

LATVIJAS UNIVERSITĀTES
RAKSTI

762. SĒJUMS

Zemes un vides
zinātnes

SCIENTIFIC PAPERS
UNIVERSITY OF LATVIA

VOLUME 762

Earth and
Environmental Sciences

SCIENTIFIC PAPERS
UNIVERSITY OF LATVIA

VOLUME 762

Earth and
Environmental Sciences

UNIVERSITY OF LATVIA

LATVIJAS UNIVERSITĀTES
RAKSTI

762. SĒJUMS

Zemes un vides zinātnes

LATVIJAS UNIVERSITĀTE

UDK 567(082)+554
Ze 556

Galvenais redaktors (Editor-in-Chief):

Prof. Dr. geol. **Vitālijs ZELČS**

Izpildredaktore (Executive editor):

Dr. geogr. **Zanda PENĒZE**

Redaktora vietnieki (Associate Editors):

Prof. Dr. geogr. **Agrita BRIEDE** (klimatoloģija un hidroloģija)

Prof. Dr. habil. chem. **Māris KĻAVIŅŠ** (vides zinātne)

Prof. Dr. geogr. **Zaiga KRIŠJĀNE** (cilvēka ģeogrāfija)

Prof. Dr. geol. **Ervīns LUKŠEVIČS** (pamatiežu ģeoloģija)

Prof. Dr. biol. **Viesturs MELECIS** (vides bioloģija)

Prof. Dr. geogr. **Oļģerts NIKODEMUS** (ainavu un augsnes ģeogrāfija)

Dr. geol. **Juris SOMS** (kvartāra ģeoloģija un ģeomorfoloģija)

Prof. Dr. geol. **Valdis SEGLIŅŠ** (lietišķā ģeoloģija un ģeofizika)

Dr. habil. phys. **Juris ŽAGARS** (ģeomātika)

Asoc. prof. Dr. geogr. **Pēteris ŠKIŅKIS** (telpiskā plānošana)

Redakcijas padomes locekļi:

Prof. Emeritus, Dr. habil. geol. **Ojārs ĀBOLTIŅŠ** (Latvijas Universitāte)

Prof. Ph. D. **Lars Bengt Ake BERGMAN** (Stokholmas Universitāte)

Dr. geol. **Albertas BITINAS** (Klaipēdas Universitāte)

Ph. D. **Edmunds BUNKŠE** (Delavēras Universitāte)

Dr. geogr. **Anita DRAVENIECE** (Latvijas Zinātņu akadēmija)

Prof. Emeritus, Dr. habil. geogr. **Guntis EBERHARDS** (Latvijas Universitāte)

Dr. geogr. **Zenonas GULBINAS** (Viļņas Ģeogrāfijas institūts)

Ph.D. **Peter JOHANSSON** (Somijas Ģeoloģijas dienests)

Dr. habil. agr. **Aldis KĀRKLIŅŠ** (Latvijas Lauksaimniecības Universitāte)

Prof. Dr. geogr. **Maija ROZĪTE** (Biznesa augstskola Turība)

Latviešu teksta literārā redaktore **Gita Bērziņa**

Angļu teksta literārais redaktors **Imants Mežaraups**

Maketu un vāka noformējumu veidojusi **Andra Liepiņa**

Visi krājumā ievietotie raksti ir recenzēti.

Pārpublicēšanas gadījumā nepieciešama Latvijas Universitātes atļauja.

Citējot atsauce uz izdevumu obligāta.

© Latvijas Universitāte, 2011

ISBN 978-9984-45-324-8

Saturs/Contents

Mārtiņš Lūkins, Oļģerts Nikodemus

Meža masīva struktūras maiņa 20. gs. pauguraines ainavā Vidzemē
The Change of Forest Structure During the 20th Century. Case Study of
Forest Tract in Vidzeme Hummocky Landscape 7

Laura Grīnberga

Aquatic Vegetation Distribution in Relation to Environmental Factors
in Middle-sized Streams in Latvia
Vides faktoru ietekme uz ūdensaugu veģetācijas izplatību vidēji lielās upēs Latvijā 26

Solvīta Strazdina

The Ability of Macrophyte Metrics to Assess Ecological Quality
of the Streams of Latvia
Makrofitu indeksu izmantošanas iespējas upju ekoloģiskās kvalitātes
novērtēšanā Latvijā 35

Linda Uzule

Makrofitu izmantošana Imulas ekoloģiskās kvalitātes noteikšanā
Employment of Macrophytes to Establish the Ecological Quality of the River Imula 42

Artis Robalds, Māris Kļaviņš

Sūnu un kūdras maisīņu metode gaisa piesārņojuma monitoringam
Moss and Peat Bag Method for Monitoring of Air Pollution 54

Dmitrijs Poršņovs, Māris Kļaviņš

Kūdras termiskās apstrādes ietekme uz tās ķīmisko struktūru un
naftas ogļūdeņražu sorbcijas īpašībām
Influence of Thermal Treatment of Peat on Its Chemical Structure and
Oil Hydrocarbon Sorption Characteristics 72

Sandijs Meškis, Olga Mitikova

Daugavas svītas ihnofosiliju komplekss un sedimentācijas baseina
īpatnības Kalnciema karjerā
Daugava Regional Stage Ichnofossil Assemblage and Features
of the Sedimentary Basin in the Quarry of Kalnciems 83

Agnese Stunda, Līga Bērziņa-Cimdiņa, Ilze Lūse, Valdis Segliņš

XRD uzņemšanas parametru ietekme uz vāji kristālisku materiālu
difraktogrammām
Effect of XRD Data Collecting Parameters on Poorly Crystalline
Material Diffractograms 93

Ilze Lūse, Valdis Segliņš, Agnese Stunda, Mārtiņš Randers

Minerālā sastāva un illīta polītipu variācija augšdevona Katlešu svītas
un Latvijas apledošanas glaciģenājos nogulumos
Mineral Composition and Illite Polytypes Variation in Sedimentary
Rocks of Upper Devonian Katlešu Formation and Glacigenic Sediments
of Weichselian Glaciation in Latvia 102

Liāna Znudova

Senās iekšzemes kāpas Viduslatvijas zemienes Ropažu līdzenumā
Ancient Inland Sand Dunes in Ropaži Plain, Central Latvian Lowland 114

Artūrs Putniņš

Praulienas pauguraines ledāja reljefa morfoloģija un deglaciācija
Glacial Morphology and Deglaciation of the Prauliena Hummocky Area 131

Juris Soms

Efemērās gravas un to veidošanas ietekmējošie faktori dienvidaustrumu Latvijā
Ephemeral Gullies and Factors Controlling Their Development
in South-Eastern Latvia 149

Juris Soms, Valdis Segliņš

Nogāžu procesu un gravu erozijas veidotie reljefa kompleksi
dabas pieminekļi „Sproģu gravas” ietvertajā Daugavas senielejas daļā
Mass Movement and Gully Erosion Landform Complexes within
the Territory of the Nature Monument „Sproģu gravas” Located
in the Daugava Spillway Valley 161

Zane Zosa

Devona Arukilas svītas smiltsieži Kurzemē: sastāvs, uzbūve un veidošanās apstākļi
Sandy Deposits of the Devonian Arukūla Formation in Kurzeme: Composition,
Structures and Sedimentary Environment 177

Zanīta Avotniece, Valery Rodinov, Māris Kļaviņš

Climate Related Mortality Changes in Latvia, 1996–2008
Klimata ietekmes uz mirstību Latvijā 1996–2008 188

Guntis Šolks

Reurbanizācija un pilsētvides atjaunotne kā Grīziņkalna apkaimes
attīstības perspektīva
Reurbanization and Urban Regeneration as a Perspective for
Development of Grīziņkalns Neighbourhood 196

Lāra Zemīte

Segregācijas procesu izpausme Rīgā: Vecāķu apkaimes piemērs
Residential Segregation in Riga: the Vecāķi Case 206

Lāsma Zēberga

Pierīgas jauniešu mobilitāte: Mārupes ciema un Baložu pilsētas piemērs
Youth Mobility in Rīga Urban Fringe area: Cases of Mārupe and Baloži Localities 216

Līva Kaugure

Ikdienas dzīves telpas kvalitāte pretstatā attīstītāju veidotajam reklāmas
tēlam: Beberu ciemata piemērs
Lifeworld and Quality of Life Versus Developers Created Image:
Case of Suburban Village „Beberi” 231

**Meža masīva struktūras maiņa 20. gs.
pauguraines ainavā Vidzemē**
*The Change of Forest Structure During the 20th
Century. Case Study of Forest Tract in Vidzeme
Hummocky Landscape*

Mārtiņš Lūkins

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

Oļģerts Nikodemus

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

Rakstā aplūkota meža ainavas attīstība dabisku un cilvēka rosinātu faktoru ietekmē lokālā mērogā.

Analīzei izmantoti vēsturiskie meža inventarizāciju dati, Valsts meža dienesta datubāze un lauku pētījumu rezultāti. Analizētas meža kontūrainības izmaiņas, kā arī salīdzinātas meža tipoloģiskās pieejas. Pamatojoties uz to, analizētas meža iekšējās vecumstruktūras un koku sugu sastāva izmaiņas vienās un tajās pašās vietās, izmaiņu raksturu aplūkojot atkarībā no saimniecisko darbību intensitātes.

Pētījuma gaitā secināts, ka visu pārstāvēto koku sugu vecums ir pieaudzis, vienlaikus to izvietojums kļuvis sadrumstalotāks. Meža platību apsaimniekošanas vēstures analīze atklāja, ka ekstensīvi apsaimniekotās platībās laika gaitā samazinās visu valdošu koku sugu īpatsvars. Bioloģiskai daudzveidībai nozīmīgo teritoriju veidošanās saistāma ar vietām, kuras ilgstoši izmantotas ekstensīvi. Pētījuma gaitā iegūtie secinājumi aktualizē diskusiju par meža bioloģiskās daudzveidības veidošanās likumsakarībām un laika gaitā mainīgo meža izmantošanas politiku un prakšu ietekmi uz meža struktūru un sastāvu.

Atslēgvārdi: meža masīva vēsture, meža ekosistēmas, vecumstruktūra, koku sugu sastāvs, dabiskie meža biotopi.

Ievads

Ainavu un ekosistēmu struktūrā atspoguļojas vides apstākļu mijiedarbības dinamiskais raksturs, kā arī dažādo vēsturisko faktoru ietekme (Zerbe, 2004). Meža

ainavā tas izpaužas mežaudžu vecuma, sugu sastāva un augšanas apstākļu mozaikā. Ļoti nozīmīga loma „jaunajā postmodernajā ainavā” (pēc Antropa, 2005) ir cilvēka saimnieciskajai darbībai. Ilgā un daudzveidīgā cilvēka ietekme uz meža ekosistēmām rada nepieciešamību apzināt arī zemes izmantošanas vēsturi kā būtisku faktoru, kas ietekmējis pašreizējo meža struktūru (Zerbe, 2004; Dupouey et al., 2002). Meža ekosistēmas attīstības vēstures izpēte uzskatāma par ainavu ekoloģisko studiju nozīmīgu sastāvdaļu (Zerbe, 2004). Salīdzinoši maz ir tādu autoru, kas detalizēti aplūko zemes izmantošanas vēstures ietekmi uz meža ekosistēmu pašreizējo struktūru, sastāvu un daudzveidību (Uotila et al., 2002). Minēto pētījumu pamatā ir meža izmantošanas plānu materiālu analīze, kas papildināta ar pašreizējās meža struktūras novērtējumu (Liira et al., 2007; Uotila et al., 2002). Meža vēstures izpēte ir aktuāla arī Latvijā, un salīdzinājumā ar citām Eiropas valstīm to atvieglo augsti detalizētie vēsturiskie meža inventarizācijas dati.

Latvijā meža apsaimniekošana tiek uzskatīta par nozīmīgu faktoru, kas ietekmējis ne tikai abiotisku faktoru norises raksturu meža ekosistēmās (Strods, 1999), bet arī koku sugu sastāvu un vecuma sadalījumu (Eihe, 1940; Priedītis, 1999), kā arī meža ainavas fragmentāciju (Terauds et al., 2008). Mainoties meža apsaimniekošanas paņēmieniem, atšķirīgā pakāpē tiek ietekmēta meža ekosistēmu struktūra (Löhmus et al., 2007). Zemas intensitātes meža izmantošana, kas pastāvīgi notikusi vairāku desmitu gadu laikā, pretēji mežaudžu nociršanai kailcirtē meža ekosistēmas struktūru pārvērš ļoti līdzīgu tai, kas ilgā laikā izveidojas pirmatnējos mežos (Peterken, 1996; Liira et al., 2007). Turpretī meža ciršana kailcirtēs un mākslīga meža atjaunošana meža ekosistēmas struktūru vienkāršo (Angelstam, Dönn-Breuss, 2004).

Vietas bioloģisko daudzveidību ietekmē kā meža zemju transformācija lauksaimniecības zemēs, tā arī lauksaimniecības zemju dabiska aizaugšana ar kokiem un krūmiem vai apmežošana. Pļavu aizaugšanas dēļ samazinās to sugu daudzveidība, kurām ir nozīmīga atklāta pļavu ainava vai mozaikveida ainava (Keišs, 2005). Vienlaikus lauksaimniecības zemju apmežošana uzskatāma par iespēju palielināt bioloģisko daudzveidību, jo izveidojas dzīvotnes meža ekosistēmām raksturīgām sugām (Bowen et al., 2007). No bioloģiskās daudzveidības novērtēšanas metodikas aspekta lauksaimniecības zemju apmežošanas daži autori (Angelstam, Dönn-Breuss, 2004) ierosina aplūkot kā līdzvērtīgu procesu dabiskajiem traucējumiem, kas veicina dabisko sukcesiju. Mazāk pētīts ir renaturalizācijas raksturs un gaitas likumsakarības dažādos ainavu tipos un lokāli atšķirīgos ekoloģiskos apstākļos.

Latvijā bioloģiskās daudzveidības dinamika meža ekosistēmās pētīta, galvenokārt novērtējot to pašreizējo līmeni (Priedītis, 2003) un mazāk pievēršoties ilgstošās zemes izmantošanas, tanī skaitā meža apsaimniekošanas, ietekmei uz bioloģiskās daudzveidības funkciju un kompozicionālajiem aspektiem. Izņēmumi ir bioloģiskās daudzveidības kvantitatīvs novērtējums pēc Šenona–Vīnera kritērija (Gutko et al., 2001) sekundārās un primārās meža zemēs, kā arī bioloģiskā daudzveidība sugu līmenī un meža ekosistēmas struktūru kvantitatīvs vērtējums, aptverot plašu meža augtņu spektru un teritorijas ar atšķirīgu zemes izmantošanas vēsturi (Suško, 1998).

Mūsu pētījuma mērķis ir noskaidrot meža izmantošanas vēstures ietekmi uz pašreizējo teritorijas bioloģisko daudzveidību. Pētījumam izvēlēta teritorija, kurā ilgstoši pastāvējis mežs.

Materiāls un metodes

Pētāmā objekta raksturojums

Pētāmā teritorija – Spinduļu meži (1. att.) – atbilstoši Latvijas ainavrajonēšanas shēmai (Ramans, 1994) atrodas Vidzemes augstienes ainavzemes ziemeļrietumu (Spāres–Raunas) āru nolaidā ar Amatas augšteces ielieces mežaini un Rietumu (Kosas–Launkalnes) augstumu apvidu saskares teritorijā.

Teritorija atrodas 200 līdz 227 m vjl. Tās virsmas reljefa saposmju nosaka zemi dažādu formu morēnpauguri, kēmu pauguri un plakanvirsmas mālpauguri. Lēzenos pazeminājumus aizņem purvu nogulumu un glaciģēnīgu nogulumu. Tur izplatīti purvaini meži un purvi – Tīroles purvs un Gnēzeņu purvs – un ezeri – Mazais Piparu ezers un Sarķīts.

Teritorijā pārsvarā izplatītas velēnu podzolaugšnes, virsēji velēnglejotās augšnes un velēnpodzolētās virsēji glejotās augšnes, bet ieplakās – velēnu glejaugšnes. Sastopamas arī zemā, pārejas un augstā purva kūdraugšnes.

Pētāmā meža masīva kopējā platība ir 326,3 ha, no kuriem 9,7% aizņem priežu meži, 47,7% – egļu meži, 24,9% – bērzu meži, 4,3% – apšu meži, 0,1% – melnalkšņu meži, 1,2% – izcirtumi, 7,5% – sūnu purvi, 2,6% – pārejas purvi un 0,26% – zāļu purvi.

Pētījuma metodes

Pētījumam par meža struktūras izmaiņām laika gaitā izmantoti Latvijas Valsts vēstures arhīva Nītaures muižas un draudzes un Annas muižas karšu un plānu materiāli no fondiem Nr. 1679, 7404 un 6828, kā arī Latvijas Valsts mežzinātnes institūta „Silava” meža ierīcības arhīva materiāli par Siguldas novada Nītaures mežniecību, Cēsu virsmežniecības Nītaures un Zaubes mežniecību. Meža ierīcības arhīvu materiāli deva iespēju laika posmā no 1938. līdz 2000. gadam identificēt kailcirtē nocirstās mežaudzes. 1929. gada meža nogabalu plāns tika ieskenēts, iesiets koordinātu tīklā, un nogabalu robežas digitalizētas, izmantojot programmu *ArcGis 9.1. Arc Map*.

Meža masīva struktūras izmaiņas tika salīdzinātas pēc šādiem rādītājiem: kopējās meža platības, mežaudžu vecuma sadalījums pa valdošām koku sugām, mežu tipu platības, meža nogabalu platību dinamika, nogabalu skaits un platība atkarībā no meža teritorijas izmantošanas rakstura, koku sugu sastāvs.

Salīdzinot nogabalu kontūru konfigurāciju, tika aprēķināta to sakritības pakāpe. Meža ekosistēmas struktūras salīdzināšanai izvēlētas tās kādreizējo nogabalu platības, kuras vismaz 70% apmērā sakrīta ar jaunākajā meža ierīcībā nodalītiem nogabaliem. Meža ekosistēmu vēsturisko atšķirību noskaidrošanai izmantoti salīdzināmā laika perioda meža tipi (Kiršteins, 1926) un Latvijas mežu tipoloģija (Bušs, 1981). Pirmskara meža inventarizācijā koku sugu vecumus norādīja, ja tie skujkokiem atšķīrās vairāk par 20 gadiem un lapu kokiem vairāk par 10 gadiem (Matīss, 2007). Arī pašreiz spēkā esošie MK 2007. gada 28. augusta noteikumi Nr. 590 „Meža inventarizācijas un meža valsts reģistra informācijas aprites noteikumi” paredz norādīt vienas sugas koku vecuma atšķirības, ja tie pārsniedz vienas vecuma klases robežas. Tomēr pašreiz nogabalu aprakstos vienai koku sugai bieži norādīts vecums, kas atšķiras tikai par dažiem gadiem. Aplūkojot koku vecuma dažādību, vienai sugai

izmantoti vairāki norādītie vecumi, ja tie atšķiras vairāk nekā par vienu vecuma klasi. Pārējos gadījumos izmantots tās koku sugas vecums, kurai ir lielāks īpatsvars audzes sastāvā.

Salīdzinot pārstāvēto koku vecumu, pieņemts, ka tas noteikts ar meža inventarizācijā pieļaujamo kļūdu 5–10% no faktiskā gadu skaita, kas palielina vai samazina abu norādīto vecumu starpību maksimāli par 20%.

Izvēlētās meža nogabalu teritorijas dabā tika apsektas 2006. un 2007. gadā, nosakot meža augšanas apstākļu tipu, novērtējot taksācijas datu atbilstību un ekstenzīvas koku ciršanas pēdas (celmi, nobrāztu koku stumbri, kokmateriālu kaudzes). Izcirtumos un jaunaudzēs tika vērtētas kopšanas cirtes un to ietekme uz koku sugu sastāvu.

Digitalizētiem 1929. gada meža nogabalu robežu vektora failiem piesaistīta datubāze ar 1929. un 2003. gada meža taksācijas rādītājiem un aprēķinātām izmaiņām ar 10% precizitāti. Tām 1929. gada meža nogabalu teritorijām, kurās aplūkotajā laika periodā nodalīti vairāki jauni nogabali, datubāzē izdarīti to skaitam atbilstoši ieraksti un aprēķināta 1929. un 2003. gada meža nogabalu platības attiecība. Datu statistiskā analīze veikta programmā *Microsoft Excel*.

Rezultāti

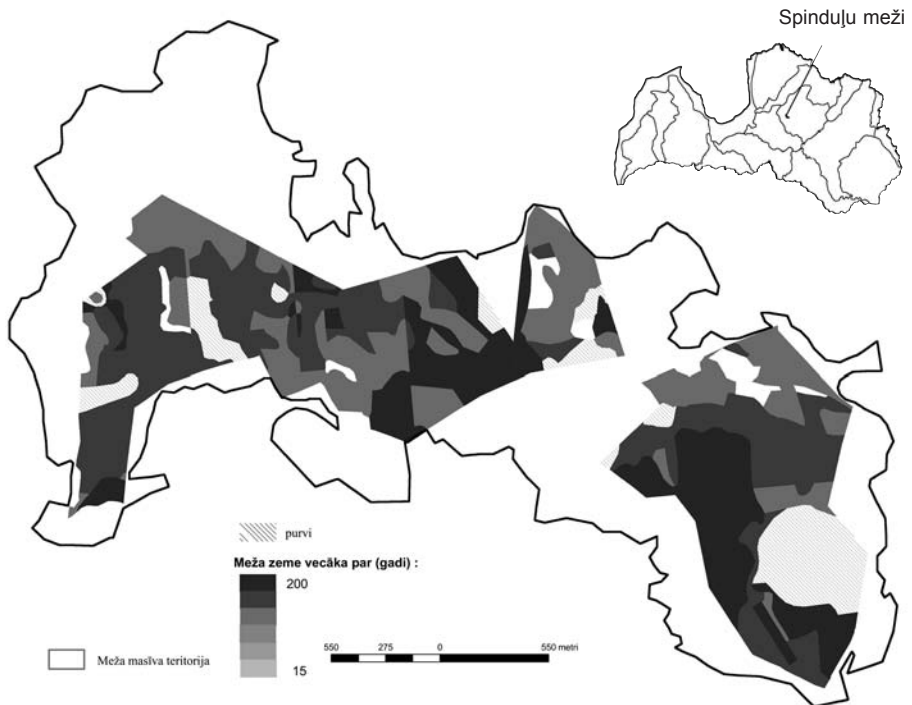
Teritorijas izmantošanas vēsture

Informāciju par meža platības izmaiņām periodā no 17. līdz 19. gs. Spinduļu meža masīvā sniedz kartogrāfiskais materiāls.¹ Mežs kā teritorijas dominējošais zemes lietojumveids pētāmajā teritorijā attēlots 1681. gada Nītaures muižas plānā. Laika posmā no 18. gs. sākuma līdz 19. gs. par šo teritoriju trūkst kartogrāfiskā materiāla, kas ļautu spriest par meža platības izmaiņām. Sākot ar 19. gadsimta beigām, mežaudze pakāpeniski pārņēmusi teritorijā esošās lauksaimniecībā izmantojamās zemes un meža lauces (1. att.).

Laika posmā no 18. gadsimta vidus līdz 1921. gadam pētāmā teritorija ietilpusi Annas muižas īpašumā. Par šo laiku informācija, kas raksturo meža apsaimniekošanas intensitāti, ir visnotaļ vispārīga. Dokumentos atzīmēts, ka „meži apsaimniekoti kā iepriekšējiem saimniekiem labpaticies”, un nav bijusi izvesta mežierīcība (Siguldas novada..., 1929). Netieši par teritorijas izmantošanas raksturu var spriest pēc mežaudžu vecuma un sugu sastāva. Meža zemi aizņēmušas par 100 gadiem vecākas egļu audzes ar nelielu lapu koku piemistrojumu. Tomēr lielākā meža teritorijā atradušies 30 līdz 50 gadus veci egļu, retāk priežu un lapu koku meži. Pirmās Latvijas brīvvalsts laikā teritorija tika ieskaitīta Zaubes novada Nītaures virsmežniecībā, un 1929. gadā tur veikta meža ierīcība.

Pēdējo 80 gadu laikā pētāmajā teritorijā samazinājušās egļu, bet pieaugušas lapu koku (bērzu, melnalkšņu, apses) audžu aizņemtās platības. Ar lapu kokiem aizaugušas kādreizējās lauces, kā arī samazinājušās zāļu un sūnu purvu platības un pieaugusi pārejas purvu platība (1. tab.). Pašlaik lielākās platībās nekā 1929. gadā sastopamas egļu, priežu un bērzu mežaudzes.

¹ LVVA, 7404. f., 208. apr., 844. l. Nītaures muižas plāni (1681); LVVA, 1679. f., 189. apr., 14. l. Nītaures draudzes karte (plāna daļa); LVVA, 6828. f., 194. apr., 129. l. Annas muižas rentes māju plāns 1874. gads (plāna daļa).



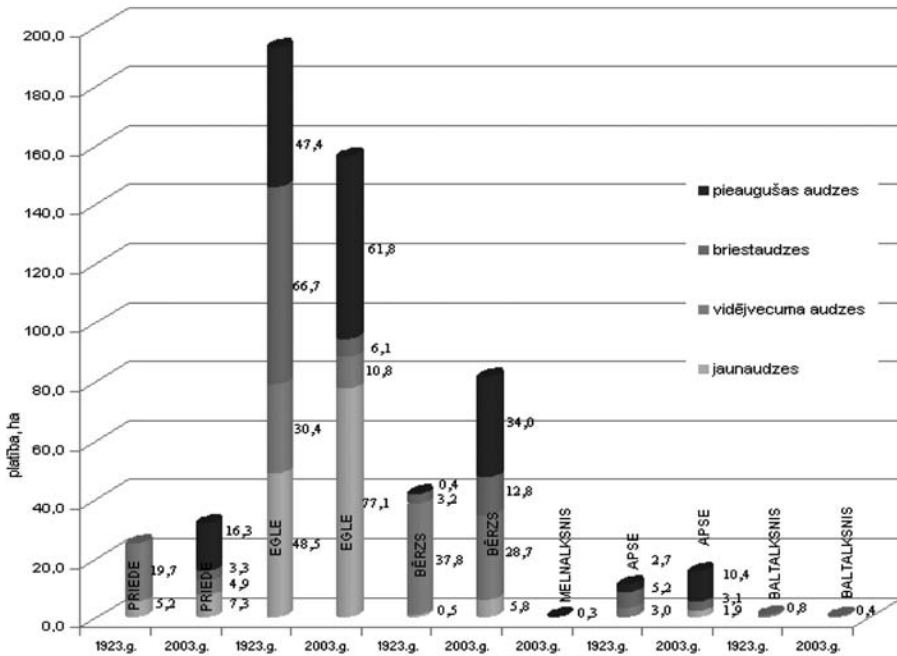
1. att. Meža platības izmaiņas kopš 19. gadsimta sākuma Spinduļu meža masīvā
 Fig.1. Dynamic of Forest Cover Since the Beginning of the 19th Century

1. tabula

Pētāmās mežaudzes un citas ekosistēmas 1929. un 2003. gadā
 Area of Forest Stands in 1929 and 2003

| Valdošā koku suga ² | 1929. gads (ha) | 2003. gads (ha) | Izmaiņas 2003. gadā salīdzinājumā ar 1929. gadu (%) |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|---|
| Apse | 10,9 | 13,5 | +23,8 |
| Bērzs | 41,9 | 81,3 | +94,0 |
| Egle | 193 | 155,9 | -19,2 |
| Priede | 24,9 | 31,8 | +27,6 |
| Baltalksnis | 0,8 | | -100,0 |
| Melnalksnis | | 0,3 | |
| Izcirtums | 2,9 | 3,8 | +31,5 |
| Lauce | 2,8 | | -100,0 |
| Lauce – zāļu purvs | 1,6 | | -100,0 |
| Pļava | 5,5 | | -100,0 |
| Zāļu purvs | 5,3 | 0,8 | -84,2 |
| Sūnu purvs | 36,7 | 24,6 | -33,0 |
| Pārējas purvs | | 11,4 | +100,0 |

² Valdošā ir tā koku suga, kura veido vismaz 50% no kopējā mežaudzes koksnes apjoma.



2. att. Mežaudžu vecuma sadalījums 1929. un 2003. gadā

Fig. 2. Distribution of Age of Forest Stand in 1929 un 2003

Pētāmajā periodā ir izmainījusies arī mežaudžu vecumstruktūra. Kopumā vecākas kļuvušas visu koku sugu audzes (2. att.). Vislielākais vecuma pieaugums novērots priežu, bērzu un apšu mežaudzēm, mazāks – eglu mežaudzēm.

Atbilstoši Latvijas meža tipoloģijai (Bušs, 1981) pētāmās teritorijas meži pieskaitāmi pie desmit meža tipiem (2. tab.). Sausieņu tipi tur aizņem gandrīz 2/3 visas meža zemju platības. Dominē eitrofais meža tips – vēris, kas ir tipisks Vidzemes augstienei (Laiviņš, 1997). Niedrāja, purvāja un dumbrāja meža tipi kopā veido apmēram 1/4 daļu meža zemju kopplatības.

Meža tipu teritoriālais izvietojums

Raksturojot mežu ainavas struktūras izmaiņas, mežu tipu izplatība mūsdienās salīdzināta ar pagājušā gadsimta pirmās puses mežu tipu teritoriālo izplatību. Minētā procedūra ir sarežģīta, jo šajā periodā Latvijas meža tipu klasifikācijas sistēma vairākkārt tikusi pārveidota (Melderis, 1913, 1938; Kiršteins, 1923, 1926; Zviedris, 1938; Zviedris un Matuzānis, 1960; Bušs, 1981). Dažādās mežu tipu klasifikācijās iekļautie meža tipi savstarpēji tika salīdzināti, par pamatu ņemot koku sugu sastāvu, zemsedzes indikatorsugas, produktivitāti un augšņu īpašības. Balstoties uz minētajām pazīmēm, tika izveidota shēma pārejai no 1929. gada meža ierīcībā teritorijā lietotās klasifikācijas sistēmas uz pašreiz lietoto (Bušs, 1981) meža augšanas apstākļu tipu klasifikācija sistēmu (3. att.).

| meža tips | raksturīgās koku un krūmu sugas | bonitāte | augšnes | zemesdze | meža augšmas apstākļu tips | raksturīgās koku un krūmu sugas | bonitāte | augšnes | zemesdze |
|-----------|--|----------|---|---|----------------------------|--|----------|--------------------|--|
| Eg | E, A, B, M, La | I-II | Māls, smilšmāls, mālsmilts, vāji skāba līdz skābai | Mellenes, zažskābenes, spīdīgā stāvsūna, papardes | Vr | E, B, A, Oz, Ba, La, Pi, Bl | I-Ia | PVv, PVh, Pva | Zažskābenes, divlapu žagatiņas, stāvsūna, rūšaines |
| Pr | P, E, B mistrojums, ar E 2. stāvu, Kd, La | I-III | Smilts, mālsmilts, rūšas kārta | Brūklenes, mellenes, spīdīgās sūnas, virši | Dm | P, E, B, retāk Ba, A, Pi, La, Kd | I-Ia | PVv, PGx | Mellenes, niedru cieta, ērgļparde, papardes, rūšaines, stāvaines, divzobes |
| Ed | E, piemistrotumā P, B, A, Pi, Sg, La | I-III | Mālsmilts, grants, vāji skābas līdz skābas augšnes | Brūklenes, mellenes, spīdīgā sūna, zažskābenes, šaurlapu zāle | Dms | P, E, B tīraudzes un mistraudzes, Kr, Pi, Ka | III | PGh, PGr, Pgi | Mellenes, brūklenes, molīnijas, ciņu smilgas |
| Gr | E, B, Os, A, piemistrotumā Oz, K, L, G, La | I-II | Māls, smilšmāls, neitrālas vai nedaudz skābas augšnes | Platlapji, mieži | Gr | Oz, Os, E, B, A, L, Ba tīraudzes un mistraudzes, La, Bl, Pi, Ss | I-Ia | BRK, VKI, GLg | Gārsas, mieži |
| Db | E piemistrotumā M, B, Kr | III-IV | Dziļi periodiski slapja vāji skāba dūņu augšne | Vīgrieži, papardes | Vrs | E, A, B tīraudzes un mistraudzes, Kr, Pi | II-III | PGx, PGh, PGr, Pgi | Mellenes, meža kosas, molīnijas, sfagni, dzegužlīni |
| Br | B, E, M, P mistrojums | III-V | Pārplūstoša slapja, vāji skāba dūņu augšne | Papardes | Db | B, M, Os mistraudzes Kr, K, Ie | III-IV | TZ, TP | Papardes: plūksnpapardes, ozolpapardes, sievpapardes, grīši |
| Ml | M, B, piemistrotumā Os, E, A | I-IV | Slapja dūņu augšne ar caurtekošu ūdeni | skalbes, cūkauši | | | | | |
| Rs | P, mistrotumā B, E | III-V | Slapjš līdz 0,5 m biezs kūdras slānis | Vaivariņi, sfagni, zilenes, virši | Pv | P tīraudzes vai ar nelielu B piemistrotumu, Kr, Pi | V | TA, TP | Virši, vaivariņi, zilenes, sfagni |
| Ep | E, B, piemistrotumā P, M, A | IV-V | Slapja, skāba trūdu augšne ar kūdras virskārtu | Sfagni, kosas | | | | | |
| Nd | P, E, B mistrojums, ar B pamežā | III-V | Slapja (arī dziļāka par 0,5 m) trūdu vielu augšne (apaugušie pārejas purvi) | Carex, niedres Phragmites, sfagni | Nd | P, B tīraudzes un mistraudzes, arī ar E, M piemistrotumu, Kr, Ka, Kd | IV | TP, TA | Grīši, niedres puplākši, mellenes, sfagni, skrajlapas |

Izmantotie apzīmējumi**Granulometriskā sastāva grupas (Boruks, 1996):**

M – māls, sM1 – smags smilšmāls, sM2 – vidējs smilšmāls, sM3 – viegls smilšmāls, mS – mālsmilts, S – smilts, Gr – grants

Latvijas augšņu nosaukumi (Kārklīš et al 2009):

PVv – Velēnu podzolaugsne
 PVh – Trūdainā podzolaugsne
 Pva – Trūdaini kūdrainā podzolaugsne
 PGx – Velēnpodzolētā psidoglejotā augsne
 PGh – Trūdainā podzolētā glejotā augsne
 PGr – Trūdainā podzolētā glejaugsne
 PGi – Kūdrainā podzolētā glejaugsne

BRk – Reliktkarbonātiskā brūnaugsne
 VK1 – Izskaļotā velēnu karbonātaugsne
 GLg – Velēnglejotā augsne
 TA – Augstā purva kūdraugsnes
 TP – Pārejas purva kūdraugsnes
 TZ – Zemā purva kūdraugsnes

Koku un krūmu sugas:

P – priede Oz – ozols
 E – egle L – liepa
 B – bērzs G – goba
 A – apse Ba – baltalksnis
 Os – osis M – melnalksnis
 K – kļava Sg – segliņš
 Pi – pīlādzis Ss – sausserdis
 Bl – blīgzna Ie – ieva
 Kd – kadiķis La – lazda
 Kr – krūklis

Meža tipi (1929):

Eg – Eglājs *Picea abies*
 Pr – Priedulājs *Pinus sylvestris*
 Ed – Priedeglājs *Pinus sylvestris*
 Gr – Gārša *Picea abies*
 Db – Dumbrājs *Pinus sylvestris*
 Br – bērzājs, pārejas asociācija Db
 Ml – Melnalksnājs *Pinus sylvestris*
 Rs – Riests *Pinus sylvestris*
 Ep – Purveglājs *Picea abies*
 Nd – Nīdrājs *Pinus sylvestris*

Meža augšņapstākļu tipi (Bušs, 1981):

Dm – Damaksnis *Hylocomium*
 Vr – Vēris *Oxalidosa*
 Dms – Slapjais damaksnis *Myrtilloso-sphagnosa*
 Gr – Gārša *Aegopodium*
 Vrs – Slapjais vēris *Myrtilloso-polytrichosa*
 Db – Dumbrājs *Dryopteris-caricosa*
 Pv – Purvājs *Sphagnosa*
 Nd – Nīdrājs *Caricosa-phragmitosa*

3. att. Shēma pārejai no 1929. gada mežierīcības instrukcijā nodalītajiem meža tiptiem uz K. Buša (Bušs, 1981) nodalītajiem meža augšanas apstākļu tiptiem

Fig. 3. Comparison of Forests Site Types Classification According to Dominating Tree Species, Productivity, Soil Characteristics and Typical Groundcover Species (According to Regulations of Forest Inventory (1926) and Forest Site Type Classification by Buss 1981)

No meža tipoloģisko vienību pazīmju salīdzināšanas izriet, ka vēsturiskie meža tipi nav skaidri piesaistāmi tikai vienam pašreiz lietotam meža augšanas apstākļu tipam. Abu meža tipu teritoriālā izvietojuma salīdzinājums norāda par meža tipu nobīdi augteņu rindas robežās un arī starp tām (2. tab.).

Apmēram 50% nogabalu, kas atbilst vēra meža augšanas apstākļu tipam, 1929. gadā klasificējami kā eglāja meža tipi, bet pārējie gadījumi attiecināmi uz citiem meža augšanas apstākļu tiptiem, arī pārmitriem. Turpretī priedeglājos, kas vislielākā mērā atbilst damakšņa un slapjā damakšņa meža augšanas apstākļu tipam, gandrīz 50% platību mūsdienās atbilst vērim. Apmēram 60% nodalīto bērzāju platību atbilst pašreizējam dumbrāja un nīdrāja meža augšanas apstākļu tipam, ar kuriem tam ir vislielākā līdzības pakāpe, bet atlikušie 40% – ekoloģisko apstākļu ziņā atšķirīgajam vēra meža augšanas apstākļu tipam.

Visprecīzāk ar pašreizējiem purvāja un nīdrāja meža tiptiem sakrīt priežu nogabali, kas 1929. gadā nodalīti kā purva priedes un riesta meža tipi (2. tab.).

2. tabula

Meža tipi (1929. gada mežierīcības instrukcija) un meža augšanas apstākļu tipi pēc K. Buša (1981) 1929. gada meža ierīcībā nodalītajumu nogabalu. Meža tipoloģijas nodalīto meža tipu teritoriālā sakrītības pakāpe (gadījumu skaits)

Forest Site Types According to Classification Scheme of Regulations of Forest Inventory (1929) and Buss (1981) in Studied Sub-Compartments of Forest Inventory of 1929

| Valdošā koku suga | Meža pamattipi un asociācijas (1929. gada mežierīcības instrukcija) | Meža augšanas apstākļu tipi (Bušs, 1981); to platība (ha) | | | | | | | | |
|-------------------|---|---|-------|-------|--------------------|----------------|--------------|---------|----------|----------|
| | | Damaksnis | Vēris | Gārša | Slapjais damaksnis | Slapjais vēris | Slapjā gārša | Purvājs | Niedrajs | Dumbrājs |
| | | 15,5 | 128,2 | 38,8 | 7,0 | 9,2 | 4,8 | 19,9 | 47,6 | 14,7 |
| Egle | Eglājs | 4* | 19* | 7 | 2 | 6 | | | | |
| Egle | Priedeglājs | 5* | 9 | 3 | 3* | | | | | |
| Egle | Purva eglājs | 1 | 2 | | 1 | | | | 3* | 1 |
| Egle | Eglājs + purva eglājs | 1 | | | | * | | | | |
| Egle | Eglājs + gārša | | 4* | 3* | | | | | | |
| Egle | Gārša | | 1 | 3* | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Bērzs | Bērzs | | 2 | 1 | | | 1 | | 3* | 3* |
| Bērzs | Bērzu eglājs | | 1* | 1 | | | | | | 1 |
| Bērzs | Bērzu priedeglājs | | 1 | | | 1 | | | 1 | |
| Bērzs | Zāļu purvs | | | | | | | 1 | | |
| | | | | | | | | | | |
| Priede | Purva priede | | | | | | | 2* | 2 | |
| Priede | Riests | | | | | | | | 1* | |
| Priede | Priedulājs | | 1 | | 1 | | | | | |
| Priede | Purva priede + riests | | | | | | | 1 | 1 | |
| | | | | | | | | | | |
| Apse | Apšu eglājs | | 2* | 1 | | | | | | |
| Apse | Apšu gārša | | 1 | 1* | | | | | | |

* Lielākā līdzības pakāpe koku sugu sastāva, zemsedzes, bonitātes un augšņu īpatnību ziņā.

Meža augšanas apstākļu faktiskā daudzveidība ir lielāka, nekā to uzrāda 1929. gada meža taksācijas dati. Apmēram 30% gadījumu kādreizējās eglāja un priedeglāja meža tipu platībās atbilstoši 2003. gada meža taksācijai nodalīti 2–3 meža augšanas apstākļu tipi. Bērzs meža tipa teritorijas dabas apstākļu dažādības ziņā ir viendabīgākās no visiem aplūkotajiem meža tipiem (3. tab.).

3. tabula

**2003. gadā nodalīto meža tipu skaits platībās, kurās 1929. gadā
noteikts viens meža tips**

Change in Number of Site Types since 1929 in Studied Sub-Compartments

| Suga | Meža tips (Kiršteins, 1926) | 1929. gadā nogabala teritorijā atrodas 1 meža augšanas apstākļu tips | 1929. gadā nogabala teritorijā atrodas 2 meža augšanas apstākļu tipi | 1929. gadā nogabala teritorijā atrodas 3 meža augšanas apstākļu tipi |
|--------|--------------------------------|---|---|---|
| Egle | Eglājs (Eg) | 14 | 4 | 1 |
| Egle | Priedeglājs (Ed) | 10 | 3 | |
| Egle | Purva eglājs (Ep) | 5 | | 1 |
| Egle | Eglājs + purva eglājs | 1 | | |
| Egle | Eglājs + gārša | 1 | 1 | |
| Egle | Gārša | 1 | | 1 |
| Bērzs | Bērzs | 9 | | |
| Bērzs | Bērzs eglājā | 3 | | |
| Bērzs | Bērzs priedeglājā | 3 | | |
| Bērzs | Zāļu purvs | 1 | | |
| Priede | Purva priede | 4 | | |
| Priede | Riests | 1 | | |
| Priede | Priedulājs | 2 | | |
| Priede | Purva priede + riests | 1 | | |
| Apse | Apse eglājā | 1 | | |
| Apse | Apse gāršā | | 1 | |

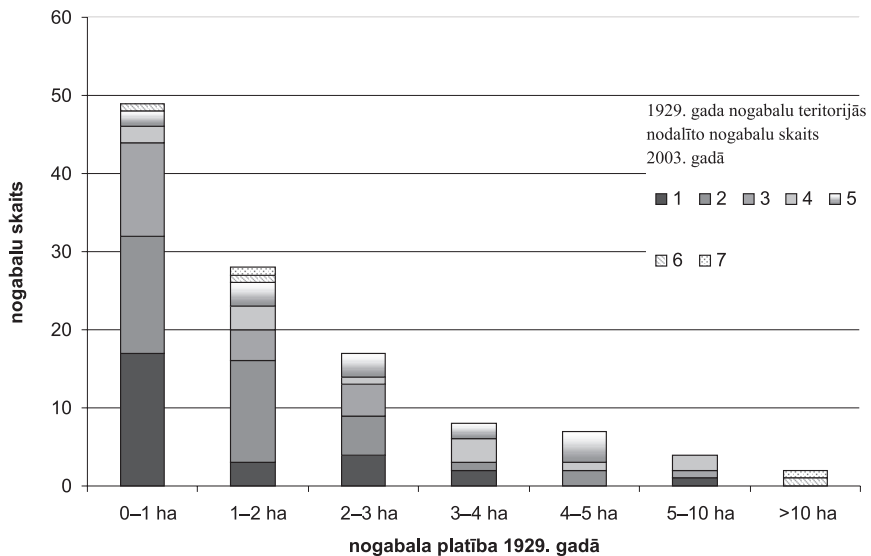
Pieaugot teritorijas lielumam, palielinās dabas apstākļu daudzveidība. Likumsakarīgi, ka starp meža nogabala platību 1929. gadā un pašreizējo (faktisko) meža tipu skaitu pastāv pozitīva un vidēji cieša sakarība $r = 0,550$ ($\alpha = 0,05$).

Meža nogabalu platību dinamika

Meža nogabalu skaits periodā no 1929. līdz 2003. gadam ir palielinājies apmēram 1,3 reizes (4. att.). Tas ievērojami palielinājies tajās platībās, kurās 1929. gadā nodalītie nogabali bija lielāki par 10 ha.

Konstatēts, ka pastāv pozitīva un vidēji cieša sakarība starp nogabala lielumu 1929. gadā un pašlaik šajās platībās nodalīto nogabalu skaitu: $r = 0,761$ ($\alpha = 0,05$).

Kartogrāfiski salīdzinot meža nogabalu izvietojumu 1929. un 2003. gadā, redzams, ka visprecīzāk robežas sakrīt nogabaliem, kuru platība bijusi no 1 līdz 2 ha, bet vismazākā – nogabaliem līdz 1 ha un lielākiem par 5 ha.



4. att. Meža nogabala platības un kontūru sakritības pakāpe
 Fig. 4. Spatial Compatibility of Forest Stand Borders in 1929 vs 2003

Meža apsaimniekošana

Meža taksācijas materiāli no 1929. līdz 2003. gadam ļāva precīzi lokalizēt teritorijas, kas nocirstas kailcirtē. Savukārt lauka apsekojumos tika noteiktas teritorijas, kurās notikusi nelielas intensitātes meža izmantošana.

Teritorijas pēc zemes vēstures un meža apsaimniekošanas rakstura un intensitātes iedalītas sešās grupās (4. tab.).

1. Meža zeme apsaimniekota ekstensīvi. Grupā iekļautas teritorijas, kurās laika posmā no 1929. līdz 2003. gadam notikusi neliela koku apjoma izciršana (izlases un sanitārās cirtes), par ko liecina saglabājušies celmi, retāk ieraksti taksācijas grāmatās. Teritorijās nav notikusi koku stādīšana un augsnes gatavošana. Salīdzinot 1929. un 2003. gada mežaudžu vecumu, tas palielinājies par 74 ± 10 gadiem.
2. Meža zeme apsaimniekota intensīvi – audze kailcirtē nocirsta vienu reizi. Grupā iekļautas teritorijas, kurās mežaudze laika posmā no 1929. līdz 2003. gadam vienu reizi nocirsta kailcirtē, par ko liecina ieraksti meža taksācijas grāmatās. Lauka apsekojumos tur konstatēti iepriekšējās mežaudzes celmi, vai arī, salīdzinot 1929. un 2003. gada mežaudžu vecumu, to starpība ir mazāka par 74 ± 10 gadiem.
3. Meža zeme apsaimniekota ļoti intensīvi – audze kailcirtē nocirsta divas reizes. Grupā iekļautas teritorijas, kurās mežaudze laika posmā no 1929. līdz 2003. gadam kailcirtē nocirsta divas reizes, par ko liecina ieraksti meža taksācijas grāmatās.

4. Dažādas intensitātes meža zemes apsaimniekošana – konstatējamas kailcirtes un ekstensīvas apsaimniekošanas pēdas. Grupā iekļautas lielo nogabalu teritorijas 1929. gadā, kuras laika gaitā sadalītas sīkākos nogabalos, attiecīgi atsevišķus nogabalus apsaimniekojot ekstensīvi vai nocērtot kailcirtē.
5. Meža zemes apsaimniekošanas vēsture neskaidra. Grupā iekļautas teritorijas, par kuru apsaimniekošanas veidu un intensitāti meža taksācijas grāmatās nav ziņu. Lauku apsekojumu laikā nav atrasti celmi un konstatētas mežsaimnieciskās darbības pēdas. Salīdzinot 1929. un 2003. gada mežaudžu vecumu, to starpība ir mazāka par 74 ± 10 gadiem.
6. Mežaudze veidojusies uz bijušajām lauksaimniecībā izmantojamām zemēm.

4. tabula

Meža nogabalu skaits un platība atkarībā no meža teritorijas izmantošanas rakstura un vēstures

Area and Number of Land Units Depending on Land Use Intensity

| Teritorijas izmantošanas vēsture un raksturs | Kontūru (meža nogabalu) skaits | Platība (ha) |
|---|--------------------------------|--------------|
| Meža zeme apsaimniekota ekstensīvi | 40 | 111,0 |
| Meža zeme apsaimniekota intensīvi | 27 | 81,1 |
| Meža zeme apsaimniekota ļoti intensīvi | 2 | 5,2 |
| Dažādas intensitātes meža zemes apsaimniekošana | 5 | 21,2 |
| Meža zemes apsaimniekošanas vēsture neskaidra | 10 | 26,5 |
| Mežaudze veidojusies uz lauksaimniecības zemēm | 3 | 3,9 |

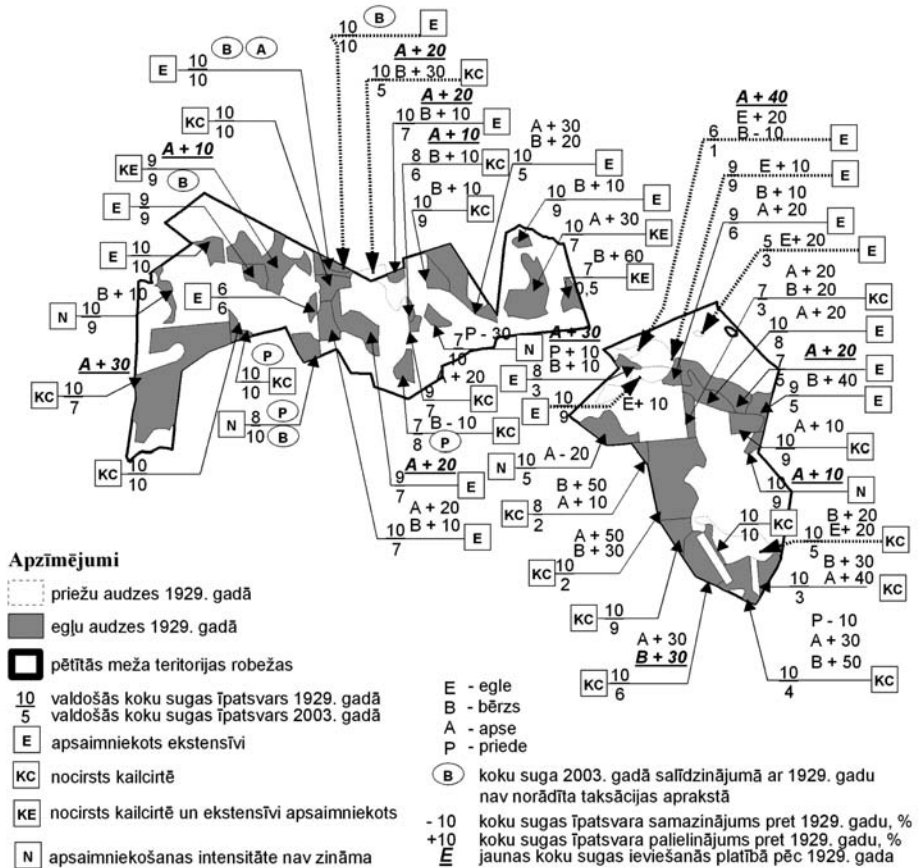
Koku sugu sastāva izmaiņas

Pētījumā noskaidrotas koku sugu sastāva izmaiņas teritorijās, kurās 1929. gadā mežaudzes veidoja priedes, egles, bērzi un apses (5.a un b att.). Koku sugu sastāva izmaiņas mežaudzē iedalītas divās grupās: „izmainās” attiecināts uz tiem gadījumiem, kad notikušas koku sugas sastāva procentuālās izmaiņas; „ieviešas” attiecināts uz tiem gadījumiem, kad attiecīgā koku suga atzīmēta tikai 2003. gada meža ierīcības datus, bet līdz tam atradusies, domājams, paaugā vai arī bijusi sastopama nelielā daudzumā.

Sešpadsmit teritorijās, kur 1929. gada atradušās egļu audzes (5.a att.), kuras nocirstas kailcirtē līdz 2003. gadam, koku sugu sastāvs atšķiras tajās platībās, kurās notikusi koku stādīšana, un tajās, kurās notikusi dabiskā sukcesija. Egles īpatsvars jaunajā mežaudzē nav atkarīgs no tā, cik lielu daļu tā veidojusi iepriekšējā mežaudzes sastāvā. Samazinoties egles īpatsvaram gāršas meža tipā, ir pieaugusi apses līdzdalība, turpretī bērza īpatsvara pieaugums raksturīgs vēra un slapiem meža tipiēm.

Četrpadsmit egļu audžu teritorijās (5.a att.), kuras laika posmā no 1929. līdz 2003. gadam apsaimniekotas ekstensīvi neatkarīgi no egles īpatsvara perioda sākumā, egles īpatsvars samazinājies līdz 30%. Konstatēts, ka mazākā apmērā egles īpatsvara samazināšanās raksturīga mežaudzēm niedrāja meža tipā, kuru vecums 1929. gadā

bijis vismaz 60 gadi. Samazinoties egles īpatsvaram, līdzīgā procentuālā attiecībā pieaugusi apses, bērza, bet mazākā mērā (5–10% robežās) priedes klātbūtne.



5.a att. Koku sugu sastāva izmaiņas egles un priedes mežaudzēs 2003. gadā salīdzinājumā ar 1929. gadu

Figure 5a. Tree Species Composition Change since 1929 in Spruce and Pine Stands

Vislielākā mērā egļu audzēs tās īpatsvars (10% sastopamības pieaugums līdz 50% sastopamības samazinājums) mainījies septiņās pētāmās platībās, kurām nav nosakāma izmantošanas pakāpe (5.a att.). Attiecīgi palielinājies apses īpatsvars, bērza īpatsvars pusē platību pieaudzis, bet pusē samazinājies. Aplūkotojos gadījumos, kuros nav nosakāma teritorijas izmantošanas pakāpe, nav iespējams spriest par egles īpatsvara izmaiņām atkarībā no mežaudzes vecuma 1929. gadā.

Trijās platībās, kurās mežaudzes apsaimniekotas ar dažādu intensitāti, lielākās izmaiņas (egles īpatsvara samazinājums par 65%) notikušas teritorijā, pēc kuras daļas nociršanas kailcirtē platībā attīstījusies bērzu mežaudze, turpretī ekstensīvi apsaimniekotajā mežaudzes daļā egles īpatsvars nav mainījies.

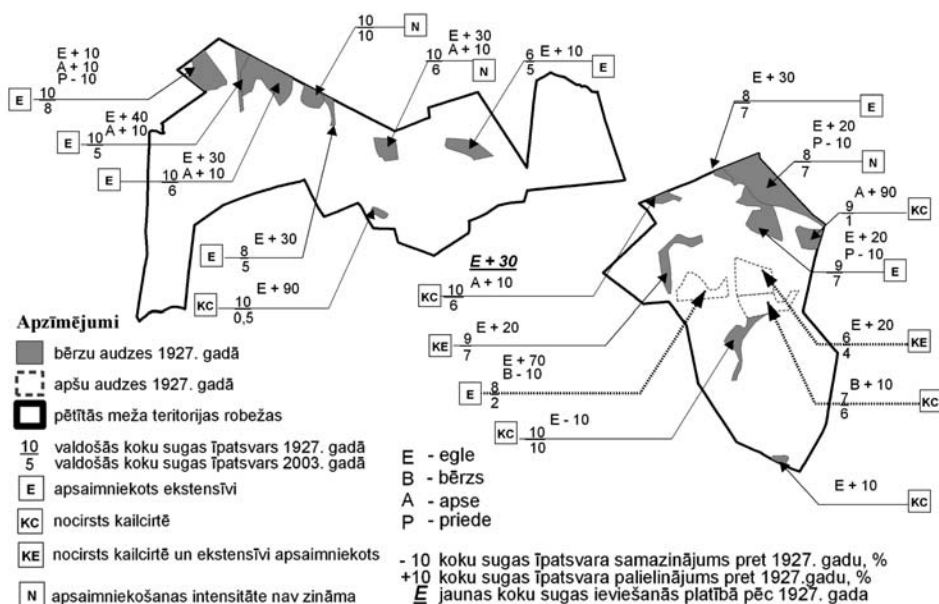
Mežaudzēs, kas izveidojušās pēc priežu tīraudžu nociršanas kailcirtē, priedes īpatsvars samazinājies 2 reizes. Apmēram pusi koku sugu sastāvā līdzīgās proporcijās damaksnī veido apse un bērzs, bet purvājā un niedrājā – egle un bērzs (5.a att.).

Četrās ekstsensīvi apsaimniekotās priežu mežu teritorijās (5.a att.) priedes īpatsvars samazinājies no 5 līdz 50%. Lielākā apmērā tās noticis slapjā damaksnī, vismazākā mērā purvājā un niedrājā. Visās platībās palielinājies egles īpatsvars, bet samazinājies bērza īpatsvars.

Četrās kailcirtē nocirstajās 1929. gada bērza platībās tā īpatsvars samazinājies robežās no 10 līdz 95%, attiecīgi palielinoties egles un apses īpatsvaram.

Visos ekstsensīvi apsaimniekotos 1929. gadā bērza nogabalos neatkarīgi no meža augšanas apstākļu tipa bērza īpatsvars koku sugu sastāvā samazinājies robežās no 10 līdz 90%. Tāpat samazinājies priedes īpatsvars, bet egles un apses īpatsvars visās platībās palielinājies ne mazāk par 20 līdz 30% (5.b att.).

Līdzīga bērzu īpatsvara izmaiņa konstatēta platībā, kurai nav nosakāma izmantošanas pakāpe.



5.b att. Koku sugu sastāva izmaiņas apses un bērza mežaudzēs salīdzinājumā ar 1929. gadu

Figure 5b. Tree Species Composition Change since 1929 in Aspen and Birch Stands

Kailcirtē nocirstajās apšu audzēs tās īpatsvars samazinājies par 10%, bet ekstsensīvi izmantotajās kopā ar bērzu piemistrojumu – par 60%. Kailcirtē nocirstajās vietās pieaug bērza īpatsvars, bet ekstsensīvi apsaimniekotās – egles īpatsvars (5.b att.).

Aplūkojot piemistrojumā esošu sugu sastopamības procentuālās izmaiņas un zemu izmantošanas raksturu, nav novērotas tā atšķirības atkarībā meža augšanas apstākļu tipa.

Dabiskie meža biotopi

Aplūkojot dabisko mežu biotopu³ teritoriju vēsturisko izmantošanas raksturu (sk. 4. tab.), konstatēts, ka apmēram 90% gadījumu tie atrodas nogabalos vai to daļās, kas izmantoti ekstensīvi, bet 10% gadījumu nogabalos, kuru apsaimniekošanas raksturs ir neskaids. Vairāk nekā 75% pašreiz sastopamo dabisko meža biotopu atrodas teritorijās, kur 20. gs. 20. gados atradušās 20 līdz 40 gadu vecas skujkoku un lapu koku mežaudzes.

Diskusija

Vēsturiskās izpētes gaitā noskaidrots: kaut arī detalizēti mežu plāni lielām teritorijām privātajām un valsts muižām izstrādāti 19. gadsimtā (Strods, 1999; Matīss, 2007), īpaši nozīmīgi šādos pētījumos ir 20. gs. 20. gadi, kad valsts Meža fondā nonāca 24,7% bijušo kroņa mežu un 75,3% atsavināto privātmuižu mežu un pakāpeniski tika uzsākta visaptveroša šo mežu ierīcība un vienota meža apsaimniekošanas prakse (Matīss, 2007; Strods, 1999; Eihe, 1940). Šajā periodā tika izstrādāta Latvijas meža tipoloģija un nogabalu nodalīšanas principi, uz kā pamata tie turpmāk attīstījās. Līdz ar to objektīva un detalizēta meža masīva struktūras izpēte iespējama, tikai sākot ar 20. gs. 20. gadiem.

Pētījums parādīja, ka noteikta perioda meža apsaimniekošanas plānošanas un izmantošanas tradīcijas atspoguļojas meža struktūrā kā meža nogabalu lielums un konfigurācija un kā koku sugu sastāva un vecuma sadalījums gan vietas, gan ainavu līmenī (Liira et al., 2007; Uotila et al., 2002).

Laika gaitā šīm tradīcijām mainoties, arī meža plānos attēloto meža nogabalu robežas izmainās. Tie gadījumi, kad to robežas pārmantojas no vecāka uz jaunāku plānu, liecina ne tikai par krasām augšanas apstākļu robežām, bet arī par noteiktu meža izmantošanas intensitāti. Pētītā meža masīva piemērā vairāku blakus esošu 1929. gada nogabalu teritoriju robežas visprecīzāk sakrīt ar 2003. gadā nodalītajām tā iemesla dēļ, ka mežaudzes šo teritoriju robežās ir nocirstas kailcirtē un izcirstā platība precīzi iezīmēta jaunākos meža inventarizācijas plānos. Turpretī robežas tām meža nogabalu teritorijām, kuras laika posmā no 1929. līdz 2003. gadam skārusi ekstensīva meža izmantošana, dažādu laiku plānos ievērojami atšķiras.

³ Dabiskie meža biotopi (saukti arī par mežaudžu atslēgas biotopiem) ir *tādas vietas mežā, kur ir nodrošināta izdzīvošanas iespēja retām un apdraudētām sugām ar ļoti specifiskām prasībām pret dzīvesvietu*. Šīm sugām nepieciešamie elementi un apstākļi visbiežāk atrodas vietās, kur mežs pastāv jau simtiem gadu un kur saimnieciskā darbība nav veikta ļoti ilgu laiku vai veikta nenozīmīgā apjomā. Šajās vietās vienkopus ir daudz vairāk apdraudēto sugu nekā citās teritorijās, galvenokārt ziedaugi, sūnas, ķērpji, sēnes, kā arī kukaiņi un gliemeži. Visbiežāk šīs sugas ir ļoti neliela izmēra, kas apgrūtina to atrašanu (Auziņš et al., 2003).

Aplūkotā meža masīvā meža nogabalu platības samazināšanās salīdzinājumā ar 1929. gadu, no vienas puses, saistāma ar relatīvi viendabīgo mežaudžu sadrumstalošanu (Tērauds et al., 2008), bet, no otras puses, tā var būt skaidrojama arī ar atšķirīgu metodoloģiju mežu nogabalu nodalīšanā Latvijas mežsaimniecības vēsturē.

Koku sugu sastāva veidošanās kailcirtē nocirstajās egļu audžu platībās lielā mērā izskaidrojama ar turpmāko šo vietu attīstības scenāriju. Pateicoties padomju varas gados plašos apmēros praktizētajai egļu tīraudžu veidošanai, kā arī kopšanas cirtēs veiktajai dabiski ieaugušo lapu koku izciršanai, egle ir dominējošā koku suga. Turpretī platībās, kurās nav stādītas egles vai arī izpalikusi intensīva stādījumu kopšana, dominē dabiskās sukcesijas process, kā rezultātā vidēji par 40 līdz 50% ir palielinājies lapu koku sugu – bērza un egles – īpatsvars.

Egļu spēja saglabāties kā dominējošai sugai audzēs, kuras pārsniedz 130 gadu vecumu, izskaidrojama ar egles kā ēncietīgas un ilgmūžīgas sugas īpašībām un spēju kavēt gaismas prasīgo koku sugu ieviešanos lielākā daudzumā. Tomēr tās īpatsvara izmaiņas liecina par neliela mēroga dabisku un antropogēnu traucējumu ietekmi (Peterken, 1996; Priedītis, 1999).

Atšķirīga apsaimniekošanas intensitāte apšu mežos ietekmē koku sugu sastāva dinamiku. Kailcirtēs nocirtās platības atjaunojas ar apsi, tās īpatsvaram mainoties 10% robežās. Bērza īpatsvara nelielais pieaugums šajās platībās izskaidrojams ar regulāri veiktajām kopšanas cirtēm. Ekstensīvi apsaimniekotās platībās laika gaitā par dominējošo sugu kļūst egle. Tomēr apse netiek pilnībā izskausta un saglabājas apmēram 20% apjomā, kas, mūsaprāt, saistāms ar dabisko traucējumu raksturu mistrotās audzēs un koku sugu nomaiņas procesa ātrumu. Parasti postoša vēja ietekmē mistrotās audzēs lielākā mērā tiek izgāzta egle, kas paplašina augšanas telpu izdzīvojušiem kokiem. Turklāt padomju varas gados vēja izgāzto koku izvākšana nereti tika apvienota ar selektīvu dzīvo egļu ciršanu, tādējādi tika ietekmēta dabiskā koku sugu nomaiņas procesa gaita, koku sugu vecuma sadalījums un palielinājās apses īpatsvars attiecībā pret egli.

Koku sugu sastāva izmaiņas bērzu mežos apstiprina likumsakarības par koku sugu nomaiņas procesu. Platībās, kuras bērzu audzes nocirstas kailcirtē, bērza dominance saglabājas arī jaunajā audzē, kā arī tajās pieaug apses īpatsvars. Ekstensīvi apsaimniekotās platībās pakāpeniski pieaug ēncietīgās egles īpatsvars, tomēr arī vairāk nekā 110 gadus vecās audzēs saglabājas bērza dominance.

Kopējās mežu platības palielināšanās pētāmā teritorijā notikusi uz lauču un aizaugošu purvu rēķina. Lauču aizaugšanas process ilustrē mērķtiecīgu agrāk pieņemto politiku lauksaimniecības zemju apmežošanā ar skujkokiem, kas ekoloģiskā skatījumā neievēro dabisko sukcesiju gaitu, nomainoties dažādām koku un krūmu sugām. Purvu aizaugšana saistāma ar lokāla mēroga purvu susināšanu un ilustrē jaunu meža tipu parādīšanos meža masīva teritorijā.

Dabisko meža biotopu (Auzins et al., 2003) izveides mērķis ir bioloģiskās daudzveidības saglabāšana un aizsardzība intensīvi apsaimniekotos mežos. Šajā pieejā galvenokārt uzsvērts dabiskuma jēdziens, kas tiek aplūkots ilgstošas un cilvēka maz ietekmētas meža ekosistēmu attīstības skatījumā. Dabiskie meža biotopi izveidoti, par pamatu ņemot valsts meža datubāzes informāciju par koku sugas

pašreizējo vecumu un mežaudžu inventarizācijas datus. Mūsaprāt, meža zemes un tās izmantošanas vēsture ir veids, kā konkretizēt – ko nozīmē dabiskums attiecībā uz dažādiem meža tipiem. Mūsu pētījums parāda, ka pētāmā teritorijā par dabiskiem meža biotopiem tiek atzītas noteiktā laika periodā ekstsensīvi apsaimniekotas audzes, kur mežs pastāvējis kā dominējošais zemes lietojumveids vismaz 150 gadus. Tomēr konkrētu meža nogabalu vēsture, īpaši apsaimniekošanas intensitāte, nosakāma netieši pēc tur sastopamo koku vecuma un sugu sastāva. Citiem vārdiem, meža zemes un meža izmantošanas vēsture var būt galvenie jautājumi, runājot par šādu teritoriju izveidošanās aspektiem. Tajā pašā laikā daļa kādreizējo atklāto platību (lauces, pļavas) meža teritorijās aizaug, tāpēc lietderīgi runāt par bioloģiskās daudzveidības potenciālu (Bowen et al., 2002) šādās teritorijās.

Nobeigums

Aplūkoto četru koku sugu sastopamības izmaiņas 70 gadu laikā, izmantojot dažādu laiku meža apsaimniekošanas materiālus, dod iespēju izvērtēt koku sugu un to vecumu izmaiņas atšķirīga rakstura saimnieciskās darbības ietekmē. Secināts, ka koku sugu daudzveidība meža nogabalu līmenī ir kļuvusi lielāka nekā pirms 70 gadiem. Mežaudžu vecumstruktūra atspoguļo minētā perioda mežsaimnieciskos lēmumus – pieaugusi veco, kā arī jauno mežaudžu platība, bet samazinājusies vidēji veco audžu platība. Pētījumā parādās vairāki atšķirīgu pētījumu līmeņu un dažādas problemātikas jautājumi. Pastāvot objektīvai mēroga neatbilstībai starp meža tipu robežām plānos un dabā, kas nozīmē, ka faktiskā dabas apstākļu daudzveidība ir lielāka, nepieciešams noskaidrot, kāda ir lokālo dabas apstākļu ietekme uz koku sugu sastāva telpiskajām atšķirībām nogabala robežās atšķirīgas meža izmantošanas intensitātes ietekmē. Otrs jautājums, kas attiecas uz meža nogabalu līmeni, ir, kā nelielas intensitātes koku ciršana ilglaicīgā skatījumā ietekmē pārējo mežu – tā sastāvu un struktūru. Aktualizējams jautājums arī par meža vecumstruktūras un koku sugu sastāva turpmākām izmaiņām un meža nogabalu telpisko izvietojumu. Tā kā dabisko meža biotopu platības klājis mežs, sākot jau ar 1880. gadu, svarīgi noskaidrot, kādā vecumā un ar kādu apsaimniekošanas vēsturi dažādu sugu un to sastāva mežaudzes uz kādreizējām lauksaimniecības zemēm atbilst dabisko meža biotopu nodalīšanas kritērijiem.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

LITERATŪRA

- Angelstam P., Kuuluvainen T. (2004) Boreal Forest Disturbance Regimes, Successional Dynamics and Landscape Structures – a European Perspective. *Ecol. Bull.*, 51, 117–136.
- Angelstam P., Dönn-Breuss M. (2004) Measuring Forest Biodiversity at the Stand Scale- an Evaluation of Indicators in European Forest History Gradients / *Ecol. Bull.*, 51, 305–332.
- Angelstam P., Kurlavicius P., Kuuba R., Lukins M., Mozgeris G., Tolvanen P., Karjalainen H., Walsh M. (2004) Identifying High Conservation Value Forests in the Baltic States from Forest Databases. *Ecol. Bull.*, 51, 351–367.

- Auziņš R., Bērmanis R., Ek T. (2003) *Dabisko meža biotopu inventarizācija Latvijas valsts mežos*. Noslēguma pārskats 1997–2002. VMD, Ostra Gotaland Meža pārvalde, Zviedrija, VAS „Latvijas valsts meži”.
- Boruks A. (1996) *Zemnieks, zeme un zemkopība Latvijā*. No senākajiem laikiem līdz mūsdienām. Rīga: Grāmatvedis.
- Bowen M. E., McAlpine C. A., House A. P., Smith G. C. (2007) Regrowth Forests on Abandoned Agricultural Land: A Review of Their Habitat Values for Recovering Forest Fauna. *Biological Conservation*, vol. 140, issue 3–4, 273–296.
- Bušs K. (1981) *Mežu tipoloģija*. Rīga: Avots.
- Dupouey J. L., Dambrine E., Laffite J. D., Moares C. (2002) Irreversible Impact of Past Land Use on Forest Soils and Biodiversity. *Ecology*, 83 (11), 2978–2984.
- Eihe V. (1940) Latvijas mežu ģeogrāfiskais iedalījums. *Mežkopja darbs un zinātne*, I sēj.
- Hoheisels A. (1929) Zemsedzes nozīme meža tipu klasifikācijā. *Mežsaimniecības rakstu krājums*, VII sēj., 104–131.
- 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.
- Kārkliņš A., Gemste I., Mežals H., Nikodemus O., Skujāns R. (2009) *Latvijas augšņu noteicējs*. Jelgava, LLU.
- Keišs O. (2005) Impact of Changes in Agricultural Land Use on the Corncrake *Crex crex* Population in Latvia. *Acta Universitatis Latvianae Biologia*, 691, 93–109.
- Kiršteins K. (1923) Mežaudžu asociācijas kā mūsu mežu klasifikācijas pamats. *Mežsaimniecības rakstu krājums*, I sēj., 5–20.
- Kiršteins K. (1926) Tipoloģiskās mežaudžu klasifikācijas izveidošanās un pielietošana praksē. *Mežsaimniecības rakstu krājums*, IV sēj., 3–16.
- Laiviņš M. (1997) Latvijas mežu reģionālā analīze. *Mežzinātne*, 7: 40–76.
- Laiviņš M. (1998) Latvijas boreālo priežu mežu sinantropizācija un eitrofikācija. *Latvijas Veģetācija*, 1, 137 lpp.
- Liira J., Sepp T., Parrest O. (2007) The Forest Structure and Ecosystem Quality in Conditions of Anthropogenic Disturbance Along Productivity Gradient. *Forest Ecology and Management*, 250 (1), 34–46.
- Lõhmus A., Lõhmus P., Remm J., Vellak K. (2005) Old-Growth Structural Elements in a Strict Reserve and Commercial Forest Landscape in Estonia. *Forest Ecology and Management*, 216, 201–215.
- Matīss J. (2007) *Mežierīcība Latvijas valsts pirmās neatkarības laikā*. Red. A. Zviedre. Rīga, Mežierīcība Latvijā, V elements, 45–57.
- Мелдерис К. (1913) *Типологическая классификация лесов Курляндской губернии*. Перербург, 57 с.
- Melderis K. (1938) *Mācība par mežu*. Rīga: Valters un Rapa.
- Meža ierīcības instrukcija*. (1929) Mežu departamenta izdevums, Rīga.
- Palo A. (2005) *Relationships between Landscape Factors and Vegetation Site Types: Case Study from Saare County*. Estonia. Ph. D. thesis. Tartu, University of Tartu.
- Peterken G. F. (1996) *Natural Woodland*. Cambridge: University Press.
- Priedītis N. (1999) *Latvijas mežs: daba un daudzveidība*. Rīga, WWF – Pasaules dabas fonds.

- Prieditis N. (2003) *Sustainable Utilisation of Natural Forests: Lessons to be Learned*. Ed. A. Cassling & G. Fragnière. Promoting innovative research in post-socialist countries.
- Strods H. (1999) *Latvijas mežu vēsture līdz 1940. gadam*. Rīga, WWF – Pasaules Dabas fonds.
- Suško U. (1998) *Latvijas dabiskie meži*. Pētījums par bioloģiskās daudzveidības struktūrām, atkarīgajām sugām un meža vēsturi. Rīga, WWF – Pasaules Dabas fonds.
- Tērauds A., Nikodemus O., Rasa I., Bell S. (2008) Landscape Ecological Structure in Eastern Part of the North Vidzeme Biosphere Reserve, Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, vol. 62, Nr. 1/2, 63–70.
- Uutila A. et al. (2002) Assessing the Naturalness of Boreal Forests in Eastern Fennoscandia. *Forest Ecology and management*, 161, 257–277.
- Zerbe S. (2004) Influence of Historical Land Use on Present-Day Forest Patterns: a Case Study in South-Western Germany. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19, 261–273.
- Zviedris A. (1938) Latvijas mežu tipi. *Mežsaimniecības rakstu krājums*, IX sēj., 6–20.
- Zviedris A., Matuzānis J. (1960) *Latvijas PSR meža tipi*. Rīga: Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība.

AVOTI

Meža taksācijas dati no 1929. līdz 2003. gadam.

VAS „Latvijas valsts meži” sagatavotā meža nogabalu digitālā karte un taksācijas rādītāji (2003).

Valsts meža teritorijas 1929. gada meža ierīcības plāni un taksācijas grāmata.

Latvijas Valsts vēstures arhīva 7404. un 1679. fonda materiāli.

Valsts meža dienesta dabisko meža biotopu inventarizācijas rezultātu datubāze (2000).

Summary

The study is addressed to local-scale landscape change issues resulting from human activities and natural factors. The data set containing historical records and up-to-date forestry inventory data as well as results of field works are used for study. The spatial change of forest stands borders are analyzed, and forest site type classifications compared to study the structural and compositional changes of forests stands over the last 70 years in areas classified according to forest use intensity.

It is concluded that stands average age nowadays is higher comparing to 1920's in the study area, at the same time the areas of old-growth stands are becoming more scattered due to forest logging. The analysis of forest stands management history has revealed reduction of all presented dominant tree species proportion due to the low-intensity forest use. The history of Woodland key habitats is strongly connected to age and forest use intensity. The study stresses the need for further discussion on causal relationships of biodiversity development in forests, and manifestations of forest use policies and applied practices on forest structure and tree species composition.

Keywords: forest history, forest ecosystems, age structure, tree species composition, woodland key habitats.

Aquatic Vegetation Distribution in Relation to Environmental Factors in Middle-sized Streams in Latvia

Vides faktoru ietekme uz ūdensaugu veģetācijas izplatību vidēji lielās upēs Latvijā

Laura Grīnberga

University of Latvia, Institute of Biology, Laboratory of Hydrobiology
E-mail: laura.grinberga@email.lubi.edu.lv

In this study the species diversity and the distribution of macrophytes in middle-sized streams of Latvia were investigated. The aim of the study was to examine the role of different environmental factors (stream width, water depth, substrate type, shading and flow velocity) on the formation of macrophyte vegetation in middle-sized lowland streams. On the basis of environmental factors, five major groups of streams were distinguished representing mutually different typical macrophyte communities – (1) fast flowing streams on gravelly substrate, (2) slow flowing streams on gravelly substrate, (3) fast flowing streams on sandy substrate, (4) slow flowing streams on sandy substrate, and (5) streams with soft, silty substrate.

Totally 48 macrophyte taxa were found in 72 surveyed sites. The species richness ranged from 2 to 22 per site and the highest species richness (22) was found in slow flowing streams with gravelly substrate. Poor macrophyte composition was characteristic for fast flowing streams on sandy substrate. The most frequent species in the investigated streams were *Spartanium emersum*, *S. erectum*, *Nuphar lutea* and *Veronica beccabunga*.

Keywords: environmental factors, macrophytes, middle-sized streams.

Introduction

Macrophytes are an important component of riverine ecosystems. Most of macrophytes are long-living organisms and are rooted to the sediments, therefore they integrate environmental conditions for a longer time (Schaumburg, 2004).

In streams, macrophyte communities are affected by nutrient concentration, alkalinity and conductivity similarly as in standing waters, although, contrary to standing waters, in streams physical and hydrological factors are found to be more significant than the chemical properties of water. The most important physical variables controlling the status of macrophytes in lowland rivers are flow, substrate, width and depth of water, light as well as nutrient status of water and river management practices (Haslam, 2006). Conversely, macrophytes in streams affect processes such as sedimentation and the hydrological regime (e.g. Riis & Biggs, 2003).

Macrophyte species richness has been found to be related to light conditions, nutrient concentrations and trophic status, substrate characteristics disturbance regimes, water level fluctuations and flood frequency. The relationships between

different environmental factors and the distribution of aquatic vegetation have been discussed in numerous publications. As the most important environmental variables controlling macrophytes, depth of water and current velocity (e.g. Madsen et al., 2001; Riis & Biggs, 2003; Riis et al., 2008), substrate material (e.g. Baatrup-Pedersen & Riis, 1999; Madsen et al., 2001), as well as light conditions (Sand-Jensen, 1989; Abou-Handman et al., 2005) were described. Macrophytes require current velocity and sediments, where they can be best rooted and withstand the erosive force of the water during periodic scour events (Chambers et al., 1991). The vegetation dynamics in streams is usually intense, because streams are naturally disturbed ecosystems, and available habitats are continuously created and destroyed by flow-induced disturbance (Riis, 2008). The variability of macrophyte richness is linked to physical factors in the environment, which contribute importantly to the pattern of macrophyte distribution (Abou-Handman et al., 2005).

Different studies worldwide obviously indicate that the knowledge of the macrophyte species composition and abundance reveals important information on the aquatic ecosystem. In Latvia, there had been numerous studies on vegetation of lakes, but very little research has done concerning the vegetation in rivers and streams. Insufficient information is available on river vegetation including a country-scale survey on the distribution of macrophyte species, abundance in different types of streams and factors controlling the macrophyte growth. Since there are still numerous little-affected streams in Latvia, knowledge on the stream vegetation in Latvia could be of regional importance on a European scale, e.g. Baatrup-Pedersen et al. (2008) found high similarity from species-based predictions with vegetation in Latvian and Lithuanian streams before intensive land use commences in Denmark i.e. around 1900.

The aim of this study was to examine the role of different environmental factors (stream width, depth, substrate, shading and flow type) on the formation of macrophyte vegetation in middle-sized lowland streams.

Material and methods

Study area

According to the system A typology (European Commission, 2000) middle-sized lowland streams (catchment area 100-1000 km²) were studied. Totally 72 sites in streams were investigated. Sampling sites were selected in stretches of streams typical for the particular river, the selection was based on topographical maps (1: 50 000). According to the typology of rivers in Latvia, initially potamal and rithral streams were distinguished.

Survey sites and macrophyte sampling

A field survey of aquatic macrophytes was performed in 2007 and 2008 during the vegetation period (25th June to 15th September). Sites were chosen to be representative for the characteristic conditions (stream velocity, substrate material, stream width, water depth) of the particular stream in the selected stretch. All regions of Latvia and all quality classes of stream ecological quality were included.

Due to the lack of a standardized national method, for macrophyte surveys a methodology developed for the STAR Standardization of River Classification project (Furse et al., 2006) was used. Sampling and sample processing was done according to the STAR protocols (<http://www.eustar.at/frameset.htm>).

The presence of macrophyte species in the selected stream stretch (100 m) was recorded together with their percentage cover using nine-point scale according to standard MTR methodology (Holmes et al., 1999). The study area was observed by wading or from the banks in deeper streams, where a rake with a long handle was used for taking plants from the water. All taxa were identified by the surveyor except samples of algae Characeae, which were identified by the specialist of this taxonomic group.

The macrophyte assessment was based on the presence and cover of vascular plants, mosses and algae belonging to the family Characeae. Amphibious species were excluded from the analysis.

Stream velocity was estimated by following four-grade scale: fast flowing (>0.2 m/s), medium fast (0.2–0.1 m/s), slow flowing (<0.1 m/s), no perceptible flow.

Bed stability was characterized into four classes: solid, stable, unstable and soft bed of stream. A sediment type was characterized into the following classes: stones and boulders (>64 mm), gravel (2–64 mm), sand (0.06–2 mm), fine silt. Water depth was characterized into four classes: 1 = <0.25 m; 2 = 0.25–0.5 m; 3 = 0.5–1 m; 4 = >1 m. For estimation of stream width a five-point scale was used: 1 = < 1 m, 2 = 1–5 m; 3 = 5–10 m; 4 = 10–20 m; 5 = >20 m, and three-point scale for estimation of shading of channel surface: 1 – shade over water absent, 2 – present ($<33\%$), 3 – extensive ($>33\%$).

Data analyses

Relationships among environmental and vegetation variables were evaluated by Pearson correlation coefficients calculated by SPSS 12.0.1. Linear regression analysis was used to analyze the relationship between species richness and each of the environmental variables (stream width, depth, substrate and shading).

Results and discussion

Totally 48 macrophyte taxa were found in the 72 streams sites. The predominant species are presented in Table 1. For analyses the amphibious species were excluded. The most common species found were *Sparganium emersum* (69% of sites), *Sparganium erectum* (61% of sites) and *Nuphar lutea* (56% of sites).

The results revealed five groups of streams with different substrates and typical macrophyte communities: fast flowing rivers on gravelly substrate (Group 1), slow flowing rivers on gravelly substrate (Group 2), fast flowing streams on sandy substrate (Group 3), slow flowing streams on sandy substrate (Group 4) and streams with soft, silty substrate (Group 5). The number of investigated stream sites in each group varied from 9 to 27 sites (Table 2).

Table 1

The most frequently occurring aquatic macrophytes in middle-sized streams

| Taxon | Occurrence, % |
|---------------------------------|---------------|
| <i>Sparganium emersum</i> | 69 |
| <i>Sparganium erectum</i> | 61 |
| <i>Nuphar lutea</i> | 56 |
| <i>Alisma plantago-aquatica</i> | 54 |
| <i>Fontinalis antipyretica</i> | 54 |
| <i>Lemna minor</i> | 40 |
| <i>Veronica beccabunga</i> | 40 |
| <i>Elodea canadensis</i> | 38 |
| <i>Mentha aquatica</i> | 36 |

The macrophyte vegetation in Group 1 was dominated by *Fontinalis antipyretica* (89% of sites), *Sparganium emersum* (63% of sites) and *S. erectum* (52% of sites). In stream Group 2 *Sparganium emersum*, *Nuphar lutea*, *Elodea canadensis*, *Fontinalis antipyretica* and *Sparganium erectum* were dominated, whereas in fast flowing sandy streams (Group 3) only *Sparganium emersum* and *Elodea canadensis* occurred in higher abundance. The macrophytes in Group 4 and Group 5 were dominated by *Sparganium emersum*, *S. erectum*, *Lemna minor* and *Nuphar lutea*.

Table 2

Number of sites, number of taxa and macrophyte cover of streams groups

| | Group 1 | Group 2 | Group 3 | Group 4 | Group 5 |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Number of sites | 27 | 14 | 9 | 10 | 12 |
| Number of taxa* | 32 | 29 | 14 | 22 | 18 |
| Number of taxa** | 10.2 | 12 | 6.7 | 10.8 | 8 |
| Cover (%) | 43 | 46 | 19 | 41 | 41 |

* – total number of taxa in a group (excluding species found in one site),

** – mean number of taxa in a group

Figure 2 displays number of taxa and macrophyte cover (%). Group 3 is associated with very low macrophyte cover, whereas Group 1 is characterized by wide range of macrophyte cover. The greatest number of macrophyte taxa is found in streams of Group 1 and Group 2. Differences between values of Group 3 and Group 4 (both with sandy substrate) indicate that stream velocity has a crucial role for macrophyte forming in sandy streams.

Macrophyte species *Alisma plantago-aquatica*, *Elodea canadensis*, *Nuphar lutea*, *Sparganium emersum* and *S. erectum* were detected in all types of streams, that prove the assumption on their flow-resistance and tolerance against changing environmental factors.

Spargium emersum was the most common species in study sites occurring in all groups of streams. This species is deeply rooted and tolerant against disturbance (Preston & Croft, 2001), therefore frequently occurred in fast flowing sandy streams, where the growth of other species is limited by mobile substrate.

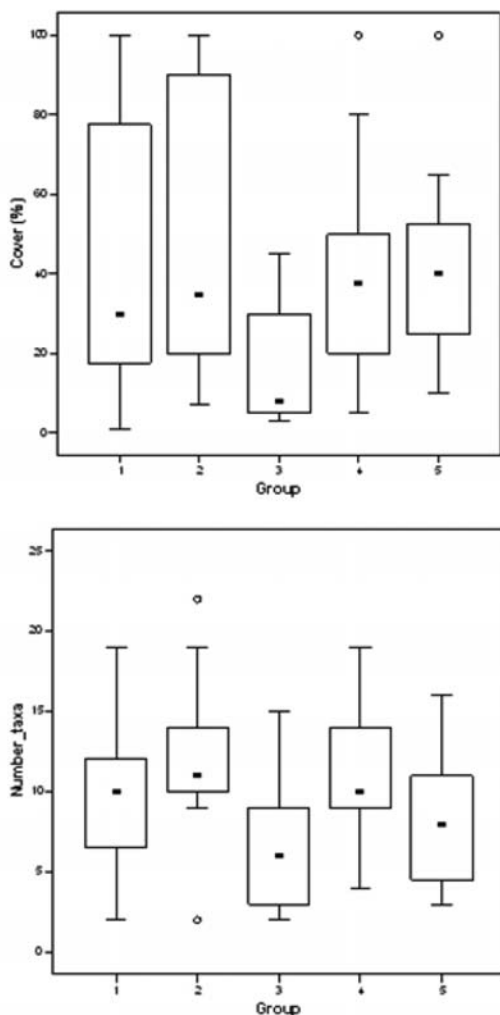


Figure 1. Boxplots macrophyte cover (%) and number of taxa plotted by stream groups.

Fontinalis antipyretica was common and dominating in fast and slow flowing streams on gravelly substrate, although they were infrequently present also in streams dominated by silty substrate, where they grow on boulders and fallen, decaying trees into water.

The free-floating macrophyte species are limited by stream velocity. They reach their highest abundances in slow flowing streams with sandy and soft, silty substrate.

The macrophyte composition in streams on sandy substrate significantly differed from the other sites. In fast flowing streams on sandy substrate (Group 3) the macrophyte composition is species poor with sparse macrophyte cover (Table 2).

Sandy streams as well as streams with soft, silty substrate are characterized also by greater depth (Table 3) what diminish light availability in water. The light availability what is necessary for successful macrophyte growth in middle sized streams is restricted also by shading of banks. Table 3 indicate that approximately for third part of streams shading of channel exceed 33%.

Table 3

Percentages of stream width, depth and shading of stream for the investigated stream sites.

| | Group 1 (n = 27) | Group 2 (n = 14) | Group 3 (n = 9) | Group (n = 10) | Group 5 (n = 12) | All sites (n = 72) |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| <i>Stream width</i> | | | | | | |
| <5 m | 7 | 14 | 11 | 30 | 17 | 14 |
| 5–10 m | 50 | 65 | 89 | 60 | 75 | 63 |
| 10–20 m | 35 | 14 | 0 | 19 | 0 | 14 |
| > 20 m | 18 | 7 | 0 | 0 | 8 | 9 |
| <i>Stream depth</i> | | | | | | |
| <25 m | 7 | 14 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 0.25–0.5 m | 64 | 50 | 11 | 50 | 8 | 45 |
| 0.5–1 m | 29 | 29 | 78 | 30 | 50 | 38 |
| >1 m | 0 | 7 | 11 | 20 | 42 | 12 |
| <i>Shading</i> | | | | | | |
| 0 % | 7 | 28 | 33 | 10 | 33 | 19 |
| > 33% | 57 | 35 | 33 | 70 | 50 | 51 |
| < 33% | 36 | 36 | 34 | 20 | 17 | 30 |

There was a significant correlation among most of the environmental variables (Table 4). Stream depth and stream width positively correlate with substrate, stream velocity negatively correlate with substrate and stream depth. Analyses show a positive correlation between macrophyte parameters – cover and number of taxa and stream width.

In Latvia an assessment system for river macrophytes is not developed yet. The insufficient macrophyte vegetation data hinders both the establishment of a suitable assessment system and an implementation of a proper assessment without knowledge of typical species composition in streams.

In this study, five stream groups were identified for understanding the role of different environmental factors (stream width, depth, substrate, overgrowing, shading and flow type) on the formation of macrophyte vegetation in middle-sized lowland streams. These subgroups were defined by substrate properties and vegetation

composition, where sandy stream sites appeared to be the most significantly different.

Table 4

Pearson linear correlation coefficients among species number and environmental parameters

| | Cover (%) | Number of taxa | Substrate | Stream velocity | Stream depth | Stream width |
|-----------------|-----------|----------------|------------|-----------------|--------------|--------------|
| Cover (%) | 1 | | | | | |
| Number of taxa | 0,527(**) | 1 | | | | |
| Substrate | -0,187 | -0,189 | 1 | | | |
| Stream velocity | -0,206 | -0,129 | -0,450(**) | 1 | | |
| Stream depth | -0,015 | -0,094 | 0,504(**) | -0,240(*) | 1 | |
| Stream width | 0,306(**) | 0,275(*) | -0,340(**) | 0,184 | 0,107 | 1 |

(*) $p < 0.05$; (**) $p < 0.01$. $N = 72$

The results confirm that each stream group has different primary factors controlling macrophyte diversity and abundance in streams. In fast and slow flowing streams on gravelly substrate mostly bryophytes and sparse helophyte stands occur. In narrow, fast flowing streams the formation of aquatic vegetation is limited by stream velocity and shading created by river banks. It is known that light conditions are an important factor influencing the composition and mass of macrophytes (Abou-Handman et al., 2005).

More diverse species composition and denser macrophyte cover is characteristic for slow flowing streams on gravelly and stony substrates, particularly if the depth of water does not exceed one meter.

According to the results of this study, the macrophyte composition significantly differed in streams on sandy substrate. In fast flowing streams on sandy substrate the macrophyte composition was species poor. In such streams typically *Sparganium emersum* and *Elodea canadensis* predominate. This corresponds with the study of Riis et al. (2000) who found out that in sandy rivers the richness and diversity of aquatic vegetation appeared to be lowest.

Due to higher stream velocity, unstable substrate and the strong effect of the spring floods conditions in fast flowing on sandy substrate for the vegetation formation are inappropriate. The results of this study indicate that in streams with sandy substrate stream velocity has a crucial role for macrophyte forming. In fast flowing sandy streams macrophytes potentially are not a suitable element for quality assessment.

Commonly in slow streams with sandy substrate on deeper sites the number of macrophyte species is small, the plants occur mostly on shallower depths. In streams with soft, silty substrates the macrophyte vegetation formed by sparse cover of helophytes, floating-leaved and submersed plants.

Fast flowing streams with gravelly substrate are characterized by low water level that provides good and different habitats for macrophyte growth. Substrate stability is a significant controlling factor because a stable substrate allows rooting and establishment of macrophyte communities (Riis & Biggs, 2003; Haslam, 2006). Water velocity has stronger impact on vegetation in sandy rivers, therefore sand particles are most easily eroded (critical erosion velocity about 0.2 m/s), whereas larger particles require faster current speeds to initiate movement (Madsen et al., 2001).

Additional data for all groups of streams are needed for more complete analyses of environmental factors influencing macrophyte diversity in middle-sized lowland streams.

Conclusions

The interaction between environmental factors and macrophyte abundance and diversity in middle-sized streams is complex. This preliminary analysis indicates that substrate structure predominantly determinates the formation of macrophyte vegetation in middle-sized rivers. In streams with gravelly substrate the macrophyte species composition is highly variable both in fast flowing, and slow flowing streams. The highest macrophyte diversity was found in slow flowing streams with gravelly substrate. In streams with sandy substrate stream velocity has a crucial role for macrophyte forming. The most common species in middle-sized streams were found *Sparganium emersum*, *S. erectum* and *Nuphar lutea*.

Acknowledgements

I am grateful to all my colleagues and friends for help in field surveys, especially to Agnese Priede, Gunta Sprinģe and Egita Zviedre for advice and help. This study was financially supported by the European Social Fund.

REFERENCES

- Abou-Handman, H., J. Haury, J.P. Hebrard, S. Dandelot, A. Cazaubon, 2005. Macrophytic communities inhabiting the Huveaune (South-East France), a river subject to natural and anthropic disturbances. *Hydrobiologia* 551: 161–170.
- Baatrup-Pedersen, A., T. Riis, 1999. Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams. *Freshwater Biology* 42: 375–385.
- Baatrup-Pedersen, A., G. Springe, T. Riis, S.E. Larsen, K. Sand-Jensen, L.M. Kjellerup Larsen, 2008. The search for reference conditions for stream vegetation in northern Europe. *Freshwater Biology* 53 (9): 1890–1901.
- Chambers, P.A., Prepas, E.E., Hamilton, H.R. & Bothwell, M.L. 1991. Current velocity and its effect on aquatic macrophytes in flowing waters. *Ecological Applications* 1: 249–257.
- European Commission, 2000. Directive 2000/60/EC. Establishing a framework for community action in the field of water policy. European Commission PE-CONS 3639/1/100 Rev 1, Luxembourg.
- Franklin, P., M. Dunbar, P. Whitehead, 2008. Flow controls on lowland river macrophytes: A review. *Science of the Total Environment* 400 (1–3): 369–378.

- Furse, M., D. Hering, O. Moog, P. Verdonschot, R. Johnson, K. Brabec, K. Gritsalis, A. Buffagni, P. Pinto, N. Friberg, J. Murray-Bligh, J. Kokes, R. Alber, P. Usseglio-Polatera, P. Haase, R. Sweeting, B. Bis, K. Szoszkiewicz, H. Soszka, G. Springe, F. Sporka, I. Krno, 2006. The STAR project: context, objectives and approaches. *Hydrobiologia* 566: 3–29.
- Haslam, S.M. 2006. *River Plants. The macrophytic vegetation of watercourses*. 2nd revised ed. 438 pp.
- Holmes, N.T.H., J.R. Newman, S. Chadd, K.J. Rouen, L. Saint & F.H. Dawson, 1999. *Mean Trophic Rank: A users manual*. R&D Technical Report E38. Environment Agency of England & Wales, Bristol, UK.
- Klavins, M., V. Rodinov, I. Kokorite, I. Klavina, 1999. Chemical Composition of Surface Waters of Latvia and Runoff of Dissolved Substances from the Territory of Latvia. *Vatten* 55: 97–108.
- Madsen, J.D., P.A. Chambers, W.F. James, E.W. Koch, D.F. Westlake, 2001. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia* 444: 71–84.
- Preston, C.D. & J.M. Croft, 2001. *Aquatic Plants in Britain and Ireland*. Harley Books, Martins, Great Horkesley, Colchester, England, 356 pp.
- Riis, T., 2008. Dispersal and colonisation of plants in lowland streams: success rates and bottlenecks. *Hydrobiologia* 596: 341–351.
- Riis, T., A.M. Suren, B. Clausen, K. Sand-Jensen, 2008. Vegetation and flow regime in lowland streams. *Freshwater Biology* 53: 1531–1543.
- Riis, T., B.J.F. Biggs, 2003. Hydrologic and hydraulic control of macrophyte establishment and performance in streams. *Limnol.Oceanogr.* 48 (4): 1488–1497.
- Schaumburg, J., C. Schranz, J. Foerster, A. Gutowski, G.Hofmann, P.Meilinger, S.Schneider, U.Schmedtje, 2004. Ecological classification of macrophytes and phytobenthos for rivers in Germany according to the Water Framework Directive. *Limnologia* 34: 283–301.
- SPSS Inc., 2000. *Systat for Windows, Version 10*, SPSS Inc., Chicago, IL, USA

Kopsavilkums

Rakstā pētīta ūdensaugu sugu daudzveidība un izplatība vidēji lielās upēs Latvijā. Pētījuma mērķis ir analizēt dažādu vides faktoru (upes platums, dziļums, grunts tips, apņojums un straumes ātrums) ietekmi uz ūdensaugu veģetācijas augšanu vidēji lielās upēs. Balstoties uz upju klasifikāciju un iegūtajiem datiem, izšķirtas piecas upju grupas ar tām raksturīgu veģetāciju: (1) strauji tekošas upes ar grantainu substrātu, (2) lēni tekošas upes ar grantainu substrātu, (3) ātri tekošas upes ar smilšainu substrātu, (4) lēni tekošas upes ar smilšainu substrātu un (5) upes ar mīkstu, dūņainu substrātu.

*Kopā 72 pētītajos posmos konstatētas 48 ūdensaugu sugas. Sugu skaits posmos variē no 2 līdz 22 sugām, lielākais sugu skaits raksturīgs lēni tekošām upēm ar grantainu substrātu. Nabadzīga veģetācija raksturīga ātri tekošām upēm ar smilšainu substrātu. Biežāk sastopamās sugas vidēji lielās upēs ir *Sparganium emersum*, *S. erectum*, *Nuphar lutea* un *Veronica beccabunga*.*

Atslēgvārdi: *vides faktori, ūdensaugi, vidēji lielas upes.*

The Ability Of Macrophyte Metrics To Assess Ecological Quality Of The Streams Of Latvia

Makrofītu indeksu izmantošanas iespējas upju ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanā Latvijā

Solvita Strazdina

University of Latvia
Faculty of Geography and Earth Sciences
Department of Environmental Science
Alberta Street 10, LV-1010, Riga, Latvia
E-mail: solvita.strazdina@lu.lv

In this study indices based on macrophytes communities were calculated to estimate their suitability for assessing ecological quality of the streams in Latvia. The water quality based on calculated macrophytes indices were compared with water chemical quality. The results of the study showed that IBMR, MTR and MTR_P indices based on macrophytes communities could be useful for estimating the ecological quality of streams in Latvia, but for more precise assessment it is necessary to evaluate individual scores of macrophytes species according to Latvia's conditions and to compose a consistent species list.

Key words: macrophytes, stream ecological quality, trophic indices

Introduction

streams overgrowing with highest aquatic plants or macrophytes are one of the most visually observable changes in biological status (Urtāns, 1989). Compared with other groups of aquatic organisms, macrophytes are relatively easily and quickly determined; identification of macrophytes mostly does not require specific sampling methods and equipment.

Macrophytes are a group of aquatic organisms, which could be useful for estimating the ecological status of rivers in accordance with Water Framework Directive.

Various countries of Europe for river ecological assessment have developed different methods and indices based on macrophytes communities. Widely used of these indices are such as Mean Trophic Rank (MTR) developed in Britain (Holmes et al., 1999), Trophic Index of Macrophytes (TIM) developed in Germany (Schneider, Melzer, 2003) and the French index Indices Biologiques macrophyte en rivière (IBMR) (Haury et al., 2006). Indices are relatively easy to use, the costs are low and the results can be easily understandable not only by biologists (Thiébaud, 2006). G. Thiébaud (2006) shows, that the French IBMR index can be used in eutrophication or organic pollution assessment of running waters, but the author also points out that

the macrophytes species composition can be affected not only by water pollution, but also by other factors that are not evaluated by trophic indices. In Poland a study was carried out with the aim to evaluate the British system of river water assessment (MTR) for Polish conditions. In this study from the original British species list where each species have been assigned value, so called Species Trophic Rank (STR), were selected species whose values do not correspond with the conditions in Poland, as well as there were selected species which were found in Poland, but are not included in the original British created list. The authors of the study came to a conclusion that the MTR system, which includes results of further research on specified species is recommended for biological monitoring in Poland (Szozskiewicz et al., 2002).

Macrophytes in Latvian rivers have been studied little so far. Macrophytes studies from 1986–1992 in Latvian rivers were carried by A. Urtāns (1995), during the study, there were 150 rivers and river stretches surveyed. The aim of this study was to assess the suitability of S. Husák, V. Sládeček and A. Sládečková in 1989 presented list of freshwater macrophytes as indicators of saprobity in Czechoslovakia for Latvia. In this study for 61 of the most common taxa of macrophytes were expressed along a 10 point scale of saprobic valency. A. Urtāns also has made a list of dominant associations of macrophytes in small rivers of Latvia, which can be used for general water quality assessment (Urtans, 1995). Fifty-eight macrophytes species have been included in a Latvian catalogue of indicator species of freshwater saprobity. List of macrophytes as saprobiological indicators of river water quality has compiled by Urtans (Cimdiņš et al., 1995).

Macrophytes are used in biological monitoring of streams in Latvia, but assessment of ecological quality of streams is supported on estimation of experts. Biological macrophytes based indices for assessing water trophy and organic pollution are not used.

The aim of this study was to evaluate the suitability of macrophytes and indices based on macrophytes communities for assessing the ecological status of streams in Latvia.

Materials and methods

site selection and sampling

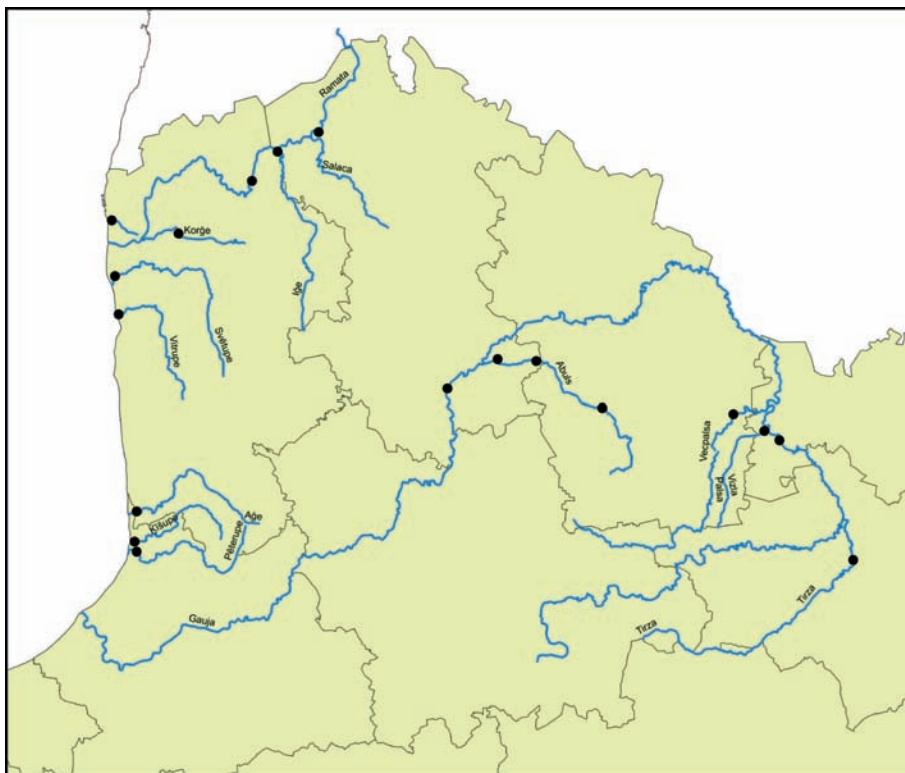
Estimation of macrophytes was performed at 18 sites on 15 streams during August and September 2007 (Fig. 1). The survey of Abuls (3 sampling sites) was carried out during August and September in 2005, and repeatedly in 2007.

The surveys were carried out by standard MTR method at a 100 m long stretches of streams (Holmes et al., 1999). At every stretches of streams the presence of each macrophytes species and their cover (in percent) were determined.

Trophic indices

- Saprobity index:

$S = \sum (S_i * h) / \sum h$, where S_i – individual saprobic index (1–10), h – scale of cover (1–9). Saprobity index values range from 0 to 4 (Cimdiņš, 1995; Cimdiņš et al., 1995).



*Fig. 1. Location of sampling sites
Apsekotie upju posmi*

- IBMR (The Macrophyte Biological Index for Rivers):

$$IBMR = (C_{Si} * K_i * E_i) / (K_i * E_i)$$
 where C_{Si} – Taxon score (0-20), K_i – scale of cover (1–5), E_i – coefficient of ecological amplitude (1–3). If the value of IBMR index is greater than 14 then water quality of river is very good, if 12 to 14 then good, 10–12 – moderate, 8–10 – poor, ≤ 8 – bad (Haury et al., 2006).
- MTR (Mean Trophic Rank) and MTR-P (Mean Trophic Rank for Poland):

$$MTR = 10 * \Sigma(STR * SCV) / \Sigma SCV$$
 where SCV – species cover value, STR – species trophic rank (scale from 1 to 10). MTR scores can range from 10 to 100, values below 25 show that rivers are badly damaged by eutrophication (Holmes et al., 1999). In this study values of MTR index were divided in the following quality classes: <25 – bad quality, 25–35 – poor, 35–45 – moderate, 45–55 – good, 55–65 – very good, >65 references site. MTR_P is Polish index based on MTR and fitted for Poland.

Water chemical quality data and data analysis

Water chemical data for 2005 and 2007 year were obtained from the Latvian Environmental, Geological and Meteorological Agency. Water chemical data were

analyzed according to water ecological quality assessment system that was developed by the Danish Environmental Protection Agency funded project “Implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) in Latvia”.

Results and discussion

Trophic indices were calculated for 12 of all surveyed sites, where at least 7 macrophytes species were present (Table 1). Values of Saprobity index were similar (from 1.83 to 2.01) for all stream stretches that were described as medium polluted with organic matter. Values of MTR, MTR_P and IBMR indices characterized water ecological quality of streams from good to bad.

Table 1

Trophic indices calculated on aquatic macrophytes
Trofijas pakāpi raksturojošo rādītāju vērtības pēc makrofitu sugu sastāva

| | Saprobity | IBMR | MTR | MTR_P |
|----------------------------|-----------|-------|-------|-------|
| Medium ritral river | | | | |
| Tirza | 1.95 | 8.12 | 34.58 | 40.83 |
| Vecpalsa, estuary | 1.83 | 10.14 | 42.38 | 46.67 |
| Abuls, downstream Trikāta | 1.92 | 8.38 | 33.62 | 33.67 |
| Ramata, estuary | 1.93 | 7.98 | 33.33 | 40.74 |
| Vītrupe, estuary | 1.91 | 8.18 | 33.75 | 35.83 |
| Svētupe, estuary | 1.91 | 8 | 30.42 | 36.67 |
| Medium potamal river | | | | |
| Abuls, downstream Brenguļi | 1.97 | 8.29 | 32.67 | 36.67 |
| Pēterupe, estuary | 1.92 | 9.16 | 33.75 | 38.75 |
| Ķīšupe, estuary | 1.92 | 8.72 | 31.74 | 31.74 |
| Large ritral river | | | | |
| Gauja, Vidaga | 1.92 | 9.02 | 36.55 | 44.14 |
| Large potamal river | | | | |
| Gauja, downstream Valmiera | 2.01 | 8.3 | 35 | 35.33 |
| Salaca, Vīķi | 1.99 | 7.84 | 32.89 | 35.78 |

The highest value of IBMR index was in the Vecpalsa surveyed stretch, which corresponded to average trophic status or moderate water quality. After IBMR index calculated values high trophic status or low water quality were in Tirza, Abuls (downstream Trikāta and Brenguļi) Vītrupe, Ķīšupe, Pēterupe and Gauja (at Vidaga and downstream Valmiera) surveyed stretches, IBMR values ranged from 8.12 to 9.16 in these stretches. IBMR lowest index values which corresponded to a very high trophic status or poor water quality were in surveyed stretches of Svētupe, Ramata and Salaca.

MTR index calculated values of streams' stretches ranged from 30.42 to 42.38, so the stretches of streams were classified as eutrophic or those which are at risk of becoming eutrophic (Holmes et al., 1999). Like the saprobity and IBMR index values also according to the MTR index value the best water quality was in the Vecpalsa stretch, and that corresponds to moderate water quality class. Poor water quality according to the MTR index values corresponded in stretches of Svētupe, Ķīšupe, Salaca, Ramata, Pēterupe, Abuls (downstream Trikāta and downstream Brenguļi). The moderate water quality met the stretches in Gauja at Vidaga and Gauja downstream Valmiera.

Using MTR_P index, the highest estimated value was in the stretch of Vecpalsa and MTR_P value corresponded to good water quality (IBMR and MTR index values corresponded to moderate quality). MTR_P lowest values were in stretches of Ķīšupe and Abuls downstream Trikāta, which corresponded to poor water quality. Other stretches of the rivers corresponded to the moderate quality based on MTR_P values.

IBMR, MTR and MTR_P indices partially conformed to water chemical quality (Table 2). At the same time the most flexible regarding to streams ecological water quality was MTR_P index as the natural situation in Poland is comparatively more similar with the situation in Latvia.

Table 2

Water quality in rivers based on chemical parameters and trophic indices

Upju posmu ūdens kvalitāte pēc ūdens ķīmiskās kvalitātes rādītāju vērtībām un trofijas indeksu vērtībām

| | Dissolved oxygen | BOD ₅ | N-NH ₄ ⁺ | N _{total} | P _{total} | IBMR | MTR | MTR_P |
|---|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|------|-----|-------|
| Tirza | VG | VG | M | M | G | P | P | M |
| Vecpalsa, estuary | VG | VG | G | M | M | M | M | G |
| Abuls, downstream Trikāta | VG | VG | P | B | B | P | P | P |
| Svētupe, estuary | VG | G | B | M | B | B | P | M |
| Pēterupe, estuary | VG | G | VG | P | G | P | P | M |
| Gauja, Vidaga | G | M | G | M | M | P | M | M |
| Gauja, downstream Valmiera | VG | G | B | G | B | P | M | M |
| Salaca, Vīķi | VG | B | VG | M | M | B | P | M |
| Abbreviations: Water quality classes: VG – very good, G – good, M – moderate, P – poor, B – bad. | | | | | | | | |

One of the problems for the use of macrophytes trophic metrics should be that these indices are developed on the basis of species list representative for particular countries. The other problem should be that macrophytes slowly respond to changes in water chemical quality. The studies in the stream Abuls in 2005 and 2007

showed that trophic indices did not change significantly while cover of macrophytes (especially in Trikata sampling site) changed notably (Table 3).

Table 3

Trophic indices for Abuls in 2005 and 2007
Trofijas indeksu vērtības Abulā 2005. un 2007. gadā

| | Saprobity | IBMR | MTR | Cover (%) |
|---------------------------|-----------|------|-------|-----------|
| Abuls downstream Trikāta | | | | |
| 2005 | 2,04 | 7,61 | 32,04 | 80 |
| 2007 | 1,92 | 8,38 | 33,62 | 55 |
| Abuls downstream Brenguļi | | | | |
| 2005 | 2,00 | 8,42 | 36,22 | 25 |
| 2007 | 1,97 | 8,29 | 32,67 | 35 |

Conclusions

In general, results of the study showed that IBMR, MTR and MTR_P of macrophytes indices are pertinent for a routine application in biological monitoring.

Further investigations are necessary for the more appropriate assessment of ecological quality by macrophytes indices in Latvia: firstly, it is necessary to evaluate macrophytes species scores according to Latvia's conditions; secondly, to compose a consistent species list.

REFERENCES

- Cimdiņš, P. (1995) Ūdeņu bioloģiskās kontroles metodes. Saprobītāte un tās bioloģiskā analīze. Upju saprobītātes bioindikatori un saprobītātes aprēķināšana. Grāmatā: Praktiskās hidrobioloģijas rokasgrāmata [Biological Control Methods of Waters. Saprobity and its Biological Analyze. Bioindicators of Streams' Saprobity and its Calculation. In: *Practical Manual of Hydrobiology*] P. Cimdiņa red., LU Ekoloģiskā centra apgāds „Vide”, Rīga, 23.–30. lpp.
- Cimdiņš, P., Druvietis, I., Liepa, R., Parele, E., Urtāne, L., Urtāns, A. (1995) A Latvian Catalogue of Indicator Species of Freshwater Saprobity. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 1/2, pp. 122–133.
- Haury, J., Peltre, M. C., Trémolières, M., Barbe, J., Thiébaud, G., Bernez, I., Daniel, H., Chatenet, P., Haan-Arcipof, G., Muller, S., Dutartre, A., Laplace-Treytore, C., Cazaubon, A., Lambert-Servien, E. (2006) A New Method to Assess Water Trophic and Organic Pollution – the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): Its Application to Different Types of River and Pollution. *Hydrobiologia*, Volume 570, Number 1, pp.153–158.
- Holmes, N.T.H., Newman, J.R., Chadd, J.R., Rouen, K.J., Saint, L., Dawson, F.H. (1999) Mean Trophic Rank: A User's Manual. Research & Development, Technical Report E38. Environmental Agency, Bristol, 134 pp.

- Husák, S., Sládeček, V., Sládečková, A. (1989) Freshwater Macrophytes as Indicators of Organic Pollution. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 17 (6), pp. 693–697.
- Schneider, S., Melzer, A. (2003) The Trophic Index of Macrophytes (TIM) – A new tool for indicating the trophic status of running waters. *International Revue Hydrobiologie*, Volume 88, pp. 49–67.
- Szoszkiewicz, K., Karolewicz, K., Ławniczak, A., Dawson, F. H. (2002) An assessment of the MTR aquatic plant bioindication system for determining the trophic status of Polish rivers. *Polish Journal of Environmental Studies*, Volume 11, No 4, pp. 421–427.
- Thiébaud, G. (2006) Aquatic Macrophyte Approach to Assess the Impact of Disturbances on the Diversity of the Ecosystem and River Quality. *International Review of Hydrobiology*, Volume 91, Issue 5, pp. 483–497.
- Urtāns, A. (1989) *Mazo upju kopšana* [Management of Small Streams] Latvijas PSR Zinību biedrība, Rīga, 28 lpp.
- Urtāns, A. (1995) Macrophytes Used as Indicators of River water quality in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences* 3/4, pp. 105–107.

Kopsavilkums

Šajā pētījumā veikti indeksu aprēķini, kuru pamatā ir makrofītu sugu sabiedrību sastāvs, lai novērtētu šo indeksu piemērotību upju ekoloģiskās kvalitātes noteikšanai Latvijā. Ūdens kvalitātes vērtējums pēc aprēķinātajām indeksu vērtībām salīdzināts ar ūdens ķīmisko kvalitāti. Pētījuma rezultāti parādīja, ka upju ekoloģiskās kvalitātes raksturošanai pēc makrofītu sugu sastāva Latvijā par piemērotākajiem atzīstami IBMR, MTR un MTR_P indeksi. Darbā secināts – lai šo indeksu izmantošana Latvijā būtu veiksmīga, atbilstoši izvēlētajam indeksam nepieciešams izstrādāt Latvijas apstākļiem atbilstošu makrofītu sugu sarakstu ar precizētām individuālajām vērtībām.

Atslēgvārdi: makrofīti, trofijas indeksi, upju ekoloģiskā kvalitāte.

Makrofītu izmantošana Imulas ekoloģiskās kvalitātes noteikšanā

Employment of Macrophytes to Establish the Ecological Quality of the River Imula

Linda Uzule

Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1050
E-pasts: uzule.linda@inbox.lv

Šajā darbā apkopoti 2009. gada Imulas makrofītu cenožu izpētes rezultāti. Pētījuma mērķis ir noteikt Imulas ekoloģisko kvalitāti pēc tajā sastopamo makrofītu sugu sastāva. Augstāko ūdensaugu sugu sastāvs un to projektīvais segums tika pētīts 2009. gada vasarā 10 Imulas posmos, kur katra reprezentatīvā posma garums bija 100 m. Bez makrofītu sugu izpētes tika raksturoti arī upes posmu biotopi. Upes posmu raksturošanai pēc makrofītu sugu sastāva un to procentuālā pārklājuma aprēķināti Šenona, IBMR un MTR indeksi, kā arī saprobitātes pakāpe. Pēc iegūtajiem rezultātiem Imula atbilst ar barības vielām bagātai upei, kurā sastopama relatīvi liela makrofītu sugu daudzveidība.

Atslēgvārdi: makrofīti, Imula, sugu daudzveidības indeksi, trofijas indeksi, ekoloģiskā kvalitāte.

Ievads

Vadoties pēc Imulas sateces baseina laukuma (263 km²) un gultnes dibena garenslīpuma (1,44 m/km) (Pastors, 1995), Imula pēc Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumiem Nr. 858 „Noteikumi par virszemes ūdensobjektu tipu raksturojumu, klasifikāciju, kvalitātes kritērijiem un antropogēno slodžu noteikšanas kārtību” atbilst ritrāla tipa vidējai upei (Noteikumi par.., 2004). Līdz šim brīdim upe visā tās tecējuma garumā nav tikusi pētīta. Vienīgā monitoringa stacija atrodas Imulas ietekā (Ūdeņu monitoringa.., 2009).

Līdzšinējie augstāko ūdensaugu pētījumi Latvijā upēs ir bijuši nelieli. Virszemes ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes novērtēšana pēc makrofītiem kļuva aktuāla 2000. gadā līdz ar Eiropas Parlamenta un Padomes 2000. gada 23. oktobra direktīvas pieņemšanu. Daudzos likumdošanas avotos augstāko ūdensaugu sastāvs un sastopamība ir noteikti kā viens no bioloģiskās kvalitātes kritērijiem virszemes ūdensobjektu klasifikācijai. Makrofīti kā ūdens ekoloģiskās kvalitātes indikatororganismi ir ierakstīti Eiropas Parlamenta un Padomes Ūdens struktūrdirektīvā 2000/60/EC (European Commission, 2000), Latvijas Republikas Saeimas Ūdens apsaimniekošanas likumā (Ūdens apsaimniekošanas likums, 2002), Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumos Nr. 858 „Noteikumi par virszemes ūdensobjektu tipu raksturojumu,

klasifikāciju, kvalitātes kritērijiem un antropogēno slodžu noteikšanas kārtību” (Noteikumi par., 2004), kā arī Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumos Nr. 92 „Prasības virszemes ūdeņu, pazemes ūdeņu un aizsargājamo teritoriju monitoringam un monitoringa programmu izstrādei” (Prasības virszemes., 2004).

Materiāli un metodes

Imulas apsekošana un upē sastopamo makrofitu sugu noteikšana

Imulas apsekošana norisinājās 2009. gada 17.–31. augustā. Upe tika apsekota 10 posmos: iztekas rajonā, augšpus un lejpus uzpludinātā Satiķu dzirnavezera, augšpus un lejpus Imulas lielākās kreisā krasta pietekas Buļļupes, augšpus un lejpus Imulas lielākās labā krasta pietekas Dimžavas, lejpus apdzīvotas vietas Vānes, pie Pūcēm un Imulas ietekā (1. att.). Makrofitu sastopamības noteikšanai tika izmantota ES pētījuma projekta STAR (*Standardization of River Classification*) ietvaros izveidotā metodika Eiropas upju makrofitu sugu sastāva un sastopamības novērtēšanai, kas balstās uz Lielbritānijā izstrādātās standartmetodikas principiem (Holmes et al., 1999). Katrs upes posms tika apsekots 100 m garumā. 100 m garais posms tika sadalīts 10 sīkākos 10 m garos posmos, kur katrā tika noteikts kopējais aizaugums ar makrofitiem, kā arī tur sastopamās makrofitu sugas un to projektīvais segums (Holmes et al., 1999; Furse et al., 2006). Lai uzzinātu kopējo 100 m garā posma aizaugumu ar makrofitiem, kā arī katras sugas procentuālo pārklājumu, no visiem 10 m garajiem posmiem tika aprēķināts vidējais aritmētiskais lielums.

Makrofitu sugu noteikšanā galvenokārt tika izmantots „Latvijas PSR augu noteicējs” (Latvijas PSR., 1980), Lielbritānijā izdots augu noteicējs „British water plants” (Haslam et al., 1982), kā arī Dānijā izmantotais augu noteicējs „Danske vandplanter” (Moeslund et al., 1990).

Paralēli makrofitu cenožu izpētei tika noteikti upes posmu abiotiskie faktori – platums, dziļums, straumes ātrums, grunts sastāvs un noēnojums, vizuāli konstatēti mehāniski ietekmētie upes posmi, kā arī Imulas sateces baseina zemes lietojumveids. Upes noēnojums tika noteikts pēc acumēra, vadoties pēc tā, vai noēnojums ir gandrīz pilnīgs (> 50%), daļējs (10–50%), neliels (< 10%), vai arī tā nav nemaz (Fox, 1992).

Upes trofijas pakāpi un makrofitu sugu daudzveidību raksturojošie rādītāji

Lai novērtētu upes trofisko stāvokli, tika aprēķināta saprobitāte (S) (Pantle, Buck, 1955; Zelinka, Marvan, 1966), Francijā izstrādātais IBMR indekss (*The Macrophytical Biological Index for Rivers*) (Haury et al., 2006; Thiébaud, 2006; Toso et al., 2004), kā arī Lielbritānijā izveidotais MTR indekss (*Mean Trophic Rank*) (Holmes et al., 1999). Savukārt, lai raksturotu upē sastopamo makrofitu sugu daudzveidību, tika aprēķināts Šenona jeb sugu daudzveidības indekss (H) (Shannon, 1948).

Saprobitātes galīgā rezultāta iegūšanai tika lietota korekcijas metode (Pantle, Buck, 1955) un izmantotas makrofitu sugu indeksa vērtības (Si), kas adaptētas Latvijas apstākļiem (Cimdiņš et al., 1995).

Dati tika apstrādāti, izmantojot *Microsoft Excel 2007* programmu.



1. att. Imulas reprezentatīvie posmi
Representative Stretches of the River Imula

Avots: izstrādājusi autore, izmantojot LAD datus, 2010.

Rezultāti un diskusija

Apsekoto Imulas posmu biotopu un kopējās aizauguma pakāpes raksturojums

Makrofītu izplatību ūdenstecēs būtiski ietekmē dažādi abiotiskie faktori. Augstāko ūdensaugu sastopamību nosaka ne vien barības vielu pieejamība, bet arī tādi fizikālķīmiskie rādītāji kā grunts veids, straumes ātrums, dziļums, platums, ūdens dzidrums (Giller, 2001; Allan, Castillo, 2007). 1. tabulā dots Imulas posmu biotopu raksturojums.

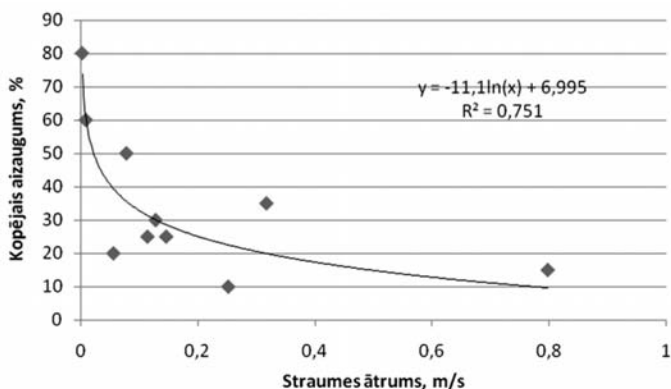
1. tabula

Imulas reprezentatīvo posmu biotopu raksturojošie rādītāji
Biotope Description of Representative Stretches of the River Imula

| Upes posms | Platums, m | Dziļums, m | Straumes ātrums, m/s | Grunts sastāvs | Noēnojums, % | Aizaugums, % |
|-----------------------------|------------|------------|----------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| Imulas izteka | 1,8 | 0,35 | 0,01 | Dūņas | 10–50 | 80 |
| Augšpus Satiķu dzirnavezera | 1,2 | 0,80 | 0,01 | Dūņas, augu atliekas | Nav | 60 |
| Lejpus Satiķu dzirnavezera | 5,0 | 0,36 | 0,06 | Oļi, smilts, grants | > 50 | 20 |
| Augšpus Buļļupes | 3,0 | 0,75 | 0,08 | Smilts, grants, oļi, dūņas | Nav | 35 |
| Lejpus Buļļupes | 4,0 | 0,70 | 0,32 | Oļi, smilts, dūņas, laukakmeņi | < 10 | 50 |
| Augšpus Dimžavas | 4,0 | 1,30 | 0,13 | Smilts, dūņas | Nav | 30 |
| Lejpus Dimžavas | 6,0 | 1,10 | 0,11 | Smilts, dūņas | Nav | 25 |
| Lejpus Vānes | 4,0 | 1,10 | 0,15 | Oļi, smilts, dūņas | Nav | 25 |
| Pie Pūcēm | 6,0 | 0,50 | 0,25 | Oļi, laukakmeņi, dūņas, smilts | > 50 | 10 |
| Imulas ieteka | 5,0 | 0,30 | 0,79 | Oļi, laukakmeņi, grants | 10–50 | 15 |

Vērtējot abiotisko faktoru ietekmi uz upes posmu kopējo aizaugumu ar makrofītiem, visbūtiskāk aizaugumu ietekmē straumes ātrums – posmos, kur ir mazāks straumes ātrums, aizaugums ar makrofītiem ir lielāks. Pastāv būtiska logaritmiskā sakarība starp makrofītu kopējo aizaugumu un straumes ātrumu (determinācijas koeficients $R^2 = 0,751$, būtiskuma līmenis $\alpha = 0,01$) (2. att.).

Vienīgais izņēmums, uz kuru nevar attiecināt šo atzinumu, ir posms lejpus Buļļupes, kur straumes ātrums ir 0,32 m/s, bet šī posma kopējais aizaugums ar makrofītiem sasniedz 50%. Tik lielu aizaugumu varētu skaidrot ar Buļļupes sateces baseina apsaimniekošanu.



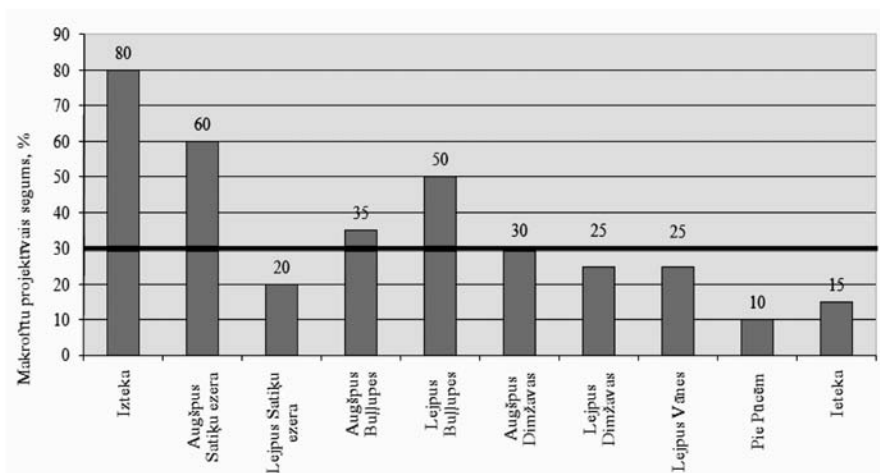
$r = 0,867^{**}$ $r_{krit} = 0,765$.

$n = 10$, korelācija būtiska, ja $\alpha = 0,01$.

2. att. Logaritmiskā korelācija starp upes posmu kopējo aizaugumu ar makrofītiem un straumes ātrumu

Avots: sastādījusi autore, 2010.

Viens no vienkāršākajiem upes ekoloģiskā stāvokļa novērtēšanas veidiem ir katra upes reprezentatīvā posma augstāko ūdensaugu kopējās aizauguma pakāpes noteikšana (Haslam, 1978). Katra apsekotā upes posma kopējā aizauguma pakāpe ar makrofītiem redzama 3. attēlā.



3. att. Imulas reprezentatīvo posmu kopējais aizaugums ar makrofītiem

Macrophytes Covering of Representative Stretches of the River Imula

Avots: sastādījusi autore, 2010.

Pastāv likumsakarība – ja ūdensaugu ūdenī ir vairāk par 30%, tas liecina, ka, iespējams, upē ir palielināta biogēno elementu koncentrācija (Haslam, 1978). No 10 apsekotajiem Imulas reprezentatīvajiem posmiem četros makrofītu projektīvais segums pārsniedz 30%, bet vienā posmā tas ir tieši 30%. 3. attēlā redzams, ka

palielināts aizaugums ir Imulas iztekā, augšpus Satiķu dzirnavezera un augšpus un lejpus Buļļupes, kur makrofitu procentuālais pārklājums ir lielāks par 30%, bet augšpus Dimžavas augstāko ūdensaugu projektīvais segums ir tieši 30%. Minēto likumsakarību nevar uzskatīt par absolūtu visos gadījumos – ne vienmēr upes aizaugums, kas lielāks par 30%, liecina par paaugstinātu biogēnu klātbūtni upē. Aizaugumu ar ūdensaugiem būtiski ietekmē arī upes abiotiskie faktori, kā arī sateces baseina zemes lietojumveids.

Biežāk ir sastopama situācija, kad upes aizaugums palielinās virzienā no augšteces uz lejteci (Haslam, 1978), bet Imulas gadījumā ir otrādi: lielākais aizaugums ar makrofītiem vērojams tieši upes augštecē, savukārt mazākais aizaugums – upes lejteces posmos – pie Pūcēm un ietekā. Tajos posmos, kuros straumes ātrums ir lielāks, aizaugums ar makrofītiem ir mazāks (2. att.). Straumes ātrums lielāks ir tieši Imulas lejteces posmos, un tas skaidrojams ar upes relatīvo kritumu, kas tās lejtecē ir aptuveni 2,5 m/km, bet pēdējā kilometrā pat 7 m/km (Pastors, 1995).

Vietās, kur upe savulaik ir mehāniski ietekmēta, – augšpus un lejpus Buļļupes, augšpus un lejpus Dimžavas, lejpus Vānes – aizaugums ar makrofītiem ir relatīvi liels (25–50% amplitūdā).

Augšpus Dimžavas Imulas aizaugums ar makrofītiem ir lielāks nekā posmā lejpus Dimžavas. Var secināt, ka Dimžavā ūdens ekoloģiskā kvalitāte ir laba, jo tā ar saviem sateces baseina ūdeņiem Imulas ekoloģisko kvalitāti nepasliktina. Viens no skaidrojumiem saistās ar to, ka ievērojamu daļu Dimžavas sateces baseina aizņem mežu teritorijas (1. att.), tomēr lielākā daļa Imulu ietekmējošo abiotisko faktoru – dziļums, noēnojums, grunts sastāvs – būtiski neatšķiras pirms un pēc Dimžavas ieteces Imulā (1. tab.)

Saprobītātes izvērtējums

Vadoties no sugu skaita katrā upes posmā, pēc korekcijas metodes (Zelinka, Marvan, 1966) tiek iegūts saprobītātes galīgais vērtējums. Saprobītātes galīgais vērtējums pēc korekcijas metodes, kā arī saprobītātes aprēķināšanā izmantotais makrofitu sugu skaits katram Imulas posmam attēlots 2. tabulā.

Pēc 2. tabulas datiem redzams, ka visu Imulas posmu saprobītāte svārstās amplitūdā no 1,37 līdz 2,15, kas atbilst oligo-beta-mezosaprobīem un beta-mezosaprobīem ūdeņiem (Cimdiņš et al., 1995). Viszemākā saprobītātes pakāpe ir posmam lejpus Dimžavas – 1,37, kā arī Imulas ietekas posmam, kur saprobītātes pakāpes vērtība ir 1,48. Abi minētie upes posmi pēc saprobītātes pakāpes vērtībām atbilst oligo-beta-mezosaprobīem ūdeņiem, kuru ūdens kvalitāte ir tīra līdz vāji piesārņota. Šajos posmos sastopamas tādas oligo-beta-mezosaprobīem ūdeņiem raksturīgas makrofitu sugas kā upes kosa (*Equisetum fluviatile*) ar saprobītātes indeksa vērtību 1,25, avotu veronika (*Veronica beccabunga*), kuras saprobītātes indekss arī ir 1,25, stāvā berula (*Berula erecta*) – saprobītātes indekss ir 1,4, ūdeņu mētra (*Mentha aquatica*) – sugas saprobītātes indekss ir 1,35, kā arī ūdeņu paķērsa (*Rorippa amphibia*) ar saprobītātes indeksa vērtību 1,5 (Cimdiņš et al., 1995). Bez jau minētajiem diviem posmiem oligo-beta-mezosaprobīem ūdeņiem atbilst arī posms augšpus Satiķu dzirnavezera, kura saprobītātes pakāpe ir 1,63, kā arī posms pie Pūcēm ar saprobītātes pakāpi 1,66.

2. tabula

Saprobītātes pakāpes vērtības Imulas reprezentatīvajiem posmiem
Saprobity Values of Representative Stretches of the River Imula

| Imulas posms | Makrofitu sugu skaits | Saprobītātes pakāpe pēc korekcijas – saprobītātes galīgais vērtējums |
|-----------------------------|-----------------------|--|
| Imulas izteka | 8 | 1,73 |
| Augšpus Satiķu dzirnavezera | 7 | 1,63 |
| Lejpus Satiķu dzirnavezera | 9 | 1,73 |
| Augšpus Buļļupes | 9 | 1,83 |
| Lejpus Buļļupes | 6 | 1,75 |
| Augšpus Dimžavas | 5 | 1,95 |
| Lejpus Dimžavas | 9 | 1,37 |
| Lejpus Vānes | 5 | 2,15 |
| Pie Pūcēm | 7 | 1,66 |
| Imulas ieteka | 6 | 1,48 |

Pārējie seši posmi – Imulas izteka, Imula lejpus Satiķu dzirnavezera, augšpus un lejpus Buļļupes, augšpus Dimžavas un lejpus Vānes – atbilst beta-mezosaprobītiem ūdeņiem, jo to aprēķinātās saprobītātes vērtības ietilpst amplitūdā no 1,7 līdz 2,3, kas raksturo vāji piesārņotus ūdeņus. Visaugstākā saprobītātes pakāpes vērtība ir upes posmam lejpus Vānes – 2,15. Šajā posmā konstatētas šādas sugas ar augstām saprobītātes indeksa vērtībām: mazais ūdensziņš (*Lemna minor*) ar saprobītātes indeksa vērtību 2,25, parastā spirodella (*Spirodela polyrhiza*) un ezera lielmeldrs (*Schoenoplectus lacustris*), kuru saprobītātes indekss ir 2,15 (Cimdiņš et al., 1995). Likumsakarīgs ir arī apstāklis, ka posmā lejpus Vānes saprobītātes aprēķinos ir izmantots relatīvi niecīgs sugu skaits, proti, 5 sugas. Tikpat daudz sugu ir sastopams arī posmā augšpus Dimžavas, kura saprobītātes pakāpes vērtējums ir otrais sliktākais – 1,95.

Vērtējot Imulu kopumā, upes ūdens kvalitāte pēc iegūtajiem saprobītātes rezultātiem ir augsta, jo visi apsekotie upes posmi nepārsniedz vāji piesārņotu ūdeņu līmeni. Tomēr saprobītāte tikai daļēji atspoguļo Imulas reprezentatīvo posmu piesārņotības līmeni ar bioloģiski viegli noārdāmām organiskām vielām, jo Latvijā izstrādātajā sugu bioindikatoru katalogā (Cimdiņš et al., 1995) nav iekļauti visu Latvijas upēs sastopamo makrofitu individuālie sugas saprobītātes indeksi (Si).

IBMR indeksa vērtību izvērtējums

Aprēķinātās IBMR indeksa vērtības Imulas posmiem, kā arī katra posma ūdens ekoloģiskā kvalitāte atkarībā no iegūtās IBMR indeksa vērtības redzamas 3. tabulā.

Pēc tabulas datiem redzams, ka Imulas posmu IBMR indeksa vērtības svārstās diapazonā no 9,0 līdz 11,5, kas atbilst sliktai un vidējai ūdens ekoloģiskajai kvalitātei (Haury et al., 2006). Ja IBMR ir ≤ 8 , tad upes ekoloģiskā kvalitāte

atbilst ļoti sliktai, ja $10 \geq \text{IBMR} > 8$ – slikta, ja $12 \geq \text{IBMR} > 10$ – vidēja, ja $14 \geq \text{IBMR} > 12$ – laba, bet, ja $\text{IBMR} > 14$, tad upes ekoloģiskā kvalitāte ir ļoti laba (Thiébaud, 2006; Toso et al., 2004). Visaugstākā indeksa vērtība un līdz ar to arī vislabākā ūdens ekoloģiskā kvalitāte ir Imulas iztekas posmā, kur IBMR vērtība ir 11,5. Šajā posmā ir sastopami tādi oligotrofiem ūdeņiem raksturīgi augi kā trejlapu puplaksis (*Menyanthes trifoliata*), kura punktu vērtējums (CSI) ir 16, kā arī peldošā ūdenszāle (*Glyceria fluitans*) ar punktu vērtējumu 14 (Toso et al., 2004). Savukārt vissliktākā ūdens ekoloģiskā kvalitāte ir posmā lejpus Vānes – IBMR indeksa vērtība ir 9,0. Šajā posmā ir sastopamas zaļalģes (*Cladophora sp.*) un parastā spirodella (*Spirodella polyrhiza*). Abu minēto sugu punktu vērtējums ir 6, kas atbilst beta-alfa-mezosaprobjiem ūdeņiem (Toso et al., 2004).

3. tabula

IBMR indeksa vērtības Imulas reprezentatīvajiem posmiem
IBMR Values of Representative Stretches of the River Imula

| Imulas posms | IBMR indeksa vērtība | Ūdens ekoloģiskā kvalitāte |
|-----------------------------|----------------------|----------------------------|
| Imulas izteka | 11,5 | Vidēja |
| Augšpus Satiķu dzirnavezera | 9,9 | Slikta |
| Lejpus Satiķu dzirnavezera | 10,0 | Slikta |
| Augšpus Buļļupes | 9,5 | Slikta |
| Lejpus Buļļupes | 9,8 | Slikta |
| Augšpus Dimžavas | 9,9 | Slikta |
| Lejpus Dimžavas | 9,8 | Slikta |
| Lejpus Vānes | 9,0 | Slikta |
| Pie Pūcēm | 10,5 | Vidēja |
| Imulas ieteka | 9,3 | Slikta |

MTR indeksa izvērtējums

MTR indekss tiek lietots, lai noteiktu tekošu ūdeņu degradācijas pakāpi (Szoszkiewicz et al., 2002). Iegūtās MTR indeksa vērtības Imulas posmiem, kā arī atbilstošā trofijas klase attēlotas 4. tabulā.

Kopumā MTR indeksa vērtības visiem upes posmiem ir amplitūdā no 31,0 līdz 45,4 – upes posmi atbilst eitrofiem ūdeņiem, tātad ūdens upē ir barības vielām bagāts. MTR indeksa vērtības ir no 10 līdz 100. Indeksa vērtības, kas mazākas par 25, raksturo stipri piesārņotus ūdeņus, vērtības robežās no 25 līdz 65 raksturo eitrofos ūdeņus vai ūdeņus, kuriem pastāv risks kļūt eitrofiem, bet vērtības, kas ir lielākas par 65, raksturo ar barības vielām nabadzīgus ūdeņus (Jarvie et al., 2002). Augstākā MTR indeksa vērtība ir posmam augšpus Dimžavas – 45,4, savukārt zemākā indeksa vērtība ir Imulas ietekas posmā – 31,0. Ar barības vielām relatīvi nabadzīgs ir arī posms pie Pūcēm, kur MTR indeksa vērtība ir 44,8, kā arī Imulas iztekas posms, kura MTR vērtība ir 44,0.

4. tabula

MTR indeksa vērtības Imulas reprezentatīvajiem posmiem
MTR Values of Representative Stretches of the River Imula

| Imulas posms | MTR indeksa vērtība | Trofijas klase |
|-----------------------------|---------------------|----------------|
| Imulas izteka | 44,0 | Eitrofija |
| Augšpus Satiķu dzirnavezera | 37,9 | Eitrofija |
| Lejpus Satiķu dzirnavezera | 40,8 | Eitrofija |
| Augšpus Buļļupes | 39,6 | Eitrofija |
| Lejpus Buļļupes | 40,4 | Eitrofija |
| Augšpus Dimžavas | 45,4 | Eitrofija |
| Lejpus Dimžavas | 42,5 | Eitrofija |
| Lejpus Vānes | 37,8 | Eitrofija |
| Pie Pūcēm | 44,8 | Eitrofija |
| Imulas ieteka | 31,0 | Eitrofija |

Trofijas pakāpi raksturojošo rādītāju kopvērtējums

Analizējot Imulas kopējo ekoloģisko kvalitāti pēc upes trofijas pakāpi raksturojošiem rādītājiem, Imula ir upe ar barības vielām visai bagātu ūdeni, jo pēc MTR indeksa rezultātiem visi upes posmi atbilst eitrofām ūdens stāvoklim. Gan IBMR indeksa, gan arī MTR indeksa rezultāti neuzrāda labu upes ūdens ekoloģiskās kvalitātes vērtējumu. Pēc IBMR indeksa rezultātiem, lielākajā daļā upes posmu ūdens kvalitāte atbilst sliktai. Tikai 2 posmos – Imulas iztekā un posmā pie Pūcēm – upes ekoloģiskā kvalitāte ir vidēja. Par Imulas ūdens kvalitāti var spriest arī pēc upē sastopamo makrofitu sugu sastāva. Viena no dominējošām sugām Imulā ir dzeltenā lēpe (*Nuphar luteum*), kura ir samērā izturīga gan pret upes mehānisku ietekmēšanu, gan pret piesārņojumu (Haslam, 1978). Imulā bieži sastopamas arī sugas, kas attīstās ar barības vielām bagātos ūdeņos – Kanādas elodeja (*Elodea canadensis*), mazais ūdenszieds (*Lemna minor*), parastā spirodella (*Spirodela polyrhiza*) u. c. (Preston, Croft, 2001). Lai arī upe galvenokārt plūst caur mežu teritorijām (1. att.), tomēr tās sateces baseinā ir teritorijas, kas tiek izmantotas lauksaimniecībā, un dažviet Imula plūst cauri vai arī tek tuvu apdzīvotām vietām, kas palielina varbūtību, ka upe nokļūst ar barības vielām bagāti ūdeņi.

Šenona indeksa izvērtējums

Lai novērtētu augstāko ūdensaugu sugu daudzveidību Imulā, tika aprēķināts sugu daudzveidību raksturojošais rādītājs – Šenona indekss. Katra posma sugu skaits, kas izmantots Šenona indeksa aprēķināšanai, kā arī iegūtie indeksa rezultāti redzami 5. tabulā.

Šenona indeksa vērtības upes reprezentatīvajiem posmiem ir amplitūdā no 1,4 līdz 2,3. Jo lielāks ir aprēķinātais Šenona indekss, jo augstāka ir bioloģiskā daudzveidība apsekotajā upes posmā (Shannon, 1948). Vislielākā makrofitu daudzveidība ir divos Imulas posmos – lejpus Satiķu dzirnavezera un Imulas ietekas posmā, kur Šenona indeksa vērtība ir 2,3. Šiem posmiem raksturīgs arī samērā liels sugu skaits,

it īpaši posmā lejpus Satiķu dzirnavezera, kur sastopamas 18 makrofitu sugas, bet Imulas ietekas posmā konstatētas 13 ūdensaugu sugas. Savukārt vismazākā sugu daudzveidība ir posmā augšpus Satiķu dzirnavezera – Šenona indeksa vērtība ir 1,4. Kopumā Imulai raksturīga relatīvi augsta makrofitu sugu daudzveidība, jo 7 no 10 posmiem Šenona indekss pārsniedz 2 (Shannon, 1948). Iegūtos rezultātus apstiprina arī fakts, ka visos posmos tika konstatēts relatīvi liels makrofitu sugu skaits – tikai posmā lejpus Buļļupes sastopamo sugu skaits ir mazāks par 10, respektīvi, 8 sugas. Pārējos 9 posmos makrofitu sugu skaits ir robežās no 10 līdz 18.

5. tabula

Šenona indeksa vērtības Imulas reprezentatīvajiem posmiem
Shannon Index Values of Representative Stretches of the River Imula

| Imulas posms | Makrofitu sugu skaits | Šenona indeksa vērtība |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| Imulas izteka | 15 | 1,7 |
| Augšpus Satiķu dzirnavezera | 10 | 1,4 |
| Lejpus Satiķu dzirnavezera | 18 | 2,3 |
| Augšpus Buļļupes | 8 | 2,1 |
| Lejpus Buļļupes | 11 | 1,8 |
| Augšpus Dimžavas | 12 | 2,0 |
| Lejpus Dimžavas | 15 | 2,2 |
| Lejpus Vānes | 13 | 2,1 |
| Pie Pūcēm | 13 | 2,2 |
| Imulas ieteka | 13 | 2,3 |

Secinājumi

1. No visiem Imulas apsekošanas laikā noteiktajiem un mērītajiem upes abiotiskajiem faktoriem visbūtiskāk upes posmu kopējo aizaugumu ar makrofitiem ietekmē straumes ātrums ($R^2 = 0,751$, būtiskuma līmenis $\alpha = 0,01$).
2. Šenona indeksam Imulas posmos ir salīdzinoši augsti rezultāti, jo indeksa vērtības svārstās amplitūdā no 1,4 līdz 2,3. Tas liecina, ka upē ir relatīvi liela makrofitu sugu daudzveidība.
3. Pēc upes trofijas pakāpi raksturojošiem rādītājiem kopumā labākā ūdens ekoloģiskā kvalitāte ir Imulas iztekā (IBMR = 11,5; MTR = 44,0; S = 1,73) un posmā pie Pūcēm (IBMR = 10,5; MTR = 44,8; S = 1,66), bet sliktākā ūdens ekoloģiskā kvalitāte ir posmam lejpus Vānes (IBMR = 9,0; MTR = 37,8; S = 2,15).
4. Pēc saprobitātes pakāpes Imula atbilst nepiesārņotai līdz vāji piesārņotai upei, bet IBMR un MTR indekss upi raksturo kā ar barības vielām vidēji bagātu līdz bagātu upi, savukārt pēc Šenona indeksa Imula pieder pie upēm, kurās sastopama relatīvi liela makrofitu sugu daudzveidība.

Pateicība

Liels paldies Mg. dab. zin. Solvitai Strazdiņai, Mg. dab. zin. Laurai Grīnbergai un Dr. biol. Guntai Sprinģei, kas nesavtīgi neliedza savas zināšanas un padomu.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

PUBLICĒTĀ LITERATŪRA

- Allan J. D., Castillo M. M. (2007) *Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters*. 2nd ed. The Netherlands, Springer. 436 p.
- Cimdiņš P., Druvietis I., Liepa R., Parele E., Urtāne L., Urtāns A. (1995) *A Latvian Catalogue of Indicator Species of Freshwater Saprobity*. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, 1/2, 125–126.
- Fox A. M. (1992) *Macrophytes*, in *The Rivers Handbook. Hydrological and Ecological Principles*. Calow P. & Petts G. E. (eds.) Oxford, Blackwell Scientific Publications, p. 216–233.
- Furse M., Hering D., Moog O., Verdonschot P., Johnson R., Brabec K., Gritzalis K., Buffagni A., Pinto P., Friberg N., Murray-Bligh J., Kokes J., Alber R., Usseglio-Polatera P., Haase P., Sweeting R., Bis B., Szoszkiewicz K., Soszka H., Springe G., Sporka F., Krno I. (2006) The STAR Project: Context, Objectives and Approaches. *Hydrobiologia*, 566, 3–29.
- Giller P. S. (2001) *The Biology of Streams and Rivers*. New York, Oxford University. 296 p.
- Haslam S. M. (1978) River Plants. *The Macrophytic Vegetation of Watercourses*. Great Britain, Cambridge University Press. 396 p.
- Haslam S. M., Sinker C. A., Wolseley P. A. (1982) *British Water Plants*. Forrest Text, United Kingdom. 353 p.
- Haury J., Peltre M. C., Trémolières M., Barbe J., Thiébaud G., Bernez I., Daniel H., Chatenet P., Haan-Arcipof G., Muller S., Dutartre A., Laplace-Treytore C., Cazaubon A., Lambert-Servien E. (2006) A New Method to Assess Water Trophy and Organic Pollution – the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): Its Application to Different Types of River and Pollution. *Hydrobiologia*, vol. 570, No. 1, p. 153–158.
- Holmes N. T. H., Newman J. R., Chadd S., Rouen K. J., Saint L., Dawson F. H. (1999) *Mean Trophic Rank: A User's Manual*. Bristol, Environment Agency. 134 p.
- Jarvie H. P., Lycett E., Neal C., Love A. (2002) *Patterns in Nutrient Concentrations and Biological Quality Indices Across the Upper Thames River Basin, UK. The Science of the Total Environment*, p. 263–294.
- Latvijas PSR augu noteicējs*. (1980) Rīga: Zinātne. 590 lpp.
- Moeslund B., Løjtnant B., Mathiesen H., Pedersen A. (1990) *Danske vandplanter*. Vejledning i bestemmelse af planter i søer og vandløb, Miljønyt, Nr. 2.
- Pantle R., Buck H. (1955) Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach*, 96 (18), 1–604.
- Pastors A. (1995) Imula. No: *Latvijas daba: enciklopēdija*. Red. G. Kavacs, 2. sēj. Rīga: Latvijas Enciklopēdija, 168.–167. lpp.
- Preston C. D., Croft J. M. (2001) *Aquatic Plants in Britain and Ireland*. England, Harley Books, Colchester. 365 p.
- Shannon C. E. (1948) A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, vol. 27, p. 379–423.

- Szoszkiewicz K., Karolewicz K., Ławniczak A., Dawson F. H. (2002) An Assessment of the MTR Aquatic Plant Bioindication System for Determining the Trophic Status of Polish Rivers. *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 11, No. 4, p. 421–427.
- Thiébaud G. (2006) Aquatic Macrophyte Approach the Impact of Disturbances on the Diversity of the Ecosystem and River Quality. *International Review of Hydrobiology*, vol. 91, issue 5, p. 483–497.
- Toso E., Marzani A., Siligardi M., Negri P., Fabris M., Dalmiglio A., Gagliotti G., Cerra F., Cristina B., Cavalieri S., Dinelli D., Pace G., Formichetti P., Pjerdominici E., D'Angelo A. M., Iaconelli M., Lestini M., Le Foche M., Mancini L. (2004) *Metodologie analitiche della componente vegetazionale negli ambienti di acque correnti (Macrofite)*. Centro Tematico Acque Interne e Marino Costiere, p. 28–45.
- Zelinka M., Marvan P. (1966) Bemerkungen zu neuen Methoden der Saprobologischen Wasserbeurteilung. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 16, 817–822.

LIKUMDOŠANAS AVOTI

- European Commission 2000*. Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. European Commission PE-CONS 3639/1/00 REV 1, Luxembourg.
- Prasības virszemes ūdeņu, pazemes ūdeņu un aizsargājamo teritoriju monitoringam un monitoringa programmu izstrādei*. Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi Nr. 92. Pieņemti 2004. gada 17. februārī.
- Noteikumi par virszemes ūdensobjektu tipu raksturojumu, klasifikāciju, kvalitātes kritērijiem un antropogēno slodžu noteikšanas kārtību*. Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi Nr. 858. Pieņemti 2004. gada 19. oktobrī.
- Ūdens apsaimniekošanas likums*. Latvijas Republikas Saeima. Pieņemts 2002. gada 12. septembrī.

ELEKTRONISKIE RESURSI

- Ūdeņu monitoringa programma*. (2009) Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs. [Skatīts 1.09.2010.] Pieejams: <http://www.meteo.lv/public/30839.html>

Summary

Here are summarized results of macrophyte cenosis of 2009. The aim of the research was to evaluate the ecological quality of the river Imula by macrophyte species composition. Species composition and projective covering of macrophytes were established in the summer of 2009. Estimation of macrophytes was performed at 10 segments in the river Imula and the length of every representative segment was 100 meters. Biotope description of every representative segment was also carried out. Shannon index, IBMR and MTR index and saprobity were calculated for characterizing river stretches according to species composition of macrophytes and its covering. The results showed that the Imula is a highly nutritive river with relatively great macrophyte species diversity.

Keywords: *macrophytes, Imula, species diversity indexes, trophic indexes, ecological quality.*

Sūnu un kūdras maisiņu metode gaisa piesārņojuma monitoringam

Moss and Peat Bag Method for Monitoring of Air Pollution

Artis Robalds, Māris Kļaviņš

Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010
E-pasts: *artis.robalds@inbox.lv*

Pētījumā ir salīdzināta kūdras un sūnu spēja akumulēt ķīmiskos elementus no apkārtējās atmosfēras, izmantojot sūnu un kūdras maisiņu metodi. Sniegts literatūras apskats par sūnu maisiņu metodes izmantošanas iespējām, pastiprinātu uzmanību pievēršot faktoriem, kas ietekmē ķīmisko elementu akumulēšanos sūnās. Sūnu un kūdras maisiņu izmantošanas iespēju izpēte (eksponēšana) notika divos posmos ar atšķirīgu mērķi katrā posmā. Pirmajā posmā tika veikta kūdras maisiņu eksponēšana Tampērē (Somija), lai noteiktu iespējamās piesārņojuma avotus. Otrajā posmā tika veikta sūnu, jonu apmaiņas sveķu un dažādas konfigurācijas kūdras maisiņu eksponēšana Rīgā, lai noteiktu kūdras maisiņu konfigurācijas ietekmi uz akumulēšanos spēju, kā arī salīdzinātu sūnu, kūdras un jonu apmaiņas sveķu akumulēšanās efektivitāti. Maisiņos ievietotajās sūnās, kūdrā un jonu apmaiņas sveķos tika noteikta 13 elementu (Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe, Ni, Cu, Cr, Zn, Cd, Pb, As) koncentrācija pirms un pēc maisiņu eksponēšanas. Katrā eksponēšanas vietā tika izvietoti vairāki maisiņi, tādēļ rezultāti tika izvērtēti, arī aprēķinot izkliedes rādītājus – standartnovirzi un variācijas koeficientu. Iegūtie rezultāti parāda, ka kūdra ķīmiskos elementus no atmosfēras akumulē sliktāk nekā sūnas, un, ņemot vērā arī literatūras analīzi, pagaidām nav konstatēti fakti, kas liecinātu par labu kūdras izmantošanai sūnu vietā.

Atslēgvārdi: kūdra, smagie metāli, biomonitorings, sūnu maisiņi.

Ievads

Darbā pētītas kūdras izmantošanas iespējas aktīvajā biomonitoringā, respektīvi, tas, vai kūdru līdzīgi kā sūnas iespējams ievietot tīkla auduma maisiņos un eksponēt apkārtējā vidē, lai noteiktu konkrētās vietas piesārņojuma līmeni. Šāda pieeja tiek lietota, jo kūdrai un sūnām ir vairākas līdzīgas īpašības, piemēram, augsta katjonu apmaiņas kapacitāte un līdzīgs funkcionālo grupu sastāvs. Literatūras analīze parāda, ka ir bijis tikai viens gadījums, kad kūdra tāpat kā sūnas ir ievietota maisiņos, lai salīdzinātu elementu akumulācijas efektivitāti. Rezultāti parādīja, ka kūdra saista metālus par 57% sliktāk nekā sūnas (Makinen, 1977, citēts Onianwa, 2001).

Elementu akumulēšanos sūnās ietekmē ļoti daudzi faktori, un bieži vien informācija par šiem faktoriem ir pretrunīga. Papildu stimuls, lai kūdra tiktu izmantota dažādos pētījumos, ir tas, ka Latvijā ir salīdzinoši lieli kūdras krājumi. Tomēr līdzšinējā kūdras izmantošana ir bijusi visai vienveidīga (lauksaimniecība,

enerģētika), tāpēc būtu svarīgi atrast jaunas kūdras izmantošanas jomas, vēlams, ar augstu pievienoto vērtību.

1. Teorētiskie priekšstati un problēmas būtība

1.1. Sūnu izmantošana biomonitoringā

Sūnas ir viens no visbiežāk izmantotajiem organismiem biomonitoringā (Chakraborty and Paratkar, 2006; Szczepaniak et al., 2003). Sūnas biomonitoringā izmanto pārsvarā kā bioakumulatorus – sūnas tiek ievāktas, un tad seko laboratorijas analīzes, lai noteiktu piesārņojošo vielu (t. sk. smago metālu) koncentrāciju sūnās.

Vairākās Eiropas valstīs zinātnieki ir izmantojuši sūnas jau no 20. gs. 60. gadu sākuma gan nacionāla, gan starptautiska līmeņa atmosfēras piesārņojuma pētījumos (Rühling, 1994, citēts Chakraborty and Paratkar, 2006). *Pleurozium schreberi* un *Hylocomium splendens* ir sūnu sugas, kuras visbiežāk tiek izmantotas biomonitoringā. Arī *Hypnum cupressiforme* tiek bieži izmantotas (Szczepaniak et al., 2003).

Sūnām piemīt vairākas īpašības, kas tās padara par piemērotām atmosfēras piesārņojuma noteikšanai (Mulgrew and Williams, 2000; Chakraborty and Paratkar, 2006; Aničić et al., 2007):

- sūnām nav sakņu sistēmas, tāpēc tās barības elementus iegūst tieši no atmosfēras;
- liela virsmas/svara attiecība uzlabo elementu akumulēšanos;
- daudzas sūnu sugas ir plaši izplatītas un aug dažādos apstākļos;
- sūnas ir mazas un viegli ievācamas;
- sūnas ir daudzgadīgas, un tām ir minimālas morfoloģiskas izmaiņas visas dzīves laikā;
- ir iespēja salīdzināt svaigus paraugus ar herbārija paraugiem, lai noteiktu smago metālu koncentrāciju;
- sūnas spēj akumulēt elementus lielā koncentrācijā, kas palīdz noteikt piesārņojumu pat gadījumos, kad tas vidē ir ļoti nelielā koncentrācijā;
- sūnām ir vāji attīstīta kutikula, līdz ar to tas veicina piesārņojuma uzņemšanu;
- sūnām ir labāka adsorbēšana nekā vaskulārajiem augiem, un tām ir augsta katjonu apmaiņas kapacitāte.

1.2. Sūnu un kūdras maisiņu metode

Lai varētu noteikt piesārņojumu pilsētās un citās vietās, kurās nav sastopamas (vai ir reti sastopamas) biomonitoringam piemērotas sūnu sugas, var tikt izmantota viena no aktīvā biomonitoringa metodēm – t. s. sūnu maisiņu (angļu val. – *moss bags*) metode (Giordano et al., 2005). Maisiņi sastāv no tīkla vai sieta, kas parasti izgatavots no neilona, tajos tiek ievietotas nemazgātas vai mazgātas sūnas, un tie tiek eksponēti apkārtējā vidē (Culicov and Yurukova, 2006).

Sūnu maisiņu metode ieviesta 1971. gadā, kad tika izmantotas *Hypnum cupressiforme* sugas sūnas (Sun et al., 2009; Al-Radady et al., 1993). Sūnu maisiņu

metode tikusi izmantota, lai noteiktu piesārņojumu pie atkritumu dedzinātavām, metālapstrādes uzņēmumiem, termoelektrostacijām, urbānās teritorijās, autoceļu malās, kā arī citās vietās.

Ir pētīti dažādi ar sūnu maisiņu izmantošanu saistīti aspekti:

- dažādu sūnu sugu salīdzinājums (Sun et al., 2009);
- salīdzinājums starp nokrišņiem pakļautiem un nepakļautiem maisiņiem (Culicov and Yurukova, 2006; Lodenius, 1998);
- salīdzinājums ar ķērpjiem (Adamo et al., 2007; Adamo et al., 2003; Culicov and Yurukova, 2006; Giordano et al., 2005);
- atšķirīgu priekšapstrādes veidu ietekme uz elementu akumulēšanās spēju sūnās (Adamo et al., 2007; Castello, 1996);
- dažādu eksponēšanas periodu un sezonālās ietekmes salīdzinājums (Adamo et al., 2003; Fernandez et al., 2000; Giordano et al., 2005; Temple et al., 1981; Aničić et al., 2009).

Viens no sūnu maisiņu metodes mīnusiem ir tas, ka tā pagaidām vēl nav standartizēta. Atšķiras eksponēšanas laiks (sākot no divām nedēļām līdz pat sešiem mēnešiem). Nav vienota standarta maisiņu izmēram un sūnu daudzumam tajā, kā arī eksponēšanas apstākļiem (piemēram, augstums no zemes, cik tālu maisiņi atrodas cits no cita u. tml.). Lai gan šī metode nav standartizēta, metodes priekšrocība ir tā, ka tā ir lētāka un vienkāršāk izmantojama nekā citas metodes (Giordano et al., 2005).

1.3. Ķīmisko elementu akumulēšanās sūnās

Ķīmiskie elementi sūnās nogulsņējas trīs veidos: no ūdens šķīduma vai suspensijas, no gāzveida fāzes vai no putekļiem un aerosoliem (Brown and Bates, 1990, citēts Poikolain, 2001; Makhholm and Mladenoff, 2005). Ir autori, kuri norāda, ka urbānajās un rūpnieciskajās teritorijās piesārņojums pārsvarā nogulsņējas tieši daļiņu veidā (Castello, 1996).

Piesārņojuma akumulācija sūnās notiek galvenokārt pasīvi – nogulsņējoties uz sūnu virsmas un dažādu fizikālķīmisku procesu rezultātā, piemēram, jonu apmaiņas veidā. Aktīvā akumulācija (metabolisma rezultātā sūnu iekšienē nokļūstot piesārņojošām vielām) notiek mazākā mērā (Makhholm and Mladenoff, 2005; Aničić et al., 2009).

Pastāv atšķirīga izpratne par to, vai sūnas saglabā savu dzīvotspēju eksponēšanas laikā un vai tai ir ietekme uz elementu akumulēšanās spēju. Ir veikti pētījumi, kuros secināts, ka akumulācijas spēja ir nemainīga neatkarīgi no tā, vai sūnas sūnu maisiņos ir dzīvas vai zaudējušas dzīvotspēju (Adamo et al., 2007; Castello, 1996). Ir pētījums, kas parāda, ka sūnas eksponēšanas beigās gandrīz bija zaudējušas dzīvotspēju (Tretiaeh et al., 2006) vai arī pilnīgi zaudējušas dzīvotspēju, jo priekšapstrādes laikā skalotas ar skābi (lai samazinātu elementu sākotnējo koncentrāciju) (Castello, 1996). Daži pētījumi netieši parāda, ka sūnas eksponēšanas laikā ir dzīvas, piemēram, Kouto (Couto et al., 2004) norāda, ka sūnu mitrināšana eksponēšanas laikā sūnām novērš sausuma radīto stresu.

1.4. Faktori, kas ietekmē elementu akumulēšanās spēju sūnās

Lai gan ir bijis salīdzinoši daudz pētījumu, kuros izmantota sūnu maisiņu metode, tomēr līdzšinējie pētījumi pārsvarā ir bijuši praktiskas ievirzes ar necīgu uzsvāru uz izmantošanas teorētisko pamatojumu. Izvērtējot pētījumus par sūnu maisiņu metodi, ir atrodamā pretrunīga informācija par faktoriem, kas ietekmē elementu akumulēšanos sūnās.

Literatūrā ir norādīts, ka piesārņojuma uzkrāšanās sūnās ir atkarīga no vides apstākļiem, piemēram, nokrišņu daudzuma (Szczepaniak et al., 2003). Ir sastopams arī pretējs viedoklis. Gudmans (Goodman et al., 1979) norāda, ka stipri vēji un lietus neizskalo elementu daļiņas, kas ir uz sūnām sūnu maisiņos.

Aničiča un līdzautoru (Aničić et al., 2009) pētījums parādīja, ka lielāks elementu saturs sūnās tika novērots sūnu maisiņos, kuri bija pakļauti nokrišņu iedarbībai (izņemot mangānu), piemēram, vara koncentrācija bija 8 reizes lielāka nokrišņiem pakļautajos maisiņos nekā nepakļautajos.

Autori norāda, ka daļiņas uz mitras virsmas tiek labāk piesaistītas un ka atmosfēras mitrums un nokrišņu daudzums ir svarīgi faktori, kas ietekmē elementu akumulāciju (Aničić et al., 2009; Castello, 1996; Al-Radady et al., 1993).

Čeburņa un Vaļūļa (Čeburnis and Valiulis, 1999) pētījums parāda, ka dažādu elementu izskalošanās pakāpe atšķiras, piemēram, svina, vanādija un niķeļa koncentrāciju sūnās būtiski neiespaido izskalošanās process, savukārt galvenais process, kas ietekmē mangāna un hroma koncentrāciju sūnās, ir tieši izskalošanās. Ja kaut kādā veidā šī izskalošanās tiktu novērsta, tad arī elementu koncentrācija sūnās būtu augstāka. Jo intensīvāks ir lietus, jo vairāk tas ietekmē akumulēšanās spēju. Ja lietus nav intensīvs (kaut arī ilgstošs), tad metālu akumulēšanās sūnās ir efektīvāka. Autori norāda, ka izskalošanās ietekmē ne tikai tās sūnas, kas ir ievietotas maisiņos, bet arī dabiski augošas sūnas (Szczepaniak et al., 2003).

Lietuviešu zinātnieks Čeburnis (Čeburnis et al., 1998) norāda, ka elementu koncentrāciju sūnās ietekmē blakus augošie koki. Elementu koncentrācija sūnās var būt gan palielināta, gan arī samazināta. Piemēram, koku vainags aiztur līdz 25% svina, tātad tas darbojas kā filtrs. Savukārt sūnās, kas atrodas zem skujukokiem, var būt stipri palielināta mangāna koncentrācija, jo skuju satur lielu daudzumu mangāna. Šis pētījums ļauj secināt, ka vajadzētu izvairīties no kūdras maisiņu eksponēšanas koku un krūmu zaros.

Eksistē „nestabils līdzsvars” (angļu val. – *unstable equilibrium*) starp elementu uzņemšanu un izskalošanos, ko nosaka apkārtējās vides apstākļi (Couto, 2004). Elementu iznešana var notikt šādā veidā: a) ar daļiņu izskalošanos; b) ar jonu izskalošanos lietus rezultātā (īpaši skābā lietus); c) katjonu apmaiņā ar citiem; d) sūnu bojājumu rezultātā (gadījumos, kad sūnas ir dzīvas); e) līdz ar atsevišķu sūnu daļu zaudēšanu (Castello, 2007).

Literatūrā ir norādīts, ka metālu aizturēšanas spējas ietekmē ne tikai vides apstākļi, bet, iespējams, arī sūnu struktūra (cik daudz zaru un lapu ir konkrētai sūnu sugai). Šo atšķirību iemesls varētu būt saistīts ar to, ka atkarībā no sūnu struktūras mainās arī īpatnējā virsmas platība un sūnām ar lielāku īpatnējo virsmas platību ir arī lielāka metālu adsorbcijas kapacitāte (Sun et al., 2009). Sūnu sugai

Brotherella (Duby) Fleisch koncentrācija pēc eksponēšanas bija lielāka nekā citām sugām (*Bazzania yoshinagana (Steph.) Steph. ex Yasuda* un *Dicranum nipponense Besch.*), jo šai sugai ir vairāk zaru un lapu nekā pārējām sugām (Sun et al., 2009). Arī citi autori (piemēram, Castello, 2007) norāda, ka sūnu morfoloģija var ietekmēt akumulēšanās spēju.

Ļoti iespējams, ka uzņemšanas efektivitāti iespaido arī tas, cik liels posms tiek ņemts no katras sūnas, jo jonu apmaiņas kapacitāte ir lielāka virzienā no sūnas galotnes uz pamatni (Wolterbeek, 2002).

Kulicova un līdzautoru pētījums parāda, ka arī gadījumos, kad tiek izmantota viena un tā pati sūnu suga, kas augusi dažādās valstīs (Krievijā un Bulgārijā), akumulācijas kapacitāte ir atšķirīga. Piemēram, hroma koncentrācija pēc eksponēšanas bija palielinājusies tikai tajās sūnās, kuras tika ievāktas Bulgārijā, savukārt magnija, kalcija, vanādijs, broms, stroncijs, jods, cēzijs, volframs un zelta koncentrācija bija palielinājusies sūnās, kas augušas Krievijā, bet nebija palielinājusies tajās sūnās, kas augušas Bulgārijā (Culicov et al., 2005).

Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, pagaidām nav iespējams izstrādāt kalibrācijas modeļus, lai pēc elementu koncentrācijas sūnās varētu nekļūdīgi noteikt to, kāds ir atmosfēras piesārņojums dažādās vietās ar dažādiem vides apstākļiem. Kalibrācijas, kas ir iegūtas iepriekšējos pētījumos, ir derīgas tikai par pētāmo teritoriju un vides apstākļiem, kas ir bijuši tajā periodā (Couto et al., 2004). No iepriekšminētā var secināt, ka elementu akumulēšanās sūnās ir process, kuru ietekmē daudzi dažādi faktori, un elementu koncentrācija sūnās ne vienmēr precīzi atspoguļo reālo atmosfēras piesārņojuma līmeni.

1.5. Izklīdes rādītāju lietojums, izmantojot sūnu un kūdras maisiņu metodi

Veicot sūnu vai kūdras maisiņu eksponēšanu, ir svarīgi zināt, kādam jābūt optimālam maisiņu skaitam katrā eksponēšanas vietā. Maisiņu skaitam vajadzētu būt pēc iespējas mazākam, lai tiktu taupīts laiks un resursi, bet tajā pašā laikā pietiekamam, lai rezultāti objektīvi parādītu konkrētās vietas piesārņojuma līmeni.

Daļa autoru, kuri izmantojuši sūnu maisiņu metodi, rezultātus ir attēlojuši, ne tikai norādot koncentrāciju eksponētājās sūnās, bet arī papildus aprēķinot un norādot izklīdes rādītājus. Ir aprēķināta vidējā koncentrācija no visiem eksponētajiem maisiņiem (Lodenus, 1998; Adamo et al., 2007), standartnovirze (Lodenus, 1998; Adamo et al., 2007) un variācijas koeficients (Onianwa, 2001; Adamo et al., 2007; Makhholm and Mladenoff, 2005).

Standartnovirze ir galvenais varianšu (novērojumu datu) izklīdes rādītājs, un tā raksturo varianšu izklīdi ap vidējo aritmētisko. Standartnovirze ir nosaukts skaitlis, kuram ir tāda pati mērvienība kā attiecīgajām variantēm.

Ja vēlas salīdzināt divu dažādu pazīmju variēšanu, traucē arī mērvienība – standartnovirze, kas izteikta dažādās mērvienībās, nav salīdzināma. Šo iemeslu dēļ, vērtējot variēšanu, parasti izmanto standartnovirzes relatīvo vērtību – variācijas koeficientu. Tas ir standartnovirzes attiecība pret vidējo aritmētisko, izteikta procentos. Jo mazāka variācijas koeficienta vērtība, jo mazāka varianšu izklīde ap vidējo aritmētisko.

Izkliedes rādītāji tiek lietoti, lai varētu noteikt, cik lielas ir elementu koncentrācijas atšķirības sūnu vai kūdras maisiņos, kuri ir eksponēti vienā vietā. Tā kā eksponēšanas apstākļiem un citiem faktoriem teorētiski ir jābūt vienādiem, tad koncentrācijas atšķirībām maisiņos nevajadzētu būt lielām. Ja šīs atšķirības ir ļoti lielas, tad rodas jautājums, kuri faktori ir ietekmējuši elementu akumulēšanos sūnās. Piemēram, Makholms un Mladenofs (Makhholm and Mladenoff, 2005) norāda, ka atšķirības varētu būt saistītas ar maisiņu izvietojumu. Šo autoru pētījumā sūnu maisiņi bija izvietoti grupās, un maisiņi šo grupu centrā uzrādīja sliktāku akumulēšanās spēju nekā grupas ārmaļā. Lielu variācijas koeficienti var liecināt arī par to, ka ir bijušas kļūdas maisiņu sagatavošanas posmā (piemēram, kādā no maisiņiem sūnas ir bijušas daudz ciešāk saspīestas nekā pārējos maisiņos).

Tomēr nav īsti skaidrs, kā autori secinājuši, ka iegūtie rezultāti ir pieļaujamās/ pieņemamās robežās. Piemēram, Litla un Mārtina pētījumā (Little and Martin, 1974, citēts Onianwa, 2001) autori norāda, ka rezultātu variācijas koeficients ir pieļaujamās robežās. Piemēram, cinkam šis koeficients ir 11,9%, svinam – 16,7% un kadmijam – 16,3%. Savukārt Geiljs un Loids (Gailey and Lloyd, 1986, citēts Makhholm and Mladenoff, 2005) norāda, ka variācijas koeficienta pieļaujamā augšējā robeža ir 30–35%. Makholms un Mladenofs (Makhholm and Mladenoff, 2005) norāda, ka viņu pētījumā variācijas koeficients ir robežās no 6 līdz 16% (izņemot kobaltu, kuram tas bija 33%). 17 elementiem 9 eksponēšanas vietās vidējais aritmētiskais no visiem 153 koeficientiem bija 10%.

No minētajiem piemēriem redzams, ka ir atšķirīgi viedokļi par pieļaujamo variācijas koeficientu vērtībām, tāpēc ir nepieciešama padziļināta literatūras izpēte, lai varētu noteikt, kādām šīm vērtībām jābūt. Pastāv iespēja, ka šie variācijas koeficienti drīkstētu būt arī ar salīdzinoši lielām vērtībām, bet tas nozīmētu, ka ikkatrā eksponēšanas vietā vajadzētu eksponēt lielāku maisiņu skaitu, lai korekti tiktu attēlots vietas piesārņojuma līmenis.

2. Materiāli un metodes

Eksponēšana notika divos posmos, un tika noteikta 13 elementu (Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe, Ni, Cu, Cr, Zn, Cd, Pb, As) koncentrācija eksponētajos kūdras, sūnu un jonu apmaiņas sveķu maisiņos.

Pirmajā eksponēšanas periodā tika eksponēti kūdras maisiņi četrās vietās Somijas pilsētā Tampērē un tās apkārtnē. Otrajā eksponēšanas periodā tika eksponēti gan kūdras maisiņi (dažādas formas un konfigurācijas), gan sūnu maisiņi, gan jonu apmaiņas sveķu maisiņi uz Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes jumta.

Katram eksponēšanas periodam bija atšķirīgs mērķis. Pirmā eksponēšanas perioda mērķis bija noteikt, cik būtiskas ir elementu koncentrācijas atšķirības kūdrā, kas ir eksponēta dažādās vietās, kā arī skaidrot iespējamās atšķirību iemeslus. Savukārt otrā eksponēšanas perioda mērķis bija salīdzināt kūdras un sūnu akumulēšanās spēju, kā arī salīdzināt dažādu konfigurāciju kūdras maisiņu efektivitāti. Rezultāti ir izvērtēti par katru eksponēšanas periodu atsevišķi, jo nav bijis mērķis salīdzināt šos divus eksponēšanas periodus.

2.1. Kūdras, sūnu un jonu apmaiņas sveķu maisiņu izveide

2.1.1. Kūdras, sūnu un jonu apmaiņas sveķu sagatavošana

Kūdra ir iegūta no Mazā Veikēnieka purva 30–60 cm dziļumā. Kūdra žāvēta *Gallenkamp Plus II Oven* žāvskapī 105 °C temperatūrā 24 stundas un samalta, izmantojot *Ika AII basic* augsnes dzirnaviņas. Kūdra sašķirotā pa frakcijām, izmantojot *Retsch AS 200* sietu kratītāju un *Retsch* sietus ar acs izmēru 50, 250, 500, 1000 μm. Izmantota frakcija 500–1000 μm. Lai samazinātu elementu koncentrāciju kūdrā, kūdra skalota, izmantojot dejonizētu ūdeni, 1 M slāpekļskābi un 0,1 M trilonu B.

Sūnas ir ievāktas Lielajā Ķemeru tīrelī. Sūnu suga – *Sphagnum majus*. Sūnas skalotas ar dejonizētu ūdeni apmēram 1 minūti. Pēc tam sūnas skalotas ar 0,1 M trilonu B (5 gramu kūdras tiek aplieti ar 1000 ml 0,1 M trilonu B, izmantojot 2000 ml vārglāzi, iztur apmēram 30 minūtes) un 1 M slāpekļskābi (5 gramu kūdras tiek aplieti ar 1000 ml 1 M slāpekļskābi, izmantojot 2000 ml vārglāzi, izturēti apmēram 30 minūtes). Pēc skalošanas ar 1 M slāpekļskābi kūdra atkal skalota ar dejonizētu ūdeni (līdz neitrālam pH).

Jonu apmaiņas sveķi 3 reizes skaloti ar etanolu (jonu apmaiņas sveķi tiek aplieti ar 50 ml etanola, izturēti apmēram 10 minūtes, tad procedūra atkārtota vēl divas reizes). Pēc skalošanas ar etanolu jonu apmaiņas sveķi skaloti ar dejonizētu ūdeni (tie ievietoti 1000 ml vārglāzē, tad trīs reizes skaloti ar dejonizētu ūdeni).

2.1.2. Kūdras maisiņu izveide eksponēšanai Somijā

Maisiņi izveidoti no sintētiska materiāla tīkla, acs izmērs ir ~500 × 500 μm. Izveidots kvadrātveida maisiņš, tā izmērs ir 5 × 4 cm. Izveidotie maisiņi tiek noskaloti ar dejonizētu ūdeni, izžāvēti *Gallenkamp Plus II Oven* žāvskapī (apmēram 30 °C temperatūrā), tajos tiek iepildīti 0,5 g kūdras, un tie tiek aizlīmēti ar līmes pistoli.

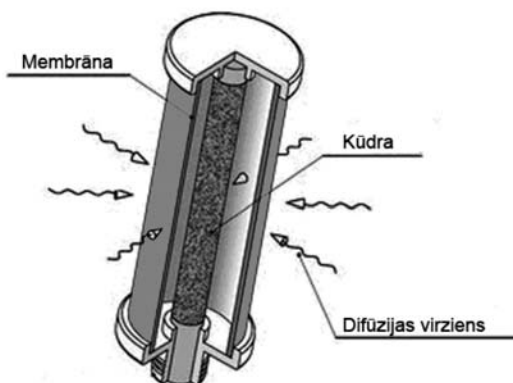
2.1.3. Kūdras, sūnu un jonu apmaiņas sveķu maisiņu izveide eksponēšanai Rīgā

Pirmā veida konfigurācijas kūdras maisiņš.

Maisiņi izveidoti no sintētiska materiāla tīkla, acs izmērs ir ~500 × 500 μm. Izveidots cilindriņveida maisiņš, tā garums ir 5,4 cm, diametrs 1,8 cm. Izveidotie maisiņi tiek noskaloti ar dejonizētu ūdeni, izžāvēti, tajos tiek iepildīti 0,5 g kūdras, un tie tiek aizlīmēti ar līmes pistoli.

Otrā veida konfigurācijas kūdras maisiņš (turpmāk tekstā – kūdras „radiello” maisiņš).

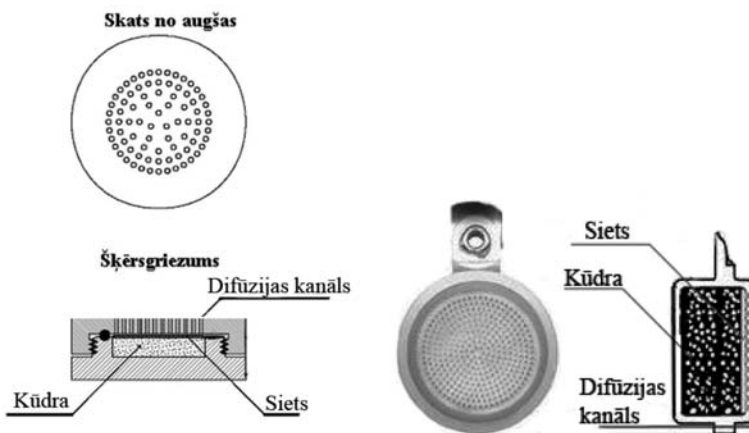
Kūdra tiek ievietota komerciāli ražotā ierīcē (nosaukums – *Radiello*) (1. att.), kas paredzēta gāzveida vielu noteikšanai atmosfērā. Vietā, kurā būtu jāatrodas oriģinālajam sorbentam, ievieto kūdru (0,5 gramu). Ap sorbentu ir membrāna, kas veidota no poraina polietilēna ar biezumu 1,7 mm, vidējā porozitāte ir 25 ± 5 μm. Difūzijas ceļa garums ir 18 mm. Maisiņa garums ir 5,4 cm, diametrs 1,8 cm.



1. att. Kūdras „radiello” maisiņš

Trešā veida konfigurācijas kūdras maisiņš (turpmāk tekstā – kūdras pogveida maisiņš).

Kūdra tiek ievietota komerciāli ražotā ierīcē, kura ir paredzēta gāzu noteikšanai atmosfērā (2. att.). Ierīce tiek izjaukta, no tās tiek izņemts oriģinālais sorbents (kokogle), un tā vietā ievietota kūdra (0,1 grams).



2. att. Kūdras pogveida maisiņš

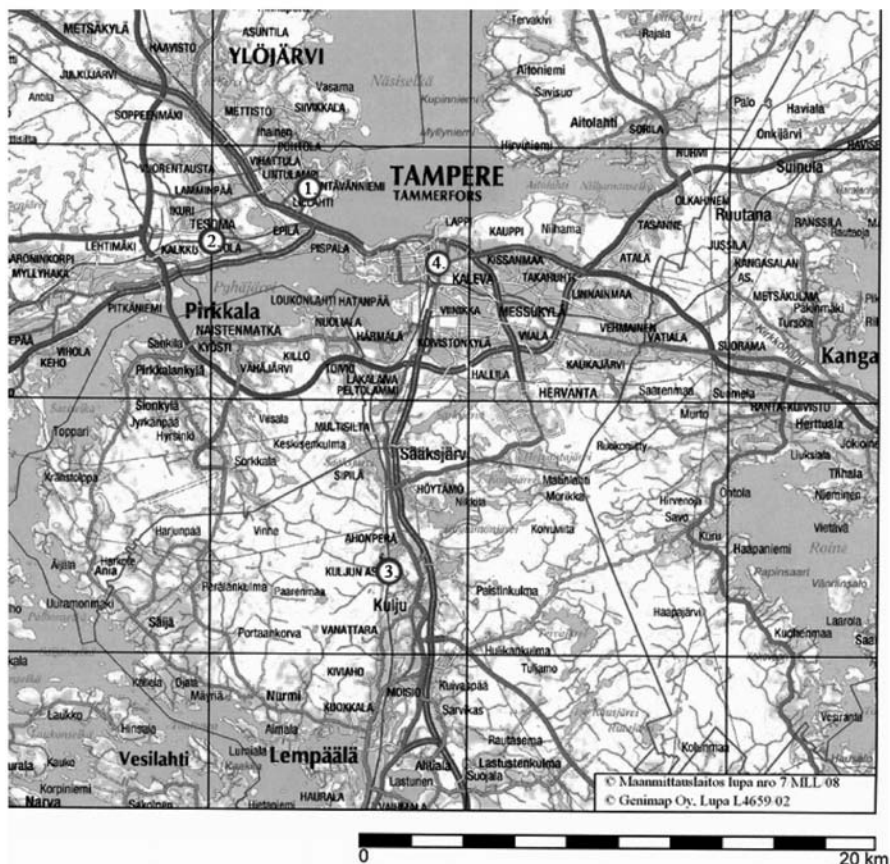
2.2. Kūdras, sūnu un jonu apmaiņas sveķu maisiņu eksponēšana Rīgā

Izveidotie kūdras, sūnu un jonu apmaiņas sveķu maisiņi tika eksponēti uz Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes jumta. Tika eksponēti 4 sūnu maisiņi, 4 kūdras maisiņi, 4 jonu apmaiņas sveķu maisiņi, 3 kūdras „radiello” maisiņi

un 3 kūdras pogveida maisiņi. Eksponešana veikta no 2008. gada 22. novembra līdz 2009. gada 22. janvārim.

2.3. Kūdras maisiņu eksponešana Somijā

Kūdras maisiņi tika eksponeāti četrās vietās Somijas pilsētā Tamperē un tās apkārtnē (3. att.). Izvēlētās eksponešanas vietas ir šādas: blakus celulozes rūpnīcai (Niemi); Tamperes piepilsētā (Rahola), kura atrodas blakus dzelzceļam, šīs vietas apkārtnē ir privātmājas, bet tiešā tuvumā (~50 m) – remontdarbnīca, kur tiek remontēta autotehnika, notiek virpošana un metināšana; references vietā (Kulju); Tamperes centrā. Raholā un Kulju maisiņi tika iekārti koku zaros. Niemi maisiņi tika iekārti izveidotajā krustveida rāmī uz monitoringa stacijas jumta. Tamperes centrā kūdras maisiņi tika piestiprināti pie biroju ēkas 3. stāva logiem. Kulju, Raholā un Tamperes centrā katrā vietā tika eksponeāti un pēc eksponešanas savākti 6 maisiņi, bet Niemi tika eksponeāti 6 maisiņi un savākti 4 maisiņi. Maisiņu eksponešana veikta no 2008. gada 7. marta līdz 2008. gada 7. maijam.



3. att. Eksponešanas vietas Tamperē un tās apkārtnē
(1 – Niemi, 2 – Rahola, 3 – Kulju (references vieta), 4 – Tamperes centrs)

2.4. Rezultātu iegūšana un apstrāde

Elementu daudzumu, ko kūdra, sūnas un jonu apmaiņas sveķi ir akumulējuši, nosaka kā starpību starp koncentrāciju neeksponētajā materiālā un koncentrāciju pēc eksponēšanas beigām.

Elementu koncentrācija sūnās, kūdrā un jonu apmaiņas sveķos ir noteikta, izmantojot atomu adsorbcijas spektrofotometru (AAS) *PerkinElmer AAnalyst 200*. 1 g sausa parauga 100 ml kolbā tiek apliets ar 25 ml 50% slāpekļskābes un 5 ml ūdeņraža peroksīda, tad karsēts uz plītiņas, līdz ietvaicējas uz pusi. Pēc tam pielieti vēl 25 ml 50% slāpekļskābes un paraugs uzkarsēts līdz viršanai, tad atdzesēts, filtrēts, atlikums uz filtra skalots ar destilētu ūdeni, līdz filtrāta tilpums ir 50 ml.

Uz iegūto datu pamata izveidotas tabulas, kurās parādītas elementu vērtības pirms eksponēšanas, pēc eksponēšanas un relatīvais akumulācijas faktors (turpmāk tekstā – RAF). Ir izveidota atsevišķa tabula par iegūtajiem rezultātiem Latvijā un atsevišķa par iegūtajiem rezultātiem Somijā.

RAF ir izteikts kā starpības starp koncentrāciju materiālā pirms eksponēšanas un pēc eksponēšanas dalījums ar koncentrāciju kūdrā pirms eksponēšanas (Adamo et al., 2003). Negatīvas vērtības parāda, ka ir notikusi elementu izskalošanās, bet pozitīvas vērtības – ka ir notikusi elementu akumulācija. Piemēram, ja RAF ir 0,20, tas parāda, ka koncentrācija dotajā kūdras maisiņā ir pieaugusi par 20%.

3. Rezultāti un to apspriešana

3.1. Kūdras maisiņu eksponēšana Somijā

Iegūtie rezultāti ir apkopoti 1. tabulā, kurā attēlota elementu koncentrācija kūdrā pirms un pēc eksponēšanas, kā arī relatīvais akumulācijas faktors (RAF).

Literatūrā ir norādīts, ka aerosolu un putekļu (t. i., atmosfēras piesārņojuma) avoti var būt gan dažādi dabiskie procesi, piemēram, mežu ugunsgrēki, augsnes un to minerāldaļiņu nokļūšana atmosfērā vēja darbības rezultātā, gan arī cilvēku darbība (Stinkule un Kļaviņš, 2000). Savukārt lielāko daļu cilvēka radītā piesārņojuma rada dažādi sadedzināšanas procesi – gan ogļu, naftas un tās produktu, gan arī atkritumu sadedzināšana (Stinkule un Kļaviņš, 2000).

Tā kā kūdras maisiņu eksponēšana daļēji ir notikusi ziemas periodā, kad augsne ir sasalusi un nenotiek lauksaimnieciskā darbība (elementiem no augsnes ir mazāka iespēja nokļūt uz dažādām virsmām (t. sk. sūnām)), tad ir liela iespējamība, ka būtiskākā loma šajā gadījumā ir tieši antropogēniem faktoriem. Par to liecina arī smago metālu klātbūtnē eksponētajā kūdrā.

Redzams, ka elementu koncentrācija lielākajā daļā gadījumu ir pieaugusi. Vislielākās vērtības uzrāda kūdra, kura tika eksponēta Niemi, bet vismazākās – Kulju. Tas arī atbilst šo vietu teorētiskajam piesārņojuma līmenim. Kulju ir references vieta, kura ir tālu no lielām rūpnīcām un intensīvas satiksmes autoceļiem. Savukārt Niemi ir vieta, kuras tuvumā (apmēram 1 km attālumā) atrodas celulozes rūpnīca, kurā par kurināmo izmanto dabasgāzi.

1. tabula

Koncentrācija pirms eksponēšanas, pēc eksponēšanas un relatīvais akumulācijas faktors eksponētajos kūdras maisīņos Tampērē un tās apkārtnē

| | Koncentrācija pirms eksponēšanas, mg/g | Kulju | | Niemi | | Rahola | | Tamperes centrs | |
|-----------|--|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|-------------|
| | | Koncentrācija pēc eksponēšanas, mg/g | RAF | Koncentrācija pēc eksponēšanas, mg/g | RAF | Koncentrācija pēc eksponēšanas, mg/g | RAF | Koncentrācija pēc eksponēšanas, mg/g | RAF |
| Cu | 0,38 | 0,90 | 1,34 | 2,24 | 4,84 | 2,94 | 6,64 | 1,75 | 3,55 |
| Cr | 0,74 | 1,31 | 0,76 | 3,65 | 3,91 | 1,66 | 1,23 | 1,23 | 0,65 |
| Pb | 0,14 | 0,25 | 0,81 | 0,63 | 3,46 | 0,27 | 0,93 | 0,44 | 2,14 |
| K | 53 | 176 | 2,32 | 224 | 3,22 | 274 | 4,17 | 198 | 2,73 |
| Mg | 58 | 164 | 1,85 | 214 | 2,71 | 225 | 2,90 | 127 | 1,20 |
| Ca | 285 | 74 | 1,60 | 1025 | 2,60 | 857 | 2,01 | 542 | 0,90 |
| Zn | 0,46 | 0,77 | 0,68 | 1,25 | 1,73 | 0,96 | 1,09 | 1,13 | 1,48 |
| Mn | 0,59 | 0,63 | 0,06 | 1,20 | 1,02 | 1,33 | 1,25 | 1,26 | 1,13 |
| Fe | 152 | 146 | -0,03 | 236 | 0,55 | 252 | 0,66 | 298 | 0,96 |
| Ni | 1,35 | 1,09 | -0,20 | 1,90 | 0,41 | 1,62 | 0,20 | 1,71 | 0,26 |
| As | 0,67 | 0,52 | -0,23 | 0,66 | -0,01 | 0,67 | 0,00 | 0,73 | 0,09 |
| Na | 9166 | 8700 | -0,05 | 8320 | -0,09 | 8734 | -0,05 | 9253 | 0,01 |
| Cd | 0,12 | 0,09 | -0,25 | 0,09 | -0,26 | 0,05 | -0,54 | 0,13 | 0,07 |
| | RAF vidēji | | 0,67 | | 1,85 | | 1,58 | | 1,17 |

No rezultātiem ir redzams, ka vislielākais RAF ir **varam**. Varš gaisā nokļūst no dažādiem antropogēniem un dabiskiem procesiem – no fosilā kurināmā un atkritumu dedzināšanas, fosfātu ražošanas, no automašīnu bremžu lietošanas un riepu nodiluma un no dabīgiem procesiem – augsnes putekļiem, vulkāniem, mežu ugunsgrēkiem, sadaloties veģetācijai un aerosolu veidā no jūrām (National Research Council, 2005; Sun et al., 2009). Ņemot vērā, ka varam ir vislielākās RAF vērtības, var pieņemt, ka to ir ietekmējuši gan dabiskie, gan antropogēnie faktori.

Kadmija koncentrācija ir pieaugusi tikai Tamperes centrā eksponētajos kūdras maisīņos un ļoti maz – tikai par 7%. Viens no lielākajiem kadmija piesārņojuma avotiem ir naftas produktu sadedzināšana (Kļaviņš un Prikšāne, 1995). Tā kā Tamperes centrā ir intensīvākā autosatiksmes no visām eksponēšanas vietām, tad arī RAF ir lielāks nekā pārējās vietās (t. i., pārējās vietās RAF ir negatīvas vērtības, kas liecina par šī elementa izskalošanos).

Svinam lielākie RAF ir Tamperes centrā un Niemi. Lietuviešu zinātnieks Čeburnis norāda, ka svins ir tipisks antropogēnas izcelsmes elements (Čeburnis et al., 1998). Lai gan svins atmosfērā vairs nemonā no degvielas sadedzināšanas (līdz pat 90% svina atmosfērā nokļūva tieši no svina saturošas degvielas sadedzināšanas), tomēr literatūrā norādīts, ka svins ir noturīgs vidē un tieši svina lietošana iepriekšējos gados radījusi augstu svina koncentrāciju (ATSDR, 2007).

To ļoti labi parāda Niemi, kur vēl salīdzinoši nesē celulozes rūpnīcā par kurināmo tika izmantots mazuts (tagad izmanto dabasgāzi). Šis process ir radījis

piesārņojumu rūpnīcas apkārtnē, un mūsdienās dažādu procesu ietekmē šie elementi atkal nokļūst atmosfērā. Piemēram, augi savas dzīves laikā akumulē svinu, un pēc to atmiršanas svins nonāk atpakaļ vidē. Svins arī tiek stipri adsorbēts augsnē, tas neieskalojas augsnes dziļākos slāņos un gruntsūdenī.

Lielā **nātrija** koncentrācija kūdrā pirms eksponēšanas ir saistīta ar to, ka kūdra tika skalota ar trilonu B (kas satur lielu nātrija koncentrāciju), lai samazinātu citu elementu sākotnējo koncentrāciju kūdrā. Ar to ir izskaidrojams tas, ka RAF ir samazinājies (tātad notikusi nātrija izskalošanās).

Arsēna koncentrācijas pieaugums ir novērojams tikai Tamperes centrā. Tas varētu būt saistīts ar fosilā kurināmā sadedzināšanu. Arsēns nelielos daudzumos vidē var nokļūt no fosilā kurināmā un atkritumu sadedzināšanas (Stoeppler, 2004).

Cinks vidē nokļūst galvenokārt no antropogēnas izcelsmes avotiem (Makholm and Mladenoff, 2005), piemēram, no automašīnu bremszēšanas un ogļu dedzināšanas (Sun et al., 2009). To netieši parāda arī tas, ka RAF ir liels gan Tamperes centrā (tātad nāk no automašīnām), gan Niemi, kur, līdzīgi kā svinam, cinks, iespējams, atrodas vidē no laika, kad par kurināmo tika izmantots mazuts.

Salīdzinoši lielā **kālija, kalcija, magnija** koncentrācija ir saistīta ar to, ka šie elementi ir izplatīti augsnē un līdz ar augsnes eroziju notiek šo elementu saturošu augsnes daļiņu pārnese uz kūdru. Tas īpaši labi redzams Kulju, kuras tuvumā nav lielu piesārņojuma avotu un kur tieši kālijs, magnijs un kalcijs uzrāda vislielāko pieaugumu salīdzinājumā ar pārējiem elementiem.

Niemi lielas RAF vērtības uzrāda **hroms**. Iemesls tam varētu būt dabasgāzes sadedzināšana. Mazākā mērā hroma piesārņojuma avoti ir autotransporta radītie putekļi, kas rodas autotransporta bremsžu dilšanas rezultātā un no automašīnu katalizatoriem, kas satur hromu; cementa ražošanas uzņēmumi; sadzīves atkritumu sadedzināšana (Zelicoff, 1998). Grūti pateikt, kāpēc Tamperes centrā RAF hromam ir mazāks nekā Kulju (vajadzētu būt otrādi, jo Tamperes centrā ir intensīvāka autosatiksmē). Vairāki autori norāda, ka hroms var nokļūt atmosfērā gan no dabiskiem procesiem (Čeburnis et al., 1998), gan antropogēnas izcelsmes avotiem (Aničić et al., 2009), gan no abiem kopā (Makholm and Mladenoff, 2005).

Kā jau iepriekš minēts un kā redzams 1. tabulā, tad atsevišķiem elementiem RAF ir negatīvas vērtības. Tas nozīmē, ka ir notikusi šo elementu izskalošanās. Šie elementi ir dzelzs (Kulju), niķelis (Kulju), arsēns (Kulju un Niemi), nātrijs (Kulju, Niemi un Rahola), kadmiji (Kulju, Niemi un Rahola). Elementu izskalošanos ir novērojuši arī citi autori, piemēram, Aničičs (Aničić et al., 2009) norāda, ka cinka zudumi var būt pat 80%. To norāda arī citi autori, piemēram, Čeburnis ar līdzautoriem (Čeburnis et al., 1998).

3.2. Kūdras maisiņu eksponēšana Rīgā

Šī eksponēšana pamatā tika veikta, lai izvērtētu, kāda ir kūdras akumulēšanas efektivitāte salīdzinājumā ar sūnām. Apskatot iegūtos rezultātus (2. tab.), būtiskākais secinājums ir tāds, ka kūdra tomēr ir sliktāks sorbents nekā sūnas. Visi elementi (izņemot hromu un varu) labāk akumulējas sūnās nekā kūdrā. Interesanti, ka pēc intensīvas literatūras studēšanas tika atrasts tikai viens pētījums, kurā ir salīdzināta kūdra ar sūnām. Pētījums parādīja, ka kūdra ir par 57% sliktāks sorbents nekā

sūnas (Makinen, 1977, citēts Onianwa, 2001). Autora pētījumā rezultāti praktiski ir identiski – šis rezultāts ir 56%. No atsevišķiem elementiem vislielākā atšķirība bija kālijam (RAF sūnām = 8,6, RAF kūdrai = -0,36).

Otrs secinājums – kūdra, kas ievietota „radiello” maisiņā, neuzrāda praktiski nekādas akumulēšanās spējas. Nevienam elementam RAF nav lielāks par 1. Tas ir saistīts ar to, ka kūdrai apkārt bija membrāna, kas laiž cauri tikai gāzveida vielas. Tā kā atmosfērā piesārņojošās vielas (t. i., tie elementi, kas tika noteikti šajā pētījumā) pārsvarā nav gāzveida formā, tad ir likumsakarīgi, ka RAF eksponētajā kūdrā ir ļoti mazs.

Kūdra, kas ievietota pogveida maisiņā, arī uzrāda sliktas akumulēšanās spējas. Tas ir likumsakarīgi, jo kūdra bija ievietota padziļinājumā (sk. 2. att.), līdz ar to kūdra tikai no vienas puses bija pakļauta atmosfēras iedarbībai.

Rezultāti par jonu apmaiņas sveķiem parāda, ka koncentrācija būtiski ir pieaugusi tikai diviem elementiem (varam un cinkam), bet pārējiem elementiem RAF ir mazāks par 1,0. Neviens no elementiem jonu apmaiņas sveķos nav akumulējies labāk kā sūnās.

2. tabula

Koncentrācija pirms eksponēšanas, pēc eksponēšanas un relatīvais akumulācijas faktors eksponētajos maisiņos Rīgā

| | Kūdras maisiņi | | Sūnu maisiņi | | Kūdras „radiello” maisiņi | | Kūdras pogveida maisiņi | | Jonu apmaiņas sveķu maisiņi | | | | | | |
|-------------------|--|------|--|------|--|--------------|--|------|--|--------|------|--------------|--------|--------|--------------|
| | Koncentrācija pirms/pēc eksponēšanas, mg/g | RAF | Koncentrācija pirms/pēc eksponēšanas, mg/g | RAF | Koncentrācija pirms/pēc eksponēšanas, mg/g | RAF | Koncentrācija pirms/pēc eksponēšanas, mg/g | RAF | Koncentrācija pirms/pēc eksponēšanas, mg/g | RAF | | | | | |
| Cu | 1,10 | 12,7 | 10,53 | 1,74 | 16,2 | 8,31 | 1,86 | 2,18 | 0,17 | 3,10 | 15,4 | 3,95 | 0,33 | 0,99 | 2,00 |
| Cr | 0,40 | 0,87 | 1,18 | 0,40 | 0,44 | 0,10 | 0,51 | 0,40 | -0,22 | 1,70 | 4,15 | 1,44 | 0,23 | 0,22 | -0,06 |
| Pb | 5,13 | 6,22 | 0,21 | 3,20 | 8,68 | 1,71 | 3,20 | 3,20 | 0,00 | 15,0 | 15,8 | 0,05 | 0,38 | 0,59 | 0,52 |
| K | 30,8 | 19,7 | -0,36 | 249 | 2391 | 8,60 | 25,7 | 4,89 | -0,81 | 138 | 47 | -0,66 | 412 | 395 | -0,04 |
| Mg | 96 | 217 | 1,25 | 113 | 902 | 7,01 | 114 | 127 | 0,11 | 755 | 781 | 0,03 | 514 | 514 | 0,00 |
| Ca | 416 | 824 | 0,98 | 468 | 2199 | 3,70 | 488 | 666 | 0,36 | 4195 | 3625 | -0,14 | 3835 | 3784 | -0,01 |
| Zn | 4,16 | 74 | 16,94 | 10,2 | 208 | 19,44 | 10,7 | 7,8 | -0,27 | 22,7 | 123 | 4,41 | 1,16 | 11,10 | 8,59 |
| Mn | 1,29 | 3,80 | 1,95 | 1,88 | 29,7 | 14,80 | 2,52 | 3,29 | 0,30 | 17,9 | 14,1 | -0,21 | 46,8 | 46,8 | 0,00 |
| Fe | 94 | 129 | 0,36 | 84 | 250 | 1,99 | 90 | 105 | 0,17 | 91,5 | 141 | 0,54 | 22,5 | 25,9 | 0,15 |
| Ni | 2,06 | 1,10 | -0,47 | 1,10 | 5,97 | 4,43 | 1,10 | 1,10 | 0,00 | 5,00 | 9,77 | 0,95 | 0,99 | 0,99 | 0,00 |
| As | 0,91 | 0,75 | -0,17 | 0,30 | 0,30 | 0,00 | 0,52 | 0,84 | 0,62 | 1,63 | 2,54 | 0,57 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| Na | 8100 | 7911 | -0,02 | 328 | 843 | 1,57 | 8221 | 9689 | 0,18 | 24 033 | 8579 | -0,64 | 59 335 | 57 128 | -0,04 |
| Cd | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,20 | 0,56 | 1,80 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,80 | 0,80 | 0,00 | 0,06 | 0,07 | 0,17 |
| RAF vidēji | | | 2,49 | | | 5,65 | | | 0,05 | | | 0,79 | | | 0,87 |

Iepriekš minētais ļauj secināt, ka ir būtiski izvēlēties pareizu sūnu vai kūdras maisiņu konfigurāciju. Maisiņu formai vajadzētu būt cilindveida, lai piesārņojošās

vielas varētu vienmērīgi akumulēties no visām maisiņa pusēm. Ir nepieciešams nodrošināt arī to, ka piesārņojošo vielu akumulēšanos nesamazina maisiņu sienīņu materiāls, t. i., maksimāli visām sorbentu aptverošajām sienīņām jābūt tādām, kas laiž cauri piesārņojošās vielas (jābūt no tīklveida materiāla) gan gāzveida, gan putekļu un aerosolu formā.

Tas, ka sūnas elementus ir akumulējušas labāk nekā kūdra, norāda, ka turpmākajos pētījumos tieši sūnu maisiņu metodei būtu jādod priekšroka. Ņemot vērā analizēto literatūru un iegūtos rezultātus, nav atklāti faktori, kas liecinātu par labu kūdras izmantošanai sūnu vietā.

3.3. Iegūto rezultātu izvērtējums, izmantojot izkliedes rādītājus

Aprēķinātie izkliedes rādītāji ir attēloti 3. tabulā (Tampere) un 4. tabulā (Rīga). Viens no svarīgākajiem secinājumiem ir tāds, ka gadījumos, kad jau neeksponeētā kūdrā elementiem ir lieli variācijas koeficienti, ir likumsakarīgi, ka šie koeficienti būs lieli arī eksponeētājā kūdrā.

3. tabula

Elementu vidējā koncentrācija (mg/g), standartnovirze (mg/g), variācijas koeficients (%) neeksponeētajiem un eksponeētajiem kūdras maisiņiem Tampere un tās apkārtnē

| | | Na | Mg | K | Ca | Mn | Fe | Ni | Cu | Cr | Zn | Cd | Pb | As |
|--|------------------------|------|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Kulju (eksponeēti 6 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 8700 | 165 | 176 | 742 | 0,63 | 147 | 1,09 | 0,90 | 1,31 | 0,77 | 0,09 | 0,25 | 0,52 |
| | Standartnovirze | 361 | 15 | 34 | 90 | 0,12 | 27 | 0,26 | 0,53 | 0,57 | 0,28 | 0,03 | 0,04 | 0,06 |
| | Variācijas koeficients | 4 | 9 | 19 | 12 | 20 | 18 | 24 | 59 | 43 | 37 | 35 | 16 | 12 |
| Rahola (eksponeēti 6 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 8735 | 225 | 275 | 857 | 1,33 | 252 | 1,62 | 2,94 | 1,66 | 0,96 | 0,05 | 0,27 | 0,67 |
| | Standartnovirze | 366 | 24 | 74 | 97 | 0,35 | 33 | 0,53 | 0,54 | 0,32 | 0,27 | 0,02 | 0,12 | 0,10 |
| | Variācijas koeficients | 4 | 10 | 27 | 11 | 26 | 13 | 33 | 18 | 19 | 28 | 31 | 44 | 15 |
| Niemi (eksponeēti 4 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 8320 | 215 | 224 | 1025 | 1,20 | 236 | 1,90 | 2,24 | 3,65 | 1,25 | 0,09 | 0,63 | 0,66 |
| | Standartnovirze | 252 | 9 | 29 | 178 | 0,29 | 28 | 0,32 | 0,68 | 0,78 | 0,15 | 0,02 | 0,48 | 0,05 |
| | Variācijas koeficients | 3 | 4 | 13 | 17 | 24 | 12 | 17 | 31 | 21 | 12 | 27 | 77 | 8 |
| Tampere centrs (eksponeēti 6 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 9254 | 127 | 198 | 543 | 1,26 | 299 | 1,71 | 1,75 | 1,23 | 1,13 | 0,13 | 0,44 | 0,73 |
| | Standartnovirze | 1037 | 45 | 67 | 56 | 0,50 | 70 | 0,57 | 1,04 | 0,28 | 0,24 | 0,03 | 0,25 | 0,08 |
| | Variācijas koeficients | 11 | 35 | 34 | 10 | 40 | 23 | 33 | 59 | 23 | 21 | 27 | 57 | 11 |
| Neeksponeēti kūdras maisiņi (4 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 9166 | 58 | 53 | 285 | 0,59 | 152 | 1,35 | 0,38 | 0,74 | 0,46 | 0,12 | 0,14 | 0,67 |
| | Standartnovirze | 232 | 13 | 4,5 | 61 | 0,11 | 22 | 0,40 | 0,11 | 0,24 | 0,16 | 0,01 | 0,00 | 0,05 |
| | Variācijas koeficients | 3 | 23 | 8 | 22 | 19 | 14 | 30 | 28 | 32 | 35 | 10 | 0 | 8 |

Literatūrā netika atrasta informācija, cik lielas varētu būt elementu koncentrācijas atšķirības dažādos paraugos kūdrā, kas ir ņemta no viena un tā paša horizonta dziļuma. Iespējams, šīs atšķirības var rasties tādēļ, ka šie paraugi tomēr nav pilnībā homogēni. Piemēram, visos maisīšos nav bijusi kūdra ar vienādu daļiņu izmēru, varbūt bijuši koka gabalu piejaukumi (nevis tīra sūnu kūdra).

Lielā variabilitāte eksponētajos kūdras maisīšos varētu būt radusies iepriekš uzskaitīto iemeslu dēļ – koka vainagu ietekme (Kulju tie tika iekārti koku zaros) vai ietekme no ēkām (Tamperes centrs). Zināmu ietekmi var radīt arī putni, kas šos maisīšos ir centušies saplēst.

Vērā ņemams ir fakts, ka Niemi eksponēšanas vietā, kur maisiņi tika eksponēti, izmantojot atsevišķu statīvu (t. i., nevis iekārti koku zaros vai tiešā ēku tuvumā), arī vidējais variācijas koeficients ir mazāks nekā citās vietās. Tas ļauj secināt, ka ir būtiski pareizi izvēlēties atbilstošus eksponēšanas apstākļus.

Eksponētajiem sūnu maisiņiem Rīgā trīs elementi variācijas koeficients bija lielāks par 30 (niķelim, kadmijam, svinam), savukārt kūdrai variācijas koeficients lielāks par 30 bija tikai vienam elementam – varam. Vidējais variācijas koeficients sūnām un kūdrai bija gandrīz vienāds – sūnām tas bija 22, bet kūdrai – 19.

4. tabula

Elementu vidējā koncentrācija pēc eksponēšanas (mg/g), variācijas koeficients (%) standartnovirze (mg/g) eksponētajiem maisiņiem Rīgā

| | | Na | Mg | K | Ca | Mn | Fe | Ni | Cu | Cr | Zn | Cd | Pb | As |
|---|------------------------|-----------|------|-------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Sūnu maisiņi (eksponēti 4 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 843 | 902 | 2391 | 2199 | 30 | 250 | 5,97 | 16,18 | 0,44 | 208 | 0,44 | 8,7 | 0,3 |
| | Standartnovirze | 17 | 1 | 656 | 100 | 3 | 15 | 4,17 | 3,01 | 0,06 | 22 | 0,21 | 5,9 | 0 |
| | Variācijas koeficients | 2 | 0 | 27 | 5 | 12 | 6 | 70 | 19 | 14 | 10 | 48 | 68 | 0 |
| Kūdras maisiņi (eksponēti 4 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 7911 | 217 | 19,69 | 824 | 3,80 | 129 | 1,1 | 13 | 0,45 | 75 | 0,2 | 6,22 | 0,75 |
| | Standartnovirze | 129 | 15 | 4,33 | 62 | 0,53 | 21 | 0 | 12 | 0,06 | 19 | 0 | 1,23 | 0,16 |
| | Variācijas koeficients | 2 | 7 | 22 | 8 | 14 | 17 | 0 | 93 | 12 | 26 | 0 | 20 | 22 |
| Kūdras „radiello” maisiņi (eksponēti 3 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 8144 | 112 | 1,89 | 666 | 3,29 | 105 | 1,1 | 2,18 | 0,40 | 7,79 | 0,20 | 3,20 | 0,84 |
| | Standartnovirze | 58 | 0,00 | 0,03 | 152 | 1,75 | 22 | 0 | 0,41 | 0,00 | 1,51 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| | Variācijas koeficients | 1 | 0 | 1 | 23 | 53 | 21 | 0 | 19 | 0 | 19 | 0 | 0 | 17 |
| Kūdras pogveida maisiņi (eksponēti 3 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 8965 | 782 | 47 | 3625 | 14,06 | 141 | 8,18 | 15,35 | 4,15 | 123 | 0,80 | 15,81 | 2,54 |
| | Standartnovirze | 669 | 207 | 39 | 720 | 1,49 | 55 | 5,03 | 6,99 | 2,00 | 108 | 0,00 | 1,29 | 1,09 |
| | Variācijas koeficients | 7 | 26 | 83 | 20 | 11 | 39 | 62 | 46 | 48 | 88 | 0 | 8 | 43 |
| Jonu apmaiņas sveķi (eksponēti 4 maisiņi) | Vidējais aritmētiskais | 57 129 | 514 | 395 | 3784 | 47 | 26 | 0,99 | 0,99 | 0,22 | 11,10 | 0,07 | 0,59 | 0,23 |
| | Standartnovirze | 3630 | 23 | 25 | 118 | 2 | 2 | 0,12 | 0,26 | 0,03 | 0,76 | 0,01 | 0,20 | 0,13 |
| | Variācijas koeficients | 6 | 5 | 6 | 3 | 5 | 8 | 12 | 27 | 12 | 7 | 9 | 34 | 57 |

Secinājumi

1. Gan kūdra, gan sūnas, kas ievietotas sintētiska materiāla tīkla auduma maisiņos, var tikt izmantotas, lai noteiktu piesārņojuma līmeni gaisā, tomēr iegūtie rezultāti pierādīja, ka kūdras maisiņi akumulē piesārņojumu par 56% sliktāk nekā sūnas. Ņemot vērā iegūtos rezultātus un analizēto literatūru, pagaidām nav konstatēti fakti, kas liecinātu par labu kūdras izmantošanai sūnu vietā.
2. Literatūras analīze par sūnu maisiņu metodi parāda, ka dažādi faktori var būtiski ietekmēt ķīmisko elementu akumulēšanos sūnās, tāpēc, lai iegūtie rezultāti būtu pēc iespējas objektīvāki, ir svarīgi izvēlēties pareizus sūnu ievākšanas, apstrādes un eksponēšanas apstākļus.
3. Lai piesārņojošo vielu akumulēšanās sūnu vai kūdras maisiņos būtu pēc iespējas efektīvāka, ir svarīgi izvēlēties piemērotu maisiņu konfigurāciju – ir nepieciešams nodrošināt, lai materiāls, no kura veidotas maisiņa sienīņas, nekavētu gaisa plūsmu caur šiem maisiņiem.
4. Aprēķinātie izkliedes rādītāji (standartnovirze un variācijas koeficienti) parādīja, ka pēc iespējas precīzākai piesārņojuma līmeņa atspoguļošanai katrā eksponēšanas vietā būtu jāizvieto vairāki maisiņi.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Adamo P., Giordano S., Minganti V., Modenesi P., Monaci F., Pittao E., Tretiacch M., Bargagli R. (2007) Lichen and Moss Bags as Monitoring Devices in Urban Areas. Part II: Trace Elements Content in Living and Dead Biomonitors and Comparison with Synthetic Materials. *Environ. Pollut.*, 146, 392–399.
- Adamo P., Giordano S., Vingiani S., Cobianchi C. R., Violante P. (2003) Trace Element Accumulation by Moss and Lichen Exposed in Bags in the City of Naples (Italy). *Environ. Pollut.*, 122, 91–103.
- Al-Radady A. S., Davies B. E., French M. J. (1993) A New Design of Moss Bag to Monitor Metal Deposition Both Indoors and Outdoors. *Sci. Total Environ.*, 133, 275–283.
- Aničić M., Frontasyeva M. V., Tomašević M., Popović A. (2007) Assessment of Atmospheric Deposition of Heavy Metals and Other Elements in Belgrade Using the Moss Biomonitoring Technique and Neutron Activation Analysis. *Environ. Monit. and Assess.*, 129, 207–219.
- Aničić M., Tasić M., Frontasyeva M. V., Tomašević M., Rajšić S., Mijić Z., Popović A. (2009) Active Moss Biomonitoring of Trace Elements with Sphagnum Girgensohnii Moss Bags in Relation to Atmospheric Bulk Deposition in Belgrade, Serbia. *Environ. Pollut.*, 157, 673–679.
- ATSDR. (2007) *Toxicological Profile for Lead*. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 528 p.
- Castello M. (1996) Monitoring of Airborne Metal Pollution by Moss Bags: a Methodological Study. *Studia Geobotanica*, 15, 91–103.
- Castello M. (2007) A Comparison Between Two Moss Species Used as Transplants for Airborne Trace Element Biomonitoring in NE Italy. *Environ. Monit. and Assess.*, 133, 267–276.
- Chakraborty S., Paratkar G. T. (2006) Biomonitoring of Trace Element Air Pollution Using Mosses. *Aerosol and Air Quality Research*, 6, 247–258.

- Couto J. A., Fernandez J. A., Aboal J. R., Carballeira A. (2004) Active Biomonitoring of Element Uptake with Terrestrial Mosses: a Comparison of Bulk and Dry Deposition. *Sci. Total Environ.*, 324, 211–222.
- Culicov O. A., Mocanu R., Frontasyeva M. V., Yurukova L., Steinnes E. (2005) Active Moss Biomonitoring Applied to an Industrial Site in Romania: Relative Accumulation of 36 Elements in Moss-Bags. *Environ. Monit. And Assess.*, 108, 229–240.
- Culicov O. A., Yurukova L. (2006) Comparison of Element Accumulation of Different Moss and Lichen-Bags, Exposed in the City of Sofia (Bulgaria). *J. Atmos. Chem.*, 55, 1–12.
- Čeburnis D., Steinnes E., Kvietkus K. (1998) Estimation of Metal Uptake Efficiencies from Precipitation in Mosses in Lithuania. *Chemosphere*, 38, 445–454.
- Čeburnis D., Valiulis D. (1999) Investigation of Absolute Metal Uptake Efficiency from Precipitation in Moss. *Sci. Total Environ.*, 226, 247–253.
- Fernandez J. A., Aboal J. R., Carballeira A. (2000) Use of Native and Transplanted Mosses as Complementary Techniques for Biomonitoring Mercury Around an Industrial Facility. *Sci. Total Environ.*, 256, 151–161.
- Gailey F. A. Y., Lloyd O. L. (1986) Methodological Investigations into Lowtechnology Monitoring of Atmospheric Metal Pollution: Part 3. The Degree of Replicability of the Metal Concentrations. *Environ. Pollut.*, 12, 85–109.
- Giordano S., Adamo P., Sorbo S., Vingiani S. (2005) Atmospheric Trace Metal Pollution in the Naples Urban Area Based on Results from Moss and Lichen Bags. *Environ. Pollut.*, 136, 431–442.
- Goodman G. T., Inskip M. J., Smith S., Parry G. D. R., Burton M. A. S. (1979) The Use of Moss-Bags in Aerosol Monitoring. *Scope*, 14, 211–232.
- Kļaviņš M., Prikšāne A. (1995) *Ekotoksikoloģija*. Rīga: Latvijas Universitāte. 126 lpp.
- Little P., Martin M. H. (1974) Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution. *Environ. Pollut.*, 6, 1–19.
- Lodenius M. (1998) Dry and Wet Deposition of Mercury Near a Chlor-Alkali Plant. *Sci. Total Environ.*, 213, 53–56.
- Makinen A. (1977) Moss-and Peat-Bags in Air Pollution Monitoring. *Suo*, 28, 79–88.
- Makhholm M. M., Mladenoff D. J. (2005) Efficacy of a Biomonitoring (Moss Bag) Technique for Determining Element Deposition Trends on a Mid-Range (375 km) Scale. *Environ. Monit. and Assess.*, 104, 1–18.
- Mulgrew A., Williams P. (2000) *Biomonitoring of Air Quality Using Plants*. Berlin: WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control. 165 p.
- Onianwa P. C. (2001) Monitoring Atmospheric Metal Pollution: a Review of the Use of Mosses as Indicators. *Environ. Monit. Assess.*, 71, 13–50.
- Stinkule A., Kļaviņš M. (2000) *Ģeokīmijas pamati*. Rīga: Latvijas Universitāte. 256 lpp.
- Stoeppler M. (2004) Arsenic. In: Merian E. et al. (eds.) *Elements and Their Compounds in the Environment*. [S.l.]: Wiley-VCH, p. 1321–1364.
- Sun Q. Y., Wang D. Y., He M., Zhang C. (2009) Monitoring of Atmospheric Heavy Metal Deposition in Chongqing, China – Based on Moss Bag Technique. *Environ. Monit. and Assess.*, 148, 1–9.
- Szczepaniak K., Biziuk M., Yang L. Z. (2003) Aspects of the Biomonitoring Studies Using Mosses and Lichens as Indicators of Metal Pollution. *Environ. Res.*, 93, 221–230.
- Temple P. J., McLaughlin D. L., Linzon, S. N., Wills R. (1981) Moss Bags as Monitors of Atmospheric Deposition. *J. Air Pollut. Control Assoc.*, 31, 668–670.

- Tretiach M., Adamo P., Bargagli R., Baruffo L., Carletti L., Crisafulli P., Giordano S., Modenesi P., Orlando S., Pittao E. (2006) Lichen and Moss Bags as Monitoring Devices in Urban Areas. Part I: influence of Exposure on Vitality. *Environ. Pollut.*, 146, 380–391.
- Wolterbeek H. (2002) Biomonitoring of Trace Element Air Pollution: Principles, Possibilities and Perspectives. *Environ. Pollut.*, 120, 11–21.
- Zelicoff Judith T., Thomas Peter T. (1998) *Immunotoxicology of Environmental and Occupational Metals*. Florida: CRC Press LCC. 374 p.

Summary

Peat and moss bag method has been used to compare peat and moss ability to accumulate chemical elements from the air. Peat, moss and ion exchange resins inserted in nylon mesh bags were exposed in two stages with a different objective in each of the stages. In the first stage peat bags were exposed in Tampere (Finland) in order to identify potential sources of pollution. In the second stage peat, moss and ion exchange resin bags were exposed in Riga (Latvia) in order to determine peat bag configuration impact on accumulation efficiency, as well as to evaluate and compare the accumulation efficiency in the moss, peat and ion exchange resins. The concentration of 13 elements (Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe, Ni, Cu, Cr, Zn, Cd, Pb, As) in the exposed and unexposed moss, peat and ion exchange resins were determined by atomic absorption spectrophotometry. In every place of interest several bags have been used, so the results were analyzed using statistical measures – standard deviation and coefficient of variation. Results show that element accumulation in the peat is less effective than in the mosses. On the basis of the results obtained in this study and taking into account the literature review there are not found any facts showing that peat should be used instead of moss.

Keywords: peat, heavy metals, biomonitoring, moss bags.

Kūdras termiskās apstrādes ietekme uz tās ķīmisko struktūru un naftas ogļūdeņražu sorbcijas īpašībām *Influence of Thermal Treatment of Peat on Its Chemical Structure and Oil Hydrocarbon Sorption Characteristics*

Dmitrijs Poršņovs, Māris Kļaviņš

Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010
E-pasts: dp08019@lanet.lv

Rakstā pētīta kūdras termiskās apstrādes ietekme uz tās ķīmisko struktūru un naftas ogļūdeņražu sorbcijas īpašībām. Pētījuma rezultāti liecina, ka termiskā apstrāde pozitīvi ietekmē kūdras sorbcijas spēju attiecībā uz naftas ogļūdeņražiem, kā arī tās hidrofobās īpašības un peldspēju. Ar Furjē transformācijas infrasarkanās spektroskopijas palīdzību ir noteiktas konkrētas strukturālas materiāla izmaiņas, kas nosaka šo īpašību uzlabošanos.

Atslēgvārdi: kūdra, sorbents, naftas ogļūdeņraži, FTIR spektroskopija.

Ievads

Kā zināms, naftas produkti ir plaši izplatīts un bīstams vides piesārņotājs. Līdz ar enerģijas patēriņa, kā arī rūpniecības apjomu pieaugumu neizbēgami palielinās naftas ieguve, transportēšana un patēriņš. Tas ir iemesls naftas avārijas izlījumu un naftas piesārņojuma riska pieaugumam. Tā kā šis risks mūsdienās ir atzīstams par nenovēršamu, ļoti liela nozīme ir tehnoloģijām un metodēm, kas palīdz minimizēt vai novērst ietekmi uz vidi, ko izraisa piesārņojums ar naftas ogļūdeņražiem. Naftas produktu avārijas izlījumu gadījumā kā ūdens vidē, tā arī uz sauszemes ļoti svarīga ir steidzama rīcība, lai apturētu piesārņojuma izplatīšanos un iespēju robežās savāktu izplūdušos naftas produktus. Lai to īstenotu, efektīva metode ir naftas sorbentu izmantošana. Sorbenti ir substances, kas spēj saistīt un saturēt naftas ogļūdeņražus absorbcijas un/vai adsorbcijas procesu rezultātā. Labiem sorbentiem raksturīgs hidrofobums un augsti sorbcijas kapacitātes, peldspējas, porainības un īpatnējā virsmas laukuma rādītāji. Par būtisku sorbenta priekšrocību ir uzskatāma tā biodegradācija (Adebajo et al., 2003).

Lielākā daļa minēto īpašību piemīt sfagnu kūdrām ar nelielu sadalīšanās pakāpi (Новосёлова и Сироткина, 2008). Pateicoties to galvenajai sastāvdaļai – daļēji sadalītām sfagnu sūnu organiskajām atliekām, šīm kūdrām ir raksturīga attīstīta, sarežģīta poru sistēma (Тюрёмнов, 1976). Minēto kūdru porainības rādītājs ir aptuveni 95%, tāpat tai piemīt arī relatīvi liels īpatnējās virsmas laukums: tā vērtība parasti ir lielāka par 200 m²/g (Encyclopedia of Surface., 2004). Turklāt kūdras biodegradācijas iespējamība nav noliedzama. Citas kūdras priekšrocības ir

tās nelielā pašizmaksa, pieejamība, kā arī tas, ka kūdra ir relatīvi videi nekaitīga substance, kas turklāt ir pieskaitāma atjaunojamo resursu kategorijai. Pateicoties šīm īpašībām, kūdra ir atzīstama par perspektīvu materiālu naftas sorbentu izgatavošanai, kas var tikt izmantots kā patstāvīgi, tā arī kā kombinētu preparātu sastāvdaļa. Par kūdras trūkumiem šajā kontekstā ir atzīstamas nepietiekamas hidrofobās īpašības, kā arī relatīvi zemi sorbcijas kapacitātes un sorbcijas ātruma raksturlielumi. Šos raksturlielumus ir iespējams uzlabot, veicot kūdras modifikāciju (Бурмистрова и др., 2009).

Kūdras hidrofobuma pakāpi iespējams palielināt – hidrofobizēt – gan ar fizikālām, gan ķīmiskām metodēm. Tā kā kūdrā ietilpst gan hidrofilas (ūdenī šķīstošas un viegli hidrolizējamas), gan hidrofobas (bitumi, vaski) sastāvdaļas, kūdras hidrofobizēšanu ir iespējams veikt, izmantojot hidrofobās sastāvdaļas, ko tā satur un kas izdalās un kondensējas uz materiāla virsmas termiskās apstrādes rezultātā (Новоселова и Сироткина, 2008). Dažas pasaulē pazīstamas kūdras termiskās modifikācijas metodes: kūdras karsēšana bez gaisa piekļuves 270–300 °C temperatūrā 3,5–5 stundas (Гридин и др., 2003); kūdras termiskā apstrāde 250–280 °C temperatūrā bez gaisa piekļuves, līdz materiāla mitrums sasniedz 2,5–10% (Острцов, 1997); kūdras termiskā žāvēšana 120 °C temperatūrā (Алексеева и др., 2002). Kā redzam, pastāv visai atšķirīgi viedokļi par optimāliem kūdras karsēšanas apstākļiem tās hidrofobizācijai. Turklāt samērā maz ir pētīti ķīmiskie procesi, kas norisinās kūdras struktūrā, tās termiskās apstrādes gaitā saistībā ar tās ogļūdeņražu sorbcijas īpašībām. Izpratne par šiem procesiem būtu ļoti nozīmīga pareiza kūdras sorbentu ražošanas tehnoloģiskā procesa izveidei.

Šī pētījuma mērķis ir noteikt optimālu temperatūru un laiku kūdras termiskajai apstrādei, lai uzlabotu tās hidrofobās un ogļūdeņražu sorbcijas īpašības, kā arī izpētītu ķīmiskās izmaiņas kūdras struktūrā, kas norisinās termiskās hidrofobizēšanas rezultātā, un to ietekmi uz iegūstamā sorbenta raksturlielumiem.

Materiāli un metodes

Materiāli

Pētījuma gaitā ir izmantota kūdra, kas iegūta Latvijā, Kaigu purvā, kur notiek industriāla kūdras izstrāde. Izmantotais kūdras kolonnas posms iegūl 25–45 cm dziļumā. Pārsvārā šo kūdru veido *Sphagnum fuscum* sūnas, slāņa iegulšanas dziļums ir ap 35 cm, vecums – 1200 gadi, sadalīšanās pakāpe ir 10%, galveno kūdras veidojošo elementu sastāvs ir šāds: C – 49,31%, H – 5,75%, N – 0,89%, S – 1,01%, O – 43,39% (Šīre, 2010). Šī pētījuma materiāla izvēle balstās uz agrāko pētījumu rezultātiem, kur minētā kūdra uzrādīja vislabākos sākotnējos ogļūdeņražu sorbcijas raksturlielumus (Poršņovs, 2010). Pirms eksperimentiem kūdra samalta dzirnaviņās līdz daļiņu izmēram 0,2–2 mm.

Pētot modificētu materiālu mijiedarbību ar naftas produktiem, izmantota jēlnafta ar blīvumu 0,81 g/ml un gaistošo ogļūdeņražu īpatsvaru 42%.

Optimālās temperatūras noteikšana kūdras termiskajai apstrādei

Lai noteiktu optimālo temperatūru kūdras sastāvā ietilpstošo hidrofobo komponentu kondensācijai uz materiāla virsmas, tika izmantota izejas kūdras

termogravimetriskā analīze. Tā veikta ar *SII EXSTAR 6300 TG/DTG* derivatogrāfu, temperatūru intervālā 25–550 °C ar karsēšanas ātrumu 10 °C/min. Ierakstītas TG un DTG līknes. No iegūtajām termogrammām nolasīts temperatūru apgabals, pēc kura pārsniegšanas sākas straujš materiāla masas zudums (kondensēto ogļūdeņražu un kūdras struktūru veidojošo vielu termiskā noārdīšanās).

Kūdras termiskā apstrāde

Kūdras termiskā apstrāde ir veikta laboratorijas krāsnī. Karsēšana ar neierobežotu gaisa piekļuvi veikta tīģeļos, savukārt karsēšana ar ierobežotu gaisa piekļuvi – 40 cm garā noslēdzamā tērauda cilindrā ar 5 cm diametru. Pirms apstrādes karsējamie paraugi samitrināti ar ūdeni tilpuma attiecībā 1 : 1, lai novērstu kūdras uzliesmošanu un pāroģošanu, ka arī lai kūdras poru struktūras piepildītos ar ūdeni un pēc karsēšanas saglabātos atvērtā stāvoklī. Karsēšana notikusi 140–150 °C temperatūrā. Karsēšanas laiki un iegūto paraugu sorbcijas raksturlielumi redzami 1. tabulā. Šāda karsēšanas laika izvēle pamatojama ar to, ka, karsējot paraugus ar neierobežotu gaisa klātbūtni ilgāk par 6 h, novērojama paraugu pilnīga pārpelnošanās, savukārt karsēšana ilgāk par 10 stundām rūpnieciskajos mērogos, pēc mūsu domām, nav lietderīga pārmērīga enerģijas patēriņa dēļ.

Naftas sorbcijas eksperiments

Laboratorijas pudelītēs ar tilpumu 100 ml ielieti 50 ml destilēta ūdens un pievienoti 4 ml (3,23 g) naftas, kā arī 0,25 g smagi pētāmo materiālu paraugu. Paraugi novietoti uz kratītāja un 5 stundas kratīti ar ātrumu 120 apgriezieni minūtē. Pēc tam paraugi izfiltrēti caur filtrpapīru. Iegūtā masa (sorbents ar sorbātu) ievietota 100 ml laboratorijas pudelītēs, aplieta ar 20 ml heksāna un ekstrahēta uz kratītāja 30 minūtes ar ātrumu 120 apgriezieni minūtē. Pēc tam iegūtais šķīdums izfiltrēts caur filtrpapīru. Masa uz filtra atkārtoti aplieta ar 20 ml heksāna un izfiltrēta. Viss filtrāts ievietots traukos ar zināmu masu un iztvaicēts istabas temperatūrā līdz nemainīgai masai. Paraleli identiskos apstākļos iztvaicēti ar heksānu atšķaidīti tīras naftas paraugi ar zināmu masu, pēc masas atšķirības aprēķināts negaistošu ogļūdeņražu īpatsvars no dotās naftas sastāva. Šādi iegūts koeficients izmantots sorbētās naftas masas aprēķinam, par pamatu ņemot iegūto negaistošo ogļūdeņražu masu.

Peldspējas novērtēšana

Laboratorijas pudelītēs ar tilpumu 100 ml ielieti 50 ml destilēta ūdens, pēc tam tur ievietoti 0,5 g smagi pētāmo materiālu paraugu, pudelītes ar paraugiem atstātas miera stāvoklī 72 stundas. Pēc turpmāk aprakstītajiem kritērijiem peldspēja vizuāli novērtēta ballēs pēc 24, 48 un 72 stundām.

Materiāla peldspējas novērtējuma kritēriji

- 5 balles: materiāls saglabā peldspēju, daļa atrodas virs ūdens sausā veidā;
- 4 balles: nogrimusi neliela daļa materiāla, pārējais materiāls saglabā peldspēju, ir sajaucies ar ūdeni;
- 3 balles: nogrimusi būtiska daļa materiāla;
- 2 balles: nogrimusi lielākā daļa materiāla;
- 1 balle: materiāls nogrimis pilnībā.

Ūdens sorbcijas eksperiments

Laboratorijas pudelītēs ar tilpumu 100 ml ielieti 50 ml destilēta ūdens, pēc tam tur ievietoti 0,5 g smagi pētāmo materiālu paraugu, pudelītes ar paraugiem novietotas uz kratītāja un 5 stundas kratītas ar ātrumu 120 apgriezieni minūtē. Pēc tam paraugi izfiltrēti un svērti uz analītiskiem svāriem, pēc masas atšķirības no sākotnējā iesvara izteikts sorbētā ūdens daudzums.

Sorbcijas kinētikas pētījumi

Laboratorijas pudelītēs ar tilpumu 100 ml ielieti 50 ml destilēta ūdens un pievienoti 4 ml (3,23 g) naftas, kā arī 0,25 g smagi pētāmo materiālu paraugu. Paraugi novietoti uz kratītāja un kratīti ar ātrumu 120 apgriezieni minūtē. Pēc tam paraugi pakāpeniski ņemti nost no kratītāja: pēc 2,5, 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, 240, 300 minūtēm un izfiltrēti caur filtrpapīru. No iegūtās pseidocietās substances, tāpat kā aprakstīts naftas sorbcijas eksperimenta aprakstā, ekstrahēta sorbētā nafta un noteikta tās masa. Veidojot sorbcijas kinētikas līknes, pieņemts, ka mērījuma kļūda veido 5% no rādītāja vērtības.

Modificēto kūdru strukturālo izmaiņu raksturošana

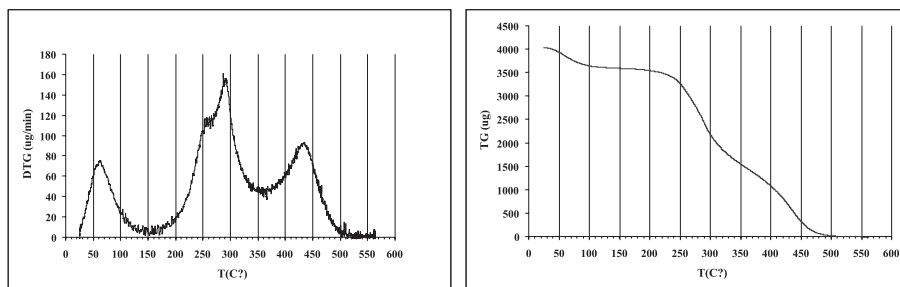
Modificētajos kūdras paraugos notikušo materiāla ķīmisko izmaiņu raksturošanai izmantota Furjē transformācijas IR spektrometrijas metode (turpmāk – FTIR). Tā veikta ar *Perkin Elmer Spectrum BX* iekārtu, uzņemti infrasarkanās transmisijas spektri. Spektru uzņemšana notika šādi: kūdras paraugi izberzti caur 0,25 mm sietu, uz analītiskiem svāriem nosvērti 250 mg kālija bromīda (*VWR International Ltd, England, KBr for infrared spectroscopy*) un 25 mg pētāmā parauga. Paraugi un kālija bromīds rūpīgi samaisīti un ar speciālu presi saspiesti ap 1 mm biežā tabletē, tablete ievietota parauga turētājā, un uzņemts IR spektrs.

Rezultāti un diskusija

Temperatūras noteikšana kūdras termiskajai apstrādei

1. attēlā redzami izejas kūdras termogravimetriskās analīzes rezultāti. Pēc ūdens iztvaikošanas temperatūru intervālā ap 100 °C TG līkne iztaisnojas, savukārt DTG līkne uzrāda ievērojamu masas zuduma ātruma samazināšanos, tas norāda, ka 100 un 200 °C temperatūras intervālā nenotiek būtiskas izmaiņas materiāla struktūrā un sastāvā. Atkārtota masas zuduma paātrināšanās ir novērojama 200 un 250 °C temperatūras intervālā, tomēr masas zudums šajā intervālā nav tik straujš, lai liecinātu par hidrofobu kūdras komponentu un kūdras struktūru veidojošo vielu noārdīšanos. Pēc mūsu domām, šī paātrināšanās liecina par viegli gaistošu ogļūdeņražu iztvaikošanu un grūtāk gaistošu ogļūdeņražu kondensēšanās procesu sākumu. 250 un 275 °C temperatūras intervālā novērojama īslaicīga noārdīšanās ātruma samazināšanās, kas varētu norādīt uz viegli gaistošo komponentu pilnīgu iztvaikošanu. Savukārt temperatūrā virs 275 °C sākas ļoti straujš materiāla masas zudums, kas liecina par sliktāk gaistošu kūdras komponentu iztvaikošanu un sadeģšanu, kā arī kūdras struktūru veidojošo vielu termisko noārdīšanos. Ņemot vērā šos rezultātus, iespējams secināt, ka, termiski apstrādājot kūdras, lai uzlabotu tās hidrofobās un sorbcijas īpašības, tajā pašā laikā saglabājot struktūru, karsēšanas temperatūrai noteikti vajadzētu pārsniegt 200 °C, bet nevajadzētu pārsniegt 275 °C.

Ņemot vērā šos rezultātus, kā arī mūsu rīcībā esošās aparatūras tehniskās iespējas, kūdras termiskajai apstrādei izvēlēts temperatūras intervāls 240–250 °C.



1. att. Izejas kūdras termiskās noārdīšanās TG un DTG līknes

Modificēto kūdras paraugu īpašību raksturošana

1. tabula

Izejas kūdras un karsēto kūdras eksperimentāli noteiktie naftas un ūdens sorbcijas, kā arī peldspējas raksturlielumi un apstrādes procesa gaitā radies masas zudums

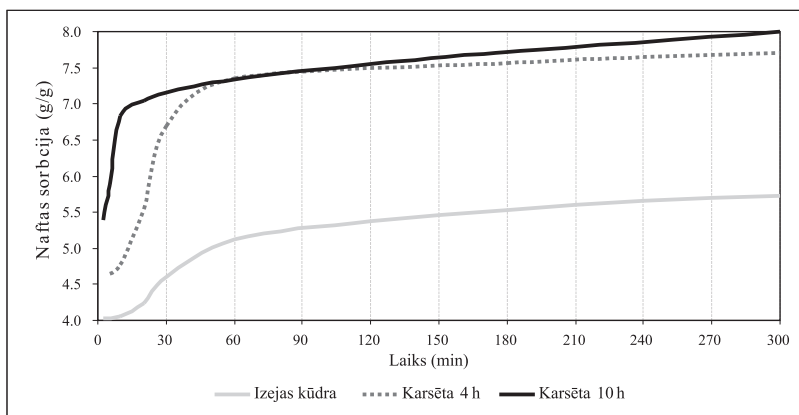
| Paraugs | Masas zudums (%) | Sorbētā ūdens masa (g/g) | Peldspējas novērtējums ballēs | | | Sorbēta nafta (g/g) |
|---|------------------|--------------------------|-------------------------------|------|------|---------------------|
| | | | 24 h | 48 h | 72 h | |
| Izejas kūdra | - | 10,5 | 3 | 2 | 2 | 5,8 |
| Ar neierobežotu gaisa piekļuvi karsēti paraugi | | | | | | |
| 0,5 h | n.d | 8,9 | 3 | 2 | 2 | 6,9 |
| 1 h | n.d | 9,6 | 4 | 4 | 3 | 5,8 |
| 2 h | n.d | 7,8 | 4 | 4 | 3 | 5,7 |
| 4 h | 48 | 7,9 | 5 | 5 | 5 | 8,5 |
| 6 h | 72 | 7,6 | 4 | 4 | 4 | 7,3 |
| Ar ierobežotu gaisa piekļuvi karsēti paraugi | | | | | | |
| 2 h | n.d | 6,0 | 4 | 3 | 2 | 5,9 |
| 4 h | 23 | 6,2 | 5 | 5 | 5 | 7,4 |
| 6 h | 29 | 6,2 | 5 | 5 | 5 | 8,2 |
| 8 h | 40 | 6,5 | 5 | 5 | 5 | 8,6 |
| 10 h | 52 | 6,7 | 5 | 5 | 5 | 8,6 |

Kā redzams 1. tabulā, karsēto kūdras paraugu īpašības ir iespējams ievērojami uzlabot, karsējot tos gan ar neierobežotu, gan ierobežotu gaisa piekļuvi. Abos gadījumos pietiekama īpašību uzlabošanās ir novērojama pēc 4 h ilgas karsēšanas. Tomēr ar neierobežotu gaisa klātbūtni izkarsētiem paraugiem ir novērojama lielāka ūdens sorbcijas spēja. Tāpat redzams, ka, materiālu karsējot ilgāk par 4 stundām ar neierobežotu gaisa klātbūtni, tā peldspēja sāk atkārtoti pasliktināties. Karsējot kūdras ar ierobežotu gaisa piekļuvi, visai labi rezultāti (pietiekama peldspēja, ūdens sorbcijas spējas samazināšanās un naftas sorbcijas spējas palielināšanās) ir panākami jau pēc

4 h ilgas karsēšanas, taču, karsējot ilgāk, turpina pieaugt ogļūdeņražu sorbcijas spēja, bet pakāpeniski palielinās arī ūdens sorbcija. Vēl viens fakts, par ko liecina šie rezultāti, ir tāds, ka būtiska materiāla sorbcijas īpašību uzlabošanās neizbēgami ir saistīta ar masas zudumu un tādējādi arī ar gāzes izdalīšanos. Lai nodrošinātu ilgtspējīgu sorbenta ražošanas tehnoloģisko procesu, ļoti svarīgi ir izpētīt šo gāzu ķīmisko sastāvu un meklēt risinājumus to izmantošanai šajā procesā vai ārpus tā.

Naftas sorbcijas kinētika uz modificētās kūdras

Naftas sorbcijas kinētikas pētījumi tika veikti izejas kūdras paraugam, kā arī paraugiem, kas karsēti ar ierobežotu gaisa klātbūtni 4 un 10 stundas. Iegūtās kinētikas līknes ir redzamas 2. attēlā. Karsēšana ne tikai būtiski uzlabo kūdras naftas sorbcijas spēju, bet arī palielina naftas sorbcijas ātrumu, kas liecina par materiāla oleofilo īpašību uzlabošanos.



2. att. Naftas sorbcijas kinētikas līknes uz izejas kūdras un ar ierobežotu gaisa klātbūtni karsētām kūdrām

Modificēto kūdras paraugu FTIR spektroskopiskā raksturošana

FTIR spektroskopijas metode ir izmantota, lai raksturotu izmaiņas, kas karsēšanas rezultātā norisinās kūdras makromolekulārajā ķīmiskajā struktūrā (5. att.). IR spektrogrammu interpretācija tika veikta, balstoties uz Kļaviņa (1997) un citu autoru darbos atrodamajiem datiem (Piccolo et al., 2006; Shirshova et al., 2006; Toras, 2010; Ларина и др., 2009).

Izejas kūdras un karsēto paraugu IR spektrogrammas redzamas 3.–4. attēlā. Izejas kūdras spektrs satur kūdrām raksturīgos absorbcijas pīķus:

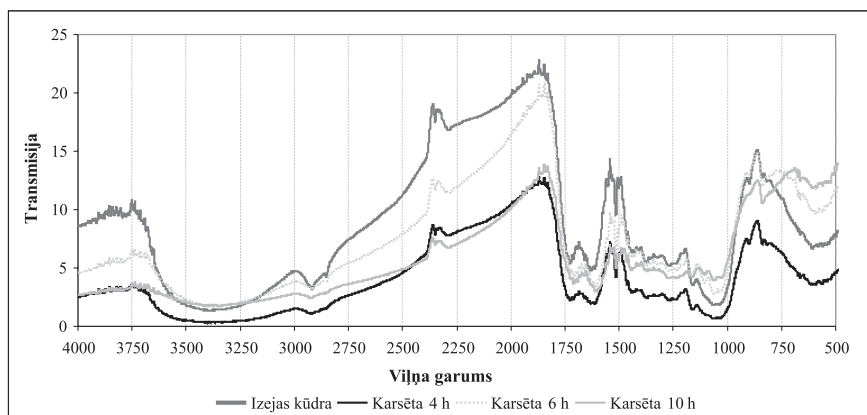
- pīķis ar viļņu garumu 3300–3400 (centrēts pie 3360), kas raksturo –OH saites stiepšanos un norāda uz fenolu, spirtu un ogļhidrātu hidroksilgrupām;
- pīķis ar viļņu garumu 2490–2900 (centrēts pie 2890), kas raksturo C–H saites izstiepšanos un norāda uz alifātisko C–H ķēžu fragmentiem makromolekulārajā struktūrā;
- pīķis ar viļņa garumu 1720–1725 (centrēts pie 1721), kas raksturo C=O saišu izstiepšanos un norāda uz karbonilgrupu klātbūtni;

- pīķis ar viļņa garumu 1600–1620 (centrēts pie 1602), kas raksturo cikliskās C=C saites izstiepšanos un norāda uz aromātisko skeletu;
- pīķis ar viļņu garumu 1170–950 (centrēts pie 1025), kas raksturo ogļhidrātu C–O saites izstiepšanos un norāda uz polisaharīdu klātbūtni.

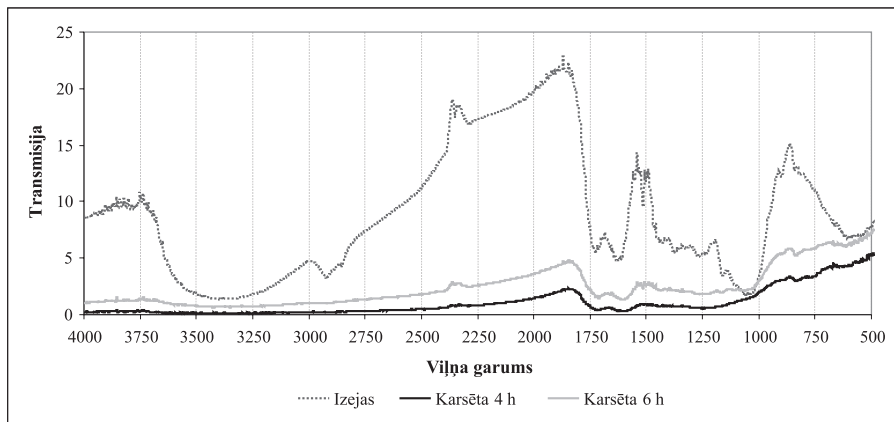
Līdzīgus pīķus satur arī termiski apstrādāto kūdru spektri, tomēr ir redzams, ka karsēšanas rezultātā pīķu intensitāte mainās, bet, karsējot kūdru ar neierobežotu gaisa klātbūtni, daži pīķi pat pilnībā izzūd, tas norāda uz būtiskām izmaiņām, kas karsēšanas rezultātā norisinās kūdras ķīmiskajā struktūrā. Lai raksturotu šīs izmaiņas kvantitatīvi, ir nepieciešams novērtēt un salīdzināt spektrālos koeficientus (attiecības starp atsevišķu pīķu vērtībām). Šim mērķim esam izvēlējušies šādus transmisijas koeficientus:

- attiecība starp transmisijas vērtībām ar viļņu garumu 3360 un 2890, kas raksturo attiecību starp hidroksilgrupu un alifātisko ogļūdeņražu saturu;
- attiecība starp transmisijas vērtībām ar viļņu garumu 3360 un 1602, kas raksturo attiecības starp hidroksilgrupu un aromātisko skeletu veidojošo C=C saišu saturu;
- attiecība starp transmisijas vērtībām ar viļņu garumu 2890 un 1602, kas raksturo attiecību starp alifātisko ogļūdeņražu saturu un aromātisko skeletu veidojošo C=C saišu saturu;
- attiecība starp transmisijas vērtībām ar viļņu garumu 1721 un 1602, kas raksturo attiecību starp karbonilgrupu saturu un aromātisko skeletu veidojošo C=C saišu saturu;
- attiecība starp transmisijas vērtībām ar viļņu garumu 1602 un 1025, kas raksturo attiecības starp nehidrolizējamu kūdras aromātisko skeletu un hidrolizējamiem polisaharīdiem kūdras sastāvā.

Minēto koeficientu vērtības ar ierobežotu gaisa klātbūtni karsētām kūdrām apkopotas 2. tabulā.



3. att. Izejas kūdras un ar ierobežotu gaisa klātbūtni karsēto kūdru IR transmisijas spektri



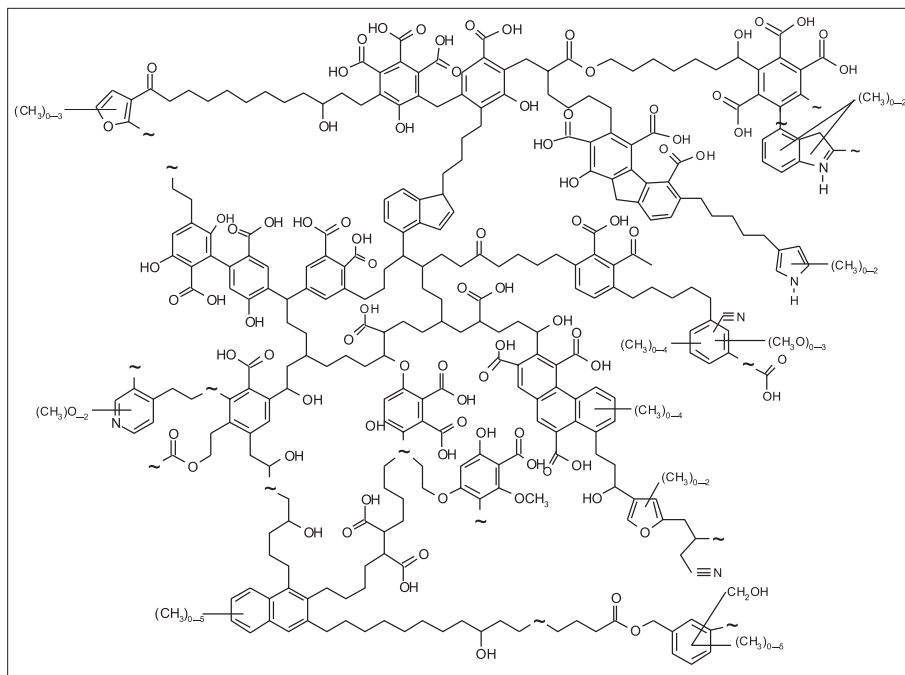
4. att. Izejas kūdras un ar neierobežotu gaisa klātbūtni karsēto kūdras IR transmisijas spektri

2. tabula

Spektrālās transmisijas koeficientu vērtības izejas kūdrai un ar ierobežotu gaisa klātbūtni karsētai kūdrai

| Paraugs | Attiecība→ | $\frac{\text{OH}_{3360}}{\text{C-H}_{2890}}$ | $\frac{\text{OH}_{3360}}{\text{C=C}_{1602}}$ | $\frac{\text{C-H}_{2890}}{\text{C=C}_{1602}}$ | $\frac{\text{C=O}_{1721}}{\text{C=C}_{1602}}$ | $\frac{\text{C-O}_{1025}}{\text{C=C}_{1602}}$ |
|--------------|------------|--|--|---|---|---|
| Izejas kūdra | | 0,36 | 0,25 | 0,69 | 0,98 | 0,35 |
| Karsēta 4 h | | 0,30 | 0,16 | 0,55 | 1,00 | 0,35 |
| Karsēta 6 h | | 0,49 | 0,47 | 0,97 | 1,25 | 0,84 |
| Karsēta 10 h | | 0,67 | 0,58 | 0,87 | 1,25 | 1,35 |

FTIR rezultāti parāda, ka termiskās apstrādes gaitā kūdras struktūrā noārdās polisaharīdi, kā arī citi skābekli saturoši savienojumi, tomēr $\text{C-O}_{1025}/\text{C=C}_{1602}$ koeficients uzrāda, ka hidrofilu polisaharīdu noārdīšanās ar gaisa skābekļa ierobežotu piekļuvi sākas tikai pēc laika, kas pārsniedz 4 h, savukārt, veicot termisko apstrādi ar netraucētu gaisa skābekļa piekļuvi, pilnīga polisaharīdu noārdīšanās ir novērojama jau pēc 4 stundu ilgas karsēšanas. $\text{OH}_{3360}/\text{C-H}_{2890}$ koeficienta vērtības samazināšanās uzrāda nelielu $-\text{OH}$ grupas satura palielināšanos pēc 4 h ilgas karsēšanas. Šī parādība, visticamāk, ir izskaidrojama ar ūdens tvaiku ietekmi karsēšanas gaitā. Vēlāk $-\text{OH}$ grupas īpatsvars būtiski samazinās, un tas kopā ar $\text{C-O}_{1025}/\text{C=C}_{1602}$ koeficienta vērtības pieaugumu norāda uz ogļhidrātu noārdīšanos. Savukārt $\text{OH}_{3360}/\text{C=C}_{1602}$ vērtības palielināšanās kopā ar $\text{C=O}_{1721}/\text{C=C}_{1602}$ vērtības palielināšanos norāda uz COOH grupu noārdīšanos. Polāru skābekli saturošu savienojumu un molekulu fragmentu noārdīšanās noteikti ir saistīta ar materiāla polaritātes samazināšanos, visticamāk, tieši šis process uzlabo karsēto paraugu oleofilās īpašības un līdz ar to arī ogļūdeņražu sorbcijas kapacitāti un ātrumu.



5. att. **Biomakromolekulas (humīnskābes) teorētiskā ķīmiskā struktūra** (pēc Schulten and Schnitzer, 1993)

Karsējot kūdru ar ierobežotu gaisa piekļuvi, $C-H_{2890}/C-C_{2602}$ koeficients uzrāda alifātisko virkņu relatīvā daudzuma palielināšanos, kas varētu norādīt uz hidrofobu kūdras komponentu kondensēšanos tikai pēc 4 h ilgas karsēšanas. Vēlāk šis rādītājs samazinās. Tomēr šis process nav secīgs, tas varētu nozīmēt, ka alifātiskās virknes gan rodas kūdras termiskās apstrādes gaitā, gan oksidējas atmosfēras skābekļa ietekmē. Skābekļa klātbūtnes ietekmi uz CH virkņu noārdīšanos apstiprina arī vaļējos traukos karsēto kūdras spektri, kur $C-H_{2890}$ pīķis nav novērojams. Kā redzams 1. tabulā, tieši paraugs ar vislielāko $C-H$ alifātisko saišu īpatsvaru uzrāda vismazāko ūdens sorbcijas spēju. Tas liecina par to, ka $C-H$ grupu noārdīšanās materiāla hidrofobo īpašību kontekstā noteikti nav atzīstama par vēlamu procesu. Tomēr ir visai ticams, ka gaisa skābekļa piekļuves novēršana varētu samazināt alifātisko virkņu noārdīšanos un līdz ar to uzlabot gatavā sorbenta īpašības.

Secinājumi

1. Veicot kūdras termisko apstrādi, ir iespējams ievērojami uzlabot tās hidrofobās un oleofilās īpašības.
2. Šo īpašību uzlabošanās pamatā ir divi procesi, kas norisinās kūdras ķīmiskajā struktūrā: skābekli saturošu funkcionālo grupu un polisaharīdu noārdīšanās,

- kas uzlabo oleofilās īpašības, kā arī alifātisko ogļūdeņražu kondensēšanās, kas palielina materiāla hidrofobumu.
3. Lai nodrošinātu abu šo procesu sekmīgu norisi, kūdras karsēšanai jānotiek bez gaisa skābekļa piekļuves, jo pretējā gadījumā norisinās kondensēto alifātisko ogļūdeņražu sadegšana, kas ir uzskatāma par nevēlamu procesu.
 4. Temperatūra, kas nepieciešama kūdras hidrofobo un oleofilo īpašību uzlabošanai, ir 200–275 °C, vēlamais karsēšanas laiks ir 4–10 h.
 5. Kūdras termiskā modifikācija tās naftas sorbcijas īpašību uzlabošanai neizbēgami ir saistīta ar materiāla masas zudumu un visai liela gāzes daudzuma izdalīšanos, tāpēc nepieciešams izpētīt šo gāzu sastāvu un meklēt risinājumus to izmantošanai ražošanas tehnoloģiskajā procesā vai ārpus tā.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Adebajo M., Frost R., Klopogge J., Carmody O. (2003) Porous Materials for Oil Spill Cleanup: A Review of Synthesis and Absorbing Properties. *Journal of Porous Materials*, 10: 159–170.
- Encyclopedia of Surface and Colloid Science (2004) Ed. by Somasundaran P. *Update Supplement*. New York: Taylor & Francis. 8034 p.
- Kļaviņš M. (1997) *Aquatic Humic Substances: Characterisation, Structure and Genesis*. Rīga.
- Piccolo A., Conte P., Patti A. (2006) O-Alkylation of a Lignite Humic Acid by Phase-Transfer Catalysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 384, 994–1001.
- Poršņovs D. (2010) Naftas sorbenti uz kūdras bāzes. Bakalaura darba projekts.
- Schulten H. R., Schnitzer M. (1993) A State of the Art Structural Concept for Humic Substances. *Naturwissenschaften*, 80, 29–30.
- Shirshova L., Ghabbour E., Davies G. (2006) Spectroscopic Characterization of Humic Acid Fractions Isolated from Soil Using Different Extraction Procedures. *Geoderma*, 133, 3–4 August, p. 204–216.
- Šīre J. (2010) Composition and Properties of Humic Acids in Raised Bog Peat. Thesis for doctor's Degree in Environmental Science. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds. 138 lpp.
- Алексеева Т., Бурмистрова Т., Перфилова В. Патент РФ № 2219134: Способ отчистки водной поверхности от нефтяных загрязнений.
- Бурмистрова Т., Алексеева Т., Стахина Л., Середина В. (2009) Исследование свойств торфа для решения экологических проблем. Химия растительного сырья. № 3, с. 157–160.
- Гаврин А. И., Нестеров Ю. В., Филимонов О. И., Карасева В. Н. 27.02.1999. Патент РФ № 2126714: Сорбент для отчистки вод от нефти и нефтепродуктов.
- Гридин О. М., Гридин А. О., Муратов В. Ю., Муратов Е. В. 27.10.2003. Патент РФ № 2214859: Способ получения гидрофобного сорбента.
- Кнатко В. М., Кнатко М. В. 27.07.2003. Патент РФ № 2209113: Сорбент для отчистки загрязненных сред.
- Ларина Г., Казанцева Н., Иванов А. (2009) Групповой состав органического вещества торфов горного Алтая и некоторые структурные характеристики гуминовых

кислот. *Вестник Томского государственного педагогического университета*, № 3, с. 110–115.

Новосёлова Л. Ю., Сироткина Е. Е. (2008) Сорбенты на основе торфа, для отчистки загрязненных сред (обзор). *Химия твердого топлива*, 4: 64–77.

Тюремнов С. Н. (1976) *Торфяные месторождения. Издание третье переработанное и дополненное*. Москва: Недра. 488 с.

Summary

We have studied the impact of heat treatment of peat on its chemical structure and petroleum hydrocarbon sorption characteristics on it. Our results show that the initial petroleum hydrocarbon sorption characteristics of peat can be significantly improved as a result of heat treatment. Using the method of FTIR spectroscopy, we have investigated specific structural changes in peat, which resulted in the improvement of its sorption characteristics.

Keywords: *peat, sorbent, petroleum hydrocarbons, FTIR spectroscopy.*

**Daugavas svītas ihnofosiliju komplekss un sedimentācijas
baseina īpatnības Kalnciema karjerā**
*Daugava Regional Stage Ichnofossil Assemblage and
Features of the Sedimentary Basin in the Quarry
of Kalnciems*

Sandijs Meškis

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

Olga Mitikova

Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010
E-pasts: olga.mitikova@inbox.lv

Pētījumā analizēts pēdu fosiliju komplekss Kalnciema dolomīta karjera viena atseguma trijos slāņos. Atsegumā fiksētos ihnotaksonus – *Rhizocorallium* ichnosp., *Undichna* ichnosp., *Thalassinoides* ichnosp., *Chondrites* ichnosp. – var iedalīt divās ihnofāciju grupās: *Cruziana* un *Glossifungites*. Divu ihnofāciju grupu izveidošanās var liecināt par pastāvīgu apstākļu maiņu devona laika baseinā. Sedimentācijas apstākļiem raksturīgi stromatoporāti, kā arī žūšanas plaisas, ko var skaidrot ar hidrodinamisko aktivitāti un mainīgām jūras ūdens līmeņa svārstībām.

Atslēgvārdi: ihnofācija, sedimentācijas apstākļi, devons, dolomīts.

Ievads

Ihnofosilijas jeb pēdu fosilijas (grieķu val. ἵχνοϕ – ‘pēdas’) ir iežos saglabājušās struktūras un detaļas, kas netieši norāda uz dzīvību pagātnē. Paleoihnoloģija kā patstāvīga zinātnes disciplīna, kas atrodas uz robežas starp paleontoloģiju un sedimentoloģiju, ir salīdzinoši jauna zinātnes nozare (Miller, 2008).

Pēdu fosiliju izcelsme ilgu laiku ir bijusi strīdīga, un līdz pat 20. gadsimta 20. gadiem tās tika pieskaitītas pie jūras augiem un aļģēm (Seilacher, 1975). Mūsdienā priekšstati par dzīvo organismu darbības pēdām un metodiskām pieejām to izpētē sāka veidoties pēc sistemātiskiem senu pēdu pētījumu salīdzinošiem darbiem, kurus iesāka vācu paleontologs Rūdolfs Rihters (Richter, 1921). Šajā laikā tika izveidoti pirmie apkopojumi par tārpū un citu bezmugurkaulnieku pēdu fosilijām, publicētas pirmās shēmas un klasifikācijas, izstrādāta ihnofāciju koncepcija (Osgood, 1975).

Devona sistēmas nogulumu Latvijā ir plaši pētīti, tomēr ihnofosilijas līdz šim pētītas fragmentāri. Atsevišķos devona nogulumu pētījumos ir norādes par pēdu fosiliju atradumiem, starp kuriem akcentējami N. Delles un E. Krausa, V. Kurša (1975), L. Savaitovas (Савваитова, 1977), V. Sorokina (Сорокин, 1981) darbi.

Iepriekšējos gados veikto pētījumu autori atzīmē, ka Daugavas svītas nogulumu vairākos slāņos satur t. s. dūņēdāju ejas un citas pēdu fosilijas (Сорокин, 1981). Ir arī vairākas citas norādes, kas kopumā tieši Daugavas svītas nogulumus ļauj uzskatīt par vienu no devona stratigrāfiskajām vienībām, kuras nogulumu sastāvs un daudzveidīgais izmirušo organismu komplekss ir labvēlīgs detalizētiem paleoīnoloģiskiem pētījumiem. Šādi pētījumi tika veikti 2009. gadā Kalnciema karjerā, lai precizētu Daugavas svītas nogulumiežu veidošanās apstākļus pēc ihnofosiliju kompleksiem.

Ihnofosiliju veidošanās un ģeoloģiskā nozīme

Ihnofosilijas ir tās iežos saglabājušās struktūras un detaļas, kas dod netiešus pierādījumus par dzīvības eksistenci pagātnē (Miller, 2008). Visvairāk pazīstamas un visplašāk apskatītas ir pēdas, takas, alas, bet var pētīt arī ķermeņu nospiedumus, kodumus, organismu urbšanas u. c. darbību pēdas. Ihnofosilijas ir atrodamas gan cietu, gan mīkstu iežu virspusē un iekšpusē, it īpaši kaļķakmenī, smilšakmenī vai starp diviem atšķirīgu iežu slāņiem. Ir zināmas būtiskas atšķirības starp īstajām fosilijām un pēdu nospiedumiem: salīdzinājumā ar organismu un to daļu pārakmeņojumiem (kauli, gliemežvāki, pārakmeņojušās lapas, zobi utt.) ihnofosilijas atklāj citus senās faunas un/vai floras pastāvēšanas aspektus, tas ir nozīmīgs līdzeklis paleovides interpretācijā (Seilacher, 1964).

Pēdu pētniecības vēsturē ir saskatāma (Miller, 2008) cieša saistība gan ar ihnoloģiju kā bioloģijas nozari, kas pēta organismu pēdas, veicot eksperimentus atšķirīgos substrātos ar dažādiem organismiem, gan paleoīnoloģiju kā paleontoloģijas nozari, kas pēta seno organismu pēdas. Kaut arī pārsvarā ar terminu „ihnofosilijas” saprot nogulumu biogēnās struktūras, kas atspoguļo dzīvnieku darbību un uzvedību dzīves laikā, to var lietot arī, lai apzīmētu ļoti specifiskas pēdas, kuras veidojas jau pēc organismu nāves, pārvietojoties pašām fosilijām tādu ārēju apstākļu ietekmē kā, piemēram, dzīvnieka bruņu pārsega slīdēšana vai velšanās pa grunts virsmu ūdens straumē.

Ihnofācija ir ihnofosiliju komplekss, kas atspoguļo tādas vides apstākļus kā dziļums, sāļums un substrāta raksturs (Seilacher, 2007). Komplicētas barošanās alas un ejas parasti ir sastopamas no abisāles līdz seklajai šelfa jūrai. Šelfa vidējā un distālā zonā zem viļņu bāzes ihnofosilijas veido bagātīgu kompleksu, tur ir sastopamas pārvietošanās pēdas, atpūtas pēdas un vertikālas ejas. Savukārt zemas daudzveidības komplekss ir raksturīgs vidējiem plūdmaiņu līdzenumiem, tās ir vertikālas dzīvojamās un barošanās alas, kā arī pārvietošanās un glābšanās ejas.

Pēdu fosilijas bieži vien ir vienīgā liecība par bezmugurkaulnieku organismu eksistenci ģeoloģiskajā pagātnē. Ir zināms, ka pastāv noteikti nogulumu tipi/fācijas, kas nesekmē gliemežvāku un citu skeleta daļu saglabāšanu, un šajā gadījumā fosilās organismu pēdas ir vienīgā liecība par šo organismu dzīvi. Tā kā pēdu fosilijas atspoguļo izmirušo organismu „pārakmeņoto uzvedību”, tās fiksē daudz svarīgu

parametru, kas apskatāmi no sedimentoloģiskā, stratigrāfiskā un paleoekoloģiskā viedokļa. Iegūtā informācija ir vērtīgs ihnoloģijas ieguldījums ģeoloģijā kopumā.

Lai noteiktu sedimentācijas uzkrāšanās apstākļus, ir jāņem vērā šādi faktori:

- 1) dzīvie organismi, kas mīt nogulās, pārstrādā nogulumus, tādēļ zūd primārās mehāniski izveidotās struktūras (piemēram, slīpslāņotās tekstūras), un to nevar interpretēt kā liecību tam, ka šo primāro tekstūru vispār nav bijis;
- 2) pēdas bieži var būt erodētas substrāta erozijas periodos. Ja vienā slānī var atrast vairāk par vienu pēdu ģenerāciju, pēc aizpildīšanas un erozijas rakstura var dešifrēt visu erozijas epizožu vēsturi, nogulumu uzkrāšanos un sedimentācijas pārtraukumus;
- 3) organismi var pārveidot grunts sastāvu, graudu formu;
- 4) organismi var veidot jaunas tekstūras nogulumos, kas var būt kļūdaini interpretētas kā primārās mehāniskās sedimentācijas tekstūras (Микулаш, Дронов, 2006).

Raksturojot uzkrāšanās apstākļus, ir jāatceras daži fizikāli faktori, kas ietekmē pēdu izplatību:

- 1) vidējais nogulumu graudu lielums (ietekmē organismus, kas pārstrādā substrātu kuņģī, – šiem organismiem ir svarīgs smalks materiāls, lai būtu iespējams veidot alas. Graudu lielums ir svarīgs arī organismiem filtrētājiem); nogulu stabilitāte (no šī faktora ir atkarīga grunts veidoto alu morfoloģija un to stabilitātes pakāpe);
- 2) grunts konsistence (ūdens daudzums gruntī un grunts skelets nosaka organismu darbību – vai tās būs pēdas uz mīkstas substrāta virsmas vai urbšanas pēdas litificētajā gruntī. No šiem faktoriem ir atkarīga sugu izplatība);
- 3) gāzu režīms, pamatā O₂ līmenis (gāzu režīms nosaka organismu izplatību substrātā: dažādi organismi spēj izdzīvot gruntīs ar dažādu O₂ piesātinātības pakāpi) (Микулаш, Дронов, 2006).

Daugavas svītas sastāvs un veidošanās

Daugavas svītas nogulumi Latvijā pārsvarā ir dolomīti, kas mijas ar dolomītmerģeļiem un māliem, retāk ar kaļķakmeņiem un ģipšiem. Daugavas svīta ir izplatīta lielākajā Latvijas teritorijas daļā, izņemot ziemeļu un dienvidaustrumu malas. Daugavas svītas biezums Latvijas–Lietuvas depresijā mainās no 9–15 m ziemeļos un austrumos līdz 27 m dienvidrietumos. Latvijas sedlienē tas ir lielāks, mainās no 15 m (Nītaure–Vecpiebalga) līdz 38,7 m (Vecumu urbums) un kopumā pieaug ZA virzienā.

Pēc iežu sastāva un organismu atliekām Daugavas svītu iedala 3 ridās: Oliņkalna rida (atbilst agrāk noteiktajiem Porhovas slāņiem un Svinordas slāņiem, apakšējai Daugavas pasvītai); Selgu rida (Ilmeņa slāņi; vidējā pasvīta); Kranciema rida (Buregu un Altovas slāņi; augšējā pasvīta). Oliņkalna rida sastāv no dolomītiem ar dolomītmerģeļu starpslāņiem. Lokālu izskalojumu rezultāts ir brekčijveida dolomīta slāņi, kas nav sevišķi bieži. V. Sorokins uzskata, ka Oliņkalna rida ir veidojusies jūras transgresijas laikā (Сорокин и др., 1981). Selgu rida pēc sastāva ir mālaini

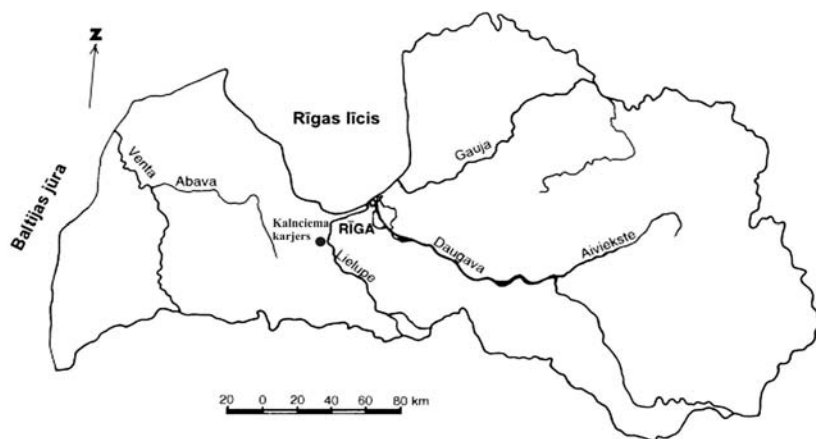
karbonātiska. Ridas apakšējo daļu veido māli un mālaini karbonātiskie ieži, bet ridas augšējā daļā izplatīti dolomīti un mālaini dolomīti, dolomītmerģeļi. V. Sorokins uzskata, ka Selgu ridas nogulumi atbilst jūras regresijai. Kranciema rida pēc sastāva ir monotona – to veido dolomīti. Robeža ar augstāk iegulošo Katlešu svītu pārsvarā ir labi izteikta – Daugavas svītas karbonātieži krasi robežojas ar Katlešu svītas māliem un aleirolītiem. Pēc V. Sorokina viedokļa, Kranciema rida raksturo jaunu jūras transgresiju (Сорокин и др., 1981).

V. Sorokina pētījumi liecina, ka gan visām Daugavas ridām, gan zemākā ranga cikliem ir lielāks biežums paleoieplakās, bet mazāks – uz vaļņiem un lokālajām struktūrām. It sevišķi tas jūtams pasvītu (ridu) un ciklu regresīvajās augšdaļās, jo uz pozitīvām paleostruktūrām jūras regresiju posmos sevišķi bieži veidojās sedimentācijas pārtraukumi un nogulumu izskalošana. Visā Latvijas teritorijā uz paleovaļņiem nogulumos ir paaugstināts karbonātiskums, bet ieplakās nogulumi ir mālaināki (Сорокин и др., 1981).

Austrumu un centrālajā daļā Daugavas laika baseinam bija diezgan brīva ūdens apmaiņa ar Maskavas sineklīzē esošo jūru, tādēļ Daugavas svītai šajā teritorijā ir raksturīgs bagātīgs organismu komplekss. Daugavas svītas vecums tiek noteikts pēc slēdzeņu brahiopodu kompleksiem, gliemežu un gliemeņu kompleksiem, stromatoporām, tabulātiem un mugurkaulniekiem. Devona baseinos īpaša nozīme ir bijusi aļģēm no *Chaetocladus* grupas, kas veidoja biezas audzes lagūnās normāla sāļuma ūdeņu apstākļos. No dzīvniekiem uz irdenās gultnes bija daudz jūras liliju, jūras ežu, lingulīdu un gliemeņu, konhostraku, gliemeņvēžu (ostrakodu), daudz piegultnes bezžokleņu un zivju formu, kā arī dažādu racējorganismu.

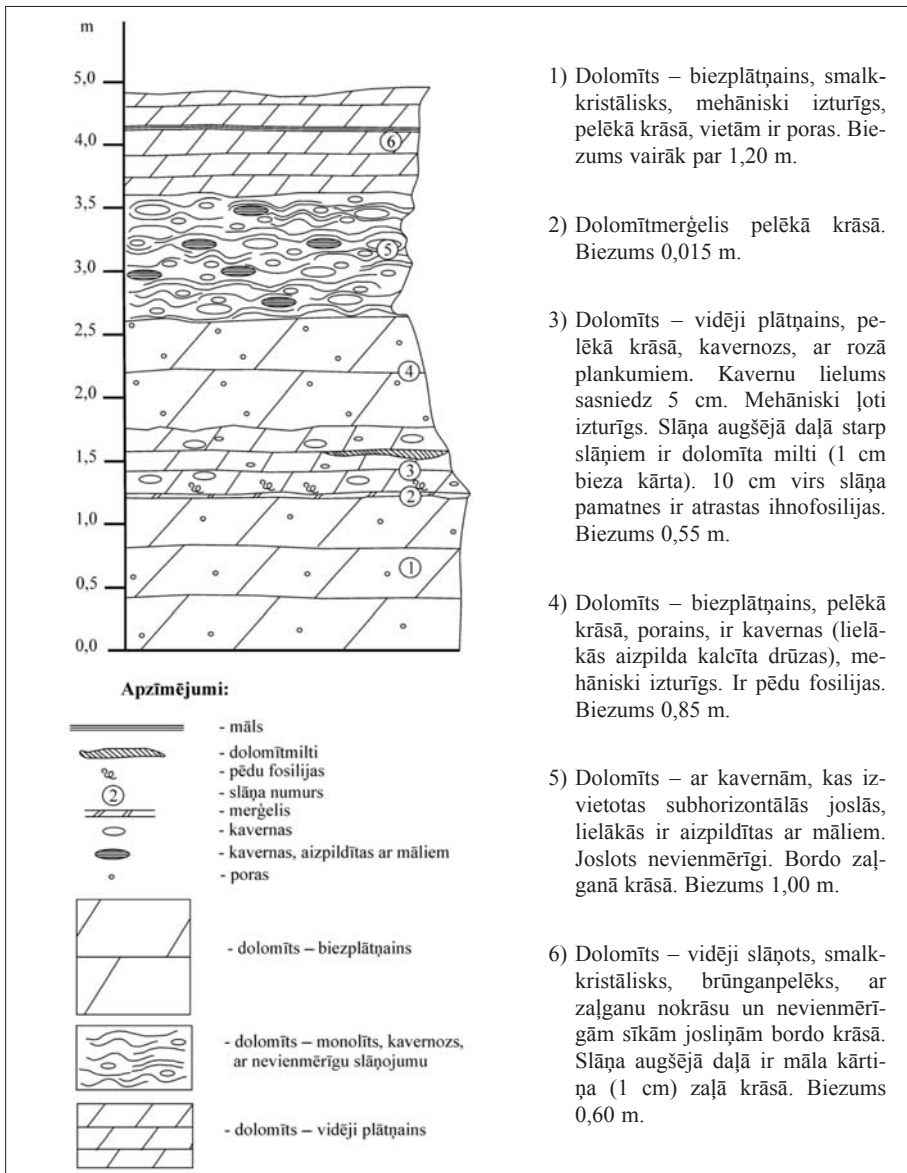
Materials un metodes

Kalnciema karjers atrodas Jelgavas rajonā, 3,6 kilometru attālumā uz ziemeļiem no apdzīvotas vietas Treļi. Atrādņē atsedzas Daugavas svītas dolomīti (1. att.). Derīgā izrakteņa slāņkopa nepārsniedz 10 metrus.



1. att. Kalnciema karjera izvietojums

Pēdu fosilijas tika ievāktas Kalnciema karjera teritorijas lielākajā daļā vairākos slāņos, kā arī tika noteikta ihnofosiliju taksonomiskā piederība. Atrastās ihnofosilijas ir uzņemtas fotoattēlos, numurētas un reģistrētas lauka žurnālā. Tā kā ihnofosilijas var veidot lielas pēdu kolonijas, paraugi tika novērtēti vēl pirms to atdalīšanas no atseguma sienas. Paraugi tika ievākti kopā ar ieža monolītu, jo pastāv iespēja, ka, apstrādājot paraugus laboratorijā un atdalot nevajadzīgo materiālu, no jauna var



2. att. Kalnciema karjera ģeoloģiskais griezum

atklāties bagātīgi pēdu kompleksi, kas parauga virspusē nav redzami. Pēc ihnofosiliju paraugu atskaldīšanas un attīrīšanas tika atlasīti vērtīgākie paraugi. Preparēšanas gaitā izmantotas laboratorijas metodes, kalts, urbji un ripzāģis, šķīdināšana ar skābi.

Kalnciema karjerā tika dokumentēts viens griezums, nodalīti un aprakstīti seši slāņi (2. att.). Kopumā tika iegūti 27 paraugi. Neskatoties uz relatīvi nelielu ihnofosiliju paraugu skaitu, izdevās nodalīt Daugavas svītas ihnofosiliju kompleksu. Nodalot ihnofosiliju kompleksu grupas, ņemta vērā ihnofosiliju saglabātība dažāda tipa iežos, faunas ekoloģiskais un taksonomiskais sastāvs.

Rezultāti

Kalnciema karjerā pēdu fosilijas tika atrastas atseguma trijos slāņos: trešajā, ceturtajā un piektajā slānī. Trešajā slānī atrastās ihnofosilijas (3. C att.) morfoloģiskās pazīmes ir šādas: tā ir aptuveni 13 cm gara, platums visā garumā nav vienmērīgs, tievākajā galā tā ir 0,5 cm plata, platākajā vietā sasniedz 2 cm. Ihnofosilija veido S formu, nav atzarojumu. Galvenā pazīme, pēc kuras var interpretēt šo pēdu, ir viegli pamanāms horizontāls reljefs sānos. *Radomorpha* Vialov ichnosp. ir ļoti līdzīga citās vietās atrastajām ihnofosilijām Daugavas svītas nogulumos, piemēram, Remīnes karjerā. Šīs pēdas ir Repichnia grupas pārstāvji, tomēr, lai interpretētu to izcelsmi, nepieciešama papildu informācija.

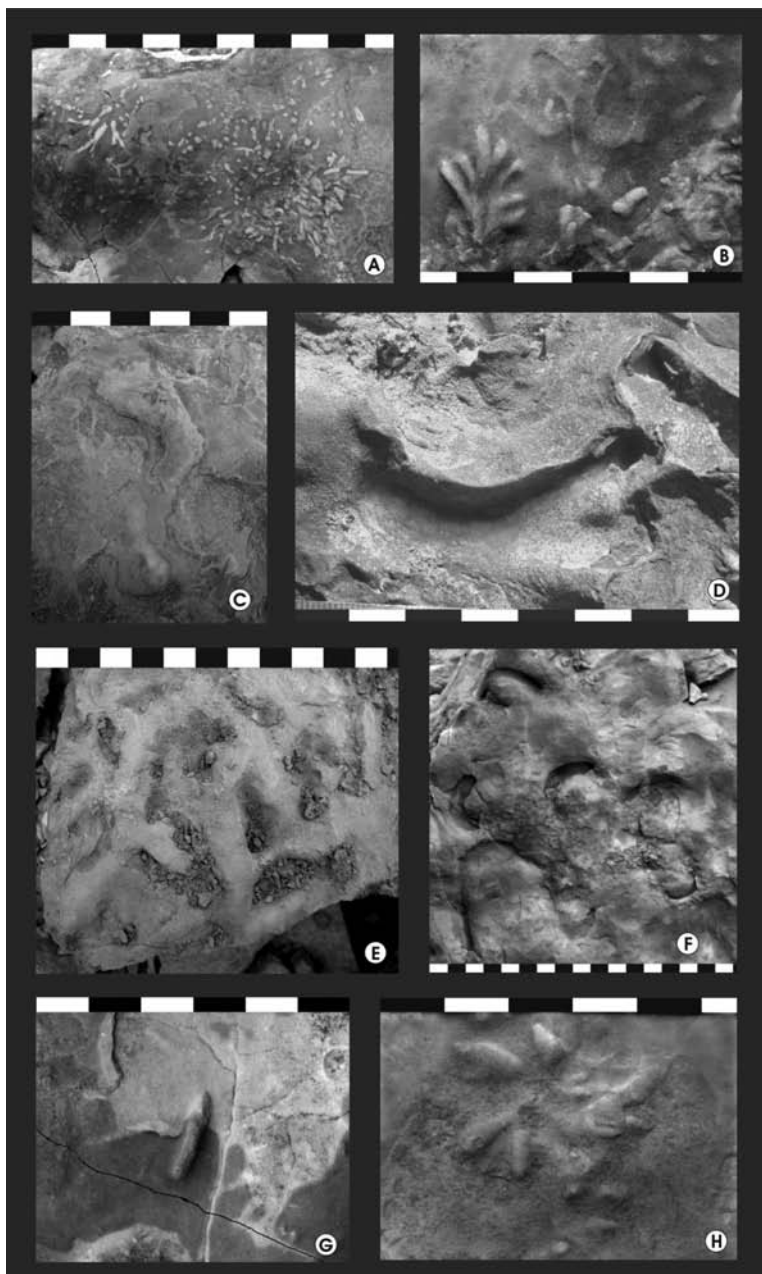
Atseguma trešajā slānī arī konstatētas divu formu *Chondrites* ichnosp. pēdu fosilijas (3. A, B att.). Pirmās formas ihnofosiliju raksturo gaišāki, nedaudz radiāli izvietoti laukumi bez reljefa, kas garumā nepārsniedz 1 cm un platumā ir 0,1–0,4 cm robežās, savukārt otrās formas ihnofosiliju veido no viena zara izejošas septiņas ejas, kas uz slāņa virsmas rada reljefa pacēlumu. Attēla vidusdaļā un augšdaļā redzamas bioturbācijas pēdas, bet sliktās saglabātības dēļ tās nav nosakāmas.

Citā trešajā slānī iegūtajā paraugā konstatētas *Rhizocorallium* ichnosp. pēdu fosilijas (3. F att.). Tās veido U formas ejas, kas daļēji vai pilnībā savienotas ar t. s. „spreite”; tuneļu platums ir vidēji 1 cm.

Atseguma ceturtajā slānī atrastas pēdas, kas veido eju tuneļu galerijas (3. E att.). Eju garums starp mezgliem ir 2 cm. Platums ir vienmērīgs, līdz 1 cm, bifurkācijās vietās paplašināts. Ejas ir taisnas, savā starpā veido leņķus aptuveni no 45 līdz 90 grādiem. Eju sienas ir gludas. Šajos paraugos redzama viena vai vairākas (vismaz divas) eju sistēmas. Pēc morfoloģiskajām pazīmēm šo eju sistēmu var pieskaitīt pie *Thalassinoides* pēdām.

Atseguma piektajā slānī atrastas lielas iežu atlūzas ar ihnofosilijām. Vienā no tām ir redzama zivs astes atstāta pēda *Undichna* (3. D att.). Šis atradums liek secināt, ka ūdens līmenis bijis ļoti zems, līdz ar to zivīm nav bijis iespējams pārvietoties, neskarot gultnes dibenu ar spurām, bez tam šī pēdu fosilija ir liecība par substrāta stāvokli, kas samērā strauji litificējies.

Dažas piektajā slānī atrastās ihnofosilijas nav izdevies precīzi noteikt. Viena no slānī atrastajām pēdu fosilijām varētu būt *Lockeia* ichnosp. (3. G att.); tā ir nepilnus 2 cm gara un 0,2–0,3 cm plata, labi iezīmējas reljefā. Savukārt otra slānī konstatētā pēdu fosilija varētu būt *Lorenzina* isp. (3. H att.); tai ir radiāli izvietoti 1 cm gari un 0,3–0,4 cm plati stari.



3. att. Pēdu fosiliju paraugi no Kalnciema karjera Daugavas svītas dolomītiem

A – *Chondrites* ichnosp. (atseguma 3. slānis), B – *Chondrites* ichnosp. (atseguma 3. slānis),
 C – *Radomorpha Vialov* ichnosp. (atseguma 3. slānis), D – *Undichna* ichnosp. (atseguma
 5. slānis), E – *Thalassinoides* ichnosp. (atseguma 4. slānis), F – *Rhizocorallium* ichnosp.
 (atseguma 3. slānis), G – *Lockeia* ichnosp. (atseguma 5. slānis), H – *Loceranca* ichnosp.
 (atseguma 5. slānis).

Kaut arī pēdu fosiliju daudzveidība Daugavas svītas dolomītos ir salīdzinoši augsta, tās bieži ir slikti saglabājušās, līdz ar to grūti nosakāmas. Lai nodalītu jaunas formas vai precīzi noteiktu to piederību ihnotaksoniem, jāveic papildu pētījumi.

Diskusija un secinājumi

Lauka darbos fiksētos ihnotaksonus var iedalīt divās ihnofāciju grupās: *Cruziana* un *Glossifungites*. *Cruziana* ihnofāciju visbiežāk veido kustīgie organismi uz vāji šķirotiem substrātiem sublitorālajā zonā augstāk par vētras viļņu bāzes līmeni un zemāk par parasto viļņu bāzi. Tai raksturīga liela pēdu dažādība, īpaši mezozoajā un kainozoajā, un liela bioturbācijas intensitāte. *Cruziana* ihnofācijai piederīgās ihnoģintis ir horizontālās pārvietošanās pēdas (*repichnia*: *Cruziana* un *Aulichnites*), atpūtas pēdas (*cubichnia*: *Rusophycus*, *Asteriacites* un *Lockeia*) un vertikālās alas (*Skolithos*) (Uchman, 1998).

Cruziana ihnofācijai materiālā no Kalnciema karjera atbilst *Radomorpha* Vialov ichnosp., *Planolites* Nicholson ichnosp., *Chondrites* ichnosp. Ir izraisījušās diskusijas par to, pie kura etoloģiskā veida pieskaitīt *Chondrites* pēdas, jo zinātnieku domas atšķiras. Mikulašs un Dronovs (Микулаш и Дронов, 2006) šīs pēdas parasti piesaista nogulumiem, kas bagāti ar organisko vielu un pieder pie *hemichnia* uzvedības pēdu kategorijas. *Hemichnia* ir pēdu veids, kuru izpēte sākusies salīdzinoši nesen. Mūsdienu faunas izpēte ir parādījusi, ka nogulumi, kas bagāti ar sērūdeņradi vai metānu, var sekmēt infaunas dzīvnieku eksistenci simbiozē ar baktērijām, kuru īpašības ļauj pārveidot šādus indīgus savienojumus par vielmaiņā izmantojamiem savienojumiem. Savukārt Zailahers pieskaita *Chondrites* pie barošanās alām (*fodinichnia*), kas parasti ir izplatītas nogulumos ar pazeminātu skābekļa daudzumu. Šo pēdu veidotāji varēja dzīvot bezskābekļa apstākļos kā hemosimbionti. Līdz ar to, jo augstāks ir skābekļa saturs gruntī, jo dziļāk substrātā atrodamas *Chondrites* (Seilacher, 2007).

Chondrites ir atrastas sekla jūras nogulumos, kā arī vētru slāņos (Bromley, 1990). Iežos pēdas, kas attiecas uz *Chondrites*, parasti atrodamas kā tuneļu grupa. Vertikālajā griezumā dominē horizontālo tuneļu eliptiskie šķērsriegumi. Zailahers uzskata (Seilacher, 1967), ka šīs pēdas varētu atstāt tādi dzīvnieki kā, piemēram, gliemenes ar Lucinacea dzimtai tuvu dzīvesveidu, jo tās nepārstrādā nogulumus tunelī, kā dara dūņēdāji, bet atstāj to tukšu. Pēc citu zinātnieku domām, tie varētu būt arī apaļtārpu veltņtārpu veidojumi.

Glossifungites ihnofācijai raksturīgs blīvs, nelitificēts substrāts jūras vidē ar augstu viļņošanas un straumes enerģiju, kas atbilst augšējai sublitorālei. Ihnofācijai piederīgās pēdas var raksturot kā dzīvošanas pēdas (*domichnia*: *Glossifungites* un *Thalassinoides*); dažreiz šai fācijai pieskaita arī augu sakņu struktūras, kas norāda uz krasta klātbūtni ar nelielu dziļumu (vidēji 2 m). Citi uzvedības veidi šajā ihnofācijas grupā ir novērojami ļoti reti. *Thalassinoides* ejas ir raksturīgas vidēja dziļuma šelfa nogulumiem, tos var sastapt terīgēnajos un karbonātiskajos nogulumos. Lai pārliecinoši noteiktu *Glossifungites* ihnofāciju, nepieciešams atrast arī citas šai grupai raksturīgas ihnofosilijas, piemēram, *Psilonichus*, kas pētītajos materiālos netika konstatētas. Ņemot vērā devona laika baseina pastāvīgās apstākļu maiņas, kā

arī *Glossifungites* ihnofācijas aprakstu, var pieļaut, ka *Thalassinoides* pēdas varētu pārstāvēt šo ihnofāciju.

Interpretēt ihnofosilijas palīdz citas atsegumā fiksētās liecības par nogulu veidošanās apstākļiem Daugavas svītā. Šajā gadījumā var tikt izmantotas izšķīdušu stromatoporātu un žūšanas plaisas. Stromatoporāti dzīvojuši tikai jūrās, parasti to atliekas asociē ar seklūdens karbonātu fācijām, kas veidojušās hidrodinamiski samērā aktīvā režīmā. Domājams, tie mituši tikai sublitorālē. Daži stromatoporāti auga uz cieta substrātu vai mirušo organismu skeleta fragmentiem, citi spēja eksistēt arī uz mīkstā substrāta virsmas. Daudzas formas veidoja ievērojamu rifu daļu, īpaši silūrā un devonā (Stinkulis, 1998). Žūšanas plaisas liecina par jūras gultnes periodiski mainīgu ūdens dziļumu; substrāts periodiski izžuva. Veselas brahiopodu čaulas dzīves pozīcijā sniegtu precīzākas liecības par baseina dziļumu – aptuveni 15 metri, jo tieši šis dziļums ir bijis optimāls šo organismu izdzīvošanai (Сорокин и др., 1981).

Apkopojot iepriekš minēto, var secināt, ka iegūtie dati par ihnofosiliju kompleksa izplatību dod iespēju ar lielāku precizitāti rekonstruēt Daugavas svītas nogulumu uzkrāšanās apstākļus. Visas atrastās ihnofosilijas liecina par seklās jūras apstākļiem, kas atbilst sublitorāles zonai. Vairākas ihnofosilijas liecina par hidrodinamiskā režīma mainīgo raksturu.

Ņemot vērā fizikālo apstākļu nosacījumus, kādos ir izplatītas ihnofācijas, var papildināt datus par baseina hidrodinamisko režīmu, gultnes raksturu (vidējais graudu lielums, nogulu stabilitāte, grunts konsistence), gāzes režīmu (pamatā O₂ līmenis). Substrāts Daugavas laikposmā pārsvarā nav bijis litificēts. Ihnofosiliju izpēte var sniegt svarīgu informāciju par nogulu veidošanās apstākļiem, bet jaunas ziņas par pēdu fosiliju kompleksiem ļautu papildināt Baltijas paleobaseina ekoloģiskās un ģeogrāfiskās rekonstrukcijas.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

PUBLICĒTĀ LITERATŪRA

- Bromley R. G. (1990) Trace Fossils: Biology and Taphonomy. 2nd ed., *Unwin Hyman*, London. 312 p.
- Куршс В. М. (1975) *Литология и полезные ископаемые терригенного девона Главного поля*. Рига. 216 с.
- Lukševičs E., Mikuláš R., Ivanov A., Zupiņš I. (2008) Devonian Trace Fossils from the Andoma Hill (Onega Lake, Russia). In: Hints O., Ainsaar L., Männik P., Meidla T. (eds). *The Seventh Baltic Stratigraphical Conference. Abstract and Field Guide*. Tallinn, Geological Society of Estonia. p. 43.
- Miller W. (ed.) (2008) *Trace Fossils. Concepts, Problems, Prospects*. Budapest, Elsevier. 611 p.
- Osgood Jr. R. G. (1975) *The History of Invertebrate Ichnology. The Study of Trace Fossils*. New York, Springer-Verlag, p. 3–12.
- Richter R. (1921) Flachseebeobachtungen II. *Scolithus, Sabellarifex und Geflechtquarzite*. *Senckenbergiana*, 3, 49–52.

- Seilacher A. (1964) Biogenic Sedimentary Structures. In: J. Imbrie and N. Newell (eds.) *Approaches to Paleoecology*, Wiley. New York, p. 296–316.
- Seilacher A. (1967) Bathymetry of Trace Fossils. *Marine Geology*, 5: 413–428.
- Seilacher A. (1975) Walter Hantzschel (1904–1972) and the Foundation of Modern Invertebrate Ichnology. In: Frey R. W. (ed.) *The Study of Trace Fossils*. New York, Springer, p. v–viii.
- Seilacher A. (2007) *Trace Fossil Analysis*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag. 226 p.
- Uchman A. (1998) Taxonomy and Ethology of Flysch Trace Fossils: Revision of the Marian Książkiewicz Collection and Studies of Complementary Material. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, vol. 68: 105–218.
- Микулаш Р., Дронов А. (2006) *Палеоихнология. Введение в изучение ископаемых следов жизнедеятельности*. Прага, Геологический институт Академии наук Чешской Республики. 106 с.
- Савваитова Л. С. (1977) *Фамен Прибалтики*. Рига. 128 с.
- Сорокин В. С. (1981) Даугавская свита. В кн.: Сорокин В. С. (отв. ред). *Девон и карбон Прибалтики*. Рига, Зинатне, 240–258 с.

NEPUBLICĒTĀ LITERĀTŪRA

- Stinkulis Ģ. (1998) *Karbonātus saturošu klastisko iežu un to bezkarbonātisko analogu pārejas zona Živetas stāvā un Franās stāva apakšdaļā*. Promocijas darbs. Rīga, Latvijas Universitāte. 220 lpp.
- Сорокин В. С., Лярская Л. А., Куршс В. М. (1981) *Изучение состава и биофациальных комплексов средне-верхнедевонских отложений Латвии. Министерство газовой промышленности, ВНИИМоргео. Том I – текст отчёта*. Рига.

Summary

This study analyses a trace fossil assemblage, derived from three layers of outcrop of the dolomite quarry of Kalnciems. The ichnotaxons Rhizocorallium ichnosp., Undichna ichnosp., Thalassinoides ichnosp., Chondrites ichnosp., fixed at the outcrop, can be divided into two groups of ichnofacies: Cruziana and Glossifungites. Formation of two groups of ichnofacies may be an indication of constant alteration of conditions in the Devonian basin. Sedimentary conditions are characterised by the presence of stromatoporites as well as desiccation cracks, which can be explained by hydrodynamic activity and changes in sea level fluctuations.

Keywords: *ichnofacies, sedimentary conditions, Devonian, dolomites.*

XRD uzņemšanas parametru ietekme uz vāji kristālisku materiālu difraktogrammām

Effect of XRD Data Collecting Parameters on Poorly Crystalline Material Diffractograms

**Agnese Stunda¹, Līga Bērziņa-Cimdiņa¹,
Ilze Lūse², Valdis Segliņš²**

¹Rīgas Tehniskā universitāte
Rīgas Biomateriālu inovāciju un attīstības centrs
Pulka iela 3/3, Rīga, LV-1007
E-pasts: *agnese.stunda@rtu.lv*

²Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010

Rentgenstaru difrakcija (XRD) mūsdienās ir plaši lietota kristālisko materiālu kvalitatīvās un kvantitatīvās analīzes tehnika. Vāji kristālisko materiālu difraktogrammām ir raksturīga maza maksimumu intensitāte, un tiek ņemts vērā fona līnijas raksturs. Pētījumā analizēta dažādu difraktogrammu uzņemšanas parametru ietekme uz difraktogrammas kopējo intensitāti, fona izliekumu un dažādiem difrakcijas pīķu parametriem. Konstatēts, ka, izvēloties optimālos parametrus (apstarošanas laukumu, soli un spraugas), būtiski var mainīt dažādus difraktogrammas kvalitātes parametrus, tādēļ pirms šādu materiālu analīzes jāizvirza pētījuma prioritātes, lai noteiktu, kuri kvalitātes faktori ir visbūtiskākie.

Atslēgvārdi: rentgenstaru difrakcija, pulveris, vāji kristāliski materiāli, difraktogrammas uzņemšana, māli.

Ievads

Rentgenstaru difrakcija mūsdienās ir plaši lietota kristālisko materiālu analīzes tehnika, un, attīstoties pētniecības tehnikas iespējām, paplašinās arī dažādu materiālu analīzes iespējas. Mūsdienu difraktometri nodrošina iespējas uzņemt aizvien precīzākus mērījumus, ievērojami ir attīstījušās rentgenstarojuma lampas un detektori, kas ļauj to pašu difraktogrammas intensitāti sasniegt īsākā laikā. Tāpēc aktuāls kļūst jautājums, kā samazināt pētāmo materiālu ierobežojumus jeb kādas iespējas paver jaunie jaudīgākie un precīzākie difraktometri. Vai, attīstoties pētniecības tehnikai, ir mainījušies būtiskākie difraktogrammas uzņemšanas parametri un vai publikācijās biežāk sastopamie raksturotie parametri ir pietiekami, lai spriestu par mērījumu kvalitāti un salīdzināmību ar citu publikāciju datiem?

Difraktogrammas veiksmīgas analīzes pamatā ir pietiekama maksimumu attiecība pret fonu. Maksimumu augstumu nosaka materiāla kristāliskās fāzes daudzums un kristalītu izmērs. Materiāls, kas ir tikai daļēji kristālisks vai ar sīkiem kristalītiem,

dod neskaidrāku un grūtāk atšifrējamu difraktogrammu. Attīstoties tehnikai, kļūst iespējams iegūt difraktogrammu ar pietiekamu maksimuma/fona attiecību vāji kristāliskam materiālam. Taču, tā kā pētījumā izmantotā iekārta ir paredzēta visdažādāko materiālu un dažādu tipu analīzēm, ir svarīgi atrast piemērotākos difraktogrammu uzņemšanas parametrus katrai vielu grupai un analīzes mērķim individuāli. Līdzšinējā autoru pieredze rāda, ka dažādu tipu materiāliem, izmantojot vienus un tos pašus difraktogrammas uzņemšanas parametrus, nav iespējams iegūt analītisko rezultātu kvalitātes un patērēto resursu (laiks un enerģija) optimālo proporciju. Zinātniskās publikācijās visbiežāk minētie mērījumu parametri ir mērījuma ātrums, solis un rentgenstarojuma lampas anoda materiāls, taču netiek minēti tādi ļoti svarīgi parametri kā parauga apstarošanas laukums un izmantotais detektors.

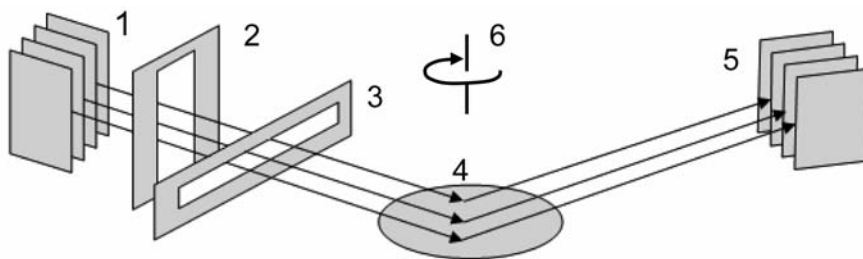
Šī darba mērķis ir izpētīt viena modeļa difraktometra dažādu uzņemšanas parametru ietekmi uz vāji kristālisku materiālu difraktogrammām parauga kvantitatīvai analīzei. Vāji kristāliskās vielas var būt gan sadēdējušas kristāliskas, gan mazkristalizējušās amorfas vielas, kurās kristālitī ir sīki un sajaukti ar amorfo fāzi. Šādi materiāli salīdzinājumā ar kristāliskām vielām dod vājus un platus maksimumus. Lai iegūtu pietiekami intensīvus maksimumus jeb uzlabotu maksimuma/fona izšķirtspēju, var palielināt mērījuma laiku, taču tas sadārdzina analīzi un palēnina rezultātu iegūšanas ātrumu – tie var būt kritiskie lielumi, lai no šādas analīzes atteiktos. Šajā darbā aplūkoti plaši sastopami vāji kristāliski materiāli – māli, taču metodes parametri ir aprobēti arī uz vāji kristāliskas $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-NaO-Nb}_2\text{O}_5$ stikla keramikas materiāla paraugiem.

Materiāli un metodes

Materiāli. Pētījuma mērķis ir noteikt parauga kvalitatīvo sastāvu galvenajiem minerāliem un, iespējams, arī illīta polītipiem. Parauga sagatavošanas metodika ir aprakstīta divās publikācijās (Lūse, 2008a; 2008b). Difraktogrammas tika uzņemtas neteksturētiem paraugiem. Mērījumi veikti vienam un tam pašam paraugam, lai novērstu iespēju, ka parauga sagatavošana jebkādā veidā ietekmē rezultātus. Pēc tam, kad vienam paraugam bija veikta mērījumu sērija, līdzīga mērījumu sērija tika veikta ar nākamo paraugu. Visos attēlos redzamajos XRD mērījumos izmantots dabisks mālu paraugs ($< 1 \mu\text{m}$), kas iegūts, paraugu dekantējot. Paraugs tika noņemts $\sim 1,5 \text{ km}$ uz Z no Ulmāles ciema, un tā cilme saistāma ar pēdējā apledojuma mālaini aleirītiskiem glaciolimniskiem nogulumiem.

Difraktometra apraksts. Difraktogrammas uzņemtas ar *PANalytical X'Pert PRO* difraktometru, kas paredzēts dažādu materiālu analīzei. Izmantots Cu Ka starojums pie 40 kV un 30 mA. Pulverveida paraugs turētājā tiek iebērts no augšas, to uzmanīgi nolīdzinot, bet nepieplacinot, lai novērstu kristālitu tekstūrēšanos. Tomēr materiāliem ar plātņainu struktūru ir iespējama atsevišķu kristālitu tekstūrēšanās jeb kārtošanās paralēli *c* asij, tāpēc, lai novērstu šo atsevišķo faktoru ietekmi uz difraktogrammas kvalitāti, mērījuma laikā paraugs tiek rotēts ap tā vertikālo asi. Visu mērījuma laiku paraugs atrodas horizontāli, tāpēc papildu nostiprināšana turētājā nav nepieciešama.

Difraktometrs ir aprīkots ar *X'Celetor* detektoru. Lampai tiek izmantots līnijas fokuss, aiz lampas parauga virzienā ir Ni filtrs, 0,04 rad Sollera sprauga, programmējama diverģences sprauga, maska, krītošā stara pretizkliedes sprauga (turpmāk – h-sprauga), tad seko paraugs, aiz kura atrodas programmējama difragētā stara pretizkliedes sprauga, un 0,04 Solera sprauga (1. att.). Pētījumā tika mainīti šādi parametri: abas programmējamās spraugas sinhroni 10 vai 15 mm, maska 10 vai 15 mm un h-sprauga 0,5, 1 vai 2°, kā arī soļa izmērs un soļa laiks.



1. att. Rentgenstara gājiens difraktometrā

Virzienā no rentgenstaru lampas: 1 – Sollera sprauga, 2 – maska, 3 – pretizkliedes sprauga (h-sprauga), 4 – paraugs, 5 – Sollera sprauga pirms detektora, 6 – parauga rotācijas virziens.

Fig.1. X-ray Beam in Diffractometer. From X-ray Tube: 1 – Soller Slit, 2 – Mask, 3 – Antiscatter Slit, 4 – Sample, 5 – Soller Slit, 6 – Sample Spin Direction.

Rezultāti un diskusija

Rentgendifraktometriem ir iespējams konfigurēt uzņemšanas parametrus dažādās kombinācijās, kas ievērojami maina difraktogrammas kvalitāti un uzņemšanai patērēto laiku. Publikācijās visbiežāk minētie mērījumu parametri ir mērījuma ātrums un solis (1. tab.), taču starp pārējiem parametriem nav noteiktas konsekvences. Tā, piemēram, mācību grāmatās (t. sk. Jenkins and Snyder, 1996 un Moore and Reynolds, 1997) ir minēts, ka starojuma intensitāte pieaug, palielinot rentgenstaru lampas jaudu, bet, kā redzams 1. tabulā, publikācijās šis parametrs vienmēr netiek minēts. Savukārt rentgenstaru lampas anoda materiāls klasiskās šāda tipa analizēs un populārākajās ICDD datubāzēs ir Cu $K\alpha$, un, ja netiek izmantotas lampas ar cita materiāla anodiem, tad šo parametru publikācijās varētu neminēt.

Ģeoloģiskiem paraugiem soļa izvēle ir īpaši komplicēta, jo viens paraugs var saturēt gan labi kristalizējušos minerālu (piemēram, kvarcu), kas dod šaurus un intensīvus pīkus, gan vāji vai sīki kristālisku daļu, kas dod platus un salīdzinoši ļoti zemus pīkus (piemēram, illīts un illīts-smektīts). Daži autori (Jenkins and Snyder, 1996) iesaka, lai virs pīka pusaugstuma būtu 5–10 mērījuma punkti. Pārāk šaurs vai plats solis apgrūtina maksimuma precīzu noteikšanu un pīka formas analīzi, bet, izmantojot matemātisko nogludināšanu pārāk šaura soļa gadījumā, maksimuma vieta var tikt nobīdīta. Pīku platums var atšķirties pat vairākas reizes, līdz ar to mērījumu skaits virs pīka pusaugstuma arī var atšķirties par šo pašu lielumu. Kā redzams 1. tabulā, solis gandrīz vienmēr tiek uzrādīts un soļa platums atšķiras par vairākām reizēm. Izvēloties optimālo lielāko soli, var saīsināt mērījuma laiku pat vairākas reizes.

1. tabula

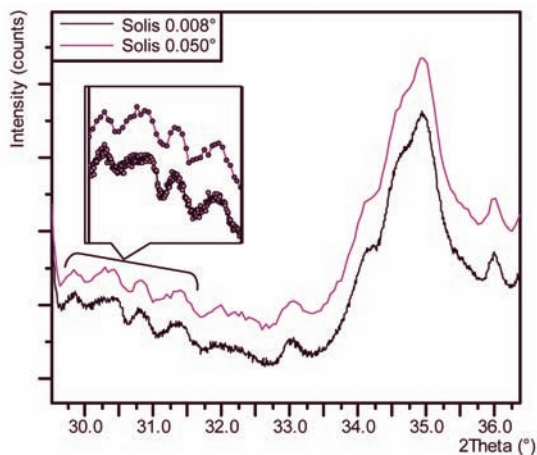
Literatūrā minētie difraktogrammu uzņemšanas parametri
Summary of Data Collecting Parameters (Literature Data)

| Lampas anods/starojums | kV/ mA | Soļa laiks, s/ solis | Solis, ° 2 θ | Spraugas | Parauga veids | Literatūras avots |
|------------------------|--------|----------------------|---------------------|--|---------------|----------------------------|
| Cu K α | 40/80 | 1° /min, 0,01° | | | Teksturēts | Jin et al., 2002 |
| Cu | 40/30 | 2 | 0,05 | 1°, 1°, paraugs, 1°, Sollera, 0,15° | Teksturēts | Bove et al., 2002 |
| | | 5 | 0,02 | | Teksturēts | |
| | | 20 | 0,02 | | Neteksturēts | |
| | | 2,5°/min | | | Teksturēts | Ylagan et al., 2000 |
| | | 60 | 0,04 | | Neteksturēts | |
| Cu K α | | 1°/min | | Sliti šaurāki nekā paraugs | Teksturēts | Srodon, 1980 |
| | | 0,4°/min | | | | |
| | | 10 | 0,01 | | | |
| | | 20–40 | 0,05 | | Teksturēts | Douglas et al., 2001 |
| Cu | 40/40 | 20 | 0,02 | Grafīta monohromators, spraugas Sollera 2°, 1° un 0,15° | Neteksturēts | Reynolds and Thomson, 1993 |
| | | 10 | | | Teksturēts | |
| Cu K α | | 6 | 0,04 | Diverģences 0,5, Sollera 2,3 un 2,3, pretizkliedes 0,5 un izšķirtspējas 0,06 | Teksturēts | Claret et al., 2002 |

Otrs parametrs, kas ietekmē kopējo mērījuma laiku, ir patērētais laiks uz katru soli jeb soļa laiks. Daži autori (Moore un Raynolds, 1997) norāda, ka, palielinot laiku divas reizes, pīķu maksimumu intensitāte pieaug divas reizes, kamēr fona intensitāte tikai $2^{0,5}$ reizes, tāpēc labas izšķirtspējas difraktogrammu uzņemšanā soļa laiks ir ļoti būtisks parametrs. Pēc 1. tabulā apkopotajiem literatūras datiem ir redzams, ka soļa laika izvēle netiek reglamentēta, un pētnieki izmanto visai atšķirīgus mērījumu laikus, pie tam nereti norādot tikai mērījuma ātrumu un nekonkretizējot ne soļa laiku, ne soļa izmēru (Srodon, 1980; Ylagan et al., 2000).

2. attēlā parādīts, kā soļa palielināšana ietekmē vienu no illīta polītipiem raksturīgajiem difraktogrammas reģioniem. Attēlā redzams, kā difraktogrammas līnija kļūst skaidrāka, jo izzūd mazam solim raksturīgās fluktuācijas. Tā kā soļa laiks abos mērījumos ir konstants, tad kopējais mērījuma laiks ir sarucis vairāk nekā sešas reizes. Tāpēc mērīšanas ātrumu var uzskatīt par salīdzinoši neskaidru parametru, jo vienādu ātrumu var panākt ar soļa laiku 20 s un izmēru 0,017°, kā arī ar 60 s un 0,050°, bet iegūto difraktogrammu kvalitāte visai būtiski atšķirsies.

Norādītā parametru uzrādīšanas nekonsekvence nedod iespēju atkārtot mērījumu līdzīgā kvalitātē, kā arī korekti salīdzināt dažādās zinātniskās publikācijās aprakstītos datus.

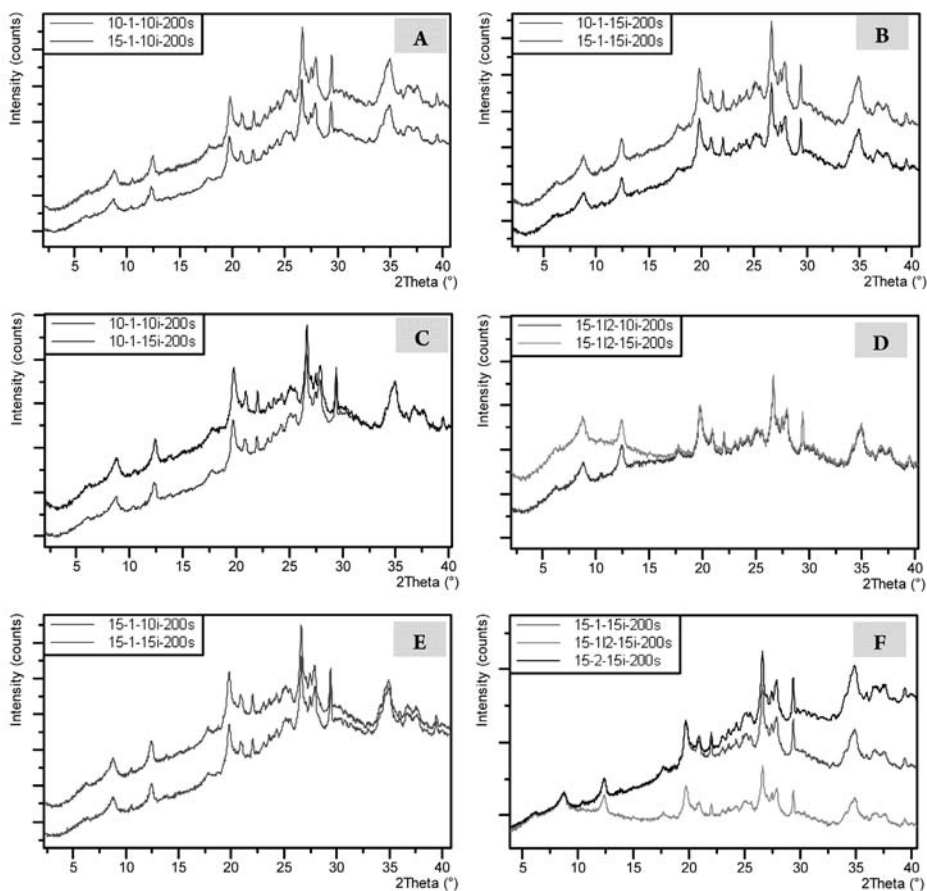


2. att. Soļa garuma ietekme uz difraktogrammu
 Fig.2. Step Size Effect on XRD Pattern

Viens no difraktogrammas kvalitāti noteicošajiem parametriem ir dažādu rentgenstara gaitas koriģējošu spraugu lietošana mērījuma laikā. Senāk precīzām analīzēm tika rekomendēts izmantot šaurākas spraugas un apstarot mazāku parauga laukumu, lai samazinātu stara izkliedi, kas ievērojami palielina difrakcijas pīķu platumu (Moore and Reynolds, 1997). Mūsdienās stara izkliedi ievērojami sašaurina Sollera spraugas lietošana. Faktiski tas ir spraugu bloks (1. att. Nr. 1), kuru veido dažus milimetrus garas plāksnītes, kas novietotas paralēli cita citai un paralēli staram, starp plāksnītēm ir šauras spraugas, piemēram, tikai 0,04 rad. Šāda spraugu bloka lietošana krītošā un difragētā stara ceļā ierobežo stara izkliedi uz sāniem jeb veido kūli ar paplašinātu galu, tādēļ zūd mērījuma precizitāte. Izmantojot Sollera spraugu, ir iespējams paplašināt apstarojamo parauga laukumu, nesamazinot difraktogrammas kvalitāti.

Pārējās spraugas tiek lietotas, lai samazinātu rentgenstarojuma kūļa laukumu atbilstoši parauga izmēram, jo zināms, ka, palielinot apstaroto parauga laukumu, palielinās difragētā stara dotais impulss uz detektoru un difraktogrammas kopējā intensitāte. Katra sprauga ietekmē atšķirīgus stara parametrus, tādēļ ir būtiski noskaidrot to ietekmi uz iegūstamās difraktogrammas kvalitāti.

Kā redzams 3. A un B attēlā, platākas maskas izvēle vienmērīgi palielina difraktogrammas intensitāti visā mērījuma diapazonā, kamēr apstarojamā laukuma palielināšana veicina intensitātes pieaugumu tikai mazo leņķu apgabalā (3. C, D un E att.). Šajā gadījumā konstantu apstarotā parauga laukumu nodrošina programmējamās spraugas. Attēlos redzams, ka apstarotā laukuma palielināšana kopā ar h-spraugas palielināšanu paaugstina intensitāti plašākā leņķu diapazonā. H-sprauga, savukārt, palielina intensitāti lielo leņķu apgabalā. Novērojams, ka apstarotais laukums un h-sprauga var ietekmēt difrakcijas intensitātes izmaiņas zināmos difraktogrammas apgabalos. To ir svarīgi ņemt vērā, analizējot fona izliekumu, kā arī salīdzinot dažādu difrakcijas maksimumu relatīvo intensitāti, jo proporcija starp maksimumiem difraktogrammas mazo leņķu apgabalā un lielo leņķu apgabalā var ievērojami izmainīties (4. att.).



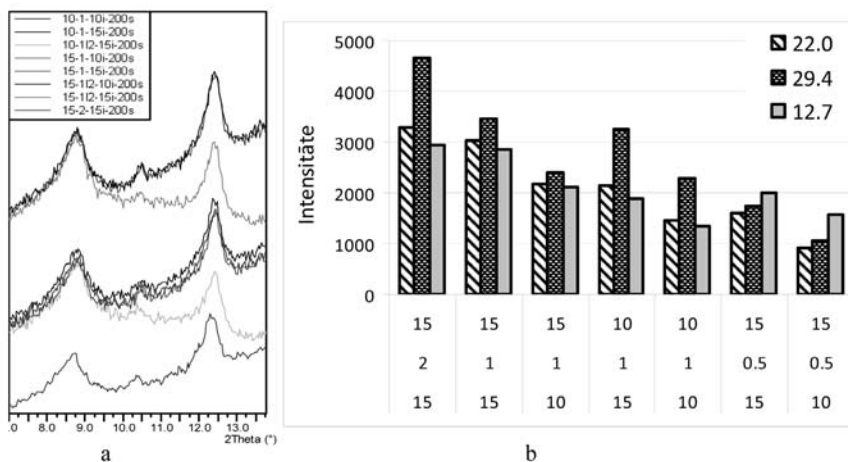
3. att. Vāji kristālisku materiālu neapstrādātas difraktogrammas

A un B – maskas ietekme uz difraktogrammas intensitāti,
 C, D un E – apstarotā laukuma ietekme, F – h-spraugas ietekme.

Fig.3. Raw Diffractograms of Poorly Crystalline Material.

*A and B – Effect of Mask, C, D and E – Effect of Irradiated Length,
 F – Effect of Antiscatter Slit (Incident Beam).*

Kā redzams 4. attēlā, difrakcijas intensitātes maiņa dažādos difraktogrammas apgabalos var ietekmēt vairākus pīķiem raksturīgos faktorus – asimetriju un maksimumu intensitāti un intensitātes proporciju. Lai rezultāti būtu optimāli analizējami, visā mērījumu diapazonā fona līnijai jābūt ar nemainīgu intensitāti (horizontāli), pīķu formas analīzei traucē fona liekums zem pīķa. Mālainiem ģeoloģiskiem paraugiem visintensīvākais un pastāvīgākais fona rakurss veidojas ar maksimālo parauga apstarojumu un šauru h-spraugu. Taču, ja nepieciešams analizēt difraktogrammas apgabalu vismaz 20° 2Θ , tad maksimālās intensitātes iegūšanai h-spraugu ieteicams izvēlēties plataku.



4. att. Difrakcijas pīku asimetrija (a) un intensitātes proporciju maiņa dažādos tās apgabalos – 12,7°, 22,0° un 29,4° (b)

Uzskatāmībai maksimuma 29,4° intensitāte ir attēlota divas reizes mazāka.

Diagrammā dati, kas raksturo stabiņu, ir (sākot no augšas) maskas izmērs (mm), h-sprauga (°) un apstarotais laukums (mm).

Fig. 4. Peaks Asymmetry (a) and Peak Intensity Rate Difference in Various Range of XRD Pattern, at 12.7°, 22.0° and 29.4° (b).

For Better Resolution Intensities of Peak at 29.4° Are Shown Twice Smaller. Data under the Diagram is (from Top) Mask Size (mm), Antiscatter Slit (°) and Irradiated Length (mm)

Secinājumi

Pētījumā konstatēts, ka difraktogrammas kvalitāti būtiski iespaido dažādi zinātniskās publikācijās visbiežāk neuzrādīti parametri. Daļa parametru, piemēram, dažādu spraugu izvēle, ir grūti salīdzināmi starp dažādiem difraktometriem, jo dažādu ražotāju iekārtām var būt atšķirīgas regulējošas spraugas, to daudzums un lietošanas mērķis. Taču būtiski ir zināt parauga apstarojamo laukumu, soļa laiku, soļa izmēru un rentgenstarojuma lampas anoda materiālu un spriegumu – minētie lielumi ir reģistrējami un atspoguļojami pētījumu metodikā.

Veiktie pētījumi rāda, ka kvalitatīvu vāji kristālisku materiālu difraktogrammu uzņemšanas laiku var saīsināt pat vairākas reizes, izvēloties kristalītu izmēram piemērotu soli un palielinot parauga apstarošanas laukumu un vertikālās spraugas – maskas – atvērumu. Savukārt lielo leņķu diapazonā intensitāti var paaugstināt, palielinot pretizkiedes spraugas platumu, taču tas rada fona izliekumu mazo leņķu apgalā.

Iegūtie dati apliecina, ka, dažādos veidos modificējot difraktogrammas uzņemšanas parametrus, ir iespējams, nepalielinot laiku, paaugstināt difraktogrammas intensitāti. Vienlaikus, palielinot difraktogrammas intensitāti, samazinās minimālais identifikācijai nepieciešamais kristāliskās fāzes daudzums, kas paver iespēju analizēt gan vāji kristāliskus sastāvus, gan necīgos daudzumos esošus kristāliskus piemaisījumus.

Pateicība



Pētījums izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektos „Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai” un „Atbalsts LU doktora studiju īstenošanai”.

This work has been supported by the European Social Fund within the project „Support for the implementation of doctoral studies at Riga Technical University” and „Support for the implementation of doctoral studies at University of Latvia”.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Bove D. J., Eberl D. D., Mccarty D. K., Meeker G. P. (2002) Characterization and Modeling of Illite Crystal Particles and Growth Mechanisms in a Zoned Hydrothermal Deposit, Lake City, Colorado. *American Mineralogist*, vol. 87, 1546–1556.
- Claret F., Bauer A., Schafer T., Griffault L., Lanson B. (2002) Experimental Investigation of the Interaction of Clays with High-ph Solutions: a Case Study from the Callovo-Oxfordian Formation, Meuse-Haute Marne Underground Laboratory (France). *Clays and Clay Minerals*, vol. 50, No. 5, 633–646.
- Douglas K., Mccarty L., Reynolds R. C. Jr. (2001) Three-Dimensional Crystal Structures of Illite-Smectite Minerals in Paleozoic K-Bentonites from the Appalachian Basin. *Clays and Clay Minerals*, vol. 49, No. 1, 24–35.
- Jenkins R., Snyder R. L. (1996) *Introduction to X-ray Powder Diffractometry*. A Wiley interscience Publication. 403 p.
- Jin Z., Zhu J., Ji J., Li F., Lu X. (2002) Two Origins of Illite at the Dexing Porphyry Cu Deposit, East China: Implications for Ore-Forming Fluid Constraint on Illite Crystallinity. *Clays and Clay Minerals*, vol. 50, No. 3, 381–387.
- Lūse I., Segliņš V., Stunda A., Bērziņa-Cimdiņa L. (2008a) Paraugu sagatavošanas metodikas nozīme illīta politipu pētījumos. *RTU Zinātniskie raksti*. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija, 1 (18), 135–147.
- Lūse I., Segliņš V., Stunda A., Bērziņa-Cimdiņa L. (2008b) Illīta politipu pētījumi glaciģēnos nogulumos. *LLU Raksti*, 21 (315), 106–115.
- Moore D. M., Reynolds R. C. Jr. (1997) *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford University Press, 2nd ed. 400 p.
- Reynolds R. C. Jr, Thomson C. H. (1993) Illite From the Potsdam Sandstone of New York: a Probable Noncentrosymmetric Mica Structure. *Clays and Clay Minerals*, vol. 41, No. 1, 66–72.
- Srodon J. (1980) Precise Identification of Illite/Smectite Interstratifications by X-Ray Powder Diffraction. *Clays and Clay Minerals*, vol. 28, No. 6, 401–411.
- Ylagan R. F., Altaner S. P., Pozzuoli A. (2000) Reaction Mechanisms of Smectite Illitization Associated with Hydrothermal Alteration from Ponza Island, Italy. *Clays and Clay Minerals*, vol. 48, No. 6, 610–631.

Summary

X-ray diffraction (XRD) nowadays is a widely used method for qualitative and quantitative analysis of crystalline materials. Poorly crystalline materials give low peak intensities and background profile, but still these results can be used for analysis as well. The aim of this study is to detect effects of data collecting parameters on intensity, background hump and various peak parameters of XRD pattern. It was concluded that with optimal parameters (irradiated length, size of step and slits) the quality of diffractogram can vary crucially. Therefore, before analysis of poorly crystalline materials one should set priorities which quality factors of diffractogram that are most important in each particular case.

Keywords: *X-ray diffraction, powder, poorly crystalline, XRD data collecting, clay.*

**Minerālā sastāva un illīta politipu variācija
augšdevona Katlešu svītas un Latvijas apledojuma
glacigēnajos nogulumos**

***Mineral Composition and Illite Polytypes Variation
in Sedimentary Rocks of Upper Devonian
Katlešu Formation and Glacigenic Sediments
of Weichselian Glaciation in Latvia***

**Ilze Lūse^{1, 2}, Valdis Segliņš¹,
Agnese Stunda³, Mārtiņš Randers¹**

¹Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010
E-pasts: ilze.luse@llu.lv

²Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Lauksaimniecības fakultāte
Augsnes un Augu zinātņu institūts
Lielā iela 2, Jelgava, LV-3007

³Rīgas Tehniskā universitāte
Rīgas Biomateriālu inovāciju un attīstības centrs
Āzenes iela 14/24, Rīga, LV-1048

Latvijas mālaino nogulumu mālu frakcijās dominējošais mālu minerāls ir 1M_d illīts. Tomēr atsevišķu illīta nebazālo refleksu diagnostika illīta 1M_d struktūrās ne vienmēr ir vienkārša, jo traucē citu minerālu klātbūtne mālu frakcijās, jo īpaši glacigēnajos nogulumos. Tādēļ sistemātiski noteiktas minerālu un illīta struktūras dažādās mālu frakcijās pēc ģenēzes un minerālā sastāva atšķirīgos nogulumos. Illīta struktūru pētījumi veikti pēdējā apledojuma glacigēnajos un augšdevona Katlešu svītas mālainajos nogulumos. Iegūtie analītiskie rezultāti liecina, ka analizētajos paraugos starp primāro fāžu maksimumiem ir konstatējami atsevišķi illīta 1M un 2M_l politipu maksimumi, kas ir raksturīgi 1M_d illīta politipam. Atsevišķu politipu diagnostika 1M_d illīta struktūrās ir iespējama, izmantojot augstus XRD uzņemšanas parametrus. Atsevišķi illīta politipu refleksi ir atšķirīgi pamatiežu mālos un tos pārsedzošās morēnās, tādēļ, analizējot illīta politipus, ir iespējams nodalīt dažādas cilmes illītus.

Atslēgvārdi: illīts, politipi, morēna, glacigēnie nogulumi, XRD kvantitatīvā analīze.

Ievads

Illīta politipu analīzi, kas ļauj novērtēt dažādu politipu savstarpējās proporcijas, potenciāli var izmantot par vides apstākļu indikatoru (Sainz-Diaz et al., 2001), to varētu attiecināt arī uz glacigēnām vidēm. Tomēr glacigēno nogulumu mālu

minerālu sastāvs Latvijā līdz šim ir pētīts ļoti ierobežoti tikai atsevišķos paraugos. Tas apgrūtina tālākos pētījumus, līdz nav novērtēts minerālu sastāvs mālu frakcijā, minerālu sastāva izmaiņas dažādās granulometriskās frakcijās (Luse et al., 2008a). Tikai pēc tam ir lietderīgi detalizēti pētīt Latvijas glaciģēnajos nogulumos dominējošā mālu minerāla illīta struktūru variācijas plašākā teritorijā.

Iepriekš veiktie pētījumi (Luse et al., 2008b) ļāva pilnveidot paraugu sagatavošanas un XDR analīzes metodiku, kas veido nepieciešamo pamatu illīta struktūru pētījumiem un datu interpretācijai poliminerālos paraugos. Rezultātā ar augstas detalitātes XRD uzņemšanas parametriem pētāmo nogulumu illīta 1M d struktūrā, kam ir raksturīga nesakārtota slāņu struktūra ar zemas intensitātes un platiem illīta nebazālajiem refleksiem, rentgenstaru pulverdifrakcijas spektros tika nodalīti atsevišķi 1M un 2M d politīpu refleksi.

Šādas pieejas aprobešanai izvēlēti divi ģeoloģiskie griezumumi, no kuriem vienā ir izsekojama illīta nebazālo refleksu pastāvība visos analizētajos augšdevona Katlešu svītas mālainajos nogulumos, savukārt otrā griezumā, kur augšdevona mālus pārsedz pēdējā apledojava morēna un ir droši konstatējama kontaktzona starp šiem nogulumiem, ir novērojama illīta nebazālo refleksu nesistemātiska mija.

Materiāli un metodes

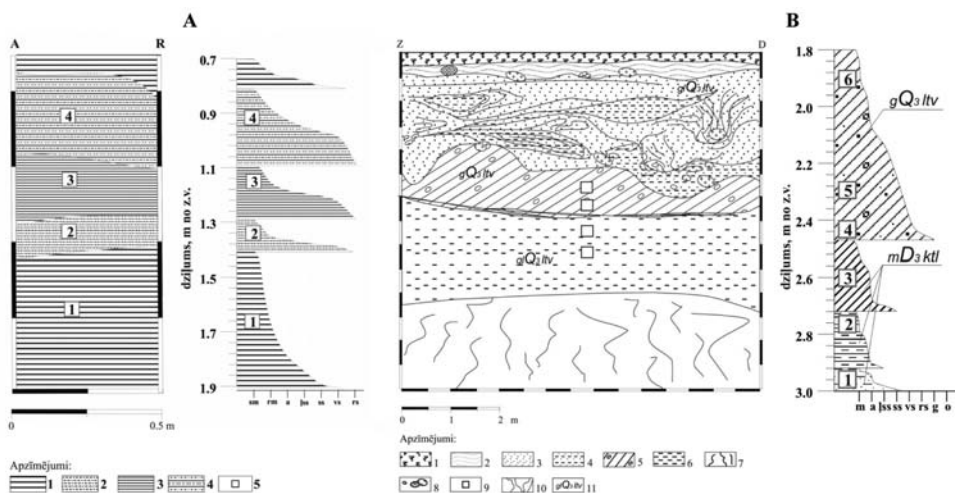
Pētāmās vietas raksturojums. Par pētījuma vietu tika izvēlēts Kupravas karjers un tā apkārtnē (1. att.), kas atrodas Balvu rajona Vīksnas un Kupravas pagasta teritorijā Austrumlatvijas zemienes Adzeles pacēlumā. Tā pamatā atrodas 20–30 m augsts devona iežu virsmas paaugstinājums (Juškevičs et al., 2002), kuru pētītajā teritorijā saposmo Balupes ieleja.



1. att. Pētījuma vietas ģeogrāfiskais novietojums

Kvartāra nogulumu maksimālais biezums pētāmajā teritorijā ir neliels. Kā liecina veiktie kontrolurbumi un rakumi, to biezums nepārsniedz 4 m un ģeoloģiskajam griezumam ir raksturīgas divas litofācijas. No tām apakšējo veido pēdējā apledojava glaciģēnie nogulumi, kas sastāv no sarkanbrūnas vai brūnas mālsmits morēnas ar grants un oļu piejaukumu, virs kuras uzguļ otras litofācijas raksturīgie glaciofluviālie nogulumi – dažādgraudainas smilts un grants vai glaciofluviālas izcelsmes akmeņu bruģis. Zem kvartārajiem nogulumiem vai vietās, kur tie ir erodēti glaciofluviālo straumju rezultātā, zemes virspusē atsedzas augšdevona Katlešu svītas sīkdispersie aleirītiski mālainie nogulumi.

Detalizētiem pētījumiem izvēlēti divi atsegumi – Kupravas karjera D sienā (atsegums Ku1) un 5 km uz rietumiem no Kupravas (atsegums Ku2). Pirmo atsegumu veido pēc krāsas, granulometriskā un minerālā sastāva atšķirīgu augšdevona Katlešu svītas mālaino nogulumu mija, kur no četriem atšķirīgiem nogulumu slāņiem illītu politipu pētījumiem ievākti četri paraugi (2.A att.).



2. att. Kupravas atsegumu ģeoloģiskie griezumā

A – augšdevona Katlešu svītas mālaino nogulumu atsegums Ku1 Kupravas karjera D sienā; **B** – augšdevona Katlešu svītas un Latvijas apledošanas glaciģēno nogulumu atsegums Ku2 5 km uz DR no Kupravas karjera.

Apzīmējumi: **A:** 1 – trekni māli; 2 – mālaini aleirīti; 3 – māli ar dažādgraudainas smilts piejaukumu; 4 – aleirītiski māli; 5 – parauga numurs; **B:** 1 – smilšmāla morēna; 2 – smilšmāls; 3 – aleirītiski māli; 4 – aleirītiska smalka smilts; 5 – parauga numurs; 6 – nogulumu ģenēze un ģeoloģiskais vecums.

Otro atsegumu veido pēdējā apledošanas glaciģēnie nogulumi, zem kuriem iegul deformēti pamatieži. Slāņu kontakts ir vienmērīgi viļņots. No glaciģēnajiem nogulumiem noņemti trīs pēdējā apledošanas glaciģēno un trīs zem tiem iegulošo augšdevona Katlešu svītas mālaino nogulumu paraugi (2.B att.).

Mālu frakciju iegūšana. Illīta struktūru pētījumi tika veikti trim mālu frakcijām ($< 2, < 1, < 0,4 \mu\text{m}$), kas iegūtas, paraugus dekantējot pēc L. Stoksa vienādojuma (Tucker, 1988). Frakcionēšanas gaitā koagulācijas novēršanai izmantota paraugu trīskārša skalošana ar bidestilētu ūdeni (Lüse et al., 2008a).

Rentgenstaru pulverdifrakcijas analīze (XRD). Illīta politipi noteikti neteksturētos paraugos. Kristālītu neteksturētība paraugos noteikta pēc divu illīta *hkl* refleksu attiecības, kur 020 reflekss ir augstāks par 002 refleksu (Grathoff, Moore, 1996). Paraugi uzņemti ar *Panalytical X'PertPro* rentgenstaru pulverdifrakcijas iekārtu ar Cu lampu ($K\alpha_1 \lambda = 1,54183 \text{ \AA}$) pie 30 kV un 40 mA rotācijas režīmā, soļa laiks – 20 s, solis – $0,05^\circ 2\theta$, izmantots 15 mm apstarotais laukums un 1° slits. Illīta politipi noteikti puskvantitatīvi pēc nebazālo illīta refleksu intensitātes.

Pēc neteksturētu paraugu uzņemšanas izmantotie paraugi sadalīti divās vienādās daļās. Turpmākai kaolinīta un smekfīta identifikācijai no katra šāda parauga tika sagatavoti trīs teksturēti paraugi, veicot šo paraugu standarta etilēnglikolēšanas un karsēšanas procedūru (Poppe et al., 2001).

Neteksturētu paraugu XRD spektros illīta politīpu noteikšana veikta 2 θ posmā no 20° līdz 36° (Austin et al., 1989; Ferrari et al., 2006), kurā illīta nebazālo refleksu pārklāšanās ar citu fāžu refleksiem ir neliela.

Paraugu minerālā sastāva kvantitatīvā daudzuma raksturošanai izmantotas datorprogrammas *Quanto* (Altomare et al., 2001) un *SiroQuant* (Taylor, 1991), bet illīta modifikāciju noteikšanai – puskvantitatīvā rentgenstaru pulverdifrakcijas metode.

Skenējošā elektronmikroskopija (SEM). XRD datu verifikācijai izmantota skenējošās elektronmikroskopijas metode. Analīzei izmantoti nedrupināti un nefrakcionēti paraugi. Paraugi analizēti ar MIRA/LMU iekārtu. Illīta struktūru morfoloģijas pētījumiem izmantots 100.00e3x un 150.00e3x palielinājums.

Rezultāti

Atsegumā Ku2 glaciģēno un zem tiem iegulošo augšdevona Katlešu svītas nogulumu XRD spektros diagnosticētas šādas minerālu fāzes: illīts, illīts–smekfīts, kaolinīts, kvarcs, albīts, ortoklāzs, kalcīts un hematīts (3. att.).

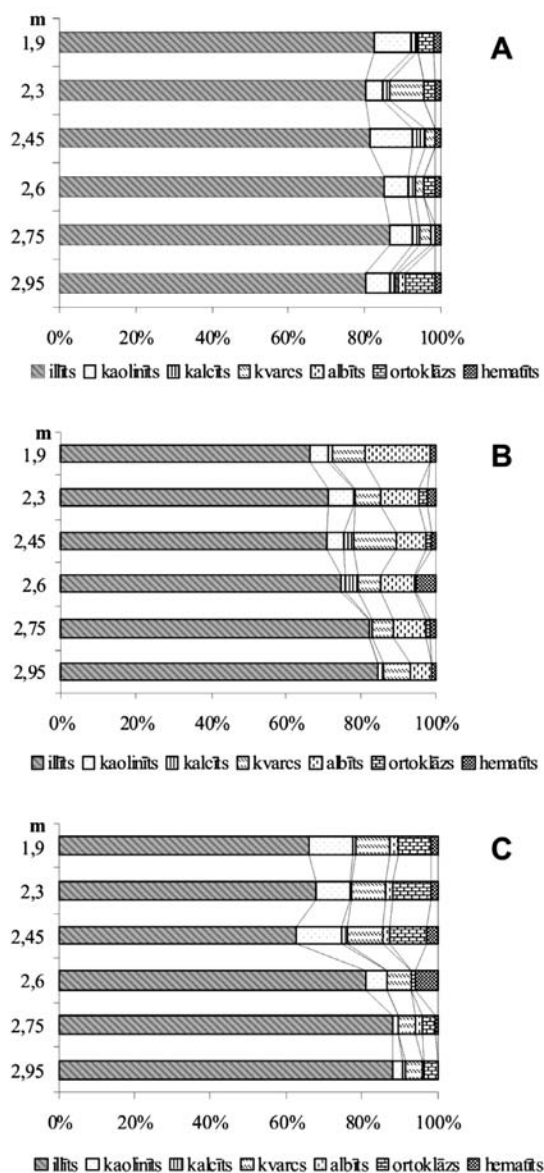
Glaciģēno nogulumu < 2 μ m frakcijā konstatēta ievērojami paaugstināta (vairāk nekā par pusi) primāro minerālu (kvarca, ortoklāza, albīta) koncentrācija, tādēļ mālu minerālu īpatsvars šajos nogulumos ir zemāks (3.C att.). Šajā frakcijā viszemākā paraugos diagnosticēto laukšpatu koncentrācija konstatēta zem glaciģēnajiem nogulumiem iegulošo mālaino nogulumu paraugā, kurš ņemts tuvu abu šo nogulumu kontaktam (3.C att.). Glaciģēno un augšdevona Katlešu svītas nogulumu kontaktzonā (3.C att.) ņemtā glaciģēno nogulumu parauga XRD spektrā konstatēti kalcīta maksimumi.

Nogulumu paraugu < 1 μ m frakcijā tika konstatēta nesistemātiska primāro fāžu maiņa (albīts, kvarcs, ragmānis, ortoklāzs, hematīts) starp dažādas ģenēzes nogulumiem un par 10–20% zemāka illīta koncentrācija glaciģēnajos nogulumos nekā zem tiem pagulošajos nogulumos (3.B att.). Kopumā glaciģēnajos nogulumos novērojama augstāka kaolinīta koncentrācija (vidēji par 5%), bet kalcīta koncentrācijas pieaugums (~3%) konstatēts paraugos, kas ievākti tuvu (2,45 un 2,6 m) glaciģēno un zem tiem pagulošo nogulumu kontaktam.

Kupravas pētījuma iecirkņa paraugos < 0,4 μ m frakcijā novērots zems primāro fāžu daudzums (to īpatsvars zem 15%), bet illīta saturs visos pētāmajos paraugos augsts – virs 80% (3.A att.). Šo paraugu XRD spektros novēroti neizteikti illīta nebazālie refleksi ar zemu intensitāti (3.A att.), jo īpaši illīta 003 refleksa labajā pusē, kur šo refleksu identifikācija bija apgrūtināta.

Glaciģēnajos nogulumos konstatēti kalcīta fāzes maksimumi. Augšdevona Katlešu svītas nogulumos tuvu glaciģēno nogulumu kontaktam parādās ievērojams kalcīta īpatsvara pieaugums (3.A att.).

Pētāmo paraugu Ku1 atseguma XRD spektros (4., 5. att.) konstatēts, ka augšdevona Katlešu svītas mālaino nogulumu minerālais sastāvs < 2 μm frakcijā ir visai vienveidīgs un ir līdzīgs < 2 μm frakcijas paraugam (2,95 m) no Ku2 atseguma (3.C att.).



3. att. Minerālu fāžu kvantitatīvā attiecība glaciģēno nogulumu (gQ_3ltv) (1,9–2,45 m) un pamatiežu (mD_3ktl) (2,6–2,95 m) paraugos no Kupravas griezumā

A – frakcija < 0,4 μm; B – frakcija < 1 μm; C – frakcija < 2 μm.

Illīta politīpu diagnostikas rezultāti attēloti 1. tabulā. Tajā ir iekļauti illīta nebazālie refleksi, kuru maksimumu veido vismaz 5 mērījuma punkti un kuri nepārklājas ar citu fāžu maksimumiem.

Atseguma Ku1 XRD spektros primārās minerālu fāzes, piemēram, kvarcs un hematīts, konstatētas ar zemu intensitāti, līdz ar to nav novērota šo fāžu maksimumu pārklāšanās ar nebazālajiem illīta maksimumiem. Rezultātā illīta maksimumiem, kas atbilst illīta nebazālajiem refleksiem, ir augsta intensitāte, un tie ir droši konstatējami (4.A att.).

1. tabula

Illīta politīpu nebazālo refleksu diagnostikas rezultāti

| Atsegums | Frakcija | Parauga Nr.* | Politīpa refleksi | | |
|----------|--------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|------------|
| | | | $2M_l$ | $1M_{cv}$ | $1M_{tv}$ |
| Ku1 | < 2 μm | 1 | 022; 023; 114; 025; -116 | 111; -113 | 112 |
| | | 2 | 022; 023; 114; 025; -116 | 111; -113 | - |
| | | 3 | 022; 023; 114; 025; -116 | 111; -113 | - |
| | | 4 | 022; 023; 114; 025; -116 | 111; -113 | - |
| Ku2 | < 2 μm | 1 | 023; 025; -116 | 111; -113 | - |
| | | 2 | 023; 025; -116 | 111 | -113; |
| | | 3 | 023; 025; -116 | 111 | -112; -113 |
| | | 4 | 023; 025; -114; -116 | 111; -113 | - |
| | | 5 | 023; 025; -116 | 111; -113 | -112; |
| | | 6 | 023; 025; -116 | 111; -113 | - |
| Ku2 | < 1 μm | 1 | 025; -116; | -113 | - |
| | | 2 | 025 | 111; -113 | - |
| | | 3 | 025 | 111; -113 | -112; -113 |
| | | 4 | 025 | -113 | - |
| | | 5 | 025 | -113 | - |
| | | 6 | 023 | -113 | -112; -113 |
| Ku2 | <0,4 μm | 1 | - | 111; -113 | - |
| | | 2 | 112; 023; 025; -116 | 111; -113 | -113 |
| | | 3 | 023 | 111; -112; -113 | -113 |
| | | 4 | 112; 023 | 111; -112 | -112 |
| | | 5 | 023; 025 | 111 | - |
| | | 6 | 023; 025 | 111 | 112 |

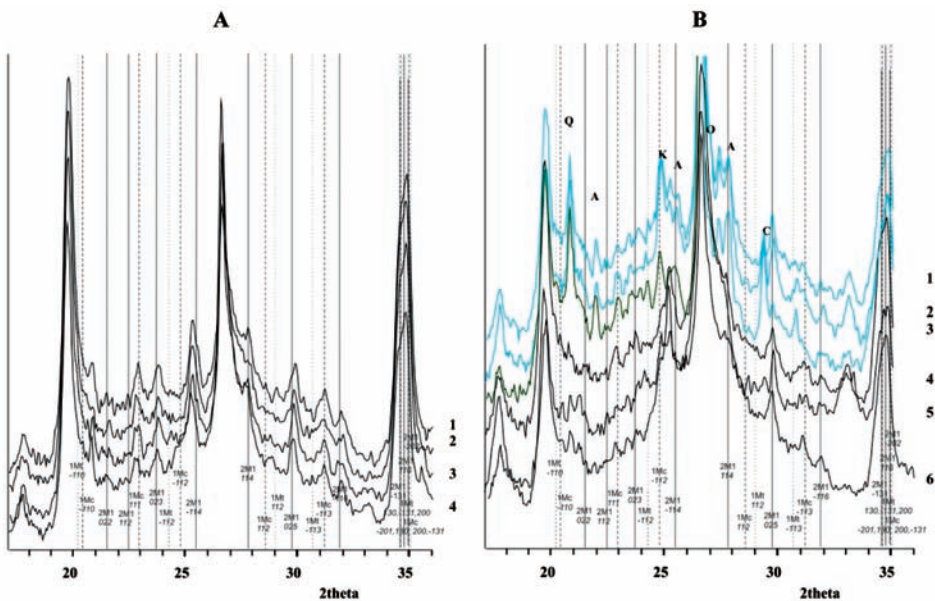
* Paraugu numerācija atbilst XRD spektru izkārtojuma, kas atbilst paraugu izvietojuma ģeoloģiskajā griezumā no zemes virsas uz leju.

Konstatētie illīta nebazālie atstarojumi izsekojami visā analizētajā Ku1 griezumā, un to mainība nav novērojama (4.A att., 1. tab.). Illīta politīpa $1M_{tv}$ (hkl -113)

maksimums pie $30,756^\circ 2\theta$ nav droši konstatējams, jo ir iespējama tā pārklāšanās ar dolomīta (*hkl* 104) maksimumu pie $30,99^\circ 2\theta$. Izņemot illīta $2M_1$ 112 refleksam piederošo maksimumu, visos Ku1 griezumā paraugos analizētajā 2θ posmā konstatēti visi illīta $2M_1$ maksimumi un atsevišķi $1M_{cv}$ maksimumi (-113; 111).

Analizētajos Ku2 atseguma pamatiežu (mD_3ktl) paraugos frakcijā $< 2 \mu m$ konstatēti izteikti $2M_1$ politipa un atsevišķi $1M$ politipu maksimumi (1. tab.). Illīta $1M_{tv}$ politipa (-113) maksimums konstatēts tikai glaciģēnajos nogulumos, bet līdzīgi kā Ku1 atseguma paraugos tā droša diagnostika ir traucēta (4.B att.). Glaciģēno nogulumu XRD spektros $< 2 \mu m$ starp illīta maksimumiem redzami arī tādu primāro fāžu kā albīts un kvarcs maksimumi, līdz ar to droša $2M_1$ politipa -114 refleksa izdalīšana ir traucēta. Atseguma Ku2 pamatiežu paraugu XRD spektros primāro fāžu maksimumiem ir zema intensitāte vai tie netiek konstatēti vispār. Jāatzīmē, ka illīta $1M_{cv}$ maksimumu intensitāte samazinās glaciģēnajos nogulumos.

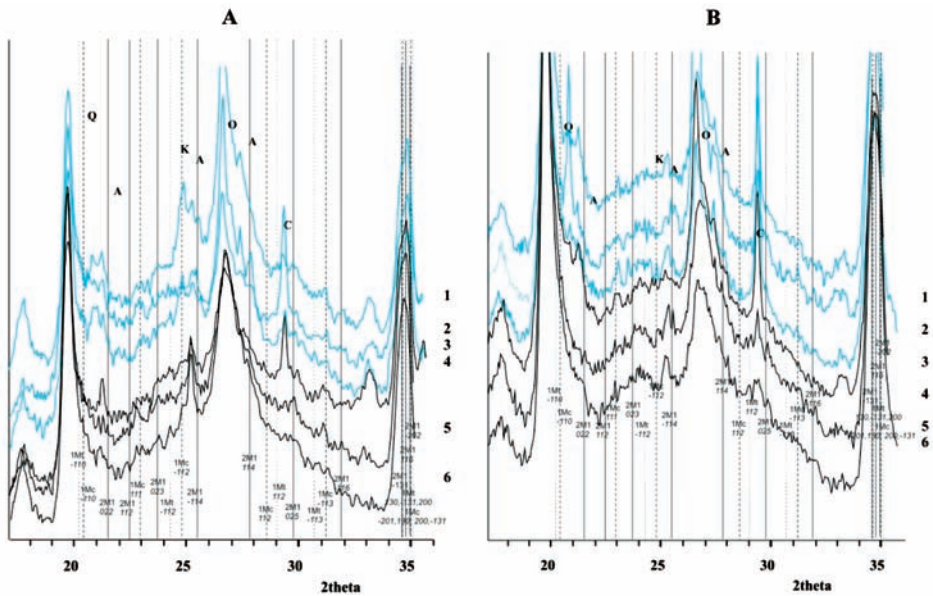
Atseguma Ku2 $< 1 \mu m$ paraugos diagnosticējamo $2M_1$ un $1M$ illīta politipu nebazālo refleksu skaits ir ierobežots, to izplatība griezumā ir nepastāvīga (5.A att.). Līdzīga sakarība novērojama $< 0,4 \mu m$ paraugos no Ku2 atseguma (1. tab., 5.B att.).



4. att. XRD spektri $20\text{--}36^\circ 2\theta$ intervālā paraugiem $< 2 \mu m$

A – atsegums Ku1, B – atsegums Ku2.

Apzīmējumi: XRD spektri: **A** – 1; 2; 3; 4 mD_3ktl XRD spektri; **B** – 1; 2 un 3 – zem glaciģēnajiem nogulumiem iegulošo nogulumu (mD_3ktl) XRD spektri; 4; 5 un 6 – glaciģēno nogulumu (gQ_3ltv) XRD spektri. Illīta politipiem raksturīgo nebazālo maksimumu atrašanās vieta: $2M_1$ – nepārtraukta līnija; $1M_{cv}$ – pārtraukta līnija; $1M_{tv}$ – punktēta līnija; **Q** – kvarcs; **K** – kaolīnīts; **A** – albīts; **O** – ortoklāzs; **C** – kalcīts; **H** – hematīts.



5. att. XRD spektri 20–36° 2θ intervālā

A – <math>< 1 \mu\text{m}</math> frakcija, atsegums Ku2, B – <math>< 0,4 \mu\text{m}</math> frakcija, atsegums Ku2.

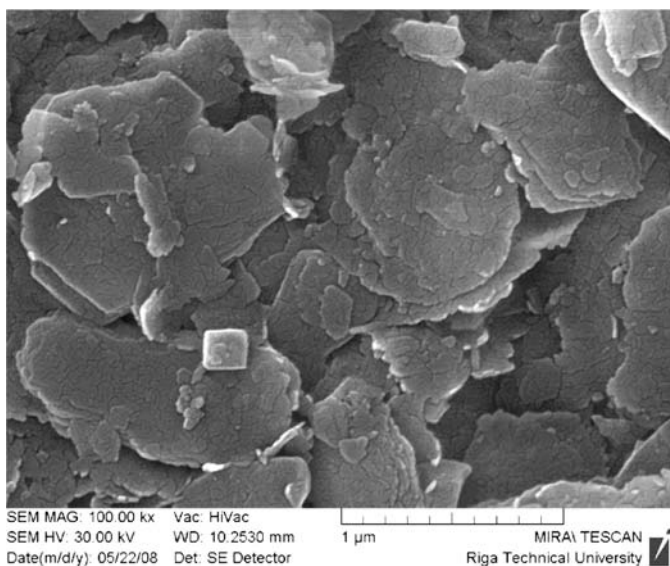
Apzīmējumi: XRD spektri: A – 1; 2; 3; 4 mD_3ktl XRD spektri; B – 1; 2 un 3 – zem glaciģenajiem nogulumiem iegulošo nogulumu (mD_3ktl) XRD spektri; 4; 5 un 6 – glaciģēno nogulumu (gQ_3ltv) XRD spektri. Illīta politīpiem raksturīgo nebazālo maksimumu atrašanās vieta: $2M_1$ – nepārtraukta līnija; $1Mc_v$ – pārtraukta līnija; $1Mt_v$ – punktēta līnija; Q – kvarcs; K – kaolinīts; A – albīts; O – ortoklāzs; C – kalcijs; H – hematīts.

Diskusija

Kupravas pētījumu iecirkņa paraugos starp illīta $1Md$ politīpa vāji izteiktajiem maksimumiem konstatēti atsevišķi $1M$ un $2M_1$ politīpiem raksturīgie maksimumi (4., 5. att.), kas norāda uz illīta struktūru veidojošo kārtu sajaukumu. Kārtu sajaukums illīta $1Md$ politīpam konstatējams atšķirīgos leņķos (grādos), un tas izpaužas kā šim politīpam raksturīgo maksimumu klātbūtne vai atsevišķu maksimumu trūkums difrakcijas ainā (Drits, McCarty, 1996). Politīpa $1Md$ struktūrās var atrasties arī $2M_1$ struktūru fragmenti, kurām raksturīgi rotācijas traucējumi pie $n120^\circ$ un $n60^\circ$. Šādi struktūru fragmenti izraisa koherentu izkliedi un ietekmē illīta nebazālo refleksu maksimumu pozīciju atkarību no *cis*-vakanču un *trans*-vakanču daudzuma traucēti rotējošos illīta–smekītīta un illīta slāņos (Drits, McCarty, 1996). Atsevišķo illīta politīpu maksimumu nodalīšana bija iespējama, uzņemot augstas izšķirtspējas XRD spektrus.

Glaciģēno nogulumu paraugos <math>< 2 \mu\text{m}</math> frakcijā konstatēts lielāks primāro fāžu īpatsvars nekā zem tiem pagulošajos šīs pašas frakcijas nogulumu paraugos, un tas norāda uz eratiskā materiāla komponentu glaciģēnajos nogulumos (3.C att.). Pētāmajā frakcijā calcīta fāze ar augstu intensitāti reģistrēta tikai glaciģēno

nogulumu kontaktzonas paraugā (3.C att.), un to pagaidām var skaidrot ar autigēnā kalcīta izgulsnēšanos uz pamatiežu virsmas glaciālajos apstākļos vai ar gruntsūdeņu aktivitāti postglaciālajos apstākļos. Diagnosticēto kalcīta kristalītu verifikācijai tie detektēti ar SEM (6. att.). Šādu autigēnā kalcīta izveidi pleistocēna glaciģēno nogulumu un pamatiežu kontaktzonā pētījuši vairāki autori (Hallet et al., 1979; Fairchild et al., 1994; Lavrushin, Golubev, 1980).



6. att. Autigēnas cilmes kalcīta kristalīts illitiskos mālos

Atsegumā Ku_1 illīta politipu refleksu izsekojamība visā tā griezumā, domājams, ir saistāma ar šo nogulumu ģenēzi.

Illīta $2M_1$ politipa refleksiem XRD spektros Ku_2 atseguma frakcijā zem $< 2 \mu m$ ir līdzīga intensitāte gan glaciģēnajos, gan zem tiem pagulošajos nogulumos (4.B att.). Arī illīta $1Mc_v$ politipa 111 refleksa maksimums izsekojams visos XRD spektros (4.B att.). Šādu illīta nebazālo refleksu izsekojamību var skaidrot ar illīta asimilāciju glaciģēnajos nogulumos, kas atrodas zem šiem nogulumiem pagulošajos pamatiežos. Tomēr šis pētījums vēl nesniedz pilnīgu skaidrojumu par glaciģēnajos nogulumos izsekojamā illīta $1M_t_v$ politipa 111 refleksa maksimuma cilmi.

Atseguma Ku_2 paraugos illīta $1M_t_v$ un $1Mc_v$ refleksu intensitāšu nesistemātiskā mainība, kā arī atsevišķu šiem politipiem raksturīgo refleksu trūkums gan glaciģēno nogulumu, gan zem tiem iegulošo nogulumu $< 1 \mu m$ frakcijā (5.A att.) skaidrojams ar eratisko un vietējo mālaino mehānisku nogulumu sajaukšanos. Vairumā gadījumu konstatēts $1Mc_v$ struktūrām raksturīgo 111, -113 un $1M_t_v$ struktūrām raksturīgo 112 refleksu trūkums. Šādu $1M_t_v$ un $1Mc_v$ illīta struktūru maiņa ir saistāma ar šo struktūru jutību pret ārējās vides faktoru ietekmi (Sainz-Diaz et al., 2001; Drits, 2003). Līdz ar to autori neizslēdz arī iespējamo pēcsedimentācijas procesu ietekmi uz pēdējā apledoja glaciģēnajiem nogulumiem.

Atseguma Ku_2 glaciģēno un zem tiem pagulošo nogulumu $< 0,4 \mu\text{m}$ frakcijas paraugu XRD spektros illīta nebazālajiem refleksiem ir zema intensitāte (5.B att.). Šajā frakcijā illīta nebazāliem refleksiem ir zemāka intensitāte zem glaciģēnajiem nogulumiem pagulošo nogulumu kontaktzonas parauga XRD spektrā (5.B att.). Zemā nebazālo refleksu intensitāte, iespējams, saistīta ar mazākiem illīta kristālītu izmēriem šajos paraugos (5.B att.).

Gandrīz visos analizētajos paraugos novērojama vienota tendence – glaciģēno un zem tiem iegulošo nogulu slāņu kontakta tuvumā noņemtajos paraugos konstatējama atsevišķu primāro fāžu procentuālā daudzuma samazināšanās un kalcīta daudzuma pieaugums, kas labi izsekojams arī apskatītajos XRD spektros. Līdzīga difrakcijas maksimumu proporciju maiņa šajos nogulumu paraugos novērojama arī illīta politīpiem raksturīgo maksimumu rajonā.

Kopumā atsevišķu illīta politīpu refleksu un intensitātes maiņa konstatēta glaciģēnajos un augšdevona Katlešu svītas mālainajos nogulumos, ko var skaidrot ar ledāja termisko un spiediena ietekmi uz šiem nogulumiem.

Secinājumi

No trīs analizētajām frakcijām (< 2 ; < 1 un $< 0,4 \mu\text{m}$) vienkāršāk interpretējami ir $< 1 \mu\text{m}$ frakcijas spektri, jo šajā frakcijā illīta nebazāliem atstarojumiem ir augstāka intensitāte nekā $< 0,4 \mu\text{m}$ un primāro fāžu piejaukums ir zemāks nekā $< 2 \mu\text{m}$ frakcijā. Tomēr gadījumos, kad mālu $< 2 \mu\text{m}$ frakcijā primāro fāžu piejaukums ir zems, šī frakcija illītu politīpu diagnostikai arī ir informatīva. Savukārt smalkākās mālu frakcijas var uzrādīt sekundārās materiāla izmaiņas pazīmes, līdz ar to turpmākajos pētījumos būtu izmantojama dažādu mālu frakciju savstarpējā korelācija.

Iegūtie analītiskie rezultāti liecina, ka analizētajos paraugos starp primāro fāžu maksimumiem ir konstatējami atsevišķi illīta $1M$ un $2M_1$ politīpu maksimumi, kas ir raksturīgi $1Md$ illīta politīpam. Atsevišķu politīpu diagnostika $1Md$ illīta struktūrās ir iespējama, izmantojot augstus XRD uzņemšanas parametrus.

Atsevišķi illīta politīpu refleksi ir atšķirīgi pamatiežu mālos un tos pārsedzošās morēnās. Pamatiežu mālos illīta politīpu refleksi ir labi izsekojami visā griezumā un nav novērojama to haotiska maiņa. Savukārt glaciģēnajos nogulumos un zem tiem iegulošo pamatiežu mālos illīta politīpu nesistemātiskā mainība ir skaidrojama ar vietējā un eratiskā materiāla sajaukšanos, tādēļ ir iespējams nodalīt dažādas cilmes illītus.

Turpmākos pētījumos īpaša uzmanība jāpievērš $1M_{IV}$ struktūrām, kuru maksimumi sastopami glaciģēnajos nogulumos vai zem tiem iegulošo mālaino pamatiežu augšējā daļā, kas tikusi pakļauta ledāja gultnes deformācijas procesiem un, iespējams, raksturo ģeoķīmisko procesu norises sekas pētītajos nogulumos.

Illīta politīpu analīzes rezultāti, nosakot dažādu politīpu savstarpējās proporcijas, plašākos pētījumos potenciāli varētu tikt izmantoti par glaciālās paleovides indikatoru.

Pateicības

Autori izsaka pateicību I. Rižakovai, D. Grantai, Z. Irbei un D. Jakovļevam par sniegto atbalstu paraugu sagatavošanā un apstrādē. Pētījums veikts par Eiropas Sociālā fonda atbalstīto projektu „Atbalsts LU doktora studiju īstenošanai” un „Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai” līdzekļiem.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Altomare A., Burla M. C., Giocovazzo C., Guagliardi A., Moliterni A. G. G., Polidori G., Rizzi R. (2001) Quanto: a Rietveld program for Quantitative Phase Analysis of Polycrystalline Mixtures. *Journal of Applied Crystallography*, 34, 392–397.
- Austin G. S., Glass H. D., Hugkes R. E. (1989) Resolution of the Polytype Structure of Some Illitic Clay Minerals that Appear to be 1Md. *Clays and Clay Minerals*, 37 (2), 128–134.
- Drits A. V., McCarty D. K. (1996) The Nature of Diffraction Effects from Illite and Illite-Smectite Consisting of Interstratified Trans-Vacant and Cis-Vacant 2:1 Layers: A Semiquantitative Technique for Determination of Layer-Type Content. *American Mineralogist*, 81, 852–863.
- Drits A. V. (2003) Structural and Chemical Heterogeneity of Layer Silicates and Clay Minerals. *Clay Minerals*, 38, 403–432.
- Fairchild I. J., Bradby L., Spiro B. (1994) Reactive Carbonate in Glacial Systems: a Preliminary Synthesis of its Creation, Dissolution and Reincarnation. In: Deynoux M., Miller J. M. G., Domack E. W., Eyles N., Fairchild I. J., Young G. M. (Eds.) (1994) *International Geological Correlation Project 260: Earth's Glacial Record*. Oxford, Cambridge University Press, p. 176–191.
- Ferrari S., Gualtieri A. F. (2006) The Use of Illitic Clays in the Production of Stoneware Tile Ceramics. *Applied Clay Science*, 32, 73–81.
- Grathoff G. H., Moore D. M. (1996) Illite Polytype Quantification Using WILDFIRE Calculated X-Ray Diffraction Patterns. *Clays and Clay Minerals*, 44, 835–842.
- Hallet B. (1979) Subglacial Regelation Water Fill. *Journal of Glaciology*, 23 (89): 321–334.
- Juškevičs V., Skrebels J. (2002) Kvartāra nogulumi. No: Āboltiņš O., Brangulis A. J. (red.) *Latvijas ģeoloģiskā karte, M 1 : 200 000, 44., 45., 54. lapa Alūksne–Viļaka–Valka. Paskaidrojuma teksts*. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests. 64 lpp.
- Lavrushin U. A., Golubiev U. K. (1980) *Karbonaty w ocnovnych morenach plejstocenovykh materikovych oledeneni*. Procesy Kontinentalnovo Litogeneza. Moskva, Nauka, c. 147–155.
- Lūse I., Segliņš V., Stunda A., Bērziņa-Cimdiņa L. (2008a) Paraugu sagatavošanas metodikas nozīme illīta politipu pētījumos. *RTU Zinātniskie raksti, Materiālzinātne un lietišķā ķīmija*, 1(18).
- Lūse I., Segliņš V., Stunda A., Bērziņa-Cimdiņa L. (2008b) Illīta politipu pētījumi glacīgēnos nogulumos. *LLU Raksti*, 21 (315), 106–115.
- Meunier A., Velde B. (2004) *Illite*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag. 286 p.
- Poppe L. J., Paskevich V. F., Hathaway J. C., Blackwood D. S. (2001) *A Laboratory Manual for X-Ray Powder Diffraction*. U. S. Geological Survey Open-File Report 01-041. 33 p.
- Sainz-Diaz C. I., Hernandez-Laguna A., Dove M. T. (2001) Theoretical Modelling of Cis-Vacant and Trans-Vacant Configurations in the Octahedral Sheet of Illites and Smectites. *Physics and Chemistry of Minerals*, 30, 322–331.

- Šrodon J. R., Drits V. A., McCarty D. K., Hsieh J. C. C., Eberl D. D. (2001) Quantitative X-Ray Diffraction Analysis of Clay-Bearing Rocks from Random Preparations. *Clays and Clay Minerals*, 49 (6), 514–528.
- Taylor J. C. (1991) Computer Programs for the Standardless Quantitative Analysis of Minerals Using the Full Powder Diffraction Profile. *Powder Diffraction*, vol. 6, No. 1, p. 2–9.
- Tucker M. (1988) Techniques in Sedimentology. *Blackwell Science Ltd*.
- Vogt T., Larque P. (2002) Clays and Secondary Minerals as Permafrost Indicators: Examples from the Circum-Baikal Region. *Quaternary International*, p. 95–96, 175–187.

Summary

Illite 1Md is a dominant clay mineral in Latvia clayey sediments. However diagnostic of individual unbasal reflexes of illite is not always simple, common is the presence of other mineral reflexes in clay fraction, in particular in glaciogenic sediments. Therefore minerals and illite structures in various clay fractions were systematically identified in sediments of different genesis. The study of illite structures was accomplished on glaciogenic sediments of last glaciation and clayey sedimentary rocks of Upper Devonian Katlešu formation. The obtained analytical results indicate that in analyzed samples between primary phases maximums are definable characteristic to 1Md illite polytype individual illite polytype 1M and 2M₁ maximums. Individual polytype diagnostic is possible in 1Md structures, applying high resolution XRD parameters. The study demonstrates, that individual illite polytypes are different in the Devonian bedrock clays and in their covered Quaternary tills, therefore with illite polytypes analyses were possible to detach illites of different origin.

Keywords: *illite, polytypes, till, glaciogenic sediments, XRD quantitative analyse.*

Senās iekšzemes kāpas Viduslatvijas zemienes Ropažu līdzenumā

Ancient Inland Sand Dunes in Ropaži Plain, Central Latvian Lowland

Liāna Znudova

Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010
E-pasts: *Liana.Znudova@gmail.com*

Pētījumā apkopoti rezultāti par Ropažu līdzenuma Daugavas un Gaujas upstarpā sastopamo iekšzemes seno kāpu izplatību, telpisko sakārtojumu, morfoloģiju un veidošanās īpatnībām. Iegūtie rezultāti ļauj rekonstruēt vēju paleovirzienus un to izmaiņas, līdzenuma dabiskās drenāžas un hipsometrijas ietekmi uz kāpu izplatību un veidošanos. Tās ir vecākās kāpas Ropažu līdzenuma teritorijā, kas sākušas veidoties pirms apmēram 11,3–12,3 tūkst. optiski stimulētās luminiscences (OSL) gadu. Pētījumā izmantotas ģeotelpiskās analīzes, morfoloģiskās, sedimentoloģiskās un nogulumu absolūtā vecuma noteikšanas metodes. Pētāmās teritorijas eolie veidojumi, kas galvenokārt ir paraboliskās kāpas, sākuši veidoties Vislas leduslaikmeta beigu posma aukstajā un sausajā klimatā.

Atslēgvārdi: iekšzemes kāpas, Silciema ledāja sprostezers, Baltijas ledus ezers, vēja paleovirzieni.

Ievads

Vējš ir viens no svarīgākajiem eksogēnajiem faktoriem, kas pārveido vai rada reljefa formas. Aktīva vēja darbība norisinās ne tikai smilšu tūksnešos, bet arī upju ielejās, jūru un ezeru piekrastēs. Vējš pārveido arī seno ledāju veidoto reljefu, visbiežāk pārpūšot sandru līdzenumus, glaciofluviālo deltu distālās daļas vai seno piededāja baseinu smalkgraudainos nogulumus.

Pastāv pieņēmumi, ka pētāmās teritorijas eolie veidojumi, kas galvenokārt ir senās smilts kāpas, sākuši veidoties pēdējā leduslaikmeta beigu posmā seno ledāja sprostezeru ūdeņu līmeņa stabilizācijas vai regresijas laikā (Grinbergs, 1957). Šie senie iekšzemes veidojumi ir tikuši pārveidoti pēcleiduslaikmetā, kad 18. gs. beigās ir notikusi eolo procesu nozīmīgākā lokālā aktivizēšanās, kas turpinājusies līdz pat 20. gs. 30. gadu vidum. Tās cēloņi galvenokārt tiek saistīti ar cilvēka darbību lielāko apdzīvoto vietu apkārtnē – ostu un kuģubūves attīstību, kā rezultātā būvniecības vajadzībām un koksnes eksportēšanai tika izcirsti meži, palielinājās mežu ugunsgrēku skaits. Tagad gandrīz visas kāpas sedz augu sega, galvenokārt priežu mežs, un eolie

procesi vairs nenorit (Bušs, 1960). Uz salīdzinoši nedaudzām kāpām noris cilvēku saimnieciskā darbība – dažādu, visbiežāk maznozīmīgu, infrastruktūras objektu būvniecība un izveide un kāpu smilts kā derīgā izrakteņa ieguve.

Iekšzemes smilts kāpas Ropažu līdzenumā Daugavas un Gaujas upstarpā līdz šim ir maz pētītas, nav zināma pat šo eolo veidojumu precīza izplatība, vecums un laiktelpiskās attiecības ar seno baseinu krasta līnijām. Tādēļ pētījuma mērķis ir izpētīt Ropažu līdzenuma eolo veidojumu morfoloģiju, izplatību un telpiskās attiecības ar seno baseinu krasta līnijām.

Ģeomorfoloģiskās analīzes gaitā iegūtie rezultāti sniedz jaunu augstas precizitātes informāciju par iekšzemes eolajiem veidojumiem, to izplatību un attiecībām ar seno ledāja sprostezeru nogulumiem.

Pētījumu teritorijas raksturojums

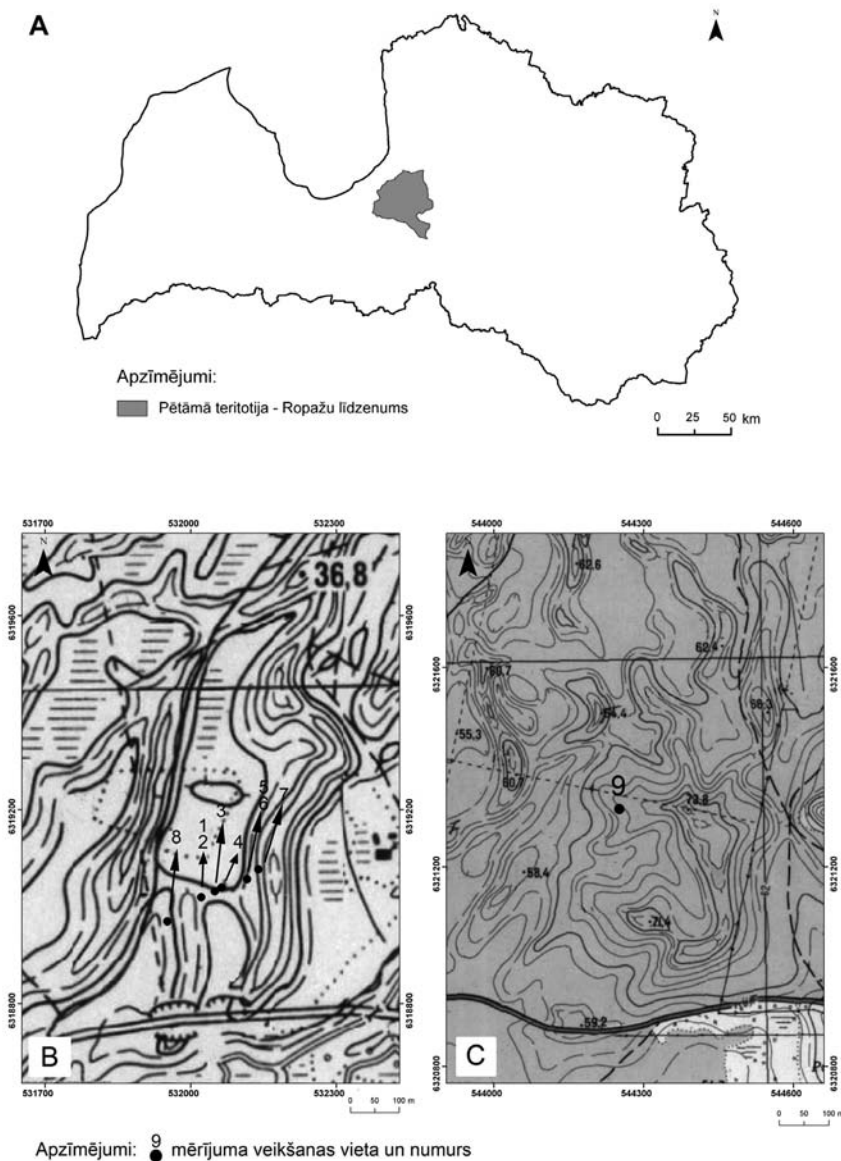
Pētāmā teritorija – Ropažu līdzenums – ir dabas apvidus Viduslatvijas zemienes ziemeļaustrumu daļā (1. A att.). Iekšzemes kāpas atrodas Daugavas un Gaujas upstarpā un ir nevienmērīgi izplatītas ap 1111 km² platībā.

Ropažu līdzenums pārsvarā ir līdzens, nedaudz viļņots, bet teritorijas dienvidu un dienvidaustrumu daļā – vidēji viļņots (Šķiņķis, 1998). Augstums pakāpeniski pazeminās rietumu un ziemeļrietumu virzienā. Ropažu līdzenuma virsas nolaidenā slīpuma dēļ izveidojies biezs rietumu virzienā tekošu upju tīkls. Līdzenuma galējie rietumi atrodas aptuveni 12 km attālumā no mūsdienu Baltijas jūras krasta līnijas. E. Grīnbergs (1957) uzsver, ka teritorijā ir plaši izplatītas dažādu tipu senās piekrastes kāpas.

Kāpu un citu eolo reljefa formu veidošanos teritorijā nosaka ne tikai vēja darbība, bet arī teritorijas ģeoloģiskā uzbūve, mūsdienu virsmas saposmojums un tā uzbūve, kā arī veģetācijas un dabiskās drenāžas apstākļi.

Subkvartārās virsmas reljefs kopumā ir līdzens ar reti 10 līdz 15 m dziļiem lineāriem pazeminājumiem (Juškevičs, 2000). Ropažu līdzenuma mūsdienu virsmā dominē Baltijas ledus ezera stadiju, ledāja sprostezeru krasta zonas un seklūdēns nogulumi, kā arī eolie veidojumi un seno upju deltu nogulumi. Ropažu līdzenuma teritorijā iestiepjas arī Kangaru osu morfoloģiski salīdzinoši vāji izteiktie, galējie proksimālie posmi. Kvartāra nogulumu biezums līdzenuma lielākajā daļā reti pārsniedz 10 m. Vislielākais tas ir osu, subkvartārās virsmas pazeminājumu un augstāko iekšzemes kāpu izplatības vietās. Teritorijas kvartāra ģeoloģiskā griezumā lielākā daļa sastāv no dažādgraudainas, pārsvarā smalkgraudainas smilts ar aleirīta starpkārtām slāņa pamatnē un grants ar oļu piemaisījumu Gaujas tuvumā. Šie nogulumi ir uzkrājušies lokālajos ledāja sprostezeros un Baltijas ledus ezerā, kā arī šajos baseinos ietekošo ledājkušanas ūdeņu noteces ieleju un seno upju deltās (Juškevičs, 2000).

Neskatoties uz biezo upju un strautu tīklu, augstais gruntsūdens līmenis, kas atrodas pārsvarā ne dziļāk par diviem metriem, ir veicinājis zemes virsas pārpurvošanos, īpaši ieplakās starp kāpu grēdām un masīviem, kaut gan ļoti nelieli purvi sastopami arī starpkāpu ieplakās.



1. att. Pētījumu teritorijas novietojums (A) un slīpslāņoto sēriju mērījumu vietas karjerā pie Skuķīšiem (B) un Kangarišu karjerā (C)

Fig.1. The Location of the Study Area (A) and Measurement Sites of Aeolian Cross-Bedded Series in the Gravel Pit at Skuķīši (B) and Kangariši Garvel Pit (C)

Viduslatvijas zemienes Ropažu līdzenuma iekšzemes kāpas ir maz pētītas. Līdz šim publicētajā literatūrā (Bartoša un Daņilāns, 1961; Danilans, 1973; Straume, 1979; Meirons i Yushkevichs, 1984) ir sniegts tikai šo iekšzemes kāpu ļoti vispārīgs raksturojums, kas nedod pietiekami plašu informāciju par kāpu morfoloģiju,

uzbūvi, vecumu un veidošanās apstākļiem. Savukārt dažādās kvartāra nogulumu ģeoloģiskajās un ģeomorfoloģiskajās kartēs (sk., piemēram, WMS datubāzes *kartes.geo.lu.lv* slāņus LVGD Kvartargeoloģija; LVGP Kvartargeoloģija; Geomorfoloģija, 1981 500K) ir attēloti tikai eolās ģenēzes nogulumu izplatības areāli, bet ne pašu iekšzemes kāpu morfoloģija un uzbūve.

Materiāli un metodes

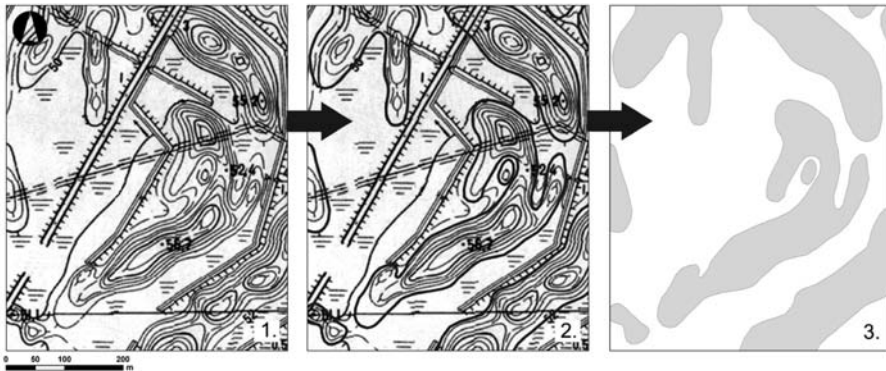
Galvenie pētījuma materiāli ir lielmēroga topogrāfiskās kartes un lauka pētījumi. Teritorijas lielās mežainības dēļ aerofotouzņēmumu un ortofotokaršu izmantošana nedeva pietiekami efektīvus rezultātus.

Kāpu hipsometriskā novietojuma, morfoloģijas un telpiskā sakārtojuma analīze tika veikta, izmantojot lielmēroga topogrāfisko un ģeoloģisko karšu rastra formāta materiālus no Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Ģeomorfoloģijas un ģeomātikas katedras Ģeotelpiskās analīzes laboratorijas datubāzēm. Izmantojot galvenokārt bijušās PSRS armijas ģenerālštāba M 1 : 10 000 topogrāfiskās kartes (WMS datubāzes *kartes.geo.lu.lv* slānis TOPO 10K PSRS) un Valsts Ģeoloģijas dienesta sastādīto M 1 : 200 000 kvartāra nogulumu karti (Juškevičs, 2000), *ArcView 9.2* vidē tika izveidota Ropažu līdzenuma kāpu izplatības karte. Jaunizveidotā karte sastāv tikai no vektora datu slāņiem, kuros ir attēlotas iekšzemes kāpas, purvi, morēnas līdzenumi, galvenās ūdensteces un ūdenskrātuves, kā arī seno baseinu krasta līnijas – Silciema ledāja sprostezera krasta līnija, Baltijas ledus ezera maksimālās izplatības krasta līnija (stadija BII pēc Veinbergs, 1964; Juškevičs, 2000) un Litorīnas jūras krasta līnija. Nozīmīgākais kartes poligona tipa vektora datu slānis *Kāpas* tika veidots, par kartogrāfisko pamatu izmantojot bijušās PSRS armijas ģenerālštāba M 1 : 10 000 topogrāfiskās kartes (WMS datubāzes *kartes.geo.lu.lv* slānis TOPO 10K PSRS). Pirms kāpu pamatnes laukuma izzīmēšanas, izmantojot kvartāra nogulumu karti M 1 : 200 000 (Juškevičs, 2000), tika apzinātas tās vietas pētāmajā teritorijā, kur ir izplatīti eolās ģenēzes nogulumu. Tad šajās eolo nogulumu izplatības vietās, topogrāfiskajā kartē pētot un analizējot izolīniju savstarpējo izvietojumu un formu, tika izzīmēts kāpu pamatnes laukums (2. att.). Jaunizveidotās Ropažu līdzenuma kāpu izplatības kartes saturs ļāva rekonstruēt vēju paleovirzienus un to izmaiņas, līdzenuma dabiskās drenāžas un hipsometrijas ietekmi uz kāpu izplatību un veidošanos.

Vēju paleovirzieni kāpu veidošanās laikā ir rekonstruēti galvenokārt pēc kāpu morfoloģijas, jo sarežģītā kāpu veidojumu konfigurācija, ko nosaka parabolisko kāpu savstarpējā pārklāšanās, kā par to pārliecinājās darba autore, neļauj sekmīgi izmantot paleovēju automatizētās rekonstrukcijas iespējas.

Informācija par kāpu iekšējo uzbūvi tika iegūta lauka darbos, pētot kāpu iekšējo uzbūvi – mērot slāņu saguluma elementus eolo nogulumu slāņkopu atsegumos karjerā pie Skuķīšiem un Kangarīšu karjerā (1. B, C att.). Lai noskaidrotu vēju paleovirzienus kāpu veidošanās laikā, eolās ģenēzes nogulumos tika mērīti slīpslāņoto sēriju un paralēlā diagonālā slīpslāņojuma krituma leņķi un azimuti. Bet, savukārt, lai noskaidrotu vēju paleoātrumu kāpu veidošanās laikā, izmantojot lupu ar iedaļas vētību 0,1 mm (nolasījuma precizitāte 0,05 mm), tika noteikti eolo nogulumu smilts

frakcijas graudu maksimālais un minimālais izmērs, kā arī novērtēta dominējošā smilts frakcija.



2. att. Poligona tipa vektoru datu slāņa Kāpas veidošanas piemērs *ArcView 9.2* vidē
 1. solis – topogrāfiskās kartes mērogā 1 : 10 000 (*kartes.geo.lu.lv* WMS datubāzes slānis TOPO 10K PSRS) analīze; 2. solis – kāpu pamatnes laukuma izzīmēšana (*kartes.geo.lu.lv* WMS datubāzes slānis TOPO 10K PSRS); 3. solis – jaunizveidotais poligona tipa vektoru datu slānis Kāpas.

Fig. 2. An Example of Creating of the Vector Data Layer of Polygon Type Dunes Example in ArcView 9.2 Environment

1. step – Analysis of 1:10,000 scale topographic map; 2. step – Drawing of the dune base as a polygon; 3. step - New polygonal type data set Dunes.

Lauka darbos veiktie eolās ģenēzes nogulumu slīpslāņojuma mērījumi tika apstrādāti Ģeotelpiskās analīzes laboratorijā, izmantojot datorprogrammu *Notepad* un datu statistiskās apstrādes datorprogrammu *SteroNet*, versija 3.1. Slīpslāņojuma mērījumi tika vizualizēti divdimensiju plaknē, konstruējot sektordiagrammas un punktveida diagrammas. Vēja paleovirziens tika rekonstruēts pēc rezultējošā un dominējošā slīpslāņoto sēriju krituma azimuta.

Lai noskaidrotu kāpu veidošanās laiku, tika ievākti eolās smilts paraugi nogulumu vecuma noteikšanai ar optiski stimulētās luminiscences datēšanas metodi. Kangarīšu karjera eolo nogulumu slāņkopā, kas pārsedz Mazo Kangaru osa distālo galu, tika ņemti divi smilts paraugi. Smilts nogulumu uzkrāšanās laiks tika noteikts Helsinku Universitātes Dabas muzeja Datēšanas laboratorijā.

Rezultāti

Iekšzemes kāpas ir izplatītas galvenokārt Ropažu līdzenuma ziemeļu un centrālajā daļā. Šajā teritorijā eolās smiltis pārklāj glaciofluviālos nogulumus.

Kāpu absolūtais augstums pieaug virzienā no rietumiem uz austrumiem. Teritorijas rietumu daļā, Litorīnas jūras krasta līnijas tuvumā, kāpu virsas maksimālie absolūtie augstumi pārsvarā ir 15–24 m vjl. Savukārt teritorijas austrumu daļā kāpas atrodas 68–72 m vjl.

Arī kāpu relatīvais augstums ir ļoti dažāds un mainīgs. Visbiežāk izplatītas kāpas, kuru relatīvais augstums svārstās no 10 līdz 14 m. Kāpu minimālais relatīvais

augstums ir tikai daži metri, bet maksimālais relatīvais augstums sasniedz 20–24 m. Gandrīz visām Ropažu līdzenuma paraboliskajām kāpām ir līdzīgas relatīvā augstuma likumsakarības. Parabolisko kāpu relatīvais augstums pieaug virzienā no spārna gala uz kāpas centrālo daļu. Visbiežāk šāds relatīvā augstuma pieaugums vidēji ir 5–7 m. Tas nozīmē, ka parabolisko kāpu centrālās daļas visbiežāk ir par vidēji 5–7 m augstākas nekā to spārni. Šāda veida relatīvā augstuma maksimālais pieaugums mēdz sasniegt 10–12 m.

Pārpurvotās teritorijas ir ne tikai Ropažu līdzenuma kāpu izplatības kartē attēlotie purvi, bet arī daudzas starpkāpu ieplakas. Iespējams, ka daudzās pārmitrās un pārpurvotās starpkāpu ieplakas, it īpaši parabolisko kāpu grupas izplatības apvidos, ir vēja ģeoloģiskās darbības radītās deflācijas ieplakas, bet ļoti bieži tās ir radušās no parabolisko kāpu pārklāšanās, kad jaunākās kāpas ir tikušas uzpūstas vecākām kāpām.

Ropažu līdzenuma iekšzemes kāpas galvenokārt sastāv no smalkgraudainas līdz vidējgraudainas smilts frakcijas. Lauka darbu laikā vienā no eolo nogulumu atsegumiem karjerā pie Skuķīšiem tika novērota dažāda izmēra smilts graudu slāņmija. Slīpslāņojuma sērijās, kurās dominē vizuāli smalkākās smilts frakcijas, dominējošais smilts graudu izmērs ir 0,1–0,2 mm, bet lielāko graudu izmērs sasniedz 0,5 mm. Atbilstoši decimālajai klasifikācijai šī smilts atbilst smalkgraudainas smilts frakcijai ar vidējgraudainas smilts piemaisījumu. Bet slīpslāņojuma sērijās, kurās dominē vizuāli rupjākas smilts frakcijas, dominējošais smilts graudu izmērs ir 0,3–0,5 mm, t. i., vidējgraudainas smilts frakcija.

1. tabula

Slāņu saguluma mērījumu vietas karjerā pie Skuķīšiem un Kangarīšu karjerā – to atrašanās koordinātas un absolūtais augstums

| Mērījuma vietas Nr. | Koordinātas | | Absolūtais augstums (m vjl.) |
|------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|
| | X | Y | |
| <i>Karjers pie Skuķīšiem</i> | | | |
| 1 | 00532022,00 E | 06319019,00 N | 24,70 |
| 2 | 00532022,00 E | 06319019,00 N | 24,00 |
| 3 | 00532049,77 E | 06319031,05 N | 22,00 |
| 4 | 00532063,89 E | 06319038,58 N | 24,00 |
| 5 | 00532116,38 E | 06319055,68 N | 27,80 |
| 6 | 00532116,38 E | 06319055,68 N | 27,00 |
| 7 | 00532139,50 E | 06319076,27 N | 34,00 |
| 8 | 00531952,07 E | 06318969,07 N | 23,00 |
| <i>Kangarīšu karjers</i> | | | |
| 9 | 00544251,36 E | 06321315,96 N | 59,00 |

Karjerā pie Skuķīšiem eolās ģenēzes nogulumu slāņkopās ir veikti 25 slīpslāņojuma krituma leņķu un azimutu mērījumi 8 dažādās mērījumu vietās. Mērījumu vietas stiepjas gar karjera ziemeļu sienu DR–ZA virzienā. Savukārt vēl trīs mērījumi tika veikti Kangarīšu karjerā. Visu mērījumu vietu koordinātas un

absolūtie augstumi ir apkopoti 1. tabulā. Savukārt lauka darbu laikā veikto mērījumu rezultāti – slīpslāņojuma krituma leņķi un azimuti un datu statistiskās apstrādes datorprogrammā *StereoNet* veiktie nolasījumi struktūrdiagrammu un punktveida diagrammu apvienotajās diagrammās – ir apkopoti 2. tabulā. Dominējošo krituma azimutu mērījumu vietās Nr. 3, 4, 5 un 6 relatīvi nelielā mērījumu skaita un ievērojamās izkliedes dēļ nebija iespējams noteikt.

2. tabula

**Slāņu saguluma mērījumu rezultāti mērījumu vietās karjerā
pie Skučīšiem un Kangarīšu karjerā**

| Mērījuma vietas Nr. | Mērījuma Nr. | Krituma leņķis ¹ (°) | Krituma azimuts ¹ (°) | Rezultējošais krituma azimuts ² (°) | Dominējošais krituma azimuts ² (°) |
|------------------------------|--------------|---------------------------------|----------------------------------|--|---|
| <i>Karjers pie Skučīšiem</i> | | | | | |
| 1 | 1 | 10 | 310 | 310 | 310 |
| | 2 | 21 | 318 | | |
| | 3 | 20 | 311 | | |
| | 4 | 4 | 310 | | |
| 2 | 5 | 28 | 312 | 310 | 315 |
| | 6 | 28 | 316 | | |
| | 7 | 22 | 309 | | |
| 3 | 8 | 14 | 314 | 326 | -nav ³ |
| | 9 | 10 | 335 | | |
| | 10 | 9 | 329 | | |
| 4 | 11 | 7 | 326 | 330 | -nav ³ |
| | 12 | 6 | 304 | | |
| | 13 | 5 | 360 | | |
| 5 | 14 | 9 | 129 | 169 | -nav ³ |
| | 15 | 20 | 180 | | |
| | 16 | 22 | 196 | | |
| 6 | 17 | 12 | 106 | 106 | -nav ³ |
| | 18 | 19 | 98 | | |
| | 19 | 11 | 114 | | |
| 7 | 20 | 22 | 170 | 173 | 173 |
| | 21 | 14 | 170 | | |
| | 22 | 10 | 180 | | |
| 8 | 23 | 36 | 60 | 80 | 90 |
| | 24 | 22 | 86 | | |
| | 25 | 30 | 94 | | |
| <i>Kangarīšu karjers</i> | | | | | |
| 9 | 26 | 8 | 53 | 57 | 50 |
| | 27 | 12 | 70 | | |
| | 28 | 25 | 48 | | |

¹ Lauka darbu laikā veikto mērījumu rezultāti.

² Datu statistiskās apstrādes datorprogrammā *StereoNet* veiktie nolasījumi struktūrdiagrammu un punktveida diagrammu apvienotajās diagrammās.

³ Relatīvi nelielā mērījumu skaita un ievērojamās izkliedes dēļ nav iespējams noteikt.

Kā liecina eolo nogulumu datēšanas rezultāti Kangarīšu karjerā, kas iegūti ar OSL metodi, pētāmās teritorijas hipsometriski augstāk novietotie eolie smiltāji, kuri pārklāj Mazo Kangaru osa proksimālā gala glaciofluviālos nogulumus, ir sākuši uzkrāties pirms $12,3 \pm 2,4$ tūkst. gadu ($4,5$ m biežās eolo nogulumu slāņkopas bazālā daļa). Tos pārsedzošā $2,5$ m augstākā eolā smilts ir uzkrājusies pirms $11,3 \pm 2,5$ tūkst. OSL gadu.

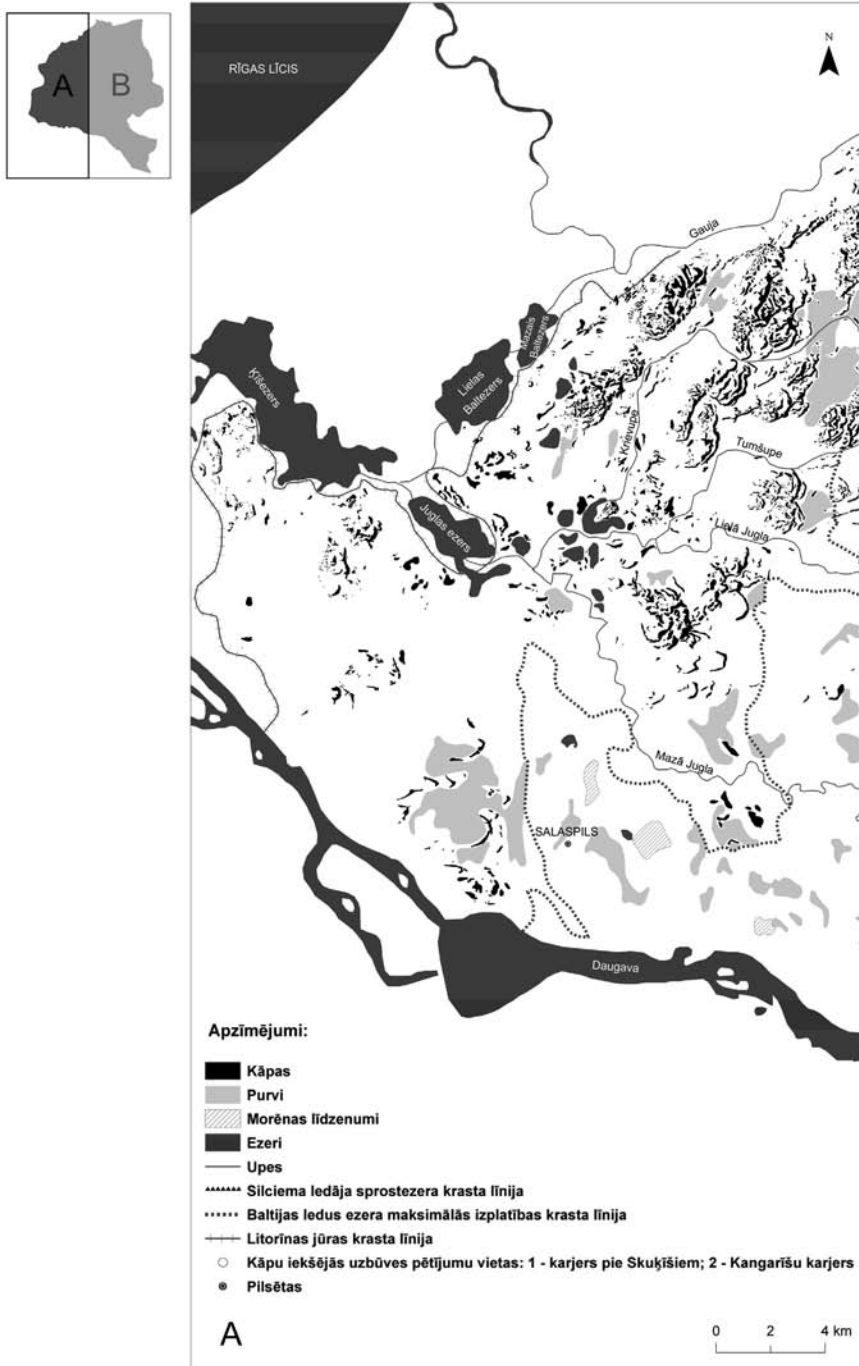
Diskusija un interpretācija

Pētāmajā teritorijā ir ļoti plaši izplatītas parabolisko kāpu grupas. Paraboliskās kāpas parasti sastāv no vairākām mazākām kāpām, kas izplatītas arī kāpas lokveida ieliekumā. Ticamākais, ka šīs mazākās kāpas radušās, apņemstot eolajiem procesiem. To apņemšana notika pakāpeniski, un šajā laikā uz vienotās paraboliskās kāpas virsas radās šādas sekundāras kāpas, kas, nepieplūstot jaunām smilts materiāla porcijām, varēja tikt pārrautas vēja ģeoloģiskās darbības rezultātā (3., 4. att.). Konstatētais paraboliskās kāpas maksimālais garums no viena kāpas spārna gala līdz otram ir aptuveni 6 km. Balstoties uz G. Eberharda (Eberhards, 2003) sniegto parabolisko kāpu veidu klasifikāciju, var apgalvot, ka gandrīz visām pētāmās teritorijas paraboliskajām kāpām ir klasiskās parabolas veids. Ropažu līdzenuma paraboliskajām kāpām raksturīgs tipiskais šķērsprofils ar stāvāku un īsāku aizvēja nogāzi. Pētāmās teritorijas lielāko parabolisko kāpu rādiuss ir aptuveni $1,3$ – 2 km. Savukārt visplašāk izplatītas paraboliskās kāpas, kuru rādiuss nepārsniedz $0,3$ km. Vērojot parabolisko kāpu ragu simetriju, iespējams novērot zināmu likumsakarību. Jo lielāks ir paraboliskās kāpas rādiuss, jo asimetriskāki ir kāpas ragi. Tātad mazākām kāpām ir labāka ragu simetrija nekā lielākām kāpām. Šāda parabolisko kāpu ragu simetrijas likumsakarība, iespējams, ir novērojama tāpēc, ka pēc izmēriem lielākās kāpas tika ilgāk pakļautas vēja ģeoloģiskajai darbībai un rezultātā izveidojās lielāka šo ragu asimetrija. Savukārt pēc izmēriem mazākās kāpas, iespējams, ir izveidojušās ātrāk, līdz ar to tās vēja ģeoloģiskajai darbībai tika pakļautas īsāku brīdi un tāpēc tām ir novērojama izteikta ragu simetrija.

Aptuveni sešus kilometrus uz RZR no Ropažiem sastopama arī viena saliktās parabolas veida kāpa – aķveida parabola (3., 4. att.). Ropažu līdzenumā ir izplatītas arī dažas paraboliskās kāpas ar ķemmes veida parabolu pazīmēm.

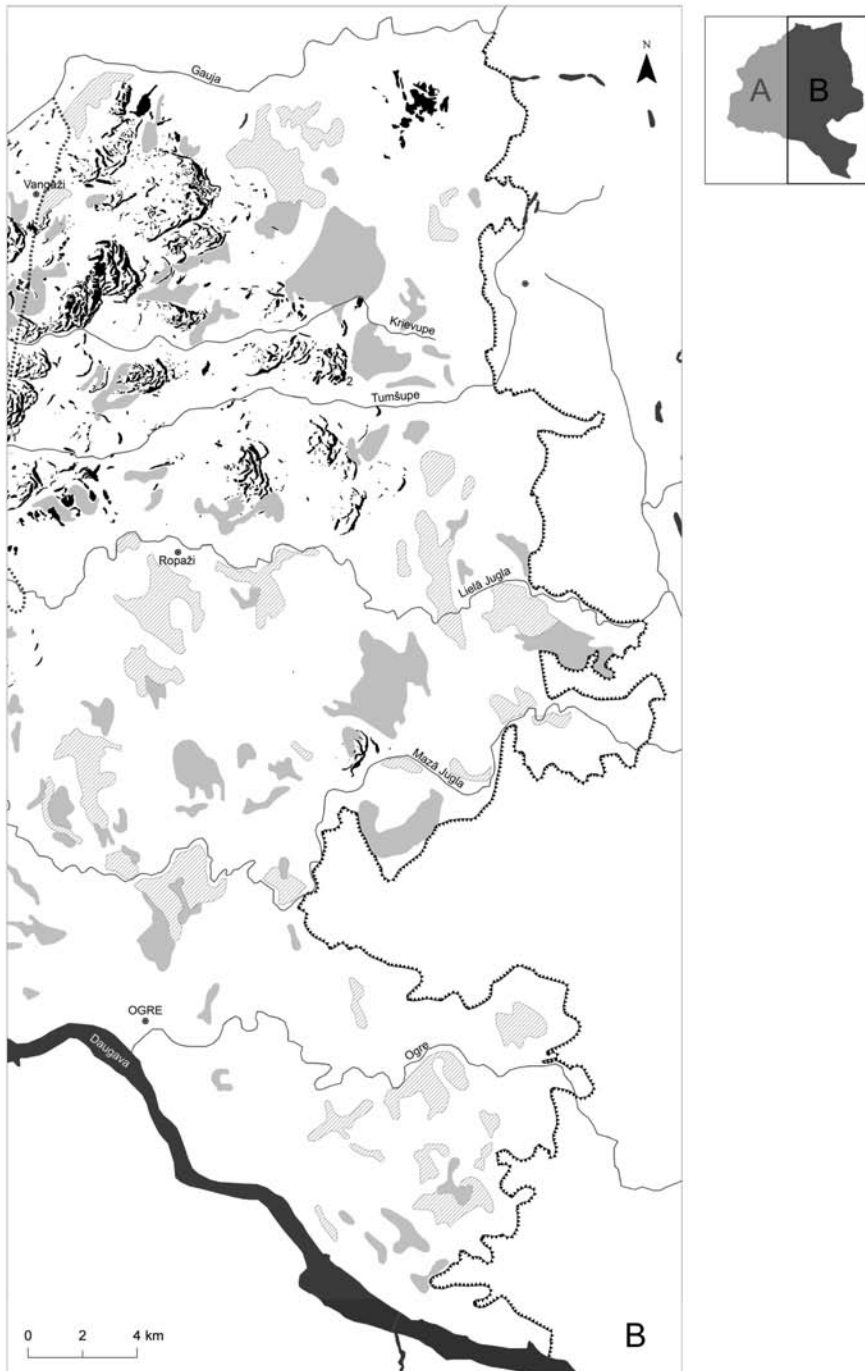
Savukārt teritorijas ziemeļu daļā ir izplatītas savstarpēji paralēlas vaļņveida kāpas, kas ir orientētas gandrīz perpendikulāri seno baseinu krasta līnijām. Literatūras avotos (Eberhards, 2003) iegūtā informācija liecina – ja paraboliskā kāpa neapzeļ ar veģetāciju, tā var tikt pilnīgi pārrauta, un tad vienas kāpas vietā izveidojas divas paralēlas vaļņveida kāpas, kuru garās asis ir orientētas perpendikulāri jūras krasta līnijai. Iespējams, ka tās ir primāro vaļņveida šķērskāpu fragmenti, kas saglabājušies kā relikti lokālo apstākļu dēļ.

Kāpu absolūto augstumu pieaugums virzienā no rietumiem uz austrumiem atbilst zemkvartāra virsmas reljefam, kura absolūtais augstums, kā norāda V. Juškevičs (2000), pieaug virzienā no rietumiem uz austrumiem.



3. att. Kāpu izplatības karte Ropažu līdzenuma rietumu daļā

Fig. 3. Map of Distribution of the Aeolian Dunes in the Western Part of the Ropaži Plain



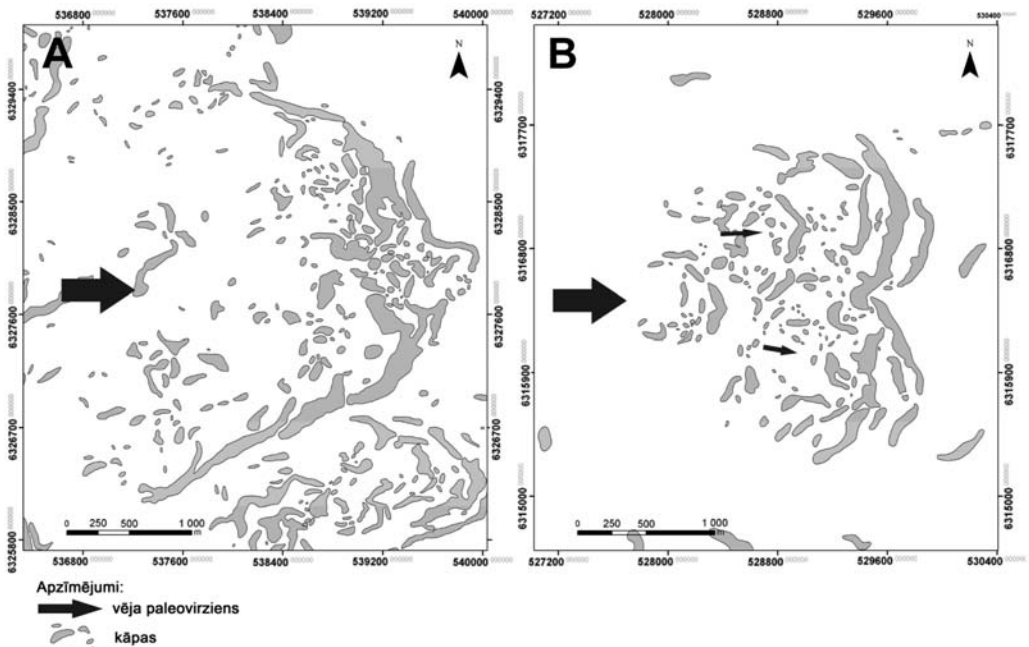
4. att. Kāpu izplatības karte Ropažu līdzenuma austrumu daļā. Apzīmējumus sk. 3. att.
Fig. 4. Map of Distribution of the Aeolian Dunes in the Eastern Part of the Ropaži Plain

Gar Ropažu līdzenuma austrumu robežu virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem ir izplatīti pēdējā leduslaikmeta morēnas nogulumi. Šo glaciālo nogulumu virsma ir pārskalota (Juškevičs, 2000). Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfisko karšu mērogā 1 : 10 000 (WMS datubāzes *kartes.geo.lu.lv* slānis TOPO 10K PSRS) informācija liecina, ka Ropažu līdzenuma ziemeļaustrumu daļā morēnas līdzenumu virsas augstums ir 37–45 m vjl. Šajā pētāmās teritorijas daļā iekšzemes kāpas visbiežāk atrodas hipsometriski augstāk par šiem pārskalotajiem glaciģēnajiem līdzenumiem. Savukārt pārējās pētāmās teritorijas daļās morēnas nogulumu virsmas maksimālais augstums mainās no 36 līdz 65 m vjl., bet tikai dažviet tas sasniedz 76–78 m vjl. Vērojot kāpu un morēnas reljefa savstarpējo izvietojumu (3., 4. att.), iespējams konstatēt, ka vietās, kur izplatīti morēnas līdzenumu iecirkņi, kāpas praktiski nav sastopamas. Eolie smiltāji ir aprakuši arī Mazo Kangaru proksimālo galu. Tas ļauj secināt, ka virs morēnas līdzenumiem kāpas nav veidojušās un, iespējams, tie agrāk sāka apaugt ar veģetāciju augstāka hipsometriskā novietojuma un dabiskās drenāžas dēļ un tādējādi kļuva par šķēršļiem materiāla eolajam transportam un kāpu veidošanās procesam.

Ropažu līdzenuma kāpu grupas ir izvietojušās joslveidā (3., 4. att.). E. Grīnbergs (1957) Latvijas piekrastes litoloģiski ģeomorfoloģiskajā kartē Ropažu līdzenuma iekšzemes kāpas attēlo kā veidojumus, kas stiepjas paralēli Baltijas ledus ezera maksimālās izplatības krasta līnijai. Taču patiesībā pētāmajā teritorijā kopā ir saskatāmas četras izteiksmīgas kāpu grupu joslas, kuras nav pilnīgi paralēlas nevienai no seno baseinu krasta līnijām. Visticamāk, ka E. Grīnberga (1957) paustais viedoklis ir balstīts uz tajā laikā pieejamo kartogrāfisko materiālu, kas neļāva iegūt pietiekami augstas detalitātes datus. Ja kāpas būtu veidojušās seno pieledāja baseinu stadiju pastāvēšanas laikā, tad tās būtu orientētas paralēli vai subparalēli šo baseinu stadiju krasta līnijām. Taču tās vērstas šķērsām seno Baltijas ledus ezera stadiju vai fāžu karsta līnijām. Tas liecina, ka šīs kāpas nav veidojušās seno baseinu ūdens līmeņa stabilizācijas posmos, bet gan to regresijas laikā vai pat vēlāk.

Tā kā paraboliskās kāpas ir lokveida kāpu grēdas, kuru lokveida ieliekums ir vērstš valdošo vēju virzienā (Danilans, 1973), tad pēc kāpu morfoloģijas ir iespējams rekonstruēt kāpu veidošanās laikā valdošo vēju virzienus (5. att.). Ropažu līdzenumā esošo parabolisko kāpu veidošanās laikā valdošie vēja paleovirzieni bija R–ZR. Eolo nogulumu granulometriskā sastāva pētījumi liecina, ka kāpas galvenokārt sastāv no smalkgraudainas smilts un dažviet ar vidējgraudainas smilts slāņmiju – tas ļauj secināt, ka kāpu veidošanās laikā valdošo vēju ātrums ir bijis vismaz 4,5–6,7 m/s (lēns līdz mērens vējš), retāk sasniedzot 8,4 m/s (mēreni stiprs vējš). Kāpu iekšējās uzbūves pētījumi – slīpslāņojuma krituma leņķu un azimutu mērījumu dati – apstiprina rezultātus, kas iegūti vēja paleovirzienu rekonstrukcijās pēc kāpu morfoloģijas. Taču daži slīpslāņojuma mērījumu rezultāti ir pretrunā ar vēju virzienu rekonstrukciju pēc kāpu morfoloģijas. Tas liecina, ka kāpas ir veidojušās ne tikai valdošo vēju ietekmē, bet arī piezemes slāņa lokālo gaisa plūsmu ietekmē.

Eolo nogulumu atsegumos novērotās uzbūves īpatnības – dažāda frakcijas izmēra smilts nogulumu slāņmija – ļauj secināt, ka kāpu veidošanās laikā pastāvēja zināms vēja cikliskums, kas izpaudās kā periodiska vēja ātruma palielināšanās vai arī virziena izmaiņas.



5. att. Ropažu līdzenuma kāpu izplatības kartes fragmenti

Tajos attēlotas paraboliskās kāpu grupas un vēja paleovirzienu rekonstrukcija pēc kāpu morfoloģijas (melnās bultas). A – kāpas 4 km A no Vangažiem, B – kāpas 8 km RZR no Ropažiem.

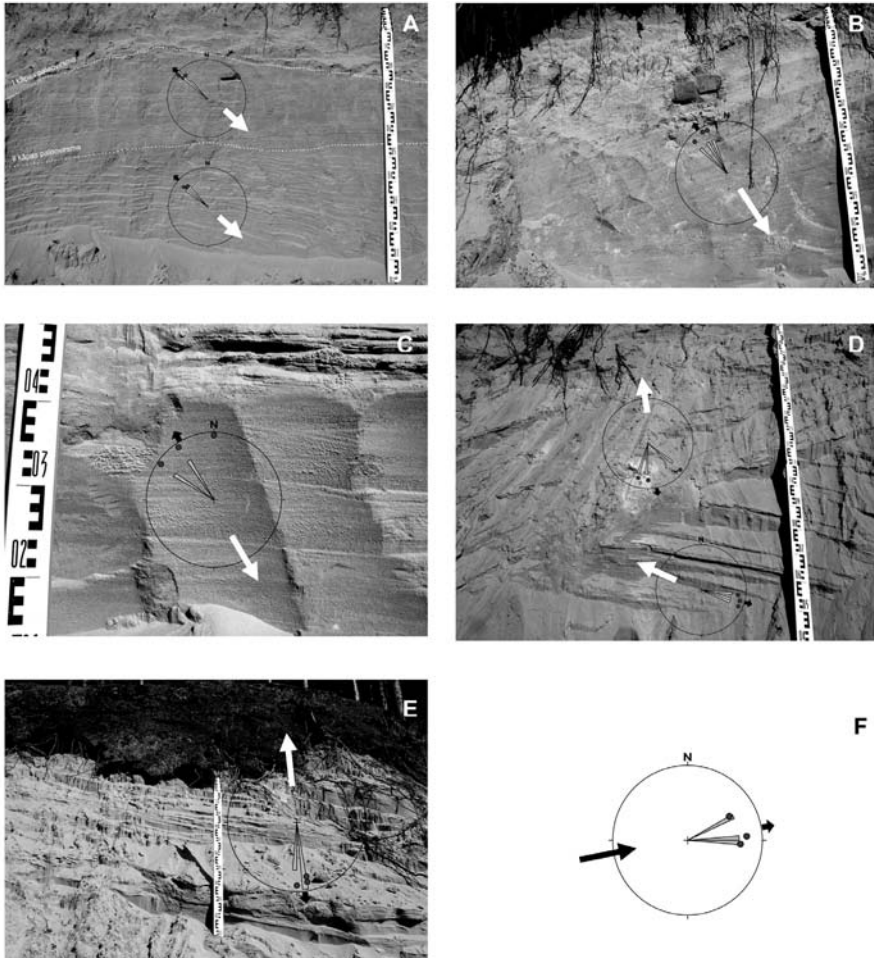
Fig. 5. Detail Showing the Distribution of the Aeolian Dunes in the Ropaži Plain with Respect to Arrangement of Parabolic and Modified Parabolic Dunes (Shaded Contours) and Reconstruction of Wind Paleodirection (Black Arrows)

A – Dunes 4 km E of the Vangaži Town; B – Dunes 8 km WNW of the Ropaži Village.

Literatūras avotos (Reineck and Singh, 1975) iegūtā informācija liecina, ka kāpas uzvēja nogāzes maksimālais krituma leņķis var sasniegt tikai 15° . Tomēr par drošu kritēriju kāpas aizvēja nogāzes diagnosticēšanai tiek uzskatīts krituma leņķis 34° (Herrmann, 2006). Vēja virziena maiņas un deflācijas ietekmē kāpu priekšējās nogāzes var sasniegt sausas smilts dabīgā nobiruma leņķi, t. i., $23\text{--}24^\circ$. Tātad, ja eolo nogulumu slīpslāņoto sēriju krituma leņķis ir lielāks par 34° , tad tā ir kāpas aizvēja nogāze.

Karjerā pie Skuķīšiem mērījumu vietas Nr. 1 un 2 atrodas divās dažādās slāņkopās, kuras uzguļ viena virs otras. Aplūkojot šo eolo nogulumu atsegumu (6. A att.), vizuāli var pamanīt, ka abas slāņkopas atšķiras ar slāņojuma raksturu. Šajā eolo nogulumu atsegumā var redzēt divas kāpu paleovirsmas. Atseguma sienas plakne diemžēl nesakrīt ar eolo nogulumu uzkrāšanās vides dinamikas virzienu, tāpēc tikai mērījumu rezultāti (2. tab.) ļauj spriest, ka abos gadījumos eolajai smiltij raksturīga slīpslāņota tekstūra, jo pārsvarā dominē $20\text{--}28^\circ$ slāņu krituma leņķis, kas raksturīgs kāpas pretvēja nogāzei. Iegūtie slīpslāņojuma mērījumu rezultāti karjerā pie Skuķīšiem mērījumu vietās Nr. 1 un 2 (2. tab.) liecina, ka kāpas smilts nogulumu

slīpslāņotās sērijas slāņkopā krīt galvenokārt ziemeļrietumu virzienā. Šajā gadījumā pieļaujams slēdziens, ka vēja virziens šo slāņkopu veidošanās laikā ir bijis no ziemeļrietumiem uz dienvidaustrumiem. Šie abi vēja paleovirzieni, kas iegūti pēc slīpslāņojuma mērījumu datiem, apstiprina vēja paleovirziena rekonstrukciju pēc kāpu morfoloģijas.



6. att. Eolo nogulumu tekstūras karjera pie Skuķīšiem ziemeļu sienā slāņa sagulumu mērījumu vietās Nr. 1, 2 (A), Nr. 3 (B), Nr. 4 (C), Nr. 5, 6 (D), Nr. 7 (E), Nr. 8 (F) un mērījumu vizualizācijas ar sektordiagrammu un punktveida diagrammu apvienotajām diagrammām
Diagrammu baltās bultas (F – melnā bulta) norāda vēja paleovirzienus.
Mērījumu rezultātus sk. 2. tabulā.

*Fig. 6. Textures of the Aeolian Sediments in the Gravel Pit at Skuķīši in Measurement Sites of Aeolian Cross-Bedded Series No. 1, 2 (A) No. 3 (B), No. 4 (C), No. 5, 6 (D), No. 7 (E), No. 8 (F) and Measurements Visualization with Pie and Point Diagrams
White arrows (F - black arrow) of diagrams show wind paleodirections.
Results of measurements – table 2.*

Tā kā eolās ģenēzes slāņkopas, kurā atrodas mērījumu vieta Nr. 3, slīpslāņojums krīt 9–14° ziemeļrietumu virzienā (6. B att.), kas raksturīgs kāpas pretvēja nogāzei, iespējams, ka šīs slāņkopas veidošanās laikā dominējošais vēja virziens, līdzīgi kā mērījumu vietās Nr. 1 un 2, ir bijis no ziemeļrietumiem uz dienvidaustrumiem.

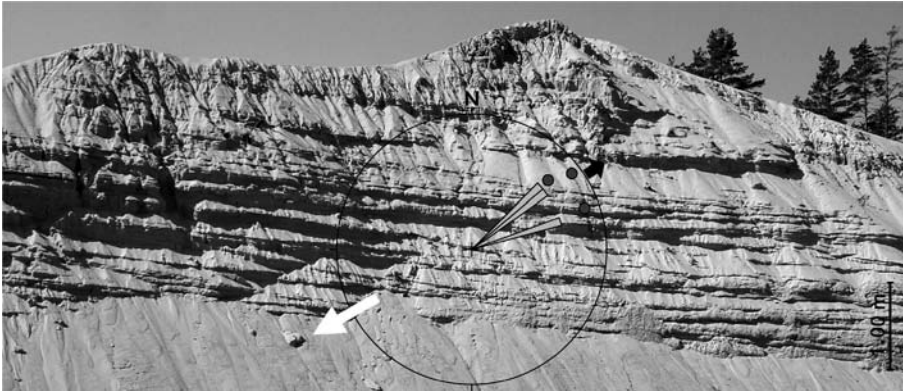
Līdzīgi var interpretēt arī mērījumu vietā Nr. 4 veikto slīpslāņojuma mērījumu rezultātus (6. C att.), kas liecina, ka šo nogulumu uzkrāšanās laikā vēja virziens ir bijis no ziemeļrietumiem uz dienvidaustrumiem.

Savukārt mērījumu vietas Nr. 5 un Nr. 6 atrodas divās dažādās slāņkopās, kuras uzguļ viena virs otras. Vizuāli var konstatēt (6. D att.) abu slāņkopu savstarpēji atšķirīgos saguluma apstākļus, ko atspoguļo arī krituma leņķu un azimutu mērījumi (2. tab.). Mērījumu vietas Nr. 5 eolo nogulumu slīpslāņotās sērijas stāvā leņķī, kas raksturīgs kāpas pretvēja nogāzei, krīt dienvidu virzienā. Tas norāda, ka šīs slāņkopas veidošanās laikā vēja paleovirziens ir bijis no dienvidiem. Savukārt pagulslāņa, kurā atrodas mērījumu vieta Nr. 6, slīpslāņojums krīt galvenokārt ADA virzienā 11–19° lielā leņķī, kas arī raksturīgs kāpas pretvēja nogāzei. Tātad šīs slāņkopas veidošanās laikā smiltis ir transportētas virzienā no ADA. Tādējādi 6. D attēla mērījumu vizualizācijas diagrammas uzskatāmi parāda, ka šīs slāņkopas veidošanās sākumā ir bijis ADA vēja virziens un šajā laikā uzkrājās attēla apakšējā slāņkopa, bet virs tās esošās slāņkopas veidošanās laikā vēja virziens ļoti krasi mainījās – vēja paleovirziens ir bijis no dienvidiem. Šādi apstākļi varēja veidoties paraboliskās kāpas ragos, kur var būt atšķirīgi lokāli vēja virzieni (Bridge and Demicco, 2008). Kopumā pastāv liela iespēja, ka iegūtie rezultāti varētu lielā mērā atspoguļot lokālos vēja virzienus gaisa piezemes slānī kāpas veidošanās laikā. Faktiskā materiāla kartē (1. B att.), var redzēt, ka uz ZZR no mērījumu vietām Nr. 5 un 6 ir izveidojusies ieplaka. Iespējams, šajā ieplakā ir veidojušies virpuļveida lokālie vēji, kuru ietekmē ir uzkrājušies eolo nogulumu slāņkopas nogulumi.

Tā kā mērījumu vietas Nr. 7 eolo nogulumu slīpslāņotās sērijas krīt aptuveni dienvidu virzienā līdz pat 22° stāvā leņķī, kas ir raksturīgs kāpas pretvēja nogāzei, tad iespējams, ka šo eolo nogulumu slāņkopas uzkrāšanās laikā vēja paleovirziens bija aptuveni no dienvidiem uz ziemeļiem (6. E att.). Slīpslāņojuma mērījumu dati ir pretrunā ar vēja paleovirziena rekonstrukciju pēc kāpu morfoloģijas. Šī pretruna, iespējams, izskaidrojama ar to, ka tekstūru mērījumu dati varētu atspoguļot lokālās vēja plūsmas gaisa piezemes slānī vai no deflācijas ieplakām, kā arī iespējamo eolās smiltis izgulsnēšanos uz slīpas virsmas.

Tā kā mērījumu vietā Nr. 8 slīpslāņoto sēriju slāņu krituma leņķis vienā no mērījumiem ir lielāks par 34°, tas ļauj spriest, ka tā ir kāpas aizvēja nogāze. Šīs eolo nogulumu slīpslāņotās sērijas krīt galvenokārt austrumu virzienā, un tas liecina, ka vēja paleovirziens šīs slāņkopas veidošanās laikā bija no rietumiem uz austrumiem (6. F att.).

Mērījumu vietā Nr. 9, kura atrodas Kangarīšu karjerā, iekšzemes smiltis kāpas slīpslāņotās sērijas krīt galvenokārt AZA virzienā 8–25° leņķī (7. att.). Slīpslāņojuma krituma leņķa lielumi norāda, ka šī mērījumu vieta atrodas kāpas pretvēja nogāzē. Tātad šīs kāpas veidošanās un eolo nogulumu uzkrāšanās laikā vēja paleovirziens bija no AZA uz RDR.



7. att. Eolo nogulumu tekstūras Kangarīšu karjerā, slāņa sagulumu mērījumu vietā Nr. 9 un mērījumu vizualizācijas ar sektordiagrammu un punktveida diagrammu apvienotajām diagrammām

Diagrammas baltā bulta norāda vēja paleorirzienu. Mērījumu rezultātus sk. 2. tabulā.

Fig. 7. Textures of the Aeolian Sediments in the Gravel Pit at Kangarīši in Measurement Site of Aeolian Cross-Bedded Series No. 9 and Measurements Visualization with Pie and Point Diagrams

Black arrow of diagram show wind paleodirection. Results of measurements – table 2.

Eolo sēriju lielos krituma leņķus (ap 34°) parasti uzskata par liecību, kas ļauj secināt, ka kāpu veidošanās laikā ir bijusi salīdzinoši liela kāpu veidojošā materiāla pieneise (Bridge and Demicco, 2008; Pye and Tsoar, 2009). Veiktajā pētījumā eolās ģenēzes nogulumu slāņu sagulumu elementu mērījumu rezultāti pārsvarā uzrāda slīpslāņoto sēriju krituma leņķus, kas nesasniedz minēto lielumu. Iespējams, tas skaidrojams ar klimatisko apstākļu specifiku leduslaikmeta beigu posmā (French, 2007), kad veidojās relatīvi plāns eolajam transportam pieejamais smilts slānis un kāpu veidošanās norisa salīdzinoši lēni un sezonāli mainīgos apstākļos.

Kāpu smilts datēšanas rezultāti, kas iegūti ar OSL metodi, liecina, ka eolie nogulumi ir sākuši uzkrāties tikai vēlā driasa laikā. Šāds iekšzemes kāpas vecums norāda uz eolo procesu aktivizāciju leduslaikmeta beigu posmā. Putekšņu analīzes dati (Segliņš, 2002) liecina, ka klimats vēlā driasa klimatiskajā laikposmā laikā bijis ne tikai auksts, bet arī sauss. Vēlajā jeb augšējā driasa klimatiskie apstākļi pasliktinājās un apraktā ledus kušanas tempi samazinājās. Augājs ieguva meža tundras veidolu, bet Baltijas valstu ziemeļos valdošos apstākļus un augāju var raksturot kā tundru (Segliņš, 2002). Datētais eolo nogulumu vecums un vēlā driasa klimatisko laikapstākļu raksturojums ļauj secināt, ka Ropažu līdzenuma paraboliskās kāpas ir veidojušās periglaciālos apstākļos.

Secinājumi

Senās iekšzemes kāpas Viduslatvijas zemienes Ropažu līdzenumā ir veidojušās periglaciālos apstākļos.

Eolie nogulumi ir sākuši uzkrāties tikai vēlā driasa laikā.

Iekšzemes kāpas nav veidojušās seno baseinu stabilizācijas posmos, bet gan to regresijas laikā vai pat vēlāk.

Parabolisko kāpu veidošanās laikā valdošie vēja paleovirzieni bija no rietumiem un ziemeļrietumiem.

Iekšzemes kāpu veidošanās laikā valdošo paleovēju ātrums ir bijis vismaz 4,5–6,7 m/s (lēns līdz mērens vējš), retāk sasniedzot 8,4 m/s (mēreni stiprs vējš).

Iekšzemes kāpas Ropažu līdzenumā ir veidojušās ne tikai valdošo vēju ietekmē, bet arī gaisa piezemes slāņa lokālo vēju ietekmē.

Iekšzemes kāpu veidošanās laikā pastāvēja zināms vēja cikliskums, kas izpaudās kā periodiska vēja ātruma palielināšanās vai arī virziena izmaiņas.

Iekšzemes kāpu veidošanās laikā ir bijusi salīdzinoši liela kāpu veidojošā materiāla piesene.

Lai iegūtu precīzāku iekšzemes kāpu veidošanās hronoloģiju, ir nepieciešams veikt jaunus eolo nogulumu datējumus.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Bartoša T., Daņilāns I. (1961) Ledus laikmeta beigu posma un pēcleodus laikmeta nogulumu ģenētiskie tipi un to veidotās reljefa formas. No: Krilova Ņ. (red.) *Latvijas PSR ģeoloģija*. Rīga, Zinātņu akadēmijas izdevniecība, 177.–179. lpp.
- Bridge J., Demicco R. (2008) *Earth Surface Processes, Landforms and Sediment Deposits*. Cambridge, Cambridge University Press. 815 p.
- Bušs M. (1960) *Latvijas kāpu smiltāji un to apmežošana*. Rīga, Latvijas Valsts izdevniecība. 142 lpp.
- Danilans I. (1973) *Четвертичные отложения Латвии*. Rīga, Zinatne. 312 s.
- Eberhards G. (2003) *Latvijas jūras krasti. Morfoloģija. Uzbūve. Mūsdienu procesi. Monitorings. Prognozes. Aizsardzība*. Rīga, Latvijas Universitāte. 296 lpp.
- French H. (2007) *The Periglacial Environment*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Chichester. 458 p.
- Geomorfologija 1981 500K. *Latvijas PSR ģeomorfoloģiskā karte mērogā 1 : 50 000*. LU ĢZZF WMS. [Skatīts 27.04.2010.] Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>
- Grinbergs E. (1957) *Позднеледниковая и послеледниковая история побережья Латвийской ССР*. Rīga, Izdatelstvo Akademii nauk Latviiskoi SSR. 121 c.
- Herrmann H. J. (2006) Aeolian Transport and Dune Formation. *Lecture Notes in Physics, 705, Modelling Critical and Catastrophic Phenomena in Geoscience*. Berlin, Heidelberg, Springer, 363–386.
- Juškevičs V. (2000) Kvartāra nogulumi. No: Āboltiņš O., Kuršs V. (red.) *Latvijas ģeoloģiskā karte, mērogs 1 : 200 000*, 43. lapa – Rīga, 53. lapa – Ainaži, paskaidrojuma teksts un kartes. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests, 10.–31. lpp.
- LVGD Kvartargeoloģija. *Valsts Ģeoloģijas Dienesta Kvartāra nogulumu karšu mozaīka mērogā 1 : 200 000*. LU ĢZZF WMS. [Skatīts 16.03.2010.] Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>

- LVGP Kvartargeologija. *Latvijas PSR Ģeoloģijas pārvaldes kvartāra nogulumu karšu mozaīka mērogā 1 : 200 000*. LU ĢZZF WMS. [Skatīts 16.03.2010.] Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>
- Meirons Z., Yushkevichs V. (1984) Chetvertichnye otlozheniya. V: Misans, Ya. (red.) *Ģeologiya Latviiskoi SSR*. Rīga, Zinatne, s. 89–116.
- Segliņš V. (2002) *Holocēna nogulumu stratigrāfija Latvijā*. Rīga, Latvijas Universitāte. 255 lpp.
- Straume Ya. (1979) Sovremennyi relief Latvii. V: Misans, Ya. (red.) *Ģeologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye Latvii*. Rīga, Zinatne, s. 302–427.
- Šķiņķis P. (1998) Ropažu līdzenums. No: Kvarcs G. (red.) *Latvijas daba: enciklopēdija*, 5. sēj. Rīga: Prese Nams. 254 lpp.
- TOPO 10K PSRS. *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1 : 10 000*. LU ĢZZF WMS. [Skatīts 16.03.2010.] Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>
- TOPO 25K63g PSRS. *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 63. gada sistēmas topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1 : 25 000*. LU ĢZZF WMS. [Skatīts 16.03.2010.] Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>
- ORTOFOTO 3. *LGIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka*. LU ĢZZF WMS. [Skatīts 16.03.2010.] Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>
- Pye K., Tsoar H. (2009) *Aeolian sand and sand dunes*. 2nd ed. Berlin, Springer. 458 p.
- Reineck H.-E., Singh I. B. (1975) *Depositional Sedimentary Environments*. With Reference to Terrigenous Clastics. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag. 551 p.
- Veinbergs I. (1964) Morfoloģija i dinamika beregov Baltiiskogo lednikovogo ozera na poberezhe Latviiskoi SSR. In: Danilans I. (ed.) *Voprosi chetvertichnoi geologii III*. Rīga, Izdatelstvo Akademii nauk Latviiskoi SSR, s. 331–369.

Summary

The research deals with problems of distribution, spatial arrangement, morphology and peculiarities of the formation of ancient sand dunes in the territory located between the Daugava and Gauja rivers. These are older dunes that were formed by wind action some 11.3–12.3 ka OSL years ago. The spatial arrangement, morphology and hypsometric position of aeolian formations were served as a main source of information for reconstruction of the paleogeographic environment, particularly changes in directions of palaeowinds and drainage conditions in the territory of the tilted plain.

Keywords: inland dunes, Silciems ice-dammed lake, Baltic Ice Lake, palaeowind directions.

Praulienas pauguraines ledāja reljefa morfoloģija un deglaciācija

Glacial Morphology and Deglaciation of the Prauliena Hummocky Area

Artūrs Putniņš

Latvijas Universitāte
Raiņa bulv. 19, Rīga, LV-1050
E-pasts: ap07038@lanet.lv

Iegūtie rezultāti balstās uz reljefa morfoloģiskās un struktūrģeoloģiskās analīzes metodēm un nogulumu vecuma noteikšanu ar optiski stimulētās luminiscences (OSL) metodi. Tie liecina, ka ledus biezuma samazināšanos pavadīja ledus stagnācija Lubāna loba laterālajā daļā. Tā radīja spriegumu uzkrāšanos un izlādi kontaktzonā starp aktīvo un stagnanto ledū. Ledāja loba sānos – stagnantā ledus atšķelšanās vietās – radās marginālās bīdes morēnas. Tām ir morfoloģiska sasaiste ar gala morēnas atkārtotas deformācijas parādībām. Pavisam paugurainē atrodamas 3 marginālās bīdes morēnas. Kopumā tas liecina par ledāja recesionālu aprīmšanu ledus loba laterālajā daļā, ko pavadīja tā gala īslaicīgas oscilācijas.

Atslēgvārdi: ledāja morfoloģija, glaciotekonika, OSL datējumi, Lubāna ledus lobs, ledāja malas veidojumi, marginālās bīdes morēna.

Ievads

Praulienas pauguraine atrodas Austrumlatvijas zemienes Aronas paugurlīdznuma austrumu daļā. Tā ir ģeomorfoloģiski sarežģīta teritorija, kas stiepjas gar Vidzemes augstienes dienvidaustrumu nogāzi. Paugurainei ir trapeces veida forma, kas stiepta A–ZA un R–DR virzienā. Pauguraines garums sasniedz 18 km, bet platums – 8–10 km. Pauguraini no Vidzemes augstienes perifēriālās zonas malas veidojumiem nodala salikta vairāklīmeņu erozijas un akumulācijas kēmu terase, glaciofluviālie veidojumi (deltas un izneses konusi), kā arī laterālā ledājkūšanas ūdeņu noteces ieleja, kas dažreiz tiek dēvēta par Madonas pazeminājumu (Zelčs, 1997). Kēmu terases augstākie līmeņi ir veidojušies kā laterālās noteces ielejas (Dauškans un Zelčs, 2008).

Pēc hipsometriskā novietojuma Praulienas paugurainē var nošķirt divas daļas. Dienvidu daļa aizņem hipsometriski zemāko līmeni – 110–147 m, bet ziemeļu daļa atrodas no 135 m līdz gandrīz 160 m vjl. Augstākais Praulienas pauguraines virsmas punkts ir Salājkalns. Tas atrodas pauguraines ziemeļrietumu daļā un sasniedz 158,8 m vjl.

Pauguraini no rietumos esošā Madonas–Trepes galamorēnas vaļņa šķir topogrāfiski labi izteiktā Dūku–Svētes ieklaka. Tālāk uz ziemeļiem robeža ar šo valni ir grūti izsekojama. Vietām to pietiekami iezīmē nelielas, paralēli valnim

stieptas ezeru katlienes, kas savienotas ar šauriem, iegareniem, bieži pārpuvotiem pazeminājumiem, kā arī Madonas–Trepes vaļņa paugurgredu reljefa nomaiņa ar vienkāršiem vai dažādas formas saliktiem pauguriem. Austrumos pauguraine robežojas ar Meirānu līdzenumu. Šo robežu iezīmē izteikta ledus kontakta nogāze. Savukārt pauguraines dienvidu robežu ar Aiviekstes flūtingu lauku fiksē marginālās bīdes morēnas paugurgreda (atšķelšanās valnis – pēc Meirons et al., 1976 piedāvātās terminoloģijas), kas stiepjas starp Ļaudonu un Siliem.

Kaut arī Praulienas paugurainei ir liela nozīme Gulbenes deglaciācijas fāzes ledāja malas veidojumu (Madonas–Trepes valnis) kompleksā (Āboltiņš et al., 1972; Meirons et al., 1976), kā arī tur sastopama ledāja reljefa formu liela daudzveidība un to veidojošo nogulumu dažādība, šī teritorija agrāk nav bijusi padziļinātas zinātniskās izpētes objekts. Par paugurainē sastopamajām reljefa formām un kvartāra nogulumu izplatību ir atrodamas tikai fragmentāras ziņas, taču līdz pat šim brīdim nepastāv vienots vai zinātniski argumentēts viedoklis par teritorijas veidošanās apstākļiem. Šo iemeslu dēļ agrāk pauguraine ir pieskatīta pie Vidzemes augstienes, taču pēdējos gados to uzskata par piederīgu Austrumlatvijas zemienei. Lielākā daļa detaļu ģeoloģisko pētījumu, kas līdz šim veikti pauguraines teritorijā, ir saistīti ar intensīvu saimnieciskās darbības attīstību 20. gs. vidū, kad paugurainē sastopamos kvartāra nogulumus sāka atzīt par potenciālām derīgo izrakteņu ieguves vietām.

Pētījuma mērķis ir apzināt un sistematizēt Praulienas pauguraines teritorijā sastopamo reljefa formu morfoloģisko daudzveidību, izprast šo reljefa formu veidošanās apstākļu galvenās likumsakarības, to savstarpējās atšķirības, izziņāt tur sastopamo reljefa formu veidošanās secību, kā arī apzināt ledāja reljefa veidošanās kopsakarības ar paugurainei piegulošo Madonas–Trepes gala morēnas valni.

Agrākie pētījumi

Praulienas pauguraines teritorijas ģeoloģiskās izpētes aizsākumi meklējami 20. gs. 60. gados veiktajā PSRS vispārīgajā ģeoloģiskajā kartēšanā. Plaša informācija par kvartāra nogulumu izplatības raksturu ir iegūstama no sastādītā kartogrāfiskā materiāla – shematiskās ģeomorfoloģiskās kartes (Suļimov, 1962) un kvartāra nogulumu biezuma kartes (Juškevičs, 1962). Šie dati ir paugurainei piegulošā Madonas–Trepes vaļņa glaciomorfoloģiskā pētījuma pamatā (Jaunputniņš un Pliuna, 1965). A. Jaunputniņš un S. Pliuna (1965) uzskata, ka Madonas–Trepes valnis un Praulienas paugurvalnis ir radušies galvenokārt aprimuša ledāja apstākļos kā plaisu aizpildījuma tipa formējumi. Tāpēc tajos dominē kēmu reljefs, ko pavada stipri saposmots morēnas reljefs. Pēdējais aizņem pauguraines teritorijas ZA daļu (ibid.). Tādējādi minētie autori uzskata, ka visi teritorijā izplatītie ledāja kušanas ūdeņu nogulumi ir uzkrājušies ledāja deglaciācijas fāzē aprimuša ledus apstākļos.

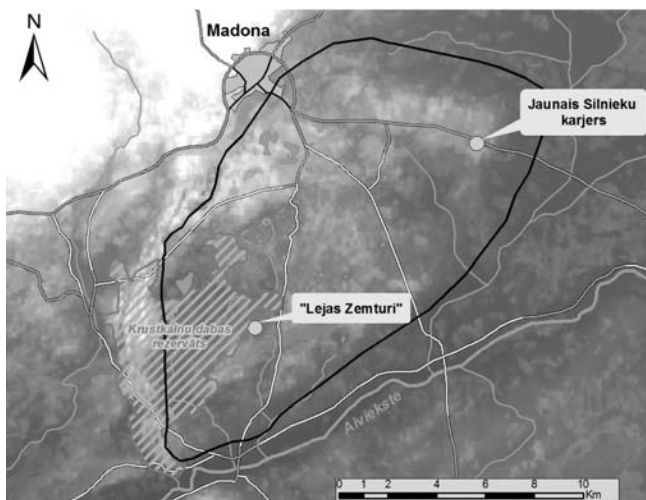
Meirons et al. (1976) Praulienas pauguraines teritorijas ziemeļu daļu traktē kā iekšledāja ģenēzes reljefa formu izplatības apgabalu, kā arī Aiviekstes atšķelšanās valni dienvidu daļā, kas šajā darbā tiek saukts par Silu–Ļaudonas paugurgredu. Tikai vēlāk tika konstatēts, ka blakusteritorijā, piemēram, Madonas–Trepes valnī (Federe et al., 1992) un flūtingu vaļņos (Zelčs, 1987), raksturīgas glaciotektoniskās deformācijas, kas liecina par aktīvu ledāja darbību un pierāda zemledāja izcelsmes reljefa formu klātesamību (Zelčs, 1993). Federe un citi pētnieki (1992) pārskatam par Krustkalnu rezervātu pievienotajā morfoloģiskajā un ģeomorfoloģiskajā kartē

interpretēt rezervātam piegulošās Praulienas pauguraines daļu pārsvarā kā subglaciālas izcelsmes veidojumu, kas radies kontaktjoslā starp aktīvu un pasīvu ledu ledāja mēles malas zonā.

Atjaunotās šī paša mēroga ģeoloģiskās kartes, kas arī ietver pauguraines teritoriju, un paskaidrojošais teksts ir sagatavots 2003. gadā (Juškevičs un Skrebels, 2003). Taču šajos materiālos nav jaunas kvalitātes informācijas par Praulienas pauguraini un tās veidošanās apstākļiem. Tāpat teritorijā nav veikta 1 : 50 000 mēroga detalitātes ģeoloģiskā kartēšana. Tāpēc salīdzinājumā ar daudziem citiem Latvijas novadiem pauguraines teritorijas ledāja veidojumi ir salīdzinoši vāji izpētīti.

Materiāli un metodes

Dati par ledāja reljefa formu uzbūvi iegūti, veicot pleistocēna noguluma saguluma apstākļu pētījumus jaunajā Silnieku karjerā pauguraines ziemeļaustrumu daļā un karjerā „Lejas Zemturi” pauguraines dienvidu daļā (1. att.). Silnieku karjerā tika veikti smilts slāņa slīpslāņoto sēriju virziena un krituma leņķu mērījumi. Lejas Zemturu karjerā tika mērīta deformētajos smiltis nogulumos izplatīto bīdes zonu telpiskā orientācija. Mērījumos izmantots *SILVA RANGER* ģeoloģiskais kompass un alumīnija plāksnīte slāņu saguluma elementu mērījumiem. Precīzu pētījuma vietas koordinātu noteikšanai sākotnēji izmantots *Magellan Meridian Platinum*, bet turpmākajos pētījumos – *Magellan Triton 2000* GPS uztvērējs. Atsegumi fotografēti ar digitālo fotokameru *FUJIFILM FinePix S7000*. Mēroga nodrošināšanai fotogrāfijās lietota 5 m gara nivelēšanas lata ar gradāciju 10 mm.



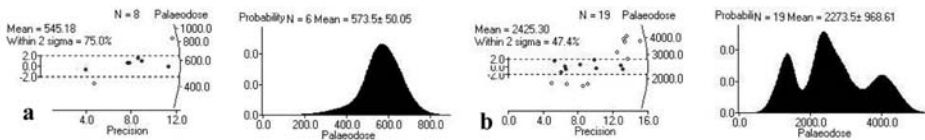
1. att. Pētāmās teritorijas un pētījuma vietu novietojums

Karte sastādīta, izmantojot *GIS Latvia 9.2*. un *NASA SRTM DEM* datus.
Melnā kontūra – pētāmā teritorija, ievītrotā kontūra – Krustkalnu rezervāts.

Turpmāko lauka pētījumu gaitā abos minētajos karjeros tika noņemti smiltis paraugi nogulumu vecuma noteikšanai ar OSL metodi. Kopskaitā tika noņemti

3 smilts paraugi – 2 jaunajā Silnieku karjerā un 1 Lejas Zemturu karjerā. Lai nodrošinātu analizēm atbilstošas paraugu kvalitātes prasības, paraugu noņemšanai tika izmantots netraucētu cietās grunts paraugu noņemšanas komplekts nogulumu absolūtā vecuma noteikšanai, kā arī fotomaiss paraugu aizsardzībai no Saules gaismas iedarbības. Paralēli urbšanas darbiem no konkrētās paraugošanas vietas tika ievākti arī smilts paraugi, lai noteiktu parauga dabisko (beta) radioaktivitāti, kas ir svarīgi turpmākām analizēm laboratorijas apstākļos.

OSL vecums tika noteikts Helsinku Universitātes Somijas Dabas vēstures muzeja datēšanas laboratorijā. Paraugu optiski stimulētās luminiscences doza tika nolasīta, izmantojot *Risø TL-DA-12* nolasītāju un balstoties uz vienkāršās bezatlikuma reģenerācijas (*Single Aliquot Regeneration – SAR*) protokolu (Murray, Wintle, 2000). Pēc dozas nolasīšanas un histogrammu sastādīšanas aprēķināts datēto nogulumu vecums (OSL gados) un noteikta konkrētā datējuma metodes pieļaujamā kļūda. Silnieki_02 datējuma gadījumā (2. b att.) paleodozas histogrammā ir redzami 3 izteikti mērījumu rezultātu maksimumi, kas arī nosaka datējuma vecuma galarezultāta (49 ± 22 tūkst. OSL g.) pieļaujamo kļūdu. Precīzus datējuma kļūdas iemeslus minēt ir grūti, taču, iespējams, tie saistīti ar nelielu materiāla transportēšanas attālumu, ātru nogulsnešanu un aprakšanu vai arī ar lokālu materiāla pārgulsnešanu zemledāja vai iekšledāja apstākļos.



2. att. Paleodozas histogrammas: a – normāls sadalījums; b – datējuma „Silnieki_02” trimodāls sadalījums

Avots: Eskola, 2009.

Pētījumā tika veikti oļu garenasu orientācijas mērījumi smilts nogulumus pārsedzošajā morēnas slānī jaunā Silnieku karjera D sienā, kā arī Lejas Zemturu karjerā esošā skatrakuma DA sienā.

Kamerālo darbu gaitā tika veikta iegūto datu (slīpslāņojuma, pārrāvuma deformāciju un oļu garenasu orientācijas) statistiskā apstrāde ar datorprogrammu *StereoNet 3.03*.

Praulienas pauguraines ģeomorfoloģiskā karte ir balstīta uz morfoloģiskās analīzes un ledāja nogulumu izplatības un iekšējās uzbūves materiālu sintēzi, kā arī uz jaunākajiem atsevišķu reljefa formu ģenētiskās interpretācijas pētījumiem (piemēram, Saks, 2010; Stokes and Clarke, 2002a, b). Šī ģeotelpiskā analīze tika veikta ESRI ĢIS programmā *ArcMap 9.2*, balstoties uz lielmēroga (M 1 : 10 000 un 1 : 25 000) topogrāfiskām kartēm, kas pieejamas Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un ģeomorfoloģijas katedras *wms* karšu serverī kartes.geo.lu.lv. Diemžēl LĢIA digitālais zemes virsmas (augstuma) modelis un citi pasaules tīmeklī pieejamie digitālie zemes virsmas modeļi nevarēja tikt izmantoti, jo to izšķirtspēja neatbilst šī pētījuma detalitātei. Balstoties uz analīzi, tika sastādīta Praulienas pauguraines ģeomorfoloģiskā karte (7. att.).

Rezultāti

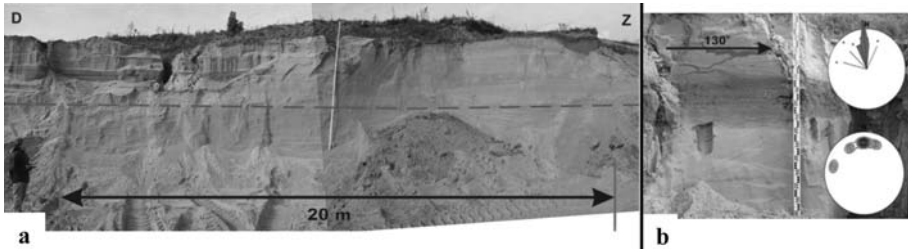
Pleistocēna nogulumi, to izplatība un zemmorēnas nogulumu OSL datēšanas rezultāti

Praulienas pauguraines ledāja reljefa formas veido tikai pēdējā (Vislas, Latvijas reģionālajā pleistocēna stratigrāfiskajā shēmā – Latvijas) apledojuma glaciģēnē un glacioakvālie nogulumi (Juškevičs, Skrebelis, 2002). Tos starppauguru ieplakās un ezeru katlienēs klāj holocēna kūdras, sapropeļa, saldūdens kaļķiežu un aluviālie nogulumi (ibid.).

Kvartāra, galvenokārt pleistocēna, nogulumu segas biezums ir mainīgs. Taču platības ziņā lielākajā teritorijas daļā tas ir vismaz 25–30 m. Kvartāra nogulumu biezums pieaug Vidzemes augstienes virzienā. Madonas pilsētas un Lazdonas apkārtnē, kā arī Madonas–Trepes valnim piegulošajā daļā tas sasniedz 60–70 m (Juškevičs, 1962). Kopumā kvartāra nogulumu pieaugums sakrīt ar subkvartāra iežu virsmas pacēlumu. Kā zināms no agrākiem citu autoru pētījumiem, šāds pamatiežu pacēlums veicina ledāja kustības ātruma samazināšanos un glaciģēno nogulu uzkrāšanos (Āboltiņš, 1975, 1989; Āboltiņš et al., 1975). Vēl viens šī nogulumu slāņa biezuma pieauguma faktors ir arī aprimuša ledus ķermeņa (Vidzemes augstienē) un aktīvā Lubāna ledus loba (Austrumlatvijas zemienē) saskares zonā notikušie sedimentācijas procesi teritorijas deglaciācijas laikā, bet it īpaši pleistocēna nogulumu sākotnējā biezuma lielmēroga pārdalīšana glaciotektonisko procesu ietekmē, par ko min O. Āboltiņš un V. Zelčs (1989).

Pauguraines hipsometriski augstākajā daļā ir izplatīti morēnas paugurmasīvi un kupolveida pauguri. Silnieku paugurmasīvu, tāpat kā pārējos pauguraines hipsometriski augstākajā daļā sastopamos paugurmasīvus un kupolpaugurus, klāj morēnas segkārtā, spriežot pēc morfoloģijas un veģetācijas (apauguma) rakstura un citām analoģijām. Tās biezums virsotņu dažādās daļās ir mainīgs. Tomēr ir novērojama likumsakarība, ka pret ledāja plūsmu vērstajās Silnieku paugurmasīva ziemeļu un ziemeļaustrumu nogāzēs morēnas nogulumu segkārtā ir biežāka nekā distālajās nogāzēs, kur tā vietām ir pārrauta. Morēnas nogulumi ir blīvi, un tiem raksturīga masīva tekstūra, vietām vērojama palielināta laukakmeņu koncentrācija, kas norāda, ka morēna veidojusies zemledāja gultnes apstākļos un pieder pie bazālās morēnas fācijām. Tomēr atsegumu dati, piemēram, Jaunajā Silnieku karjerā (3. a att.), liecina, ka morēnas paugurmasīvu un kupolpauguru kodolus veido glaciotektoniski deformēta vidējgraudaina smilts ar smalkas, vietām aleirītiskas smilts starpkārtām. Vecā Silnieku karjera ģeoloģiskās izpētes griezumos minēts, ka smilšaino nogulumu slāņkopas maksimālais biezums sasniedz gandrīz 30 m. Tomēr līdz šim nebija datu par šo nogulumu uzkrāšanās laiku. Tāpēc šajā pētījumā tika veikta nogulumu datēšana ar OSL metodi. Helsinku Universitātes Dabas vēstures muzejā datēšanas laboratorijā iegūtais nogulumu vecums paraugam Silnieki_01 ir $41,4 \pm 8,6$ tūkst. OSL gadu (Eskola, 2009). Līdz ar to tas liek domāt par šo nogulumu uzkrāšanos jau Vidusvislas (Lejasciema) interstadiāla laikā.

Lai noteiktu paleobasēinā eksistējošo straumju virzienu, karjera dienvidaustrumu sienā tika veikti diagonālā slīpslāņojuma mērījumi (3. b att.). Mērījumu rezultāti rāda, ka straumes interstadiāla laikā plūdušas gandrīz meridionālā virzienā – pārsvarā no D uz Z. Slīpslāņoto sēriju krituma azimuts vidēji ir 350° , bet vidējais krituma leņķis ap 27° . Diemžēl informāciju par senākiem straumju plūsmas virzieniem nav iespējams iegūt, jo dziļāk iegulošā slāņkopā ir glaciotektoniski deformēta.



3. att. a – Jaunā Silnieku karjera rietumu sienas atsegums. Pārtrauktā līnija norāda robežu starp apakšējo glaciotektoniski deformēto slāņkopu un augšējo pārsedzošo nedeformēto slāņkopu. b – Slīpslāņoto sērīju mērījumi jaunā Silnieku karjera dienvidaustrumu sienā. Rozes diagramma (augšējā) un izolīniju diagramma (apakšējā) parāda labi izteiktu maksimumu ar slāņu kritumu Z virzienā.

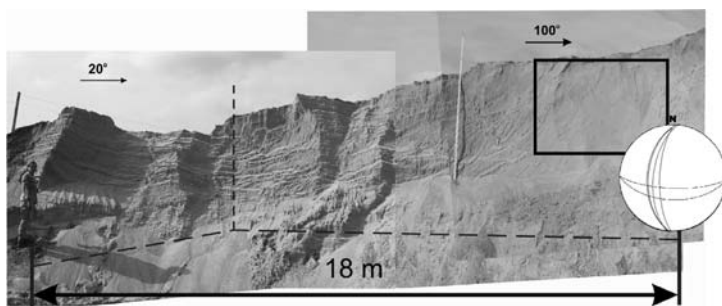
Lai noteiktu ledus plūsmas kustības virzienu, kāds pastāvēja paugurmasīva veidošanās noslēdzošajā etapā, pārsedzošajos morēnas nogulumos jaunā Silnieku karjera dienvidrietumu sienā tika veikti oļu linearitātes mērījumi (4. att.). Izolīniju un rozes diagrammās apkopotie mērījumu dati liecina, ka oļu garenasis pārsvarā ir orientētas ZA–DR virzienā un ir paralēlas paugurmasīva garenasij.



4. att. Oļu linearitātes mērījumi morēnas atsegumā jaunā Silnieku karjera DR sienā. Tie norāda uz ledāja plūsmas virzienu no ZA uz DR. Pārtrauktā līnija norāda paugurmasīva garenass orientāciju.

Gaciotektoniskās deformācijas struktūras ir novērojamas arī Lejas Zemturu karjerā pauguraines hipsometriski zemākajā daļā. Salīdzinājumā ar jaunajā Silnieku karjerā novēroto tās ir daudz komplicētākas. Atsegumā (5. att.) redzamās glacioidislokācijas vērojamas smilšainajos nogulumos, kuri veido reljefa formas kodolu. Virsotnes

daļā tos pārsedz līdz 3 m bieza morēnas nogulumu slāņkopa, kuras biezums strauji samazinās distālās nogāzes pakājes virzienā, bet 7. attēlā redzamajā karjera sienas daļā tie pārrauj morēnas segslāni un atsedzas zemes virsā. Pēc ģenēzes šie nogulumi – smalka un vidēji rupja smiltis – tiek pieskaitīti pie glaciofluviālajiem nogulumiem (Spunda un Spunda, 2007), taču to labā šķirofības pakāpe un vizuālās līdzības ar jaunajā Silnieku karjerā iegūstamo smiltis materiālu liek domāt par iespējamo nogulumu sedimentāciju baseina apstākļos. Šo pieņēmumu apstiprina OSL datējumu rezultāti (Lejas Zemturi $46,0 \pm 8,6$ tūkst. OSL gadu) (Eskola, 2009), kas liecina, ka nogulumu uzkrājušies baseinā jau Vidusvislas (Lejasciema) interstadiāla laikā.



5. att. Glaciotektoniskās deformācijas Lejas Zemturu karjerā. ZA siena

Kvadrāts norāda bīdes plakņu mērījumu vietas. Diagrammā redzama bīdes plakņu mērījumu vizualizācija.

Lejas Zemturu karjera sienās redzamo deformāciju analīzei atseguma A daļā tika veikti pārvietojuma plaisu plakņu telpiskās orientācijas – krituma azimutu un krituma leņķu – mērījumi (5. att.). Kaut arī konstatētas 2 krustenisku plaisu sistēmas, pēc mērījumu rezultātiem normālās maksimālās spiedes un stiepes asis nav iespējams rekonstruēt, jo abas plaisu grupas ir faktiski perpendikulāras. Papildu informāciju par reljefa formas veidošanās laikā notikušajām glaciotektoniskajām deformācijām sniedz oļu garenasu mērījumi (6. att.).

Oļu linearitāte sakrīt ar reljefa formas garenasi, bet ir perpendikulāra Lubāna loba reģionālajam kustības virzienam, kas iegūts pēc flūtingu garenasu orientācijas. Oļu linearitātes diagrammās ir vērojams viens ļoti izteikts oļu garenasu vērsuma maksimums, ZR–DA virzienā. Tas ir paralēls reljefa formas garenasij un perpendikulārs Lubāna loba ledāja plūsmas virzienam, kas noteikts pēc flūtingu vaļņu garenasu orientācijas (Zelčs, 1993). Tādējādi apskatītais morēnas iegarenais paugurs pieder pie ledāja frontālo reljefa formu grupas. Tāpat oļu diagrammās redzams, ka neliela daļa oļu ir saglabājusi sākotnējo paralēli ledāja plūsmas virzienam vērsto linearitāti (6. att.). Šajā gadījumā oļu garenasis ir tikušas pakļautas rotācijai un ieguvušas sekundāru orientāciju, kas ir perpendikulāra arī galvenajam normālajam maksimālās spiedes virzienam (σ_1) un tālab uzskatāma par b tipa linearitāti. Iegūtie oļu makrolinearitātes rezultāti, kā arī bīdes plakņu telpiskās orientācijas mērījumi liecina, ka morēnas nogulumu slānī, tāpat kā deformēto glaciofluviālo nogulumu slāņkopā, normālās maksimālās spiedes virziens (σ_1) ir bijis vērsts no ZA uz DR, kas ir perpendikulārs dotā paugura garenasij, taču sakrīt ar paralēli ledāja kustības virzienam orientēto paugurgrēdu reljefa formu izstiepumu (7. att.).



6. att. Morēnas nogulumu oļu mērījumu vieta un rezultāti Vidus Zemturis karjera DA sienas skatrumā

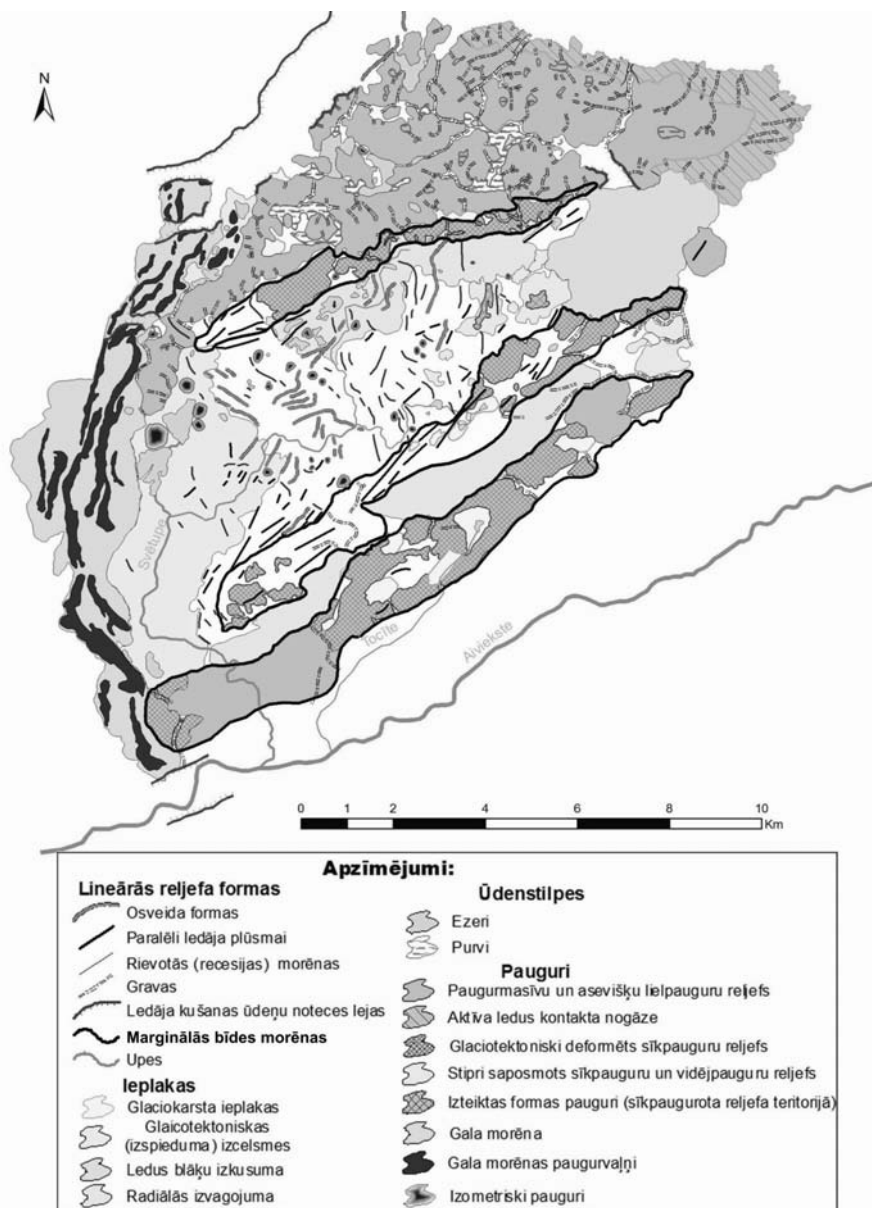
Ledāja reljefa formas, to morfoloģija un telpiskais sakārtojums

Praulienas paugurainei raksturīga liela ledāja reljefa morfoloģiskā daudzveidība, kas liecina par reljefa formu veidošanās apstākļu dažādību. Taču pirms ledāja reljefa ģenētiskās interpretācijas ir ļoti svarīgi veikt šo formu tipizāciju pēc to morfoloģiskajām pazīmēm, it īpaši pēc novietojuma attiecībā pret ledāja kustības virzienu. Vadoties pēc šiem kritērijiem, Praulienas paugurainē var nošķirt morēnas paugurmasīvus, vienkāršus izometriskus paugurus, ledāja kustības virzienā orientētas reljefa formas, ledāja kustības virzienam perpendikulāri vērstas reljefa formas, osus un osveida formas, saliktu reljefa formu sakopojumus, glaciālas un ezeru iepakas un ielejveida formas (7. att.).

Iespaidīgākie paugurmasīvi atrodas Praulienas pauguraines ziemeļu un ziemeļaustrumu daļā. To relatīvais augstums sasniedz gandrīz 35 m. Pēc platības lielākais ir Silnieku paugurmasīvs (8,94 km²). Platības ziņā mazāks ir Akmenāju–Līdumnieku paugurmasīvs (~5,4 km²). Tā virsas augstākais punkts (141,8 m vjl.) ir augstāks nekā Silnieku paugurmasīvam (138,4 m). Silnieku paugurmasīva un citu reljefa formu nogāzes, kas vērstas pret ledāju, saposmo izteiksmīgs lineārās erozijas tīkls (7. att.).

Pie vienkāršo izometrisko pauguru grupas pieder izolēti ieapaļi sīkpauguri un vidējpauguri (7. att.). Galvenokārt tie ir izplatīti pauguraines hipsometriski zemākajā daļā vai tai piegulošajā Dūku–Svētes iepakā. Šo vidējpauguru un sīkpauguru platība mainās no 0,4 ha līdz 22 ha, bet relatīvais augstums – no 5 m līdz 25 m. Tie bieži vien ir sastopami grupās un veido pauguru kopas. Viena šāda kopa, kurā sastopami izmēru ziņā vislielākie šī tipa pauguri, ir izvietojusies pauguraines rietumos esošajā Dūku–Svētes iepakā, Dūku ezera krastā. Augstākais kops paugurs – Rubeņu

kalns – atrodas starp Dūku un Svētes ezeru. Paugura virsas augstākais punkts ir 120,9 m vjl., relatīvais augstums sasniedz 25 m, bet platība ~22 ha. Šie ieapaļie pauguri lēzeni izliektās un relatīvi plašās virsotnes dēļ ir pieskaitāmi pie kupolveida pauguriem. Taču virsotnes bieži vien saposmo vāji attīstītās lineārās erozijas formas. Atsevišķiem pauguriem virsotnes centrālajā daļā ir novērojamas arī paugura kontūru dublējošas ieplakas, kas atgādina glaciokarsta veidojumus.



7. att. Praulienas pauguraines ģeomorfoloģiskā karte

Paralēli ledāja kustības virzienam stiepto reljefa formu grupa ietver gan atsevišķi morfoloģiski labi izteiktus, garenstieptus vai vaļņveida sīkpaugurus, vidējpaugurus vai pat atsevišķus iegarenus lielpaugurus, gan arī sīkpauguru un vidējpauguru kopīgi formētas izmēru ziņā nelielas paugurgrēdas ar paugurotām virsotnēm. Kā redzams 7. attēlā, šīs grupas reljefa formas ir sastopamas tikai Praulienas pauguraines hipsometriski zemākajā daļā. Īpaši izteiksmīga ledāja kustības virzienam paralēli orientēto pauguru kopa nedaudz uz ZR no Muižnieku mājām veido Kaļpu–Ozolnieku paugurgrēdas centrālo daļu. Morfoloģiski izteiktākā vaļņveida paugura sānu nogāžu relatīvais augstums sasniedz 25 m, garums ir nedaudz mazāks par 900 m, bet vidējais platums – ap 250 m. Atsevišķu vaļņu virsmā novērojami garenstiepti paaugstinājumi, kas atkārtoti šo pašu vaļņu garenasu orientāciju. Visu Muižnieku kopā ietilpstošo paugurvaļņu garenasis ir orientētas ZA–DR virzienā, kas sakrīt ar Lubāna ledus loba plūsmas virzienu (Zelčs and Markots, 2004). Šo paugurvaļņu piederība pie kāda ledāja reljefa formu ģenētiskā tipa Latvijas teritorijā ir grūti identificējama.

Ledāja kustības virzienam perpendikulāri vērstās reljefa formas ir plaši izplatītas pauguraines hipsometriski zemākajā daļā. Bieži vien šie reljefa elementi ir relatīvi nelieli sīkpauguri, vidējpauguri un to sakopojumi virknēs vai paugurgrēdas, retāk tie sasniedz liepauguru izmērus. Pauguriem un paugurgrēdām bieži novēro garenasu izliekumu uz sāniem, kas vairumā gadījumu sakrīt ar ledāja kustības virzienu. Šīs reljefa formas ir jo īpaši plaši izplatītas hipsometriski zemākās daļas centrālajā apgabalā – posmā starp Kaļpu–Ozolkalnu paugurgrēdu un paugurmasīvu un lielpauguru izplatības apgabalu (7. att.). Uzskatāms šo reljefa formu dažādības piemērs redzams ziemeļaustrumos no Ievlīču mājām. Augstākās šajā kopā sastopamās paugurgrēdas relatīvais augstums sasniedz 25 m, taču pārējās šī tipa formas rada tikai 5–10 m lielu saposmju. Pauguru un paugurgrēdu garenasu garums vidēji ir 400–500 m. Tās caurmērā ir orientētas ZR–DA virzienā.

Osi un osveida formas ir sastopami pauguraines hipsometriski zemākajā daļā. Morfoloģiski tie ir šauri, garenstiepti vaļņi ar lielu relatīvo augstumu un izlocītu muguru. Kā osi vai osveida formas tie kartēti grants un smilts iegulu meklēšanas un izpētes darbos (Tālbergs, 1969; Spunda un Spunda, 2007). Šo vaļņu garums ir atšķirīgs un mainās no apmēram 200 m līdz pat 1,8 km, bet platums – no 50 līdz 250 m. Vaļņu virsma ir paugurota vai viļņota. To relatīvais augstums ir 7,5–10 m, maksimālais – 25 m. Dažviet atsevišķas formas sazarojas, kas liecina par to veidošanās īpatnībām un dinamiku. Izteiksmīgs šādu ledus plūsmas darbības procesu radīts veidojums ir Palejnieku oss un tā sānu atzari.

Salikto reljefa formu sakopojumu grupai atbilstošās reljefa formas izplatītas dažādos hipsometriskos līmeņos. Samērā vienkāršs reljefa formas piemērs, kas atrodas hipsometriski zemākajā daļā un veido Kaļpu–Ozolkalnu paugurgrēdas dienvidu daļu, ir gandrīz 4 km garais, ~1 km platais un vidēji 20 m augstais garenstieptais paugurmasīvs. Tas pēc formas un garenass orientācijas līdzinās citiem Aiviekstes flūtingu lauka Gulbenes fāzes megalinearitātes veidojumiem (Zelčs, 2000). Taču tā virsmu saposmo Gulbenes fāzes deglaciācijas posma jaunākie veidojumi. Īpaši daudz šādu reljefa elementu ir paugurmasīva distālajā daļā un sānu nogāzēs, kur sastopami kā ledāja kustības virzienam paralēli, tā perpendikulāri orientēti un arī

izometriskas formas reljefa formu elementi. Citviet šī paugurmasīva virsmu papildus saposmo dažas nelielas, iegarenas ieplakas, kā arī lineārās erozijas reljefa formas. Paugurmasīva virsmas relatīvais augstums lēzeni pazeminās proksimālā virzienā.

Pauguraines hipsometriski augstākai daļai piederīgo saliktu kombinēto ledāja reljefa formu piemērs ir reljefa formu sakopojums, kas radies uz pasīva un aktīva ledus konta zonas un 450–500 m platā, nedaudz izliektā joslā stiepjas ~ 7 km garumā no Praulienas paugurmasīvam piegulošās daļas joslas austrumu galā līdz Baltiņu mājām tās rietumu galā. Tā iezīmē izteiktu robežu starp abiem pauguraines hipsometriskajiem līmeņiem. Joslā ir izplatīti garenstiepti, vaļņveida un izometriski sīkpauguri un vidējpauguri, ko veido glaciotehtoniski stipri deformēti nogulumi. Vietām starp virsotnēm iezīmējas nelielas garenstieptas ieplakas. Pauguru relatīvais augstums ir 25–30 m, taču pie Baltiņu mājām paugurgrēdas relatīvais augstums sasniedz 40 m. Joslas pauguru virsotņu garums mainās no 50 un 100 m (sīkpauguriem) līdz pat 1 km pie Baltiņu mājām.

Tipisks salikto reljefa formu sakopojums pauguraines hipsometriski zemākajā daļā ir Silu–Ļaudonas paugurgrēdā. Tā veido šīs paugurgrēdas aptuveni 7 km garo un 0,8 līdz 1 km plato centrālo daļu. Kaut vietām zemes virsmas topogrāfijā parādās izteiktas formas lielpauguri, kas liecina par saliktās reljefa formas pamatni veidojošās formas sākotnējiem apveidiem, šīs saliktās reljefa formas mūsdienu virsma ir ļoti saposmota. To veido daudzas haotiski orientētu iegarenu un izometrisku sīkpauguru un vidējpauguru kopas un starp pauguriem pakārtotas ieplakas. Pauguriem ir raksturīga kupolveida forma. Atsevišķu garenstiepto pauguru garums sasniedz 500 m, taču vairumā gadījumu joslā sastopamo izometrisko pauguru pamatnes platums ir tikai 75–150 m, bet pauguru relatīvais augstums ir 10 līdz 20 m. Silu–Ļaudonas paugurgrēdā, kuras centrālo daļu veido šīs grupas reljefa formas, ir sastopamas arī izteiksmīgas glaciokarsta ieplakas, kas šķir šīs saliktās kombinētā reljefa formas.

Glaciokarsta ieplakas un ezeru katlienes ir izplatītas visā pauguraines teritorijā. Pavisam ir gandrīz 30 dažāda izmēra ezeru katlienes. Platības ziņā divi lielākie ezeri ir Svētes (pl. 49 ha) un Dūku (pl. 39,7 ha) ezers. Tie izvietojušies pauguraines hipsometriski zemākajā daļā esošajā Dūku–Svētes ieplakā (9. att.). Turpretī dziļākie pauguraines ezeri ir izvietojušies tās augstākajā daļā Lazdonas apkārtnē. Pēc spoguļa platības lielākais ezers šajā Lazdonas ezeru grupā ir Rāceņu ezers, kas atrodas uz ziemeļrietumiem no Lazdonas. Dziļākais ir Lazdonas ezers. Tā dziļums sasniedz 22,9 m, ezera pl. – 30,2 ha. Arī mazāko Lazdonas apkārtnes ezeru dziļums ir iespaidīgs un svārstās no 10 līdz 18,5 m. Pauguraines hipsometriski zemākajā daļā sastopamas glaciokarsta ieplakas. Tāpat kā ezeri, tās ir koncentrētas divās savstarpēji nesaistītās grupās, kas akcentē salikto reljefa sakopojuma joslas reljefa saposmojumu. Salīdzinājumā ar Ļaudonas–Silu paugurgrēdas ieplakām Kaļpu–Ozolnieku paugurgrēdas glaciokarsta ieplakas ir mazākas. Ziemeļu daļā glaciokarsta ieplakām raksturīga garenstiepta jeb cigārveida forma (7. att.). Dienvidu daļā glaciokarsta ieplaku konfigurācija vairumā gadījumu ir drīzāk izometriska, nevis garenstiepta. Tas ir izskaidrojams ar to, ka šī konkrētās paugurgrēdas veidošanās laikā pasīvā ledus (uz ziemeļiem) un aktīvās ledus plūsmas (dienvidos) kontakta zonā esošie ledus blāķi bijuši vairāk saplaisājuši un, iespējams, arī tikuši pakļauti rotācijai. Mūsdienās ieplakas ir pārpurvotas, bet lielākajās no tām atrodas ezeri.

Paugraines teritorijas ledāja pauguru un pacēlumu nogāzēs bieži sastopamas lineārās erozijas radītas ielejveida formas. Visizteiksmīgāk šo lineārās erozijas reljefa tīklu var novērot pauguraines teritorijas ziemeļu un ziemeļaustrumu daļas paugurmasīvu nogāzēs, taču izmēru ziņā mazāk izteiksmīgi šo reljefa formu piemēri ir plaši novērojami arī citviet paugurainē. It īpaši morfoloģiski labi izteiktas lineārās erozijas reljefa formas ir novērojamas uz Silnieku paugurmasīva (7. att.) aktīva ledus kontakta nogāzes. Kopējais erozijas tīkla blīvums šī paugurmasīva teritorijā ir $\sim 0,57 \text{ km/km}^2$. Vairumā gadījumu uz šī lielpaugura nogāzēm formu vidējais dziļums ir 2,5–5 m, taču lielākās (Leju un Vecpoļu māju apkārtnē) sasniedz 10–15 m dziļumu. To garums mainās robežās no pāris desmitiem m līdz pat $\sim 1,3 \text{ km}$. Tām ir V veida šķērsprofils, kas liecina par to relatīvi nelielo vecumu. Tas šīs lineārās erozijas formas ļauj uzskatīt par gravām, kuru veidošanās turpinās arī mūsdienās. Atsevišķos gadījumos tās zarojas, veidojot dendrītisku gravu tīklu. Tikai lielākās no tām ir sasniegušas gruntsūdens līmeni, un tajās ir izveidojušās nelielas pastāvīgas ūdens plūsmas.

Diskusija un interpretācija

Praulienas pauguraines teritorijā sastopamo daudzveidīgo reljefa formu un līdz ar to arī pašas pauguraines veidošanos ir noteicis sarežģītu ārpusledāja, glaciālās sedimentācijas un glaciotektonisko procesu kopums. Kā liecina nogulumu datēšanas rezultāti, kas iegūti ar OSL metodi, šie procesi, iespējams, aizsākās jau Vidusvislas (Lejasciema) interstadiāla laikā 46–48 tūkst. g. p. m. ē., un turpinājās ledāja uzvirzīšanās posmā, bet noslēdzās deglaciācijas posmā. Kā liecina pētījumu rezultāti, tad deglaciācijas posmā radās stagnantā ledus lauki, veidojās osi un bija raksturīgas glaciokarsta parādības. Par daudzveidīgu šādu procesu norisi un tos ietekmējušiem faktoriem var spriest gan pēc reljefa formu daudzveidības Praulienas pauguraines hipsometriski augstākajā un zemākajā līmenī, kā arī uz robežas starp šiem hipsometriskajiem līmeņiem, gan pēc pēdējā leduslaikmeta nogulumu segas sarežģītās uzbūves, ko lielā mērā nosaka nozīmīgas glaciotektoniskās deformācijas. Praulienas pauguraines attīstība ir ļoti cieši saistīta ar Madonas–Trepes vaļņa veidošanās procesiem. To neapšaubāmi apliecina pauguraines novietojums. Tā atrodas proksimālā virzienā no Madonas–Trepes vaļņa, kas fiksē Lubāna ledus loba malas stāvokli Gulbenes deglaciācijas fāzes sākumā (sk. Āboltiņš et al., 1972; Meirons et al., 1976). Pauguraines ledāja reljefa formu attīstība saistās ar Madonas–Trepes vaļņa morfoloģijas izmaiņām (7. att.).

Analizējot datus, kas ir pieejami par pauguraines teritorijai piegulošajiem Vidzemes augstienes un Austrumlatvijas zemienes apvidiem (it īpaši laukakmeņu datējumu ar ^{10}Be metodi, kā arī Vidzemes augstienes dienvidaustrumu nogāzes kēmu terašu akumulācijas un erozijas līmeņus veidojošo nogulumu OSL datēšanas rezultātus), var aptuveni spriest par reāliem laika intervāliem, kādos norisinājās deglaciācija. Ar ^{10}Be metodi (Rinterknecht et al., 2006) ir datēta divu laukakmeņu izkušana no ledāja Austrumlatvijas zemienē (Aiviekstes flūtingu laukā) un viena laukakmens izkušana Vidzemes augstienes periferiālajā orientētā paugurgredu reljefa zonā. Šie datējumi uzrāda krietni jaunāku deglaciācijas laiku (12,6–13,77 tūkst. g. p. m. ē.) nekā nogulumu uzkrāšanās kēmu terasē pie Biksēres Rūpniekiem (16,9–18,3 tūkst. g. p. m. ē.),

uzskatot, ka vecākais OSL datējums nav reāls sakarā ar nepietiekamu datējamā smilts materiāla izgaismošanu sedimentācijas laikā (Dauškans, 2009). Kaut arī ¹⁰Be un OSL datējumu rezultātus nevar savstarpēji tieši korelēt, šāda datējumu starpība netieši iezīmē ¹⁰Be vecuma noteikšanas metodiskās problēmas Latvijas ģeogrāfiskajos un klimatiskajos apstākļos. Kā norāda citi pētnieki (Rinterknecht et al., 2003; Kolstrup, 2007), ¹⁰Be datējumu rezultātus var ietekmēt sniega segas veidošanās virs laukakmeņiem ziemas periodā, kā arī laukakmeņu apaugums ar sūnām un ķērpjiem, kas kavē kosmogēno nuklīdu uzkrāšanos kvarca kristālos tādā daudzumā, kā to nosaka atrašanās vietas platuma grādu norma. No tā izriet, ka datējuma rezultāti dod ievērojami jaunāku laukakmens izkuššanas un arī deglaciācijas vecumu.

Par vienu no galvenajiem faktoriem, kas ietekmējis ledāja deglaciāciju un līdz ar to Praulienas pauguraines veidošanos, ir uzskatāma zemledāja gultnes un ledāja mijiedarbība, kuras raksturu nosaka ledāja termika (Menzies, 2002). Ledāja termālā stāvokļa un zemledāja gultnes uzbūves mijiedarbība būtiski ietekmē kā atsevišķu ledus plūsmu savstarpējās attiecības, tā arī dažādu reljefa formu veidošanās procesa norises, t. sk. arī deglaciācijas īpatnības. Par zemledāja procesu izpausmēm Praulienas pauguraines hipsometriski augstākajā daļā liecina lielpauguru un paugurmasīvu reljefa formas. Morēnas nogulumu segslāņa klātbūtne norāda uz to veidošanos zemledāja apstākļos, bet šo nogulumu deformācijas ļauj tās ģenētiski interpretēt kā glaciotehtoniskās reljefa formas. Tās ir relatīvi maz pārveidojušās turpmākos deglaciācijas procesos. Tas liecina, ka stagnantais ledus, kas klāja šo teritoriju, ir bijis sakabināts ar gultni. Savukārt hipsometriski zemākajā daļā ir plaši izplatītas ledāja kustības virzienam paralēli vai perpendikulāri orientētas ledāja reljefa formas, un tas tieši norāda uz atšķirīgiem ledāja un gultnes mijiedarbības zonas termiskajiem apstākļiem reljefa formu veidošanās laikā. Radiālās reljefa formas liecina par ātru ledāja plūsmu, un tās veidojas gan politermāli, gan silti bāzēta ledāja apstākļos (Menzies, 2002). Flūtingu vaļņu uzbūve blakus teritorijā liecina par politermāla ledus apstākļiem (Zelčs, 2000), bet Adzeles tipa rievotās morēnas sērijas (garenais vērsts perpendikulāri ledus plūsmai) norāda uz ledus masu plūsmas pakāpenisku aprimšanu Lubāna ledus loba galā (Zelčs, 1999). Tādējādi var uzskatīt, ka paugurainē sastopamās perpendikulāri ledāja kustības virzienam orientētās formas atspoguļo situāciju, kad politermāla ledus apstākļus nomaina tā sakabināšanās ar gultni, ledājam aprimstot. Šādu termāli atšķirīgu ledus plūsmu kontakta zonā uzkrāto fizikālo spriegumu lielo atšķirību dēļ ledus masas kļūst nevienmērīgas un plaisainas. Uz šādu likumsakarību, aprakstot galveno marginālo veidojumu paveidus Latvijā, norāda arī Z. Meirons, J. Straume un V. Juškevičs (Meirons et al., 1976), uzsverot, ka Latvijas apstākļos pauguru grēdu reljefa veidošanās notika galvenokārt marginālajās plaisās, kādas radās no lielā sprieguma uz aktīvā un aprimušā ledāja robežām, vai arī starp dažādas aktivitātes ledus mēlēm, taču neizslēdzot iespēju, ka pauguru grēdu reljefs dažkārt veidojies atvērtā ledāja malā, kuras priekšā nebija stagnanta ledus lauki (ibid.). Taču pēdējais slēdziens atbilst patiesībai galvenokārt aktīva ledāja malas un tam piegulošo zemledāja reljefa formu saglabātības pakāpes dēļ. Praulienas pauguraines gadījumā tā liecina par labu stagnantā ledus iecirkņu un ledus piesalšanas pie gultnes plankumu veidošanās teorijai, ko izvirza K. Stoukss un K. Klārks (Stokes and Clark, 2002a, b). Pēdējos gados pierādījumi par šādu apstākļu pastāvēšanu Latvijā ir guvuši apliecinājumu (Saks et al., 2010; Saks, 2010).

Pēc morfoloģiskās analīzes rezultātiem (7. att.) pauguraines teritorijā var identificēt trīs morfoloģiski sarežģītas saliktu reljefa formu paugurgrēdas, kas veidojušās uz pasīva un aktīva ledus kontakta robežas. Pēc ārzemju autoru publikācijās (Stokes and Clark, 2002a, b; Hindmarsh, 2008) lietotās terminoloģijas tās var dēvēt, kā to dara T. Saks (2010), par marginālās bīdes morēnām. Līdz šim pasaulē veiktie marginālo bīdes morēnu pētījumi ir bijuši galvenokārt morfoloģiski aprakstoši, taču par marginālo bīdes morēnu veidošanās procesa mehānismiem vienota viedokļa nav. Tomēr K. Stoukss un K. Klārks (Stokes and Clark, 2002a, b) izvirza piecus iespējamus mehānismus: (1) kušanas ūdeņu akumulācijas procesi zemledāja un iekšledāja vidē; (2) iekšledāja drupu atlūzu izkušana un akumulācija; (3) ledājūdeņu straumju nogulumu pārgulsnēšana (krasta erozijai un akumulācijai analogs process fluviālo nogulumu uzkrāšanās bāros); (4) diferencētā ledāja un kušanas ūdeņu erozija; (5) laterālā nogulumu advekcija uz sānu malām. Balstoties uz Kanādas arktiskā arhipelāga salās veiktajiem pētījumiem, autori eksperimentāli izvirzīja nogulumu pārgulsnēšanas hipotēzi, iztēlojoties situāciju, kad nogulumi tiek izgrebti no ledus plūsmas robežas (analoģiski kā no upes krasta) un tiek pārgulsnēti ledāja plūsmas (distālā) virzienā. Šāda sakarība starp topogrāfisko soli un ledus lielplūsmas marginālās bīdes morēnu līdz šim vēl nav aprakstīta. Savukārt R. C. Hindmaršs (Hindmarsh, 2008) pievērš īpašu uzmanību diviem mehānismiem – ledus plūsmas sānu erozijas spēka darbībai un nogulumu laterālajai advekcijai, kas notiek uz ledus plūsmas marginālajām bīdes zonām.

Morfoloģiski izteiksmīgāko Praulienas pauguraines marginālo bīdes morēnu mūsdienu reljefā ir aptuveni 7 km gara glaciotekoniski stipri deformētu sīkpauguru izplatības josla pauguraines centrālajā daļā, uz robežas starp hipsometriski augstāko un zemāko daļu (7. att.). Šī pauguraines teritorijā vistālāk uz Z novietotā marginālā bīdes morēna ir visvecākā no trim identificētajām marginālās bīdes zonām. Šādu apgalvojumu pamato fakts, ka tā atrodas vistuvāk Vidzemes augstienes dienvidu nogāzei, kuras orientētais paugurgrēdu reljefs marķē Lubāna loba malas maksimālo izplatību Gulbenes deglaciācijas fāzes sākumā (Āboltiņš et al., 1975). Pirms marginālās bīdes morēnas izveides pauguraines hipsometriski augstākajā daļā ledāja plūsmas virziens sakrita ar flūtingu garenasu orientāciju Austrumlatvijas zemienes piegulošajā daļā. Tātad šajā posmā laterālais pacēlums Vidzemes augstienes pusē nebija šķērslis, lai ledāja ķermenī uzkrātos spriegumi, kas pārsniegtu ledus masu bīdes pretestību. Taču, ledāja biežumam samazinoties, pieauga laterālās bīdes spriegumi ledus ķermeņa iekšienē, un tas notika vienlaikus ar pauguraines hipsometriski augstākajai daļai piegulošā Madonas–Trepes vaļņa posma veidošanos. Pakāpeniski pauguraines augstākajā daļā plūsmas tālāka virzība apstājās un ledus ķermeņa nonāca stagnējošā ledus apstākļos (*sticky spots* pēc Stokes and Clark, 2002a). Ledus loba aktīvajai daļai turpinot pārvietoties, uzkrājās spriegums un attīstījās neviendabīga vide ledāja iekšienē, līdz laterālās bīdes spriegumu kumulatīvais lielums pārsniedza ledus masas iekšējo bīdes pretestību. Šis brīdis arī ir uzskatāms par pauguraines teritorijā visvecākās marginālās bīdes morēnas rašanās sākumu. Kaut arī pasīva un aktīva ledus kontakta zonām ir raksturīgs neviendabīgs, stipri plaisains un kaveronozs ledus (Meirons et al., 1976), domājams, ka šī marginālā bīdes morēna ir veidojusies pārsvarā aktīvā ledāja iedarbībā, jo šo joslu veidojošie glaciotekoniski stipri deformētie pauguri gandrīz vienmēr ir orientēti ledus plūsmas virzienā un nav izplatītas haotiski orientētas reljefa formas un glaciokarsta katlieņu

virknes, kā tas būtu, ja marginālās bīdes morēnas veidotos atvērtu plaisu gadījumā. Šo marginālo bīdes morēnu gandrīz visā tās garumā pavada radiālā izvagojuma lielieplaka (sk. 7. att.), kuras izveidošanās lielā mērā ir tieši saistīta ar marginālās bīdes morēnas veidošanos.

Otru marginālo bīdes morēnu, kas atrodas uz D un ir jaunāka, mūsdienu reljefā iezīmē pauguraines hipsometriski zemākajai daļai piederīgā Kaļpu–Ozolnieku paugurgrēda. Kaut arī tā ir orientēta gandrīz paralēli vecākajai marginālajai bīdes morēnai, taču šīs marginālās bīdes morēnas distālais gals vēl vairāk izliecas uz dienvidrietumiem, t. i., Lubāna ledus loba dinamiskās ass virzienā, un liecina par ledus plūsmas ātruma šķērsenisko diferenciāciju ledāja ķermenī. Salīdzinājumā ar vecāko marginālās bīdes morēnas joslu šī laterālā grēda sastāv no vairākām savstarpēji morfoloģiski un arī ģenētiski atšķirīgām ledāja reljefa formu grupām. Tās proksimālo daļu veido glaciotehtoniski stipri deformētu sīkpauguru un vidējpauguru reljefs, centrālajā daļā ir paralēli ledāja kustības virzienam orientētais paugurgrēdu reljefs un tam pakārtotais glaciokarsta ieplaku reljefs, savukārt distālā daļa noslēdzas ar saliktu ledāja reljefa formu sakopojumu. Spriežot pēc šo marginālo bīdes morēnu veidojošo reljefa formu megalinearitātes, pēc ledus ķermeņa iekšienē uzkrāto maksimālo spriegumu izlādes brīdī, kad ziemeļos esošā ledus masa kļuva stagnanta, šī marginālā bīdes morēna izveidojās ļoti strauji un kontrastainos ledus masas dinamiskos apstākļos. Uz to norāda paralēli ledāja kustības virzienam orientētas paugurgrēdas. Tās pavada ešalonēti sakārtotas izteikti garenstieptas glaciokarsta ieplakas. Tās liecina, ka šī marginālā bīdes morēna daļēji ir veidojusies arī atvērtas plaisas apstākļos, bet, tā kā haotiski orientētas reljefa formas ir izplatītas relatīvi maz (tikai joslas proksimālajā daļā), šādi apstākļi eksistēja relatīvi īsu laika posmu. To daļēji apstiprina tas, ka attālums starp šo un pauguraines trešo, visjaunāko marginālo bīdes morēnu ir tikai 1,5–2 km, un tas, ka radiālās izvagojuma lielieplakas starp šīm marginālajām bīdes morēnu grēdām nav morfoloģiski spilgti izteiktas. Tas norāda uz īslaicīgu izvagojuma procesu norisi un strauju pāreju uz jaunākās marginālās bīdes morēnas attīstību, ko, iespējams, ir izraisījuši atšķeltā aprimušā ledus ķermeņa sakabināšanās ar gultni zemledāja kušanas ūdeņu izplūšanas plaisās.

Trešo, visjaunāko Praulienas pauguraines teritorijā sastopamo marginālās bīdes morēnu mūsdienu reljefā iezīmē Silu–Ļaudonas paugurgrēda. Šīs marginālās bīdes morēnas proksimālo galu galvenokārt veido izometriski un iegareni sīkpauguri un vidējpauguri. Marginālās bīdes morēnas distālajā galā dominē saliktās reljefa formas. Līdzīgi abām vecākajām marginālās bīdes morēnām, arī šī ir orientēta ledāja plūsmas virzienā, bet ir visgarākā. Silu–Ļaudonas paugurgrēdas vidusdaļā ir sastopamas glaciokarsta ieplakas, kurām atšķirībā no Kaļpu–Ozolnieku marginālās bīdes morēnas glaciokarsta veidojumiem pārsvarā ir ieapaļa forma. Tas norāda uz nedaudz atšķirīgiem veidošanās apstākļiem (aprimušā ledus blāķi ir bijuši plaisaināki un tikuši rotēti) un ilgāku marginālās bīdes morēnas veidošanās laika intervālu. Atšķirībā no vissenākās marginālās bīdes zonas, kas radusies pārsvarā zemledāja apstākļos, Silu–Ļaudonas marginālās bīdes morēnas veidošanās apstākļi ir pielīdzināmi laterālās atšķelšanās rezultātā izveidotām atvērtām ledus plaisām un blokiem, kas reljefā atspoguļojas kā glaciokarsta ieplakas. Salīdzinājumā ar vidējo marginālās bīdes morēnu šī laterālā morēna ir veidojusies ilgākā laika posmā. Ar to saistītais izliekums Madonas–Trepes valnī liecina arī par Lubāna ledus loba ass daļas īslaicīgu oscilāciju marginālās bīdes morēnas veidošanās laikā.

Secinājumi

Praulienas pauguraines teritorijā nodalāmi divi hipsometriski atšķirīgi līmeņi. Tiem raksturīgas ledāja reljefa morfoloģijas un ģenēzes atšķirības.

Ģenēzes apstākļu atšķirības liecina par ledāja dinamikas atšķirībām to veidošanās laikā. Pauguraines hipsometriski augstākajā daļā morfoloģiski labi saglabājušies un mazpārveidotie izometriskie lielpauguri, paugurmasīvi un ezera katlienes norāda uz stagnējoša ledus apstākļiem laikā, kad hipsometriski zemākajā līmenī zem aktīva ledāja secīgi veidojās ledāja kustības virzienam paralēli un perpendikulāri orientētas reljefa formas.

Pāreja no aktīva ledus glaciodynamiskajiem apstākļiem uz stagnanta ledus apstākļiem dažādos Praulienas pauguraines iecirkņos ir notikusi lēcienveidā ar marginālās bīdes morēnas joslu veidošanos. Kontaktzonā starp aktīvo silti bāzēto ledāju un stagnanto, visticamāk, pie gultnes piesalušo ledus masu uzkrājās bīdes spriegumi, kuriem izlādējoties ledus loba laterālajā daļā secīgi ir izveidojušās 3 marginālās bīdes morēnas. Tās marķē vietas, kur notika stagnantā ledus masas atšķelšanās no aktīvās ledus loba daļas.

Vecākā marginālā bīdes morēna Praulienas pauguraines ziemeļu daļā iezīmē izteiktu robežu starp pauguraines hipsometriski augstāko un zemāko daļu. Domājams, tās izveides laikā dominēja subglaciālajai videi raksturīgie apstākļi, un tās rašanās vietu noteica pavājinājuma zona, gar kuru izlādējās spriegumi, kas uzkrājās kontaktjoslā starp Vidzemes augstienei piegulošo stagnantā ledus ķermeni un aktīvo Lubāna loba daļu Austrumlatvijas zemienē.

Pauguraines hipsometriski zemākajā līmenī sastopamās marginālās bīdes morēnas (Kaļpu–Ozolnieku un Silu–Ļaudonas paugurēdas) pēc to morfoloģijas atšķiras no hipsometrisko līmeņu robežu iezīmējošās marginālās bīdes morēnas joslas, un tas visai tieši norāda, ka šīs marginālās bīdes morēnas veidojušās atšķirīgos apstākļos. To noskaidrošanai ir jāveic daudz plašāki pētījumi par ledāja reljefa morfoloģiju, formu telpisko sakārtojumu un iekšējo uzbūvi pārejas zonā starp ledāja augstienēm un zemienēm.

Pateicības

Pētījuma vajadzībām veiktā nogulumu vecuma noteikšana ar OSL metodi tika finansēta no LZP zinātniskās pētniecības granta Nr. 05.1498 „Proglaciālās un subglaciālās sedimentācijas un reljefa veidošanās apstākļu un procesu attīstība Latvijā Vislas apledojuma laikā” līdzekļiem.

Izsaku pateicību ģeogrāfam Ivaram Celiņam par palīdzību nogulumu paraugu ievākšanā datēšanai ar OSL metodi un ģeoloģei Evijai Pakalniņai par palīdzību lauka darbos.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

Āboltiņš O. (1999) *Struktūrģeoloģijas pamati*. Rīga, Latvijas Universitāte.

Āboltiņš O. P., Zelčs V. (1988) Litomorfogenez vnutrennej zony drevnelednikovoj oblasti. V: Purin V., Zvejnieks R. (red.) *Razvitije geografičeskoj mysli v Sovetskoj Latvii*. Rīga, LVU, s. 103–126.

- Āboltiņš O. (1972) K voprosi o formirovani ostrovidnikh vozvzshennosti. Danilans I. red. *Lednikovij morfogenez*. Riga, Zinatne, c. 51–61.
- Aboltiņš O. P. (1989) *Gliatsistruktura i lednikovii morfogenez*. Riga, Zinatne. 284 s.
- Aboltins O., Straume J., Juškevičs V. (1975) Relief Peculiarities and Main Stages of Morphogenesis of the Central Vidzeme Elevation. In: Danilans I. (ed.) *Problems of Quaternary Geology*, 8, 31–47. Riga, Zinatne (in Russian with English summary).
- Dauškans M. (2008b) *Kēmu terases un to veidošanās paleoģeogrāfiskie apstākļi Vidzemes augstienē*. Maģistra darbs. Rīga, Latvijas Universitāte. 68 lpp.
- Dauškans M., Zelčs V. (2008) Kēmu terases un to veidošanās paleoģeogrāfisko apstākļu laiktelpiskā analīze Vidzemes augstienē. No: *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne*. Latvijas Universitātes 66. zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga, Latvijas Universitāte, 184.–186. lpp.
- Disertācijas kopsavilkums. (1993) Rīga, LU. 39 lpp.
- Eskola K. O. (2009) *Report_LU_2008_I-269_B_draft Report of OSL dating results*. Helsinki University, 5. p.
- Federe I., Markots A., Zelčs V. (1992) *Krustkalnu rezervāta ģeoloģiskā uzbūve, reljefs, tā veidošanās apstākļi un ģeoloģiski – ģeomorfoloģisko faktoru ģeoloģiskie aspekti*. Līgumdarba Nr. 1329, atskaite. Rīga. 47 lpp.
- Hindmarsch C. A., Stokes C. R. (2008) *Formation Mechanisms for Ice-Stream Lateral Shear*.
- Jaunputniņš A., Pliuna S. (1965) K morfoloģijai Madonsko – Trepskogo vala. Sb.: Basalikas A. (red.), Krajevyje obrazovanija materikovogo oledeneniija. Vilnius, Mintis, s. 89–96.
- Juškevičs V. (1962) Karta mošnosteĭ četvertičnih otloženiĭ M 1 : 200 000. Serija Pribaltiskaja O-35-XXVII. Ministerstvo Geologij i Ohrani nedr SSSR. *VĢMC Ģeoloģijas fonds*. Inventāra Nr. 3110. Pielikums Nr. 9.
- Juškevičs V., Skrebelis J. (2003) Kvartāra nogulumi. No: Āboltiņš O. (red.) *Latvijas ģeoloģiskā karte, mērogs 1 : 200 000*. 34. lapa – Jēkabpils, 24. lapa – Daugavpils, kartes. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests.
- Kolstrup E. (2007) OSL Dating in Palaeoenvironmental Reconstructions A Discussion from a User's Perspective. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 56 (3), 157–166.
- margin moraines*. Earth Surface Processes and Landforms, 33: 610–622. Published online in Wiley InterScience. DOI: 10.1002/esp.1665. Pieejams: www.interscience.wiley.com
- Meirons Z., Straume J. A., Juškevičs V. V. (1976) Main Varieties of the Marginal Formations and Deglaciation of the Last Glaciation in the Territory of the Latvian SSR. In: Danilāns I. (ed.) *Problems of Quaternary geology*, 9. Rīga, Zinātne, p. 50–73 (krievu val. ar kopsavilkumu angļu val.).
- Menzies J. (2002) *Modern and Past Glacial Environments*. Revised Student Edition. Butterworth-Heinemann. 576 p.
- Murray A., Wintle A. Luminescence Dating of Quartz Using Improved Single Aliquot Regenerative-Dose Protocol. *Radiation Measurements*, 42, p. 352–59.
- Rinterknecht V. R., Clark P. U., Zelčs V., Bitinas A. (2003) Pēdējā apledošanas gaitas datējumu ar ¹⁰Be metodi pašreizējie rezultāti Latvijā un Lietuvā. No: *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne*. Latvijas Universitātes 61. zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga, Latvijas Universitāte, 174.–176. lpp.
- Saks T., Kalvāns A., Zelčs V. (2010) Subglacial Bed Deformation and Glacial Dynamics of the Apriķi Glacial Tongue, Western Latvia. *Boreas* (accepted for publication after revision). *In print*.
- Spunda G., Spunda D. (2007) Pārskats par ģeoloģisko izpēti smilts – grants karjerā „Vidus Zemturi”. *VĢMC Ģeoloģijas fonds*. Inventāra Nr. 17498, Rīga. 4. lpp.

- Stokes C. R., Clark C. D. (2002a) Ice Stream Shear Margin Moraines. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, 547–558.
- Stokes C. R., Clark C. D. (2002b) Are Long Subglacial Bedforms Indicative of Fast Ice Flow? *Boreas*, 31, 239–249.
- Stokes C. R., Clark C. D., Lian O. and Tulaczyk S. (2006) Geomorphological Map of Ribbed Moraine on the Dubawnt Lake Ice Stream Bed: a Signature of Ice Stream Shut-Down? *Journal of Maps*, 1–9.
- Suļimov G. D. (1962) Geomorfologiĉeskaja karta M 1 : 200 000. Serija Pribaltiskaja O-35-XXVII. Ministerstvo Geologij i Ohrani nedr SSSR. *VĜMA Ĝeologijas fonds*. Inventāra Nr. 3110, pielikums Nr. 4.
- Tālbergs Ž. (1969) Madonas rajona grants – smilts ģeoloģisko izmeklēšanas darbu lieta. *VĜMC Ĝeoloģijas fonds*. Inventāra Nr. 8945.
- TOPO 25K PSRS. *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 63. gada sistēmas topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1 : 25 000*. LU ĢZZF WMS. Sk. 27.05.2010. Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>
- Rinterknecht V. R., Clark P. U., Raisbeck G. M., Yiou F., Bitinas A., Brook E. J., Marks L., Zelĉs V., Lunkka J.-P., Pavlovskaya I. E., Piotrowski J. A., Raukas A. (2006) The Last Deglaciation of the Southeastern Sector of the Scandinavian Ice Sheet. In: *Science*, vol, 311, 10 March.
- Zelĉs V. (1997) Praulienas pauguraine. No: Kavacs G. (atb. red.) *Latvijas Dabas enciklopēdija*, 4. Rīga, Preses nams, 172. lpp.
- Zelĉs V. (1993) Diverģentā tipa zemieņu glaciotehtoniskās reljefa formas.
- Zelĉs V. (1999) Rievotās morēnas Latvijā. No: *Zeme. Daba. Cilvēks*. LU 57. konference. Rīga, Latvijas Universitāte, 149.–163. lpp.
- Zelĉs V. (2000) Morphology, Internal Structure and Origin of Megascale Flute Ridges and Glacial Lineations in East Latvian Lowlands. In: *International Field Symposium of the Peribaltic Group and the INQUA Commission on Glaciation on Quaternary Geology in Denmark*, August 29 – September 3, p. 56–58.
- Zelĉs V., Markots A. (2004) Deglaciation History of Latvia. In: Ehlers J., Gibbard P. L. (eds.) *Extent and Chronology of Glaciations*, v.1 (Europe). Elsevier, p. 225–244.
- Zelcs V. S. (1987) *Raznobidnosti gljachnodislokacii i ih reljefoobrazujushaja rolj b predelah gljaciodepressiononnih nizmennostei Latvii*. T107- La88. Riga, LGU. 35 s.

Summary

The results are based on morphological analysis and structural geology, and deposit age determination using OSL method. They give evidence that the decrease of ice thickness was accompanied by the ice stagnation in the lateral parts of Lubāns ice lobe. It initiated the stress accumulation and discharge in the contact zone between active and passive ice. At the sides of ice Lobe - in places where the segregation between active and passive ice occurred the marginal shear moraines were formed. They have a morphological connection with reiterated deformations of the end moraine that occurred. 3 of marginal shear moraines are tracked at the Prauliena hummocky area in total. In general it gives evidence of a recessional deceleration of ice in the lateral part of the ice lobe that was accompanied by the short – term oscillations.

Keywords: *Glaciomorphology, glaciotectionics, OSL dates, Lubāns ice lobe, ice marginal formations, marginal shear moraine.*

Efemērās gravas un to veidošanos ietekmējošie faktori dienvidaustrumu Latvijā

Ephemeral Gullies and Factors Controlling Their Development in South-Eastern Latvia

Juris Soms

Daugavpils Universitāte
Parādes iela 1, Daugavpils, LV-5401
E-pasts: *juris.soms@du.lv*

Efemērās gravas ir salīdzinoši plaši izplatītas daudzās pasaules valstīs, tomēr Latvijā līdz šim nav veikti šo lineārās erozijas formu un to veidošanos ietekmējošo faktoru pētījumi. Efemēro gravu lauka pētījumos, datu kamerālās apstrādes un ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (GIS) modelēšanas gaitā iegūtie rezultāti rāda, ka erozijas attīstību veicinošie faktori dienvidaustrumu Latvijā ir stāvas nogāzes ar lielu sateces virsmu, intensīvi nokrišņi vai sniega kušana, kā arī cilvēka lauksaimnieciskā darbība, savukārt teritorijas ģeoloģiskā uzbūve, t. i., augstais rupjo atlūzu un mālaino daļiņu īpatsvars zemes virsmu veidojošos nogulumos, aizkavē efemēro gravu veidošanos.

Atslēgvārdi: efemērās gravas, ietekmējošie faktori, dienvidaustrumu Latvija.

Ievads

Efemērās gravas (angl. *ephemeral gullies*) daudzās pasaules valstīs kā ūdens erozijas veidotās formas ir salīdzinoši plaši izplatītas lauksaimnieciski apstrādājamās zemēs (Bennett et al., 2000; Poesen et al., 2003; Zhang et al., 2007). Taču līdz šim Latvijā šo negatīvo procesu izraisošo faktoru un tā attīstības likumsakarību izpētei ir pievērsts maz uzmanības.

Saskaņā ar literatūras avotos biežāk lietotajām efemēro gravu definīcijām (Foster, 1986; Lafren et al., 1986; Merkel et al., 1988; USDA, 1997) šīs fluvialās reljefa formas ir nelieli, lineāri iegrauzumi, kas veidojas saimnieciski izmantojamās zemes platībās, virsmas notecei koncentrējoties atsevišķās ūdensplūsmas. Efemērās gravas veidojas izstieptās, leju pa nogāzi vērstās drenāžas ieplakās un mikroreljefa pazeminājumos (Vandaele et al., 1996; Foster, 2005). Kaut arī šādi iegrauzumi parasti tiek aizpildīti zemes apstrādes gaitā, tie attīstās gandrīz tajā pašā vietā katru reizi, kad intensīvas sniega kušanas vai lietusgāzes ietekmē atjaunojas koncentrēta virsmas notece (Woodward, 1999; Casali et al., 2000; SSSA, 2001; Zhang et al., 2007).

Vienlaikus jāņem vērā, ka efemērās gravas ir erozijas formas, kuras pastāv īslaicīgi, to veidošanās procesam ir izteikti sezonāls raksturs (*ephēmeros* no gr. val. – ‘īslaicīgs, pārejošs’), respektīvi, tās ir reljefa formas, kuru veidošanos un pastāvēšanas ilgumu limitē cilvēka darbība, t. i., augsnes lauksaimnieciskā apstrāde. Atšķirībā no izskalojumvagām tās var tikt aizpildītas, bet ne pilnīgi nolīdzinātas, izmantojot tradicionālos zemes apstrādes paņēmienus (Vandaele et al., 1996; Capra and Scicolone, 2002).

Tā kā efemēro gravu tāpat kā pastāvīgo gravu (angl. *permanet gullies*) attīstība sākas ar izskalojumvagu veidošanos, lai šīs formas nodalītu, K. Haudžs (1977) ieteicis definīcijā ieviest kvantitatīvu rādītāju, pēc kura par efemēro gravu var uzskatīt reljefa formu, kuras šķērsriezuma laukums pārsniedz 1 kv. pēdu jeb apm. 0,093 m². Efemērās gravas no izskalojumvagām atšķiras ne tikai ar kvantitatīvajiem rādītājiem, bet arī ar

- 1) veidošanās un izvietojuma raksturu: izskalojumvagas veidojas uz visas nogāzes un ir vienmērīgi sadalītas pa virsmas laukumu, to izvietojums ir mainīgs, bet efemērās gravas – tikai nogāzes mikroreljefa pazeminājumos un ieplakās, to izvietojums saglabājas;
- 2) erozijas procesa raksturu: izskalojumvagu veidošanās izraisa augsnes eroziju praktiski uz visas nogāzes virsmas, bet efemēro gravu veidošanās – tikai atsevišķās vietās,
- 3) erodēta materiāla pārnese raksturu: izskalojumvagas nogāzē pārvieto erodēto materiālu no augstāka līmeņa uz zemāku, bet efemērās gravas – ārpus nogāzes profila (Vandaele et al., 1996).

Zinātnieku veiktie efemēro gravu erozijas pētījumi Eiropā parāda, ka šīs fluviālās cilmes reljefa formas ir gan noteces un erodētā materiāla transporta „kanāli”, kas paaugstina lauksaimniecībā izmantojamo teritoriju hidroloģisko saikni ar uztverošiem ūdens objektiem (Poesen et al., 2003), gan nozīmīgs zemes virsmas denudācijas process, kura norises gaitā erozijas apjomi sasniedz 2 līdz 90 m³ ha⁻¹ a⁻¹ (Poesen et al., 1996; Casali et al., 1999; Capra and Scicolone, 2002; Øygarden, 2003).

Efemēro gravu erozijas ietekme uz vidi izpaužas ne tikai kā augsnes degradācija to sateces baseinos, bet arī kā erozijas procesu sekas plašākās teritorijās, arī ārpus baseina. Šīs sekas ir augsnes izskalošanas produktu, galvenokārt suspendētā materiāla un biogēnu pārnese, izraisīti pastiprināti sedimentācijas un eitrofikācijas procesi uztverošajās ūdenstilpēs un ūdenstecēs (Poesen et al., 2003; Valentin et al., 2005; Wu et al., 2008). Turklāt lineārās erozijas produktu pārnese no lauksaimnieciski apstrādājamām platībām ietekmē arī ūdens kvalitāti, un tas saistīts ar piesārņojošo vielu, t. i., biogēnu un ķīmiskā piesārņojuma, pieplūdi uztverošajos virszemes ūdens objektos (Valentin et al., 2005; Quilbé et al., 2006). Ņemot vērā, ka ūdens piesārņojums ir viena no nopietnākajām problēmām visā pasaulē, kā arī Eiropas Savienības Ūdens struktūrdirektīvas prasības (OJEC, 2000) par ūdens kvalitātes saglabāšanu un uzlabošanu Eiropas Savienības dalībvalstīs, ir būtiski izprast efemēro gravu veidošanās ierosinātājfaktorus (angl. *triggering factors*) arī Latvijā un ierobežot erozijas risku, tādējādi samazinot ķīmiskā piesārņojuma pārnese no maziem zemākās pakāpes ūdensguves baseiniem.

Tā kā Latvijā līdz šim nav veikta efemēro gravu izpēte, rakstā izklāstīto pētījumu mērķis ir *in situ* iegūt datus par šādu lineāro erozijas formu morfoloģiju un noskaidrot to veidošanos ietekmējošos faktorus.

Materiāls un metodes

Mūsdienās zinātniskajos pētījumos neeksistē viena universāla metode lineārās erozijas formu veida un rakstura noteikšanai, un erozijas procesu novērtēšana ir atkarīga gan no telpiskā mēroga, kādā tiek veikti pētījumi, gan no šo pētījumu mērķa (Warren, 2002). Ņemot vērā efemēro gravu veidošanās īpatnības un pastāvēšanas

Īslaicīgo raksturu, pastāvīgo gravu identificēšanai piemērotās kartogrāfiskā materiāla analīzes metodes (Easterbrook and Kovanen, 1999) nav izmantojamas efemēro lineārās erozijas formu lokalizēšanai. Pētnieki, kuri risinājuši šo jautājumu, norāda, ka datus par efemēro gravu veidošanos un izvietojumu efektīvi un pietiekami precīzi var iegūt, izmantojot aerofotografēšanu (Morgan et al., 1980; Daba et al., 2003), augstas izšķirtspējas satelītuuzņemšanu (Alatorre and Beguería, 2009) vai *LiDAR* lāzerskenēšanu (James et al., 2007). Nosauktās tālīzpētes metodes to salīdzinoši augsto izmaksu dēļ pašlaik tomēr nav izmantojamas ģeomorfoloģiskajos pētījumos Latvijā. Tāpēc šī pētījuma objekti, t. i., efemērās gravas, tika identificētas lauku apsekošanas gaitā, braucot ar automašīnu un veicot lauksaimnieciski apstrādātu nogāžu rekognosciju atsevišķos Latgales un Augšzemes augstieņu apgabalos.

Pēc efemēro gravu konstatēšanas tika veikti to dziļuma un platuma mērījumi vairākās vietās gravu augšteces daļā, vidusteces un lejteces daļā, izmantojot literatūrā aprakstīto metodi (Casalí et al., 2006). Nogāzēs, uz kurām bija izveidojušās efemērās gravas, ar šādos pētījumos plašāk lietotām metodēm (Young et al., 1974; Goudie et al., 1998) tika noteikts kritums S ($m \cdot m^{-1}$) un slīpums α ($leņķ.^{\circ}$), izmantojot attiecīgi klinometru *SUUNTO PM5/360PC* ar skalas iedalījumu krituma procentos (mērījumu precizitāte $\pm 0,005 m \cdot 1 m^{-1}$) un uz 1 m latas novietotu digitālo klinometru *DigiPas DWL-80G* (mērījumu precizitāte $\pm 0,1^{\circ}$). Efemēro gravu ievalki tika kartēti *in situ* ar augstas precizitātes klases *THALES MobileMapperCE* GPS iekārtu (koordinātu noteikšanas precizitāte tiešsaistes režīmā $\pm 2 m$). No GPS iekārtas lauka uzmērījumi dati tika importēti ģeogrāfisko informācijas sistēmu datorprogrammā *ArcMap 9.3* kā *ESRI *.shp* formāta līnijveida apveiddatnes. Minētā datorprogramma tika izmantota arī efemēro gravu sateces baseinu A_g manuālai vektorizēšanai, par pamatni izmantojot bij. PSRS armijas ģenerālštāba 1963. gada koordinātu sistēmas topogrāfiskās kartes M 1 : 10 000, kā arī iegūto laukumveida (*polygon*) apveiddatņu platību aprēķināšanai.

Minētajā kartogrāfiskajā materiālā attēlotās horizontāles (šķēluma augstums 2 m) un augstumatzīmes tika vektorizētas un ar datorprogrammas *ArcMap 9.3* moduli *Spatial Analyst* notika digitālo virsmas modeļu (DVM) ģenerēšana. Iegūtie DVM tika integrēti datorprogrammā *ArcHydro* un uz DVM bāzes tika modelētas iespējamās noteces koncentrēšanās plūsmas, lai veiktu ģeotelpisko analīzi un salīdzinātu efemēro gravu reālo izvietojumu ar modelēšanas gaitā iegūtajiem datiem par lineārās erozijas iespējamās norises vietām.

Lai noteiktu efemēro gravu veidošanos ietekmējošos ģeomorfoloģiskos faktoros, izmantota R. Hortona (1945) aprakstītā saistība starp sateces baseina platību un nogāzes garuma vērtību, kas ir pietiekama, lai sāktos erozijas iegrauzuma attīstība, un kas efemērajām gravām modificētā veidā empīriski tika izteikta kā vienādība (Vandaele et al., 1996):

$$S_{cr} = aA^{-b}, \quad (1)$$

kur A – sateces baseina platība (ha); S_{cr} – kritiskais nogāzes kritums ($m \cdot m^{-1}$), kādā sākas efemērās gravas attīstība; koeficienta a (bez mērvienībām) vērtības dažādos reģionos variē robežās no 0,025 līdz 0,09 un galvenokārt ir atkarīgas no fizioģeogrāfiskās vides īpatnībām un augsnes mehāniskā sastāva; eksponents b efemērajām gravām ir maz mainīgs un ir apm. -0,4.

Efemēro gravu veidošanos ietekmējošie ģeoloģiskie faktori tika noteikti, salīdzinot ģeoloģiskās kartēšanas informāciju (Juškevičs et al., 2003) ar dabā veikto augsnes mehāniskā sastāva un cilmiežu rekognosciju. Uz rekognosciju dabā balstījās arī antropogēno faktoru noteikšana, identificējot zemes lauksaimnieciskās izmantošanas raksturu un citas eroziju veicinošas cilvēka darbības, piemēram, velēnu segas iznīcināšanu zemes virsmas tehnogēnās pārveides rezultātā. Paralēli notika fotografēšana un tika sastādīts efemērās gravas saposmotās nogāzes virsmas zemes lietojumveida apraksts.

Efemēro gravu veidošanos ietekmējošo meteoroloģisko faktoru noteikšanai no hidrometeoroloģisko datu masīva tika atlasīti un apkopoti daudzgadīgie vidējie gada un ikmēneša nokrišņu daudzuma raksturlielumi, kas reģistrēti meteoroloģiskajās stacijās „Rēzekne”, „Dagda”, „Krāslava” un „Daugavpils”, kā arī meteoroloģiskajos novērojumu postēpos „Ludza”, „Griškāni”, „Isnauda”, „Kaunata”, „Dzirkaļi”, „Istra”, „Dorotpole”, „Kapiņi”, „Buivīši”, „Subate”, „Vaikuļāni”, „Pilskalne”, „Spīdoles”, „Piedruja” un „Silene”, kuri atrodas pētījumu teritorijā. Šis informācijas avots ir bij. LPSR sagatavoto klimatisko datu krājuma 4. sējums „Gaisa mitrums, atmosfēras nokrišņi un sniega sega” (Spravochnik po klimatu SSSR, 1968). Atlasītie dati tika ievadīti speciāli šim mērķim sagatavotā *MS Excel* elektroniskajā datubāzē. Ņemot vērā, ka Latvijā nav veikti mērījumi nokrišņu erozivitātes indeksa *R* (Wischmeier and Smith, 1978) aprēķiniem, tad, izmantojot šo datubāzi, tika noteikti divi citi pasaulē zinātniskos pētījumos plaši lietoti nokrišņu erozivitāti raksturojošie parametri, t. i., modificētais Furnjē indekss *MFI* (Arnoldus, 1977) un nokrišņu koncentrācijas indekss *PCI* (Oliver, 1980):

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{P} \quad (2.)$$

$$PCI = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{P^2} - 100, \quad (3.)$$

kur p_i – katra mēneša i vidējais nokrišņu daudzums (mm);

P – kopējais gada nokrišņu daudzums (mm).

MFI indekss atspoguļo t. s. „klimata erozijas agresivitāti” (Gregori et al., 2006), un šī indeksa vērtības virs 90 vienībām raksturīgas apgabaliem ar eroziju izraisošu nokrišņu daudzumu (CORINE-CEC, 1992), savukārt *PCI* indeksa vērtības raksturo nokrišņu sezonālās koncentrācijas nevienmērīgumu un teorētiski variē no 8,3%, kad ir pilnīgi vienāds ikmēneša nokrišņu daudzums visa gada garumā, līdz 100%, kad visi gada nokrišņi izkrīt vienā mēnesī (Gregori et al., 2006).

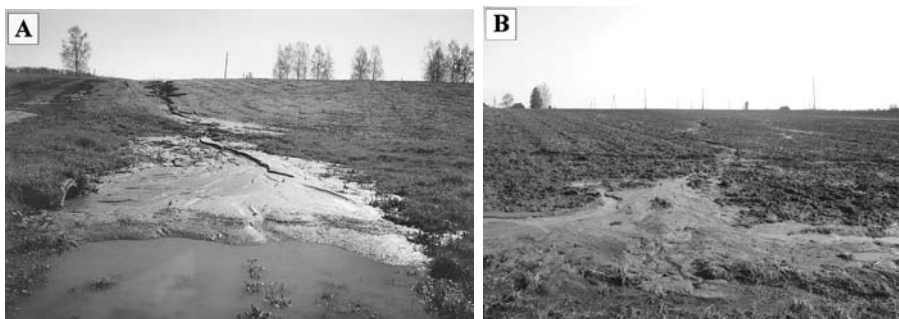
Iegūto nokrišņu erozivitāti raksturojošo parametru analīze tika veikta ar datorprogrammu *SPSS 15.0*.

Efemēro gravu veidošanās saistība ar konkrētiem hidrometeoroloģiskajiem apstākļiem, kuru ietekmē veidojusies notece un sākās lineārā erozija, tika analizēta, izmantojot Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra meteoroloģisko staciju „Daugavpils” un „Rēzekne” nokrišņu daudzuma, sniega segas biezuma, augsnes un gaisa temperatūras novērojumu datus, kas publiski pieejami internetā (LVĢMC, 2009).

Rezultāti un diskusija

Rakstā izklāstītie efemēro gravu pētījumi Latgales un Augšzemes augstienē parāda, ka saskaņā ar autora novērojumiem šīs reljefa formas arī dienvidaustrumu Latvijā veidojas bieži, taču, ņemot vērā to pastāvēšanas īslaicīgo raksturu, fiksēt pašas reljefa formas un novērot to attīstību *in situ* izdodas salīdzinoši reti. Pētījumos konstatēto efemēro gravu maksimālais dziļums ir no 0,25 līdz 0,8 m, maksimālais platums – no 0,8 līdz 2,3 m, un tām, līdzīgi kā Rietumeiropā aprakstītajām (Casalí et al., 2006), ir izteikts kastes veida šķēršprofils ar subvertikālām nogāzēm un planku gultni.

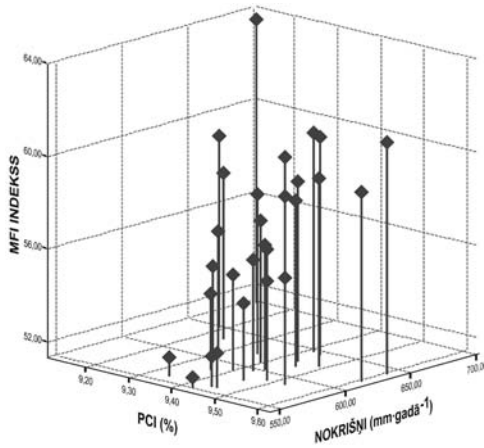
Fiksējot efemēro gravu veidošanās aptuveno laiku un veicot iegūto datu analīzi sezonālā griezumā, var secināt, ka atšķirībā no Rietumeiropas, kur efemēro gravu veidošanos nosaka galvenokārt intensīvi nokrišņi un virsmas noteces veidošanās (Vandaele et al., 1996), dienvidaustrumu Latvijā šo formu attīstība norisinās gan vasarā pēc stiprām lietusgāzēm (1. A att.), gan arī ilgstošu atkušņu laikā ziemā (1. B att.) un sniega kušanas laikā pavasarī.



1. att. Efemēras gravas veidošanās vasarāju laukā pie Dvietes pēc ilgstoša lietus ($49 \text{ mm} \cdot \text{dnn}^{-1}$) 2005. gada 10. maijā (A; fotogrāfējis D. Gruberts) un uzartā tīrumā pie Krapānišķiem (Ilūkstes novads) atkušņa laikā 2007. gada janvārī (B; fotogrāfējis J. Soms)

Figure 1. Development of ephemeral gully in spring cropland near Dvieta village after excessive rainfall (49 mm day^{-1}) in May 10, 2005 (A; photo D. Gruberts) and in tilled field near Krapānišķi (Ilūkste district) during winter thaw event in January, 2007 (B; photo J. Soms)

Izmantojot pēc (2.) un (3.) formulas aprēķinātās modificētā Furnjē indeksa *MFI* un nokrišņu koncentrācijas indeksa *PCI* vērtības, kā arī pētījumos izveidotajā elektroniskajā datubāzē ievadītās nokrišņu vidējās gada daudzuma vērtības dienvidaustrumu Latvijā, tika veikta šo parametru grafiskā analīze (2. att.). Iegūtie rezultāti parāda, ka nokrišņu erozivitāte palielinās līdz ar gada nokrišņu daudzuma un to nevienmērīgā sadalījuma pieaugumu, taču kopumā pētījumu teritorijā ar vidējām nokrišņu daudzuma vērtībām šī klimatiskā faktora erozivitāte vērtējama kā zema, turklāt *MFI* vērtību kopas vairākums ir robežās no 55 līdz 60 vienībām, tātad ievērojami mazāk, lai saskaņā *MFI* indeksa vērtību klasēm (CORINE-CEC, 1992) pētījumu teritorijā norisinātos gravu attīstība.



2. att. Nokrišņu erozivitāti raksturojošā modificētā Furnjē indeksa *MFI* vērtības atkarībā no nokrišņu koncentrācijas indeksa *PCI* un nokrišņu vidējā gada daudzuma dienvidaustrumu Latvijā

Fig. 2. Relation of precipitation erosivity characterised by modified Fournier index *MFI* with precipitation concentration index *PCI* and mean annual precipitation in south-eastern Latvia.

Minētie dati nesaskan ar lauka pētījumos konstatētajiem datiem par efemēro gravu kā reljefa formu veidošanos pētījumu teritorijā. Tam ir iespējami vairāki skaidrojumi. Pirmkārt, intensīvu strūklveida eroziju un efemēro gravu veidošanos, līdzīgi kā Rietumeiropā (Vandaele et al., 1996), izraisa ekstrēmi nokrišņi, kas netiek iekļauti ilggadējo klimatisko datu aprēķinos. Otrkārt, efemēro gravu erozijas norisi atkušņu laikā izraisa atkusušā augsnes virsējā slāņa piesātināšanās ar ūdeni virs sasaluma slāņa un piesātinājuma determinētas noteces veidošanās. Šādu efemēro gravu attīstības skaidrojumu sniedz arī L. Eigārdena (Øygarden, 2003), aprakstot lineārās erozijas procesu attīstību aramzemes platībās ziemas periodā Norvēģijā. Zemes lietojumveidu rekognoscija efemēro gravu izveidošanās vietās parādīja, ka ziemas un pavasara sezonā strūklveida eroziju aramzemes platībās veicina arī vēl neizveidojusies augu sakņu sistēma un kultūraugu sega nokultivētajos vai uzartajos vasarāju vai tehnisko kultūru tīrums – zinātnieki to traktē (Valentin et al., 2005) kā vienu no būtiskākajiem eroziju ierobežojošiem faktoriem.

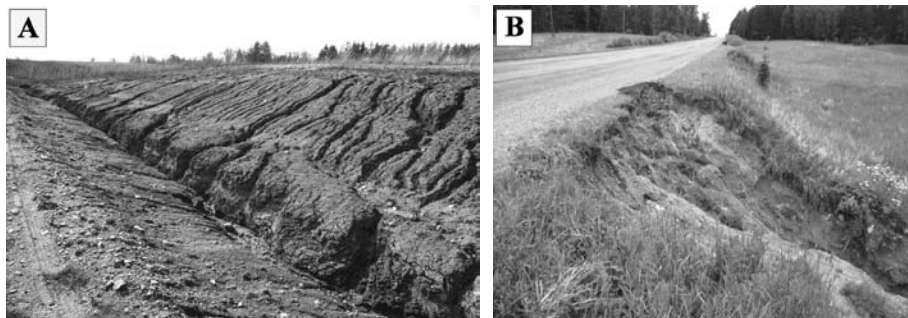
Efemēro gravu veidošanos ietekmējošo ģeomorfoloģisko faktoru analīze tika veikta, K. Vandaeles un autoru (1996) izvestajā empīriskajā vienādībā (1.) ievietojot pētījumos iegūtos datus par efemēro gravu sateces baseinu platībām A^g un nogāžu slīpuma un krituma vērtībām S šo lineārās erozijas formu izveidošanās vietās. Teorētiski efemērās gravas veidošanās var sākties, ja aprēķinātā nogāzes krituma vērtība S pārsniedz empīriski noteikto kritisko nogāzes krituma vērtību S_{cr} (Nachtergaele et al., 2002).

Pētījumos iegūtie rezultāti parāda, ka efemēro gravu veidošanās dienvidaustrumu Latvijā var norisināties arī uz salīdzinoši lēzenām nogāzēm ar kritumu 0,04 līdz 0,05 $m \cdot m^{-1}$, ja ir atbilstošs sateces baseins ($A > 1,2$ ha). Jāatzīmē arī, ka koeficienta a empīriskais izvedums no formulas $S_{cr} = aA^{-b}$, ievietojot lauka pētījumos noteiktās

S_{cr} un A vērtības, parāda, ka tas ir ievērojami lielāks (0,133 līdz 0,226) nekā citās publikācijās norādītais (Govers, 1991; Vandaele et al., 1996; Nachtergaele et al., 2001). To var skaidrot tā, ka atšķirībā no Eiropas lesa joslas Latvijas DA daļas augstieņu rajonos augsnes cilmieži galvenokārt ir augšpleistocēna (Juškevičs et al., 2003) glaciģēni nogulumu – akmeņaina mālsmits un smilšmāls. Rupjo drupiežu frakcijas atlūzu klātbūtne augsnē kā ģeoloģiskais faktors paaugstina tās erozijas noturību, tādējādi Latvijā kritiskā nogāžu gradienta S_{cr} vērtības, ar kādām sākas efemēro gravu veidošanās, ir lielākas. Otrs ģeoloģiskais faktors, kas paaugstina augsnes un cilmiežu noturību pret eroziju, ir lielāks mālaino daļiņu saturs smilšmālā un mālsmitī salīdzinājumā ar lesu, tādēļ Latvijas dienvidaustrumu daļā formveidojošiem nogulumiem ir augstāka kohēzija un attiecīgi lielāka noturība pret strūklveida eroziju.

No (1.) vienādības izriet, ka sateces baseina platību A , kurā var sākt veidoties efemērā grava, un erozijas aktivizācijai kritisko nogāžu krituma S_{cr} vērtību saista apgrieztā proporcionālitate, respektīvi, jo lielāka ir sateces baseina platība A , jo mazāks nogāzes kritums S_{cr} ir nepieciešams strūklveida erozijas attīstībai. Tātad ar līdzīgiem vai vienādiem citiem nosacījumiem (nokrišņu daudzums, noteces slāņa biezums, infiltrācijas ātrums u. c.) efemēro gravu veidošanās risks (respektīvi, tiek sasniegta kritiskā nogāžu krituma S_{cr} vērtība) pieaug līdz ar sateces baseina platības pieaugumu. No tā izriet, ka teorētiski augstāks efemēro gravu veidošanās risks ir Latvijas DA daļas augstieņu paugurmasīvu radiālajās nogāzēs un Daugavas senielejas joslotajās nogāzēs, ja tās tiek lauksaimnieciski apstrādātas vai tehnogēni pārveidotas, iznīcinot veģetācijas segu.

Latvijā pie efemēro gravu tipa ir pieskaitāmas arī tehnogēnās gravas, kuras veidojas saistībā ar ekstremālu nokrišņu vai ļoti intensīvas sniega kušanas ūdeņu koncentrēšanos gar lineāriem infrastruktūras elementiem – ceļa notekām, ceļmalas grāvjiem, uzbērumiem (3. A un B att.), kā arī jaunierīkotajās slaloma trasēs (4. att.).

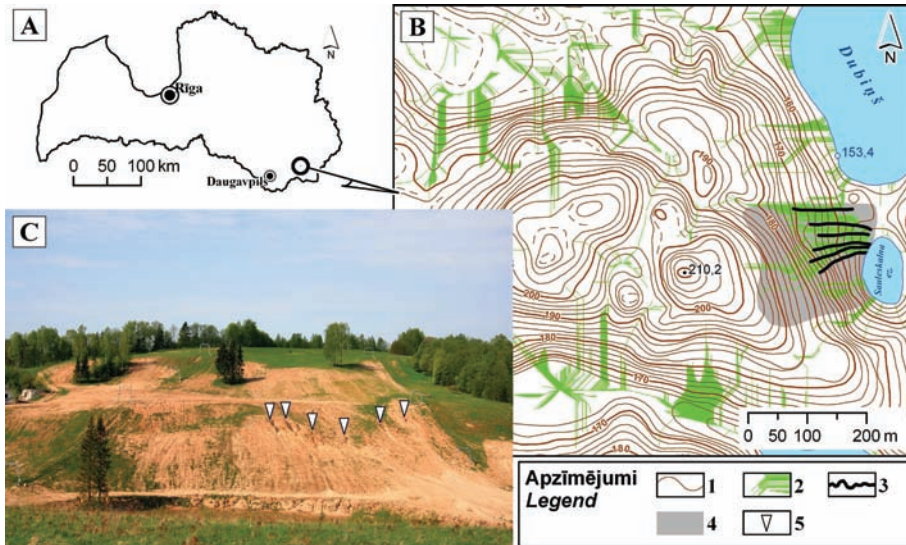


3. att. Efemēras gravas veidošanās pie Lazdukalniem (Daugavpils novads), ceļmalas padziļinājumā koncentrējoties sniega kušanas ūdeņiem 2006. gada aprīlī (A), un pēc ļoti intensīvas lietussāzēs, īslaicīgai ūdensplūsmai izskalojot ceļa uzbērumu pie Eglaines (Ilūkstes novads) 2007. gada jūnijā (B). Fotografējis J. Soms

Fig. 3. Development of ephemeral gully resulting from concentration of snowmelt water in roadside furrow near Lazdukalni (Daugavpils district) in April 2006 (A) and by washing out roadside embankment near Eglaine (Ilūkste district) after heavy rainfall in June, 2007(B). photo J. Soms

Šajā gadījumā efemerās gravas veidotā iegrauzuma aizpildīšana notiek nevis no augsnes lauksaimnieciskās apstrādes, bet gan no ceļu infrastruktūras labošanas. Līdzīgi kā iepriekšējais, arī šis process rada saimnieciskus zaudējumus.

Pēdējā desmitgadē, atsevišķu dienvidaustrumu Latvijas lielpauguru nogāzēs ierīkojot slaloma trases (Eglukalns – Augšzemes augstienē, Sauleskalns – Latgales augstienē) un nepārdomāti planējot nogāzes un iznīcinot velēnu segu, atkailinātajos glacigēnajos iežos ir sākušas veidoties efemerās gravas (4. C att.). Atšķirībā no lauksaimnieciski izmantojamām platībām stāvajās ($\alpha > 12^\circ$) lielpauguru nogāzēs, kuru kritums pārsniedz $0,2 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$, efemeru gravu izveidei pietiekamie sateces baseini ir relatīvi nelieli ($A_g < 0,1 \text{ ha}$).



4. att. Slaloma trases ierīkošanas izraisīta efemeru gravu veidošanās Sauleskalna austrumu nogāzē: Sauleskalna paugurmasīva (Krāslavas novads) ģeogrāfiskā lokalizācija Latvijā (A); Sauleskalna topogrāfiskā shēma ar konstatētajām efemerajām gravām un datormodelētajām iespējamām noteces koncentrēšanās plūsmu vietām (B); pārveidotā Sauleskalna austrumu nogāze, uz kuras iznīcināta velēnu sega (fotografējis J. Soms, 2008) un efemeru gravu augšteces novietojums uz nogāzes (C)

1 – horizontāles (šķēluma augstums 2 m); 2 – modelētās ūdensplūsmu koncentrācijas vietas; 3 – efemerās gravas; 4 – pārveidotā nogāzes daļa ar iznīcinātu velēnas segu (4.c att.); 5 – efemeru gravu augšteces novietojums uz nogāzes.

Fig. 4. Development of ephemeral gullies on the slope of Sauleskalns hill resulting from construction of slalom trace: geographical location of the Sauleskalns hummocky massive in Latvia (A); topographic sketch of Sauleskalns hill with recognized ephemeral gullies and with computer-modelled possible waterways of runoff concentration (B); transformed eastern slope of Sauleskalns hill with destroyed turf cover (photo J. Soms 2008) and location of ephemeral gully headcuts on the slope (C)

1 = contour lines (interval 2 m); 2 = predicted waterways of runoff concentration; 3 = ephemeral gullies; 4 = transformed part of the slope with destroyed turf cover (Fig. 4 C); 5 = location of ephemeral gully headcuts on the slope.

Iespējamo noteces koncentrēšanās plūsmu modelēšanas rezultāti skaidri parāda (4. B att.), ka Sauleskalna nogāzē izveidojušos efemēro gravu izvietoējums visumā sakrīt ar paredzētajiem erozijas aktivizācijas iecirkņiem. Tātad, ja pirms planēšanas būtu novērtēts erozijas risks un erozijas riskam pakļautajos nogāzes daļās saglabāta velēnu sega, būtu bijis iespējams aizkavēt efemēro gravu veidošanos un tādējādi novērst Sauleskalna pakājē esošā Sauleskalna ezeriņa piesārņošanu ar erodēto materiālu.

Secinājumi

Efemēro gravu veidošanās, tāpat kā citi strūklveida erozijas veidi, ir dabisks process, taču šo formu intensīva attīstība saistīta ar tādiem cilvēka darbības veidiem kā nogāžu tehnogēna pārveidošana, veģetācijas segas iznīcināšana un zemes lauksaimnieciskā apstrāde. Tā kā efemēro gravu gultnes mākslīgā ceļā tiek aizpildītas ar materiālu un tas periodiski tiek izskalots un pārnests uz hipsometriski zemāku līmeni katru reizi, kad erozija atjaunojas tajā pašā vietā, efemērās gravas ir uzskatāmas par būtisku antropogēni inducēta denudācijas procesa sastāvdaļu dienvidaustrumu Latvijā.

Neņemot vērā ievērojamās atšķirības dabas apstākļu ziņā, pētījumos konstatēto efemēro gravu morfometriskie raksturlielumi un morfoloģija ir līdzīga Eiropas lesa joslā aprakstītajām formām. Galvenā konstatētā atšķirība efemēro gravu veidošanas ietekmējošo ģeomorfoloģisko faktoru ziņā pētījumu teritorijā ir augstākas S_{er} vērtības, ar kādām šeit sākas strūklveida erozija. Tas, savukārt, ir skaidrojams ar Rietumeiropas lesa nogulumu un dienvidaustrumu Latvijas augšņu un to cilmiežu mehāniskā tipa un granulometriskā sastāva atšķirībām. Nozīmīgi efemēro gravu veidošanas ietekmējošie klimatiskie faktori ir intensīvs vai ļoti ilgstošs lietus un sniega intensīva kušana.

Pētījumu teritorijā klimata mainības kontekstā efemēro gravu veidošanās norisinās arī ziemas periodā, tas ir, laikposmā, kad Latvijā šim gadalaikam raksturīgās negatīvās gaisa temperatūras ietekmē augsnes un cilmiežu virsējai kārtai būtu jābūt sasalušai un virszemes notecei nevajadzētu veidoties, jo nokrišņi izkrīt un tiek akumulēti sniega veidā.

Pieaugot bezsala perioda ilgumam, var veidoties labvēlīgi apstākļi erozijas procesu norisei ziemā un agrā pavasarī, turklāt strūklveida eroziju veicina arī tas, ka apstrādātajos tīrumos vēl nav izveidojusies veģetācijas sega, kas paaugstina augsnes noturību pret eroziju.

Pētījumu teritorijā atsevišķu efemēro gravu veidošanās ir tieši saistīta ar mākslīgu lineāru drenāžas elementu ierīkošanu vai nogāžu nepārdomātu tehnogēno pārveidi.

Nobeigumā jāatzīmē, ka patlaban lauka pētījumu gaitā iegūtais izejas datu apjoms nav pietiekami liels, lai par iegūtajiem rezultātiem varētu spriest kā par statistiski ticamiem. Tas liecina, ka Latvijā ir nepieciešams plānveidā turpināt iesāktos pētījumus par efemēro gravu veidošanos, tajā skaitā arī par zemes lietojumveidu izmaiņām, augsnes resursu aizsardzības un klimata mainības kontekstā.

Pateicības

Pētījums veikts ar ESF projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004 atbalstu.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Alatorre L. C., Beguería S. (2009) Identification of Eroded Areas Using Remote Sensing in a Badlands Landscape on Marls in the Central Spanish Pyrenees. *Catena*, 76 (3): 182–190.
- Arnoldus H. M. J. (1977) Methodology Used to Determine the Maximum Potential Average Annual Soil Loss Due to Sheet and Rill Erosion in Morocco. Annex IV, Roma, *FAO Soils Bull.*, 34, p. 39–48.
- Bennett S. J., Casalí J., Robinson K. M., Kadavy K. C. (2000) Characteristics of Actively Eroding Ephemeral Gullies in an Experimental Channel. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 43(3): 641–649.
- Capra A., Scicolone B. (2002) Ephemeral Gully Erosion in a Wheat-Cultivated Area in Sicily (Italy). *Biosystems Engineering*, 83 (1): 119–126.
- Casalí J., López J. J., Giráldez J. V. (1999) Ephemeral Gully Erosion in Southern Navarra (Spain). *Catena*, 36: 65–84.
- Casalí J., Bennett S. J., Robinson K. M. (2000) Processes of Ephemeral Gully Erosion. *International Journal of Sediment Research*, 15 (1): 31–41.
- Casalí J., Loizu J., Campo M. A., De Santisteban L. M., Álvarez-Mozos J. (2006) Accuracy of Methods for Field Assessment of Rill and Ephemeral Gully Erosion. *Catena*, 67 (2): 128–138.
- CORINE-CEC. (1992) *CORINE Soil Erosion Risk and Important Land Resources. An Assessment to Evaluate and Map the Distribution of Land Quality and Soil Erosion Risk*. Office for official publications of the European Communities. EUR 13233. Luxemburg.
- Daba S., Rieger W., Strauss P. (2003) Assessment of Gully Erosion in Eastern Ethiopia Using Photogrammetric Techniques. *Catena*, 50 (2–4): 273–291.
- Easterbrook D. J., Kovanen D. J. (1999) *Interpretation of Landforms from Topographic Maps and Air Photographs*. New Jersey, Prentice Hall. 194 p.
- Foster G. R. (1986) Understanding Ephemeral Gully Erosion. In: Committee on Conservation Needs (ed.) *Soil Conservation, Assessing the National Research Inventory*, vol. 2. Board on Agriculture, National Research Council, National Academy Press, Washington, DC: 90–125.
- Foster G. R. (2005) Modelling Ephemeral Gully Erosion for Conservation Planning. *International Journal of Sediment Research*, 20 (3): 157–175.
- Goudie A., Anderson M., Burt T., Lewin J., Richards K., Whalley B., Worsley P. (1998) *Geomorphological techniques*. 2nd ed. London, Routledge. 570 p.
- Govers G. (1991) Rill Erosion on Arable Land in Central Belgium: Rates, Controls and Predictability. *Catena*, 18 (2): 133–155.
- Gregori E., Andrenelli M. C., Zorn G. (2006) Assessment and Classification of Climatic Aggressiveness With Regard to Slope Instability Phenomena Connected to Hydrological and Morphological Processes. *Journal of Hydrology*, 329 (3–4): 489–499.
- Hauge C. (1977) Soil erosion definitions. *California Geology*, 30: 202–203.

- Horton R. (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56 (3): 275–370.
- James A. L., Watson D. G., Hansen W. F. (2007) Using LiDAR Data to Map Gullies and Headwater Streams Under Forest Canopy: South Carolina, USA. *Catena*, 71 (1): 132–144.
- Juškevičs V., Misāns J., Mūrnieks A., Skrebels J. (2003) *Latvijas ģeoloģiskā karte mērogā 1 : 200 000*. 34. lapa – Jēkabpils un 24. lapa – Daugavpils. 4. lapa „Kvartāra nogulumu” un paskaidrojuma teksts. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests.
- Laflen J. M., Watson D. A., Franti T. G. (1986) Ephemeral Gully Erosion. In: *Proceedings of the Fourth Federal Interagency Sedimentation Conference*. Las Vegas, NV: 3.29–3.37.
- LVĢMC. (2009) *Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra, meteoroloģisko staciju „Daugavpils” un „Rēzekne” novērojumu dati*. [Skatīts 16.12.2009.] Pieejams: http://www.meteo.lv/public/hidrometeo_dati.html
- Merkel W. H., Woodward D. E., Clarke C. D. (1988) Ephemeral Gully Erosion Model (EGEM), Modelling Agricultural, Forest and Rangeland Hydrology. *Proceedings of the International Symposium*, Chicago, USA, 12–13 December, 315–323.
- Morgan K. M., Morris D. R., Lee G. B., Kiefer R. W., Bubenzer G. D., Daniel T. C. (1980) Aerial Photography as an Aid to Cropland Erosion Analysis. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 23 (4): 907–913.
- Nachtergaele J., Poesen J., Steegen A., Takken I., Beuselinck L., Vandekerckhove L., Govers G. (2001) The Value of a Physically Based Model Versus an Empirical Approach in the Prediction of Ephemeral Gully Erosion for Loess-Derived Soils. *Geomorphology*, 40 (3–4): 237–252.
- Nachtergaele J., Poesen J., Wijdenes D. O., Vandekerckhove L. (2002) Medium-Term Evolution of a Gully Developed in a Loess-Derived Soil. *Geomorphology*, 46 (3–4): 223–239.
- Official Journal of the European Community (2000) *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy (Water Framework Directive)*. L 327, vol. 43, 22 December, p. 1–72.
- Oliver J. E. (1980) Monthly Precipitation Distribution: a Comparative Index. *Professional Geographer*, 32: 300–309.
- Øygarden L. (2003) Rill and Gully Development During an Extreme Winter Runoff Event in Norway. *Catena*, 50: 217–242.
- Poesen J., Vandaele K., van Wesemael B. (1996) Contribution of Gully Erosion to Sediment Production in Cultivated Lands and Rangelands. In: Walling D. E. and Webb B. W. (eds) *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*. Proceeding of Exeter Symposium, UK, 15–19 July, IAHS Publication, Wallingford, UK: 251–266.
- Poesen J., Nachtergaele J., Verstraeten G., Valentin C. (2003) Gully Erosion and Environmental Change: Importance and Research Needs. *Catena*, 50 (2–4): 91–133.
- Quilbé R., Rousseau A. N., Duchemin M., Poulin A., Gangbazo G., Villeneuve J.-P. (2006) Selecting a Calculation Method to Estimate Sediment and Nutrient Loads in Streams: Application to the Beaurivage River (Québec, Canada). *Journal of Hydrology*, 326 (1–4): 295–310.
- Spravochnik po klimatu SSSR. (1968) Latviiskaja SSR. Part IV. *Vlaznostj vozduha, atmosfernije osadki i sneznij pokrov*. Leningrad, Hidrometizdat, Iss. 5. 210 s.

- Soil Science Society of America (SSSA). (2001) *Glossary of Soil Science Terms*. Pieejams: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary#>
- United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service (1992) *Ephemeral Gully Erosion Model, EGEM*. User Manual.
- Valentin C., Poesen J., Li Y. (2005) Gully Erosion: Impacts, Factors and Control. *Catena*, 63 (2–3): 132–153.
- Vandaele K., Poesen J., Govers G., Wesemael B. van (1996) Geomorphic Threshold Conditions for Ephemeralgully Incision. *Geomorphology*, 16 (2): 161–173.
- Warren A. (2002) Land Degradation is Contextual. *Land Degradation and Development*, 13(6): 449–459.
- Wischmeier W. H., Smith D. D. (1978) *Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide for Conservation Planning*. *Agricultural Research Service Handbook No 537*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC. 56 p.
- Woodward D. E. (1999) Method to Predict Cropland Ephemeral Gully Erosion. *Catena*, 37 (3–4): 393–399.
- Wu B., Wang G., Xia J., Fu X., Zhang Y. (2008) Response of Bankfull Discharge to Discharge and Sediment Load in the Lower Yellow River. *Geomorphology*, 100 (3–4): 366–376.
- Young A., Brunsdon D., Thornes J. B. (1974) *Slope Profile Survey*. British Geomorphological Research Group Bulletin No. 11. Geo Abstracts, Norwich. 52 p.
- Zhang Y. G., Wu Y. Q., Liu B. Y., Zheng Q. H., Yin J. Y. (2007) Characteristics and Factors Controlling the Development of Ephemeral Gullies in Cultivated Catchments of Black Soil Region, Northeast China. *Soil and Tillage Research*, 96 (1–2): 28–41.

Summary

Ephemeral gullies have a relatively wide distribution in many areas around the world; however, in Latvia until now studies were not performed focusing on these forms of linear erosion and factors controlling their development. Results obtained during field survey of ephemeral gullies, camera processing of data and GIS modelling demonstrate that factors enabling erosion in south-eastern Latvia are steep slopes with large contributing areas, intensive precipitation or snow thawing, as well human agricultural activities, whilst the geological structure of the territory under study, i.e. high content of rock fragments and clay particles in surface sediments, impedes development of ephemeral gullies.

Keywords: *ephemeral gullies, controlling factors, south-eastern Latvia.*

Nogāžu procesu un gravu erozijas veidotie reljefa kompleksi dabas pieminekļi „Sproģu gravas” ietvertajā Daugavas senielejas daļā

Mass Movement and Gully Erosion Landform Complexes within the Territory of the Nature Monument „Sproģu gravas” Located in the Daugava Spillway Valley

Juris Soms¹, Valdis Segliņš²

¹Daugavpils Universitāte
Parādes iela 1, Daugavpils, LV-5401
E-pasts: juris.soms@du.lv

²Latvijas Universitāte
Raiņa bulv. 19, Rīga, LV-1586
E-pasts: valdis.seglins@lu.lv

Rakstā atspoguļoti Daugavas senielejā, dabas pieminekļa „Sproģu gravas” teritorijā, 2006.–2009. gadā veikto ekspedīciju un iegūto datu kamerālās apstrādes rezultāti. Izmantojot ģeoloģiski ģeomorfoloģisko izpēti, kartogrāfiskā materiāla analīzi un ģeomātikas metodes, tika veikti reljefa pētījumi, kuros noskaidrota formu morfoloģija, to izvietojuma un attīstības saistība ar pamatkrasta nogāzes ģeoloģisko uzbūvi, kā arī novērtēts eksogēno procesu veids un norises intensitāte. Iegūtie rezultāti parāda, ka nozīmīgākie reljefa veidotājfaktori pētījumu teritorijā ir nogāžu procesi un gravu erozija. Nogāžu un gravu erozijas formu kompleksu – avotcirkur gravu – veidošanās vecuma novērtējums liek secināt, ka to veidošanās ir saistīta ar postošajiem paliem 1931. gadā.

Atslēgvārdi: avotcirkur gravas, Daugavas senieleja, eksogēni ģeoloģiskie procesi, Skerškānu loks.

Ievads

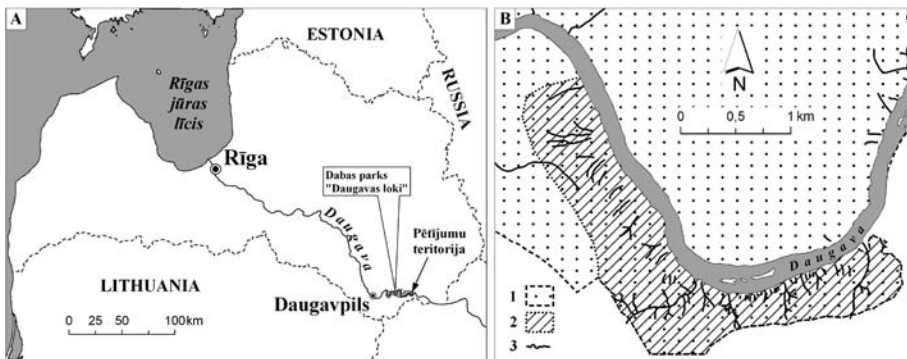
Daugavas senieleja Krāslavas–Naujenes posmā pamatoti tiek uzskatīta par senāko upes ieleju Latvijā (Eberhards, 1972). Tā ir ainaviski krāšņākā un morfoloģiski sarežģītākā Daugavas tecējuma daļa, kur upe šķērso pēdējā apledojuuma laikā izveidojušos pauguraino reljefa joslu – Baltijas augstieņu grēdu (Āboltniņš, 1989), atdalīdama Latgales augstieni ziemeļos no Augšzemes augstienes dienvidos. Senieleja ģenēzes ziņā ir viens no komplicētākajiem fluvālā reljefa veidojumiem Latvijā (Eberhards, 1985). Tās reljefs, kas ir poliģenētisks un kompleks veidojums, ietver gan Daugavas senāko attīstības ciklu iezīmes, gan lineārās erozijas un nogāžu procesu gaitā holocēnā veidojušos vidējformu kompleksus.

Lai gan Daugavas senielejas Krāslavas–Naujenes posma ģeoloģiskās uzbūves un reljefa īpatnības atzīmētas jau 19. gs. beigu publikācijās (Sapunov, 1893),

tomēr sistemātiski ģeoloģiska un ģeomorfoloģiska rakstura pētījumi šajā teritorijā tika uzsākti 20. gs. 30. gados (Sleinis et al., 1933) un ar nelieliem pārtraukumiem turpinās līdz mūsdienām. Līdz šim lielāka vērība ir pievērsta pašas senielejas attīstībai un morfoloģijai (Majore, 1962; Eberhards, 1972), tās ģeoloģiskajai uzbūvei (Ābolņiņš, 1989), kā arī gravu erozijas veidotajam reljefam (Soms, 2006). Tomēr atšķirībā no Gaujas senielejas (Venska, 1982) joprojām trūkst apkopojošu pētījumu par mūsdienu eksogēno ģeoloģisko procesu norisi un šo procesu veidoto reljefa formu kompleksu. Ņemot vērā minēto, darba mērķis ir noteikt reljefu veidojošos mūsdienu eksogēnos procesus un lauka pētījumu gaitā iegūt datus par reljefa formu morfoloģiju un to morfometriskajiem parametriem Daugavas senielejas Skerskānu loka etalonteritorijā.

Materiāls un metodes

Pētījumam Daugavas senielejā tika izvēlēta tā dabas parka „Daugavas loki” daļa, kas ietver ģeoloģiski ģeomorfoloģisko dabas pieminekli „Sproģu gravas” un Daugavas kreisajam pamatkrastam Skerskānu loka virsotnē piegulošo Skrudalienes pauguraines ziemeļu nogāzi (1. att.).



1. att. Pētījumu teritorijas ģeogrāfiskā lokalizācija Latvijā (A) un tās novietojums dabas parkā „Daugavas loki” (B)

1 – dabas parka „Daugavas loki” teritorija; 2 – pētījumu teritorija; 3 – gravas.

Fig. 1. Geographical Location of the Study Area in Latvia (A) and within the Nature Park „Daugavas Loki” (B)

1 = territory of the Nature Park „Daugavas Loki”; 2 = the study area; 3 = gullies

Pēc iepriekšējo novērojumu datiem zināms, ka Daugavas ielejas kreisā pamatkrasta nogāzē starp divām dziļām sānu gravām, apm. 3,5 km leņpus Krāslavas, atrodas avotcirkus un gravu izvietojuma blīvuma ziņā vienīgā tāda veida teritorija dabas parkā „Daugavas loki” (Jansons, 1999), respektīvi, nelielā teritorijā vienviet koncentrētas dažādas Daugavas senielejas ģeoloģisko procesu norises sekas.

Šajā teritorijā no 2006. līdz 2009. gadam tika veikta reljefa izpēte, lai noskaidrotu formu morfoloģiju, to izvietojuma un attīstības saistību ar pamatkrasta nogāzes ģeoloģisko uzbūvi, kā arī novērtētu eksogēno procesu veidu un norises intensitāti. Pētījumu gaitā tika apsektas un uzmērītas vairāk nekā 20 īsas, nesazarotas nogāžu

gravas, kuru augšteces daļā vērojami daudzi noslīdeņi un avotcirkļi, un 3 krastu gravas.

Pētījumu teritorijā nav izveidoti stacionārie novērojumu atbalsta punkti, nav veikts ilglaicīgs ģeomorfoloģiskais monitorings, kā arī nav zināma vēsturiski vai dokumentos fiksēta procesu norise un to seku hronoloģija, tāpēc eksogēno ģeoloģisko procesu identificēšanā izmantotas divas ģeomorfoloģijas metodoloģiskās pamatnostādnes (Thornbury, 1969), proti, (1) dabā notiekošie reljefa veidotāji procesi, kurus novērojam mūsdienās, ir norisinājušies arī iepriekšējos ģeoloģiskajos laikposmos, un (2) reljefu veidojošie procesi rada tikai tiem raksturīgo reljefa formu kopumu ar šīm formām raksturīgo morfoloģiju un uzbūvi. Šāda pieeja ļāva rekonstruēt vides apstākļus, kādos varēja norisināties pētījumu teritorijā pārstāvēto formu veidošanās un no eksogēno procesu rindas kā nozīmīgus reljefa veidotājfaktorus izšķirt nogāžu procesus un gravu eroziju.

Lai laiktelpiskā griezumā novērtētu gravu tīkla attīstības gaitu un dinamiku, izmantota kartogrāfiskā materiāla analīze. Šāda pieeja, kad kartes un tālīzpētes datus izmanto gravu reljefa identifikācijai un pētījumiem, tiek plaši lietota citās pasaules valstīs (Vogt et al., 2003). Tradicionāli šim nolūkam tiek salīdzinātas dažādu gadu kartes, aerofotouzņēmumi un citi informācijas avoti, piemēram, zemes kadastra dati, plāni, vēsturiskie dokumenti un citi līdzīga rakstura avoti (Gábris et al., 2003; Szilassi et al., 2006). Diemžēl Latvijā pieejamās lielmēroga (M 1 : 10 000 līdz M 1 : 25 000) topogrāfiskās kartes un tālīzpētes materiāli aptver tikai relatīvi nelielu laika sprīdi, t. i., periodu no 20. gs. 50. gadiem līdz mūsdienām. Tāpēc, lai iegūtu informāciju par gravu tīkla attīstības gaitu Skerškānu lokā vismaz 100 gadu garumā, 1890. gadā navigācijas vajadzībām izdotajā kartē (Uchastok., 1890) attēloto gravu augšteces stāvoklis tika salīdzināts ĢIS vidē ar 2008. gadā veiktajiem GPS uzmērījumiem dabā. Gravu augšteces tika fiksētas kā punkti, nosakot to koordinātas ar augstas precizitātes *THALES MobileMapperCE* GPS iekārtu (koordinātu noteikšanas precizitāte tiešsaistes režīmā ± 2 m).

Lauku pētījumos *in situ* tika veikta pētījumu teritorijā esošo gravu un noslīdeņu apsekošana, kā arī reljefa izpēte. Ar morfometriskiem mērījumiem vairākās vietās gravu augšdaļā, vidusdaļā un lejasdaļā tika veikti gravu platuma GW_t (m), to gultnes platuma GW_b (m), dziļuma GD (m) un nogāžu slīpuma α (leņķ.°) mērījumi saskaņā ar ģeomorfoloģijas standartmetoēm (Goudie et al., 1998). Morfometrijas pētījumi tika veikti arī noslīdeņu cirkļiem. Neliela izmēru gravu platuma un dziļuma mērījumi tika veikti ar divām T-veidīgi savienotām 30 m stiklašķiedras mērlentēm (mērījumu precizitāte ± 1 cm $\cdot 10$ m⁻¹), ar vienu no tām nosakot gravas platumu, ar otru – gravas dziļumu. Gadījumos, kad noslīdeņu cirku platums pārsniedza 30 m, tika izmantots lāzertālmēris *Bushnell Yardage Pro 500* (mērījumu precizitāte ± 5 cm $\cdot 100$ m⁻¹).

Gravu gultņu garenkrituma uzmērīšanai izmantots klinometrs *SUUNTO PM5/360PC* ar skalas iedalījumu krituma procentos (mērījumu precizitāte $\pm 0,005$ m $\cdot 1$ m⁻¹). Savukārt gravu nogāžu un reljefa formu nogāžu slīpumu α (leņķ.°) uzmērīšanai izmantots digitālais klinometrs *DigiPas DWL-80G* (mērījumu precizitāte $\pm 0,1^\circ$), iegūtos skaitliskos lielumus noapaļojot līdz veselam skaitlim. Iegūstamo datu validācijas nolūkos katrs divdesmitais mērījums tika veikts paralēli gan ar digitālo, gan ar analogo bezinerces pašlīdzinošo klinometru *TrickTools AngleLevel 3* (mērījumu precizitāte $\pm 0,5^\circ$). Lai novērstu mikroreljefa nelīdzenumu radīto krituma

leņķu vērtību izkliedi un uzlabotu mērījumu procesu kvalitāti, vadoties no A. Janga un autoru aprakstītās metodikas (Young et al., 1974), klinometrs tika balstīts uz 1,0 m garas ēvelētas lates. Tādā veidā nogāžu krituma leņķi tika uzmērīti abām gravas nogāzēm visā nogāzes garumā šķērsām gravas gultnei, iegūstot mērījumu sēriju, kur nogāze ir sadalīta 1 m garos posmos un katrā no šiem posmiem ir zināms nogāzes krituma leņķis. Šīs mērījumu sērijas turpmāk tika izmantotas gravu šķērsprofilu konstruēšanai ar *AutoCAD 2008 LT* datorprogrammu. Tādā pašā veidā tika iegūti Daugavas pamatkrasta profili un īso avotcirkļu gravu gultņu garenprofili.

Nogāzi veidojošo iežu grunts mehānisko īpašību un fizikālo raksturlielumu noteikšanai *in situ* tika izmantots portatīvais spārniņu tipa *Eijkelpamp* bīdes pretestības (τ) testeris mērījumiem līdz $2,5 \text{ kg/cm}^2$ jeb 250 kPa (mērījumu precizitāte $\pm 0,05 \text{ kg/cm}^2$). Šī raksturlieluma noteikšanai pa profila līniju tika attīrīta senieejas pamatkrasta nogāze un rakti sekli šurfi (līdz 1 m). Katrā profila punktā, kur mākslīgi izveidotajā atsegumā vizuāli tika konstatētas atšķirības nogāzi formveidojošo nogulumu sastāvā, $0,25 \text{ m}$ dziļumā no virskārtas uz vertikālas virsmas saskaņā ar F. Brunori un autoru aprakstīto metodiku (Brunori et al., 1989) tika veikti 10 mērījumi, pēc tam aprēķināta vidējā aritmētiskā bīdes pretestības τ vērtība katrai nogulumu slāņkopai. Iežu paraugu monolīti to laboratoriskai izpētei tika iegūti ar AMS kameras ģeoloģisko urbi ar ievietojamu plastikāta konteineru (konteinerā $\varnothing 50 \text{ mm}$; $H = 204 \text{ mm}$). Katrā paraugu ņemšanas vietā tika ņemti 5 paraugi grunts blīvuma vidējo aritmētisko vērtību iegūšanai, kuras tika noteiktas Daugavpils Universitātes (DU) Ģeoloģijas laboratorijā saskaņā ar inženierģeoloģiskos un ģeomorfoloģiskos pētījumos vispārpieņemtām standartmetodēm (Goudie et al., 1998).

Gravu ievalki un gravu sateces baseinu ūdensšķirtnes līnijas tika noteiktas saskaņā ar plaši lietotu metodiku reljefa formu identifikācijai topogrāfiskajās kartēs un aerofotogrāfijās (Easterbrook and Kovanen, 1999), šim nolūkam izmantojot bij. PSRS armijas ģenerālštāba 1963. gada koord. sistēmas topogrāfiskās kartes M 1 : 10 000 lapu Nr. C-48-28-1-4-1 (C-48-28-A-r-1) ar horizontāļu griezuma augstumu 2 m . Pēc kartes ģeoreferencēšanas, izmantojot *ArcMap 9.3* datorprogrammu, manuālās vektorizēšanas gaitā tika izveidotas *ESRI *.shp* formāta apveiddatnes „gravas” (tās reprezentē gravu ievalki – *polyline*) un „gravu sateces baseini” (*polygon*). Šajās apveiddatnēs ar *ArcMap 9.3* rīku *Calculate Geometry* tika aprēķināti ievalku garumi L_g un avotcirkļu gravu sateces baseinu A_g un daļbaseinu A_u platības, kuras drenē gravu augštece. Iegūtās skaitliskās vērtības tika izmantotas turpmākajā darba gaitā, veicot datu matemātisko analīzi ar *Microsoft Excel* un nosakot korelāciju starp gravu garumu un sateces baseina platību. Vienlaikus ĢIS dati tika izmantoti gravu erozijas tīkla blīvuma (Horton, 1945) noteikšanai, izmantojot *ArcMap 9.3* rīku *Calculate Value* saskaņā ar formulu

$$D_d = \frac{\sum L_g}{A}, \quad (1.)$$

kur D_d – gravu erozijas tīkla blīvums ($\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$);

A – teritorijas platība, kurā tiek aprēķināts gravu tīkla blīvums vai biežums (km^2);

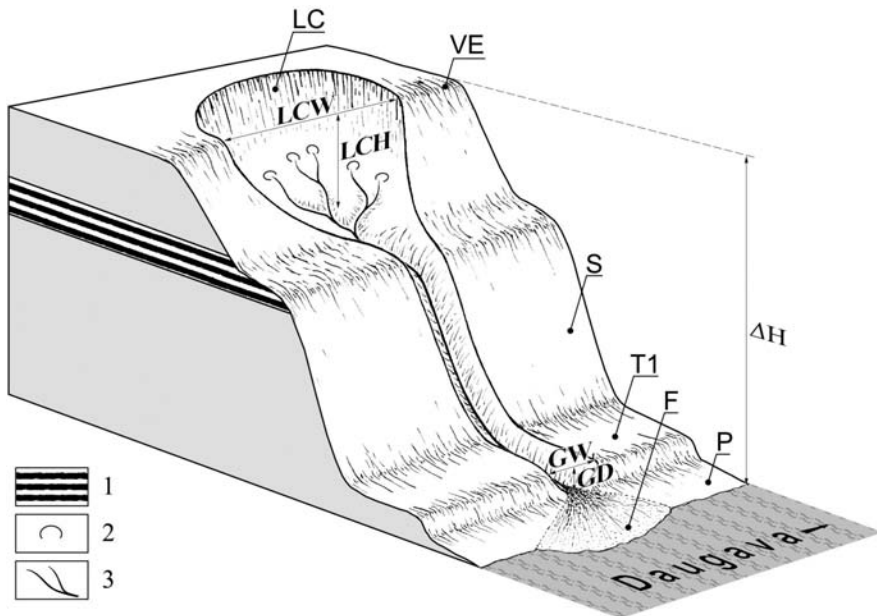
$\sum L_g$ – kopējais gravu garums (km) teritorijas platībā A .

Noslīdeņu avotcirku veidošanās laika noteikšanai tika izmantota dendroģeomorfoloģijas metode (Alestalo, 1971), pēc kuras koka stumbru gadskārtu skaita un to pieauguma rakstura analīze ļauj noskaidrot ģeomorfoloģisko procesu ietekmi uz koku augšanu un tādējādi interpretēt šo procesu norises dinamiku. Šī metode veiksmīgi tiek lietota erozijas un nogāžu procesu norises ātrumu noteikšanai un apjomu kvantificēšanai, ko apliecina daudzi citās valstīs veiktie pētījumi (Vandekerckhove et al., 2001). Līdzīgi kā citi eksogēnie procesi, noslīdeņu veidošanās un gravu attīstība atstāj negatīvu limitējošu ietekmi uz kokaugu veģetāciju – koku augšana ar vertikālu stumbra stāvokli ir iespējama tikai pēc tam, kad nogāžu vai erozijas procesi ir apriņķi un nogāzes ir stabilas. Tādējādi, nosakot gravu un noslīdeņu nogāzēs augošu koku vecumu, salīdzinoši precīzi ir iespējams noteikt noslīdeņu cirku vai gravu stabilizācijas laiku. Koku vecuma noteikšanai Sproģu avotcirku gravās tika izmatots *SUUNTO* firmas Preslera tipa rokas svārpsts (garums 400 mm) stumbra urbuma serdes iegūšanai. Ar šo instrumentu ir iespējami urbumi tuvu sakņu kaklam, orientējot svārpstu serdes virzienā, un secīgi tika veikti divi savstarpēji perpendikulāri urbumi avotcirku gravās augošu koku stumbros. Izņemot urbuma serdeni no svārpsta, koksnes paraugs tika ievietots plastikāta caurulītē, lai transportēšanas laikā to saglabātu viengabalainu. Šādā veidā tika iegūti koksnes serdeņi no diametra ziņā desmit lielākajiem kokiem avotcirku nogāzēs. Visi iegūtie serdeņi tika nogādāti uz DU Sistemātiskās bioloģijas institūta laboratoriju, tur koksnes paraugi tika samitrināti ar glicerīnu, lai kontrastaināk izceltos pavasara un vasaras koksnes pieauguma daļas, un tad ar *Carl Zeiss STEMI 1000* stereomikroskopu tika uzskaitītas gadskārtas un noteikts koka vecums. Jāatzīmē arī, ka līdz šim Latvijā dendroģeomorfoloģijas metodes nav lietotas mūsdienu eksogēno ģeoloģisko procesu izpētē, tāpēc šādas ievirzes pētījumu aprobācija papildina ģeomorfoloģisko metožu klāstu informācijas ieguvei par reljefa ierosinātājfaktoriem.

Rezultāti un diskusija

Daugavas senielejas Skerškānu loka virsotnē, dabas pieminekļa „Sproģu gravas” teritorijā, reljefa iezīmes nosaka galvenokārt nogāžu procesi un gravu erozija. Abu šo eksogēno ģeoloģisko procesu norise noteikusi savdabīga noslīdeņu, avotcirku un gravu reljefa kompleksa izveidošanos, par kuru pirmās rakstiskās ziņas sniegtas pagājušā gadsimta 90. gadu avotos (Jansons, 1999). Šī reljefa kompleksa raksturīgākie ģeomorfoloģiskie veidojumi ir avotcirku gravas. Terminu „avotcirku grava” pirmo reizi publikācijā lieto V. Venska (1982), aprakstot Gaujas nacionālā parka teritorijā esošo atsevišķu savdabīgo gravu morfoloģiju. Šo reljefa veidojumu morfoģenētisko tipu pētījumu teritorijā pārstāv īsas, saliktas ģenēzes, t. i., nogāžu procesu un erozijas veidotas formas, kuras izveidojušās senielejas stāvajās nogāzēs. Morfoloģiski un ģenētiski līdzīgas formas, kuru attīstība saistīta ar gravīgēnajiem procesiem, zinātniskajā literatūrā tiek dēvētas arī par „noslīdeņu kompleksiem” (angl. *slide complex*: Parkner et al., 2007) un „noslīdeņu cirku gravām” (angl. *landslide cirque gullies*: Soms, 2007). Tomēr šajā rakstā lietots Latvijas terminoloģijā jau nostiprinājies termins „avotcirku grava” (Jansons, 1999), ar šo vārdkopu apzīmējot tās erozijas formas, kuru veidošanos pamatā noteikusi sufozijas, nogāžu procesu un fluviālās erozijas mijiedarbība. Pētījumu teritorijā šāda morfoģenētiskā tipa gravas visvairāk konstatētas tieši Daugavas senielejas Skerškānu lokā (Soms, 2007).

Avotcirku gravām tipomorfos gadījumos augšteces daļā ir pudeles kakla formas paplašinājums, kas savienojas ar piltuvveida vai amfiteātra veida puslokā izliektu iegrauzumu, savukārt lejteces daļā tām ir V veida šķērsprofils (2. att.). Daudzi avoti vai avotu grupas, kuru debīts $< 0,05 \text{ l s}^{-1}$ un kuri saskaņā ar klasifikāciju (Jansons, 1993) ierindojami mikroavotu grupā, izplūst noslīdeņa cirka sienās un apakšējā daļā un saplūstot avotcirku gravas gultnē parasti veido nelielus patstāvīgus strautiņus. Minētais norāda uz gruntsūdeņu izplūšanas izraisītās sufozijas nozīmi avotcirku ģenēzē.



2. att. Tipiskas avotcirku gravas shēma ieslīpā sānskatā, kurā parādīti šādu formu galvenie elementi un morfometriskie raksturlielumi

Avots: zīmējuši autori.

P – paliene; **F** – iznesu kons; **T1** – 1. virspalu terase I; **S** – ar mežu klāta ielejas nogāze; **VE** – ielejas krote; **LC** – avotcirks; **1** – pret denudāciju noturīgāki glaciolimniskie nogulumi ar zemu ūdenscaurlaidību; **2** – mazi avoti un mikroavotu grupas; **3** – pastāvīgi strautiņi; **LCW** – avotcirka platums; **LCH** – avotcirka augstums; **GW_t** – gravas platums; **GD** – gravas dziļums; **ΔH** – erozijas bāze.

Fig. 2. Sketch of Oblique View of Typical Landslide Cirque Gully Representing the Main Elements and Topographic Characteristics of Such Landforms (fig. by authors)

P = floodplain; **F** = colluvial fan; **T1** = terrace I; **S** = vegetated slope of the valley; **VE** = edge of the valley; **LC** = landslide cirque; **1** = more resistant to denudation glaciolacustrine sediments of low impermeability; **2** = small springs and sapping signs; **3** = permanent brooklets; **LCW** = landslide cirque width; **LCH** = landslide cirque height; **GW_t** = gully width at top; **GD** = gully depth; **ΔH** = base height.

Šajā teritorijā tika veikta gravu erozijas un gravigēno procesu veidotā reljefa pētījumi, un to gaitā tika apsektotas un uzmērītas 26 īsas, nesazarotas nogāžu gravas, kuru augšteces daļā vērojami daudzi noslīdeņi un avotcirki, un 3 krastu gravas. Gravu ciešais izvietojums un liels gravu tīkla biežums (līdz 14 gravas·km⁻²) rada vizuāli maldīgu iespaidu, ka tām ir pārāk mazi ūdensguves baseini, lai pat ar maksimālām noteces vērtībām attīstītos lineārā erozija. Neskatoties uz lielo gravu tīkla biežību, minētā tipa gravu veidotā erozijas tīkla blīvums D_{α} , kas aprēķināts saskaņā ar (1.) formulu, ir neliels, maks. līdz 0,98 km·km⁻².

Avotcirku gravas pētītajā teritorijā ir relatīvi īsas (1. tab.), to garums vidēji ir 60–70 m, tikai atsevišķos gadījumos sasniedzot vai pārsniedzot 100 m. Erozijas iegrauzumu dziļumi gravu lejtecē variē no 0,8 līdz 2,4 m, un tiem ir izteikta V veida forma.

Gravu platuma un dziļuma attiecība WDR ir robežās no 2 līdz 3,5, un salīdzinājumā ar citu pētītiem sniegtajiem datiem (Vanwalleghem et al., 2003) par šī raksturlieluma vērtībām (7,66–8,9) aprīmušajām gravām tā ir ievērojami mazāka. Tas liecina, ka gultnē turpinās erozijas procesi un gravas netiek aizpildītas ar koluviālo un proluviālo materiālu. Minēto apstiprina arī daudzās avotcirku gravās konstatētie straujie strautiņi, kuru uzmērītās gultnes GW_b ir 0,3 līdz 0,9 m platas. Neņemot vērā pastāvīgu ūdensplūsmu klātbūtni gultnēs un erodētā materiāla transportu no augstāka hipsometriskā līmeņa uz Daugavas palieni, avotcirku gravām nav izteiktu izneses konusu, jo tie regulāri tiek noskaloti pavasara palu laikā.

1. tabula

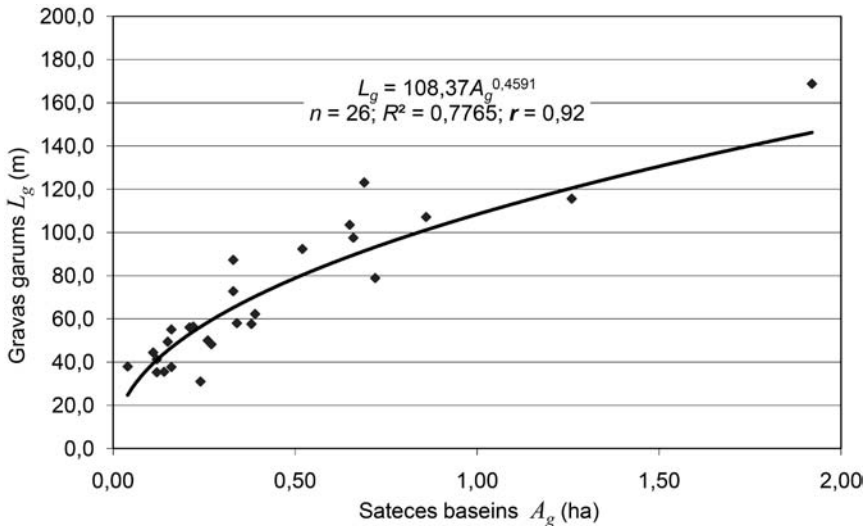
Avotcirku gravu morfometriskie raksturlielumi

Topographic Characteristics of Landslide Cirque Gullies (Abbreviations in Fig. 2.)

| Morfometriskie raksturlielumi | Skaitliskās vērtības | | | |
|---|----------------------|-------|-------|-----------------|
| | minim. | maks. | vid. | standartnovirze |
| Avotcirku gravu garums L_g (m) | 31,0 | 123,1 | 66,5 | 27,5 |
| Avotcirku gravu sateces baseins A_g (ha) | 0,11 | 1,26 | 0,39 | 0,29 |
| Avotcirku gravu daļbaseins A_u (ha), kuru drenē gravas augštece | 0,019 | 0,675 | 0,114 | 0,138 |
| Avotcirku gravu platums GW (m) | 2,40 | 6,70 | 4,56 | 1,51 |
| Avotcirku gravu dziļums GD (m) | 0,80 | 2,40 | 1,54 | 0,57 |
| Avotcirku gravu platuma un dziļuma attiecība WDR | 2,62 | 3,63 | 3,11 | 0,38 |
| Avotcirku gravu ievalka vid. kritums T_g (m·m ⁻¹) | 0,12 | 0,48 | 0,33 | 0,10 |
| Avotcirku platums LCW (m) | 18,0 | 62,0 | 39,1 | 13,9 |
| Avotcirku augstums LCH (m) | 3,60 | 14,0 | 10,0 | 3,40 |

Apzīmējumus sk. 2. attēlā.

Šīm gravām ir morfoloģiski vāji izteikti ūdensguves baseini, kuru laukums parasti nepārsniedz vienu hektāru, pie tam lielākā daļa ūdensguves baseina atrodas uz pamatkrasta nogāzes. Veicot avotcirku morfometrisko parametru skaitlisko vērtību korelāciju, noskaidrojās cieša saistība ($r = 0,92$; $p < 0,01$) starp gravu baseinu platību un gravu garumu (3. att.).

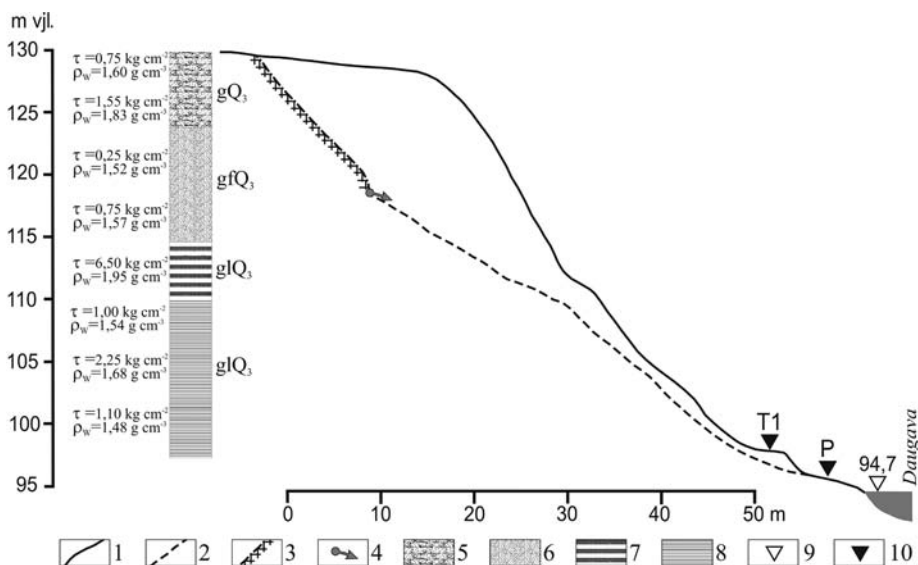


3. att. Korelācija starp avotcirku gravu sateces baseinu A (faktoriālā pazīme) un to garumu L (rezultatīvā pazīme). Aprēķiniem izmantoti ar ĢIS veiktās ģeotelpiskās analīzes dati.

Fig. 3. Correlation between Catchment Area A and Length L of Landslide Cirque Gullies. Graph Constructed from Data Obtained by GIS Geospatial Analysis.

Kopumā avotcirku gravām raksturīgas divas nozīmīgākās morfoloģiskās īpatnības, kuras nav raksturīgas citiem gravu morfoģenētiskajiem tipiem (Poesen, 1996). Tā avotcirku gravas augštece nešķeļ vai tikai nedaudz šķeļ pamatkrasta kroti (4. att.) un drenē ļoti nelielu ielejai piegulošās teritorijas daļu (1. tab.). Ņemot vērā šo lineāro erozijas formu morfometriju un erodētā materiāla apjomu, tās var salīdzināt ar efemērajām gravām. Tomēr no iepriekš minētajām tās atšķiras ar kāpļainu garenprofilu, kas galvenokārt atkārto nogāzes profilu (4. att.), un augstām ievalka garenkrituma T_g vērtībām, kuras var pārsniegt $0,4 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$ (1. tab.).

Lauka pētījumu rezultāti liecina, ka avotcirku gravas veidojušās, ģeoloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem faktoriem mijiedarbojoties un attīstoties lineārajai erozijai labvēlīgā virzienā; svarīgi, ka gravu attīstībā dominējošā loma ir avotiem (Crosta and Prisco, 1999). Tieši pazemes ūdeņu izraisītā sufozija un ar to saistītā noplūdeņu un rotācijas noslīdeņu veidošanās ir noteikusi apskatāmās teritorijas sarežģīto topogrāfiju un īsu pudeles kakla (angl. *bottleneck shape*: Crosta and Prisco, 1999) vai siles formas gravu veidošanos.



4. att. Avotcirkru gravas garenprofils un pamatkrasta nogāzes ģeoloģiskā uzbūve.
Profils sastādīts pēc lauka uzmērījumu un laboratoriskās izpētes datiem.

- 1 – pamatkrasta nogāzes profils; 2 – gravas gultnes profils; 3 – noslīdeņa atrašanās siena;
4 – avotu grupa; 5 – akmeņaina mālsmits un smilšmāla morēna; 6 – smilšaini nogulumi;
7 – bezakmens māls; 8 – putekļaina smilts un aleirīts; 9 – mūsdienu lokālais erozijas bāzes
līmenis (m vjl.); 10 – senāks lokālais erozijas bāzes līmenis; τ – bīdes spriegums;
 ρ_w – dabīgi mitras grunts blīvums; T1 – 1. virspalu terase; P – paliene.

Fig. 4. Longitudinal Profile of Landslide Cirque Gully and Sketch Showing Geological Structure of the Valley Slope. Profile Constructed from Data Obtained by Field Survey and Laboratory Research.

- 1 = slope profile; 2 = gully bottom profile; 3 = landslide scarp; 4 = group of springs ;
5 = sandy loam and clayey loam glacial stony till; 6 = sandy deposits; 7 = clay;
8 = very fine sand and silt; 9 – recent local base level (m asl.); 10 – older local base level;
 τ – shear stress; ρ_w – natural wet density; T1 – terrace I; P – floodplain.

Šo gravu paplašinātās augšteces daļas ir ģenētiski saistītas ar noslīdeņu avotcirkkiem, kuriem atšķirībā no Gaujas senlejas smilšakmeņu avotcirkkiem (Venska, 1982) ir salīdzinoši lēzenākas ($35\text{--}55^\circ$) sienas. Šī tipa gravu attīstības galvenais priekšnoteikums Skerškānu loka virsotnē ir komplicēta nogāžu ģeoloģiskā uzbūve vertikālā griezumā (4. att.). Proti, uz augšpleistocēna (Juškevičs et al., 2003) bezakmens māla (glQ_3) un to pārsedzošo glaciofluviālo (gfQ_3) nogulumu kontakta veidojas atsevišķi lejupplūsmas avoti vai biežāk – avotu grupas. Atšķirīga sastāva nogulumu kontakta slāņa pārmitrinājuma rezultātā veidojas slīdvirsma, pa kuru augstāk novietotais iežu masīvs gravitācijas ietekmē noslīd pa nogāzi uz leju – veidojas noslīdenis. Nogāzes augšmalā izveidojas ieliekta cirkveida forma, kas atbilstoši ģenēzei tiek saukta par avotcirkku. Avotcirkru nogāzēs veidojas jauni avoti

ar nelielu debītu, un pazemes ūdeņu plūsmas koncentrējas avotcirka pakājē, veidojot sākotnējās lineārās erozijas formas – izskalojumvagas noslīdeņa ķermenī. Gadījumā, ja noslīdeņa ķermeņa terases virsma ir ar negatīvu slīpumu un nav iespējama tieša notece pa normāli, tad pazemes ūdeņu plūsma virzās gar noslīdeņa ķermeņa un nogāzes kontaktu un gravas attīstība sākas noslīdeņa sānos.

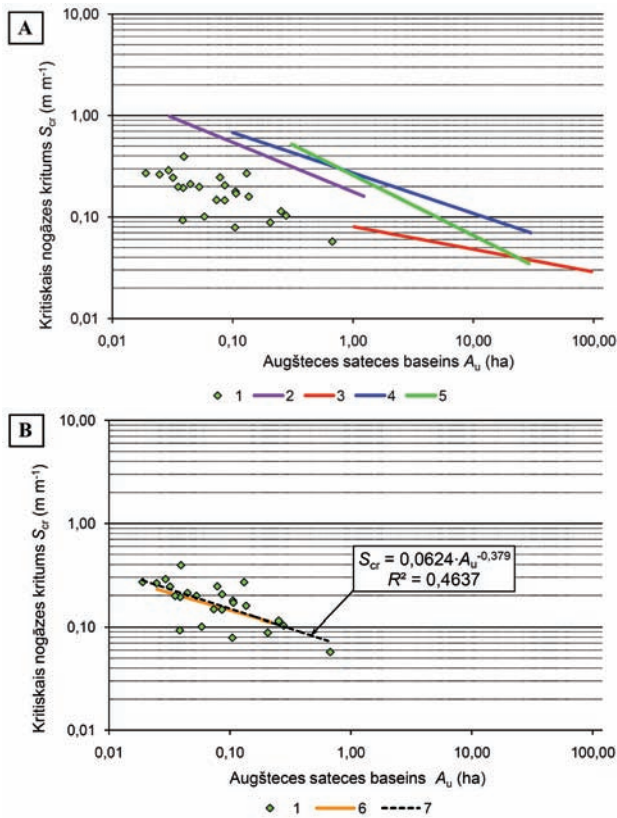
Minētais norāda, ka avotcirku gravu veidošanos iniciē nogāžu procesi. Taču, lai noskaidrotu, cik lielā mērā šī morfoģenētiskā tipa gravu tālāku evolūciju nosaka citām erozijas formām raksturīgā virszemes notece koncentrēšanās, autoru pētījumos iegūtie dati tika salīdzināti ar literatūrā publicēto informāciju par eroziju determinējošo ģeomorfoloģisko faktoru sliekšņvērtībām (angl. *thresholds*). Šādam salīdzinājumam vispirms tika analizēti no digitālā reljefa modeļa atvasinātie avotcirku gravu augšteces sateces baseinu un šo baseinu virsmas krituma parametri. Zinātniskās literatūras analīze parādīja, ka daudzos pētījumos (Montgomery and Dietrich, 1988; Dietrich et al., 1992; Prosser and Abernethy, 1996) empīriski ir noteikta saistība starp sateces baseina platību A un R. Hortona (1945) aprakstīto kritisko nogāzes garuma S_{cr} vērtību, kas ir pietiekama, lai sāktos gravas attīstība. Šo saistību matemātiskā formā izsaka vienādojums (Vandaele et al., 1996):

$$S_{cr} = aA^{-b} \quad (2.)$$

Formulā iekļautais koeficients a un eksponents b variē dažādos reģionos un galvenokārt ir atkarīgi no fizioģeogrāfiskās vides īpatnībām un augsnes mehāniskā sastāva.

Pētījumu gaitā iegūtos datus vizualizējot logaritmiski un salīdzinot tos ar citu zinātnieku empīriski iegūtām sliekšņvērtību līknēm (5. A att.), kuras dažādās pasaules valstīs ir noteiktas, lietojot (2.) vienādojumu, nākas secināt, ka avotcirku gravas S_{cr} vs A_u raksturojošā punktu kopa atrodas zemāk par kritisko sliekšņvērtību līknēm. Respektīvi, ar šādām Daugavas ielejai piegulošās teritorijas krituma vērtībām S_{cr} virszemes notece, kas tiek koncentrēta gravu augšteces daļbaseinos A_u , nevar izraisīt gravu attīstību.

Nākamajā autoru realizēto pētījumu posmā, salīdzinot avotcirku gravas S_{cr} vs A_u raksturojošo punktu kopu ar publicētajām kritiskajām sliekšņvērtībām (Samani et al., 2009), kādās sākas sufozijas un noslīdeņu izraisīta gravu attīstība, tika novērota augsta sakritība (5. B att.). Tas apstiprina pieņēmumu par nogāžu procesu un sufozijas nozīmi šo gravu attīstībā.



5. att. Attiecība starp sateces baseina platību A_u , ko drenē gravas augštece, un nogāzes krituma vērtību S_{cr} , ar kādu sākas gravas attīstība. Sproģu avotcirkļu gravām noteiktās vērtības (punkti) salīdzinājumā ar literatūrā sniegtajām kritiskajām sliekšņvērtībām (līnijas), ar kādām sākas efemēro gravu vai gravu attīstība (A), un kritiskajām sliekšņvērtībām, ar kādām sākas sufozijas un nogāžu procesu izraisīta gravu attīstība (B).

1 – Sproģu avotcirkļu gravu vērtības; 2 – Oregon, USA (Montgomery and Dietrich, 1988); 3 – South Downs, UK (Boardman, 1992); 4 – Western USA (Montgomery and Dietrich, 1994); 5 – SE Australia (Prosser and Abernethy, 1996); 6 – SW Iran (Samani et al., 2009); 7 – no Sproģu avotcirkļu gravu raksturlielumiem atvasinātā sliekšņvērtību līnija.

Fig. 5. Relationship between Gully Head Upslope Drainage Area A_u and Local Gradient S_{cr} of Slope Surface at the Channel Head Sufficient for Gully Initiation. Comparison of topographic values estimated for Sproģu landslide cirque gullies (dots) with published values of critical thresholds (lines) for incision of ephemeral gullies and permanent gullies (A), and critical thresholds for incision of landsliding and seepage dominated gullies.

1 = topographic values of Sproģu landslide cirque gullies; 2 = Oregon, USA (Montgomery and Dietrich, 1988); 3 = South Downs, UK (Boardman 1992); 4 = Western USA (Montgomery and Dietrich, 1994); 5 = SE Australia (Prosser and Abernethy, 1996); 6 = SW Iran (Samani et al. 2009); 7 = threshold line computed from topographic values of Sproģu landslide cirque gullies.

Lai gūtu pilnīgāku priekšstatu par avotcirkru gravu veidošanās mehānismu, pētījuma beigās tika veikti aprēķini, izmantojot fluviālās erozijas veidotām formām piemērojamu vienādību (Torri et al., 2006):

$$W = aQ^b, \quad (3.)$$

kas apraksta formu veidojošās ūdensplūsmas maksimālo caurplūduma (Q) un gultnes platuma (W) savstarpējo sakarību, kur a ir empīrisks koeficients un eksponenta b vērtība mainās robežās no 0,3 (izskalojumvagām) līdz 0,6 (upēm).

Izmantojot (3.) vienādības izskalojumvagām un efemērajām gravām empīriski piemēroto formulu (Nachtergaele et al., 2002):

$$GW_b = 2,51 Q^{0,412}, \quad (4.)$$

kur GW_b – gravas gultnes platums (m);

Q – caurplūdums ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), kādā veidojas gravas gultne ar platumu GW_b ;

un pieņemot, ka avotcirkru gravas morfometrisko parametru ziņā (garums, platums, dziļums) ir līdzīgas efemērajām gravām, var teorētiski aprēķināt caurplūduma vērtības, kādās notiek šo formu veidošanās. No (4.) vienādības iegūstot izvedumu

$$Q = 0,1072 GW_b^{2,427} \quad (5.)$$

un tajā ievietojot lauka pētījumos iegūtās avotcirkru gultņu platuma vērtības GW_b , iegūstam, ka eroziju izraisošajam un avotcirkru gravas veidojošajam caurplūdim jābūt robežās no $0,0058 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($GW_b = 0,3 \text{ m}$) līdz $0,0831 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($GW_b = 0,9 \text{ m}$).

Salīdzinot iegūtās vērtības ar avotcirkru gravu avotu caurplūduma mērījumu rezultātiem dabā, redzams, ka teorētiski aprēķinātie raksturlielumi ir par 2 pakāpēm augstāki nekā reālie avotu debīti. Respektīvi, pazemes ūdeņu kopējais debīts avotcirkā nesasniedz intensīvu eroziju izraisoša caurplūduma lielumu un nav pietiekams, lai veidotos gravas. Tas nozīmē, ka avotcirkos vienlaikus ar pazemes ūdeņiem koncentrējas arī lietus un sniega kušanas ūdeņu bezgultnes plūsmas un sīkas tērcītes, kurām saplūstot avotcirkā pakāpē summārais pazemes ūdeņu un virsmas noteces apjoms nodrošina gravas attīstību.

Procesa norisi pastiprina arī gultnes lielais garenkritums un periodiski, lokāli gultnes nosprostojumi, kurus saskaņā ar novērojumiem avotcirkru gravās rada mikroformu izmēra noslīdeņu veidošanās, nogāzes veidojošā materiāla nobrukšana un noslīdēšana gultnē. Šādi nosprostojumi veido nelielas kāples, avotcirkā strauta ūdensplūsmas kinētiskā enerģija uz kāples pieaug, izraisot intensīvu kāples regresīvu izskalošanu. Rezultātā notiek kāples ātra pārvietošanās gravas virsotnes virzienā un palielinās tās augstums. Attīstības gaitā šīs kāples augstums pārsniedz ūdensplūsmas dziļumu gultnē, un pārgāzne pārvēršas par nelielu ūdenskritumu. Tas strauji palielina dziļumerozijas intensitāti, jo veidojas evorsijas bedrītes. Kāples apakšējā daļā veidojas niša, un virs tās izvietotie ieži gravitācijas un hidrauliskā spiediena ietekmē nobrūk. Kopumā veidojas šādu kāpļu kaskādes, kuru regresīvā pārvietošanās mijiedarbībā ar nogāžu procesiem nodrošina gravu gultņu attīstību.

Ņemot vērā, ka visos pētītajos avotcirkos aug koki, bija iespējams gūt ieskatu avotcirku gravu attīstības vēsturē, izmantojot dendroģeomorfoloģijas (Alestalo, 1971) metodes, proti, analizēt koku stumbru gadskārtu skaitu un to pieauguma raksturu, lai noteiktu ģeomorfoloģisko procesu ietekmi uz koku augšanu un tādējādi interpretētu šo procesu norises dinamiku.

Pētījumos iegūtie rezultāti rāda, ka Sproģu avotcirku stabilizācijas sākums saistāms ar 20. gs. 30. gadiem, kad pēc intensīviem paliem, kas izskaloja krastus 1931. gadā (Gidrologičeskije., 1941; GRDC, 2008), Daugavā ir sācies relatīvi mierīgāka hidroloģiskā režīma laika posms. Šo formu aizaugšana pēdējās desmitgadēs un veģetācijas segas veidošanās liecina par raksturīgām vides izmaiņām – Daugavā vairs nenorisinās intensīvi pali, kad, ļoti augsta ūdens līmeņa apstākļos ledus gabaliem un spēcīgai straumei regulāri izārdot krauju nogāžu apakšējo daļu, atjaunojās intensīvi nogāžu procesi un tika iznīcināta augu sega.

Pētījumu teritorijā līdz ar avotcirku gravām tika konstatētas un apsektas arī trīs pastāvīgās gravas, kuras morfoloģiski atbilst krastu gravu tipam (Poesen, 1996). Šī tipa gravu virsotnes regresīvās erozijas procesā šķēlušas senielejas pamatkrasta kroti, un lielākā daļa gravas gultnes (> 50%) izvietojusies ārpus nogāzes, t. i., senielejai piegulošajā teritorijā, un atšķirībā no avotcirku gravām tām ir morfoloģiski labi izteikti pastāvīgi ūdensguves baseini. Minēto gravu garenprofili neatbilst līdzsvara profila formai. To nosaka ģeoloģiskās uzbūves īpatnības, jo, īslaicīgām ūdensplūsmām iegrauzoties gO_3 akmeņainā morēnas smilšmālā, kas veido kvartāra nogulumu virsmu Skrudalienas pauguraines ziemeļu nogāzē (Juškevičs et al., 2003), un izskalojot pelītu un psammītu frakcijas daļiņas, gravu gultnēs uzkrājušies rupjie drupu ieži – laukakmeņi un oļi. Šīs psefītu frakcijas rupjais materiāls pasargā gravas gultni no ūdensplūsmu erodējošās iedarbības un aizkavē tālāku dziļumerozijas procesu. Krastu gravas raksturo 2. vai 3. zarošanās pakāpe (pēc Strahler, 1952) un izteikti V veida šķērsprofili, to nogāzes klāj lapukoku veģetācija, un gravas atrodas trešajā attīstības jeb aprimšanas stadijā.

Divās no trim apsekotajām krastu gravām, norisinoties dziļumerozijas procesam, tikuši atsegti pazemes ūdeņu horizonti, tādēļ gravās izveidojušies nelieli bezspiediena jeb gravīgēni avoti. Pazemes ūdeņi, nonākdami gravu gultnē, izveidojuši divas patstāvīgas neliela caurplūduma ūdensteces – Aizvējiņu un Puķīšu strautu. Līdz ar to gravu attīstības gaitā ir izveidojušās pastāvīgas ūdensplūsmas. Šī pazīme ir raksturīga lineārās erozijas formu ģenētiskās rindas augstākai pakāpei – ielejām. Tomēr morfoloģiski šādai strauta ielejai saglabājas gravas pazīmes, tāpēc šādu lineārās erozijas formu apzīmēšanai būtu korektāk lietot terminu „gravielejas”.

Salīdzinot krastu gravu augšteses lokalizāciju 1890. gada kartē (Uchastok., 1890) ar 2008. gadā veiktajiem GPS uzmērījumiem dabā, konstatēts, ka atšķirības ir kartes ģeoreferencēšanas un satelītnavigācijas aparātūras mērījumu kļūdu robežās. Tas nozīmē, ka vairāk nekā 100 gadu periodā gravu gultņu garums regresīvās erozijas gaitā nav ievērojami pieaudzis. Tas apliecina jau agrākajos pētījumos konstatēto (Soms, 2010), proti, ka attīstības procesā izšķirošā nozīme ir ekstremāliem hidroloģiski meteoroloģiskajiem faktoriem, kuri īslaicīgi izraisa augstas intensitātes erozijas procesus un jaunu formu veidošanos vai erozijas reaktivizāciju jau esošajās formās, savukārt klimatiskajai normai atbilstošu meteoroloģisko faktoru ietekmē gravās erozija nenotiek.

Secinājumi

Pētījumu teritorijas „Sproģu gravas” reljefa īpatnības un saposmojumu nosaka nogāžu procesu un gravu erozijas veidotie reljefa kompleksi, kur dominējošais gravu tips ir īsas, ar avotcirkiem ģenētiski saistītas nogāžu gravas. Vadoties no dendroģeomorfoloģijas datējumiem, šo reljefa formu kompleksu veidošanos var saistīt ar gadsimta paliem 1931. gadā. Pamatkrasta nogāzes apakšējās daļas izskalošana un gravīgēno procesu aktivizēšanos veicinoša ģeoloģiskā uzbūve (slāņkopas ar atšķirīgu mehāniskā sastāvu, bīdes pretestību un ūdenscaurlaidību) un hidroģeoloģiskie apstākļi (pamatkrasta krauja kā pazemes ūdeņu atslodzes zona) izraisīja noslīdeņu un avotcirku gravu attīstību.

Kaut arī vairākums zinātnieku gravu tīkla veidošanos saista ar cilvēka intensīvas lauksaimnieciskās darbības periodu, ir pamats domāt un arī veiktie pētījumi rāda, ka Daugavas senielejā, Skerškānu loka virsotnē, gravu tīklam pamatā ir dabiska cilme un ka gravu veidošanos pētījumu teritorijā galvenokārt noteikuši ģeoloģiski ģeomorfoloģiskie un klimatiskie faktori, bet cilvēka darbībai ir bijusi sekundāra loma.

Nogāžu procesu un krastu izskalošanas gaitā veidojusies pamatkrasta krauja un daudzo noslīdeņu cirku sērijas liecina, ka Daugava pēdējo 100 gadu laikā paplašinājusi savu ieleju uz krastu izskalošanas rēķina, tajā pašā laikā gravu garums nav būtiski pieaudzis.

Pateicības



LATVIJAS
UNIVERSITĀTE
ANNO 1919



Pētījums veikts ar ESF projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” atbalstu. Raksta autori izsaka pateicību D. Kursītim, M. Petrovam, E. Varslavānei un E. Iliško par palīdzību lauka pētījumu veikšanā.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Āboltiņš O. (1989) *Glaciostruktura i lednikovij morfogenez.* Rīga, Zinātne. 286 s.
- Alestalo J. (1971) Dendrochronological Interpretation of Geomorphic Processes. *Fennia*, 105: 1–140.
- Boardman J. (1992) The Current on the South Downs: Implications for the Past. In: Bell M., Boardman J. (eds.) *Past and Present Soil Erosion.* Oxbow Monograph 22, Oxford, p. 9–20.
- Brunori F., Penzo M. C., Torri D. (1989) Soil Shear Strength: Its Measurement and Soil Detachability. *Catena*, 16 (1): 59–71.
- Crosta G., Prisco C. di (1999) On Slope Instability Induced by Seepage Erosion. *Canadian Geotechnical Journal*, 36 (6): 1056–1073.
- Dietrich W. E., Wilson C. J., Montgomery D. R., McKean J., Bauer R. (1992) Erosion Thresholds and Land Surface Morphology. *Geology*, 20 (8): 675–679.
- Easterbrook D. J., Kovanen D. J. (1999) *Interpretation of Landforms from Topographic Maps and Air Photographs.* New Jersey, Prentice Hall. 194 p.

- Eberhards G. (1972) *Strojenije i razvitije dolin baseina reki Daugava*. Riga, Zinatne. 131 s.
- Eberhards G. (1985) *Morfogenez dolin oblasti poslednego materikovogo oledenienija i sovremennije rečnije processi (na primere srednej Pribaltiki)*. [Summary of Dr. geogr. dissertation (11.00.04)]. Moscow Univ. Press, Moscow. 54 s.
- Gábris Gy., Kertész A., Zámbo L. (2003) Land Use Change and Gully Formation Over the Last 200 Years in a Hilly Catchment. *Catena*, 50 (2–4): 151–164.
- Gidrologičeskije svedenija po rekam i ozeram Latvijskoi SSR*. (1941) Leningrad, Gidrometeoizdat, s. 112–126.
- Goudie A., Anderson M., Burt T., Lewin J., Richards K., Whalley B., Worsley P. (1998) *Geomorphological Techniques*. 2nd ed. London, Routledge. 570 p.
- GRDC. (2008) *The Global Runoff Data Centre, 56068*. Germany, Koblenz. [Skatīts 2008.12.10.] Pieejams: <http://www.grdc.bafg.de>
- Horton R. (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56 (3): 275–370.
- Jansons B. (1993) Augšdaugavas avoti. Daugavpils, DPU Saule, 24. lpp.
- Jansons B. (1999) *Dabas parks „Daugavas loki”*. Daugavpils, DPU Saule, 94. lpp.
- Juškevičs V., Mišāns J., Mūrnieks A., Skrebels J. (2003) *Latvijas ģeoloģiskā karte mēroga 1 : 200 000*. 34. lapa – Jēkabpils un 24. lapa – Daugavpils. 4. lapa „Kvartāra nogulumu” un paskaidrojuma teksts. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests.
- Majore M. (1962) Daugavas ielejas attīstība. Rīga, Latvijas Valsts izdevniecība. 76 lpp.
- Montgomery D. R., Dietrich W. E. (1988) Where do channels begin? *Nature*, 336: 232–234.
- Montgomery D. R., Dietrich W. E. (1994) Landscape Dissection and Drainage Area-Slope Thresholds. In: Kirkby M. J. (ed.) *Process Models and Theoretical Geomorphology*. Wiley, Chichester, p 221–245.
- Nachtergaele J., Poesen J., Sidorchuk A., Torri D. (2002) Prediction of Concentrated Flow Width in Ephemeral Gully Channels. *Hydrological Processes*, 16 (10), 1935–53.
- Parkner T., Page M., Marden M., Marutani T. (2007) Gully Systems Under Undisturbed Indigenous Forest, East Coast region, New Zealand. *Geomorphology*, 84 (3–4): 241–253.
- Poesen J., Vandaele K., Wesemael B. van (1996) Contribution of Gully Erosion to Sediment Production in Cultivated Lands and Rangelands. In: Walling D. E., Webb B. W. (eds.) *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*. Proceeding of Exeter Symposium, UK, 15–19 July, IAHS Publication, Wallingford, UK, p. 251–266.
- Prosser I. P., Abernethy B. (1996) Predicting the Topographic Limits to a Gully Network Using a Digital Terrain Model and Process Thresholds. *Water Resources Research*, 32 (7), 2289–2298.
- Samani A. N., Ahmadi H., Jafari M., Boggs G., Ghoddousi J., Malekian A. (2009) Geomorphic Threshold Conditions for Gully Erosion in Southwestern Iran (Boushehr-Samal watershed). *Journal of Asian Earth Sciences*, 35 (2): 180–189.
- Sapunov A. (1893) *Reka Zapadnaja Dvina*. Vitebsk, Tipo-Litografija G. A. Malkina. 640 p.
- Sleinis I., Ašmanis K., Delle N., Siliņš J., Lamsters V. (1933) *Daugava*. Sērija „Jaunais zinātnieks”. Rīga, Valters un Rapa, 21. lpp.
- Soms J. (2006) Regularities of Gully Erosion Network Development and Spatial Distribution in South-Eastern Latvia. *Baltica*, 19 (2): 72–79.
- Soms J. (2007) Morphology and Controlling Factors of Landslide Cirque Gullies: a Case Study from the Sprogu Gravās Nature Monument (SE Latvia). In: Casali J., Gimenez R. (eds.) *Progress in Gully Erosion Research*. Proceedings of IV International Symposium on Gully erosion, Pamplona, Spain, 17–19 September, p. 120–121.

- Soms J. (2010) Reactivation of Erosion Processes in Permanent Gullies as a Geomorphic Response to Extreme Rainfall Events. *Folia Geographica ser. Geographica-Physica*, 41: 35–47.
- Strahler A. N. (1952) Hypsometric (area-altitude) Analysis of Erosional Topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63 (11): 1117–1142.
- Szilassi P., Jordan G., Rompaey A. van, Csillag G. (2006) Impacts of Historical Land Use Changes on Erosion and Agricultural Soil Properties in the Kali Basin at Lake Balaton, Hungary. *Catena*, 68 (2–3): 96–108.
- Thornbury W. D. (1969) *Principles of Geomorphology*. New York, John Wiley & Sons. 594 p.
- Torri D., Poesen J., Borselli L., Knapen A. (2006) Channel Width–Flow Discharge Relationships for Rills and Gullies. *Geomorphology*, 76 (3–4): 273–279.
- Uchastok reki Zap. Dviny ot Vitebska do Dinaburga*. (1890) Karta v mastabe 250 sazen v 0.01 sazene (M 1 : 25 000).
- Vandaele K., Poesen J., Govers G., Wesemael B. van (1996) Geomorphic Threshold Conditions for Ephemeral Gully Incision. *Geomorphology*, 16 (2): 161–173.
- Vandekerckhove L., Muys B., Poesen J., De Weerd B., Coppé N. (2001) A Method for Dendrochronological Assessment of Medium-Term Gully Erosion Rates. *Catena*, 45 (2): 123–161.
- Vanwalleghem T., Eeckhaut M. van den, Poesen J., Deckers J., Nachtergaele J., Oost K. van, Slenters C. (2003) Characteristics and Controlling Factors of Old Gullies Under Forest in a Temperate Humid Climate: a Case Study from the Meerdaal Forest (Central Belgium). *Geomorphology*, 56 (1–2): 15–29.
- Venska V. (1982) Sovremennije geologicheskiye processy na territorii nacionalnogo parka Gauja. In: Eberhards G. (ed.) *Sovremennije ekzogennije processy i metodi ih issledovaniya*. Rīga, Latvian State University press, p. 139–159.
- Vogt J. V., Colombo R., Bertolo F. (2003) Deriving Drainage Networks and Catchment Boundaries: a New Methodology Combining Digital Elevation Data and Environmental Characteristics. *Geomorphology*, 53 (3–4): 281–298.
- Young A., Brunsten D., Thornes J. B. (1974) Slope Profile Survey. *British Geomorphological Research Group Bulletin* No. 11. Geo Abstracts, Norwich. 52 p.

Summary

In this paper the results of the field survey carried out for the time interval 2006–2009 in the local case-study area of Nature monument “Sproģu gravas” located in the river Daugava spillway valley and cameral processing of data are summarised. Applying of geological, geomorphological and geomatics methods, and analysis of maps was done in order to obtain data on morphology and development of landforms in relation to geological structure of the valley bluff, as well the type and intensity of exogenic geological processes were assessed. Obtained results show that the most significant processes of relief formation within the territory under study are mass movement and gully erosion. Estimation of time of development of landslide and erosion complex – spring cirque gullies – demonstrate, that their formation is related to devastating floods in 1931.

Keywords: *spring cirque gullies, the Daugava spillway valley, exogenic geological processes, Skerškāni meander.*

**Devona Arukilas svītas smiltsieži Kurzemē: sastāvs,
uzbūve un veidošanās apstākļi**
*Sandy Deposits of the Devonian Arukūla Formation
in Kurzeme: Composition, Structures and Sedimentary
Environment*

Zane Zosa

Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010
E-pasts: *Zane.Zosa@gmail.com*

Pētījumā raksturots Arukilas svītas nogulumu sastāvs, uzbūve un slāņojuma elementu orientācija Zviedru lejas un Puiškalna atsegumos, kā arī diskutēts par šo nogulumu veidošanās apstākļiem. Akcentēti jaunie pētījumi Puiškalna atsegumā tuvu Kaļķupītei, kā arī salīdzinājums ar Zviedru lejas atsegumu pētījumu laikā iegūtajiem rezultātiem. Secināts, ka pētījumu objektu tagadējā teritorijā Arukilas laikposmā paleostraumes plūdušas D un DA virzienā. Smilšainie nogulumi pārsvarā veidojušies zemūdens grēdās, sērēs un līdzenas gultnes apstākļos, bet mālainie un aleirītiskie – mierīgos apstākļos. Arukilas laikposmā šajā reģionā bija aktīva ūdens straumju darbība. Tika aprēķināts, ka devona baseina dziļums šajā areālā mainījies no dažiem metriem līdz gandrīz 26 m.

Atslēgvārdi: smilšakmeņi, Puiškalna atsegums, Zviedru leja, fāciju analīze, klastiskā sedimentācija.

Ievads

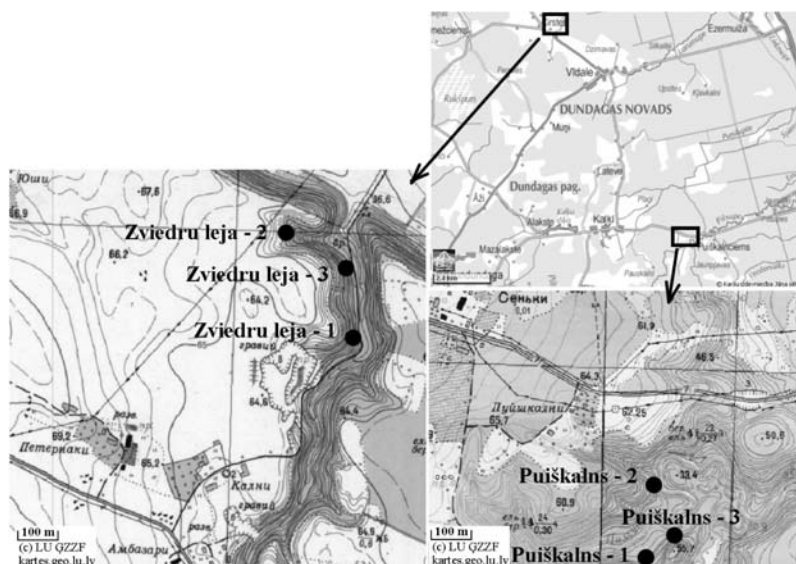
Arukilas svītas nogulumieži atbilst vidējā devona Eifela stāva augšdaļai (Brangulis u. c., 1998), un tie ir paši senākie klastiskie nogulumieži (smilšakmeņi, aleirolīti un māli), kas pieejami pētījumiem atsegumos Latvijas teritorijā. Šie atsegumi ir sastopami tikai Kurzemes ziemeļos, un lielākie no tiem ir Slīteres Zilo kalnu kraujā, kā arī Puiškalnā pie Kaļķupītes (1. att.). Pēdējā desmitgadē aktuāls ir kļuvis jautājums par klastisko nogulu sedimentācijas apstākļiem Baltijas devona paleobasēnā. Iepriekšējos gados dominēja viedoklis par devona klastisko nogulu uzkrāšanos plašā iekšzemes jūrā (Курш, 1975; 1992), bet pēdējos pētījumos ir uzsvērta deltu un estuāru apstākļu galvenā nozīme, kā arī atzīmēta ievērojama plūdmaiņu ietekme uz klastisko sedimentāciju (Tovmasyan, 2004; Pontén & Plink-Björklund, 2007). Nesenos pētījumos ir raksturoti Arukilas svītas nogulumiežu veidošanās apstākļi (Tānavsuu-Milkeviciene, Plink-Björklund, 2009), taču to gaitā nav raksturoti šīs slāņkopas atsegumi Latvijā. Tādēļ vidējā devona Arukilas svītas nogulumiežu sedimentoloģiski pētījumi Latvijas teritorijā ir aktuāli, lai precizētu šo drupiežu veidošanās apstākļus un saistītu iegūtos datus ar devona paleobasēna

attīstību. Šī darba mērķis ir raksturot Arukilas svītas nogulumu sastāvu un tekstūras atsegumos Kurzemē, lai noskaidrotu šo nogulumu veidošanās apstākļus. Tika veikti detalizēti pētījumi, kas ļāva raksturot Arukilas svītas ģeoloģisko uzbūvi un nogulumiežu sastāvu atsegumos, noskaidrot šo nogulumiežu granulometrisko sastāvu, analizēt paleotraumju virzienus, precizēt paleobaseina ūdens dziļumu, nodalīt nogulumiežu fācijas un interpretēt to veidošanās apstākļus.

Materiāli un metodes

Lauka darbi

Lauka darbos 2007. un 2008. gadā tika dokumentēti 3 Arukilas svītas atsegumi Slīteres Zilajos kalnos (Zviedru lejā) un 3 šīs svītas atsegumi Kaļķupītes krastos Puiškalnā un tā apkārtnē. Puiškalns atrodas 11 km uz D–DA no Zviedru lejas, tādēļ pētījumi šajos objektos ļauj izvērtēt sedimentācijas apstākļu izmaiņas, attālinoties no ziemeļos esošā noneses apgabala (atbilstoši Куршс, 1992). Šajos objektos paleotraumju virzienu noteikšanai veikti 65 slīpo slānīšu krituma leņķu un azimutu mērījumi. No Zviedru lejas 2. atseguma (1. att.) tika ievākti 12 smilšu paraugi granulometriskajai analīzei, lai noteiktu drupu materiāla graudu izmērus un precizētu ģeoloģisko griezumumu.



1. att. Pētīto atsegumu atrašanās vietas

Fig. 2. Location of Outcrops Studied

Pēc topogrāfiskajām kartēm mērogā 1 : 10 000 (*kartes.geo.lv*) aptuveni noteikts pētīto atsegumu pamatnes absolūtais augstums: Puiškalna atsegumiem tas ir 33 m vjl., Zviedru lejas 1. un 2. atsegumam 40 m vjl., bet Zviedru lejas 3. atsegumam – 56 m vjl. Pēc vidējā devona Pērnavas svītas virsmas (un attiecīgi Narvas svītas pamatnes) kartes datiem (Ivanova u. c., 2002), šī virsma krīt aptuveni 35 m no Zviedru lejas uz Puiškalnu. Narvas svītas biezums pētījumu iecirkņos ir maz mainīgs – tas ir aptuveni 140 m. Savukārt Arukilas svītas biezums pētījumu

iecirņos ir orientējoši 80 m (Курш, 1975). Šie dati rāda, ka Puiškalna griezumi un Zviedru lejas 2. atseguma griezums aptuveni atbilst Arukilas svītas augšējai daļai, bet Zviedru lejas 1. un 3. atsegums – aptuveni šīs svītas vidusdaļai.

Atsegumu dokumentācijā un granulometriskajā analīzē izmantota drupiežu decimālā klasifikācija, un tā papildināta ar ļoti smalkgraudainas un smalkgraudainas smilts frakciju atbilstoši Rietumvalstīs pieņemtajai Adena–Ventvorsa klasifikācijai – 0,063–0,125 mm (ļoti smalkgraudaina smilts) un 0,125–0,25 mm (smalkgraudaina smilts). Šīs frakcijas ļauj precīzāk veikt lauka pētījumus un salīdzināt to rezultātus ar granulometriskās analīzes datiem.

Lai iegūtu aptuvenu priekšstatu par klastiskās sedimentācijas baseina dziļumu, var veikt slīpslāņoto sēriju biežumu pārrēķinu. Katrā dokumentētajā griezumā, pamatojoties uz vairāku slīpslāņoto sēriju biežumu, ūdens dziļums tika noskaidrots pēc Leklēra un Bridža (Leclair, Bridge, 2001) piedāvātajām formulām:

$$hm = 2,9 \times sm,$$

kur hm – vidējais smilšu slāņa augstums;

sm – slāņa biežums atsegumā;

koeficienta 2,9 precizitāte ir +/- 0,7.

$$6 < d/hm < 10;$$

$$d_1 = hm \times 6;$$

$$d_2 = hm \times 10,$$

kur d_1 un d_2 – ūdens dziļuma mainīguma galējās vērtības.

Atbilstoši minētajām formulām vienā aprēķinā tiek iegūti divi rezultāti, kas parāda mērījumu aptuveno orientējošo raksturu. Šajā pētījumā ir izmantots vidējais rezultāts: $d_v = hm \times 8$. Atbilstoši Leklēra un Bridža metodikai (Leclair, Bridge, 2001), kur mērījumi veikti upju zemūdens grēdām, arī šajā pētījumā mērītas tikai tās sērijas, kas pieskaitītas pie zemūdens grēdu veidojumiem, bet ne tās, kas interpretētas kā sēkļi. Tomēr ir iespējamas interpretācijas neprecizitātes, kas varēja ietekmēt ūdens dziļuma izvērtēšanas precizitāti.

Laboratorijas darbi

Granulometriskā analīze tika veikta Zviedru lejas 2. atsegumā noņemtajiem 12 smiltsiežu paraugiem, izmantojot sietus ar šādiem acu izmēriem (mm): 1, 0,8, 0,63, 0,5, 0,4, 0,315, 0,25, 0,2, 0,16, 0,125, 0,1, 0,08, 0,063 un 0,05. Tā veikta ĢZZF Iežu pētījumu laboratorijā ar sijāšanas vibroiekārtu *Retsch AS 200*. No analīžu rezultātiem aprēķināti granulometriskie koeficienti – granulometriskās variācijas līknes asimetrija un smailums, kā arī drupu materiāla šķīrotības pakāpe (atbilstoši McManus, 1988).

Rezultāti

Šajā pētījumā par fāciju tiek saukts konkrēts nogulu (iežu) tips, kam piemīt raksturīgas pazīmes, kuras ir izmantojamas veidošanās apstākļu interpretācijā. Šī pīeeja atbilst literatūras datos (Reading & Levell, 1996) minētajai izpratnei par jēdzienu „fācija”.






Pētījumu gaitā, pamatojoties uz nogulumiežu struktūru un tekstūras īpatnībām, tika izšķirtas deviņas Arukilas svītas nogulumu fācijas (1. tab.). Ģeoloģiskajos griezumos tās ir attēlotas ar noteiktiem apzīmējumiem, kurus izveidojusi autore. Plašākais atsegums atrodams Puiškalnā, kur tā platums sasniedz aptuveni 30 m. Visus pētītos atsegumus atdala plašas nobirumu joslas, gravas, strauti vai upes, tādēļ neizdevās veikt pētīto griezumu korelāciju un izsekot nodalīto fāciju pārejai laterālā virzienā. Pētītie atsegumi sniedz informāciju gan par fāciju maiņu vertikālā virzienā, gan par raksturīgākajām nogulumu fācijām divos Arukilas svītas atsegumu iecirkņos.

Pētījumu gaitā izšķirto deviņu fāciju īpašības un raksturojums apkopoti 1. tabulā.


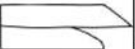


1. tabula

Arukilas svītas smiltsiežu atsegumos Zviedru leņā un Puiškalnā nodalīto fāciju raksturojums

Characteristics of Facies Divided in Outcrops of Sandstones of the Arukūla Formation in Zviedri Valley and Puiskalns

| Nr. | Fācijas | Slāņu un slīpslāņoto sēriju (sls) biezums; iežu sastāvs | Tekstūra | Geometrija, robežas virsmas raksturs | Paleostraumes virziens | | Interpretācija | Attainojums griezumā, nav mērogā | Atrašanās vieta |
|-----|--|--|---|--|---------------------------|----------|--|---|------------------------|
| | | | | | Krituma azimuts (no-Irdz) | Videjais | | | |
| 1 | Smalk- un vidēj-graudains smilšakmens ar muldveida slīpslāņojumu | smalk- līdz vidēj-graudains smilšakmens; 14-43 cm biezas sls | muldveida slīpslāņojums | paralēlas un horizontālas robežas, neerodētas | 124°-314° | 219° | Muldveida slīpslāņojums liecina par nogulumu uzkrāšanos migrējošās zemūdens grēdās. |  | Z1, Z2, Z3, P1, P2, P3 |
| 2 | Vidēj-graudains smilšakmens ar S veida slīpslāņojumu | Vidēj-graudains smilšakmens; >24 cm biezas sls | S veida slīpslāņojums | sub-horizontālas vai izskalojum a virsmas | 135° | 135° | No erozijas ir saglabājusies slīpslāņoto sēriju augšējā daļa, kas parasti zemūdens grēdām nav raksturīgi. Iespējami vairāki procesi: ātra sedimentācija, baseina grimšana vai ūdens līmeņa celšanās. |  | Z2, Z3 |
| 3 | Smalk- līdz vidēj-graudains smilšakmens ar smalku horizontālu un nedaudz slīpslāņojumu | smalk- līdz vidēj-graudains smilšakmens; 5-52 cm biezas sls | smalks horizontāls un nedaudz slīpslāņojums | paralēlas un horizontālas robežas | 131°-239° | 185° | Samērā aktīvs hidrodinamiskais režīms. Nogulumi visticamāk uzkrājušies sēkļos vai gludas gultnes apstākļos, strauņu ietekmē. |  | Z1, Z2, Z3, P1, P2, P3 |
| 4 | Konglomerāti ar māla saveltņiem, kam raksturīgas biezas slīpslāņotās sērijas | konglomerāts ar vidēj-graudaina smilšakmens matrici; >57 cm biezas sls | Slīpslāņojums; biezas sērijas | asi erodēts pamats, sub-horizontāla s robežas | 158°-254° | 206° | Aktīvs hidrodinamiskais režīms – ātra strauņu darbība. Netālu esošu māla slāņu izskalošana. |  | Z2, P1, P2, P3 |
| 5 | Smalk-graudains smilšakmens, kam raksturīgas biezas slīpslāņotās sērijas | Smalk-graudains smilšakmens; >82 cm biezas sls | Slīpslāņojums; biezas sērijas | erodētas, sub-horizontālas vai paralēlas robežas | 108°-140° | 124° | Slīpslāņoto sēriju regulārā uzbūve un liels biezums liecina, ka tie ir veidojušies sēkļos. |  | P1, P2, P3 |

1. tabulas turpinājums

| Nr. | Fācijas | Slāņu un slīpslāņoto sēriju (sls) biežums; iežu sastāvs | Tekstūra | Ģeometrija, robežas virsmas raksturs | Paleostraumes virziens | | Interpretācija | Attainojums griezumā, nav mērogā | Atrašanās vieta |
|-----|--|---|-------------------------------------|--|---------------------------|----------|---|---|-----------------|
| | | | | | Krituma azimuts (no-līdz) | Vidējais | | | |
| 6 | Aleirolīts ar horizontālu slāņojumu | aleirolīts, slāņu biežums 19 cm | horizontāls slāņojums | izskalojuma virsmas | | | Veidošanos mierīgos apstākļos, iespējams, lielākā dziļumā nekā smilšainās nogulas. |  | P1 |
| 7 | Smilšakmens ar viendabīgu tekstūru | smalk- līdz vidēj-graudains smilšakmens; 5-38 cm biezas sls | viendabīga tekstūra | Sub-horizontālas vai paralēlas robežas | | | Patieso gultnes formas raksturu nevar noteikt tādēļ, ka trūkst tekstūru uzsverošu komponentu – smago minerālu, graudu izmēru maiņas u.c. |  | P1, P3 |
| 8 | Smilšakmens ar vāji izteiktu horizontālu slāņojumu | smalk- līdz rupjgraudains smilšakmens; 38-79 cm biezas sls | vāji izteikts horizontāls slāņojums | Sub-horizontālas un horizontālas robežas | | | Veidošanās visticamāk notikusi aktīvos apstākļos, par ko liecina nenoteiktais horizontālais slāņojums, kas, iespējams, ticis izmainīts aktīvo straumju rezultātā. |  | P3 |
| 9 | Māls | māls; 5-10 cm biezi slāņi | viendabīga tekstūra | paralēlas robežas | | | Māli veidojas mierīgos hidro-dinamiskajos apstākļos, iespējams, salīdzinoši lielā dziļumā. |  | P1 |

Granulometriskās analīzes datu rezultāti

Pēc granulometriskās analīzes datiem tika aprēķināta drupu materiāla šķirotības pakāpe, granulometriskās variācijas līknes asimetrija un smailums četrām no deviņām izšķirtajām fācijām. Tā kā granulometriskā analīze tika veikta tikai paraugiem no Zviedru lejas 2. atseguma (sk. 2. att.), tad rezultāti (2. tab.) galvenokārt attiecināmi uz šā atseguma četrām fācijām.

Šie rezultāti parāda, ka F5 fācijas smilšakmeņu šķirotības pakāpe ir laba salīdzinājumā ar pārējām fācijām, kurās tā ir vidēji laba. Nelielas atšķirības no pārējām fācijām novērojamas arī variācijas līknes asimetrijā un smailuma pakāpē. Datu interpretācija, ņemot vērā arī 1. tabulu, liecina, ka fācijas F5 smilšakmeņi veidojušies sēkļos.

2. tabula

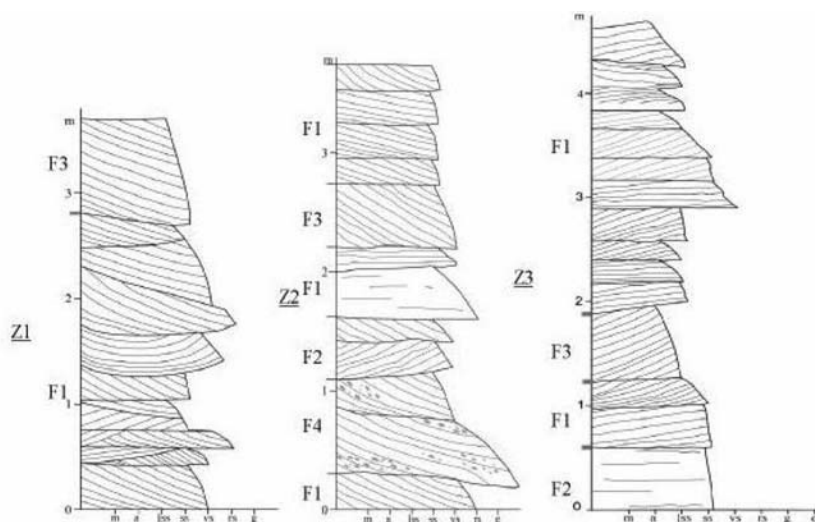
**Granulometriskās analīzes rezultāti devona Arukilas svītas smilšakmeņiem
no Zviedru lejas 2. atseguma**

*Results of Grain-Size Analysis for the Devonian Arukūla Formation Sandstones
in Zviedri Valley, 2nd Outcrop*

| Fācijas Nr. | Asimetrija | Šķirotības pakāpe | Smailums |
|-------------|-----------------|-------------------|-------------|
| F1 | -0,350 – +0,082 | 0,420–0,601 | 1,166–1,550 |
| F5 | -0,106 | 0,463 | 1,284 |
| F7 | -0,186 – +0,291 | 0,513–0,628 | 1,257–1,856 |
| F8 | -0,139 | 0,514 | 1,027 |

Arukilas svītas smiltsiežu fāciju asociācijas

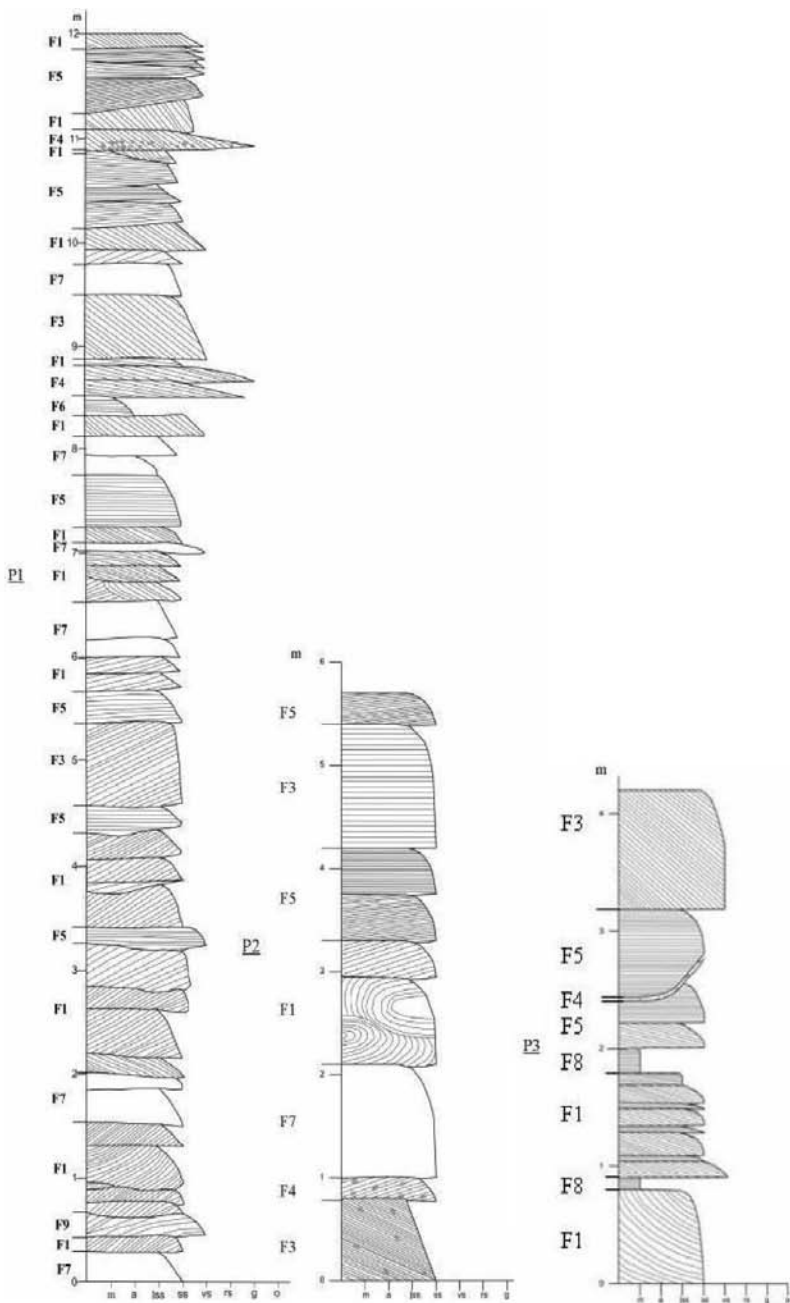
Pētītajos ģeoloģiskajos griezumos (2. un 3. att.) izplatītākās fācijas ir gultnes zemūdens grēdu veidojumi (fācijas Nr. 1 un 2) un sēkļi (fācija Nr. 5). Pētījumu gaitā neizdevās nodalīt raksturīgas savstarpēji atšķirīgas fāciju asociācijas. Tomēr konstatēts, ka zemūdens grēdu veidojumi (fācija Nr. 1) asociē ar sēkļu veidojumiem (fācija Nr. 5), grūti interpretējamiem nogulumiem ar viendabīgu tekstūru (fācija Nr. 4) un gludas gultnes veidojumiem (fācija Nr. 8). Šajā asociācijā dominē zemūdens grēdu veidojumi.



2. att. Arukilas svītas nogulumu ģeoloģiskais griezumus Zviedru lejas atsegumos Nr. 1, 2, 3

Fig. 2. Geological Section of Deposits of the Arukūla Formation in the Zviedri Valley Outcrops No. 1., 2., 3.

Apzīmējumi: Z1 – Zviedru leja 1; F1 – nodalīto fāciju numerācija; vertikālais mērogs – m; horizontālais mērogs – pēc graudu frakcijas.



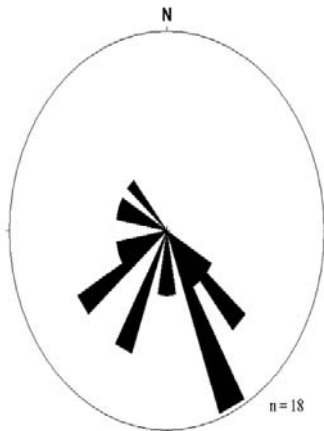
3. att. Arukilas svītas ģeoloģiskais griezumus Puiškalna atsegumos Nr. 1, 2, 3
 Fig. 3. Geological Section of Deposits of the Arukūla Formation in the Puiškalns Outcrops No. 1, 2, 3.

Apzīmējumi: P1 – Puiškalns 1; F1 – izšķirto fāciju numerācija; vertikālais mērogs – m; horizontālais mērogs – pēc graudu frakcijas.

Par visaktīvāko hidrodinamisko režīmu liecina fācija F7 – smilšakmens ar viendabīgu tekstūru. Griezumā uz augšu tā parasti pāriet zemūdens grēdu veidojumos (fācija Nr. 5). Domājams, ka šī asociācija liecina par straumes ātruma samazināšanos, pakāpeniski aizpildoties gultnei.

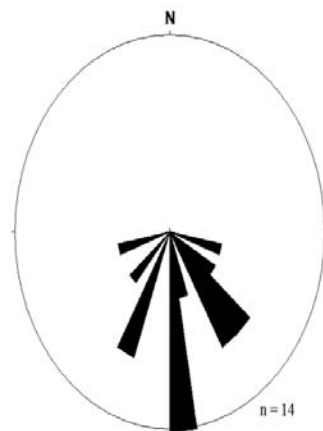
Paleostraumju virzieni un ūdens dziļums Arukilas laikposma baseinā

Slīpslāņojuma krituma virzienu rozes diagrammās redzams, ka Arukilas laikposmā tagadējā Zviedru lejas teritorijā ir bijis daudzveidīgāks straumju virziens (4. att.) nekā tagadējā Puiškalna apkārtnē. Tagadējā Zviedru lejas teritorijā bija divi dominējošie straumju virzieni, kas noteikti, izmantojot rozes diagrammas, – uz DR un DA, bet vērojama samērā plaša izkliede arī citos virzienos, piemēram, ZR, kas, iespējams, norāda uz plūdmaiņu ietekmi. Tagadējā Puiškalna teritorijā (5. att.) visu straumju kopējais virziens ir uz D, ar zināmu izkliedi DA un DR virzienā. Tādējādi pētījumu reģionā, attālinoties no noneses apgabala, ir vērojama straumju virzienu unifikācija. Zviedru leja pētītajos atsegumos iegūti dati, ka salīdzinoši senākie, dziļāk iegulošie Arukilas svītas nogulumi (Zviedru leja Nr. 1 un Nr. 3) ir veidojušies DR–R virzienā plūstošās straumēs, bet salīdzinoši jaunākie nogulumi (2. atsegums) ir uzkrājušies uz DA virzītās straumēs. Šo pētījumu gaitā konstatētie R un DR virzieni atšķiras no iepriekšējos pētījumos (sk. 6. att.) konstatētajiem straumju virzieniem Arukilas laikposma baseinā tagadējā Zilo kalnu apkārtnē.



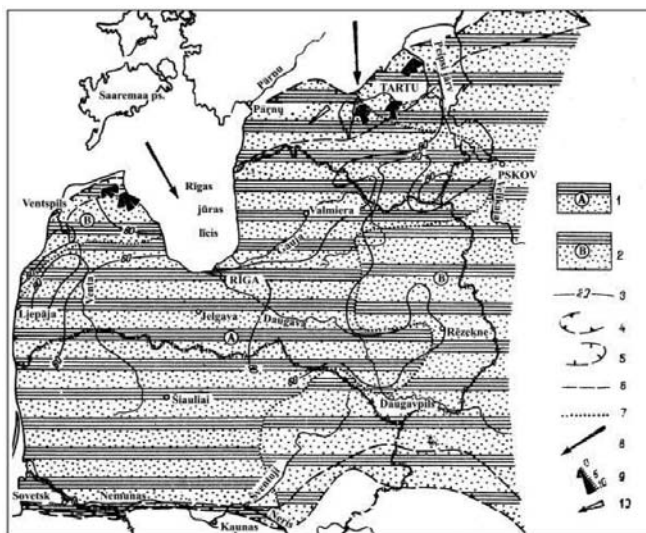
4. att. Arukilas svītas smilšakmeņu slīpslāņojuma krituma azimutu rozes diagramma. Apkopojums par Zviedru lejas atsegumiem

Fig. 4. Rose Diagram of Dip Azimuths of Cross-Strata, Sandstones of the Arukūla Formation. Summary of Data from the Zviedri Valley Outcrops.



5. att. Arukilas svītas smilšakmeņu slīpslāņojuma krituma azimutu rozes diagramma. Apkopojums par Puiškalna atsegumiem

Fig. 5. Rose Diagram of Dip Azimuths of Cross-Strata, sandstones of the Arukūla Formation. Summary of Data from the Puiškalns Outcrops.



6. att. Arukilas reģionālā stāva litofāciju shēma (Kурш, 1975)

Fig. 6. Lithofacies Scheme of Arukila Formation

1 – salīdzinoši dziļa šelfa aleirītu un smilšu zona; 2 – šelfa seklūdens daļas smilšu (krasi dominē) un aleirītu zona; 3 – izopahītas; 4 – Arukilas reģionālā stāva nogulumu mūsdienu izplatības robeža, ko nosaka pirmsperma izskalojums; 5 – Arukilas reģionālā stāva nogulumu mūsdienu izplatības robeža, ko nosaka pirmskvartāra izskalojums; 6 – daļēja pirmskvartāra izskalojuma robeža; 7 – litofāciju zonu robeža; 8 – drupu materiāla sanešu plūsmu virzieni; 9 – slīpo slāņīšu kritumu azimutu rozēs diagramma (ar cipariem apzīmēts mērījumu skaits); 10 – slīpo slāņīšu kritumu virzieni pēc atsevišķu mērījumu datiem.

Muldveida slīpslāņoto sēriju biezumu mērījumi un datu pārrēķini pēc Leclāra un Bridža formulām (Leclair & Bridge, 2001) liecina, ka pētītie nogulumi ir veidojušies nelielā dziļumā. Pētījumu reģiona Z–ZR daļā (Zviedru leja) Arukilas laikposmā zemūdens grēdu migrācija straumju ietekmē, domājams, ir notikusi vidēji 7,4 m dziļumā, bet pētījumu reģiona D–DA daļā (Puiškalns) līdzīgos apstākļos ūdens dziļums, pēc aprēķiniem, ir bijis mazāks – 5,7 m. Šie dati gan ir tikai orientējoši, jo klastisko sedimentāciju pavadīja izskalojumi, kā arī nav īsti skaidrs mālaini aleirītisko nogulu uzkrāšanās dziļums. Bez tam ir bijis problemātiski precīzi izvērtēt to, kuras slīpslāņotās sērijas pārstāv zemūdens grēdas, bet kuras – sēkļus vai kādas citas gultnes reljefa formas. Tas arī var būt iemesls neprecizitātēm ūdens dziļuma noteikšanai.

Arukilas svītas nogulumu veidošanās apstākļi

Pēc V. Kurša datiem (Kурш, 1992), Arukilas reģionālā stāva un līdz ar to arī analogiska nosaukuma svītas nogulumi ir veidojušies Eifela laikmeta baseinu attīstības pēdējā ciklā, kam bija raksturīga jūras regresija, drupu materiāls tika transportēts no noneses apgabala, kas atradās ziemeļos – Fenoskandijā. Gan smilšaino, gan mālaino frakciju minerālajam sastāvam nav raksturīgas dēdēšanas pakāpes atšķirības gar noneses apgabala paleonogāzi, un tas norāda, ka noneses apgabalā Arukilas laikposmā netika izskalotas dēdējumgarozas (Kурш, 1992). Šajā darbā noskaidrots,

ka nogulu uzkrāšanās pārsvarā notikusi migrējošās zemūdens grēdās, kā arī sēkļos. Par to liecina muldveida slīpslāņoto sēriju fācijas, kuras veidojas zemūdens grēdās, kā arī biezas un slīpslāņotas sērijas, kas sastopamas retāk, bet izsekojamas tālāk laterālā virzienā un, domājams, atbilst sēkļu veidojumiem. Jāatzīmē, ka sēkļu veidojumi pēc veiktajiem pētījumiem (1. tab., 2. un 3. att.) ir bijuši plašāk izplatīti pētījumu reģiona D–DA daļā.

Paleostraumju virzienu mērījumi (4. un 5. att.) rāda, ka pētījumu reģiona Z–ZR daļā tās plūdušas DR, D un DA virzienā ar samērā plašu izkliedi. Bez tam atsevišķi mērījumi liecina arī par ZR virzienu. Pētījumu iecirkņā D–DA, tāpat tālāk no noneses apgabala, straumju virzieni kļuva mazāk mainīgi – galvenokārt uz D, ar nelielu izkliedi uz DR un DA. Šajā pētījumā veiktie aprēķini liecina, ka ūdens dziļums Arukilas laikposmā pētījumu reģionā virzienā uz D–DA, domājams, ir samazinājies. Savukārt smilšaino nogulumu graudu izmēri D–DA virzienā ir kļuvuši mazāki, uz ko norāda Arukilas svītas smilšakmeņos Zviedru lejā (ziemeļos) dominējošā frakcija no 0,250–0,50 līdz 0,50–1,0 mm un Puiškalnā (dienvidos) pārsvarā izplatītā frakcija no 0,063–0,125 līdz 0,125–0,25 mm. Vēl jāatzīmē, ka kopumā gan Zviedru lejas atsegumos, gan Puiškalna atsegumos var novērot vāji izteiktu graudu izmēru palielināšanos griezumā uz augšu (3. att.).

Iegūtie dati zināmā mērā ir pretrunīgi. Straumju virzienu vienveidošanās tālāk no noneses apgabala (D–DA virzienā) un nogulu graudu izmēru samazināšanās tādā pašā virzienā, iespējams, norāda uz pāreju no meandrējošām deltu attekām uz deltas proksimālo daļu. Deltu apstākļos nosacīti apstiprina arī vāji izteiktu graudu izmēru palielināšanos griezumā uz augšu. Tomēr ūdens dziļuma domājamā samazināšanās D–DA virzienā nesakrīt ar šo interpretāciju. Arī savdabīgie atsevišķie novērotie paleostraumju virzieni uz ZR Zviedru lejā (4. att.), iespējams, norāda uz plūdmaiņu ietekmes palielināšanos Z–ZR virzienā.

Iesākie pētījumi ir jāturpina, lai iegūtu pārliecinošākus pierādījumus par apstākļiem, kas valdīja Arukilas laikposmā tagadējos Kurzemes ziemeļos. Ir nepieciešami papildu ģeoloģisko griezumu apraksti un to korelācija, tāpat varētu veikt detalizētu granulometrisko analīzi visos pētījumu objektos, kā arī jāpapildina dati par paleostraumju virzieniem.

Secinājumi

1. Arukilas svītas fāciju un to asociāciju pētījumi liecina, ka šai svītai ir raksturīgi zemūdens grēdu, sēkļu un gludas gultnes apstākļos veidojušies smilšainie nogulumi un samērā mierīgos apstākļos veidojušies mālaini aleirītiskie nogulumi. Dominējošie smalkgraudainie un vidējgraudainie smilšakmeņi ar muldveida slīpslāņojumu norāda, ka Arukilas laikposmā tagadējā Ziemeļkurzemes teritorijā smilts galvenokārt ir pārvietota un straumju ietekmē uzkrāta zemūdens grēdās.
2. Paleostraumes pētījumu apkārtnes Z–ZR daļā ir plūdušas DR, D un DA virzienā ar samērā plašu izkliedi telpā. Atsevišķi mērījumi liecina arī par ZR virzienu, kas, iespējams, norāda uz plūdmaiņu ietekmi. Tālāk no noneses apgabala, D–DA virzienā, straumju virzieni kļuva mazāk mainīgi – galvenokārt uz D, ar nelielu izkliedi uz DR un DA.

3. Smilšu transports migrējošās zemūdens grēdās, domājams, ir norisinājies vidēji 6–7 m dziļumā. Ūdens dziļums pētījumu reģiona teritorijā ir samazinājies D–DA virzienā.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Brangulis A. J., Kuršs V., Misāns J., Stinkulis Ģ. (1998) *Latvijas ģeoloģija*. 1 : 500 000 mēroga ģeoloģiskā karte un pirmskvartāra nogulumu apraksts. Red. J. Misāns. Rīga, VĢD. 70 lpp.
- Ivanova O., Pomeranceva O., Kaņevs S. (2002) Pērnavas svītas nogulumu virsmas struktūrkarte. No: Brangulis A. J., Kaņevs S. *Latvijas tektonika*. 5. pielikums. Rīga.
- Leclair S. F., Bridge J. S. (2001) Quantitative Interpretation of Sedimentary Structures Formed by River Dunes. *Journal of Sedimentary Research*, vol. 72, No. 5, p. 713–716.
- McManus J. (1988) Grain Size Determination and Interpretation. In: Tucker M. E. *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Science, p. 63–85.
- Pontén A., Plink-Björklund P. (2007) Depositional Environments in an Extensive Tide-Influenced Delta-Plain, Middle Devonian Gauja Formation, Devonian Baltic Basin. *Sedimentology*, vol. 54, p. 969–1006.
- Reading H. G., Levell B. K. (1996) Controls on the Sedimentary Rock Record. In: Ed. Reading H. G. *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*, p. 5–36.
- Куршс В. М. (1975) *Литология и полезные ископаемые терригенного девона главного поля*. Рига. 219 с.
- Куршс В. М. (1992) *Девонское терригенное осадконакопление на главном девонском поле*. Рига. 208 с.
- Tānavsuu-Milkeviciene K., Plink-Björklund P. (2009) Recognizing Tide-Dominated Versus Tide-Influenced Deltas: Middle Devonian Strata of the Baltic Basin. *Journal of Sedimentary Research*, vol. 79, 887–905.
- Tovmasyan K. (2004) Tidal Features in Siliciclastic Deposits of Parnu Formation, Middle Devonian, Estonia (abstract): *32nd International Geological Congress, Resumes, Part 2*, p. 902–903.
- LU ĢZZF Datu servisi, karšu pārliks. [Skatīts 22.03.2010.] Pieejams: kartes.geo.lu.lv

Summary

This study is focused on composition, structures and their orientation in the deposits of the Arukūla Formation in Zviedri valley and Puiškalns outcrops, to establish the origin of these deposits. The accent of this work is on new studies in Puiškalns outcrop, close to the river Kaļķupīte, and also comparison with data from the Zviedri valley outcrops. It is concluded that at the present study area palaeostreams of the Arukūla time flowed to S and SE directions. Sandy deposits of this formation typically have formed in subaqueous dunes, bars and at plain bed environment, but clayey and silty deposits in calm environment. There was high palaeostream activity in the present area of North Kurzeme during the Arukūla time. It is calculated that the Devonian basin depth changed from some meters to almost 26 m.

Keywords: Arukūla Formation, Puiškalns outcrop, Zviedri valley, facies analysis, siliciclastic sedimentation.

Climate Related Mortality Changes in Latvia, 1996–2008

Klimata ietekmes uz mirstību Latvijā 1996–2008

Zanita Avotniece¹, Valery Rodinov², Māris Kļaviņš²,

¹Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre,
165 Maskavas str., LV-1019, Rīga, Latvia

²Department of Environmental Science, University of Latvia,
Raiņa blvd. 19, LV- 1586, Rīga, Latvia,
e-mail: *maris.klavins@lu.lv*

Climate change is increasingly recognized as a threat to the survival of human beings because it could cause a serious increase in the occurrence of diseases, moreover, direct influences of climate extremes may also be of importance. To assess the direct impact of climatic events on human health, we have investigated mortality in Latvia from 1996 through 2008, analysing the data and their correlation to the climatic variables.

Key words: *climate change, Latvia, mortality, temperature, atmospheric pressure*

Introduction

Over the past decades there has been a renewed interest in the connection between climate and health, largely due to the potential impacts of climate change on health (Epstein 2002; Haines and Patz 2004; Patz and Kovats 2002). It is expected that climatic changes associated with global warming will have a serious impact on human beings (Kalkstein and Smoyer 1993). Among the potential direct risks that global warming presents to human health is the increase of heat-related deaths during intermittent hot weather, as predicted by WHO. An increase in mortality related to heat waves has been reported from various industrialized countries (Dessai 2002; Diaz *et al.* 2006). However, much remains unknown about the links between climate and a variety of health outcomes. This is of concern as climate change health impact assessments need to be based on plausible and well-established climate and health impact links, which could also be applied to health forecasting (Thomson *et al.* 2004).

The studies of the impacts of the so-called “heat waves” – periods when the temperature has reached extremely high values for a long lasting period – have been

comparatively intensive (Diaz *et al.* 2006). Most of such studies have been carried out in regions where the regular temperature is characterized by comparatively high temperatures, especially during summertime, but there are few studies where heat waves have had an identified impact in more temperate climatic conditions. Amongst the main climatic factors of concern, temperature and its variability, air pressure, and the amount of atmospheric precipitation can be considered. The changing human mortality can be influenced not only by positive temperature anomalies (heat waves), but also by negative anomalies, because extremely cold weather is a risk factor for acute complications of ischaemic heart disease (e.g., myocardial heart attack and cardiac arrhythmia). Year-to-year variations of the level of mortality may be partly determined by inter-annual variations in winter climate.

Considering this, the aim of the study is to analyse causations between climate indicators and mortality regionally – in Latvia.

Materials and Methods

Daily data on all-cause (total) mortality in the whole territory of Latvia and separately in seven cities – Rīga, Ventspils, Liepāja, Saldus, Dobele, Daugavpils and Alūksne – were obtained from the State Agency of Health Statistics and Medical Technologies over the period 1996–2008. All medical certificates of death were compiled by medical professionals (in the majority of cases by general practitioners, but also by specialists in pathology or in forensic medicine). Excess daily mortality or relative mortality was established by calculating deviations of the observed number of deaths from the expected number of deaths for each day of the examined period.

Daily climate data were provided by seven meteorological observation stations in Rīga, Ventspils, Liepāja, Saldus, Dobele, Daugavpils and Alūksne for the period under study. Variables included the maximum, the minimum and the average temperatures and atmospheric pressure recorded by the weather stations. For the analysis of climate related mortality changes in the capital city Rīga, the data from the Rīga-University meteorological observation station, which is located in the centre of the city, were used.

Results and Discussions

Overall mortality in Latvia is comparatively high, especially in comparison with the low mortality levels in the EU countries, probably this could be due to reasons related to the heritage of the socialistic regime and regime transformation processes in the society (excess of forcible deaths of young adults, high prevalence of unhealthy lifestyle in society, the low accessibility of medical services). However, meteorological processes also have a definite impact on human mortality, first to mention the impacts of atmospheric pressure (Fig. 1).

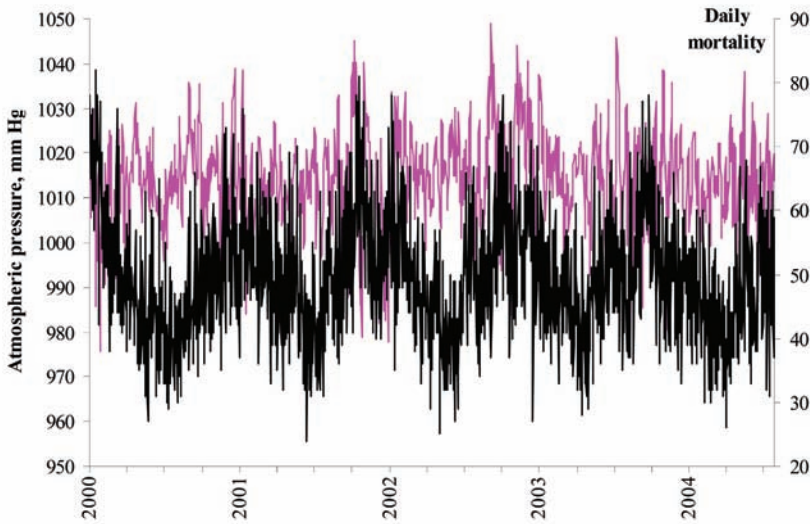


Fig. 1. Daily mortality in absolute figures (— overall in Latvia) and daily atmospheric pressure (— in Rīga).

On the other hand, there is no significant correlation between atmospheric pressure and mortality (Fig. 2). It can also be found in literature (Ballaster *et al.* 2003; Jehn *et al.* 2002) that not so much the absolute value of atmospheric pressure, but just its changes, especially the type of dynamics in time, can be considered the most important determinant (risk factor) for mortality.

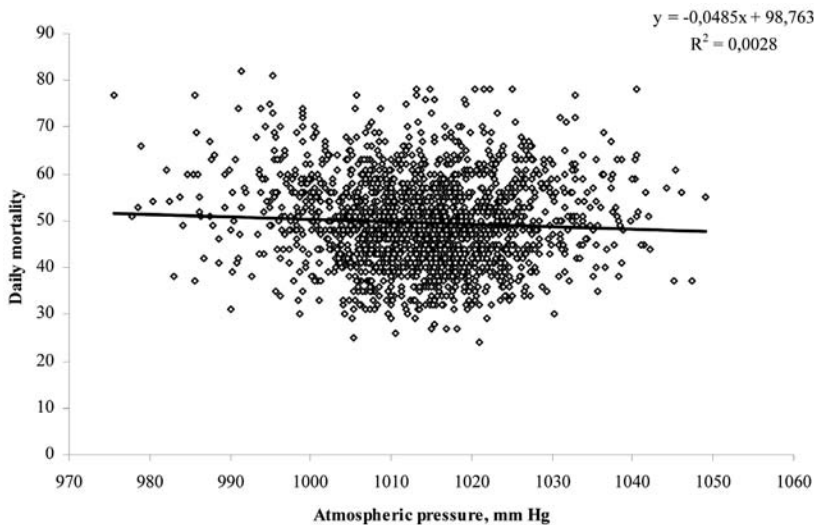


Fig. 2. Correlation between daily mortality (in absolute figures) in Latvia and atmospheric pressure.

The changes of air temperature can also be related to changes in human mortality (Fig. 3). In the conditions of climate change there has been an increase of the mean temperatures, which can induce considerable changes in the severity of extreme events. Such changes are likely to influence ecosystems and society severely, moreover, the impacts are larger when extreme weather conditions prevail over extended periods, for example, in the case of heat waves. The mean annual number of deaths caused by heat waves is much higher than that for any other extreme weather event (Kysely, 2002).

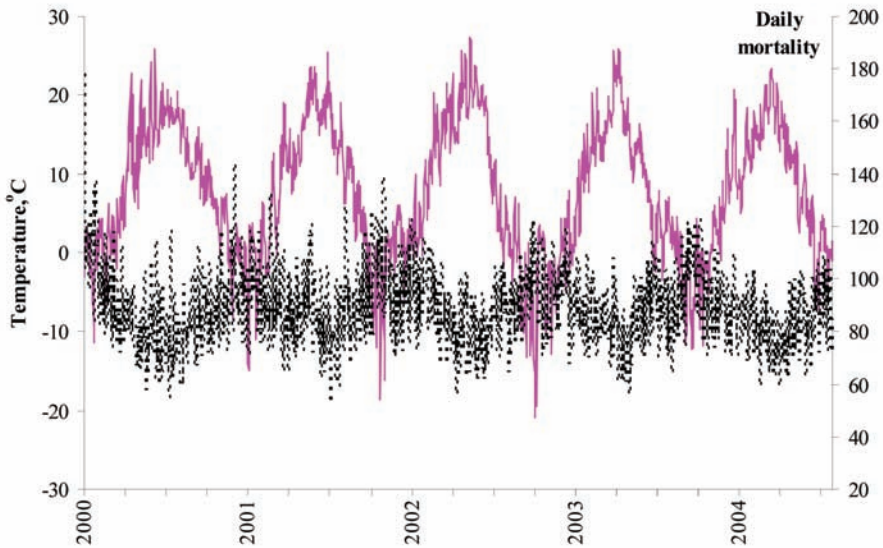


Fig. 3. Daily mortality in absolute figures (— overall in Latvia) and the average daily temperature (— in Rīga)

The correlation between the daily mean air temperature and mortality in Rīga (Fig. 4), in the same manner as in Latvia overall (Fig. 5), shows a negative tendency – increasing values of air temperature, induce a decrease in the relative mortality. Unless the correlation between average temperature and mortality is insignificant, the overall trend of their relation is evident, indicating an increased mortality in wintertime – as it has also been found in other countries of central and northern Europe (Lloyd 1991; Keatinge *et al.* 1997; Healy 2003; Mercer 2003). Considering that the period of observations for the study is comparatively short, possibly that is the reason why no stable general trends were observed. A tendency of such a character can be observed, because in the middle latitudes the mortality overall is greater during the wintertime, while people spend most of their time inside, where are subjected to the risk of infectious diseases. During summer the mortality is increased in the conditions of extremely hot, moist and calm weather, especially in the regions where hot weather is not common (Conti *et al.*, 2005).

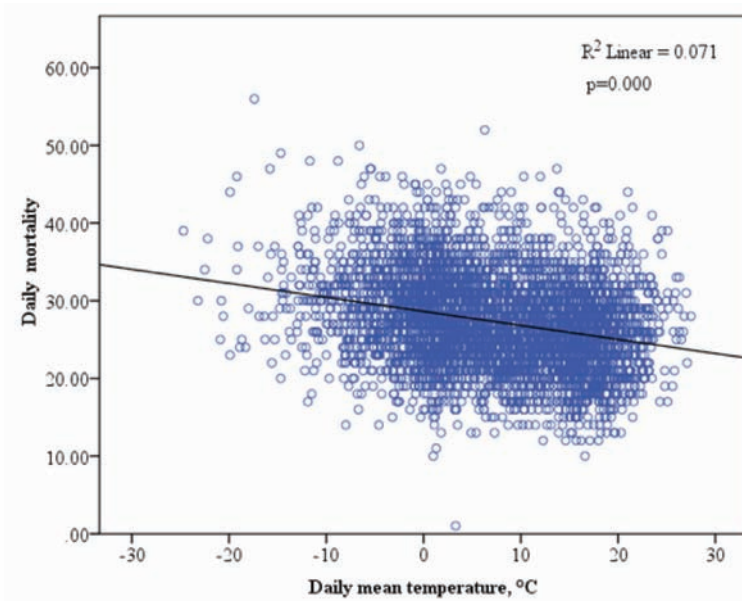


Fig. 4. Relation between daily mortality in absolute figures and mean daily temperature in Riga for the period 1996–2008

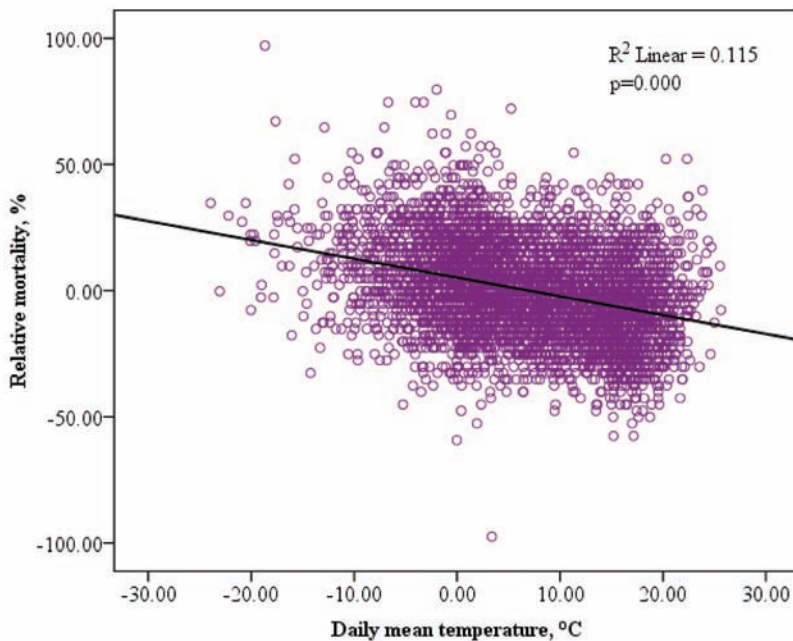


Fig. 5. Relation between relative mortality (% above/below monthly mean) and mean daily temperature in Riga, Dobele, Alūksne, Saldus, Daugavpils, Ventspils and Liepāja for the period 1996–2008

In Figure 6 one can see that relative mortality is inversely proportional to monthly mean temperatures – during months with a lower mean air temperature the relative mortality is exceeding the mean mortality of the period.

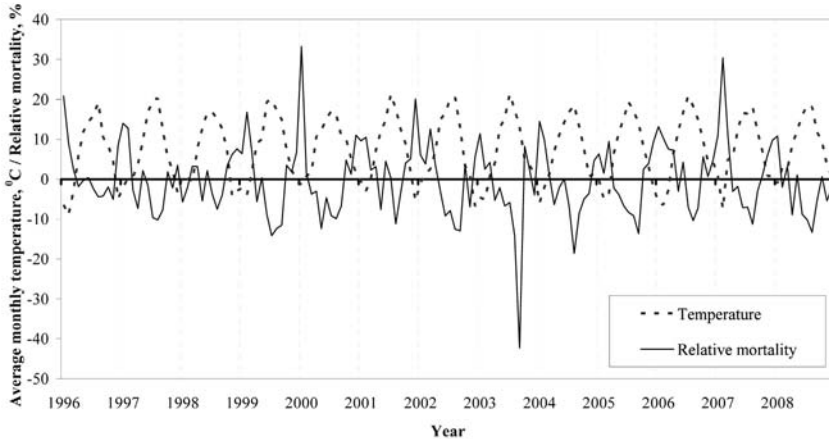


Fig. 6. Consecutive data for average monthly temperature and relative mortality (% above/below 1996–2008 mean) in Riga for the period 1996–2008

The relative mortality is dependent on the values of the air temperature and is subjected to changes caused by the annual cycle of air temperature, wherewith it is important to determine the character of the annual cycle of relative mortality. Figure 7 shows the trends of the relative mortality and its deviations from the monthly mean: the relative mortality is below the mean mortality of the period during the warmest months of the year. In general there is a well-expressed minimum of mortality during August and a maximum during the coldest months of the year – January, February and December. Such characteristics of the annual cycle of mortality have been observed also in the studies brought out elsewhere in Europe (Lerchl, 1998).

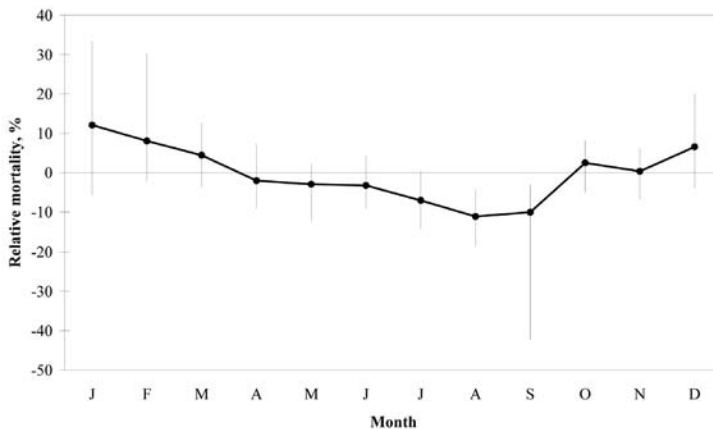


Fig. 7. Trends of relative mortality (% above/below 1996–2008 mean) and its deviations from the monthly mean in Riga for the period 1996–2008

As it can be seen in Figure 5, the increased incidence of mortality can be associated with the increasing temperature. Unless the temperature increases observed in the study period are far from the observed increases in the cases of warmer temperature, it is possible to identify increased mortality.

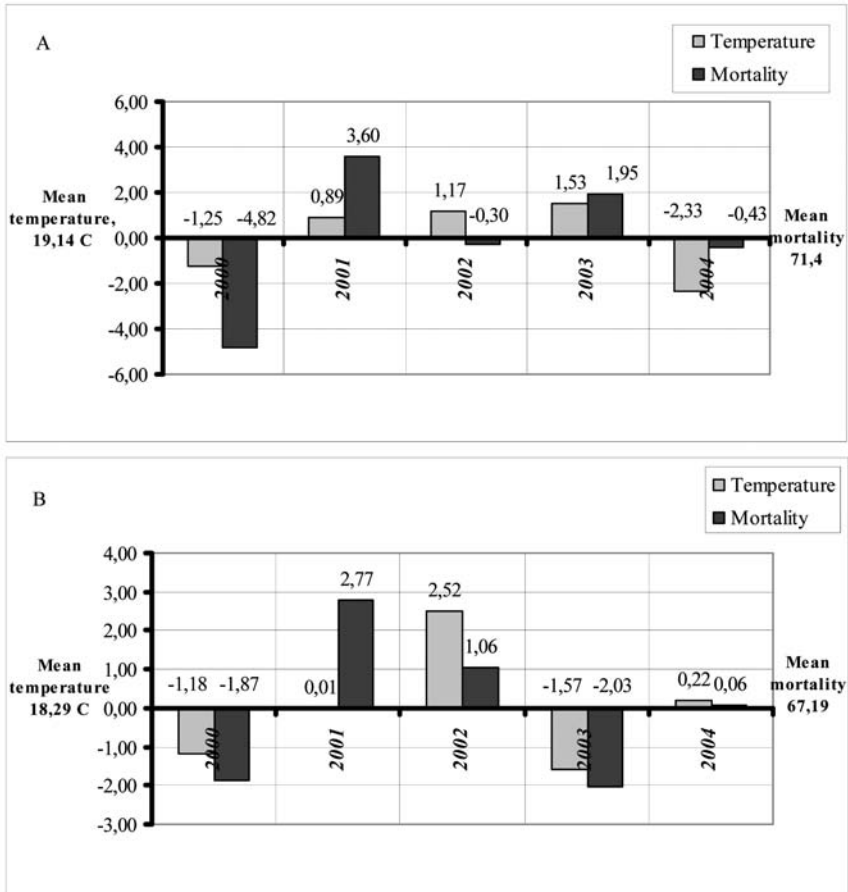


Fig. 8. Changes of temperature and mortality in July (A) and August (B) with respect to the mean values of temperature (1960–1990) and mortality (2000–2004)

Even though this study shows that in Latvia, in the same manner as in other countries of the world, mortality is higher during the cold seasons of the year, in particular cases extremely hot weather can also cause excess mortality during summer. However, such cases of extremely hot weather during the period of investigation have been too few to make unambiguous conclusions about their impact on the mortality. Though taking in concern the warming tendencies in Latvia and assuming that the increase in both summer and winter temperatures is going to continue, it is possible that in the future we are going to observe a decrease in mortality associated with extremely cold weather, but an increase in heat-related mortality.

Conclusions

Climatic factors can significantly influence human health conditions and, consequently, human mortality. Although the increased temperature events during summertime can be associated with increased mortality, it is much less important than the impacts on human health during the cold season of the year.

REFERENCES

- Ballaster F., Michelozzi P., Iniguez C. (2003) Weather, Climate and Health. *J. Epidemiol. Public Health.*, 57, 759–769.
- Conti S., Meli P., Minelli G., Solimini R., Toccaceli V., Vichi M., Beltrano C., Perini L. (2005.) Epidemiologic Study of Mortality During the Summer 2003 Heat Wave in Italy, *Environmental Research*, 98 (3), 390–399.
- Diaz J., Linares C., Tobias A. (2006) Impact of Extreme Temperatures on Daily Mortality in Madrid (Spain) among the 45–64 Age Group. *Int. J. Biometeorol.*, 50, 342–348.
- Dessai S. (2002) Heat Stress and Mortality in Lisbon Part I. Model Construction and Validation. *Int. J. Biometeorol.*, 47, 6–12.
- Epstein P.R. (2002) Climate Change and Infectious Disease: Storm Weather Ahead? *Epidemiology.*, 13, 373–375.
- Haines A., Patz J.A. (2004) Health Effects of Climate Change. *JAMA*, 291, 99–103.
- Healy J.D. (2003) Excess Winter Mortality in Europe: a Cross-country Analysis, Identifying Risk Factors. *J. Epidemiol. Public Health.*, 57, 784–789.
- Jehn M., Appel L.J., Sacks F.M., Miller E.R. III (2002) The Effect of Ambient Temperature and Barometric Pressure on Ambulatory Blood Pressure Variability. *Am. J. Hypertens.*, 15, 941–945.
- Kalkstein L., Smoyer K. (1993) The Impact of Climate Change on Health: Some International Implications. *Experientia*, 49, 969–979.
- Keatinge W.R., Donaldson G.C., Bucher K. (1997) Cold Exposure and Winter Mortality from Ischaemic Heart Disease, Cerebrovascular Disease, Respiratory Disease and All Causes in Warm and Cold Regions in Europe. *Lancet*, 349, 1341–1346.
- Kysely J. (2002) Temporal Fluctuations in Heat Waves at Prague-Klementinum, the Czech Republic, from 1901–1997, and Their Relationship to Atmospheric Circulation. *Int. J. Climatol.*, 22, 33–50.
- Lerchl A. (1998.) Changes in the Seasonality of Mortality in Germany from 1946 to 1995: the Role of Temperature, *International Journal of Biometeorology*, 42 (2), 84–88.
- Lloyd E.L. (1991) The Role of Cold in Ischaemic Heart Disease: a Review. *Public Health*, 105, 205–215.
- Mercer J.B. (2003) Cold – an Underrated Risk Factor for Health. *Environ. Res.*, 92, 8–13.
- Patz J.A., Kovats R.S. (2002) Hotspots in Climate Change and Human Health. *Br. Med. J.*, 325, 1094–1098.
- Thomson M.C., Connor S.J., Ward N., and Molyneux D.H. (2004). Climate Variability and Infectious Disease in West Africa. *Ecology and Health*, 1 (2), 138–150.

Reurbanizācija un pilsētvides atjaunotne kā Grīziņkalna apkaimes attīstības perspektīva

Reurbanization and Urban Regeneration as a Perspective for Development of Grīziņkalns Neighbourhood

Guntis Šolks

Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010
E-pasts: *guntis.solks@inbox.lv*

Darbā raksturoti un analizēti reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesi Grīziņkalnā.

Grīziņkalns ir kultūrvēsturiska Rīgas pilsētas apkaime, kurā saglabājusies unikāla un mazpārveidota strādnieku rajoniem raksturīgā apbūves struktūra – 19. gadsimta beigu un 20. gadsimta sākuma daudzstāvu mūra un mazstāvu koka apbūve. Apkaime robežojas ar pilsētas centru, un tai ir pietiekami labi nodrošināta infrastruktūra, kas ir būtiski priekšnosacījumi, lai tā attīstītos kā pilnvērtīga Rīgas pilsētas centra teritorija.

Reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesi Grīziņkalnā līdz šim ir novērojami samērā reti. Šie procesi ir uzskatāmi par nozīmīgiem ilgtspējīgas attīstības priekšnoteikumiem, tāpēc, lai veicinātu Grīziņkalna kā pilsētas centram līdzvērtīgas apkaimes attīstību, būtu nepieciešams tajā veicināt pilsētvides atjaunotnes procesus.

Atslēgvārdi: Grīziņkalns, pilsētvides atjaunotne, reurbanizācija, Rīga.

Ievads

Reurbanizācija un pilsētvides atjaunotnes procesi ir uzskatāmi par kompleksu apkaimes uzlabošanu, kas izpaužas kā tās fiziskā, ekonomiskā un sociālā transformācija. Kvalitatīvas pilsētvides nodrošināšanā svarīga loma ir pilsētvides atjaunotnes procesiem, jo tie sekmē iedzīvotāju piesaisti, uzlabo apkaimes sociālo vidi un veicina tās saimniecisko attīstību.

Grīziņkalna apkaimes ģeogrāfiskais novietojums pilsētas centra tuvumā ir būtisks priekšnoteikums tās attīstībai kā pilsētas centra daļai, taču līdz šim būtiska attīstība nav novērojama. Grīziņkalna apkaimei ir raksturīga nelabvēlīga sociālā vide, tur koncentrēti mūsdienu prasībām neatbilstoši mājokļi, un tas ievērojami kavē apkaimes attīstību, tāpēc pilsētvides atjaunotne ir uzskatāma par nozīmīgu priekšnosacījumu tās turpmākai attīstībai un būtu nepieciešams šos procesus veicināt arī pašvaldības iestādēm.

Darbā aplūkota Grīziņkalna vēsturiskā attīstība un tā kultūrvēsturiskās vides veidošanās, raksturoti apkaimē novērojamie reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesi, kā arī tās iespējamā turpmākā attīstība.

Raksta mērķis ir raksturot reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesus kā Grīziņkalna apkaimes attīstības perspektīvu.

Materiāli un metodes

Lai raksturotu reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes jēdzienus no teorētiskā viedokļa, izmantoti vairāki atsevišķi pētījumi, kuros aprakstīti šie procesi un to izpausmes dažādos aspektos (J. van der Borga, A. P. Russo, O. Guzejas, T. Batlera, N. Otsukas, A. Rīva, A. Paueras, K. Vorda un citu autoru pētījumi). Nepieciešamā informācija par Grīziņkalna vēsturisko attīstību un tā infrastruktūru iegūta no Rīgas domes uzturētās vietnes *apkaimes.lv*, savukārt informācija par nekustamā īpašuma tirgus aktualitātēm iegūta no tiešsaistes laikrakstiem un vietnes „Global Property Guide”, kurā publicēts apkopojums par nekustamā īpašuma tirgus attīstības tendencēm Rīgā.

Lai identificētu reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesus, tika veikti lauka pētījumi visas Grīziņkalna apkaimes administratīvajā teritorijā, kā arī citās teritorijās tiešā tās tuvumā. Iegūtie rezultāti tika atbilstoši analizēti un interpretēti aktuālo ekonomisko aktivitāšu kontekstā.

Rezultāti

Reurbanizācija un pilsētvides atjaunotne kā apkaimes transformācija

Reurbanizācija un pilsētvides atjaunotne ir savstarpēji saistīti pilsētas transformācijas procesi, kas būtiski ietekmē noteiktas pilsētas apkaimes telpisko, ekonomisko, sociālo un pārvaldes struktūru.

Reurbanizācija no pilsētas telpiskās struktūras attīstības viedokļa ir attīstības posms, kad attīstība norisinās pašreizējās pilsētas teritorijās un ietver vairākus pilsētas funkciju maiņu procesus (Butler, 2007). Tā izpaužas kā apbūves intensificēšana konkrētajā teritorijā, neizmantoto centrālās daļas teritoriju apgūšana un degradēto teritoriju revitalizācija un atkārtota izmantošana (McIntyre, McKee, 2008). Degradēto teritoriju jēdziena izpratne laika gaitā ir mainījusies, un tagad par tām uzskata visas pamestās teritorijas neatkarīgi no to piesārņojuma līmeņa (Ganser, Williams, 2007). Saskaņā ar Rīgas pilsētas plānošanas dokumentiem par degradētām teritorijām tiek uzskatītas tādas, kuras kādreiz ir saimnieciski izmantotas un apbūvētas, bet vēlāk pamestas vai tiek izmantotas nepilnvērtīgi no saimnieciskā viedokļa (Grupa 93, 2004).

Pilsētvides atjaunotnes procesu būtība tiek uztverta un skaidrota dažādi, taču kopumā šis jēdziens ir saistīts ar atsevišķu pilsētas apkaimju vispārēju uzlabošanu. Šajās aktivitātēs ietilpst vairāki pasākumi: konkrētās apkaimes saimnieciskās struktūras pārkārtošana, dzīvojamā fonda uzlabošana, esošo iedzīvotāju dzīves kvalitātes rādītāju paaugstināšana un jaunu iedzīvotāju piesaistīšana konkrētajai apkaimei (van der Borg, Russo, 2008). Pilsētvides atjaunotnes process no strukturālā viedokļa ir apkaimes ilgtermiņa nākotnes vīzijas un īstermiņa iniciatīvu savstarpēja integrācija, kas nodrošina apkaimes fizisko, sociālo un saimniecisko reģenerāciju (Roberts, Sykes, 2000).

Pilsētu atjaunotnes procesu koncepcijas un tām raksturīgās iezīmes ir pētītas gan no zinātniski pētnieciskām, gan pilsētplānošanas, gan pilsētu pārvaldes pozīcijām. Lai arī diskusijas par pilsētām raksturīgajām problēmām un to iespējamiem risinājumiem ir dažādas un daudzpusīgas, šo problēmu cēloņi galvenokārt ir līdzīgi:

- ražošanas sašaurināšanās un tās ietekme uz sociālajiem procesiem konkrētā teritorijā,
- vispārēja apkaimes un tās infrastruktūras fiziska novecošanās un nolietošāšanās,
- grūtības savienot vecā un pašreizējās vajadzības un standartus,
- iedzīvotāju sociālā stāvokļa izmaiņas un to individuāla ietekme uz noteiktu pilsētas apkaimi (Otsuka, Reeve, 2007).

Pilsētvides atjaunotne ir uzskatāma par dažādu pilsētas problēmu risināšanas procesu, jo tās vispārējais mērķis ir patīkamas vides veidošana, kas kopumā izpaužas kā apkaimes fiziska transformācija. Vizuāli izteiksmīgākā reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes izpausme ir apbūves transformācija, kas var izpausties gan kā esošo ēku renovācija vai rekonstrukcija, gan kā to nojaukšana un jaunu ēku celtniecība (Power, 2008). Šis process ietver teritorijas vai īpašumu fiziskās pasliktināšanās novēršanu un to fiziskā stāvokļa uzlabošanu, īstenojot dažādus pasākumus (Guzey, 2009). Tā kā pašvaldības ir uzskatāmas par galvenajiem pilsētvides atjaunotnes veicinātājiem, šie pasākumi pārsvarā tiek stimulēti ar dažādiem administratīviem līdzekļiem, piemēram, nekustamā īpašuma nodokļu atlaidēm (Otsuka, Reeve, 2007).

Pilsētvides atjaunotnes procesi nav tikai fiziska pilsētvides transformācija, jo tajos būtiska loma ir arī sociāliem, ekonomiskiem un vides jautājumiem, kas ir savstarpēji cieši saistīti (Guzey, 2009).

Nozīmīgs pilsētvides atjaunotnes procesa aspekts ir jaunu ekonomisko aktivitāšu koncentrācija konkrētajā apkaimē, kas spētu aizvietot iepriekšējās ekonomiskās aktivitātes, kompensēt to samazināšanos un mazināt to ietekmi (van der Borg, Russo, 2008). Apkaimes ekonomiskā transformācija ietver papildu finanšu investīciju piesaisti, iespēju radīt jaunas darbvietas, paaugstināt nodarbinātību un iedzīvotāju labklājības līmeni, līdz ar to palielinot arī ienākumus no nodokļiem, kas uzlabo pilsētas budžeta bilanci (Guzey, 2009).

Apkaimes sociālā transformācija ir iedzīvotāju dzīves līmeņa uzlabošana, mājokļu pieejamības veicināšana, dažādu pakalpojumu – izglītības, kultūras un veselības aprūpes – pieejamības uzlabošana, sociālās atstumtības izskaušana un noziedzības līmeņa samazināšana (Guzey, 2009). Šajā gadījumā būtiska loma ir pretrunīgi vērtētajiem džentrifikācijas procesiem, kuru rezultātā mainās apkaimju iedzīvotāju sociālā struktūra, jo novērojams, ka palielinās iedzīvotāju ar augstākiem ienākumiem īpatsvars. Lai arī džentrifikācijas process ir uzskatāms par ekonomiskās un sociālās situācijas uzlabošanās pazīmi konkrētajā apkaimē (Freeman, 2005), tas veicina iedzīvotāju ar zemāku ienākumu līmeni atsvešinātību, kas, savukārt, veicina apkaimes sociālās segregāciju (Raco, 2003). Tāpēc par progresīvāko pilsētvides atjaunotnes procesu izpausmi sociālajā jomā tiek uzskatīts tāds gadījums, kad apkaimes attīstības rezultātā pieaug iedzīvotāju ar vidēji augstiem ienākumiem skaits (Ward, 2003) un konkrētajā teritorijā uz pastāvīgu dzīvi paliek arī lielākā daļa to iedzīvotāju, kas tur dzīvojuši pirms šīm pārmaiņām (Butler, 2007).

Pārvaldes struktūras transformācijas ietvaros būtiska ir tādu apkaimes iedzīvotāju kopienu attīstība, kuru pārstāvji aktīvi piedalītos arī savu apkaimju pārvaldībā. Parasti šādu kopienu aktivitātes tiek saistītas ar aktīvu piedalīšanos apkaimju sabiedriskajā dzīvē un ar unikālās apkaimes identitātes popularizēšanu (Ng, 2005), taču aktīvāka vietējo iedzīvotāju iesaistīšanās pārvaldes procesos veicinātu lēmumu pieņemšanas kārtības reorganizāciju, piemērojot to vispārpieņemtiem demokrātijas principiem. Tādējādi tiktu palielināta sabiedrības līdzdalība projektu apspriešanā un lēmumu pieņemšanā, kas kopumā uzlabotu pašvaldības iestāžu un iedzīvotāju sadarbību (Guzey, 2009).

Pilsētvides atjaunotne ir uzskatāma par daudzveidīgu un efektīvu instrumentu, lai veicinātu pilsētu ilgtspējīgu attīstību ilgtermiņā (Ng, 2005), un tā tiek īpaši attiecināta uz vides jautājumiem, lai pilsētas attīstība pēc iespējas mazāk ietekmētu pilsētas zaļās teritorijas (Guzey, 2009).

Grīziņkalna apkaimes raksturojums un tās attīstība

Grīziņkalns ir kultūrvēsturiska Rīgas pilsētas apkaime, kuras robežas ir noteiktas pa Artilērijas, Krāsotāju, Lienes, Avotu, Deglava ielu, dzelzceļu, Brīvības, Tallīnas un Aleksandra Čaka ielu. Administratīvi apkaimes ziemeļdaļa līdz Aleksandra Čaka ielai atrodas Rīgas pilsētas Centra rajonā, bet dienviddaļa – Rīgas pilsētas Latgales priekšpilsētā. Grīziņkalna apkaime robežojas ar Brasas, Teikas, Purvciema, Avotu ielas un Centra apkaimi. Apkaimes kopējā platība ir 151,7 hektāri, kas ir apmēram 30% no vidējā apkaimes platības rādītāja Rīgā (Grīziņkalna fizioģeogrāfiskais raksturojums, 2010).

Lai arī Grīziņkalna apkaime Rīgas teritorijā tika iekļauta jau 1786. gadā, tā bija ļoti reti apdzīvota līdz 19. gadsimta 70. gadiem, kad tur sākās attīstība, ko noteica industrializācija Rīgā. Iesākumā attīstība koncentrējās tagadējā Vārmu, Valmieras un Vagonu ielā, un strauja apkaimes apbūve sākās pēc Mīlgrāvja dzelzceļa atklāšanas 1892. gadā. Šajā apkaimē apmetās galvenokārt rūpnīcu strādnieki ar ģimenēm, kas bija nodarbināti tuvējā apkārtnē izvietotajos rūpniecības uzņēmumos. Lielākā daļa ienācēju bija no Vidzemes, Zemgales un Kurzemes, tādējādi Grīziņkalns 19. un 20. gs. mijā ir veidojies kā tipiska „latviešu Rīga” (Grīziņkalna vēsturiskais apraksts, 2010).

Grīziņkalna apkaime ar savu unikālo koka apbūvi ir valsts nozīmes kultūrvēsturiskā pieminekļa – Rīgas vēsturiskā centra – sastāvdaļa, kas atrodas UNESCO noteiktās Rīgas vēsturiskā centra aizsardzības zonas robežās. Apkaime ir uzskatāma par vērtīgu kultūrvēsturisku objektu, jo tā ir veidojusies kā strādnieku dzīvojamais rajons un līdz mūsdienām ir saglabājusies salīdzinoši mazpārveidota. Grīziņkalna apkaimes īpatnējo telpisko struktūru nosaka koka mazstāvu un mūra daudzstāvu vēsturiskās apbūves koncentrācija, veidojot interesantu kultūrvēsturisku objektu.

Oficiāli Grīziņkalna apkaime robežojas ar Centra apkaimi, taču robeža starp šīm teritorijām nav fiziski jūtama atšķirībā no robežas starp Grīziņkalnu un Purvciemu, ko veido dzelzceļa infrastruktūra. Mūsdienās Grīziņkalns ir uzskatāms par loģisku pilsētas centra teritorijas turpinājumu, taču, lai Grīziņkalna apkaime kļūtu par līdzvērtīgu salīdzinājumā ar pašreizējo pilsētas centru, ir nepieciešama apkaimes vispārēja uzlabošana jeb pilsētvides atjaunotne. Tā kā nav stingri noteiktu robežu ar

pilsētas centru, tas uzskatāms par būtisku priekšnosacījumu turpmākai Grīziņkalna attīstībai.

Grīziņkalna apkaimes robežas jau vēsturiski ir bijušas mainīgas, jo pirms 2. pasaules kara virzienā no Vecrīgas līdz Matīsa ielai skaitījās pilsētas centrs, savukārt virzienā no Matīsa ielas līdz dzelzceļam bija rūpnieciskā teritorija un strādnieku dzīvojamie kvartāli ar vienkāršām mūra un koka ēkām. Pašlaik par šo robežu uzskata Artilērijas ielu, taču turpmāk ir paredzēta robežas noteikšana pa Tallinas ielu, tādējādi paplašinot pilsētas centra oficiālo teritoriju uz Grīziņkalna apkaimes rēķina (Grīziņkalna vēsturiskais apraksts, 2010).

Grīziņkalna apkaimes pašreizējā attīstība un turpmākās perspektīvas ir jāaplūko ģeogrāfiski plašākā teritorijā, jo vēsturiski par Grīziņkalna daļu ir uzskatīta arī daļa tagadējās Avotu ielas apkaimes teritorijas, ieskaitot Valmieras un Vagonu ielu un iekļaujot veco rūpniecisko apbūvi līdz pat dzelzceļam.

Reurbanizācija un pilsētvides atjaunotne Grīziņkalna apkaimē

Lai arī Grīziņkalna apkaimes ģeogrāfiskais novietojums ir uzskatāms par izdevīgu, reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesi šajā apkaimē kopumā ir novērojami samērā reti. Šie procesi ir cieši saistīti ar aktivitātēm nekustamā īpašuma un celtniecības sektorā, tāpēc šādas aktivitātes ekonomiskās recesijas laikā ir vēl retāk novērojamas. Taču arī nesenā saimnieciskā uzplaukuma laikā Grīziņkalna apkaime nebija plaši pieprasīta ne no attīstītāju, ne no nekustamo īpašumu pircēju puses, kas principā būtu uzskatāms par zināmu pārsteigumu. Tomēr Grīziņkalna apkaimes gadījumā jāatzīmē, ka zemo pieprasījumu ir noteikusi nelabvēlīgā sociālā vide, kas jebkurā gadījumā kavē attīstību, kaut arī apkaime atrodas tuvu pilsētas centra kodolam un tai ir pietiekami laba transporta infrastruktūra (Šolks, 2010).

Nekustamā īpašuma tirgū Grīziņkalna apkaimē esošie īpašumi galvenokārt tiek apzīmēti kā piederīgi Rīgas centram, jo līdz šim Grīziņkalns nebija atsevišķa administratīvā teritorija. Arī īpašumu pārdevēji ir ieinteresēti objektus Grīziņkalnā saukt par pilsētas centru, lai uzsvērtu to centrālo novietojumu un palielinātu to prestižu un pārdošanas cenu. Šādas nosacītas pilsētas centra paplašināšanas tendences ir raksturīgas arī citām apkaimēm centra tuvumā, ko nosaka pilsētas centra augstāks prestiža līmenis.

Lai arī vidējās nekustamā īpašuma pārdošanas cenas no 2009. gada septembra ir augušas un gada laikā palielinājušās par vidēji 20% (Global Property Guide, 2010), aktivitāte nekustamo īpašumu tirgū joprojām ir maza, ko nosaka ierobežotie hipotekārās kredīšanas apjomi, ierobežotais piedāvājums, pircēju vēlme pēc zemākām cenām, kā arī neskaidrība par turpmāko valsts ekonomisko attīstību. Aktivitātes trūkums nekustamo īpašumu tirgū liecina par pieprasījuma trūkumu, līdz ar to attīstītāji nav ieinteresēti ieguldīt finanšu līdzekļus ēku rekonstrukcijā un celtniecībā, tādējādi izraisot reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesu ievērojamu palēnināšanos ne tikai Grīziņkalnā, bet arī citās apkaimēs.

Grīziņkalna apkaime teorētiski ir ļoti piemērota teritorija reurbanizācijas procesu norisei, kas veicinātu arī pilsētvides atjaunotni tajā. Tam ir vairāki priekšnoteikumi: pilsētas centra tuvums, zemākas īpašumu cenas salīdzinājumā ar pilsētas centru, apmierinošs dažāda veida infrastruktūras nodrošinājums un pietiekami daudz potenciālo apbūvējamo teritoriju, kur pašlaik atrodas vidi

degradējoši objekti – grausti. Degradētās teritorijas pēc būtības ir piemērotākās vietas reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesa norisei, un Grīziņkalna apkaimē šādi objekti ir galvenokārt pamestas un sliktā tehniskā stāvoklī esošas dzīvojamās ēkas.

Grīziņkalna apbūves struktūrā ievērojamu daļu aizņem veca mazstāvu koka apbūve, kas pārsvarā ir avārijas stāvoklī, un šo ēku nojaukšanas rezultātā tiktu atbrīvota teritorija jaunu māju būvniecībai. Šāda pilsētas telpiskās struktūras attīstība būtu tipiska reurbanizācijas procesa pamanāmākā izpausme, taču tā ir dažādi vērtējama. Pozitīvais ieguvums būtu graustu likvidācija un apkaimes vizuālās kvalitātes uzlabošanās, taču, no otras puses – šis process negatīvi ietekmētu Grīziņkalna kultūrvēsturisko vidi, jo paredzams, ka nojaukti tiktu ne tikai grausti, bet arī kultūrvēsturiski vērtīgas un normālā stāvoklī esošas mazstāvu ēkas, lai tās aizstātu ar daudzstāvu apbūvi, kas nākotnē investoriem nodrošinātu lielākus ieņēmumus.

Objektīvi izvērtējot, var secināt, ka Grīziņkalnā reurbanizācijas procesi ir bijuši reti novērojami, jo apkaimes administratīvajā teritorijā ir īstenoti vien nedaudzī jaunu daudzstāvu dzīvojamo ēku projekti (Pērnavas, Jāņa Asara, Deglava, Aleksandra Čaka, Alauksa un Artilērijas ielā). Biežāk Grīziņkalna apkaimē ir novērojami pilsētvides atjaunotnes procesi, kas šajā gadījumā ir saistīti ar namīpašumu sakopšanu, pārbūvi vai atjaunošanu. Pārsvarā šiem procesiem ir individuāls raksturs, jo parasti pēc privātpašnieku iniciatīvas tiek atjaunoti atsevišķi objekti. Lai arī tas ir būtisks priekšnoteikums turpmākai pilsētvides atjaunotnei konkrētā sakoptā objekta tuvumā (Power, 2008), Grīziņkalna apkaimē tas tomēr nav raksturīgi, un to var skaidrot galvenokārt ar namīpašnieku ierobežotajiem finanšu līdzekļiem un iniciatīvas trūkumu.

Pilsētvides atjaunotnei Grīziņkalna apkaimē nav raksturīgas ekonomiskās vides pārmaiņas, jo ievērojama daļa uzņēmumu šajā teritorijā savulaik ir veiksmīgi pārdzīvojuši saimnieciskās pārmaiņas pēc Padomju Savienības sabrukuma un piemērojušies jaunajai tirgus situācijai. Šie uzņēmumi arī nav pārvietojuši ražotnes uz citām vietām, lai samazinātu kopējās ražošanas izmaksas, jo šīs rūpnīcu teritorijas nepiesaistīja investoru interesi kā potenciālas vietas jaunu dzīvojamo vai darījumu objektu būvniecībai. Teritoriju atrašanās dzelzceļa infrastruktūras tiešā tuvumā mazina to potenciālu dzīvojamās un darījumu apbūves attīstībai, taču tā ir būtiska priekšrocība ražošanas un loģistikas nozaru attīstībai, tāpēc jāsecina, ka tās visefektīvāk ir izmantot tieši kā rūpnieciskās teritorijas.

Džentrifikācijas process, kas ir uzskatāms par raksturīgu reurbanizācijas izpausmi (Guzey, 2009), Grīziņkalna apkaimē nav plaši izplatīts, jo pieprasījums pēc nekustamajiem īpašumiem šajā apkaimē nav liels. Šajā gadījumā jebkura nekustamā īpašuma iegāde personīgai lietošanai ir uzskatāma par džentrifikāciju, jo ierobežotas hipotekārās kredīvēšanas apstākļos nekustamo īpašumu iegādi var atļauties personas ar vidēji augstiem ienākumiem. Lai arī ir novērojama finansiāli nodrošinātu iedzīvotāju pārceļšanās uz Grīziņkalnu, taču apkaimē nav raksturīga maznodrošināto iedzīvotāju sistemātiska izspiešana. Šādu situāciju nosaka salīdzinoši zemās ar mājokli saistītās izmaksas un fakts, ka lielākā daļa pārdodamo nekustamo īpašumu ir neapdzīvoti. Tādējādi šajā situācijā var runāt par sociālo transformāciju ziņā veiksmīgu pilsētvides atjaunotni, kad konkrētajā apkaimē paliek arī iepriekšējie iedzīvotāji (Butler, 2007). Apkaimes sociālās transformācijas kontekstā jāmin arī Eiropas Savienības institūciju

rosinātā Kaimiņu dienas svinēšana (Grīziņkalna vēsturiskais apraksts, 2010), kas ir uzskatāms par apkaimes iedzīvotājus vienojošu pasākumu, turklāt tas veicina arī unikālās apkaimes identitātes nostiprināšanos (Ng, 2005).

Atzīmējot pozitīvos pilsētvides atjaunotnes procesus, ir jāmin Mūrnieku ielas un tās apbūves rekonstrukcijas projekts, kas īstenots, savstarpēji sadarbojoties ēku īpašniekiem, uzņēmējiem un Rīgas domei. Šis ir uzskatāms piemērs tam, ka pašvaldības iestādes ir nozīmīgas pilsētvides atjaunotnes procesu veicinātājas (Otsuka, Reeve, 2007). Šajā projektā ir kompleksi atjaunota Mūrnieku ielas apbūve, sakārtota infrastruktūra un rekonstruēts ielas segums. Lai arī Mūrnieku iela neietilpst Grīziņkalna apkaimes administratīvajā teritorijā, šim objektam var būt būtiska nozīme turpmākai Grīziņkalna attīstības veicināšanai, jo sasniegtajam rezultātam var būt psiholoģiska rakstura ietekme uz pārējiem namīpašniekiem, kuriem tagad ir uzskatāms piemērs, ka šādai sadarbībai ir vērtīgi pozitīvi rezultāti. Līdzīgs projekts ir īstenots arī Āgenskalnā, kur tika atjaunota kultūrvēsturiskā koka apbūve Kalnciema ielā posmā no Baložu ielas līdz Melnsila ielai. Īstenojot šos abus projektus, ir sasniegta kompleksa pilsētvides atjaunotne plašākā mērogā, taču pagaidām šie projekti nav spējuši veicināt pilsētvides atjaunotni plašākā teritorijā.

Rīgas dome ar Eiropas Savienības finansiālo atbalstu ir paredzējusi īstenot projektu, kura mērķis ir veicināt Grīziņkalna koka arhitektūras kultūrvēsturiskā kompleksa atjaunošanu. Projekta noslēgums ir paredzēts 2012. gadā, un tā vīzija ir izveidot Grīziņkalna apkaimi par nacionālas nozīmes kultūras tūrisma objektu. Projektā plānots restaurēt, rekonstruēt un labiekārtot pašlaik grausta statusā esošo ēku Krāsotāju ielā 12, kā arī uzstādīt ielu norādes un vēsturisko ēku numurus, tūrisma stendus un novērošanas kameras visā Grīziņkalna apkaimē (*Diena.lv*, 2010). Tas veicinās vides vizuālās kvalitātes un drošības līmeņa uzlabošanu.

Restaurētajā ēkā tiks izvietota ekspozīcija par Rīgas rūpnīcu strādnieku sadzīvi dažādos laika posmos, kā arī kompetences centrs, kur tiks uzkrāta informācija par koka ēku saglabāšanas paņēmieniem (*Diena.lv*, 2010). Šis projekts apliecina Grīziņkalna kā vēsturiska strādnieku rajona lielo kultūrvēsturisko nozīmi, savukārt koka māju restaurācijas centrs varētu veicināt vēsturiskās koka apbūves saglabāšanu, izglītojot koka ēku īpašniekus un apsaimniekotājus. Paredzams, ka šis projekts savā ziņā būs līdzīgs Mūrnieku ielas rekonstrukcijas projektam, kam nākotnē varētu sekot līdzīgas aktivitātes.

Grīziņkalna apkaimes nākotnes attīstības perspektīva

Grīziņkalna apkaimes attīstības potenciāls līdz šim nav pilnvērtīgi izmantots, tāpēc ir paredzams, ka nākotnē šī apkaime varētu ieinteresēt lielākus investorus un nekustamā īpašuma pircējus. Galvenais iemesls, kas kavē apkaimes attīstību, ir nelabvēlīgā sociālā vide, tāpēc būtu nepieciešams risināt šo jautājumu un uzlabot drošību. Būtisks šķērslis Grīziņkalna attīstībai ir arī degradēta pilsētvide, tāpēc pastāv iespēja, ka, veicinot tās atjaunotni, palielināsies arī šīs apkaimes prestižs un popularitāte. Mūrnieku ielas rekonstrukcijas piemērs ir pierādījis, ka šādas aktivitātes pozitīvi ietekmē apkaimes attīstību. Rīgas domei iespēju robežās vajadzētu īstenot līdzīgus projektus, piesaistot Eiropas Savienības struktūrfondu līdzekļus, jo pašreizējā situācijā namīpašnieki bez domes atbalsta šādu iniciatīvu neuzņemas.

Grīziņkalna kultūrvēsturiskais mantojums ir aplūkojams no diametrāli pretējiem aspektiem, jo tā ir gan nozīmīga kultūrvēsturiska vērtība, gan arī problēma, kas šajā gadījumā ir saistīta ar ēku slikto tehnisko stāvokli. Grīziņkalnam raksturīgās koka ēkas bieži ir avārijas stāvoklī, un praktiskākais risinājums ir to nojaukšana. Tā kā daudzas ēkas nav kultūras pieminekļi, īpašniekiem nav šķēršļu to likvidācijai, taču Grīziņkalna gadījumā liela kultūrvēsturiska nozīme ir tieši šo ēku kopumam, kas veido kultūrvēsturisku apbūves kompleksu. Šajā jautājumā ir nepieciešams rast kompromisu, jo nav pamatoti pieprasīt no īpašnieka avārijas stāvoklī esošas arhitektoniski mazvērtīgas ēkas saglabāšanu, kad pašvaldība nedrīkst ieguldīt budžeta līdzekļus privātpašumā. Šādos gadījumos būtu jāpieļauj selektīva kritiskā stāvoklī esošo ēku nojaukšana (Mumford, Power, 2003). Gadījumā, ja nepieciešams saglabāt apkārtnes telpisko struktūru, ir jānosaka jaunā būvprojoma ierobežojums iepriekšējās apbūves izmēros, kā arī fasādes atdarināšana, izmantojot autentiskās dekoratīvās detaļas.

Vecu ēku atjaunošana kopumā ir dārgs process, tāpēc, ja ir svarīgi saglabāt vēsturisko vidi, nepieciešams izstrādāt papildu finansiālā atbalsta mehānismu tiem namīpašniekiem, kas ir gatavi atjaunot vēsturisko apbūvi. Tādējādi tiktu veicināti arī pilsētvides atjaunotnes procesi, taču, lai reāli ieviestu šādu sistēmu, pašvaldībai ir nepieciešami brīvi finanšu līdzekļi. Tāpēc paredzams, ka tuvākajā nākotnē tas nebūs iespējams.

Pilsētvides atjaunotnes procesiem ir raksturīga arī radoša pieeja apkārtnes pievilcības un atpazīstamības veicināšanai. Mūrnieku ielā ir uzstādīts piemineklis Rīgas celtniekiem, un, iedvesmojoties no ārvalstu pieredzes, Grīziņkalna apkaimē varētu izvietot dažādus vides objektus, kas saistīti ar apkaimi atspoguļojošiem literāriem darbiem. Grīziņkalna gadījumā tās varētu būt, piemēram, Jāņa Grīziņa stāsta „Vārnu ielas republika”, Aleksandra Čaka dzejas vai Vizmas Belševicas triļņģijas „Bille” varoņu skulptūras, kas izvietotas atbilstošās vietās.

Diskusija un secinājumi

Grīziņkalna apkaimei ir liels attīstības potenciāls, kas līdz šim ir samērā maz izmantots. Būtiska Grīziņkalna priekšrocība ir tā ģeogrāfiskais stāvoklis, jo tas robežojas ar pilsētas centru un ir uzskatāms par loģisku tā turpinājumu bez izteiktām savstarpējām robežām. Tā kā Grīziņkalnā ir ievērojama vēsturisko ēku koncentrācija, tā vide vizuāli tikai nedaudz atšķiras no pārējām centra daļām. Apkaimē ir salīdzinoši laba transporta infrastruktūra, turklāt objekti pilsētas centrā ir sasniedzami arī pārvietojoties kājām. Grīziņkalnā ir arī zaļās teritorijas, ko daudzi uzskata par būtisku priekšrocību.

Teorētiski Grīziņkalna apkaimei ir labas iespējas attīstīties, taču to kavē nelabvēlīga sociālā vide un mūsdienu prasībām neatbilstoši mājokļi, kas savulaik tika būvēti rūpnīcu strādniekiem. Šie mājokļi ir ar ierobežotām ērtībām, un, lai tos piemērotu mūsdienu standartiem, ir jāveic būtiskas pārbūves.

Reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesi Grīziņkalna apkaimē, tāpat kā citās Rīgas apkaimēs, ir saistīti ar nekustamā īpašuma tirgus un būvniecības attīstības tendencēm. Lai arī ir atsācies nekustamo īpašumu cenu pieaugums, aktivitāte tirgū ir zema, tāpēc arī reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesi Grīziņkalnā

ir novērojami reti. Arī nesenās straujās ekonomiskās izaugsmes laikā šie procesi bija reti novērojami – tas izskaidrojams ar zemo pieprasījumu pēc īpašumiem šajā Rīgas apkaimē, ko, savukārt, noteica apkaimē raksturīgā nelabvēlīgā sociālā vide un degradētā pilsētvide. Ja tiktu rasti risinājumi šo abu problēmu novēršanai vai mazināšanai, Grīziņkalna popularitāte un pieprasījums pēc īpašumiem šajā apkaimē būtiski palielinātos.

Reurbanizācijas un pilsētvides atjaunotnes procesiem Grīziņkalnā ir individuāls raksturs, un tie izpaužas galvenokārt kā pilsētvides telpiskās izmaiņas – atsevišķu jaunu daudzstāvu ēku būvniecība un vēsturisko ēku rekonstrukcija, kas pozitīvi ietekmē apkaimes vides vizuālo kvalitāti. Kopumā pilsētvides atjaunotnes procesi Grīziņkalna apkaimē būtiski atšķiras no šādiem procesiem citur, un tas skaidrojams ar konkrēto pārmaiņu nelielo mērogu, kas praktiski neietekmē pārējās apkaimes teritorijas. Grīziņkalna apkaimē nav mainījusies saimnieciskā struktūra, jo tur joprojām darbojas vairāki rūpniecības uzņēmumi, kas ir veiksmīgi piemērojušies jaunajiem tirgus nosacījumiem. Apkaimē nav raksturīga arī ievērojama sociālā transformācija un strauji džentrifikācijas procesi, jo finansiāli nodrošināti iedzīvotāji reti pārceļas uz Grīziņkalnu.

Vēsturiskais Grīziņkalna apbūves komplekss ir uzskatāms par vērtīgu kultūrvēsturisku objektu, jo tas līdz mūsdienām ir saglabājies tikai ar nelielām izmaiņām. Autentiskā mūra un koka apbūve vairumā gadījumu ir nepiemērota mūsdienās pieņemtajiem ērtību standartiem, turklāt daudzi vēsturiskie objekti atrodas sliktā tehniskā stāvoklī, tāpēc ir nepieciešama ēku rekonstrukcija, lai tie būtu piemēroti mūsdienu prasībām. Tā kā ir būtiski pēc iespējas vairāk saglabāt autentisko apbūvi, jāveicina tās atjaunošana, lai izvairītos no ēku nojaukšanas, tāpēc pašvaldībai būtu jāizstrādā namīpašnieku finansiālā atbalsta mehānisms.

Grīziņkalna apkaimes tuvumā esošās Mūrnieku ielas atjaunošana ir pierādījusi pašvaldības iestāžu nozīmīgo lomu pilsētvides atjaunotnes procesu norisē, tāpēc iespēju robežās būtu jāīsteno vairāk šādu projektu, it īpaši, ja ir iespējams piesaistīt Eiropas Savienības struktūrfondu finansējumu. Apkaimes individualitāti var izcelt arī ar dažādiem radošiem paņēmieniem un vides objektu izvietojumu, kas papildinātu kultūrvēsturisko Grīziņkalna pilsētvidi, kā arī veicinātu apkaimes atpazīstamību.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Butler T. (2007) Re-urbanizing London Docklands: Gentrification, Suburbanization or New Urbanism? *International Journal of Urban and Regional Research*, 31 (4), 759–781.
- Diena.lv (2010) Grīziņkalns pārtaps par nacionālas nozīmes kultūras tūrisma objektu [Skatīts 13.04.2010.] Pieejams: www.diena.lv/lat/turisms/zinas/grizinkalns-partaps-par-nacionalas-nozimes-kulturas-turisma-objektu
- Freeman L. (2005) Displacement or succession? Residential Mobility in Gentrifying Neighbourhoods. *Urban Affairs Review*, 40 (4), 463–491.
- Ganser R., Williams K. (2007) Brownfield Development: Are We Using the Right Targets? Evidence from England and Germany. *European Planning Studies*, 15 (5), 603–622.
- Global Property Guide* (2010) Strong recovery in Riga continues in Q1 2010. Pieejams: www.globalpropertyguide.com/Europe/Latvia/Price-History
- Grīziņkalna fiziogēogrāfiskais raksturojums* (2010) Apkaimes.lv. Pieejams: www.apkaimes.lv/sakums/grizinkalns/fizgeo/

- Grīziņkalna vēsturiskais apraksts* (2010) Apkaimes.lv. Pieejams: www.apkaimes.lv/sakums/grizinkalns/history/
- Grupa 93 (2004) Degradēto teritoriju izpēte Rīgas pilsētā pēc Rīgas Domes Pilsētas attīstības departamenta pasūtījuma.
- Guzey O. (2009) Urban Regeneration and Increased Competitive Power: Ankara in an Era of Globalization. *Cities*, 26, 27–37.
- McIntyre Z., McKee K. (2008) Governance and Sustainability in Glasgow: Connecting Symbolic Capital and Housing Consumption to Regeneration. *Area*, 40 (4), 481–490.
- Mumford K., Power A. (2003) *Boom or Abandonment: Resolving Housing Conflicts in Cities*. Chartered Institute of Housing: Coventry. 195 p.
- Ng M. K. (2005) Quality of Life Perceptions and Directions for Urban Regeneration in Hong Kong. *Social Indicators Research*, 71, 441–465.
- Otsuka N., Reeve A. (2007) The Contribution and Potential of Town Centre Management for Regeneration. Shifting its Focus from ‘Management’ to ‘Regeneration’. *Town Planning Review*, 78 (2), 225–250.
- Power A. (2008) Does Demolition or Refurbishment of Old and Inefficient Homes Help to Increase our Environmental, Social and Economic Viability? *Energy Policy*, 36, 4487–4501.
- Raco M. (2003) Remaking Place and Securitising Space: Urban Regeneration and the Strategies, Tactics and Practices of Policing in the UK. *Urban Studies*, 40 (9), 1869–1887.
- Roberts P., Sykes H. (2000) *Urban Regeneration: A Handbook*. London, Sage Publications. 320 p.
- Šolks G. (2010) Reurbanizācijas procesi Rīgā. *LU Raksti*, Zemes un vides zinātnes. 752, 156.–163. lpp.
- Borg J. van der, Russo A. P. (2008) *Regeneration and Tourism Development. Evidence from Three European Cities, Working Papers*. Venice, Department of Economics, Ca’ Foscari University. 25 p.
- Ward K. (2003) The limits to contemporary urban redevelopment: „Doing” Entrepreneurial Urbanism in Birmingham, Leeds and Manchester. *City*, 7, 199–211.

Summary

The processes of reurbanization and urban regeneration as well as their potential for further development of Grīziņkalns neighbourhood are characterized in this research.

Grīziņkalns is a neighbourhood in Riga with high historic and cultural value where unique and unmodified building structure characteristic to working class neighbourhoods – a mixture of higher masonry and lower wooden buildings of the late 19th and early 20th centuries - still remain. The neighbourhood is located in a close adjacency to the core area of the city and it has sufficient infrastructure, that are significant preconditions for development of Grīziņkalns as a part of the city centre.

Reurbanization and urban regeneration processes in the Grīziņkalns neighbourhood were rarely observed till now. However, these processes are considered as preconditions for further sustainable development of the neighbourhood, so it is necessary to promote urban regeneration processes in order to stimulate the development of Grīziņkalns as a suburb equal to the city centre.

Keywords: *Grīziņkalns, reurbanization, Riga, urban regeneration.*

Segregācijas procesu izpausme Rīgā: Vecāku apkaimes piemērs *Residential Segregation in Riga: the Vecāki Case*

Lāra Zemīte

Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010
E-pasts: *larazemite@inbox.lv*

Rakstā apskatīti segregācijas procesi pasaules un Austrumeiropas pilsētās salīdzinājumā ar Rīgas apkaimi – Vecākiem. Aplūkota un analizēta segregācijas izpētes vēsturiskā attīstība, segregācijas cēloņi un sekas, salīdzinājumā ar Rīgu analizēti Austrumeiropas postsociālisma pilsētu piemēri.

Segregācijas procesu iespaidā notiek iedzīvotāju dalīšanās grupās, kuru savstarpējā saskarsme ikdienas dzīvē kļūst retāka. Segregācija vēsturē biežāk ir negatīvi ietekmējusi dzīves kvalitāti lielākajai daļai iedzīvotāju un tādēļ jāuzskata par nevēlamu. Latvijā pētījumi par segregāciju nav plaši, tādēļ segregācijas pētījumiem nepieciešams pievērst vairāk uzmanības.

Vecāku apkaimē pastāv segregācijas procesu iezīmes, bet izteikta iedzīvotāju grupu dalīšanās nav novērota. Lai nākotnē izvairītos no segregācijas Rīgā, nepieciešama plānota valsts iestāžu rīcība, kas sekmētu iedzīvotāju vienlīdzību.

Atslēgvārdi: segregācija, iedzīvotāju grupas, Austrumeiropas pilsētas, Vecāki.

Ievads

Atsevišķu iedzīvotāju grupu telpiskā un sociālā dalīšanās kļūst arvien aktuālāka mūsdienu pilsētās, arī Latvijā. Šo iedzīvotāju nodalīšanās procesu sauc par **segregāciju**. To var ietekmēt brīvprātīga vai piespiedu sabiedrības polarizācija.

Pētījuma mērķis ir izpētīt segregācijas procesus un to izpausmi Vecākos – Rīgas apkaimē.

Segregācijas procesu attīstīšanās apdzīvotā vietā ir cieši saistīta ar iedzīvotāju ekonomiskās situācijas mainīšanos, sabiedrības polarizāciju un no tā izrietošo migrāciju. Segregācijas procesu izpētīšana un atzīšana sākās 20. gadsimta 20. gados ASV ar Čikāgas skolas pārstāvjiem Burgesu un Makkenziju (Kempen van & Murie, 2009). Viņi pirmie pievērsa uzmanību telpiskās segregācijas aprakstīšanai.

Pirmā izpētītā pilsēta bija Čikāga, kurai Burgess, Hoits, Hariss un Ullmans (Burgess, Hoyt, Harris & Ullman) izveidoja pilsētas modeļus – tajos pilsēta tika sadalīta pa zonām, kurās dzīvoja pēc sociālekonomiskā stāvokļa atšķirīgas iedzīvotāju grupas. Kopš tā laika pilsētas telpiskās segregācijas izpēte ir attīstījusies un kļuvusi daudzveidīgāka.

Vairāk uzmanības segregācijai tika pievērsts 20. gadsimta 70. gados. Etniskā segregācija ASV un vēlāk arī Lielbritānijā sasaucās ar iedzīvotāju ienākumu atšķirībām. No ASV un Lielbritānijas segregācijas pētīšana tika pārņemta arī kontinentālajā Eiropā, it īpaši Nīderlandē, Skandināvijas valstīs un Francijā (piemēram, Laan Bouma-Doff, 2007), jo minētajās valstīs imigrantu īpatsvars ir salīdzinoši liels. Pētījumu attīstības gaitā tika izšķirta arī vecuma, reliģiskā un dzimuma segregācija, kam pastiprināti tika pievērsta uzmanība, un pētījumu skaits aizvien aug (piemēram, Parks, 2010).

Sociālā nevienlīdzība pastiprina sociālo grupu norobežošanu. Teritorijas jaunie iedzīvotāji ir potenciāli pakļauti riskam neiekļauties iepriekšējo iedzīvotāju grupā un neiesaistīties pilsētas dzīvē pilnvērtīgi un ciest no tā. Piemēram, vājāko iedzīvotāju grupu rajonos var būt **slīktāki veselības rādītāji** un **augstāki noziedzības rādītāji**, kas nozīmē **slīktākus dzīves apstākļus** sociāli vājākām grupām, tie neuzlabojas un trūkstošās apkopes dēļ pasliktinās vēl vairāk. Tāpat tām var tikt **liegta pieeja daļai publiskās telpas**, kas var izpausties kā t. s. „gated community” (slēgtā kopiena), kas ir pieejama tikai noteiktai iedzīvotāju grupai (Kovács, 2009).

Pilsētu attīstība Austrumeiropas pilsētās ir jāvērtē atšķirīgi no Rietumeiropas pilsētām, jo tām bijusi cita vēsturiska attīstība. Urbanizācija bijušajās sociālisma valstīs radās zemes un infrastruktūras kā kolektīvā īpašuma, stingrās centralizētās plānošanas un apdzīvoto vietu vispusīgo attīstības stratēģiju dēļ. Pilsētu teritoriju attīstību bija vieglāk kontrolēt nekā brīvā tirgus ekonomikas pilsētās (Kempen van & Murie, 2002).

Lielākā daļa autoru ir vienprātis, ka 70. gados jaunuzceltie augstceltņu rajoni bija populāri un tajos dzīvoja vidusslānis, toties nolaistie pilsētas centri bija mājvieta mazāk turīgiem iedzīvotājiem un čigāniem. Kopš tirgus ekonomikas atjaunošanas radās lielāki jauni vai atjaunošanas projekti, un tie pievilināja iedzīvotāju grupas ar lielākiem ienākumiem, tādējādi radot segregētu pilsētas struktūru (Kempen van & Murie, 2002).

Tā kā vienlīdzība bija viena no vadlīnijām sociālisma valstīs, segregācija Austrumeiropas pilsētās pirms 20. gadsimta 90. gadiem bija mazāk izteikta nekā Rietumeiropas pilsētās (Kempen van & Murie, 2009). Pētījumi, piemēram, tika veikti Ungārijā (Kovács, 1998), Čehijā (Sykora, 1999) un Igaunijā (Ruoppila, 2005), un kopējie secinājumi ir tādi, ka iedzīvotāju segregācija kopš 90. gadu sākuma ir palielinājusies, it īpaši pievilcīgajos pilsētas centros un piepilsētu rajonos, kur apmetas iedzīvotāji ar augstākiem ienākumiem, izkonkurējot agrākos, mazāk turīgos iedzīvotājus. Tādējādi veidojas jauna pilsētas telpiskā struktūra (Kempen van & Murie, 2009).

Rīgā, tāpat kā citās Austrumeiropas pilsētās, segregāciju veicināja mājokļu pieejamības ierobežojumi. Segregācijas priekšnoteikumi bija līdzīgi. Iedzīvotājiem brīvā laika pavadīšanai tika piešķirta zeme apbūvei, piemēram, Vecāķos, un atsevišķās pilsētas teritorijās veidojās vasarnīcu rajoni (Rīga, 1988).

Sabrūkot Padomju Savienībai, tika privatizēta liela daļa iepriekšējo īres mājokļu, it īpaši pievilcīgajos rajonos, kuros agrāk bija vasarnīcas, dārziņi vai līdzīgi īpašumi. Lielākā daļa agrāko vasaras māju tika pārvērstas par privātmājām, kuras bieži arī visu gadu apdzīvo agrākie vasarnieki un īrētāji. Arī suburbanizācija papildina iedzīvotāju migrāciju tālāk no pilsētas centra uz agrāk „slīktākiem” piepilsētas rajoniem (Rīgas dome, 2005).

Materiāli un metodes

Lai novērtētu segregācijas lokālās izpausmes, tika veikta aptauja, iedzīvotāju vecuma grupu koncentrēšanās kartēšana etalonteritorijā, iegūti vizuālā novērtējuma dati par jaunajiem projektiem Vecāķos, kā arī intervijas ar Vecāķu apkaimes iedzīvotājiem.

Vecāķu apkaimē tika aptaujāti 100 iedzīvotāji, kas atbildēja uz 17 jautājumiem. Intervijas notika 2010. gadā.

Intervijām izvēlēti reprezentatīvi pārstāvji no šādām iedzīvotāju grupām: jauniešiem, pastāvīgie iedzīvotāji, vecāka gadagājuma iedzīvotāji, gados jaunāki iedzīvotāji, slēgtās kopienas iedzīvotāji Vecāķu prospektā 205A, daudzdzīvokļu namu iedzīvotāji. Ar slēgtās kopienas un daudzdzīvokļu namu iedzīvotāju grupas pārstāvjiem nebija iespējams uzsākt kontaktus.

Lai vizualizētu lauka pētījumos iegūto informāciju, tika izveidotas kartoshēmas. Ar attēlu palīdzību tika noskaidrots tuvākās vietas indekss¹ (turpmāk tekstā – TVI), kas parāda pētāmo objektu savstarpējo sakārtojumu kādā noteiktā teritorijā. TVI tiek aprēķināts pēc formulas

$$TVI = 2\bar{D}\sqrt{\frac{n}{A}},$$

kur TVI – tuvākā kaimiņa indekss;

\bar{D} – vidējais novērotais attālums starp objektiem;

$\sqrt{\quad}$ – sakne no;

n – kopējais objektu skaits;

A – pētījuma teritorijas platība (Waugh, 2002).

1. tabula

Tiešie segregācijas indikatori procesa noteikšanai Rīgas apkaimēs, izmantojot Vecāķu piemēru

| Nr. p. k. | Indikators | Segregācijas izpausme |
|-----------|--|---|
| 1. | Īpašuma norobežošana, apžogojuma veidošana (īpašuma norobežojuma indikators) | Aktīva atdalīšanās no „sliktās” apkārtnes |
| 2. | Jauniešu tikšanās vietas, pensionāru atpūtas vietas u. c. tikai noteiktai vecuma grupai piemērotas vietas (vecuma grupu koncentrēšanās indikators) | Vecumu grupu koncentrēšanās ap šīm vietām, iespējama atdalīšanās |
| 3. | Jauno projektu novietojums tuvāk cītam (ar TVI palīdzību) (TVI indikators) | Atdalīšanās no pamatiedzīvotājiem |
| 4. | Iedzīvotāju vērtējums par segregācijas izpausmēm (segregācijas novērtējuma indikators) | Iedzīvotāju intervijās noskaidrots pašu iedzīvotāju viedoklis, vai notiek iedzīvotāju dalīšanās |

Avots: izstrādājusi autore, izmantojot Thorns, 2002; Sykora, 1999 un Ruoppila & Kährrik, 2003.

¹ *Nearest neighbour index* – NNI (angļu val.).

Ar lauka pētījumos iegūtajiem datiem segregācija tika vērtēta pēc autores izstrādātā indikatoru apkopojuma (1. un 2. tabula). Šie rādītāji ir iedalīti tiešos un netiešos indikatoros atbilstoši tam, kā tie raksturo segregāciju. Netiešie indikatori nav viennozīmīgi faktori un var būt vērtējami tikai kā segregāciju veicinoši apstākļi.

2. tabula

**Netiešo segregācijas indikatori procesa noteikšanai Rīgas apkaimēs,
izmantojot Vecāku piemēru**

| Nr. p. k. | Indikators | Segregācijas izpausme |
|--------------|---|---|
| 1. | Sociālās infrastruktūras trūkums (infrastruktūras indikators) | Nav vietas kontaktēšanās iespējām neatkarīgi no sociālās vai citu grupu piederības |
| 2. | Kaimiņu, kontaktēšanās iespēju novērtējumi (mijiedarbības indikators) | Kaimiņu, kontaktēšanās iespēju novērtējums var norādīt uz iedzīvotāju grupu dalīšanos |

Avots: izstrādājusi autore, izmantojot Thorns, 2002; Sykora, 1999 un Ruoppila & Kährik, 2003.

Indikatori tika novērtēti kā *ļoti izteikts*, *vidēji izteikts* un *nav izteikts*. Tika noteikta segregācija pēc vecuma, ienākumiem, pieejamības, kā arī telpiskā segregācija. Segregācijas noteikšanai Vecāku apkaimē nepieciešams ļoti izteikts vairāku indikatoru novērtējums. Tas it īpaši attiecas uz netiešajiem rādītājiem, kas var būt tikai kā tiešo rādītāju papildinājums.

Vecāku apkaimes vēsturiskā attīstība

Izvēlētā Vecāku apkaime atrodas Rīgas ziemeļos, Ziemeļu administratīvajā rajonā. Apkaime ziemeļos robežojas ar jūru. Tai ir robeža ar trīs citām Rīgas apkaimēm: Mangaļsalu, Vecdaugavu un Trīsciemu. Gar apkaimes ZA daļu novilkta Rīgas pilsētas robeža, kura to atdala no Carnikavas novada (SIA Metrum, 2007).

Vecāki vēsturiski attīstījušies atsevišķi no Rīgas. Tikai pēc Otrā pasaules kara 1949. gadā apkaime tika iekļauta Rīgas teritorijā. Vecāki veidojās kā zvejniekiems, kura attīstību sekmēja Daugavas senā gultne (Vecdaugava) un osta pie jūras krasta (Biedrība „Ideju Māja”, 2007). Sākot no 19. gadsimta vidus, Vecāki attīstījās kā atpūtas vieta rīdiniem, un, sākot ar 1898. gadu, Vecākos piešķīra zemes gabalus vasarnīcu apbūvei (Biedrība „Ideju Māja”, 2007).

Pirmajā pasaules karā Vecāku ciems tika izpostīts, un tā atjaunošana atsākās tikai pēc 1934. gada, kad tika atklāta dzelzceļa līnija Rīga–Rūjiena, kurā viena pietura bija „Vecāki”. Tad apkaime piedzīvoja uzplaukumu, ko veicināja arī jauna šoseja uz Mangaļsalas karavīru nometni (Biedrība „Ideju Māja”, 2007).

Mūsdienās Vecākus vasaras sezonā apmeklē ļoti daudz tūristu no tuvākajām apkaimēm – Vecmīlgrāvja un Vecdaugavas, kā arī no tālākām Rīgas apkaimēm, lai baudītu apkaimes skaisto dabu un jūras tuvumu. Vasarnieku skaits Vecākos ar gadiem ir samazinājies, bet vēl arvien turas augstā līmenī (Biedrība „Ideju Māja”, 2007).

Rezultāti

Vecuma grupu segregācija

Lauka pētījuma laikā Vecāķos tika meklētas īpašas dažāda vecuma iedzīvotāju grupu pulcēšanās vietas. Apkaimē netika konstatētas īpašas vietas, kurās bija vecuma grupu koncentrācija, bet tika nodalītas divas vietas (pludmales bārs un zirgu stallis), kas varētu būt potenciālas pulcēšanās vietas gados jaunākajiem apkaimes iedzīvotājiem. Šīm pulcēšanās vietām ir sezonāls raksturs, jo vasaras mēnešos vietējo jauno iedzīvotāju skaitu papildina arī citi jaunieši, kas ciemojas Vecāķu apkaimē.

No interviju materiāliem šādu iedzīvotāju uzskatus atspoguļo intervēto reprezentatīvo grupu pārstāvji. Kāda vecāka gadagājuma iedzīvotāja uz jautājumu par kopienas izveidošanos Vecāķos atbildēja, ka neuzskata, ka Vecāķos ir izveidojusies kāda kopiena, kurā piedalītos viņas vecuma iedzīvotāji. Ar gados jaunākiem iedzīvotājiem, viņasprāt, situācija varētu būt citāda. Šim viedoklim piekrist jaunākas iedzīvotāju grupas pārstāvis, norādot, ka pastāv jauniešu grupiņa, kas piedalās kopīgās aktivitātēs un rīko kopīgus pasākumus. Aktivitātes nenotiekot vienā noteiktā pulcēšanās vietā, bet vairākās.

Vecāķu apkaimē lauka pētījuma gaitā netika konstatēta vienas vecuma grupas koncentrācija kādā vietā, toties gados jaunāko un vecāko iedzīvotāju grupas pārstāvji norādīja, ka vismaz jaunāko iedzīvotāju grupā pastāv sava kopiena. Jāsaka gan, ka šī kopiena nav telpiski atdalīta no citām, tās pārstāvji ir sadalīti pa visu apkaimes teritoriju un tikai uz ierobežotu laiku izvēlas noteiktas tikšanās vietas. Pēc autores izveidotās indikatora novērtēšanas skalas segregācijas novērtējuma indikators ir vidēji izteikts, bet nav izteikts vecuma grupu koncentrēšanās indikators. Kopumā vērtējot, pastāv iespēja segregācijai pēc vecuma grupām, bet Vecāķu apkaimē tā vēl nav attīstījusies.

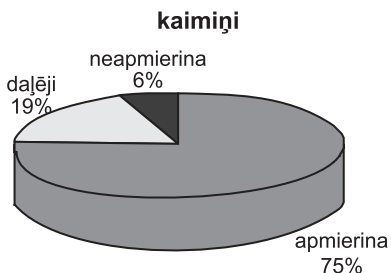
Segregācija pēc sociālās infrastruktūras pieejamības

Sociālā infrastruktūra, tostarp izglītības, medicīnas un reliģiskās iestādes, kā arī sporta infrastruktūra un iepirkšanās iespējas, kas ir pieejamas visiem iedzīvotājiem, ir svarīgi indikatori segregācijas izpētīšanā. Ja šo iestāžu trūkst, iedzīvotāji var dalīties grupās, kurām ir pieeja visām iestādēm, un grupās, kurām ir liegta pieeja daļai iestāžu vai visām iestādēm. Bieži to nosaka šo iestāžu tuvums, kā arī sabiedriskā transporta vai privātā transporta pieejamība.

Izglītības iestādes Vecāķu un tuvākajās apkaimēs nav atrodamas. Tuvākās atrodas Vecmīlgrāvī, aptuveni 15 minūšu braucienā no Vecāķu apkaimes ar sabiedrisko transportu (autobusu). Vecmīlgrāvī nodrošinājums ar izglītības iestādēm ir pietiekams – darbojas septiņas pirmsskolas izglītības iestādes un četras vidusskolas. Ir gan latviešu, gan krievu valodas mācību iestādes (SIA Metrum, 2007).

Kā kontaktēšanās vietu visām iedzīvotāju grupām Vecāķos trūkst iepriekš minēto iestāžu, kā arī, piemēram, tirgus laukuma. Ir tikai divi veikali, ko iedzīvotāji izmanto ierobežoti (pēc aptaujas un interviju rezultātiem). Pretēji tam iedzīvotāji aptaujās norādīja, ka ir apmierināti ar kontaktēšanās iespēju, kaimiņu un brīvā laika pavadīšanas iespējām (piem., sk. 1. att.). Kontaktēšanās iespējas par apmierinošām uzskata 53% aptaujāto, brīvā laika pavadīšanas iespējas – 52%, bet kaimiņus – 75%. Iedzīvotāju pozitīvais novērtējums par kontaktēšanās iespējām ir pretējs pieņēmumam, ka Vec-

āķos notiek segregācija, jo tieši ar vietām, kas ir pieejamas visām iedzīvotāju grupām, tiek samazināta izstumšanas iespējamība. Apmierinātība ar kaimiņiem apstiprina iepriekšējos rezultātus, kas norāda, ka iedzīvotāju dalīšanās problēma nepastāv.



1. att. Kaimiņu novērtējums

Tādējādi, analizējot segregāciju pēc pieejamības, var secināt, ka Vecāku apkaimē ir izteikts *infrastrukturārs indikators* (sociālās infrastruktūras trūkums), kas norāda uz procesu iespējamību, bet *mijiedarbības indikators* (kaimiņu u. c. apstākļu novērtējums, sk. 1. un 2. tab.) vērtējams kā neizteikts, tādējādi atspēkojot iepriekšējā indikatora ietekmi, jo iedzīvotāji, par spīti neesošiem infrastruktūras objektiem, laiku pavada apkaimē un ir apmierināti ar kaimiņiem. Tomēr kaimiņu novērtējums varētu būt apšaubāms rādītājs, jo lielākajai daļai jauno iedzīvotāju māju blakus atrodas vēl kāda jauna māja, tādējādi kaimiņu novērtējums varētu tikt attiecināts tikai uz šiem kaimiņiem.

Segregācija pēc infrastruktūras pieejamības varētu būt starp privātā un sabiedriskā transporta lietotājiem, bet, spriežot pēc pārējām aptaujas atbildēm, iedzīvotāji jūtas aptuveni vienādā situācijā.

Segregācija pēc ienākumiem

Lai novērtētu segregāciju pēc ienākumiem, tika lietoti aptaujas rezultāti, oficiālo iestāžu (Rīgas domes un Sabiedrības integrācijas fonda (SIF)) nostādnes par darbību, kā arī interviju rezultāti.

51% aptaujāto novērtēja, ka viņiem ir vidēji ienākumi, 11% – zem vidējā, bet 38% – virs vidējā. Lai arī iedzīvotāji pārstāv atšķirīgas iedzīvotāju grupas, lielākā daļa norādīja, ka ir apmierināti ar kaimiņiem un kontaktēšanās iespējām apkaimē. No tā izriet, ka segregācija pēc ienākumu līmeņa nenotiek. Tā kā aptaujas ir tikai ar noteiktiem atbilžu variantiem, pilnīgākai situācijas izpratnei iegūtie rezultāti tika papildināti ar intervijām, kurās gan pastāvīgās Vecāku iedzīvotājas, gan jauno iedzīvotāju viedoklis saskan par to, ka kontakti ar kaimiņiem no citas ienākumu grupas ir ierobežoti. Tādējādi tas norāda uz ļoti izteiktu *segregācijas novērtējuma indikatoru*.

Salīdzinājumam tika izvērtēta arī oficiālo iestāžu un organizāciju nostāja par sabiedrības stāvokli un attīstību Rīgā, jo attiecīgo iestāžu rīcība var samazināt vai palielināt segregācijas iespējamību. Organizācija, kas varētu ar savu darbību samazināt segregācijas risku, ir Sabiedrības integrācijas fonds. Tomēr SIF darbības rezultāts vienas apkaimes mērogā, kāda tā izvēlēta pētījumam, nav pietiekami manāms, lai tiktu uzskatīts par nozīmīgu.

Rīgas ilgtermiņa attīstības stratēģijā līdz 2025. gadam noteikti uzdevumi, ar kuru palīdzību panākt iepriekš minētos mērķus. Rīgas dome noteikusi, ka ir nepieciešams nodrošināt sociālo atbalsta sistēmu, attīstīt izglītības un kultūras iestāžu tīklu, uzlabot veselības aprūpes sistēmu, kā arī veicināt iedzīvotāju uzturēšanos savā apkaimē ilgāku dienas daļu (Rīgas dome, 2005). Tomēr, pēc autores uzskatiem, liela daļa šo uzdevumu mūsdienā apstākļos netiek realizēti pilnībā, tādējādi nelikvidējot sabiedrības polarizācijas iemeslus, kas izraisa segregāciju un tās telpiskās izpausmes.

Telpiskā segregācija

Vecāku apkaimē tika fiksēti 78 jauni objekti. Objektu ir ievērojami mazāk par vecākām mājām.

Lielākā daļa jauno objektu ir atsevišķas privātmājas, kas ar žogu atdalītas no apkārtējām teritorijām. Izņemot trīs objektus, visi ir ierobežoti ar mazas caurredzamības žogiem. Daudziem jauniem projektiem bija arī sargsuņi, signalizācijas iekārtas vai apsargu firmas, lai paaugstinātu īpašuma drošību.

Īpašs atdalīšanās gadījums ir Vecāku prospekts 205A, kas ir vairāku dzīvokļu ēku komplekss. Mājokļu piemājas teritorija ir apžogota ar mazas caurredzamības žogu, to apsargā apsardzes firma, ir uzstādīti kustību sensori, videokameras, kā arī ir liegta pieeja tur nedzīvojošām personām. Šo teritoriju varētu nosaukt par slēgtu kopienu, kas ir kā maza izmēra un ne īpaši izteikta „gated community” paveids.

Daļa veco dzīvojamo māju ir apžogotas ar caurredzamiem žogiem, kas saglabājušies no agrākiem laikiem, citām ir mazas caurredzamības žogi, kas, pēc vizuālā vērtējuma, uzstādīti vēlāk par māju. Caurredzamo žogu īpatsvars ap vecajām mājām ir lielāks nekā mazas caurredzamības. *Īpašuma norobežojuma indikators* ir ļoti izteikts.

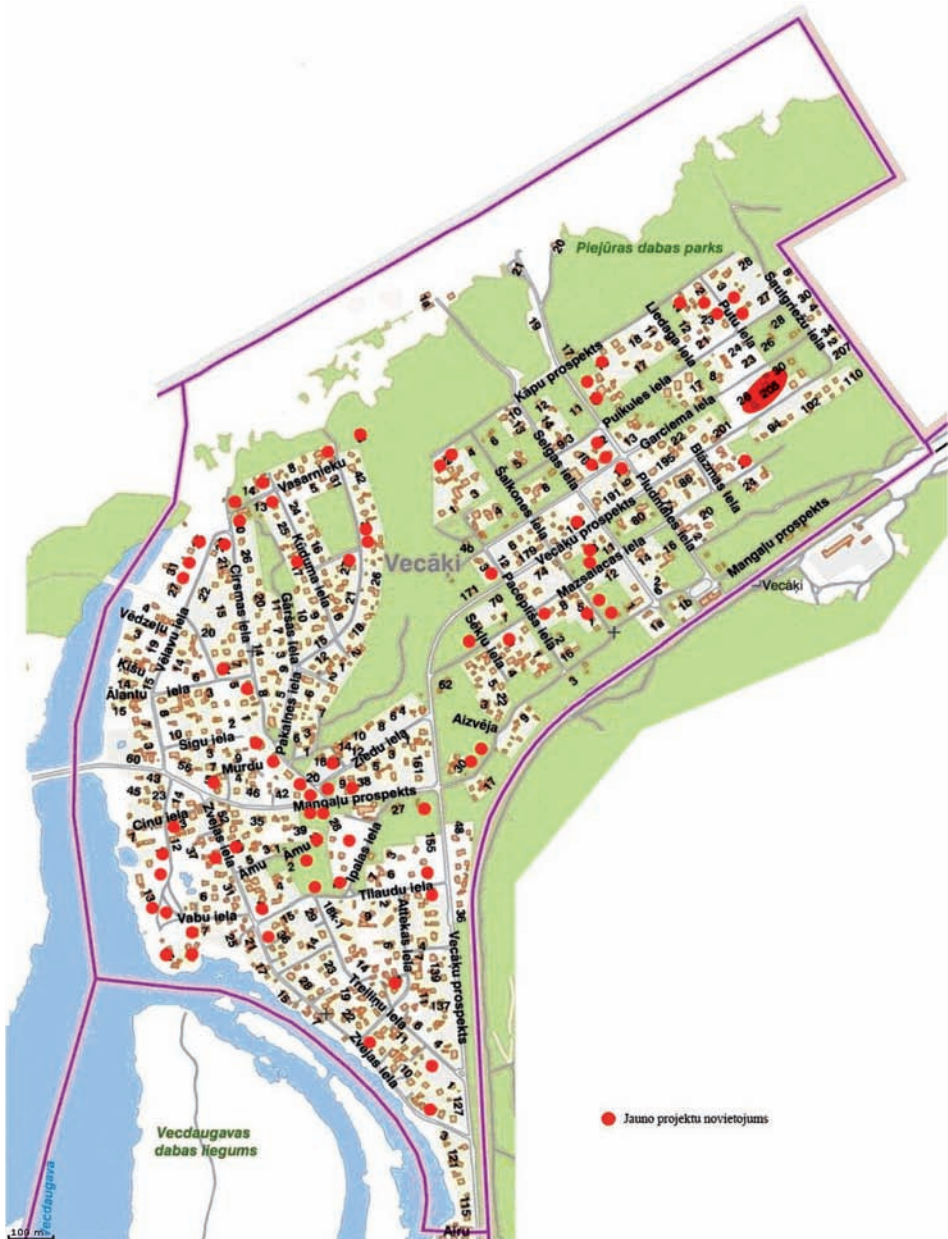
Jauno projektu sadalījums Vecāku apkaimē redzams 2. attēlā. Vizuāli apkaimes DR daļā ap Vabu ielu, gar Mangaļu prospektu, apkaimes ZR un ZA ir vairāk jaunu objektu. Īpašs jauno objektu izvietojums neparādās. Lai noskaidrotu iespējamo objektu savstarpējo izvietojumu, tika aprēķināts TVI.

Vidējais attālums starp objektiem ir 62,1 m kopējā apkaimes platībā (2 303 000 m²). Tādējādi tika iegūts rezultāts TVI = 0,722. Novērtējot to pēc shēmas (Waugh, 2002), šis rezultāts ir starp nejaušu un blīvu sadalījumu, ar noslieci uz nejaušo sadalījumu. Šāds statistiskais rezultāts sasaucas ar vizuālo 2. attēla novērtējumu.

Tādējādi no jauno projektu novietojuma kartēšanas var secināt, ka notiek atdalīšanās no Vecāku pamatiedzīvotājiem ar žogu novilkšanu. *Īpašuma norobežojuma indikators* ir ļoti izteikts, jo jaunie iedzīvotāji aktīvi atdalās no apkārtnes. *TVI indikators* nav izteikts un nenorāda uz segregāciju, jo netika konstatēts jauno projektu novietojums tuvu cits citam. Indikators, kas norāda uz segregācijas iespējamību, ir slēgtas kopienas konstatēšana. Šī kopiena aktīvi nodalās no apkārtnes sabiedrības polarizācijas iespaidā.

Iedzīvotāju intervijas lielākoties apstiprina aptaujās iegūtos rezultātus, kas norāda uz labām attiecībām ar kaimiņiem, bet mazāku kontaktu ar pārējiem apkaimes iedzīvotājiem. Tas nozīmē, ka notiek iedzīvotāju grupu dalīšanās, bet tas

nenotiek, cilvēkiem no vienas sociālekonomiskās vai vecuma grupas pulcējoties kopā, bet visiem dzīvojot atsevišķi, maz kontaktējoties ar apkārtējiem. Izņēmums ir jauniešu iedzīvotāju grupa, kuras pārstāvis norādīja, ka notiek kopīgas aktivitātes un ir izveidojusies draugu kompānija aptuveni vienā vecumā.



2. att. Jauno projektu atrašanās vieta pēc vizuālā novērtējuma

Avots: veidojusi autore, kartes pamatam izmantojot Apkaimju projekta (2010) karti.

Secinājumi

Pētījuma „Segregācijas procesi Rīgā: Vecāķu apkaimes piemērs” izstrādes laikā tika iegūti šādi secinājumi:

- Vecāķu apkaimē vecumu grupu koncentrēšanās, mijiedarbības un TVI indikatori nav izteikti, segregācijas novērtējuma indikators ir vidēji izteikts (tas ir ļoti izteikts tikai segregācijai atbilstoši ienākumiem), bet īpašuma norobežojuma un infrastruktūras indikatori – ļoti izteikti;
- Vecāķu apkaimē aptauju, interviju un lauka pētījuma rezultātā netika konstatēta vecuma grupu segregācijas telpiskā izpausme (nav izteikts vecuma grupu koncentrēšanās indikators), kaut arī pastāv atsevišķas iedzīvotāju vecuma grupas, kas ir atdalītas cita no citas;
- segregācija pēc ienākumiem Vecāķu apkaimē pastāv indivīdu līmenī, ko apstiprina segregācijas novērtējuma indikators. Tomēr nav konstatētas izteiktas teritorijas tikai vienai noteiktai ienākumu grupai;
- sociālās infrastruktūras nodrošinājuma segregācija, kas tika vērtēta pēc infrastruktūras un mijiedarbības indikatoriem, norāda uz Vecāķu apkaimes iedzīvotāju atšķirību no citu apkaimju iedzīvotājiem, kā arī savā apkaimē tie sadalās privātā un sabiedriskā transporta lietotāju grupās;
- telpiskā segregācija tika vērtēta pēc TVI un norobežojuma indikatoriem. Vecāķu apkaimē tā ir izteikta ar jauno iedzīvotāju vizuālo nodalīšanos ar blīviem žogiem. Bet tā netika konstatēta pēc jauno projektu izvietojuma, kas, izmantojot TVI, ir vērtējama kā nejauša.

Kopumā var secināt, ka segregācijas procesi Vecāķu apkaimē nav skaidri nosakāmi. Ir indikatori, kas norāda uz šo procesu aizsākumu, bet tie nav pietiekami izteikti. Tika konstatēta segregācija pēc sociālās infrastruktūras nodrošinājuma. Tās iemesls ir mazais Vecāķu apkaimes iedzīvotāju skaits, tādēļ izglītības u. c. iestādes atrodas Vecmīlgrāvja apkaimē. Konstatēta arī segregācija pēc ienākumiem, bet tā pastāv tikai atsevišķu indivīdu līmenī. Izteiktāka par iedzīvotāju grupu nodalīšanos ir pašu iedzīvotāju savrupā dzīvošana.

Autore pieļauj, ka Rīga atrodas pārejas fāzē, kur kapitālisma ietekmē notiek sabiedrības polarizācija un segregācija, kas sākotnēji izlīdzina iedzīvotāju sastāvu un būtībā samazina atsevišķu iedzīvotāju grupu īpatsvaru koncentrēšanos kādā teritorijā. Tas raksturīgs arī citās Austrumeiropas pilsētās. Rīgā tas nozīmē agrāko Pierīgas, arī Vecāķu apkaimes, iedzīvotāju sastāva sajaukšanos ar atšķirīga statusa iedzīvotājiem, kas ienāk apkaimē. Nākotnē attīstība varētu būt atkarīga no valsts un Rīgas domes tālākās rīcības, lai izvairītos no Vecāķu apkaimes kā segregētas teritorijas veidošanās.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

PUBLICĒTIE MATERIĀLI

Biedrība „Ideju Māja” 2007. *Apkaimju vēsturiskais apraksts*. Rīgas domes Pilsētas attīstības departaments. [Skatīts 17.03.2009.] Pieejams: http://www.rdpad.lv/apkaimes/Apkaimju_vestur_apraksts.pdf.

Kovács Z. (1998) Ghettoization or Gentrification? Post-socialist Scenarios for Budapest. *Netherlands Journal of Housing and the Built Environment*, 13, 63–81.

- Kovács Z. (2009) Social and Economic Transformation of Historical Neighbourhoods in Budapest. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, vol. 100, No. 4, 399–416.
- Laan Bouma-Doff W. van der (2007) Confined Contact: Residential Segregation and Ethnic Bridges in the Netherlands. *Urban Studies*, vol. 44, No. 5/6, 997–1017.
- Mohan J. (2002) Geographies of Welfare and Social Exclusion: Dimensions, Consequences and Methods. *Progress in Human Geography*, 26: 1, 65–75.
- Parks V. (2010) Gendering Job Competition: Immigration and African American Employment in Chicago, 1990–2000. *Urban Geography*, 31: 1, 59–89.
- Rīga (1988) *Enciklopēdija*. Red. Jērāns P. Rīga, Galvenā enciklopēdiju redakcija.
- Rīgas dome 2005. *Rīgas ilgtermiņa attīstības stratēģija līdz 2025. gadam*. Rīgas domes Pilsētas attīstības departaments. [Skatīts 17.03.2009.] Pieejams: http://www.rdpad.lv/uploads/rpap/Rigas_ilgtermina_attistibas_strategija_2025.g.pdf
- Ruoppila S. (2005) Housing Policy and Residential Differentiation in Post-Socialist Tallinn. *European Journal of Housing Policy*, 3, 279–300.
- Rouppila S., Kährik A. (2003) Socio-Economic Residential Differentiation in Post-Socialist Tallinn. *Journal of Housing and the Built Environment*, 18, 49–73.
- SIA Metrum 2007. *Apkaimju ekonomiski – ģeogrāfiskais apraksts: I daļa*. Rīgas domes Pilsētas attīstības departaments. [Skatīts 17.03.2009.] Pieejams: http://www.rdpad.lv/apkaimes/Rigas_apkaimju_projekta_gala_zinojums_260608.pdf.
- Sykora L. (1999) Processes of Socio-Spatial Differentiation in Post-Communist Prague. *Housing Studies*, 14, 679–701.
- Kempen R. van, Murie A. (2009) The New Divided City: Changing Patterns in European Cities. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, vol. 100, No. 4, 377–398.
- Waugh D. (2002) *Geography An Integrated Approach Second Edition*. Cheltenham, Nelson.

NEPUBLICĒTIE MATERIĀLI

- RDPAD 2010. *Apkaimju projekts – kartes*. [Skatīts 20.03.2010.] Pieejams: <http://www.apkaimes.lv/map/>.

Summary

This paper analyzes residential segregation in the World and Eastern European cities in comparison to the Vecaki case in Riga, Latvia. The aim of the paper is to examine residential segregation in the neighbourhood of Vecaki, Riga.

The historical development of residential segregation, its causes and effects are studied and the experience of Eastern European post-socialism cities is used for comparison with Riga.

On the influence of segregation residents' groups are formed that do not interact in their everyday lives. This can have a negative effect on the quality of life of a part of the residents; therefore, residential segregation is undesirable. In Latvia studies about segregation are rare; hence, more attention for the paper's topic is required.

In the neighbourhood of Vecaki indicators of residential segregation can be found, but explicit residential group separation was not observed. To reduce the risk of segregation in Riga planned action of official institutions is necessary to encourage residential equality.

Keywords: residential segregation, groups of residents, Eastern European cities, Vecaki

**Pierīgas jauniešu mobilitāte: Mārupes ciema un
Baložu pilsētas piemērs**
*Youth Mobility in Rīga Urban Fringe area: Cases of
Mārupe and Baloži Localities*

Lāsma Zēberga

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

Pētījuma mērķis ir noskaidrot Baložu pilsētā un Mārupes ciemā dzīvojošo jauniešu ikdienas mobilitātes intensitāti un virzienus un raksturot jauniešu mikroģeogrāfiju. Darbā apskatīti jēdzieni „mobilitāte” un „jaunieši”. Pievērsta uzmanība jauniešu dzīvesvidei, raksturojot jauniešiem svarīgākos infrastruktūras objektus dzīvesvietā un to pietiekamību. Pētījums atklāj jaunu skatījumu uz jauniešu ģeogrāfisko mobilitāti Latvijā, par ko līdz šim pētījumi pašvaldību mērogā nav īstenoti.

Atslēgvārdi: jaunieši, mobilitāte, svārstmigrācija, dzīvesvide, mikroģeogrāfija, Baložu pilsēta, Mārupes ciems.

Ievads

Pētījuma veikšanai izvēlētā sociālā grupa ir jaunieši, jo jauniešiem ir plašākas intereses, ikdienas pārvietošanās virzieni. Apvienoto Nāciju Organizācija (ANO) atzīmē, ka jaunieši ir mūsdienu sabiedrības nākotnes pamats (United Nations, 2005), arī grāmatas „Latvijas jaunatnes portrets” autori uzskata, ka „sabiedrība, kas neinteresējas par jauniešiem un viņu veidošanos par patstāvīgiem sabiedrības locekļiem, maz domā par savu nākotni un pēctecību” (Stašulāne, 2009). Mārupē un Baložos tika pētīta jauniešu ģeogrāfiskā uzvedība 14–17 gadu vecuma grupā. Tas ir vecums, kad jaunieši aktīvi veido paši savu dzīvesvidi (Walmley and Spencer, 2001), izprot saikni ar apkārtni, bet tomēr ir atkarīgi no pieaugušo dzīves un pilsētas infrastruktūras, piemēram, vēl nevar saņemt autovadītāja apliecību.

Ikdienas apkārtējā telpa ietekmē jaunieša attīstību pārejai uz pieaugušā statusu (Evans, 2008). Jauniešiem ir svarīga atraktīvu pakalpojumu pieejamība dzīvesvietas tuvumā, piemēram, zoodārzs, diskotēkas, jauniešu centrs, sporta laukums, tirdzniecības centri, teātris, kino, policijas nodrošināta kārtība (Churchman, 2003). Šādu atraktīvo objektu trūkums mazina jauniešu interesi par savu dzīvesvietu. Pētnieki uzsver, ka ir nepieciešams izziņāt jauniešu viedokli, jo viņi ir aktīvās mūsdienu kultūras veidotāji (Matthevs et al., 1998). Jaunieši nepaļaujas tikai uz vecāku lēmumiem un idejām. Jauniešiem svarīgāks ir citu vienaudžu viedoklis. Viņi kopīgi izvēlas interesantas vietas, kur pavadīt brīvo laiku, kas krasi var atšķirties

no vecāku priekšstatiem. Tādējādi jaunieši apkārtējā teritorijā veido paši savu mikroģeogrāfiju. Visās teritorijās, kur mīt jaunieši, nepieciešami pētījumi par to, kā jaunieši sadzīvo ar ikdienas telpu. Tiešas ietekmēšanas tiesību jaunietim nav, jo viņš vēl nav sasniedzis vecumu, no kura var piedalīties vēlēšanās.

Baložu un Mārupes ģeogrāfiskais novietojums sekmē svārstmigrācijas – ikdienas pārvietošanās uz citu pašvaldību, nemainot savu pastāvīgo dzīvesvietu (Krišjāne, 2007) – galveno virzienu uz Rīgu. Noskaidrojot jauniešu Rīgas apmeklēšanas intensitāti un galvenos mērķus, var spriest par infrastruktūras objektu pietiekamību un jauniešu apmierinātību ar savu dzīvesvietu. Pilsētu plānotāji bieži piemirst pilsētās iekļaut jauniešiem piemērotas telpas. Jauniešu viedoklis netiek ņemts vērā, bet plānotāji uzticas saviem priekšstatiem par to, kas ir piemērots jauniešiem. Pieaugušo priekšstati un jauniešu vēlmes krasi atšķiras (Matthevs, 1998), tāpēc īpaši svarīgi pētāmajās pašvaldībās ir noskaidrot jauniešu viedokli par apmierinātību ar dzīvesvidi, nozīmīgākajām pulcēšanās vietām teritorijā, bīstamākajām vietām un nepieciešamajiem uzlabojumiem. Ja pašvaldība rada jauniešiem piemērotu dzīvesveidi un paaugstina apmierinātību ar dzīvesvietu, tiek sekmēta jauniešu noturēšana pašvaldībā, kā arī jaunu cilvēku piesaiste. Svarīgākais faktors labvēlīgas dzīvesvides veidošanā ir drošība: jauniešiem jājūtas droši, un vecākiem jābūt pārliecinātiem par savu bērnu drošību dzīvesvietas tuvumā. Reizē labvēlīga dzīvesvide mazina antisociālas uzvedības veidošanās risku, jo jauniešiem savā dzīvesvietā ir piemērotas aktivitāšu iespējas. Tieši pašvaldību līmenī Latvijā jauniešu mobilitāte netiek pētīta. Pētījuma mērķis ir noskaidrot Pierīgas pašvaldību – Mārupes un Baložu – jauniešu ikdienas mobilitātes intensitāti, virzienus un saistību ar jauniešu dzīvesvidi.

Jauniešu pētniecība ģeogrāfijas zinātnē

Līdz 15. gadsimtam jaunieši netika atzīti par atsevišķu sabiedrības daļu, tos uzskatīja par „miniatūrveida” pieaugušajiem, kas tāpat kā pieaugušie iekļaujas gan sociālajā, gan ekonomiskajā dzīvē. Tikai 16. gadsimtā īpaša vērība tika pievērsta bērniem un jauniešiem, pamanītas īpašības, kas atšķir bērnus no pieaugušajiem. 19. gadsimtā izplatījās izglītības ieguve bērniem, un sabiedrībai svarīgs kļuva bērniības jēdziens. Bērni ir jaunākā apzinātā sociālā identitāte (Gough, 2008). Sākotnēji pedagoģijas metodoloģijas speciālisti bērnus raksturoja tikai kā jaunu zināšanu uztvērējus, neiedomājoties, ka bērns ir aktīvs sabiedrības dalībnieks. 20. gs. 70. gados pētījumos parādījās idejas par bērnu vidi, par bērnu telpisko izziņu un spēju orientēties apkārtējā vidē (Gough, 2008).

Jauniešu izpētes aizsākumi meklējami 20. gs. 50.–60. gados (Gough, 2008). Šos pētījumus aizsāka kriminologi, vēlāk pievienojās arī psihologi un sociologi, kas pētīja ielu bērnus pilsētās. Bet pēdējo gadu pētījumos antropologi un ģeogrāfi pievērs uzmanību visiem jauniešiem. Priekšplānā izvirzās studiju virziens „sociālā mobilitāte”, kas pēta jauniešu pāreju pieaugušo kārtā. Mūsdienās ir populāri jauno cilvēku identitātes un dzīvesveida pētījumi, kas analizē patēriņa preču un pakalpojumu struktūru, kā arī brīvā laika aktivitātes. 20. gs. 90. gados ģeogrāfi zinātniskajos pētījumos sāka apskatīt jauniešus, bērnus un bērniību. Ģeogrāfi pievērsās jaunu cilvēku dzīves telpiskajiem aspektiem. Pētījumu pamatā bija apgalvojums, ka jauniešu telpas un vietas izpratni ietekmē pieaugušo pieredze (Evans, 2008).

Bērniem un jauniešiem atsevišķu sociālo statusu piešķir pēc to vecuma. Bērni tiek uzskatīti (Gough, 2008) par cilvēkiem, kas nav sasnieguši ne fizisko, ne sociālo briedumu; bērni ir jaunāki nekā pieaugušie, un tiem trūkst daudzu zināšanu un prasmju, kas piemīt pieaugušajiem. Sabiedrības grupai – jauniešiem – nepastāv viens konkrēts definējums. Trūkst nodalījuma starp to, kas ir bērns un kas ir jauniešis. Bieži vien arī jaunieši tiek saukti par bērniem. Bet valdošās intereses šīm divām cilvēku grupām atšķiras. 2003. gadā sāka izdot žurnālu „Children Geographies” (Evans, 2008). Tas ir iepriecinošs fakts ģeogrāfijas zinātnē un apliecina, ka pasaulē ir nozīmīgas jaunāko sabiedrības daļībnieku intereses, telpiskā uzvedība. Šajā žurnālā sniegtie ziņojumi ir par vecuma grupu līdz 25 gadiem. Tātad arī šis žurnāls nesniedz skaidru definējumu, kas ir bērns un kas ir jauniešis. Arī dažādu pasaules valstu, organizāciju un arī speciālistu piedāvātās jaunieša definīcijas atšķiras. ANO noteiktais bērniības ilgums ir 0–17 gadi (United Nations, 1989). Pasaulē ir populāri par jauniešu uzskatīt cilvēku vecumā no 15 līdz 24 gadiem (United Nations, 1996). Bet reizē ANO piedāvātā jauniešu definīcija pārklājas ar pusaudžu jeb tā dēvēto tīņu definīcijas vecuma kategoriju (15–19 gadi) un jaunu pieaugušo vecuma kategoriju (20–24 gadi) (United Nations, 2005). Termins „pusaudzis” sākotnēji tika ieviests, to attiecinot uz pubertāti – ķermeņa fiziskajām pārmaiņām, atbilstošais vecums: 13–19 gadi. Termina sakarā tiek veikti pētījumi par šo jauno cilvēku pašapzināšanos un spēju iekļauties sabiedrībā (Evans, 2008).

Tomēr pētniece Velentina (2003) uzskata, ka skaidri noteikt robežu, kad jauniešis kļūst par pieaugušo, nav iespējams. Katra jaunieša dzīves pieredze ir citādāka, un individualitāte izveidojas atšķirīgi. To ietekmē vairāki faktori, kas galvenokārt ir saistīti ar patstāvības iegūšanu un spēju uzņemties atbildību, no tiem svarīgākie ir iespēja gūt savus ienākumus, skolas beigšana, patstāvīgas dzīves uzsākšana, atstājot vecāku mājas, u. c. Periods no bērniības beigām līdz pieaugušo dzīves sākumam tiek dēvēts par jaunību. Pieaugušā statusa sasniegšanu saista ar vecuma robežas sasniegšanu, kad legāli tiek atļautas noteiktas darbības, piemēram, iespēja lietot un iegādāties alkoholu, pelnīt naudu, iestāties armijā, balsot, veidot seksuālas attiecības u. c. faktori. Aptuvenais jauniešiem atbilstošais vecums ir 16–25 gadi, tas ir vecums, kad jauniešim rodas izvēles brīvība – turpināt izglītoties vai strādāt, vai pilnveidot personību ceļojot. Tomēr konkrēts vecums nav definējams, jo, kā jau minēts, katra jaunieša dzīves pieredze ir citādāka. Ir jaunieši, kuriem ir spēcīga finansiālā un morālā saikne ar vecākiem, tā liedz iespēju kļūt patstāvīgiem, bet citi, finansiālu apstākļu spiesti, neturpina mācības un ātrāk sāk paši sevi nodrošināt, šīs grupas jaunieši ļoti ātri kļūst par pieaugušajiem, neizdzīvojot jaunības posmu.

Arī Latvijā nav skaidras izpratnes par jaunieša definīciju. Latvijas demogrāfisko terminu skaidrojošajā vārdnīcā nav dota konkrēta definīcija terminam „jaunieši”: jauni cilvēki, parasti jaunāki par 21 gadu, bet var ietvert personas līdz 25 gadu vecumam (Zvidriņš, 2001). Statistikas izdevumā „Bērni Latvijā” jaunieši ir apzīmēti ar vecumu 15–17 gadi (LR CSP, 2009a), bet Jaunatnes likumā teikts, ka jauniešis ir persona vecumā no 13 līdz 25 gadiem (Jaunatnes likums, 2008). Latvijā jauniešu pētniecībā lielāka nozīme tiek pievērsta sociālajai mobilitātei (Stašulāne, 2009).

Jaunietis kā ikdienas mobilitātes dalībnieks

Cilvēkam telpiskā uztvere nostiprinās 11 gadu vecumā (Walmsley and Spencer, 2001, 53. lpp.). Šajā vecumā bērnam veidojas savas intereses, kas mudina viņu iepazīt attālas vietas. Patstāvīgas mobilitātes spējas nostiprinās, jo jaunais cilvēks neierastā situācijā spēj orientēties, izmantojot iepriekš gūto pieredzi. Savukārt Lielbritānijā veiktajā pētījumā par jauniešu veidoto mikroģeogrāfiju (Matthevs et al., 1998) izvēlētā izpētes grupa bija 13-gadīgi jaunieši, to pamatojot tā, ka šādā vecumā jaunieši sāk izkopt savu dzīves stilu, kā arī jauniešiem veidojas arvien aktīvāka saikne ar dzīvi ārpus mājas. Līdz 13 gadu vecumam ir stipras arī vecāku bažas par bērnu drošību, un tas liedz jauniešiem attīstīt savu mikroģeogrāfiju. Vēlāk par visaizraujošākajām kļūst vecāku aizliegtās vietas. Pēc 13 gadu vecuma sasniegšanas jaunieši iegūst arvien vairāk jaunu draugu, izveido savas domubiedru grupas.

Ik dienu skolēni dodas uz skolu, tāpēc tas ir bērnu un skolas vecuma jauniešu svarīgākais pārvietošanās mērķis. Jaunietim skolā iespējams nokļūt dažādos veidos: paša spēkiem – ejot kājām vai braucot ar velosipēdu; ar sabiedrisko vai skolas piedāvāto transportu; ja vecāki aizved ar personīgo transportu. Attālums ir noteicošais faktors, izvēloties nokļūšanas veidu līdz skolai. Jo tuvāk skolai dzīvo jauniešis, jo lielāka iespēja tur nokļūt paša spēkiem. Divas jūdzes jeb 3,2 km (McMillan, 2005) ir maksimālais attālums līdz skolai, kuru skolēni ir gatavi pārvarēt, lai uz skolu dotos kājām vai ar velosipēdu. Palielinoties attālumam līdz skolai, jaunieši biežāk izvēlas sabiedrisko transportu vai skolas autobusu, ja tāds tiek piedāvāts. Sabiedriskā transporta ierobežotā pieejamība liek vecākiem ar savu personīgo auto bērnus nogādāt skolā. Bieži vien vecāki personīgā auto izmantošanu uzskata par visdrošāko veidu sava bērna nogādāšanai skolā. Tomēr tas ir atkarīgs no jauniešu vecuma – bērnam pieaugot, vecāku uzticība bērnu patstāvībai palielinās (Schlossberg et al., 2005).

Lai jauniešis izvēlētos iespēju patstāvīgi nokļūt skolā, nepieciešams infrastruktūras elementu nodrošinājums – drošas gājēju ietves un veloceliņi, gājēju pārejas un luksofori, apgaismojums agrās rīta stundās un vakaros. Pētījumos īpaša uzmanība pievērsta tām situācijām, kad skolēni neizvēlas skolā nokļūt pašu spēkiem. Tādējādi samazinās skolēnu fizisko aktivitāšu daudzums, kas var sekmēt liekā svara veidošanos un veselības stāvokļa pasliktināšanos (Schlossberg et al., 2005). Arī pilsētvidē jauniešiem interesantu objektu trūkums var radīt lieko svaru (Evans, 2008).

Jaunieša mobilitāti ietekmē gan pieejamās zināšanas, gan transporta sistēmas attīstības līmenis. Jauniešu pārvietošanās ir tieši balstīta uz zināšanām un pieredzi par apkārtējo vidi. Vienlaikus jauniešu mobilitātei ir nepieciešama attīstīta publiskā transporta sistēma – ar cenu atlaidēm jauniešiem un regulāru sabiedriskā transporta nodrošinājumu, kā arī veloceliņiem.

Suburbanizētajās teritorijās dzīvojošiem bērniem attālumam no mājām līdz interesantai vietai, kultūras aktivitātēm, iepirkšanās vietām ir lielāka nozīme nekā pilsētās. Bērnam pieaugot, viņa telpiskās aktivitātes palielinās. Puiši parasti dodas lielākos attālumos no savas dzīvesvietas nekā meitenes. Piepilsētu teritoriju dzīvesvide tiek uzskatīta par drošāku nekā pilsētā, tāpēc vecāki bērniem ļauj veikt plašākas aktivitātes (Vliet, 1983).

Pastāv sakarība – jo lielāki ienākumi ģimenē, jo mazāk ģimenes locekļi pārvietojas kājām (Schlossberg et al., 2005). Šādās ģimenēs mobilitāte gan ir daudz plašāka. Tas nav tieši saistīts ar labi atalgotu darbu, bet gan ar vecāku iespējām iegādāties un uzturēt personīgo automašīnu (Vliet, 1983).

Aktīvās telpas paplašināšanai svarīgs faktors ir sabiedriskā transporta nodrošinājums – tas ir veids, kā jauniešiem apliecināt savu neatkarību no vecākiem (Churchman, 2003). Alkstot pēc piedzīvojumiem, daudzi jaunieši domubiedru grupās paplašina ģeogrāfiju, radot savu mikroģeogrāfiju (Matthevs et al., 1998).

Neieplānojot pilsētvidē vietu jauniešiem, nākas saskarties ar jauniešu vandalismu, grafiti zīmējumiem uz infrastruktūras objektiem, kas grauj pilsētas estētiku. Ar šādām darbībām jaunieši tikai cenšas iezīmēt savu teritoriju, ko viņiem pilsētas attīstības plānošanas gaitā pašvaldība nav ļāvusi izvēlēties un pilnveidot. Pretējs variants – pilsētvides nepiemērotība jauniešiem mazina jauniešu saskarsmes iespējas, tādējādi jaunieši neattīstās par patstāvīgām personībām (Evans, 2008; Breitbart, 1995.). Masačūsetsas štata Holiokas (*Holyoke*) pilsētas dienvidu daļā tika mēģināts jauniešus iesaistīt pilsētas plānošanā (Breitbart, 1995). Pētījuma laikā šī teritorija bija ekonomiskās krīzes skarta, ar augstu bezdarba līmeni. Jauniešu grupa kopā ar plānotājiem veica pilsētas izpēti. Kopīgā pārgājienā pa pilsētu jaunieši tika mudināti norādīt uz nepilnībām un nepieciešamiem uzlabojumiem. Rezultātā jaunieši veidoja vēlamu pilsētas attīstību slavinošus karogus. Šie karogi tika izvietoti visā pilsētā, tādējādi tika pievērsta sabiedrības uzmanība jauniešiem un, galvenais, šī jauniešu grupa jutās novērtēta un vajadzīga pilsētai.

Jauniešu apmierinātība ar dzīvesvietu palielina pašvaldībai garantiju, ka nākotnē šī sabiedrības daļa paliks dzīvot šajā teritorijā. Iedzīvotāju noturēšana noteiktā teritorijā ir katras pašvaldības mērķis. Lielāks iedzīvotāju skaits sekmē materiāli spēcīgas pašvaldības attīstību. Daudzviet pasaulē jaunieši izvairās pārcelties uz dzīvi no lielas pilsētas centra uz piepilsētas reģionu. Viņuprāt, attālinoties no centra, brīvā laika pavadīšanas iespējas samazinās vai pat kļūst nepieejamas (Karsten, 2002).

Materiāli un metodes

Lai raksturotu jaunieša jēdziena definīciju ģeogrāfijas zinātnē un jauniešu ikdienas mobilitāti, izmantotas zinātniskās publikācijas ārvalstu plānošanas, sociālās un cilvēkģeogrāfijas zinātniskajos izdevumos.

Galvenā pētniecības metode ir Mārupes ciema un Baložu pilsētas jauniešu anketēšana. Anketas izstrādē izmantota Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Cilvēka ģeogrāfijas katedras veidotā „Iedzīvotāju dzīves un darbības telpas izpētes anketa”. Papildu jautājumi jauniešu dzīvesvides raksturošanai ir iekļauti, balstoties uz pētījumu par jauniešu mikroģeogrāfiju (Matthevs et al., 1998). *Mikroģeogrāfija* ir indivīdam vai domubiedru grupai izvēlēta publiskā telpa ārpus ierastās mājas vai skolas vides (Matthevs et al., 1998). Jauniešu mikroģeogrāfiju veido īpašas vietas, kas atbilst noteiktam mērķim. Metjūsam ir sava klasifikācija:

- vietas, kur būt ārpus varas iestādēm, instancēm: mežs, kļājš lauks, ielas;
- vietas, kur būt ar draugiem: mežs, parki, ielu laukumi, ielas, veikali, sporta centri, pilsētas centrs, tirdzniecības centrs, draugu mājas, savas mājas;

- vietas piedzīvojumiem: mežs, tuvējais ezers, ielas, tuneļi, būvlaukumi, pamestas vietas;
- vietas vientulībai: mežs, gulta, iekšpagalms, dārzs u. c. (Matthevs et al., 1998).

Jauniešiem nozīmīgām vietām bieži ir noteikti apzīmējumi, ko zina tikai neliela sabiedrības grupa, vai arī šīs vietas tiek slēptas no pieaugušajiem. Tāpēc jaunieši tika lūgti arī uzzīmēt savas dzīvesvietas ikdienas dzīvestelpu raksturojošu mentālo karti – attēlu, kas iegūts, uz papīra lapas ar zīmuli brīvi uzzīmējot savā psiholoģijā (prātā) izveidojušos teritorijas izpratni (Ley, 2006, 498. lpp.). Anketēšana notika Rīgas Centra daiļamatniecības pamatskolā; pie Mārupes robežas esošajā Rīgas Angļu ģimnāzijā; Mārupes vidusskolā; Baložu vidusskolā. Lai aptvertu to jauniešu daļu, kas mācās citviet, anketa tika publicēta arī virtuālā vidē (Visidati, 2010). Anketēšanas periods: 2010. gada februāris–aprīlis. Kopā aptaujāti 72 jaunieši Mārupē jeb 18% Mārupes jauniešu 14–17 gadu vecuma grupā un 60 jaunieši Baložos jeb 32% Baložu jauniešu attiecīgajā vecuma grupā. Aptaujas rezultāti tika apkopoti ar *Microsoft Office Excel 2003* programmu. Papildus notika vietas studijas Mārupē un Baložos. Teritorijas atrodas blakus Rīgai: Mārupes ciema robeža sakrīt ar Rīgas pilsētas administratīvo robežu, bet Baložu pilsēta atrodas 2 km no Rīgas pilsētas robežas. Iegūtie dati tika vizualizēti, izmantojot Ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (ĢIS) *ArcView 9.3*. programmu. Metodes izmantošanas mērķis bija parādīt Mārupes un Baložu jauniešu ikdienas dzīvē svarīgāko objektu izvietojumu teritorijā.

Rezultāti

Mārupes un Baložu jauniešu ikdienas mobilitāte

Lielākajā daļā Latvijas teritorijas ir vērojama iedzīvotāju skaita samazināšanās tendence. 2008. gada sākumā valstī bija 2 270 900 iedzīvotāju, bet 2010. gada sākumā tikai 2 248 400 iedzīvotāju (LR CSP, 2010). Starp negatīvo tendenci izceļas reģions ar augstu migrācijas saldo, kad iebraukušo skaits pārsniedz izbraukušo skaitu, – Pierīgas reģions (pirms 2009. gada novadu reformas – Jūrmalas pilsēta, Limbažu, Tukuma, Rīgas un Ogres rajons) (Krišjāne, 2007).

Uz Pierīgas reģionu parasti pārceļas jaunas ģimenes, tādēļ bērnu un jauniešu īpatsvars šajā reģionā ir augstāks nekā citviet Latvijā. Pēdējo piecu gadu laikā (2006.–2010. gads) pētāmajās teritorijās ir noticis Pierīgas reģionam raksturīgais iedzīvotāju skaita pieaugums: Mārupes novadā 28,1%, Baložos 16,5% (PMLP, 2010). Mārupē ir izteikti liels bērnu/jauniešu īpatsvars (līdz 18 gadu vecumam) – 20,9%, pārsniedzot Latvijas rādītājus – 13,7% (CSP, 2009b). Baložos šī vecuma grupa ir 16,5%. Jauno cilvēku skaita dinamikā (2006.–2010. gads) vislielākais bērnu skaita pieaugums ir vecuma grupā līdz 6 gadiem: Mārupē – 64,1%; Baložos – 55,5%.

Došanās uz skolu ir svarīgākais skolas vecuma jauniešu ikdienas mobilitātes mērķis. 40% Mārupes respondentu mācās Mārupes vidusskolā, bet pārējie – galvenokārt Rīgas pašvaldībā. Uz Rīgas skolām Mārupes ciema skolēnus visbiežāk aizved vecāki (1. tab.), arī uz Rīgas robežai blakus esošo Rīgas Angļu ģimnāziju. Baložu vidusskolā mācās 58% respondentu. Mārupē tikai 9% respondentu uz skolu dodas kājām, bet Baložos 40%. To ietekmē mājokļa tips, Baložos vairāk nekā

puse respondentu dzīvo dzīvoklī. Tieši ap Baložu vidusskolu ir daudzdzīvokļu māju apbūves tips. Dzīvesvietas atrašanās blakus skolai izslēdz iespēju izmantot citus transporta veidus – automašīnu, kā arī velosipēdu. Var konstatēt, ka Baložu vidusskolu galvenokārt apmeklē skolēni, kas Baložos dzīvo netālajās daudzdzīvokļu ēkās, bet skolēni, kuru ģimene dzīvo savrupmājā, izvēlas mācīties ārpus savas pašvaldības, galvenokārt Rīgā. Skolas izdevīgais novietojums blakus dzīvesvietai, kas galvenokārt ir daudzdzīvokļu ēkas, veicina šo skolēnu izvēli mācīties Baložu vidusskolā. Bet sabiedriskā transporta pietura daudzviet no Baložu savrupmājām atrodas attāli, tāpēc jaunieši izvēlas mācīties Rīgas pašvaldībā, jo Rīgā ikdienā var nokļūt kopā ar vecākiem, kas strādā Rīgā. Svarīgs ir arī faktors, ka daudzas Baložos dzīvojošās ģimenes ir nesen pārcēlušās uz dzīvi šajā teritorijā, tāpēc vēl aktīvi neveido saikni ar šo teritoriju, bet ikdienas aktivitātes saglabā galvenokārt Rīgas teritorijā. Attālums līdz skolai ietekmē nokļūšanas veidu skolā. Gan Mārupē, gan Baložos uz skolu doties kājām izvēlas tikai tie jaunieši, kas, ejot kājām, dzīvo līdz 10 minūšu gājiena attālumam no izglītības iestādes. Ja skolu nav iespējams sasniegt kājām, kā arī ja vecāki bērnus nevar nogādāt skolā ar auto, tad abās pašvaldībās tiek izmantots sabiedriskais transports, Baložos aktīvāk 30% (1. tab.), jo vecāki retāk bērnus ved uz skolu; vienlīdz bieži tiek izmantots pašvaldību nodrošinātais skolas autobuss. Skolas autobusa izmantošanas iespēja ir viens no faktoriem, kas parāda, ka pašvaldībai rūp tajā dzīvojošie bērni un jaunieši.

1. tabula

Mārupes un Baložu jauniešu ikdienas mobilitātes salīdzinājums (%)

| | Mārupes ciema jaunieši, % | Baložu pilsētas jaunieši, % |
|--|------------------------------|--------------------------------|
| Skolas sasniegšanas veids: | | |
| ejot kājām | 9 | 40 |
| braucot ar velosipēdu | 5 | - |
| ar sabiedrisko transportu | 21 | 30 |
| ar skolas autobusu | 13 | 15 |
| aizved vecāki | 52 | 15 |
| Došanās uz Rīgas pašvaldībā esošu skolu: | | |
| aizved vecāki | 55 | 25 |
| ar sabiedrisko transportu | 45 | 75 |
| Došanās uz Rīgu ārpus skolas aktivitātēs: | | |
| ar sabiedrisko transportu | 73 | 50 |
| aizved vecāki | 27 | 50 |
| Jauniešu īpatsvars, kas Rīgu apmeklē ikdienā | 58 | 43 |

Kopumā pētāmajās teritorijās Rīgas tuvums veicina skolēnu mobilitāti ārpus pašvaldības mācību iestādēm: 48,5% (Mārupes novada iedzīvotāju reģistrs, 2010) Mārupes novada skolēnu izvēlas mācīties Rīgas pilsētas mācību iestādēs, Baložos – 42,9% (Bērziņa, 2010). Pašvaldības skolēnu piesaisti savām izglītības iestādēm cenšas veicināt, pie skolām veidojot jaunus, mūsdienīgus sporta kompleksus.

Mārupes jaunieši patstāvīgāk spēj nokļūt Rīgā ārpus skolas apmeklēšanas mērķa. Bet 50% Baložu jauniešu (1. tab.) Rīgu apmeklē kopā ar vecākiem, izmantojot personīgo auto. Šādu izvēli veicina Baložu tālākais novietojums no Rīgas pilsētas kā

pakalpojumu pieejas centra. Baložu jaunieši arī retāk ikdienā dodas uz galvaspilsētu: mārupieši – 58%, baložnieki – 43%. Baložu jauniešu pasīvā Rīgas apmeklēšana varētu būt skaidrojama ar teritorijas telpiskās struktūras atšķirībām, jo Baložu jaunieši tomēr savu dzīvesvietu vairāk uztver kā pilsētu – viena no jauniešu brīvā laika aktivitātēm dzīvesvietā ir pastaigas pa Baložu ielām. Regulārākais iemesls Rīgas apmeklējumam ārpus mācībām Baložu jauniešiem ir iepirkšanās. Tā kā jaunieši ir ekonomiski nepatstāvīga grupa, loģiski, ka iepirkumu centru apmeklēšana biežāk notiek kopā ar vecākiem. Baložu jauniešu vidējais vecums arī ir nedaudz zemāks salīdzinājumā ar Mārupes jauniešiem, bet jauniešu patstāvība pusaudžu gados nostiprinās, palielinoties vecumam. Mārupes jauniešu galvenais Rīgas apmeklējuma mērķis, pēc vidēji viena gada laikā iztērēto dienu skaita konkrētam mērķim, ir sporta pasākumu apmeklēšana. Vidējo rādītāju ieguvei izmantoti tikai to respondentu dati, kuriem noteiktā aktivitāte ir svarīga. Savukārt Baložos 36% jauniešu svārstmigrācijas mērķis uz Rīgas pilsētu nevienu dienu gadā nav bijis saistīts ar sporta pasākumu apmeklēšanu.

Tomēr dominējošie jauniešu svārstmigrācijas mērķi, dodoties uz Rīgas pilsētu ārpus mācībām, ir iepirkšanās, kā arī izklaides pasākumu apmeklēšana – izteikti vienreiz nedēļā, nedēļas nogalēs. Šie rādītāji apliecina teritorijās ierobežoto pieeju pakalpojumiem – veikaliem, izklaides pasākumiem.

Jauniešu veidotā mikroģeogrāfija

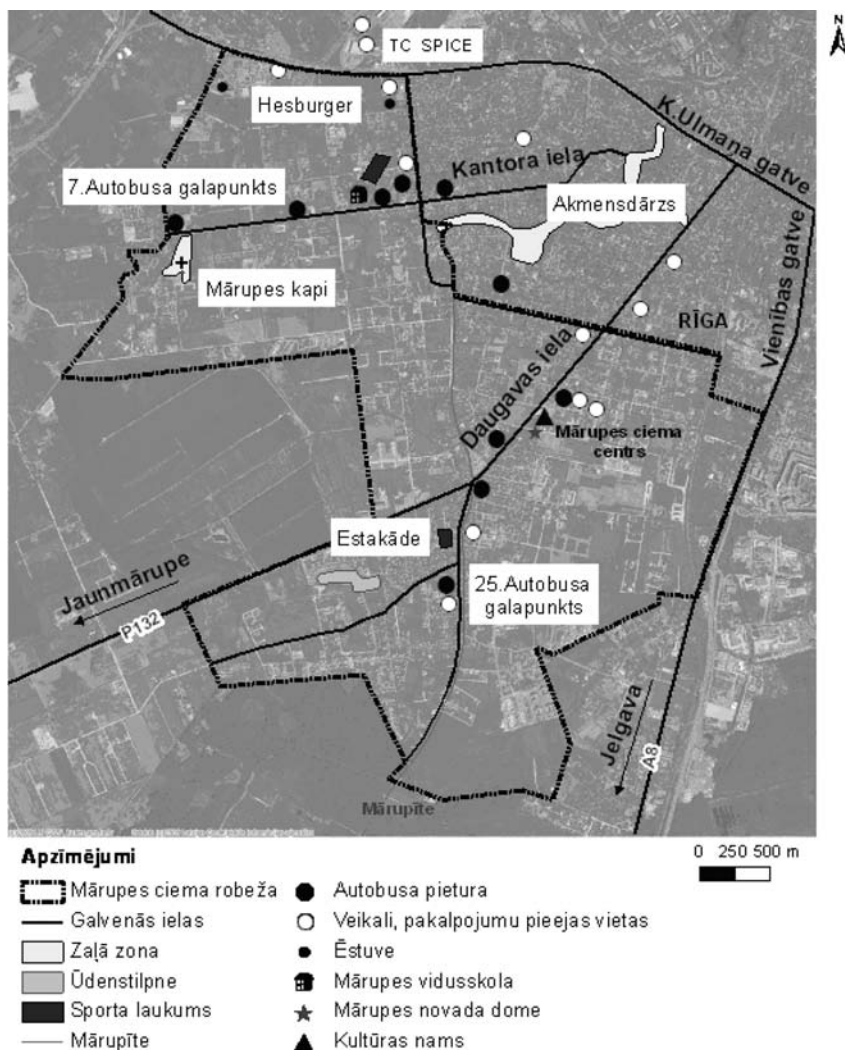
Mārupes ciems kā jauniešu dzīvesvide

Mārupes ciema teritoriju brīvā laika aktivitātēm kopā ar draugiem izmanto lielākā daļa tur dzīvojošo jauniešu. Bet 25% respondentu nesatiekas ar draugiem savā dzīvesvietā. Šie jaunieši dodas satikties ar draugiem uz Rīgas teritoriju, jo nesaskata savā apkārtnē piemērotas vietas aktivitātēm draugu lokā, kā arī viņu draugi bieži vien dzīvo ārpus ciema teritorijas. Šo neaktīvo apkārtējās dzīvesvides izmantotāju grupu veido arī jaunieši, kuru mobilitātes motivācija ir ļoti zema, un viņu ikdienas dzīves telpa bieži nav plašāka par attālumu līdz skolai.

Populārākā jauniešu satikšanās vieta ar draugiem ir sporta laukums 25. autobusa galapunkta tuvumā, jauniešu valodā iesaukts par estakādi (1. att.). Estakāde ir iežogota teritorija starp savrupmājām. Tā ietver basketbola un futbola laukumu, kā arī citas sportiskām aktivitātēm piemērotas vietas. Tomēr estakādes platība nav tik liela, lai sportiskās aktivitātēs vienlaikus varētu iesaistīties daudz jauniešu. Mārupes ciema ziemeļu daļā sportiskās aktivitātes ir iespējamās Mārupes vidusskolas sporta laukumā.

Otra populārākā satikšanās vieta Mārupes jauniešiem ir autobusa pieturas – Mārupē izplatītākie infrastruktūras objekti. Iecienītākās pieturas ir 25. autobusa galapunkts un 7. autobusa galapunkts. Pietura ir vieta, kas nelielu jauniešu grupiņu nodrošina ar pasēdēšanu domu apmaiņai un reizē ar iespēju būt notikumu aculieciniekiem. Tieši sabiedriskā transporta galapunktos šī teritorija ir plašāka. Blakus sabiedriskā transporta pieturai visbiežāk ir arī kāds veikals, ko jaunieši atzīst par labu satikšanās vietu ar draugiem Mārupē. Jaunieši bieži vien tiek pie veikala „TOPS” netālu no Mārupes novada domes. Teritorija ap novada domi ir Mārupes ciema centrs, jo ietver vairākus pakalpojumu centrus: kultūras namu, veikalu,

fitnesa centru, frizētavu, pastu, aptieku, saimniecības preču veikalu. Pakalpojumu daudzveidības nodrošinājums šo vietu veido par sabiedrības, kā arī jauniešu pulcēšanās centru.



1. att. Mārupes ciema jauniešu dzīvesvidi raksturojošo objektu izvietojums

Ciēmam ir definētas robežas, bet jauniešu mobilitāte ir plašāka, tiek meklētas atraktīvas vietas arī ārpus ciēma robežām. Aktivitāšu telpa paplašinās ziemeļu – Rīgas – virzienā, jo Mārupes ciēma ziemeļu robeža ir administratīva šķirtne ar Rīgas pilsētu. Aiz ziemeļaustrumu robežas ir viena no Rīgas apkaimēm – Bieriņu teritorija. Jaunieši Bieriņos apmeklē Mārupītes krastos labiekārtoto zaļo zonu – Akmens dārzu (Induļa Rankas skulptūru dārzu). Mārupes ciēmā parku veidā labiekārtoto zaļo zonu

nav, tāpēc šāda teritorija – Akmens dārzs – piesaista daudzus mārupiešus. Mārupes ciemā jauniešu iecienīta zaļās zonas alternatīva ir Mārupes kapi. Pie kapiem ir izveidota plaša labiekārtota teritorija ar apstādījumiem, soliņiem un bruģētiem ceļiem.

Mūsdienīgo piedāvājumu areāls ir pie Upesgrīvas ielas. Šo areālu veido ātro uzskodu restorāns „Hesburger” un preses tirdzniecības vieta „Narvessen”. Bet aiz Mārupes robežas, otrpus Kārļa Ulmaņa gatvei, atrodas tirdzniecības centrs „Spice” ar plašu pakalpojumu klāstu. Pie „Spices” atrodas sporta un atpūtas centrs „Bowlero”, ko arī jaunieši apmeklē.

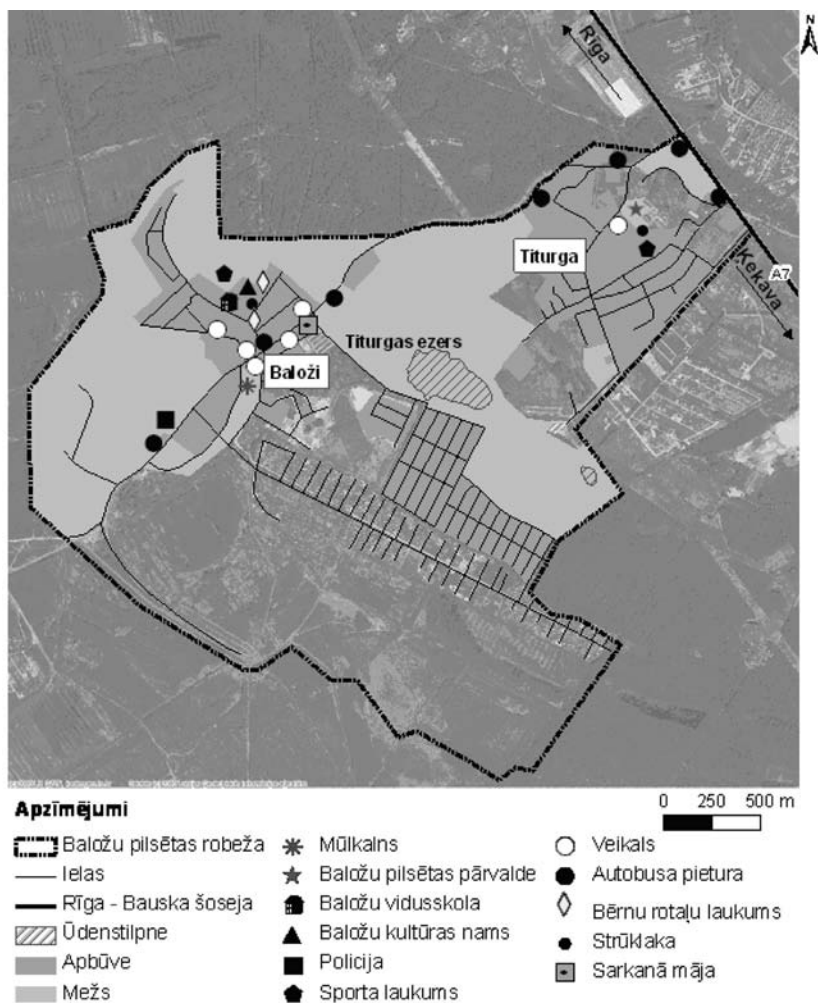
Rīgas robežas tuvumā jauniešiem svarīgo infrastruktūras elementu skaits palielinās un kļūst daudzveidīgāks. Tāpēc, ja jaunietis nav apmierināts ar savas dzīvesvietas tuvāko apkārtni, viņš dodas Rīgas centra virzienā, nevis meklē jaunus objektus savas dzīvesvietas attālākajās vietās. Pēc jauniešiem svarīgāko objektu izvietojuma redzams, ka veidojas divi centri – viens ap Mārupes novada domes ēku, bet otrs Mārupes ciema ziemeļu daļā – no Rīgas pilsētas robežas līdz Kantora ielai. Šī šķirtne veidojas arī starp Mārupes jauniešiem – jaunieši no vienas ciema daļas nedodas uz otru ciema daļu. Jauniešu aktivitātes parasti notiek vienā ciema daļā. Var secināt, ka ciema centrālajā daļā trūkst jauniešus vienojoša infrastruktūras objekta.

Baloži kā jauniešu dzīvesvide

Arī Baložos ceturtnā daļa jauniešu savu pilsētu neizmanto komunikācijas veidošanai ar vienaudžiem, bet izvēlas doties uz Rīgu vai arī brīvo laiku pavada mājās. Visaugstāko motivāciju doties ārpus mājas savā dzīvesvietā veido fiziskās aktivitātes – tas ir svarīgi vairāk nekā pusei jauniešu. Atbilstoši populārākās kopīgo aktivitāšu vietas jauniešiem ir sporta laukumi: Baložu vidusskolas sporta laukums un sporta laukums ar basketbola grozu un *skeita* rampu daudzdzīvokļu ēku pagalmā Titurgā (2. att.). Baložu vidusskolas sporta kompleksa celtniecības laikā ir ierobežota piekļuve fizisko aktivitāšu veikšanai. Kāds neapmierināts puisis (17 gadi) anketā raksta: „Manuprāt, Baložos nav padomāts par jauniešiem. Nav nekāda laukuma, kur būtu iespēja trenēties. Skolas teritorijā tas nav iespējams dēļ piebūves celšanas.” Sava veida alternatīva sporta laukumam ir labiekārtotie bērnu spēļu laukumi. Pie šiem laukumiem ir jauniešus vilinoša sakopta vide, kur iespējams ar draugiem pasēdēt uz soliņa.

Teritorija ap skolu veido īpašu jauniešu pulcēšanās centru, jo blakus ir gan skolas sporta laukums, gan kultūras nams, kura ēkā ir arī Baložu bibliotēka – jauniešiem svarīgs mūsdienu informācijas un interneta pieejas punkts. Šī pulcēšanās areāla centrālais vienojošais objekts ir bruģēts laukums ar vairākiem soliņiem un Baložu pilsētas simbolu – vardi, kas funkcionē kā strūklaka. Arī Titurgā aiz Baložu pilsētas pārvaldes ēkas ir labiekārtota teritorija ar strūklaku, kur jauniešiem patīk uzturēties. Vienlīdz populāras jauniešu pulcēšanās vietas ir pie veikaliem. Veikals parasti ir aktīvākais cilvēku plūsmas centrs. Lielākais un iecienītākais veikals Baložu jauniešiem ir „IKI”. Jaunieši veikalus atzīst arī par svarīgākajiem ikdienas objektiem dzīvesvietā. Sabiedriskā transporta pieturas ir svarīgi ikdienas objekti tiem skolēniem, kas mācās citā pašvaldībā. Pieturas neveidojas par jauniešu pulcēšanās vietām, kā tas ir Mārupē, ierobežojošie faktori ir apgaismojuma trūkums vakara stundās, kā arī tas,

ka 23. autobusa galapunkts atrodas pie Baložu pilsētas policijas. Institūciju tuvums ir jauniešu brīvību ierobežojošs faktors.



2. att. Baložu pilsētas jauniešu dzīvesvidi raksturojošu objektu izvietojums

Jauniešiem ir izveidojies īpašs apzīmējums kādai daudzstāvu ēkai – „sarkanā māja”. Tā atrodas pie centrālās ielas, bet šo ēku jaunieši izmanto kā aizsegu, lai viņu aktivitātes nebūtu publiski pārraugāmas. Baložos parādās arī tendence, ka daļai jauniešu nav svarīgāko objektu pilsētā, bet laiks draugu kompānijā tiek pavadīts, pastaigājoties pa Baložu ielām.

Tikai 10% novērtē arī pilsētā pieejamos dabas objektus: mežu, Titurgas ezeru, Mūlkalnu (jauniešu sarunvalodā sauktu par Pirtskalnu). Mežu jaunieši izmanto ne tikai piedzīvojumiem kopā ar draugiem, bet arī kā vietu, kur doties, lai pabūtu vienatnē. Titurgas ezers un mežs ir Titurgas un Baložu pilsētas daļu vienojošie

objekti, tomēr brīvais laiks tiek pavadīts galvenokārt pilsētas daļā, kur ir dzīvesvieta. Līdzīgi kā Mārupē jauniešu infrastruktūras objektu nevienmērīgs izvietojums nošķir vienas administratīvas teritorijas jauniešus – Baložos un Titurgā.

Jauniešu ieteikumi publiskās vides uzlabošanai Mārupē un Baložos

Jauniešu ieteikumos par nepieciešamajām pārmaiņām savā dzīvesvietā vērojama vēlme paplašināt mobilitāti. Galvenokārt Mārupes jaunieši pauž viedokli, ka vispirms nepieciešams uzlabot ceļu kvalitāti, lai kājāmgājēji un riteņbraucēji varētu droši pārvietoties. Mārupē ceļi ir vēl brīvi pieejamā publiskā telpa, kurā jaunieši saskata iespēju veikt uzlabojumus, jo lielāko daļu teritorijas aizņem privātmājas. Īpaši pie savrupmājām gan Mārupē, gan Baložos daudzviet ir neasfaltēti ceļi, kas traucē jauniešu ikdienas aktivitātēm. Kāda mārupiete (17 gadi) anketā raksta: „Ja būtu asfaltēts ceļš un trotuāri, tad būtu patīkami arī kaut kur doties pastaigāties.” Mārupes ciemā, kā pie Rīgas pilsētas cieši piegulošā teritorijā satiksmes intensitāte ir augsta. Cita mārupiete (17 gadi) anketā norāda: „Pie privātmājām šaurajās ielās jāliek gulošie policisti, jo satiksme ir intensīva.”

Jauniešiem svarīgi ir arī tādi infrastruktūras objekti kā apgaismojums vēlajās vakara stundās. Neapgaismotas ielas un sabiedriskā transporta pieturas vakaros jauniešiem palielina nedrošības sajūtu, ierobežojot patstāvīgu pārvietošanos.

Telpiskās struktūras dažādība nosaka, ka Baložos papildu nedrošības objekts ir mežs. Līdz ar to Baložu jauniešiem svarīgāka ir apkārtējās vides sakārtošana. Jauniešus atbaida nesakoņas, degradētas teritorijas, tāpēc labiekārtota zaļā zona var likt novērst šādas zonas un radīt jaunas jauniešu pulcēšanās vietas.

Tieši labiekārtotas vietas dzīvesvietas apkārtnē ir jauniešiem visatraktīvākās. Piemēram, bērnu spēļu laukumus Baložos izmanto arī jaunieši, tādējādi, iespējams, radot šo telpu nepieejamu mērķauditorijai – bērniem. Bet tieši strauji augošajās teritorijās jaunie būvprojekti tiek piemēroti un arī reklamēti kā draudzīga vide jaunajām ģimenēm. Tāpēc parasti ir ierīkoti spēļu laukumi, bet reti šajā vidē ir iekļauti jauniešus saistoši objekti, piemēram, brīvi pieejams sporta laukums.

Baložu jauniešu galvenā motivācija doties ārpus mājas savā dzīvesvietā ir fiziskās aktivitātes, kā arī sportisko jauniešu galvenais svārstmigrācijas mērķis uz Rīgu. Tas ir apstiprinājums jauna sporta laukuma nepieciešamībai Baložu pilsētā. Šādu sporta laukumu, kas vienmēr pieejams jebkuram jauniešim, būtu ieteicams veidot teritorijas daļā starp Baložu pilsētas daļu un Titurgu. Tas veicinātu populārākās aktivitātes – sporta – piekritēju integrēšanos no abām pilsētas daļām (līdzīgi arī Mārupes piemērā). Sporta laukuma mērogs nav noteicošais, galvenais ir nodrošināt satikšanās vietu jauniešiem, vienojot savstarpējai komunikācijai. „Vairāk vajag tādu sporta laukumu, piemēram, basketbola, futbola, vai vienkārši ērtas pasēdēšanas vietas, kurās var arī uzturēties lietus laikā,” anketā norāda 16-gadīga mārupiete. Šī meitene akcentē jau iepriekš aprakstīto nelielo kopā būšanas vietu nozīmību jauniešu ikdienā.

Ierobežotā pieejamo pakalpojumu daudzveidība atspoguļojas jauniešu ieteikumos. Jaunieši vēlas gan jauniešu auditorijai paredzētus regulārus izklaides pasākumus – ballītes, gan jaunu institūciju – jauniešu interešu centru, bibliotēku. Svarīga ir arī liela tirdzniecības centra izveide teritorijā. Jaunu infrastruktūras objektu ieviešanas iespējas Mārupē un Baložos ir ierobežotas. Mārupes pašvaldības īpašumā

ir tikai 2,1% Mārupes novada teritorijas (Mārupes pagasta padome, 2009). Baložu pašvaldībai šāda rezerve ir lielāka – ~10% (Baložu pilsētas pārvaldes darbiniece, 2010). Mārupē šo ierobežotību paaugstina teritorijas telpiskās struktūras īpatnība – lielāko daļu teritorijas aizņem savrupmāju apbūve. Baložos izpausmes iespējas ir plašākas, jo pastāv telpiskās struktūras dažādība – apbūve, meži, ezers, izstrādāto purvu teritorijas.

Secinājumi

Pētījumā noskaidrots, ka jaunieši izvēlas doties uz skolu patstāvīgi tikai tad, ja skola ir sasniedzama, ejot kājām ne ilgāk kā 10 minūtes. Šī tendence vērojama tieši Baložos: 69% Baložu jauniešu dodas uz Baložu vidusskolu kājām, jo dzīvo pilsētas centrālajā daļā. Šī sakarība norāda, ka savrupmājās dzīvojošie baložnieki izvēlas mācību iestādi ārpus savas pašvaldības.

Mārupes ciema jauniešu vecāki izteiktāk iesaistās jauniešu aizvešanā uz skolu Rīgā, bet uz citām aktivitātēm Rīgas teritorijā Baložu jaunieši biežāk dodas kopā ar vecākiem. Attālāks teritorijas novietojums no pakalpojumu centra sekmē biežāku jauniešu mobilitāti kopā ar vecākiem, bet retāku patstāvīgu pārvietošanos. Svārstmigrācijas mērķi un intensitāte norāda uz infrastruktūras elementu nepietiekamību pašvaldībās. Vispopulārākais iemesls, kādēļ jaunieši dodas uz Rīgu, ir iepirkšanās un izklaides pasākumu apmeklēšana. Izklaides pasākumus Rīgā 40% Mārupes un 30% Baložu jauniešu apmeklē katru nedēļas nogali. Visvairāk dienu gadā jaunieši velta svārstmigrācijai uz Rīgu, lai apmeklētu sporta pasākumus, – vidēji divas reizes nedēļā.

Populārākie infrastruktūras objekti ir sporta laukumi gan kā sportisko aktivitāšu vietas, gan kā jauniešu pulcēšanās vietas. Mārupē jauniešiem nozīmīgas ir autobusu pieturas, īpaši tiek izmantoti sabiedriskā transporta galapunkti, jo pietura ir publiski atklāta telpa, kurā jaunietis var sevi parādīt citiem, kā arī tā ir viena no retajām labiekārtotajām vietām apkaimē, kur nelielā draugu lokā var pavadīt laiku. Baložos jauniešu iecienītas pulcēšanās vietas ir pie teritorijā esošajiem veikaliem. Dažādas izklaidei un atpūtai neparedzētus infrastruktūras objektus (sabiedriskā transporta pieturas, veikalus) jaunieši tiecas pielāgot savām interesēm. Dzīvojot Rīgas tuvumā, jaunieši savu ikdienas telpu bieži vien izvēlas veidot Rīgā, neattīstot piederību dzīvesvietai. 25% jauniešu brīvā laika aktivitātes nesaista ar savu dzīvesvietu.

Vēlamās pārmaiņas ir vērstas uz mobilitātes paaugstināšanas iespējām dzīvesvietā: būtiskākā ir nepieciešamība, īpaši Mārupē, uzlabot ceļu kvalitāti, lai kājāmgājēji un riteņbraucēji varētu droši pārvietoties; Baložos jauniešiem svarīga ir apkārtējās vides sakārtošana, lai jauniešu mobilitāte dzīvesvietā varētu paplašināties arī ārpus centrālās zonas. Būtiski ir samazināt nedrošības sajūtu Baložu mežos, attīstot tos kā rekreatīvu zonu.

Gan Mārupē, gan Baložos jauniešiem svarīgie infrastruktūras elementi veido divus centriskus areālus, kurus nesavieno citi jauniešiem būtiski infrastruktūras elementi. Tas sekmē vienas administratīvās teritorijas jauniešu nošķiršanos. Pašvaldībai būtu jāizveido jauns jauniešus vienojošs infrastruktūras elements starp šiem diviem centriskajiem areāliem, piemēram, jauniešu iecienītākā laika pavadīšanas vieta – sporta laukums. Pēdējo piecu gadu laikā Mārupē un Baložos proporcionāli

visstraujāk pieaudzis bērnu skaits pirmskolas vecuma grupā – tie 10 gadu laikā kļūs par aktīviem savas dzīvesvides lietotājiem. Tāpēc pašvaldībām laikus jāattīsta jauniešiem draudzīga dzīvesvide, iesaistot jauniešus plānošanas procesā.

Mārupes un Baložu pašvaldībām ir izteiktas telpiskās struktūras atšķirības. Mārupes ciema rurālā teritorija ir transformējusies par urbanizētu teritoriju, kur brīvo, pašvaldībai piederošo teritoriju īpatsvars ir ļoti zems. Katra jauna infrastruktūras elementa ieviešanai teritorijā jābūt ļoti pārdomātai. Baložos ir lielāks ainaviskās dažādības potenciāls, ko pašvaldība var pilnveidot teritorijas izaugsmei un attīstībai.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Baložu pilsētas pārvaldes darbiniece (2010) Intervija. Baloži, 26. aprīlī. (Nepublicēts).
- Breitbart M. M. (1995) Banners for the Street: Reclaiming Space and Designing Change with Urban Youth. *Journal of Planning Education and Research*, 15 (1): 35–49.
- Churchman A. (2003) Is There a Place for Children in the City? *Journal of Urban Design*, 8 (2): 99–111.
- Evans B. (2008) Geographies of Youth/ Young People. *Geography Compass*, 2 (5): 1659–1680.
- Gough K. V. (2008) Guest Editorial Introduction: Nordic Geographies of Children and Youth. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 90 (3), 217–226.
- Jaunatnes likums. Pieņemts 08.05.2008. Latvijas Republikas Saeima.
- Karsten L. (2002) Mapping Childhood in Amsterdam: the Spatial and Social Construction of Children's Domains in the City. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 93 (2), 231–241.
- Krišjāne Z. (red.) (2007) *Darbspēka ģeogrāfiskā mobilitāte: Eiropas Savienības struktūrfondu nacionālās programmas „Darba tirgus pētījumi” projekts „Labklājības ministrijas pētījumi” Nr. VPD1/ESF/NVA/04/NP/3.1.5.1./003*. Rīga: Latvijas Universitāte.
- Ley D. (2006) Mental Maps. In: Warf B. (ed.) *Encyclopedia of Human Geography*. Thousand Oaks [etc.]: Sage Publ, p. 498–499.
- LR CSP (2010) *Iedzīvotāju skaits*. Latvijas Republikas Centrālā statistikas pārvalde. [Skatīts 16.03.2010.] Pieejams: <http://www.csb.gov.lv/csp/content/?cat=2269>
- LR CSP (2009) *Bērni Latvijā: statistisko datu krājums*. Children in Latvia: Collection of Statistical data. Rīga: Latvijas Republikas Centrālā statistikas pārvalde.
- Mārupes pagasta padome (2009) *Mārupes pašvaldības publiskais 2008. gada pārskats*. Mārupes pagasta padome. [Skatīts 30.03.2010.] Pieejams: <http://www.marupe.lv/page/62&mode=print>
- Matthevs H., Limb M., Percy-Smith B. (1998) Changing Worlds: The Microgeographies of Young Teenagers. *Tijdschrift voor Economische en Sociale*, 89 (2): 193–202.
- McMillan E. (2005) Urban Form and a Child's Trip to School: The Current Literature and a Framework for Future Research. *Journal of Planning Literature*, 19 (4): 440–456.
- PMLP (2010) *Statistika – iedzīvotāju reģistrs*. Pilsonības un migrācijas lietu pārvalde. [Skatīts 29.03.2010.] Pieejams: <http://www.pmlp.lv/lv/statistika/iedzivotaju.html>
- Schlossberg M., Phillips P. P., Johnson B., Parker B. (2005) How Do They Get There? A Spatial Analysis of a „Sprawl School” in Oregon. *Planning, Practice & Research*, 20 (2): 147–162.

- Stašulāne I. (red.) (2009) *Latvijas jaunatnes portrets: integrācija sabiedrībā un marginalizācijas riski*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
- United Nations 2005. *World Youth Report 2005: Young People Today, and in 2015*. New York: United Nations.
- United Nations 1996. World Programme of Action for Youth to the Year 2000 and Beyond. *United Nations General Assembly Resolution A/RES/50/81*.
- United Nations 1989. Convention on the Rights of the Child. *Adopted and Opened for Signature, Ratification and Accession by General Assembly resolution 44/25 of 20 November 1989 Entry into Force 2 September 1990, in Accordance with Article 49', United Nations General Assembly Resolution A/RES/44/25, 12 December*.
- Valentine G. (2003) Boundary Crossings: Transitions from Childhood to Adulthood. *Children's Geographies*, 1 (1): 37–52.
- VisiDati (2010) Jauniešu mobilitātes izpētes anketa. VisiDati – aptaujas internetā. [Skatīts 8.05.2010.] Pieejams: www.visidati.lv/aptauja/382283914/
- Vliet van W. (1983) Exploring the Fourth Environment: an Examination of the Home Range of City and Suburban Teenagers. *Environment and Behavior*, 15 (5): 567–588.
- Walmsley and Spencer (2001) Children's Understanding of Their Surroundings. In: Lewis Holloway L., Hubbard P. *People and Place: The Extraordinary Geographies of Everyday Life*. Harlow [etc.]: Prentice Hall, p. 53.
- Zvidriņš P. (zin. red.) (2001) *Demogrāfisko terminu skaidrojošā vārdnīca*. Rīga: Latvijas Universitāte.

Summary

The aim of this paper is to clarify the everyday mobility of youth living in the city of Baloži and Mārupe village, its intensity and trends and also to describe the microgeographies of youth. The work deals with the concepts of mobility and youth. The attention is given to the living environment of youth, characterizing their major infrastructure objects and their sufficiency in the place of residence. The study reveals a new perspective of young people's geographical mobility in Latvia, where such research of the municipal level has never been made until now.

Keywords: *youth, mobility, commuting, living environment, microgeographies, Baloži city, Mārupe village.*

Ikdienas dzīves telpas kvalitāte pretstatā attīstītāju veidotajam reklāmas tēlam: Beberu ciemata piemērs

Lifeworld and Quality of Life Versus Developers Created Image: Case of Suburban Village „Beberi”

Līva Kaugure

Latvijas Universitāte
Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
Alberta iela 10, Rīga, LV-1010
E-pasts: *klk@inbox.lv*

Raksts balstīts uz bakalaura darba „Ikdienas dzīves telpa un kvalitāte pretstatā attīstītāju veidotajam reklāmas tēlam: Beberu ciemats kā piemērs” izstrādes laikā veikto lauka pētījumu un tajā iegūtajiem rezultātiem. Tā mērķis ir noskaidrot Babītes novadā esošā Beberu ciemata ikdienas dzīves telpu un kvalitāti un to salīdzināt ar attīstītāju radīto vietas reklāmas tēlu. Raksta teorētiskajā daļā aprakstīti un pētīti vietu tēlu veidošanas un piepilsētu ciematu reklamēšanas paņēmieni. Raksta empīriskajā daļā aprakstīts gan Beberu ciemata attīstītāju veidotais tēls, gan kā šis tēls ietekmējis iedzīvotāju lēmumu par dzīvesvietas maiņu, gan kāds ir ciemata iedzīvotāju ikdienas dzīves telpas vērtējums.

Atslēgvārdi: ikdienas dzīves telpa, telpas kvalitāte, vietu reklamēšana un pārdošana.

Ievads

Viens no ikdienas dzīves kvalitātes rādītājiem mūsdienās ir mājoklis un dzīves telpa. Tāpēc indivīdam ir svarīgi izvēlēties piemērotu dzīves telpu, kas spēj apmierināt visas viņa vajadzības. Dzīves telpa ir ikdienas dzīves kulturāli definētu darbību kopums noteiktā telpā un laikā (Buttimer, 1976). Citiem vārdiem, tā ir pasaule, kurā dienu no dienas tiek dzīvotas individuālas dzīves (Lifeworld, 1997). Dzīves telpa ir nozīmīgs elements indivīda attīstībā. Tā ļauj vai liedz izjust drošību, veidot sociālās un ģimeniskās attiecības un pilnveidot savu personību.

Pēdējo gadu laikā tika audzis pieprasījums pēc jauniem mājokļiem un kvalitatīvas dzīves vides, kad bija vērojama jaunu dzīvojamo ēku būvniecība, īpaši Rīgas pilsētas reģionā, kur koncentrējas iedzīvotāji un ekonomiskās aktivitātes. Padomju perioda būvniecības ierobežojumu atcelšana, būvniecības lēmumu pieņemšanas procesa decentralizācija vietējās pašvaldībās, kā arī lētākas un brīvas zemes pieejamība aktivizējusi būvniecību Rīgas pilsētas pierobežas teritorijās, īpaši bijušajās lauksaimniecības teritorijās. Dzīvojamās ēkas būvēja gan individuāli būvētāji, gan organizācijas, kas, aizvien biežāk ekonomējot resursus, jaunajā apbūvē ietvēra lielākas teritorijas, bieži veidojot jaunas koncentrētas apdzīvotas vietas. Šāda tipa piepilsētu ciemati laika posmā no 2000. gada līdz 2008. gadam būvniecības izaugsmes periodā bijušajā Rīgas rajonā, it īpaši Pierīgā, attīstījās ļoti strauji.

Ciematu attīstītāji, izmantojot dažādus plašsaziņas līdzekļus, cenšas radīt iespaidu, ka veido labvēlīgu dzīves telpu, radot vīziju par ideālu dzīvi ciematā, kas ir tuvu dabai, bet reizē nav tālu no lielpilsētas, lai pievilinātu potenciālos pircējus un ciemata iedzīvotājus. Tā rodas divu pušu – vietējo iedzīvotāju un attīstītāju – viedokļi par dzīves apstākļiem un kvalitāti konkrētajā vietā. Pētījuma mērķis ir izvērtēt Babītes novadā esošā Beberu ciemata ikdienas dzīves telpu un kvalitāti un to salīdzināt ar attīstītāju radīto reklāmas tēlu.

Piepilsētu ciematu tēla veidošana un reklamēšana

Vietas tēls ir uztveres procesā izveidojies iespaids par kādu ģeogrāfisku vietu. Cilvēka ģeogrāfijā mākslīgi veidots vietas tēls tiek saukts par vietas mārketingu. Groningenas Universitātes pētnieki Ešvorts un Kavaratzis uzsver – vietu reklamēšanas pamatā ir pieņēmums, ka vieta ir produkts, ko var pārdot un virzīt tirgū, bet vietā esošās un pieejamās vērtības kļūst par šīs vietas asociācijām (Ashworth & Kavaratzis, 2005). Pētnieki vietu tēla veidošanā izšķir trīs posmus. Tie ir reklāmas veidotais vietas tēls, ar reklāmu uztvertais vietas tēls un reklāmā veidotā tēla izpausme realitātē. Tēla veidošanas pirmajā posmā tiek radīts vēlamais vietas tēls no tēla veidotāju skatījuma. Diemžēl šis tēls nav pietiekami spēcīgs, lai varētu ilgstoši pastāvēt, jo tam pietrūkst vietas vērtību un elementu, kurus piešķir vietas patērētāji jeb iedzīvotāji, tādēļ tiek izšķirts otrais tēlu veidojošais posms. Šajā posmā liela nozīme ir komunikācijas līdzekļiem, kas tiek izmantoti veidotā tēla izplatīšanā, jo no tā ir atkarīgs, kā vietas patērētāji uztvers tēlu un cik viņi būs gatavi iesaistīties un uzturēt šo tēlu. Neveiksmīgas komunikācijas gadījumā ar reklāmu veidotais vietas tēls var tikt nesaprasts un neuztverts, līdz ar to tam vairs nav nākotnes. Tēla veidošanas pēdējais posms noslēdzas ar tēla izpausmi realitātē, kas iekļauj gan tēla veidotājiem vēlamus elementus, gan vietas patērētāju pievienotās vērtības.

Piepilsētu ciemati parasti ir jaunas dzīvojamās teritorijas lielākas pilsētas iedzīvotājiem. Šie ciemati visbiežāk tiek radīti jaunā, neapbūvētā vietā, kur nav bijušas vietai piešķirtās jaunās funkcijas. Līdz ar to vietas potenciālajiem patērētājiem nav ne pagātnes pieredzes, ne saiknes, kas veidotu īpašas attiecības un piederības sajūtu šai vietai. Tādēļ vietas attīstītājiem ir jāveido šīs vietas tēls un tas jāreklamē, sākot jau ar ciemata attīstības pirmsākumiem. Veidojot piepilsētu ciematu tēlu, bieži tiek ņemtas vērā sabiedrībā vispārpieņemtas morāles un ētikas vērtības. Šīs vērtības raisa sentimentālas sajūtas un ilūzijas par dzīvi idillē, kas nesaistās ar vienu noteiktu vietu un var būt piemērojamas arī citām vietām, bet tās uzrunā katru indivīdu. Jo sevišķi šie elementi atspoguļojas nekustamā īpašuma reklāmās, kas saistītas ar privātmāju pārdošanu jaunajos ciematos. Šiem dzīvojamiem ciematiem vietas tēls tiek radīts mākslīgi līdz ar ciemata būvniecību. Galvenokārt piepilsētu ciematu reklāmās tiek ieteiktas mājas. Māja ir prece ar īpašu vērtību – tā ir ne tikai patvērums, bet arī indivīda privātā telpa jeb mājas. Indivīdam atliek šajā telpā iztēloties pašam sevi, lai sāktu to asociēt ar savu ikdienas dzīvi.

Eilss uzsver, ka ciematu pārdošanas reklāmas prezentē ne tikai nekustamo īpašumu kādā ciematā, bet arī pašu vietu (Eyles, 1987). Citiem vārdiem, vieta ir kā pievienotā vērtība nekustamajam īpašumam. Eilss, pētot piepilsētu pārdošanas reklāmas Kanādā un Lielbritānijā, izšķir piecus elementus, kas uzrunā potenciālo pircēju. Tie ir mazpilsētas dzīves elementi, lauku ekoloģiskais dzīvesveids, nekustamā īpašuma

izdevīgais piedāvājums, pilsētas tuvums un ciemata nosaukums. Eilss norāda, ka piepilsētu ciematu attīstītāji reklāmās šo ciematu ikdienas dzīvi bieži vien salīdzina ar atsevišķiem mazpilsētas ikdienas dzīves elementiem, piemēram, draudzīgām kaimiņattiecībām un sociālu kopienu veidošanu. Reklāmās šie elementi tiek parādīti vizuāli, izmantojot kartes vai pārredzamu ciemata skatu, kā arī tuvāko māju izvietojumu. Viņš uzsver, ka tādā veidā patērētājs uzbur ikdienas dzīves ainas mazpilsētā un pielīdzina tās noteiktam piepilsētas ciematam. Svarīgi elementi, kas tiek uzsvērti reklāmās, ir dabas tuvums, svaigs gaiss un klusums bez lielpilsētas trokšņiem. Šie elementi rada iespaidu par veselīgāku, mierīgāku un ekoloģisku dzīvesveidu. Izdevīgs piedāvājums ir reklāmas elements, kas tieši saistīts ar nekustamo īpašumu, piemēram, mājas cenā ir iekļauts virtuves aprīkojums, izstrādāts iekštelpu interjers vai iespēja to izplānot pašam. Bieži vien ciematu attīstītāji reklāmās uzrāda mēneša maksu par māju, kāda būtu jāmaksā, iegādājoties to kredītā. Parasti reklāmās kā izdevīgs piedāvājums tiek akcentēti elementi, kas pircējam rada iespaidu, ka kaut kas tiks saņemts par brīvu. Tāpat svarīgs elements reklāmā ir ciemata ģeogrāfiskais novietojums attiecībā pret citu lielāku apdzīvotu vietu. Eilss atzīmē, ka reklāmās tiek norādīts laiks, kāds būtu jāpatērē, lai nokļūtu līdz pilsētas centram un tuvākajām pakalpojumu sniegšanas vietām. Tādā veidā patērētājam tiek radīts iespaids par ērtu un vieglu pakalpojumu pieejamību, bet realitātē fiziskais attālums līdz norādītajai vietai ir ievērojami lielāks un ne vienmēr ir sasniedzams, ejot kājām. Tāpat Eilss uzsver, ka ciemata nosaukumam ir būtiska nozīme, jo tas veido indivīda iespaidu par vietu. Ciemata nosaukumos parasti tiek lietoti vārdi, kuriem ir spēcīga simboliska un vēsturiska nozīme, tie ir vārdi, kas atgādina dabas tuvumu un lauku dzīvesveidu, piemēram, upes līči, pļava, sils, kā arī koku nosaukumi, kas simbolizē stabilitāti, drošību un labklājību, piemēram, ozols, egle, liepa. Uzskaitītie reklāmas elementi parāda, ka piepilsētu ciematu reklāmas popularizē ne tikai māju vai zemes gabalu ciematā, bet arī reklāmā radīto dzīvesveidu, kas ne vienmēr atbilst realitātei. Reklāmā tiek parādīti elementi, kuriem ir spēcīga simboliska nozīme, tie rada asociācijas un uzbur idealizētu pasauli, piesaistītu reklamētajai vietai.

Materiāli un metodes

Vietas studija kā pētījuma metode ir viens no veidiem, kas palīdz izprast, izskaidrot un aprakstīt dažādus procesus, parādības un to iemeslus, jo sevišķi ikdienas dzīves telpā (Laurier, 2006). Šī pētījuma metode ietver informācijas un datu apkopošanu no dažādiem datu avotiem, piemēram, dokumentu un plašsaziņas mediju izpēti, intervijas un sarunas, kā arī pētnieka tiešos novērojumus pētāmajā vietā. Tas ir veids, kā procesus un parādības pētāmajā vietā iespējams analizēt no dažādiem skatpunktiem. Šajā pētījumā kā galvenā metode tika lietota vietas studija, un no vietas studijas laikā iegūtajiem datiem tika veidota pētījuma empīriskā daļa.

Plašsaziņas līdzekļiem, tādiem kā laikraksti, žurnāli un interneta mājaslapas, ir liela nozīme vietas tēla veidošanā, jo tajos tiek ievietotas reklāmas, kas uzrunā ceļotājus, investorus vai nekustamo īpašumu pircējus. Šī informācija spēcīgi ietekmē gan indivīda priekšstatus par aprakstīto vietu, gan arī vietas kopējo tēlu un tā veidošanu. Pētījuma laikā tika analizēta plašsaziņas līdzekļos publicētā informācija, kas saistīta ar jaunā Beberu ciemata tēlu veidojošiem un ietekmējošiem faktoriem. Tika analizēta

informācija, kas tieši saistīta ar ciemata reklāmu, raksti, kas galvenokārt ir kā netieša ciemata reklāma un izklāsta attīstītājiem vēlamu ciemata tēlu, kā arī raksti, kuros publicēta informācija, kas saistīta ar notikumiem ciematā. Jāatzīst, ka šādi raksti plašsaziņas līdzekļos bieži nav publicēti. Padziļināta uzmanība Beberiem pievērsta speciāli izveidotajā interneta mājaslapā *www.beberi.lv*, kurā publicēta attīstītājiem vēlama dažāda informācija par ciematu, tā attīstības koncepcija, nekustamo īpašumu piedāvājums, kā arī attēli un plāni, kuros redzams ciemats.

Lauka pētījumā 2009. gada februārī un septembrī Beberos tika veikti novērojumi. Šī pētniecības metode dod detalizētāku priekšstatu par ikdienas dzīves telpu, jo novērojot pētnieks cenšas iesaistīties sabiedrības ikdienas dzīves aktivitātēs un saskaras ar tām pašām parādībām, procesiem un problēmām, ar kurām saskaras pētāmās teritorijas iedzīvotāji (Cook, 1997). Lauka pētījuma laikā tika novēroti ciemata vietējie iedzīvotāji un tās ikdienas dzīves aktivitātes un darbības, kuras atšķiras no ikdienas dzīves pilsētvidē. Novērojumu laikā autore centās noskaidrot, kuri ikdienas dzīves aspekti ciemata vietējiem iedzīvotājiem ir apgrūtinājums un kuri – pašsaprotama ikdienas dzīves sastāvdaļa. Lauka pētījumā tika pētīta pieejamība ikdienas dzīvē nepieciešamajiem pakalpojumiem, piemēram, izglītības iestādei, veselības aprūpes centram, pārtikas un saimniecības preču veikaliem – cik ērta vai apgrūtināta, kā arī droša ir nokļūšana līdz šīm pakalpojumu sniegšanas vietām, vai šīs vietas iespējams sasniegt, ejot kājām vai lietojot transporta līdzekli. Tāpat lauka pētījuma laikā tika pētīts ciemata publiskās telpas labiekārtojums un plānotās funkcijas, kā arī tas, vai publiskajā telpā plānotās funkcijas ciemata vietējie iedzīvotāji izmanto.

Lauka pētījuma laikā tika veiktas 20 strukturētas un 5 daļēji strukturētas intervijas ar ciemata iedzīvotājiem dažāda vecuma, dzimuma un interešu sociālajās grupās. Intervijās tika izmantoti jautājumi no Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Cilvēka ģeogrāfijas katedrā izstrādātās anketas par iedzīvotāju dzīves un darbības telpas izpēti. Aptaujas anketa sastāv no divdesmit jautājumiem. Anketas jautājumi saistīti ar iedzīvotāju dzīvesvietas maiņas iemesliem, pašreizējo dzīvesvietu, ikdienas dzīves telpu un iedzīvotāju ikdienas dzīves aktivitātēm. Pētījuma laikā tika veiktas 5 padziļinātas daļēji strukturētas intervijas, lai gūtu pilnīgu priekšstatu par dažādiem ikdienas dzīves aspektiem un apgrūtinājumiem, ar kuriem saskaras vietējie iedzīvotāji. Šīs sarunas ar iedzīvotājiem netika plānotas. Tās notika atkarībā no apstākļiem – vietējo iedzīvotāju atsaucības un vēlmes atklāt dažādus ikdienas dzīves aspektus, atbildot uz strukturētās intervijas jautājumiem. Pētījuma empīriskajā daļā netiek atklāta intervēto personu identitāte, to aizstājot ar personas piederību kādai sociālai grupai.

Rezultāti un diskusija

Viens no jaunajiem ciematiem Pierīgā ir Beberi. Tas atrodas Babītes novadā, kas robežojas ar Rīgas pilsētas teritoriju novada ziemeļaustrumu daļā. Beberi atrodas starp Piņķiem un Beberbeķiem, 1 km attālumā no Rīgas un 3 km attālumā no Jūrmalas pilsētas robežām, kā arī 2 km attālumā no Piņķiem, kur atrodas Babītes novada pašvaldība. Ciemata teritorija no dienvidiem līdz austrumiem robežojas ar Beberbeķu dabas parku, ziemeļos ar Priežciemu, bet rietumos ar Rīgas apvedceļu

A5 posmā Salaspils–Babīte. Ciemata kopējā teritorija ir 30 ha, no kuriem apbūvētā teritorija aizņem 12,4 ha, bet dabas pamatne – 12,3 ha. Līdz 2008. gada rudenim ciematā bija uzceltas 4 pilsētas māju rindas ar dažāda lieluma un vairākstāvu dzīvokļiem un 32 savrupmājas.

Attīstītāji, veidojot Beberu plānojumu, uzsvēra, ka tur tiks izveidota daudzfunkcionāla un kvalitatīva dzīves telpa. Vīzija par ikdienas dzīves telpu visskaidrāk tiek radīta Beberu koncepcijas aprakstā, kas publicēta interneta mājaslapā www.beberi.lv. Ciemata dažādo elementu kopējais apraksts, kā arī ciemata koncepcijas apraksts veido vīziju – tēlu, kuru attīstītāji vēlas parādīt telpas potenciālajiem izmantotājiem. Ciemata attīstītāji Beberu attīstības koncepcijā izvirzījuši trīs pamatelementus. Tie ir *mazpilsētas šarms; nevis guļamrajons, bet kvalitatīva dzīves telpa un harmoniskas kaimiņattiecības*. Interneta mājaslapā solīts, ka tiks radīts „maza maizes veikals un ceptuve, aptieka un saimniecības preču veikals, kā arī ģimenes atpūtas komplekss ar veselīgu un kvalitatīvu virtuvi, mājīgu atmosfēru un laipnu apkalpošanu”, radot publisko telpu, kur iedzīvotāji var iepazīties un komunicēt cits ar citu, kā arī dabas tuvums, ielu tīklojums un ierobežotais apbūves augstums iedzīvotājiem radīs mazpilsētas sajūtu (Latio, 2009). Lai vietas interesentiem radītu vizuālu priekšstatu par ciemata telpisko struktūru, reklāmas materiālos publicēts pārredzams plāns, kurā redzams ēku un ielu izvietojums, kā arī apkārtējā ainava. Šo reklāmas elementu Eilss min kā vienu no paņēmieniem mazpilsētas sajūtas radīšanai (Eyles, 1987). Līdzīgi tiek reklamēta arī ciemata izdevīgā atrašanās vieta. Plānā norādīts laiks, kas jāpatērē, lai sasniegtu tuvākās pilsētas, braucot ar automašīnu. Šis plāns rada ilūziju, ka tuvākās pilsētas ir viegli sasniedzamas un arī ikdienas dzīvē nepieciešamie pakalpojumi ir ērti pieejami. Otru ciemata koncepcijā uzsvērto elementu – „nevis guļamrajons, bet kvalitatīva dzīves telpa” – plānots realizēt, attīstot ciematā dažādas funkcijas. Galvenā funkcija ciematā, neapšaubāmi, ir dzīvojamā, bet attīstītāji vēlas attīstīt gan tirdzniecības, gan sociālo un rekreatīvo funkciju, līdz ar to arī darba iespējas daļai ciemata iedzīvotāju. Attīstītāji uzsver, ka Beberbeķu dabas parka tuvums un 12 ha plašā neapbūvētā teritorija kopumā veido veselīgu un ekoloģisku dzīves telpu. Tāpat arī ciemata nosaukums atvasināts no Beberbeķu dabas parka nosaukuma, līdz ar to vietai piešķirot netiešu, tomēr simbolisku nozīmi un radot iespaidu par dabas tuvumu. Kā trešais elements ciemata koncepcijā minēts harmoniskas kaimiņattiecības. Attiecību veidošanos starp ciemata iedzīvotājiem un kaimiņiem plānots veicināt, organizējot kopīgus svētkus, sporta un atpūtas pasākumus, apkārtējās vides sakopšanas talkas, iegādājoties kopējus īpašumus, kas pieejami katram ciemata iedzīvotājam (Latio, 2009). Reklāmā uzsvērts, ka šis koncepts neuzspiež obligātu sabiedrības modeli, pēc kura visiem būtu jādzīvo, bet tās ir iespējas, ko piedāvā ciemata attīstītāji, lai veicinātu sociālās telpas veidošanos. Aprakstot transporta iespējas ciematā, sevišķi tiek uzvērts iedzīvotāju privātais auto, norādot, ka mūsdienās lielākā daļa sabiedrības pārvietojas ar to. Sabiedriskais transports tādā veidā tiek prezentēts kā kaut kas īpašs un ekskluzīvs, padarot to par pievienoto vērtību.

Ciemata reklāmā uzsvērts, ka savrupmājām un dzīvokļiem ir pilna gan ārējā, gan iekštelpu apdare – tie ir gatavi dzīvošanai, tāpēc reklāmas sauklis skan: „Nāc dzīvot Beberos kaut no rītdienas!” Šis Beberu reklāmas elements atbilst Eilsa izvirzītajam izdevīgajam piedāvājumam. Reklāmā tiek norādīts, ka gan savrupmājas,

gan dzīvokļi ciematā ir nodrošināti ar pilsētas komunālajiem pakalpojumiem – gāzes apkuri, pieslēgumu kanalizācijas vadam un ūdens apgādi, kas mūsdienās pilsētu iedzīvotājiem ir pašsaprotama ikdienas dzīves sastāvdaļa, bet reklāmā tiek izmantota kā īpaša pievienotā vērtība nekustamajam īpašumam.

Analizējot Beberu kā vietas tēlu, kas atspoguļots presē, var izšķirt divu veidu skatpunktus: 1) autors veido rakstu par jauno ciematu, balstoties uz informāciju un faktiem, kas iegūti no attīstītāja; 2) autors, veidojot rakstu, ņem vērā arī neatkarīgu ekspertu un ciemata iedzīvotāju viedokļus. Pirmā veida redzējums presē pilnībā atspoguļo to Beberu tēlu, kuru cenšas radīt ciemata attīstītāji. Šajos rakstos tiek uzsvērti visi tie elementi un ieceres, ko plānots izveidot ciemata attīstības laikā. Šāda veida raksti laikrakstos regulāri parādījās kopš ciemata attīstības sākuma 2000. gadā. Laika posmā pēc 2005. gada, kad ciematā sāka dzīvot pirmie iedzīvotāji, preses izdevumos tika publicēti raksti, kuros ņemti vērā arī neatkarīgu ekspertu un ciemata vietējo iedzīvotāju viedokļi. Viens no retajiem rakstiem (Sprinģe, 2005), kurā izklāstīta iedzīvotāju negatīvā pieredze ciematā, publicēts laikraksta „Diena” pielikumā „Mājoklis, Auto” 2005. gada 25. augustā – tajā par ēku būvniecības kvalitāti sūdzas kādā rindu mājā dzīvojošais vīrietis Ansis Acobs. Arhitekti J. Poga, A. Skujiņa, J. Lejnīks un A. Ģelzis diskutēja laikrakstam „Diena” atzīst, ka lielākajā daļā jauno ciematu nav paredzēts attīstīt sabiedriskos pakalpojumus, kā arī netiek domāts par to ērtu pieejamību šo ciematu iedzīvotājiem, tāpēc Beberu ciemata attīstības koncepcija tiek vērtēta atzinīgi, jo tā ietver šo pakalpojumu pieejamību (Smiļģe, 2006). Zīmīgi ir tas, ka tēls ticis veidots jau kopš ciemata attīstības sākuma. Presē regulāri tika publicēta informācija par jauno ciematu, tādā veidā lasītājam prezentējot vēlamo tēlu vēl pirms paša ciemata realizācijas. Turpretim iedzīvotāju pieredze Beberu ciematā veidojās tikai pēc 2005. gada, kad uz ciematu pārcēlās pirmie iemītnieki. Presē ne no attīstītāju, ne vietējo iedzīvotāju puses netiek publicēta informācija par to, kā ikdienā izpaužas telpas funkcijas, kuras tika plānotas un reklamētas ciematā. Līdz ar to arī plašsaziņas līdzekļos veidotais ciemata tēls atbilst nekustamo īpašumu kompānijas SIA „Latvio” interesēm.

Atbildes uz strukturēto interviju jautājumiem rāda, ka dzīvesvietas maiņa saistīta ar īpašuma iegādi Beberos. 16 aptaujāto iedzīvotāju apgalvoja, ka dzīvesvieta mainīta ģimenes apsvērumu dēļ, 11 respondentiem patika apkārtējā vide, 2 respondenti atzina, ka jaunā mājokļa iegādi ciematā noteikusi tā izdevīgā atrašanās vieta, bet 8 respondenti atzina, ka šis mājoklis ir labāks par iepriekšējo, kas arī bijis viens no iemesliem dzīvesvietas maiņai. Daļēji strukturētās intervijās vietējie iedzīvotāji min līdzīgus iemeslus lēmumam par dzīvesvietas maiņu – ģimenes apstākļu dēļ, ciemata ģeogrāfiskā novietojuma, kā arī apkārtējas ainavas dēļ. Nozīmīgs faktors lēmuma pieņemšanai par nekustamā īpašuma iegādi ciematā ir savrupmāju un dzīvokļu pieslēgums pilsētas komunālajiem pakalpojumiem – tajos ir kanalizācija, ūdensvads, elektrība un siltumapgāde. Tāpat iedzīvotāji min arī ciemata izdevīgo novietojumu, kas ir salīdzinoši tuvu Rīgas pilsētas centram un Jūrmalai, bet tomēr klusā un mierīgā vietā. Beberu novietojums radījis iespaidu par ērtu pieejamību ikdienas pakalpojumiem. Līdz ar to var secināt, ka iedzīvotāju lēmumu par dzīvesvietas maiņu ietekmējusi daļa elementu, uz kuriem balstīta ciemata reklāma un vietas veidotais tēls. Tie ir ciemata atrašanās vieta un kvalitatīva dzīves telpa, kas iekļauj

gan pieslēgumu pilsētas komunālajiem pakalpojumiem, gan ciemata publiskās telpas labiekārtojumu.

Ciemata iedzīvotājus apmierina apkārtējā dzīves telpa ciematā. Intervētie iedzīvotāji pauž pozitīvu attieksmi pret vides kvalitāti, mājokļa labiekārtojumu un drošību Beberu ciematā – visi respondenti ir apmierināti ar šiem elementiem. Tāpat pozitīva attieksme respondentiem ir arī pret apkārtējo ainavu un kaimiņiem – 19 respondenti ir apmierināti, bet viens ir daļēji apmierināts. Ar kontaktēšanās iespējām Beberos ir apmierināti 14 respondenti, bet 6 ir daļēji apmierināti. Negatīvāka attieksme iedzīvotājiem ir pret ikdienas dzīves telpu veidojošiem elementiem, kuri telpai piešķir daudzfunkcionālu nozīmi, piemēram, rekreācijas iespējām, darba iespējām, sabiedrisko pakalpojumu un transporta pieejamību. Visnegatīvākā attieksme aptaujātajiem respondentiem ir pret iepirkšanās pakalpojumu pieejamību Beberos – 16 respondenti ir neapmierināti, bet tikai 4 ir daļēji apmierināti. Tāpat negatīva attieksme ir pret izglītības ieguves iespējām – 13 respondentu ir neapmierināti, bet 7 ir daļēji apmierināti. Vairāk negatīva nekā pozitīva attieksme respondentiem ir pret transporta nodrošinājumu – 11 respondentu ir daļēji apmierināti, bet 8 ir neapmierināti. Intervijā 15 respondentu apgalvoja, ka izmanto savu privāto auto, bet tikai 5 izmanto autobusu. Daļīta attieksme iedzīvotājiem ir pret brīvā laika pavadīšanas iespējām – 3 iedzīvotāji ir apmierināti, 11 daļēji apmierināti, bet 6 – neapmierināti. Arī padziļinātajās intervijās iedzīvotāji atzina, ka vislielāko neapmierinātību radot veikalu trūkums ciemata teritorijā un aprūtinātā pieeja pakalpojumiem Piņķos. Ikdienas dzīvē gados jauniem cilvēkiem aprūtinājums ir sabiedriskā transporta un brīvā laika pavadīšanas iespēju trūkums ciematā. Iedzīvotāji intervijās atzīst, ka ir vairākas lietas, kas vēl nav realizētas, bet esot solītas ciemata reklāmā, kā arī pieejamo pakalpojumu kvalitāte neesot augsta, piemēram, dzeramais ūdens esot sliktas kvalitātes un bieži nav pieejams rīta stundās, iedzīvotājus neapmierina arī ēku būvniecības kvalitāte. Respondenti uzsver, ka ikdienas dzīves telpai ir vairāki autores un citu ekspertu iepriekš minētie funkcionālie trūkumi, kas tika sākotnēji paredzēti attīstītāju veidotajā Beberu attīstības koncepcijā.

Secinājumi

Beberu vietas tēls reklāmā veidots kā daudzfunkcionāla, kvalitatīva un ekoloģiska dzīves telpa, kas būtiski atšķiras no citiem izolētu tipveida māju ciematiem un daudzstāvu dzīvojamajiem rajoniem. Reklāmā ciemata ikdienas dzīve tiek pielīdzināta dzīvei, kas raksturīga Latvijas mazpilsētām, un to plānots panākt, apbūves teritorijā integrējot dažādas funkcijas – dzīvojamo, tirdzniecības un darba, rekreatīvo un sociālo funkciju. Ciemata reklāmas koncepcija veidota, balstoties uz šo funkciju integrēšanu ikdienas dzīvē, izvirzot koncepcijas pamatelementus – mazpilsētas šarms; nevis guļamrajons, bet kvalitatīva dzīves telpa; harmoniskas kaimiņattiecības. Reklāmā veidotais tēls rada vīziju par nostalgisku dzīvi mazpilsētā, kur ir apmierināmas visas ikdienas dzīves vajadzības.

Ciemata reklāmā vietas tēla radīšanai lietoti visi Eilsa izšķirtie piepilsētu ciematu reklāmu elementi – mazpilsētas dzīve, ekoloģiskais dzīvesveids, izdevīgais piedāvājums, lielpilsētas tuvums un ciemata nosaukums (Eyels, 1987). Tāpat tiek izmantoti Eilsa minētie reklāmas paņēmieni, kā patērētājam uzburt vēlamo vīziju par

ikdienas dzīvi reklamētajā vietā – ciemata plāns ar ēku izvietojumu un norādi, cik laika jāpatērē, lai nokļūtu līdz lielākām pilsētām un apdzīvotām vietām.

Beberu iedzīvotāju priekšstats par ciematu pirms pārcelšanās uz jauno mājvietu raksturojams kā klusa un sakārtota dzīvojamā telpa, kurā būs pieejami ikdienas dzīvē nepieciešamākie pakalpojumi, piemēram, pārtikas un saimniecības preču veikals, aptieka, kā arī rekreācijas iespējas. Šis iedzīvotāju priekšstats atbilst attīstītāju veidotajai reklāmas tēla koncepcijas elementam – kvalitatīva un daudzfunkcionāla ikdienas dzīves telpa. Cilvēki, iegādājoties nekustamo īpašumu Beberos, cerējuši, ka reklāmā solītā ciemata daudzfunkcionālā dzīves telpa tiks izveidota ciemata attīstības laikā. Tāpat nozīmīgs nosacījums lēmumam par pārcelšanos uz Beberiem ir bijis ciemata ģeogrāfiskā atrašanās vieta – tuvu gan Rīgai, gan Jūrmalai.

Ciematā iedzīvotājus apmierina gan apkārtējā ainava, gan vides kvalitāte, kā arī mājokļu labiekārtojums, bet negatīvāka attieksme ir pret pakalpojumu pieejamību, jo sevišķi to, kas tikuši solīti ciemata reklāmā, radot vīziju par ikdienas dzīvi. Tāpat iedzīvotājus neapmierina pieejamo pakalpojumu kvalitāte un nodrošinājums, kas ne vienmēr atbilst ciemata reklāmā solītajam. Pašlaik tuvākā vieta, kur ciemata iedzīvotājiem ir pieejami gan sociālie, gan apkalpes infrastruktūras objekti, ir Piņķi. Arī nākotnē attīstītāji paredz, ka daļu pakalpojumu vietējie iedzīvotāji varēs saņemt Piņķos, bet diemžēl nav atrisināta Rīgas apvedceļa šķērsojuma problēma. Zīmīgi ir tas, ka vietējo iedzīvotāju minētie dzīvesvietas maiņas iemesli, pārceļoties uz Beberiem, ir tie paši, kas, dzīvojot Beberos, konstatēti kā ikdienas dzīves telpas trūkumi.

Kopumā Beberu attīstības koncepcija, pēc kuras veidots arī vietas un reklāmas tēls, vērtējama kā kvalitatīva, jo tajā plānots integrēt dažādas funkcijas, kā arī attīstīt iedzīvotāju ikdienas dzīvē nepieciešamos pakalpojumus. Diemžēl līdz šim ciemata attīstībā galvenokārt uzsvērtā dzīvojamās funkcijas realizācija, bet rekreācijas un iepirkšanās funkcijas vēl joprojām ir attīstītāju nākotnes vīzija. Tas atspoguļojas arī iedzīvotāju attieksmē pret savu dzīves telpu – iedzīvotājiem patīk viņu dzīves telpa, bet pietrūkst atsevišķu funkciju un dažādu pakalpojumu, kas tiek solīti reklāmā, bet vēl nav īstenoti. Astoņu gadu laikā, kopš tika uzsākta ciemata būvniecība, attīstītājiem nav izdevies ciemata teritoriju radīt kā daudzfunkcionālu un kvalitatīvu ikdienas dzīves telpu. Tādēļ Beberi pašlaik ir uz privātajām automašīnām orientēts Rīgas pilsētas dzīvojamais rajons un līdzinās daudziem citiem līdzīgiem jaunās būvniecības projektiem.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

- Ashworth G. J., Kavaratzis M. (2005) City Branding: an Effective Assertion of Identity or a Transitory Marketing Trick? *Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie*, 96 (5), 506–514.
- Buttimer A. (1976) Grasping the Dynamism of Lifeworld. *Annals of the Association of American Geographers*, 66 (2), 277–292.
- Cook I. (1997) Participant Observation. In: Flowerdew R., Martin D. (eds.) *Methods in Human Geography: a Guide for Students Doing Research Project*. London, Sage, p. 127–50.
- Eyels J. (1987) Housing Advertisements as Signs: Locality Creation and Meaning – Systems. *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography*, 69 (2), 93–105.

Latio (2009) *Vairāk par koncepciju*. SIA „Latio”. [Skatīts 18.12.2009.] Pieejams: <http://beberi.lv/page.php?id=44>

Laurier E. (2006) Participant Observation. In: Clifford N., Valentine G. (eds.) *Key Methods in Geography*. London, Sage Publications, p. 135–148.

Lifeworld. (1997) In: Mayhew S. (ed.). *Oxford Dictionary of Geography*. 2nd ed. Oxford, Oxford University Press, p. 256–257.

Smiļģe S. (2006) Haotisks lupatu deķis. *Kultūras Diena*, 10. marts, 11. lpp.

Springe I. (2005) Pelējums uz Beberu sienām. *Mājoklis, Auto*, 25. augusts, 4. lpp.

Summary

This paper is based on the bachelor's thesis „Lifeworld and quality of life versus developers created image: case of suburban village „Beberi”” and the case study that was made during the research period. The aim of this paper is to recognise lifeworld and quality of life in the suburban vilage „Beberi” and to compare it with advertisements presented place image. The theoretical part discusses elements that form lifeworlds, the process of place image formation, the place advertising and branding and how they are applied to suburban villages. The paper's empiric research describes a village's mental image made by its development and how this image has affected prospective inhabitants' decision to move to the village and how it shapes the contemporary opinion of their everyday life.

Keywords: *lifeworld; quality of life, place marketing and branding, city selling.*

LU Akadēmiskais apgāds
Rīgā, Baznīcas ielā 5, LV-1010
Tālrunis: 67034535

Iespiests SIA «Latgales druka»
Rēzekne, Baznīcas ielā 28, LV-4601
Tālrunis/fakss: 64625938