of diamond paragenesis. Ratio of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is in weight percents (wt. %)***

*Chromspinelides of Devonian siliciclastic rocks: 1 – Arukila (outcrops in North Kurzeme), Burtnieki (outcrops on the rivers Abava and Gauja), and Gauja (outcrops on the rivers Brasla and Gauja) formation; 2 – Ogre formation (outcrops on the river Abava); 3 – Ketleri formation (outcrops on the rivers Venta, Ciecere, and Paksīte); chromspinelides of Quaternary deposits: 4 – Kurzeme alluvium and beach deposits (near Staldzene); 5 – the Gulf of Riga beach deposits (Ķesterciems, Engure, Buļļusala, Ķurmragas, Ežurgas) and Zemgale alluvium; 6 – Vidzeme alluvium (the river Gauja left bank tributaries); 7 – Lake Rāzna beach deposits in Latgale; 8 – chromspinelides of diamond paragenetic association (by publications)*

1. tabula

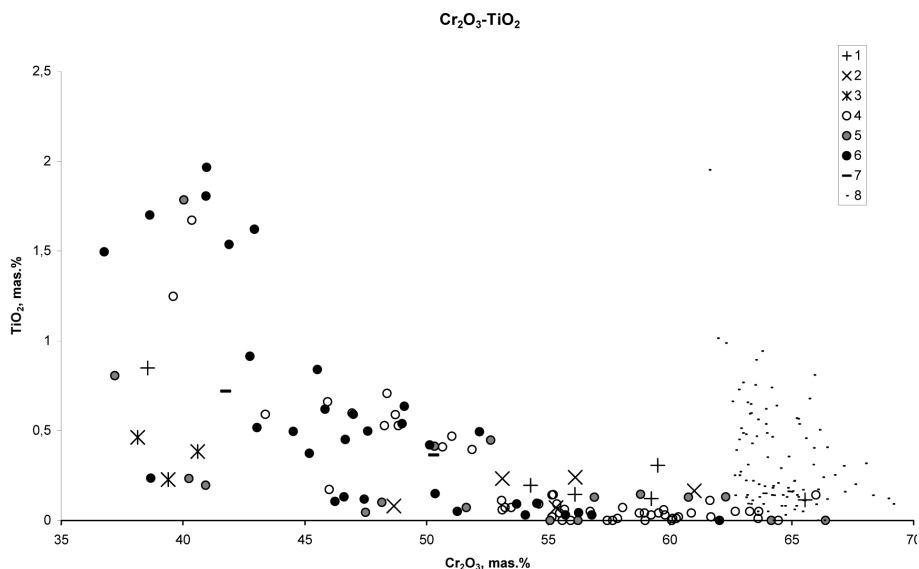
**Dažādu Latvijas reģionu devona teriģeno iezu un kvartāra nogulumu hromspineļu ķīmiskais sastāvs un komponentsastāvs**  
***Chemical and molecular composition of chromspinellides from Devonian siliciclastic rocks and Quaternary deposits of Latvia***

	Devona perioda teriģenajos iezos <i>In Devonian siliciclastic rocks</i>						Kvartāra perioda nogulumos <i>In Quaternary deposits</i>					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	n = 6	n = 5	n = 3	n = 1	n = 53	n = 12	n = 3	n = 2	n = 17	n = 15	n = 2	
intervāls <i>interval</i>	0,11–0,87	0,07–0,24	0,23–0,46		0–1,67	0,04–0,46	0,23–1,79	0,00–0,07	0–2,03	0,03–0,91	0,36–0,72	
vidējais <i>mean</i>	0,29	0,16	0,36	0,17	0,20	0,20 (n = 9)	0,94	0,04	0,79	0,36	0,54	
S	0,29	0,08	0,12		0,33	0,19	0,78	0,05	0,75	0,28	0,25	
intervāls <i>interval</i>	7,98–28,04	13,05–14,97	4,28–10,25		3,63–48,28	7,06–25,87	17,78–21,44	11,60–14,46	3,84–31,25	8,20–17,44	10,59–17,84	
vidējais <i>mean</i>	14,22	13,85	6,34	23,21	11,50	14,39	19,05	13,03	15,98	14,47	14,21	
S	7,14	0,83	3,39		6,24	5,74	2,07	2,02	6,38	3,00	5,13	
intervāls <i>interval</i>	39,54–65,54	48,66–60,99	38,14–40,60		13,24–65,99	41,88–66,39	37,23–40,25	51,64–56,23	36,76–63,86	42,76–56,79	41,75–50,29	
vidējais <i>mean</i>	55,95	54,84	39,38	46,00	54,90	56,12	39,18	53,93	46,43	49,80	46,02	
S	8,77	4,50	1,23		8,30	7,35	1,69	3,25	7,19	4,10	6,04	
intervāls <i>interval</i>	16,60–25,18	15,44–29,41	44,85–49,71		18,72–34,00	12,57–26,33	29,50–35,13	23,36–24,35	20,11–41,14	20,82–32,23	29,65–30,21	
vidējais <i>mean</i>	22,53	20,72	48,04	21,33	25,11	19,21	31,93	23,86	29,27	25,90	29,93	
S	3,21	5,24	2,76		3,17	3,63	2,89	0,70	6,01	3,21	0,40	
intervāls <i>interval</i>	0,17–1,24	0,38–0,61	0,58–0,60		0,18–1,15	0–0,58	0,21–0,71	0,51–0,52	0,05–0,71	0,07–0,52	0,45–0,54	
vidējais <i>mean</i>	0,46	0,49	0,59	0,21	0,50	0,28	0,43	0,52	0,39	0,39	0,49	
S	0,40	0,11	0,01		0,14	0,24	0,26	0,01	0,19	0,13	0,06	
intervāls <i>interval</i>	0,90–9,29	6,99–11,65	4,38–5,81		1,58–13,65	5,30–15,78	6,21–10,67	8,29–8,98	3,81–11,34	5,47–12,01	8,09–9,50	
vidējais <i>mean</i>	6,56	9,94	5,30	9,07	7,80	9,90	8,47	8,63	7,13	9,07	8,80	
S	3,23	1,80	0,80		2,18	3,08	2,23	0,48	2,76	2,38	1,00	

Cr	intervāls interval	48,62–84,64	63,59–75,82	51,37–56,48		15,05–88,35	50,96–84,55	48,10–52,34	66,57–73,68	44,11–88,09	54,50–76,55	53,58–66,68
	vidējais mean	72,37	69,96	53,94	57,08	72,77	71,42	50,65	70,12	60,95	64,67	60,13
Al	S	12,32	4,61	2,56		12,15	10,62	2,25	5,02	10,26	6,37	9,27
	intervāls interval	15,36–51,38	24,18–28,49	8,73–20,58		7,52–81,76	13,87–46,91	34,53–40,89	22,64–27,77	7,89–55,89	16,48–33,14	20,92–34,11
Fe <sup>3+</sup>	vidējais mean	27,08	26,38	12,88	42,92	22,29	26,98	36,68	25,21	30,85	27,88	27,52
	S	12,67	1,86	6,68		10,57	10,00	3,64	3,63	11,42	5,41	9,33
M	intervāls interval	0–3,14	0–8,34	28,05–37,29		0–16,58	0–6,48	7,60–17,37	3,68–5,66	0–20,76	5,23–12,36	12,31–12,40
	vidējais mean	0,55	3,66	33,18	0,00	4,94	1,60	12,67	4,67	8,19	7,45	12,35
M	S	1,27	3,56	4,71		3,67	2,13	4,90	1,40	6,71	1,77	0,06
	intervāls interval	0,063–0,502	0,350–0,564	0,231–0,304		0,086–0,636	0,297–0,712	0,304–0,489	0,419–0,444	0,212–0,514	0,271–0,563	0,405–0,454
M	vidējais mean	0,335	0,498	0,275	0,434	0,391	0,490	0,400	0,432	0,348	0,441	0,430
	S	0,159	0,085	0,039		0,095	0,123	0,093	0,018	0,116	0,103	0,034

1 – Arukīlas (atseģumi Kurzemes ziemeļos), Burtmieku (atseģumi Abavas lejteģē un pie Gauģas) un Gauģas (atseģumi pie Braslas un Gauģas) svītas; 2 – Oģres svīta (atseģumi Abavas upes ieteģā); 3 – Ketleru svīta (atseģumi pie Ventas, Cieceres un Pakšģte); 4 – Baltģjas jūras Kurzemes piekrastes pludmales nogulumi pie Staldzenes; 5 – Kurzemes alģģģ; 6 – Rģgas lģģa Kurzemes piekrastes pludmales nogulumi pie Ķesterģciema un Engures; 7 – Rģgas lģģa Vidzemes piekrastes pludmales nogulumi pie Buļģsalas, Ķurmrģga un Eģģģģģģ; 8 – Zemģales alģģģ; 9 – Gauģas kreisģ krasta pieteku alģģģģ Vidzemģ (Savvaitovs u. c., 2000; Korpeģkovs u. c., 2001); 10 – Gauģas vidusteces kreisģ krasta pieteku alģģģģ Vidzemģ (Krivopalov et al., 1987, 1992); 11 – Rģznas ezera pludmales nogulumi Latgalģ. Cr – Cr-komponents; Al – Al-komponents; Fe<sup>3+</sup> – Fe<sup>3+</sup>-komponents; M – magnģzģliģģģte – Mg/(Mģ+Fe<sup>2+</sup>); s =  $\sqrt{s^2}$ , kur n – analizģto graudu skaģts, x – oksģda saturs analizģ, x<sub>vid</sub> – oksģda vidģģģais saturs, s – vidģģģais kvadrģģģģskais

1 – Arukģla (outcrops in North Kurzeme), Burtmieki (outcrops on the rivers Abava and Gauģa), Gauģa (outcrops on the rivers Brasla and Gauģa) formation; 2 – Oģre formation (outcrops on the river Abava); 3 – Ketleri formation (outcrops on the rivers Venta, Ciecere, and Pakšģte); 4 – the Baltic Sea Kurzeme beach deposits (outcrop near Staldzene); 5 – Kurzeme alluvium; 6 – Gulf of Rģga Kurzeme beach deposits (Ķesterģciems, Engure); 7 – Gulf of Rģga Vidzeme beach deposits (Buļģsala, Ķurmrģgs, Eģģģģģģ); 8 – Zemģale alluvium; 9 – Vidzeme (the river Gauģa left bank tributaries) alluvium (Krivopalov et al., 1987, 1992); 10 – Lake Rģzna beach deposits in Latgale. Cr – Cr-component; Al – Al-component; Fe<sup>3+</sup> – Fe<sup>3+</sup>-component; M – magneticality – Mg/(Mģ+Fe<sup>2+</sup>); s =  $\sqrt{s^2}$ , where n – number of analyzed grains, x – content of oxide, x<sub>vid</sub> – mean content, s – quadratic deviation



3. att. Latvijas terīgēno nogulumu hromšpineļu ķīmiskais sastāvs salīdzinājumā ar dimantu paraģenēzes (paraģenētiskās asociācijas) hromšpineļu sastāvu.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  un  $\text{TiO}_2$  satura attiecība dota masas %

Apzīmējumus sk. 2. att.

*Comparison of composition of chromspinelides from clastic sediments of Latvia and chromspinelides of diamond paragenesis. Ratio of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  and  $\text{TiO}_2$  in weight percents (wt. %). Legends: see Fig. 2*

No apkopotajiem datiem redzams, ka Arukilas, Burtnieku un Gaujas svītas hromšpineļiem raksturīgs zems trīsvērtīgās dzelzs saturs un salīdzinoši zems magnija saturs. Ogres svītas hromšpineļi ir līdzīgi, tomēr trīsvērtīgās dzelzs un arī magnija saturs ir mazliet augstāks. Ketleru svītas hromšpineļi krasi atšķiras gan no citiem devona, gan kvartāra hromšpineļiem ar augstu divvērtīgās un trīsvērtīgās dzelzs saturu, savukārt relatīvi zemu magnija, alumīnija un hroma saturu. Kurzemes un Zemgales kvartāra hromšpineļi ir līdzīgi, kopumā tiem raksturīgs zems trīsvērtīgās dzelzs saturs, bet augsts hroma saturs un nedaudz paaugstināts trīsvērtīgās dzelzs saturs, bet salīdzinoši zems hroma saturs. Paveidam ar zemu hroma saturu raksturīga arī paaugstināta magnezialitāte. Nedaudz atšķirīgi ir Rīgas līča Kurzemes piekrastes hromšpineļi, kuriem ir lielas alumīnija un hroma satura svārstības, un tie izceļas ar zemu trīsvērtīgās dzelzs saturu un nemainīgu magnezialitāti. Vidzemes un Latgales hromšpineļi, salīdzinot ar Kurzemes alūvija hromšpineļiem, ir ar zemāku hroma un augstāku titāna un trīsvērtīgās dzelzs saturu, kā arī atšķiras ar lielām galveno elementu sastāva variācijām (sk. 1. tab.).

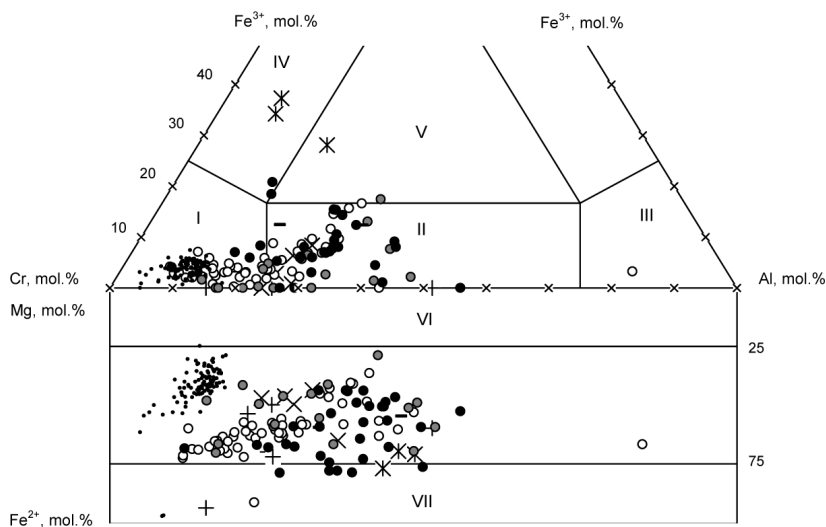


## Diskusija

Pētījuma gaitā secināts, ka Latvijas terīgēno nogulumu hromšpineļus pēc ķīmiskā sastāva var iedalīt trīs grupās. Pirmajai grupai pieder Ketleru svītas hromšpineļi, kuri izceļas ar augstu dzelzainību. Otrajā grupā var apvienot visus alūvija un daļēji pludmales kļiedņu hromšpineļus, kuriem raksturīgs zems trīsvērtīgās dzelzs saturs, bet augsts hroma saturs un paaugstināts trīsvērtīgās dzelzs saturs pie zema hroma satura un izteikti negatīvu korelāciju starp hroma un magnija saturu. Trešajai grupai atbilst Rīgas līča Kurzemes piekrastes hromšpineļi, kuriem ir ievērojamas alumīnija un hroma satura svārstības, un tie izceļas ar zemu trīsvērtīgās dzelzs saturu un nemainīgu magnezialitāti. Iespējams, šai grupai pieder arī Arukilas, Burtnieku un Gaujas svītas hromšpineļi. Ogres svītas hromšpineļus var pieskaitīt otrai grupai, kaut gan nelielais paraugu apjoms neļauj droši noteikt devona hromšpineļu piederību kādai no definētajām grupām. Hromšpineļu otrās un trešās grupas atšķirības nav krasi izteiktas, un pat elektronu mikrozonas analīzes kvalitāte un precizitāte var ietekmēt konkrēto iedalījumu.

Pirmās divas konstatētās hromšpineļu grupas atbilst magmatiskajam hromšpineļu attīstības trendam, un acīmredzot tiem ir magmatiska izcelsme. Trešās grupas hromšpineļi, visticamāk, ir iedalāmi temperatūras (dunītu) trendā, tātad uzskatāmi par metamorfajiem hromšpineļiem. To cilmiezis var būt Baltijas vairoga ofiolītu kompleksa iežu joslas. Magmatisko hromšpineļu cilmiezis varētu būt šā paša reģiona dažādi magmatiskie ieži, uzsverot arī vietējos cilmiežus, tostarp kimberlītus. Ar diezgan lielu pārliecību par kimberlīta hromšpineļiem var uzskatīt Ketleru svītas hromšpineļus, kas pēc ķīmiskā sastāva nav analogi citu stratigrāfisko līmeņu Latvijā sastopamajiem hromšpineļiem. Tos sastop anomālajās zonās, kas saskan ar pirovu koncentrācijas nogabaliem. Īpašības, kas šos hromšpineļus atšķir no citiem (piemēram, no kvartāra nogulumos esošajiem), pirmkārt, ir to salīdzinoši mazie izmēri (lielākoties 0,1 mm frakcija) (Sorokins u. c., 1993), otrkārt, augstais dzelzs saturs.

Ja Ketleru svītas hromšpineļi tiešām ir no kimberlītiem, tad par šo iežu īpatnību jāuzskata zemais titāna saturs (sk. 1. tab.). Šis secinājums pagaidām gan ir balstīts tikai uz trīs analīžu rezultātiem. Tāpēc turpmākos pētījumos tas būtu jāprecizē un jāpapildina. Otrs nozīmīgs faktors ir zemais hromšpineļu vidējais saturs šajos cilmiežos (ievērojami zemāks nekā pirovu saturs tajos, kas atšķir iespējamās Latvijas kimberlītus no cilmvietas Arhangeļskas, bet pietuvina Jakutijas kimberlītiem). Kvartāra un arī Ogres svītas hromšpineļu kimberlītu izcelsmi varētu prognozēt, kaut gan hromšpineļi ar augstu titāna saturu ( $\text{TiO}_2$  saturs lielāks nekā 2 masas %), kas raksturīgi kimberlītu hromšpineļiem, šo svītu nogulumos līdz šim nav atrasti. Tomēr faktu, ka pagaidām nav atrasti hromšpineļi ar augstu titāna saturu, nevar uzskatīt par argumentu, ka šiem hromšpineļiem nav kimberlītu izcelsmes, jo kimberlītu diatrēmās tikai neliela daļa, parasti tikai daži procenti no kopējā daudzuma, hromšpineļu ir ar augstu titāna saturu. Daļai hromšpineļu kā arguments par labu kimberlītu ģenēzei kalpo tas, ka tie iekļaujas dimantu asociācijas laukā (4. att.). Graudi, kuriem hroma un alumīnija satura attiecība ir līdzīga kā dimanta asociācijas minerāliem, atrasti Rīgas līča Kurzemes piekrastes pludmales kļiedņos (viens grauds), Kurzemes alūvijā (pieci graudi) un Vidzemē (viens grauds). Tiesa, tie ir mazāk magnezīāli, nekā parasti ir dimantu asociācijas hromšpineļi.



4. att. Latvijas terigēno nogulumu hromšpineļu ķīmiskais sastāvs salīdzinājumā ar dimantu paraģenēzes (paraģenētiskās asociācijas) hromšpineļu sastāvu. Klasifikācijas diagramma (dati no Sokolov, 1948)

Apzīmējumus sk. 2. att. Diagrammas lauki: I – hromīti, II – hrompikotīti, III – pikotīti, IV – ferihromīti, V – ferihrompikotīti un attiecīgi: VI – magnēziālie, VII – ferro jeb dzelzainie

*Comparison of composition of chromspinelides from clastic sediments of Latvia and chromspinelides of diamond paragenesis. Classification diagram (data by Sokolov, 1948).*

*Legends: see Fig. 2. Fields of diagram: I – chromites, II – chrompicotites, III – picotites, IV – ferrichromites, V – ferrichrompicotites, and, correspondingly: VI – magnesian, VII – ferro-*

Kā eksotisku un interesantu atklājumu var minēt graudu, kurš atrasts Gaujas svītas smilšakmeņos – tas ir hromšpinelīds ar augstu hroma saturu ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – 64,87 masas %) un īpaši zemu magnija saturu ( $\text{MgO}$  – 0,90 masas %;  $\text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}$  – 0,063 mol.%). Hromšpineļi ar tādu sastāvu ārkārtīgi reti sastopami Zemes garozā, bet parasti ir meteorītos. Varētu uzskatīt, ka šim graudam ir kosmiska izcelsme. Iepriekš teiktā zināmā mērā varētu attiekties arī uz Kurzemes alūvijā atrasto graudu, kur  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  saturs ir 53,80 masas % un  $\text{MgO}$  – 1,12 masas %;  $\text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}$  – 0,086 mol.%. Tādi graudi (ar nedaudz zemāku hroma saturu) reizēm sastopami reģionālā metamorfisma (apakšējās un vidējās dziļuma fācijas) rezultātā pārveidotos iežos (Chernisheva, 1989), kaut gan šādu hromšpineļu kosmiskā izcelsme ir iespējamāka.

## Secinājumi

Latvijas hromšpineļu pētījumu gaitā noskaidrots, ka tie ir poliģenētiski. Lai gan ir konstatēti hromšpineļi, kas līdzīgi kimberlītu hromšpineļiem, tomēr daļa šo minerālu jāuzskata par fona minerāliem Latvijas terigēnajos iežos. Domājams, ka ievērojama daļa no pētītajiem ir Baltijas vairoga hromšpineļi. Fona un vietējo, iespējams,

kimberlītu izcelsmes hromšpineļu kvantitatīvās attiecības vēl ir neskaidras. Ja rastos iespēja veikt vēl papildus minerāla ķīmiskā sastāva analīzes (elektronu mikrozondes) un pielietot statistiskās metodes iegūto rezultātu apstrādei, varētu tikt precizēta fona un vietējo hromšpineļu attiecība, īpašu uzmanību veltot hromšpineļiem ar augstu titāna saturu.

Piropi un hromšpineļi ir izplatītākie un šobrīd detalizētāk izpētītie kimberlītu asociācijas minerāli Latvijas teritorijā. Ļoti nedaudz te konstatēti arī citi kimberlītu asociācijas minerāli – pikroilmenīti, magneziālie olivīni un hromdiopsīdi. Tie vēl ir maz pētīti, tomēr arī norāda uz kimberlītu iespējamo izplatību Latvijā.

## Pateicības

Pētījums veikts ar Latvijas Zinātnes padomes finansiālu atbalstu zinātnisko projektu 01.0095 (2001–2003) un 04.1298 (2004–2007) gaitā. Autori izsaka pateicību Dr. ģeol. Aleksandram Savvaitovam un ģeoloģei Ņinai Samburgai par padomēm, ierosinājumiem un kopējiem pētījumiem, kā arī autoriem, kuru dati ir izmantoti rakstā – V. Sorokinam un J. Krivopalovam. Elektronu mikrozondes analīzes un graudu virsmas mikrogrāfijas tika veiktas Tallinas Tehniskās universitātes Materiālu pētīšanas centrā ar Dr. Valdeka Mikli aktīvu dalību.

## Izmantotie informācijas avoti

- Barnes, S. J., Roeder, P. L. (2001) The Range of Spinel Compositions in Terrestrial Mafic and Ultramafic Rocks. *Journal of Petrology*, 42 (12): 2279–2302.
- Bullen, T., Dick, H. J. B. (1984) Chromian Spinel as a Petrogenetic Indicator in Abyssal and Alpine-Type Peridotites and Spatially Associated Lavas. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 86: 54–76.
- Chernisheva, L. V. (ed.) (1989) Tipomorfism mineralov (*Typomorphism of Minerals*). The directory. Moscow : Nedra. 559 p. (in Russian)
- Harkiv, D. (1978) Mineralogicheskiye osnovi poiskov almaznih mestorozhdenij (*Mineralogical Bases of Prospecting of Diamond Deposits*). Moscow : Nedra. 136 p. (in Russian)
- Hodireva, V., Korpečkovs, D., Samburga, Ņ., Savvaitovs, A. (2002) Kimberlītu minerālu asociācija aluviālajos nogulumos centrālajā Vidzemē. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 60. zinātniskās konferences tēzes*. Rīga, 150.–153. lpp.
- Hodireva, V., Korpečkovs, D., Samburga, Ņ., Savvaitovs, A. (2003) Sources of Kimberlitic Minerals in Clastic Sediments of Latvia and Some Problems in the Succession of Formation of Supposed Kimberlite. *Geologija*. Vilnius, 42: 3–8.
- Ilupin, I. P. (1978) Metodi diagnostiki mineralov-sputnikov almaza (Diagnostic Methods of Diamond Indicator Minerals). Moscow : CNIGRI. 38 p. (in Russian)
- Irvine, T. N. (1965) Chromian Spinel as a Petrogenetic Indicator. Part 1. Theory. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 2: 648–672.
- Irvine, T. N. (1967) Chromian Spinel as a Petrogenetic Indicator. Part 2. Petrologic Applications. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 4: 71–103.
- Kamenetsky, V. S., Grawford, A. J., Meffre, S. (2001) Factors Controlling Chemistry of Magmatic Spinels: an Empirical Study of Associated Olivine, Cr-Spinel and Melt Inclusions from Primitive Rocks. *Journal of Petrology*, 42 (4): 655–671.

- Korpečkovs, D., Samburga, N., Savvaitovs, A., Hodireva, V. (2001) Hromšpinelīdi Latvijas teriģēnajos nogulumos. *LU 59. zinātniskās konferences tēzes*. Rīga, 86.–89. lpp.
- Korpechkov, D., Hodireva, V., Savvaitov, A. (2005) Minerals of the Kimberlitic Assemblage in Terrigenous Sediments of Latvia and Perspectives of Its Diamond Potential. *Lithology and Mineral Resources*, 40(6): 528–536.
- Macuk, S., Platonov, A., Polshin, E., Taran, M., Tatarincev, V., Badion, N., Vishnevskij, A., Safronov, A., Smirnov, G. (1989) Shpinelidi mantijnih porod (*Mantle's Rocks Spinelide*). Kiyev : Naukova dumka. 211 p. (in Russian)
- Plaksenko, A. (1989) Tipomorfizm aksesornih hromshpinelidov ultramafit-mafitovih magmaticskeh formacij (*Typomorphism of Accessory Chromspinelides in Ultra-Mafic and Mafic Magmatic Formations*). Voronezh : Publishing house of the Voronezh university. 221 p. (in Russian)
- Prihodko, V. (1980) Variacii sostavov hromshpinelidov i ih znachenije dlja petrologii ultrabazitov (Variations of Chromspinelide Composition and Their Value for Ultrabasics' Petrology). *Geologiya i geofizika*, 7: 67–74. (in Russian)
- Sack, R. O., Ghiorso, M. S. (1991) Chromian Spinel as Petrogenetic Indicators: Thermodynamics and Petrological Applications. *American Mineralogist*, 76: 827–847.
- Sokolov, G. (1948) Hromiti Urala, ih sostav, uslovija kristalizacii i zakonomernosti rasprostraneniya (*The Ural Mountains Chromites, Their Structure, Conditions of Crystallization and Law of Distribution*). Publishing House of Academy of Sciences of the USSR. 128 p. (in Russian)

## Nepublicētie materiāli

- Hodireva, V., Korpečkovs, D. (2003) Granātu grupas minerāli Latvijas teriģēnajā sedimentoģenēzē: zinātniskā projekta Nr. 448/01. 0095 izpildes pārskats. Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6088.
- Krivopalov, Y. U., Petrov, S. I. (1988) Sovershenstvovanije metodiki videlenija i zaverkialmazoperspektivnih objektov: otchet partij Nr. 6, 7 o rezultatah opitno-metodicheskikh rabot, provedennih v 1987–1988 g.g., listi O-34, 35. (Perfection of a Procedure of Emission and Authentication of Diamond's Perspective Objects: the Report of Parties 6, 7 about Results of the Methodical Works of 1987–1988, Sheets O-34, 35) Settlement Povarovka (2). Valsts Ģeoloģijas fonds, Nr. 10626 (in Russian).
- Krivopalov, Y. U. I., Tarakanov, L. V., Prusakova, N. A., Vladimirskaia, N. I., Anciferov, B. V., Shcherbakova, T. E. (1987) Oпитно-методические шлито-геохимические работы по региональной оценке перспектив и виделенiju локальных плшхчадеи длja поисков месторождений алмазов в пределах северо-западной части Русской платформы (Experimental Methodical Mineralogical-Geochemical Studies for Regional Assessment of Prospects and Identification of the Local Areas to Search Deposits of Diamonds at the Northwest Part of Russian Platform. Settlement Povarovka. Valsts Ģeoloģijas fonds, Nr. 10563 (in Russian).
- Krivopalov, J., Vladimirskaia, N., Murnieks, A., Baulin, L., Pobedinskij, A. (1991) Regionalnaja ocenka Valmierskoj i Centralnokurzemskoj perspektivnih plshchadej na produktivnije kimberliti (masshtaba 1:200000 i 1:100000). Promezhutochnij otchet Limbazhskoj KGRE i partii Nr. 7 KoME za period 1989–1990 g. (Regional Assessment of Prospective Territories of Valmiera and Central Kurzeme on Productive Kimberlites (Scale 1:200 000 and 1:100 000). Preliminary report on works 1989–1990). Rīga, Valsts Ģeoloģijas fonds, Nr. 10812.

- Krivopalov, J., Vladimirskaia, N., Murnieks, A., Kopitin, A. (1992) Regionalnaja ocenka Valmieriskoj i Centralnokurzemskej perspektivnih ploshchadej na produktivnije kimberliti (masshtaba 1:200000 i 1:100000). Otchot o rabotah 1989–1990 (Regional Assessment of Prospective Territories of Valmiera and Central Kurzeme on Productive Kimberlites (Scale 1:200 000 and 1:100 000). Report on works 1989–1990). Rīga, Valsts Ģeoloģijas fonds, Nr. 10812.
- Savvaitovs, A., Veinbergs, I., Samburga, Ņ., Nulle, U., Hodireva, V., Stinkulis, Ģ. (1997) Dimanta pavadoņminerāli Latvijas pludmales smago minerālu kļiedņos: starpatskaite par 951. tēmas nodaļu. Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6081.
- Savvaitovs, A., Veinbergs, I., Samburga, Ņ., Hodireva, V. (1998) Dimanta pavadoņminerāli un kimberlīta minerālu asociācija Latvijas pludmales smago minerālu kļiedņos: starpatskaite par 951. tēmas nodaļu. Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6082.
- Savvaitovs, A., Veinbergs, I., Samburga, Ņ., Hodireva, V. (1999) Dimanta pavadoņminerāli Latvijas pludmales kļiedņos. Pamatojums to iespējamai saistībai ar kimberlītu asociācijām. Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6083.
- Savvaitovs, A., Veinbergs, I., Samburga, Ņ., Nulle, U., Hodireva, V., Korpečkovs, D. (2000) Dimanta pavadoņminerāli Latvijas pludmales kļiedņos un aluviālos nogulumos Vidzemē. Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6087.
- Sorokins, V., Samburga, Ņ., Savvaitova, L., Samburģs, A., Birķis, A. (1993) Dimanta asociācijas kļiedņu minerālu kolektoru noskaidrošana un izvērtēšana Kurzemes augšējā un vidusdevona griezumos (Cieceres, Ventas un Abavas objektos). Ketleru un Ogres dimantu asociācijas minerālu kolektori Kurzemē: līgumdarba Nr. 1339 atskaite (1). Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6052.
- Sorokins, V., Samburga, Ņ., Birķis, A. (1995) Dimanta asociācijas kļiedņu minerālu kolektoru noskaidrošana un izvērtēšana Kurzemes augšējā un vidusdevona griezumos. Burtnieku–Gaujas svītu fona un dimantu asociācijas kļiedņu minerālu izpēte objektā Abava (Iejece): līgumdarba Nr. 1339 atskaite (2). Rīga, LU Ģeoloģijas institūta fondi, Nr. 6089.

## Summary

*The article deals with occurrence of chromspinel in siliciclastic sediments of Latvia. The typomorphism of this mineral was studied: both its chemical composition and the shape of grains. Comparing the previous research on chromspinel with the obtained results, there is evidence that the grains are polygenetic. We could also conclude that the same grains have been forming in kimberlites. Thus, chromspinel might be considered to be satellites of diamonds.*

*Part of the investigated chromspinel has properties common to kimberlite chromspinel of local origin. However, another part of these minerals should be considered to be background minerals of siliciclastic sediments. We supposed that a significant part of these minerals are transported from Fenoscandia. The proportion of background and local, probably kimberlite, chromspinel is not clear yet. Clearer understanding of the proportion between local chromspinel and background chromspinel needs a more detailed analysis of chemical composition and additional statistical processing of these new data. In further studies, particular attention should be given to chromspinel with a high content of titanium.*

**Keywords:** Devonian sandstones, diamond indicator minerals, heavy minerals, kimberlites, mineral typomorphism, Quaternary sediments.

## Latvijas mūsdienu lēzeno jūras krastu dinamika *Dynamics of the Present-Day Flat Seashore of Latvia*

Aija Torklere

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte  
Raiņa bulvāris 19, Rīga, LV-1586  
E-pasts: [atorklere@fh-egerswalde.de](mailto:atorklere@fh-egerswalde.de)

Pētījumā izvērtēta Latvijas mūsdienu lēzeno jūras krastu virsūdens daļas (pludmales un priekškāpu joslas) dinamika 22 krasta iecirkņos ar kopējo garumu 78,3 km un izmantoti jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa dati par jūras krasta posmiem, kuros veikta virsūdens daļas instrumentālā uzmērīšana (stacionārā nivelēšana). Salīdzinot 1994. un 2003. gada lauka mērījumu apstrādes rezultātus, analizētas lēzeno krastu izmaiņas vidēji ilgā laikposmā (10 gadi). Krasta dinamikas analīzē izmantotas ģeogrāfiskās informācijas sistēmās balstītās analīzes metodes, kas lauka mērījumu apstrādes rezultātus ļauj interpretēt telpiski. Trīsdimensionālo krasta reljefa modeļu analīzē interpolēta sanešu materiāla bilance pa monitoringa stacijām  $m^3/m^2$ . Ar krasta līnijas metrācijas metodi raksturotas sanešu materiāla akumulācijas un pludmales platuma izmaiņas ik pa 100 m garkrasta virzienā.

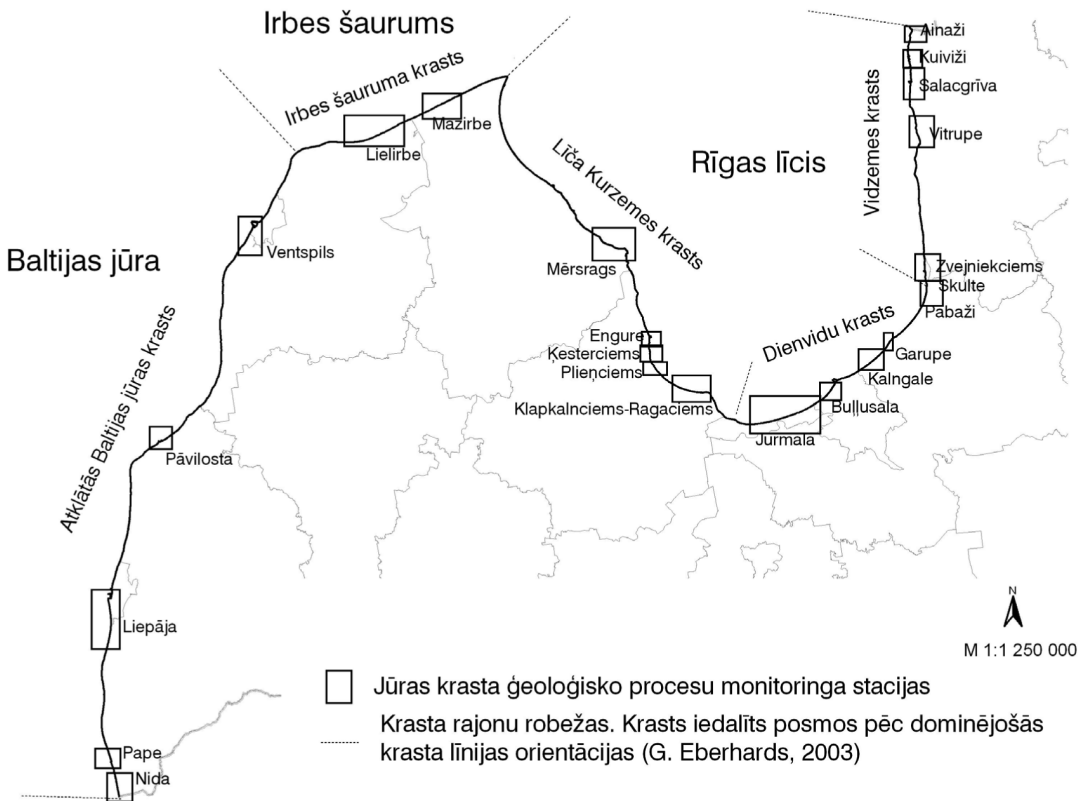
**Atslēgvārdi:** akumulācija, ģeogrāfiskās informācijas sistēmas, pludmales platums, mūsdienu lēzeno jūras krastu virsūdens daļa, sanešu materiāla bilance.

### Ievads

Pētījuma mērķis ir noskaidrot Latvijas mūsdienu lēzeno jūras krastu virsūdens daļas izmaiņas posmos ar smilšainām pludmalēm un priekškāpu joslu vidēji ilgā laikposmā (10 gadi). Latvijā pēdējo gadu publikācijās tiek norādīts uz tendencēm, kas liecina par būtiskām mūsdienu jūras krasta pārmaiņām tieši pēdējo desmitgažu laikā. Sākot ar 80. gadiem, visos Latvijas hidrometeoroloģiskajos posteņos vērojama gada vidējā jūras līmeņa celšanās tendence (Ulsts, 1998). Pēdējās desmitgadēs Latvijas krasta zonā krasi pieaugusi vētru izraisīto maksimālo ūdenslīmeņu atkārtojamība (Eberhards, Saltupe, 1993; Eberhards, 2003). Silto ziemu dēļ pēdējās divās desmitgadēs zemes sasalums ir bijis īslaicīgs. Tādējādi pie aktīvas vēju darbības un pastiprinātas viļņošanās pieaugusi jūras krastu pārveidošanas ģeoloģisko procesu intensitāte; arvien jaunus, agrāk stabilos krastu iecirkņos vētru laikā notikusi intensīva to noskalošana (Eberhards, Saltupe, 1993; Eberhards, 2003). Erozijas tipa krasta posmos pieauguši krastu noskalošanas tempi (Eberhards, Saltupe, 1996). Uz pastiprinātu jūras krastu eroziju pēdējās desmitgadēs tiek norādīts arī Igaunijā (Haapala, Lepparanta, 1997; Kont et al., 2007, Orviku et al., 2003) un Lietuvā (Olsauskas et al., 2002; Dubra, 2006). Pieaugošas stāvkrastu erozijas apstākļos, kas iezīmējas Latvijas piekrastē, ir būtiski noskaidrot, kādas izmaiņas notiek mūsdienu lēzeno jūras krastu posmos.

## Izpētes teritorijas raksturojums

Latvijas krasta līnijas kopgarums ir 497 km (Eberhards, 2003). Latvijas piekrastē plaši sastopami zemi, lēzeni krasti ar dažus desmitus metru platu smilšainu, vietām ar oļiem vai laukakmeņiem klātu, pludmali (Ulsts, 1998). Šajā pētījumā analizētas mūsdienu jūras krasta virsūdens daļas izmaiņas 22 krasta iecirkņos dažādos krasta rajonos (1. att.). Latvijas krasta joslā pēc dominējošās krasta līnijas orientācijas tiek izdalīti pieci krasta rajoni: atklātās Baltijas jūras krasts no Nidas līdz Ovišragam, Irbes šauruma krasts no Ovišraga līdz Kolkasragam, Rīgas līča Kurzemes krasts no Kolkasraga līdz Jūrmalai, līča Dienvidu krasts no Jūrmalas līdz Skultei un Vidzemes krasts no Skultes līdz Ainažiem. Krasta līnijas orientācija nosaka garkrasta sanešu pārvietošanos seklūdens zonā, kā arī dažāda virziena vēju izraisīto vētru iespējamo iedarbību uz krastu (Eberhards, 2003; Eberhards, Purgalis, 2008).



1. att. Jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa stacijas, kurās 1994. un 2003. gadā veikta stacionārā nivelēšana mūsdienu lēzeno jūras krastu virsūdens daļā

*Coastal stations where instrumental land survey of Latvian flat seashore was carried out as part of the Monitoring Programme of Seashore Geological Processes in 1994 and 2003*

Mūsdienu lēzeno jūras krastu virsūdens daļu veido maksimāli nedaudz virs 200 metru plata pludmales un priekškāpu josla starp jūras ūdenslīniju un pamatkrastu, kurā reljefs un nogulumi turpina veidoties mūsdienu krasta procesu darbības dēļ. Pretstatā stāvkrastiem lēzenos jūras krastus raksturo izstiepts, nolaidens krasta virsūdens daļas profils. Pēc morfoģenēzes lēzenos krastus galvenokārt veido kopš Litorīnas jūras un pēclitorīnas laikā veidojušies pieauguma (akumulatīvā) tipa krasti ar plašu pludmali un priekškāpu joslu un samērā vienveidīgu ģeoloģisko uzbūvi. Dominē smilšainie, bet dažos posmos arī smilts – grants – oļu krasti. Atsevišķos krasta posmos, kuros notiek epizodiska krasta erozija, raksturīgas šauras pludmales un priekškāpas ir vāji izveidotas vai noskalotas. Specifisks lēzeno krastu paveids ir randu krasts ar 100–250 m platu virspludmales terasi.

## Pētījuma materiāls un metodes

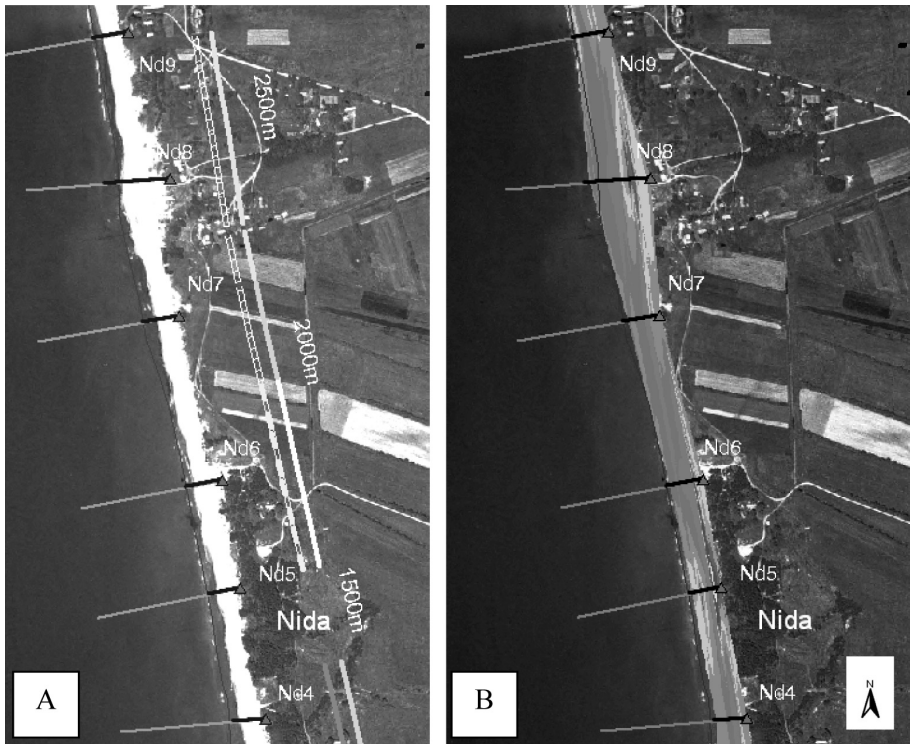
Pētījumā izmantoti Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Jūras krastu laboratorijas un IU “IGIS” jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa (JKĢPM) lauka mērījumu nepublicētie dati par krasta posmiem, kuros veikta atkārtota stacionārā nivelēšana. Lauka mērījumus veikusi Jūras krastu laboratorijas darba grupa profesora G. Eberharda vadībā pēc speciāli izstrādātas metodikas (Eberhards, Saltupe, 1993; Eberhards, Saltupe, 1999). JKĢPM darbības gaitā lēzenajos krasta posmos veikta atkārtota instrumentālā krasta zonas virsūdens daļas uzmērīšana pa stacionāru profilu līnijām (transektiem). Nivelēšanas gājiens veikts no stacionāriem profilu bāzes punktiem līdz jūras ūdenslīnijai, ietverot pludmali, priekškāpu joslu un vietām daļēji krasta kāpu vai virspludmales terases daļu.

Novērojumu rindu garums jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa stacijās bijis atšķirīgs. Pirmie mērījumi Rīgas līča krastā veikti jau 1987. gadā. Sākot ar 1992. gadu, mērījumi veikti arī atklātās Baltijas jūras krastos. Vidēji ilgā laika posmā notikušo krasta virsūdens daļas izmaiņu analīze veikta, salīdzinot 1994. un 2003. gada mērījumus. Lauka mērījumos iegūtie krasta šķērsprofili apstrādāti un analizēti, izmantojot ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (ĢIS). Datu apstrādē noteikts krasta augstums katrā šķērsprofila metrā un sanešu materiāla apjoms metru platā krasta šķērsgrīzumā (*ArcInfo Workstation* © *ESRI*). Sanešu materiāla apjoms aprēķināts līdz Baltijas augstumu sistēmas “0” atzīmei (Paršāne, Torklere, 2000; Torklere, 2001). Jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa lauka mērījumu apstrādes rezultātu telpiskā analīze veikta ar divām metodēm (2. att.). Viena no pielietotajām telpiskās analīzes metodēm bija lauka mērījumu apstrādes rezultātu sasaiste ar krasta līniju. Krasta līnija tika iedalīta 100 m garos nogriežņos un numurēta virzienā no Lietuvas līdz Igaunijas robežai. Izmantojot skriptu *Distance*, krasta līnijas nogriežņi tika savietoti ar tuvākiem stacionārās nivelēšanas profilu bāzes punktiem (maksimālais attālums 500 m) (*ArcView* © *ESRI*). No 166 krasta šķērsprofiliem šādi tika interpretēta informācija par sanešu materiāla apjoma un krasta platuma izmaiņām ik pa 100 m garkrasta virzienā, kopumā 78,3 km, tai skaitā 26,2 km atklātās Baltijas jūras krastā un 52,1 km Rīgas līča krastos.

Sanešu materiāla apjoma izmaiņas katrā krasta metrā pētītas, izmantojot digitālo augstuma modeļu analīzi. Ar *ArcView* paplašinājumiem *3D-Analyst* un



*Spatial Analyst* no lauka mērījumu apstrādes rezultātu punktveida datiem par krasta augstumu katrā mūsdienu krasta virsūdens daļas šķērsprofilā metrā tika interpolēti *TIN* (*Triangulated Irregular Networks*) un izveidoti krasta virsūdens daļas reljefa modeļi 1994. un 2003. gadā. Punktu skaits bija atkarīgs no attāluma starp profilu līnijām. Rekreatīvajā nozīmīgu smilšu pludmaļu iecirkņos ar pilsētu u. c. apdzīvoto vietu apbūvi un infrastruktūru krasta joslā, kā arī monitoringa stacijās abpus ošām attālums starp transektu līnijām bija 100 līdz 200 m. Pārējās stacijās attālumi bija ievērojami lielāki: no 200 līdz 1000 m. Ar paplašinājuma *Spatial Analyst* analīzes funkciju *Map calculator* veikta 1994. un 2003. gada krasta reljefa modeļu salīdzināšana. Analīzes rezultātā tika izveidots jauns informācijas slānis ar aprēķinātu akumulētā/noskalotā sanešu materiāla apjoma iedalījumu  $m^3/m^2$  pa krasta iecirkņiem (monitoringa stacijām). Pētījumā lietoti jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa staciju nosaukumi.



Monitoringa stacija Nida.

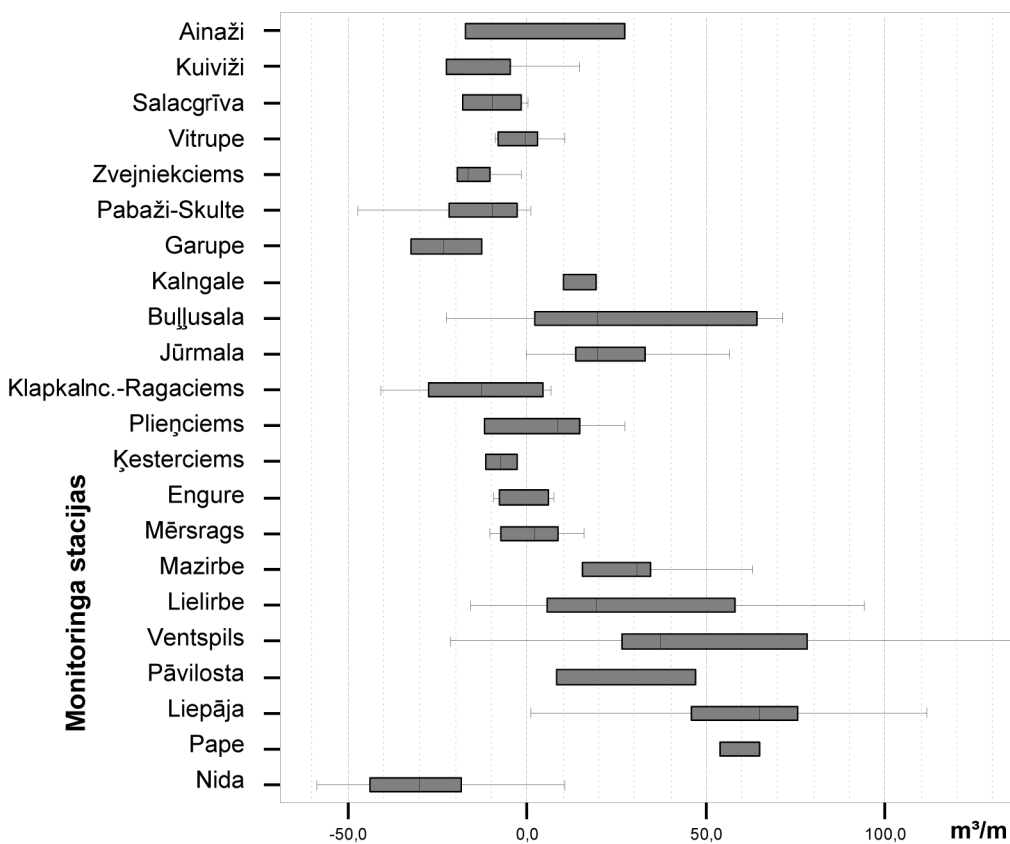
Kartes pamatne: ortofoto 1994. g. LR Valsts zemes dienests. M 1:10 000

2. att. Jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa lauka mērījumu apstrādes rezultātu telpiskās analīzes metožu piemērs monitoringa stacijā Nida: A – Krasta līnijas metrācija, B – Augstuma modeļu analīze

*Example of spatial analysis of coastal geological processes using field data from NIDA coastal station: A – footage of the seashore, B – elevation model of the seashore*

## Rezultāti

Sanešu materiāla apjoma izmaiņas laikā no 1994. līdz 2003. gadam Latvijas mūsdienu lēzeno jūras krastu virsūdens daļā dažādās monitoringa stacijās uzrāda ievērojamas lokālas atšķirības (3. att.). Sanešu materiāla apjoma izmaiņu intensitātes analīze liecina par plašu vājas akumulācijas izplatību apskatītajā laika periodā. 32% no analizētā krastu kopgaruma sanešu materiāla apjoms pieaudzis līdz 20 m<sup>3</sup>/m galvenokārt Rīgas līča Kurzemes un Dienvidu krasta monitoringa stacijās. Vidēja akumulācijas intensitāte (20 līdz 60 m<sup>3</sup>/m) konstatēta līča Dienvidu krasta dienvidu daļā un Irbes šauruma krastā. Intensīva akumulācija (akumulēti vairāk nekā 60 m<sup>3</sup>/m) novērota galvenokārt atklātās Baltijas jūras monitoringa stacijās un Rīgas līča Dienvidu krastā.



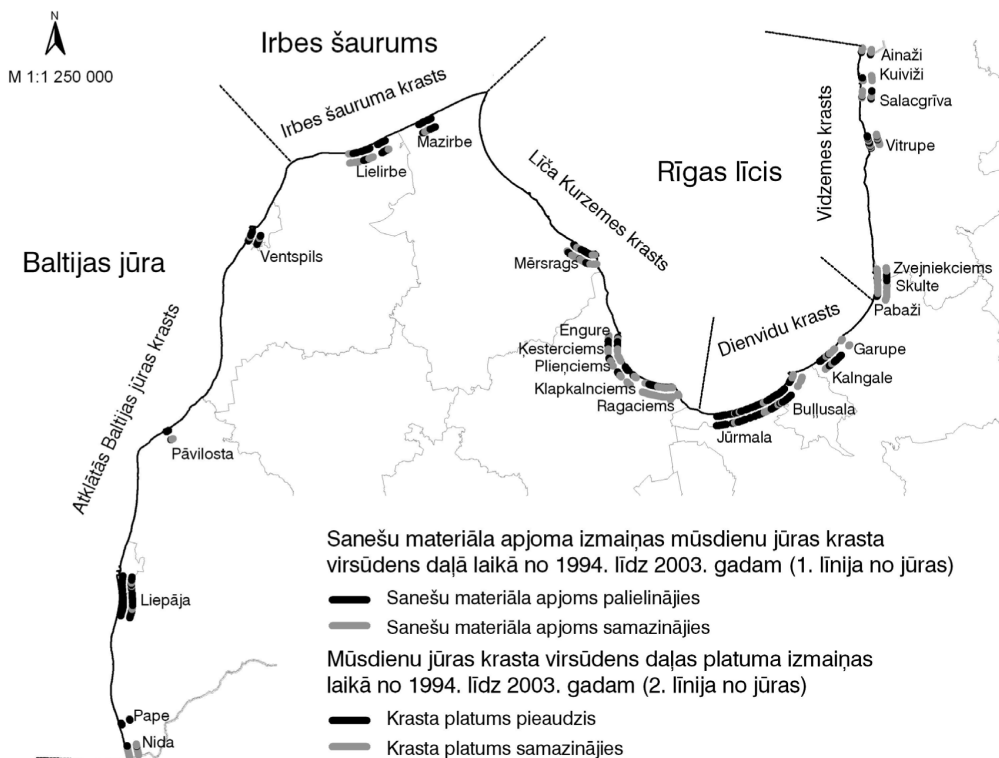
3. att. Laikā no 1994. līdz 2003. gadam novērotās sanešu materiāla apjoma izmaiņas (m<sup>3</sup>/m) dažādās monitoringa stacijās

*Recorded changes of accumulated silt (m<sup>3</sup>/m) in different monitoring stations between 1994 and 2003*

Pazīmes izkļiedes intervāls pa monitoringa stacijām raksturots, izmantojot eksploratīvo grafiku (*Box-Whisker-Plot*). Pelēkā taisnstūra robežas raksturo parametra pirmo un trešo kvartili, melnā vertikālā līnija – mediāna atrašanās, īsākās vertikālās līnijas – minimālās un maksimālās pazīmes vērtības. Ekstrēmās vērtības un izņēmumi grafikā nav attēloti.

Vāja noskalošana (sanešu materiāla apjoms virsūdens daļā samazinājies līdz  $20 \text{ m}^3/\text{m}$ ) novērota 22% no analizētā krastu kopgaruma un dominē līča Kurzemes krastā. Vidēja noskalošana (sanešu materiāla apjoms samazinājies no  $20$  līdz  $30 \text{ m}^3/\text{m}$ ) novērota līča Dienvidu krasta austrumu daļā. Intensīva noskalošana, kad sanešu materiāla apjoms samazinājies vairāk par  $30 \text{ m}^3/\text{m}$ , konstatēta atklātās Baltijas jūras krastā monitoringa stacijā Nida un Rīgas līča Kurzemes krastā monitoringa stacijā Klapkalnciems–Ragaciems un līča Dienvidu krastā monitoringa stacijās Garupe un Pabaži–Skulte.

Sanešu materiāla apjoms 2003. gadā, salīdzinot ar 1994. gadu, bija pieaudzis par 65% no monitoringā iekļauto lēzeno mūsdienu jūras krastu kopgaruma (4. att.).



4. att. Sanešu materiāla apjoma un krasta virsūdens daļas platuma izmaiņas Latvijas mūsdienu lēzeno jūras krastu virsūdens daļā laikā no 1994. līdz 2003. gadam

*Amount of accumulated silt and coastal changes of the present-day flat Latvian seashore between 1994 and 2003*

Sanešu materiāla apjoma izmaiņas krasta virsūdens daļā norāda uz kopīgām reģionālām iezīmēm. Izteikts akumulācijas procesu īpatsvars un vislielākie sanešu materiāla akumulācijas apjomi novēroti atklātās Baltijas jūras krasta monitoringa stacijās (3. att.). Sanešu materiāla apjoms šeit bija pieaudzis 80% no analizēto lēzeno krastu kopgaruma. Sanešu materiāla apjoma un mūsdienu jūras krasta virsūdens daļas platības izmaiņas pa monitoringa stacijām raksturotas 1. tabulā.

1. tabula

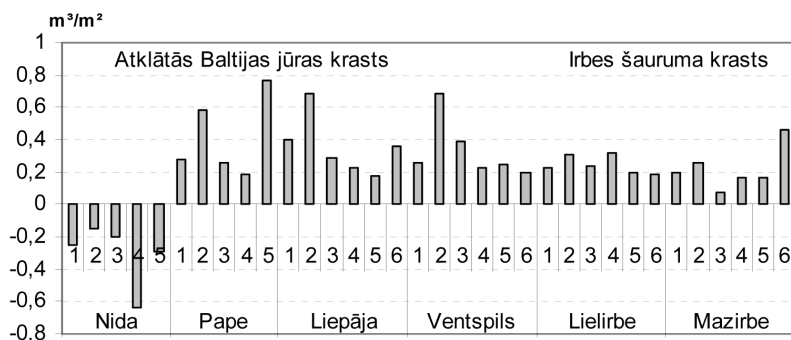
**Mūsdienu jūras krasta virsūdens daļas izmaiņas laikā no 1994. līdz 2003. gadam**  
*Morphological developments of the present-day seashore between 1994 and 2003*

Monitoringa stacijas	Iecirkņa garums, km	Vidējās sanešu materiāla apjoma izmaiņas, m <sup>3</sup> /m	Vidējās krasta platuma izmaiņas, m	Kopējās sanešu materiāla apjoma izmaiņas iecirknī, m <sup>3</sup>	Krasta virsūdens daļas platības izmaiņas iecirknī, ha
Nīda	2,8	-30	-10	-85 945	-2,84
Pape	0,5	60	0	30 237	0
Liepāja	10,2	64	10	648 882	9,71
Pāvilosta	0,7	25	1	17 344	0,07
Ventspils	2,6	45	7	117 368	1,83
Lielirbe	6,7	32	3	213 037	2,22
Mazirbe	2,6	29	0	75 268	-0,07
Mērsrags	5,2	2	-7	11 576	-3,69
Engure	2,4	-2	-3	-3 935	-0,64
Ķesterciems	1,8	-7	1	-12 888	0,12
Plieņciems	2,5	6	-3	16 012	-0,72
Ragaciems	6,2	-21	-5	-138 84	-3,2
Jūrmala	11,6	22	10	255 041	11,33
Buļļusala	5,1	24	-1	140 108	-0,48
Kalngale	1,8	9	-3	15 520	-0,55
Garupe	2	-23	3	-46 605	0,66
Pabaži-Skulte	3,9	-16	-5	-60 814	-1,9
Zvejniekiems	1,8	-14	2	-27 218	0,29
Vitrupe	3,7	-2	-14	-71 85	-5,11
Salacgrīva	1,2	-9	11	-10 491	1,36
Kuiviži	0,9	-14	-18	-13 029	-1,65
Ainaži	1,3	0	-26	-228	-3,41

Sanešu materiāla apjoms 2003. gadā bija pieaudzis visās atklātās jūras monitoringa stacijās, izņemot Nidu. Vēl izteiktāks sanešu materiāla akumulācijas procesu pārsvars novērots Irbes šauruma lēzeno krastu virsūdens daļā. 2003. gadā 94% no analizēto krastu kopgaruma sanešu materiāla apjoms bija palielinājies. Rīgas līča Kurzemes krastā krasta virsūdens daļā bijusi raksturīga lokālu pozitīvas un negatīvas sanešu materiāla apjoma bilances posmu mija (arī staciju ietvaros) (3. att.). Tikai 47% no analizētā krasta kopgaruma materiāla apjoms bijis lielāks nekā 1994. gadā. Novērotas būtiskas atšķirības krasta attīstībā pa krastu morfoģenētiskajiem tipiem. Pēc V. Ulsta krasta tipu klasifikācijas (1998) dinamiskā līdzsvara tipa krasta iecirkņos materiāla apjoms mainījies vāji, bet erozijas tipa krastos konstatēta ievērojama materiāla apjoma samazināšanās (vidēji par  $15 \text{ m}^3/\text{m}$ ). Sanešu materiāla apjoms samazinājies monitoringa stacijās Engure, Ķesterciems, Klāpalkciems–Ragaciems. Pozitīva sanešu materiāla bilance konstatēta stacijās Mērsrags un Plieņciems (1. tab.). Rīgas līča Dienvidu krastā 73% no analizēto krastu kopgaruma sanešu materiāla apjoms bija pieaudzis. Sanešu materiāla apjoms pieaudzis līča dienvidu daļā monitoringa stacijās Jūrmala, Buļļusala un Kalngale. No Garupes uz austrumiem sanešu materiāla apjoms krasta virsūdens daļā bija samazinājies. Līča Vidzemes krastā tikai 25% no monitoringā iekļautā krastu kopgaruma sanešu materiāla apjoms bija pieaudzis. Visos krasta tipos un monitoringa stacijās tika konstatēta sanešu materiāla apjoma samazināšanās (1. tab.).

Lēzeno jūras krastu virsūdens daļas 1994. un 2003. gada reljefa augstuma modeļu salīdzinājums apstiprināja, ka visintensīvākā akumulācija apskatītajā laika periodā notikusi atklātās Baltijas jūras monitoringa stacijās Liepāja un Ventspils. Īpaši intensīva akumulācija konstatēta krasta virsūdens daļā 2 līdz 3 m augstumā priekškāpu joslā, kur eolās akumulācijas rezultātā notikusi strauja jaunu priekškāpu attīstība ostu dienvidu pusē (5. att.). Stacijās Pape, Liepāja un Ventspils materiāla apjoms bija pieaudzis visās augstuma grupās. Savukārt stacijā Nida materiāla apjoms samazinājies visās augstuma grupās. 1999. gada vētrā šeit īpaši intensīvi tika noskalota priekškāpa 4 līdz 5 m augstumā, lielākās izmaiņas notikušas 2 līdz 5 m augstajā krasta daļā, kur maksimāli zaudēti līdz pat  $2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ .

Irbes šauruma stacijās Lielirbe un Mazirbe kopējā sanešu materiāla bilance bijusi pozitīva, bet akumulācijas intensitāte bijusi ievērojami vājāka nekā atklātās Baltijas jūras stacijās (Liepāja, Ventspils), kas skaidrojama ar intensīvo materiāla iznešanu no pludmales 2001. gada vētrās. Pēcvētru periodā šeit tika konstatēta lēna jaunu priekškāpu attīstība pludmales augstākajā daļā, lielākais materiāla apjoma pieaugums novērots priekškāpā virs 4 metru augstuma atzīmēm (5. att.). Lielirbē sanešu materiāla apjoma izmaiņas apskatītajā periodā pārsniedza  $3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . Mazirbē sanešu materiāla apjoma izmaiņas bijušas vājāk izteiktas un nepārsniedza  $3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ .

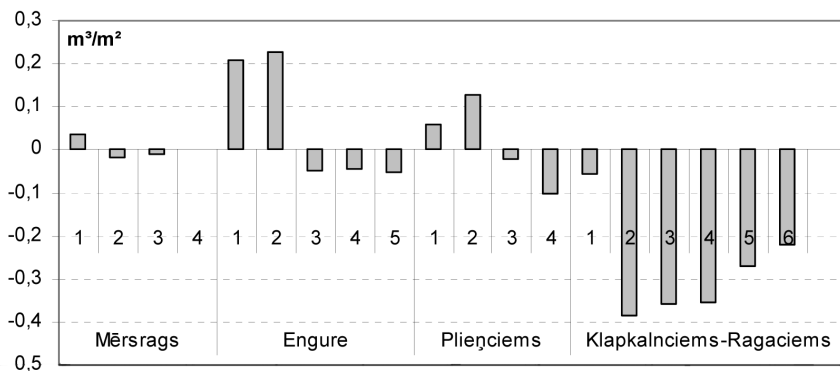


**Monitoringa stacijas atklātās Baltijas jūras un Irbes šauruma krastos**  
 Krasta augstuma grupas: 1 (0-2m), 2 (2-3m), 3 (3-4m), 4 (4-5m), 5 (5-6m), 6 (6-12m)

**5. att. Vidējās sanešu materiāla apjoma izmaiņas ( $m^3/m^2$ ) atklātās Baltijas jūras un Irbes šauruma krasta monitoringa stacijās laikā no 1994. līdz 2003. gadam**

*Average silt accumulation developments ( $m^3/m^2$ ) in the Baltic Sea and the Irbe Strait monitoring stations between 1994 and 2003*

Visās Rīgas līča Kurzemes krasta stacijās bijusi raksturīga negatīva kopējā sanešu materiāla bilance krasta augstākajā daļā, kas saistīta ar intensīvu krasta virsūdēns daļas noskalošanu 2001. gada vētrās. Sanešu materiāla apjoma pieaugums pludmales zemākajā daļā skaidrojams ar vētras laikā no krasta augstākās daļas pārvietoto, kā arī pēcvētras periodā no seklūdens joslas krastā pieskaloto sanešu materiāla apjomu. Īpaši intensīva noskalošana novērota posmā Klapkalnciems–Ragaciems. Šeit 4 līdz 6 m augstumā sanešu materiāla apjoms maksimāli samazinājies par vairāk nekā  $2 m^3/m^2$ . Kopējā materiāla bilance bijusi negatīva visās augstuma grupās (6. att.).



**Monitoringa stacijas Rīgas līča Kurzemes krastā**

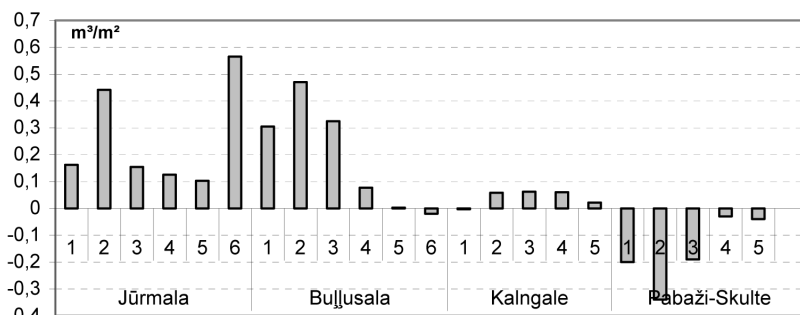
Krasta augstuma grupas: 1 (0-2m), 2 (2-3m), 3 (3-4m), 4 (4-5m), 5 (5-6m), 6 (6-12m)

**6. att. Vidējās sanešu materiāla apjoma izmaiņas ( $m^3/m^2$ ) līča Kurzemes krasta monitoringa stacijās laikā no 1994. līdz 2003. gadam**

*Average silt accumulation developments ( $m^3/m^2$ ) in Kurzeme monitoring stations between 1994 and 2003*

Līča Dienvidu krasta monitoringa stacijās Jūrmala un Buļļusala sanešu materiāla apjoms bija pieaudzis gandrīz visās augstuma grupās (7. att.). Šeit novērota eolā akumulācija priekškāpās un jaunu priekškāpu attīstība pludmales augstākajā daļā. Virzienā uz austrumiem akumulācijas intensitāte samazinājies.

Līča Vidzemes krastā 2003. gadā, salīdzinot ar 1994. gada situāciju, materiāla apjoms bija samazinājies (8. att.), un tas saistīts ar sanešu materiāla noskalošanu 2001. gada vētrās. Monitoringa stacijā Zvejniekiems sanešu materiāla apjoms samazinājies krasta virsūdens daļā līdz 4 m augstumam, maksimāli par  $1,9 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . Arī Vitrupē galvenās izmaiņas notikušas krasta zemākajā daļā līdz 3 m augstumam. Maksimālās negatīvās izmaiņas konstatētas līdz 3 m augstumā, kur sanešu materiāla apjoms samazinājies par  $1,8 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . Salacgrīvā galvenās izmaiņas notikušas līdz 2 m augstumam, turklāt kopējā sanešu bilance bijusi negatīva.

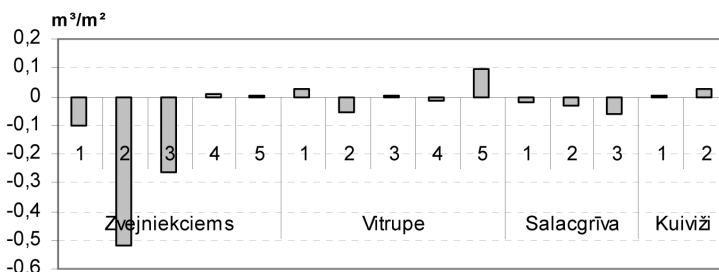


Monitoringa stacijas līča Dienvidu krastā

Krasta augstuma grupas: 1 (0-2m), 2 (2-3m), 3 (3-4m), 4 (4-5m), 5 (5-6m), 6 (6-12m)

7. att. Vidējās sanešu materiāla apjoma izmaiņas ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ ) līča Dienvidu krasta monitoringa stacijās laikā no 1994. līdz 2003. gadam

*Average silt accumulation developments ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ ) in southern coastal monitoring stations between 1994 and 2003*



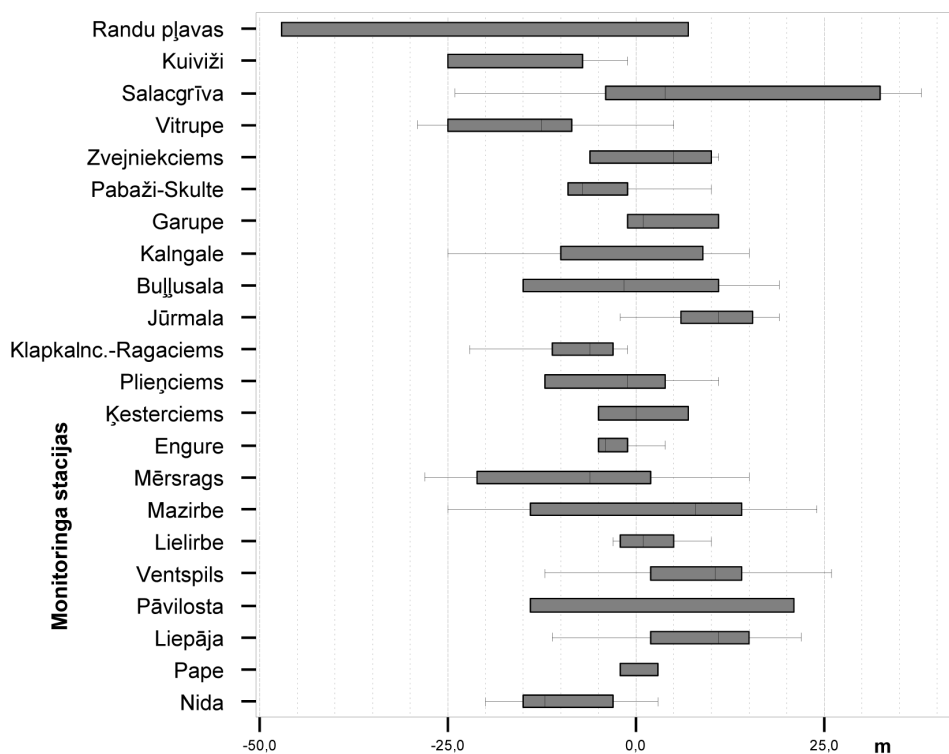
Monitoringa stacijas līča Vidzemes krastā

Krasta augstuma grupas: 1 (0-2m), 2 (2-3m), 3 (3-4m), 4 (4-5m), 5 (5-6m)

8. att. Vidējās sanešu materiāla apjoma izmaiņas ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ ) līča Vidzemes krasta monitoringa stacijās laikā no 1994. līdz 2003. gadam

*Average silt accumulation developments ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ ) in Vidzeme monitoring stations between 1994 and 2003*

Pludmales platums ir viens no kritērijiem, kas tiek izmantots krastu stabilitātes novērtējumā, raksturojot krasta aizsargātību pret vētrām (Eberhards, 2003; *Olsauskas et al.*, 2002; Dubra, 2006). Lielākais mūsdienu jūras krasta virsūdens daļas platums mērīts stacijā Ventspils uz dienvidiem no ostas dienvidu mola. Maksimālais pludmales un priekškāpu zonas kopējais platums šeit konstatēts 2000. gadā (227 m). Vismazākais krasta platums mērīts stacijā Engure. Šeit vidējais mūsdienu jūras krasta virsūdens daļas platums bija tikai nedaudz virs 20 m. 10 gadu laikā maksimālās izmaiņas novērotas pie Ainažiem, kur ļoti zemā, seklā randu pļavu krasta virsūdens daļas platums samazinājies par 50 m, savukārt Jūrmalā tas bija pieaudzis maksimāli – par 40 m. Lēzeno jūras krastu virsūdens daļas platuma izmaiņas pa monitoringa stacijām laikā no 1994. līdz 2003. gadam (ieskaitot) parādītas 4. un 9. attēlā.



9. att. Laikā no 1994. līdz 2003. gadam dažādās monitoringa stacijās novērotās mūsdienu jūras krasta virsūdens daļas platuma izmaiņas metros

*Recorded coastal changes of present-day seashore in several monitoring stations between 1994 and 2003 (in metres)*

Pazīmes izkļiedes intervāls pa monitoringa stacijām raksturots, izmantojot eksploratīvo grafiku (*Box-Whisker-Plot*). Pelēkā taisnstūra robežas raksturo parametra pirmo un trešo kvartili, melnā vertikālā līnija – mediāna atrašanās, īsākās vertikālās līnijas – minimālās un maksimālās pazīmes vērtības. Ekstrēmās vērtības un izņēmumi grafikā nav attēloti.



Aplūkotajā laikposmā mūsdienu lēzeno jūras krastu virsūdens daļas platums pieaudzis tikai 47% no analizēto monitoringa staciju kopgaruma (78,3 km). Krasts uzvirzījies 63% no atklātās Baltijas jūras monitoringa staciju kopgaruma. Krasta platums pieaudzis vidēji par 5,2 m. Irbes šaurumā krasts bija uzvirzījies 54% no krasta kopgaruma. Krasta platums pieaudzis vidēji par 2,3 m. Rīgas līča Kurzemes krastā tikai 19% no analizētā kopgaruma krasta platums bija lielāks nekā 1994. gadā, krasts bija atkāpies vidēji par 6,1 m. 62% no Dienvidu krasta kopgaruma krasts bija uzvirzījies. Krasta platums pieaudzis vidēji par 3,8 m. Vidzemes krastā 68% no analizētā krasta kopgaruma krasta platums samazinājies. Krasts atkāpies vidēji par 9,5 m.

Pēc izplatības lēzenajos krasta posmos dominējusi vāja platuma samazināšanās. Krasts atkāpies līdz 10 m 30% no krastu kopgaruma galvenokārt Rīgas līča Kurzemes krasta un Dienvidu krasta stacijās. Vidēja krasta atkāpšanās, kad krasta platums samazinājies no 10 līdz 20 m, konstatēta 13% un novērota Dienvidu krastā, līča Kurzemes krastā un atklātās Baltijas jūras krastā. Vāja līdz vidēja krasta uzvirzīšanās novērota 44% (krasts uzvirzījies līdz 10 m 22%, līdz 20 m 22%) un dominējusi Dienvidu krastā un atklātās Baltijas jūras krastā. 4% krasta platums bija pieaudzis vairāk par 20 m galvenokārt atklātās Baltijas jūras un līča Dienvidu krastā. Izteikta krasta atkāpšanās konstatēta Rīgas līča Kurzemes un Vidzemes krastā. 9% krasts bija atkāpies vairāk par 20 m.

## Diskusija un rezultātu interpretācija

Sanešu materiāla apjoma un mūsdienu jūras krasta virsūdens daļas platuma izmaiņas 22 monitoringa stacijās piemēru veidā raksturo krasta dinamiku lokālā līmenī atšķirīgos krasta rajonos 16% no Latvijas krasta kopgaruma. Šā pētījuma rezultāti ļauj izdalīt Latvijas lēzeno krastu dinamikā kopīgas reģionālas attīstības iezīmes.

Atklātās Baltijas jūras krastā izdalāms intensīvs akumulācijas procesu īpatsvars krasta iecirkņos lielo ostu (Liepāja, Ventspils) dienvidu pusē. Latvijā lielākais sanešu materiāla apjoma pieaugums ir skaidrojams ar lielo ostu dienvidu molu izraisīto Austrumbaltijas sanešu plūsmas pārtraukumu, kas nosaka pastiprinātu smilts uzkrāšanos zemūdens nogāzē un pludmalē. Akumulācijas procesi Liepājā sākušies pēc ostas izbūves (1890. g.), Ventspils ostas molī izbūvēti 1900.–1905. gadā. V. Ulsts norāda, ka 90. gados gan Liepājā, gan Ventspilī krasta kontūra stabilizējās un akumulācijas procesi izpaudās tikai kā lēna smilts uzkrāšanās pludmalei tuvākajā priekšskāpā (Ulsts, 1998). Šā pētījuma rezultāti apstiprina, ka vidēji ilgā laikposmā (10 gadi) novērots gan sanešu materiāla apjoma pieaugums pludmalē un priekšskāpā, gan jaunu priekšskāpu attīstība un pludmales platuma palielināšanās. Vētru laikā sanešu materiāla apjoms samazinājies tikai īslaicīgi, bet pēcvētru periodā turpinājies pieaugt.

Atsevišķi izdalāma krasta dinamikas attīstība monitoringa stacijā Nida. 90. gados raksturīgo nenozīmīgas krasta izskalošanas un eolas smilts vājas akumulācijas procesu miju (Ulsts, 1998) šeit nomainījusi intensīva krasta virsūdens daļas noskalošana un atkāpšanās. Viens no negatīvās krasta dinamikas iemesliem bijusi 1999. gada 4. decembra vētras laikā notikusī ekstrēmā krasta noskalošana, kuras laikā

pilnīgi vai daļēji tika noskalota vāji izveidotā priekškāpa. V. Ulsts (1998) norāda, ka mūsdienu lēzeno krastu attīstību šeit, iespējams, nosaka arī negatīvas neotektoniskās kustības (no  $-1$  līdz  $-1,8$  mm/gadā), kā arī Būtiņģes termināla izbūve  $1-1,5$  km uz dienvidiem no valsts robežas, kas, iespējams, izskaidro, kāpēc pēcvētras periodā sanešu materiāla apjoms šajā krasta iecirknī līdz 2003. gadam neatjaunojās.

90. gados Irbes šauruma krasta posmus raksturoja eolās smilts akumulācijas samazināšanās tendence un neregulāra priekškāpas izskalošana. Šo iemeslu dēļ V. Ulsts (1998) Irbes šauruma krastu pieskaitījis dinamiskā līdzsvara krastiem. Sanešu materiāla apjoms un krasta platuma izmaiņu analīzes rezultāti laikā no 1994. līdz 2003. gadam apstiprināja vidēji intensīvu akumulāciju ar ļoti lēnu priekškāpas atjaunošanos un nenozīmīgu krasta uzvīzīšanos (4., 5. att.). Šajā krasta rajonā kopējo attīstību būtiski ietekmējušas 2001. gada vētras, kuru laikā intensīvi tika paskalota pirmā priekškāpa. Pēcvētru periodā sanešu materiāla apjoms pludmalē un arī priekškāpā daļēji atjaunojās. Krasta virsūdens daļas dinamikas novērojumi 10 gadu laikā neliecina par būtiskām tendenciālām izmaiņām.

Rīgas līča Kurzemes krasta virsūdens daļas attīstību laikā no 1994. līdz 2003. gadam raksturoja lokālu pozitīvas un negatīvas sanešu materiāla bilances posmu mija un vāja līdz intensīva krasta atkāpšanās (4. att.). Rīgas līcī stacionārā nivelēšana krasta virsūdens daļā veikta arī zemos vienkāršās ģeoloģiskās uzbūves stāvkrastos. Neatkarīgi no krasta morfoģenētiskā tipa sanešu materiāla bilance mūsdienu jūras krasta virsūdens daļā bijusi negatīva. Tikai Rīgas līča galotnē sanešu materiāla apjoms bija pieaudzis. Šeit novērota jaunu priekškāpu attīstība un pludmales platuma palielināšanās akumulatīvā tipa lēzenajos krastos. Uz austrumiem no Garupes visās monitoringa stacijās līča austrumu daļā sanešu materiāla apjoms krasta virsūdens daļā 2003. gadā bija samazinājies un krasts bija atkāpies. 2001. gada vētru laikā noskalotais sanešu materiāls pēcvētras periodā ļoti lēnām sāka atgriezties krasta virsūdens daļā. Kopumā negatīvās izmaiņas Rīgas līča lēzeno krastu virsūdens daļā vērtējamas kā indikators, kas liecina par tendenciālu mūsdienu krasta virsūdens daļas noskalošanu un sanešu materiāla deficīta palielināšanos Rīgas līcī pēdējo desmitgažu laikā.

## Pateicība

Pētījums izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda finansiālu atbalstu.

## Izmantotie informācijas avoti

- Dubra, V. (2006) Influence of hydrotechnical structures on the dynamics of sandy shores: the case of Palanga on the Baltic coast. *Baltica*, 19, 3–9.
- Eberhards, G. (2003) *Latvijas jūras krasti*. Rīga : Latvijas Universitāte. 296 lpp.
- Eberhards, G., Purgalis, I. (2008) *Pieaugošo Latvijas jūras krastu eroziju sekmējošie faktori. Klimata mainība un udeņi*. Rīga : Latvijas Universitāte, 40.–48. lpp.
- Eberhards, G., Saltupe, B. (1993) *Latvijas jūras krastu monitorings. Vides monitorings Latvijā*, 3. Rīga, 46 lpp.
- Eberhards, G., Saltupe, B. (1996) Accelerated Coastal Erosion Implications for Latvia. *Baltica*, 9, p. 6–28.

- Eberhards, G., Saltupe, B. (1999) Pastāvīgais Latvijas jūras krasta procesu monitorings – eksperiments un prakse. *Folia Geographica*, VII. Rīga : Latvijas Ģeogrāfijas biedrības izdevums, 1.–10. lpp.
- Haapala, J., Lepparanta, M. (1997) The Baltic Sea Ice Season and the Changing Climate. *Boreal Environment Research*, 2, p. 93–108.
- Kont, A., Endjärv, E., Jaagus, J., Lode, E., Orviku, K., Ratas, U., Rivis, R., Suursaar, Ü., Tonisson, H. (2007) Impact of climate change on Estonian coastal and inland wetlands – a summary with new results. *Boreal Environment Research*, 12, 653–671.
- Olsauskas, A., M., Rrrboniene, R., and Dubra, J. (2002) *Erosion of the Lithuanian Sea-Shore. The Changing Coast*. Porto : Eurocoast/EUCC, p. 445–451.
- Orviku, K., Jaagus, J., Kont, A., Ratas, U., Rivis, R. (2003) Increasing activity of coastal processes associated with climate change in Estonia. *Journal of Coastal Research*, 19, 364–375.
- Paršāne, A., Torkler, F. (2000) *Mūsdienu krastu procesu analīzes metodes un rezultāti Latvijas piekrastes akumulatīvo krastu zonā. Baltijas reģiona valstu integrācijas problēmas ceļā uz Eiropas Savienību*. Rēzekne, 81.–86. lpp.
- Torklere, A. (2001) Methoden zur Erfassung der aktuellen Küstenprozessdynamik an den Akkumulationsküsten Lettlands. Schellmann, G. *Von der Nordseeküste bis Neuseeland – Beiträge zur 19. Jahrestagung des Arbeitskreises “Geographie der Meere und Küsten”*. Bamberg : Bamberger geographischen Schriften. S. 287–299.
- Ulsts, V. (1998) *Baltijas jūras Latvijas krasta zona*. Rīga : VARAM Valsts Ģeoloģijas dienests. 95 lpp.

## Summary

*An assessment of the morphological development of the present-day flat seashore of Latvia was made on the basis of field measurement data collected with the help of the Monitoring Programme of Seacoast Geological Processes. Survey data on the beach and foreshore areas were gathered from 22 stations carrying out instrumental land survey (stationary levelling). A medium-term (10 years) comparison of the shore in 1994 and 2003 was made to show the morphological development of the flat seashore (the beach and foredune zone). The data have been analysed using Geographical Information Systems. Two methods were used: footage of the seashore, with feature changes in one metre cross-sections (profiles) of the seashore (78.3 km), and models of three-dimensional altitude raster, showing changes in the amount of material on 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. The changes of the coast show large local differences, but there are common regional features of the development of Latvia's flat seashore. Intensive accumulation processes are dominating at the Baltic Sea shore at the southern side of the big ports (Ventspils and Liepāja). The amount of accumulation has grown, and progradation trends are recognizable. Negative developments of the seashore are found only in Nida. The amount of the material has not been renewed after the storm of 1999. At the shore of Irbe Strait, no significant trend changes have been observed during the last 10 years, slow accumulation is interfering with losses during storm events. At the Gulf of Riga seashore, negative changes are dominating – only the southernmost part in Jūrmala and Buļļusala has a positive balance, new fore-dunes could even be determined. In general, the total negative balance at the seashore can be viewed as an indicator for the trend of the wash-off and augmentation of the drift material deficit at the Gulf of Riga.*

**Keywords:** *accumulation, Geographical Information Systems, flat present-day seashore dynamic, sediment budget.*

## Morēnas fizikālo īpašību atšķirības atkarībā no mērījumu veikšanas virziena

### *The Differences of the Physical Properties of Till Depending on the Direction of Measurement*

**Andris Karpovičs**

Latvijas Universitāte, Raiņa bulvāris 19, Rīga, LV-1586  
E-pasts: *Andris.Karpovics@lu.lv*

**Valdis Segliņš**

Latvijas Universitāte, Raiņa bulvāris 19, Rīga, LV-1586  
E-pasts: *Valdis.Seglins@lu.lv*

Pētījumā tika analizēts konusa iespiešanas pretestības un dabiskā mitruma lielumu sadalījums *in situ* apstākļos pamatmorēnas nogulumiem. Izveidotā kubā ar skaldni 1 m veikti detalizēti īpašību mērījumi tīklā  $10 \times 10 \times 10$  cm visās trīs asīs – kopumā vairāk nekā 3000 punktos. Papildus veikti oļu garenass orientācijas mērījumi. Iegūtie dati tika statistiski apstrādāti un rezultāti telpiski vizualizēti. Pētījuma dati liecina, ka instrumentālu fizikālo īpašību mērījumu vērtības ir atkarīgas no tā, kurā virzienā tās ir tikušas noteiktas. Iegūtie dati norāda arī uz visai sarežģītu pētītā iežu masīva iekšējo uzbūvi, ko nosaka dažādu īpašību mikroslāņu savstarpējās attiecības telpā.

**Atslēgvārdi:** Anizotropija, dabiskais mitrums, glaciģēnie nogulumi (gruntis), *in situ*, konusa iespiešanas pretestība.

## Levads

Iežiem un minerāliem dabā nav raksturīga sastāva, īpašību izotropijas un īpašību nemainīguma, un tas ir konstatējams visos vielas organizācijas līmeņos. Iežu un nogulumu ģeoloģiskos pētījumos šādu parādību visbiežāk konstatē slāņotās vidēs un saista ar sedimentācijas procesiem, daudz retāk – ar pēcsedimentācijas norisēm. Dažu fizikālo īpašību atšķirības atkarībā no pētījumam pieejamās virsmas orientācijas telpā ir daudzkārt aplūkotas sedimentoloģijas pētījumiem veltītā literatūrā (*Arramon et al.*, 2000; *Penington et al.*, 2001), tomēr plašāki pētījumi līdz šim nav bijuši. Līdzšinējie pētījumi lielākoties veikti tikai laboratorijas apstākļos, pieņemot, ka perpendikulāri uzslāņojuma virsmai ņemtais līdz  $10 \text{ cm}^3$  paraugs pietiekami pilnīgi raksturo pētīto slāni un turpmākās īpašību izpētes trīs asīs ļauj novērtēt pētīto īpašību vērtību sadalījumu telpā (*Mendoza*, 2004).

Šādi pētījumi līdz šim nav veikti gruntīs ar augstu fizikālo parametru mainību un gruntīs ar rupjgraudaina materiāla piemaisījumu, kas būtiski apgrūtina korektu rezultātu ieguvu. Līdz ar to pētījuma mērķis bija novērtēt tieši neslāņotu mainīga

sastāva nogulumu ar rupja materiāla piejaukumu fizikālo īpašību vērtību sadalījumu telpā *in situ* apstākļos, kas ļautu novērtēt pētīto īpašību anizotropiju. Pētījumam tika izvēlēti glaciģēnie nogulumi (pamatmorēna), kas pēc būtības ir diamiktons, un instrumentāli pētāmie parametri – dabiskais mitrums un konusa iespīšanas pretestība.

## Materiāli un metodes

Pēc sastāva un īpašībām glaciģēnie nogulumi ir ļoti mainīgi plānā un griezumā, un to nosaka kā veidošanās apstākļu nevienādīgums, pārvietotā un izgulsnētā materiāla atšķirīgs granulometriskais sastāvs, tā arī nozīmīgas īpašību izmaiņas pēcsedimentācijas procesu gaitā (Ehlers, 1996; Dreimanis, 1980, 1988; Elson, 1961). Īpašību atšķirības ir konstatējamās gan nogulumus veidojošo individuālo vielas graudiņu sastāvā un telpiskā orientācijā, gan plašās ledāja nogulumu veidotās struktūrās ar tām raksturīgām deformācijām.

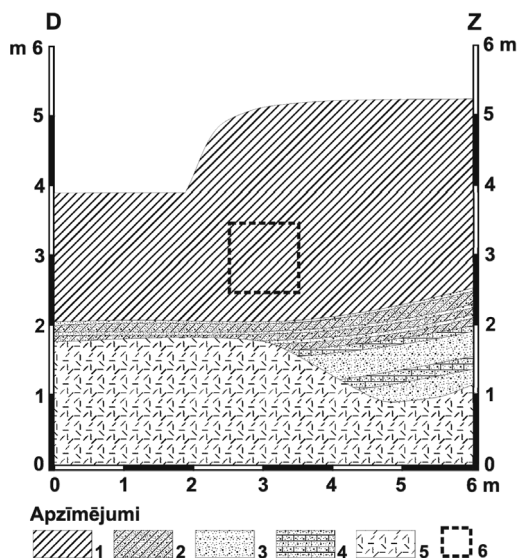
Glaciģēno nogulumu īpašību izmaiņas instrumentāli tiek pētītas jau vairāk nekā gadsimtu, tomēr tās galvenokārt analizētas, veicot ledāja kustības un sedimentācijas apstākļu rekonstrukcijas (Legget, 1980). Šādiem mērķiem visbiežāk pēta glaciģēno nogulumu atsevišķus saguluma elementus un makroskopiski novērtē graudu telpisko orientāciju. Tikai dažos pētījumos ir tikusi aplūkota glaciģēno nogulumu kā grunšu īpašību vērtību dažādība (Hoole, 1978), un arī šie pētījumi sniedz vispārīnātu pārskatu par svarīgākajām ģeotehniskajām īpašībām un to vidējām vērtībām. Minētās vērtības tiek pieņemtas arī par pamatlielumiem dažādos tehniskos normatīvos lietīškos grunšu pētījumos, tomēr gan lauka novērojumi, gan laboratorijas pētījumi norāda, ka šādi vidējie lielumi tikai visai aptuveni raksturo pētāmos nogulumus un to īpašību vērtības.

Objektīvi nav iespējams konstatēt un pārbaudīt visas vai pat vairākumu to fizikālo īpašību, kuras ir pētītas līdz šim, kā arī nodalīt tās īpašības, kuras varētu tikt nepārprotami atzītas par raksturīgām, tipiskām vai indikatīvām. Iepriekš veiktie eksperimentālie pētījumi (Karpovičs, 2008) norādīja, ka par šādiem mērāmiem parametriem var tikt izmantoti nogulumu dabiskais mitrums un konusa iespīšanas pretestība. Tās ir visai atšķirīgas īpašības, kuras nosaka nogulumu granulometriskais sastāvs, taču mērītas tās tiek visai atšķirīgi – tā konusa iespīšanas pretestību nosaka, mehāniski deformējot paraugu, savukārt dabisko mitrumu nosaka, mērot vielas elektrovadītspēju. Tādējādi ar savstarpēji nesaistītām pētījumu metodēm iegūtie empīriskie rezultāti ir objektīvāki attiecībā uz izziņāmām likumsakarībām. Svarīgi, ka ir pieejami kalibrēti mērinstrumenti šo īpašību mērīšanai lauka apstākļos.

Lai novērtētu īpašību vērtību reālo sadalījumu noteiktā iežu tilpumā pētījuma vajadzībām, par pētījuma objektu tika izvēlēti salīdzinoši viendabīgi pamatmorēnas nogulumi. Mērījumu organizācijas un iegūto datu matemātiskās apstrādes vajadzībām pētījumu objektam tika nodalīta ārējā kārta, kamēr tas ieguva ģeometrisku formu – kubu ar skaldnes garumu viens metrs. Augšējā virsma (skaldne, Z ass) un divas sānu skaldnes (Y ass un X ass) tika marķētas ik pēc 10 cm, kas ļāva iegūt regulāru 10 × 10 cm novērojumu tīklu mērījumu veikšanai. Instrumentāli mērījumi tika veikti katras skaldnes 100 punktos, pēc tam tika noņemts 10 cm biezs slānis un veikti nākamie 100 mērījumi tā paša regulārā tīkla šūnās, līdz īpašības tika novērtētas

visā kubā katrai šūnai trīs savstarpēji perpendikulāros virzienos. Visi mērījumi tika realizēti lauka apstākļos *in situ* tūlīt pēc skaldnes sagatavošanas pētījumam.

Pētījums tika veikts Sila karjerā, kas atrodas Rietumkursas augstienes centrālajā daļā, Bandavas pauguraines dienvidrietumos. Pētījuma vietas (Sila karjera rietumu sienā) ģeoloģisko griezumu veido 2,0–3,2 m biezs morēnas mālsmilts slānis, kas uzguļ oļainiem smilts un grants nogulumiem (1. att.). Mālsmilts slāņa apakšējās 50 cm veido blīvāki nogulumi ar paaugstinātu oļu saturu un grants starpslāņiem. Morēnas un smilts grants kontaktu veido vidēji 10 cm biezs konglomerāta slānis, zem kura 50 cm dziļāk smilts grants nogulumos atrodas otrs (aptuveni 20 cm biezs) konglomerāta slānis.



1. att. Pētītā atseguma ģeoloģiskais griezumā

Apzīmējumi: 1 – morēnās mālsmilts; 2 – mālsmilts ar lielu grants un oļu piejaukumu; 3 – smilts grants maisījums ar oļiem; 4 – konglomerāts; 5 – nobiras; 6 – mērījumu vietas (kuba) izvietojums atsegumā

#### *Geological cross-section of the study site*

*Legend: 1 – till (sandy loam); 2 – sandy loam with significant content of gravel and pebbles; 3 – sand and gravel with pebbles; 4 – conglomerate; 5 – scree; 6 – measurement site (square) location*

Detalizētu pētījumu veikšanai vieta tika īpaši sagatavota – lai nepieļautu augsnes veidojošo procesu ietekmi uz mērījumu kvalitāti, kuba augšējā horizontālā skaldne tika izveidota 1,8 m dziļumā no zemes virsas un 0,8 m virs zemāk iegulošā konglomerāta starpslāņa, savukārt frontālā vertikālā kuba skaldne – vidēji 1,5 m no atseguma sienas ārējās malas.

Līdztekus vizuāli konstatējamām morēnu slāņu deformācijām, saguluma un sastāva nevienmērīgumam rupjo daļiņu (grants un oļi) orientācija telpā ļoti plaši tiek izmantota morēnas nogulumu veidošanās apstākļu rekonstrukcijās, jo satur liecības

par ietekmējošo spēku galvenajiem virzieniem. Tādējādi šādi dati liecina par zināmu morēnas materiālu orientāciju telpā, kas var tikt konstatēta, arī nosakot tās fizikālās īpašības. Sagatavotā pētījumu vietā tika veikti 109 oļu orientācijas mērījumi, kas tika apstrādāti ar datorprogrammu *Stereonet 3.03*, lai iegūtu vispārīgākas ziņas par turpmāk detalizēti pētāmo nogulumu veidošanās apstākļiem.

Detalizēti fizikālo īpašību mērījumi tika veikti 2006. gadā no 16. līdz 29. septembrim morēnas māslmiltī ar dabīgo tilpuma mitrumu no 31,7 līdz 43,4% (SM200). Penetrācijas mērījumi veikti ar *Eijkellkamp* rokas (IB tipa) penetrometru, kas ļauj mērīt konusa iespiešanas pretestību diapazonā no 0 līdz 60 kg/cm<sup>2</sup> (0–6 MPa) ar ±8% precizitāti (konusa virsmas laukums 0,25 cm<sup>2</sup>, virsotnes leņķis 30°). Dabiskais mitrums noteikts ar  $\Delta T$  mitruma mērīšanas sensoru SM-200 (Delta-T Devices; adatu garums 5,1 cm, mērīšanas diapazons 0–50 tilp.%, precizitāte ±3%).

Mērījumu veikšanai kubs tika sadalīts mazākās vienāda izmēra šūnās (kubiņos 10 × 10 × 10 cm), kuros dabiskā mitruma un relatīvās noblīvētības instrumentāli mērījumi tika veikti trijos savstarpēji perpendikulāros virzienos pa X, Y un Z asi 5 cm dziļumā. Kopumā penetrācijas mērījumi un tikpat daudz morēnas dabiskā mitruma mērījumu tika veikti 3000 punktos kubā un paralēli tiem vēl 300 mērījumu punktos uz trim skaldnēm ārpus kuba. Iegūtie rezultāti tika fiksēti lauka grāmatiņā un vēlāk ievadīti datorā *MS Excel* elektroniskā tabulā, un uzglabāti to turpmākai statistikai apstrādei.

Visi iegūtie mērījumu rezultāti ar *MS Excel* tika pārbaudīti pēc to vērtību sadalījuma pa kuba asīm un atsevišķiem slāņiem, pārlicinoties par minimālo un maksimālo vērtību lomu vērtību sadalījumā un sadalījuma raksturu, lai nepieļautu polinormālu sadalījumu turpmāko analīzi. Nākamajā pētījuma posmā tika veikta instrumentāli noteikto grunšu konusa iespiešanas pretestības un dabiskā mitruma vērtību savstarpēja korelācija, pārbaudot korelatīvo atkarību būtiskas izmaiņas. Nobeiguma posmā iepriekš iegūtie dati tika izmantoti mērījumu vērtību sadalījuma telpiskai vizualizācijai. Dati tika apstrādāti ar datorprogrammu *Voxler 1.1*, šajā gadījumā nosakot katrā no pētītām trim skaldnēm 100 režģa mezglus un datu interpolācijai piemērojot vietējo polinomu metodi.

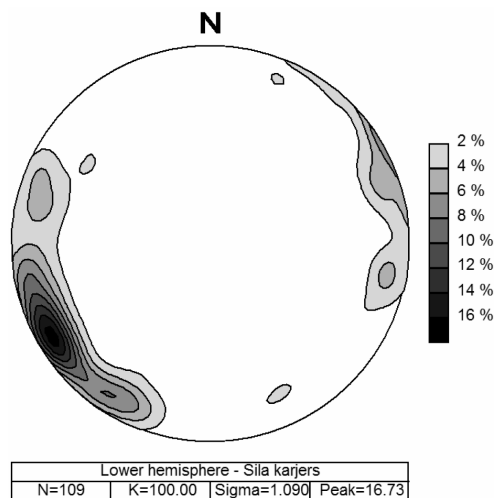
## Rezultāti

Sākotnēji izvēlētā pētījumu vietā veiktie oļu garenass orientācijas mērījumi un to vizualizācija (2. att.) norāda, ka uz rezultējošo krituma azimutu aptuveni 240° DR virzienā valdošais azimuts ir 245°, sekundārais – 214°, savukārt terciārais – 290°.

Diagramma kopumā norāda, ka morēna tās veidošanās laikā ir tikusi pakļauta spiediena ietekmei DR virzienā. Līdz ar to pamatots varētu būt pieņēmums, ka arī morēnas fizikālās īpašības pētījuma vietā raksturos līdzīgas ietekmes vai tās neatspoguļos.

Lauka apstākļos iegūtie īpašību mērījumu dati tika statistiski apstrādāti, un to rezultāti ir apkopoti 1. tabulā. Visu mērījumu rezultātu summārā korelācijas analīze parādīja, ka pastāv salīdzinoši cieša saikne starp konusa iespiešanas pretestības mērījumu rezultātiem visos (pa X, Y un Z asi) mērīšanas virzienos ( $r = 0,7$ ). Savukārt dabīgā mitruma vērtību atkarību no mērīšanas virziena (kuba ass) raksturo

korelācijas koeficients robežās no 0,1 līdz 0,2. Tajā pašā laikā korelācijas koeficients starp konusa iespiešanas pretestības un dabiskā mitruma mērījumu rezultātiem kuba ietvaros  $r = -0,32$ , bet atkarībā no mērījumu virziena tas mainās:  $r = -0,35$  (X – ass),  $r = -0,36$  (Y – ass) un  $r = -0,34$  (Z – ass).



2. att. Oļu linearitātes mērījumu rezultāti  
*Stereonet plot of till fabric*

1. tabula

**Konusa iespiešanas pretestības ( $q_c$ , MPa) un dabiskā mitruma (W, tilp.%) vērtību statistiskie rādītāji**

*Statistical indices of cone resistance ( $Q_c$ , Mpa) and natural moisture (W, Vol. %) values*

	Mērījumu skaits, $n$	Nomērīto vērtību statistiskie rādītāji					
		vidējais aritmētiskais	maksimālais	minimālais	mediāna	moda	variācijas koeficients
$q_c$ , Z – ass	998	2,1	4,5	0,7	2,0	1,6	0,4
$q_c$ , Y – ass	997	2,3	4,8	0,7	2,4	1,4	0,6
$q_c$ , X – ass	997	2,0	4,1	0,9	2,0	1,5	0,4
W, Z – ass	983	36,9	40,8	32,5	36,9	37,0	1,3
W, Y – ass	989	36,4	40,7	31,7	36,3	36,0	1,4
W, X – ass	987	36,0	40,1	31,7	36,0	35,7	1,8

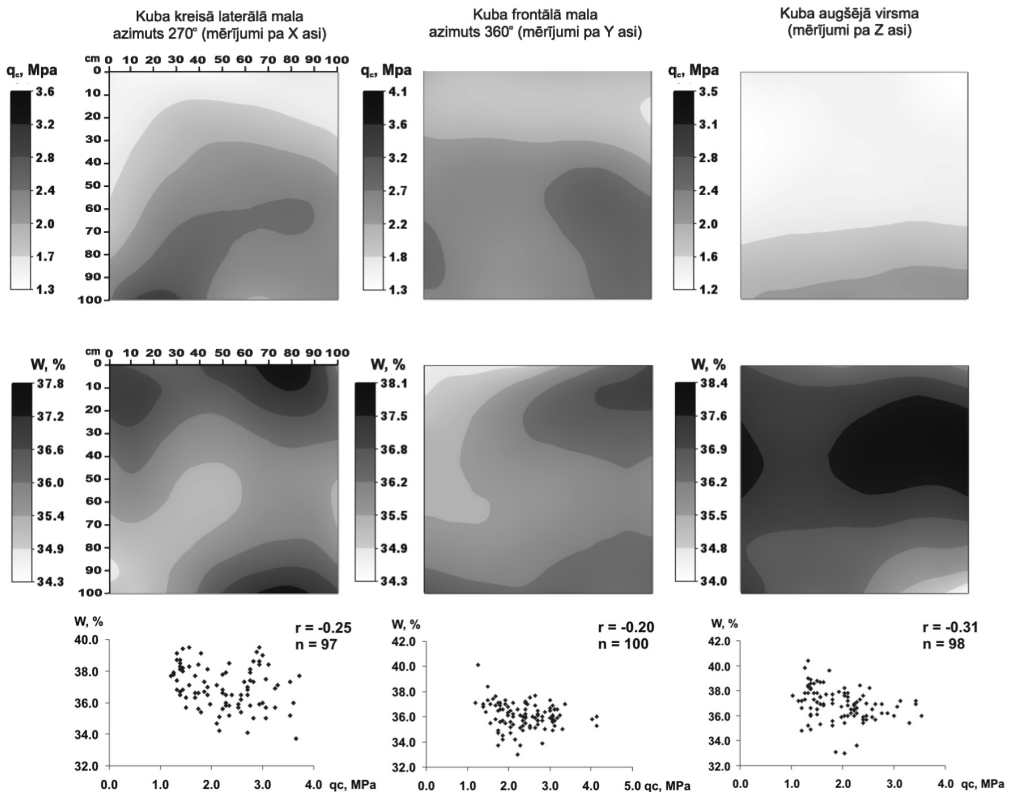
Tabulā ievietotie statistiskie rādītāji ir raksturīgi pamatmorēnai, turklāt tie ir līdzīgi un būtiski neatšķiras kādā no virzieniem. Atzīmējamas pa Y asi izvietoto mērījumu maksimālo vērtību atšķirības, kā arī visai augsta dabiskā mitruma vērtību variācija. Pastarpināti šie dati apstiprina iepriekšējos vizuālos novērtējumus par pētījumiem izvēlēta slāņa salīdzinošo viendabīgumu.

Daudz informatīvāki ir iegūtie rezultāti, ja tiek izvērtēti konusa iespiešanas pretestības un dabiskā mitruma vērtību sadalījumi un datu savstarpējā korelācija.



Uzskatāmi to norāda šo datu vizualizācija grafikos. Mērījumu veikšana noteiktā ģeometriskā tīklā ļāva analizēt mērījumu vērtības jebkurā no trim pētītiem virzieniem (asīm) kā summāri, tā arī ik pa solim 10 cm visā izveidotā kuba tilpumā.

**Instrumentālo mērījumu vērtību sadalījums uz kuba ārējām skaldnēm (malām) sniedz plašākas iespējas tās izvērtēt.** Datu iepriekšējs novērtējums norāda, ka vērtību iedalījums ir normāls un nav iegūtas ekstremālas vērtības, kas būtu izslēdzamas vai atsevišķi apstrādājamas analīzei. Iegūto rezultātu vizualizācija (3. att.) norāda, ka korelācijas koeficienti starp konusa iespiešanas pretestības un dabiskā mitruma vērtībām ir tuvi un būtiski neatšķiras no mērījumu veikšanas virziena.



3. att. Instrumentāli mērīto konusa iespiešanas pretestību (augšējā attēlu rinda) un dabiskā mitruma vērtību (vidējā attēlu rinda) iedalījums uz pētītā morēnas kuba skaldnēm (X, Y un Z – asis) un mērījumu vērtību savstarpējā korelācija (apakšējā attēlu rinda)

*Distribution of the measured cone resistance (upper row) and natural moisture (middle row) values on the measured fill cube faces (X, Y, and Z – axes) and graphs of correlation between measured values*

Savukārt atsevišķo konusa iespiešanas pretestības un dabiskā mitruma vērtību sadalījums un tā grafiskais atspoguļojums veido sarežģītu attēlu. Pētījuma vietas sagatavošana, tikai kalibrētu instrumentu lietošana, visu mērījumu vairākkārtīga pārbaude laukā un datu iepriekšēja statistiska pārbaude neļauj iegūto vērtību

salīdzinājumu interpretēt kā kļūdas vai nepilnības. Tādējādi iegūtā aina atspoguļo visai sarežģītu pētāmās vielas (glacigēno nogulumu) īpašību sadalījumu izvēlētos mērījumu veikšanas virzienos. Attēlos ir viegli pamanāma ne tikai īpašību anizotropija atkarībā no virziena (pētītās kuba skaldnes, t. i., azimuta), bet arī vērtību sadalījuma visai būtiskas atšķirības. Atzīmējams, ka tās netika konstatētas, līdz netika vizualizētas regulārā mērījumu tīklā.

**Telpiskās konstrukcijas** tika veidotas, apstrādājot mērījumu rezultātus visā pamatmorēnas kuba tilpumā, kas veikti perpendikulāri zemes virsmai (4. un 5. att. – divi kubi aksinometrijā).

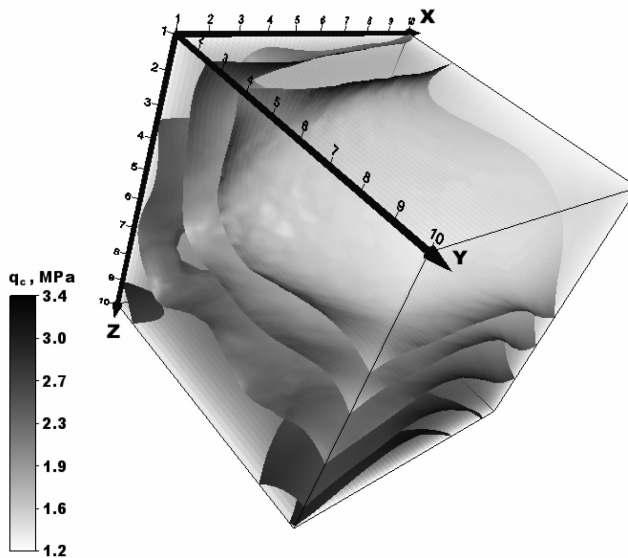
Iegūtā rezultātu vizualizācija skaidri norāda uz visai sarežģītu pētītā iežu masīva iekšējo uzbūvi, ko nosaka dažādu īpašību mikroslāņu savstarpējās attiecības telpā. Atzīmējams, ka šāda iekšējās uzbūves sarežģītība iepriekšēji netika konstatēta, ne lauka pētījumu gaitā veicot mērījumus, ne arī analizējot mērītās vērtības atsevišķās skaldnēs, un nav atpazīstama arī mērīto vērtību savstarpējās korelatīvās atkarībās.

## Diskusija

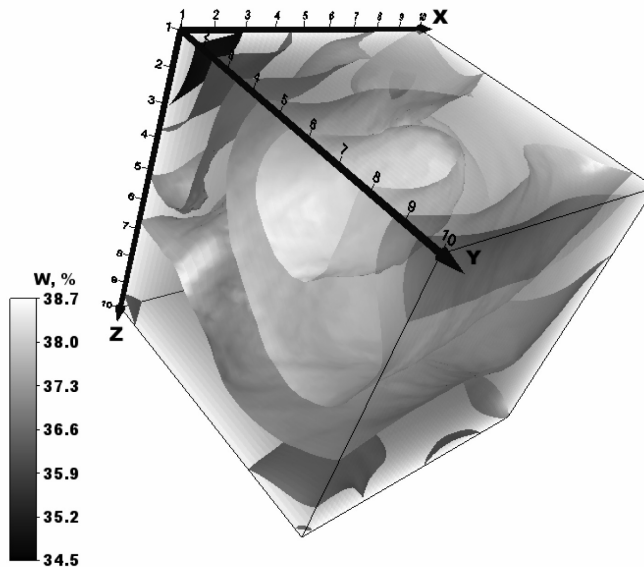
Pētījums norāda, ka instrumentālu fizikālo īpašību mērījumu vērtības ir atkarīgas no tā, kurā virzienā tās noteiktas (4. un 5. att.) – tās ir konstatējamas katrā individuālā skaldnē, to savstarpējos salīdzinājumos un vispilnīgāk – analizējot iežu masīvu tilpumā. Tomēr šādas atšķirības nav konstatējamas mērīto parametru apkopotos statistiskos rādītājos, kā arī mērījumu vērtību savstarpējā korelācijā.

Kas attiecas uz pētīto ieža – pamatmorēnas masīvu, iegūtie rezultāti liek visai būtiski pārskatīt priekšstatus par morēnas nogulumu viendabību, jo tie nereti balstās uz vizuāliem novērojumiem un vienkāršotiem saguluma elementu novērtējumiem. Šajā ziņā informatīvi var būt oļu garenasu orientācijas mērījumi, kas ļauj jau iepriekš novērtēt ietekmējošo spēku nozīmīgumu morēnas veidošanās procesā. Savukārt, novērtējot mehāniskās īpašības – konusa iespiešanas pretestību un dabisko mitrumu, ir iespējams konstatēt pētīto morēnas nogulumu nozīmīgas iekšējās uzbūves neviendabības, un tās izpaužas kā būtiskas atšķirības mērīto lielumu sadalījumā plaknē (mūsu pētījuma gadījumā – kuba skaldnēs) un jo vairāk – telpā.

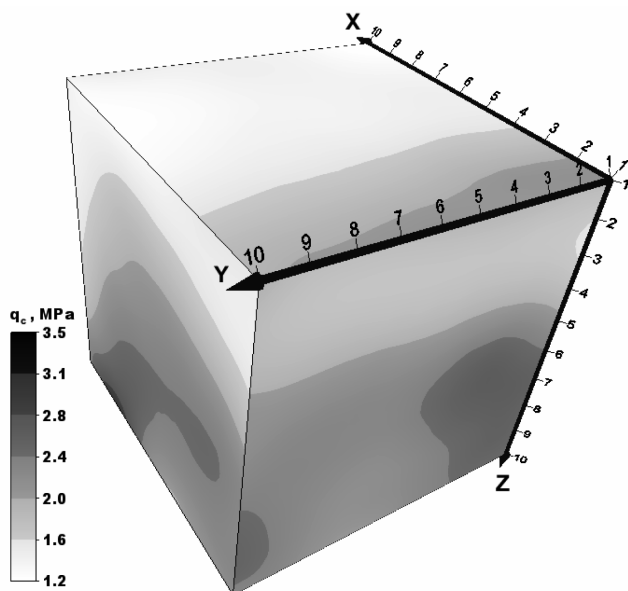
Lietišķo ģeoloģisko pētījumu skatījumā ne mazāk svarīgi ir veiktā pētījuma blakus konstatējumi – kā mainās mērīto īpašību vērtību sadalījums, ja mērījumi ir veikti perpendikulāri atsegtām skaldnēm. Iegūto rezultātu vizualizācija (6. un 7. att.) norāda uz ļoti būtiskām atšķirībām īpašību vērtību sadalījumā. Konstatētas atšķirības ir tik būtiskas, ka uz atsevišķām skaldnēm iegūtos mērījumu rezultātus tradicionālos ģeoloģiskos pētījumos neļautu droši attiecināt uz viena vecuma līdzīgos apstākļos veidojušās morēnas nogulumiem.



4. att. Konusa iespiešanas pretestības vērtību ( $q_c$ , MPa) iedalījums kuba telpā. Mērījumi veikti perpendikulāri zemes virsmai (Z – ass). Iedaļas vērtība uz asīm 0,1 m  
*Spatial distribution of the measured cone resistance values ( $Q_c$ , Mpa) in cube if measurements are made perpendicularly to the Earth's surface (Z – axis). Step value on axes – 0.1 m*

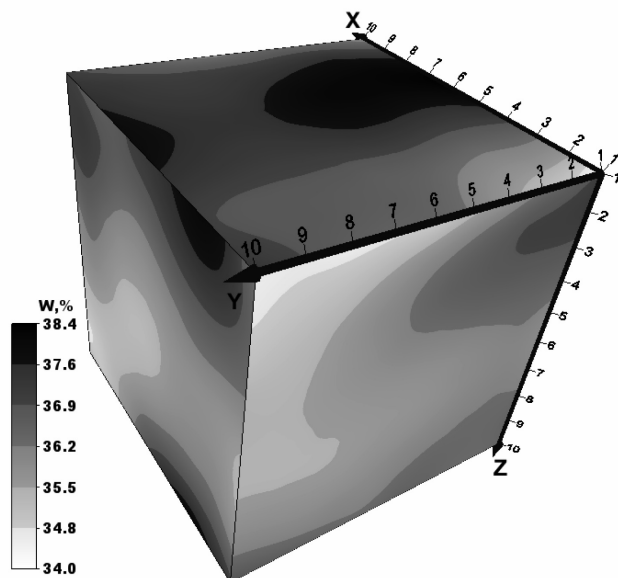


5. att. Dabiskā mitruma vērtību (W, tilp.%) iedalījums kuba telpā. Mērījumi veikti perpendikulāri zemes virsmai (Z – ass). Iedaļas vērtība uz asīm 0,1 m  
*Spatial distribution of the measured natural moisture (W, Vol. %) values in cube if measurements are made perpendicularly to the Earth's surface (Z – axis). Step value on axes – 0.1 m*



6. att. Konusa iespiešanas pretestības vērtību ( $q_c$ , MPa) iedalījums uz kuba skaldnēm. Mērījumi veikti perpendikulāri skaldnēm. Iedaļas vērtība uz asīm 0,1 m

*Spatial distribution of the measured cone resistance values ( $Q_c$ , Mpa) on cube faces if measurements are made perpendicularly to each face. Step value on axes – 0.1 m*



7. att. Dabiskā mitruma vērtību ( $W$ , tilp.%) iedalījums uz kuba skaldnēm. Mērījumi veikti perpendikulāri skaldnēm. Iedaļas vērtība uz asīm 0,1 m

*Spatial distribution of the measured natural moisture ( $W$ , Vol. %) on cube faces if measurements are made perpendicularly to each face. Step value on axes – 0.1 m*

Apzinātā īpašību sadalījuma kontrastainība droši norāda uz visai ievērojamiem riskiem kļūdaini novērtēt ledāju veidoto nogulumu īpašības un tās vispārināt, nepietiekami izzinot šo nogulumu patiesos saguluma apstākļus un īpašību sadalījumu masīvā.

## Pateicības

Pētījums realizēts ar Latvijas Zinātnes padomes granta № 08.2152 “Iežu filtrācijas īpašību pētījumi *in situ* apstākļos” un Eiropas Sociālā fonda atbalstu.

## Izmantotie informācijas avoti

- Arramon, Y., Mehrabadi, M., Martin, D., Cowin, S. (2000) A Multidimensional Anisotropic Strength Criterion Based on Melvin Modes. *International Journal of Solids and Structures*, vol. 37, № 21, 2915–2935.
- Dreimanis, A. (1980) Tills: Their Origin and Properties. In: *Glacial Till. An Inter-disciplinary Study*. Legget, R. F. (ed.) The Royal Society of Canada, p. 11–50.
- Dreimanis, A. (1988) Tills: Their Genetic Terminology and Classification. In *Genetic Classification of Glacigenic Deposits*. Goldthwait, R. P. and Matsch, C. L. (eds.) Rotterdam : A. A. Balkema, p. 17–83.
- Elson, J. A. (1961) Geology of Tills. *Proceedings of the 14th Canadian Conference on Soil Mechanics*, 5–17, Section 3.
- Hoole, E. B. (ed.) (1978) *The Engineering Behaviour of Glacial Materials. Proceedings of the Symposium Held at the University of Birmingham, 21–23rd April, 1975*. Geo Abstracts, Norwich. 240 p.
- Karpovičs, A. (2008) Glaciģēno grunšu fizikāli mehānisko īpašību izmaiņas dēdēšanas ietekmē. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Latvijas Universitātes 66. zinātniskā konference: referātu tēzes*. Rīga : LU Akadēmiskais apgāds, 2008, 199.–201. lpp.
- Legget, R. F. (ed.) (1980) *Glacial Till. An Inter-Disciplinary Study*. The Royal Society of Canada. 412 p.
- Mendoza, R. C. (2004) *Determination of Lateral Stresses in Boom Clay Using a Lateral Stress Oedometer*. Enschede : ITC. 105 p.
- Pennington, D. S., Nash, D. F. T., Lings, M. L. (2001) Horizontally Mounted Bender Elements for Measuring Anisotropic Shear Moduli in Triaxial Clay Specimens. *Geotechnical Testing Journal*, GTJODJ, vol. 24, № 2, 133–144.

## Summary

*In situ cone resistance and distribution of natural moisture values in basal till sediments were studied. In total more than 3000 detailed property measurements were made in three axes (directions) in each 10 × 10 × 10 cm cell of cube, with side length 1 m; till fabric measurements were also made. Statistical processing of the acquired data and spatial visualization of processed data were performed. This study demonstrates that the measured soil property values depend on direction of measurement. The acquired data show a fairly complicated internal structure of the studied soil massif that is governed by various property microlayer spatial interrelations.*

**Keywords:** *anisotropy, cone resistance, glacigenic sediments (soils), in situ, natural moisture.*

## Passive Sampling Approach in Environmental Analysis *Pasīvo paraugu ievākšanas pieeja vides analīžu veikšanai*

**Artis Robalds, Māris Kļaviņš**

Department of Environmental Sciences, University of Latvia  
Raiņa Blvd 19, LV-1586, Rīga, Latvia  
E-mail: *maris.klavins@lu.lv*

**Tom Frisk**

Pirkanmaa Regional Environment Centre, Yliopistonkatu 38, FIN-33100  
Tampere, Finland

Passive sampling is a sampling and analysis tool that has an increasing importance in analysis of environmental objects. Passive sampling has been applied in analysis of both inorganic and organic compounds in a variety of environments covering wide range of environmental problems. The concept of passive sampling includes accumulation of the analyte onto selective sorbent according to sampling strategies with following analytical determination of the bound substances. The devices used for passive sampling are usually based on diffusion of the analyte through a membrane on to the sorbent. In many applications, passive sampling has demonstrated an ability to simplify the sampling and sample preparation process, significantly reducing the costs of analysis, and allowed to obtain valuable analytical information about contamination problems. The technique is particularly suited for monitoring programs since it provides time-weighted average concentrations and can support extensive sampling, reducing the costs of analysis.

**Keywords:** passive sampling, sample preparation, water analysis, air analysis.

### Introduction

Environmental analysis provides new challenges for chemists and environmental scientists, stressing the importance of the sampling process as the most important step in an analytical procedure. Errors committed at this stage cannot be corrected later during the analysis. There are many sampling methods designed for studies of different environments (water, air, soil, biota, humans), which depend on the nature of the analytes and their concentration levels. At the same time, concentrations of environmental pollutants are usually low, and the success of the analysis largely depends on the concentration and clean-up stages of the analytical protocol. In most cases, it is necessary to perform additional operations on the sample before the final determination. These operations typically involve isolation of the analyte from the matrix (to reduce or eliminate possible interferences) and its preconcentration (to improve the sensitivity of the method). It may also be necessary to change the matrix or the form in which the analyte is presented into one that is compatible

with the instrument used for the final determination. Consequently, many sample preparation procedures, especially in the analysis of trace components in complex matrices (for example, environmental or biological), involve numerous steps, each of which may require hours to complete. According to various estimates, sampling and sample preparation typically account for 70–90% of the time and costs of the analysis. The next major challenge is the representativeness of the sample. A sample obtained from a river or air usually shows the composition of the analyte in the very time moment of the sampling, but it does not represent typical contamination levels over a definite time span.

Passive sampling techniques fulfil many of the requirements set up for environmental analysis (Kot-Wasik et al., 2007; Seethapathy et al., 2007; Górecki and Namieśnik, 2002). They can combine sampling, analyte isolation and preconcentration into a single step. Most passive sampling techniques require little or no use of solvent, a much simplified analyte isolation procedure (Kot-Wasik et al., 2007). Passive sampling methods usually simplify sample pretreatment and are very easy to implement (Namieśnik et al., 2005). However, as passive sampling is usually carried out to determine time-weighted average concentrations, its “response speed” is normally determined by the duration of the sampling period (Górecki and Namieśnik, 2002).

The aim of this article is to review passive sampling techniques, including their principles and selected applications.

## Passive Sampling Principles

Passive sampling is a sampling technique based on a free flow of analyte molecules from the sampled medium to a sorbent, as a result of the ability of the sorbent to selectively bind the analyte (Kot-Wasik et al., 2007; Brown, 2005). Flow of the analyte to the sorbent continues until equilibrium is established in the system, or until the sampling session is terminated by the user. In the former case, the amount of analyte collected by the sampler once equilibrium has been reached does not change with time provided that the analyte concentration in the sample medium does not fluctuate. This concentration can then be determined based on the ratio of analyte distribution between the two media involved or experimental calibration of the device (Brown, 2005). When sampling continues until the sampling session is terminated by the user, the amount of analyte collected by the sampler depends on both its concentration in the sampled medium and the exposure time. If the relationship between the sampling rate and analyte concentration is known, time-weighted average analyte concentration can be easily determined, and this has its advantages (Bartkow et al., 2005).

However, several conditions must be met for this approach to work. First, the receiving medium must act as the so-called zero sink, that is, it should not let the trapped molecules be released even if the concentration of the analyte around the sampler decreases to zero (Seethapathy et al., 2007). Second, the sampling rate (the amount of analyte collected by the sampler per time unit at constant concentration in the surrounding medium) must remain constant throughout the sampling session. This can be easily accomplished when the analyte is absorbed (for example, into a liquid receiving phase) or chemisorbed, but it can be problematic when physical

adsorption is responsible for analyte collection. In this case, only the linear portion of the adsorption isotherm should be utilized throughout the entire sampling process. Typically, this is accomplished by using high-capacity sorbents at low mass loadings (far from thermodynamic equilibrium). However, since adsorption is a competitive process, the linear range of the adsorption isotherm can be easily exceeded whenever other molecules are trapped in large amounts alongside the analyte molecules (Fowler, 1982). A typical example is sorption of water by hydrophilic adsorbents. Accurate conversion of the amount of analyte trapped into concentration becomes impossible in such cases (Kot-Wasik et al., 2007).

Truly quantitative passive sampling was introduced in 1973 for determination of  $\text{NO}_2$  (Palmes and Gunnison, 1973) and  $\text{SO}_2$  (Reiszner and West, 1973) in the air. Hundreds of papers devoted to the development of new types and applications of passive samplers have been published since then. Even though the details of implementation vary widely among different types of passive samplers, nearly all share certain common characteristics, the most important of which is the presence of a barrier between the sampled medium and the collecting medium (Kot-Wasik et al., 2007). The barrier should define the rate at which analyte molecules are collected at a given concentration, which is crucial for quantitative analysis. It should also eliminate or minimize the effects of external factors (such as the velocity of the sampled medium at the entrance of the sampler, humidity, and temperature) on the sampling rate. In practice, the barrier usually falls into one of two categories – diffusion or permeation – which form the basis for the most general classification of passive samplers (Harper and Purnell, 1987). The sampling process is similar for both types of samplers. Once they are exposed to the examined medium, they collect analyte molecules, reaching the collecting medium by diffusion through a static layer of the examined medium contained in well-defined opening(s) in the sampler, or by permeation through a nonporous membrane. In both cases, the driving force for the transport is the difference in the chemical potential of the analyte on both sides of the barrier. This difference arises when analyte molecules are trapped by the collecting medium, which results in a concentration or vapour-pressure gradient across the barrier. An ideal collecting medium has 100% collection efficiency, which means that analyte concentration near the surface of the medium is zero. In practice, the collection efficiency rarely approaches the ideal. Once the sampling session is completed, the amount of the analyte collected must be determined. Determination of the analyte is done using various procedures, the details of which differ depending on the sampler type, examined medium, etc. Interested readers can consult some of the numerous review papers published on this topic (Kot-Wasik et al., 2007; Namiesnik et al., 2005; Seethapathy et al., 2007; Vrane et al., 2005) and the references cited therein. The last step in any procedure is the conversion of the amount of analyte found in the sampler after the measuring session into its concentration in the examined medium.

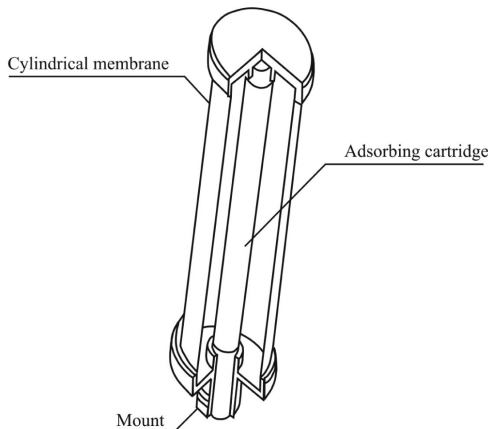
## Practical Implementation

Passive samplers can have many different forms, depending on the sampling principle and the sampled medium. Since gas sampling by passive devices is the most widespread, it will be discussed first.

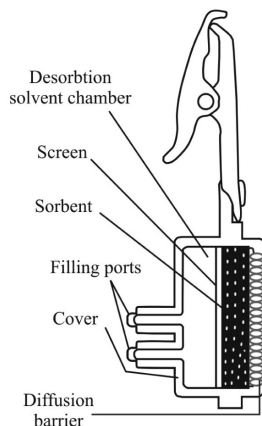


## 1) Gas Sampling

Passive air samplers are manufactured by numerous suppliers of analytical equipment (such as Perkin-Elmer, Draeger, 3M, SKC, and DuPont). They can be most generally classified into two types – tube (Fig. 1) and badge (Fig. 2).

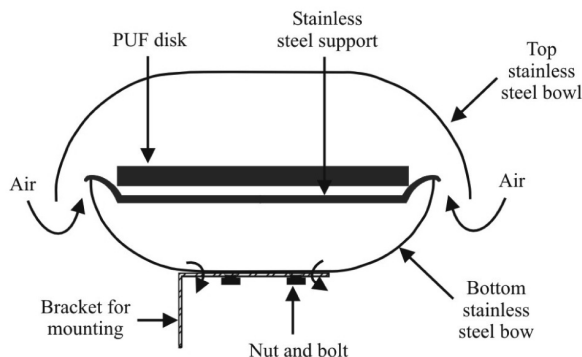


*Fig. 1. Design of the cylindrical passive sampler*



*Fig. 2. Example of design of a badge-type passive sampler for air sampling*

Diffusive samplers are most often tube-type devices (Fig. 3). The tubular part of the sampler defines the diffusion barrier. If the diffusion barrier defined by the sampler is not efficient enough, the sampling rate of the sampler can be so high that it leads to depletion of the analyte in the air around the tube inlet, especially when the air around the inlet is stagnant or moves very slowly. Consequently, the sampling rate of the sampler decreases, and the accuracy of the measurement suffers. This effect can be eliminated either by making sure that air velocity around the sampler is high enough, or by properly selecting the geometry of the sampler (Brown et al., 1984; Brown, 1993).



*Fig. 3. Design of the diffusion passive sampler*

Badge-type diffusion samplers are also used (Fig. 2). A layer of microporous material separating the collecting medium from the outside air usually defines the diffusion barrier in such devices (Krupa and Legge, 2000).

Recently, solid-phase microextraction (SPME) has been proposed (Pawliszyn, 1997) as an interesting alternative to conventional diffusive passive samplers (Kozdron-Zabiegała et al., 1995; Tudari et al., 2005). SPME is a sampling technique based on equilibration of the analytes between the matrix and a stationary phase. Solid phase microextraction (SPME) gives information about time-weighted average concentrations. One limitation in the use of SPME for passive sampling is the availability of coatings that can act as “zero sinks”. The most popular poly-(dimethylsiloxane) (PDMS) coating can be used for this purpose only for analytes with coating/air partition coefficients greater than 1000 (Kozdron-Zabiegała, 1995).

Permeation passive samplers are most often badge-type, although tube-type designs are also known. The badge design is dictated by the need to have a large surface area of the membrane in order to achieve useful sampling rates. Air velocity has virtually no effect on the sampling rate of permeation samplers because the permeability constants of the analytes are several orders of magnitude lower than their diffusion coefficients in air. Consequently, analyte depletion in the vicinity of the sampler does not occur even in stagnant air.

Fig. 4 presents examples of the design of two commercially available passive samplers.

Determination of the amount of analyte collected by the sampler is the last experimental step in the process. In some designs, the amount of the analyte can be determined directly, for example from the length of a color stain (as in indicator tubes) (Aizenberg, 2000). In a vast majority of cases, however, the analyte (or its conversion product) must be isolated from the collecting medium prior to its final determination (Boleij, 1986). In other designs, the collecting medium must first be transferred to a suitable device or vessel. The manner in which final determination is carried out depends on the analyte and the sampler type. It should also be pointed out that, in many cases, the sampling process must be preceded by calibration of the sampler (Kasper-Giebl et al., 1999; Yanagisawa and Nishimura, 1982). This is

usually done by exposing the sampler to a known concentration of the analyte(s) for a defined period of time, followed by the determination of the amount of the analyte collected and calculation of the sampling rate (Ayers, 1998).

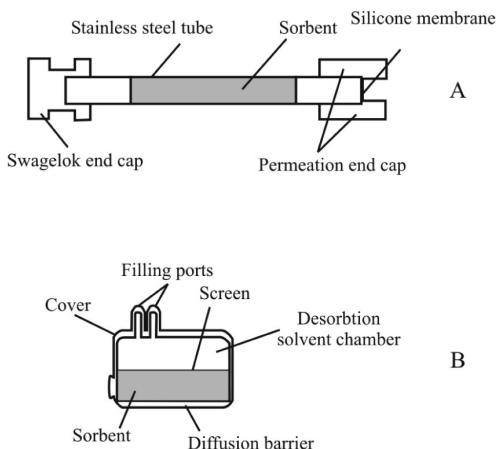


Fig. 4. Design of two permeation-type passive samplers

## 2) Liquid Sampling

Passive sampling of liquid samples has a much shorter history than that of gaseous samples. Sodergren was the first to use a hydrophilic dialysis bag filled with hexane for passive sampling of non-polar aqueous pollutants (Sodergren, 1987). Passive devices for water sampling used today generally fall into two categories: membrane and diffusion. An in-depth discussion of passive sampling of water can be found in Kot et al., 2000; Vrana et al., 2005. Membrane-based passive samplers fall into two main categories: semi-permeable membrane (SPM), including semi-permeable membrane devices (SPMDs); and supported liquid membrane (SLM). In the simplest implementation, a SPM is a bag or a tube (often laid flat) made of a suitable material and filled with a liquid collecting medium. Although dialysis membranes were used most in early studies, they suffer from several drawbacks, including relatively low chemical stability and susceptibility to microbial degradation. Non-porous films made of hydrophobic synthetic polymers (such as polyethylene or polypropylene) are more resistant to solvents and biodegradation, so they are generally more advantageous for SPM applications. Typical concentration factors reported for SPM samplers of this kind are of the order of several hundred. More complex designs are also used for SPM samplers. Litten and coworkers (Litten et al., 1993) introduced a device called PISCES (passive in-situ concentration-extraction sampler), which is a solvent-filled passive sampler equipped with two polyethylene membranes to maximize the sampling rate. The use of solvents as collecting media has advantages and disadvantages. Solvents collect analytes from water through concentration gradient driven partitioning (Litten et al., 1993; Zabiegała et al., 2000; Vrana et al., 2000; Johnson et al., 2005). The main disadvantage of SPMDs is the complex procedure required to recover the analytes from the triolein collecting medium.

The analytes are recovered through dialysis using non-polar solvents, followed by concentration of the extract and its clean-up. The procedure is quite tedious and takes several days to complete. Nevertheless, SPMDs find widespread applications in water analysis (Johnson et al., 2005). Interestingly, the use of SPMDs for air analysis is being reported increasingly (Paschke and Popp, 2005). SLM devices are based on porous PTFE membranes impregnated with an organic solvent and separating the sample from a stripping solution (Prado et al., 1996). They are most often used to extract ions from water. While analyte transport through the membrane is driven by the difference in chemical potentials, the sample and the stripping solution are most often forced through channels in a special device; therefore, they are not true passive samplers. However, the principle could be relatively easily applied in passive sampling. Diffusion-based passive samplers find much less widespread applications in water analysis (Johnson et al., 2005). They typically use solid sorbents as the collecting medium. In the simplest implementation, a sorbent bed is directly exposed to water. Addition of a well-defined diffusion barrier helps define the sampling rate. SPME can be considered as a variant of diffusion-based passive sampling methods. In fact, whenever the SPME fiber is exposed to water, diffusion-based passive sampling takes place. In laboratory settings, analyte transport is usually enhanced by stirring the sample during sampling. However, SPME devices can also be deployed in the field by exposing them directly to the body of water of interest. Because of the relatively short time required to reach equilibrium, SPME is particularly suited for passive grab sampling. Nilsson and others (1998) used a remotely actuated SPME device to passively sample organic contaminants in groundwater in situ.

## Applications

Table presents the main application areas of passive sampling. Overall, this technique is most often used for the determination of time weighted average (TWA) concentrations of analytes. Passive sampling is particularly suited for this purpose, because a single device and a single determination are sufficient to yield information on the TWA concentration of the analyte during the entire exposure period. By contrast, grab sampling represents conditions only at the time of sampling; so, for an accurate determination of the TWA concentration, it is necessary to collect enough samples to cover the entire period of interest. The number of samples collected in this way can be quite large to gain the same TWA information. If the samples are not analyzed on-site, it is necessary to use a corresponding number of sampling devices or containers, which can be expensive; besides, the overall cost of the analysis is the product of the cost of a single determination and the number of individual grab samples. Thus, accurate determination of TWA concentrations using grab samples can be prohibitively expensive, especially if the period of interest is long. Moreover, by concentrating the analytes on-site, passive sampling avoids problems associated with changes in the composition of the sample during transport and/or storage. However, grab sampling is better suited to the detection of short-term changes in analyte concentration. So far, passive samplers have found numerous applications in the analysis of a wide spectrum of both organic and inorganic compounds in air, as well as in the analysis of organic pollutants in soil, which has also been reported.

Table

**Principles and examples of the passive sampler functioning**

Type of passive sampler	Functioning principle	Analytes	References
Ceramic dosimeter	Ceramic dosimeters consist of a ceramic tube filled with water-saturated adsorbent material and closed with a cap at each end. The analytes are accumulated by diffusion from water through the ceramic membrane into the adsorbent bed. The ceramic membrane can be custom-tailored to have different pore sizes; it can even be made effectively impermeable to water molecules.	Volatile chlorinated hydrocarbons, PAHs, BTEX, chlorinated hydrocarbons	Bopp et al., 2005 Martin et al., 2003
Chemcatcher	The chemcatcher's system uses a diffusion-limiting membrane and a bound, solid-phase receiving phase. The diffusion-limiting membrane and the solid-phase receiving material are supported and sealed in place by inert plastic housing. A number of designs are available with different combinations of the receiving phase and the diffusion-limiting membrane.	Polar or nonpolar organics, some persistent organic pollutants, organochlorine pesticides, PCBs, PAHs, Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn	Vrana et al., 2006; Vrana et al., 2007 Kingston et al., 2000
DGT – diffusion gradients in thin films	The sampler is made of plastic and consists of three layers. The first (a filter membrane) consists of a resin-impregnated gel layer (metal-binding layer). A plastic outer sleeve is placed over the base in order to secure the layers and to inhibit water ingress into the resin gel. The resin layer is overlain by a diffusive layer. Ions have to diffuse through the filter and the diffusive layer to reach the resin layer. It is the establishment of a constant concentration gradient in the diffusive layer that forms the basis for quantitative measuring of metal concentration in a solution without the need for separate calibration.	Metals (including common heavy metals), trace elements, inorganic ions	Peters et al., 2003; Zhang and Davison, 2001 Kovaříková et al., 2007
MESCO – membrane-enclosed sorptive coating	The sampler consists of a hydrophobic solid receiving phase enclosed in a water-filled hydrophilic semipermeable membrane.	Hydrophobic substances (organochlorine pesticides, PAHs, PCBs)	Vrana et al., 2006 Paschke et al., 2006
PDB – polyethylene diffusion bag samplers	PDB samplers are made of low density polyethylene film which serves as a semi-permeable membrane. The membrane is formed into the shape of a tube to create a sample chamber which is filled with de-ionized water and sealed.	Polar organic compounds, VOCs, metals, trace elements	Vroblesky and Hyde, 1997 Harte, 2002

Type of passive sampler	Functioning principle	Analytes	References
PLM – permeation liquid membrane	Microporous hydrophobic support separating test solution from receiving solution	Metals (including common heavy metals), trace elements	Bayen et al., 2007 Bayen et al., 2006 Slaveykova et al., 2004 Parthasarathy et al., 2004
POCIS – polar organic chemical integrative sampler	The POCIS consists of a solid material (sorbent) contained between two microporous polyethersulfone membranes. The membranes allow water and dissolved chemicals to pass through to the sorbent where the chemicals are trapped. The type of sorbent used can be changed to specifically target certain compounds or chemical classes.	Pesticides, phenoxyacids, pharmaceuticals, drugs, antibiotics, estradiols and estrone, estriol, alkylphenols, caffeine, antibacterial and antifungal agents, herbicides	MacLeod et al., 2007  Jones-Lepp et al., 2004  Alvarez et al., 2005
SLM – supported liquid membrane	A strip solution with strong complexing agent is separated from the test solution by a macroporous hydrophobic membrane.	Divalent metal ions, herbicides	Jönsson and Mathiasson, 1999  Drapała et al., 2001
solvent-filled dialysis membranes	Non-polar solvent-filled tubings of cellulose acetate or polyethylene	Hydrophobic organic compounds	Sabaliunas and Sodergren, 1996 Hyne and Aistrope, 2008 Sodergren, 1987
SPMD – semi-permeable membrane devices	SPMDs comprise lay-flat tubing made of low-density polyethylene filled with a high-molecular weight lipid, typically high-purity synthetic triolein.	Hydrophobic semi-volatile organic compounds, dioxins and furans, hydrophobic substances (PCBs, PAHs, organochlorine pesticides)	Bennett et al., 1996  Verweij et al., 2004  Petty et al., 1993
SPME – solid phase micro extraction	Fibers coated with a sorbent layer filled in a syringe	Hydrophobic volatile organic compounds, pesticides, PAHs, PCBs	Arthur and Pawliszyn, 1998  Gorlo et al., 1999
Analyst	The sampler consists of a glass cylinder (20 mm I.D. x 20 mm diffusive path length) closed at the base and threaded near the opening. The plastic cap of the sampler is equipped with a Teflon-lined rubber septum. The sorbent is situated on the bottom within a stainless-steel viewing ring.	Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs); aromatic hydrocarbons, aliphatic hydrocarbons, alcohols, esters; NO <sub>x</sub> ; VOCs, SO <sub>2</sub>	Manes et al., 2003  De Santis et al., 2004  Bertoni et al., 2004

Type of passive sampler	Functioning principle	Analytes	References
Group of SKC passive samplers	SKC passive samplers consist of a plastic cylindrical diffusive body (diameter 3.5 cm, depth 1.5 cm) and a sorbent placed inside the body.	Terpenes, VOCs, NO <sub>x</sub> , methylene chloride	Strandberg et al., 2005 Gioda et al., 2007 Yost and Harper, 2000
Ogawa passive sampler	The sampler body is 2 cm (outer diameter) × 3 cm (length) and has two independent cavities (1.4 cm inner diameter) each containing a diffusive-barrier end-cap, a reactive filter between the inner and outer stainless steel screen, and a retainer ring over a base pad.	O <sub>3</sub> , NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	Roadman et al., 2003 Sather et al., 2007 Yamada et al., 1999 Gilbert et al., 2003
ORSA 5 passive samplers	The ORSA 5 is a tube-type diffusive passive sampler containing 400 mg of activated charcoal. The cross-sectional area is 0.88 cm <sup>2</sup> with a diffusion distance of 0.5 cm.	VOCs; aromatic hydrocarbons, aliphatic hydrocarbons, alcohols, esters	Ilgen et al., 2001 Begerow et al., 1999
Group of OMV samplers	OMV samplers are badge-type passive permeation samplers consisting of a permeable membrane and an activated charcoal pad (180 mg) assembled in a disk-shaped plastic holder. The cross-sectional area through which diffusion occurs is ~7.07 cm <sup>2</sup> , the diffusion distance (length) is ~1 cm.	Aromatic hydrocarbons, aliphatic hydrocarbons, alcohols, esters, terpenes, VOCs, aldehydes and ketones, CS <sub>2</sub>	Schlink et al., 2004 Schneider et al., 2001 Tovalin-Ahumada and Whitehead, 2007
POG – polymer-coated glass passive sampler	The passive sampler consists of thin films of ethylene vinyl acetate coated on the inside and outside surfaces of a hollow glass cylinder.	Persistent organic pollutants, polychlorinated biphenyls (PCBs)	Harner et al., 2003 Farrar et al., 2006
PUF – polyurethane foam passive sampler	The passive sampler consists of two stainless steel bowls connected with an external “S” metal clamp. The PUF sorbent is placed in the bottom bowl with the help of a stainless steel support. The space between the two bowls and the openings in the bottom bowl provide air and analyte movement in and out of the arrangement.	Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs); polychlorinated biphenyls (PCBs); polybrominated diphenyl esters (PBDEs); organochlorine pesticides (OCPs); VOCs and SVOCs	Tuduri et al., 2006 Hazrati and Harrad, 2007 Shoeib et al., 2008
Radiello passive sampler	The Radiello sampler consists of a stainless steel net coaxial cylindrical cartridge (70 mm long, filled with an adsorbent) placed inside the cylindrical diffusive body made of polycarbonate and microporous polyethylene.	Aromatic hydrocarbons, aliphatic hydrocarbons, alcohols, esters; aldehydes and ketones; VOCs	Bruno et al., 2005 Pennequin-Cardinal et al., 2005 Angiuli et al., 2003

## Conclusions

Despite its relatively long history, passive sampling is still developing. It has many significant advantages, including simplicity, low cost, no need for expensive and sometimes complicated equipment, no power requirements, unattended operation, and the ability to produce accurate results. There also are some limitations that may sometimes be difficult to overcome, probably the most important of which is the possible effect of environmental conditions (such as temperature, air movement, and humidity) on the analyte uptake. Despite such concerns, many users find passive sampling an attractive alternative to more established sampling procedures. To gain more general appeal, however, broader regulatory acceptance would probably be required. Passive sampling is most often used for the determination of TWA concentrations, when the response time of the samplers is dictated by the length of the period studied. Once the measurement session is completed, however, passive sampling very often significantly simplifies further steps in the analytical procedure, as it generally combines sampling and sample preconcentration into a single step. Thus, with a few exceptions, passive sampling shortens the time between sample collection and analysis, improving the response time of the entire system. It is also possible to apply passive techniques for grab sampling, in which case the response time of the analytical system can be very short compared to other techniques. Overall, we believe that the full potential of passive sampling techniques is not yet fully realized. Hopefully, this will change in the not-too-distant future.

## References

- Aizenberg, V., Grinshpun, S. A., Willeke, K., Smith, J., Baron, P. A. (2000) Performance Characteristics of the Button Personal Inhalable Aerosol Sampler. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 61 (3), 398–404.
- Alvarez, D. A., Stackelberg, P. E., Petty, J. D., Huckins, J. N., Furlong, E. T., Zaugg, S. D., Meyer, M. T. (2005) Comparison of a Novel Passive Sampler to Standard Water-Column Sampling for Organic Contaminants Associated with Wastewater Effluents Entering a New Jersey Stream. *Chemosphere*, 61 (5), 610–622.
- Angiuli, L., Bruno, P., Caputi, M., Caselli, M., De Gennaro G., De Rienzo, M. (2003) Radial Passive Samplers for Air Quality Monitoring. Comparison in Field with a BTEX Automatic Analyser. Preliminary Results. *Fresenius Environ. Bull.*, 12 (10), 1167–1172.
- Arthur, C. L., Pawliszyn, J. (1998) Solid-Phase Microextraction with Thermal Desorption Using Fused Silica Optical Fibers. *Anal. Chem.*, 62 (19), 2145–2148.
- Ayers, G. P., Keywood, M. D., Gillett, R., Manins, P. C., Malfroy, H., Bardsley, T. (1998) Validation of Passive Diffusion Samplers for SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub>. *Atmos. Environ.*, 32 (20), 3587–3592.
- Bartkow, M. E., Booi, K., Kennedy, K. E., Müller, J. F., Hawker, D. W. (2005) Passive Air Sampling Theory for Semivolatile Organic Compounds. *Chemosphere*, 60 (2), 170–176.
- Bayen, S., Worms, I., Parthasarathy, N., Wilkinson, K., Buffle, J. (2006) Cadmium Bioavailability and Speciation Using the Permeation Liquid Membrane. *Anal. Chim. Acta*, 575 (2), 267–273.
- Bayen, S., Wilkinson, K. J., Buffle, J. (2007) The Permeation Liquid Membrane as a Sensor for Free Nickel in Aqueous Samples. *Analyst*, 132 (3), 262–267.



- Begerow, J., Jermann, E., Keles, T., Dunemann, L. (1999) Performance of Two Different Types of Passive Samplers for the GC/ECD-FID Determination of Environmental VOC Levels in Air. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 363 (4), 399–403.
- Bennett, E. R., Metcalfe, T. L., Metcalfe, C. D. (1996) Semi-Permeable Membrane Devices (SPMDs) for Monitoring Organic Contaminants in the Otonabee River, Ontario. *Chemosphere*, 33 (3), 363–375.
- Bertoni, G., Ciuchini, C., Tappa, R. (2004) Long-Term Diffusive Samplers for the Indoor Air Quality Evaluation. *Ann. Chim. (Rome)*, 94 (9–10), 637–646.
- Boleij, J. S. M., Leuret, E., Hoek, F., Noij, D., Brunekreef, B. (1986) The Use of Palmes Diffusion Tubes for Measuring NO<sub>2</sub> in Homes. *Atmos. Environ.*, 20 (3), 597–600.
- Bopp, S., Weiss, H., Schirmer, K. (2005) Time-Integrated Monitoring of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Groundwater Using the Ceramic Dosimeter Passive Sampling Device. *J. Chromatogr. A*, 1072 (1), 137–147.
- Brown, R. H., Harvey, R. P., Purnell, C. J., Saunders, K. J. (1984) A Diffusive Sampler Evaluation Protocol. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 45 (2), 67–75.
- Brown, R. H. (1993) The Use of Diffusive Samplers for Monitoring of Ambient Air. *Pure Appl. Chem.*, 65 (8), 1859–1874.
- Brown, R. H. (2005) Monitoring the Ambient Environment with Diffusive Samplers: Theory and Practical Considerations. *J. Environ. Monit.*, 2 (1), 1–9.
- Bruno, P., Caputi, M., Caselli, M., De Gennaro, G., De Rienzo, M. (2005) Reliability of a BTEX Radial Diffusive Sampler for Thermal Desorption: Field Measurements. *Atmos. Environ.*, 39 (7), 1347–1355.
- De Santis, F., Fino, A., Menichelli, S., Vazzana, C., Allegrini, I. (2004) Monitoring the Air Quality Around an Oil Refinery Through the Use of Diffusive Sampling. *Anal. Bioanal. Chem.*, 378 (3), 782–788.
- Drapała, A., Dzygiel, P., Jönsson, J. A., Wieczorek, P. (2001) Supported Liquid Membrane Extraction of Peptides. *Acta Biochim. Pol.*, 48 (4), 1113–1116.
- Fowler, W. K. (1982) Fundamentals of Passive Vapor Sampling. *Am. Lab.*, 14 (1), 80–87.
- Gilbert, N. L., Woodhouse, S., Stieb, D. M., Brook, J. R. (2003) Ambient Nitrogen Dioxide and Distance from a Major Highway. *Sci. Total Environ.*, 312 (1–3), 43–46.
- Gioda, A., Hanke, H., Elias-Boneta, A., Jiménez-Veleza, B. (2007) A Pilot Study to Determine Mercury Exposure Through Vapor and Bound to PM10 in a Dental School Environment. *Toxicol. Ind. Health*, 23 (2), 103–113.
- Górecki, T., Namieśnik, J. (2002) Passive Sampling. *Trends Anal. Chem.*, 21 (4), 276–291.
- Gorlo, D., Zygmunt, B., Dudek, M., Jaszek, A., Pilarczyk, M., Namieśnik, J. (1999) Application of Solid-Phase Microextraction to Monitoring Indoor Air Quality. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 363 (7), 696–699.
- Harper, M., Purnell, C. J. (1987) Diffusive Sampling – a Review. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 48 (3), 214–218.
- Harte, P. T. (2002) Comparison of Temporal Trends in VOCs as Measured with PDB Samplers and Low-Flow Sampling Methods. *Ground Water Monit. Rem.*, 22 (2), 45–47.
- Hyne, R. V., Aistrop, M. (2008) Calibration and Field Application of a Solvent-Based Cellulose Membrane Passive Sampling Device for the Monitoring of Polar Herbicides. *Chemosphere*, 71 (4), 611–620.
- Ilgen, E., Karfich, N., Levsen, K., Angerer, J., Schneider, P., Heinrich, J., Wichmann, H. E., Dunemann, L., Begerow, J. (2001) Aromatic Hydrocarbons in the Atmospheric Environment: Part I. Indoor Versus Outdoor Sources, the Influence of Traffic. *Atmos. Environ.*, 35 (7), 1235–1252.
- Johnson, B. T., Huckins, J. N., Petty, J. D., Clark, R. C. (2000) Collection and Detection of Lipophilic Chemical Contaminants in Water, Sediment, Soil, and Air: SPMD-TOX. *Environ. Technol.*, 15 (3), 248–252.

- Jones-Lepp, T. L., Alvarez, D. A., Petty, J. D., Huckins J. N. (2004) Polar Organic Chemical Integrative Sampling and Liquid Chromatography-Electrospray/Ion-Trap Mass Spectrometry for Assessing Selected Prescription and Illicit Drugs in Treated Sewage Effluents. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 47 (4), 427–439.
- Jönsson, J. A., Mathiasson, L. (1999) Liquid Membrane Extraction in Analytical Sample Preparation II. Applications. *TrAC, Trends Anal. Chem.*, 18 (5), 325–334.
- Kasper-Giebl, A., Krenn, S., Puxbaum, H. (1999) Laboratory and Field Measurements of a Badge Type Passive Sampler for the Determination of Ambient Sulfur Dioxide Concentrations. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 363 (1), 73–76.
- Kingston, J. K., Greenwood, R., Mills, G. A., Morrison, G. M., Persson, B. L. (2000) Development of Novel Passive Sampling System for the Time-Averaged Measurement of a Range of Organic Pollutants in Aquatic Environments. *J. Environ. Monit.*, 2 (1), 487–495.
- Kot, A., Zabiegała, B., Namieśnik, J. (2000) Passive Sampling Method for Long-Term Monitoring of Organic Pollutants in Water Environment. *Trends Anal. Chem.*, 19, 446–459.
- Kot-Wasik, A., Zabiegała, B., Urbanowicz, M., Dominiak, E., Wasik, A., Namieśnik, J. (2007) Advances in Passive Sampling in Environmental Studies. *Anal. Chim. Acta*, 602, 141–163.
- Kovaříková, V., Dočekalová, H., Dočekal, B., Podborská, M. (2007) Use of the Diffusive Gradients in Thin Films Technique (DGT) with Various Diffusive Gels for Characterization of Sewage Sludge-Contaminated Soils. *Anal. Bioanal. Chem.*, 389 (7–8), 2303–2311.
- Kozdroń-Zabiegała, B., Namieśnik, J., Przyjazny, A. (1995) Use of Passive Dosimeters for Evaluation of the Quality of Indoor and Outdoor Air. *Indoor Environ.*, 4 (3–4), 189–203.
- Krupa, S. V., Legge, A. H. (2000) Passive Sampling of Ambient, Gaseous Air Pollutants: an Assessment from an Ecological Perspective. *Environ. Pollut.*, 107 (1), 31–45.
- Litten, S., Mead, B., Hassett, J. (1993) Application of Passive Samplers (PISCES) to Locating a Source of PCBs on the Black River, New York. *Environ. Toxicol. Chem.*, 12 (4), 639–647.
- MacLeod, S. L., McClure, E. L., Wong, C. S. (2007) Laboratory Calibration and Field Deployment of the Polar Organic Chemical Integrative Sampler for Pharmaceuticals and Personal Care Products in Wastewater and Surface Water. *Environ. Toxicol. Chem.*, 26 (12), 2517–2529.
- Manes, F., De Santis, F., Giannini, M. A., Vazzana, C., Capogna, F., Allegrini, I. (2003) Integrated Ambient Ozone Evaluation by Passive Samplers and Clover Biomonitoring Mini-Stations. *Sci. Total Environ.*, 308 (1), 133–141.
- Martin, H., Patterson, B. M., Davis, G. B. (2003) Field Trial of Contaminant Groundwater Monitoring: Comparing Time-Integrating Ceramic Dosimeters and Conventional Water Sampling. *Environ. Sci. Technol.*, 37 (7), 1360–1364.
- Namieśnik, J., Zabiegała, B., Kot-Wasik, A., Partyka, M., Wasik, A. (2005) Passive Sampling and/or Extraction Techniques in Environmental Analysis: a Review. *Anal. Bioanal. Chem.*, 381 (2), 279–301.
- Nilsson, T., Montanarella, L., Baglio, G., Tilio, R., Bidoglio, G., Facchetti, S. (1998) Analysis of Volatile Organic Compounds in Environmental Water Samples and Soil Gas by Solid-Phase Microextraction. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 69 (3), 217–266.
- Palmes, E. D., Gunnison, A. F. (1973) Personal Monitoring Device for Gaseous Contaminants. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 34 (2), 78–81.
- Parthasarathy, N., Pelletier, M., Buffle, J. (2004) Permeation Liquid Membrane for Trace Metal Speciation in Natural Waters. Transport of Liposoluble Cu(II) Complexes. *J. Chromatogr. A*, 1025 (1), 33–40.
- Paschke, H., Popp, P. (2005) New Passive Samplers for Chlorinated Semi Volatile Organic Pollutants in Ambient Air. *Chemosphere*, 58 (7), 855–863.

- Paschke, A., Schwab, K., Brümmer, J., Schüürmann, G., Paschke, H., Popp, P. (2006) Rapid Semi-Continuous Calibration and Field Test of Membrane-Enclosed Silicone Collector as Passive Water Sampler. *J. Chromatogr. A*, 1124 (1–2), 187–195.
- Pawliszyn, J. (1997) *Solid Phase Microextraction: Theory and Practice*. New York : Wiley-VCH. 266 p.
- Pennequin-Cardinal, A., Plaisance, H., Locoge, N., Ramalho, O., Kirchner, S., Galloo, J. (2005) Performances of the Radiello Diffusive Sampler for BTEX Measurements: Influence of Environmental Conditions and Determination of Modelled Sampling Rates. *Atmos. Environ.*, 39 (14) 2535–2544.
- Peters, A. J., Zhang, H., Davison, W. (2003) Performance of the Diffusive Gradients in Thin Films Technique for Measurement of Trace Metals in Low Ionic Strength Freshwaters. *Anal. Chim. Acta*, 478 (2), 237–244.
- Petty, J. D., Huckins, J. N., Zajicek, J. L. (1993) Application of Semipermeable Membrane Devices (SPMDs) as Passive Air Samplers. *Chemosphere*, 27 (9), 1609–1624.
- Prado, C., Periago, J. F., Sepúlveda-Escrivano, A. (1996) Sorbent Evaluation for Diffusive Monitoring of Environmental Contaminants. *J. Chromatogr. A*, 719 (1), 87–93.
- Reiszner, K. D., West P. W. (1973) Collection and Determination of Sulfur Dioxide Incorporating Permeation and West-Gaek Procedure. *Environ. Sci. Technol.*, 7 (6), 526–532.
- Roadman, M. J., Scudlark, J. R., Meisinger, J. J., Ullman, W. J. (2003) Validation of Ogawa Passive Samplers for the Determination of Gaseous Ammonia Concentrations in Agricultural Settings. *Atmos. Environ.*, 37 (17), 2317–2325.
- Sabaliunas, D., Södergren, A. (1996) Uptake of Organochlorine Pesticides by Solvent-Filled Cellulose and Polyethylene Membranes. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 35 (2), 150–155.
- Sather, M., Slonecker, E., Mathew, J., Daughtrey, H., Williams, D. (2007) Evaluation of Ogawa Passive Sampling Devices as an Alternative Measurement Method for the Nitrogen Dioxide Annual Standard in El Paso, Texas. *Environ. Monit. Assess.*, 124 (1–3), 211–221.
- Schlink, U., Rehwagen, M., Damm, M., Richter, M., Borte, M., Herbarth, O. (2004) Seasonal Cycle of Indoor-VOCs: Comparison of Apartments and Cities. *Atmos. Environ.*, 38 (8), 1181–1190.
- Schneider, P., Gebefügi, I., Richter, K., Wölke, G., Schnelle, J., Wichmann, H. E., Heinrich, J. (2001) Indoor and Outdoor BTX Levels in German Cities. *Sci. Total Environ.*, 267 (1–3), 41–51.
- Seethapathy, S., Górecki, T., Li, X. (2007) Passive Sampling in Environmental Analysis. *J. Chromatogr. A*, 1184 (1–2), 234–253.
- Shoeib, M., Harner, T. (2002) Characterization and Comparison of Three Passive Air Samplers for Persistent Organic Pollutants. *Environ. Sci. Technol.*, 36 (19), 4142–4151.
- Slaveykova, V. I., Parthasarathy, N., Buffle, J., Wilkinson, K. J. (2004) Permeation Liquid Membrane as a Tool for Monitoring Bioavailable Pb in Natural Waters. *Sci. Total Environ.*, 328 (1–3), 55–68.
- Södergren, A. (1987) Solvent-Filled Dialysis Membranes Simulate Uptake of Pollutants by Aquatic Organisms. *Environ. Sci. Technol.*, 21 (9), 855–859.
- Strandberg, B., Sunesson, A. L., Olsson, K., Levin, J. O., Ljungqvist, G., Sundgren, M., Sällsten, G., Barregard, L. (2005) Evaluation of Two Types of Diffusive Samplers and Adsorbents for Measuring 1,3-Butadiene and Benzene in Air. *Atmos. Environ.*, 39 (22), 4101–4110.
- Tovalin-Ahumada, H., Whitehead, L. (2007) Personal Exposures to Volatile Organic Compounds among Outdoor and Indoor Workers in Two Mexican Cities. *Sci. Total Environ.*, 376 (1–3), 60–71.
- Tudari, L., Harner, T., Hung, H. (2005) Polyurethane Foam (PUF) Disks Passive Air Samplers: Wind Effect on Sampling Rates. *Environ. Pollut.*, 144 (2), 377–383.

- Verweij, F., Booij, K., Satumalay, K., Molen, N., Oost, R. (2004) Assessment of Bioavailable PAH, PCB and OCP Concentrations in Water, Using Semipermeable Membrane Devices (SPMDs), Sediments and Caged Carp. *Chemosphere*, 54 (11), 1675–1689.
- Vrana, B., Mills, G. A., Allan, I. J., Dominiak, E., Svensson, K., Knutsson, J., Morrison, G., Greenwood, R. (2005) Passive Sampling Techniques for Monitoring Pollutants in Water. *Trends Anal. Chem.*, 24 (10), 845–868.
- Vrana, B., Mills, G. A., Dominiak, E., Greenwood, R. (2006) Calibration of the Chemcatcher Passive Sampler for the Monitoring of Priority Organic Pollutants in Water. *Environ. Pollut.*, 142 (2), 333–343.
- Vrana, B., Mills, G. A., Kotterman, M., Leonards, P., Booij, K., Greenwood, R. (2007) Modelling and Field Application of the Chemcatcher Passive Sample Calibration Data for the Monitoring of Hydrophobic Organic Pollutants in Water. *Environ. Pollut.*, 145 (3), 895–904.
- Vrana, B., Paschke, A., Popp, P. (2006) Calibration and Field Performance of Membrane-Enclosed Sorptive Coating for Integrative Passive Sampling of Persistent Organic Pollutants in Water. *Environ. Pollut.*, 144 (1), 296–307.
- Vroblesky, D. A., Hyde, W. T. (1997) Diffusion Samplers as an Inexpensive Approach to Monitoring VOCs in Ground Water. *Ground Water Monit. Rem.*, 17 (3), 177–184.
- Yamada, E., Kimura, M., Tomozawa, K., Fuse, Y. (1999) Simple Analysis of Atmospheric NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> in Mountains by Using Passive Samplers. *Environ. Sci. Technol.*, 33 (23), 4141–4145.
- Yanagisawa, Y., Nishimura, H. (1982) A Badge-Type Personal Sampler for Measurement of Personal Exposure to NO<sub>2</sub> and NO in Ambient Air. *Environ. Int.*, 8 (1–6), 235–242.
- Yost, C., Harper, M. (2000) Validation of Parachlorobenzotrifluoride, Benzotrifluoride, and Monochlorotoluene on Diffusive Samplers. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 15 (1), 165–170.
- Zabiegała, B., Kot, A., Namieśnik, J. (2000) Long-Term Monitoring of Organic Pollutants in Water – Application of Passive Dosimetry. *Chem. Anal. (Warsaw)*, 45 (5), 645–657.
- Zhang, H., Davison, W. (2001) In situ Speciation Measurements Using Diffusive Gradients in Thin Films (DGT) to Determine Inorganically and Organically Complexed Metals. *Pure Appl. Chem.*, 73 (1) 9–15.

## Kopsavilkums

*Pasīvo paraugu ievākšana ir paraugu ievākšanas un analīžu veikšanas paņēmieni, kas gūst aizvien lielāku nozīmi vides objektu analīzē. Pasīvo paraugu ievākšana tiek izmantota gan organisku, gan neorganisku savienojumu noteikšanai dažādās vidēs un aptver plašu dažādu vides problēmu loku. Pasīvo paraugu ievākšanas koncepcija pamatojas uz faktu, ka ķīmiskās vielas akumulējas sorbentā, kurš ir izvēlēts, balstoties uz paraugu ievākšanas stratēģiju. Pēc tam tiek veikta sorbētās vielas analīze. Pasīvās paraugu ievākšanas iekārtas darbības princips parasti balstās uz analizējamās vielas difūziju cauri membrānai uz sorbentu. Daudzos gadījumos pasīvo paraugu ievākšana ir parādījusi, ka tā spēj vienkāršot gan paraugu sagatavošanas, gan paraugu ievākšanas procesu, būtiski samazinot analīžu izmaksas un vienlaikus ļaujot iegūt vērtīgu informāciju par piesārņojuma problēmām. Šī tehnika ir īpaši piemērota monitoringa programmām, jo tā nodrošina noteiktā laika posmā vidējas koncentrācijas un liela apjoma paraugu ievākšanu, tādējādi samazinot izmaksas.*

**Atslēgvārdi:** pasīvās paraugu ievākšanas iekārtas, parauga sagatavošana, ūdens analīze, gaisa analīze.

## Konceptuālā modeļa METQ lietošanas iespējas Latvijas upju hidroloģiskajā monitoringā

### *Application of the Model METQ for Hydrological Monitoring of Rivers in Latvia*

**Anda Bakute, Elga Apsīte**

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte  
Raiņa bulvāris 19, Rīga, LV-1586  
E-pasts: [anda.bakute@lu.lv](mailto:anda.bakute@lu.lv)

Pētījuma mērķis bija kalibrēt konceptuālo modeļu METQ pēdējo versiju METQ2007BDOPT ar dažādiem baseina virsmu raksturojošiem lielumiem, klimatiskajiem un ģeomorfoloģiskajiem apstākļiem Latvijas upju baseiniem, kuriem ir pārtraukti vai turpinās hidroloģiskie novērojumi. METQ modelis un tā versijas ir izstrādātas Latvijas Lauksaimniecības universitātē profesora A. Zīverta (1936–2007) vadībā. Šī modeļa versijas ir sekmīgi pielietotas dažāda lieluma Latvijas upju un ezeru baseinu modelēšanā. Pēdējā versijā METQ2007BDOPT ir papildināts ar kalibrējamo parametru beta un modeļa parametra pusautomātiskās kalibrācijas iespēju. Šajā pētījumā apskatīti seši dažādi Latvijas upju baseini – Imula, Iecava, Neriņa, Pērse, Malmuta un Malta. Tie izvēlēti pēc to virsmas raksturojošajiem lielumiem (mežainums, purvainums vai ezerainums), klimatiskajiem un ģeomorfoloģiskajiem apstākļiem, kā arī tika ņemts vērā hidroloģisko un meteoroloģisko staciju izvietojums un novērojumu perioda ilgums. Kalibrācijas periods pētāmajiem upju baseiniem ir no 1956. līdz 2000. gadam, savukārt validācijas – no 1991. līdz 2006. gadam. Modeļa kalibrācijas rezultāti parādīja labu sakritību starp novērotajiem un modelētajiem upju ikdienas caurplūdumiem: statistiskais kritērijs R2 bija no 0,52 līdz 0,78 un korelācijas koeficients  $r$  – no 0,65 līdz 0,88.

**Atslēgvārdi:** hidroloģiskā modelēšana, konceptuālais modelis, upju baseini.

## Ievads

Upju hidroloģiskā monitoringa mērķis ir nodrošināt informāciju par ūdens objektu hidroloģisko režīmu. Taču patlaban ne visās hidroloģiskajās novērojumu stacijās (HNS) turpina veikt novērojumus. Viens no iemesliem – hidroloģiskā monitoringa dārdzība. No 1924. līdz 1940. gadam P. Stakles vadībā Latvijā tika izveidots viens no labākajiem hidroloģiskajiem monitoringiem pasaulē un šajā laikā darbojās ap 200 upju hidroloģisko novērojumu staciju. Laikā, kad Latvija bija PSRS sastāvā, pastāvēja joprojām plašs hidroloģisko novērojumu tīkls. 20. gs. 90. gados, kad Latvija bija atguvusi neatkarību, finansiālu apsvērumu dēļ tika slēgtas vairāk nekā 50 upju hidroloģiskās novērošanas stacijas. Šī problēma pastāv ne tikai Latvijā, bet arī citviet pasaulē. Viens no risinājumiem hidroloģisko lielumu iegūšanai ir matemātisko modeļu pielietošana (*Seibert*, 1999). Var pieņemt, ka hidroloģisko

modeļu attīstība aizsākās 1932. gadā, kad tika atklāta Šermaņa teorija par vienības hidrogrāfu (*Jayawardena, 2006*). Hidroloģijā lietotos matemātiskos modeļus var iedalīt stohastiskajos un deterministiskajos. Pēdējos minētajos modeļos analizējamie ūdens objekti (upju baseini) tiek aplūkoti kā hidroloģiskas sistēmas, kur starp modeļa ieejas un izejas lielumiem pastāv noteiktas likumsakarības. Deterministiskos modeļus atkarībā no minēto likumsakarību apspoguļošanas veida iedala empīriskajos, fiziski pamatotajos un konceptuālajos. Pašreiz populārākie hidroloģijā lietotie modeļi ir konceptuālie, kuri parāda vienkāršu hidroloģisko sistēmu (*Seibert, 1999; Jayawardena, 2006*). Konceptuālie modeļi balstās uz izstrādātu fizikālo procesu koncepciju, kas izteikta ar matemātiskām formulām, t. i., vienkāršotā veidā mēģina atspoguļot visus hidroloģiskā procesa būtiskos posmus pēc iespējas adekvāti norisēm dabā. Empīriskie modeļi balstās uz empīriskām sakarībām, kuras nemaz nemēģina skaidrot fizikālos procesus. Savukārt fiziski pamatotie modeļi balstīti uz kāda procesa atspoguļošanu, sastādot un atrisinot attiecīgos diferenciālvienādojumus.

Konceptuālie modeļi parādījās 20. gs. 60. gadu sākumā. Pirmo šāda veida Stenforda modeli, kas balstīts uz lietus ūdeņu noteces veidošanās elementāro procesu detaļu aprakstīšanu (*Jauja, 1999*), izveidoja Kraufords un Linslejs (1962).

Eiropā lielu popularitāti ir guvis Zviedrijas hidrometeoroloģiskajā institūtā izstrādātais hidroloģiskais konceptuālais modelis HBV (*Bergström, 2004; Arheimer; Fogelberg, 2004*). To 1972. gadā izveidoja zviedru zinātnieks Stens Bergstroms (*Bergström, Forsman, 1973*). Šā modeļa struktūra balstās uz trīs noteci veidojošiem procesiem – sniega akumulācija un kušana, augsnes mitruma aprēķins un noteces transformācija (*Bergström, 1992*).

Jāatzīmē, ka pasaulē pēdējos gados aizvien pieprasītāki kļūst arī fizikāli pamatotie modeļi un populārākie ir TOPMODEL (*Pradhan, 2006*) un SHE modeļi (*Beven, 2003*).

Latvijā kopš pagājušā gadsimta 80. gadiem gruntsūdens līmeņa režīma un noteces matemātiskajai modelēšanai tiek lietota konceptuālo modeļu METUL (*Krams, Ziverts, 1993*) un METQ (*Ziverts, Jauja, 1999*) saime, kuros kā ieejas datus izmanto ikdienas meteoroloģiskos novērojumus. Līdz šim modelis ir sekmīgi kalibrēts gan lieliem (kā Daugava, Salaca), gan dažiem maziem upju baseiniem (*Ziverts, Jauja, 1999; Bilaletdin et al., 2004; Ziverts, Apsite, 2005*). Laika gaitā pilnveidojot modeli METQ, tam ir bijušas vairākas versijas (METQ96, METQ98, METQ2005, METQ2006). Šajā pētījumā izmantota modeļa jaunākā versija METQ2007BDOPT ar pusautomātiskās kalibrācijas iespēju.

Darba mērķis ir kalibrēt konceptuālo modeli METQ2007BDOPT ar dažādiem baseina virsmu raksturojošiem lielumiem (mežainums, purvainums un ezerainums), klimatiskajiem un ģeomorfoloģiskajiem apstākļiem Latvijas upju baseiniem, kuriem ir pārtraukti vai turpinās hidroloģiskie novērojumi.

## **Materiāli un metodes**

### **Konceptuālā METQ2007BDOPT modeļa raksturojums un pielietojums**

Modelis METQ ir konceptuālais matemātiskais modelis ar iespēju izmantot pa teritoriju mainīgus (izklidētus) parametrus (*Ziverts, Jauja, 1999*). Tas ir paredzēts

grunts un virszemes noteces (ietverot arī noteces transformāciju) aprēķiniem, sniega uzkrāšanās un kušanas modelēšanai. Pielietojot šo modeli, ir iespējams aprēķināt hidroloģiskos lielumus – diennakts vidējos caurplūdumus. Par modelēto un novēroto caurplūduma sakritības rādītājiem ir pieņemti statistiskais kritērijs  $R^2$  (Nash, Sutcliffe, 1970), korelācijas koeficients  $r$  un ilggadīgās vidējās noteces salīdzinājums.

Upes baseina iecirkņa noteces procesu modelis atveido ar četriem galvenajiem aprēķiniem (Ziverts, Jauja, 1999): sniega segas veidošanās un ablācijas, aktīvās augsnes slāņa bilances, gruntsūdens un kapilāra slāņa bilances, kā arī noteces transformēšanās daļbaseina hidrogrāfiskajā tīklā.

Upes baseinu vai daļbaseinu, kura laukums mazāks par 2000 km<sup>2</sup> un kurā nav lielu ezeru vai plašu palieņu ar lielu noteces regulēšanas spēju, var uzskatīt par lineārām hidroloģiskajām sistēmām un saikni starp izejas lielumiem var aprakstīt, izmantojot lineāros diferenciālos vienādojumus ar koncentrētiem jeb pastāvīgiem parametriem. Savukārt, ja upes baseinā atrodas ezers, tad noteces transformācija šādā baseinā tiek aprēķināta ar hidrauliskām metodēm.

Modelī kopējā notece tiek raksturota ar šādām komponentēm – virszemes notece ( $Q_1$ ) un gruntsūdens notece, kas savukārt iedalīta augšējā slāņa gruntsūdens notecē ( $Q_2$ ) un apakšējā slāņa gruntsūdens notecē ( $Q_3$ ). Virszemes noteci var iedalīt divās grupās atkarībā no tās veidošanās pamatprincipa (Ziverts, Jauja, 1999): infiltrācijas pārpalikuma notece jeb Hortona notece, grunts piesātinājuma notece, kas rodas, kad grunts ir piesātināta ar ūdeni līdz zemes virsmai.

Modelī METQ2007BDOPT ir izdalīti trīs dažādi mitruma krājuma veidi: mitruma krājumi sniegā, mitruma krājumi augsnes aktīvajā slānī un mitruma krājumi gruntsūdens un kapilārās pacelšanās slānī. Šķidrā ūdens akumulācija un atkal sasalšana sniegā tiek modelēta līdzīgi kā HBV modelī (Ziverts, Jauja, 1999).

1. tabula

### Modeļa METQ2007BDOPT parametri un to noteikšanas metodes

#### Parameters of the model METQ2007BDOPT and methods for their estimation

Parametri	Parametru noteikšanas metodes
WMAX	Iepriekšējā pieredze. WMAX vērtība atklātās teritorijās ir pieņemta, balstoties uz iepriekšējos gados veiktajiem pētījumiem par apūdeņošanas sistēmu Latvijā
ALFA un ZCAP	Iepriekšējā pieredze. Parametrus nosaka saskaņā ar Latvijā plašāk izplatīto augšņu mehānisko sastāvu hidrofizikālajām īpašībām
A2 un DZ	Kalibrēšana
A3 un PZ	Kalibrēšana
KU, KL un KS	Iepriekšējā pieredze vai kalibrēšana
CMELT, AMELTK	Kalibrēšana
T1, T2, CFR un WHC	Iepriekšējā pieredze
RCHR, RCHR2, RCHRZ, RCHRZ2, ROBK	Iepriekšējā pieredze
DPERC	Kalibrēšana
Beta	Kalibrēšana

Salīdzinot ar modeļa METQ iepriekšējām versijām, METQ2007BDOPT ir izdalīts par vienu parametru vairāk, t. i., kopumā 23 parametri. Lielākā daļa parametru ir pietiekami pamatoti noteikti, lai lietotu vienādas parametra vērtības dažāda lieluma un raksturojuma upju baseiniem. Savukārt mainīgos modeļa parametrus nosaka modeļa kalibrācijas gaitā (1. tab.). Šie parametri ir turpmāk aprakstīti.

Sniega segas veidošanos un noārdīšanos raksturo šādi parametri: T1 – diennakts vidējā temperatūra, °C, pie kuras sākas sniega segas uzkrāšanās; T2 – diennakts vidējā temperatūra, °C, pie kuras sākas sniega segas kušana; CMELT – dienas grādu koeficients, kas raksturo sniega kušanas intensitāti; AMELTK – korekcija, kas palielina dienas grādu koeficientu atkarībā no kalendārai dienai atbilstošās tiešās saules radiācijas; KS – koeficients, kas raksturo iztvaikošanu no sniega segas atkarībā no gaisa mitruma deficīta, hPa; WHC – šķidrā (izkusušā) ūdens daļa, ko spēj saturēt sniega sega; CFR – koeficients, kas raksturo atkārtoto izkusušā ūdens sasalšanu sniega segā.

Sakņu zonas (aktīvā augsnes slāņa) ūdens bilanci raksturojošie parametri: WMAX – efektīvā ūdens ietilpība sakņu zonā, mm; KU – koeficients, kas raksturo iztvaikošanu no sakņu zonas pie optimāla samitrinājuma atkarībā no gaisa mitruma deficīta  $d$ , hPa; KL – koeficients, kas raksturo iztvaikošanu no sakņu zonas pie minimāla tās samitrinājuma atkarībā no gaisa mitruma deficīta  $d$ , hPa; RCHR, RCHRZ, RCHR2, RCHR2Z un ROBK – lielumi, kas raksturo nokrišņu un izkusušo sniega ūdeņu infiltrācijas spēju sakņu zonā diennaktī, mm/dn.

Gruntsūdens zonas ūdens bilanci un noteci raksturojošie parametri: ALFA – ūdens atdeves koeficients; ZCAP – kapilārās pacelšanās augstums, cm; DZ – augšējās “drenas” dziļums no zemes virsmas, cm; A2 un BETA – parametri, kas raksturo augšējās “drenas” diennakts noteci  $Q_2$ ; PZ – “dziļās drenas” dziļums no zemes virsmas, cm; A3 – parametrs, kas raksturo “dziļās drenas” noteci  $Q_3$ ; DPERC – dziļās iesūkšanās (dziļāk par apskatāmās upes drenāžas līmeni) intensitāte, mm/dn.

Ar modeļa METQ detalizētu aprakstu var iepazīties A. Zīverta un I. Jaujas (1999) publikācijā.

Modelim METQ2007BDOPT ir veikti vairāki papildinājumi. Lai to varētu efektīvāk izmantot baseinos ar dažādu ģeoloģisko uzbūvi un baseina virsmas raksturu, ir dota iespēja baseinos papildus izdalīt vēl vienu noteces veidošanās ziņā atšķirīgu hidroloģiskās atbildes vienību (HAV) – smilšainos līdzenumus. Līdz ar to tagad ir iespējas baseinā izdalīt sešas hidroloģiskās atbildes vienības: pauguraines, mālaines līdzenumus (parasti tās ir drenētas lauksaimniecībā izmantojamas zemes), mežus, smilšainos līdzenumus, purvus un ūdeņiem klātās teritorijas. Katrai HAV tiek noteikta atbilstoša iepriekš minēto parametru kopa.

Arī matemātiskā modeļa pēdējā versijā METQ2007BDOPT par ieejas datiem izmanto ikdienas meteoroloģiskos datus. Šajā pētījumā tie izmantoti no divpadsmit meteoroloģiskajām novērošanas stacijām: Gulbene, Rēzekne, Malta, Zilāni, Zosēni, Skrīveri, Bauska, Viļāni, Dobeles, Saldus, Rīga (Lidosta) un Pilskalni (1. att.). Modeļa METQ2007BDOPT kalibrācijai izmantoti diennakts vidējie caurplūdumi no sešām hidroloģiskajām novērošanas stacijām – Malta–Viļāni, Iecava–Dupši, Imula–Pilskalni, Pērse–Ūsiņi, Neriņa–Bulduri un Malmuta–Kažava (1. att.). Kalibrācijas



periods ir no 1956. līdz 2000. gadam, savukārt validācijas – no 1991. līdz 2006. gadam (2. tab.).

Šajā pētījumā ir izmantoti Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras un SIA “Meliorprojekts” datu fondos pieejamie hidroloģisko un meteoroloģisko novērojumu dati.

## Pētāmo upju baseinu raksturojums

Šajā pētījumā apskatīti seši dažādi Latvijas upju baseini – Imula, Iecava, Neriņa, Pērse, Malmuta un Malta. Tie izvēlēti pēc to virsmas raksturojošajiem lielumiem (mežainums, purvainums vai ezerainums), klimatiskajiem un ģeomorfoloģiskajiem apstākļiem, kā arī tika ņemts vērā hidroloģisko un meteoroloģisko staciju izvietojums un novērojumu perioda ilgums (1. att.). HNS Malta–Viļāni, HNS Iecava–Dupši, HNS Imula–Pilskalni ir slēgtas kopš 1995. gada, bet HNS Pērse–Ūsiņi, HNS Neriņa–Bulduri un HNS Malmuta–Kažava tiek turpināti novērojumi (2. tab.).

2. tabula

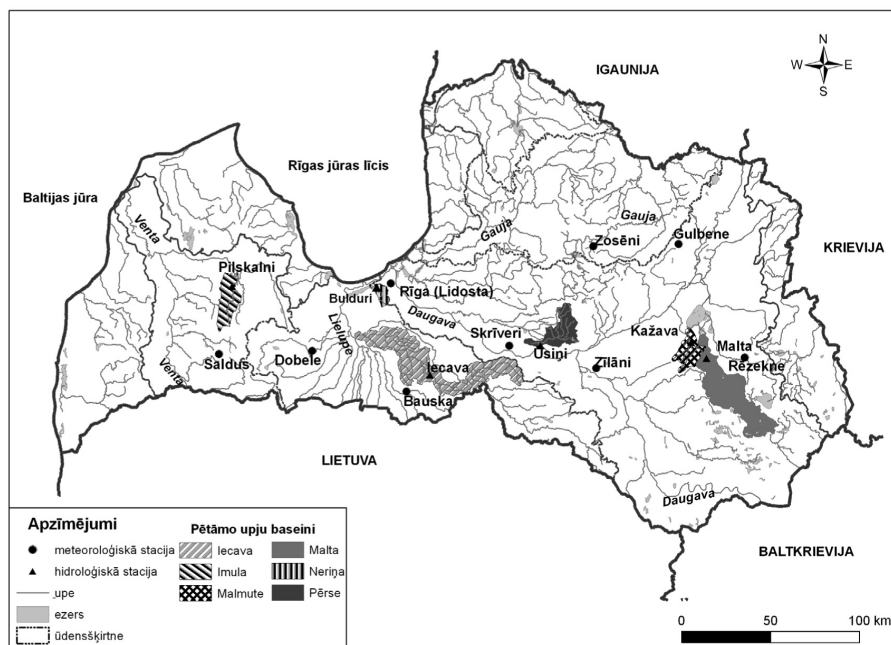
### Pētāmo upju baseinu un hidroloģisko novērojumu staciju raksturojums

#### *Characteristics of the studied river basins and hydrological stations*

Upe	Hidroloģiskā novērojumu stacija	Sateces baseina laukums, km <sup>2</sup>	Sateces baseina laukums augšpus HNS, km <sup>2</sup>	Vidējais nokrišņu daudzums gadā, mm	Kalibrācijas periods	Validācijas periods
Imula	Pilskalni	263	232	650–700	1956–1990	1991–1994
Neriņa	Bulduri	118	73	600–650	1980–2000	2001–2006
Iecava	Dupši	1166	519	650–730	1956–1990	1991–1994
Pērse	Ūsiņi	329	249	800	1956–2000	2001–2006
Malta	Viļāni	876	767	650	1976–1990	1991–1994
Malmuta	Kažava	192	158	650	1980–2000	2001–2006

Pēc A. Pastora (*Иасмор*, 1987) veiktās Latvijas mazo upju hidroloģiskās rajonēšanas Imulas upes baseins pieder Austrumkursas augstienes upju rajonam. Maltas upe un arī Malmuta pēc hidroloģiskās rajonēšanas ir iedalītas pie Lubānas baseina upēm. Pērses upe ir pieskaitāma pie Vidzemes augstienes upju rajona. Iecavas upe ir pieskaitāma pie Upmales paugurlīdzenuma un Taurkalnes līdzenuma upēm.

Salīdzinot ar citiem pētāmajiem upju baseiniem, lielākais nokrišņu daudzums ir Pērses baseinā, jo tas galvenokārt atrodas Vidzemes augstienē. Pērses baseinu raksturo arī liels mežainuma procents – no kopējā sateces baseina laukuma 47% aizņem meži. Kaut gan Maltas un Malmutas baseini atrodas vienā hidroloģiskajā rajonā, tie tomēr ir atšķirīgi pēc dabas apstākļiem. Maltas baseinā noteci būtiski ietekmē ezerainums, savukārt Malmutas – purvainums. Pēc ģeomorfoloģiskajiem apstākļiem no pārējiem pētāmajiem upju baseiniem atšķiras Iecavas baseina augštece, kurā dominē smilšainie līdzenumi un meži. Imulas baseins galvenokārt izvietojies Austrumkursas augstienē, un to raksturo paugurainais reljefs un lauksaimniecības zemes, kuras aizņem 62% no kopējā sateces baseina laukuma.



1. att. Pētāmo upju baseinu, meteoroloģisko un hidroloģisko novērojumu staciju izvietojums

*The locations of gauge and meteorological stations and the study areas*

## Modeļa METQ2007BDOPT kalibrācijas rezultāti pētāmajos upju baseinos

Ikdienas caurplūduma modelēšanai izmantoti meteoroloģiskie dati no divpadsmit meteoroloģiskajām novērojumu stacijām (1. att). Kalibrēšanas periods ir no 1956. līdz 2000. gadam. Hidroloģisko modeļu kalibrēšanas rezultātus var noteikt pieejamo novērojumu datu rindu garums, t. i., jo garāks kalibrēšanas periods, jo iegūti stabilāki modeļa parametri. Modeļa METQ2007BDOPT kalibrēšana veikta ar atlases metodi ("trial and error"), nosakot mainīgo parametru vērtības modeļa kalibrēšanas ceļā (Ziverts, Jauja, 1999). Pētījumā analizējot modeļa kalibrācijas rezultātā iegūtos statistiskos kritērijus  $R^2$  un korelācijas koeficientus  $r$ , var secināt, ka iegūta laba sakritība starp modelētajiem un novērotajiem caurplūdiem pētāmajiem upju baseiniem, piemēram, Malmutas un Maltas upju baseiniem (2. un 3. att.).

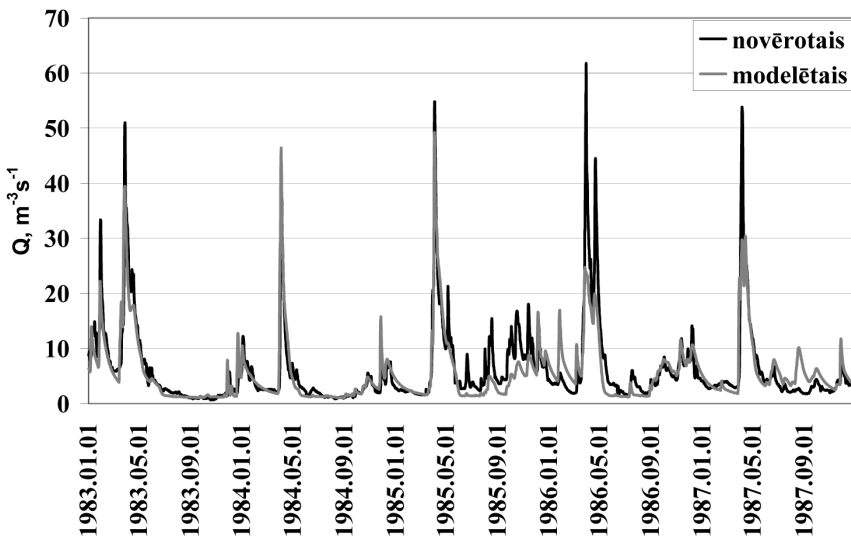
Iecavas baseinam novērojumu stacijā Dupši statistiskais kritērijs  $R^2$  ir 0,66, savukārt korelācijas koeficients  $r = 0,82$ , Maltas baseinam HNS Viļāni  $R^2 = 0,78$ ,  $r = 0,88$ , Pērses baseinā HNS Pērse  $R^2 = 0,65$ ,  $r = 0,85$ , Malmutas baseinā hidroloģiskajai stacijai Kažava  $R^2 = 0,52$ ,  $r = 0,65$ , Neriņas baseinā HNS Bulduri  $R^2 = 0,55$ ,  $r = 0,78$  un Imulas baseinā HNS Pilskalni  $R^2 = 0,66$ ,  $r = 0,77$  (3. tab.).

3. tabula

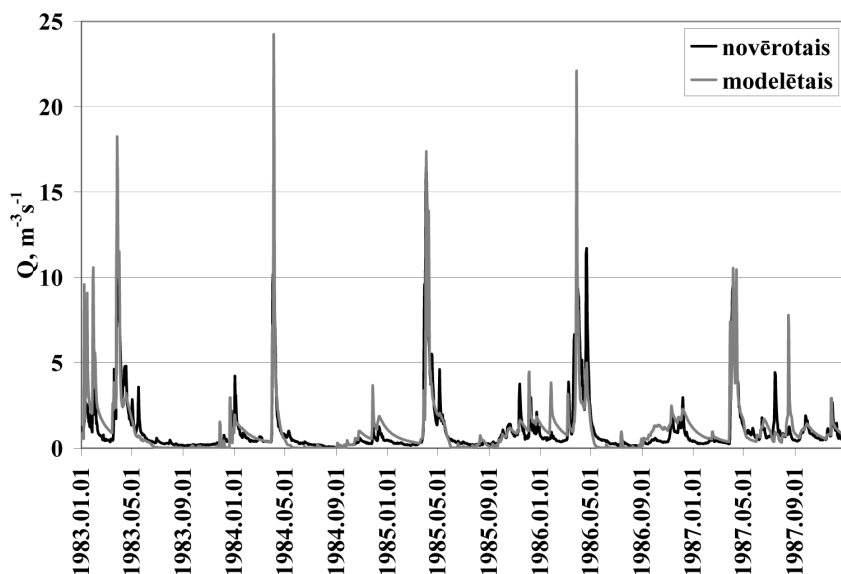
**Modeļa METQ2007BDOPT kalibrācijas un validācijas rezultāti**  
*The results of calibration and validation of the model METQ2007BDOPT*

Hidroloģiskā novērojumu stacija	Kalibrācijas rezultāti		Validācijas rezultāti	
	R <sup>2</sup>	r	R <sup>2</sup>	R
Imula–Pilskalni	0,66	0,77	0,43	0,70
Iecava–Dupši	0,66	0,82	0,44	0,79
Neriņa–Bulduri	0,55	0,78	0,47	0,71
Pērse–Ūsiņi	0,65	0,85	0,63	0,85
Malta–Viļāni	0,78	0,88	0,69	0,87
Malmuta–Kažava	0,52	0,65	0,60	0,78

Vislabākā sakarība starp novērotajiem un modelētajiem caurplūdiem iegūta Maltas upes baseinā HNS Viļāni ( $R^2 = 0,78$ ,  $r = 0,88$ ). Vājāka sakarība vērojama Malmutas baseinam ( $R^2 = 0,52$ ,  $r = 0,65$ ). Tā varētu būt izskaidrojama ar to, ka baseins ir purvainis un upes gultne nav pārāk izteikta.



2. att. Novērotie un modelētie diennakts vidējie caurplūdi HNS Malta–Viļāni  
*Observed and simulated daily discharge at runoff gauge station Malta–Viļāni*



3. att. Novērotie un modelētie diennakts vidējie caurplūdumi HNS Malmuta–Kažava  
*Observed and simulated daily discharge at runoff gauge station Malmuta–Kažava*

Galvenās atšķirības starp modelētajiem un novērotajiem caurplūdumiem rada ievades datu diennakts nokrišņu summas kvalitāte, kā arī meteoroloģisko staciju izvietojums pētāmo upju baseinos vai to tuvumā. Vislabākā sakarība ir vērojama Maltas upes baseinā, kurā atrodas Maltas MNS. Iznākumā modeļa METQ2007BDOPT kalibrēšanā varēja izmantot Maltas MNS nokrišņu novērojumu datus. Maltas baseina modelēšanā izmantoti arī nokrišņu mērījumi no Rēzeknes MNS, kas atrodas relatīvi netālu no pētāmā upju baseina. Tas var būt viens no argumentiem, kāpēc statistiskā kritērija vērtība ir augsta.

Savukārt Iecavas upes baseinā nav veikti meteoroloģiskie novērojumi, tāpēc izmantotas tuvākās pieejamās MNS – Bauska, Skrīveri un Rīga (Lidosta). Uzsākot modelēt Iecavas baseinu, tika izmantoti Rīgas (Universitāte) MNS novērojumi. Izmantojot Rīgas (Lidosta) MNS meteoroloģiskos novērojumus, atšķirība starp novērotajiem un modelētajiem caurplūdumiem ievērojami samazinājās. Kā jau iepriekš minēts, vājākā sakarība ir HNS Malmuta–Kažava. Kā vienu no iemesliem var minēt nepietiekamo pieejamo meteoroloģisko novērojumu daudzumu, kas būtu nepieciešams, lai veiktu labāku matemātiskā modeļa kalibrāciju. Baseina noteces modelēšanai izmantotas tuvākās meteoroloģiskās stacijas – Zīlāni un Rēzekne. Šajā baseinā noteces veidošanā liela nozīme ir purviem, tāpēc ļoti svarīgi būtu veikt papildu meteoroloģiskos novērojumus par iztvaikošanu no purviem.

Rezultātu analīze rāda, ka atsevišķām baseina daļām aprēķinātās modeļa parametru skaitliskās vērtības loģiski atspoguļo konkrētā apvidus ģeomorfoloģiskos apstākļus (4. tab.).

4. tabula

**Modeļa METQ2007BDOPT parametri pētāmajiem upju baseiniem***Parameters of the model METQ2007BDOPT for the studied river basins*

Parametri	Pauguraines, mežainums	Ezerainums	Pauguraines, lauksaimniecības zemes	Smilšainie līdzienumi	Purvi
	Pērse	Malta	Imula	Iecava	Malmuta
WMAX, mm	35	30	30	34	20
ALFA	0,074	0,124	0,08	0,18	0,15
ZCAP, cm	140	130	140	125	60
A2	0,0006	0,0006	0,0007	0,0009	0,0004
A3	0,00073	0,00079	0,0006	0,0008	0,0006
KU	0,56	0,61	0,61	0,57	0,58
KL	0,26	0,26	0,26	0,23	0,25
CMELT	2,5	3	2,9	2,5	2,5
T1, °C	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5
T2, °C	- 0,1	- 0,1	- 0,1	- 0,1	- 0,1
KS	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
DZ, cm	70	100	100	75	40
PZ, cm	210	305	235	216	60
RCHR, mm/ dn	4	48	23	23	25
RCHRZ, mm/dn	5	5	10	10	6
RCKR2, mm/dn	21	14	20	67	25
RCHR2Z, mm/dn	12	12	18	25	4
ROBK	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5
WHC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
CFR	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
DPERC, mm/dn	0	0	0	0	0
AMELTK	0,08	0,05	0,05	0,08	0,07
BETA	2,1	2	2	2,1	2

Augsnes aktīvā slāņa mitruma ietilpība ir izvēlēta, balstoties uz ilggadējiem apūdeņošanas režīma pētījumiem Latvijā. Upju baseiniem, kur ir samērā daudz purvu (piemēram, Malmuta), WMAX ir 20 mm.

Liela nozīme noteces veidošanā ir augsnes apstākļiem. Iegūtie rezultāti liecina, ka ūdens atdeves koeficients (ALFA) ir svarīgs rādītājs, kas atspoguļo upes baseina ģeomorfoloģiskos apstākļus. Vislielākais tas ir Iecavas upes baseinam, jo tajā dominē smilšainie līdzenumi un saskaņā ar augsnes sastāva hidrofizikālajām īpašībām smiltājiem ir vislielākais ūdens atdeves koeficients. Augsnes ar vāju struktūru mazāk aiztur mitrumu nekā augsnes ar labu struktūru.

Kapilārās pacelšanās augstums (ZCAP) ir atkarīgs no grunts granulometriskā sastāva. Augstākās ZCAP vērtības ir paugurainiem baseiniem ar smagāku grunts sastāvu (Pērse un Imula), bet mazākas – vieglākai gruntij (smiltājiem Iecavas augštecē).

Savukārt sniega kušanas koeficients (CMELT) ir lielāks upju baseinos, kuros ir mazāk mežu un vairāk atklātās teritorijas. Atšķirības parametru vērtībās ir vērojamas arī augsnes diennakts infiltrācijas kapacitātei nesasalušai augsnei.

Upju noteces veidošanos ietekmē dažādi fiziogēogrāfiskie faktori. Viens no svarīgākajiem ir klimatiskie apstākļi (atmosfēras nokrišņi un iztvaikošana), kā arī reljefs, augsnes mehāniskais sastāvs, ģeoloģiskie apstākļi, augu sega, purvainība, ezerainība u. c.

Noteces veidošanos Imulas un Pērses upju baseinos lielā mērā ietekmē reljefs. Augstieņu rajonos ievērojami palielinās nokrišņu daudzums un baseina slīpumi, kas rada noteces apjoma palielināšanos. Novērojama arī hidrogrāfiskā tīkla blīvuma palielināšanās augstieņu rajonos (Sarma, 1990).

Pērses upes baseinā un Iecavas upes baseina augštecē mežu ietekme uz noteces režīma veidošanos ir svarīga, jo tie ietekmē atmosfēras nokrišņu izmaiņu, iztvaikošanas apstākļus un tiešā veidā arī noteces veidošanās apstākļus. Šajos pētāmajos upju baseinos mežā sniega uzkrāšanās notiek daudz vienmērīgāk nekā atklātā laukā. Nelielā augsnes zemsedze mežā veicina kušanas ūdeņu infiltrāciju dziļākos grunts slāņos, un tikai neliela daļa kušanas ūdeņu veido virszemes noteci (Sarma, 1990). Savukārt Malmutas upes baseina purviem ir regulējoša ietekme uz noteces veidošanos, bet Maltas upes baseinam – uz ezeriem.

Šajā pētījumā bija veikta arī METQ2007BDOPT modeļa validācija neatkarīgam upes caurplūduma novērojuma periodam, kas slēgtajām HNS bija no 1991. līdz 1994. gadam un darbojošajām HNS – no 2001. līdz 2006. gadam (sk. 2. tab.). Iegūtie modeļa validācijas rezultāti apkopoti 3. tabulā. Kopumā validācijas rezultāti ir apmierinoši – statistiskais kritērijs  $R^2$  ir no 0,43 līdz 0,69 un korelācijas koeficients – no 0,70 līdz 0,87. Domājams, ka nelielās atšķirības starp kalibrācijas un validācijas rezultātiem būtu arī skaidrojams ar hidroloģisko un meteoroloģisko datu kvalitāti pagājušā gadsimta 90. gados, piemēram, Iecavai un Imulai.

Iegūtie kalibrācijas rezultāti liecina, ka matemātiskais modelis METQ2007BDOPT ir nokalibrēts Imulas, Iecavas (augšteces), Neriņas, Pērses, Malmutas un Maltas upju baseiniem un to var izmantot turpmākai ikdienas caurplūdumu modelēšanai slēgtajās

hidroloģiskajās novērojumu stacijās vai adekvāti pielietot upju baseiniem ar līdzīgiem klimatiskajiem, ģeomorfoloģiskajiem un virsmu raksturojošajiem apstākļiem.

## Pateicība

Pētījums veikts ar Eiropas Sociālā fonda projekta atbalstu. Raksta autori izsaka pateicību Latvijas Lauksaimniecības universitātes profesoram Ansim Zīvertam (1936–2007), kurš bija ieinteresēts nesavtīgi dalīties ar savām zināšanām par hidroloģisko modelēšanu, ļāva izmantot viņa vadībā izstrādāto hidroloģisko konceptuālo modeli METQ un sniedza nenovērtējamas konsultācijas un padomus gan šā raksta tapšanā, gan citu hidroloģisko jautājumu risināšanā.

## Izmantotie informācijas avoti

- Arheimer, B., Fogelberg, S. (2004) HBV Modelling in Several European Countries. *XXII Nordic Hydrological Conference*, vol. II, 551–557.
- Bergström, S., Forsman A. (1973) Development of a Conceptual Deterministic Rainfall-Runoff Model. *Nordic Hydrology*, 4, 147–170.
- Bergström, S. (1992) The HBV Model – Its Structure and Applications. *SMHI Reports Hydrology*, № 4, April, 33 p.
- Bergström, S. (2004) The HBV Model – Latest Applications, Latest Thoughts. *XXII Nordic Hydrological Conference*, vol. II, 545–550.
- Beven, K. J. (2003) *Rainfall-Runoff Modelling*. The Primer. John Wiley & Sons Ltd. 360 p.
- Bilaletdin, Ā., Frisk, T., Kaipainen, H., Paananen, A., Perttula, H., Klavins, M., Apsīte, E., Ziverts A. (2004) Water Protection Project of Lake Burtnieks. *The Finnish Environment*, № 670. Tampere : Pirkanmaa Regional Environment Centre. 92.
- Braun, L. N., Renner, C. B. (1992) Application of Conceptual Runoff Model in Different Physiographic Regions of Switzerland. *Journal of Hydrological Sciences*, 3, 217–233.
- Jauja, I. (1999) *Sniega kušanas ūdeņu veidoto iespējami maksimālo plūdu aprēķina metodika* (Probable Maximum Flood Generated by Snowmelt). Jelgava, 55. lpp.
- Jayawardena, A. W., Muttill, N., Lee, J. H. W. (2006) Comparative Analysis of Data-Driven and GIS-Based Conceptual Rainfall-Runoff Model. *Journal of Hydrologic Engineering*, 11, 1–11.
- Krams, M., Ziverts, A. (1993) Experiments of Conceptual Mathematical Groundwater Dynamics and Runoff Modelling in Latvia. *Nordic Hydrology*, 24, 243–262.
- Nash, J. E., Sutcliffe, J. V. (1970) River Flow Forecasting through Conceptual Models. Part I-A: Discussion of Principles. *Journal of Hydrology*, 10, 282–290.
- Pradhan, N. R., Tachikawa Y., Takara, K. (2006) A Downscaling Method of Topographic Index Distribution for Matching the Scales of Model Application and Parameter Identification. *Hydrological Processes*, 20, 1385–1405.
- Sarma, B. (1990) *Hidrometrija, hidroloģija un noteces regulēšana* (Hydrometry, Hydrology and Regulation of Runoff). Rīga, 189. lpp.
- Seibert, J. (1999) Regionalisation of Parameters for a Conceptual Rainfall-Runoff Model. *Agricultural and Forest Meteorology*, 98, 99, 279–293.
- Ziverts, A., Apsīte, E. (2005) Simulation of Daily Runoff and Water Level for Lake Burtnieks. *19th European Conference on Modelling and Simulation (ECMS), 2005, Simulation in Wider Europe*, 1–4 June, Riga, 633–637.

- Ziverts, A., Jauja, I. (1999) Mathematical Model of Hydrological Processes METQ98 and Applications. *Nordic Hydrology*, 30 (2), 109–128.
- Пастор, А. (1987) *Районирование малых рек Латвийской ССР. Латвийская Республика* (Regionalisation of Small Rivers of Latvian SSR). Рига : Управление по Гидрометеорологии и контролю природной среды, с. 218.

## Summary

*The availability of hydrological measurement data is both temporally and spatially limited. One possible method is the use of conceptual rainfall-runoff models, which are widely used tools in hydrology. This paper presents results acquired with the help of the new version of the model METQ from 6 different pilot river basins in Latvia – the Iecava, the Malta, the Pērse, the Malmuta, the Neriņa, and the Imula. These pilot river basins are characterised by one or two predominant natural conditions, such as hilly agricultural lands, agricultural lowlands, sandy lowlands, forested areas, swamps, or lakes. Similarly to previous versions of the model METQ, the METQ2007BDOPT is applied in the simulation of the daily runoff of rivers with different catchment areas. The calibration and validation of the model was done for various periods of river runoff observation records from 1956 to 2000. Sufficient or even good correlation between the observed and simulated daily discharges was obtained. The efficiency (Nash) criterion  $R^2$  varies between 0.52 and 0.78, but the correlation coefficient  $r$  – between 0.65 and 0.88.*

**Keywords:** *conceptual models, hydrological modelling, river basins.*



# Dynamics of Non-Native Flora: Changes over the Last Decades in the Abava River Valley

## *Svešzemju floras dinamika: pēdējo gadu desmitu izmaiņas Abavas ielejā*

**Agnese Priede**

University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences  
Alberta 10, Rīga, LV-1006  
E-mail: [agnesepriede@hotmail.com](mailto:agnesepriede@hotmail.com)

In order to understand the current distribution and status of non-native plant species, their invasion rates, spreading dynamics, and main migration routes in the Abava River valley in western Latvia were studied. Records of previous species over a period from the beginning of the 20<sup>th</sup> century to the 1980s, including published lists of flora, herbarium records, and other sources on the distribution and frequency of non-native species within the area, were studied and compared to the data gathered in field surveys in 2006–2007. Maps of species distribution in 2006–2007 were prepared within a grid of 0.5 × 0.5 km.

This is a case study of a fairly small area; however, the current situation and dynamics of non-native plant species are very similar to the trends overall Latvia and temperate Europe. Non-native species, which are recognized as invasive elsewhere, are spreading rapidly both in disturbed and natural habitats. Most of them have escaped the cultivation and naturalized in the territory less than 30 years ago. Currently they are common throughout the area, mostly in the vicinity of towns, on the former waste dumps, in fallows and grasslands, along the major roads and in riparian habitats, less frequent in natural, undisturbed habitats. The distribution of the non-natives coincides with the hydrological and road network – important corridors for the spreading of species. Land use change contributes to the increasing invasion rate.

**Keywords:** non-native flora, invasive species, habitat invasibility, landscape structure, land use changes, species distribution and dynamics.

## Introduction

Increasing anthropogenic impacts on natural habitats, disturbances, land use changes and development of transportation networks have altered the patterns of spreading and migration of species. Distribution of non-native, including invasive, species – a significant part of biotic changes – has been greatly facilitated by the growing human pressure and human-caused disturbances. Several plant species of various origins have been recognized as fast spreading and highly invasive throughout most of Europe and other parts of the world. Some of the widespread neophytes are considered to be invasive in Latvia as well. Assessment of dynamics and rates of the spreading of invasive species are important from the point of view of both biogeography and nature conservation.

Currently, few comprehensive or detailed case studies on the present distribution and spreading of non-native invasive species in Latvia have been published (Laiviņš, 2003; Laiviņš, Gavrilova, 2003; Laiviņš et al., 2006; Priede, Laiviņš, 2006). Over the last decades flora lists of eight geobotanical regions of Latvia have been published (Табака, 1974–1990; Fatara, Tabaka, 2001), including some detailed studies of nature-protected areas with approximate assessment of frequency and abundance of each species (e.g. Табака, Клявиня, 1981; Gavrilova, Laiviņš, 1992). These materials are useful in studying the dynamics of flora in particular areas. Recently, Gavrilova et al. (2005) have published an atlas on the distribution of both native and non-native flora in the Lake Engure Nature Park, which is an important material applicable in further studies of the dynamics and spreading of plant species.

Limited human and financial resources are hindering the preparation of detailed maps on the distribution of non-native flora in all the territory of Latvia. Therefore, in order to understand the current distribution and spreading patterns of both non-invasive and invasive non-native plant species, case studies of smaller areas can be carried out. Results can be extrapolated to country-scale dynamics of non-native species.

This study aims to find out the current composition and distribution of non-native flora in a relatively small area – the valley of the Abava River – and to show their dynamics over the last decades. Species inventory and mapping of species localities were carried out. The results reveal the main tendencies in the spreading of non-native flora in relation to landscape structure, land use changes, and cultivation of certain species.

## Study Area

As a case study, non-native flora of the valley of the River Abava in western Latvia was investigated. The area covers a stretch of the valley from Kandava to Veģi (Fig. 1). Firstly, as one of the oldest nature-protected areas in Latvia, a small reserve *Čūžu purvs* in the vicinity of the town of Kandava was established in 1927. Later the nature-protected area was extended, and a nature park of the Abava River valley was established in 1957, while *Čūžu purvs* remained incorporated within the newly established nature park in the same status. Initially, the borders of the park bounded a stretch of the valley from Kandava to Renda. Later the borders of the protected area were revised and extended to the mouth of the River Abava by the Venta River, including the upper reaches of the Imula and Amula Rivers (Gavrilova, Laiviņš, 1992; Anonymous, 2005).

In comparison to the lower reach of the River Abava, this area is relatively densely inhabited, and represents a rather typical rural mosaic-type landscape. The study area encircles two towns, Kandava and Sabile, several villages, scattered farmsteads, and other small residential areas surrounded by agricultural lands, forest and grassland patches. The River Abava crosses all the area and both towns as the major watercourse with several tributaries. As the largest tributaries, the Imula and Amula rivers with deep valleys cross the southern part of the area.

Since the 19<sup>th</sup> century, the valley of the River Abava has been a place of interest to botanists and nature researchers, mainly due to its high proportion of rare, endangered species and natural habitats. Over the 20<sup>th</sup> century, some floristic studies

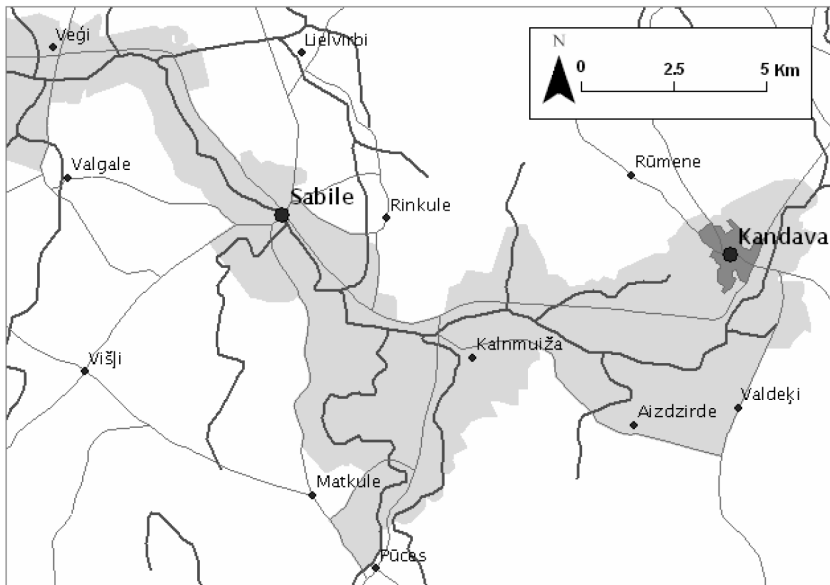


Fig. 1. Study area (the valley of the River Abava)  
*Pētījuma teritorija (Abavas ieleja)*

and flora lists were published (Табака, Клявня, 1981; Gavriloва, Laiviņš, 1992) that described the composition of species and exact or approximate distribution and frequencies of the species.

## Material and Methods

In order to find out the changes in composition and frequencies of species, the flora list on the valley of the River Abava published in 1981 (Табака, Клявня, 1981) was used. In combination with herbarium materials and other sources of information, the floristic analysis published in 1981 provides useful information for comparative studies of changes in non-native flora. Several additional sources of data were used: the nature protection plan for the nature reserve *Čužu purvs* (Salmiņa, 2005) and herbarium records available at the Herbarium of the University of Latvia, the Faculty of Biology (RIG); the Herbarium of the Institute of Biology, the University of Latvia (LATV); and data from the Laboratory of Biogeography, the Faculty of Geography and Earth Sciences, the University of Latvia (UL FGES).

In 2006–2007, detailed field survey was carried out, and all localities of non-native species, their abundances and invaded habitat types were recorded. Only naturalized neophyte species found outside cultivation were taken into account. As an exception, some cultivated ornamental shrub species spreading successfully into neighbouring habitats were included. Geographical coordinates of each locality were fixed, and notes on any relevant changes in land use and species arrival over the last decade were included.

Data of the flora list published in 1981 and results of the field survey 2006–2007 were compared. Since no quantitative assessment of species frequencies in the list of

1981 was given, approximate frequencies with short description of the distribution range and localities of rare species were mentioned. Maps on the species distribution in 2006–2007 were prepared within a grid of  $0.5 \times 0.5$  km, in which the presence of species within a square was marked by a dot.

## Results

Results of the field survey of 2006–2007 were summarized and species were mapped within  $0.5 \times 0.5$  km grid. Approximately half of the species registered were selected for mapping, mainly those which occur frequently or rather frequently and/or are considered to be invasive or potentially invasive (Fig. 2–21). Several species

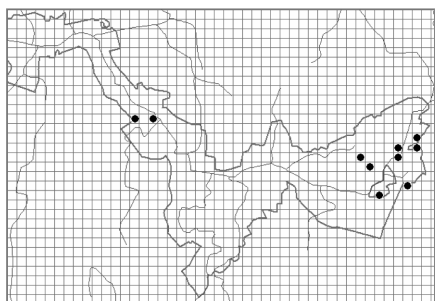


Fig. 2. *Acer negundo*

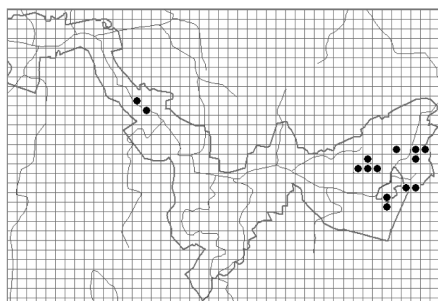


Fig. 3. *Amelanchier spicata*

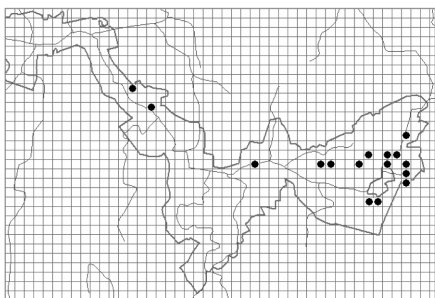


Fig. 4. *Armoracia rusticana*

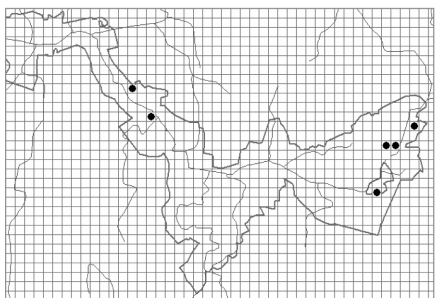


Fig. 5. *Aster salignus*

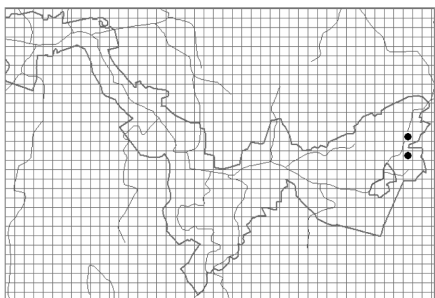


Fig. 6. *Bunias orientalis*

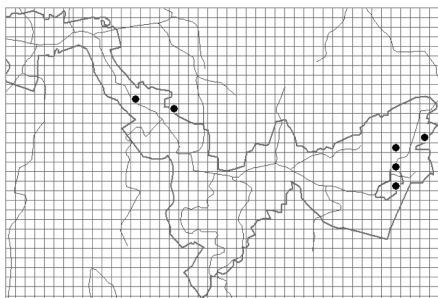


Fig. 7. *Cotoneaster lucidus*

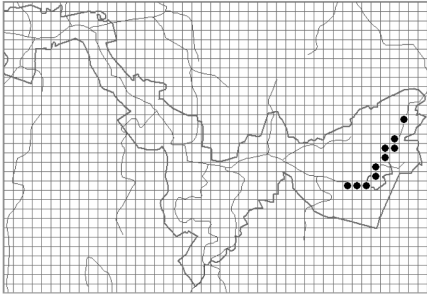


Fig. 8. *Echinocystis lobata*

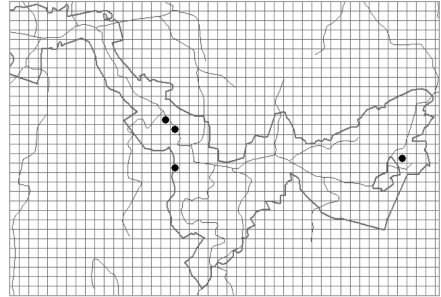


Fig. 9. *Helianthus tuberosus*

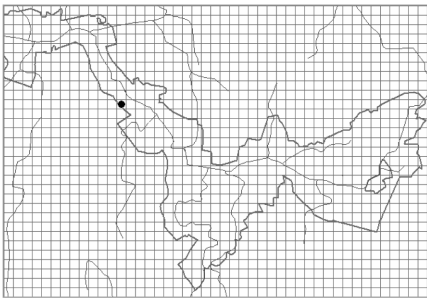


Fig. 10. *Heracleum mantegazzianum*

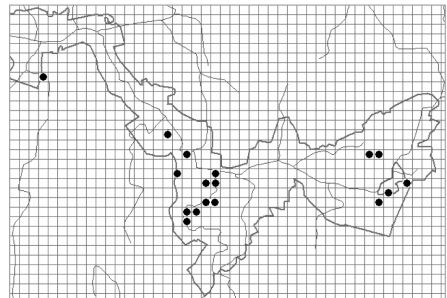


Fig. 11. *Heracleum sosnowsky*

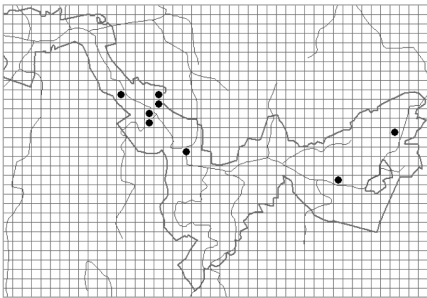


Fig. 12. *Hesperis matronalis*

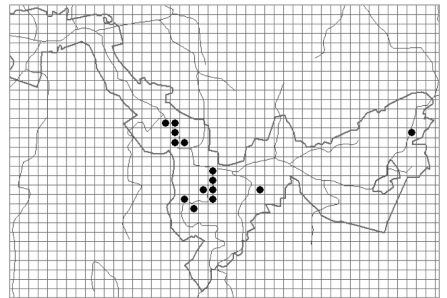


Fig. 13. *Impatiens glandulifera*

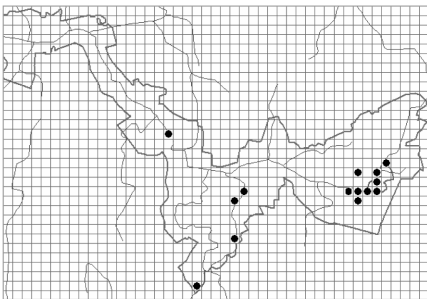


Fig. 14. *Impatiens parviflora*

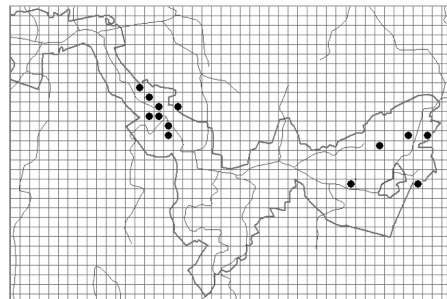
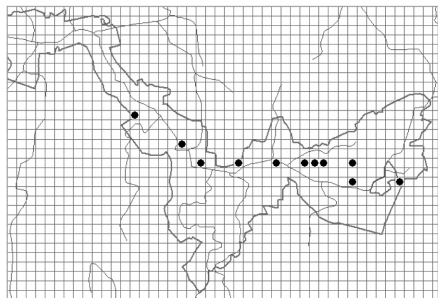
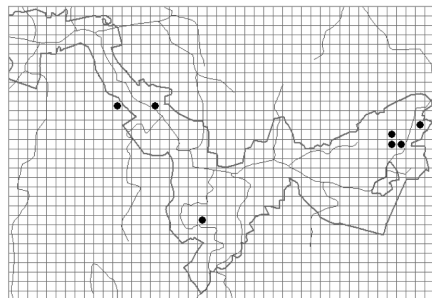
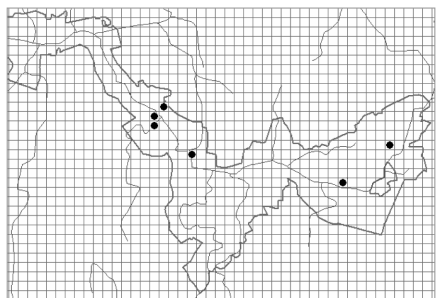
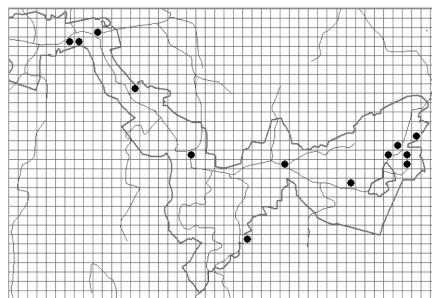
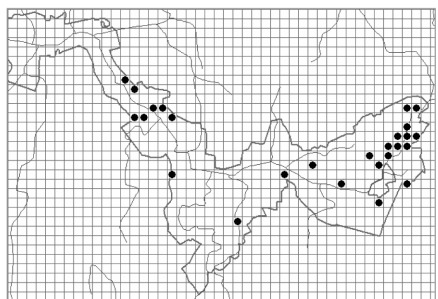
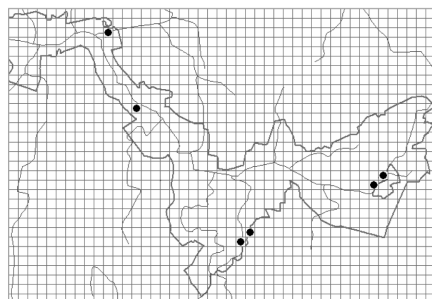


Fig. 15. *Lupinus polyphyllus*

Fig. 16. *Medicago sativa*Fig. 17. *Petasites hybridus*Fig. 18. *Prunus divaricata*Fig. 19. *Saponaria officinalis*Fig. 20. *Solidago canadensis*Fig. 21. *Sorbaria sorbifolia*

are well-naturalised and were rather common in the area already several decades ago (*Amelanchier spicata*, *Armoracia rusticana*, *Cotoneaster lucidus*, *Medicago sativa*, *Petasites hybridus*, *Saponaria officinalis*), while some others (*Acer negundo*, *Aster salignus*, *Echinocystis lobata*, *Helianthus tuberosus*, *Heracleum sosnowskyi*, *Hesperis matronalis*, *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *Solidago canadensis*) have appeared in the area recently – within a period of the last 30 years. Since the latter were not included in the flora list published in 1981 (Табака, Клявня, 1981), we can assume that they were not present in this area. The latest mapping results reveal their fast spreading over the last decades. Some maps of species which are rare in the study area but considered invasive elsewhere were included

(*Heracleum mantegazzianum*, *Bunias orientalis*). Due to their shifting occurrences, common annual segetal species, e.g. *Erigeron canadensis*, *Galinsoga ciliata*, and *G. parviflora*, and rare, non-invasive species were excluded. An overview of dynamics of all non-native species ever found in the area, their frequencies and habitat types were included in Appendix 1.

## Discussion

The flora list and floristic analysis published several decades ago (Табака, Клявня, 1981) provided useful, although approximate view of the distribution of the non-native plant species. Certain localities of species had been mentioned rarely, thus accurate mapping of the past distributions was nearly impossible. The flora list of the valley of the River Abava (1981) covers wider area than the area chosen for this study; therefore, some listed species might have occurred only downstream the studied area (most probably *Rumex confertus* and *Bunias orientalis*, which were not found within the area or range outside the previous borders of the protected area).

Table 1

### Non-native species and their status in the valley of the River Abava

#### *Svežemju sugas un to statuss Abavas ielejā*

- 1 – Common and/or invasive species that have appeared over the period of last 30 years; currently the species are spreading rapidly throughout the territory of Latvia.
- 2 – Well-naturalised common non-native species (invasive or non-invasive); the species were found rather frequently throughout the study area.
- 3 – Rare, non-invasive species, mentioned in the flora list published in 1981; the species were not found repeatedly.
- 4 – Non-natives recorded first in 2006–2007; the species were considered rare and non-invasive.
- 5 – Invasive or potentially invasive species spreading only in the vicinity of cultivation.

1	<i>Acer negundo</i> , <i>Aster salignus</i> , <i>Helianthus tuberosus</i> , <i>Echinocystis lobata</i> , <i>Heracleum mantegazzianum</i> , <i>H. sosnowskyi</i> , <i>Impatiens glandulifera</i> , <i>I. parviflora</i> , <i>Lupinus polyphyllus</i> , <i>Solidago canadensis</i> , <i>Sorbaria sorbifolia</i>
2	<i>Amelanchier spicata</i> , <i>Armoracia rusticana</i> , <i>Cotoneaster lucidus</i> , <i>Erigeron canadensis</i> , <i>Galinsoga ciliata</i> , <i>G. parviflora</i> , <i>Medicago sativa</i> , <i>Sambucus nigra</i> , <i>S. racemosa</i> , <i>Saponaria officinalis</i>
3	<i>Artemisia absinthum</i> , <i>Crataegus alenanniensis</i> , <i>C. flabellata</i> , <i>C. horrida</i> , <i>Echinops sphaerocephalus</i> , <i>Lactuca serriola</i> , <i>Lathyrus tuberosus</i> , <i>Leonurus quinquelobatus</i> , <i>Ligustrum vulgare</i> , <i>Malva alcea</i> , <i>Onopordon acanthium</i> , <i>Polemonium coeruleum</i> , <i>Swida alba</i>
4	<i>Abies alba</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Aesculus hippocastanum</i> , <i>Caragana frutex</i> , <i>Dispacus sylvestris</i> , <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>Parthenocissus quinquefolia</i> , <i>Physalis alkekengi</i> , <i>Scilla bifolia</i> , <i>Spirea latifolia</i> , <i>Spirea x billardii</i> , <i>Symphoricarpos albus</i> , <i>Vinca minor</i>
5	<i>Hesperis matronalis</i> , <i>Petasites hybridus</i> , <i>Reynoutria japonica</i> , <i>Rosa rugosa</i>

Table 2

**Changes in distribution and frequency**  
*Izmaiņas sugu izplatībā un sastopamībā*

The number of non-native species in 1981	32
Non-native species found repeatedly in 2006–2007	21
Increase in distribution and frequency	7
Decrease in distribution and frequency	0
No significant changes in distribution and frequency	14
Newly found species in 2006–2007	28

Table 1 shows all non-native species found in the area and their status in 2006–2007. For most of the species found repeatedly, no significant changes in distribution and frequency were found (rare or occasional, and well-naturalized species), while some species have extended their distribution (Table 2). As the most evident tendency in the composition of non-native flora, an increase in the number and abundance of the following invasive species common throughout Latvia was noticed: *Solidago canadensis*, *Aster salignus*, *Echinocystis lobata*, *Heracleum sosnowskyi*, *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *Acer negundo*, and *Lupinus polyphyllus*. Their frequency has grown from absent to frequent in most of the area, particularly in the vicinity of towns, major roads, and in riparian zones. Occurrence of some rare non-natives has been recorded only once. Slight changes in distribution of some traditionally cultivated ornamentals and medical plants escaped in wild were found. They remain in the status of occasional non-invasive species (Appendix 1).

### Land Use Changes

Land use changes, an important component of changing landscape, provide opportunities for invasions of non-native species (Hobbs, 2000). Major changes in non-native flora are related to land abandonment over the last two decades – increasing areas of fallows, including the former allotments in the vicinity of towns and villages. Initially, overgrowing by ruderal tall grasses and herbs and sparse vegetation cover provide suitable conditions for establishment of invasive non-native species, followed by further spreading. Often the neighbouring allotments are sources of dispersal of ornamentals and forage plants; therefore, often the establishment and spreading of invasive species in fallows are observed. Fallows are of particular importance for spreading of a highly invasive *Solidago canadensis*. In many cases, the pappus-bearing seeds of *S. canadensis* arrive into new areas along roads by wind dispersal as well as attached to transportation vehicles.

In both towns of Kandava and Sabile, allotment areas are located nearby the floodland of the River Abava, which largely promotes spreading of propagules downstream during the inundation periods. Successful establishment in riparian habitats and migration downstream are observed for *Aster salignus*, *Echinocystis lobata*, *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, and *Heracleum sosnowskyi*.

Similarly, abandoned sand and gravel pits and restored waste dumps that are currently closed serve as important local sources of new invasions. Usually, due to



waste dumping, high diversity of non-native species within these areas is observed. Most of the species there are ephemeral pioneers and are not able to compete with the local perennial species typical of later stages of ecological succession. However, several ornamentals are able to propagate and spread within these abandoned areas and the vicinity. Disturbed areas and roadside habitats in the surroundings are particularly vulnerable to establishment of the newcomers, and function as conduits for the spreading of invasive exotic plants in a number of ecosystems (Flory, Clay, 2006). Currently, most of the pits and former waste dumps are closed. However, in several waste dump areas nearby Kandava and Sabile, spreading of *Heracleum sosnowskyi* and some other invasive species into neighbouring habitats is observed. Regular mowing, if does not allow the seeds to flower and ripen, may diminish the spreading of this invasive species.

From the point of view of invasive spreading, forest cuts and windfalls are a less significant part of landscape change. However, improved light conditions and altered nutrient availability might facilitate establishment and spreading of certain invasive non-natives, such as *Impatiens parviflora* and *Amelanchier spicata*, simultaneously providing new sources of propagules capable to invade the neighbouring areas.

### Habitat Invasibility and Landscape Structure

The survey of non-native flora and the mapping results suggest the main tendencies in the pattern of spreading of species. Invaded areas coincide with the hydrological and road network as well as with the distribution of human settlements. Fig. 22 shows the species distribution and density of localities within a  $0.5 \times 0.5$  km grid.

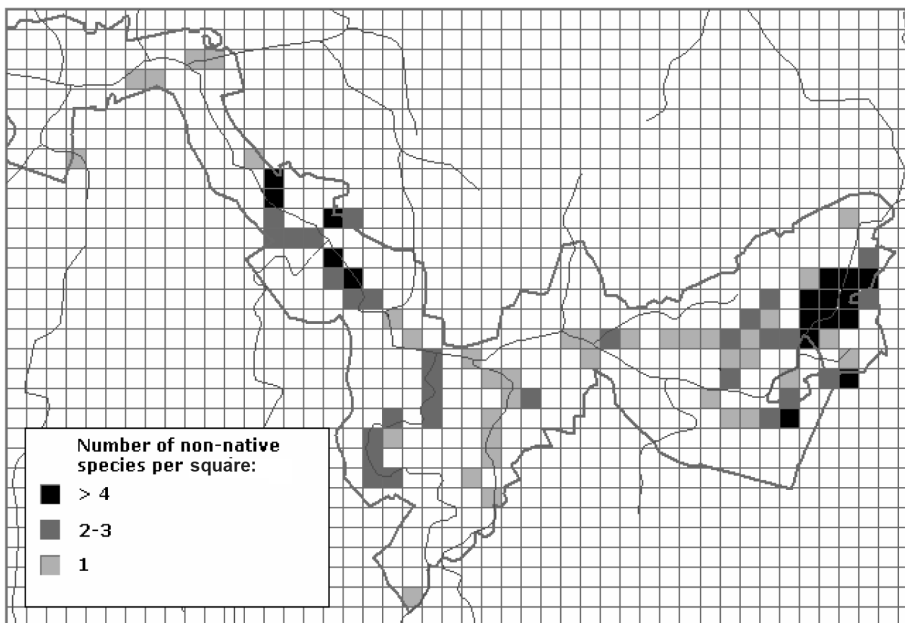


Fig. 22. The number of non-native species localities within a  $0.5 \times 0.5$  km grid  
Svešzemju sugu atradņu skaits  $0,5 \times 0,5$  km kvadrātu tīklā

The number of non-native species per square varies from 1 to 11. Open habitats, such as fallows, grasslands (rarely semi-natural meadows), forests (mainly ruderalized dry pine forests in the surroundings of towns and graveyards), riparian habitats, waste dumps, quarries, and roadsides are among the most invasible habitats with the highest diversity and abundance of non-native species (Fig. 23). The highest density of localities occurs in towns and their vicinity, along the major road connecting Kandava and Sabile, and in the valley of the River Abava and its major tributaries Imula and Amula. Species disseminating mainly by wind dispersal and animal agency are spreading mostly around their initial donor areas (human settlements) and along the adjoining migration routes (roads and watercourses). Radial spreading in the surroundings of towns was observed to be typical of *Solidago canadensis*, *Acer negundo*, *Aster salignus*, and *Heracleum sosnowskyi* in the vicinity of Kandava and Sabile. *Sorbaria sorbifolia*, a deciduous shrub with vegetative propagation, is invading the surrounding forests nearby the parks, greeneries, and graveyards.

Rivers are important natural migration routes for both plant and animal species (Brandes, Oppermann, 1995; Naiman, Decamps, 1997; Richardson et al., 2007). Due to habitat disturbances, soil conditions, and high habitat heterogeneity, the riparian communities are highly prone to non-native species invasions (Lyon, Gross, 2005; Richardson et al., 2007). Nowadays the natural migration corridors coincide with human-created corridors, such as roads and railways, which are no less important in both habitat suitability for and linear migration of species (Brandes, Oppermann, 1995).

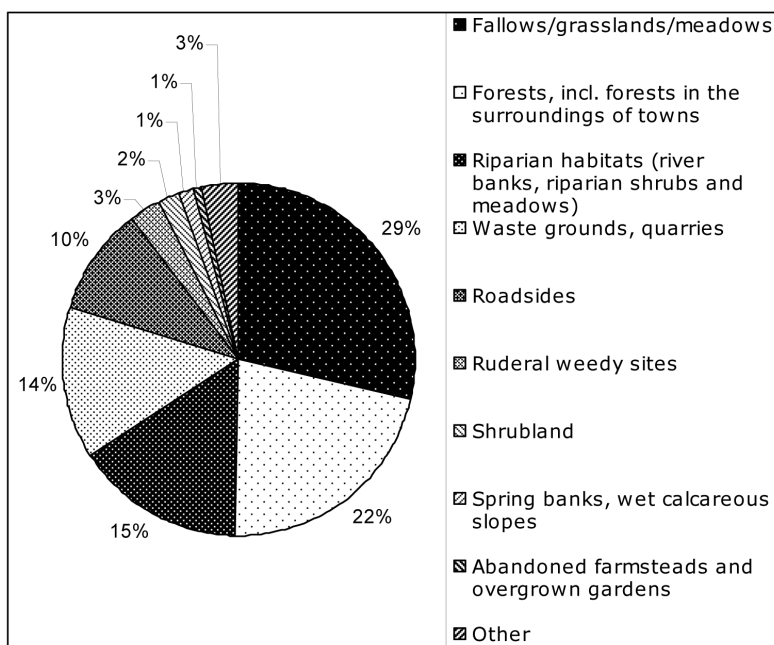


Fig. 23. Invaded habitats in the valley of the River Abava  
Svešzemju sugu invadētie biotopi Abavas ielejā

Habitat fragmentation, disturbances, and increasing ruderalisation of abandoned lands and grasslands increase the vulnerability to establishment of both native ruderal and non-native plant species, particularly on the edges and contact zones, where the species diversity is comparatively high (With, 2002, 2004). Similarly to other European countries, the riparian habitats are prone to non-native invasions (Pyšek, Prach, 1993; Dawson, Holland, 1999). Spreading of several invasive species (*Heracleum sosnowskyi*, *Echinocystis lobata*, *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *Aster salignus*) was observed in the studied area.

There is evidence of increasing abundance of invasive species, which may threaten the composition of local plant communities, particularly in rare, endangered habitats. It is widely accepted that invasive non-native species may cause extinctions of local, native species, although this assumption is contradictory and based on limited observations (Gurevitch, Padilla, 2004; Sax et al., 2005). Most probably, expansion of both non-native and native species has similar effects on species richness and decline of diversity (Meiners et al., 2001).

In the valley of the River Abava, there is a comparatively high proportion of rare natural habitats of high conservation value, e.g. calcareous grasslands, calcareous fens, mineral-rich springs and spring fens, shrublands formed by *Pentaphylloides fruticosa* (the only locality in Latvia), and forests of slopes, screes, and ravines. Natural habitats invaded by non-native species are rather rare in the valley of the River Abava. However, once the highly invasive species have established there, the proportion of invaded areas and density of non-natives may increase. For instance, six non-native species (*Amelanchier spicata*, *Armoracia rusticana*, *Echinocystis lobata*, *Heracleum sosnowskyi*, *Impatiens parviflora*, *Ligustrum vulgare*) were found in the nature reserve Čūžu purvs. Four of them (except for *A. rusticana* and *L. vulgare*) are considered invasive. During the last years, increase of density of *Amelanchier spicata* and *Impatiens parviflora* (both occur mainly in the neighbouring pine forests) and *Echinocystis lobata* (on the riparian shrubs, after high inundation season, scattered individuals were found in the permanently humid shrubland of *Pentaphylloides fruticosa*) has been observed. In 2004, seeds of *Heracleum sosnowskyi* were accidentally brought to the neighbouring garden by soil transportation. Within a few years, the species formed patches by the sides of the spring and on the margins of shrubland.

The valley of the River Imula, the tributary of the River Abava, is slightly influenced by human alterations. However, the vicinity of homesteads has caused a high invasion rate. Three non-native species (*Heracleum sosnowskyi*, *Impatiens glandulifera*, and *I. parviflora*) and the non-invasive *Bellis perennis* were found in the valley on the banks of the river, floodland and slope meadows, shrubs and calcareous springs. Occasionally, the invasives form dense stands within a river stretch of ~10 km. Consequently, the banks of the River Abava downstream the mouth of the River Imula have been invaded.

The scale of invasive spreading into natural habitats with high local species diversity suggests that species richness does not always seem to be ensuring resistance against establishment of invasive species (Renöfält et al., 2005). Generally, natural habitats characterized by a relatively stable composition and structure of plant

communities seem to be less vulnerable to invasions. However, local small-scale disturbances may promote the process of changes in natural communities caused by several invasive species and consequent homogenisation of plant communities.

Nevertheless, some of the non-natives, e.g. *Medicago sativa*, *Bellis perennis*, and *Saponaria officinalis* (formerly cultivated as forage plants or ornamentals), are well-naturalised and adapted to local natural as well as disturbed plant communities, and do not seem to cause any changes in the local species composition and vegetation structure.

Mainly garden escapees form the bulk of relatively newly arrived invasive species in the valley of the River Abava. Most lately arrived and fast spreading non-native species are invasive. Due to their dispersal modes, life forms, and ecological adaptability, they are highly capable to penetrate various habitats (Weber, Gut, 2004). Past introductions of several popular, widely cultivated garden ornaments and forage plants in relation to natural and human-created landscape structure, human-caused disturbances, and land use changes over the last decades have facilitated significant changes in non-native flora and proportion of invaded habitats in the valley of the River Abava. The tendencies appear to be similar to those in all the territory of Latvia and most of Europe.

## Acknowledgements

The study was supported by the European Social Fund.

## References

- Anonymous (2005) Dabas parka "Abavas senleja" dabas aizsardzības plāns [Nature management plan of the nature park "The Valley of the River Abava"]. Rīga : CarlBro. 100 lpp.
- Brandes, D., Oppermann, F. (1995) Strassen, Kanäle und Bahnanlagen als lineare Strukturen in der Landschaft sowie deren Bedeutung für Vegetation. *Berichte der Reinhol-Tixen Gesellschaft*, 7: 89–110.
- Dawson, F. H., Holland, D. (1999) The Distribution in Bankside Habitats of Three Alien Invasive Plants in the U.K. in Relation to the Development of Control Strategies. *Hydrobiologia*, 415: 193–201.
- Fatare, I., Tabaka, L. (2001) *Latvijas flora un veģetācija. Zemgales ģeobotāniskais rajons* [Flora and Vegetation of Latvia. Zemgale Geobotanical District]. Rīga, 19.–60. lpp.
- Flory, S. L., Clay, K. (2006) Invasive Shrub Distribution Varies with Distance to Roads and Stand Age in Eastern Deciduous Forests in Indiana, USA. *Plant Ecology*, 184 (1): 131–141.
- Gavrilova, G., Krampis, I., Laiviņš, M. (2005) Engures ezera dabas parka floras atlants. Vaskulārie augi [Atlas of Lake Engure Nature Park. Vascular Plants]. *Latvijas Veģetācija*, 10: 229. lpp.
- Gavrilova, G., Laiviņš, M. (1992) *Botāniskie liegumi: Lukna, Čūžupurvs, Vīdale, Dižkalni, Piešdanga, Gavieze, Vērene* [Botanical Reserves: Lukna, Čūžupurvs, Vīdale, Dižkalni, Piešdanga, Gavieze]. Rīga : Zinātne, 35.–56. lpp.
- Gurevitz, J., Padilla, D. K. (2004) Are Invasive Species a Major Cause of Extinctions? *Trends in Ecology & Evolution*, 19 (9): 470–474.

- Hobbs, R. J. (2000) Land-Use Changes and Invasions. In: Mooney, H. A., Hobbs, R. J. (eds.) *Invasive Species in a Changing World*. Island Press, p. 55–64.
- Laiviņš, M. (2003) Invasive knotweeds *Reynoutria japonica* and *R. sachalinensis* in Latvia. *Acta Universitatis Latviensis*, 654: 137–153.
- Laiviņš, M., Gavrilova, G. (2003) Neofītās Sosnovska latvāņa *Heracleum sosnowsky* sabiedrības Latvijā [*Heracleum sosnowsky* in Latvia: Sociology, Ecology and Distribution]. *Latvijas Veģetācija*, 7: 45.–65. lpp.
- Lyon, J., Gross, N. M. (2005) Patters of Plant Diversity and Plant-Environmental Relationships Across Three Riparian Corridors. *Forest Ecology and Management*, 204: 267–278.
- Meiners, S. J., Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L. (2001) Effects of Plant Invasions on the Species Richness of Abandoned Agricultural Land. *Ecography*, 24: 633–644.
- Naiman, R. J., Decamps, H. (1997) The Ecology of Interfaces: Riparian Zones. *Annual Reviews of Ecology*, 28: 621–658.
- Priede, A., Laiviņš, M. (2006) Austrumu dižpērkones *Bunias orientalis* L. naturalizācija un fitosocioloģija Latvijā [Naturalisation and Phytosociology of Turkish Warty-Cabbage *Bunias orientalis* L. in Latvia]. *Latvijas Veģetācija*, 13: 65.–88. lpp.
- Pyšek P., Prach K. (1993) Plant Invasions and the Role of Riparian Habitats – a Comparison of Four Species Alien to Central Europe. *Journal of Biogeography*, 20: 413–420.
- Renöfält, B. M., Jansson, R., Nilsson, C. (2005) Spatial Patterns of Plant Invasiveness in a Riparian Corridor. *Landscape Ecology*, 20: 165–176.
- Richardson, D. M., Holmes, P. M., Esler, K. J., Galatowitsch, S. M., Stromberg, J. C., Kirkman, S. P., Py ek, P., Hobbs, R. J. (2007) Riparian Vegetation: Degradation, Alien Plant Invasions, and Restoration Prospects. *Diversity and Distributions*, 13: 126–139.
- Salmiņa, L. (red.) (2005) *Dabas lieguma Čūžu purvs dabas aizsardzības plāns* [Management Plan of Nature Reserve Čūžu purvs]. Rīga : Latvijas Dabas fonds, 92 lpp.
- Sax, D. F., Brown, J. H., White, E. P., Gaines, S. D. (2005) The Dynamics of Species Invasions: Insights into the Mechanisms That Limit Species Diversity. In: Sax, D. F., Stachowicz, J. J., Gaines, S. D. (eds.) *Species Invasions: Insights into Ecology, Evolution, and Biogeography*, p. 447–466.
- Weber, E., Gut, D. (2004) Assessing the Risk of Potentially Invasive Plant Species in Central Europe. *Journal of Nature Conservation*, 12: 171–179.
- With, K. A. (2004) Assessing the Risk of Invasive Spread in Fragmented Landscapes. *Risk Analysis*, 24 (4): 803–810.
- With, K. A. (2002) The Landscape Ecology of Invasive Spread. *Conservation Biology*, 16 (5): 1192–1203.
- Табака, Л. В., Клявня, Г. Б. (1981) Долина реки Абава [The Valley of the River Abava]. Рига : Зинатне, 131 с.
- Табака, Л. В. (1974) Флора и растительность Латвийской ССР. Приморская низменность [Flora and Vegetation of the Latvian SSR. Coastal Lowland]. Рига : Зинатне, с. 22–43.
- Табака, Л. В. (ред.) (1974) Флора и растительность Латвийской ССР. Курземский геоботанический район [Flora and Vegetation of the Latvian SSR. Kurzeme Geobotanical Region]. Рига : Зинатне, с. 20–65.
- Табака, Л. В. (ред.) (1979) Флора и растительность Латвийской ССР. Северо–Видземский геоботанический район [Flora and Vegetation of the Latvian SSR. North Vidzeme Geobotanical Region]. Рига : Зинатне, с. 18–78.

- Табака, Л. В. (ред.) (1982) Флора и растительность Латвийской ССР. Юго–Восточный геоботанический район [Flora and Vegetation of the Latvian SSR. South West Geobotanical Region]. Рига : Зинатне, с. 18–78.
- Табака, Л. В. (ред.) (1985) Флора и растительность Латвийской ССР. Восточно-Латвийский геоботанический район [Flora and Vegetation of the Latvian SSR. East Latvia Geobotanical Region]. Рига : Зинатне, с. 184–269.
- Табака, Л. В. (ред.) (1987) Флора и растительность Латвийской ССР. Средне-Латвийский геоботанический район [Flora and Vegetation of the Latvian SSR. Central Latvia Geobotanical Region]. Рига : Зинатне, с. 16–81.
- Табака, Л. В. (ред.) (1990) Флора и растительность Латвийской ССР. Централ-Видземский геоботанический район [Flora and Vegetation of the Latvian SSR. Central Vidzeme Geobotanical Region]. Рига : Зинатне, с. 16–81.

**Appendix 1. Non-native species, their distribution and dynamics over the last decades  
in the valley of the River Abava**

*1. pielikums. Abavas ielejā sastopamo svešzemju sugu dinamika pēdējo gadu desmitu laikā*

<b>Species</b>	<b>Frequency and habitats</b> (sources: Табака, Клявня,1981; LATV, RIG, LUGZZF)	<b>Frequency and habitats (2007)</b>
<i>Abies alba</i>		<i>Rarely</i> , 1 locality. Kandava. Pine forest.
<i>Acer negundo</i>		<i>Fairly frequently</i> . Mainly in the surroundings of Kandava and Sabile. Riparian habitats, shrubs, roadsides, pine forests, abandoned waste dumps, quarries, fallows.
<i>Acer pseudoplatanus</i>		<i>Rarely</i> , 1 locality (Kandava, pine forest).
<i>Aesculus hippocastanum</i>		<i>Rarely</i> , 2 localities (Buses, Pitriķi quarry nearby Kandava).
<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Occasionally</i> . Gardens, agricultural fields, waste dumps, roadsides. Kandava (Fichtenberg, 1924, RIG); Kandava-Sabile, nearby Rinkule in roadsides and field boundaries (Kope, 1973, LATV).	<i>Rarely</i> , 1 locality (Kandava, garden).
<i>Amelanchier spicata</i>	<i>Occasionally</i> . Dry pine forests, mixed deciduous-spruce forests, forest edges.	<i>Fairly frequently</i> , only in the surroundings of Kandava and Sabile; dry pine and spruce forests, forest edges, grasslands, roadsides.
<i>Armoracia rusticana</i>	<i>Occasionally</i> . Gardens, waste dumps, roadsides.	<i>Rather frequently throughout the area</i> , mainly in the surroundings of towns. Fallows, grasslands, roadsides, quarries, abandoned waste dumps.
<i>Artemisia absinthum</i>	<i>Fairly rarely</i> . Sandy slopes and outcrops, waste dumps, vicinity of settlements.	
<i>Aster salignus</i>		<i>Fairly rarely</i> . Kandava, Sabile and the surroundings, Valgale. Floodland meadows, river banks, fallows, ruderalised grasslands, shrublands.
<i>Bellis perennis</i>	<i>Fairly rarely</i> . Valleys of the R. Imula and Amula. Dry hillside meadows, forest edges, gardens, parks.	<i>Rarely</i> . Valley of the R. Imula and the surroundings of Kandava. Calcareous hillside meadows and restored waste dump-quarry.
<i>Bunias orientalis</i>	<i>Fairly rarely</i> . Agricultural fields, roadsides, fallows.	<i>Rarely</i> . Most probably, during the previous decades there was no evidence of the species in the area from Kandava to Veģi. Currently, 2 localities. A regularly mown grassland and yard.
<i>Caragana frutex</i>		<i>Rarely</i> . 1 locality (nearby Mustene, an overgrown abandoned graveyard and neighbouring forest).

Species	<i>Frequency and habitats</i> (sources: Табака, Клявня, 1981; LATV, RIG, LUGZZF)	<i>Frequency and habitats (2007)</i>
<i>Cerasus avium</i>		<i>Rarely</i> : 1 locality (Jaunkandava). A dry pine forest in the vicinity of a graveyard.
<i>Chaenomeles sp.</i>		<i>Rarely</i> : 1 locality (Mazkandava). An abandoned waste dump.
<i>Cotoneaster lucidus</i>	<i>Rarely</i> : 1 locality. The left bank of the R. Abava nearby Kandava, a dry pine forest (Табака, 1973, LATV).	<i>Fairly often</i> . Only in the vicinity of Kandava and Sabile. Dry pine forests, spruce forests, grasslands.
<i>Crataegus alemanniensis</i>	<i>Rarely</i> : 1 locality. Čūžu purvs (Kļaviņa, 1975, LATV).	
<i>Crataegus flabellata</i>	<i>Rarely</i> : 1 locality. A dry pine forest nearby Kandava (Kļaviņa 1979, LATV).	
<i>Crataegus horrida</i>	<i>Rarely</i> : 1 locality. The left bank of the R. Abava nearby Kandava (Čūžu purvs) (Tabaka, 1979, LATV).	
<i>Dipsacus sylvestris</i>		<i>Rarely</i> . The vicinity of Kandava and Sabile (3 localities). Abandoned waste dumps, quarries, weedy site-garden edge.
<i>Echinocystis lobata</i>		<i>Rarely</i> . Banks of the R. Abava, only in the vicinity of Kandava downstream (~ 10 km) and upstream (~ 1 km) the town. Riparian shrubs and nitrophilous herb communities. An overgrowing quarry-waste dump.
<i>Echinops shpaerocephalus</i>	<i>Rarely</i> . Sand and gravel quarries, roadsides. Kandava, Pedvāle (Tabaka, 1975, LATV; Šulcs, 1996, LATV).	<i>Rarely</i> . Only in the vicinity of Kandava and Sabile (3 localities). Street side, an abandoned farmstead, an abandoned waste dump.
<i>Erigeron canadensis</i>	<i>Frequently</i> . Dry forest edges, fallows, glades, forest cuts, shrubs, agricultural fields, gardens, roadsides.	<i>Frequently throughout the area</i> . Mainly in the vicinity of settlements and farmsteads. Gardens, agricultural fields, fallows, roadsides, waste grounds, quarries, ruderal habitats.
<i>Galinsoga ciliata</i>	<i>Occasionally</i> . Gardens.	<i>Occasionally</i> . Mainly in the vicinity of settlements and farmsteads. Gardens, agricultural fields, fallows, roadsides, ruderal habitats.
<i>Galinsoga parviflora</i>	<i>Occasionally</i> . Gardens, waste dumps, ruderal habitats. Kandava (Tabaka, 1975, LATV).	<i>Fairly frequently throughout the area</i> . Mainly in the vicinity of settlements and farmsteads. Gardens, agricultural fields, fallows, roadsides, ruderal habitats.



Species	<i>Frequency and habitats</i> (sources: Табака, Клявня, 1981; LATV, RIG, LUGZZF)	<i>Frequency and habitats (2007)</i>
<i>Grossularia reclinata</i>	<i>Fairly rarely.</i> Mixed broadleaf-spruce forests, riparian shrubs. Sabile, a rich deciduous forest (Tabaka, 1975, LATV).	<i>Fairly rarely</i> in the vicinity of Kandava and Sabile. A boulder pile, abandoned waste grounds, dry pine forests.
<i>Helianthus tuberosus</i>		<i>Occasionally.</i> In the vicinity of Kandava and Sabile (fallow). On the banks of the R. Abava upstream Sabile (riparian habitats).
<i>Heracleum mantegazzianum</i>		<i>Rarely.</i> 1 locality. Puriņi nearby Sabile (roadside).
<i>Heracleum sosnowskyi</i>	<i>Fairly rarely.</i> Localities have been recorded only since 1985. Kandava, street side (Laiviņš, 1985, LUGZZF); Matkule, grassland (Laiviņš, 1998, LUGZZF); Buses, shrubs (Laiviņš, 1998, LUGZZF).	<i>Fairly frequently throughout the area.</i> Spreading in riparian habitats (the R. Imula, Abava, and Valgale). Riparian habitats, spring banks, hillside meadows, abandoned waste dumps, quarries, grasslands.
<i>Hesperis matronalis</i>		<i>Occasionally fairly often.</i> Only in the vicinity of Sabile and Tojāti and Vimbuži graveyards. Riparian shrubs, fallows, garden edges, hillside slopes, street sides, dry grasslands.
<i>Hippophae rhamnoides</i>		<i>Rarely.</i> 1 locality. Kandava (ruderal habitat, an abandoned construction site on debris).
<i>Impatiens glandulifera</i>		In some areas occasionally frequent. The valley of the R. Imula, Sabile and the surroundings. In other parts of the area rarely (Kandava, Kalnamuiža). Riparian habitats, nitrophilous tall herb communities on river banks, riparian shrubs, waste dumps, yards.
<i>Impatiens parviflora</i>	<i>Rarely.</i> Localities have been recorded only since 1990. Pūces, a rich deciduous forest (Gavrilova, 1993, LATV); Kandavas mācītājmāja, roadside in a forest (Gavrilova, 1995, LATV).	<i>Fairly frequently.</i> In the vicinity of Kandava, Sabile, Mustene, Kandavas mācītājmāja, in the valleys of the R. Imula and Amula). Pine forests, mixed pine-deciduous forests, rich deciduous forests on slopes, riparian shrubs, spruce forests.
<i>Lactuca serriola</i>	<i>Rarely.</i> 1 locality. Sabile, a waste dump (Tabaka, 1974, LATV).	
<i>Lathyrus tuberosus</i>	<i>Rarely.</i> 1 locality. The vicinity of Kandava (Veinbergs, 1935, RIG).	

<b>Species</b>	<b>Frequency and habitats</b> (sources: Табака, Кļавиņa, 1981; LATV, RIG, LUGZZF)	<b>Frequency and habitats (2007)</b>
<i>Leonurus quinquelobatus</i>	<i>Fairly rarely.</i> Field margins, roadsides, waste dumps, vicinity of settlements.	<i>Rarely.</i> Only in the vicinity of Kandava and Sabile. Abandoned waste dumps, abandoned farmsteads, quarries, ruins.
<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Rarely.</i> 1 locality. Čūžu purvs nearby Kandava (Tabaka, 1973, LATV; Kļaviņa, 1975, LATV).	<i>Rarely.</i> 2 localities. Čūžu purvs and Jaunkandava. Shrubland, the vicinity of greenery.
<i>Lonicera caprifolium</i>		<i>Rarely.</i> The vicinity of Kandava and Sabile, pine forests.
<i>Lupinus polyphyllus</i>		<i>Fairly often.</i> Only in Kandava, Sabile, and the surroundings Dry grasslands, fallows, roadsides, abandoned sand and gravel quarries, vicinity of graveyards.
<i>Malva alcea</i>	<i>Rarely.</i> Dry, calcareous meadows, vicinity of settlements. The left bank of the R. Abava nearby Siseņi (Kļaviņa, 1979, LATV).	<i>Rarely.</i> 1 locality. The vicinity of Kandava nearby Vimbužu graveyard, fallow.
<i>Medicago sativa</i>	<i>Fairly frequently.</i> Forest edges, dry calcareous meadows, fallows, in cultivation.	<i>Fairly frequently.</i> In most of the area. Fallows, roadsides, dry calcareous meadows, dry hillside meadows, forest edges.
<i>Onopordon acanthium</i>	<i>Rarely.</i> 1 locality. Kandava (Wiedemann, Weber, 1852, RIG; Rasiņš, 1954).	
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>		<i>Rarely.</i> Only in the vicinity of Kandava (2 localities). An abandoned quarry, a pine forest in the vicinity of a graveyard.
<i>Petasites hybridus</i>	<i>Rarely.</i> Roadside, waste dumps. Sabile (Kļaviņa, 1975, LATV); Sabile (Laiviņš, 1987, LUGZZF); Siseņi, roadside (Kabucis, 1995, LATV); Pedvāle, the valley of the river (Šulcs, 1996, LATV).	<i>Fairly frequently.</i> In the vicinity of Kandava and Sabile, absent in other parts of the area. Humid hillside slopes, floodland meadows, ditches, fallows, roadsides.
<i>Physalis alkekengi</i>		<i>Rarely.</i> 1 locality. Kandava, roadside in the former allotment area.
<i>Polemonium coeruleum</i>	<i>Rarely.</i> 1 locality. Kandava (Veinbergs, 1940, RIG).	
<i>Prunus divaricata</i>		<i>Occasionally.</i> Quarries, rich deciduous forests, pine forests, mixed forests, ruderal habitats in towns, shrubs.

<b>Species</b>	<b>Frequency and habitats</b> (sources: Табака, Клявня,1981; LATV, RIG, LUGZZF)	<b>Frequency and habitats (2007)</b>
<i>Reynoutria japonica</i>		<i>Rarely.</i> In the vicinity of Kandava and Sabile nearby greeneries and graveyards, Kalnamuiža, Zāģeri (nearby abandoned farmsteads).
<i>Rosa rugosa</i>	<i>Fairly rarely.</i> River banks, quarries, roadsides.	<i>Fairly rarely.</i> The vicinity of Kandava and Vimbuži graveyard. Quarries, shrubs on margins of graveyards, floodland meadows.
<i>Rumex confertus</i>	<i>Fairly rarely.</i> Fallows, roadsides.	
<i>Sambucus nigra</i>		<i>Occasionally</i> throughout the area. Ruderal habitats, forest edges, roadsides, abandoned farmsteads.
<i>Samubucus racemosa</i>	<i>Rarely.</i> 5 km west of Kandava, roadside (Tabaka, 1973, LATV).	<i>Occasionally</i> throughout the area. Pine forests, forest edges, abandoned waste dumps.
<i>Sapponaria officinalis</i>	<i>Frequently.</i> Shrubs, forest edges, vicinity of settlements, roadsides.	<i>Frequently</i> throughout the area. Dry grasslands, fallows, roadsides, forest edges, abandoned farmsteads, vicinity of graveyards.
<i>Scilla siberica</i>		<i>Rarely.</i> Only in the vicinity of Kandava. Ruderal habitats, vicinity of waste dumps, floodland meadows.
<i>Solidago canadensis</i>		<i>Frequently,</i> mainly in the vicinity of Kandava and Sabile. Fallows, grasslands, dry calcereous meadows, moderately humid meadows, ruderalised grasslands, roadsides, humid hillside slopes, waste dumps, quarries.
<i>Sorbaria sorbifolia</i>		<i>Fairly rarely.</i> The vicinity of Kandava, Svente and Zāģeri. Rich deciduous forests on slopes, mixed forests and shrubs in vicinity of graveyards and abandoned farmsteads.
<i>Spirea latifolia</i>		<i>Rarely.</i> Sabile. A pine forest.
<i>Spirea x billardii</i>		<i>Rarely.</i> Kandava. A pine forest.
<i>Symphoricarpos albus</i>		<i>Rarely.</i> The vicinity of Mustene (overgrown abandoned graveyard and surroundings).
<i>Swida alba</i>	<i>Fairly rarely.</i> Mixed deciduous-spruce forests, spruce forests. Abavas rumba (Fatare, 1981, LATV).	
<i>Vicia sativa</i>	<i>Fairly rarely.</i> Fallows, gardens.	
<i>Vinca minor</i>		<i>Occasionally</i> in the vicinity of Kandava. Pine forests and shrubs in vicinity of graveyards.

## Kopsavilkums

Lai noskaidrotu svešzemju sugu pašreizējo izplatību, to izplatības ātrumu un migrācijas ceļus, tika pētītas Abavas ielejas floras izmaiņas pēdējo dažu desmitu gadu laikā. 1981. gadā publicētās ziņas par teritorijas svešzemju floru salīdzinātas ar 2006. un 2007. gada sugu inventarizācijas rezultātiem. Izmantoti arī herbāriju materiāli un citi datu avoti. Sagatavotas sugu izplatības kartes  $0,5 \times 0,5$  km tīklā, kas atspoguļo 2006. un 2007. gada inventarizācijas rezultātus.

Pētījums veikts salīdzinoši nelielā teritorijā, taču rezultāti lielā mērā atspoguļo pašreizējo svešzemju, tostarp invazīvo, sugu izplatību un dinamiku Latvijas teritorijā. Līdzīgas tendences konstatētas arī citviet Eiropā. Invazīvās svešzemju sugas, kas strauji izplatās visā Eiropā, sastopamas gan cilvēka darbības izmainītos, gan dabiskos biotopos. Lielākā daļa šo sugu Abavas ielejā pirms 30 gadiem ārpus kultivācijas nav konstatētas, turpretī vairākas no tām pašlaik uzskatāmas par diezgan bieži vai bieži sastopamām dažādos biotopos. Lielākoties svešzemju, tostarp invazīvās, sugas Abavas ielejā sastopamas pilsētu un apdzīvotu vietu tuvākajā apkārtnē – bijušajās izgāztuvēs-karjeros, atmatās un zālājos, kā arī upju krastos un ceļmalās. Samērā bieži invazīvās svešzemju sugas konstatētas arī dabiskos, maz ietekmētos biotopos. Svešzemju sugu izplatība sakrīt galvenokārt ar ielejas hidroloģisko un ceļu tīklu, kas ir nozīmīgi sugu migrācijas ceļi un vienlaikus arī šo sugu augšanai un izplatībai piemēroti biotopi. Pētījuma rezultāti liecina, ka šo sugu izplatību veicina arī zemes lietojumveida izmaiņas.

**Atslēgvārdi:** svešzemju sugas, invazīvas sugas, sugu izplatība un dinamika, ainavas struktūra, zemes lietojumveida izmaiņas.

## Ošu mežu sabiedrību daudzveidība Latvijā *Diversity of Ash Forest Communities in Latvia*

**Dace Reihmane**

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte,  
Raiņa bulvāris 19, Rīga, LV-1586  
E-pasts: [dace.reihmane@tvnet.lv](mailto:dace.reihmane@tvnet.lv)

Ošu meži Latvijā aizņem 0,7% no kopējās mežu platības un ir izplatīti galvenokārt Zemgalē un Kurzemē. Osis parasti piejaukumā ar citām platlapju sugām (goba, liepa, kļava, melnalksnis) veido pēc platības nelielas audzes auglīgās augsnēs, kas bieži vien satur karbonātus.

Šajā darbā apkopoti 2004. un 2005. gada ošu mežu augu sabiedrību izpētes rezultāti, kas iegūti, izmantojot Brauna-Blankē metodi. Kopumā veikti 212 apraksti septiņos Latvijas dabas reģionos. Analizējot ošu mežu sabiedrības aprakstus ar divvirzienu indikatorsugu analīzi (TWINSPAN), iegūtas četras aprakstu kopas. Trīs no tām sintaksonomiskajā sabiedrību klasifikācijas sistēmā pielīdzinātas asociāciju ranga sabiedrībām: *Pruno-Fraxinetum*, *Carici remotae-Fraxinetum* un *Aceri-Fraxinetum*, savukārt viena noteikta kā bezranga augu sabiedrība: *Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior* sabiedrība. Ekoloģisko apstākļu raksturošanai izmantotas Ellenberga skalas; ošu mežu sabiedrības galvenie diferencējošie augtēnes faktori ir augsnes auglības gradienti (mitruma un slāpekļa režīmi, kā arī augsnes reakcija).

**Atslēgvārdi:** Latvija, ošu mežu augu sabiedrības, vides faktori.

### Ievads

Latvijā parastais osis (*Fraxinus excelsior* L.) atrodas sava areāla ziemeļu daļā un kā valdošā suga kokaudzē sastopama samērā reti. Pārsvārā tas veido mistraudzes ar šādām lapu koku sugām – melnalksni, bērzu, apsi, bet retāk ar pārējām platlapju sugām, kā arī ar boreālajiem mežiem raksturīgo sugu – egli. Ošu tīraudzes sastopamas visai reti (Sakss, 1958) un galvenokārt tikai teritorijās, kur tās ir kultivētas.

Parasti ošu meži veido nelielas, fragmentāras audzes. Tās nevienmērīgos daudzumos sastopamas visā valsts teritorijā gan upju palienēs un ūdenstilpju krastu nogāzēs, gan līdzenumos, piemēram, Zemgalē. Pārsvārā šie meži aug kaļķainās, ar barības vielām bagātās, mālainās augsnēs, kurās ir nedaudz palielināts mitruma daudzums.

Sakarā ar eitrofām augtēm un optimāli nodrošināto mitrumu augsnēs ošu mežos novērojama samērā liela sugu koncentrācija. Pavisam Latvijas ošu mežos sastopamas 221 vaskulāro augu suga un 44 sūnu sugas (Laiviņš, 2005). Cilvēku saimnieciskās darbības dēļ ošu mežu veģetācija bieži vien ir mainījusies. Tajos dažkārt sastopamas arī nemeža biotopiem raksturīgās sugas: *Primula veris*, *Prunella vulgaris*, *Crepis biennis*, *Tussilago farfara*, tomēr līdztekus šajos mežos sastopamas šādas Latvijā reti augošas sugas: *Hipericum hirsutum*, *Cinna latifolia*, *Dactylorhiza*

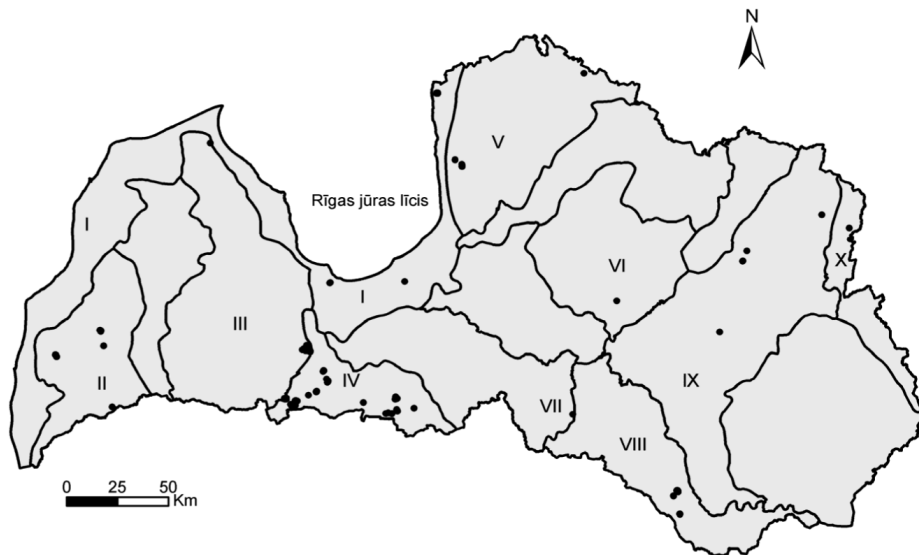
*maculata*, *Dactylorhiza fuchsia*, *Orchis mascula*, *Ranunculus lanuginosus*, *Allium ursinum* un citas.

Līdz šim visaptveroši fitosocioloģiskie pētījumi ošu mežos tika veikti 60. gados (Ābele, 1969), taču tolaik tika lietota dominantu metode, tāpēc šie pētījumi nebija salīdzināmi ar Centrāleiropā veiktajiem. Mūsdienās ošu mežu sabiedrību pētījumi iekļauti vispārējos pētījumos par Latvijas mežu sabiedrībām. Pārmitrās ošu mežu sabiedrības pētījis N. Priedītis (Priedītis, 1997; 1999). Tādējādi šā darba mērķis bija veikt ošu mežu vispārīgu fitosocioloģisko analīzi un raksturot iegūto ošu mežu sabiedrību ekoloģiskās īpašības.

## Materiāls un metodes

### Pētījumu vietas

Latvija atrodas boreālnemorālo mežu starpzonā (Ozenda, 1994., Krauklis *et al.*, 2002), Baltijas jūras krastā starp 55°40'–58°05' Z platuma un 20°58'–28°14'A garuma grādiem. Maigais piejūras klimats (Kalniņa, 1995) un bagātīgas augtēnes ir galvenie vides faktori, kas lielā mērā ietekmē ošu mežaudžu izplatību Latvijas dienvidrietumu daļā – Kurzemē un Zemgalē. Pārējā Latvijas teritorijā ošu mežu sabiedrības sastopamas daudz retāk.



1. att. Veģetācijas aprakstu vietas

#### *Localities of vegetation relevés*

Ainavzemes / Nature regions (Ramans, 1994): I – Piejūra; II – Rietumkurša; III – Austrumkurša; IV – Rietumzemgale; V – Ziemeļvidzeme; VI – Vidzemes augstiene; VII – Austrumzemgale; VIII – Augšzeme; IX – Aiviekstes zeme; X – Austrumlatgale.

Latvijas ošu mežu sabiedrības tika aprakstītas mežos, kur valdošā suga koku stāvā ir parastais osis (*Fraxinus excelsior L.*). Pētījumos tika iekļauti šādi Latvijas dabas reģioni: Piejūra (Ainaži, Ķemeru nacionālais parks), Rietumkursā (Aizpute, Durbe), Austrumkursā (Vīdale), Rietumzemgalē (Ukrī, Tērvete, Zaļenieki, Bukaiši, Dobeļe, Rundāle, Vecrundāle, Bauska), Austrumzemgalē (Viesīte), Augšzemē (Pilskalne, Šēdere, Jaunlaši), Ziemeļvidzemē (Limbaži, Pīksāri), Vidzemes augstienē (Barkava), Aiviekstes zemē (Pededze, Gulbene) un Austrumlatgalē (Viļaka).

## Materiāls un datu analīze

Pētījumā izmantoti darba autores un M. Laiviņa apraksti, kas veikti no 2004. līdz 2005. gadam. Pēc Brauna-Blankē metodes (*Dierschke*, 1994; Pakalne, Znotiņa, 1992) kopumā veikti 212 apraksti. Katra parauglaukuma lielums ir no 400 līdz 900 m<sup>2</sup>. Veģetācija raksturota atsevišķi pa stāviem. Katrā aprakstā pēc acumēra procentos tika noteikts koku stāva (E3), krūmu stāva (E2), lakstaugu stāva (E1) un sūnu stāva (E0) projektīvais segums. Sugu sastāvs apkopots sinoptiskajā tabulā (1. piel.), kur parādītas ošu mežu rakstursugas. Sugu sastopamība ir atspoguļota procentos (*Dierschke*, 1994), tādējādi ir vieglāk izprast katras sugas klātbūtni katrā augu sabiedrību kopā. Visi pētījumā iekļautie veģetācijas dati apkopoti datu bāzē TURBOWEG (Hennekens, 1995).

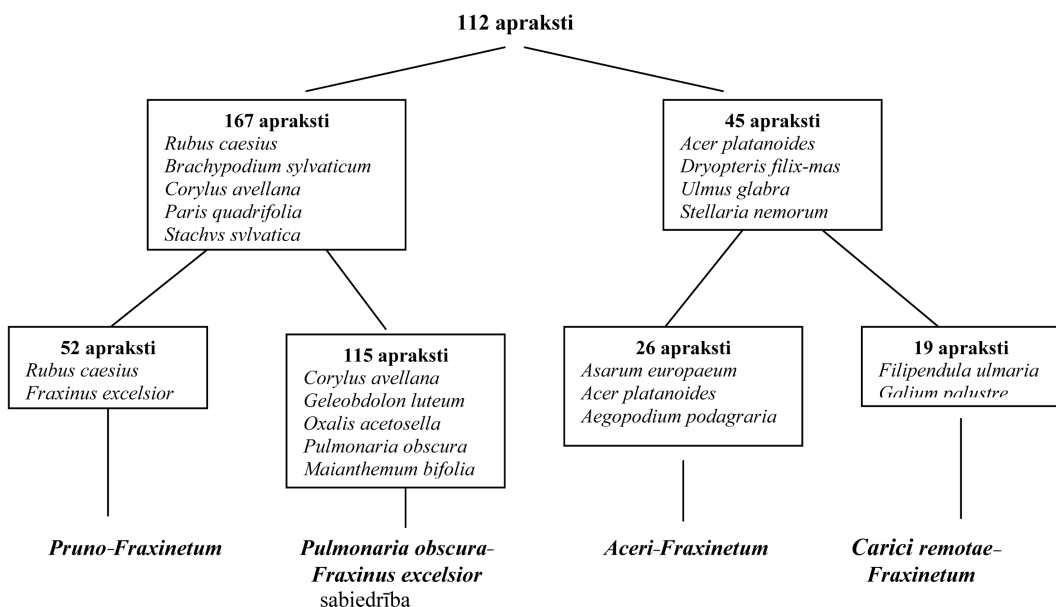
Augu sabiedrību apraksti klasificēti pēc to sugu sastāva, lietojot divvirzienu indikatorsugu analīzi datorprogrammā TWINSPAN (*Hill*, 1979). Katram aprakstam aprēķinātas Ellenberga skaitļu indikatorvērtības (*Ellenberg et al.*, 1992). Augu sabiedrību ekoloģiskā daudzveidība analizēta, izmantojot detrendēto korespondanalīzi (DCA) ar datorprogrammām DECORANA (*Hill, Gausch*, 1980) un PC-ORD (*McCune, Mefford*, 1997).

Nomenklatūra: vaskulāro augu florai (Gavrilova, Šulcs, 1999) un sūnām (Āboliņa, 2001).

## Rezultāti

### Ošu mežu sabiedrību klasifikācija

Analizējot ošu mežu aprakstus (212 apraksti) ar divvirzienu indikatorsugu klasifikācijas metodi (TWINSPAN), ošu meži tiek diferencēti četrās galvenās sabiedrību grupās (2. att.), kas sintaksonomiski pieder pie Eiropas vasarzaļo platlapju mežu klases *Quercus-Fagetalia* un Eiropas vasarzaļo mezotrofo platlapju mežu rindas *Fagetalia*. Lielākā daļa aprakstu iekļaujas upju palieņu un mitru zemieņu baltalkšņu savienībā *Alno-Ulmion* – 186 apraksti, savukārt mazāks daudzums ošu mežu sabiedrību (26 apraksti) pieder pie *Tilio-Acerion* savienības.



2. att. Divvirzienu indikatorsugu analīze (TWINSPAN) dendrogramma

*TWINSPAN dendogram*

Mežus, kas atrodas periodiski slapjās, glejotās augsnēs, raksturo sabiedrība *Carici remotae-Fraxinetum* (19 apraksti). Barības vielām bagātās un pārsvarā mālainās augsnēs sastopama augu sabiedrība *Pruno-Fraxinetum* (52 apraksti), sugām nabadzīgāko augu sabiedrību uz stāvākām nogāzēm vai gravās raksturo *Aceri-Fraxinetum* (26 apraksti), savukārt kā kontaktsabiedrības starp *Pruno-Fraxinetum* un *Aceri-Fraxinetum* izdalītas *Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior* mežu sabiedrības (115 apraksti), kas sastopamas gan uz lēzenām nogāzēm, gan līdzenās vietās.

Ņemot vērā klasifikācijā iegūtos rezultātus, Latvijas ošu mežu sintaksonomisko struktūru var attēlot šādi:

**Klase:** *Quercus-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieger in Viegler 1937

**Rinda:** *Fagetalia sylvaticae* Pawl. in Pawl. Sokol. Wall. 1928

**Savienība:** *Alno-Ulmion* Br.-Bl. et Tx. 1943

**Apakšsavienība:** *Alnenion glutinosae-incanae* Oberd. 1953

**Asociācija:** *Carici remotae-Fraxinetum* Koch ex Faber 1936

*Pruno-Fraxinetum* Oberd. 1953

*Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior* sabiedrības

**Savienība:** *Tilio-Acerion* Ellenberg et Klötzli 1972

**Asociācija:** *Aceri-Fraxinetum* (W. Koch 1926) Rübél 1930 ex Tüxen 1937 em.



## Pārskats par ošu mežu sabiedrībām

Latvijā visi ošu meži izceļas ar relatīvi augstu sugu piesātinātību (1. tab.). Liela daļa (ar biežu sastopamību visos parauglaukumos) no tām ir *Quercus-Fagetalia* klases un *Fagetalia* rindas rakstursugas (1. piel.): *Pruno-Fraxinetum* (22,4%), *Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior* (21,3%), *Aceri-Fraxinetum* (29,3%) un *Carici remotae-Fraxinetum* (21,3%). Tomēr dažkārt, īpaši *Carici remotae-Fraxinetum* asociācijas augu sabiedrībā, ir novērojama arī Eiropas melnalkšņu staignāju klases *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tx. 43 raksturīgo sugu klātbūtne: *Ribes nigrum*, *Galium palustre*, *Calamagrostis canescens*, *Carex elongata*, *Lycopus europaeus*, *Scutellaria galericulata*, *Iris pseudacorus*.

1. tabula

### Ošu mežu sabiedrību vidējie projektīvie segumi (%) un sugu skaits

#### The mean projective cover (%) and number of species of ash forest communities

Faktors/Sabiedrība <i>Factor/Community</i>	I	II	III	IV
Koku stāva projektīvais segums, (%) / <i>Cover of tree layer, %</i>	61	56	69	57
Krūmu stāva projektīvais segums, (%) / <i>Cover of shrub layer, %</i>	58	71	48	32
Lakstaugu stāva projektīvais segums, (%) / <i>Cover of herb layer, %</i>	65	53	64	80
Sūnu stāva projektīvais segums (%) / <i>Cover of moss layer, %</i>	66	45	27	50
Vid. sugu skaits aprakstā / <i>Mean number of species in relevé</i>	28	33	28	41
Kopējais sugu skaits / <i>Total number of species</i>	142	155	99	137

Ošu mežu sabiedrības/ Plant communities of ash forests: I – *Pruno-Fraxinetum*; II – *Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior*; III – *Aceri-Fraxinetum*; IV – *Carici remotae-Fraxinetum*.

Vidējie rādītāji dažās ošu mežu sabiedrībās, izņemot *Carici remotae-Fraxinetum* augu sabiedrības, ir diezgan līdzīgi. Vidēji parauglaukumā ir apmēram 30 sugu: 28 sugas *Pruno-Fraxinetum* un *Aceri-Fraxinetum* augu sabiedrībās, bet *Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior* – 33. Pārmitrās augu sabiedrības ir sugām visbagātākās – vidēji 41 suga parauglaukumā.

## Veģētācijas struktūra

### Attālvārpu grīšļa – parastā oša *Carici remotae-Fraxinetum*

#### W. Koch 26 ex Faber 36 asociācija

*Carici remotae-Fraxinetum* ir palieņu meži, kas bieži sastopami kaļķiem bagātās ūdensteču ielejās vai periodiski slapjās, glejotās minerālaugsnēs. Salīdzinot ar sausajiem ošu mežiem, te ir mainīgāki vides apstākļi – mitrums un gaisma. Sabiedrības rakstursugas ir *Carex remota*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Poa remota*.

Latvijā asociācija *Carici remotae-Fraxinetum* sastopama diezgan reti. Pēc platības šīs asociācijas meži ir mazi un neregulāri izplatīti. Ir tikai dažas teritorijas, kuras tika pēfītas kā mitro ošu mežu areāli: Jaunlašu mežā (Daugavpils raj.), Ķemeru nacionālajā parkā – Vēršupītes palienē, netālu no Ainažiem, kā arī Latvijas rietumu daļā – Skabuļu mežā (Kuldīgas rajonā).

Lielākoties šīs asociācijas sabiedrībai raksturīgs neliels koku segums – vidēji 57%. Koku stāvā līdzās dominējošam osim mitrākajās vietās konstanti sastopams melnalksnis (*Alnus glutinosa*), bet sausākās aprakstu vietās nelielā daudzumā – arī citas platlapju koku sugas – *Ulmus glabra*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides* un boreālajiem mežiem raksturīgā suga – parastā egle (*Picea abies*).

Šajā sabiedrībā vāji attīstīts ir arī krūmu stāvs, kuru vidējais projektīvais segums ir tikai 32%. Visbiežāk sastopamā suga šeit ir parastā ieva (*Padus avium*). Dažkārt krūmu stāvā labi izdalās arī koku sugas, respektīvi, jaunie ošu, gobu un kļavu kociņi.

*Carici remotae-Fraxinetum* augu sabiedrībā lakstaugu stāva vidējais segums ir vislielākais no visām Latvijā sastopamajām sabiedrībām – 80%. Dažviet lakstaugi sastopami vairākos stāvos, kas būtiski palielina šajās sabiedrībās arī sugu daudzveidību. Šajās sabiedrībās uz to norāda liels sugu daudzums vienā parauglaukumā – 41 suga (1. tab.), kā arī vairāku retu, tikai kādā atsevišķā parauglaukumā esošu sugu klātbūtne. Lakstaugu stāvā raksturīga daudzu sugu dominance. Bieži šeit sastopamas ne tikai šai sabiedrībai raksturīgās sugas, bet arī šādas sugas: *Geum rivale* (89%), *Filipendula ulmaria* (84%), *Galeobdolon luteum* (74%), *Ranunculus cassubicus* (68%), *Oxalis acetosella* (63%), *Dryopteris cartusiana* (68%), *Galium palustre* (63%) un *Urtica dioica* (74%). Dažreiz aprakstos nav rakstursugas *Carex remota*, taču, neņemot vērā to, pārējo sugu (*Fraxinus excelsior*, *Alnus glutinosa*, *Stellaria nemorum*, *Filipendula ulmaria*, *Ranunculus repens*, *Galium palustre*, *Plagiomnium undulata*) klātbūtne liecina par šo aprakstu piederību šai asociācijai.

Sūnu stāvā bieži dominē šīs asociācijas rakstursuga *Plagiomnium undulatum* (95%) un vēl tikai divas sugas: *Eurhynchium angustierete* (58%) un *Cirriphylum piliferum* (42%), kas norāda uz barības vielām bagātīgām un slāpekli saturošām augtenēm.

### **Parastās ievas – parastā oša *Pruno – Fraxinetum* Oberd. 1953 asociācija**

Latvijā *Pruno-Fraxinetum* sabiedrības sastopamas barības vielām bagātās, pārsvarā mālainās augsnēs. Lielākās platības ar tipiskiem šīs mežu sabiedrības īpatņiem raksturīgas Zemgales līdzenumam. Tikai nedaudzas šīs asociācijas sabiedrības sastopamas Rietumkursas augstienē (Durbē) un Piejūras zemiēnē (Ķemeros).

*Pruno – Fraxinetum* sabiedrības koku stāvs stipri variē starp atsevišķiem parauglaukumiem. Sausākajos šīs asociācijas mežos koku segums ir lielāks, bet mitrākajos – mazāks. Koku stāvā dominē osis un tikai nelielā skaitā sastopamas divas koku sugas – *Quercus robur* (16%), *Populus tremula* (13%). Pārējās koku sugas *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, *Acer platanoides*, *Betula pendula* un *Picea abies* ir vēl retāk sastopamas (1. piel.).

Krūmu stāvs ir attīstīts samērā bagātīgi – 58%. Atšķirībā no iepriekšējās asociācijas šeit izteikti dominē asociācijas rakstursuga parastā ieva (*Padus avium*) – 94%. Retāk sastopamas ir *Sorbus aucuparia* (50%) un *Corylus avellana* (40%), kā arī Zemgales mežiem raksturīgā suga *Euonymus europae* (37%). Turklāt labi atjaunojas *Fraxinus excelsior* (71%) un *Quercus robur* (60%) jaunā paauga.

Zemsedzē valdošās ir sugas, kas raksturīgas ar slāpekli bagātīgām augtenēm: *Rubus caesius* (92%), *Aegopodium podagraria* (79%), *Paris quadrifolia* (69%), *Stachys sylvatica* (69%), *Campanula trachelium* (35%), kā arī mitrumu mīlošas sugas: *Filipendula ulmaria* (67%), *Geum rivale* (54%) un *Deschampsia caespitosa* (44%).

Sūnu stāvs, salīdzinot ar citām ošu mežu sabiedrībām, te ir labāk attīstījies – vidējais projektīvais segums ir 66%. Šeit raksturīgākās ir *Eurhynchium* ģints sugas: *E. hians* (90%) un *E. angustierete* (65%), samērā bieži sastopamas arī *Cirriphyllum piliferum* (38%), *Fissidens taxifolius* (29%) un *Rhytidiadelphus triquetrus* (19%), *Thuidium tamarascinum* (17%).

### Ārstniecības lakača – parastā oša *Pulmonaria obscura* – *Fraxinus excelsior* sabiedrības

*Pulmonaria obscura*-*Fraxinus excelsior* sabiedrības Latvijas ošu mežos sastopamas visvairāk (115 apraksti). Galvenais to izplatības areāls saistāms ar Zemgales līdzenumu, Rietumkursas augstieni (Aizpute, Durbe) un Limbažu viļņoto līdzenumu (Limbaži).

Pēc strukturālās uzbūves tās ir ļoti dažādas. Vidējais koku vainagu slēgums ir 56%. Liela daudzveidība ir novērojama gan floristiskā, gan kompozicionālā ziņā, gan koku stāva struktūras komponentēs. Pirmkārt, šīs sabiedrības koku stāvā ir ne tikai osis, bet arī šādas platlapju koku sugas: *Quercus robur* (30%), *Acer platanoides* (10%) un *Ulmus glabra* (10%); sekundāras koku sugas: *Betula pendula* (23%), *Populus tremula* (18%) un skuju koku mežiem raksturīgā suga *Picea abies* (11%). Otrkārt, koku stāvā ir novērojams liels sugu skaits (13 sugas). Treškārt, koku stāvā labi diferencējas divi stāvi – augšējā stāvā parasti atrodas *Fraxinus excelsior* un nedaudz *Quercus robur*, savukārt otrajā stāvā – *Ulmus glabra*, *Acer platanoides* un *Picea abies*. Reizēm dažos parauglaukumos koku sugu proporcijas stipri mainās, un tad nevar īsti nodalīt, vai šie meži pieder *Pulmonaria obscura*-*Fraxinus excelsior* sabiedrībām. Vairākos gadījumos tiem jau ir raksturīga nogāžu mežu struktūra – liela kļavu un gobu klātbūtne (Limbažos).

Krūmu stāvs ir biezs; vidēji tā projektīvais segums ir 71%. Līdzīgi kā koku stāvā, arī krūmu stāvs diferencējas divos līmeņos – augšējo veido lazdas (*Corylus avellana*) – 99%, apakšējo – ievas (*Padus avium*) – 90%. Pamežā bieži sastopamas ne tikai šīs divas, bet arī šādas sugas: *Lonicera xylosteum* (54%), *Euonymus europae* (47%), *Viburnum opulus* (26%), *Sorbus aucuparia* (79%). Daudzviet sastopami arī koku sugu jaunie īpatņi: *Fraxinus excelsior* (43%), *Acer platanoides* (37%) un *Ulmus glabra* (17%), kuri nākotnē varētu veidot pamatsastāvu koku stāvā.

Lakstaugu stāvs ir daudzveidīgs. Kopumā tas asociējas ar pavasara aspektu – *Anemone nemorosa* (37%), *Galeodolon luteum* (65%), *Ranunculus cassubicus* (69%),

*Mercurialis perennis* (39%) un *Pulmonaria obscura* (46%). Daudzas dominējošas sugas ir tādas pašas kā *Pruno-Fraxinetum* asociācijā: *Paris quadrifolia* (85%), *Aegopodium podagraria* (82%), *Brachypodium sylvaticum* (78%), *Stachys sylvatica* (57%), *Rubus caesius* (55%) un *Campanula trachelium* (43%).

Bieži vien lakstaugu stāvs var mainīties atkarībā no atrašanās vietas. Nogāzēs un gravās, kur atrodas avoti, sastopamas sugas, kas vairāk mīl mitrumu un barības vielām bagātīgas augtenes: *Allium ursinum*, *Geum rivale* un *Filipendula ulmaria*. Savukārt nogāžu augšējā daļā un līdzenās vietās aug sausākiem ošu mežiem raksturīgās sugas: *Hepatica nobilis*, *Actaea spicata*, *Maianthemum bifolia* un *Asarum europaeum*.

Sūnu stāvam raksturīgas četras sugas: *Plagiomnium undulatum* (79%), *Eurhynchium hians* (71%), *E. angustierete* (62%) un *Fissidens taxifolius* (43%).

### **Kļavu-ošu *Aceri-Fraxinetum* (W. Koch 1926) Rūbel 1930 ex Tüxen 1937 em. Et nom. Inv. Th. Müller 1996 asociācija**

*Aceri-Fraxinetum* ir tipiska *Tilio-Acerion* savienības asociācija. Visi šīs asociācijas meži atrodas samērā stāvās, saules apspīdētās vai noēnotās nogāzēs un gravās, bet dažreiz arī nogāžu pakājēs (Šēdere). Latvijā *Aceri-Fraxinetum* mežu izplatība ir strikti ierobežota. Visas to aprakstu vietas atrodas Latvijas austrumu daļā – Pilskalnes “Siguldiņā”, Šēderē (Daugavpils rajons) un Viļakā (Balvu rajons).

Pētījuma areālā šai asociācijai ir diezgan nabadzīgs sugu skaits. Pavisam *Aceri-Fraxinetum* ošu mežos noteiktas 99 vaskulāro augu sugas, vidēji vienā parauglaukumā – 28. Šo nelielo sugu skaitu var izskaidrot ar samērā nabadzīgu sugu skaitu lakstaugu stāvā (64 sugas), kā arī ar mežu novietojumu uz Latvijai ne tik ļoti raksturīgām stāvām nogāzēm (Pilskalnē), kur lielāka nozīme ir koku sugām. To vidējais projektīvais segums ir 69%, kas ir vislielākais no visām ošu mežu sabiedrībām.

Koku stāvā dominē *Fraxinus excelsior* (100%) un savienības *Tilio-Acerion* rakstursugas: *Acer platanoides* (77%), *Tilia cordata* (54%) un *Ulmus glabra* (31%). Lielākā daļa no sastāvu veidojošām sugām pieder labi strukturētam koku stāvam ar skaidri izteiktu otro stāvu. Koku otrajā stāvā osis ir nelielā daudzumā, taču ātraudzības dēļ tas ļoti ātri pievienosies pirmajam koku stāvam. Jau pašlaik šeit dažviet ir novērojams, ka ozolus aizstāj oši un liepas.

Krūmu stāvs parasti nosedz nedaudz mazāk nekā pusi augtenes. Pamežā dominē *Corylus avellana* (88%), *Padus avium* (88%) un *Lonicera xylosteum* (62%), kur bieži vien blakus sastopama arī koku sugu jaunā paauga, īpaši *Acer platanoides* (85%), *Tilia cordata* (58%), *Fraxinus excelsior* (42%) un *Ulmus glabra* (42%). Tikai nedaudz mazākā sastāvā krūmu stāvā sastopams pīlādzis (*Sorbus aucuparia*), savukārt savienības *Tilio-Acerion* raksturojošā suga *Ribes alpinum* sastopama tikai 19%.

Lakstaugu stāvā dominē vairākas sugas. Rinda no *Quercus-Fageteta* un *Fagetalia* sugām sasniedz augstu noturību: *Aegopodium podagraria* (92%), *Dryopteris filix-mas* (85%), *Galeobdolon luteum* (73%), *Asarum europaeum* (73%) un *Campanula trachelium* (62%). Uz pusi mazāk lakstaugu stāvā sastopama *Tilio-Acerion* savienības rakstursuga *Actaea spicata* (38%). Turklāt bieži lakstaugu stāvā atrodas arī *Acer platanoides* (73%) dīgsti.

Savukārt sūnu stāvā dominē tikai trīs sugas: *Plagiomnium undulatum* (95%), *Eurhynchium hians* (65%) un *E. angustierete* (62%). Pārējās sugas sastopamas samērā reti un nelielā daudzumā.

## Ekoloģija

Salīdzinot ekoloģiskos rādītājus ošu mežu sabiedrībās, vidējās aprēķinātās Ellenberga vērtības ir ļoti līdzīgas (2. tab.). Visas ošu mežu sabiedrības sastopamas barības vielām bagātās, neitrālās, ar slāpekli piesātinātās augtenēs, kurās pārsvarā aug okeāniskas sugas, kas mīl daļēju apēnojumu.

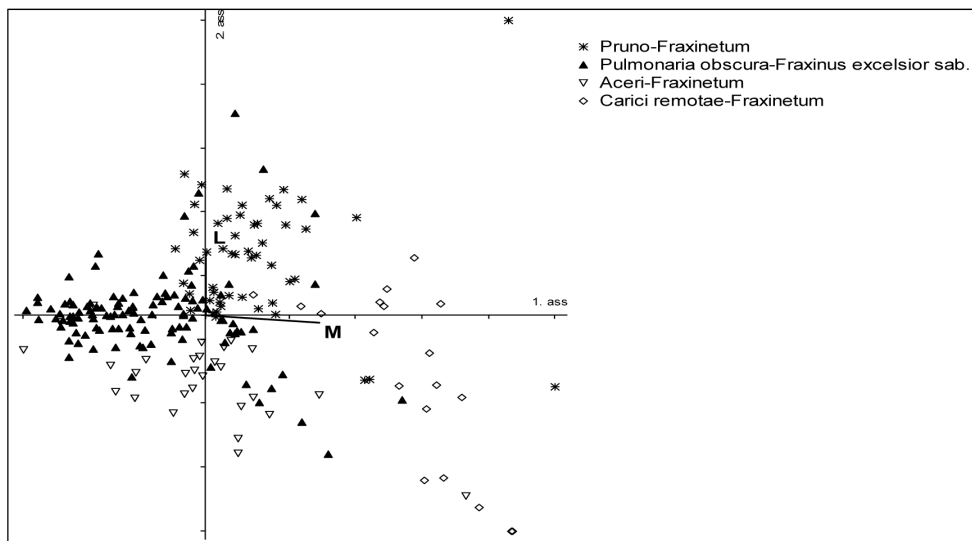
2. tabula

Ellenberga ekoloģisko skalu vērtības ošu mežu sabiedrībās  
Ellenberg indicator values for ash forest plant communities

Ellenberga skaitļi Ellenberg's values	Gaisma / Light	Temperatūra / Temperature	Kontinentalitāte / Continentiality	Mitrums / Moisture	Reakcija / Reaction	Slāpekļis / Nitrogen
Augu sabiedrības Plant communities						
<i>Pruno-Fraxinetum</i>	5,15	4,70	3,97	6,13	6,83	6,32
<i>Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior</i>	4,95	4,77	3,80	5,77	6,82	6,07
<i>Aceri-Fraxinetum</i>	4,46	4,93	3,66	5,85	6,79	6,45
<i>Carici remotae-Fraxinetum</i>	4,79	4,54	4,11	6,53	6,48	6,12

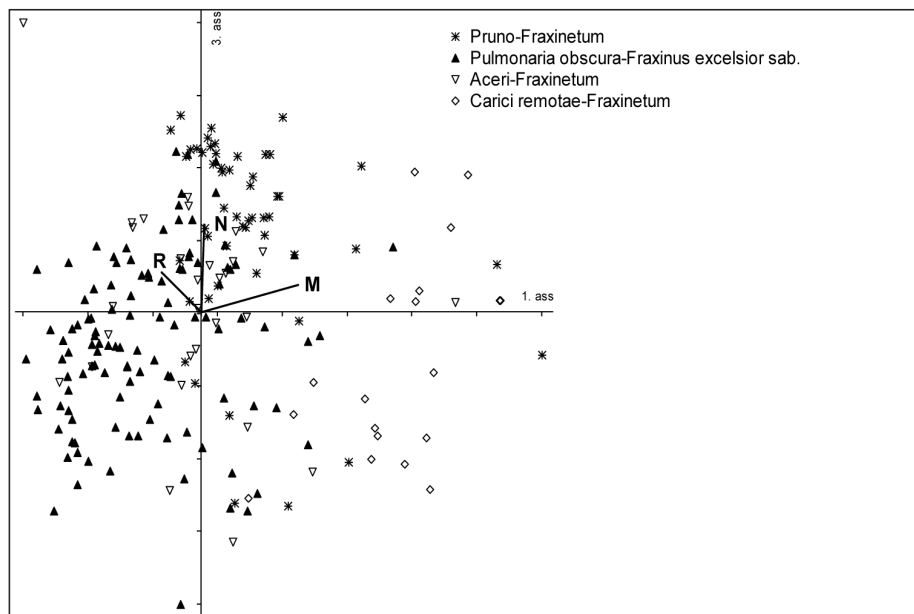
Vienīgā augu sabiedrība, kas vairāk norobežojas no citām, ir *Carici remotae-Fraxinetum*. Šai ošu mežu sabiedrībai raksturīgas mitrās augtenes, un šeit vairāk dominē subokeāniskās sugas. Turpretim pārējās ošu mežu sabiedrībās augsnes ir valgas, ar sezonāli palielinātu mitruma režīmu, kur dominē subokeāniskas sugas.

Arī ordinējot ošu mežu sabiedrības ar detrendēto korespondentanalīzi (DCA), ir redzams, ka noteicošā nozīme aprakstu izkārtojumā daudzdimensiju telpā ir augtenes mitrumam. Pārējiem edafiskajiem faktoriem – augsnes reakcijas un slāpekļa gradientiem (4. un 5. att.), kā arī vienīgajam no klimatiskajiem gradientiem – gaismai ietekme uz ošu mežu sabiedrību diferenciāciju ir mazāka. Ar pirmo ordinācijas asi Ellenberga mitruma skalas vērtībām Pīrsona korelācijas koeficients ir 0,59. Otrajai asij visaugstākā korelācija ir ar Ellenberga gaismas skalas vērtībām ( $r = 0,38$ ). Savukārt trešā ass (5. att.) norāda, ka galvenais ekoloģiskais gradients ošu mežu sabiedrību diferenciācijā ir slāpekļis, kur Pīrsona korelācijas koeficients ir 0,64, bet mazākā mērā tomēr korelācija parādās – ar augsnes reakcijas ( $r = 0,36$ ) un mitruma ( $r = 0,26$ ) vērtībām.



4. att. Ošu mežu sabiedrību aprakstu ordinācija ar detrendēto korespondentanalīzi (DCA)  
(M – Ellenberga mitruma skala, L – gaismas skala)

*DCA ordination of the ash forest communities*  
(M – Ellenberg's moisture value, L – light value)



5. att. Ošu mežu sabiedrību aprakstu ordinācija ar detrendēto korespondentanalīzi (DCA)  
(M – Ellenberga mitruma skala, R – augsnes reakcijas skala, N – slāpekļa skala)

*DCA ordination of the ash forest's communities*  
(M – Ellenberg's moisture value, R – reaction value, N – nitrogen value)

## Diskusija

Kopumā Latvijas ošu mežu sabiedrības atbilst priekšstatiem par Eiropas platlapju mežu sintaksonomiju un iekļaujas jau zināmajā klasifikācijā. Atšķirības vērojamas tikai dominējošo sugu sarakstā. Šeit grūtāk ir noteikt gan rakstursugas, gan diferenciālsugas, jo Latvijā, līdzīgi kā Skandināvijā, ir relatīvi nabadzīga vaskulārā flora un dažām sugām arī diezgan plaša ekoloģiskā amplitūda (Lawesson, 2000).

Kopumā visas ošu mežu sabiedrības saista liels kontinuums. Šeit nevar strikti izcelt kādu no vides faktoriem, kas labi nodalītu pētījumā iekļautās sabiedrības. Jau ordinācijas telpā (4. un 5. att.) visām ošu mežu sabiedrībām vērojamas saskares zonas, kas liecina, ka šīs sabiedrības telpiski un dinamiski saista kontaktsabiedrības, kā tas novērojams arī pie pļavu sabiedrībām (Rūsiņa, 2007). Vienīgais no vides faktoriem, kas savstarpēji labi diferencē ošu mežu sabiedrības, ir mitruma daudzums augtēs. Līdz ar to no visām ošu mežu sabiedrībām vislabāk var nodalīt pārmitro ošu mežu asociāciju *Carici remotae-Fraxinetum*. Pārējās ošu mežu sabiedrības ir savstarpēji saistītas.

Šie iepriekš minētie ierobežojumi lielā mērā kalpo par iemeslu, kāpēc 115 apraksti ir noteikti kā bezranga augu sabiedrība *Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior*. Šī sabiedrība strikti neatbilst nevienam no Centrāleiropā izveidotajiem asociāciju rangiem. *Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior* sabiedrību var uzskatīt par kontaktsabiedrību starp *Aceri-Fraxinetum* un *Pruno-Fraxinetum* asociācijām, jo tajā diezgan labi diferencējas gan kļavu-ošu mežiem raksturīgās sugas (*Acer platanoides*, *Ulmus glabra*, *Actaea spicata*, *Campanula latifolia*), gan *Pruno-Fraxinetum* asociācijas rakstursugas (*Padus avium* un *Brachypodium sylvaticum*). Daudzi šīs sabiedrības apraksti (pie Limbažiem) atbilst arī Centrāleiropā aprakstītajai *Mercuriali-Fraxinetum* (Wallnöfer et al., 1993) asociācijai, kas pieder pie *Tilio-Acerion* savienības. Savukārt liela daļa no šīs augu sabiedrības Rietumzemgalē aprakstītajiem mežiem vairāk atbilst *Pruno-Fraxinetum* asociācijai.

Lielbritānijā līdzīgi meži tiek dēvēti par *Fraxinus excelsior-Sorbus aucuparia-Mercurialis perennis* un *Fraxinus excelsior-Acer campestre-Mercurialis perennis* sabiedrībām (Rodwell, 1991), kurus agrāk Tenslijs nosaucis arī par augstieņu ošu mežiem (Tansley, 1939). Savukārt dāņi līdzīgas meža sabiedrības nodēvējuši par *Anemone nemorosa-Fraxinus excelsior* sabiedrībām (Lawesson, 2000).

Pārmitrie ošu meži ar dominējošo sugu *Fraxinus excelsior* koku stāvā Latvijā sasniedz savu vistālāk ziemeļos esošo izplatības robežu Fennoskandināvijas dienvidu daļā un ziemeļu robežu Baltijas valstīs (Priedītis, 1999). Līdzīgi kā visā Eiropā, šie meži iekļaujas *Carici remotae-Fraxinetum* asociācijā (Ellenberg, 1996; Wallnöfer et al., 1993; Oberdorfer, 1992; Möller, 1970). *Carici remotae-Fraxinetum* sabiedrības Centrālajā un Rietumu Eiropā plaši izplatītas kalnainajos reģionos (apmēram 250–600 m vjl.) – bieži šaurās, dažviet pārtrauktās joslās gar dažādu ūdensteču krastiem (Ellenberg, 1996; Neuhäuslová-Novotná, 1977; Oberdorfer, 1992), kā arī reljefa pazeminājumos (Suck, 1999), savukārt Latvijā *Carici remotae-Fraxinetum* ir tipiska ošu mežu sabiedrība mazu ūdensteču krastos un vietās ar paaugstinātu gruntsūdens līmeni (piejūras zemienē Latvijas ziemeļos un vidusdaļā, Augšzemes austienē). Tomēr šeit jāpiemin fakts, ka pārmitrie ošu meži ir vieni no visvairāk pārveidotajiem dabiskās veģetācijas tipiemi un tos bieži ir ietekmējusi

iepriekšējos gadu desmitos veiktā meliorācija. Tādējādi mitro ošu mežu aprakstu skaits ir tik mazs – tikai 19. Tāpat tas vairumā gadījumu kalpo par iemeslu tam, ka šeit reti sastopami melnalkšņi (*Lawesson*, 2000), bet bieži atrodamas dažādām asociācijām raksturīgās sugas.

Arī faktors, ka lielākā daļa ošu mežu Latvijā saistāmi ar bagātīgām augtenēm (*Aegopodiosa* vai *Mercurialitosa* meža tipiem), ietekmē ošu mežu sintaksonomiju (Priedītis, 1999). Barības vielām bagātās, pārsvarā mālainās augsnēs ar labu hidroloģisko režīmu un līdzenu reljefu izplatīta asociācijas *Pruno-Fraxinetum* augu sabiedrība (Zemgales līdzenums). Līdzīgi kā Latvijā, arī visā Centrāleiropā *Pruno-Fraxinetum* sabiedrība plaši izplatīta zemienēs un līdzenumos, kur periodiski novērojamas gan gruntsūdens svārstības, gan upju pārplūšana upju palienēs. Tomēr nereti šie meži tur sastopami arī kalnainajos reģionos gar upju krastiem, kas dažkārt kalpo par iemeslu, kāpēc šos mežus sauc par palieņu mežiem (*Oberdorfer*, 1992). Ņemot vērā faktu, ka šīs asociācijas ošu meži ir visplašāk sastopami, tiem raksturīgas dažādas sugu variācijas. Šīs asociācijas meži plaši aprakstīti visā Eiropā – Vācijā, Čehijā un Slovākijā, Beļģijā, Polijā (*Suck*, 1999), kur vairāk vai mazāk atšķiras dominējošo sugu sastāvs.

Meži, kas sastopami gravās, nogāzēs un to pakājēs *Aceri-Fraxinetum*, ir savdabīgāki par pārējiem, ko nosaka ģeomorfoloģiskie un mikroklimata apstākļi. Lai gan šie nogāžu un gravu meži nav tādi, kādi ir raksturīgi Viduseiropai, lielākā daļa sugu atbilst šim sintaksonomam. Pēc iedalījuma floristiskais sastāvs ir līdzīgs tam, kāds atspoguļots *Aceri-Tilietum*, *Fraxino-Aceretum* W. Koch 1926 Rūbel 1930 ex Tüxen (Gollisch, 2002).

Ņemot vērā ošu mežu sabiedrību fitosocioloģisko un ekoloģisko analīzi, kā to izplatības ierobežojošie faktori Latvijā ir jāmin augtenes īpašības: mitrums, slāpekļa daudzums un augsnes reakcija, kas arī nosaka, ka visas ošu mežu sabiedrības sastopamas reģionos, kur raksturīgas ļoti bagātas, bāziskas un eitrofas augtenes.

## Pateicības

Darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda finansiālu atbalstu.

## Izmantotie informācijas avoti

- Āboliņa, A. (2001) Latvijas sūnu saraksts [List of bryophytes of Latvia]. *Latvijas veģetācija* 3: 47.–87. lpp.
- Dierschke, H. (1994) *Pflanzensociologie*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 683 S.
- Ellenberg, H. (1996) *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. 5. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, 1095 S.
- Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulißen, D. (1992) *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Göttingen : Verlag Erich Goltze KG, 258 S.
- Gavrilova, Ģ., Šulcs, V. (1999) *Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts* [Flora of vascular plants of Latvia. List of Taxa]. Rīga : Latvijas Akadēmiskā bibliotēka, 136 lpp.
- Gollisch, A. (2002) *Waldgesellschaften grundwasserferner Standorte im südwestlichen Rheinischen Schiefergebirge unter besonderer Berücksichtigung wärmeliebender Wälder*



- und ihrer Standortbedingungen*. J. Stuttgart : Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung Berlin, 245 S.
- Hennekens, S. M. (1995) *Software package for input, processing and presentation of Phytosociological Data*. IBN-DLO, University of Lancaster, 54 p.
- Hill, M. O. (1979) *TWINSPAN. A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes*. New York : Ecology and Systematics Cornell University Ithaca, 47 p.
- Hill, M. O., Gausch, H. G. (1980) Detrended correspondence analysis is: an improved ordination technique. *Vegetatio*, 42, 47–58.
- Kalniņa, A. (1995) Klimats [Climat]. Gr. *Latvijas daba. Enciklopēdija "Latvija un latvieši"*. Rīga : Preses nams, 2, 116.–125. lpp.
- Krauklis, Ā., Zariņa, A. (2002) Parastais skābardis sava areāla Ziemeļu robežas ainavā Latvijā [European hornbeam within its areal on northern landscape border in Latvia]. *Ģeobotāniskie raksti*. Rīga : Latvijas Ģeogrāfijas biedrība, 20 lpp.
- Laiviņš, M. (2005) Latvijas ošu mežu vitalitāte un daudzveidība: stāvoklis un prognoze [Vitality and diversity of Latvia's ash forests: situation and prognosis]. Meža Attīstības fonda projekts, [http://www.zm.gov.lv/doc\\_up](http://www.zm.gov.lv/doc_up), 20.11.2007
- Lawesson, J. E. (2000) Danish deciduous forest types. *Plant Ecology*, 151, 199–221.
- McCune, B., Mefford, M. J. (1999) *PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data*. Version 4.10. Oregon : MjM Software Design, Glenden Beach, 237 p.
- Möller, H. (1970) Soziologisch- ökologische Untersuchungen in Erlenwäldern Holsteins. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg*, 19, 1–110.
- Neuhäuslová-Novotná, Z. (1977) Beitrag zur Kenntnis des *Carici remotae-Fraxinetum* in der Tschechischen Sozialistischen Republik. *Folia Geobotanica Pfytotax*, Praha, 12, 225–243.
- Oberdorfer, E. (1992) *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Teil IV: Wälder und Gebüsche. A. Textband. Stuttgart, New York : Gustav Fischer Verlag, 282 S.
- Ozenda, P. (1994) *Végétation du Continent Européen*. Lausanne – Paris : Delachaux et Niestlé, 271
- Pakalne, M., Znotiņa, V. (1992) *Veģetācijas klasifikācija: Brauna-Blankē metode* [Classification of vegetation: the Braun-Blanquet method]. Rīga, 34 lpp.
- Priedītis, N. (1997) Black Alder Swamps on Forested peatlands in Latvia. *Plant ecology*, 129, 49–94.
- Priedītis, N. (1999) *Picea abies*- and *Fraxinus excelsior*- dominated wetland forest communities in Latvia. *Plant Ecology*, 144, 49–70.
- Ramans, K. (1994) Ainavrajonēšana [Division into nature regions]. *Latvijas Daba*, 1, 22–24.
- Rodwell, J., S. (1991) *British Plant Communities. Volume I: Woodlands and scrub*. Cambridge : Cambridge University Press, 395 pp.
- Rūsiņa, S. (2007) Latvijas mezofīto un kserofīto zālāju daudzveidība un kontaktsabiedrības [Diversity and Contact Communities of Mesophytic and Xerophytic Grasslands in Latvia]. *Latvijas veģetācija*, 12, 366 lpp.
- Sakss, K. (1958) *Oša mežaudzes un to atjaunošanas pamati* [Ash forests and the basis for their restoration]. Rīga : LVI, 96 lpp.
- Suck, R. (1999) Die natürlichen Waldgesellschaften des Schneifel-Hauptkammes (Westliche Hocheifel) un ihre Ersatzgesellschaften. *Tuexenia*, 19, 13–51.

- Tansley, A.G. (1939) *The British Islands and their Vegetation*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Wallnöfer, S., Mucina, L., Grabherr, G., Ellmauer, T. (1993) *Wälder und Gebüsche. Die Pflanzengesellschaften Österreichs*. Teil III. Jena, Stuttgart, New York : Gustav Fischer Verlag, 353 S.

## Nepublicētie avoti

- Ābele, G. (1969) *Lapu koku mežu tipi mistrājā Zemgales līdzenuma D daļā* [Types of deciduous forests in the southern part of Zemgale Plain]. Disertācija. Rīga, Latvijas Universitāte, 168 lpp.

## Summary

Ash forests occupy 0.7% of the total forest area of Latvia; they are mostly distributed in Zemgale and Kurzeme. Common Ash in mixture with other broad-leaved trees (elm, lime-tree, maple, black alder) usually forms small stands on fertile soils and soils that often comprise carbonates. This paper summarizes the results of research of 2004 and 2005 on plant communities of ash forests. The results were obtained using the Braun-Blanquet approach. Overall, 212 relevés were made in 7 nature regions of Latvia. By classifying relevés of ash forest communities, 4 clusters of relevés were acquired. 3 of them were considered to be communities of association rank in syntaxonomical community classification system: *Pruno-Fraxinetum*, *Aceri-Fraxinetum* and *Carici remotae-Fraxinetum*, but one was determined as a no rank plant community: the *Pulmonaria obscura-Fraxinus excelsior* community. Ecological conditions are characterized using the scales of Ellenberg; most important differential soil factors of communities of ash forests are moisture and nitrogen of soil.

**Keywords:** Latvia, ash forest plant communities, environmental factors.

## 1. pielikums

## Appendix 1

Ošu mežu sabiedrību sinoptiskā tabula  
Synoptic table of ash forest communities

Sabiedrības / Community		1	2	3	4
Parauglaukumu sk. / Relevé number		52	115	26	19
<b>Ch. Cl. Quercus-Fagetea, O. Fagetalia</b>					
<i>Quercus robur</i>	E3	15	30	19	5
<i>Quercus robur</i>	E2	60	30	12	16
<i>Quercus robur</i>	E1	33	42	15	26
<i>Fraxinus excelsior</i>	E3	100	100	100	100
<i>Fraxinus excelsior</i>	E2	71	43	58	79
<i>Fraxinus excelsior</i>	E1	58	59	42	53
<i>Corylus avellana</i>	E2	40	99	88	47
<i>Euonymus europae</i>	E2	37	47	8	11
<i>Lonicera xylosteum</i>	E2	6	54	62	16
<i>Daphne mezereum</i>	E2	2	10	31	11
<i>Malus sylvestris</i>	E2	37	17	.	16
<i>Crataegus curvisepala</i>	E2	23	23	.	.
<i>Viburnum opulus</i>	E2	8	26	8	37
<i>Viburnum opulus</i>	E1	2	2	.	.
<i>Carex sylvatica</i>	E1	90	85	62	47
<i>Aegopodium podagraria</i>	E1	79	82	92	47
<i>Paris quadrifolia</i>	E1	69	85	12	58
<i>Ranunculus cassubicus</i>	E1	44	69	15	68
<i>Viola riviniana</i>	E1	40	37	12	26
<i>Poa nemoralis</i>	E1	35	37	27	37
<i>Scrophularia nodosa</i>	E1	31	8	4	5
<i>Asarum europaeum</i>	E1	23	61	73	5
<i>Mercurialis perennis</i>	E1	17	39	19	42
<i>Anemone nemorosa</i>	E1	17	37	8	16
<i>Viola mirabilis</i>	E1	15	40	27	11
<i>Moehringia trinervia</i>	E1	15	7	15	16
<i>Dryopteris filix-mas</i>	E1	12	28	85	53
<i>Galeobdolon luteum</i>	E1	12	65	73	74
<i>Polygonatum multiflorum</i>	E1	12	48	12	5
<i>Melica nutans</i>	E1	4	8	8	5
<i>Milium effusum</i>	E1	2	4	19	26
<i>Carex digitata</i>	E1	2	26	15	11
<i>Hepatica nobilis</i>	E1	2	37	35	11
<i>Pulmonaria obscura</i>	E1	2	46	31	5
<i>Campanula trachelium</i>	E1	35	43	62	.
<i>Lathyrus vernus</i>	E1	2	5	23	.
<i>Epilobium montanum</i>	E1	8	1	.	.
<i>Sanicula europaea</i>	E1	.	2	.	5

<b>Ch. All. Alno-Ulmion, Asav. Alnenion glutinosae-incanae</b>					
<i>Alnus incana</i>	E3	6	14	4	11
<i>Alnus incana</i>	E2	17	13	8	16
<i>Alnus incana</i>	E1	.	2	.	.
<i>Alnus glutinosa</i>	E3	2	2	8	53
<i>Alnus glutinosa</i>	E2	2	.	.	21
<i>Ulmus laevis</i>	E3	2	.	4	5
<i>Rubus caesius</i>	E1	92	55	4	11
<i>Crepis paludosa</i>	E1	33	47	19	63
<i>Stachys sylvatica</i>	E1	69	57	42	5
<i>Cirsium oleraceum</i>	E1	23	15	8	42
<i>Rubus idaeus</i>	E1	21	21	31	68
<i>Elymus caninus</i>	E1	10	2	4	42
<i>Stellaria nemorum</i>	E1	8	8	54	63
<i>Ranunculus repens</i>	E1	8	1	4	26
<i>Equisetum pratense</i>	E1	8	30	38	58
<i>Festuca gigantea</i>	E1	12	.	4	21
<i>Circaea lutetiana</i>	E1	2	2	.	.
<i>Equisetum hyemale</i>	E1	.	6	.	32
<i>Plagiomnium undulatum</i>	E0	85	79	65	95
<b>Ch. Ass. Carici-remotae-Fraxinetum</b>					
<i>Carex remota</i>	E1	4	3	8	58
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	E1	.	3	4	16
<i>Poa remota</i>	E1	.	.	.	5
<b>Ch. Ass. Pruno-Fraxinetum</b>					
<i>Padus avium</i>	E3	.	4	4	.
<i>Padus avium</i>	E2	94	90	88	84
<i>Grossularia reclinata</i>	E2	13	4	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	E2	4	.	.	.
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	E1	79	78	19	11
<i>Angelica sylvestris</i>	E1	17	4	.	42
<i>Chaerophyllum aromaticum</i>	E1	4	8	42	.
<i>Humulus lupulus</i>	E2	33	1	.	.
<b>Ch. All. Tilio-Acerion</b>					
<i>Tilia cordata</i>	E3	.	3	54	5
<i>Tilia cordata</i>	E2	6	4	58	11
<i>Acer platanoides</i>	E3	4	10	77	21
<i>Acer platanoides</i>	E2	17	37	85	74
<i>Acer platanoides</i>	E1	.	17	73	21
<i>Ulmus glabra</i>	E3	4	10	31	32
<i>Ulmus glabra</i>	E2	8	17	42	47
<i>Ulmus glabra</i>	E1	.	3	4	.
<i>Ribes alpinum</i>	E2	.	9	19	.
<i>Actaea spicata</i>	E1	2	28	38	.
<i>Campanula latifolia</i>	E1	.	10	19	.
<i>Polygonatum verticillatum</i>	E1	.	1	.	5
<b>Ch. Cl. Alnetea glutinosae</b>					
<i>Ribes nigrum</i>	E2	19	6	.	58

<i>Galium palustre</i>	E1	12	2	.	63
<i>Calamagrostis canescens</i>	E1	6	3	.	53
<i>Carex elongata</i>	E1	4	1	.	42
<i>Lycopus europaeus</i>	E1	2	1	.	32
<i>Scutellaria galericulata</i>	E1	2	.	.	32
<i>Iris pseudacorus</i>	E1	.	1	.	37
<i>Dryopteris cristata</i>	E1	.	4	.	5
<i>Thelypteris palustris</i>	E1	.	.	.	5
<b>Pārējās sugas</b>					
<i>Populus tremula</i>	E3	13	18	12	5
<i>Populus tremula</i>	E2	21	20	19	11
<i>Betula pendula</i>	E3	6	23	8	47
<i>Betula pendula</i>	E2	6	3	.	5
<i>Betula pendula</i>	E1	.	1	4	.
<i>Picea abies</i>	E3	2	11	23	68
<i>Picea abies</i>	E2	2	22	23	58
<i>Picea abies</i>	E1	2	3	.	5
<i>Sorbus aucuparia</i>	E2	50	79	42	21
<i>Sorbus aucuparia</i>	E1	.	4	.	.
<i>Rhamnus cathartica</i>	E2	21	6	.	11
<i>Frangula alnus</i>	E2	13	2	.	.
<i>Ribes spicatum</i>	E2	8	16	.	.
<i>Ribes rubrum</i>	E2	6	2	.	.
<i>Salix caprea</i>	E2	2	2	.	.
<i>Swida sanguinea</i>	E2	.	1	8	.
<i>Euonymus verrucosa</i>	E2	.	2	19	.
<i>Lonicera caprifolium</i>	E2	4	.	.	.
<i>Amelanchier spicata</i>	E2	.	.	8	.
<i>Filipendula ulmaria</i>	E1	67	30	19	84
<i>Lysimachia nummularia</i>	E1	56	23	4	37
<i>Geum rivale</i>	E1	54	59	27	89
<i>Deschampsia caespitosa</i>	E1	44	23	12	58
<i>Veronica chamaedrys</i>	E1	40	10	12	11
<i>Urtica dioica</i>	E1	19	10	42	74
<i>Maianthemum bifolium</i>	E1	19	62	8	58
<i>Oxalis acetosella</i>	E1	13	63	46	63
<i>Vicia sepium</i>	E1	13	4	23	21
<i>Taraxacum officinale</i>	E1	12	4	15	16
<i>Mycelis muralis</i>	E1	12	2	12	21
<i>Dryopteris carthusiana</i>	E1	10	27	23	68
<i>Athyrium filix-femina</i>	E1	6	16	27	47
<i>Impatiens noli-tangere</i>	E1	4	3	15	68
<i>Stellaria holostea</i>	E1	2	12	54	5
<i>Platanthera chlorantha</i>	E1	8	12	8	11
<i>Rubus saxatilis</i>	E1	4	15	4	11
<i>Anthriscus sylvestris</i>	E1	4	1	4	11
<i>Solidago virgaurea</i>	E1	2	1	4	11
<i>Convallaria majalis</i>	E1	2	4	15	37

<i>Dactylis glomerata</i>	El	12	1	4	.
<i>Hypericum maculatum</i>	El	10	2	4	.
<i>Geum urbanum</i>	El	8	21	54	5
<i>Phyteuma spicatum</i>	El	4	13	12	.
<i>Fragaria vesca</i>	El	17	28	.	21
<i>Galeopsis bifida</i>	El	13	1	.	5
<i>Lysimachia vulgaris</i>	El	10	14	.	37
<i>Galeopsis tetrahit</i>	El	6	1	.	5
<i>Geranium robertianum</i>	El	4	3	.	11
<i>Juncus effusus</i>	El	4	1	.	32
<i>Trollius europaeus</i>	El	4	3	.	5
<i>Luzula pilosa</i>	El	2	10	.	21
<i>Epipactis helleborine</i>	El	2	5	.	5
<i>Veronica officinalis</i>	El	2	2	.	5
<i>Dactylorhiza maculata</i>	El	2	3	.	16
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	El	4	.	4	11
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	El	.	1	4	11
<i>Primula veris</i>	El	17	10	.	.
<i>Ranunculus auricomus</i>	El	6	3	.	.
<i>Clinopodium vulgare</i>	El	4	4	.	.
<i>Neottia nidus - avis</i>	El	4	2	.	.
<i>Carex vesicaria</i>	El	2	2	.	.
<i>Carex flava</i>	El	2	2	.	.
<i>Melandrium dioicum</i>	El	2	2	.	.
<i>Allium oleraceum</i>	El	2	1	.	.
<i>Carex vaginata</i>	El	2	1	.	.
<i>Galium uliginosum</i>	El	2	1	.	.
<i>Geranium pratense</i>	El	2	1	.	.
<i>Lychnis flos - cuculi</i>	El	2	1	.	.
<i>Glechoma hederacea</i>	El	27	.	.	26
<i>Poa palustris</i>	El	4	.	.	21
<i>Cirsium palustre</i>	El	6	.	.	16
<i>Epilobium palustre</i>	El	2	.	.	21
<i>Agrostis stolonifera</i>	El	2	.	.	11
<i>Solanum dulcamara</i>	El	2	.	.	16
<i>Myosotis palustris</i>	El	8	.	.	16
<i>Ranunculus acris</i>	El	4	.	.	5
<i>Lapsana communis</i>	El	.	2	19	.
<i>Fragaria moschata</i>	El	.	1	8	.
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	El	.	1	4	.
<i>Alchemilla vulgaris</i>	El	.	1	4	.
<i>Rosa subcanina</i>	El	.	1	4	.
<i>Equisetum sylvaticum</i>	El	.	2	.	16
<i>Carex flacca</i>	El	.	2	.	5
<i>Listera ovata</i>	El	.	1	.	11
<i>Calamagrostis epigeios</i>	El	.	.	4	5
<i>Circaea alpina</i>	El	.	.	4	5
<i>Chelidonium majus</i>	El	.	.	4	5

<i>Trientalis europae</i>	E1	.	.	4	5
<i>Valeriana officinalis</i>	E1	17	.	.	.
<i>Hypericum hirsutum</i>	E1	15	.	.	.
<i>Epilobium hirsutum</i>	E1	8	.	.	.
<i>Cerastium holosteoides</i>	E1	8	.	.	.
<i>Artemisia vulgaris</i>	E1	4	.	.	.
<i>Galium boreale</i>	E1	4	.	.	.
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	E1	.	7	.	.
<i>Arctium tomentosum</i>	E1	.	2	.	.
<i>Geranium sylvaticum</i>	E1	.	2	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	E1	.	2	.	.
<i>Heracleum sibiricum</i>	E1	.	2	.	.
<i>Carex hirta</i>	E1	.	2	.	.
<i>Melampyrum pratense</i>	E1	.	2	.	.
<i>Galium odoratum</i>	E1	.	.	15	.
<i>Campanula rapunculoides</i>	E1	.	.	8	.
<i>Caltha palustris</i>	E1	.	.	.	32
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	E1	.	.	.	16
<i>Mentha arvensis</i>	E1	.	.	.	16
<i>Dryopteris dilatata</i>	E1	.	.	.	16
<i>Naumburgia thyrsoiflora</i>	E1	.	.	.	16
<i>Rumex obtusifolius</i>	E1	.	.	.	11
<i>Carex elata</i>	E1	.	.	.	11
<i>Eupatorium cannabinum</i>	E1	.	.	.	11
<i>Equisetum palustre</i>	E1	.	.	.	11
<b>Sūnas</b>					
<i>Eurhynchium hians</i>	E0	90	71	65	32
<i>Eurhynchium angustierete</i>	E0	65	62	62	58
<i>Cirriphyllum piliferum</i>	E0	38	11	4	42
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	E0	19	16	8	21
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	E0	2	1	4	11
<i>Brachythecium rutabulum</i>	E0	12	18	15	11
<i>Atrichum undulatum</i>	E0	8	23	15	5
<i>Plagiomnium ellipticum</i>	E0	4	6	12	5
<i>Fissidens taxifolius</i>	E0	29	43	15	.
<i>Plagiochila poreloides</i>	E0	6	9	8	.
<i>Eurhynchium schleicherii</i>	E0	2	1	8	.
<i>Thuidium tamariscinum</i>	E0	17	10	.	26
<i>Calliergonella cuspidata</i>	E0	8	3	.	32
<i>Thuidium philibertii</i>	E0	8	10	.	5
<i>Plagiomnium affine</i>	E0	4	.	4	5
<i>Eurhynchium striatum</i>	E0	2	.	8	5
<i>Plagiochila asplenoides</i>	E0	.	2	4	16
<i>Brachythecium salebrosum</i>	E0	.	2	4	16
<i>Amblystegium serpens</i>	E0	.	2	4	11
<i>Brachythecium velutinum</i>	E0	.	2	4	5
<i>Plagiomnium elatum</i>	E0	.	2	4	5
<i>Homalia trichomanoides</i>	E0	.	2	4	5

<i>Climacium dendroides</i>	E0	.	1	4	16
<i>Conocephalum conicum</i>	E0	6	5	.	.
<i>Fissidens bryoides</i>	E0	2	1	.	.
<i>Fissidens adianthoides</i>	E0	2	1	.	.
<i>Rhizomnium punctatum</i>	E0	4	.	.	5
<i>Thuidium delicatum</i>	E0	.	2	4	.
<i>Brachythecium oedipodium</i>	E0	.	1	.	5
<i>Brachythecium rivulare</i>	E0	.	1	.	5
<i>Ctenidium molluscum</i>	E0	4	.	.	.
<i>Campylium stellatum</i>	E0	.	2	.	.
<i>Fissidens osmundoides</i>	E0	.	2	.	.

\* 1. *Pruno-Fraxinetum*; 2. *Pulmonaria obsura-Fraxinus excelsior*; 3. *Aceri-Fraxinetum*;  
4. *Carici remotae-Fraxinetum* (sabiedrību rakstursugas / character species)

**Retās sugas (sugas, kuras sastopamas tikai vienā parauglaukumā) / Rare species (species which occur only in one plot):**

E3 (koku stāvā)

***Pulmonaria obsura-Fraxinus excelsior* sabiedrībās:** *Pinus sylvestris*, *Aesculus hippocastanum*

***Carici remotae-Fraxinetum*:** *Sorbus aucuparia*

E2 (krūmu stāvā)

***Pruno-Fraxinetum*:** *Quercus rubra*

***Pulmonaria obsura-Fraxinus excelsior* sabiedrībās:** *Aesculus hippocastanum*, *Swida alba*, *Cerasus avium*

***Aceri-Fraxinetum*:** *Symphoricarpos albus*

***Carici remotae-Fraxinetum*:** *Betula pubescens*, *Cotoneaster lucidus*

E1 (lakstaugu stāvā)

***Pruno-Fraxinetum*:** *Populus tremula*, *Cerastium lucorum*, *Lathyrus pratensis*, *Calamagrostis neglecta*, *Prunella vulgaris*, *Tussilago farfara*, *Cirsium arvense*, *Cirsium heterophyllum*

***Pulmonaria obsura-Fraxinus excelsior* sabiedrībās:** *Dentaria bulbifera*, *Impatiens parviflora*, *Allium ursinum*, *Agrostis tenuis*, *Orchis mascula*, *Agrimonia eupatoria*, *Mentha aquatica*, *Melampyrum nemorosum*, *Geranium palustre*, *Platanthera bifolia*

***Aceri-Fraxinetum*:** *Ficaria verna*, *Carex muricata*, *Crepis biennis*

***Carici remotae-Fraxinetum*:** *Phalaroides arundinacea*, *Cinna latifolia*, *Heracleum sosnowskyi*, *Senecio paludosus*, *Glyceria fluitans*, *Hottonia palustris*, *Phegopteris connectilis*, *Stachys palustris*, *Viola palustris*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Cardamine amara*, *Phragmites australis*, *Scirpus sylvaticus*

E0 (sūnu stāvā)

***Pruno-Fraxinetum*:** *Calliargon cordifolium*

***Pulmonaria obsura-Fraxinus excelsior* sabiedrībās:** *Eurhynchium pulchellum*, *Hylocomnium splendens*, *Thuidium recognitum*, *Anomodon longifolius*, *Eurhynchium praelongum*, *Plagiothecium nemorale*, *Cratoneuron filicinum*

***Aceri-Fraxinetum*:** *Mnium hornum*

***Carici remotae-Fraxinetum*:** *Polytrichum juniperinum*



# Latvijas pilsētu attīstības politikas vērtējums ilgtspējīgas attīstības kontekstā

## *Assessment of the Sustainability of Urban Development Policies in Latvia*

**Andis Zilāns**

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte,  
Alberta iela 10, Rīga, LV-1050  
E-pasts: azilans@hotmail.com

Ilgtspējīgas attīstības politikas, tendenču un pārvaldības analīze tika veikta Latvijas valsts nozīmes pilsētās – Rīgā, Daugavpilī, Liepājā, Jūrmalā, Ventspilī un Rēzeknē. Lai spriestu par šo pilsētu attīstības politikas un attīstības tendenču atbilstību ilgtspējīgas attīstības “saturiskiem” kritērijiem vides, ekonomikas un sociālā dimensijā, veicamajai analīzei tika izstrādāta metodika. Tās pamatā ir pilsētas atbilstības plānošanas dokumentu analīze attiecībā pret Olborgas saistībām divos redzesleņķos. Pirmkārt, tiek analizēta attīstības plānošanas dokumentos definēto mērķu atbilstība Olborgas kritērijiem. Otrkārt, šajos dokumentos definētās rīcības tiek analizētas saistībā ar Olborgas kritērijiem. Pilsētas faktiskās attīstības tendenču novērtēšanai tika analizēti esošie pilsētas attīstības rādītāji. Pirmkārt, tika vērtēta rādītāju esamība un piemērotība Olborgas saistību izpildes monitoringam. Otrkārt, tām Olborgas saistībām, kurām bija atbilstoši vai daļēji atbilstoši rādītāji, tika raksturotas attīstības tendences. Pilsētu attīstības plānošanas dokumentu analīze uzrāda, ka attiecībā uz Olborgas saistībām sešas pētītās pilsētas katrā liek atšķirīgu uzsvāru uz plānoto attīstību. Iznākumā atbilstība Olborgas saistībām ir ļoti atšķirīga. Kopumā iezīmējas, ka pilsētas attīstības plānošanas dokumenti vāji atspoguļo Olborgas saistību jautājumus. No sešām pētītām pilsētām Rīgā, Liepājā un Ventspilī tiek izmantoti rādītāji attīstības tendenču monitoringam. Rīgā izmantotie Rīgas vides pārskata un Eiropas vienotie rādītāji nav tiešā veidā saistīti ar pilsētas attīstības mērķiem, tiem ir vairāk informatīva, nevis atskaites vai kontroles funkcija par attīstības tendencēm. Ventspils vides stāvokļa pārskata rādītāji ir lielākoties saistīti ar vides jautājumiem, kas ietverti Ventspils vides stāvokļa pārskatā. Liepājas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijas ieviešanas monitoringam ir izstrādāti Liepājas ilgtermiņa attīstības stratēģijas rādītāji. Šo pilsētu rādītāji uzrāda pārsvarā neilgtspējīgas attīstības tendences. Analizētās pilsētās netiek izmantota sistemātiska pieeja ilgtspējīgas attīstības plānošanai, ieviešanai un monitoringam.

**Atslēgvārdi:** ilgtspējīga attīstība, ilgtspējīgas attīstības rādītāji, Olborgas saistības, pilsētu ilgtspējīgas attīstības politikas vērtējums.

## 1. Ievads

Kopš 1987. gada, kad ilgtspējīga attīstība (angliski – *sustainable development*) pirmo reizi tika definēta Grū Harlema Bruntlandes vadītās Pasaules un attīstības komisijas ziņojumā “Mūsu kopējā nākotne” (WCED, 1987), pasaules valstu pārstāvji

starptautiskās sanāksmēs Riodežaneiro (UN, 1993) un Johannesburgā (LR Ministru kabinets, 2002b) ir apliecinājuši atbalstu ilgtspējīgai attīstībai. Ilgtspējīgas attīstības mērķis ir ietverts Eiropas Savienības Lisabonas stratēģijā (European Commission, 2000), Atjaunotā Eiropas Savienības Ilgtspējīgas attīstības stratēģijā (Council of the European Union, 2006) un Apvienoto Nāciju Organizācijas Tūkstošgades mērķos (UNDP Latvia, 2004).

Eiropas Savienības vides un ilgtspējības politikā arvien lielāka loma tiek piešķirta pašvaldībām. 2005. gadā Eiropas Komisijas apstiprinātā ES Tematiskā pilsētvides stratēģija (European Commission, 2005) nosaka mērķus un uzdevumus pilsētvides uzlabošanai un ilgtspējīgas attīstības veicināšanai lielajās ES pilsētās. Atjaunotā Eiropas Savienības Ilgtspējīgas attīstības stratēģijā (Council of the European Union, 2006) ES pašvaldības tiek aicinātas pievienoties Olborgas saistībām, kas ir kritēriji un nosacījumi ilgtspējīgas attīstības veicināšanai pašvaldībās.

Kaut gan ES, Latvijā un citās valstīs politiskā līmenī ilgtspējīga attīstība tiek atzīta par nepieciešamību, tās ieviešana notiek gausi. Latvija ir bijusi dalībniece visos iepriekšminētajos procesos un tai ir saistoši šie uz ilgtspējīgu attīstību vērstie stratēģiskie dokumenti, bet pagaidām virzība uz ilgtspējīgu attīstību ir drīzāk deklaratīva, nevis saskatāma darbos un rezultātos. Ilgtspējīgas attīstības pētniecība Latvijā līdz šim ir bijusi ierobežota, it īpaši pašvaldību līmenī. Maz ir pētīta pašvaldību virzība uz ilgtspējīgu attīstību. Saskaņā ar Latvijas Republikas normatīvajiem aktiem galvenie plānošanas dokumenti, kas nosaka attīstību vietējās pašvaldībās, ir teritorijas plānojums un attīstības programma, kuru izstrādē un reģionālās attīstības veicināšanā jāievēro arī *ilgtspējības principu*, “kas nodrošina esošajām un nākamajām paaudzēm kvalitatīvu vidi, līdzsvarotu ekonomisko attīstību, racionālu dabas, cilvēku un materiālo resursu izmantošanu, dabas un kultūras mantojuma attīstību un saglabāšanu” (LR Reģionālās attīstības likums, 2002a; LR Teritorijas plānošanas likums, 2002b). Teritorijas plānojums un attīstības programma ir cieši saistīti, jo skata konkrētas teritorijas attīstības jautājumus ilgtermiņa perspektīvā. Ilgtermiņa prioritātes ir noteiktas arī pašvaldību attīstības plānošanas stratēģijās, plānos, plānojumos un programmās (turpmāk – stratēģiskie plānošanas dokumenti), kā arī dažu struktūrvienību izstrādātās detalizētākās stratēģijās, plānos un programmās (turpmāk – sektora plāni).

Ilgtspējīgas attīstības temats ir īpaši aktuāls Latvijas valsts nozīmes pilsētām, jo tajās dzīvo vairāk nekā puse Latvijas iedzīvotāju un koncentrējas lielākā tautsaimniecības un sociālā aktivitāte, kā arī ir dažnedažādas attīstības iespējas. Tā kā ilgtspējīga attīstība ir vispārēja ideja, kuru jāpielāgo konkrētiem vietējiem sociāliem, kultūras un politiskiem apstākļiem, nepieciešama izpratne par Latvijas lielo pilsētu attīstības politiku un tendencēm ilgtspējīgas attīstības kontekstā. Apzinot stiprās un vājās puses pilsētu attīstības politikā, ir iespējams rast zinātniski pamatotus un praktiskus risinājumus ilgtspējīgai attīstībai Latvijas pilsētās un pašvaldībās.

Raksts sniedz vērtējumu Latvijas lielo pilsētu (Rīgas, Daugavpils, Liepājas, Jūrmalas, Ventspils, Rēzeknes) attīstības politikas un tendenču atbilstībai ilgtspējīgas attīstības kritērijiem, kas noteikti Olborgas saistībās. Turpmākās sadaļās ir sniegta pilsētu stratēģisko plānošanas dokumentu, sektoru plānu un attīstības rādītāju analīzes rezultāti atbilstīgi Olborgas saistībām. Nobeigumā sniegts rezultātu salīdzinājums

starp pilsētām un secinājumi. Vērtējums veikts, izmantojot jaunizstrādātu metodiku pilsētu attīstības politikas ilgtspējības novērtēšanai.

### 1.1. Ilgtspējīgas attīstības raksturojums

Rīcības programmā 21. gadsimtam (UNCED, 1993; UNESCO 1993) ilgtspējīga attīstība tika atspoguļota kā process, kas līdzsvaro trīs attīstības dimensijas jeb pīlārus laikā un telpā – sociālā joma, ekonomika un vide. Apvienoto Nāciju Organizācijas ilgtspējīgas attīstības komisijas izstrādātajā rādītāju sistēmā (UNCSD, 1996) institucionālā dimensija tika izdalīta atsevišķi kā ceturttā attīstības dimensija – formālās un neformālās institūcijas, kas strukturē sociālo uzvedību dažādos kontekstos (*Meadowcroft, Farrell, Spangenberg, 2005*).

Tā kā ilgtspējīgai attīstībai nepieciešams vienlaikus ņemt vērā daudzus faktorus, tās ieviešanai jāizmanto horizontāla daudzkritēriju pieeja (*Munda, 1995; Spangenberg, 2002*). Ilgtspējīgu attīstību nepieciešams uzskatīt par iteratīvu procesu, kura pareiza virzība tiek nodrošināta ar pārvaldību, kas balstās plašā sabiedrības līdzdalībā. Tātad jāveido ietvaru ar kritērijiem, lai aktivizētu sabiedrības esošo dinamiku un pašorganizēšanās spējas virzienā uz ilgtspējīgu attīstību (*Spangenberg, 2001*).

### 1.2. Olborgas process

1992. gada ANO Rīcības programmas 21. gadsimtam (UNCED, 1993) 28. sadaļa “Pasākumi vietējām pašvaldībām” uzsver pašvaldību nozīmīgo lomu ilgtspējīgas attīstības jautājumu risināšanā un veicināšanā. Lai stimulētu vietējās pašvaldības darboties, Vietējo vides iniciatīvu starptautiskā padome (angliski – *International Council for Local Environmental Initiatives*, turpmāk saīsināti – ICLEI) uzņēmas vadošo lomu. 1994. gadā ICLEI organizētā sanāksmē Olborgā, Dānijā 80 Eiropas pašvaldības parakstīja Olborgas hartu (ICLEI, 2004), kas definē desmit principus un kritērijus ilgtspējīgas attīstības veicināšanai Eiropas pilsētās. Līdz 2004. gadam vairāk nekā 2000 pašvaldību 34 Eiropas valstīs ir parakstījušas šo hartu. Latvijā Olborgas hartai ir pievienojušās Rīga, Jūrmala, Jēkabpils, Bārtavas pašvaldību savienība un Tukums (pagaidu statusā).

### 1.3. Olborgas saistības

2004. gadā, desmit gadus pēc Eiropas pilsētu ilgtspējīgas attīstības kampaņas sākuma, radās jauna iniciatīva – iespēja pašvaldībām pievienoties Olborgas saistībām (ICLEI, 2004). Olborgas saistības ir kritēriji ilgtspējīgai attīstībai un nosacījumi, kuru izpildi pilsētas var brīvprātīgi uzņemties, lai pašvaldībā veicinātu ilgtspējīgu attīstību. Rīga parakstīja Olborgas saistības 2004. gadā. Olborgas saistības sastāv no 10 saistību grupām, ar piecām saistībām katrā grupā (kopā 50 saistību) (Olborgas saistību mājaslapa, 2004):

#### 1. Sabiedrību iesaistoša pārvaldība

*Mēs apņemamies, aktivizējot sabiedrības līdzdalību, padarīt efektīvāku mūsu lēmumu pieņemšanu.*

### **2. Pilsētu pārvalde ceļā uz ilgtspējīgu attīstību**

Mēs apņemamies īstenot efektīvu pārvaldi, sākot ar mērķu noteikšanu līdz to īstenošanai un īstenošanas izvērtēšanai.

### **3. Kopējie dabas resursi**

Mēs pilnībā uzņemamies atbildību, lai aizsargātu un saglabātu kopējos dabas resursus un nodrošinātu līdztiesību to pieejamībā.

### **4. Atbildīga patēriņa un dzīvesveida izvēle**

Mēs apņemamies sekmēt dabas resursu saprātīgu un taupīgu izmantošanu un veicināt ilgtspējīgu ražošanu un patēriņu.

### **5. Pilsētas plānošana un dizains**

Mēs apņemamies piešķirt stratēģisku lomu pilsētas plānošanai un dizainam, risinot vides, sociālos, ekonomiskos, veselības un kultūras jautājumus visas sabiedrības labā.

### **6. Labākas pārvietošanās iespējas, mazāka satiksme**

Mēs apzināmies saistību starp iedzīvotāju veselību, transportu un vidi un apņemamies aktīvi veicināt ilgtspējīgu pārvietošanās modeļu izvēli.

### **7. Rīcības veselības jomā**

Mēs apņemamies aizsargāt un uzlabot mūsu iedzīvotāju veselību un labklājību.

### **8. Dinamiska un ilgtspējīga vietējā ekonomika**

Mēs apņemamies radīt un nodrošināt tādu dinamisku vietējo ekonomiku, kas rada darbavietas, nenodarot kaitējumu videi.

### **9. Sociālā līdztiesība un taisnīgums**

Mēs apņemamies īstenot kopienas integrējošu un atbalstošu politiku.

### **10. No vietējā līmeņa uz globālo**

Mēs apzināmies mūsu atbildību par mieru, līdztiesību, ilgtspējīgu attīstību un klimata aizsardzību pasaulē.

Pirmās divas saistību grupas jeb desmit kritēriji attiecas uz ilgtspējīgas attīstības pārvaldības procesu – ilgtspējīgas attīstības institucionālā dimensija. Pārējie 40 kritēriji – uz ilgtspējīgas attīstības pārējām trim dimensijām (ekonomika, vide, sociālā joma). Kopumā Olborgas saistību kritēriji veido ietvaru, kas palīdz “aktivizēt esošo sabiedrības dinamiku un pašorganizēšanās spējas virzienā uz ilgtspējīgu attīstību” (Spangenberg, 2001).

## **2. Pētījuma metodes**

Ilgspējīgas attīstības politikas un tendenču atbilstība ilgtspējīgas attīstības kritērijiem (Olborgas saistībām) tika vērtēta Latvijas valsts nozīmes pilsētās (Rīgā, Daugavpilī, Liepājā, Jūrmalā, Ventpilī un Rēzeknē), izmantojot metodiku, kas tika izstrādāta un pirmoreiz pielietota Rīgas pilsētai (Rīgas dome, Latvijas Universitāte, 2005b; Zilans, Abolina, 2007). Metodika tika aprobēta Cēsu, Jūrmalas, Liepājas pilsētu attīstības politikas vērtējumā ilgtspējīgas attīstības kontekstā (Jonuša, 2008; Skrastiņa, 2007) un izmantota, veicot ilgtspējīgas attīstības politikas vērtējumu Daugavpilī, Ventpilī un Rēzeknē.

Metodikas pamatā ir pilsētas plānošanas dokumentu atbilstības analīze atbilstīgi Olborgas saistībām divos skatpunktos. Pirmkārt, tika analizēta attīstība plānošanas dokumentos (sektoru attīstības plānošanas dokumenti, tostarp koncepcijas, stratēģijas, programmas, plāni; pilsētu attīstības stratēģijas, programmas, plāni) definēto *mērķu* atbilstība Olborgas kritērijiem. Otrkārt, pret Olborgas kritērijiem tika analizētas šajos dokumentos definētās *rīcības*. Visās iepriekšminētās analīzēs atbilstības vērtējums ir dots trīs ballu skalā:

- 1 – ir atbilstība Olborgas saistībām;
- 2 – ir daļēja atbilstība Olborgas saistībām;
- 3 – Olborgas saistība nav atspoguļota.

Apzīmējums “ir atbilstība Olborgas saistībām” nozīmē pilnīgs un nepārprotams (*unambiguous*) Olborgas kritērija definējums attīstības plānošanas dokumenta mērķos un/vai rīcībās. Apzīmējums “ir daļēja atbilstība Olborgas saistībām” nozīmē, ka Olborgas saistība ir tikai daļēji iekļauta attīstības plānošanas dokumenta mērķos un/vai rīcībās vai formulējums ir neskaidrs vai pretrunīgs vienā vai dažādos attīstības plānošanas dokumentos. “Olborgas saistība nav atspoguļota” nozīmē, ka konkrētais jautājums nav atspoguļots attīstības plānošanas dokumenta mērķos un/vai rīcībās.

Šī analīze sniedz ieskatu par pilsētas administrācijas veidotās attīstības politikas atbilstību Olborgas ilgtspējīgas attīstības kritērijiem, nosakot, kuri no Olborgas kritērijiem ir definēti attīstības plānošanas dokumentu mērķos un vai šie mērķi ir tālāk izvērtēti kā rīcības, kas ir saskaņā ar definētiem mērķiem. Šīs analīzes rezultāts ir pilsētas ilgtspējīgas attīstības politikas plašuma un saskaņotības novērtējums.

Pilsētas faktiskās attīstības tendenču novērtēšanai tika analizēti esošie pilsētas attīstības rādītāji. Pirmkārt, balstoties uz trīs ballu skalu, tika vērtēta rādītāju esamība un piemērotība Olborgas saistību izpildes monitoringam:

- 1 – ir atbilstošs(i) rādītājs(i) pilnīgai Olborgas saistību raksturošanai;
- 2 – ir rādītājs(i) daļējai Olborgas saistību raksturošanai;
- 3 – nav rādītājs(i) Olborgas saistību raksturošanai.

Tām Olborgas saistībām, kurām bija atbilstoši vai daļēji atbilstoši rādītāji, tika raksturotas attīstības tendences, izmantojot šādu klasifikācijas sistēmu:

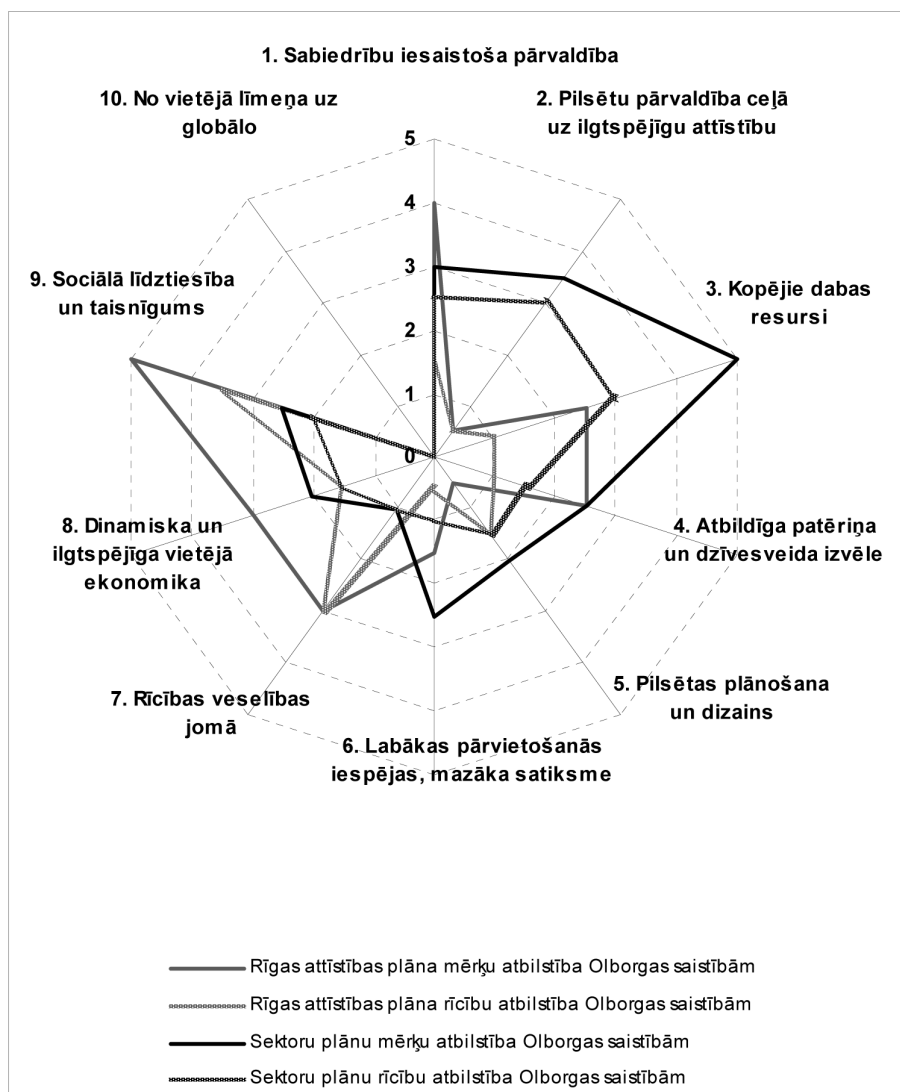
- 1 – attīstības tendences atbilst Olborgas saistībai;
- 2 – attīstības tendences daļēji atbilst Olborgas saistībai;
- 3 – attīstības tendences ir pretēji Olborgas saistībai;
- 4 – Olborgas saistības raksturošanai nepieciešami dati/papildu rādītāji.

Šīs analīzes mērķis bija noskaidrot, vai pilsētā lietotie attīstības rādītāji ir piemēroti ilgtspējīgas attīstības tendenču novērtēšanai un vai šiem rādītājiem ir pieejami nepieciešamie dati ilgtspējīgas attīstības tendenču monitoringam. Analīzes rezultātā tiek identificēti trūkumi rādītājos un rādītāju datus ilgtspējīgas attīstības monitoringam Olborgas saistību ietvarā.

### 3. Rezultāti

#### 3.1. Rīgas attīstības plānošanas dokumentu un ilgtspējīgas attīstības rādītāju analīze

##### 3.1.1 Rīgas attīstības plāna un sektoru plānu analīze



*1. att. Rīgas attīstības plānošanas dokumentu atbilstība Olborgas saistībām  
 Representation of the Aalborg Commitments in the development plans of Riga*

Rīgas sektoru plāni un Rīgas attīstības plāna mērķi skaitliski uzrāda līdzīgu atbilstību Olborgas saistībām. Abos gadījumos mazliet vairāk nekā puse no Olborgas saistību jautājumiem ir pilnībā vai daļēji atspoguļoti šo plānu mērķos. Ievērojama lielāka neatbilstība Olborgas saistībām ir šo plānu rīcībām, īpaši attiecībā uz Rīgas attīstības plānu, kurā Olborgas saistībām atbilst par desmit mazāk rīcību nekā mērķu (1. att.). Gan sektoru plānu, gan Rīgas attīstības plāna rīcībās vislielākā neatbilstība ir ar 10., 4., 5. un 6. Olborgas saistību grupu.

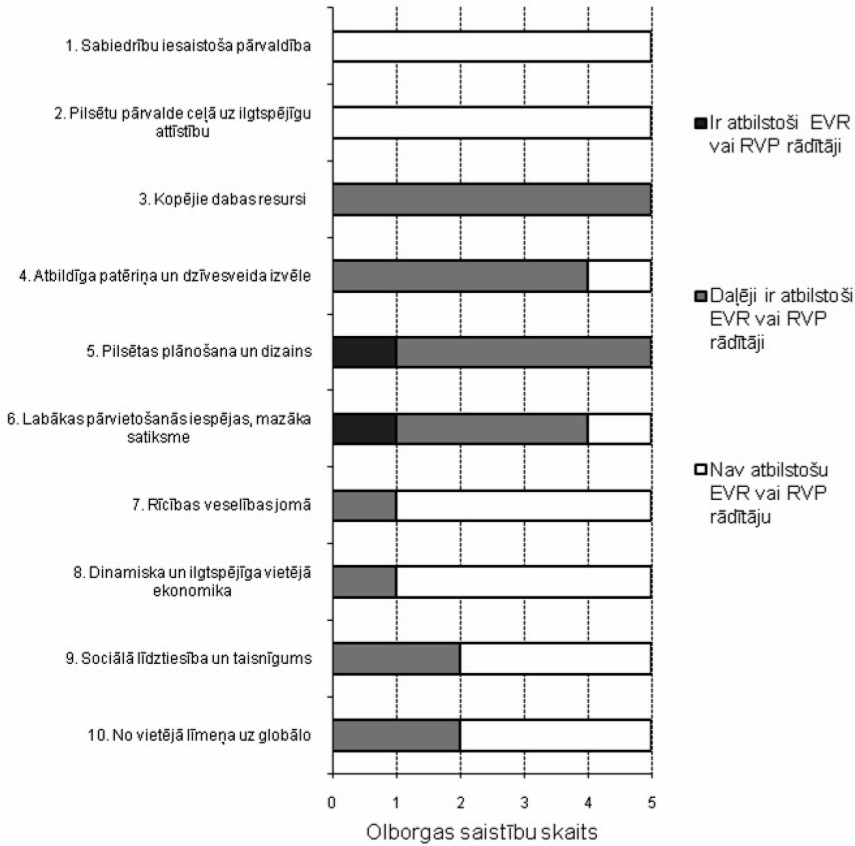
Tas, ka sektoru plānu un Rīgas Attīstības plāna mērķos nav atspoguļots vai ir tikai daļēji atspoguļots ievērojams skaits Olborgas jautājumu, liek secināt, ka attīstības mērķi kopumā vāji orientē Rīgas attīstību uz ilgtspējību. Bieža parādība gan sektoru plānos, gan Rīgas attīstības plānā ir rīcību neatbilstība vai pretruna ar plānā noteiktiem mērķiem. Sektoru plānu un Rīgas attīstības plāna rīcību vājā atbilstība Olborgas saistībām liecina par mērķtiecības trūkumu virzībā uz ilgtspējīgu attīstību Rīgā, kaut gan Rīga ir parakstījusi gan Olborgas hartu, gan Olborgas saistības un savā attīstības politikā pauž atbalstu ilgtspējīgai attīstībai.

Ņemot vērā, ka visi analizētie sektora plāni veidoti pirms Rīgas attīstības plāna tapšanas, iespējams secināt, ka ar jauno attīstības plāna apstiprināšanu attiecībā uz dabas, vides, pilsētas plānošanas un transporta jautājumiem attīstības politika Rīgā ir kļuvusi mazāk ilgtspējīga, savukārt no veselības aizsardzības, sociālo un ekonomisko jautājumu viedokļa attīstības politika ir vairāk vērsta uz ilgtspējību.

### **3.1.2. Rīgas ilgtspējīgas attīstības rādītāju analīze**

Rīgā ilgtspējīgas attīstības raksturošanai tiek lietoti divi rādītāju komplekti – Rīgas vides pārskata (RVP) rādītāji (Rīgas vides pārskats CERIOI, 2001) un 2004. gadā apkopotie Eiropas vienotie rādītāji (EVR) (Rīgas dome un Latvijas Universitāte, 2005a). Pētījumā tika analizēti tikai RVP un EVR kompleksos pieejamie rādītāji, kaut gan iespējams, ka atsevišķu saistību raksturošanai speciālistiem ir pieejami citi rādītāji un arī jaunāki dati.

No 50 Olborgas saistībām EVR un RVP ir atbilstoši rādītāji divu saistību pilnīgai raksturošanai, 22 saistību daļējai raksturošanai, bet 26 saistību raksturošanai nav atbilstošu rādītāju. Tā kā ilgtspējīgas attīstības koordinēšana Rīgā ir vairāk bijusi vides speciālistu kompetencē, tad arī EVR/RVP rādītāju pieejamība ir labākais temats, kas tradicionāli ir bijis cieši saistīts ar vides jomu (2. att.).



**2. att. Rīgas vides pārskata (RVP) un Eiropas vienoto rādītāju (EVR) esamība  
Olborgas saistību izpildes raksturošanai**

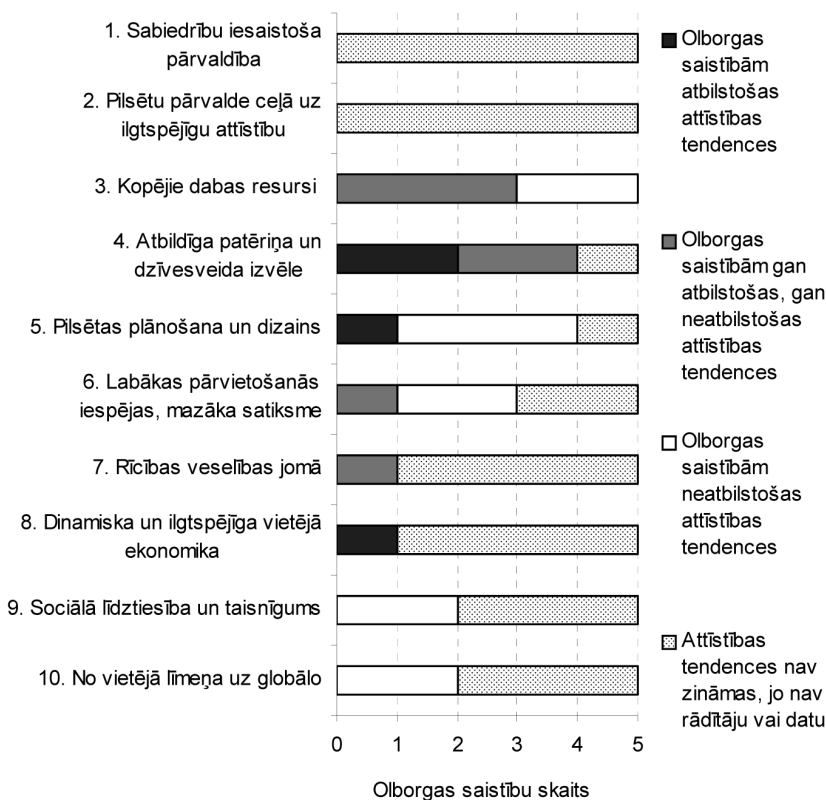
*Suitability of CEROI (Cities Environment Reports on the Internet) and ECI (European Common Indicators) to characterize the Aalborg Commitments in Riga*

**3.1.3. Olborgas saistību izpildes raksturojums ar EVR un RVP rādītājiem**

Kopumā Olborgas saistību izpildes raksturojums Rīgā ar EVR un RVP rādītāju palīdzību veidojas tikai daļējs, jo trūkst atbilstošu rādītāju. Pašreizējās situācijas apskats liecina, ka ar pieejamiem rādītājiem analizētajās saistībās Rīgas attīstības tendences ir vairāk pretējas nekā atbilstošas Olborgas saistībām (3. att.).

Rīgā izmantotie RVP un EKR nav tiešā veidā sasaistīti ar pilsētā definētiem attīstības mērķiem, tiem ir vairāk informatīva, nevis atskaites vai kontroles funkcija par tendencēm saistībā ar definētiem ilgtspējīgas attīstības mērķiem. Balstoties uz šo rādītāju analīzi un atbilstību Olborgas saistībām, tie pašreizējā sastāvā spēj tikai daļēji veikt Olborgas saistību ieviešanas monitoringu.





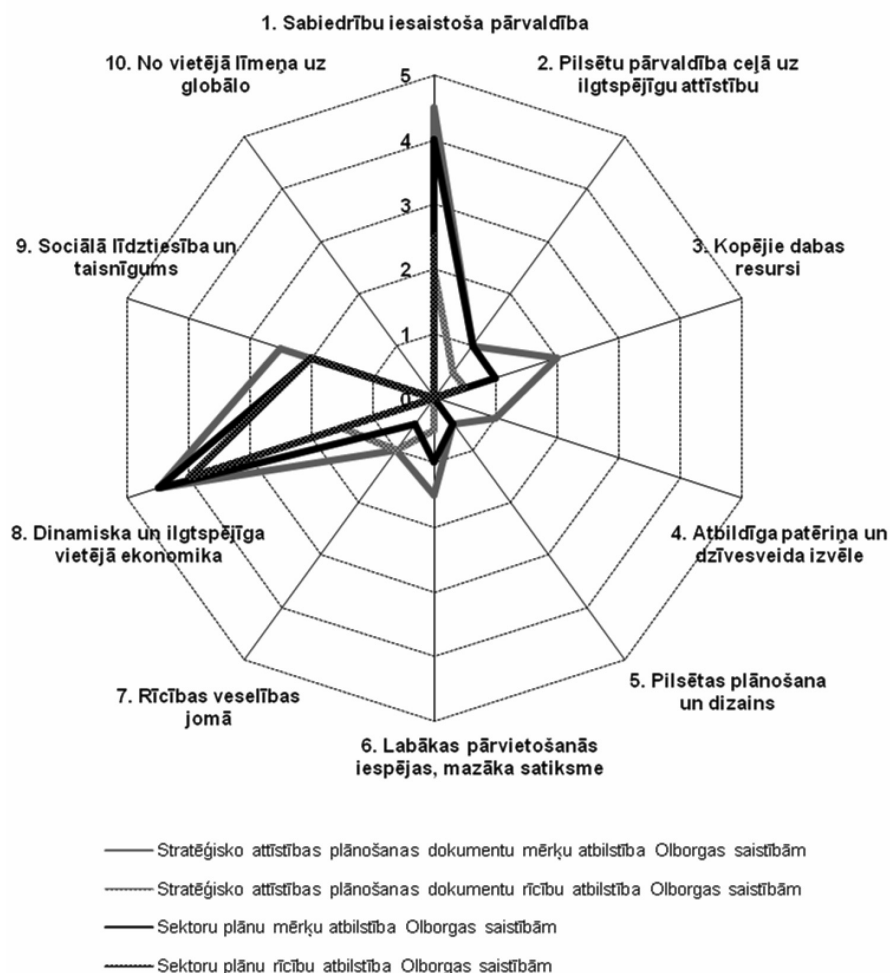
### 3. att. Rīgas vides pārskata un Eiropas vienotajos rādītājos atspoguļotās Rīgas attīstības tendences Olborgas saistību grupās

*Development trends of Riga regarding the Aalborg Commitments as reflected by the CEROI (Cities Environment Reports on the Internet) and ECI (European Common Indicators)*

## 3.2. Daugavpils stratēģisko attīstības plānošanas dokumentu un sektoru plānu analīze

Kopumā Daugavpils stratēģisko attīstības plānošanas dokumentu un Daugavpils sektoru plānu mērķu atbilstība Olborgas saistībām ir pa līdzīgām grupām (4. att.). Šāda sakritība tiek pamatota ar secīgu plānu izstrādi. Sektoru plāni pārsvarā izstrādāti saskaņā ar stratēģiskiem attīstības plānošanas dokumentiem. Stratēģiskiem attīstības plānošanas dokumentiem un sektoru plāniem vislielākā atbilstība ir 1., 6., 8. un 9. Olborgas saistību grupai.

Tas, ka stratēģiskiem attīstības plānošanas dokumentiem un sektoru plāniem nav definēti rādītāji izvērztīto mērķu monitorēšanai, liecina par iespēju pilnveidot attīstības plānošanas sistēmu, lai nodrošinātu iecerēto attīstības mērķu sasniegšanu.



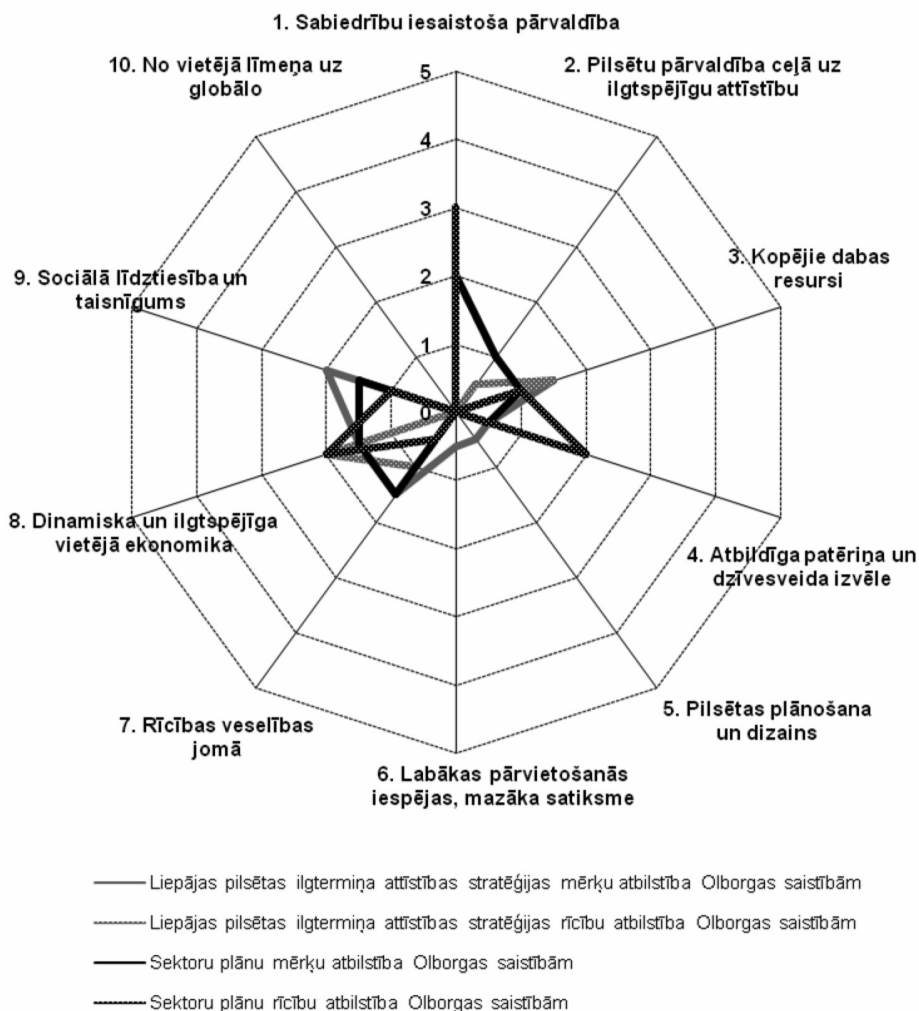
4. att. Daugavpils attīstības plānošanas dokumentu atbilstība Olborgas saistībām  
*Representation of the Aalborg Commitments in the development plans of Daugavpils*

### 3.3. Liepājas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijas un sektoru plāna analīze

Gan Liepājas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģija, gan sektoru plāni (2. pielikums) uzrāda minimālu atbilstību Olborgas saistībām (5. att.). Liepājas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijas stiprāka atbilstība Olborgas 3., 7., 8. un 9. saistību grupai atspoguļo stratēģijas trīs attīstības prioritātes: cilvēkresursu attīstība, ekonomiskās attīstības veicināšana un pilsētvides attīstība.

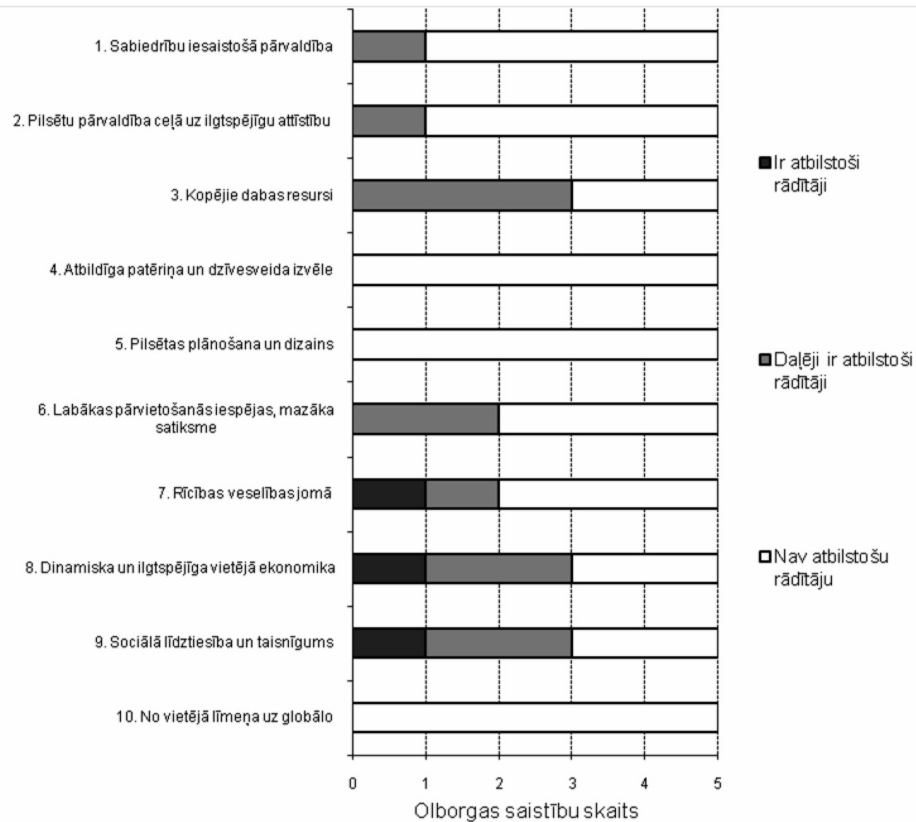
Liepājas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijas mērķiem ir mazliet lielāka atbilstība ar Olborgas 3., 5., 6. un 9. saistību grupu nekā ar sektoru plānu mērķiem. Toties Liepājas sektoru plānu mērķiem vai rīcībām ir lielāka atbilstība Olborgas 1., 2. un 4. saistību grupai nekā Liepājas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijai.

Atšķirības Liepājas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijas un Liepājas sektora vērtējuma atbilstībai Olborgas saistībām ir izskaidrojamas ar šo dokumentu atšķirīgo izstrādes laiku. Lielākoties visi sektora plāni, izņemot “Liepājas veselības aprūpes pakalpojumu sniedzēju attīstības plāns”, tapuši pirms Liepājas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijas.



5. att. Liepājas attīstības plānošanas dokumentu atbilstība Olborgas saistībām  
Representation of the Aalborg Commitments in the development plans of Liepāja

Liepājas pilsētas attīstības stratēģijas uzraudzības sistēmas rādītāji atspoguļo trīs Olborgas saistības, daļēji atspoguļo 12, bet neietver 35 saistību jautājumus (6. att.). Tas nozīmē, ka 15 no Olborgas saistībām var daļēji vai pilnībā monitorēt, izmantojot uzraudzības sistēmas rādītājus. Daži rādītāji ļauj monitorēt Olborgas saistības, kurām attīstības stratēģijā nav definēti atbilstoši mērķi un rīcības. Likumsakarīgi uzraudzības sistēmas rādītājiem vislielākā atbilstība ir 3., 8. un 9. saistību grupai, kurām attīstības stratēģijā ir visvairāk atbilstošu mērķu un rīcību. Tāpat kā rīcībās, arī rādītājos ir vāja atbilstība 4., 5. un 10. saistību grupai.



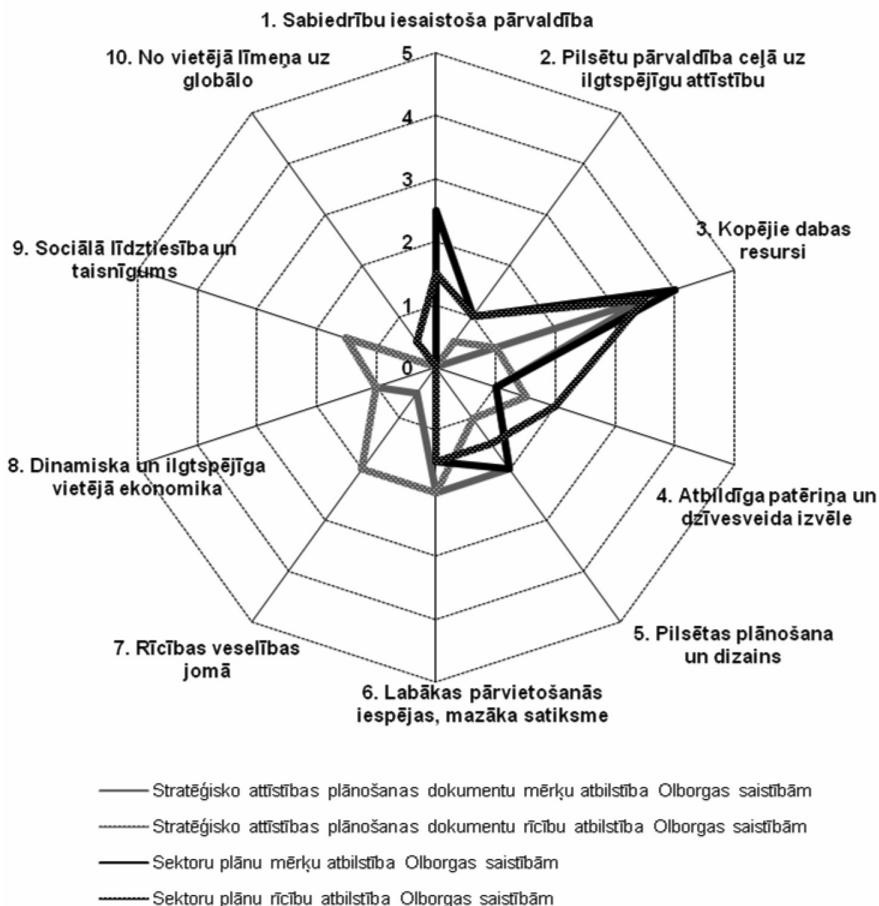
**6. att. Liepājas ilgtermiņa attīstības stratēģijas (2007–2013) uzraudzības sistēmas rādītāju esamība Olborgas saistību izpildes raksturošanai**

*Suitability of the monitoring system indicators of the long-term development strategy (2007–2013) of Liepaja to characterize the Aalborg Commitments*

### 3.4. Jūrmalas pilsētas stratēģisko attīstības plānošanas dokumentu un sektoru plānu analīze

Jūrmalas stratēģiskie plānošanas dokumenti (2. pielikums) kopumā gan mērķos, gan rīcībās uzrāda mērenu, tomēr daudzpusīgu atbilstību Olborgas saistībām. Stratēģiskie plānošanas dokumenti īpaši izceļas ar stipru atbilstību Olborgas

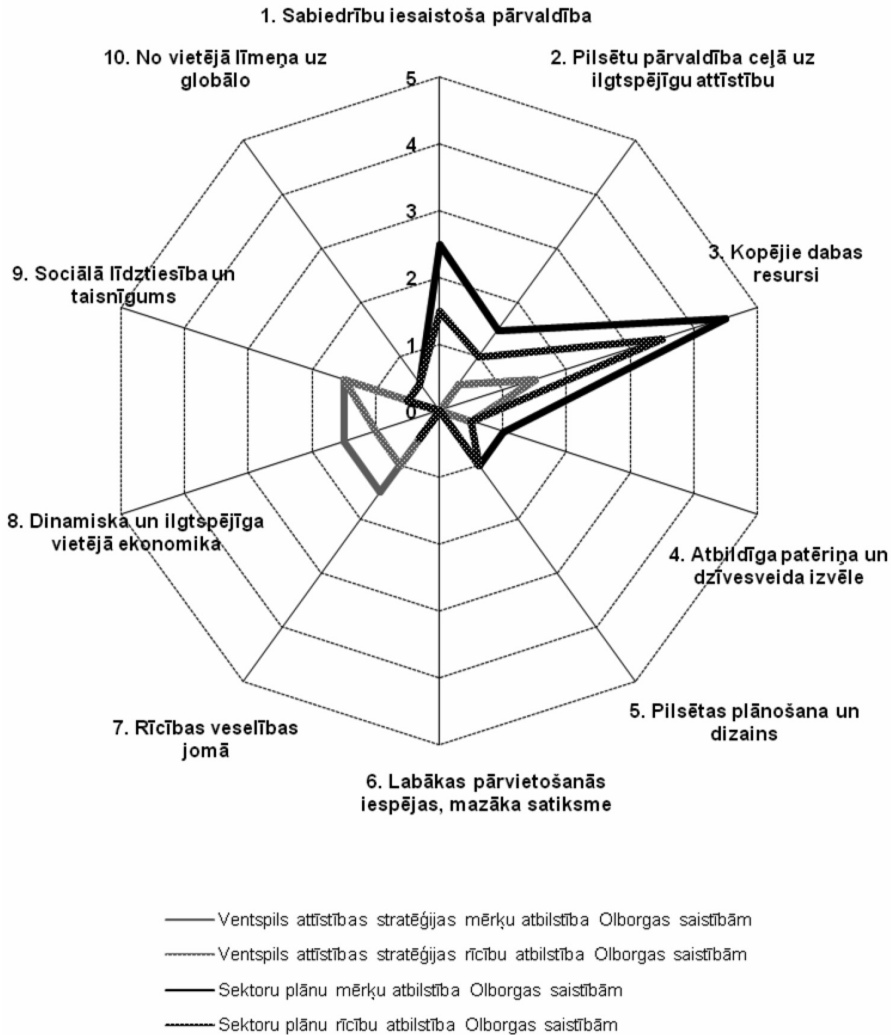
3. saistību grupai un viduvēju atbilstību 5., 6. un 7. saistību grupai. Sektora plāniem ir laba atbilstība Olborgas 1. un 3. grupai un vājāka atbilstība 4., 5. un 6. saistību grupai. Kopumā Jūrmalas sektora plāniem ir mazliet labāka atbilstība Olborgas saistībām nekā stratēģiskiem attīstības plānošanas dokumentiem (7. att.).



7. att. Jūrmalas attīstības plānošanas dokumentu atbilstība Olborgas saistībām  
*Representation of the Aalborg Commitments in the development plans of Jūrmala*

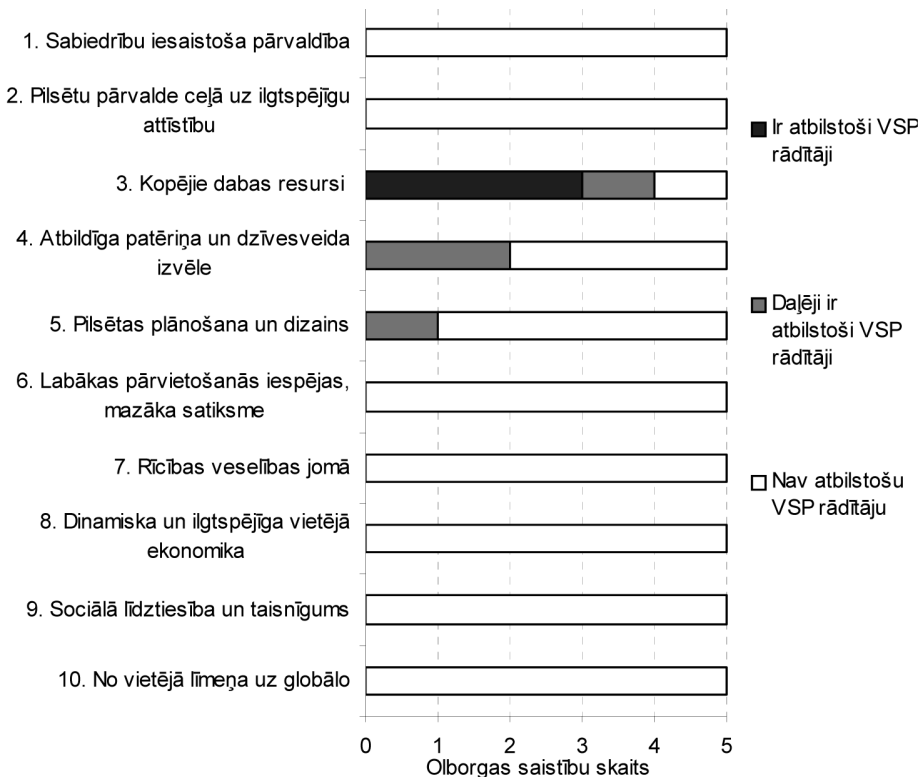
### 3.5. Ventspils attīstības plānošanas dokumentu un sektoru plānu analīze

Ventspils attīstības stratēģijas atbilstība Olborgas saistībām ir vāja un vienīgi ar šādām Olborgas saistību grupām: 2., 3., 4., 7., 8. un 9. Vislielākā atbilstība ir Olborgas 3., 7., 8. un 9. saistību grupai. Ventspils vides politikas plāna un rīcības programmas mērķi un rīcības uzrāda ļoti labu atbilstību 3. saistību grupai un vājāku atbilstību 1., 2., 4. un 5. saistību grupai (8. att.).



**8. att. Ventspils attīstības plānošanas dokumentu atbilstība Olborgas saistībām**  
*Representation of the Aalborg Commitments in the development plans of Ventspils*

Ventspils vides stāvokļa pārskata rādītāji atspoguļo vāju atbilstību Olborgas 3., 4. un 5. saistību grupai – tie nespēj nodrošināt pilnīgu ilgtspējīgas attīstības monitoringu pat tradicionālajās vides jomās (9. att.). Nepieciešami papildu rādītāji, turklāt ne tikai vides jomā, lai veiktu pilnvērtīgu ilgtspējīgas attīstības monitoringu. Kopumā tām Olborgas saistībām, kuru novērtēšanai ir pieejami rādītāji, tie uzrāda gan saistībām atbilstošas, gan neatbilstošas attīstības tendences.

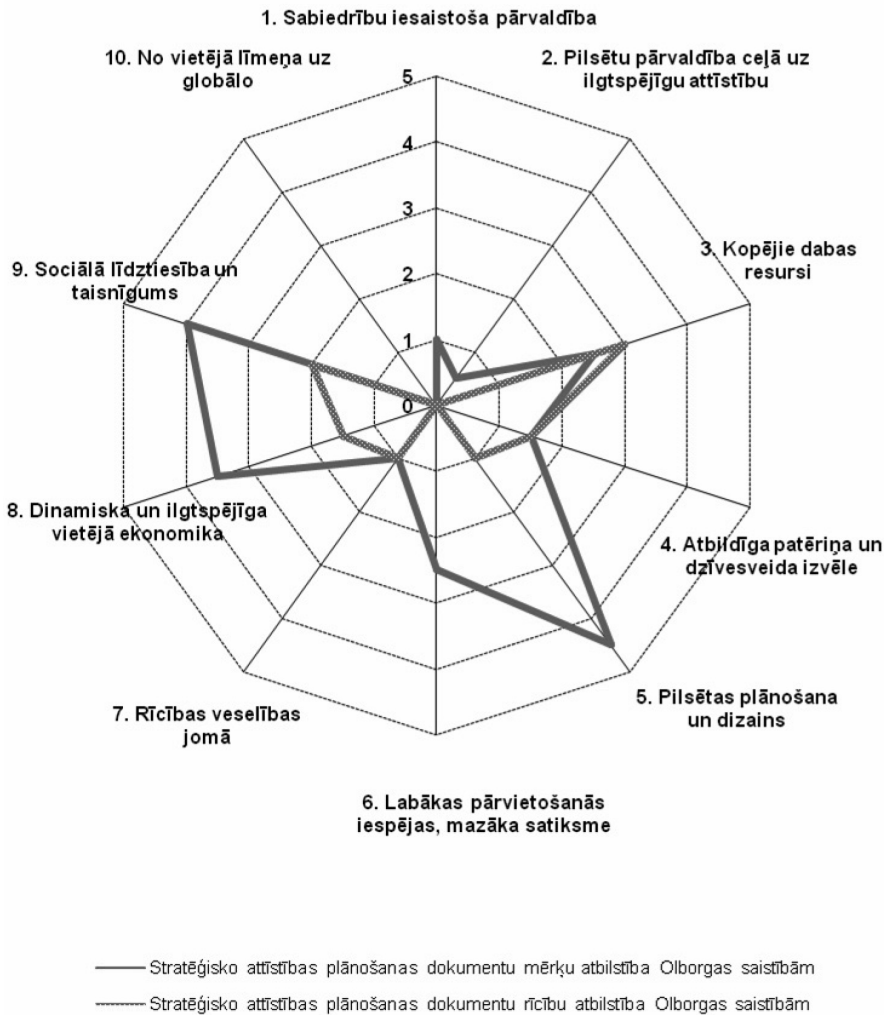


9. att. Ventspils vides stāvokļa pārskata rādītāju esamība Olborgas saistību izpildes raksturošanai

*Suitability of Ventspils environmental report indicators to characterize the Aalborg Commitments*

### 3.6. Rēzeknes ekonomiskās attīstības stratēģijas un teritorijas plānojuma analīzes rezultāti

Rēzeknes ekonomiskās attīstības stratēģijas un Rēzeknes teritorijas plānojuma mērķi atspoguļo 14 Olborgas saistības, daļēji atspoguļo 14, bet neietver 22 saistību jautājumus. Šo dokumentu rīcības atspoguļo septiņas Olborgas saistības, daļēji atspoguļo sešas, bet neietver 37 saistību jautājumus. Kopumā Rēzeknes pilsētas teritorijas plānojums un ekonomiskās attīstības stratēģija uzrāda samērā vispusīgu un labu atbilstību Olborgas saistībām (10. att.). Attiecībā uz attīstības mērķiem ļoti laba atbilstība ir 5., 8. un 9. saistību grupai un viduvēja 3., 6., 8. un 9. saistību grupai. Ievērojami vājāka ir atbilstība šo stratēģisko plānu rīcībām.



10. att. Rēzeknes attīstības plānošanas dokumentu atbilstība Olborgas saistībām  
Representation of the Aalborg Commitments in the development plans of Rezekne

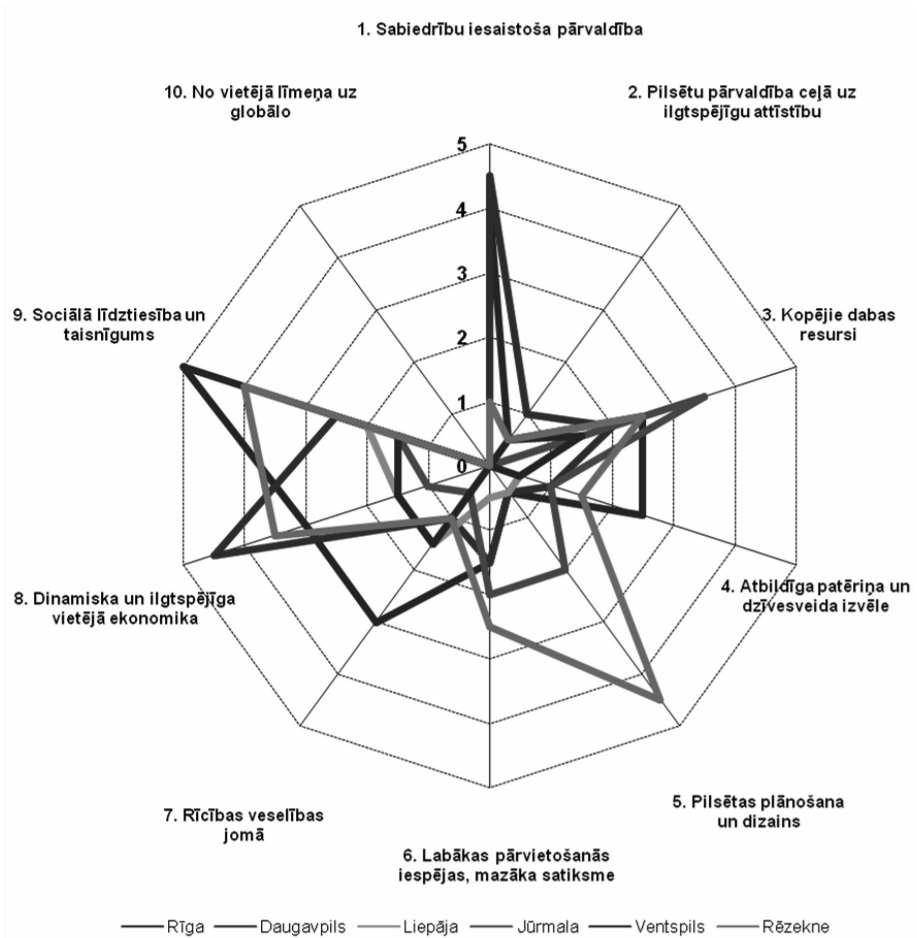
#### 4. Stratēģisko plānošanas dokumentu atbilstība Olborgas saistībām

Attiecībā uz Olborgas saistībām pētītās pilsētas katra stratēģiskos plānošanas dokumentos liek atšķirīgu uzsvāru uz plānotu attīstību (11. un 12. attēls). Iznākumā atbilstība Olborgas saistībām ir ļoti atšķirīga. Nevienas pilsētas stratēģiskie plāni neatspoguļo visus Olborgas saistību jautājumus un neviens plāns mērķos un rīcībās neatspoguļo 10. grupas *No vietējā līmeņa uz globālo* saistības.



Attīstības mērķos visas pilsētas vismaz daļēji atspoguļo jautājumus Olborgas 3., 8. un 9. saistību grupā. Olborgas 8. un 9. saistību grupa ir labi atspoguļota Rīgas, Daugavpils un Rēzeknes stratēģiskajos plānos.

Rīga, Daugavpils un Rēzekne ir vienīgās pilsētas, kuru stratēģisko plānu mērķos ir atspoguļoti jautājumi 1. un 2. saistību grupā, kaut gan rīcībās atbilstība ir ievērojami zemāka. Daugavpils īpaši akcentē sadarbību ar iedzīvotājiem, pašvaldību struktūrvienību starpā un ar citām pašvaldībām un pārvaldes līmeņiem.

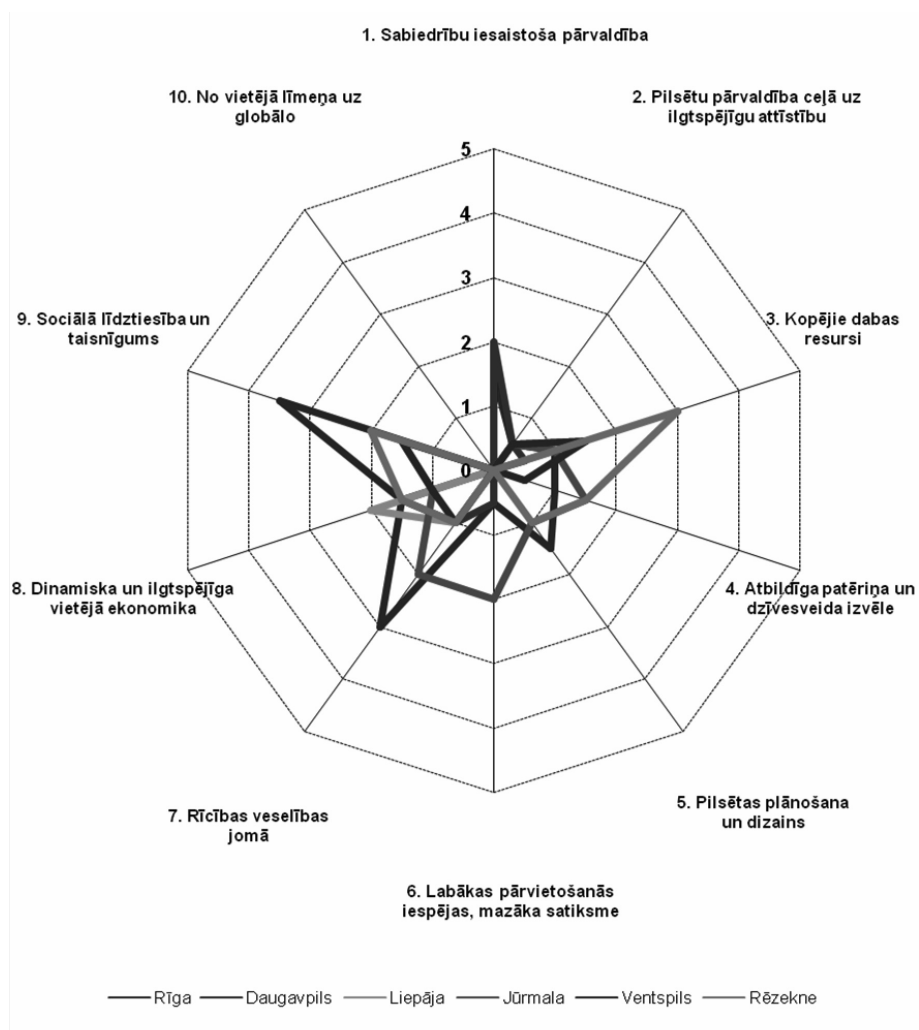


**11. att. Stratēģisko attīstības plānošanas dokumentu mērķu atbilstība Olborgas saistībām: salīdzinājums starp Rīgu, Daugavpili, Liepāju, Jūrmalu, Ventspili un Rēzekni**

*Representation of the Aalborg Commitments in the policy goals of strategic development plans: comparison of Riga, Daugavpils, Liepāja, Jūrmala, Ventspils, Rezekne*

Visās pilsētās 4. un 7. saistību grupa ir atspoguļota stratēģisko plānu mērķos, bet atbilstība ir zema. Stratēģisko plānu mērķu atbilstība 6. saistību grupai ir vāja visās pilsētās, izņemot Rēzekni, bet Ventspilī tā vispār nav atspoguļota.

Daugavpils attīstības mērķi izceļas ar labu atbilstību Olborgas 3., 8. un 9. saistību grupai, savukārt Rēzekne ir vienīgā pilsēta, kurai stratēģiskiem plāniem ir ļoti laba atbilstība 5. un laba atbilstība 3., 8. un 9. saistību grupai. Rīgas attīstības plānam mērķos ir laba atbilstība 1., 3., 4., 7., 8. un 9. saistību grupai. Jūrmalas stratēģisko plānu mērķos ir labi atspoguļota 3. saistību grupa – *kopējie dabas resursi*.



12. att. Stratēģisko plānošanas dokumentu rīcību atbilstība Olborgas saistībām: salīdzinājums starp Rīgu, Daugavpili, Liepāju, Jūrmalu, Ventspili un Rēzekni

*Representation of the Aalborg Commitments in the policy measures of strategic development plans: comparison of Rīga, Daugavpils, Liepāja, Jūrmala, Ventspils, Rēzekne*

Visās pilsētās stratēģisko plānu rīcības uzrāda ievērojami mazāku atbilstību Olborgas saistībām. Rīgas attīstības plāna rīcības labi atbilst Olborgas 7. un 9. saistību grupai, savukārt Rēzeknes stratēģisko plānu rīcības labi atbilst Olborgas 3. saistību grupai.

Jūrmalas stratēģisko plānu rīcības uzrāda labu atbilstību Olborgas 6. un 7. saistību grupai, savukārt Liepājas pilsētas ilgtermiņa attīstības stratēģijas rīcības uzrāda ievērojamu atbilstību Olborgas 8. saistību grupai.

Stratēģisko plānošanas dokumentu uzdevums ir mērķu formulēšana, kas var tikt veicināti, izstrādājot sektoru plānus ar atbilstošām rīcībām. Daugavpils sektoru plāni ir izstrādāti saskaņā ar mērķiem, kas definēti stratēģiskos plānos. Daudzie mērķi, kas definēti Rīgas attīstības plānā, netiek izvērsti ne attīstības plānā, ne atsevišķos sektoru plānos.

Kopumā Rīgas un Rēzeknes stratēģiskie plānošanas dokumenti uzrāda vislabāko un daudzpusīgāko, kaut gan nepilnīgu atbilstību Olborgas saistībām. Daugavpils un Jūrmalas stratēģiskiem plānošanas dokumentiem ir vājāka un sašaurināta atbilstība Olborgas saistībām, savukārt Ventspils un Liepājas stratēģiskie plānošanas dokumenti vāji un sašaurināti atspoguļo Olborgas saistības.

## 5. Secinājumi

### 5.1. Attīstības plānošanas dokumentu atbilstība Olborgas saistībām

1. Pētītās Latvijas lielās pilsētas katra liek atšķirīgu uzsvāru uz plānotu attīstību. Iznākumā atbilstība Olborgas saistībām ir ļoti atšķirīga. Latvijas lielās pilsētas neizmanto sistemātisku pieeju ilgtspējīgas attīstības politikas veidošanā un ieviešanā. Nevienas pilsētas stratēģiskie un sektora plāni neatspoguļo visus Olborgas saistību jautājumus.
2. Attīstības mērķos visas pilsētas vismaz daļēji atspoguļo jautājumus šādā Olborgas saistību grupā: 3. – *Kopējie dabas resursi*, 8. – *Dinamiska un ilgtspējīga vietējā ekonomika* un 9. – *Sociālā līdztiesība un taisnīgums*. Tie ir jautājumi, kas ir prioritāri Latvijas pašvaldībām – ekonomiskā attīstība, nodarbinātība, sociālās problēmas/atstumtība, dabas aizsardzība un komunālā saimniecība. Neviens pilsētas stratēģiskais plānošanas dokuments vai sektora plāns mērķos un rīcībās neatspoguļo 10. grupas *No vietējā līmeņa uz globālo* saistības. Tas liecina, ka pašlaik attīstības plānošana pašvaldību līmenī netiek saistīta ar globālajiem procesiem.
3. Pilsētu stratēģisko un sektoru plānu mērķos nav atspoguļots vai ir daļēji atspoguļots ievērojams skaits Olborgas jautājumu, tādējādi vāji orientējot attīstību uz ilgtspējību. Ja pilsētu stratēģiskās un sektoru plānu rīcības vēl vājāk atbilst Olborgas saistībām, tas liecina par mērķtiecības trūkumu virzībā uz ilgtspējību.
4. Pašvaldību sektoru plānu un stratēģisko plānošanas dokumentu mērķu un rīcību vājā atbilstība Olborgas saistībām un saskaņas trūkums/pretrunas starp

stratēģisko plānošanas dokumentu un/vai dažādos sektoru plānos noteiktajiem mērķiem un rīcībām liecina par

- pilsētas attīstības plānošanas personāla profesionālās izpratnes trūkumu par to, kādiem būtu jābūt sektora attīstības mērķiem, lai tie veicinātu ilgtspējīgu attīstību;
  - pilsētas attīstības plānošanas personāla profesionālās izpratnes trūkumu par to, kādas rīcības veicina (vai neveicina) mērķa sasniegšanu;
  - starpsektoru sadarbības trūkumu, izstrādājot savstarpēji integrētu attīstības politiku un rīcības plānus;
  - vispārējo attīstības politikas koordinācijas nepietiekamību/trūkumu pilsētā;
  - citu apsvērumu pastāvēšanu, kuri pretēji labākajai profesionālai praksei neļauj definēt rīcības, kuras var veicināt definēto mērķu sasniegšanu.
5. Daugavpils sektoru plāni ir izstrādāti saskaņā ar mērķiem, kas definēti stratēģiskos plānos, tādējādi kopumā Daugavpils stratēģisko attīstības plānošanas dokumentu un Daugavpils sektoru plānu mērķu atbilstība Olborgas saistībām ir pa līdzīgām grupām. Šāda sakrītība pamatojas uz secīgumu plānu izstrādē. Daugavpils izmanto sistemātisku pieeju attīstības politikas veidošanā un ieviešanā.

## 5.2. Rādītāji ilgtspējīgas attīstības monitoringam

1. No pētītām pilsētām rādītāji attīstības tendenču monitoringam tiek izmantoti vienīgi Rīgā, Liepājā un Ventspilī. Tomēr šajās pilsētās izmantotie rādītāji tikai daļēji spēj nodrošināt Olborgas saistību izpildes monitoringu. Daugavpilī, Jūrmalā un Rēzeknē attīstības monitoringa nenotiek, izmantojot rādītājus.
2. Rīgā izmantotie Rīgas vides pārskata un Eiropas vienotie rādītāji nav tiešā veidā saistīti ar pilsētas attīstības mērķiem. Tiem ir vairāk informatīva, nevis atskaites vai kontroles funkcija, un tie pašreizējā sastāvā tikai daļēji spēj veikt Olborgas saistību un ilgtspējīgas attīstības ieviešanas monitoringu. Rādītāji, kas ir piemēroti Olborgas saistību monitoringam un kuriem ir atbilstoši dati, uzrāda Olborgas saistībām vairāk neatbilstošas (ilgtspējīgas) tendences.
3. Ventspils vides stāvokļa pārskata rādītāji, kuri ir saistīti ar Vides stāvokļa pārskatā ietvertajiem vides jautājumiem, ļauj daļēji monitorēt izpildi vienīgi 3. *Kopējie dabas resursi*, 4. *Atbildīga patēriņa un dzīvesveida izvēle* un 5. *Pilsētas plānošana un dizains* saistību grupā. Pieejamie rādītāju dati vairāk uzrāda attīstības tendences, kas daļēji atbilst Olborgas saistībām. Ventspilij ir nepilnīgs rādītāju komplekts ilgtspējīgas attīstības monitoringam.
4. Liepājas attīstības monitoringam ir izstrādāti Liepājas ilgtermiņa attīstības stratēģijas rādītāji. Kaut gan stratēģijai ir nepilnīga atbilstība Olborgas saistībām, izstrādātie rādītāji var kalpot par efektīvu līdzekli stratēģijas ieviešanas nodrošināšanai.

## Pateicības

Pētījums veikts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu.

## Izmantotie informācijas avoti

- Council of the European Union. (2006) Renewed EU Sustainable Development Strategy.
- European Commission. (2005) COM 718 Final. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on Thematic Strategy on the Urban Environment.
- European Commission. (2000) The Lisbon Strategy – Making Change Happen. Brussels.
- ICLEI – International Council for Local Environmental Initiatives. (2004) Aalborg Commitments. ICLEI. Available: <http://www.aalborgplus10.dk/>
- ICLEI – International Council for Local Environmental Initiatives. (1994) Charter of European Cities and Towns Towards Sustainability. ICLEI European Conference on Sustainable Cities and Towns. Aalborg, Denmark, 24–27 May 1994.
- Jonuša, L. (2008) *Cēsu pilsētas ilgtspējības novērtējums*. Maģistra darbs Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē, vides zinātnes nozarē.
- LR likums. (2002a) Reģionālās attīstības likums ar grozījumiem, kas izsludināti līdz 2005. gada 23. martam.
- LR likums. (2002b) Teritorijas plānošanas likums ar grozījumiem, kas izsludināti līdz 2005. gada 16. februārim.
- LR Ministru kabinets. (2002b) Apstiprinātas Latvijas ilgtspējīgas attīstības pamatnostādnes 13.09.2002.
- LR Ministru kabinets. (2002b) Latvijas Nacionālais ziņojums “Rio + 10” ANO Ilgtspējīgas attīstības konferencei Johannesburgā.
- Meadowcroft, J., Farrell, K. N., Spangenberg, J. (2005) Developing a Framework for Sustainability Governance in the European Union, *Int. J. Sustainable Development*, vol. 8, No. 1/2, p. 3–11.
- Munda, G. (1995) *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment*. Heidelberg : Physica Verlag.
- Olborgas saistību mājaslapa. (2004) Pieejams: <http://www.aalborgplus10.dk/>
- Rīgas dome, Latvijas Universitāte. (2005a) Rīgas attīstības ilgtspējība: Iespējas un izaicinājumi. 67 lpp.
- Rīgas dome, Latvijas Universitāte. (2005b) Rīgas pilsētas vides un attīstības politikas vērtējums attiecībā pret Olborgas saistībām. Rīgas domes Rīgas vides centrs “Agenda 21” un Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte. 88 lpp.
- Rīgas vides pārskats CEROI. (2001) Rīgas vides centrs “Agenda 21”. Pieejams: [http://www.ceroi.net/reports/riga/latviski/lv1\\_index.htm](http://www.ceroi.net/reports/riga/latviski/lv1_index.htm).
- Skrastiņa, M. (2007) *Jūrmalas un Liepājas pilsētu attīstības politikas vērtējums ilgtspējīgas attīstības kontekstā*. Bakalaura darbs Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē, vides zinātnes nozarē, vides pārvaldības apakšnozarē.
- Spangenberg, J. H. (2002) Environmental Space and the Prism of Sustainability: Frameworks for Indicators Measuring Sustainable Development. *Ecological Indicators*, 57, p. 1–14.
- Spangenberg, J. H. (2001) Investing in Sustainable Development. The Reproduction of Man-Made, Human, Natural and Social Capital, *Int. J. Sustainable Development*, vol. 4, № 2, p. 184–201.
- UN. (1993) Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3–14. June 1992, vol. 1: Resolutions Adopted by the Conference; vol. 2: Documents Adopted by the Conference, United Nations, New York.

- UNCED. (1993) Agenda 21: Program of Action for Sustainable Development. New York : United Nations Department of Public Information.
- UNCSD. (1996) Indicators of Sustainable Development, Framework and Methodologies. New York : United Nations.
- UNDP Latvia. (2004) Kā dzīvosim Latvijā 2015. gadā? Ziņojums par ANO Tūkstošgades attīstības mērķiem Latvijā. UNDP Latvia, Rīga, Latvija.
- UNESCO. (1993) Earth Summit 92. UNESCO, Paris.
- WCED – World Commission on Environment and Development. (1987) Our Common Future (The Brundtland Report). World Commission on Environment and Development, Oxford: Oxford University Press.
- Zilans, A. and Abolina, K. (2007) A Methodology for Assessing Urban Sustainability: Aalborg Commitments Baseline Review for Riga, Latvia, Environment, Development and Sustainability. Available: <http://www.springerlink.com/content/cw2w701551781016/>

## **Analizētie pašvaldību attīstības plānošanas dokumenti**

### ***Rīgas pašvaldības attīstības plānošanas dokumenti***

- Rīgas attīstības mērķprogramma 2002.–2005. gadam. Rīga, Rīgas dome.
- Rīgas ilgtermiņa attīstības stratēģija līdz 2025. gadam (projekts).
- Rīgas pilsētas attīstības programma 2006.–2012. gadam (2. redakcijas projekts).
- Rīgas teritorijas plānojums 2006.–2018. gadam (2. redakcija).
- Rīgas siltumapgādes attīstības koncepcija (2005–2015).
- Rīgas pilsētas atkritumu apsaimniekošanas plāns 2005.–2012. gadam.
- Rīgas pilsētas gaisa kvalitātes uzlabošanas rīcības programma. Rīgas domes 06.07.2004. lēmums Nr. 3247.
- Satiksmes attīstības koncepcija 1999.–2003. gadam.
- Rīgas sabiedriskā transporta attīstības koncepcija (2005–2018).
- Rīgas vides stratēģija (2000–2010). Rīgas vides centrs “Agenda 21”.
- Rīgas vides stratēģijas rīcības programma (2002–2010). Rīgas vides centrs “Agenda 21”.
- Rīgas pašvaldības aģentūras “Rīgas meža aģentūra” vidējā termiņa darbības un attīstības stratēģija 2003.–2007. gadam”.
- Rīgas pašvaldības aģentūras “Rīgas mājkoklis” darbības un attīstības stratēģija 2003.–2007. gadam
- Rīgas Tūrisma koordinācijas un informācijas centra darbības koncepcija (Rīgas Tūrisma koordinācijas un informācijas centra 11.04.2003. rīkojums nr. 12).
- Velotransporta attīstības programma Rīgas pilsētai. Rīgas dome, 2000.

### ***Daugavpils pašvaldības attīstības plānošanas dokumenti***

- Daugavpils attīstības stratēģija 25 gadiem (darba variants uz 30.11.2004.).
- Daugavpils pilsētas teritorijas plānojums (2006–2018). 2. redakcija. Paskaidrojuma raksts.
- Daugavpils pilsētas attīstības programma 2006.–2018. gadam. Kopsavilkums.
- Reģiona reģenerācijas stratēģija “Partnerības priekšrocības”.
- Daugavpils pilsētas mārketinga stratēģija – komunikāciju vadība un reputācijas veidošana.
- Paziņojums sakarā ar vides politiku.

Nodarbinātības veicināšanas pasākumu plāns 2007. gadam.

Starptautiskās reģionālās lidostas "Daugavpils" izveides koncepcija (kopsavilkums), 2007. gads.

Marka Rotko mākslas centra izveide Daugavpilī – Projekta koncepcijas kopsavilkums, 2007. gads.

### ***Liepājas pilsētas attīstības plānošanas dokumenti***

Liepājas ilgtermiņa attīstības stratēģijas (2007–2013).

Liepājas ilgtermiņa attīstības stratēģijas 2007.–2013. gadam uzraudzības rādītāju sistēma.

Rīcības programma gaisa kvalitātes uzlabošanai Liepājas pilsētā (2005–2008).

Liepājas pilsētas jaunatnes politikas rīcības programma (2006–2010).

Liepājas pašvaldības interešu izglītības attīstības programma (2006–2010).

Liepājas nodarbinātības stratēģija (2005–2010).

Liepājas pilsētas veselības aprūpes pakalpojumu sniedzēju attīstības plāns (2007–2013).

Liepājas tūrisma attīstības stratēģija (2003–2010).

Vides rīcības programma Liepājai (2001–2010).

### ***Jūrmalas pilsētas attīstības plānošanas dokumenti***

Jūrmalas teritorijas plānojums 1995.–2007. gadam ar grozījumiem un papildinājumiem līdz 2009. gadam, I sējums (2007. gada maijs).

Jūrmalas vides politikas aizsardzības plāns, 1. redakcijas projekts (2000. gada decembris).

Jūrmalas pilsētas vides politikas rīcības programma, 2. redakcija (2004).

Jūrmalas transporta attīstības koncepcija (2000).

Jūrmalas pilsētas domes Ekonomikas un attīstības nodaļas nolikums.

Jūrmalas attīstības plāns – teritorijas plānojums (ģenerālplāns). II sējums – Jūrmalas pilsētas teritorijas izmantošanas un apbūves noteikumi (Būvnoteikumi).

Jūrmalas pilsētas teritorijas izmantošanas un apbūves noteikumi.

Jūrmalas pilsētas domes investīciju plāns 2007.–2010. gadam.

Jūrmalas pilsētas attīstības prioritātes laika posmā no 2007. līdz 2020. gadam.

Jūrmalas pilsētas Attīstības plāna (ģenerālplāna) grozījumu stratēģiskā ietekmes uz vidi novērtējuma Vides pārskats (2006).

### ***Ventspils pilsētas attīstības plānošanas dokumenti***

Ventspils attīstības stratēģija 2005.–2015. gadam.

Ventspils vides politikas plāns, 3. redakcija, līdz 2010. gadam.

Ventspils vides politikas plāns, 3. redakcija, līdz 2010. gadam – Rīcības programma.

Ventspils vides stāvokļa pārskats.

### ***Rēzeknes pilsētas attīstības plānošanas dokumenti***

Ekonomiskās attīstības stratēģija (2001–2010).

Rēzeknes pilsētas teritorijas plānojums līdz 2007. gadam.

## Summary

*A baseline review of urban sustainability was undertaken in six cities in Latvia, including the capital Riga, Daugavpils, Liepaja, Jurmala, Ventspils, and Rezekne. Development planning documents and development indicators and trends were assessed against the Aalborg Commitments. The assessment revealed significant discrepancies between the sustainability criteria of the Aalborg Commitments and development policy goals and measures defined in the municipal planning documents. Development goals provide cities with a weak orientation towards sustainability, whereas policy measures show limited coherence with development goals and the Aalborg Commitments. Only Riga, Liepaja and Ventspils have a limited number of sustainability indicators that can be used in part to measure progress towards sustainable development. Based on the available indicators, development in these cities is characterized by predominantly unsustainable trends. The cities investigated in this study do not use a systematic approach planning, implementation, and monitoring of sustainable development.*

**Keywords:** *Aalborg Commitments, baseline review of urban sustainability, sustainability, sustainability indicators, sustainable development.*



## Iedzīvotāju mobilitātes un sastāva izmaiņas Latvijas mazpilsētās *Specific Features of Population Changes and Mobility in Small Towns of Latvia*

**Māris Bērziņš**

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte,  
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010  
E-pasts: maris.berzins@lu.lv

Rakstā atspoguļota iedzīvotāju skaita dinamika apdzīvojumā, vērtējot urbanizācijas un iekšzemes migrācijas procesus Latvijā. Pētījuma mērķis bija izziņāt iedzīvotāju skaitliskā sastāva izmaiņu tendences Latvijas mazpilsētās, īpašu uzmanību pievēršot to ģenēzei 20. gadsimta gaitā un migrācijas rakstura pārmaiņām 21. gadsimta sākumā. Būtisku ietekmi mazo pilsētu attīstībā atstājusi padomju urbanizācija un tās radītās sekas apdzīvojuma sistēmā. Savukārt 21. gadsimta sākumam raksturīga paaugstināta sabiedrības mobilitāte, ko sekmē gan pārmaiņas ekonomikā, transporta un komunikāciju attīstībā, gan iedzīvotāju dzīvesveidā un telpiskajā izvietojumā. Iedzīvotāju dinamikas raksturošanai apdzīvojumā izmantoti statistikas dati par iedzīvotāju dabisko un mehānisko kustību dažādās Latvijas apdzīvotajās vietās, īpašu uzmanību veltot mazpilsētām. Veiktais pētījums mazo pilsētu grupā ļauj ieraudzīt atšķirīgas iedzīvotāju mobilitātes iezīmes un skaita izmaiņu tendences. Tas skaidrojams ar dažādiem urbanizācijas attīstības tempiem starp mazpilsētām un mūsdienās raksturīgajām iedzīvotāju kustības telpiskajām īpatnībām. Paaugstināta iedzīvotāju mobilitāte un skaitliskās izmaiņas raksturīgas Rīgas apkārtnē, kur vērojama suburbanizācijas attīstība.

**Atslēgvārdi:** mazpilsētas, iekšzemes migrācija, urbanizācija, apdzīvojums.

### Ievads

Iedzīvotāju mobilitāti raksturo demogrāfisko, sociāli ekonomisko, iedzīvotāju uzvedības un dzīves vides apstākļu kopums, kā arī šo faktoru savstarpējā mijiedarbība jebkurā apdzīvotā teritorijā. Migrācijas izpētē būtiska loma vienmēr atvēlēta urbanizācijas attīstībai aplūkotajā teritorijā. Zinātniskajā literatūrā plaši uzsvērts, ka pilsēttieces migrācijas plūsmas ievērojami pieauga vienlaikus ar demogrāfiska rakstura pārmaiņām un industrializāciju (*Zelinsky, 1977; Lewis, Rowland, 1979; Mendels, 1981*). Šādu migrācijas plūsmu virziens un motīvs saistīts ar ekonomisko attīstību, galvenokārt ražošanas procesu intensifikāciju jeb tehnoloģisko progresu (*Geyer, 1996*). Kopš 20. gadsimta 70. gadiem daudzviet pasaulē vērojama lielpilsētu iedzīvotāju skaita un arī pilsētu skaita pieauguma tempu samazināšanās, kas skaidrojama ar iedzīvotāju dekoncentrāciju (*Berry, 1976; Buursink, 1986*). Sākotnēji urbanizāciju aizstāj suburbanizācija, bet vēlāk jau kontrurbanizācija ar ievērojami atšķirīgām iedzīvotāju migrācijas iezīmēm. Starp tām dominējošās ir augstāki dzīves

standarti, dzīves vides pievilcība un mazāks iedzīvotāju blīvums. Zinātnieku vidū gan nav vienprātības par suburbanizācijas raksturu iedzīvotāju dekoncentrācijas vai dispersas koncentrācijas virzienā (*Champion, 2001*). Savukārt stadija starp urbanizāciju un kontrurbanizāciju tiek dēvēta arī par polarizēto dekoncentrāciju, kuras ietekmē aug zemāka līmeņa apdzīvojuma centri (vidējās un mazās pilsētas) lielpilsētu tuvumā (*Richardson, 1980*). Novērotais urbanizācijas stadiju secīgums tiek saprasts ar konceptu – diferenciālā urbanizācija (*Geyer, Kontuly, 1993*). Urbanizācijas procesa izpētē nozīmīga loma ir iedzīvotāju skaitlisko izmaiņu analīzei dažādos apdzīvojuma hierarhijas līmeņos jeb sakarībai starp apdzīvotās vietas lielumu (iedzīvotāju skaitu) un augšanas tempu galvenokārt migrācijas ietekmē. Pozitīva rādītāju attiecība norāda uz urbanizāciju, bet negatīva – uz iedzīvotāju dekoncentrāciju, visbeidzot arī uz kontrurbanizāciju (*Tisdale, 1942; Fielding, 1989*).

Analizējot iedzīvotāju migrācijas un urbanizācijas norises Latvijas teritorijā, jāņem vērā 20. gadsimta gaitā notikušās politiskās un sociāli ekonomiskās pārmaiņas, tostarp abu pasaules karu un padomju okupācijas radītās sekas. Jāuzsver, ka zinātniskajā literatūrā nepastāv vienots viedoklis par urbanizācijas stadijām starp sociālisma īstenotās centralizētas pārvaldes valstīm un ilgstoši tirgus ekonomikas apstākļos eksistējušajām Rietumvalstīm. Ungāru sociologs Georgijs Enjedi (*György Enyedi*) norāda, ka neatkarīgi no sociāli ekonomiskā un politiskā konteksta jebkurā valstī novērojama secīga urbanizācijas stadiju nomaīņa (*Enyedi, 1992*). To apliecina fakts, ka pat sociālisma pilsētplānošanas stratēģijas un plāni vairākkārtīgi tika atbilstoši mainīti vienlaikus ar pašu pilsētu sistēmu attīstību (*Musil, 2005*). Virknē pētījumu tomēr norādīts, ka būtiski atšķirīga ir centralizētās plānošanas ietekme uz urbanizācijas gaitu. Sevišķi spilgti tas izpaužas līdz ar sociālistiskās iekārtas izveidi un nostiprināšanu konkrētā valstī (*Szelenyi, 1996*). Saistībā ar Centrālās un Austrumu Eiropas, kā arī Latvijas pilsētu attīstību jāatzīmē būtiska sociālistiskās urbanizācijas iezīme – lauku urbanizācija (*under-urbanization*). Administratīvi regulēta un plānota zemāku apdzīvojuma hierarhijas līmeņu urbanizācija, kas saistīta ar sociālisma neefektīvās ekonomikas fenomenu. To raksturo mājokļu, pakalpojumu un dažādu preču deficīts un iedzīvotāju skaita pieauguma tempiem neatbilstoša sociālās infrastruktūras attīstība (*Konrad, Szelenyi, 1974; Kornai, 1992; Sjoberg, 1999*). Iznākumā, piemēram, lai veicinātu nepieciešamo preču ražošanu, tika izvērstas masveidīga tautsaimniecības intensifikācija, kam raksturīga darbaspēka ekstenšīva izmantošana, zema produktivitāte un darbaspēka izmitināšanas problēmas. Turklāt darbaspēka resursu pārdale ievērojami skāra lauku teritorijas. Kopš 20. gadsimta vidus laukos tiek veidoti blīvi apdzīvoti daudzdzīvokļu ēku ciemati (*Pallot, 1979; Buka, Volrāts, 1987*). Galvenais lauku urbanizācijas mērķis ir kāpināt lauksaimnieciskās un rūpnieciskās ražošanas tempus, veidojot pakārtotus attīstības centrus. Daļa iedzīvotāju migrācijas plūsmu virzienā uz lielpilsētām tiek novirzīta uz zemāka līmeņa apdzīvojuma centriem – mazpilsētām, pilsētciamiem un perspektīvajiem lauku centriem. Veidojas jauns apdzīvojuma veids ar pilsētvidei raksturīgām iezīmēm lauksaimniecības teritorijās (*Aberg, 2005*). Raksturīgi, ka lauku urbanizācija nodrošināja arī savdabīgu aglomerāciju veidošanās modeli un suburbanizāciju, turklāt ievērojami atšķirīgā veidā, nekā tas norisinājās tirgus ekonomikas apstākļos Rietumvalstīs (*Ekler et al., 1980; Szelenyi, 1996; Tammaru, 2002*).

Aplūkotās urbanizācijas iezīmes veido darba teorētisko pamatu un norāda uz pilsētu attīstības savstarpējo saikni ar iedzīvotāju migrācijas norisēm. Pētījuma mērķis ir izziņāt iedzīvotāju dinamikas tendences Latvijas mazajās pilsētās, īpašu uzmanību pievēršot to ģenēzei 20. gadsimta gaitā un pārmaiņām gadsimtu mijā. Aptuveni puse mūsdienu Latvijas mazpilsētu izveidojušās padomju perioda īstenotās urbanizācijas iznākumā. Iedzīvotāju dinamikas raksturošanai apdzīvojumā izmantoti statistikas dati par iedzīvotāju dabisko un mehānisko kustību dažādās Latvijas apdzīvotajās vietās.

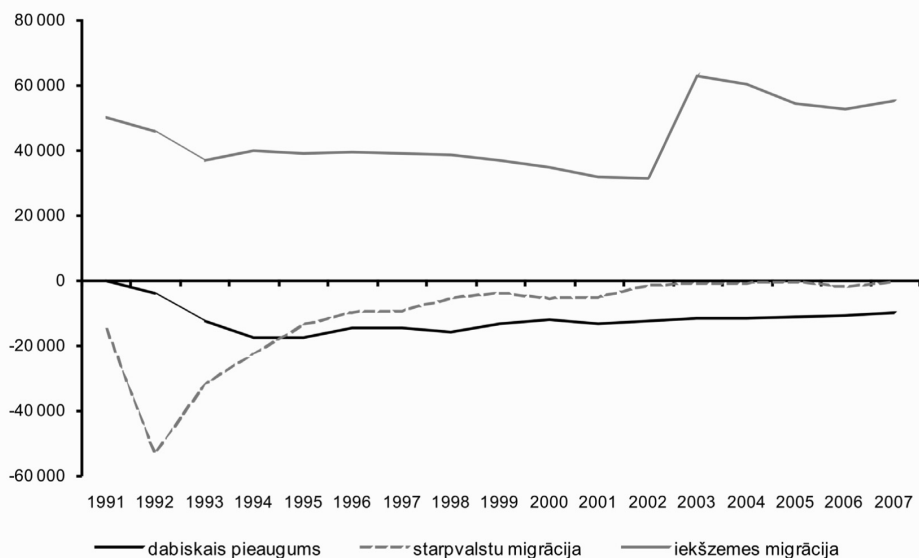
## Pētījuma dati

Rakstā aplūkotas iedzīvotāju skaita un izvietojuma izmaiņas apdzīvojumā, izvērtējot iekšējās migrācijas procesus valstī. Pētījumam nepieciešamie dati iegūti no LR Centrālās statistikas pārvaldes (CSP) apkopotajiem tautas skaitīšanu, ikgadējo demogrāfisko rādītāju uzskaites rezultātiem un nublicētajiem materiāliem par iedzīvotāju dzīvesvietas maiņu pilsētu un rajonu griezumā visā valstī laika periodā no 2003. līdz 2007. gadam ieskaitot. Vērtējot iekšējās migrācijas apjomus šajā periodā kopumā, savu pastāvīgo dzīvesvietu ik gadu, neskaitot dzīvesvietas maiņu vienas administratīvi teritoriālās vienības robežās, mainījuši 52 līdz pat 63 tūkstoši iedzīvotāju, kas veido līdz pat 2,7% no kopējā valsts iedzīvotāju skaita. Izvēlētais laika periods raksturo būtiskas izmaiņas iekšējās migrācijas apjomos, jo kopš 2003. gada tika ieviests Dzīvesvietas deklarēšanas likums. Minētais likums aizstāja līdz tam pastāvošo iedzīvotāju reģistrācijas sistēmu, kas tika ieviesta padomju periodā. Iedzīvotāju reģistra sistēmas nepilnības iedzīvotāju migrācijas datu uzskaitē, veicot šāda veida pētījumus, norādītas arī citu autoru darbos (*Katus et al.*, 1997; *Sjoberg, Tammaru*, 1999). Jaunā dzīvesvietas deklarēšanas sistēma ir sekmējusi iedzīvotāju dzīvesvietas maiņas datu uzskaiti. To apliecina arī iekšējā migrācijā iesaistījušos iedzīvotāju skaita pieaugums pēdējos gados, jo kopš Dzīvesvietas deklarēšanas likuma stāšanās spēkā (2003. gada 1. jūlijā) gandrīz divas reizes pieaudzis iedzīvotāju pastāvīgās dzīvesvietas maiņu skaits (1. att.). Jāpiebilst, ka daļēji deklarēšanas apjomu pieaugums skaidrojams ar iepriekšējos gados notikušo dzīvesvietas maiņu reģistrāciju (Krišjāne u. c., 2007). Kopumā pēdējo 16 gadu laikā valsts robežās dzīvesvietu mainījuši gandrīz 700 tūkstoši iedzīvotāju.

Kopš neatkarības atgūšanas iedzīvotāju kustību Latvijā raksturo negatīvs dabiskais pieaugums, savukārt migrācijā noteicošā ir iedzīvotāju pārvietošanās valsts robežās. Starpvalstu migrācijā iesaistīto iedzīvotāju skaits kopš 90. gadu vidus ir krietni sarucis. Turklāt statistikas dati nepilnīgi atspoguļo iedzīvotāju emigrāciju pēc Latvijas pievienošanās Eiropas Savienībai.

Precīzu novērtējumu par izmaiņām migrācijas datu uzskaitē būs iespējams gūt, salīdzinot abu iedzīvotāju reģistra sistēmu datus ilgstošākā laika periodā. Salīdzinājumam aplūkojot iekšējās migrācijas norises padomju periodā, jāsecina, ka Latvijas teritorijā 20. gadsimta 60. un 70. gadu mijā iekšējā migrācija aptvēra gandrīz 93 tūkstošus cilvēku jeb aptuveni 4% no visas republikas konkrētā laikposma iedzīvotāju kopskaita (*Ball and Demko*, 1978).

Datu analīzē jāņem vērā arī statistiskās uzskaites nepilnību ģeogrāfiskais aspekts, jo teritoriālā statistika tiek veidota atbilstoši administratīvajam dalījumam,



Avots: Demogrāfija, 2007.

**1. att. Iedzīvotāju skaita izmaiņas raksturojošie rādītāji Latvijā, 1991–2007**  
*Components of population dynamics in Latvia, 1991–2007*

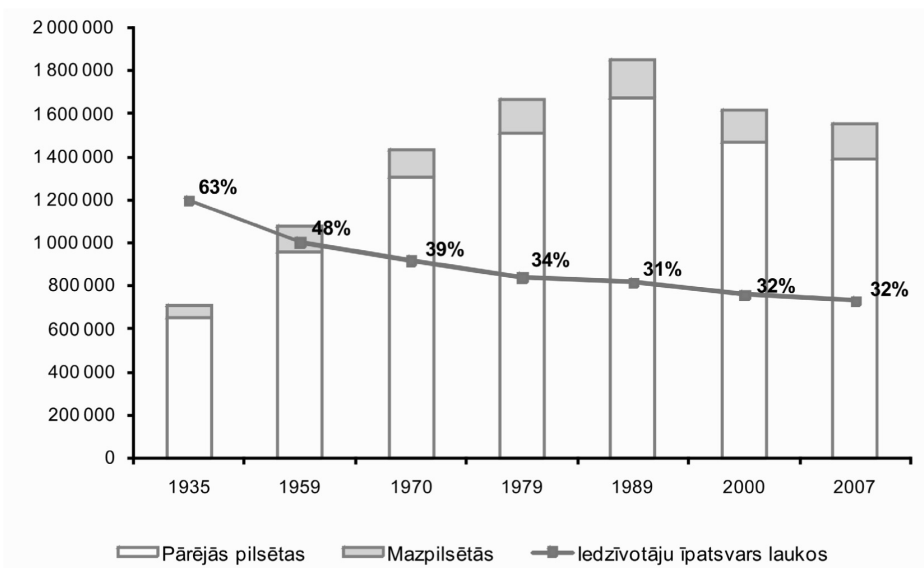
kur sīkākā telpas vienība ir vietējo pašvaldību līmenī. Līdz ar reģionālās reformas gaitu, kad zemākā administratīvā vienība ir novads, savukārt pagasti un pilsētas, kas veido šo novadu, vairs nav atsevišķas administratīvās teritorijas, veidojas situācija, ka novadu veidojošās apdzīvotās vietas ir tikai apdzīvotās vietas, bet ne teritoriālās statistikas vienības. Tas pats ir attiecināms arī uz pilsētām ar lauku teritoriju. Šo jautājumu analizējuši daudzi pētnieki (Vanags, Vilka, 2005; Vaidere u. c., 2006). Turklāt no iekšējās migrācijas plūsmu viedokļa šāda statistisko datu uzskaitē nenodrošina konkrētu administratīvo teritoriju un iedzīvotāju iedalījumu atkarībā no apdzīvotās vietas tipa – pilsēta vai lauki, kas ir visai principiāli iekšējās migrācijas datu analizē. Minētās pilsētu un lauku šķirknes aspekts, aplūkojot urbanizācijas gaitu, jo īpaši padomju periodā, bieži vien ticis administratīvi regulēts, piemēram, mainot apdzīvoto vietu statusu vai arī pilsētām pievienojot lauku teritorijas. Šā iemesla dēļ jāņem vērā ne tikai iedzīvotāju dabiskā pieauguma tempi un migrācijas izraisītās pārmaiņas apdzīvojumā, bet arī administratīvais teritoriju regulējums, kas nosaka apdzīvojuma sistēmas elementu teritoriālās robežas.

## Urbanizācijas raksturojums Latvijā

Latvijas apdzīvojuma struktūrai raksturīga izteikta galvaspilsētas Rīgas dominante, no vienas puses, un daudzas, dažādos laika posmos veidojušās mazās pilsētas, no otras puses (Pūriņš, red., 1975; Krišjāne, 2001). Nozīmīga loma pilsētās notikušajam iedzīvotāju skaita un sastāva izmaiņām ir migrācijas procesiem. Pētot

Latvijas mazpilsētu attīstību, jāievēro gan vēsturiskais laika posms, kad pilsēta sākusi veidoties un ieguvusi pilsētas tiesības, gan atšķirīgā pilsētu funkcionālā nozīme, kas konkrētā laikā dažādām apdzīvotajām vietām bijusi raksturīga. Šajā rakstā nav analizēta mazo pilsētu funkcionālā nozīme un tipoloģija, jo pastāv virkne dažādu pieeju pilsētu tipoloģijas skaidrošanā. Nepastāv universālas pieejas, turklāt tās vēsturiski mainās līdzīgi kā pašas pilsētas. Pilsētu tipoloģijā un klasifikācijā visplašāk par kritērijiem izmanto pilsētu lielumu (iedzīvotāju skaitu), pilsētas funkcijas un pārvaldes formu jeb administratīvo statusu (*Harold, 1995; Pacione, 2001; Šķiņķis, Stankeviča, 1999; Turlajs, Milliņš, 1998*). Urbanizācijas izpētes gaitā jāatzīst, ka Latvijas mazpilsētas vienmēr pildījušas vietējo administratīvo, ekonomisko un pakalpojumu centru funkcijas līdztekus esošajām lauku teritorijām un to iedzīvotājiem. Šāda nostāja tiek attiecināta lielākoties uz visu Centrālās un Austrumu Eiropas mazpilsētu tīklu (*Hamilton, ed., 2005*). Pētot mazpilsētu vēsturisko attīstību Centrālās un Austrumu Eiropas valstīs, tiek izdalīti pieci attīstības posmi, sākot ar mūsu ēras 11. un 12. gadsimtu līdz pat 20. gadsimta beigām (*Pounds, 1960; Tammaru, 2001; Nefedova, Treivysh, 2003*). Latvijas teritorijā pilsētu izvietojums pirmām kārtām saistīts ar iedzīvotāju koncentrēšanos pie senajiem pilskalniem, kas galvenokārt atradās pie nozīmīgiem transporta ceļiem. Šāda apdzīvojamā struktūra nostiprinājās 12. gadsimtā. No 16. līdz 19. gadsimtam pilsētas veidojās ap muižām un pilīm (*Turlajs, Milliņš, 1998; Bleiere u. c., 2005*). Latvijā un citās Austrumeiropas valstīs šāda pilsētu attīstība bija raksturīga līdz pat 19. gadsimta vidum. Aplūkotajā periodā sāka veidoties mūsdienu pilsētu tīkls, taču vēl nevar runāt par urbanizāciju tās tradicionālajā izpratnē – pilsētu un pilsētnieku īpatsvara pieaugumu valstī. Kopš 19. gadsimta vidus demogrāfisko pārmaiņu un industrializācijas ietekmē ievērojami pieaug iedzīvotāju skaits pilsētās. Vienlaikus ar dzimtbūšanas atcelšanu (1861) un pārvietošanās brīvību sākās iekšējās migrācijas procesi. Tā, piemēram, no 1863. līdz 1897. gadam divkārt pieauga pilsētu iedzīvotāju skaits Latvijā. Iekšējo migrāciju, pilsētu iedzīvotāju skaita pieaugumu un industrializāciju veicināja arī straujā dzelzceļa attīstība Latvijas teritorijā. Līdzīgi urbanizācijas pirmsākumu procesi raksturoti arī citu bijušās PSRS telpas pētnieku darbos (*Tammaru, 2003; Nefedova, Treivish, 2003*). Latvijas valstiskās neatkarības posmam, no 1918. līdz 1940. gadam, raksturīga urbanizācijas tempu samazināšanās un stabilizācija. Paplašinās pilsētu tīkls, un 20.–30. gados pilsētas tiesības iegūst apdzīvotās vietas, kas izauga iepriekšējā periodā. Latvijas pilsētu tīklu veido 60 pilsētas, no kurām aptuveni puse ir mazpilsētas. Literatūrā norādīts, ka, neraugoties uz pilsētu skaita pieaugumu šajā periodā, Centrālās un Austrumu Eiropas valstis joprojām uzskatāmas par agrārām valstīm ar lielu lauku iedzīvotāju īpatsvaru. Tas savukārt radījis priekšnoteikumu urbanizācijas lielajiem apmēriem sociālisma periodā (*Enyedi, 1996; Musil, 2005*). Ceturtais pilsētu attīstības periods aizsākas līdz ar padomju okupāciju pēc Otrā pasaules kara un ievieš būtiskas pārmaiņas apdzīvojamā struktūrā. Kopš 20. gadsimta 50. gadiem sākas straujš pilsētu iedzīvotāju skaita pieaugums, galvenokārt vienlaikus ar rūpniecības un lauksaimniecības ražotņu teritoriālo pārdislokāciju. Dažādi centralizētās pārvaldes un tautsaimniecības lēmumi, gan ierobežojot lielo pilsētu augšanu, gan attīstot lielpaneļu mājokļu celtniecību, gan nosakot atšķirīgas prioritātes lauku un pilsētu attīstībai, nodrošina mazo pilsētu izaugsmi (*Chorev, 1975; Pallot, 1979*). Padomju periodā izaugušās apdzīvotās vietas

ar pilsētas struktūru un lielāku nelauksaimnieciskajā sektorā nodarbināto īpatsvaru dēvēja par pilsētciematiem. 1989. gadā Latvijas urbāno sistēmu raksturoja 93 pilsētu tipa apdzīvotās vietas (56 pilsētas un 37 pilsētciemati) (Krišjāne, 2001). Aplūkotajam periodam raksturīga bezprecedenta urbanizācija, jo īpaši pirmajās desmitgadēs pēc padomju varas nostiprināšanās (2. att.). Formāli pilsētas tiesības šajā laikā ieguva tikai viena no mūsdienu mazajām pilsētām – Viļaka.



Avots: Demogrāfija, 2007.

## 2. att. Pilsētu un lauku iedzīvotāju skaita iedalījums Latvijā, 1935–2007

### *Population dynamics and urbanisation in Latvia, 1935–2007*

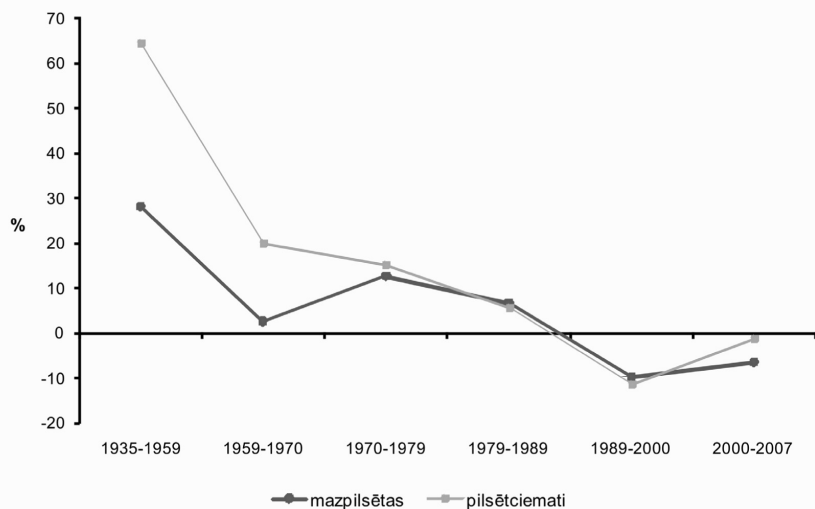
Iedzīvotāju īpatsvars pilsētās padomju okupācijas perioda beigās sasniedza pat 70%. Savukārt kopš 20. gadsimta vidus mazpilsētās dzīvo vidēji 8 līdz 10% no visiem pilsētu iedzīvotājiem. Padomju urbanizācijas specifiskās iezīmes bija ievērojama ārējās migrācijas ietekme pilsētnieku skaita pieaugumā un lauku urbanizācija, veidojot pilsētciematus. Raksturīgs piemērs šādai urbanizācijas attīstības gaitai ir Rīgas aglomerācijas veidošanās 20. gadsimta 70. gados. Savukārt kopš neatkarības atgūšanas Latvijas apdzīvotuma attīstībā joprojām turpinās izteikta iedzīvotāju koncentrēšanās Rīgas aglomerācijā. To galvenokārt sekmē iekšzemes migrācijas plūsmas un negatīvais dabiskais pieaugums caurmērā visā valstī. Rīgas aglomerācijas ietvaros savukārt novērojama izteikta suburbanizācija un strauja piepilsētas urbānās telpas attīstība, iedzīvotājiem pamatot galvaspilsētu.

## Latvijas mazo pilsētu attīstības iezīmes

Rakstā aplūkotās Latvijas mazās pilsētas sastāva un iedalījuma ziņā var atšķirties no citu autoru pētījumiem. Kopš neatkarības atjaunošanas Latvijā ir 77 pilsētas, no tām septiņas ir republikas pilsētas un 70 rajonu pilsētas. Rajonu pilsētas tiek



tendence: iedzīvotāju centrīces plūsmas Rīgas virzienā un aglomerācijas veidošanās ap galvaspilsētu. Migrācijas dēļ laika posmā no 1935. līdz 1959. gadam ievērojami pieauga iedzīvotāju skaits pilsētās un jo īpaši pilsētciematos (4. att.). Šajā periodā Latvijas teritorijā bija arī viens no lielākajiem starpvalstu ilgtermiņa migrācijas saldo rādītājiem. Visā periodā valsts iedzīvotāju skaits bija pieaudzis par vairāk nekā 180 tūkstošiem cilvēku jeb vidēji gadā par 18 tūkstošiem. Turklāt līdz pat 20. gadsimta 80. gadu beigām ārējās migrācijas pieaugums pārsniedza iedzīvotāju dabisko pieaugumu Latvijas teritorijā (Krūmiņš, 2004). Kopš valstiskās neatkarības atjaunošanas starpvalstu migrācijas saldo un dabiskā pieauguma rādītāji ik gadu ir bijuši negatīvi. Nelabvēlīgas demogrāfiskās situācijas (depopulācija) iznākums ir iedzīvotāju kopējā skaita samazināšanās visā valsts teritorijā neatkarīgi no apdzīvotās vietas tipa (Zvidriņš, 2004). Tādējādi daudz nozīmīgāka ir kļuvusi iekšējās migrācijas ietekme saistībā ar iedzīvotāju izvietojumu valstī. Dažos gados (2003. un 2004.) valsts iekšējās migrācijas ietekme ir bijusi pat piecas reizes lielāka nekā iedzīvotāju dabiskās kustības rādītāji (Zvidriņš, 2004; Ušackis, 2005). Būtiski ārējās un iekšējās migrācijas rādītāju atšķirības pieaugušas pēdējo piecu gadu laikā, palielinoties iekšzemes migrācijas īpatsvaram un samazinoties starpvalstu migrācijas saldo. Tādējādi, analizējot 21. gadsimta migrācijas procesus, nelielā starpvalstu migrācijas saldo dēļ šī migrantu grupa pētījumā netiek aplūkota.



Avots: Demogrāfija, 2007.

#### 4.att. Iedzīvotāju skaita dinamika Latvijas mazajās pilsētās, 1935–2007

##### *Rates of population growth in small towns of Latvia, 1935–2007*

Iedzīvotāju skaita dinamikas analīze abu mazpilsētu grupā apstiprina ievērojamas atšķirības, jo īpaši iepriekš minētajā laika posmā, uzreiz pēc padomju varas nostiprināšanās. Attēlā redzams, ka pirmspadomju mazpilsētu grupā iedzīvotāju skaita pieauguma tempi bija ievērojami mazāki. Kopš 20. gadsimta 70. gadiem iedzīvotāju skaita dinamikas rādītāji abās grupās izlīdzinās un vērojamas kopīgas



iezīmes. Kopš 90. gadu otrās puses migrācija ir veicinājusi iedzīvotāju skaita samazināšanos mazpilsētās (4. att.).

Iedzīvotāju skaita samazināšanās mazajās pilsētās norisinājās ar zemāku intensitāti nekā lielajās pilsētās. Mazās pilsētas lielākoties piesaista reģiona un tuvākās apkārtnes iekšējās cilvēku plūsmas, kas no visām migrācijas plūsmām veido aptuveni 40%. Turklāt migrācijas pieaugums būtu vēl lielāks, ja nebūtu negatīvs migrācijas saldo mazajām pilsētām salīdzinājumā ar republikas pilsētām un rajonu centriem (Krišjāne, Bauls, 2005).

Iedzīvotāju skaitliskā sastāva izmaiņu analīze uzskatāmi parāda specifiskās padomju urbanizācijas iezīmes, kas ļauj nodalīt padomju perioda pilsētciematus no pirmspadomju mazpilsētām. Mazo pilsētu iedzīvotāju skaita dinamikā laika intervālā kopš neatkarības atjaunošanas līdz pat 2007. gadam saglabājas atšķirības, kas radušās to vēsturiskās attīstības gaitā. Tā, piemēram, pirmspadomju perioda mazpilsētas kopumā un katra atsevišķi zaudējušas iedzīvotāju skaitu. Savukārt agrākie pilsētciemati kopumā saglabājuši iedzīvotāju skaitu nemainīgu. Te gan jāpiemin ģeogrāfiskas likumsakarības, jo šādu iedzīvotāju skaita dinamiku izdevies saglabāt, pateicoties Rīgas aglomerācijā ietilpstošajām mazajām pilsētām – pilsētciematiem.

## Iekšzemes migrācijas datu analīze

Iekšzemes migrācijas īpatsvars, kā jau tas rakstā tika iepriekš norādīts, kopējā migrācijas apjomā ir ļoti liels. Piemēram, 2003. gadā tas veidoja pat 97% no reģistrētās migrācijas kopapjoma (Zobena, red., 2005; Bauls, Krišjāne, 2005). Šajā raksta sadaļā analizētas iekšējās migrācijas plūsmas, to apjomi un ģeogrāfiskās atšķirības, kā arī ietekme uz apdzīvojuma sistēmu. 2003. gadā vienlaikus ar dzīvesvietas deklarēšanas sistēmas pilnveidi sasniegts maksimālais iekšējā migrācijā iesaistīto iedzīvotāju skaits kopš neatkarības atgūšanas – aptuveni 63 tūkstoši, kas tobrīd bija 2,7% no kopējā iedzīvotāju skaita valstī. Migrācijas plūsmu un apjomu analīzē nozīmīgs ir virziens, kas raksturo ne tikai iedzīvotāju teritoriālo izvietojumu, bet arī urbanizācijas stadijas (1. tab.).

1. tabula

Iekšzemes migrācijas plūsmu vidējie rādītāji (%) Latvijā

*Average migration flows in Latvia, %*

Migrācijas plūsmas	1968–1970	1998–2002	2003–2007
pilsētas → pilsētas	28	31	38
pilsētas → lauki	17	30	35
lauki → pilsētas	28	28	17
lauki → lauki	27	11	10

Avots: CSP neregulārie dati; Ball, Demko, 1978; Krišjāne, Bauls, 2007.

Salīdzinot padomju perioda iekšzemes migrācijas iezīmes ar mūsdienās novērotajām, ievērojami pieaugušas migrācijas plūsmas virzienā no pilsētām uz laukiem, kas parāda izmaiņas urbanizācijas stadijās. Savukārt pilsētietieces migrācijas plūsmas ir sarukušas, sevišķi pēdējos piecos gados. Pieaudzis arī plūsmu apjoms

starp pilsētām, bet sarucis starp lauku apdzīvotajām vietām (1. tab.). Nākamajā tabulā migrācijas procesi aplūkoti Latvijas apdzīvojuma sistēmas ietvaros 21. gadsimta sākumā.

2. tabula

**Iekšzemes migrācijas vidējie rādītāji Latvijas apdzīvojumā, 2003–2007**

*Internal migration by settlement type in Latvia, average data, 2003–2007*

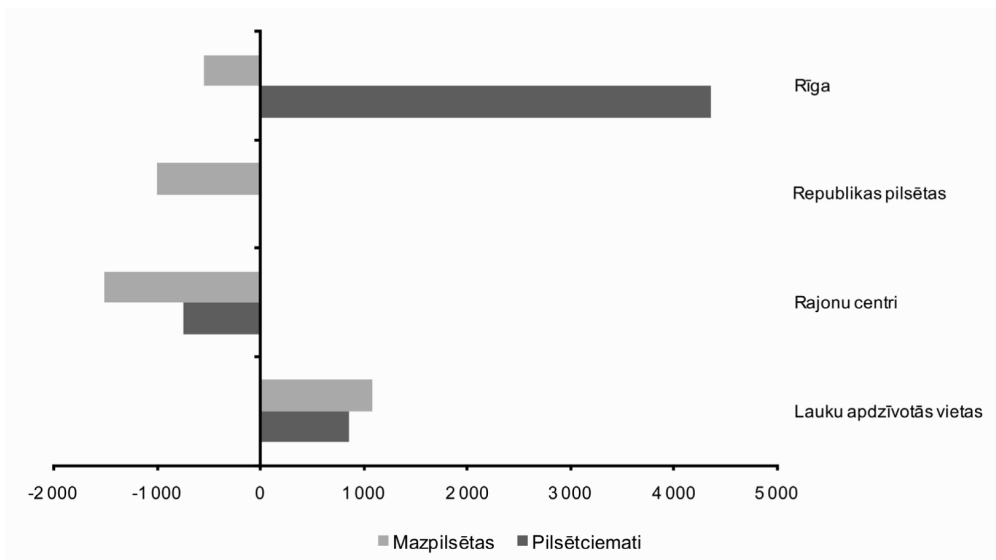
Apdzīvojums	Iedzīvotāju īpatsvars	Migrācijas apgrozījums	Migrācijas saldo	Migrācijas intensitāte
	%	Tūkst. iedz.	Tūkst. iedz.	%
Rīga	31,7	20,5	- 2,9	2,8
Republikas pilsētas	17,3	14,4	1,4	3,6
Rajonu centri	11,6	15,1	2,8	5,6
Rajonu pilsētas, t. s.	8,5	11,1	0,5	5,7
mazpilsētas <sup>1</sup>	4,1	5,3	- 0,4	5,6
pilsētciemati <sup>1</sup>	4,4	5,8	0,9	5,7
Lauku apdzīvotās vietas	30,9	39,7	- 1,8	5,6

<sup>1</sup> kopā ar lauku teritoriju vai novada robežās.

Avots: CSP npublicētie dati; Demogrāfija, 2007.

Visintensīvāk iekšzemes migrācija norisinās lauku apdzīvotajās vietās. Gandrīz 40% iekšzemes migrācijas plūsmu saistītas ar lauku apdzīvotajām vietām, kurās dzīvo 31% no visiem valsts iedzīvotājiem (2. tab.). Savukārt ar Rīgu saistīta tikai piektā daļa visa iekšzemes migrācijas apjoma. Turklāt Rīga, tāpat kā lauku apdzīvotās vietas un pirmspadomju mazpilsētas, iekšējās migrācijas dēļ zaudē iedzīvotājus. Pozitīvs migrācijas saldo ir pārējām republikas pilsētām un rajonu centriem, kā arī pilsētciematiem. Kopumā 11% migrācijas plūsmu saistītas ar mazpilsētām, no kurām nedaudz lielāks īpatsvars ir pilsētciematiem (2. tab.). Visvairāk iedzīvotāju valsts iekšējās migrācijas dēļ zaudējušas lauku apdzīvotās vietas. Turpretī iedzīvotāju skaitu iekšējās migrācijas dēļ visvairāk papildinājuši rajonu centri un republikas pilsētas. Migrācijas intensitāte atspoguļo pārvietošanās procesos iesaistīto iedzīvotāju īpatsvaru kopējā iedzīvotāju skaitā katrā apdzīvojuma grupā. Visaugstākā migrācijas intensitāte ir rajonu centriem un mazpilsētām, bet viszemākā – Rīgai.

Analizējot iekšzemes migrācijas apjomus pētījumā aplūkoto mazo pilsētu dalījuma ietvaros, parādās vairākas atšķirības starp abām mazpilsētu grupām. Pirmspadomju mazpilsētām vislielākie migrācijas apjomi (38%) saistīti ar lauku apdzīvotajām vietām, savukārt agrāko pilsētciematu grupā vislielākie tie ir iedzīvotāju apmaiņā ar Rīgu (36%). Ar lauku apdzīvotajām vietām saistīti 27% migrācijas. Turklāt Rīga dažādā apjomā saistīta ar visu Latvijas mazpilsētu migrācijas plūsmām. Rīgas rajona lauku teritorijas savukārt dominē starp lauku migrācijas plūsmām. Kopumā tas norāda uz aktīviem ilgtermiņa pārvietošanās procesiem Rīgas aglomerācijā. Ievērojami atšķirīga situācija ir arī migrācijas plūsmās starp mazpilsētām un pārējām pilsētām. Pilsētciematu grupā tikai 3% migrācijas plūsmu saistītas ar republikas pilsētām. Gandrīz piecas reizes lielākā apjomā (14%) iedzīvotāju apmaiņa notiek ar rajonu centriem.



Avots: CSP nepublicētie dati.

**5. att. Mazpilsētu grupu iekšzemes migrācijas saldo salīdzinājumā ar citām apdzīvotajām vietām, 2003–2007**

*Net migration within groups of small towns with other populated areas, 2003–2007*

Aplūkojot iekšējās migrācijas saldo rādītājus, mazpilsētu grupu iedzīvotājiem apmainoties ar citu apdzīvoto vietu iedzīvotājiem, uzskatāmi redzamas atšķirības starp abām mazo pilsētu grupām. Pirmspadomju mazpilsētas zaudē iedzīvotājus apmaiņā ar visām apdzīvoto vietu grupām, izņemot lauku apdzīvotās vietas. Savukārt pilsētciematu grupā tikai apmaiņā ar rajonu centriem ir negatīvs migrācijas saldo rādītājs. Apjomu ziņā visvairāk iedzīvotājus pilsētciemati iegūst no Rīgas. Tieši galvaspilsētas ietekme un tuvums nosaka būtiskākās migrācijas procesu ģeogrāfiskās atšķirības starp mazpilsētām. Reģionālā griezumā iekšzemes migrācijas saldo rādītāji mazajās pilsētās apstiprina apdzīvoto vietu izvietojuma teritoriālās īpatnības Latvijā, kas tiek raksturotas ar iedzīvotāju skaita pieaugumu valsts centrālajā daļā – Rīgas aglomerācijā. Iekšzemes migrācijas ietekmē pozitīvs saldo iedzīvotāju apmaiņā ar galvaspilsētas iemītniekiem ir pilsētciematu grupā, jo vairums šo pilsētu atrodas Pierīgā. Lielākos pieauguma apjomus nodrošinājušas Rīgas aglomerācijā esošās mazās pilsētas – agrākie pilsētciemati (Baloži, Ikšķile, Baldone, Saulkrasti, Lielvārde, Ķegums, Vangaži). Turpretī pārējos Latvijas reģionos mazās pilsētās iekšzemes migrācijas dēļ iedzīvotājus ir zaudējušas. Šādu reģionu vidū izceļas Kurzemes un Vidzemes reģionu mazās pilsētas. Te gan jāpiebilst, ka šajos reģionos atrodas ievērojami vairāk mazo pilsētu nekā Latgales un Zemgales reģionā, kas arī ir zaudējuši iedzīvotājus mazpilsētu grupā.

## Diskusija un secinājumi

Vērtējot Latvijas mazpilsētu attīstību urbanizācijas aspektā, pamatoti izdalāmas divas raksturīgas mazpilsētu grupas: padomju periodā vēsturiski ilgākā laika periodā izveidojušās mazpilsētas un padomju urbanizācijas dēļ kā pilsētciemati izaugušās un pēc neatkarības atgūšanas pilsētas tiesības ieguvušās mazpilsētas. Mazo pilsētu ģenēzē abi periodi ir ievērojami atšķirīgi, lai gan abos attīstības posmos nozīmīga loma bijusi migrācijas procesiem. To apstiprina arī relatīvi jaunākās tendences iekšējās migrācijas procesos starp aplūkotajām mazpilsētu grupām. Mūsdienās iekšzemes migrācija ir būtiskākais iedzīvotāju skaita un izvietojuma pārmaiņu rādītājs apdzīvojumā. Mazpilsētu izpētē migrācijas apjomu un plūsmu analīze apstiprina Latvijai raksturīgās likumsakarības iedzīvotāju izvietojumā un skaitliskajās izmaiņās. Tās ir iedzīvotāju koncentrēšanās valsts centrālajā daļā gan starpreģionu migrācijas plūsmu dēļ, gan suburbanizācijas tempu pieauguma dēļ, iedzīvotājiem pamatot Rīgu. Galvaspilsētā un tās apkārtnē ir vairāk nekā citos valsts reģionos pieejami dažnedažādi resursi, un tāpēc ir izveidojusies daudzveidīgāka nozaru struktūra ar attiecīgi lielāku darbaspēka pieprasījumu un iespējām to efektīvāk izmantot. Tāpēc liela daļa iedzīvotāju, sevišķi tie, kas Rīgā ieradušies izglītoties, atrod iegūtajai izglītībai atbilstošu darbu un neatgriežas dzimtajās vietās, īpaši, ja tās ir attālākos reģionos. Ilgstošās iekšējās migrācijas centrīces plūsmas mūsdienās ir pamats nodarbinātības iespēju, izglītošanās, kultūras un dzīves apstākļu atšķirībām starp Rīgu, tās apkārtni un pārējo valsts teritoriju gan mazpilsētu, gan pārējo pilsētu skatījumā.

## Pateicība

Pētījums veikts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu (*Līguma Nr. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0001/0001/0063*).

## Izmantotie informācijas avoti

- Aberg, M. (2005) *Baltic Orientations: Globalisation, Regionalisation, or EU-isation*. In: Hamilton, F. E. I. (ed.) *Transformation of Cities in Central and Eastern Europe: Towards Globalization*. Tokyo : United Nations University Press, p. 399–428.
- Ball, B., Demko, J. G. (1978) *Internal Migration in the Soviet Union*. *Economic Geography*, 54 (2), 95–114.
- Berry, B. J. L. (ed.) (1976) *Urbanization and Counterurbanization*. Beverly Hills : Sage Publications.
- Bleiere, D. u. c. (2005) *Latvijas vēsture. 20. gadsimts*. Rīga : Jumava, 488 lpp.
- Buka, O., Volrāts, U. (1987) *Pilsētībūvniecība*. Rīga : Zvaigzne, 252 lpp.
- Buursink, J. (1986) *Economic Urbanization and Desuburbanization within the Dutch Settlement Continuum*. In: Borchert, J., Bourne, L., Sinclair, R. (eds.) *Urban Systems in Transition. Netherlands, Geographical Studies № 16*. Utrecht : Department of Geographical Studies, Department of Geography, University of Utrecht, p. 206–221.
- Champion, T. (2001) *Urbanization, Suburbanization, Counterurbanization and Reurbanization*. In: Paddison, R. (ed.) *Handbook of Urban Studies*. London : Sage Publications, p. 143–161.

- Chorev, C. B. (1975) *Problemy gorodov : urbanizacija i edinaja sistema rasselenija v SSSR*. Moskva : Nauka. 427 p.
- Demogrāfija. (2007) *Demogrāfijas gadagrāmata*. Rīga : LR Centrālā statistikas pārvalde (CSP). 130 lpp.
- Enyedi, G. (1992) Urbanisation in East Central Europe: Social Processes and Societal Responses in the State Socialist Systems. *Urban Studies*, 29 (6), 869–880.
- Ekler, D., Hegedus, J., Tosics, I. (1980) *The Socio-Spatial Relations of City Development. On the Example of Budapest*. Budapest : Mimeo.
- Fielding, A. (1989) Interregional Migration and Social Change of the Study of South-East England Based upon Data from the Longitudinal Study. *Transactions of the Institute of the British Geographers*, 14, 24–36.
- Geyer, H. S., Kontuly, T. M. (1993) A Theoretical Foundation for the Concept of Differential Urbanization. In: Hansen, N., Button, J. K., Nijkamp, P. (eds.) *Modern Classics in Regional Science: Regional Policy and Regional Integration*, vol. 6. Cheltenham : Edward Elgar.
- Geyer, H. S. (1996) Expanding the Theoretical Foundation of Differential Urbanization. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 87, 44–59.
- Harold, C. (1995) *The Study of Urban Geography*. IV ed. Arnold, 420 p.
- Hamilton, F. E. I. (ed.) (2005) *Transformation of Cities in Central and Eastern Europe: Towards Globalization*. Tokyo : United Nations University Press. 500 p.
- Iltner, A. (red.) (2001–2002) *Latvijas pagasti: pagasti, novadi, pilsētu un novadu lauku teritorijas: enciklopēdija*. 2 sēj., Rīga : Preses nams.
- Katus, K., Puur, A., Sakkeus, L. (1997) Population Data and Reorganisation of Statistical System: Case of Estonia. *Trames*, 3 (1), 171–189.
- Konrad, G., Szelenyi, I. (1974) Social Conflicts and Urbanization. In: Brown, A., Licasi, J. (eds.) *Urban and Social Economics in Market and Planned Economies: Policy, Planning, and Development*. New York : Praeger, 206–226.
- Kornai, J. (1992) *The Socialist System: the Political Economy of Communism*. New York : Oxford University Press, 672 p.
- Krišjāne, Z. (2001) Jaunas iezīmes Latvijas mazo pilsētu attīstībā. *Ģeogrāfiski Raksti*, IX, 33–40. lpp.
- Krišjāne, Z., Bauls, A. (2005) Migrācijas reģionālās iezīmes Latvijā. Demogrāfiskā situācija šodien un rīt. Stratēģiskās analīzes komisija. *Zinātniski pētnieciskie raksti*, 3 (4), 130–149. lpp.
- Krišjāne, Z., Bauls, A. (2007) Migrācijas plūsmu reģionālās iezīmes Latvijā. Paaudžu nomaiņa un migrācija Latvijā. Stratēģiskās analīzes komisija. *Zinātniski pētnieciskie raksti*, 4 (15), 130–143. lpp.
- Krišjāne, Z., Eglīte, P., Bauls, A., Lulle, A., Bērziņš, M., Brants, M., Cunska, Z., Ģvedovska, I., Ivbulis, B., Kaņējeva, G., Kristaps, G., Krūzmētra, Ž., Kūle, L., Markausa, I. M., Niklass, M., Pavlina, I., Titova, N., Vanaga, S., Vilciņš, A., Zariņa, I. B. (2007) *Darbaspēka ģeogrāfiskā mobilitāte*. Rīga : Latvijas Universitāte. 240 lpp.
- Krūmiņš, J. (2004) Nacionālās intereses, iedzīvotāji, ekonomika un attīstība. Nacionālās intereses: formulējuma meklējumos. Stratēģiskās analīzes komisija. *Zinātniski pētnieciskie raksti*, 1, 62–74. lpp.
- Lewis, R., Rowland, R. (1979) *Population Redistribution in the USSR: Its Impact on Society*. New York : Praeger.

- Mendels, F. (1981) Social Mobility and Phases of Industrialization. In: Rabb, T., Rotberg, R. (eds.) *Industrialization and Urbanization*. New Jersey : Princeton University Press, p. 59–82.
- Musil, J. (2005) City Development in Central and Eastern Europe Before 1990: Historical Context and Socialist Legacies. In: Hamilton, F. E. I. (ed.) *Transformation of Cities in Central and Eastern Europe: Towards Globalization*. Tokyo : United Nations University Press, p. 22–43.
- Nefedova, T., Treivysh, A. (2003) Differential Urbanisation in Russia. *Tijdschrift Voor Economische ne Sociale Geografie*, 94, 75–88.
- Pacione, M. (2001) *Urban Geography: a Global Perspective*. London : Routledge. 663 p.
- Pallot, J. (1979) Rural Settlement Planning in the USSR. *Soviet Studies*, 31 (2), 214–230.
- Pounds, G. J. N. (1960) The Industrial Geography of Modern Poland. *Economic Geography*, 36 (3), 231–253.
- Pūriņš, V. (red.) (1975) *Latvijas PSR ģeogrāfija*. Latvijas Valsts universitāte. Rīga : Zinātne, 671 lpp.
- Richardson, H. W. (1980) Polarization Reversal in Developing Countries. *Papers of the Regional Science Association*, 45, 67–85.
- Szelenyi, I. (1996) Cities under Socialism – and After. In: Andrusz, G., Harloe, M., Szelenyi, I. (eds.) *Cities after Socialism: Urban and Regional Change and Conflict in Post-Socialist Societies*. Oxford : Blackwell Publishers, p. 286–317.
- Sjoberg, O. (1999) Shortage, Priority and Urban Growth: Towards a Theory of Urbanisation under Central Planning. *Urban Studies*, 36 (13), 2217–2236.
- Sjoberg, O., Tammaru, T. (1999) Transitional Statistics: Internal Migration and Urban Growth in Post-Soviet Estonia. *Europe-Asia Studies*, 51 (5), 821–842.
- Šķinķis, P., Stankeviča, V. (1999) Latvijas pilsētu sociāli ģeogrāfiskās atšķirības. *Ģeogrāfiski Raksti*, VII, 94.–114. lpp.
- Tammaru, T. (2001) Urbanization in Estonia in the 1990s: Soviet Legacy and the Logic of Transition. *Post-Soviet Geography and Economics*, 42 (7), 504–518.
- Tammaru, T. (2002) Universal and Specific Features of Urbanization in Estonia under Socialism: The Empirical Evidence of Sources of Urban and Rural Population Growth. *The Professional Geographer*, 54 (4), 544–556.
- Tammaru, T. (2003) Urban and Rural Population Change in Estonia: Patterns of Differentiated and Undifferentiated Urbanisation. *Tijdschrift voor Economische ne Sociale Geografie*, 94, 112–123.
- Tisdale, H. (1942) The Process of Urbanization. *Social Forces*, 20 (3), 311–316.
- Turlajs, J., Milliņš, G. (1998) *Latvijas apdzīvotās vietas: klasifikācija, vērtēšanas kritēriji, ciemu saraksts, kartes*. Rīga : Jāņa sēta, 271 lpp.
- Ušackis, U. (2005) Valsts iekšējās migrācijas ietekme uz iedzīvotāju skaita samazināšanu un to novecošanu Latvijas lielākajās pilsētās un rajonos. Stratēģiskās analīzes komisija. *Zinātniski pētnieciskie raksti*, 3 (4), 149.–162. lpp.
- Vaidere, I., Vanags, E., Vanags, I., Vilka, I. (2006) *Reģionālā politika un pašvaldību attīstība Eiropas Savienībā un Latvijā*. Rīga : Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, Latvijas Statistikas institūts, 295 lpp.
- Vanags, E., Vilka, I. (2005) *Pašvaldību darbība un attīstība*. Rīga : LUAA, LPS, 382 lpp.
- Zelinsky, W. (1977) Coping with the Migration Turnaround: the Theoretical Challenge. *International Regional Science Review*, 2, 175–178.

- Zobena, A. (red.) (2005) *Latvija. Pārskats par tautas attīstību 2004/2005: Rīcībspēja reģionos*. ANO Attīstības programma. Rīga : LU Sociālo un politisko pētījumu institūts, 48 lpp.
- Zvidriņš, P. (2004) Depopulācija. Nacionālās intereses: formulējuma meklējumos. Stratēģiskās analīzes komisija. *Zinātniski pētnieciskie raksti*, 1, 74.–104.

### **Nepublicētie materiāli**

Dati par migrāciju Latvijas pilsētās un rajonos (2003–2007). LR Centrālā statistikas pārvalde.

### **Summary**

*This paper investigates historical changes of population due to migration and urbanisation trends during the 20<sup>th</sup> century. Scientific literature of migration and urbanisation in post-socialist countries often disputes the features pertaining to this particular socio-economical and political context. The study employs data from the census and annual statistics to analyze population movements and contrasts in the national settlement system and in particular in small towns. The aim of this paper is to analyse population changes and urbanisation trends in small towns of Latvia. The theoretical part of the contribution deals with the theory of linkage between urbanisation and migration, particularly in forming the settlement network in a post-socialist country. The empirical content of the paper comes from the analysis of internal migration flows in the various hierarchical levels of the settlement system in the period of 2003–2007. The main results of the analysis show that there are different growth rates and development features of urbanisation stages within the groups of small towns. To achieve the aim of the paper, empirical findings summarizing current trends are compared with the historical pattern of the settlement system of Latvia.*

**Keywords:** *small towns, internal migration, urbanisation, settlement system.*

## **Izmaiņas Latvijas lauku ainavā 20. un 21. gadsimtā** *Changes in Latvian Rural Landscape During the 20th–21st Century*

**Zanda Penēze**

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte  
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010  
e-pasts: [zanda.peneze@lu.lv](mailto:zanda.peneze@lu.lv)

**Oļģerts Nikodemus**

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte  
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010  
e-pasts: [olģerts.nikodemus@lu.lv](mailto:olģerts.nikodemus@lu.lv)

**Imants Krūze**

Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte  
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010  
e-pasts: [imants.kruze@lu.lv](mailto:imants.kruze@lu.lv)

Rakstā, balstoties uz zemes lietojumveida izmaiņām, telpiskā griezumā tiek analizētas izmaiņas Latvijas lauku ainavā 20. un 21. gadsimtā. Vislielākās izmaiņas zemes lietošanā un līdz ar to ainavas struktūrā, pieaugot mežainumam 20. gadsimta otrajā pusē, notikušas Vidzemes, Idumejas, Augšzemes un Latgales augstienēs. Nozīmīgākie faktori, kas noteica minētā procesa attīstību, ir reljefa apstākļi, augsnes auglība un ģeogrāfiskais novietojums attiecībā pret lielākajiem apdzīvotajiem centriem un satiksmes ceļiem. Pašreiz visvairāk neapsaimniekoto lauksaimniecības zemju ir Vidzemes augstienē, Krievijas un Igaunijas pierobežā, kā arī Rīgas apkārtnē. To, ka zemes tiek atstātas atmatā un pakāpeniski aizaug ar krūmiem, salīdzinot ar padomju periodu, nacionālā līmenī ietekmē pierobeža un lielās pilsētas, kā arī zemes tirgus.

**Atslēgvārdi:** zemes lietojumveids, zemes izmantošana, mežs, lauksaimniecības zemes.

### **Ievads**

Cilvēka ietekme uz lauku ainavām šobrīd ir aktuāls jautājums ne tikai Eiropā, bet arī pasaulē. Ainavu struktūrā izpaužas kā globālie, tā arī lokālie politiskie un ekonomiskie procesi. Savukārt izmaiņas ainavu struktūrā ietekmē vietas bioloģisko daudzveidību, kultūrvēsturiskās vērtības un cilvēku dzīves vidi. Eiropā cilvēku ietekme uz ainavām gadsimtu gaitā ir bijusi saistīta ar lauksaimnieciskām aktivitātēm, taču tās intensitāte dažādos reģionos ir atšķirīga (*Anonimous, 2004; Klijn, 2004;*



Pierr, 2003, Lipsky, 1995, Mander, Palang, 1994, Wit, 1992, Meeus et al., 1990). Izmaiņas ainavā ir saistītas ar homogenizācijas, fragmentācijas, polarizācijas un marginalizācijas procesu attīstību, kurus nosaka (Jongman, 2002)

- 1) ekonomiskie faktori (pieejamība vietējiem, reģionāliem un starptautiskiem tirgiem, investīcijas u. c.);
- 2) tehniskie faktori (pieejamība dažādām tehnoloģijām, datorizācija, veterināro dienestu pakalpojumu pieejamība);
- 3) kultūras un sociālie faktori (kultūras mantojums, demogrāfiskā struktūra, izglītības līmenis);
- 4) plānošana un vides politika, kas ietver arī starptautiskās politikas un pārvaldības līdzekļus (Eiropas kopējā lauksaimniecības politika u. c.).

Līdzīgus faktoros izdala arī daudzi citi zinātnieki (Meeus et al., 1990; Brouwer et al., 1996; Klijn, 1994). J. A. Klijns (*J. A. Klijn*) vienlaikus pievērš uzmanību arī citiem faktoriem, tostarp biofizikāliem procesiem, piemēram, klimata sasilšana, un ģeopolitiskiem procesiem, piemēram, Eiropas Kopienas izveidošana un PSRS sabrukums.

K. Ramans un A. Melluma Latvijas ainavas veidošanā uzsver dabas un cilvēka faktora mijiedarbību (Ramans, 1994; Melluma, Leinerte, 1992). A. Melluma pētījumi (Melluma, 1976; Melluma, 1990; Melluma, Leinerte, 1992) parāda, ka, līdzīgi kā Eiropā pagājušā gadsimtā, arī Latvijas ainavā novērojama polarizācijas attīstība, t. i., veidojās ainavas ar augstu antropogēnizācijas pakāpi un nosacīti dabiskas jeb pusedabiskas ainavas, kurās bija samazinājusies cilvēka saimnieciskā darbība. Gan A. Mellumas, gan M. Laiviņa (1997) pētījumu dati apliecina, ka lauku ainavu teritoriālās izmaiņas 20. gadsimta otrajā pusē ir bijušas teritoriāli neviendabīgas. Mežu īpatsvars galvenokārt palielinājies augstienēs un valsts nomalēs (visvairāk Austrumvidzemes, Augšzemes, Vidzemes augstienes un Austrumlatgales ainavzemēs), kur arī ticis konstatēts vislielākais sekundāro mežu īpatsvars. Meliorētos līdzenumos 20. gadsimtā veidojušās atklātas lauksaimniecības zemju ainavas ar reti izkaisītiem mežu puduriem. 20. gadsimta pirmajā pusē ainavas struktūru galvenokārt noteica dabiskie faktori (augšnes auglība un mitruma apstākļi). Padomju periodā ļoti liela nozīme bija sociāli ekonomiskajiem un politiskajiem faktoriem, bet pēc Latvijas neatkarības atgūšanas 20. gadsimta 90. gados pieauga cilvēka kā indivīda nozīme zemes izmantošanas un ainavas veidošanā (Nikodemus et al., 2005). Savukārt E. Knapes un A. Kraukļa (1998) pētījumi Vecpiebalgas un Inešu pagastā Vidzemes augstienē parādīja, ka cilvēka aktivitāte šajā laika periodā ir bijusi ļoti atkarīga no īpašuma attiecību sakārtotības.

Kopumā jāsecina, ka Latvijas ainavzinātnē līdz šim veiktie pētījumi par telpiskajām izmaiņām ainavā valsts līmenī ir veikti salīdzinoši maz un tajos lielākā uzmanība ir tikusi pievērsta padomju periodam. Diemžēl pētījumi, kas aptvertu visu 20. gadsimtu un 21. gadsimta sākumu, nav īstenoti. Šajā rakstā apskatītas izmaiņas Latvijas ainavā 20. un 21. gadsimtā nacionālā līmenī. Pētījums balstās uz zemes lietojuma veidu analīzi, jo tas ir viens no nozīmīgākajiem komponentiem, kas nosaka ainavas rakstu (Ramans, Nikodemus, 1982).

## Materiāls un metodes

### Pētījuma materiāls

Zemes lietojumveidu izmaiņu izpētei nacionālā līmenī telpiskajā griezumā 20. un 21. gadsimtā kā atskaites punkts izmantoti 1929. gada lauksaimniecības skaitīšanas dati par zemes lietojumiem pagastos (Salnais, Maldups, 1930). Šī informācija balstās uz datiem par vecsaimniecību, jaunsaimniecību, citu privātzemju, valstij un pašvaldībām piederošo, kā arī sabiedriskām vajadzībām nepieciešamo zemes izmantošanas uzskaiti, kura veikta, par pamatu ņemot Romas Starptautiskā statistikas institūta izstrādāto vienoto programmu un starptautiski saskaņotas metodes, kas pielietotas Vispasaules lauksaimniecības skaitīšanā (Buševica, 1993). Zemes lietojumveidu platību aprēķināšanai 2001. gadā izmantotas LR Valsts zemes dienestā atjaunotā un sadarbībā ar SIA “Envirotech” izstrādātā digitālā Latvijas satelītkarte mērogā 1: 50 000, savukārt lauksaimniecības zemes izmantošanas un ainavas struktūras izmaiņu tendenču raksturošanai 21. gadsimta sākumā – SIA “Latvijas lauku konsultāciju un izglītības centrs” 2005. gada lauksaimniecības zemes apsekojuma dati (Lauksaimniecībā izmantojamās zemes apsekojuma ..., 2005).

Dabas un sociāli ekonomisko faktoru ietekmes noskaidrošanai uz ainavas struktūru 21. gadsimta sākumā izmantoti LR Zemes dienesta dati par vidējo svērto lauksaimniecībā izmantojamās zemes kvalitatīvo novērtējumu ballēs vietējās lauku pašvaldībās (Informācija no Nekustamā īpašuma valsts kadastra ..., 2006), kā arī Valsts Reģionālās attīstības aģentūras rīcībā esošie dati par vietējo administratīvo teritoriju attīstības indeksa skaitliskajām vērtībām 2005. gadā (Reģionu attīstība Latvijā ..., 2007).

### Pētījuma metodes

Pētījuma gaitā ainavas struktūras izmaiņas nacionālā līmenī kartētas un analizētas, izmantojot zemju lietojumu statistiskos datus. Kartes veidotas, izmantojot ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (GIS) programmatūru *ESRI (ArcView-ArcMap 8.3. 9.2)*. Lai kartē atzīmētu vietējo pašvaldību robežas, kas raksturotu administratīvo situāciju valstī 1929. gadā, tika izmantots Latvijas statistiskais atlases (Skujenieks, 1938). Pagastu robežu un nosaukumu precizēšanai izmantots V. Salnā un A. Maldupa sastādītais izziņu krājums “Pagastu apraksti” (1935) un enciklopēdija “Latvijas pagasti” (Iltner, 2001; Iltner, 2002). Balstoties uz statistiskajiem datiem, izveidota karte par pļavu, ganību un mežu platībām lauku pašvaldību teritorijās 20. gadsimta pirmajā pusē, savukārt lai novērtētu ainavas struktūras pārmaiņas 20. gadsimta laikā, izveidota karte, kuras pamatā ir meža platības izmaiņu dati no 1929. līdz 2001. gadam. Situācija atspoguļota 1929. gada vietējo lauku pašvaldību administratīvajās robežās.

Izmantojot 2005. gada lauksaimniecības zemes apsekojuma datus, ainavas struktūras jaunāko izmaiņu raksturošanai izveidota karte par neizmantotām lauksaimniecības zemes platībām saistībā ar 2005. gadā tā brīža vietējo pašvaldību administratīvi teritoriālo iedalījumu.

Lai noteiktu lauku ainavas struktūras telpiski temporālo izmaiņu virzienus 20. gadsimta laikā un to tendences 21. gadsimtā, datu apstrādes laikā iegūtais kartogrāfiskais materiāls tika vizuāli salīdzināts gan savstarpēji, gan ar Reģionālās attīstības aģentūrā izstrādāto vietējo administratīvo teritoriju attīstības indeksu skaitlisko vērtību par 2005. gadu telpiskā sadalījuma kartogrāfisko interpretāciju (Reģionu attīstība ..., 2007).

Lietojot statistisko datu apstrādes paketi *SPSS 15.1 for Windows*, pāru korelācijas analīzes gaitā pētītas sakarības starp mežainuma izmaiņām no 1929. līdz 2001. gadam atkarībā no pļavu, ganību un aramzemju īpatsvara vietējo pašvaldību teritorijās 1929. gadā. Lai noskaidrotu sociāli ekonomisko faktoru ietekmi uz lauku ainavas struktūras izmaiņām 21. gadsimta sākumā, pētītas sakarības starp neizmantoto lauksaimniecības zemju īpatsvaru vietējās administratīvajās teritorijās un teritorijas attīstības indeksa vērtībām 2005. gadā. Dabas faktoru ietekmes noteikšanai tika izmantota vienfaktora regresijas analīze (Arhipova, Bāliņa, 2002; Bühl, Zöfel, 2005) starp neizmantoto lauksaimniecības zemju īpatsvaru vietējās administratīvajās teritorijās 2005. gadā un vidējo svērto lauksaimniecības zemju kvalitatīvo novērtējumu ballēs vietējās lauku pašvaldībās.

## Rezultāti un diskusija

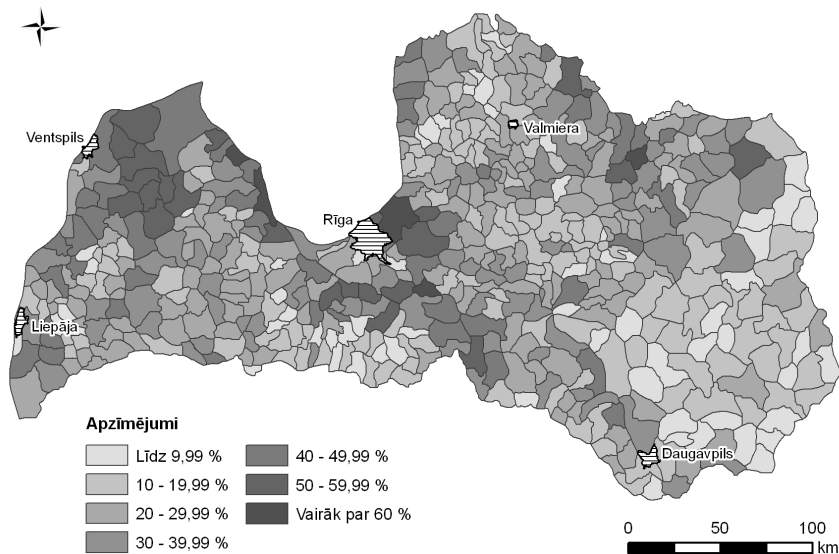
### Lauku ainavas struktūras izmaiņas telpiskā griezumā 20. gadsimtā

Pirms Otrā pasaules kara Latvijas ainavā dominēja lauksaimniecībā izmantojamās zemes. 1929. gadā mežu zemes aizņēma tikai 23,6% (Salnais, Maldups, 1930; Melluma, 1994; *Environmental Indicators* ..., 2002). Lielākās mežu platības Latvijā (1. att. A) bija Piejūras un Kursas zemienēs, kā arī Viduslatvijas zemienes Upmales paugurlīdzenumā un Taurkalnes līdzenumā. Relatīvi daudz mežu bija arī Gaujas, Daugavas un Aiviekstes krastos, kur tie aizņēma lauksaimniecībai maz piemērotās zemes (Rutkis, 1960). Latvijas lauku ainavā pēc Otrā pasaules kara lauksaimniecībā izmantojamo zemju platības būtiski samazinājās, bet mežu platības pieauga. 1980. gadā mežu zemes aizņēma jau 42,2% no valsts kopējās platības (*Ministry of Environmental* ..., 2002).

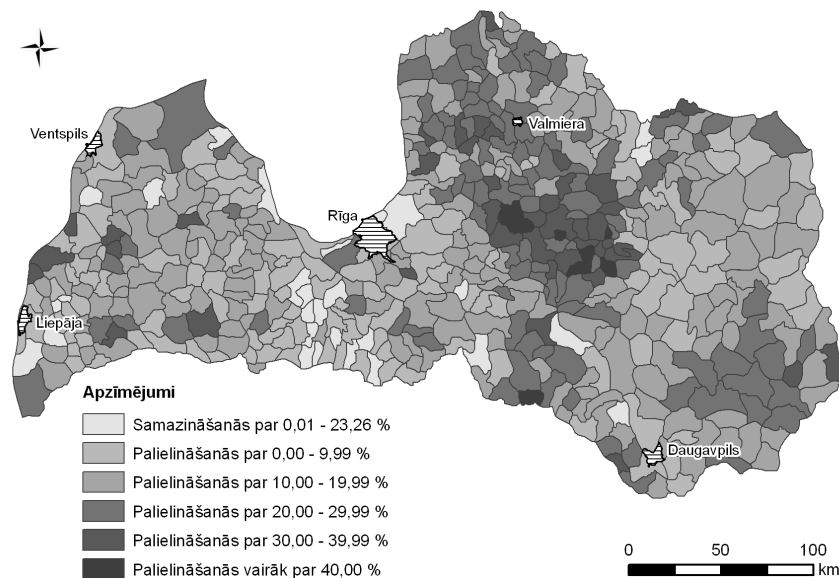
Analizējot mežainuma izmaiņas teritoriālā griezumā laika periodā no 1929. gadam līdz 20. gadsimta beigām, redzams (1. att. B), ka vislielākais mežu platību pieaugums novērojams Vidzemes, Alūksnes, Latgales, Idumejas un Augšzemes augstienēs. Kaut arī kopumā Kurzemes augstienēs minētais process nav norisinājies tik strauji kā Latvijas centrālajā un austrumu daļā, tomēr atsevišķās vietās, kas aizņem Rietumkursas un Austrumkursas augstienes posmaināko daļu, t. i., Embūtes, Kurmāles un Lielauces pauguraini, novērojams relatīvi liels mežu zemju platību pieaugums. Tas kopumā atspoguļo A. Boruka (2003) tēzi, ka padomju periodā lauksaimnieciskā ražošana "pārvietojās" no pauguriem uz līdzenumiem.

Vienlaikus pētījumu rezultāti ļauj apstrīdēt Latvijā pastāvošo viedokli, ka vislielākās izmaiņas zemes izmantošanas struktūrā pagājušajā gadsimtā notikušas Latgalē. 1. att. B redzams, ka visnozīmīgākās izmaiņas tomēr ir vērojamas Vidzemes augstienēs.

A



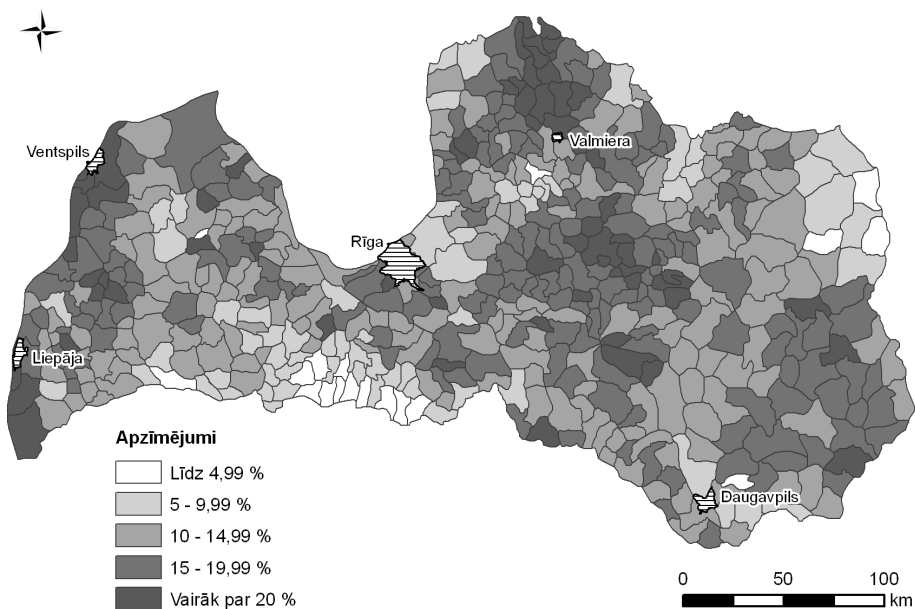
B



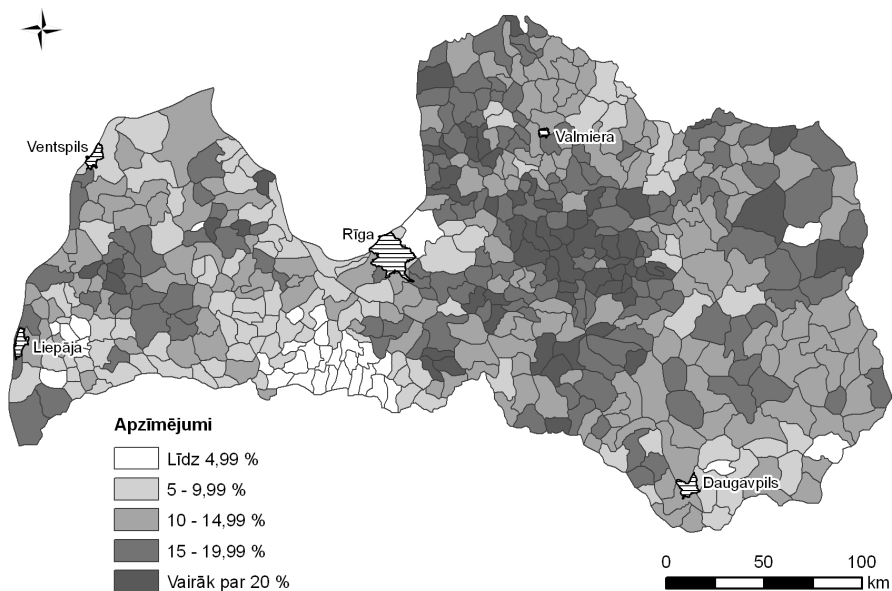
**1. att. A – mežu īpatsvars procentos no vietējo lauku pašvaldību teritoriju kopplatības 1929. gadā, B – mežu platību īpatsvara izmaiņas 1929.–2001. gadā procentos no vietējo lauku pašvaldību teritorijas (sagatavots, izmantojot avotus: Salnais, Maldups, 1930; Latvijas satelītkarte ..., 2005)**

*A – percentage of woodlands of the entire territory of the local rural municipalities in 1929, B – changes in the percentage of woodlands of the entire territory of the local rural municipalities from 1929 to 2001 (prepared using sources by Salnais, Maldups, 1930; Latvia Sattelite Map ..., 2005)*

A



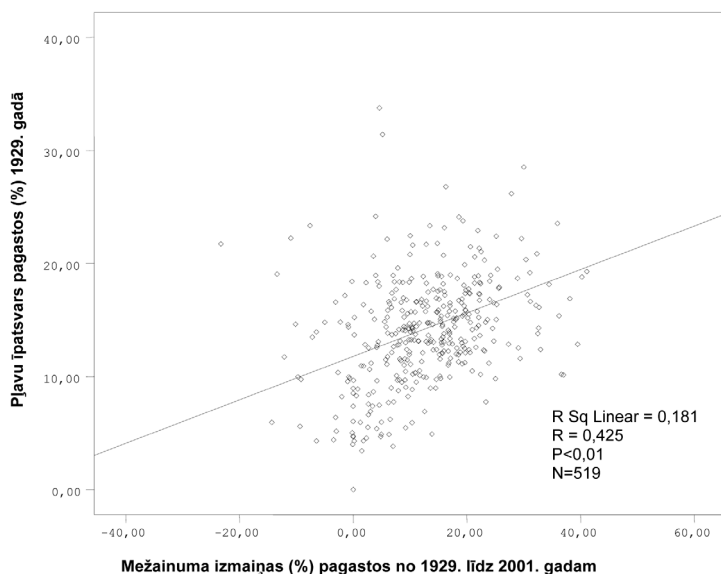
B



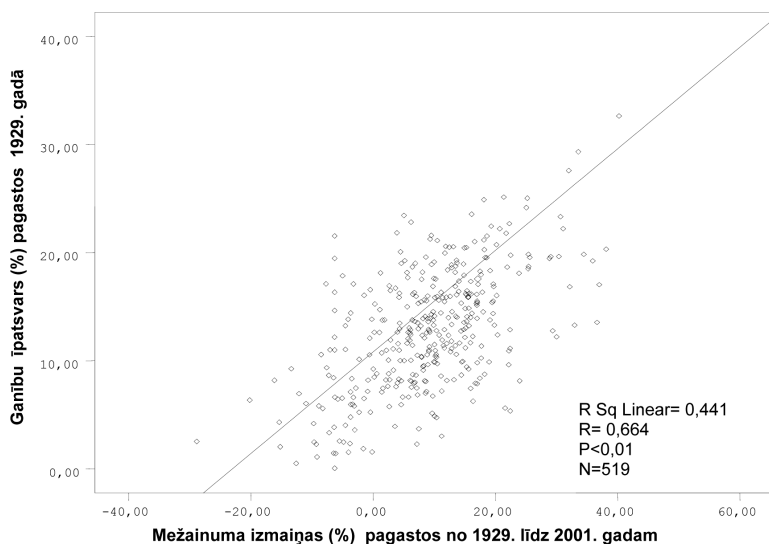
2. att. A – pļavu īpatsvars, B – ganību īpatsvars procentos no vietējo lauku pašvaldību teritoriju kopplatības 1929. gadā (sagatavots, izmantojot avotu: Salnais, Maldups, 1930)

*A – meadows, B – grazing land percentage of the entire territory of the local rural municipalities in 1929 (prepared using source by Salnais, Maldups, 1930)*

A



B



**3. att. Mežainuma izmaiņas 20. un 21. gadsimtā saistībā ar**

**A – pļavu īpatsvaru un B – ganību īpatsvaru no vietējo lauku pašvaldību teritoriju kopplatības 1929. gadā; N – pagastu skaits**

(aprēķināts, izmantojot avotus: Salnais, Maldups, 1930; Latvijas satelītkarte ..., 2005)

*Woodland changes in the 20th and 21st century A – meadow proportion and B – grazing land proportion of the entire territory of the local rural municipalities in 1929; N – the number of the local rural municipalities (calculated using sources by Salnais, Maldups, 1930; Latvia Satellite Map ..., 2005)*

Līdz ar mežu platību pieaugumu atsevišķos Latvijas fizioģeogrāfisko rajonu apvidos novērojams arī lauksaimniecībā izmantojamo zemju platību pieaugums (Viduslatvijas zemienes Zemgales līdzenumā, Piejūras zemienes Bārtavas un Rīgas līdzenumos). Minētais process saistāms ar lauksaimniecības zemju masivizāciju, tostarp arī polderu izbūvēšanu Piejūras zemienē un citviet Latvijā.

Analizējot atsevišķu zemes lietojumu transformāciju 20. gadsimtā, redzams (2. att. A un B), ka lielākās izmaiņas zemes izmantošanas struktūrā novērojamas lauku teritorijās, kurās 1929. gadā bija liels pļavu un/vai ganību īpatsvars. Jāatzīmē, ka 2. attēlā B apkopotie dati saskaņā ar 1929. gada lauksaimniecības skaitīšanu Latvijā atspoguļo informāciju par ganībām, kas tobrīd faktiski tika izmantotas lopu ganīšanai un arī pēc dabiskajām īpašībām tām atbilda. Šai kategorijai ir pieskaitīti no aramzemes vai pļavām atdalīti aploki, kur pastāvīgi tika ganīti zirgi vai citi mājlopi (Salnais, Maldups, 1930). Dabisko ganību platības 1929. gadā veidoja vidēji 12,59%, savukārt pļavu – 13,53% no valsts teritorijas (Maldups, 1938). Tā kā lielākā daļa pļavu un ganību tolaik netika kultivētas (Rutkis, 1960), var uzskatīt, ka 2. attēls A un B kopumā raksturo dabisko zālāju tā laika teritoriālo iedalījumu Latvijā.

Pētījuma rezultāti parādīja, ka teritorijās, kur notika lielākās izmaiņas zemes izmantošanas struktūrā, dabiskie zālāji pārsvarā aizņēma 30–50% no lauksaimniecībā izmantojamām zemēm, kas saskan arī ar V. Tērauda (1955) aprēķiniem. Vienlaikus nevar piekrist apgalvojumiem (Rūsiņa, 2006), ka Latvijā, līdzīgi kā Ziemeļeiropā un Viduseiropā (Ellenberg, 1996; Rósen, Borgegård, 1999), dabisko zālāju straujā sarūkšana notika galvenokārt uz to iekultivēšanas rēķina. Lauksaimniecības zemju apmežošanās būtisko nozīmi dabisko zālāju samazināšanā Latvijā netieši parāda arī datu statistiskā analīze par zemes lietojumiem un to izmaiņām. Pastāv statistiski būtiska sakarība starp pļavu īpatsvaru vietējā lauku pašvaldību teritorijā 1929. gadā un meža platību pieaugumu laikā no 1929. līdz 2001. gadam ( $R = 0,425$ ) un starp ganību īpatsvaru vietējā lauku pašvaldību teritorijā 1929. gadā un meža platību pieaugumu iepriekš minētajā laika posmā ( $R = 0,664$ ) (3. att.). Savukārt nepastāv statistiski būtiska sakarība starp aramzemju īpatsvaru pašvaldību teritorijās uz 1929. gadu un meža platību pieaugumu ( $R = -0,154$ ,  $P < 0,01$ ;  $N = 519$ ). Iepriekšminētais nozīmē, ka teritorijās, kurās 1929. gadā bija lielāks ganību un pļavu īpatsvars, 20. gadsimta laikā būtiski pieauga arī meža platības.

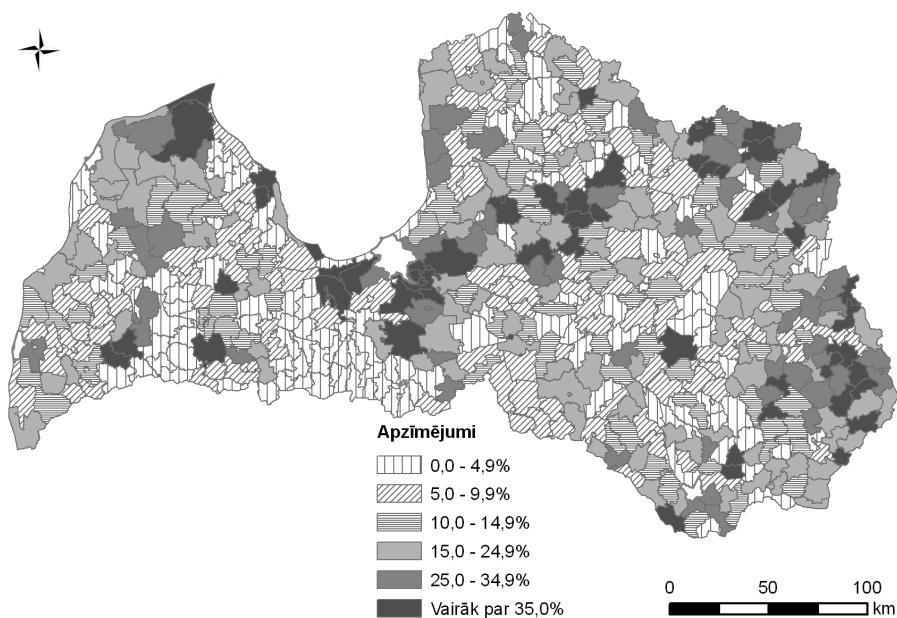
### **Prognozējamās lauku ainavas izmaiņas 21. gadsimtā**

Nozīmīgs indikators, kas dod iespēju prognozēt iespējamās izmaiņas lauku ainavā, ir zemes izmantošana. 21. gadsimta sākumā Latvijā lauksaimniecībā izmantojamās zemes turpina samazināties, jo palielinās to neizmantoto un aizaugošo platību īpatsvars. Pēc Lauku atbalsta dienesta datiem, 2005. gadā valstī neizmantotās lauksaimniecības zemju platības aizņēma vidēji 14,9% no visām lauksaimniecības zemēm (Lauksaimniecībā izmantojamās zemes apsekojuma ..., 2005).

Līdzšinējie pētījumi Latvijā ir parādījuši, ka lauksaimniecības zemju, tostarp pļavu un ganību, aizaugšana ietekmē ne tikai ainavas vizuālo kvalitāti, bet arī bioloģisko daudzveidību. Tā ir palielināta tikai sukcesijas sākumstadijās, kad pamestajās lauksaimniecības zemēs ir augsta ruderālo sugu sastopamība (Priednieks et al., 1999; Gutko et al., 2001). Arī citās Eiropas valstīs ir līdzīgas problēmas

(Ihse, 1995; Fjellstad, Dramstad, 1999; Jongman, 2004). Polijā neapsaimniekoto lauksaimniecības zemju platības 20. un 21. gadsimta mijā veidoja gandrīz 18%, Igaunijā, Lietuvā, Ungārijā – ap 10% no valsts teritorijas kopplatības. Kopumā Eiropā 21. gadsimta sākumā lauksaimniecības zemju pamešana, tātad zemes izmantošanas marginalizācija, tiek uzskatīta par būtisku problēmu (Keenleyside et al., 2004; Szabo, Feher, 2004; Mander et al., 2004; Elgersma et al., 2004; Vihinen et al., 2004; Fanta et al., 2004).

Vismazāk lauksaimniecībā neizmantoto zemju Latvijā 21. gadsimta sākumā bija Zemgales līdzenumā. Šeit pārsvarā dominē lauku pašvaldības, kurās to kopplatība nepārsniedz 5% (4. att.). Relatīvi maz neizmantoto lauksaimniecības zemju ir Austrumkursas augstienes salīdzinoši līdzenajā rietumdaļā, Burtnieka līdzenumā un Austrumlatvijas zemiņē Lubāna ezera apkārtnē.



4. att. 2005. gadā neizmantoto lauksaimniecības zemju īpatsvars procentos no lauksaimniecības zemju kopplatības lauku pašvaldības teritorijā (izveidots pēc Informācija no Nekustamā īpašuma valsts kadastra ..., 2006)

*Unused agricultural land in 2005 as a percentage of the entire agricultural land in the local rural municipalities (calculated using The Survey of Usable Agricultural Land ..., 2005)*

Salīdzinot mežu platību pieaugumu 20. gadsimtā (1. att. B) ar neizmantoto lauksaimniecības zemju telpisko sadalījumu 21. gadsimta sākumā (4. att.), redzams, ka Vidzemes, Latgales un Alūksnes augstieņu, kā arī Kurzemes ziemeļu daļas teritorijās, kurās tika konstatēts vislielākais apmežojušos vai apmežotu lauksaimniecības zemju platību pieaugums 20. gadsimta laikā, ir raksturīgs arī vislielākais neizmantoto lauksaimniecības zemju īpatsvars 21. gadsimta sākumā.



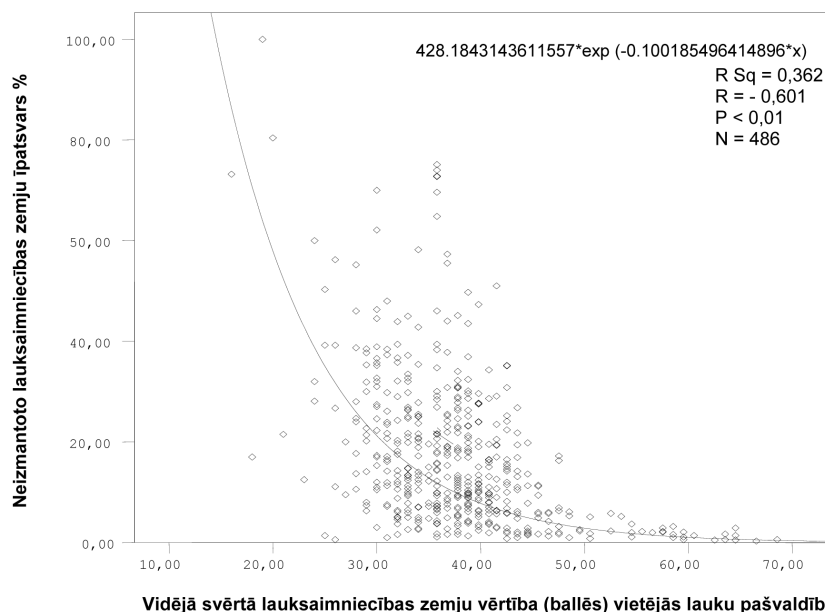
Vienlaikus 4. attēls parāda divas interesantas telpiskas likumsakarības zemes izmantošanā, kuras nebija aktuālas 20. gadsimtā. Pirmkārt, tās ir saistītas ar lielu neizmantoto lauksaimniecības zemju platību īpatsvaru Latvijas austrumu pierobežā, otrkārt, – ar lielām “lieko” lauksaimniecības zemju platībām Rīgas aglomerācijā. Pirmajā gadījumā šo neizmantoto lauksaimniecības zemju telpisko sadalījumu varētu skaidrot ar marginalizācijas procesiem. Līdzīga situācija, kas saistīta ar lauku ainavas struktūras izmaiņām valsts pierobežā, kad tiek pamestas un aizaug lauksaimniecības zemes, ir novērota daudzās citās Austrumeiropas valstīs. Marginālajās teritorijās, kas atrodas valsts pierobežā vai atsevišķās vietās zemienēs un augstieņu paugurainēs, kur dominē zemi attīstības rādītāji (teritorijas attīstības indekss), lauksaimniecības zemju pamešanu un aizaugšanu veicinājuši ne vien lauksaimnieciskajai ražošanai mazāk piemēroti dabas apstākļi (saposmots reljefs vai relatīvi mazauglīgas augsnes), bet arī faktori, kas ir būtiski vietas attīstībai un var sekmēt tās pievilcību kā cilvēka dzīves, tā arī darba vietas un saimniekošanas izvēlē, piemēram, ievērojamais attālums līdz valsts vai reģionālajiem attīstības centriem, iedzīvotāju skaita un apdzīvojuma blīvuma samazināšanās.

Lauksaimniecības zemju neizmantošanu lielo pilsētu tuvumā, līdzīgi kā Tallinas apkārtnē (*Tammaru*, 2004; *Tammaru et al.*, 2009), iespējams, nosaka apstākļi, ka daudzviet zemes ir uzpirkuši cilvēki, kuru mērķis ir gūt peļņu no darbībām ar nekustamajiem īpašumiem.

Pilsētu tuvumā lauksaimniecības zemju pamešanu sekmē arī iespējas, kas ļauj zemes īpašniekiem gūt ātrākus un lielākus ienākumus, strādājot nelauksaimnieciskajās nozarēs. Lauksaimniecības zemju neapsaimniekošanu var ietekmēt gan darbaspēka izmaksas, gan zemes, degvielas, mēslojuma un pesticīdu cenas, gan saražotās produkcijas noieta un pakalpojumu cenas tirgū, gan informācijas pieejamība. Turklāt lauksaimniecībā strādājošā darbaspēka izmaksas var pieaugt, attīstoties pilsētnieciskajam dzīves veidam, rodoties labākām transporta iespējām, kā arī globalizācijas dēļ. Šie faktori var darboties gan kompleksi, gan atsevišķi (*Brouwer et al.*, 1996; *Bick et al.*, 1999; *Elgersma et al.*, 2004; *Fanta et al.*, 2004; *Mander et al.*, 2004; *Strijker*, 2005; *Gellrich et al.*, 2006). Vienlaikus jāņem vērā arī tas, ka Rīgas apkārtnē lauksaimniecībā izmantojamo zemju augsnes lielākoties ir veidojušās uz smilts nogulumiem un to auglība ir zema.

Pētījums parādīja, ka kopumā neizmantotajām lauksaimniecības zemēm ir raksturīgs zems zemes kvalitatīvais novērtējums. Vidējā svērtā lauksaimniecības zemju vērtība lauku pašvaldībās, kurām raksturīgs relatīvi augsts neizmantoto lauksaimniecības zemju īpatsvars, ir zem vidējiem rādītājiem Latvijā (40 ballu) un ir robežās no 24 līdz 39 ballēm. Atsevišķās vietās tā ir vēl zemāka (Kolkā 16 balles, Lapmežciemā 19 balles) (Informācija no Nekustamā īpašuma valsts kadastra ..., 2006).

Iepriekš izteiktais pieņēmums kopumā tiek apstiprināts arī statistiski, jo datu analīzē tika iegūta būtiska sakarība starp neizmantoto lauksaimniecības zemju platību īpatsvaru 2005. gadā un vidējo svērto lauksaimniecības zemju kvalitatīvo novērtējumu ballēs vietējā līmeņa lauku pašvaldībās (5. att.). Tādējādi var apgalvot, ka, valsts mērogā vērtējot, 21. gadsimta sākumā zemes izmantošanā viens no nozīmīgākajiem faktoriem ir zemes kvalitāte.



**5. att. Neizmantoto lauksaimniecības zemju īpatsvars procentos no lauksaimniecībā izmantojamās zemes atkarībā no vidējās svērtās lauksaimniecības zemju vērtības ballēs vietējās lauku pašvaldībās, kur N – vietējo lauku pašvaldību skaits**

(aprēķināts, izmantojot Lauksaimniecībā izmantojamās zemes apsekojuma ..., 2005; Informācija no Nekustamā īpašuma valsts kadastra ..., 2006)

*Unused agricultural land percentage of usable agricultural land of the average agricultural land quality value in the local rural municipalities, N – the number of the local rural municipalities (calculated using The Survey of Usable Agricultural Land ..., 2005; Information from the National Real Estate Registry ..., 2006)*

Tomēr vienlaikus nepieciešams atzīmēt, ka eksistē arī pašvaldības ar vienādu vai tuvu lauksaimniecības zemju kvalitatīvo novērtējumu līdzīgos dabiskos apstākļos, bet ar krasi atšķirīgu neizmantoto lauksaimniecības zemju īpatsvaru (1. tabula). Tādējādi var secināt, ka lauksaimniecības zemju kvalitāte un reljefa apstākļi 21. gadsimta sākumā tomēr nav vienīgais iemesls, kādēļ lauksaimniecības zemes netiek apstrādātas un kādēļ lauku ainavā ir attīstījušies renaturalizācijas procesi. Dažos pētījumos Latvijā (Nikodemus et al., 2005) ir konstatēts, ka to nosaka arī tā saucamais cilvēka faktors, kas saistīts ar viņa uzņēmību un fiziskām spējām izmantot savu zemi. Citi pētījumi gan Latvijā, gan ārvalstīs (Melluma, 1990, 1999, Cannarella, 2002; Bick et al., 2002; Keenleyside et al., 2004; Mander et al., 2004; Saktiņa, Meyers, 2005) parādījuši, ka šādu teritoriju neapsaimniekošana ir saistīta arī ar dažādu sociāli ekonomisko procesu konsekvencēm, kas negatīvi ietekmē teritorijas attīstību.

1. tabula

**Piemēri atšķirīgām vietējām lauku pašvaldībām, kas atrodas līdzīgos dabiskos apstākļos** (sagatavots, izmantojot avotus: Lauksaimniecībā izmantojamās zemes apsekojuma ..., 2005; Informācija no Nekustamā īpašuma valsts kadastra ..., 2006)

*Examples of varied local rural municipalities, that have similar natural circumstances (prepared using The Survey of Usable Agricultural Land ..., 2005; Information from The National Real Estate Registry ..., 2006)*

Pašvaldības nosaukums	vidējā svērtā lauksaimniecības zemju vērtība ballēs	neizmantoto lauksaimniecības zemju īpatsvars % no LIZ*	Pašvaldības nosaukums	vidējā svērtā lauksaimniecības zemju vērtība ballēs	neizmantoto lauksaimniecības zemju īpatsvars % no LIZ*
<b>Piejūras zemiene</b>					
Lapmežciema pagasts	19	100	Engures pagasts	18	17,0
Daugmales pagasts	35	74,3	Jūrkalnes pagasts	35	16,9
Babītes pagasts	35	73,2	Nīcas pagasts	35	9,0
Salas pagasts	35	64,0	Užavas pagasts	36	0,8
<b>Vidzemes augstiene</b>			<b>Latgales augstiene</b>		
Lazdonas pagasts	25	1,4	Rundēnu pagasts	25	50,3
Vecpiebalgas pagasts	30	12,0	Ņukšas pagasts	30	70,0
<b>Augšzemes augstiene (Skrudalienas pauguraine)</b>			<b>Alūksnes augstiene</b>		
Demenes pagasts	30	11,0	Mārkalnes pagasts	30	62,10

\* LIZ – lauksaimniecībā izmantojamā zeme

Lai pārliecinātos, vai izmaiņas Latvijas lauku ainavas struktūrā 21. gadsimta sākumā ietekmē ne tikai iepriekšminētie dabiskie apstākļi un ģeogrāfiskais novietojums, bet arī ekonomiskā situācija pašvaldībās, pētījuma gaitā tika pārbaudīta hipotēze, ka, paaugstinoties vietējās lauku pašvaldības attīstības līmenim, samazinās neizmantoto lauksaimniecības zemju platības. Attīstības līmeni pašvaldībās raksturo teritorijas attīstības indekss. Tas ir sintētisks un teritoriāls rādītājs, kura aprēķināšanai ir izstrādāta valsts līmenī apstiprināta metodika. Teritorijas attīstības indeksi tiek izmantoti valsts mēroga programmu nodrošināšanai, reģionālās attīstības intensitātes

noteikšanai un attīstības plānošanai. Tā aprēķināšanai pilsētās, novados un pagastos tiek izmantoti šādi rādītāji: bezdarba līmenis, iedzīvotāju ienākuma nodokļa apmērs uz vienu iedzīvotāju latos, demogrāfiskās slodzes līmenis, pastāvīgo iedzīvotāju skaita izmaiņas procentos, pagastiem un novadiem papildus vēl izmanto iedzīvotāju blīvumu uz vienu kvadrātkilometru, zemes vidējo kadastrālo vērtību Ls/ha. Minētais indekss Latvijā tiek aprēķināts kopš 1997. gada (Reģionu attīstība Latvijā, 2003; Reģionu attīstība Latvijā, 2004).

Pētījumā veiktā datu statistiskā analīze parādīja, ka nepastāv ( $R = -0,170$ ,  $P < 0,01$ ,  $N = 332$ ) tieša sakarība starp lauksaimniecības zemju izmantošanu un pašvaldības attīstības līmeni. Līdz ar to var uzskatīt, ka neizmantoto lauksaimniecības zemju daudzums lauku teritorijās nav atkarīgs no attiecīgās vietējās lauku pašvaldības attīstības līmeņa.

No iepriekš aplūkotā var secināt, ka lauku ainavas struktūras izmaiņas 21. gadsimtā nacionālā mērogā ir nevienmērīgas un tās veicina vairāku un dažādu faktoru mijiedarbība. Viens no būtiskākajiem ir lauksaimniecības zemju zemā kvalitāte, kas, mijiedarbojoties ar atšķirīga rakstura sociāli ekonomiskajiem faktoriem, var veicināt līdzīgas izmaiņas ainavas struktūrā, kurām raksturīga lauksaimniecībā izmantoto zemju platību pamešana un aizaugšana. Balstoties uz datiem, ka visvairāk lauksaimniecībā neizmantoto zemju ir paugurainēs, varam pieņemt, ka šajās teritorijās 20. gadsimtam raksturīgās mozaīkveida ainavas veidošanos aizstāj ainavas homogenizācijas process.

## Secinājumi

1. Vislielākās izmaiņas zemes lietošanā un līdz ar to ainavas struktūrā, pieaugot mežainumam 20. gadsimta otrajā pusē, notikušas Vidzemes, Idumejas, Augšzemes un Latgales augstienēs. Nozīmīgākie faktori, kas noteica minētā procesa attīstību, ir reljefa apstākļi, augsnes auglība un ģeogrāfiskais novietojums attiecībā pret lielākajiem apdzīvotajiem centriem un satiksmes ceļiem. Pašreiz visvairāk neapsaimniekoto lauksaimniecības zemju ir Vidzemes augstienē, Krievijas un Igaunijas pierobežā, kā arī Rīgas apkārtnē. To, ka zemes tiek atstātas atmatā un pakāpeniski aizaug ar krūmiem, salīdzinot ar padomju periodu, nacionālā līmenī ietekmē pierobeža un lielās pilsētas, kā arī zemes tirgus.
2. 20. gadsimta laikā mežu platību pieaugums Latvijā noticis galvenokārt uz pļavu un ganību rēķina, kā dēļ ievērojami samazinājušies pļavu biotopi, kuriem ir svarīga nozīme bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanā valsts līmenī.
3. Latvijas paugurainēs 20. gadsimtā raksturīgo mozaīkveida ainavas veidošanos 21. gadsimta sākumā aizstāj ainavas homogenizācijas process.

## Izmantotie informācijas avoti

1. Anonymous. (2004) Development of European landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 67, 1–8.
2. Arhipova, I., Bāliņa, S. (2003) Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel. Rīga : Datorzinību centrs, 349 lpp.

3. Bick, H., Fellenberg, G., Geipel, R., Haas, M.-D., Marcinek, J., Mensching, H. G., Meyer-Abich, K., Mietz, O., Nentwig, W. (1999) *Mensch, Natur, Technik*. Band 3. Lebensraum Erde. Mannheim, Leipzig : F. A. Brockhaus. S. 704.
4. Boruks, A. (2003) *Zemnieks, zeme un zemkopība Latvijā. No senākiem laikiem līdz mūsdienām*. Jelgava : Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, 317 lpp.
5. Brower, F., Baldock, D., Godeschalk, H., Beaufoy, G. (1996) Marginalization of agricultural Land in Europe: <http://www.macaulay.ac.uk/livestocksystems/naflpio/proceedings/brouwer.htm> (skatīts 25.04.2003.).
6. Buševica, D. (1993) *Lauksaimniecības skaitīšana Latvijā (1918–1940)*. Rīga : Latvijas Statistikas institūts, 64 lpp.
7. Bühl, A., Zöfel, P. (2005). SPSS: isskustvo obrabotki informacii. Analjiz statističeskih dannih i vosstanovljenje skritih zakonomerostjei. Moskva: DiaSoft, 607 str.
8. Cannarella, C. (2002) Processes of marginalization of agriculture: The role of non-agricultural sectors to support economic and social growth in rural areas. *Journal of Central European Agriculture*, 3(3), 206–215.
9. Elgersma, A., Støen, M., Dhillon, S. S. (2004) Status of Marginalisation in Norway: Agriculture and Land Use. EUROLAN report, 2004/6: [http://www.umb.no/ina/forskinging/eurolan/publications\\_e.htm](http://www.umb.no/ina/forskinging/eurolan/publications_e.htm) (skatīts 05.01.2007.).
10. Ellenberg H. (1996) *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Ulmer. Stuttgart. 1095 S.
11. Environmental Indicators of Latvia 2002. (2002) Rīga : Ministry of Environmental Protection and Regional Development. Latvian Environmental Agency. 127 p.
12. Fanta, J., Prach, K., Zemek, F. (2004) Status of Marginalisation in Czech Republic: Agriculture and Land Use. EUROLAN report, 2004/2: [http://www.umb.no/ina/forskinging/eurolan/publications\\_e.htm](http://www.umb.no/ina/forskinging/eurolan/publications_e.htm) (skatīts 05.01.2007.).
13. Fjellstad, W. J., Dramstad, W. E., (1999) Patterns of change in two contrasting Norwegian agricultural landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 45, 177–191.
14. Gellrich, M., Baur, P., Koch, B., Zimmermann, N. E. (2007) Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118 (1–4), 93–108.
15. Gutko, Ž., Brūmelis, G., Liepiņš, I., Nikodemus, O., Tabors, G. (2001) Floristic diversity, richness and evenness during secondary succession on abandoned agricultural land in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 55(1), 35–42.
16. Ihse, M. (1995) Swedish agricultural landscapes – patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos. *Landscape and Urban Planning*, 31, 21–37.
17. Iltner, A. (red.) (2001) *Enciklopēdija "Latvijas pagasti"*. 1. sējums. Rīga : Preses nams, 648 lpp.
18. Iltner, A. (red.) (2002) *Enciklopēdija "Latvijas pagasti"*. 2. sējums. Rīga : Preses nams, 728 lpp.
19. Informācija no Nekustamā īpašuma valsts kadastra informācijas sistēmas par teritoriālo vienību vidējo svērto lauksaimniecībā izmantojamās zemes kvalitatīvo novērtējumu (2006. gada 27. marts). (2006) Latvijas Republikas Valsts zemes dienests : [http://www.vzd.gov.lv/faili/LIZ\\_vidsvertais\\_2006.xls](http://www.vzd.gov.lv/faili/LIZ_vidsvertais_2006.xls) (skatīts 20.07.2007.).
20. Jongman, R. (2004) Landscape linkages and biodiversity in European landscapes. In: *The new dimension of the European landscape*, p. 179–189: [http://library.wur.nl/frontis/landscape/toc\\_landscape.html](http://library.wur.nl/frontis/landscape/toc_landscape.html) (skatīts 15.11.2004.)

21. Keenleyside, C., Veen, P., Baldock, D. (2004) Land abandonment in the new member states and candidate countries and the EU common agricultural policy: [http://www.lvaei.lv/konf/Sigulda\\_2004/background%20final%20.pdf](http://www.lvaei.lv/konf/Sigulda_2004/background%20final%20.pdf) (skatīts 12.07.2007.).
22. Klijn, J. A. (2004) Driving forces behind landscape transformation in Europe: from a conceptual approach to policy options. In: *The new dimension of the European landscape*, pp. 201–218: [http://library.wur.nl/frontis/landscape/toc\\_landscape.html](http://library.wur.nl/frontis/landscape/toc_landscape.html) (skatīts 15.11.2004.).
23. Knappe, E., Krauklis, A. (1998) Der Wandel des ländlichen Raumes in Lettland. *Europa Regional*, 2, 18–25.
24. Laiviņš, M. (1997) Latvijas mežu reģionālā analīze. *Mežzinātne*, 7(40), 40–7.
25. Latvijas satelītkarte mērogā 1 : 50 000. Pārlūks. (2005) Rīga : LR Valsts zemes dienests, SIA “Envirotech”.
26. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes apsekojuma kopsavilkums 2005. gadā. (2005) Latvijas Republikas Zemkopības ministrija: [www.zm.gov.lv/doc\\_upl/LIZ\\_apsekojums\\_2005gada.doc](http://www.zm.gov.lv/doc_upl/LIZ_apsekojums_2005gada.doc) (skatīts 01.07.2007.).
27. Lipsky, Z. (1995) The changing face of the Czech rural landscape. *Landscape and Urban Planning*, 31, 39–45.
28. Maldups, A. (red.). (1938) Latvija skaitļos 1938. Rīga : Valsts statistiskā pārvalde, 535 lpp.
29. Mander, Ü., Kuusemets, V., Meier, K. (2004) Status of Marginalisation in Estonia: Agriculture and Land Use. EUROLAN report, 2004/3: [http://www.umb.no/ina/forskinning/eurolan/publications\\_e.htm](http://www.umb.no/ina/forskinning/eurolan/publications_e.htm) (skatīts 05.01.2007.).
30. Mander, Ü., Palang, H. (1994) Changes of landscape structure in Estonia during the Soviet Period. *GeoJournal*, 33(1), 45–54.
31. Meeus, J. H. A., Wijermans, M. P., Vroom, M. J. (1990) Agricultural Landscapes in Europe and Their Transformation. *Landscape and Urban Planning*, 18, 289–352.
32. Melluma, A. (1976) *Ainavu aizsardzība un veidošana*. Rīga : Latvijas PSR Zinātnes biedrība. 20 lpp.
33. Melluma, A. (1990) *Latvijas teritorijas antropogēnā noslodze*. Rīga : LatZTIZP. 80 lpp.
34. Melluma, A., Leinerte, M. (1992) *Ainava un cilvēks*. Rīga : Avots, 175 lpp.
35. Melluma, A., Penēze, Z. (1999) Regionalentwicklung und Raumordnung in Lettland. *Geographische Rundschau*, H 3211, 4, 188–192.
36. Nikodemus, O., Bell, S., Grīne, I., Liepiņš, I. (2005) The impact of economic, social and political factors on the landscape structure of the Vidzeme Uplands in Latvia. *Landscape and Urban Planning*, 10, 57–67.
37. Priednieks, J., Aunins, A., Brogger-Jensen, S., Prins, E. (1999) Species-habitat relationships in Latvian farmland: studies of breeding birds in a changing agricultural landscape. *Vogelwelt*, 120, 175–185.
38. Ramans, K. (1994) Ainavrajonēšana. Grām.: *Enciklopēdija “Latvijas Daba”*. 1. sējums, Rīga : Latvijas Enciklopēdija, 22.–24. lpp.
39. Ramans, K., Nikodemus, O. (1982) *Mazo ģeokompleksu pētījumu metodika*. Rīga : P. Stučkas Latvijas Valsts universitāte, 131 lpp.
40. Reģionu attīstība Latvijā. (2003) Rīga: VSIA “Reģionu attīstība”, 76 lpp.
41. Reģionu attīstība Latvijā. (2004) Rīga: VSIA “Reģionu attīstība”, 87 lpp.
42. Reģionu attīstība Latvijā. (2007) Rīga: VSIA “Reģionu attīstība”, 63 lpp.

43. Rösen, E., Borgegård, S. (1999) The open cultural landscape. In: Rydin H., Snoeijis P., Diekman M. (eds.) Swedish plant geography. *Acta Phytogeographica Suecica*, 84: 113–134.
44. Rūsiņa, S. (2006) *Latvijas mezofīto un kserofīto zālāju daudzveidība un kontaktsabiedrības*. Promocijas darbs doktora grāda iegūšanai ģeogrāfijas zinātņu nozarē Dabas ģeogrāfijas apakšnozarē. Rīga : Latvijas Universitāte, 197 lpp.
45. Rutkis, J. (1960) *Latvijas Ģeogrāfija*. Stockholm : Zemgale, 794 lpp.
46. Saktiņa, D., Meyers, H. W. (2005) *Eiropas Savienības līdzfinansēts un nacionālās lauku atbalsta programmas Latvijā: gatavojoties jaunajam programmēšanas periodam. Diskusiju materiāls*. Rīga : Latvijas Republikas Zemkopības ministrija, 266 lpp.
47. Salnais, V., Maldups, A. (1930) *Lauksaimniecības skaitīšana Latvijā 1929. gadā. Zemes plašumi un to izmantošana. Saimniecību skaits*. Rīga : Valsts Statistiskā pārvalde, 535 lpp.
48. Salnais, V., Maldups, A. (1935) *Pagastu apraksti. Pēc 1935. gada tautas skaitīšanas materiāliem*. Rīga : Valsts Statistiskā pārvalde, 620 lpp.
49. Skujenieks, M. (1938) *Latvijas statistikas atlasi*. Rīga : Valsts Statistiskā pārvalde, 55 lpp.
50. Strijker, D. (2005) Marginal lands in Europe – causes of decline. *Basic and Applied Ecology*, 6, 99–106.
51. Szabo, G., Feher, A. (2004) Marginalisation and Multifunctional Land Use in Hungary. *Debrecen: Journal of Agricultural Sciences*, 15, 50–61.
52. Tammaru, T. (2004) Suburbanization, employment change, and commuting in the Tallinn metropolitan area. *Environment and Planning*, 37(9), 1669–1687.
53. Tammaru, T., Leetmaa, K., Silm, S., Ahas, R. (2009) Temporal and Spatial Dynamics of the New Residential Areas around Tallinn. *European Planning Studies*, 17(3), 423–439.
54. Tērauds, V. (1955) *Dabisko pļavu un ganību uzlabošana*. Rīga : Liesma, 331 lpp.
55. Vihinen, H., Tapio-Biström, M.-L., Voutilainen, O. (2004) Status of Marginalisation in Finland: Agriculture and Land Use. EUROLAN report, 2004/4: [http://www.umb.no/ina/forskinning/eurolan/publications\\_e.htm](http://www.umb.no/ina/forskinning/eurolan/publications_e.htm) (skatīts 05.01.2007.).
56. Wit, C. T. (1992) Resource Use Efficiency in Agriculture. *Agricultural systems*, 40, 125–151.

## Summary

*In this article, based on the changes in the methods of land use, transformations in rural landscape in Latvia in the 20th and 21st century are analysed. The most significant change in land use and, as a consequence, landscape structure is the growth of forests in the second half of the 20th century in the uplands of Vidzeme, Idumeja, Augšzeme, and Latgale. The most significant factors that facilitated the development of this process are the conditions of topography, the fertility of the land, and the geographic locations regarding the largest centres and road traffic. At this time, the least developed agricultural land is in the uplands of Vidzeme, near the borders of Russia and Estonia, as well as in the region of Rīga. The land is fallow, and the gradual overgrowth of bushes, compared to the Soviet period, influences the effects of border territories and large cities as well as the land market on a national scale.*

LATVIJAS UNIVERSITĀTES RAKSTI  
724. sējums, ZEMES UN VIDES ZINĀTNES

Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds  
Baznīcas ielā 5, Rīgā, LV-1010  
Tālr. 67034535

Iespiests SIA "Latgales druka"  
Baznīcas ielā 28, Rēzeknē, LV-4601  
Tālr.: 64607176, fakss: 64625938