



TARTU ÜLIKOOL  
EESTI RAHVUSÜLIKOOL



---

---

PUBLICATIONES INSTITUTI GEOGRAPHICI  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS

---

---

113

# Uurimusi eestikeelse geograafia 100. aastapäeval



*Toimetajad: Taavi Pae, Ülo Mander*

Tartu, 2019



PUBLICATIONES INSTITUTI GEOGRAPHICI  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS

113

UNIVERSITY OF TARTU  
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

PUBLICATIONES INSTITUTI GEOGRAPHICI  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS

113

# **100 Years of Estonian Geography: Selected Studies**

Published for the 100th Anniversary  
of the Department of Geography, University of Tartu

*Editors:*

***Taavi Pae, Ülo Mander***

Tartu 2019

TARTU ÜLIKOOL  
GEOGRAAFIA OSAKOND

PUBLICATIONES INSTITUTI GEOGRAPHICI  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS  
113

# **Uurimusi eestikeelse geograafia 100. aastapäeval**

*Toimetajad:*

*Taavi Pae, Ülo Mander*

Tartu 2019



Väljaandja / Publisher  
Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituut, geograafia osakond  
Vanemuise 46, 51014 Tartu  
Eesti / Estonia  
[www.geograafia.ut.ee](http://www.geograafia.ut.ee)  
[www.facebook.com/geograafia/](http://www.facebook.com/geograafia/)

Toimetuskolleegium / Editorial advisory board  
Jaak Jaagus, Ülo Mander, Tõnu, Oja, Taavi Pae,  
Tiit Tammaru, Evelyn Uuema

Toimetajad / Editors  
*Taavi Pae, Ülo Mander*

Keeletoimetaja / Language editor  
Silvia Sokk

Kaanekujundus / Cover design  
Kalle Paalits

Küljendus / Layout  
Tiia Ilus

Inglise keel / English  
Jaan Pärn

Autoriõigus Tartu Ülikooli geograafia osakond, 2019

ISSN 1406-3069  
ISBN 978-9949-03-241-9 (trükis)  
ISBN 978-9949-03-242-6 (pdf)

Tartu Ülikooli Kirjastus  
[www.tyk.ee](http://www.tyk.ee)

## Eessõna

Käesolev artiklite kogumik on omalaadsete seas neljas. On kujunemas tava, mille kohaselt ilmub Tartu ülikooli geograafia osakonna juubeliga seoses iga viie aasta järel eestikeelne ülevaade osakonna tegemistest ja siin esindatud uurimissuundadest. Käesoleva kogumiku 25 artiklit annavad vaid osalise läbilõike teemadest, millega geograafia osakonna igapäevases teadustöös tegeletakse.

Kogumik algab viimase viie aasta jooksul osakonna tegevuse ja rahastamise ülevaatega. Järgnevad geograafia osakonna ajalugu käsitlevad uurimused, mille hulka kuulub ka ülevaade geograafide kõige tähtsamast ruumist – Granö auditooriumist.

Geoinformaatika ja kartograafia alased artiklid käsitlevad geoinfosüsteemide õpetamist nii Eestis kui ka laiemalt maailmas ning kaugseire ja kaartide kvaliteedi aspekte.

Inimgeograafilised tööd jagunevad laias laastus kahe teemaploki vahel. Mobiilsus-uuringute labori teadlaste artiklid näitavad mobiilpositsioneerimise võimaluste kasutamist ühiskonnauuringutes. Teine inimgeograafide uurimissuund käsitleb klassikalist linnageograafiat ja rändeteemasid.

Ka loodusgeograafilised teemad jagunevad kaheks suuremaks teemaks. Traditsiooniliselt on geograafia osakonnas tegeletud klimatoloogiaga ja siinseski kogumikus leiame mitu sellealast uuringut. Teine teemagrupp käsitleb maastikuökoloogia protsesse nii lokaalsel kui ka globaalsel tasemel.

Head lugemist emakeelse geograafia ja Rahvusülikooli juubeliaastal!

Toimetajad

## Sisukord

<b>Ülo Mander, Tõnu Oja, Tiit Tammaru</b> Tartu Ülikooli geograafia osakonna teadustöö ja kraadiõpe aastatel 2015–2019 .....	11
<b>Taavi Pae, Erki Tammiksaar</b> Geograafia osakonna süda – Granö auditoorium .....	21
<b>Anneli Palo, Jaanus Remm</b> Loodusdirektiivi metsaelupaikade LIDARi-põhise kaugseire perspektiiv.....	32
<b>Jüri Roosaare</b> GISi-õpe läbi aastate meil ja mujal .....	51
<b>Kiira Mõisja</b> Eesti põhikaardi kvaliteet: temaatilise õigsuse ja täielikkuse analüüs.....	65
<b>Holger Virro, Jüri Roosaare</b> Eesti linnade kasvu kvantifitseerimine linnalise ala tiheduse funktsiooni näitel.....	83
<b>Iuliia Burdun, Valentina Sagris, Anneli Palo</b> Kuidas hinnata raba niiskust kosmosest? .....	97
<b>Tiit Tammaru, Kristi Anniste, Karin Kangur</b> Eestlased Soomes ja Eestisse tagasirände kavatsused .....	106
<b>Kirsti Vill, Siiri Silm, Keiu Telve</b> Hargmaiste meediakasutus ja IKT mõju seotusele kodumaaga .....	129
<b>Veronika Mooses, Siiri Silm</b> Kes reisib rohkem – eestlased või venekeelne elanikkond? Etnilised erinevused reisikäitumises mobiilpositsioneerimise andmetel.....	148
<b>Anto Aasa, Pilleriine Kamenjuk, Erki Saluveer, Janika Raun</b> Mobiilpositsioneerimise andmete ruumiline interpoleerimine rahvastikustatistika tootmiseks.....	168

<b>Janika Raun, Anto Aasa, Erki Saluveer, Margus Tiru, Siiri Silm</b>	
Turismisihtkoha ajalise ja ruumilise ulatuse mõõtmine mobiilpositsioneerimise andmetega .....	186
<b>Age Poom</b>	
Tegevusruumiuuringud GPSi andmete abil: mobiilsuuringute labori andmeinfrastruktuur.....	204
<b>Kadi Kalm</b>	
Annelinna elanikkond muutumises .....	215
<b>Kadri Leetmaa</b>	
Paneelilamurajoonide kuvand – vaade seest ja väljast Annelinna näitel.....	233
<b>Tiia Rõivas, Anni Kaup</b>	
Tartu õpilaste liikumisviisid ja ohud kooliteel .....	248
<b>Jaak Jaagus</b>	
Põuasuse muutused Eestis .....	264
<b>Alisa Krasnova, Kaido Soosaar, Veiko Uri, Dmitrii Krasnov, Steffen Noe, Jaak Jaagus, Ülo Mander</b>	
Eesti metsade süsinikubilanss 2018. aasta põua ja kuumalaine tingimustes...	274
<b>Mait Sepp, Piia Post, Merily Lakson</b>	
Tsirkulatsioonitüüpide muutused või muutuvad tsirkulatsioonitüübid? .....	283
<b>Ivika Ostonen, Ülo Mander, Krista Lõhmus</b>	
Maa-alune maastikuökoloogia ehk ökosüsteemide juure- ja risosfääriuuringud maastikel.....	299
<b>Mikk Espenberg, Jaan Pärn, Kuno Kasak, Ülo Mander</b>	
Lämmastiku mikrobioloogiline aineringe ning N <sub>2</sub> O ja N <sub>2</sub> emissioonid troopilistel turbaaladel.....	308
<b>Jaan Pärn, Kaido Soosaar, Thomas Schindler, Kateřina Macháčová, Ülo Mander</b>	
Kasvuhoonegaaside mõõtmine Amasoonia soodes.....	323
<b>Keit Kill, Rauno Lust, Ülo Mander, Kuno Kasak</b>	
Põllumajandusliku hajukoormuse vähendamine avaveelise tehismärgala abil .....	330

<b>Martin Maddison, Järvi Järveoja, Alar Teemusk, Birgit Viru, Raili Torga, Ivika Ostonen, Ülo Mander</b>	
Veetaseme mõju kasvuhoonegaaside emissioonile energiaheina <i>Phalaris arundinaceae</i> katsealal Keressaare jääksoos.....	344
<b>Maris Kruuse, Ragne Oja, Peeter Anijalg, Urmas Saarma, Harri Valdmann, Tõnu Oja</b>	
Geograafid koos zooloogidega metsas ehk Mida uut oleme teada saanud Kose-Mäo põtrade liikumisuuringust? .....	354



## **Tartu Ülikooli geograafia osakonna teadustöö ja kraadiõpe aastatel 2015–2019**

Ülo Mander, Tõnu Oja, Tiit Tammaru

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### **1. Sissejuhatus**

Teadustöö on nüüdisaegse ülikooli kõige olulisem tunnus, mis eristab teda teistest kõrgkoolidest. Seda teevad valdavalt kraadiõppurite – doktorantide ja magistrantide – abil teadustöötajad ja õppejõud. Käesolev artikkel jätkab Ülo Manderi ja Tõnu Oja (2004; 2009; 2014) alustatud TÜ geograafia osakonna teadustöö ja kraadiõppe ülevaateid<sup>1</sup>.

### **2. Teadustöö**

#### **2.1. Rahastamine**

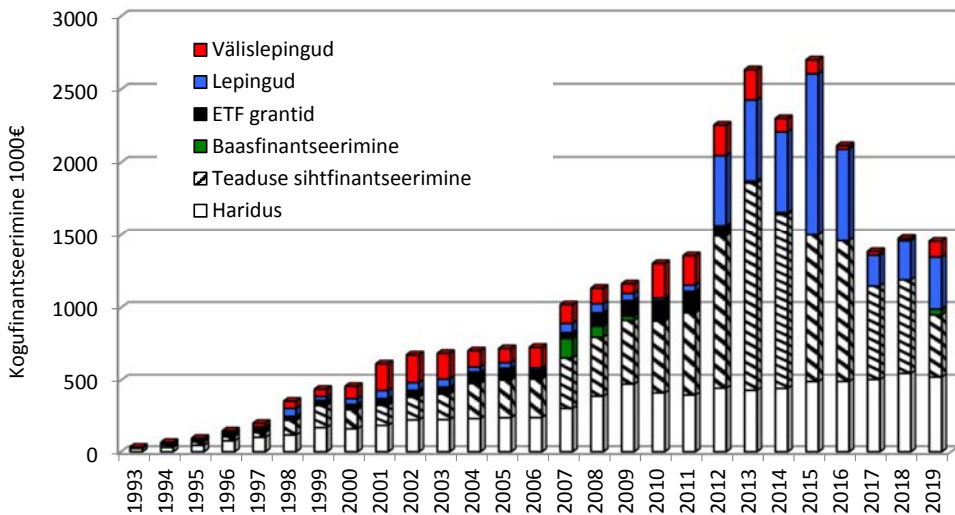
Teadustööd rahastatakse peamiselt sihtfinantseerimise, baasfinantseerimise ning riiklike ja mitmesuguste Euroopa Liidu lepingute kaudu. Sihtfinantseerimise all mõeldakse Haridus- ja Teadusministeeriumi (HTM) poolt kuni aastani 2012 eraldatud sihtfinantseerimise teemasid, 2012–2017 Eesti Teadusagentuuri (ETAG) hallatavaid institutsionaalseid uurimistoetusi (IUT) ning alates 2018. aastast nende asemele tulnud personaalseid uurimistoetusi (PUT) rühmagrantidena ning välismaalt tagasitulnud teadlaste uurimistoetusi. Sellesse kategooriasse on arvestatud ka teaduse infrastruktuuri toetavad projektid ning tippkeskuste rahastamine. Baasfinantseerimisega (alates 2007. aastast) kaetakse mitmes ELi projektis ette nähtud omafinantseeringut, samuti üldkulusid. Lepingutena on käesolevas jaotuses arvestatud mitut valdavalt sisemaist lepingulist tööd (Keskkonnauuringute Keskuse (KIK), ministeeriumide ja ettevõtetega sõlmitud lepingud), samuti ETAGi juhitavaid riiklikke programme, näiteks RITA programmi „Valdkondliku teadus- ja arendustegevuse tugevdamise tegevus 1 „Strateegilise teadus- ja arendustegevuse toetamine““. Välislingutena käsitletakse ELi raamprogrammide raames sõlmitud lepinguid. Alates 2012. aastast kadunud Eesti Teadusfondi (ETF) grantid on asendatud personaalsete

---

<sup>1</sup> 2014. aasta artikli kaasautor oli ka Rein Ahas.

uurimistoetustega (PUT) (vt joonis 1). Kaudselt on teadustöö rahastamise allikas ka HTMi riiklik koolitustellimus, mille arvelt kaetakse tööruumidega seotud kulud (koos siht- ja baasfinantseerimisega kaasnevate infrastruktuuri rahastamise vahenditega) ning õppejõudude tööjõukulud. Käesolevas ülevaates siiski ei kajastata erinevaid nii baasfinantseerimise kaudu kui ka otse üldkuludena kaetavaid ruumide ülalpidamise kulusid.

Geograafia osakonna olulisim teaduse finantseerimise allikas vaatlusperioodil 2014–2019 on olnud sihtfinantseerimine (joonis 1), mis oli peamiselt esindatud kahe IUT-ga (mõlemad eraldatud aastateks 2013–2018, vastutavateks täitjateks prof Ü. Mander ning prof Rein Ahas ja prof T. Tammaru). Lisaks rahastati osakonna teadustööd kahest teaduse tippkeskusest: keskkonnamuutustele kohanemise tippkeskusest ENVIRONist (2011–2015, juht prof Ülo Niinemets Eesti Maaülikoolist, Ü. Manderi töörühm osaleb ühe partnerina) ja tippkeskusest EcolChange – Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes (2016–2023, üldjuht prof Ülo Niinemets, Tartu Ülikooli poolne juht prof Martin Zobel, Ü. Manderi töörühm osaleb ühe partnerina). Alates 2019. aastast asendavad sihtfinantseerimist kaks personaalse uurimistoetuse rühmagranti, vastutavateks täitjateks prof Ü. Mander ja prof T. Tammaru, ent paraku jäävad rühmagrantide rahastamise mahud varasematele sihtfinantseerimistele märgatavalt alla. Võrreldes eelmise tippkeskusega on oluliselt kahanenud uue, EcolChange'i tippkeskuse finantseerimine.



**Joonis 1.** Geograafia osakonna teadus- ja õppetöö finantseerimine aastatel 1993–2019

**Figure 1.** Research and education financing of the Department of Geography in 1993–2019



Sisemaised lepingud on alates 2012. aastast sihtfinantseerimise järel suuruselt teine teaduse rahastamise allikas. 2015. aastal lõppes KESTA projekt, kuid jätkusid KIKi lepingud. Hiljem on lisandunud veel uued lepingud KIKilt, ministriumidelt ja riigiametilt. Välislepingute summad on võrreldes eelmise vaatlusperioodiga samuti vähenenud, olles vahemikus 17 000–109 000 eurot aastas (2010–2014 oli see 91 000–237 000 eurot aastas).

Hariduse finantseering on alates 2009. aastast vähesel määral kasvanud (474 000 eurot 2009. aastal, 523 000 eurot 2019. aastal), olles mõnevõrra madalam aastatel 2010–2014. Viimati nimetatud perioodil lisandusid välisdoktorantide toetuseks mõeldud finantsid programmide ERMOs, MOBILITAS ja DoRa, kuid see moodustab väikese osa kogu perioodi haridussummadest ning toetab valdavalt teadusuuringuid ja publitseerimist. Samad rahastusskeemid on jätkunud ka aastatel 2015–2019. Teaduse rahastamise oluline kahanemine on põhjustanud teadus- ja haridussummade erinevuse vähenemise. Kuivõrd teadurite osakaal õppetöös on märkimisväärne, siis pingestab teaduse rahastamise vähenemine oluliselt ka õpetamisprotsessi.

## **2.2. Publitseerimine**

Eelretsenseeritavate teadusartiklite (Eesti Teadusinfosüsteemi (ETIS) klassifikatsiooni alusel 1.1, 1.2 ja 3.1 kategooria publikatsioonid, millest 1.1 ja 3.1 on indekseeritud rahvusvahelises Thomson Reutersi ISI Web of Science (WoS) (viimasel ajal ka Clarivate WoSina tuntud) teadusinfosüsteemis) arv on ajavahemikul 2014–2019 mõnevõrra vähenenud: 53–63 artiklilt 35–50 artiklile aastas (joonis 2). Varasema perioodiga võrreldes on kahjuks vähenenud ka ISI WoSi poolt indekseeritud artiklite arv. Samal ajal on aga paranenud teaduspublikatsioonide kvaliteet, mida väljendab kõrgema mõjuteguriga ajakirjades avaldatud artiklite osakaalu suurenemine. Eesti-keelse teaduskirjanduse allikatena on jätkuvalt olulised TÜ geograafiaalased toimetised (Publicaciones Geographici Universitatis Tartuensis), kus ilmub ka käesolev kogumik, ning Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat.

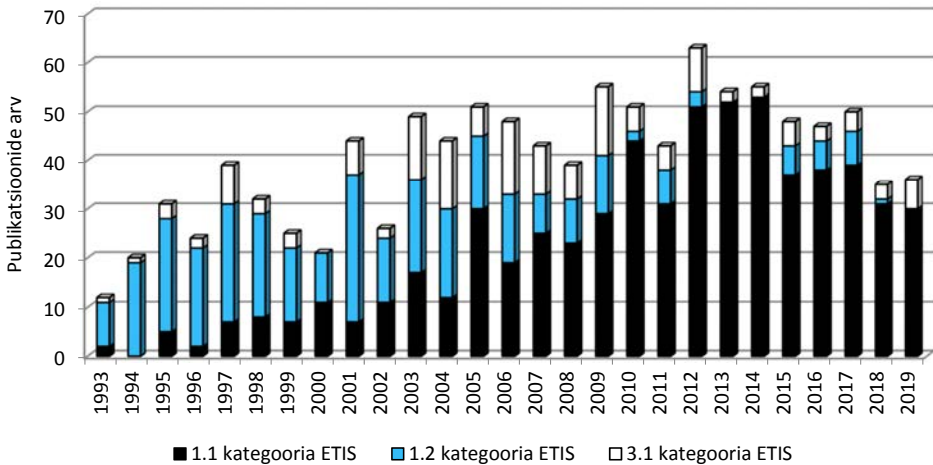
Teadusartiklite tsiteeritavus on samuti jätkanud kasvutendentsi. Hetkeseisuga (oktoober 2019) on geograafia osakonna töötajate ISI WoSis indekseeritud teadusartikleid tsiteeritud enam kui 15 000 korda. Enim tsiteeritud artikkel on prof R. Ahase ja vanemteadur Anto Aasa kaasautorsuses 2006. aastal ajakirjas *Global Change Biology* avaldatud uurimus Euraasia fenoloogilise mustridünaamikast seoses kliimamuutustega.

Prof Ü. Mander kuulub Clarivate WoSi andmetel 1% maailma enim tsiteeritava teadlase hulka ökoloogia ja keskkonnateaduste valdkonnas.

Teadusartikli hind on ajavahemikul 2015–2019 proportsionaalselt teaduse finantseerimise vähenemisega kahanenud: 42 000 eurot 24 000 euroniks. Teaduse

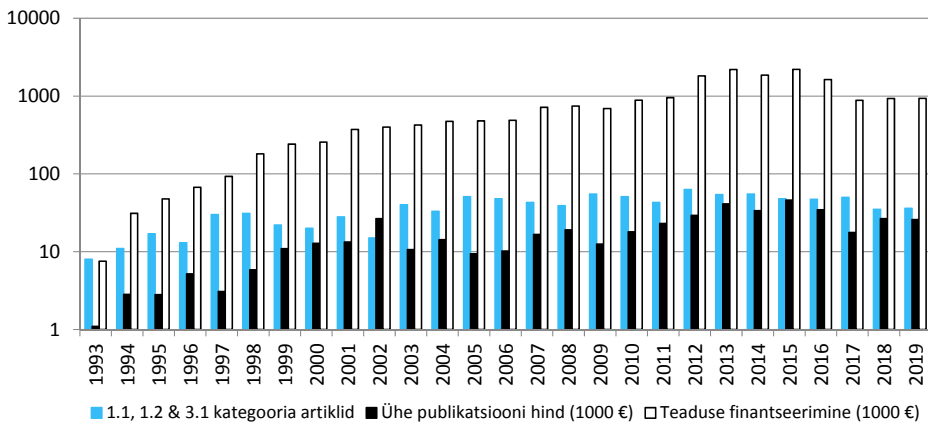
rahastamise vähenemine kajastub vähemal määral ka publikatsioonide arvu kahaneses (joonis 3).

Lisaks teadusartiklitele on geograafia osakonnas ilmunud ka kaks suuremahulist teost. Jüri Roosaare eestvedamisel ilmus 2019. aasta kevadel „Geoinformaatika õpik kõrgkoolidele“ ning Taavi Pae koostamisel 2019. sügisel „Eesti rahvusatlas“ (koostöös kaardifirmaga Regio). Mõlemad teosed on pühendatud eestikeelse geograafiahariduse 100. sünnipäevale.



**Joonis 2.** Geograafia osakonna teadusartiklid aastatel 1993–2019

**Figure 2.** Scientific publications of the Department of Geography in 1993–2019. ETIS 1.1. and ETIS 3.1 category papers are indexed by Clarivate ISI Web of Knowledge



**Joonis 3.** Geograafia osakonna teaduse finantseerimine, rahvusvaheliste publikatsioonide arv ja ühe publikatsiooni keskmine maksumus aastatel 1993–2019

**Figure 3.** Research financing, number of peer-reviewed (Clarivate Web of Knowledge + 1.2 category) papers and average price per publication of the Department of Geography in 1993–2019

### **2.3. Tunnustused**

Aastatel 2015–2019 on märkimisväärsete tulemustega silma paistnud just inim-geograafid. Varalahkunud prof R. Ahas oli kolme aasta vältel (2013–2015) Eesti Teaduste Akadeemia (ETA) uurija-professor ning 2018. aastal valiti prof T. Tammaru esimese Eesti geograafina ETA korraliseks liikmeks, inimgeograafia erialal.

2018. aastal valiti ka uus geograafia audoktor, kelleks on Genti Ülikooli (Belgia) majandusgeograafia professor Frank Witlox. Koos varem audoktoriteks valitud emeritprofessor Marc Antropiga Genti Ülikoolist (geograafia erialal 2007. aastal) ning professor William J. Mitschiga Florida FGCU Ülikoolist (loodusteaduse erialal 2010. aastal) on ta üks kolmest veel elus olevast osakonna audoktorist, kelle toetus on osakonna arengule endiselt väga väärtuslik.

### **2.4. Valusad kaotused**

Vaadeldaval perioodil tabas geograafia osakonda mitu valusat kaotust. 15. juulil 2017. aastal lahkus meie hulgast geograafia eriala audoktor professor Anne Buttimer. Professor R. Ahase ootamatu surm suusarajal 18. veebruaril 2018. aastal oli Tartu ülikoolile ja Eesti haritlaskonnale valus löök. Teadlas- ja õppejõukarjääri tipus ootamatu lahkumine jätab korvamatult jälje kogu osakonna arengule, aga kolleegide kohustus on Reinu tööd jätkata ja suunda edasi arendada. 7. mail 2019. aastal lahkus ootamatult mullateaduse dotsent Arno Kanal, osakonna õppejõudude raudvara.

## **3. Kraadiõpe (teaduskraadid)**

Doktoriõpe on jätkunud saavutatud tempos: viimasel viiel aastal kaitstud doktoritööde arv on jäänud eelmise viieaastase perioodiga võrreldes umbes samale tasemele: 20-lt tõusnud 21-le (tabel 1, joonis 4). Lisaks geograafia õppekavale annavad jätkuvalt olulise panuse keskkonnatehnoloogia (KKT) õppekava raames valminud tööd. Kitsamate erialade arvestuses on kaitstud tööde arv enam-vähem sama: inimgeograafia 6, geoinformaatika 3, loodusgeograafia 2, maastikuökoloogia ja keskkonnakaitse 5. Sii lisanduvad keskkonnatehnoloogia valdkonna 5 kaitstud doktoritööd (tabel 1). Seda hoolimata doktorantide arvu kasvust (koos KKT eriala doktorantidega perioodil 2014–2019 47-lt 50-le), teaduse finantseerimise suurenemisest (2009. aastal 690 000, 2014. a 1,854 miljonit ning 2019. a 934 000 eurot) ning teaduspublikatsioonide arvu kasvust ja kvaliteedi paranemisest (vt joonised 2 ja 3).

Kraadiõppes on edasine oluline ülesanne doktoriõppe edukuse märgatav paranamine. Selleks peavad oma panuse andma eeskätt osakonna professorid, dotsendid ja vanemteadurid. Lisaks kolmele korralisele professorile ja õppetooli juhatajale (Ü. Mander – loodusgeograafia ja maastikuökoloogia õppetool, osakonna juhataja

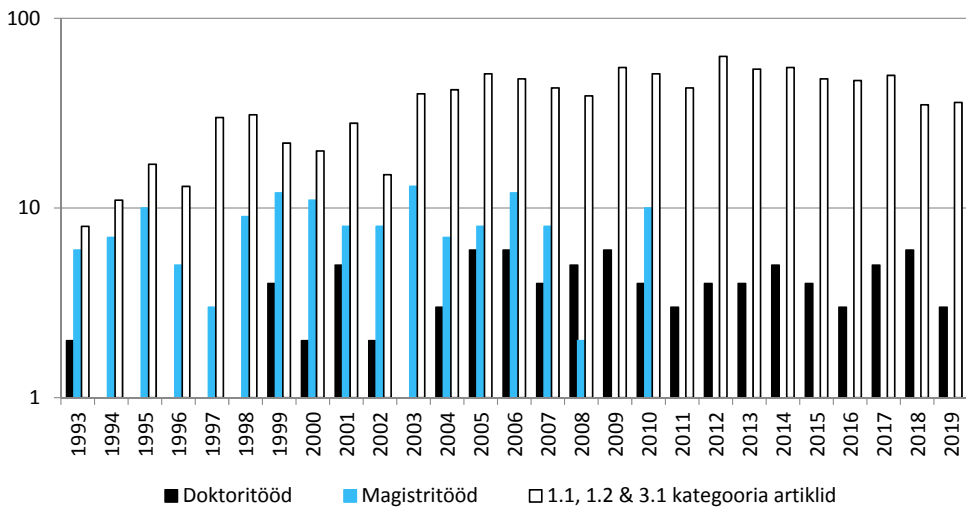
2002–2012 ning 2016–2019; Tõnu Oja – geoinformaatika ja kartograafia õppetool; Rein Ahas – inimgeograafia ja regionaalplaneerimise õppetool, kuni 2018, Tiit Tammaru – inimgeograafia ja regionaalplaneerimise õppetool alates 2018) ning kahele emeriitprofessorile (Ann Marksoo ja Ott Kurs, mõlemad inimgeograafia erialal) tegutsevad osakonnas veel kolm korralist professorit: Jaak Jaagus klimatoloogia erialal (alates 2008. aastast; osakonna juhataja 2012–2016) ning Tiit Tammaru rahvastikugeograafia erialal (2009). Keskkonnatehnoloogia professor Jaak Truu (2013) siirdus 2019. aasta algusest uuele tööle raku- ja molekulaarbioloogia instituuti.

**Tabel 1.** Tartu Ülikooli geograafia osakonnas 2015–2019 kaitstud doktoritööd (numeratsioon jätkub analoogilisest tabelist Mander *et al.* (2014)). Doktoritööde erialad: IG – inimgeograafia, GI – geoinformaatika, KKT – keskkonnatehnoloogia (ökotehnoloogia), LG – loodusgeograafia, MÖ/KK – maastikuökoloogia ja keskkonnakaitse

**Table 1.** PhD thesis at the department of geography, University of Tartu 2015–2019. (The numeration proceeds from a similar table in Mander *et al.* (2014)). Specialities: IG – human geography, GI – geoinformatics, KKT – environmental technology (ecological engineering), LG – physical geography, MÖ/KK – landscape ecology and environmental protection

Autor	Eriala	Aeg	Pealkiri	Juhendaja
71. Piret Pungas-Kohv	IG	12.06.2015	Between maintaining and sustaining heritage in landscape: The examples of Estonian mires and village swings.	Tõnu Oja, Hannes Palang
72. Mart Reimann	MÖ/KK	12.06.2015	Formation and assessment of landscape recreational values.	Hannes Palang, Tõnu Oja
73. Teele Ligi	KKT	12.11.2015	Bacterial community structure and its genetic potential for nitrogen removal in the soils and sediments of a created riverine wetland complex.	Marika Truu, Jaak Truu
74. Järvi Järveoja	MÖ/KK	13.11.2015	Fluxes of the greenhouse gases CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O from abandoned peat extraction areas: Impact of bioenergy crop cultivation and peatland restoration.	Ülo Mander, Martin Maddison
75. Raili Torga	MÖ/KK	11.04.2016	The effects of elevated humidity, extreme weather conditions and clear-cut on greenhouse gas emissions in fast growing deciduous forests.	Ülo Mander, Krista Lõhmus
76. Kuno Kasak	KKT	21.06.2016	Greenhouse gas emissions and water treatment efficiency in subsurface flow filter using various substrates.	Ülo Mander, Marika Truu
77. Mari Nuga	IG	28.09.2016	Soviet era summerhouses on homes and planning in post-socialist suburbia.	Kadri Leetmaa
78. Age Poom	IG	02.03.2017	Spatial aspects of the environmental load of consumption and mobility.	Rein Ahas, Kati Orru

<b>Autor</b>	<b>Eriala</b>	<b>Aeg</b>	<b>Pealkiri</b>	<b>Juhendaja</b>
79. Merle Muru	GI	12.05.2017	GIS-based paleogeographical reconstructions of the Baltic Sea shores in Estonia and adjoining areas during the Stone Age.	Raivo Aunap, Alar Rosentau
80. Mikk Espenberg	KKT	10.11.2017	Impact of management on peatland microbiome and greenhouse gas emissions.	Marika Truu, Jaak Truu
81. Jens-Konrad Preem	KKT	10.11.2017	Forest soil bacterial community analysis using high-throughput amplicon sequencing.	Jaak Truu, Ülo Mander
82. Ülle Napa	LG	28.11.2017	Heavy metals in Estonian coniferous forests.	Jane Frey, Ivika Ostonen-Märtin
83. Liisi Jakobson	LG	19.06.2018	Mutual effects of wind speed, air temperature and sea ice concentrations in the Arctic and their teleconnections with climate variability in the eastern Baltic Sea region.	Jaak Jaagus, Erko Jakobson
84. Tanel Tamm	GI	28.08.2018	Use of local statistics in remote sensing of grasslands and forests.	Kalle Remm, Karlis Zālīte
85. Enel Pungas	IG	13.11.2018	Differences in Migration Intentions by Ethnicity and Education: The Case of Estonia.	Tiit Tammaru
86. Kadi Mägi	IG	13.11.2018	Ethnic residential segregation and integration of the Russian-speaking population in Estonia.	Kadri Leetmaa
87. Kiira Mõisja	GI	07.12.2018	Thematic accuracy and completeness of topographic maps.	Evelyn Uuema, Tõnu Oja
88. Kristjan Oopkaup	KKT	14.12.2018	Microbial community and its relationship with pollutant removal in treatment wetlands	Jaak Truu, Marika Truu
89. Kristiina Kukk	IG	22.05.2019	Understanding the vicious circle of segregation: The role of leisure time activities.	Tiit Tammaru
90. Kaie Kriiska	MÖ/KK	28.08.2019	Variation in annual carbon fluxes affecting the soil organic carbon pool and the dynamics of decomposition in hemiboreal coniferous forests.	Ivika Ostonen-Märtin, Jane Frey
91. Pille Metspalu	IG	07.10.2019	The changing role of the planner. Implications of creative pragmatism in Estonian spatial planning.	Kadri Leetmaa



**Joonis 4.** Geograafia osakonnas kaitstud doktori- ja teadusmagistritööde ning rahvusvaheliste eelretsenseeritavate publikatsioonide arv aastatel 1993–2019

**Figure 4.** The number of defended PhD and MSc theses, and peer-reviewed (Clarivate Web of Knowledge + 1.2 category) papers of the Department of Geography in 1993–2019

#### 4. Kokkuvõte

Viimase kuue aasta jooksul on toimunud teaduse finantseerimise vähenemine: 2,205 miljonilt eurolt 2013. aastal 934 000 euroni 2019. aastal, seevastu hariduse rahastamises on kasv alates 2009. aastast olnud palju aeglasem: 476 000 eurolt 523 000 euroni. Teaduse rahastamise vähenemine on mõnevõrra oodatud, sest ajavahemikku 2012–2016 jäid suured teadusaparatuuri kvaliteedi parandamiseks ette nähtud toetused (nt ELi tõukefondide abil rahastatud maastiku aineriinge labor, Eesti teadustaristu teekaardi objekti Eesti Keskkonnaobservatoorium projekt, programm KESTA), mille arvel sisustati uued laborid keskkonnatehnoloogia ja maastiku aineriinge uuringuteks ning rajati uued väljaamad. Nii laborid kui ka Soontaga väljaam tegutsevad edukalt ja on saanud täiendust mitme uue jaama näol, millest Agali ja Kauru on kavandatud pikaajalisteks uuringuteks. Endiselt on laborite efektiivsemat kasutamist mõnevõrra takistanud ruumide piiratus ja kvaliteet, mis on edasise arengu seisukohalt piirav tegur. Lisaks Eestis tehtud uuringutele on loodusgeograafide poolt viimase viie aasta jooksul olulist rõhku pandud maailma eri piirkondadesse korraldatud ekspeditsioonidele, mis on eeskätt suunatud soomuldade kasvuhoonegaaside emissiooni analüüsile. Valdavalt inimgeograafide eestvedamisel on rajatud rahvusvaheline mobiilsuslabor, mis tegeleb rahvastiku-uuringutega reaajas, kasutades moodsat infotehnoloogia riist- ja tarkvara. Osakonna teadustöö

baasiks on olnud kaks IUT-tüüpi uurimistaotlust, mis lõppesid 2018. aastal, kuid mille asemele õnnestus saada kaks uut tüüpi rühmagranti, ehkki üle kahe korra väiksema rahastusmääraga. Alates 2016. aastast osaletakse EcolChange'i tippkeskuses, täidetakse paljusid nii sisemaiseid kui ka rahvusvahelisi lepingulisi projekte. Osakonna töötajate kaasautorsuses avaldatud teadusartiklite arv on mõnevõrra kahenenud, kuid suurenenud on kõrgetasemelistes ajakirjades avaldatud kvaliteetsemate publikatsioonide osakaal. Teaduse rahastuse languse taustal on kaitstud doktoritööde arv jäänud üsna samale tasemele võrreldes viimase 15 aasta keskmisega, kõikides vahemikus 3–6 tööd aastas. Võrreldes 5 aasta taguse perioodiga on doktorantide arv aga kasvanud, 47-lt 50-ni, seda koos osakonna poolt juhendatavate keskkonnatehnoloogia doktorantidega. Selle põhjuseks on jätkuvalt suur väljalangevus ning enamiku doktorantide doktoriõppe nominaalaja (4 aastat) pikenemine tervislikel ja muudel põhjustel on murettekitav, mistõttu doktoriõppe edukuse parandamine on lähituleviku üks olulisemaid ülesandeid. Eesti päritoluga doktorikraadi taotlejate huvi languse taustal on aga oluliselt suurenenud välismaalt pärit doktorantide arv: geograafia ja keskkonnatehnoloogia erialade peale kokku on neid hetkel 15 riigist. Neile lisanduvad seitse külalisdoktoranti, kes on lühema perioodi vältel osakonnas õppinud. Rahvusvahelistumine on oluliselt kasvanud aga tänu uuele ingliskeelsele magistrierialale „Linnastunud ühiskonna geoinformaatika“, millega alustati prof R. Ahase initsiatiivil 2017. aastal ja millest osavõtjad on pärit 20 riigist.

## Kirjandus

- Mander, Ü., Oja, T. 2004.** Tartu Ülikooli geograafia instituudi teadustöö ja kraadiõpe aastatuhande vahetusel. *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis* 89: 9–25.
- Mander, Ü., Oja, T. 2009.** Tartu Ülikooli geograafia osakonna teadustöö ja kraadiõpe aastatel 2005–2009. *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis* 108: 9–19.
- Mander, Ü., Oja, T., Ahas, R. 2014.** Tartu Ülikooli geograafia osakonna teadustöö ja kraadiõpe aastatel 2010–2014. *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis* 111: 11–20.

## **Research and graduate level education of the Department of Geography, University of Tartu in 2015–2019**

Ülo Mander, Tõnu Oja, Tiit Tammaru  
Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

This paper continues the analyses of research and PhD and MSc level education at the Department of Geography, University of Tartu, started by Mander and Oja (2004, 2009, 2014). During the period 2013–2019, financement of scientific research has been decreased from 2,205 to 953 thousands Euro per year, whereas the available resources for education have stayed at approximately the level since 2009 (rise from 476 to 523 thousands € yr<sup>-1</sup>). The decrease in resaerch financement was largely caused by the completion of large projects for research infrastructure development during the period 2012–2015. Due to these projects research infrastructure has been significantly improved. 21 PhD theses have been produced by three chairs: Geoinormatics & Cartography, Human Geography, and Physical Geography & Landscape Ecology. The Department has been/is involved in the center of excellence ENVIRON (2011–2016) and EcolChange (2016–2023), in three EU 2020 projects and in several international and national research schemes.



## **Geograafia osakonna süda – Granö auditoorium**

Taavi Pae, Erki Tammiksaar

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### **1. Sissejuhatus**

Eestikeelne Tartu ülikool avati 1. detsembril 1919. aastal. Pidulikule avamisele olid eelnenud pingelised ettevalmistustööd eesotsas ülikooli kuraator Peeter Pölluga. Esi-algu polnud ei õppejõude ega üliõpilasi, olid pelgalt tsaaririigilt päritud hooned. Et üliõpilased tulevad, oli etteaimatav, kuid kas õnnestub leida ka õppejõude „kõige hirmsamate enamlaste pesasse“ vastavalt ettekujutusele Tartust mitme välismaa õpet-lase silmis (Pöld, 1924), polnud kindel. P. Pöld käis 1919. aasta suvel Soomes, kus ta otsis õppejõude uude ülikooli. Ta oli üpris edukas. Lisaks Lauri Kettusele, Aarne Michael Tallgrenile ja Kalle Väisalale õnnestus tal Tartusse meelitada ka hästi Vene-maa olusid tundnud Johannes Gabriel Granö. Soomlaste otsustamist lihtsustas olu-liselt teadmine, et nende palk on kolmandiku võrra kõrgem kui eesti õppejõududel ja taskus on eluaegne tööleping. Lubati arvestada ka varem Vene impeeriumis välja-teenitud pensionistaaži ning palka maksti osaliselt välja Suurbritannia naelades. Vii-mane oli tähtis, kuna Eesti mark kaotas kiiresti oma väärtust. Lisaks tagati uutele õppejõududele kolimistoetus (Pöld, 1929). See oli sõda pidava ja veel mitte ühegi maailma riigi poolt tunnustatud Eesti Vabariigi poolt väga helde pakkumine.

4. oktoobriks oldi nii kaugel, et immatrikuleeriti esimesed üliõpilased ja kaks päeva hiljem algasid mõnel erialal juba loengud. Millistesse hoonetesse ja ruumidesse üks või teine eriala ära mahub, selle üle peeti pingelisi läbirääkimisi nii 1919. aastal kui hiljemgi. Sellest, kuidas 1919. aastal loodud geograafiakabinet leidis oma kodu, mille südameks muutus täna Granö nime kandev auditoorium,<sup>1</sup> järgnev artikkel räägibki. Vaatame selle ruumi ajalugu nii fotode, mälestuste<sup>2</sup> kui ka arhiivimater-jalide abil.

---

<sup>1</sup> Täna kannab auditoorium J. G. Granö auditooriumi nime, kuid ametlikes kirjades on ta ruum 327. 1950. aastatel oli numeratsioon teistsugune ja ruumi number oli 129. Vahel on räägitud ka lihtsalt suu-rest auditooriumist.

<sup>2</sup> Elkkõige tänane Heino Mardistet ja Ott Kursi.

## 2. Geograafiakabineti algus

25. augustil 1919. aastal oli Johannes Gabriel Granö esimest korda Tartus ning pidas P. Põlluga konkreetseid läbirääkimisi tööleasumise tingimuste ja tulevase geograafiakabineti asukoha ja sisseseade üle. Alaliselt kolis J. G. Granö Tartusse 15. oktoobril 1919. aastal. Tema nõudmine oli, et tal peavad olema oma ruumid ja assistent (Paatsi, Paatsi, 1982). J. G. Granö assistendiks sai August Mieler, keda 1919. aastal oli kaalutud ka professori kohusetäitja kohale, kui doktorikraadiga teadlast sellele kohale ei leita. Ruume geograafiakabinetile pakkus ülikooli ajutine nõukogu ülikoolile kuuluvas hoones Rüütli ja Suurturu nurgal, mida siiski kasutusele ei võetud. Tööd alustati aga Jaani 22<sup>3</sup> teisel korrusel. Seal oli geograafiakabinetil kasutada neli tuba (professori kabinet, joonestamise tuba, raamatukogu ja auditoorium). Ülikooli ringkirja peale 1920. aasta kevadel, kus küsiti ruumide sobivuse kohta, on J. G. Granö vastanud: „Ruumid vastavad ligikaudu oma ülesandele, auditooriumi mahub kuulajaid kuni 30; kartograafia töödest võtavad käesoleval poolaastal 10 inimest osa, iga akna juures üks; tarvilisel korral võiks 20 joonistajat ära mahtuda.“<sup>4</sup> Kuigi ruumid vastasid nõuetele, ei jäädud peahoone kõrvale kauaks. 1920. aasta sügisel koliti vahetult enne Esimese maailmasõja puhkemist valmis saanud ülikooli loodusteaduste instituutide majja Aia (praegu Vanemuise) tänaval. Sõja ajal oli hoone olnud sõjaväe kasutuses, kuid pärast sõja lõppu sai ülikool maja oma käsutusse tagasi. Aia tänaval alustati tööd 20. oktoobril 1920. aastal. Lisaks geograafidele leidsid majas endale kodu geoloogid, zooloogid ja matemaatikud.

Geograafidele nähti ette ruumid hoone raudteepoolse tiiva kolmandal korrusel. Ruumid jagunesid seal järgmiselt: Aia tänava äärne nurgatuba ehk praegune Granö auditoorium kartograafiliste joonistustööde tarbeks, üks Riia tänava poole suunduva koridori parempoolsetest tubadest professor J. G. Granöle kabinetiks, üks raamatukogu ruumideks ja üks assistendile. Sellisele jaotusele vastavalt kujunesid esimesed tänase geograafia osakonna ruumid (326, 327, 340, 339, 338). Viimased kolm tuba olid ühendatud uste kaudu.

## 2. Granö auditoorium

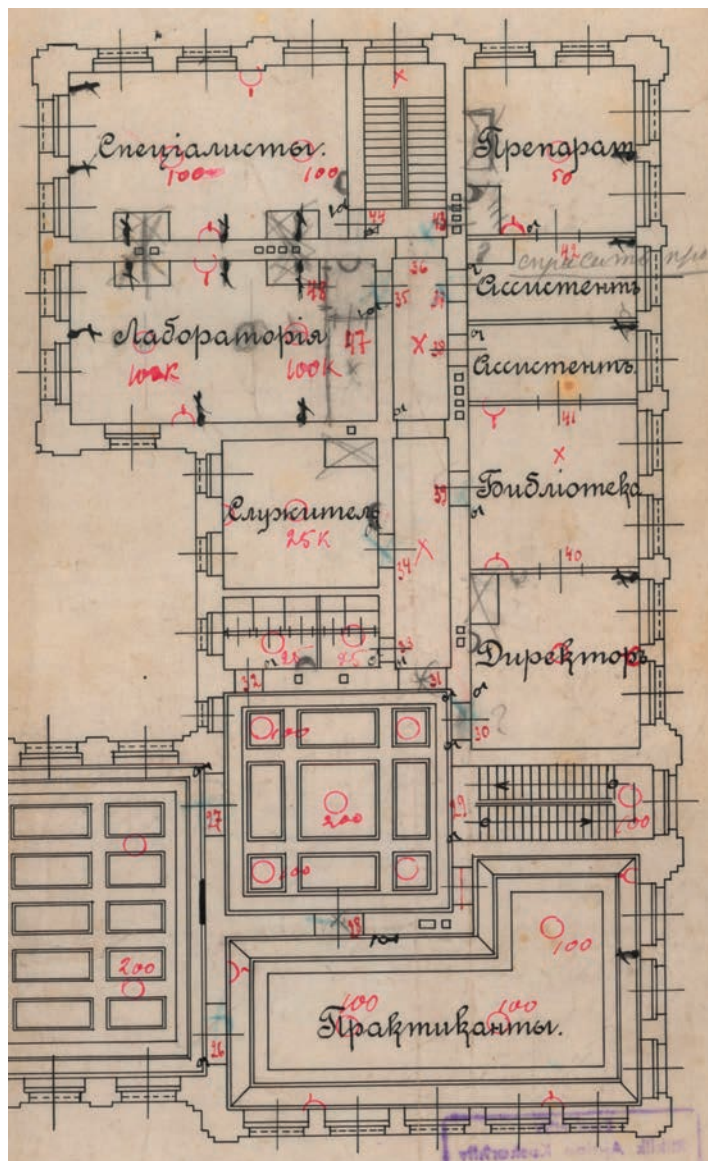
### 2.1. Enne Teist maailmasõda

Geograafide käsutuses olev kõige suurem ruum enne Teist maailmasõda oli seega tänane Granö auditoorium. Nagu nähtub maja valmimisaegselt põhiplaanilt, polnud algusaegadel tegemist ristküliku-kujulise ruumiga, vaid see ulatus nurga kaudu välja

---

<sup>3</sup> Tänapäevane Ülikooli 16 ehk von Bocki maja, nõukogude perioodil tunti ka kui Marxi maja.

<sup>4</sup> Eesti Rahvusrhiiv, EAA.2100.4.460:71.



**Joonis 1.** Fragment Vanemuise (Aia) tänava õppehoone parempoolse tiiva 3. korruse algupärasest plaanist

**Figure 1.** Fragment of the original plan of the 3rd floor of the university building in Vanemuise (Aia) street

trepihallini (vt joonis 1)<sup>5</sup>. Majaplaani kohaselt pidid seal algselt töötama hakkama praktikandid, tegelikkuses võeti see aga kasutusele geograafia joonestussaalina. 1921. aasta 15. novembril kirjutas J. G. Granö ülikooli valitsusele, et geograafia-kabinetil pole võimalust ülikooli raamatukogust kaarte enda juurde võtta, kuna selleks puudub kaardihoidla<sup>6</sup>. Selle väljaehitamiseks küsis ta ülikooli valitsuselt toetust

<sup>5</sup> Eesti Rahvusarhiiv, EAA.2100.11.130.

<sup>6</sup> Eesti Rahvusarhiiv, EAA.2100.6.346:7.

ning ka sai selle. Ilmselt ehitati ülalt lahtine vahesein ruumide 326 ja 327 vahele 1922. aasta alguses. Pärast Granö lahkumist lühikest aega geograafiakabineti juhataja kohusetäitjana ametis olnud Johannes Piiper on kirjutanud: „Geograafia kabinett asub Aia tän 38a [---]. Kabinetil on 4 ruumi [---]. Kaardikogu jaoks on joonistussaali osa otstarbekohaselt ümberehitatud ja sisseseatud.“ Milline oli auditooriumi sisustus enne Teist maailmasõda, sellest annab hea ülevaate Eduard Sellekese foto Saksa okupatsiooniaastaist (joonis 2).

Geograafia osakonna ruumidega seonduvalt võib veel mainida väikest humoorikat probleemi seoses praegusele Reiniku koolihoonele lisakorruste ehitamisega. Nimelt on 1930. aastal toonane geograafiakabineti juhataja August Tammekann kirjutanud Tartu linnavalitsusele palve, et koolile ei rajataks aknaid geograafia osakonna poole: „Maja vähese kauguse tõttu geograafia kabinetist mõjuks see asjaolu suurel määral segavalt sooritatavate praktiliste tööde ja nende juhatamise peale.“<sup>7</sup> Linnavalitsus seda palvet ei rahuldanud.



**Joonis 2.** Eduard Sellekese foto auditooriumist 1943. aastast. Taga vasakul paistab kaardiruumi ja joonistussaali eraldav poolsein

**Figure 2.** Lecture hall in year 1943. In the back, wall separating map room and cartography hall is seen. Photo by Eduard Selleke

<sup>7</sup> Eesti Rahvusrhiiv, EAA.2100.4.460:144.

### 3.2. Sõjajärgne periood

1944. aastal sai Vanemuise õppehoone õhurünnakutes ja Tartu lahingus korduvalt kannatada, kuid geograafia osakonnaks ümbernimetatud geograafiakabineti ruumid jäid terveks. J. G. Granö auditooriumi ilme Nõukogude okupatsiooni aastail siiski muutus. Enne sõda peeti geograafialoenguid enamasti tänases Bekkeri auditooriumis korrus allpool.<sup>8</sup> Pärast sõda, kui ülikoolis viidi sisse kursuste süsteem, muudeti Granö auditoorium geograafide loenguruumiks, kuigi joonestussaali funktsioon jäi samuti alles. 1950. aastate alguses tehti osakonna ruumides remonti, mil ehitati täies ulatuses vahesein suure auditooriumi ja kaartide kogu vahele. Senisest kaardihoidla ruumist (praegune 326) sai seminariruum ja kaartide hoidmiseks ehitati spetsiaalne ruum Granö auditooriumi ette kotta. Sellega oli Granö auditoorium saavutanud oma tänased mõõtmed ja kuju, kuid kadunud oli avar vestibüül auditooriumi ees. Stalini aja nõudmiste kohaselt oli auditooriumis tahvli kohal lööklause<sup>9</sup> ja seinu kaunistasid kõikjal eelkõige vene, kuid ka maailmas tuntud maadeuurijate fotod (joonis 3, 4 ja 5).

Stalinismi minevikku vajumisel, 1960. aastate alguses, toimusid uued muutused auditooriumi interjööris. Need olid eelkõige tingitud kaartide hoidmisele kehtima hakanud uutest reeglitest, mis nõudsid kaartide säilitamist selleks ettenähtud turvatud ruumis. Ennesõjaaegne puust vahesein oli ilmselt kusagil alles hoitud (võib-olla suure auditooriumi ees oleva kaardiruumi eesseinana) ja sellega sai mugavalt eraldada Granö auditooriumi tagumise osa, kuhu nüüd tekkis kaartide kasutamiseks mõeldud ruum (vt joonis 6). Lisaks paiknes seal mingi aeg endise meteoroloogia-observatooriumi raamatukogu ja asusid mõne aspirandi töölaudad. Kaardid koondati ruumi 326 ehitatud spetsiaalsesse kaardihoidlasse, mille akna ees olid trellid, uks oli mitme lukuga rautatud ning kaardikapid olid üle löödud plekiga. Kaardiruum oli luugi kaudu ühendatud Granö auditooriumi tagumise eraldatud osaga, kus loa olemasolul oli võimalik kaarte kasutada (Mardiste, 2010). See Tartu Ülikooli ainus kaardihoidla seadis piirid ka geograafia osakonna küllastamisele. Kui Olavi Granö küllastas 1973. aastal esimest korda Tartu Ülikooli, siis toimus tema tervitamine ruumis 327 (Kurs, 2014). 1983. aastal Tartut küllastades teda aga isa endistesse tööruumidesse ei lastud ja vastuvõtt toimus Bekkeri auditooriumis. Põhjuseks oli reegel, et kaardihoidlaga samal korrusel ei tohtinud välismaalased viibida (Kurs, 2014).

<sup>8</sup> Praegune ruum 246. Ruum nimetati esimese eestlasest geoloogiaprofessori Hendrik Bekkeri järgi ülikooli 350. aastapäeva puhul 1982. aastal. Auditooriumi asetati sellel puhul Kaarma dolomiidist tahvel.

<sup>9</sup> „Ja noorusele nagu meilegi on auküsimuseks õigustada neid suuri lootusi, mida meie kodumaa asetab teadusele“, Ivan Pavlov.



**Joonis 3.** Granö auditoorium 1950. aastatel. Aknalaua paistab nn Tammekannu gloobus<sup>10</sup>

**Figure 3.** Granö lecture hall in the 1950s. The famous "Tammekann" globe is seen on the windowsill



**Joonis 4.** Granö auditooriumi tagaosa 1955. aastal

**Figure 4.** Granö lecture hall in year 1955

---

<sup>10</sup> 1950.–1970. aastatel äratas auditooriumis tähelepanu nn Tammekannu reljeefne gloobus (vt joonist 3). Aastaid kasutati seda noorgeograafide geograafiaüliõpilaseks loomisel. Täna on gloobus leidnud oma väärika koha Tartu Ülikooli muuseumis Toomemäel. Tammekannu gloobuseks kutsutakse seda seetõttu, et see telliti osakonda August Tammekannu eestvõttel, kes ilmselt kasutas seda ka õppetöös. Tegelikult on tegemist Arthur Krause koostatud ja Paul Rathi kirjastuses Leipzgis välja antud reljeefse gloobusega, mis on eestistatud omakorda J. Raudsepa kirjastuses Tartus. Gloobuse täpne ilmumisaeg pole teada (1940?) ja sellest on säilinud vaid üks eksemplar.





**Joonis 5.** Granö auditoorium 1960. aastatel

**Figure 5.** Granö lecture hall in the 1960s.



**Joonis 6.** Diplomitööde kaitsmine 1967. aasta detsembris (toona oli õppeaeg 5,5 aastat). Auditoriumi tagumine osa on ehitatud kinni sama seinaga, mis varem oli paiknenud ruumide 326 ja 327 vahel. Õppejõududest on pildil paremalt esireas Leo-Peeter Kullus ja Villu Astok, nende taga Heino Mardiste ja Lev Vassiljev. Püsti seisab Ann Marksoo

**Figure 6.** Granö lecture hall in 1967. Auditorium was divided into a lecture hall and a room for secret maps

### 3.3. Iseseisvuse taastamise periood ja tänased arengud

1998. aasta kevad oli viimane, kui kaitsmised toimusid veel võrega eraldatud auditooriumis (joonis 7). 2002. aastal toimus lisaks veel suurem remont, kus vahetati aknaid ja põrandad said linoleumkatte. Juba varem, 1989. aastal, tähistati emakeelse geograafiaõpetuse 70 aasta juubelit konverentsiga teemal „Maateaduse kaks esimest aastakümnet rahvusüliskoolis“. Selle raames avati seinal mälestustahvel kolmele ennesõjaaegsele geograafiaprofessorile: Johannes Gabriel Granöle, August Tammekannule ja Edgar Kantile. Uue mälestustahvliga täienes auditoorium 2010. aasta märtsis, kui meenutati samas töötanud geograafiaprofessoreid Salme Nõmmikut ja Endel Varepit.



**Joonis 7.** Lõputööde kaitsmised 1998. aasta kevadel

**Figure 7.** Degree thesis defences in spring 1998

Tähistamaks geograafia osakonna 90. tegutsemisaastat Vanemuise õppehoones, nimetati auditoorium 2010. aasta novembris Granö-nimeliseks.<sup>11</sup> Seoses sellega avati J. G. Granö pilt auditooriumi seinal. Pildi avas Turu ülikooli geograafiaprofessor Olavi Granö, kes oli 1989. aastal valitud Tartu Ülikooli audoktoriks (J. G. Granö sai audoktoriks 1932. aastal). See jäi ühtlasi Olavi viimaseks Tartu külaskäiguks<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Granö nime kannab ka 2000. aasta aprillis Tartus Tammekannu villas avatud Granö keskus (Tartu Ülikooli ja Turu Ülikooli ühine sihtasutus). Granö-nimeline auditoorium on ka Turu Ülikoolis.

<sup>12</sup> Olavi Granö kõne Granö auditooriumi avamisel on ilmunud Eesti Geograafia Seltsi aastaraamatu 38. köites (Granö, 2013).



#### 4. Kokkuvõte

Eestikeelse ülikooli 100. sünnipäeval tegutseb geograafia osakond jätkuvalt senistes ruumides. Nii kaua on samades ruumides paiknenud vaid vähesed ülikooli osakonnad. Seal on kaitstud arvukalt diplomi-, lõpu- ja magistritööid ning ka kaks doktoritööd.<sup>13</sup> Auditoriumis on peetud juubeleid (joonis 8), konverentse, seminare, jõulupidusid ja ka matuseid.<sup>14</sup> Aastaid tähistati osakonna aastapäeva just seal.<sup>15</sup> Hiljem, kui vilistlaste koguarv muutus suuremaks, pidi otsima aastapäeva tähistamiseks suuremaid ruume juba linna pealt. Muutused on toimunud ka auditoriumi interjööris. 1960. aastatel kasutati tühja pikiseina teadete tahvlina.



**Joonis 8.** Tulevane osakonna juhataja Ülo Mander õnnitlemas Endel Varepit tema 60. juubelil 1975. aasta 11. septembril. Taga paremal Salme Nõmmik ja keskel Ants Raik

**Figure 8.** Ülo Mander, future head of department congratulating Endel Varep on his 60th anniversary on 11 September 1975. Back right: Salme Nõmmik, back centre: Ants Raik

<sup>13</sup> Granö auditoriumis kaitses Kuno Kasak 2016. aastal doktoritöö keskkonnatehnoloogia ja Ülle Napa 2017. aastal geograafia erialal.

<sup>14</sup> 1978. aastal toimus sealt Endel Hangu ja 1994. aastal Ants Raigu ärasaatmine.

<sup>15</sup> Osakonna aastapäevade traditsioon kujunes välja 1950. aastate alguses Üliõpilaste Teadusliku Ühingu (ÜTÜ) geograafia ringi aastapäevana. Ring ise asutati 1947. aastal. Alguskümnenditel istuti kursuste kaupa pika laua taga ning kujunesid välja tänini kestvad traditsioonid rebaste näidendist ja globusega ristimisest. Traditsiooniliselt on osakonna aastapäevaks jäänud detsembri esimene nädalavahetus, mis lähtub tegelikkuses algselt stalinliku konstitutsiooni aastapäevast, mis oli puhkepäev (5. detsember).

Hiljem paiknes seal suuremõtkavaline Nõukogude Liidu kaart ja 1980. aastatest alates suur venekeelne maailmakaart. 2000. aastate alguses lisandus seinale Kiira Mõisja koostatud ja kaardifirma Regio kirjastatud Eesti kaart. Granö auditoorium oli, on ja loodetavasti ka jääb kõigi geograafide sümbolruumiks (vt joonis 9).



**Joonis 9.** Granö auditoorium 2019. aasta sügisel

**Figure 9.** Granö lecture hall in autumn 2019

## Kirjandus

- Granö, O. 2013.** Tervitus Johannes Gabriel Granö auditooriumi avamisel Tartu ülikoolis 4. novembril 2010. *Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat* 39: 192–195.
- Kurs, O. 2014.** Soome akadeemik Olavi Granö ja Eesti. *Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat* 38: 15–31.
- Mardiste, H. 2010.** Kõveraks väänatud Eesti. Pool sajandit meie maakaartide moonutamist ja salastamist. *Akadeemia* 7: 1182–1206.
- Pae, T., Mardiste, H. 2009.** Mõningaid täiendusi eestikeelse geograafia algusaegadesse. *Publications Instituti Geographici Universitatis Tartuensis* 108: 20–28.
- Paatsi, V., Paatsi, A. 1982.** J. G. Granö Tartu Ülikoolis. *Eesti Loodus* 6: 357–362.
- Pöld, P. 1924.** Meie ülikooli arenemine ja praegune seisukord, I. Kõne riigikogu koosolekul 10. oktoobril. *Postimees*, 12. oktoober, nr 276, lk 3.
- Pöld, P. 1929.** Eesti ülikooli mõttest kuni piduliku avamiseni. *Eesti Vabariigi Tartu Ülikool 1919–1929*. Tartu: Postimees.

## **Granö lecture hall – the Centre of the Institute of Geography**

Taavi Pae, Erki Tammiksaar  
Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

The article gives an overview about a symbolic room in the Institute of Geography – current lecture hall No 327. In 2010, it was named after J. G. Granö. This auditorium was originally a map drawing room of the Department of Geography, but after WW II, it turned into the main lecture hall of the department. Numerous defenses, seminars, lectures, parties, and other events have been held here. The lecture hall is known to practically every Estonian geographer. The article is based on archival materials and oral information.

## Loodusdirektiivi metsaelupaikade LIDAR-i põhise kaugseire perspektiiv

Anneli Palo<sup>1</sup>, Jaanus Remm<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Tartu Ülikooli zooloogia osakond

### 1. Sissejuhatus

Euroopa Liitu astudes (2004) kohustus Eesti kaitsma Euroopa tähtsusega elupaiku ja liike. Riik peab tegema kõik endast oleneva, et alade elurikkus ja struktuur ei degradeeruks ning seetõttu jälgitakse nii kaitstavate alade, elupaikade kui ka liikide seisundit (EIONET). Seiretulemused avalikustatakse iga seitsme aasta tagant ja liikmesriik peab viitama, millise meetodika alusel hinnanguni jõuti.

Aastail 2005–2009 seirati loodusdirektiivi metsaelupaiku haruldaste metsakoosluste seireprojekti jätkuna (Palo *et al.*, 2005). Uue meetodika vajadusele osutas 2006. aastal toimunud seminarisari, kus osalesid nii Balti riikide kui ka Põhjamaade esindajad, sealhulgas ka teadlased (Kuris, Ruskule, 2006). Koostöös loetleti hea looduskaitse seisundi põhiindikaatorid ning kirjeldati, missuguste juba olemasolevate projektide baasil seiret edasi arendada planeeritakse.

Kokkuvõttes peeti olulisimaks: 1) elupaigatüüpide eristamist muust metsast ja üksteisest (igal seirekorral); 2) elupaigatüüpideks sobival metsamaal määrata 1 : 10 000 mõõtkavas (iga elupaigatüübi kohta) puistu koosseis, vanus, lamapuidu kogus, eri tüüpi häiringute pindala, kuivendatuse ja teede/sihtide arvukuse hinnang ja polügoonide servakarakteristikud ning 3) tuvastada eelmisel seirekorral elupaigatüüpideks osutunud aladel tehtud raiete pindala.

2009. a valmis Keskkonnaministeeriumi tellitud seirevalimi moodustamise põhimõtteid ja esmast parameetrite nimestikku sisaldav töö (Liira, 2009). Võimalusi andmehulga suurendamiseks statistilise metsainventuuri (SMI) baasil analüüsiti jätkuprojektis (Liira, 2010). Alates 2010 kuni siiani seiratakse metsaelupaiku nimetatud meetodilise juhendi kohaselt, lisandunud on välitöörutiini kirjeldus (Palo, 2015) ning andmeid on üleeuroopaliseks raportiks analüüsitud eksperditasemel (Palo, 2013; 2018).

Tänase seireskeemi suurim puudus on piirdumine varem külastatud aladega, millest enamik paikneb kaitsealadel või hoiualadel, kus metsa kasutamisele kehtivad piirangud. Loodusdirektiivi elupaiku tuleks aga tuvastada ja seirata kogu metsamaa

ulatuses. Seirevalimi suurendamine nõuab kas suuremat välitöö mahtu või protsessi osalist automatiseerimist.

2018.–2019. a uuriti kaugseire rakendatavust metsaelupaikade seirel. Eesmärgiks oli: 1) koondada aktuaalne teadmus ja kogemus metsade ja metsaelupaikade kaugseirest lähiriikides; 2) katsetada Eestis kättesaadavate meetodite ja andmete põhjal kaugseire eristusvõimet metsaelupaikade valitud tüüpide puhul ning 3) anda edasised soovitusel ja suunised kaugseire juurutamiseks metsaelupaikade seires.

Kaugseire alusandmestiku näidiseks valiti suurt ruumilist täpsust ning head interpreteeritavust võimaldavad Maa-ameti kogu Eestit katvad aerolaserskaneerimise (ALS) meetodil LIDAR-i seadmega tehtud mõõdistused ning elupaigatüüpide näidistena Eestis kaks enim levinud ning esmatahtsat metsaelupaigatüüpi: vana loodusmets (\*9010) ning raba- ja siirdesoomets (\*91D0).

## 2. Materjal ja meetodika

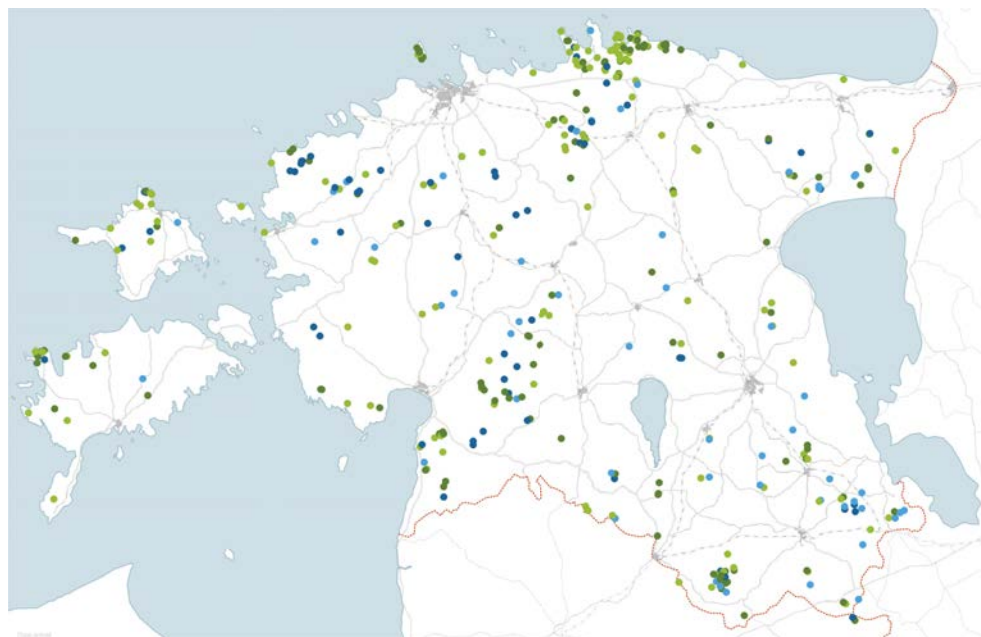
Metsaelupaikade kaugseireks sobivate parimate meetodite leidmiseks koondati taimkatte ja metsade kaugseiret käsitlevad aktuaalsed teaduslikud ja projektimaterjalid ning süstematiseeriti Eesti senine kogemus sarnaste objektide seirel (tabel 1). Võimalike kaugseire alusandmete hulgast osutus Eestis vabavaralisena kättesaadavaks, suurimat detailsust ja head interpreteeritavust võimaldavaks andmekogumiks Maa-ameti aerolaserskaneerimise LIDAR-mõõdistuse andmestik, mis valiti elupaigatüüpide, elupaiga kvaliteedi ja indikaatortunnuste tuvastatavuse uurimiseks (Palo, Remm, 2019).

Juhupunktidel põhinevad ringikujulised seirealad genereeriti GIS-analüüsis stratifitseeritud juhuvalimina (Liira, 2009; Palo, 2015) ning positsioneeriti looduses käsi-GPS-seadmega *ca* 3 m täpsusega. Elupaikade põhiomadusi kirjeldati seireala keskpunkti ümber ulatuses  $r = 20$  m, mõnda maastikulist omadust ka  $r = 40$  m (kirjeldatud pindala vastavalt 314 ja 1257 m<sup>2</sup>). Statistilises andmeanalüüsis kasutati aastatel 2010–2018 välitöödel kirjeldatud 378 seireala indikaatortunnuseid. Vanade loodusmetsade (\*9010;  $n = 265$ ) ning raba- ja siirdesoometsade (\*91D0;  $n = 113$ ) seirepunktid moodustasid 27% kõigist välitöödel inventeeritutest (kokku 1398; joonis 1).

**Table 1.** Eestis korraldatud taimekatte kaugseire näited  
**Table 1.** Examples of remote sensing of vegetation in Estonia

Mõõtkava ja meetod	Kasulikud tunnused elupaigatüüpide kaugseireks	Oulisemad viited (vt täiskirje „Kirjandus“)
1 : 50 000– 1 : 25 000 (~ 25 × 25 m), Landsat, ESA Sentinel	<b>Ulatuslikud kompleksüksuste muutused</b> , asukoht ei ole eriti täpne. Sobib pindalase dünaamika hindamiseks; klassifikatsiooniüksused vastavalt eristuvusele ebatühtlase mahuga. Maakatteklassid jagunevad enamasti mitme metsaelupaigatüübi vahel, töötlus ajama-huikas.	Sepp 2007. Maastike kaugseire (metoodika analüüs ja võrdlus). Matsalu rahvusparki ja Nigula looduskaitseala satelliitseire 1986–2001. Aaviksoo, Muru 2008. A methodology of the satellite mapping and monitoring of protected landscapes in Estonia. Saaris, Palo 2018. CORINE Land Cover 2018 projekt – fookuses on metsad.
50 × 50 m (2500 m <sup>2</sup> ), LIDAR	Eristab metsa <b>kõrguse kahanemist vähemalt 5 m</b> võrra eelmise lennuga (4 a) võrreldes. Saab infot ulatuslike häiringute kohta, sh rangelt kaitsstavatel metsamaadel.	<a href="https://www.maaamet.ee/et/uudised/eesti-geoportaalis-kattesaadavad-kihid-taimkatte-korguse-muutustega">https://www.maaamet.ee/et/uudised/eesti-geoportaalis-kattesaadavad-kihid-taimkatte-korguse-muutustega</a> <a href="http://inspire.maaamet.ee/inspiregsh/map?lang=et#/embed/a1c0583ceafd77d0/true/true/true/true">http://inspire.maaamet.ee/inspiregsh/map?lang=et#/embed/a1c0583ceafd77d0/true/true/true/true</a>
1 : 25 000 ja detailsem, Landsat, maakasutus- ja mullaandmed, ortofoto	<b>Metsatüüpide</b> esinemise prognoosimine näidislade põhjal: ristprognoosimise tulemus on kehv, näidislade peavad pärinema prognoositavast piirkonnast ja neid peab nähtuse loodusliku variatsiooni kirjeldamiseks olema rohkelt.	Linder 2006. Otepää looduspargi metsatüüpide kaardistamine näidistele tugineva pidevõppe tarkvara abil. Absalon 2008. Ristprognooside kasutatavus Otepää ja Karula taimekaitsetuasustes. Remm, Remm 2017. Shrubby cinquefoil mapping in Northwestern Estonia based upon site similarities.
1 : 25 000 ja detailsem, Landsat, Sentinel-2, metsamask ja lageraiete load	<b>Lageraielade</b> leidmine: müra vähendamiseks kõrvaldati < 0,5 ha alad, sellest viga 2,5 + 5,7%. Sentinel-piltide põhjal õnnestub saavutada 0,5 ha täpsus, probleemiks on metsa varjud ja omavahel liituvad alad.	Peterson, Arumäe 2018. Riikliku keskkonnaseire programmi allprogrammi „Maastike kaugseire 2017. a“ aastaaruanne. Õunas 2017. Metsa lageraie tuvastamine Sentinel-2A satelliitpiltide põhjal. Press 2017. Lageraielade kaardistamise võrdlus satelliitide Landsat-8 ja Sentinel-2 piltidel.

Möötkava ja meetod	Kasulikud tunnused elupaigatüüpide kaugseireks	Olulisemad viited (vt täiskirje „Kirjandus“)
<p>1 : 25 000 ja detailsem, Landsat, Sentinel-2, metsa-mask, mullaandmed</p>	<p><b>Enamuspuuliigi saab määrata</b>, kui põhipuuliik moodustab &gt; 75% koosseisust, täpsemini okas-lehtsegapuistutes kui eraldi kuuse-männi ja erineva koosseisuga lehtpuupuistutes. Vanades metsades määramistäpsus kahaneb.</p>	<p>Lang, Kaha, Laarmann, Sims 2018. Construction of tree species composition map of Estonia using multispectral satellite images, soil map and a random forest algorithm. Lang, Kaha, Arumäe 2018. Kaugseire praktilised metsanduslikud rakendused – puistute liigilise koosseisu kaardistamine ja harvendusraiate tuvastamine.</p>
<p>1 : 25 000 ja detailsem, LIDAR</p>	<p><b>Raiete ja häiringute</b> leidmine võrastiku läbipaistvuse ja kõrguskasvu alusel. Harvendusraiel võrastiku läbipaistvus suureneb, lageraied ja suured häiringud eristuvad. Saab hinnata puistute kõrgust. Sobib nende tunnuste muutuste tuvastamiseks.</p>	<p>Lang, Arumäe 2018. Assessment of forest thinning intensity using sparse point clouds from repeated airborne lidar measurements. Arumäe, Lang, 2018. Estimation of canopy cover in dense mixed-species forests using airborne lidar data. Lang, Arumäe, Laarmann, Kiviste 2017. Puistute kõrguskasvu muutuse hindamine.</p>
<p>Umber 1 : 10 000, LIDAR</p>	<p>Uuriti põlispõldudega seotud mattunud elemente, sarnaselt saab uurida ka maapinnal olevaid objekte, kuid punktihedus jääb liiga hõredaks, et metsa all <b>lamapuidu</b> koguseid hinnata.</p>	<p>Meriste, Sepp, Tomson, Vain 2016. Aerolaserkaneerimise (ALS) andmestiku kasutamise võimalustest Lahemaa ja Karula rahvusparki kultuurmaastike uurimisel.</p>



**Joonis 1.** Analüüsitud 378 seirepunkti paiknemine. Rohelisega on märgitud vanad loodusemetsad (\*9010; n = 265), sinisega siirdesoo- ja rabametsad (\*91D0; n = 113); tumedama tooniga on märgitud suure esinduslikkusega klassid A ja B, heledama tooniga väiksema esinduslikkusega klassid C, D ja p

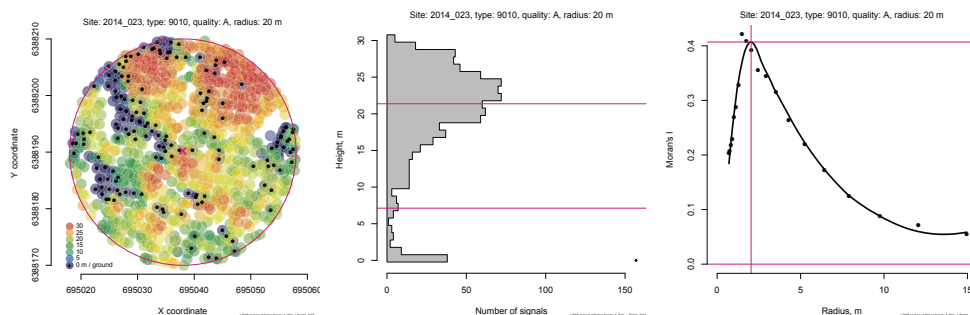
**Figure 1.** Location of the 378 study sites. Green – western taiga (\*9010; n = 265); blue – bog woodlands (\*91D0; n = 113); the dark points indicate the sites with high habitat quality (grades A and B), light points indicate the low habitat quality (grades. C, D, p)

Loodusdirektiivi metsaelupaikade ja vastavate indikaatortunnuste kaugseirevahenditega tuvastatavuse uurimiseks võrreldi omavahel valitud elupaigatüüpe ning elupaiga esinduslikkuse (ökoloogilise kvaliteedi) eri klasse. Kokku analüüsiti 101 elupaiga indikaatortunnust, mis määrati igas seirepunktis välitööl (2010–2018) või andmebaaside alusel (täielik nimistu Palo, 2015; Palo, Remm, 2019). Keskenduti puistu struktuuri tunnustele, mille kirjeldamiseks kasutati kaugseire andmeallikana Maa-ameti suvise metsandusliku aerolaserskaneerimise andmeid aastatest 2012–2018.

Aerolaserskaneerimise punktipilve tihedus oli keskmiselt 0,80 punkti/m<sup>2</sup> aastatel 2016–2019 (70% kasutatud andmetest) ning 0,14 punkti/m<sup>2</sup> 2012–2015 tehtud mõõdistustel (30% kasutatud andmetest; allikas: Maa-amet, 2019). Puistu struktuuri kirjeldamiseks kasutati ALSi punktipilvest maapinna (klass 2) ja taimkatte (klassid 3–5) esimesi peegeldusi. Puistu alumistest kihtidest saadud multipееgelduste sagedus sõltub ülemiste võrakihtide omadustest ning on raskemini interpreteeritav, kuid täpsemates analüüsidēs võib seda kasutada.



Analüüsiks genereeriti LIDAR-mõõdistuste alusel kolme tüüpi puistut kirjeldavaid tunnuseid: 1) maapinna reljeef (2 tunnust); 2) võra horisontaalstruktuur (4 tunnust) ning 3) võra vertikaalstruktuur (6 tunnust; joonis 2; täielik nimekiri ja seletus Palo, Remm, 2019, vt ka tabel 3). Seoste uurimiseks tehti korrelatsioon- ja regressioonanalüüs, kasutades Spearmani mitteparameetrilist astakorrelatsiooni, lineaarset logistilist regressiooni (*general linear models* – GLM) ning üldistatud aditiivseid mudeleid (*generalized additive models* – GAM). Üldistatud aditiivsetes mudelites piirati ülesobitamise vältimiseks mittelineaarsete seoste silumisparameetri maksimaalne sõlmekohtade arv  $k \leq 3$ , mis võimaldab seosefunktsioonis kuni kaks kumerust/nõgusust/käänukohta (enne logistilist pöördteisendust). Vaatluste kaalumisel korrigeeriti kaalude väärtused enne mudeli sobitamist nii, et kaalude summa võrdub valimi suurusega ( $\sum w = n$ ). Seoste tugevuse ja mudeli täpsuse kirjeldamiseks kasutati determinatsioonikordajat ( $R^2$ ), mis kirjeldab mudeliga seletatud varieeruvuse suhet koguvarieeruvusse. Kõigil juhtudel on tegemist ühetunnuseliste mudelitega. Kasutati R (versioon 3.5.1) tarkvara pakette *base* (3.5.1), *mgcv* (1.8–28), *rlas* (1.3.1) ja *stats* (3.5.1).



**Joonis 2.** Graafiline näide ALSi punktipilvest genereeritud tunnustest: maapinna ja taimkattepeegelduste kõrgusväärtuste paiknemine (A), kirjeldatud puistu horisontaalstruktuuri laigulisust kirjeldava ruumilise autokorrelatsiooni (Morani I) jaotus (B) ning peegelduste sagedusjaotusena kirjeldatud vertikaalstruktuur (C). Näitena on kasutatud suure esinduslikkusega (klass A) vana loodusmetsa (\*9010) seirekoha 2014\_023 andmeid  $r = 20$  m ulatuses

**Figure 2.** A graphic example of the variables generated from the LIDAR data: placement and altitude of ground and vegetation reflections (A); patchiness of the horizontal structure of the stand, measured using the distribution of Moran's spatial autocorrelation index I (B); the vertical structure of stand, measured using altitude distribution of reflections. Data of the high quality (grade A) western taiga site 2014\_023 in the radius of 20 m

### 3. Tulemused

#### 3.1. Seiretunnuste seosed metsaelupaiga tüübi ja ökoloogilise kvaliteediga

Seiretunnuste testimiseks loodusdirektiivi elupaigatüüpide indikaatoritena analüüsiti 101 seirealast kirjeldavat tunnust, mis olid määratud välitööl igas seirepunktis või olemasolevate andmebaaside alusel (tabel 2). Ootuspäraselt korreleerusid välitööl hinnanguliselt määratud metsaelupaiga kvaliteediga (esinduslikkus) positiivselt lamapuidu olemasolu ning puude vanusega seotud parameetrid, samuti mitmed muud põlismetsas esinevad näitajad. Negatiivselt korreleerusid metsa majandatusele viitavad tunnused, kusjuures need on vanad või nõrgad mõjud, sest aktiivselt majandatavad puistud ei saa olla loodusdirektiivi metsaelupaigad.

**Tabel 2.** Seiretunnuste seosed elupaiga esinduslikkuse indeksiga (väärtused Spearmani astakorrelatsioonis vastavalt: 5 – A; 4 – B; 3 – C; 2 – D; 1 – p) ning valitud elupaigatüüpide eristusvõime (väärtused logistilises regressioonis vastavalt: 1 – \*9010; 0 – \*91D0). Kahanevas järjekorras on esitatud tunnused, mille seose determinatsioonikordaja on  $R^2 \geq 0,100$

**Table 2.** Correlations between inventory indicators and habitat quality (values in Spearman's rank-order correlations accordingly: 5 – A; 4 – B; 3 – C; 2 – D; 1 – p), and difference of the selected habitat types (values in logistic regression accordingly: 1 – \*9010; 0 – \*91D0). The variables are presented in descending order only in the cases if the coefficient of determination  $R^2 \geq 0.100$

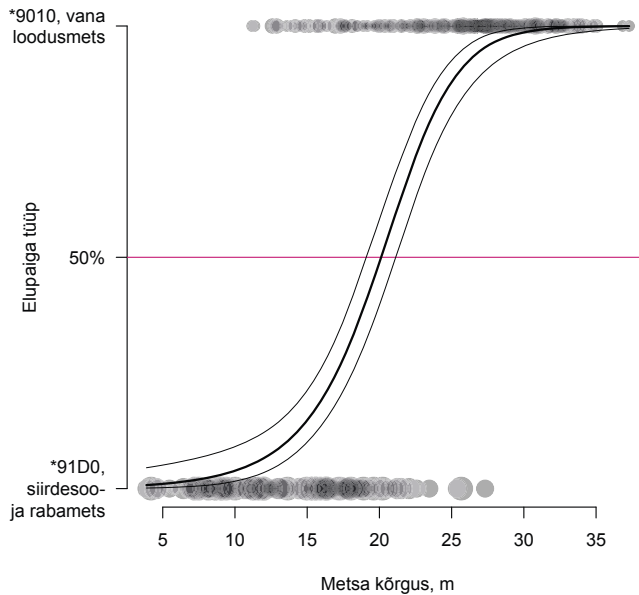
Vanad loodumetsad *9010			
Suurima lamapuu tüve läbimõõt	$r_s = 0,569$	$R^2 = 0,324$	n = 249
Lamavad kõdupuud $d \geq 25$ cm	$r_s = 0,542$	$R^2 = 0,293$	n = 262
I rinde kaskede keskmine vanus	$r_s = 0,536$	$R^2 = 0,287$	n = 173
Lamavad vähelagunenud puud $d \geq 25$ cm	$r_s = 0,494$	$R^2 = 0,244$	n = 262
Vanade puude liikide arv	$r_s = 0,488$	$R^2 = 0,238$	n = 262
Puutüügaste esinemine	$r_s = 0,467$	$R^2 = 0,218$	n = 262
I rinde kuuskede keskmine vanus	$r_s = 0,461$	$R^2 = 0,212$	n = 200
I rinde sangleppade keskmine vanus	$r_s = 0,458$	$R^2 = 0,210$	n = 36
Lamavad vähelagunenud puud $d 15-25$ cm	$r_s = 0,455$	$R^2 = 0,207$	n = 262
Puuõonte esinemine	$r_s = 0,443$	$R^2 = 0,196$	n = 262
I rinde mändide keskmine vanus	$r_s = 0,435$	$R^2 = 0,190$	n = 217
Putukate väljumisavad tüvedes	$r_s = 0,425$	$R^2 = 0,181$	n = 262
I rinde keskmine vanus	$r_s = 0,423$	$R^2 = 0,179$	n = 261
Lamavad kõdupuud $d 15-25$ cm	$r_s = 0,420$	$R^2 = 0,177$	n = 262
Bioloogiliselt vanade puude esinemine	$r_s = 0,401$	$R^2 = 0,160$	n = 262
Tuuleheiteliste lamapuuude esinemine	$r_s = 0,399$	$R^2 = 0,159$	n = 262
Metsa majandatus	$r_s = -0,395$	$R^2 = 0,156$	n = 262
I rinde haabade keskmine vanus	$r_s = 0,393$	$R^2 = 0,155$	n = 73

<b>Vanad loodusmetsad *9010</b>			
Looduslike häiringute esinemine	$r_s = 0,393$	$R^2 = 0,155$	$n = 263$
Kolme jämedama eluspuidu keskmine läbimõõt	$r_s = 0,382$	$R^2 = 0,146$	$n = 249$
Sügavakorbaliste puude esinemine	$r_s = 0,356$	$R^2 = 0,127$	$n = 262$
Puistu I rinde kõrgus	$r_s = 0,350$	$R^2 = 0,123$	$n = 262$
Kuivanud, seisvate puude esinemine	$r_s = 0,348$	$R^2 = 0,121$	$n = 262$
Kuuskede osakaal I rindes	$r_s = 0,344$	$R^2 = 0,118$	$n = 261$
Tormikahjustuse esinemine	$r_s = 0,332$	$R^2 = 0,110$	$n = 263$
<b>Raba ja siirdesoometsad *91D0</b>			
I rinde mändide keskmine vanus	$r_s = 0,596$	$R^2 = 0,355$	$n = 112$
I rinde keskmine vanus	$r_s = 0,516$	$R^2 = 0,267$	$n = 112$
Vanade puude liikide arv	$r_s = 0,469$	$R^2 = 0,220$	$n = 110$
Bioloogiliselt vanade puude esinemine	$r_s = 0,435$	$R^2 = 0,189$	$n = 110$
Sügavakorbaliste puude esinemine	$r_s = 0,424$	$R^2 = 0,180$	$n = 110$
Vanade kändude esinemine	$r_s = -0,370$	$R^2 = 0,137$	$n = 110$
Metsa majandatus	$r_s = -0,349$	$R^2 = 0,122$	$n = 113$
Raied	$r_s = -0,346$	$R^2 = 0,120$	$n = 113$
Suurima lamapuu tüve läbimõõt	$r_s = 0,341$	$R^2 = 0,116$	$n = 107$
Kolme jämedama eluspuidu keskmine läbimõõt	$r_s = 0,326$	$R^2 = 0,107$	$n = 107$
<b>Elupaigatüüpide *9010 ja *91D0 eristus</b>			
Kuuskede osakaal I rindes	$b = 0,230$	$R^2 = 0,338$	$n = 372$
Mändide osakaal I rindes	$b = -0,047$	$R^2 = 0,278$	$n = 372$
Lamavad kõdupuud $d \geq 25$ cm	$b = 2,260$	$R^2 = 0,273$	$n = 372$
Lamavad vähelagunenud puud $d \geq 25$ cm	$b = 1,791$	$R^2 = 0,224$	$n = 372$
Lamavad vähelagunenud puud $d 15-25$ cm	$b = 1,498$	$R^2 = 0,174$	$n = 372$
Graminoidide osakaal rohurindes	$b = -0,689$	$R^2 = 0,164$	$n = 372$
Raied	$b = 2,160$	$R^2 = 0,154$	$n = 375$
Vanade kändude esinemine	$b = 2,082$	$R^2 = 0,145$	$n = 372$
Metsa majandatus	$b = 1,867$	$R^2 = 0,145$	$n = 375$
II rinde tihedus	$b = 1,744$	$R^2 = 0,133$	$n = 372$
Haabade osakaal I rindes	$b = 0,415$	$R^2 = 0,121$	$n = 372$
II rinde suhteline kõrgus	$b = 1,085$	$R^2 = 0,116$	$n = 367$
Lamavad kõdupuud $d 15-25$ cm	$b = 1,182$	$R^2 = 0,110$	$n = 372$
Looduslike häiringute esinemine	$b = 1,352$	$R^2 = 0,107$	$n = 374$
Hästiarenenud tugijuurte esinemine	$b = 1,521$	$R^2 = 0,106$	$n = 372$
Torikseente esinemine	$b = 1,624$	$R^2 = 0,103$	$n = 372$

Selgus, et enamiku tunnuste seos elupaiga tüübi ja koha ökoloogilise kvaliteediga on pigem nõrk. Vana loodusmetsa (\*9010) kvaliteedil on tugevaim seos suurima lama-puutüve läbimõõduga, mille seose determinatsioonikordaja ( $R^2$ ) on 0,324, seoseid tugevusega  $R^2 \geq 0,200$  esineb 9 tunnusel. Raba- ja siirdesoometsades on elupaiga kvaliteedil tugevaim seos I rinde mändide keskmise vanusega ( $R^2 = 0,355$ ) ning seoseid tugevusega  $R^2 \geq 0,200$  esineb kolmel tunnusel. Uuritud elupaigatüübid eristuvad kõige selgemini kuuse ja männi osakaalu poolest I rindes ( $R^2$  vastavalt 0,338 ja 0,278). Vaid 4 tunnust määravad elupaigatüüpide eristumise tugevusega  $R^2 \geq 0,200$ .

### 3.2. LIDAR-tunnuste seosed metsaelupaiga tüübi, ökoloogilise kvaliteedi ja indikaator-tunnustega

Elupaigatüüpide tuvastusanalüüsil võrreldi kahes uuritud metsaelupaigatüübis LIDAR-tunnuste erinevust. Selgus, et vana loodusmetsa ning raba- ja siirdesoometsa eristamise võimalikkus on isegi ühetunnuseliste üldistatud aditiivsete mudelite alusel üsna suur ( $R^2 \leq 0,535$ ). LIDAR-tunnused eristavad elupaigatüüpe seire indikaator-tunnustest täpsemini. Kahte uuritud tüüpi kõige selgemini eristavateks tunnusteks on puistu/puu suurem kõrgus vanades loodusmetsades ning rabametsade tasasem reljeef ja veidi suurem maapinnalt peegeldunud punktide osakaal (tabel 3, joonis 3). Nende LIDAR-tunnuste analoogid on esindatud ka välivaatlustel kasutatavate seire-tunnuste hulgas.



Joonis 3. Metsa kõrguse seos elupaiga tüübiga ( $\pm 95\%$  usalduspiirid)

Figure 3. Relationship between forest height and habitat type ( $\pm 95\%$  confidence limits)

**Tabel 3.** Elupaigatüüpide eristuvus LIDAR-tunnuste põhjal mõõdetuna 20 m raadiusega seirealadel. Meetod: logistiline üldistatud aditiivne regressiooni mudel (GAM). Elupaigatüübid kodeeritud vastavalt: 1 – 9010; 0 – \*91D0. Vaatlused on kaalutud kvaliteediklassiga, andes loodulikematele metsadele vastavalt kõrgema kaalu: 5 – A; 4 – B; 3 – C; 2 – D; 1 – p. Determinatsioonikordaja  $R^2$  tähistab seletatud varieeruvuse osakaalu; parameeter „edf“ näitab seose mittelineaarsust (kui edf > 1,0); „seos“ näitab, kas seos on positiivne (+), negatiivne (–) või optimumiga ( $\pm$ ) ning mittelineaarsuse korral kumer või nõgus (enne logistilist teisendust)

**Table 3.** Differentiation of habitat types based on LIDAR variables in the study areas with radius of 20 m. Method: generalized additive models (GAM) with logistic link function. Habitat type encoding: 1 – 9010; 0 – \*91D0. The observations are weighted according to habitat quality, giving higher weights to the high-quality sites accordingly: 5 – A; 4 – B; 3 – C; 2 – D; 1 – p. The coefficient of determination  $R^2$  corresponds to variance explained; the parameter “edf” indicates nonlinear relationships (if edf > 1.0); The “seos” indicates, if the relationship is positive (+), negative (–) or with optimum ( $\pm$ ), and in case of nonlinearity if the function is convex (kumer) or concave (nõgus; before logistic reverse transformation)

Maapinna kõrguse varieeruvus	edf = 1,1	seos: + kumer	$R^2 = 0,194$	n = 364
Maapinna kalle	edf = 1,8	seos: + nõgus	$R^2 = 0,044$	n = 368
Puistu maksimaalne laigulisus	edf = 1,7	seos: $\pm$ kumer	$R^2 = 0,023$	n = 368
Puistu maksimaalse laigulisuse ulatus	edf = 1,0	seos: –	$R^2 = 0,001$	n = 368
Puistu laigulisus 1,5 m mastaabis	edf = 1,9	seos: $\pm$ nõgus	$R^2 = 0,025$	n = 368
Puistu laigulisus 10 m mastaabis	edf = 1,0	seos: +	$R^2 = 0,011$	n = 368
Metsa kõrgus	edf = 1,6	seos: + nõgus	$R^2 = 0,535$	n = 368
Kõrgeima puu kõrgus	edf = 1,7	seos: + nõgus	$R^2 = 0,525$	n = 367
Maapinna osakaal	edf = 1,0	seos: –	$R^2 = 0,173$	n = 368
Alusmetsa osakaal	edf = 1,0	seos: +	$R^2 = 0,014$	n = 368
Teise rinde osakaal	edf = 1,6	seos: + nõgus	$R^2 = 0,012$	n = 368
Esimese rinde osakaal	edf = 1,6	seos: + kumer	$R^2 = 0,057$	n = 368

Kaheteistkümne uuritud LIDAR-tunnuse seos metsaelupaikade ökoloogilise kvaliteediga osutus enamiku tunnuste puhul nõrgaks. Seoste analüüsimiseks kasutati logistilise seosefunktsiooniga üldistatud aditiivseid mudeleid, mis võimaldavad kirjeldada lisaks lineaarsetele ka mittelineaarseid seoseid. Seoste modelleerimisel kaaluti kõrgeimast ja madalaimast elupaiga kvaliteediklassidest (A, D, p) vaatlusi kordajaga 2. Vanas loodusmetsas (\*9010) osutus tugevaimaks elupaiga kvaliteediga seotud LIDAR-tunnuseks kõrgeima puu kõrgus ja metsa kõrgus ( $R^2$  vastavalt 0,086 ja 0,078). Parema kvaliteediga raba- ja siirdesoometsale (\*91D0) on iseloomulik I rindest peegeldunud LIDAR-i signaalide osakaalu keskmised väärtused (st eririndeline puistu;  $R^2 = 0,062$ ), väike maapinna osakaal LIDAR-i peegelduste hulgas (0,048) ning suurem maapinna kalle (0,043). Kindlasti tuleb tähele panna, et kõik need seosed on väga nõrgad ning seetõttu eeldatavasti praktikas rakendatavad ei ole ning elupaiga

kvaliteeti LIDAR-tunnustest vahetult määrata ei ole perspektiivne. Elupaiga kvaliteedi determinatsioonikordajad olid LIDAR-tunnuste seoste puhul märkimisväärselt väiksemad looduses registreeritud seire indikaatortunnuste determinatsioonikordajatest.

Vastupidi elupaiga kvaliteedile osutusid mitu elupaigaseire indikaatortunnust LIDAR-tunnustega hästi seostuvaks (tabel 4). Sõltuvalt elupaigatüübist ning ALSi punktide ulatusest seirekohast on 6–18 tunnust, mille seose determinatsioonikordaja mõne LIDAR-tunnusega on  $R^2 \geq 0,250$ . Seejuures on tugevamalt seostuvaid indikaatortunnuseid rohkem siirdesoo- ja rabametsades ning seosed on pigem tugevamad väiksemas ( $r = 20$  m) ruumiulatuses. Nii vanas loodusmetsas (\*9010) kui ka raba- ja siirdesoometsas (\*91D0) on oodatavalt tugevaim seos puistu I rinde kõrguse ning ALSi punkt pilvest mõõdetud kõrgeima puu kõrguse ja metsa kõrguse vahel ( $R^2 = 0,670$  ja  $0,714$  vastavalt elupaigas \*9010 ja \*91D0). Raba- ja siirdesoometsas seostuvad LIDARi kõrgustunnustega ka mitmed lamapuidu olemasolu tunnused.

#### 4. Arutelu

Kaugseire on laialdaselt kasutatav ning potentsiaalselt väga tõhus meetod suurepinnaliste ning ruumis ja ajas korduvate loodusnähtuste jälgimiseks. Paljud autorid on osutanud kaugseirele kui perspektiivsele meetodile taimkatte ja selle omaduste kaardistamisel ja seirel (Borre *et al.*, 2011; Corbane *et al.*, 2015; Ko, Remmel, 2017; Lang, Arumäe, 2014; Nagendra *et al.*, 2013; Spanhove *et al.*, 2012; Strasser, Lang, 2015). Kriitika on seotud otsitavat tüüpi objektide/alade korduvuse ja sarnasuse *versus* unikaalsusega, analüüsi korratavusega tehniliselt uuenenud kaugseire vahenditega (vea allikad ja suurus), „müra“ elimineerimisega ja töötuse maksumusega pindalaühiku kohta (nt õppealade suur hulk).

Käesolevas töös valiti prooviuringuna testimiseks Maa-ameti ülepinnalised ja vabalt kättesaadavad aerolaserskankeerimise andmed, mis on praegu üks detailseim kaugseire andmeallikas Eestis. Lisaks enim levinud kõrgusandmete rakendusele (sh lageraiete ja häiringute leidmine – Maa-amet; Lang jt, 2017; Peterson, Arumäe, 2018) on varasemates uuringutes neid seostatud ka teiste metsanduslike takseertunnustega (Lang *et al.*, 2018; Arumäe, Lang, 2018).

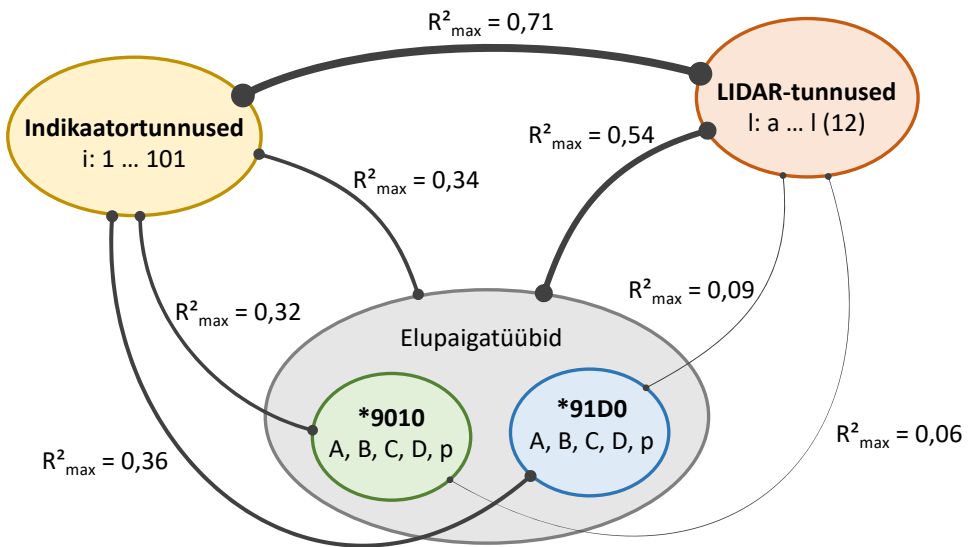
Selgus, et ALSi punkt pilvest genereeritud tunnused seostuvad elupaigatüüpide erinevusega tugevamalt kui seire indikaatortunnused (joonis 4). Vana loodusmets ning raba- ja siirdesoomets eristuvad isegi ühetunnuseliste regressioonimudelite alusel enam kui 50% täpsusega, seega on ALS kaugseire perspektiivne metsaelupaigatüüpide tuvastamisel. Ilmselt on võimalik tüübi tuvastamise täpsust oluliselt suurendada, kombineerides erinevaid tunnuseid ning kaugseire ja GIS-allikaid. Näiteks kasutades 7 üksteisest sõltumatut kaugseirepõhist elupaiga indikaatortunnust, mille

**Table 4.** Vana loodusmetsa (\*9010) ning raba- ja siirdesoometsa (\*91D0) puistu struktuuritunnuste üldistatud seosed LIDAR-tunnustega 20 m raadiuses (horisontaalraas). Meetod: logistiline ja lineaarne üldistatud aditiivne regressiooni mudel. Esitatud on indikaatoritunnused, kus seose determinatsioonikordaja  $R^2 \geq 0,200$ ; teised vt Palo ja Remm 2019

**Table 4.** Generalized relationships of stand structure indicators (rows) with LIDAR-variables (columns) in 20 m radius in western taiga (\*9010) and bog woodlands (\*91D0). Method: generalized linear models (GAM) with logistic and linear link functions. Only relationships with the coefficient of determination  $R^2 \geq 0,200$ ; see also Palo and Remm 2019

	LIDAR-tunnus		Metsa kõrgus		Kõrgeima puu kõrgus		I rinde osakaal		II rinde osakaal		Alusmetsa osakaal		Maapinna osakaal	
	9010	91D0	9010	91D0	9010	91D0	9010	91D0	9010	91D0	9010	91D0	9010	91D0
<b>Seire struktuuritunnus</b>	<b>9010</b>	<b>91D0</b>												
II rinde tihedus		0,204		0,222									0,274	0,255
II rinde suhteline kõrgus		0,259		0,267										0,228
Alusmetsa tihedus												0,210		
Vähelagunenud > 25 cm diameetriga puud		0,224		0,232										
Hästilagunenud > 25 cm diameetriga puud		0,202		0,210										0,208
<i>Neckera pennata</i> esinemine							0,227							
Männi osakaal I rindes						0,209								
Kuuse vanus		0,232												
Haava vanus	0,244			0,207										
I rinde puuliikide arv												0,204		0,260
Puistu liitus		0,207					0,389	0,412	0,229			0,357		0,216
I rinde keskmine kõrgus	0,665	0,714	0,670	0,662				0,399						0,326
Rinnaspindala		0,432		0,396	0,221	0,421								0,374
3 jämedaimese keskmine diameeter	0,250	0,406	0,279	0,393				0,237						0,332
Jämedaimese lamapuu diameeter		0,338		0,347										

determinatsioonikordaja on  $R^2 \geq 0,250$ , siis vastavalt Bayesi tõenäosuste liitumise reeglile oleks võimalik tuvastada elupaiga tüüp või esinduslikkus tingimuslikult vähemalt 95% täpsusega. Võttes aluseks käesoleva analüüsi LIDAR-tunnuste alusel elupaigatüüpe eristava nelja tugevaima seose determinatsioonikordajad vastavalt: maapinna kõrguse varieeruvus ( $R^2 = 0,194$ ; Palo, Remm, 2019), puistu laigulisus 1,5 m mastaabis (0,025), metsa kõrgus (0,535) ja maapinna osakaal (0,173), ning seades eelduse, et need tunnused on omavahel sõltumatud, oleks analüüsiks valitud elupaikade eristamise täpsus nende nelja LIDAR-tunnuse kombineerimisel tingimuslikult ca 76%.



**Joonis 4.** Seire indikaatortunnuse ja LIDAR-tunnuste ning elupaigatüüpide ja esinduslikkuse vahelised maksimaalsed seose tugevused vastavalt determinatsioonikordajatele ( $R^2$ )

**Figure 4.** The maximal detected strengths of the relationships between the inventory indicators, LIDAR variables, habitat type and habitat quality according to the coefficient of determination ( $R^2$ )

Mitmed seire indikaatortunnused seostuvad metsaelupaiga kvaliteediga, kuid LIDAR-tunnustel analüüsiks valitud metsaelupaikade ökoloogilise kvaliteedi ehk esinduslikkusklassiga seosed peaaegu puuduvad (joonis 4). See on mõneti ootuspärane, sest esinduslikkuse koondhinnang on metsaelupaikade seirel subjektiivne ekasperdiotsus. Metoodika hõlmab lisaks kvantitatiivselt või kvalitatiivselt mõõdetavatele tunnustele, nagu puistu vanus ja loodusemetsa struktuur (esinduslikkust suurendavad tunnused) ning otsesed inimõju märgid (esinduslikkust vähendavad tunnused), veel hinnangulisi tegureid, mida seire käigus otseselt ei mõõdata. Näiteks metsa järjepidevus, tüüpilisus või unikaalsus, põlismetsaliikide ohtrus jms



(Palo *et al.*, 2011; Palo, 2010; 2012). Seega on vähetõenäoline, et LIDAR-i-põhisel kaugseirel õnnestub otseselt tuvastada metsaelupaikade esinduslikkust ehk ökoloogilist kvaliteeti.

Hoolimata otsese seose puudumisest elupaiga kvaliteedi hinnanguga, seostub mitu olulist seire indikaatoritunnust LIDAR-tunnustega suhteliselt tugevalt (joonis 4). Näiteks selgus, et ALS-i andmetega on võimalik kirjeldada mõlemas uuritud elupaigatüübis umbes 70% puistu kõrgusega seotud tunnuste varieeruvusest ning suhteliselt tugevad on ka seosed puistu vanuse ja puude läbimõõduga seotud indikaatoritunnustega. Seega saab kaugseire vahenditega tuvastada elupaiga kvaliteeti etapilises tööjadas, milles esmalt hinnatakse kaugseire andmete alusel kriitiliste indikaatoritunnuste tasemed ning seejärel kombineeritakse erinevate tunnuste väärtused elupaiga kvaliteedi koondhinnanguks (Borre *et al.*, 2011, Vaz *et al.*, 2015). Sellise lahenduse kasuks räägib ka asjaolu, et mitmed seire indikaatoritunnused seostuvad elupaigakvaliteediga märkimisväärselt tugevamini kui uuritud LIDAR-tunnused. Sellise protseduuri väljatöötamisel on väga tähtis indikaatoritunnuste komplekti valik: need peavad seostuma elupaiga kvaliteediga ning olema määratavad ALS-i või mõne muu kaugseire andmehulgaga.

Hästi valitud kaugseire indikaatoritunnuste komplektiga ilmutatud elupaiga kvaliteediklassi poolt räägib samuti asjaolu, et nii elupaigatüübid kui ka elupaiga ökoloogiline kvaliteet seostuvad enamiku seire indikaatoritunnustega nõrgalt. Võib oletada, et loodusdirektiivi metsaelupaigatüüpe ning nende kvaliteeti (esinduslikkust) määravad kas paljud erinevad looduslikud tunnused omavahelises koostoimes või piisab mõne valikus oleva tunnuse esinduslikust olemasolust ja teised võivad olla esindatud nõrgemalt või isegi puududa, elupaiga kvaliteedihinnang sellest ei muutu.

On oluline tähele panna, et LIDAR-tunnuste alusel eristusid uuritud elupaigatüübid märkimisväärselt täpsemalt kui seire indikaatoritunnuste alusel. Seega on tõenäoline, et mõned registreeritavad tunnused ei ole elupaiga tüübi ja kvaliteedi suhtes oodatult informatiivsed ning vahetu vajadus nende registreerimiseks puudub. Selliste tunnuste määratlemine ja seireprotokollist väljajätmise tulemusena oleks võimalik lihtsustada ja tõhustada kogu seire protseduuri (Borre *et al.*, 2011), kuid teisalt võivad need senistel teadustöödel põhinevad tunnused osutada diagnostiliseks alles tulevikus või anda olulist infot omavahel kombineerituna.

Looduskaitse- ja metsanduslikes teadusuuringutes, kus uuriti LIDAR-i kasutatavust, nähti enam potentsiaali mitme üksteist täiendava kaugseirevahendi ja andmeallika kooskasutamises (Bae *et al.*, 2014; BäSSLer *et al.*, 2011; Ko, Remmel, 2017; Marchi *et al.*, 2018; Smreček *et al.*, 2018; Strasser, Lang, 2015; Valbuena *et al.*, 2017). Selles suunas on kavas liikuda ka Eesti metsaelupaigatüüpide eristamisel ja kvaliteedi tõlgendamisel.

## 5. Kokkuvõte

Kaugseire sobib hästi laialt levinud ja korduvate nähtuste jälgimiseks. Kui vaadeldavate nähtuste hulgas on vähe erilisi juhtumeid, ei kaasne üldistamisega kvalitatiivset infokadu. Üheks selliseks nähtuseks võiks pidada Maa taimkatet, sh metsi. Looduskaitsekseliseks väärtuslike metsade puhul otsitakse aga haruldasi, vähe levinud tunnustega unikaalseid alasid ja seetõttu kehtib pigem kaugseire korduvate nähtuste tuvastamise alusprintsipi vastanduv reegel. Samal ajal ei ole kõik eriliste omadustega alad tingimata suure loodusväärtuslikkusega ja vastupidi, ka paljud nn tüüpilised alad on liikidele väärtuslikuks eluruumiks.

Käesolevas töös analüüsisime kaugseire teostatavuse perspektiivi ALSi andmete näitel kahes Eestis enim levinud loodusdirektiivi metsaelupaigatüübis: vanas loodusmetsas ning raba- ja siirdesoometsas. Selgus, et suhteliselt perspektiivne on elupaigatüüpide omavaheline eristamine, kuid mitte otsene elupaiga kvaliteediklassi määramine. Siiski on mitmed seni väliinventuuridel kasutatavad indikaatortunnused suhteliselt hästi tuvastatavad LIDARi andmetest. Tänaise lahutusvõimega LIDARi andmete alusel ei saa tuvastada kõiki looduskaitsekseliseks huvipakkuvaid metsi. Küll aga on tõenäoline, et osutub võimalikuks oluliselt parandada välitööle eelnevat GIS-analüüsil põhinevat alade valikut. Näiteks juhul kui looduskaitseväärtuslike alade piirid on eelnevalt tuvastatud ning enim levinud nähtuste tõlgendamiseks on kirjeldatud piisav hulk uurimisalasid, võimaldab LIDARi-baasil kaugseire efektiivselt näidata nähtuste levikut huvi pakkualal ning teha ajalisi ja ruumilisi võrdlusi ehk seiret.

Soovitame edasises arenduses keskenduda väliinventuuride täiendamisele kaugseire vahenditega, optimaalse indikaatortunnuste komplekti määramisele ning mitmeetapilise ja erinevaid andmeallikaid siduva seireprotseduuri väljatöötamisele. Kaugseirel on hea potentsiaal tõhustada ning skaleerida aja- ja ressursimahukat looduskaitsekseliseks metsaelupaikade inventuuri ja seiret.

## Tänu

Metsaelupaikade seire välitöid aastail 2010–2018 finantseerisid Keskkonnaministeerium, Keskkonnaamet ja Keskkonnaagentuur. Prooviuurimus ja käesolev artikkel valmisid Keskkonnainvesteeringute Keskuse rahalisel toel (projekt nr 14617, leping nr 3-2\_7/7707-4/2018). Täname kolleege, kes vastasid meie ankeetküsitlusele, ja geograaf Edgar Seppa kasulike kommentaaride eest artikli käsikirjale!

## Kirjandus

- Aaviksoo, K., Muru, K. 2008.** A methodology of the satellite mapping and monitoring of protected landscapes in Estonia. *Estonian Journal of Ecology* 57(3): 159–184.
- Absalon, E. 2008.** *Ristproгноoside kasutatavus Otepää ja Karula taimkattetuvastuses*. Baka-laureusetöö kartograafias ja geoinformaatikas. TÜ.
- Arumäe, T., Lang, M. 2018.** Estimation of canopy cover in dense mixed-species forests using airborne lidar data. *European Journal of Remote Sensing* 51(1): 132–141.
- Bae, S., Reineking, B., Ewald, M. et al. 2014.** Comparison of airborne lidar, aerial photography, and field surveys to model the habitat suitability of a cryptic forest species – the hazel grouse. *International Journal of Remote Sensing* 35(17): 6469–6489.
- Borre, J. D., Paelinckx, D., Múcher, C. A. et al. 2011.** Integrating remote sensing in Natura 2000 habitat monitoring: Prospects on the way forward. *Journal for Nature Conservation* 19: 116–125.
- Bässler, C., Stadler, J., Müller, J. et al. 2011.** LiDAR as a rapid tool to predict forest habitat types in Natura 2000 networks. *Biodiversity Conservation* 20: 465–481.
- Corbane, C., Lang, S., Pipkins, K. et al. 2015.** Remote sensing for mapping natural habitats and their conservation status – New opportunities and challenges. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 37: 7–16.
- EIONET.** <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-9> (viimati külastatud 10.12.1018).
- Förster, M., Velazquez, J., Kleinschmit, B. 2007.** Modelling of NATURA 2000 Habitat Types in Different Biogeographic Regions. In: *Experiences from Spain and Germany. ForestSat07 Montpellier November 5–7th. 2007.* [https://www.researchgate.net/publication/233398672\\_Modelling\\_of\\_NATURA\\_2000\\_Habitat\\_Types\\_in\\_Different\\_Biogeographic\\_Regions\\_-\\_Experiences\\_from\\_Spain\\_and\\_Germany](https://www.researchgate.net/publication/233398672_Modelling_of_NATURA_2000_Habitat_Types_in_Different_Biogeographic_Regions_-_Experiences_from_Spain_and_Germany), viimati külastatud 15.12.2018).
- Ko, C., Rimmel, T. 2017.** Airborne LIDAR Applications in Forest Landscapes. In: Rimmel, T., Perera, A. (eds.). *Mapping Forest Landscape Patterns*. Springer: 213–261.
- Kuris, M., Ruskule, A. (editorial team: Bermanis, R., Ciuplys, R., Fammler, H. et al.) 2006.** *Favorable conservation status of boreal forests: monitoring, assessment, management*. Baltic Environmental Forum. Tallinn.
- Lang, M., Arumäe, T. 2014.** Kaugseire praktilistes metsanduslikes rakendustes Eestis. Artiklikogumik: *Kaugseire Eestis 2014*. TÜ, Tartu Observatoorium. Lk 128–137. <https://sisu.ut.ee/kaugseire/2014>.
- Lang, M., Arumäe, T. 2018.** Assessment of forest thinning intensity using sparse point clouds from repeated airborne lidar measurements. *Metsanduslikud uurimused / Forestry studies* 68: 40–50.
- Lang, M., Arumäe, T., Laarmann, D. et al. 2017.** Puistute kõrguskasvu muutuse hindamine. *Metsanduslikud uurimused / Forestry studies* 67: 5–16.
- Lang, M., Kaha, M., Arumäe, T. 2018.** Kaugseire praktilised metsanduslikud rakendused – puistute liigilise koosseisu kaardistamine ja harvendusraiate tuvastamine. Artiklikogumik: *Kaugseire Eestis 2018*. TÜ, Tartu Observatoorium. Lk 69–76. <https://sisu.ut.ee/kaugseire/2018>.
- Lang, M., Kaha, M., Laarmann, D. et al. 2018.** Construction of tree species composition map of Estonia using multispectral satellite images, soil map and a random forest algorithm. *Metsanduslikud uurimused / Forestry studies* 68: 5–24.

- Liira, J. 2009.** *Olemasolevate koosluste seiremetoodikate hindamine ning soovitusi Natura 2000 elupaikade seisundi seiremetoodika edendamiseks.* Tartu Ülikooli Kirjastus. ([http://www.ut.ee/lkb/avalikud\\_failid/Liira\\_2009.pdf](http://www.ut.ee/lkb/avalikud_failid/Liira_2009.pdf))
- Liira, J. 2010.** *Metsaelupaikade seire kameraalsete meetoodikate arendus.* Käsikiri. Tellija: Keskkonnaministeerium.
- Linder, M. 2006.** *Otepää looduspargi metsatüüpide kaardistamine näidistele tugineva pidevõppe tarkvara abil.* Magistritöö kartograafias ja geoinformaatikas. TÜ.
- Maa-amet.** *Metsa muutused.* <http://inspire.maaamet.ee/inspiregsh/map?lang=et#/embed/a1c0583ceafd77d0/true/true/true/true>.
- Marchi, N., Pirotti, F., Lingua, E. 2018.** Airborne and Terrestrial Laser Scanning Data for the Assessment of Standing and Lying Deadwood: Current Situation and New Perspectives. *Remote Sensing* 10, 1356.
- Meriste, M., Sepp, K., Tomson, P. et al. 2016.** Aerolaserskaneerimise (ALS) andmestiku kasutamismõimalustest Lahemaa ja Karula rahvuspargi kultuurmaastike uurimisel. *Kaugseire Eestis 2016.* Tartu Observatoorium. Lk 67–82.
- Nagendra, H., Lucas, R., Honrado, J. P. et al. 2013.** Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. *Ecological Indicators* 33: 45–59.
- Palo, A. 2012.** *Loodusdirektiivi metsaelupaikade seisund Eestis (2010–2012).* Eksperttöö. Tellija: Keskkonnaministeerium.
- Palo, A. 2015.** *Loodusdirektiivi metsaelupaikade seire välitööjuhend.* Tellija: Keskkonnaagentuur. <http://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/Metsaelupaikade%20seire%20metoodika.pdf>.
- Palo, A. 2018.** *Loodusdirektiivi metsaelupaikade seisund Eestis 2010–2012/2014–2018.* Eksperttöö, käsikiri. Tellija: Keskkonnaministeerium.
- Palo, A., Abner, O., Kalamees, R. et al. 2005.** NATURA 2000 elupaikade seire integreerimine looduse mitmekesisuse seire taimekoosluste seire allprogrammi. Kogumik: *Eesti XV Ökoloogiapäev, 22. aprill 2005. Natura 2000 Eestis.* Toim. Frey, T., Tartu, lk 25–35.
- Palo, A., Hoder, D., Liira, J. 2011.** Re-evaluation of stand indicators for the assessment of the representativity status of the Natura 2000 habitat type forests. *Estonian Journal of Ecology* 60(3): 209–224.
- Palo, A., Remm, J. 2019.** *Loodusdirektiivi metsaelupaigatüüpide kaugseire teostatavus valitud metsaelupaigatüüpide näitel.* KIK projekt nr 14617, leping nr 3-2\_7/7707-4/2018. Käsikiri.
- Remm, K., Remm, L. 2017.** Shrubby cinquefoil (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.) mapping in Northwestern Estonia based upon site similarities. *BMC Ecology*, 17 (7), 1–14.
- Peterson, U., Arumäe, T. 2018.** *Riikliku keskkonnaseire programmi allprogrammi „Maastike kaugseire 2017. a“ aastaaruanne.* Käsikiri. Tartu Observatoorium. Tartu-Tõravere.
- Press, G. 2017.** Lageriaelade kaardistamise võrdlus satelliitide Landsat-8 ja Sentinel-2 piltidel. Bakalaureusetöö. Metsatööstuse õppekava. EMÜ.
- Sagris, V., Palo, A. 2018.** CORINE Land Cover 2018 projekt – fookuses on metsad. Kogumikus: *Kaugseire Eestis 2018.* Peterson, U., Lillemaa, T. (toim). Tõravere: Tartu Ülikooli Tartu Observatoorium: 59–68.
- Sepp E. 2007.** *Maastike kaugseire (metoodika analüüs ja võrdlus). Matsalu rahvuspargi ja Nigula looduskaitseala satelliitseire 1986–2001.* Riikliku keskkonnaseire aruanne, KeM Info- ja Tehnokeskus.

- Smreček, R., Michnová, Z., Sačkov, I. et al. 2018.** Determining basic forest stand characteristics using airborne laser scanning in mixed forest stands of Central Europe. *iForest* 2018/11: 181–188.
- Spanhove, T., Borre, J. V., Delalieux, S. et al. 2012.** Can remote sensing estimate fine-scale quality indicators of natural habitats? *Ecological Indicators* 18: 403–412.
- Strasser, T., Lang, S. 2015.** Object-based class modelling for multi-scale riparian forest habitat mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 37: 29–37.
- Valbuena, R., Maltamo, M., Mehtätalo, L. et al. 2017.** Key structural features of Boreal forests may be detected directly using L-moments from airborne lidar data. *Remote Sensing of Environment*: 194: 437–446.
- Vaz, A. S., Marcos, B., Goncalves, J. et al. 2015.** Can we predict habitat quality from space? A multi-indicator assessment based on an automated knowledge-driven system. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 37: 106–113.
- Õunas, K. 2017.** Metsa lageraie tuvastamine Sentinel-2A satelliitpiltide põhjal. Bakalaureusetöö. Geodeesia, maakorralduse ja kinnisvara planeerimise õppekava. EMÜ.
- 06.04.2018. *Eesti geoportaal* is on kättesaadavad kihid taimkatte kõrguse muutustega. <https://www.maaamet.ee/et/uudised/eesti-geoportaal-is-kattesaadavad-kihid-taimkatte-korguse-muutustega>.

## Perspective of LIDAR-based remote sensing of Habitats Directive's forest habitats

Anneli Palo<sup>1</sup>, Jaanus Remm<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup> Department of Zoology, University of Tartu

### Summary

Remote sensing is an effective method for monitoring widespread and repeating natural phenomena. If there are few special cases among the observed objects, generalization does not lead to a qualitative loss of information. One such phenomenon has been considered the Earth's vegetation, including forests. However, in the case of forests of conservation value, unique features with low prevalence are sought, and therefore the situation is opposite to the principle of detecting repetitive phenomena. Still, not all areas with unique features have high natural value and, conversely, many usual areas are valuable habitats for several species.

In this work, we analyzed the feasibility of remote sensing by using LIDAR data in the two most common forest habitat types of The European Habitats Directive in Estonia: western taiga (\*9010) and bog woodlands (\*91D0). We concluded that the distinction between habitats is relatively promising, but the chance for direct determination of the grade of habitat quality (representativity) is low. However, many of the indicators used in the field inventories are relatively well identifiable from LIDAR data. Based on today's LIDAR resolution, it is unlikely that all natural forests will be identified. Nevertheless, it will likely be possible to significantly increase the GIS-based pre-selection of field inventory areas. For example, if the

boundaries of areas with high conservation value have been detected and a sufficient number of test areas have been described, LIDAR-based remote sensing could effectively detect the many focal habitat features, and gives the opportunity for temporal and spatial comparisons.

We recommend that future developments focus on supplementing the field inventories with remote sensing tools, determining the optimal set of indicator features, and developing a multi-stage monitoring procedure that combines various data sources. Remote sensing has a high potential to improve and scale-up the time- and resource-intensive habitat inventory and monitoring.

## GISi-õpe läbi aastate meil ja mujal

Jüri Roosaare

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

Käesolev ülevaade keskendub ruumiandmete arvutipõhise haldamise ja analüüsi õpetamisele Tartu Ülikooli geograafia osakonnas. Nii nagu geograafiaharidusega tegelev(ad) allüksus(ed) on eri aegadel kandnud eri nimesid ja olnud erisuguse struktuuriga, niisamuti on nüüdisaegse geoinformaatika erinevad koostisosad ja lähenemisviisid kandnud ja kandmas erinevaid nimetusi. **GIS** kui lühend **geoinfo-süsteemist** ilmus terminoloogiamaaistikule 1960. aastatel ning lisaks algsele tähendusele – ruumiandmete/kohateabe infosüsteem ja/või sellekohane tarkvara – mõisteti GISi eriti angloameerika maades vähemalt XX sajandi lõpuni tegelikult laiemalt: kui kogu valdkonda üleüldse. Edasi tõi M. Goodchild (1992) akadeemilisele parnassile pääsemiseks käibele lühendi **GISc**, mis tähendas geoinfoteadust. Infotehnoloogia ühiskondliku mõju plahvatuslik kasv XXI sajandi algul tekitas neid kahte uuel tasemel ühendava lühendi, mis tunduks sai kujul **GIS&T**: geoinfoteadus ja -tehnoloogia. Sõltuvalt kontekstist on GISi puhul esile tõstetud veel geoinfoteenuseid (**Services**) ja geoinfoõpet (**Studies**) ning positsioneerimisseadmetest küllastuvas maailmas muutub järjest olulisemaks ka geoinfoturve (**Security**). Ruumiandmete tarbijapoolse vaatenägemisega sobib GISi eestikeelseks vasteks ka soome keelest tuletatud **kohateabesüsteem**. Kuigi valdkonna nimena võidab „geoinformaatika“ maailmas üha rohkem populaarsust, jääb selle sõna kasutussagedus (guugeldamise andmeil) „GISist“ veel kaugele maha.

### 2. GISi-õpe maailmas

Kuna klassikalised ruumiandmetega tegelejad olid kartograafid, siis algust otsides võiks alustada väga kaugest minevikust ja jälgida, kuidas tehnoloogia areng (trükitehnika, geodeetilised instrumendid, fotograafia, lennuvahendid) on lisanud uusi võimalusi ja väljakutseid ning kuidas see on kajastunud õppes ja õpetamises. Elektronarvutite tulek lõi võimalused arvutipõhise kaardistamise tekkeks (mõistet *computer mapping, computer-aided/computer-assisted cartography* – vt Rhind, 1977), mis arenes esialgu vaid järjest paremate väljatrükitavõimaluste suunas. Näiteks esimesed, nn kirjutusmasinakaardid, olid selleks liiga primitiivsed, et kartograafidele

huvi pakkuda, ja leidsid kasutamist erinevate arvutitel lahendatud ülesannete ühe spetsiifilise graafilise väljundina, mida kartograafia vaatevinklist võis läbi häda ehk teemakaartideks pidada. Teine, pigem andmekeskne suund (*digital cartography* – vt Cromley, 1992) tugines arvutite kiiresti kasvavatele (ruumi)andmete haldamise võimalustele. Mõlemal juhul oli õppe ja õpetamise keskmes arvutikasutusoskus ja sellekohased erialad.

Klassikalise GISi-õppe alguskohaks võib pidada Harvardi Ülikooli. Seal loodud arvutigraafika labor, mis arendas välja kaardiprogrammi SYMAP, lisas 1968. aastal oma nimele mõiste „ruumianalüüs“ (*The Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis*) ning hakkas tihedas koostöös keskkonnaplaneerijatega lahendama ruumiantmetel põhinevaid ülesandeid. Lööksõnaks võeti **geodisain** (Steinitz, 2016). Labor ei tegelnud otseselt õppetööga, kuid projektides kaasa löönud üliõpilased said niiviisi omale elukutse, mis kandis neid kõrgele – tuntuim on firma ESRI looja ja juht Jack Dangermond. Harvardi 1975. aastal maastikuarhitektuuri magistrina lõpetanud C. Dana Tomlinist sai OSU (*Ohio State University*) professor ja kaardialgebra looja (Tomlin, 1990).

1982. aastal ilmunud ja ESRI lipulaevaks saanud Arc/Info oli üsna keerukas. Kuigi Jack, kes algul tegeles tarkvara ülikoolidesse juurutamisega isiklikult ja tundis kõiki GISi-professoreid (Phoenix, 2012: 39), märkis 1988. aastal uhkusega, et Arc/Info on jõudnud rohkem kui 100 ülikooli (Dangermond, 1988), piirdus õpe enamasti spetsialistidele mõeldud tarkvarakoolitustega (Foote *et al.*, 2012), mida hiljem märgendati kui „GIS training“.

Personaalarvutite (*Personal computer*) massiline kasutusse tulek muutis olukorda, tekitades juhtivatest ülikoolidest laiali leviva arusaama, et geograafia, aga ka teiste ruumiantmeid kasutavate erialade jaoks on GIS (lähi)tulevikus töövahend, milleta spetsialist läbi ei saa. Üks esimesi laiema rahvusvahelise levikuga õpikuid (Burrough, 1986) keskendus juba olulisel määral GISis kasutatavatele ruumianalüüsi meetoditele. 1986. aastal ilmusid turule nii PC Arc/Info kui ka Mapinfo eelkäija MIDAS, aasta hiljem Idrisi. Viimane, loodud väikeses eraülikoolis professor Ronald Eastmani eestvõttel, keskendus peamiselt rasterkujul kaugseireandmete töötlusele ja sai oma lihtsuse ning soodsa hinna tõttu populaarseks õppevahendiks. Laiemale GISi kasutajaskonnale, kuid algselt vaid kohateabe vaatamiseks mõeldud ja seetõttu piiratud võimekusega ArcView 1.0 ilmus välja 1991. aastal. Üheksakümnendate keskpaigaks arenes see tarkvaraks ArcView GIS 3.x, mis saavutas GISi-õppes liidripositsiooni, sest oli väiksemahuliste projektide jaoks „parajalt“ funktsionaalne, kuid oma tolleaegse konkurendi ArcGISiga võrreldes kiirem, lihtsam ja odavam. Sedamööda, kuidas laienes GISi kasutajaskond mitmesuguste rakendusvaldkondade spetsialistide seas, kes vajasisid vahendeid oma ruumiantmetega seostuvate erialaprobleemide lahendamiseks, ja muutusid kättesaadavaks suured ruumiantmestikud (nt TIGER ja DCW), hakati „GISi õpetamise“ asemel rääkima „õpetamisest GISi abil“.



Akadeemilises maailmas oli oluliseks teetähiseks USAs 1988. aastal loodud NCGIA (*National Center for Geographic Information and Analysis*), kus teadusprojektide täitmise kõrval koostati ka õppemetoodilised materjalid (Goodchild, Kemp, 1990). Need, *Core Curriculum*'i nime all tuntud, rohkem kui 1000-leheküljelised ja vaba levikuga 75 teemasse koondatud õppejõududele mõeldud soovitusel avaldasid ülemaailmset mõju erinevates ülikoolides toimuvale GISi-õppele. Endiselt olid juhtpositsioonil geograafid, kuid nende osakaal oli ülemaailmse küsitluse (Morgan, 1992) andmeil langenud 44% (teisel kohal planeerimisega tegelejad 9%). Euroopas korraldatud küsitluse (Masser, Toppen, 1992) järgi pakuti 37% kursusi geograafia erialal (teisel kohal planeerijad 17%). 2010. aasta algul hinnati maailmas igal aastal GISi-kursusi võtvate üliõpilaste arvuks 300 000 (Phoenix, 2012).

Järgmine oluline GISi-õpet nii USAs kui ka maailmas konsolideeriv dokument oli UCGISi (*University Consortium for Geographic Information Science*) poolt välja arendatud „Geoinfoteaduse ja -tehnoloogia teadmiste kogum“, tuntud lühendina GIS&T BoK (DiBiase *et al.*, 2006). Selle 329 teema 1660 õpieesmärki võtavad vaatluse alla kogu valdkonna, nii et on suunatud pigem õppekavade koostajatele või koolituste kavandajatele. BoKi uus, 2013. aastal alustatud versioon on kajastamas muutunud arusaamu, olles veebipõhine (<https://gistbok.ucgis.org>) ja dünaamilise – paraku ka tasakaalustamata – sisuga ning päris „valmis saada“ ei pruugigi (nagu juhtus ka *Core Curriculum*'i 1997. aastal alustatud uusversiooniga).

Võeti ka ette katse BoKist lähtuvalt välja arendada euroopalik versioon (projekti GI N2K<sup>1</sup> raames, milles TÜ geograafia osakond samuti osales). Euroopa ülikoolide geoinformaatika ja sellega seotud ainete õppejõudude seas korraldatud küsitlus (Masik, 2010) näitas, et BoKi kasutatavus õppekavade kujundamisel on üsna väike, kuid samal ajal käsitletakse GISi-kursustel, mis ei ole enam pelgalt geograafiapõhised, paljusid BoKis toodud teemasid.

GISi-õpe liikus ka kooligeograafiasse. Tõenäoliselt esimene tõsisem katse pärineb Kanadast Ontario provintsist, kus alates haridusministeeriumi heakskiidust 1988. aastal ja kasutades firmade pakutud tarkvara (SPANS ja AutoCAD, hiljem ka PCI) jõuti 1995. aastal sadade osalevate õpilasteni (Oliver, 2001; Sharpe, Best, 2001). Suurbritannias loodi 1990. aastal koolide jaoks kodumaisel arvutil (Acorn Archimedes) töötav kaartide koostamise programm AEGIS (Green, 2001). USA on näide riigist, kus hoolimata väga varastest katsetest GISi-õpet kooliharidusse viia – mis toimus tänu üksikutele entusiastlikele õpetajatele –, ei ole see senini üldlevinud – sealse hariduskorralduse tõttu (Milson *et al.*, 2012: 305–313). Vastupidiseks näiteks on Hiina (*ibid.* 59–64).

1990. aastatel toimunud infotehnoloogiline arenguhüpe pani aluse ruumiandmete taristutele (NSDI USAs alates 1994) ja viis GISi internetti (MapQuest 1996. a).

<sup>1</sup> <http://www.gi-n2k.eu>.

Veebipõhised kohateaberakendused hakkasid liituma uute haridustehnoloogiliste lahendustega (erinevad e-õppe vormid, virtuaal- ja liitreaalsuse rakendused). 20. sajandi lõpetas positsioneerimistehnoloogiate võidukäigu algus (*selective availability* signaali eemaldamine GPS-andmeilt), mis viis kohateabe nutiseadmetesse, kus kasutaja on ka üle ujutatud kõikmõeldavate salvestus- ja visualiseerimisvõimalustega. Sotsiaalmeedia ja asjade internet on lisanud GISi-õppesse uusi, eeskätt andmekaitse ja küberturvalisuse mõõtmeid ning tekitanud suurandmete (*big data*) käsitlemise baasil uusi lõimumisi – eeskätt andmeteadusega.

*Computer mapping*'u asemel on nüüd Jack Dangermondi „The Science of Where“ (vt Roosaare *et al.*, 2019: 645), mille õpe järgib nii saavutuste kui ka väljakutsete suhtes üldisi pedagoogilisi trende (Mathews, Wikle, 2019).

### 3. Esimesed sammud Eestis

Ruumiandmete analüüsi USA-poolsetes ajaloolistes ülevaadetes (nt Foresman, 1998; Chrisman, 2006) rõhutatakse 1960. aastatel Harvardi Ülikooli juures töötanud šoti maastikuarhitekti Ian McHargi (1920–2001) mõju (tema tuntuim teos ilmus 1969. aastal) varase GISi-tarkvara arengule, mida seostatakse eeskätt **ülekatteoperatsiooni** kui erinevate temaatiliste kihtide lõimimise olulise meetodi kasutamisega planeerimisel. Seda silmas pidades peaksime ka Eesti puhul kõigepealt esile tooma esimest eestikeelse geograafia professorit J. G. Granöt (1882–1956), kes – lähtudes S. Passarge'i (1866–1958) töödest – kasutas maastikukomponentide kaarte ja eristas nende ülekatte alusel nelja, kolme ja kahe elemendi maastikud ja piirivööd ning maastikulised üleminekualad (Granö, 1922). Meetodit nimetas ta kartograafiliseks sünteesiks.

Teadaolevalt esimese diplomitöö, mis käsitles geoinformaatikat – kuid mitte veel GISe –, autoriks oli Toomas Ideon (1974) ja juhendajaks Ants Raik, kes paar aastat varem oli esinenud Eesti NSV teaduse ja tehnika nõukogus ettepanekuga vabariikliku geograafilise informatsioonisüsteemi väljatöötamisest. Esimene diplomitöö geograafilistest informatsioonisüsteemidest pärineb aga Kalev Sepa (1984) sulest. Selleks ajaks olid juba maha peetud esimesed geoinformaatikaga seotud akadeemilised üritused (vt Roosaare, 2001) ja ka publitseeritud esimesed arvutikaartide kogumikud (nt Каринг, 1980), kuid GISi-õpe piirdus veel vaid kursuse „Matemaatilised meetodid geograafias“ raames peetud mõne loenguga, kus oli juttu andmebaaside rakendamise geograafias ning territoriaalsete andmete hõivest ja väljastamisest. Üliõpilased olid niisuguse teoreetilise jutu peale üsna kriitilised, sest räägitul puudus seos õppeaine praktiliste harjutustega ja viimased omakorda polnud seotud arvuti(te)ga – mis tol ajal tähendas suurt masinat ülikooli arvutuskeskuses ja millega lõppkasutaja otse suhelda ei saanudki.

Geinfoõppe praktilise poole areng sõltus algul kasutada olevast personaalarvutite hulgast (esimene arvutiklass ülikoolis 1986). Kui aasta varem rakendusmatemaatika labori juurde loodud geoinformaatika töörühma inimesed nendele ligi hakkasid pääsema, siis seisti tarkvaraprobleemi ees: tabelitöötlus-, algelised graafika- ja omaloodud Fortran-programmid jäid kaugemale sellest, et neid kasutada kooskõlas GISi-loengutes räägituga. Tänu tarkvarale dBase said rohkem tähelepanu andmebaasirakendused (Roosaare, 1990) ning tekkis ka õppekursus „Andmebaaside loomine ja kasutamine“.

Nõukogude perioodi viimaseid ja iseseisvuse taastamise järgseid esimesi aastaid iseloomustas rahvusvahelise suhtluse kiire kasv, mille väljenduseks – Läänes konverentsidel käimise kõrval – oli välisabina (nii kingituste kui ka finants-toetusena) saabuv **riistvara** ja tarkvara. Olukorra iseloomustamiseks mõned näited: Lääne-Saksamaalt pärit personaalarvuti ostuks 1988. aasta sügisel oli vaja ENSV Ministrite Nõukogu esimehe Indrek Toome eriluba; 1990. aastal ostetud arvutihiir maksis 1875 rbl, mis moodustas 2/3 kogu riistvarakuludeks olevast rahast (ja võrdus töörühma juhi 4 kuu palgaga). Koostöö Rootsi väikefirmaga Datagro võimaldas kasutada veel üht personaalarvutit, sulgplotterit ja – mis tollal meie jaoks eriti oluline – suuremõtmelist koordinaatlauda (Altek AC30). Sellel digitud vektorandmed leidsid rakendust nii tekkivas kaardifirmas Regio, geograafiainstituudi lõputöodes kui võib-olla ka Västeråsis, kus töötas meid toetanud väliseestlane Laur Aule. Tänu prof R. Eastmani abile saime (UNITARi annetusena) 1992. aastal esimese legaalse **tarkvara**: Idrisi v.4.0; Intergraph Finland OY kaudu jõudis TÜsse MicroStation PC 4.0. AS Regio, millest kujunes kiiresti geoinformaatikahuviga tudengite praktikabaas, aitas oma Intergraph Solution Centre'i kaudu sisustada MGEga varustatud 6 tööjaamaga geograafiainstituudi oma arvutiklassi, kus ka tegeldi usinasti digimisega. Vahepeal hõljus õhus suurem koostööprojekt USAga, mille vanadest paberitest on nüüd huvitav lugeda, et ameeriklased planeerisid eestlastest digijate päevapalgaks 1 Ameerika dollari. Selle perioodi lõpetas Stockholmi ülikooli poolt kingitud mini-arvuti (ND-550 koos 15 tekstikuvariga) saaga: rekatäis vana elektroonikat toimetati küll Rootsist kohale, see täitis ühe auditoriumi Vanemuise tänava õppehoones, kuid selle ülespütamisega ei hakanud 1993. aastal enam keegi tegelema.

Nendes dünaamilistes oludes tehti ka esimene GISi-tarkvara puudutav diplomitöö (Visse, 1993) ja kaitsti esimene GISi-kasutusel rajanev teaduskraad (Roose, 1993). Esimesed doktoritööd, mida võib liigitada geoinformaatika valda (Aaviksoo, 1993; Peterson, 1993), valmisid välisjuhendajate käe all; esimeseks „oma“ PhDks sai jällegi Antti Roose (2005).

Iseseisvuse taastamise järgsed ümberkorraldused tõid kaasa õppetoolide moodustamise, mille loogika eeldas, et ka geoinformaatika ja kartograafia erialal peab olema võimalik omandada nii bakalaureuse-, magistri- kui ka doktorikraadi. Kiiresti tuli hakata koostama arengu- ja õppekavasid lähtudes nii eeskujudest (Goodchild,

Kemp, 1990; Unwin *et al.*, 1990) kui ka võttes arvesse reaalseid võimalusi kursusi kvaliteetse sisuga täita. 1990. aastal alanud üldkursuse „Geoinformaatika alused“ senise õpetamise käigus ilmnenud tegelikkust peegeldab see, et kuna eeldusaine „Arvutiõpetus“ läbimise ühe tulemusena pidi klaviatuur selgeks saama, siis ei julgenud eksimist kartev üliõpilane pärast kuvarile ilmunud teadet „Press any key“ enam ühelegi klahvile vajutada. Lipukirjaks sai, et väikeriigi oludes peab GISi-õpe tulevasi töökohti arvestades olema piisavalt mitmekesine (Roosaare, 1994b), ja TÜ geograafiasinstituudi üldsuunast tulenevalt, et GIS on tööriistakast loodus- ja inimgeograafiliste rakenduste tarbeks. Tolleaegne nägemus on joonisel 1.

Syllabus for GIS-related topics (1993/1994 acad.yr.)

---

UNDERGRADUATE STUDY

**basic courses**

- for all geography students

computer study - 1.5 points  
statistics and data analysis - 2 p.  
basics of remote sensing - 1 p.  
cartography - 2 p.

**basics of geoinformatics - 2 p.**

- besides, for the direction "geoinformatics and cartography"

mathematics - 2 p.  
geodesy and topography - 4 p.  
*mathematical cartography* - 2 p.  
stereo-photogrammetry - 3.5 p.  
**creation and using of databases - 2 p.**  
**practical course of data input - 1 p.**  
map composition and design - 2 p.  
cartographical drawing - 1 p.  
*computer study II* - 2 p.

**basics of geoinformatics II - 2 p.**

***satellite image processing* - 2 p.**

- besides, for the specialization in geoinformatics

regional planning - 2 p.  
**methods of spatial data analysis - 2 p.**  
**GIS project - 3 p.**  
***computer aided planning* - 2 p.**

**facultative courses**

modelling of geosystems (using STELLA II) - 2 p.  
**practical exercises using IDRISI 4.0 - 1 p.**  
**MicroStation PC 4.0 - 1 p.**  
***MapGrafix* - 1 p.**  
**GIS applications in teaching geography 1 p.**  
**introduction to GIS - 1 p.** <- for the students of other institutes

...

POSTGRADUATE STUDY

- for all M.Sc. students in geography

**geoinformatics** (according to individual plan)

**facultative courses**

**methods of spatial data analysis - 2 p.**  
**processing of geographical information - 1 p.** ♦ for the M.Sc. in geophysics

---

1 point = 1 week = 40 hours work (auditorial + individual)

*italics* – courses to be introduced or under revision

**Joonis 1.** Eestis toimunud esimesel (ja senini rahvusvaheliseimal – osales 17 riiki) GISi-konverentsil oli eraldi haridusküsimustele pühendatud sessioon, kus värsket õppekava ka tutvustati (Roosaare, 1994a)

**Figure 1.** In the conference “GI-Baltic Sea States ‘93” (there were participants from 17 countries) the new syllabus was presented and discussed (Roosaare, 1994a)

Konverentsi meile oluliseks praktiliseks väljundiks oli ka ühinemine Uppsala ülikooli eestvõttel toimiva Balti riikide GISi-õpet toetava projektiga „University GIS Network“ (Erlingsson, Roosaare, 1995), mille käigus töötati välja, tagati ressursidega (sh interaktiivsete õppematerjalidega) ja korraldati paljudes ülikoolides korduvalt ka rahvusvaheline UGISe arvutivõrgu kasutaja kursus (TÜs BGGG.01.002).

Järgnevate üleminekuaastate pidevalt toimuvad muutused õppekorralduses, riist- ja tarkvaraolude kiire paranemine ning tihenev suhtlus väliskolleegidega – kuni ühisprojektide ja külalisõppejõududeni (nt prof Robert Cromley USAst 1998. aastal) – töid meid sama väljakutse juurde, kuhu Läänes oli jõutud juba varem: kui on arvuteid ja programme, siis osutuvad edu võtmeks **andmed**. Kui tolle aja põhitrendina prooviti omaenese tarkusest digida kättesaadavaid paberkaarte ning moodustada erinevate projektide jaoks vajalikke ruumiandmestikke, siis õppetöoks said erinevate välismaiste näidis- ja harjutusandmete kõrval olulisteks kaks riiklikult loodud vektorkujul ruumiandmekogu. Esiteks NSVLi 1 : 500 000 mõõtkavas topokaardi alusel loodud kihid ja teiseks satelliidipiltidel põhinev Rootsi riigi abiga valminud 1 : 50 000 Eesti baaskaart. Viimane sai oluliseks aluskaardiks, millele tuginedes loodi EGCD kaardirakenduse koostamise käigus kokku 50 üld- ja teemakaarti (Roosaare, Liiber, 2004), ning vastavaid ruumiandmeid kasutati erineval viisil ka ülikooli GISi-õppe erinevates praktilistes töodes.

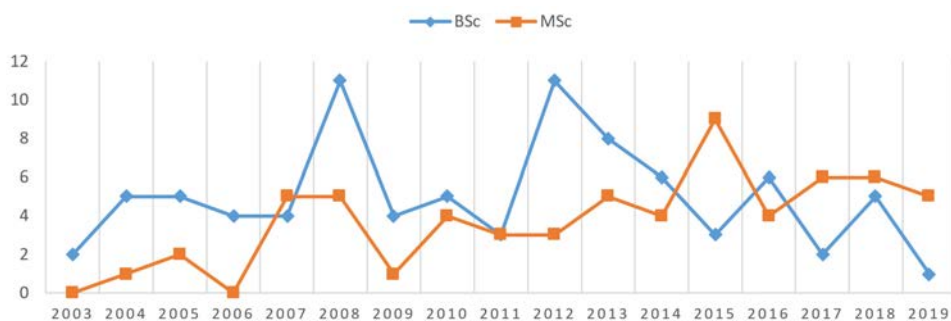
2001. aastal alustas Eesti maainfosüsteem, nüüdse Geoportaali eelkäija, avaliku ruumiandmete osutajana Internetis. TÜ geograafiaosakonna käsutuses olevate ruumiandmete kiiresti kasvavat hulka on kasutajasõbralikult aidanud hallata Kalle Remmi poolt loodud Digiarhiiv (<http://digiarhiiv.loom.ut.ee>).

## 4. GISi-õpe Eestis geograafihariduse osana

### 4.1. Ülikoolitase

Eesti kõrgharidussüsteem läks alates 2002/2003. õppeaastast üle Euroopa 3 + 2 mudelile, mida tegid ka geograafia õppekavad. Bakalaureusetasemel, kus õpieesmärgiks on laiapõhjaline geograafiharidus, sai keskseks GISi-õppe kursuseks „Geoinformaatika“ (3 EAP). Ülejäänud seostuvates kursustes („Andmebaaside loomine ja kasutamine“, „Kartograafia“, „Kaugseire I“, „Topograafia“, hiljem ka „Topograafia välipraktika“ – kõik 3 EAP) on GISi osakaal kasvanud proportsionaalselt GISi üldise kaalukuse kasvuga. Valikainete moodul on pakkunud erinevat tarkvara (AutoDesk, ArcGIS, ERDAS, Idrisi, Illustraator, MapInfo, Microstation, QGIS) tutvustavaid kursusi. Arusaam, et vähemalt ühte GISi-tarkvara (selles rollis oli MapInfo, on praegu ArcGIS) hakkab kasvaval määral olema QGIS) peaks geograaf kasutada oskama, on ka üliõpilaste seas omaks võetud.

Bakalaureusetöö – selle maht oli 2008. aastani 6 EAP (siis kaitsti ka viimased 4 + 2 õppekava järgi tehtud tööd) ja edasi 12 EAP – on andnud siiski paljudele üliõpilastele võimaluse/vajaduse geoinformaatikaga rohkem tutvavaks saada. Hindamisel, mis-sugused tööd kuuluvad geoinformaatika valda, tuleb silmas pidada, et tiitellehel olev määrang (mille alusel on valdavalt koostatud joonis 2), väljendab pigem üliõpilase õppekavalisi valikuid ja rea tööde puhul on erialaks märgitud lihtsalt geograafia. Paljudes töödes – nt inimgeograafias mobiilpositsioneerimisega seotutes – võib olla laialdaselt kasutatud GISi ja ruumianalüüsi meetodeid. Kohateavet kajastavad illust-ratsioonid, mis esinevad praktiliselt kõigis töödes, tuginevad aastast aastasse üha enam veebipõhiselt kättesaadavatele andmetele ja töövahenditele.



**Joonis 2.** Geograafia õppekava läbinute poolt kaitstud geoinformaatika ja kartograafia alased tööd  
**Figure 2.** Number of graduation theses defended in the specialty of geoinformatics and cartography

Magistritaseme õppekavad seavad eesmärgiks, et „omandatav akadeemiline haridus võimaldab töötada spetsialistina või analüütikuna oma spetsialiseerumise erialal“ (ÕIS). Arvestades Eesti geoinformaatikamaastiku väiksust ja mitmekesisust ei saa spetsialiseerumine olla väga kitsas ning pigem on eduka lõpetaja jaoks oluline oma valdkonna põhialuste hea tundmine (vundament) ja enesetäiendusoskus/õppimis-võime (suutlikkus efektiivselt omandada just seda tehnoloogiat, mida töökohas kasutatakse). Geoinformaatika- ja kartograafiaõpe peab lähtuma terviklikust vaatest geograafiale ja sisaldama alusainetena nii loodus- kui ka inimgeograafilisi kur-susi (Roosaare *et al.*, 2007). 2005/2006. õppeaastast alates ongi õppekavas kõigile geograafia magistrantidele kohustuslik moodul (30 EAP), milles otseselt GISi-õppele tuginev on „Ruumiandmete analüüs“ (5 EAP). Õppekava keskne, geoinformaatika ja kartograafia erialamoodul püsis kuni 2018/2019. õppeaastani sarnane – tuli valida 42 EAPd pakutavast kuuekümnest. Ainete seas olid bakalaureusetaseme jätkukursused („Geoinformaatika II“, „Kartograafia II“, „Kaugseire II“) ja kitsamad eriained (nt „Fotogramm-meetria“, „Ruumiandmete generaliseerimine“, „Temaatiliste kaartide kujundamine“). Erialapraktika moodul sisaldas erinevaid tarkvarakursusi, kus pakutava 18–20 EAP seast tuli valida 9 EAPd.

Tehnoloogiaarengud – eeskätt nutiseadmed ja nende positsioneerimisvõimekus; droonid ja nendepõhine kaugseire; 3D, virtuaal- ja liitreaalsuse visualiseerimisvahendid – kajastusid suuremal või vähemal määral ka seetõttu pidevalt muutuvates aineprogrammides. Õppimine/õpetamine hakkas kolima auditooriumitest internetti (e-õppe keskkondadesse) ja mitmete tippülikoolide kursused muutusid ülemaailmselt kättesaadavaks (MOOC – *massive open online course*). Jõudu koguvad m-õpe (**m**obiile) ja v-õpe (**v**irtuaalreaalsust kasutav). Õppekavade paindlikkust on alates 2010. a-st suurendanud VÕTA (**v**arasemate **õ**pingute ja **t**öökogemuse **a**rvestamine) programm, mis koos ELi Erasmus programmiga võimaldab ja soosib nn akadeemilist hulkurlust e osade õppeainete omandamist väljaspool koduülikooli.

Veebirakenduste osatähtsuse kasv ja suurandmete, sh suure hulga ruumiandmete, üldkättesaadavaks muutumine suurendas vajadust õpetada kaardiserverite haldamist jm pigem informaatika õppekavadele omaseid oskusi. Mingil määral kasutati selleks ka arvutiteaduse instituudi pakutavat. Üha ilmsemaks sai, et töö GISi-tarkvaraga tavakasutaja tasemel kuulub juba pigem geograafi üldoskuste hulka, aga geoinformaatik peaks suutma standardseid tööriistu kohandada ja edasi arendada. Kui alguses oli erialamooduli valikute seas vaid kursus „Rakendusprogrammeerimine geoinformaatikas“ (3 EAP), siis aastate jooksul hakkasid nii tööandjad kui ka üliõpilased üha rohkem rõhutama suurema programmeerimisalase kompetentsi vajadust. Õppekava üldosast hakkas seda toetama statistika ja andmeanalüüsi kursuste praktiliste tööde siirdumine R-keskkonda ning alates 2018/2019. õppeaastast lisandusid erialamooduli kohustuslikku ossa kursused „Programmeerimise alused“ (3 EAP) ning „Ruumiandmete analüüs Pythoni ja R-iga“ (5 EAP).

Ka magistritööde puhul tuleb silmas pidada vahepeal toimunud muutusi. Kui neist esimene (Roose, 1993) oli vormistatud sarnaselt doktoritöödele esitatud nõuetele (lihtsalt publikatsioonid ei olnud piisavalt kõrgetasemelistes väljaannetes) ja kaitsti ka raamatut (Jagomägi, 1999), siis saadud kraadi nimetus praegu on „magister (teaduskraad)“ ja „selline magistrikraad loetakse magistrikaadi ja doktorikraadi vahel olevaks kvalifikatsiooniks“<sup>2</sup>. 3 + 2 süsteemile üleminekuga magistrikaadi sisu muutus: magistriõppe lõpetaja on „loodusteaduste magister (MSc)“ ning ühtlasi arvestatakse NSVLi „haridussüsteemis välja antud spetsialisti diplom vastavaks magistrikaadile“<sup>2</sup>. Geoinformaatikas kaitsti viimane „vana“ magistritöö 2010. ning esimene „uus“ 2007. aastal. Tööde hulk on aastati muutunud (joonis 2), viimasel ajal on täheldatav geoinformaatika osakaalu tõus (2019. aastal oli 11-st kaitstud tööst 8 geoinformaatika erialalt). Oleme 30 aastaga jõudnud sinnasamasse, kus paljud välismaa ülikoolid: kui on piisavalt riistava, tarkvara ja andmeid, siis edasist arengut hakkavad määrama oskajad **inimesed**.

<sup>2</sup> <http://adm.archimedes.ee/enic/haridussusteem/varasemate-eesi-ja-nsv-liidu-kvalifikatsioonide-vastavus/>.

Geoinformaatika ja kartograafia valdkonnas kaitstud doktoritööde arv läheneb kümnele, kuid muret teeb, et praeguse suundumuse jätkudes kipuvad doktorantide seast eestlased ära kaduma.

Muudes Eesti ülikoolides õpetatavas on geoinformaatika valdkonna aineid enim EMÜ geodeesia ja maakorralduse õppekavades, sealse MSc kraadinimetuseks on tehnikateaduste magister. Keskkonnaplaneerimise ja maastikukujunduse õppekavades on kursused „Geoinformaatika I“ (4 EAP, BSc) ja „Geoinformaatika II“ (5 EAP, MSc). TLÜ integreeritud loodusteaduste õppekavas on kursus „GIS ja kartograafia alused“ (4 EAP) ja TTÜs käsitletakse GISide kasutamist mõningal määral kursuses „Geoloogilised uuringumeetodid II“ (6 EAP).

## 4.2. Kooligeograafia

Eestis hakkas infotehnoloogia koolidesse jõudma tänu Tiigrihüppe programmile, mille raames põhikoolile loodud interaktiivne geograafia õppevahend (Roosaare *et al.*, 2000) sisaldas ESRI MapObjects Lite'i tarkvaral põhinevat kaardiliidest ja fakultatiivset alljaotust Kaardi-Juts, kus tutvustati nii GISi ja kartograafia põhimõisteid kui ka õpetati ArcExploreri kasutamist ning temaatiliste kaartide koostamist. 2005. aastal alustas TÜ teaduskool huvilistele õpilastele mõeldud kursusega „Arvutikaardid“, mis tugines lisaks eelnimetatutele ka Maa-ameti kaardiserveri poolt pakutavatele võimalustele. 2009. aastal alustatud ArcGISi tutvustaval kursusel osalesid õpilased ja õpetajad üheskoos. Tarkvarakoolitusi on õpetajatele pakkunud erinevad asutused ja projektimeeskonnad, kusjuures ESRI-poolse hariduspoliitika esindaja ja elluviijana on viimastel aastatel üks aktiivsemaid olnud AlphaGIS<sup>3</sup>.

Kooligeograafia jaoks on geograafiaolümpiaadid, alates nende algusest 1966. aastal, olnud paljuski uuenduste katsepolügooniks: täna vaid võimekamatele jõukohane muutub homse päeva kooli tavapraktikaks. Nii on ka GIS järginud geomeedia kooligeograafiasse juurdumise üldises voolus sedasama kontseptsiooni (Roosaare, Liiber, 2013). 2005. aastal tuli gümnaasiumiõpilastel olümpiaadi lõppvoorus osata kasutada Maa-ameti kaardiserveri rakendust kohateabe leidmiseks ja alates 2012. aastast tuleb veebipõhiste tööriistade abil lahendada reaalelul baseeruv probleemülesanne (Liiber *et al.*, 2014). Aastatel 2011–2013 koostati, katsetati ja juurutati uude gümnaasiumi riiklikku õppekavasse kuuluva geoinformaatika valikkursuse jaoks mõeldud õppematerjalid, mis tuginevad tarkvarale QGIS (Roosaare *et al.*, 2011; 2014). Kuigi geoinformaatika valikkursust on seni koolides õpetatud vähem kui selle autorid sooviksid, on GISi kasutamine ka koolides muutunud geograafihariduse igapäevaseks osaks.

---

<sup>3</sup> <http://www.alphagis.ee/sihtgrupp/haridus/>.



## 5. Olevikust tulevikku: Geoinformatics for Urbanised Society

TÜ rahvusvahelistumise väljundiks geograafia osakonnas oli ingliskeelse õppekava „Geoinformatics for Urbanised Society“ avamine 2017/2018. õppeaastal. Algselt linnageograafiast välja kasvanud õppekava on kiiresti populaarsust kogunud erinevates maailma nurkades ning 2019. aasta sügisest alustasid seal 19 magistranti 16 riigist. Esimestest edukatest lõpetajatest kaks jätkavad doktorantuuris.

Eestikeelse GISi-õppe heaks on ilmunud mahukas kõrgkooliõpik (Roosaare *et al.*, 2019) ja 2020 alustab QGISil kui vabavaral põhinev MOOC. See on avatud kõigile huvilistele, hoolimata vanusest ja sõltumata eelteadmistest.

Mis ootab meid tulevikus? Kui jätta kõrvale üldise hariduspoliitikaga seotud probleemid ja loobuda püüdest ennustada tehnoloogiliste arengute detaile, siis kerkib keskseks mõiste, millele me seni tähelepanu pööranud ei ole: **ruumiline mõtlemine**. Kümnekonna aasta tagune tulevikuvaade (DiBiase *et al.*, 2012) pöörab küll palju tähelepanu tööturu, rahvusvahelistumise ja koostöö perspektiividele, aga ei pääse mööda tõdemusest, et *spatial thinking* on kõige sagedasem erinevate huvigruppide poolt viidatud valdkonnaga seostuv oskus. Niisiis on tulevaste professorite, dotsentide ja lektorite põhimissioon õpetada üliõpilasi mõtlema.

### Kirjandus

- Aaviksoo, K. 1993.** Application of Markov models in investigation of vegetation and land use dynamics in Estonian mire landscapes. *Dissertationes Geographicae Universitatis Tartuensis* 4. Tartu: Tartu University. 85 lk + artiklite äratrükid.
- Burrough, P. 1986.** Principles of geographic information systems for land resources assessment. Series: Monographs on Soil Resources Survey, 12. Oxford University Press. 220 pp.
- Chrisman, N. 2006.** Charting the Unknown: How Computer Mapping at Harvard Became GIS. ESRI Press. 232 pp.
- Cromley, R. G. 1992.** Digital Cartography. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 326 pp.
- Dangermond, J. 1988.** Trends in GIS and comments. *Computers, Environment and Urban Systems* 12(3):137–159.
- DiBiase, D., DeMers, M., Johnson, A. et al. (eds.). 2006.** The UCGIS Geographic Information Science and Technology (GIS&T) Body of Knowledge 1st ed. Association of American Geographers, Washington, DC. 162 pp.
- DiBiase, D., Foote, K. E., Tate, N. J. et al. 2012.** Ways forward for GIS&T education. In: Unwin, D. J., Foote, K. E., Tate, N. J., DiBiase, D. (eds.). Teaching Geographic Information Science and Technology in Higher Education. Wiley-Blackwell, 453–467.
- Erlingsson, U., Roosaare, J. 1995.** University GIS Network: An international, interdisciplinary, and cooperative network for GIS education and communication. In: Lidstone, J. (ed.). Becoming Professional. Queensland University of Technology, CAESAR Occasional Paper 95.1, 35–40.

- Foote, K. E., Unwin, D. J., Tate, N. J. et al. 2012.** GIS&T in higher education: GIS&T in higher education: challenges for educators, opportunities for education. In: Unwin, D. J., Foote, K. E., Tate, N. J., DiBiase, D. (eds.). *Teaching Geographic Information Science and Technology in Higher Education*. Wiley-Blackwell, 3–15.
- Foresman, T. W. 1998.** The history of Geographic Information Systems. Perspectives from the Pioneers. Prentice Hall PRT, Upper Saddle River. 397 pp.
- Goodchild, M. F. 1992.** Geographical Information Science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1): 31–45.
- Goodchild, M. F., Kemp, K. K. (eds.). 1990.** NCGIA Core Curriculum in GIS. National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara CA. <http://ibis.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/toc.html> [24.09.2019].
- Granö, J. G. 1922.** Eesti maastikulised üksused. *Loodus* 2: 105–121; 4: 193–214; 5: 257–281.
- Ideon, T. 1974.** Eesti NSV looduse kohta käesoleval ajal laekuvast andmestikust. Diplomitöö. Tartu: Tartu Riiklik Ülikool. 161 lk.
- Jagomägi, T. 1999.** Geoinfosüsteemid praktikule. Regio. 191 lk.
- Liiber, Ü., Roosaare, J., Sepp, E. et al. 2014.** Geograafiaolümpiaad keskeas – rõõmud ja mured. Teoses: Tammiksaar, E., Pae, T., Mander, Ü. (toim.). Uurimusi eestikeelse geograafia 95. aastapäeval. *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis*, 111: 72–90.
- Masik, K. 2010.** GIS Euroopa ülikoolide õppekavades. Magistritöö kartograafia ja geoinformaatika erialal. Tartu. 136 lk.
- Masser, I., Toppen, F. 1992.** GIS education in Europe: Report of survey. Utrecht: EGIS Foundation. 40 p.
- Mathews, A. J., Wikle, T. A. 2019.** GIS&T pedagogies and instructional challenges in higher education: A survey of educators. *Transactions in GIS* 23: 892–907.
- McHarg, I. 1969.** Design with Nature. Wiley. 197 pp.
- Milson, A. J., Demirci, A., Kerski, J. J. (eds.). 2012.** International Perspectives on Teaching and Learning with GIS in Secondary Schools. Springer. 353 pp.
- Morgan, J. M. III, Fleury, B. B. 1992.** Academic GIS directory. GIS in higher education. *Geo-InfoSystems* 2(4): 51–73.
- Oliver, M. 2001.** GIS in secondary school geography curricula. In: Green, D. R. (ed.). GIS: A sourcebook for schools. London & N.Y.: Taylor & Francis, 87–93.
- Peterson, U. 1993.** Studies on reflectance factor dynamics of forest communities in Estonia: abstract of the Ph.D. thesis. Institute of Astrophysics and Atmospheric Physics, Estonian Academy of Sciences, Tõravere. Tartu: Tartu Ülikool, 18 lk.
- Phoenix, M. 2012.** The internationalization of Esri higher education. In: Unwin, D. J., Foote, K. E., Tate, N. J., DiBiase, D. (eds.). *Teaching Geographic Information Science and Technology in Higher Education*. Wiley-Blackwell, 37–45.
- Rhind, D. 1977.** Computer-Aided Cartography. *Transactions of the Institute of British Geographers* 2(1): 71–97.
- Roosaare, J. 1990.** Geograafiliste igamehe-andmepankade kontseptsioon ja selle rakendamine Virumaa andmepanga näitel. Teoses: Tootmine ja keskkond. Tead.-rakend. konv. (19.–20. aprill 1990. a) ettekannete kokkuvõtted. Tallinn, Kohtla-Järve: Eesti TA, 91–95.
- Roosaare, J. 1994a.** Teaching GIS at the University of Tartu – State-of-the-Art and Future Trends. In: Vilu, H., Vilu, R. (eds.). GIS-Baltic Sea States '93. Exhibition, Conference; Tallinn, Estonia; 29.11–1.12.1994. Tallinn: Tallinn Technical University, 177–186.

- Roosaare, J. 1994b.** Diversity in GIS Education – a Keynote Demand for Universities in Small Countries. In: Konecny, M. (ed.). *Europe in Transition: The Context of GIS*. Brno: Masaryk University, IV.57–IV.66.
- Roosaare, J. 2001.** Geoinformaatika lätetel. In: Roosaare, J. (koost.) Ants Raik. Tartu: Tartu Ülikool, 28–34.
- Roosaare, J., Aunap, R., Liiber Ü. et al. 2011.** Designing a Geoinformatics Course for Secondary Schools – A Conceptual Framework. In: Jekel, T., Koller, A., Donert, K. *et al.* (eds.). *Learning with GI 2011. Implementing Digital Earth in Education*. Wichmann, 138–143.
- Roosaare, J., Liiber, Ü. 2004.** EGCD – geograafiaõpik möödunud aastatuhandest. Teoses: Mander, Ü., Kurs, O. (toim). *Geograafilise uurimise aastatuhande vahetusel: üllitatud Tartu Ülikooli geograafia instituudi 85. aastapäevaks*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 237–249.
- Roosaare, J., Liiber, Ü. 2013.** GIS in school education in Estonia – looking for an holistic approach. *Journal of Research and Didactics in Geography* 2(1): 47–56.
- Roosaare, J., Liiber, Ü., Aunap, R. et al. 2000.** Eesti geograafia CD. Elektrooniline õpik 9. klassile. Tallinn: Tiigrihüppe sihtasutus.[CD-ROM: ISBN 9985-60-997-2]
- Roosaare, J., Liiber, Ü., Mõisja, K. 2014.** Implementing a Geoinformatics Course for Secondary Schools: First Lessons to be Learned. *GI\_FORUM*, 254–260.
- Roosaare, J., Mõisja, K., Aunap, R. 2019.** Geoinformaatika. Õpik kõrgkoolidele. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. 830 lk.
- Roosaare, J., Oja, T., Liiber, Ü. et al. 2007.** An Holistic approach to geography as the basis for successful curricula in Estonia. In: Catling, S., Taylor, E. (eds.). *Changing Geographies: Innovative Curricula. The Proceedings of the IGU-HERODOT conference, April 10–12*. London: Institute of Education, 279–285.
- Roose, A. 1993.** Andmeohje ja geoinfosüsteemide rakendusi keskkonnaökonomilistes hinnangutes Ida-Virumaa näitel. Magistritöö. Tartu: Tartu Ülikool, geograafia instituut. 53 lk + artiklite äratrükid.
- Roose, A. 2005.** Optimisation of environmental monitoring network by integrated modelling strategy with geographic information system – an Estonian case. *Dissertationes Geographicae Universitatis Tartuensis* 22. Tartu: Tartu University. 174 pp.
- Sharpe, B., Best, A. C. 2001.** Teaching with GIS in Ontario's secondary schools. In: Green, D. R. (ed.). *GIS: A sourcebook for schools*. London & N.Y.: Taylor & Francis, 73–86.
- Steinitz, C. 2016.** Beginnings of Geodesign: A Personal Historical Perspective. *Research in Urbanism Series* 4(1): 9–22.
- Sepp, K. 1984.** Geograafilistest informatsioonisüsteemidest ja nende andmehankest majandi tasandil. Diplomitöö. Tartu: Tartu Riiklik Ülikool. 78 lk.
- Tomlin, C. D. 1990.** *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice Hall. 249 pp.
- Visse, U. 1993.** MicroStation ja tema rakendusvõimalused GIS-i süsteemides. Diplomitöö. Tartu: Tartu Ülikool, geograafia instituut. 107 lk.
- Unwin, D. J. & eight others. 1990.** A syllabus for teaching geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 4(4): 457–465.
- Каринг, П. 1980.** Агроклиматический атлас многолетних трав Эстонской ССР, составленный с помощью ЭВМ. Таллин: Валгус. 43 с.

## **GIS education at the Geography department**

Jüri Roosaare

Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

The current overview at first summarizes the main milestones of GIS education world history as a frame of reference. Further on it describes how the interest in GIS at the Department of Geography started in 1970ies and proceeded depending on possibilities to obtain necessary hardware and software in 1990ies. The first legal software was Idrisi v.4.0 donated by UNITAR. The first master theses at the Chair of Geoinformatics & Cartography were defended in 1993. University GIS Network led by the University of Uppsala was one of the examples of international cooperation, which helped to introduce teaching materials. Digital Estonian Base map made by help of Swedish SATELLIITBILD was an important dataset for that time.

In this century ordinary GIS education shaped out. The paper analyses developments in curricula and tendencies in BSc and MSc theses.

In 2017/2018 academic year a new MSc syllabus for international students “Geoinformatics for Urbanised Society” opened. In 2019/2020 19 students from the 16 countries started this program and two graduates from the first group continue in the PhD level.

GIS education is also introduced into the school geography. The first step was made in 2000 by means of an interactive electronic textbook, which included cartographic tools on the base of ESRI’s MapObjects Lite. Since 2012 an elective course “Geoinformatics” (based on QGIS software) is included in the national gymnasium curriculum.

## Eesti põhikaardi kvaliteet: temaatilise õigsuse ja täielikkuse analüüs

Kiira Mõisja

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

Suuremõõtkavalised topograafilised kaardid on tänapäeval ruumiandmete taristute lahutamatu osa (Rhind, 1992). Kaartide koostamise aluseks olevad topograafilised ruumiandmed on leidnud kasutajaid erinevatest valdkondadest alates riigi- ja omavalitsustest ning lõpetades hariduse või ettevõtlusega (Jakobsson, Giversen, 2007). Suur kasutajaskond eeldab nendelt andmetelt head kvaliteeti, eriti kui arvestada seda, et topograafilised andmed on riikides saamas või saanud avaandmeteks (Bakker *et al.*, 2013; Estonian Land Board, 2018; Kartverket, 2017; National Land Survey of Finland, 2018). Ruumiandmete kvaliteediga on nii teadlased kui ka ruumiandmete tootjad tegelenud üle 40 aasta. Ühe suurima saavutusena nimetavad paljud autorid (Devillers *et al.*, 2010; Hunter *et al.*, 2009) ISO 19100 ruumiandmete kvaliteedi standardite loomist. Riiklike kaardistusagentuuride katusorganisatsiooni Eurogeographicsi 2018. a (Eurogeographics Quality Knowledge Exchange Network, 2018) uurimus näitab, et INSPIREga ühinenud liikmete seas on ruumiandmete kvaliteedi standardite kasutus suurenenud.

Samas tuuakse välja ka kvaliteedi valdkonna mõned kitsaskohad. Üks suurimaid puudusi on see, et kvaliteeti käsitletakse monotoonsena, millel on kogu ruumiandmekogu ulatuses ühesugune väärtus. Tegelikult peaks kvaliteeti analüüsima ning väärtuseid esitama suurema detailsusega kas väiksemate territoriaalsete üksuste kohta, nähtuskihtide kohta või mõne muu omaduse, näiteks kaardistuse teinud välitöötaja järgi moodustatud andmete alamhulga kohta. Detailsem kvaliteedi analüüs ning saadud näitajate esitamine on vajalik nii andmetootjatele kvaliteedi paremaks tagamiseks kui ka kasutajatele täpsemate ruumianalüüside tegemiseks.

ISO 19157 (2013) määratleb ruumiandmete kvaliteedi kirjeldamiseks 21 kvaliteedielementi, mis on jaotatud 6 kategooriasse: täielikkus, temaatiline õigsus, loogiline kooskõla, asukohatäpsus, ajakohasus ja kasutatavus (Roosaare *et al.*, 2019). Euroopa kaardistusorganisatsioonidest hindas 71% asukohatäpsust, 63% täielikkust ning vaid 46% temaatilist õigsust (Jakobsson, Vauglin, 2001). Käesolevas uurimuses analüüsitakse kaardil puuduvate ja liigsete objektide arvu, mis kirjeldavad täielikkust, ning klassifitseerimise õigsust, mis kuulub temaatilise õigsuse kategooriasse.

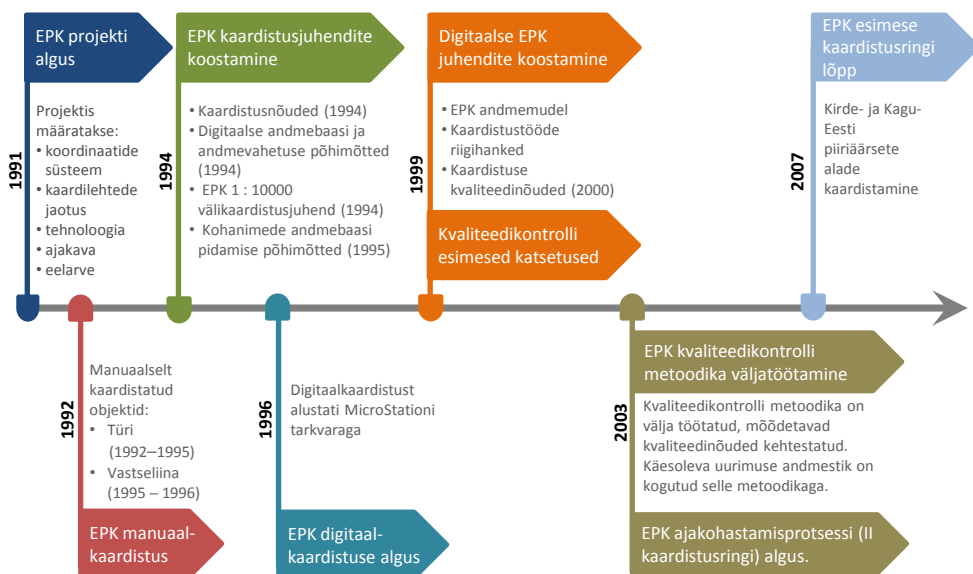
Puuduvaks loetakse objekt, mis eksisteerib reaalsuses, kuid kaardilt puudub, ning liigseks loetakse objekt, mida reaalsuses ei ole, kuid mida on kujutatud kaardil. Valesti klassifitseeritaks loetakse objekt, mida kaardil on kajastatud juhendis olevale määratlusele mittevastavana, näiteks metsa asemel on näidatud rohumaad.

Topograafiliste andmete kvaliteet võib erineda ka ruumiliselt (Sadiq *et al.*, 2006). Selle põhjuseks võib olla maastiku keerukus, välitöötaja sugu, kogemus ning võimekus maastikku tõlgendada. Käesolevas töös uuriti, kas ja mil määral mõjutavad kaardistuse kvaliteeti välitöötaja teatud omadused ning maastiku keerukus

## 2. Andmed ja meetodika

### 2.1. Eesti põhikaart ja selle kvaliteedi kontroll

Eesti põhikaardi (EPK) projekt nägi ilmavalgust juba 1991. aastal (Riigi Maa-amet, 1991). Projektis määrati ära tulevane riiklik geodeetiliste koordinaatide süsteem, kaardilehtede jaotus ja nomenklatuur, tootmise tehnoloogia, ajakava ning eelarve (joonis 1). Kuigi kaardi tootmine algas 1992. aastal, siis praktilistel kogemustel põhinevad esimesed kaardistusjuhendid jõudsid paberile alles 1994. aastal. EPK tootmise esimest aastakümnet iseloomustasidki pidevad katsetused paremate tehnoloogiate leidmiseks ja juurutamiseks ning parimate kogemuste dokumenteerimiseks. Sellesse



Joonis 1. Eesti põhikaardi projekti etapid 1991–2007

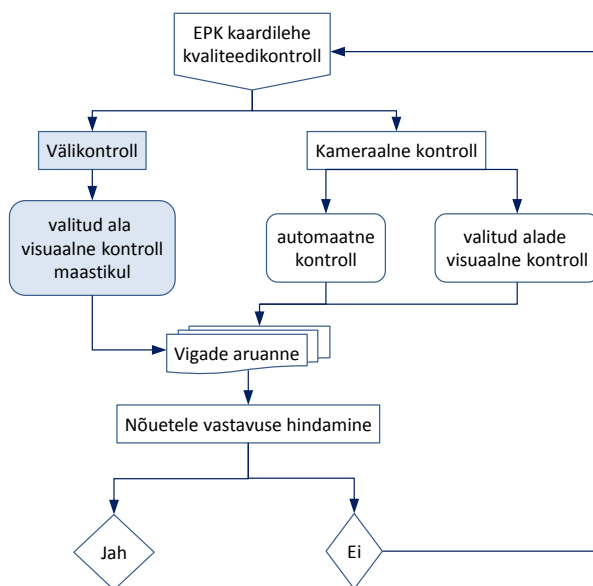
Figure 1. Timeline of the development of the Estonian Basic Map (EBM)

perioodi jääb ka tootmise üleminek manuaaltehnoloogialt digitaalsele. Stabiilsem aeg tootmises saabus 2003. aastal, mil ka kvaliteedikontrolli põhimõtted ning nõuded olid välja töötatud ja tootmisse rakendatud. Kaardiandmestik koguti aerofotodelt stereofotogramm-meetrilise mõõdistuse teel. Seejärel kontrollisid välitöötajad mõõdistatud andmestiku maastikul täielikult üle, tehtud parandused kanti digitaalselt andmestikku ning kogu kaart vormistati MicroStationis andmemudelil esitatud nõuete kohaselt.

EPK kvaliteedikontrolli protsessi võib jagada kaheks (joonis 2): 1) välitööde kvaliteedi kontroll, mida Maa-ameti töötajad tegid maastikul ning mille käigus kontrolliti kaardi temaatilist õigsust ja täielikkust (International Organization for Standardization, 2013; Roosaare *et al.*, 2019), väärtuseid kirjeldati puuduvate ja liigsete objektide arvuga, ning 2) kameraalkontroll, kus automaatselt kontrolliti andmestiku loogilist kooskõla ning visuaalselt kaardilehe servade kokkulangemist ja kaardikirjade korrektsust.

Välitööde kvaliteeti kontrollisid Maa-ameti inspektorid välja valitud kaardilehtedel, millele märkisid oma läbitud kontrollteekonna. Kontrolli käigus registreeriti detailselt kõik kaardi ja maastiku vahelised mittevastavused (edaspidi vead) ning esitati välitööde teostajale aruandena koos kvaliteedi nõuetele vastavuse otsusega. Sarnaselt välitöötajatele võivad ka inspektorid teha vigu ning mõned mittevastavused ei pruugi olla välitöötaja vead, sest välikaardistuse ja kontrolli vahel on ajaline lõtk, mille jooksul võis maastik muutuda. Juhul kui välitöötaja ja kontrollija arvamused välja toodud vea kohta lahknesid ning maastik võimaldas antud kohta tõlgendada erinevalt, lahendati kaardistuse situatsioon välitöötaja nägemuse kohaselt.

Käesoleva uurimistöö algandmestikuks on EPK 1 : 10 000 välitööde kontrolli teekonnad ja aruanded, mille on koostanud Maa-ameti inspektorid. Andmestik hõlmab 93 kontrollteekonda, mille kogupikkus on 1455 km, kust registreeriti kokku 5100 viga (tabel 1).



Joonis 2. EPK kvaliteedikontrolli skeem

Figure 2. Quality evaluation process of digital EBM sheets. The scope of the current study is shown by coloured boxes

**Tabel 1 .** Välitööde kvaliteedikontrolli arvilised näitajad**Table 1.** Summary of the characteristics of the field inspection

Näitaja	Väärtus
Kvaliteedikontrolli periood	2003–2006
Maa-ameti inspektorite arv	6
Kontrollitud välitöötajate koguarv	21
Välitöötajate sugu	6 naist, 15 meest
Välitöötajate töökogemus	2–11 aastat
Kontrollteekondade arv	93
Kontrollteekondade kogupikkus	1455 km
Kontrollteekonna keskmine pikkus	11–15 km
Kontrollala kogupindala	159 km <sup>2</sup>
Ühe välitöötaja poolt kaardistatud minimaalne ala	¼ kaardilehest

## 2.2. Meetodid

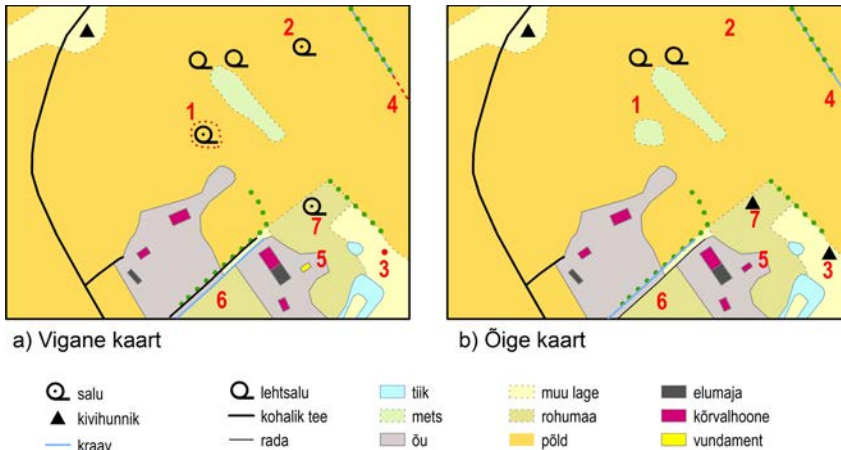
Käesoleva uurimuse meetoodika võib jagada kaheks osaks: 1) andmete eeltöötlus, mille käigus loodi geoinformaatiline kaardistusvigade andmebaas ning arvatuti välja kontrollalade maastikuindeksid; 2) vigade analüüs, kus uuriti vigade struktuuri, selgitati välja vigaseimad nähtused ning vaadeldi vigade erinevusi välitöötajate ja maastikutüüpide kaupa.

Vigade analüüsiks koostati ArcGISis kontrollteekondade ja kontrollaruannete põhjal geoinformaatiline vigade andmebaas (Mõisja *et al.*, 2017). Selle töö käigus selgus, et erinevad inspektorid olid vealiike määranud erinevalt, mis ühtlustamata jätmisel oleks oluliselt mõjutanud hilisemaid analüüse. Eriti palju võimalusi vea liigitamisel tekib siis, kui kaardil muutub vigase objekti geomeetriatüüp, näiteks põllul paikneva väikse pindobjekti „mets“ asemel peab kaardil olema punktobjekt „salu“. Sellisel juhul saab vealiiki määrata kolmel viisil: 1) valesti klassifitseerimine (metsa asemel salu), registreeritakse 1 viga; 2) liigne „mets“ ja puudu „salu“, registreeritakse 2 viga; 3) puudu „salu“ ja valesti klassifitseerimine (metsa asemel põld), registreeritakse 2 viga. Süsteemsuse tagamiseks ja vealiikide määramise ühtlustamiseks kasutati alljärgnevaid reegleid (joonis 3):

- punktobjektidel saavad esineda kõik vealiigid (joonis 3, vead 2, 3 ja 7);
- joonobjektidel saavad esineda kõik vealiigid. Kui joonobjekt on kas pikem või lühem kui ta olema peaks, märgitakse vigane osa kas liigseks või puudevaks (joonis 3, viga 4). Kõrvuti ja omavahel vahetuses olevad joonobjektid märgitakse valesti klassifitseeritaks (joonis 3, viga 6);



- pindobjektidel, mis moodustavad 100% katte, saavad esineda vaid klassifitseerimise vead (joonis 3, viga 5);
- geometriatüübi muutusel (joonis 3, viga 1) – punkt või joonobjekt määratakse liigseks ning pindobjekt valesti klassifitseerituks.



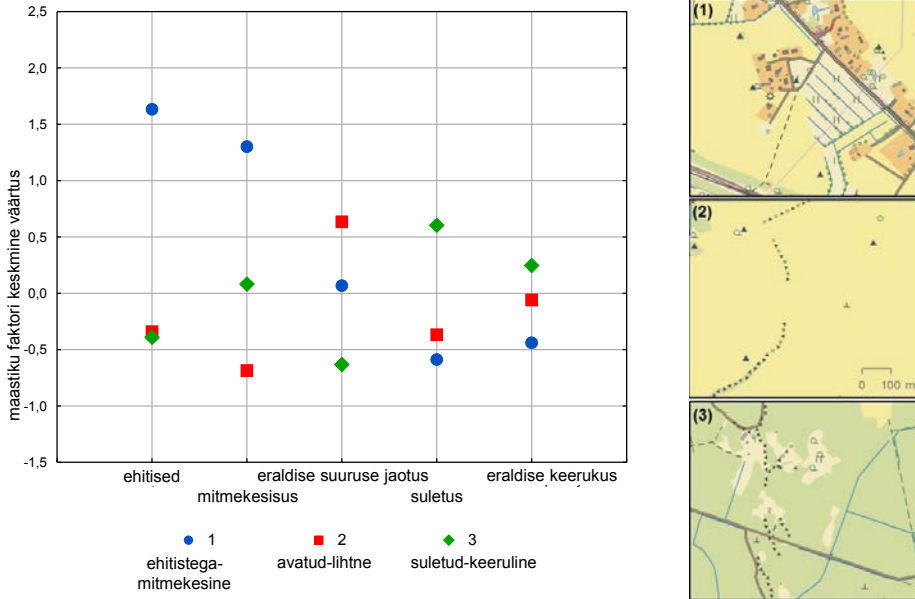
**Joonis 3.** Vealiikide näited. **Liigsed** on salud (kaartidel numbriga 1 ja 2), **puudu** on kraav (4) ning kivihunnik (3), **valesti klassifitseeritud** on põld metsa asemel (1), vundament hoone asemel (5), kraav tee asemel (6) ning salu kivihunniku asemel (7)

**Figure 3.** Examples of discrepancies in an erroneous map (left) and the corrected map (right) after the field inspection. Errors of **commission**: grove (numbered 1, 2); errors of **omission**: ditch (4) and heap of stones (3); errors of **misclassification** foundation instead of building (5), ditch instead of road (6) and grove instead of heap of stone (7)

**Kontrollala ja selle pindala määramiseks** genereeriti inspektori teekonna ümber suletud vaateväljaga aladel (mets, põõsastik ja õuealad) 50 m ning avatud vaateväljaga aladel (ülejäanud kõlvikutüübid) 100 m laiune puhver. Kontrollteekonnad olid 11–15 km pikad.

Kontrollalade **maastikuindeksite arutamiseks** kasutati ArcGISi tarkvara laiendust PatchAnalyst (Rempel *et al.*, 2012), mis vektorkujul suudab arvutuseks kasutada vaid pindobjekte. Saamaks adekvaatsemaid maastikuindeksite väärtuseid, töötati välja meetodika EPK punkt- ja joonobjektide lõimimiseks pindobjektidega (Mõisja *et al.*, 2016). Selleks moodustati punkt- ja joonobjektide ümber puhvrid, mille laius võrdus objekti laiusega looduses. Tekitatud puhvrid liideti kattuvalt pindobjektidega. Lisaks PatchAnalystiga arvatud indeksitele arvutati kontrollaladele veel ka eraldiste tiheduse ja eriliigiliste eraldiste tiheduse väärtused ning avatud alade, suletud alade ja ehitiste osakaal kontrollala pindalast. Kasutades faktoranalüüsi peakomponentide meetodit koos varimaks pööramisega, eristati 4 faktorit: mitmekesisus, eraldise suurusjaotus, suletus ning eraldise keerukus. Nelja faktorit ning ehitiste osakaalu

väärtust kasutati k-keskmise klasteranalüüsis (Bishop, 1995) **kontrollalade maastike klassifitseerimiseks**. Tulemuseks saadi kolm maastikuklastrit ehk -klassi: 1) ehitistega-mitmekesine, 2) avatud-lihtne ning 3) suletud-keeruline (joonis 4).



**Joonis 4.** Maastiku faktorite keskmised väärtused ja klasteranalüüsi tulemusena moodustunud maastikuklassid ja nende kaardinäidised

**Figure 4.** The plot of the mean values of landscape factors and built-up area for the three landscape clusters (types) and example maps for those landscape clusters

Vigade andmebaasi ning kontrollalade pindalade põhjal arvutati välja klassifitseerimise õigsuse, liigsete ja puuduvate objektide **veanäitajad** (International Organization for Standardization, 2013), milleks käesolevas uurimuses olid vigade arv, summaarne viga ning vigaste objektide osakaal e veaprotsent. Vigade arv näitab vigade esinemise koguarvu ehk esinemise sagedust. Vigade summa arvutati igale geomeetriatüübile eraldi. Punktoobjektidel on vigade arv ja vigade summa sama väärtusega, joonobjektidel on selleks vigaste lõikude kogupikkus ning pindobjektidel vigaste alade kogupindala. Veaprotsent näitab vigaste objektide arvu või summa osakaalu kõikide objektide arvust või summast. Lisaks arvutati igale kvaliteedielemendile veanäitajate kaalutud keskmine (valemid 1–3) (Mõisja *et al.*, 2018):

$$K_{KK} = 0,22 K_{pind} + 0,48 K_{joon} + 0,30 K_{punkt}, \quad (1)$$

$$L_{KK} = (0,48 L_{joon} + 0,30 L_{punkt}) : (0,48 + 0,30), \quad (2)$$

$$P_{KK} = (0,48 P_{\text{joon}} + 0,30 P_{\text{punkt}}) : (0,48 + 0,30), \quad (3)$$

kus K, L ja P on vastavalt klassifitseerimise õigsus, liiasus ja puudumine, KK on kaalutud keskmine ning pind, joon ja punkt alaindeksid tähistavad objekti geomeetriatüüpi.

Välikaardistusel tehtud **vigu ja nende struktuuri analüüsiti** kahel tasandil: 1) üldisel tasandil, kus analüüsis osalesid kõik vigade andmebaasis registreeritud vead; 2) detailsel tasandil, kus vigu analüüsiti välitöötajate kaupa (Mõisja *et al.*, 2017). Mõlemal tasandil kirjeldati vigu vea- ja geomeetriatüübi kaupa ning selgitati välja kõige vigasemad nähtusklassid (tabel 2). Viimati mainitud analüüsi tegemiseks kasutati uuendusliku meetodina hajuvusdiagramme. Nähtused, mis asusid diagrammi ülemises vasakus veerandikus, arvestati kvaliteedi seisukohalt kriitilisteks. Hajuvusdiagrammid koostati igale geomeetriatüübile eraldi. Välitöötajate vaheliste erinevuste uurimiseks kasutati karpdiagramme ning Manni-Whitney U-testi. Kõikideks statistilisteks analüüsideks kasutati Statistica 12 tarkvara (StataCorp LP, 2011).

**Tabel 2.** Analüüsides kasutatud välikaardistusel tehtud vigade kvaliteedinäitajad

**Table 2.** Data quality measures used in different analysis

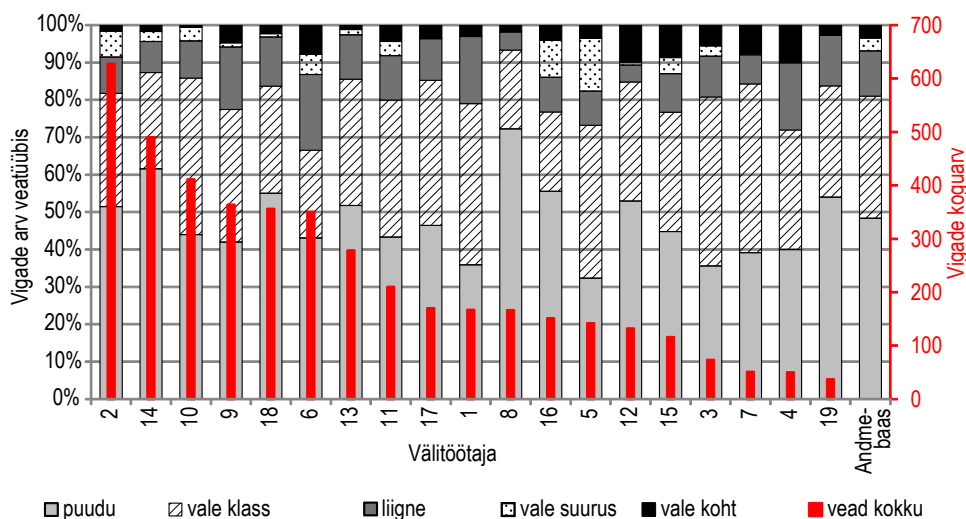
Analüüs	Näitaja	Määratlus
Veatüüp (valesti klassifitseeritud, liigne, puudu)	vigade arv	vigaste objektide koguarv
Vea geomeetria (punkt, joon, pind)	vigade arv	
Vigased nähtusklassid	summaarne viga	vigaste punktobjektide koguarv, vigaste joonobjektide kogupikkus, vigaste pindobjektide kogupindala
Enim valesti klassifitseeritud nähtusklassid	summaarne viga	
Vigade erinevused välitöötajate soo ja vanuse arvestuses	veaprotsent	summaarse vea osakaal kõikidest selle kontrollala objektide summast, kogupikkusest või kogupindalast
Välitöötajate vigade erinevus maastikutüüpide arvestuses	veaprotsent	

### 3. Tulemused

#### 3.1. Vigade struktuur

Kõiki vigu koos analüüsid selgus, et joon- ja punktobjektide vigade osakaal oli peaaegu võrdne: 46% kõikidest vigadest esines joontel ja 40% punktobjektidel. Sama analüüs välitöötajate arvestuses näitas tulemustes suurt varieeruvust. Esines välitöötajaid, kes eksisid rohkem kas joonobjektides või punktobjektides. Ainult 21% välitöötajatel oli vigade jaotus geometriatüüpide vahel sarnane kogu andmebaasi vigade struktuuriga.

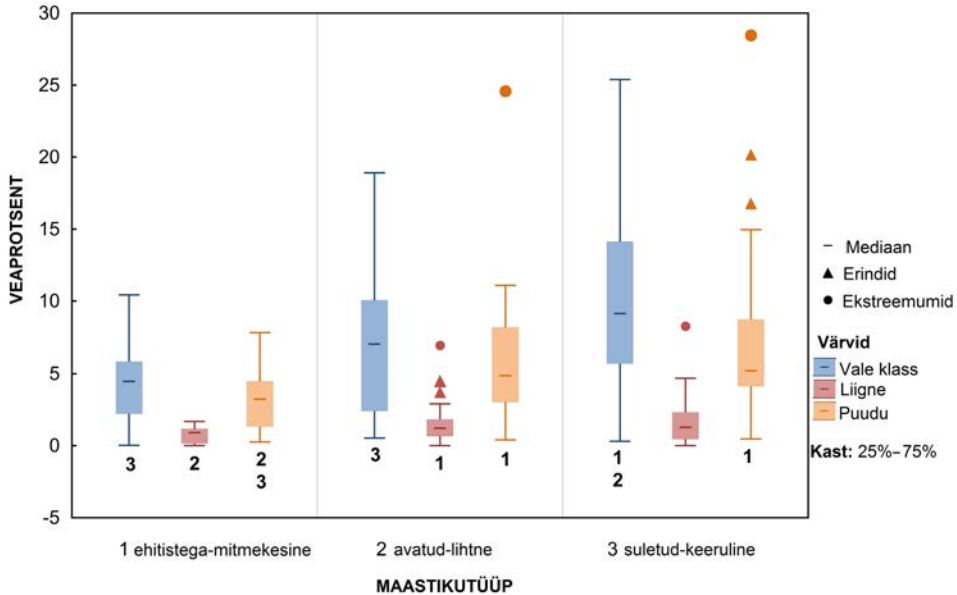
Kvaliteedielementide ehk veatüüpide arvestuses tehtud analüüsid üldisel tasandil näitasid, et 48% kõigist vigadest moodustasid kaardilt puuduvad objektid ja 33% valesti klassifitseeritud objektid. Ka detailsemal tasandil oli valdav viga objektide puudumine kaardilt, kuid vigade arvu varieeruvus välitöötajate vahel oli suur (joonis 5). Näiteks on välitöötajatel 1 ja 8 vigade arv võrdne, kuid välitöötajal 1 moodustasid puuduvad objektid kõikidest vigadest 35%, samal ajal kui välitöötajal 8 on see osakaal suurem kui 70%.



**Joonis 5.** Vigade arvu varieeruvus veatüüpide ja välitöötajate arvestuses. Punasega on näidatud konkreetse välitöötaja vigade koguarv, mustritega erinevate veatüüpide osakaal koguarvust

**Figure 5.** The variability of errors by type among field workers. The ordinate (the X-axis) ranks field workers by their decreasing share of errors overall (red stripe), measured by the Y-axis on the right. The Y-axis on the left shows the distribution of errors by the type or by the geometry for each field worker

Kruskali-Wallise H-testi tulemus näitas, et kolmes klasteranalüüsi tulemusena määratud maastikutüübis on veaprotsentidel statistiliselt olulised erinevused (joonis 6). Veaprotsent ning selle väärtuste varieeruvus on väikseim ehitistega-mitmekesises maastikus ning suurim suletud-keerulises maastikus. Kõigis kolmes maastikutüübis varieerusid enim valesti klassifitseeritud kvaliteedielemendi väärtused. Samal ajal liigsete objektide osakaal erines statistiliselt oluliselt vaid ehitistega-mitmekesises ning avatud-lihtsas maastikutüübis.



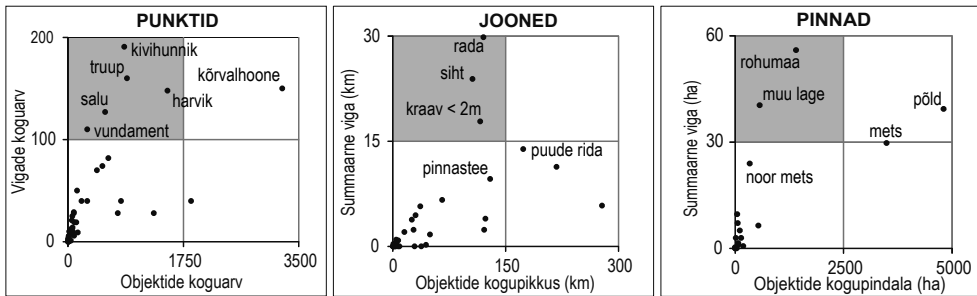
**Joonis 6.** Valesti klassifitseeritud, liigsete ning puuduvate objektide veaprotsent erinevates klasteranalüüsi tulemusena määratud maastikutüüpides. Statistiliselt oluline erinevus Kruskali-Wallise testi järgi: 1 – ehitistega-mitmekesisesest maastikust, 2 – avatud-lihtsast maastikust, 3 – suletud keerulisest maastikust

**Figure 6.** Box plots for the rates of misclassification, commission, and omission errors in the different landscapes. For a given error type, based on the Kruskal-Wallis multiple comparison of mean ranks for all groups: 1–statistically significant difference from built-up–diverse, 2–statistically significant difference from open–simple, 3–statistically significant difference from closed–complex

### 3.2. Vigased nähtused

Kontrollaladele jäi 104 nähtust, millest 20-l ei esinenud ühtegi viga. Need olid peamiselt 1) fotodelt kergesti äratuntavad nähtused (järv, raudtee, mast jne), 2) nähtused, mida oli võimalik leida või kontrollida teiste registreeritud põhjal (nt põhi-, tugi- ja kõrvalmaanteed), või 3) haruldased nähtused, mille määramisel välitöötajad

eksivad harva (tuuleveski, tuletorn jne). Nii kogu vigade andmestikku koos kui ka välitöötajate arvestuses analüüsid ilmsed nähtused, mis olid kriitilised mõlemal tasandil (joonis 7). Kaardilt puudusid teistest enam kivihunnikud ja truubid, samal ajal kui kõige rohkem on liigsetena kaardile märgitud harvikuid. Kõige rohkem aeti omavahel segi lehtpuusalu ja lehtpuud, elu- ja kõrvalhoonet. Kõikidest valesti klassifitseeritud joonobjektidest moodustasid teed 40% ning väikesed kraavid 20%. Pindobjektidest 43% valesti klassifitseeritud objekte kuulusid põllu, rohumaa ja muu lageda nähtusklassidesse. Eraldi võib välja tuua kolm nähtust: metsa ja kitsa (< 2 m) kraavi ning rohumaa, mis erinevate tasandite analüüside tulemustes kajastusid erinevalt. Mets ilmsel kriitilise nähtusena detailses analüüsis (välitöötajate arvestuses summaarse vea variatsiooni koefitsient = 0,87). Üldise tasandi analüüsis kriitiliseks osutunud kitsa kraavi vead olid aga enamikus põhjustatud vaid nelja välitöötaja poolt ning rohumaa klassifitseerimisega ei saanud hakkama kaks välitöötajat. Valesti klassifitseerimist põhjustasid enamasti nn naabernähtused, mille vaheline piir ongi looduses hägune (põld või rohumaa või muu lage; mets või metsa noorendik; rada või pinnastee jne).



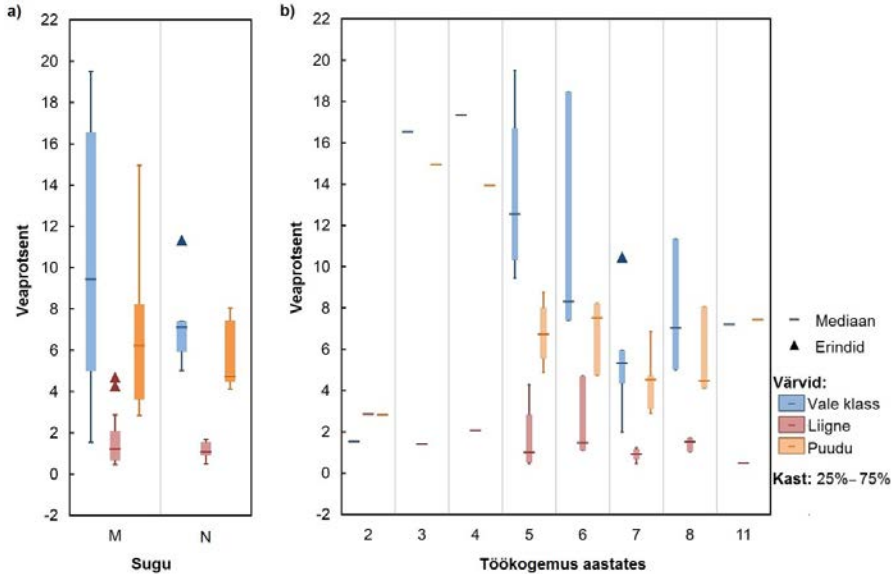
**Joonis 7.** Kõikide vigade hajuvusdiagrammid geomeetriatüübi arvestuses. Kriitilised nähtused jäävad diagrammidel halliga kujutatud vasakusse ülemisse neljandikku

**Figure 7.** Quartile-quartile plots of errors in the three feature geometries against their summary measures, with individual feature classes labelled. The feature classes placed clearly above the diagonal (upper left quadrant) may be considered more problematic: the frequency of this particular feature class in the landscape is relatively low, but the number of errors is high compared to other feature classes

### 3.3. Välitöötajate vigade erinevused soo, kogemuse ja kaardistatud maastikutüübi kaupa

Selleks, et hinnata välitöötaja mõju kaardistuse kvaliteedile, sai käesolevas uurimuses kasutada vaid kahte omadust: välitöötaja sugu ning töökogemust aastates. Samuti vaadeldi maastikutüübi mõju välitöötaja töö kvaliteedile.

Analüüs näitas, et naissoost välitöötajad tegid natuke vähem vigu kui meessoost töötajad. Samal ajal ei olnud see erinevus Manni-Whitney U-testi järgi statistiliselt oluline (joonis 8a).

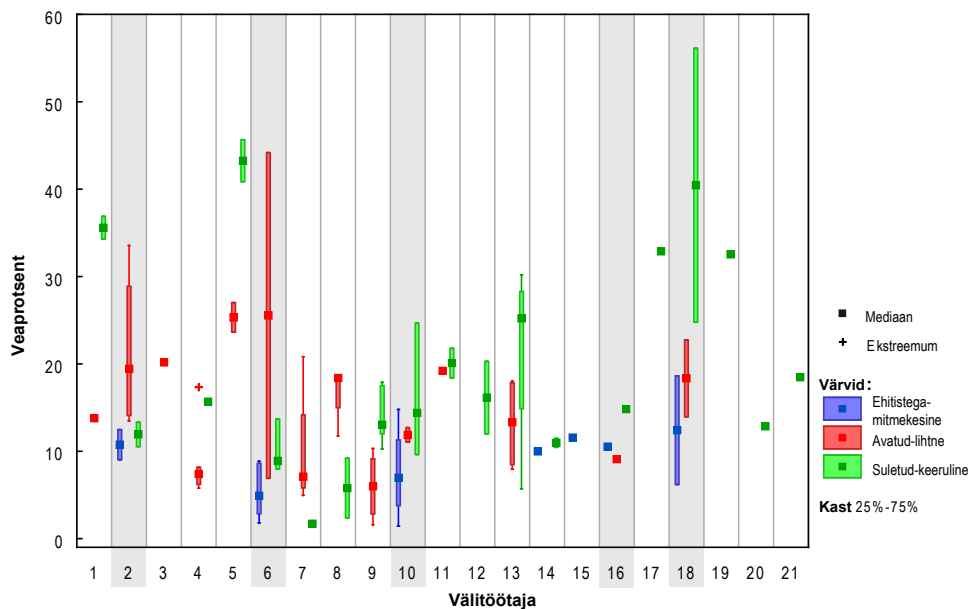


**Joonis 8.** Välitöötajate veaprotsentide kastdiagrammid a) soo arvestuses (M – mehed, N – naised) ning b) töökogemuse (aastad) arvestuses

**Figure 8.** Box plots of the error rates by field workers based on (a) gender (M – male; F – female) and (b) years of experience. For each field worker, we calculated the median value across the sites they examined

Joonisel 8b võib jälgida üldist trendi, kus suurema töökogemusega välitöötajad teevad vähem vigu. Väikse töökogemusega välitöötajate kaardistuskvaliteet oli parem kui keskmise töökogemusega välitöötajatel ning kvaliteet paranes jällegi väga kogunud töötajatel. Kahjuks ei jaotunud välitöötajad töökogemuselt ühtlaselt. Nii oli näiteks 2- ja 11-aastase töökogemusega inimesi kummaski klassis ainult üks. Seega joonisel ilmnenud trend ei ole Spearmani korrelatsioonikordaja järgi ( $\sigma = -0,38$ ;  $p = 0,09$ ) statistiliselt oluline.

Sarnaselt töötatud aastatele jagunevad töötajate kaardistatud kontrollalad maastikutüüpide vahel ebaühtlaselt. Ainult 5 välitöötajat (2, 6, 10 ja 18) kaardistasid kõigis kolmes maastikutüübis, andes niimoodi võimaluse hinnata maastiku mõju välitöö kvaliteedile töötaja individuaalsetest omadustest sõltumatult. Kõikidel välitöötajatel oli veaprotsent kõrgem suletud-keerulisel maastikul kui ehitistega-mitmekesisel maastikul, kusjuures kolmel välitöötajal viiest oli veaprotsent kõrgeim suletud-keerulisel maastikul.



**Joonis 9.** Välitöötajate klassifitseerimise, puudumise ja liiasuse veaprotsentide summeeritud väärtused maastikutüüpide arvestuses. Halliga on märgitud välitöötajad, kes kaardistasid kolmes erinevas maastikutüübis

**Figure 9.** Box plots of the summed values of MCO error rates (all three categories combined) by field workers in the three landscape types defined in Figure 4. Field workers who mapped all three landscape types are shaded grey

#### 4. Arutelu

Vigade analüüs on kvaliteedihaldamise üks olulisemaid komponente (Jakobsson, 2003). Vigade analüüsi tulemused on sisendiks ühelt poolt kasutajate jaoks olulistele metaandmetele ning teiselt poolt aluseks andmete tootmisprotsessi parendamiseks (Dassonville *et al.*, 2002; Harding, 2006; Jakobsson, Marttinen, 2003). Oluline on, et vead oleksid registreeritud ühetaoliselt ning et analüüsiks oleks kasutatud sobivaid kvaliteedinäitajaid.

Uurimistöö näitas, et üldisel ja detailsel tasandil tehtud kaardistusvigade analüüsid andsid teatud juhtudel erinevaid tulemusi ning teatud juhtudel sarnaseid tulemusi, mis veel kord kinnitavad vajadust teha analüüse erinevatel detailsusastmetel (Devillers, Beard, 2006). Vead, mis käesolevas uurimuses ilmsesid mõlemal tasandil, olid süsteemsed, teisel juhul aga põhjustatud peamiselt üksikutest välitöötajatest. Kaardistuse kvaliteedi tõstmiseks tuleks süsteemsete vigade vältimiseks täiendada kaardistusjuhendeid: täpsustada nähtuse definitsiooni või tunnuseid või kaaluda, kas antud nähtuse kaardistamine on üldse vajalik. Individuaalsete, üksikute välitöötajate



põhjustatud vigade vältimiseks on soovitatav korraldada koolitusi. Samuti tõi uurimus välja mitu nähtust (kitsad kraavid ning väiksed teed jne), mis on kriitilistena välja toodud ka teiste maade sarnastest uurimustest (Jakobsson, 2002; Pätynen *et al.*, 1997). Nn naaberklassidesse kuuluvate nähtuste (põld või rohumaa või muu lage; mets või noor mets) segamini ajamise probleemi on kirjeldanud ka taimkatte kaardistajad (Cherrill, McClean, 1999; Stevens *et al.*, 2004).

Huvitavaks tulemuseks võib pidada seda, et madalamad veaprotsendid ilmnesid ehitistega-mitmekesistel maastikel, mis oma keerukuselt võiksid põhjustada enim vigu. Põhjus võib peituda selles, et asulates, kus on tänavavõrk ning hooned heaks maamärgiks, on kergem orienteeruda. Samuti kergendab kaardistust ligipääsetavus ning nähtavus, mis on suletud-keerulisest maastikust parem. Viimane on ka ilmselt põhjus, miks suletud-keerulisel maastikul esines kõige rohkem vigu, sest ka välitööde ettevalmistusena tehtud stereokaardistus jääb metsades puudulikuks. Palju keerulisem on põhjendada vigade arvukust avatud-lihtsas maastikutüübis. Võib püstitada hüpoteesi, et lihtsal maastikul võib välitöötaja olla vähem tähelepanelik ning et vigased nähtused paiknevad suurte lagedate alade servades ning seepärast jäävad tihti märkamata. See hüpotees nõuab eraldi uurimist.

Sageli arvatakse, et kui kaardistus on tehtud ühesuguse meetodikaga, siis on kogu andmestikule tagatud ühtlane kvaliteet (Frank *et al.*, 2004). See väide võib olla tõene kaugseires, kuid käesolev uurimus näitas, et välitöötajate kaardistuse kvaliteet on erinev. Põhjuseks võivad olla ebatäpsed juhendid, ebapiisav väljaõpe või ka välitöötaja personaalsed omadused. Mitu uurimust on näidanud, et meeste orienteerumisvõimed on paremad kui naistel (Coluccia *et al.*, 2007; Coluccia, Louse, 2004; Lawton, 1994). Samal ajal näitas käesolev uurimus, et meeste ja naiste kaardistusel tehtud vigade arv ei erinenud statistiliselt olulisel määral. Põhjus võib peituda selles, et tegemist on oma eriala spetsialistidega, keda on Maa-ametis koolitatud. Mitu uurimust on tuvastanud, et inimesed orienteeruvad paremini siis, kui nad viibivad enda jaoks turvalises keskkonnas (Lawton, 1994; Lawton, Kallai, 2002; Schmitz, 1997). Põhikaardistuse välitöötajad said kaardistusalasid valida ise. Nii näiteks kaardistasid naised ainult 23% metsasest suletud-keerulisest maastikust, samal ajal kui avatud-lihtsas maastikutüübis oli see näitaja 45%. See näitab, et naised eelistasid avatud maastikke ning võib osaliselt selgitada ka seda, miks meeste ja naiste vigade erinevus ei olnud suur. Uurimus näitas, et töökogemus ei avalda statistiliselt olulist mõju kaardistuse kvaliteedile. Sarnast tulemust kirjeldasid ka taimkatte kaardistuses Hearn ja kolleegid (2011).

Igas maastikutüübis võis täheldada suurt veaprotsendi varieeruvust, mis näitab, et välitöötajate personaalsed omadused avaldavad teatud määral mõju kaardistuse kvaliteedile. Samal ajal on olemas ka maastiku mõju. Uurimus näitas, et ehitistega-mitmekesisel maastikul on veaprotsendi väärtused ning varieeruvus väiksem, mis tõendab, et seda maastikutüüpi oli lihtsam kaardistada. Girres ja Touya (2010),

Haklay (2010) ning Dorn ja kolleegid (2015) jõudsid oma uurimustes samadele järeldustele, kui käsitlesid vabatahtlike kaardistuste kvaliteeti. Seega võib järeldada, et maastikul on võrdne mõju nii amatööridele kui ka professionaalidele.

## 5. Kokkuvõte

Suuremõõtkavaliste topograafiliste andmete kasutajaskond on suur, alustades riigi- ja omavalitsustest ning lõpetades hariduse või ettevõtlusvaldkonnaga. Suur kasutajaskond eeldab andmetelt head kvaliteeti. Ruumiandmete kvaliteediga on nii teadlased kui ka ruumiandmete tootjad tegelenud üle 40 aasta. Üks suurimaid puudusi on see, et kvaliteeti käsitletakse monotoonsena, millel on kogu ruumiandmekogu ulatuses ühesugune väärtus. Selleks, et andmetootjad saaksid tagada paremat kvaliteeti ning kasutajad saaksid hinnata andmete usaldusväärsust ja kasutatavust, peaks kvaliteeti analüüsima ning tulemusi esitama suurema detailsusega kas eraldi väiksemate territoriaalsete üksuste kohta, nähtuste (näiteks maanteed, vooluveed) kohta või mõne muu omaduse, näiteks kaardistuse teinud välitöötaja, järgi moodustatud alamhulga kohta.

Uurimuses on kasutatud Eesti põhikaardi 1 : 10 000 välitööde kvaliteedikontrolli andmeid aastatest 2003–2006. Põhiliselt on analüüsitud, kui hästi on välitöötajad määranud nähtuseid ja nende omadusi (klassifitseerimise õigsust) ning kas kõik looduses olevad objektid on täielikult kaardile kantud. Selleks kasutati liigsete ja puuduvate objektide näitajaid. Välikaardistusel tehtud vigu ja nende struktuuri analüüsi kahel tasandil: 1) üldisel tasandil, kus analüüsis osalesid kõik vigade andmebaasi salvestatud vead korraga; 2) detailsel tasandil, kus vigu analüüsi igal välitöötajal eraldi. Topograafiliste andmete kvaliteet võib erineda ka ruumiliselt. Selle põhjuseks võib olla maastiku keerukus, seda territooriumi kaardistanud välitöötaja sugu, kogemus ning võimekus maastikku tõlgendada. Maastiku mõju hindamiseks klassifitseeriti maastikud klasteranalüüsi kasutades kolme põhitüüpi.

Analüüsi tulemused näitasid, et üldisel ja detailsel tasandil tehtud kaardistusvead olid teatud juhtudel sarnased ja teatud juhtudel erinevad. Vead, mis ilmnesid mõlemal tasandil, olid süsteemsed, teisel juhul aga põhjustatud peamiselt üksikutest välitöötajatest. Nähtused, mis olid kriitilisemad mõlema tasandi analüüsides, olid kivihiik, vundament, harvik, rada, siht ja salu. Kriitilised nähtused, mis olid põhjustatud enamasti vaid mõne üksiku välitöötaja poolt, olid kitsas kraav ning rohumaa. Välitöötaja sugu kaardistuse kvaliteeti statistiliselt oluliselt ei mõjutanud. Samal ajal väikse töökogemusega välitöötajate kaardistuskvaliteet oli parem kui keskmise töökogemusega välitöötajatel ning kvaliteet paranes jällegi väga kogenud töötajatel. Analüüsi tulemused näitasid, et ehitistega-mitmekesisel maastikutüübis oli välitöötajate arvestuses kaardistuse kvaliteet parem kui avatud-lihtsas või suletud-

keerukas maastikutüübis. Sarnastele tulemustele on jõudnud ka mitu ühisloomena tekkinud ruumiandmete kvaliteeti uurinud autorit.

Kaardistuse kvaliteedi parandamiseks tuleks süsteemsete vigade vältimiseks täiendada kaardistusjuhendeid: täpsustada nähtuse ja tema tunnuste definitsioone või kaaluda, kas antud nähtuse kaardistamine on üldse vajalik. Individuaalsete, üksikute välitöötajate põhjustatud vigade vältimiseks on soovitatav korraldada koolitusi. Samuti võiks välitöötaja valida endale sobiva maastikutüübi kaardistamise, sest uuringud on näidanud, et sobiv maastik suurendab turvalisust ja enesekindlust ning parandab seeläbi ka kvaliteeti.

## Kirjandus

- Bakker, N. J., van der Vegt, H. H., Bruns, B. 2013.** Dutch NMCA launches opendata. *Proceedings of the 26th International Cartographic Conference*. Dresden, Germany. Accessed: 29th May 2018 [http://icaci.org/files/documents/ICC\\_proceedings/ICC2013/extendedAbstract/123\\_proceeding.pdf](http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/extendedAbstract/123_proceeding.pdf).
- Bishop, C. M. 1995.** Neural networks for pattern recognition. *Journal of the American Statistical Association* 92: 482.
- Cherrill, A., McClean, C. 1999.** Between-observer variation in the application of a standard method of habitat mapping by environmental consultants in the UK. *Journal of Applied Ecology* 36(6): 989–1008.
- Coluccia, E., Iosue, G., Antonella Brandimonte, M. 2007.** The relationship between map drawing and spatial orientation abilities: a study of gender differences. *Journal of Environmental Psychology* 27(2): 135–144.
- Coluccia, E., Louse, G. 2004.** Gender differences in spatial orientation: a review. *Journal of Environmental Psychology* 24(3): 329–340.
- Dassonville, L., Vauglin, F., Jakobsson, A. et al. 2002.** Quality management, data quality and users, metadata for geographical information. In: Shi, W., Fisher, P. F., Goodchild, M. F. (eds.), *Spatial Data Quality*. Abingdon, UK: Taylor & Francis.
- Devillers, R., Beard, K. 2006.** Communication and use of spatial data quality information in GIS. In: Devillers, R., Jeansoulin, R. (eds.), *Fundamentals of Spatial Data Quality*. London: ISTE.
- Devillers, R., Stein, A., Bédard, Y. et al. 2010.** Thirty years of research on spatial data quality: Achievements, failures, and opportunities. *Transactions in GIS* 14(4): 387–400.
- Dorn, H., Törnros, T., Zipf, A. 2015.** Quality evaluation of VGI using authoritative data – A comparison with land use data in southern Germany. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 4(3): 1657–1671.
- Eurogeographics Quality Knowledge Exchange Network 2018.** Use of the ISO 19100 quality standards at the NMCAs.
- Frank, A. U., Grum, E., Vasseur, B. 2004.** Procedure to select the best dataset for a task. In: Egenhofer, M. J., Miller, H. J., Freksa, C. (eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Geographic Information Science*. Berlin, Germany: Springer.
- Girres, J. F., Touya, G. 2010.** Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. *Transactions in GIS* 14(4): 435–459.

- Haklay, M. 2010.** How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and Planning B: Planning and Design* 37(4): 682–703.
- Harding, J. 2006.** Vector data quality: A data provider's perspective. In: Devillers, R., Jeansoulin, R. (eds.), *Fundamentals of Spatial Data Quality*. London, UK: ISTE.
- Hearn, S. M., Healey, J. R., McDonald, M. A. et al. 2011.** The repeatability of vegetation classification and mapping. *Journal of Environmental Management* 92(4): 1174–1184.
- Hunter, G. J., Bregt, A. K., Heuvelink, G. B. M. et al. 2009.** Spatial data quality: Problems and prospects. In: Navratil, G. (ed.), *Research Trends in Geographic Information Science. Springer Lecture Notes in Geoinformation & Cartography*. Berlin, Germany: Springer.
- International Organization for Standardization 2013.** Geographic information – Data quality (ISO 19157:2013). *International Standard*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jakobsson, A. 2002.** Data quality and quality management – Examples of quality evaluation procedures and quality management in European national mapping agencies. In: Shi, W., Fisher, P. F., Goodchild, M. F. (eds.), *Spatial Data Quality*. Abingdon, UK: Taylor & Francis.
- Jakobsson, A. 2003.** Framework and requirements for management of topographic data in Europe. In: *Proceedings of the 9th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science*. Espoo, Finland.
- Jakobsson, A., Giversen, J. 2007.** Guidelines for implementing the ISO 19100 geographic information quality standards in national mapping and cadastral agencies. Accessed: 21st May 2018 [https://eurogeographics.org/wp-content/uploads/2018/04/Guidelines\\_ISO\\_19100\\_Quality.pdf](https://eurogeographics.org/wp-content/uploads/2018/04/Guidelines_ISO_19100_Quality.pdf).
- Jakobsson, A., Marttinen, J. 2003.** Data quality management of reference datasets – present practice in European National Mapping Agencies and a proposal for a new approach. In: *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference*. Durban, South Africa.
- Jakobsson, A., Vauglin, F. 2001.** Status of data quality in European national mapping agencies. In: *Proceeding of the 20th International Cartographic Conference*.
- Kartverket 2017.** The Norwegian Mapping Authority has released its central national datasets as open data. Accessed: 15th January 2018 <https://www.kartverket.no/en/data/Open-and-Free-geospatial-data-from-Norway/>.
- Lawton, C. A. 1994.** Gender differences in way-finding strategies: relationship to spatial ability and spatial anxiety. *Sex Roles* 30(11–12): 765–779.
- Lawton, C. A., Kallai, J. 2002.** Gender differences in wayfinding strategies and anxiety about wayfinding: a cross-cultural comparison. *Sex Roles* 47(9–10): 389–401.
- Mõisja, K., Oja, T., Uemaa, E., Hastings, J. T. 2017.** Completeness and classification correctness of features on topographic maps: An analysis of the Estonian Basic Map. *Transactions in GIS* 21(5).
- Mõisja, K., Uemaa, E., Oja, T. 2016.** Integrating small-scale landscape elements into land use/cover: the impact on landscape metrics' values. *Ecological Indicators* 67: 714–722.
- Mõisja, K., Uemaa, E., Oja, T. 2018.** The implications of field worker characteristics and landscape heterogeneity for classification correctness and the completeness of topographical mapping. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7(205).
- National Land Survey of Finland 2018.** Topographic data and how to acquire it. Accessed: 29th May 2018 <https://www.maanmittauslaitos.fi/en/maps-and-spatial-data/expert-users/topographic-data-and-how-acquire-it>.

- Pätynen, V., Kemppainen, I., Ronkainen, R. 1997.** Testing for completeness and thematic accuracy of the national topographic data system in Finland. In: Ottoson, L. (ed.), *Proceedings of the 18th International Cartographic Conference*. Gävle: Gävle Offset AB.
- Rempel, R. S., Kaukinen, D., Carr, A. P. 2012.** Patch Analyst and Patch Grid. *Ontario Ministry of Natural Resources Centre for Northern Forest Ecosystem Research*. Thunder Bay Accessed: 20th March 2018 [http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/Patch5\\_1\\_Install.htm](http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/Patch5_1_Install.htm).
- Rhind, D. 1992.** Data access, charging and copyright and their implications for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 6(1): 13–30.
- Riigi Maa-amet 1991.** *Eesti põhikaardi programm aastateks 1991–2005*. Tallinn.
- Roosaare, J., Mõisja, K., Aunap, R. 2019.** *Geoinformaatika. Õpik kõrgkoolidele*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Sadiq, M. Z., Duckham, M., Hunter, G. J. 2006.** Modeling spatial variation in data quality using linear referencing. In: *Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Science*. Lisbon, Portugal: ISARA.
- Schmitz, S. 1997.** Gender-related strategies in environmental development: effects of anxiety on wayfinding in and representation of a three-dimensional maze. *Journal of Environmental Psychology* 17(3): 215–228.
- StataCorp LP 2011.** *Stata Statistical Software: Release 12. 2011*. College Station, TX.
- Stevens, J. P., Blackstock, T. H., Howe, E. A. et al. 2004.** Repeatability of Phase 1 habitat survey. *Journal of Environmental Management* 73(1): 53–59.

## **Quality of Estonian topographical Basic Map: analyses of thematic accuracy and completeness**

Kiira Mõisja

Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

The availability of quality topographic databases and associated maps is critical for all users of spatial data. Various governmental agencies, first responders, utilities and GIS practitioners rely on the completeness and thematic accuracy of national topographic datasets. Spatial data quality has been the subject of discussions for almost 40 years. One of the biggest achievements of that period was agreement in international standards for spatial data quality. National mapping agencies involved in INSPIRE, are users of the ISO 19100 quality standards or the others spatial data quality standards. By contrast, the biggest problem is that data quality is analysed and presented at a generic global level rather than at more detailed levels of granularity. More detailed quality information is needed for data users and data producers as well.

An analysis of topographical Estonian Basic Map, empirical field inspections from 2003–2006 provides an excellent case study to investigate the effect of characteristics of field workers on spatial data quality. Mainly three quality elements are considered: classification correctness, omission, and commission. The error analyses were performed on two levels:

in general across all map sheets and in detail according to the field workers involved. The quality of topographical maps may vary spatially, also. The variation of the interpretation of orthophotos on the field may occur due to the differences in the complexity of the landscape, differences in the characteristics of individual field workers, and differences in their perception of the landscape. The interaction between the characteristics of field workers, including their gender and years of experience (as a proxy for their mapping skills), and landscape heterogeneity were explored. In order to obtain landscape indicators describing landscape heterogeneity, the methodology of calculation of landscape indicators for vector data was developed.

Results showed the importance of error analyses on the level of a field worker and by landscapes as well. The outcomes reveal that the structure of errors on the general level and field workers' level is different by geometry and error types. However, both systematic and individual errors were evident. Gender and years of experience of the field workers did not have a statistically significant impact on the mapping quality. By contrast, the results showed differences in the rates of misclassification, omission, and commission errors between field workers in different landscape types.

To improve the mapping quality concerning systematic errors, it is necessary to revise the definitions or methods of determination in a mapping specification or to consider whether the mapping of these features is absolutely necessary. In case of individual errors, monitoring field work to detect errors, so that workers can be trained to avoid such errors in the future, would also improve the mapping accuracy.

## Eesti linnade kasvu kvantifitseerimine linnalise ala tiheduse funktsiooni näitel

Holger Virro, Jüri Roosaare

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

20. sajandi teises pooles maailmas hoogustunud linnastumise protsessi tulemusena elas aastaks 2014 üle poole kogu maailma elanikkonnast linnades (United Nations, 2014). ÜRO prognooside kohaselt elab eelkõige arengumaades jätkuva kiire linnastumise tagajärjel 2050. aastaks linnades juba üle 60% maailma kogurahvastikust. Linnade kasvu seostati ajalooliselt just rahvaarvu kasvuga, mistõttu tugineti linna kasvu modelleerimisel peamiselt rahvastikuandmetele. Tänapäeva linnade elanikkonna kiire kasv on oluliselt suurendanud maailma linnade kogupindala, mille suuruseks prognoositakse 2030. aastaks kuni 1,2 miljonit km<sup>2</sup> ja mis ületab kahekordselt linnade kogupindala 2000. aastal (Seto *et al.*, 2012). Seega kasvab linnaline ala maailmas veel kiirema tempoga kui linnarahvastik ja rahvaarvu kasvu kõrval on üha enam pööratud tähelepanu linnade pindalalise või ruumilise kasvu ja sellega kaasnevate probleemide uurimisele.

Linnade ruumilise kasvuga on kaasnenum vajadus objektiivselt kirjeldada selle dünaamikat ja töötada välja kasvu iseloomustamiseks sobivaid meetodeid ja indikaatoreid (Seto, Fragkias, 2005). Linnade kasvu kvantifitseerimist kajastavad uurinud on toonud esile tiheduse olulisust linnade kompaktsuse ja valglinnastumise iseloomustamisel (Galster *et al.*, 2001). Seejuures seostati ajalooliselt tihedust eelkõige rahvastikutihedusega ja 20. sajandi jooksul töötati välja mitmeid mudeleid, mis rakendasid linnade arengu hindamiseks rahvastikutiheduse andmeid. Aeganõudva kogumise protsessi ja andmete ebatäpsuse tõttu ei anna rahvastikuandmed linnade ruumilisest laienemisest aga alati objektiivset ülevaadet. Satelliidipiltide kättesaadavuse ja kvaliteedi paranemise tagajärjel on rahvastikuandmed seetõttu suuresti asendunud kaugseireandmetega (Yu *et al.*, 2016). Linnade tihedust käsitlevates uurinutes on rahvastiku tiheduse asemel omakorda hakatud kasutama satelliidipiltidelt tuletatud linnalise ala tihedust (ingl *urban land density*), mida on kasutatud muu hulgas nii linnade kompaktsuse (Krehl *et al.*, 2016) kui ka valglinnastumise (Tsai, 2005; Schneider, Woodcock, 2008) kvantifitseerimisel. Samal ajal on vastavates uuringutes linnalise ala piiritlemine sageli sõltunud autori subjektiivsest hinnangust ning samuti ei ole veel välja kujunenud ühtset meetodikat linnalise ala tiheduse määratlemiseks (Weng, 2012).

Nimetatud puudusi üritab parandada antud uuringus rakendatav teoreetiline mudel, mis kirjeldab satelliidipiltidelt tuletatud andmete põhjal linnalise ala tiheduse varieeruvust erinevates linna osades ja pakub välja uuritava linna kujust, suurusest ja konfiguratsioonist sõltumatud kvantitatiivsed indikaatorid linnade kasvudünaamika iseloomustamiseks (Jiao, 2015). Linnade kasvu kvantifitseerimise edukust mõjutab olulisel määral mudeli robustsus ja parameetrite põhjendatus, mistõttu on Jiao meetodikal eelised mitmete teiste sarnastes uuringutes rakendatud mudelite ees. Antud mudelit on seni rakendatud paljude Hiina miljonilinnade ja ka Tai oluliselt väiksemate, kuid kiiresti kasvavate linnade (Keeratikasikorn, 2018) puhul, mis erinevad nii linnastumise mastaabi kui ka ajaloo poolest Eesti linnadest. Seega on oluline hinnata mudeli kasutatavust ka väljaspool Kagu-Aasiat.

## 2. Teoreetiline taust

### 2.1. Linnalise ala tihedus (LAT)

Tihedust on linnade kasvu uurimisel käsitletud erinevalt ja enne kaugseireandmete laialdast levikut seostati linna tihedust üldjuhul rahvastikutihedusega. Rahvastikuandmete kättesaadavus ja kvaliteet jõudsid 20. sajandi keskpaigaks tasemele, mis võimaldas erinevatel autoritel kasutada rahvastikutihedust linnade arengut kirjeldavate mudelite sisendina (Clifton *et al.*, 2008). Kuigi aegade jooksul on välja töötatud palju rahvastikutihedusel põhinevaid mudeleid, ei ole neist mitmed laiemat kasutust leidnud (Burghes, Zielinski, 1979). Teiste seast tõusid esile kolm mudelit, mis selgitasid linna rahvastikutiheduse vähenemist ärikeskusest (ingl *Central Business District*) kaugenemisel vastavalt eksponentsiaalse kahanemise (Clark, 1951), Gaussi jaotuse (Sherratt, 1960) ja pöördvõrdelise ruutsõltuvuse (Smeed, 1963) funktsioonide abil. GISi ja kaugseire areng võimaldas linnauuringutes hakata lähteandmetena kasutama satelliidipilte, mille abil saab linnade dünaamikat jälgida isegi reaalajas (Yu *et al.*, 2016). Nende kasutuselevõtuga kaasnes vajadus defineerida linnalist ala kui teistest aluspindadest eristatavat nähtust, mis võib sõltuda nii töö eesmärgist kui ka kaugseireandmete täpsusklassist (Weng, 2012). Väga suure lahutusvõimega satelliidipildid võimaldavad rakendada objektipõhist klassifitseerimist ja seega on linnalise ala eristamisel kasutatud näiteks minimaalset hoonetevahelist kaugust (Blaschke, 2010). Kuna tavaliselt kasutatakse linna kasvu hindamisel keskmise lahutusvõimega satelliidipilte (nt Landsat), siis on linnalise ala defineerimisel rohkem levinud nn vettpeidava kihi (ingl *impervious surface*) mõiste, mis hõlmab enda alla linna iseloomustavad tehislükud alad (teed, katused) ja mille saab ülejäänud maakasutusest eristada spektraalsete omaduste alusel (Weng, 2012; Yu *et al.*, 2016).

Kuigi ka linnalise ala tihedust (edaspidi LAT) on käsitletud erinevalt (näiteks hoonete tihedusena), tähendab LAT kaugseirealastes uuringutes enamasti satelliidi-



piltidelt tuletatud linnalise ala pikslite kogupindala osakaalu uuritava piirkonna pindalast (Schneider, Woodcock, 2008). Kompaktsuse ja valglinnastumise hindamise puhul on enamasti oluline mitte linna üldine või keskmine tihedus, vaid tiheduse muutused linna erinevates osades. Linna ruumiliseks jagamiseks kasutatakse seejuures sageli kontsentrilisi puhvreid, mille keskpunktina kasutatakse omakorda linna ärikeskust, mille ümber loodud puhvrite LATi põhjal on võimalik tuletada mitmesuguseid linnade ruumilise kasvu karakteristikuid (Tsai, 2005). Ärikeskus on üldjuhul kõige suurema LATiga piirkond ja kuna ärikeskused asuvad enamasti kesklinna piirkonnas, on vastavates uuringutes ärikeskus sageli võrdsustatud üldise linnalise ala keskusega (Yu *et al.*, 2016).

## 2.2. LATi funktsioon ning kompaktsuse ja valglinnastumise indikaatorid

Kuigi satelliidipiltidelt tuletatud LATi kasutamine linnade struktuuri ja dünaamika iseloomustamisel on olnud viimastel aastatel üsna levinud, ei leidunud pikka aega andmetel põhinevat LATi analoogi rahvastikutiheduse mudelite poolt kirjeldatud seaduspärasuste uurimiseks. Selle puudujäägi kõrvaldamiseks on tänaseks töötatud välja tiheduse  $f$ -funktsioon, mis kirjeldab LATi vähenemist linnas ärikeskusest kaugenemisel (Jiao, 2015). Mudel töötati välja 28 Hiina linna andmete põhjal ja näitas väga head kirjeldusvõimet nii erineva suuruse kui ka konfiguratsiooniga linnade korral. Jiao uuringu tulemuste põhjal iseloomustas LATi muutust linnas sigmoidne kõver (valem 1, joonis 1), mille kohaselt väheneb tihedus linnakeskuse piires aeglaselt, see kahanemine kiireneb eeslinnades järsult ning aeglustub uuesti linna tagamaal. Funktsioon esitati järgmise võrrandiga:

$$f(r) = \frac{1 - c}{1 + e^{\alpha((\frac{2r}{D})-1)}} + c, \quad (1)$$

kus  $r$  on kaugus linna keskusest,  $e$  – Euleri arv,  $\alpha$  on funktsiooni kõverat kontrolliv parameeter,  $c$  – tagamaa LAT ning  $D$  eeslinna ja tagamaa piiri kaugus ärikeskusest. Viimase kolme parameetri väärtused leiti funktsiooni sobitamise tulemusena. Üldise seaduspärasusena kasvas linnade laienemise mõjul tagamaa tihedus ja tagamaa piir nihkus keskusest kaugemale. Seejuures oli  $c$  funktsiooni asümptoodiks, millest allapoole LAT ei langenud.

$f(r)$  erinevuste alusel jaotati linnaline ala neljaks osaks (keskus, ees- ja sisemine linn ning tagamaa), mille piirid leiti funktsiooni tuletiste põhjal. Esimese tuletise ekstreemum oli punkt, kus LAT kõige kiiremini väheneb. Teise tuletise ekstreemumid tähistasid punkte, kus LATi vähenemise kiirus kõige kiiremini muutus. Saadud koordinaadid olid funktsioonist tuletatud indikaatorite sisendiks. Kompaktsuse indikaator  $k_p$  esitati võrrandiga:

$$k_p = \frac{r_2 - r_1}{D}, \quad (2)$$

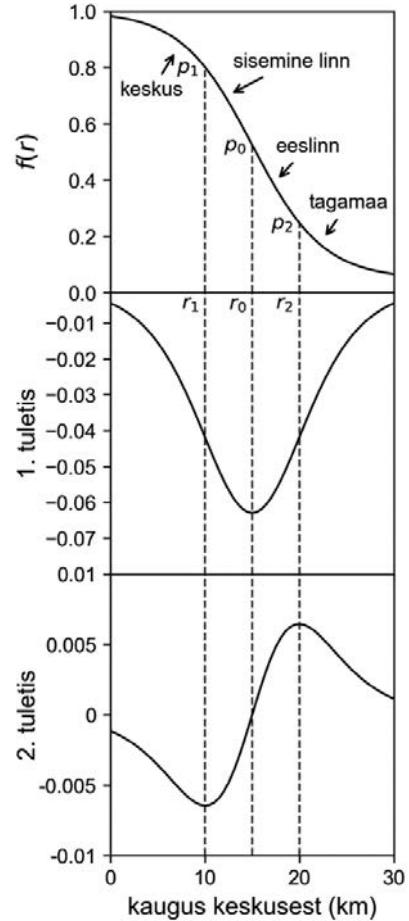
kus  $r_2$  on eeslinna ja  $r_1$  keskuse raadius ning  $D$  tagamaa piiri parameeter. Indikaatori suur väärtus näitab linna ebakompaktsust ehk linn on seda kompaktsem, mida väiksem on  $\alpha$ . Valglinnastumistaseme indikaator  $S_r$  väljendati kujul:

$$S_r = \frac{\delta r_2}{\delta r_1} = \frac{(r_2^i - r_2^{i-1})r_1^{i-1}}{r_2^{i-1}(r_1^i - r_1^{i-1})}, \quad (3)$$

kus  $\delta r_1$  ja  $\delta r_2$  on vastavalt keskuse ja eeslinna raadiuse muut,  $r_1^i$  ja  $r_2^i$  keskuse ja eeslinna raadiused hetkel  $i$  ning  $r_1^{i-1}$  ja  $r_2^{i-1}$  nende raadiused hetkel  $i - 1$ . Kui väikse tihedusega eeslinna raadiuse kasv ületas uurimisperioodil tihedama keskuse kasvu, siis iseloomustas uuritava linna laienemist kalduvus valglinnastumise suunas. Sellisel juhul oli indikaatori  $S_r$  väärtus suurem kui üks. Kompaktse kasvuga linnade puhul seevastu oli näitaja ühest väiksem. Sama linna erinevate perioodide väärtusi võrreldes oli võimalik vaadelda linna ruumilise kasvu ajalist dünaamikat.  $S_r$  oli Jiao (2015) uuringus rakendatav sõltumata linna suuruselt, kuid näitaja andis ebaadekvaatseid tulemusi üksikute linnade puhul, kus  $\delta r_1$  ja  $\delta r_2$  olid nullilähedased või negatiivsed.

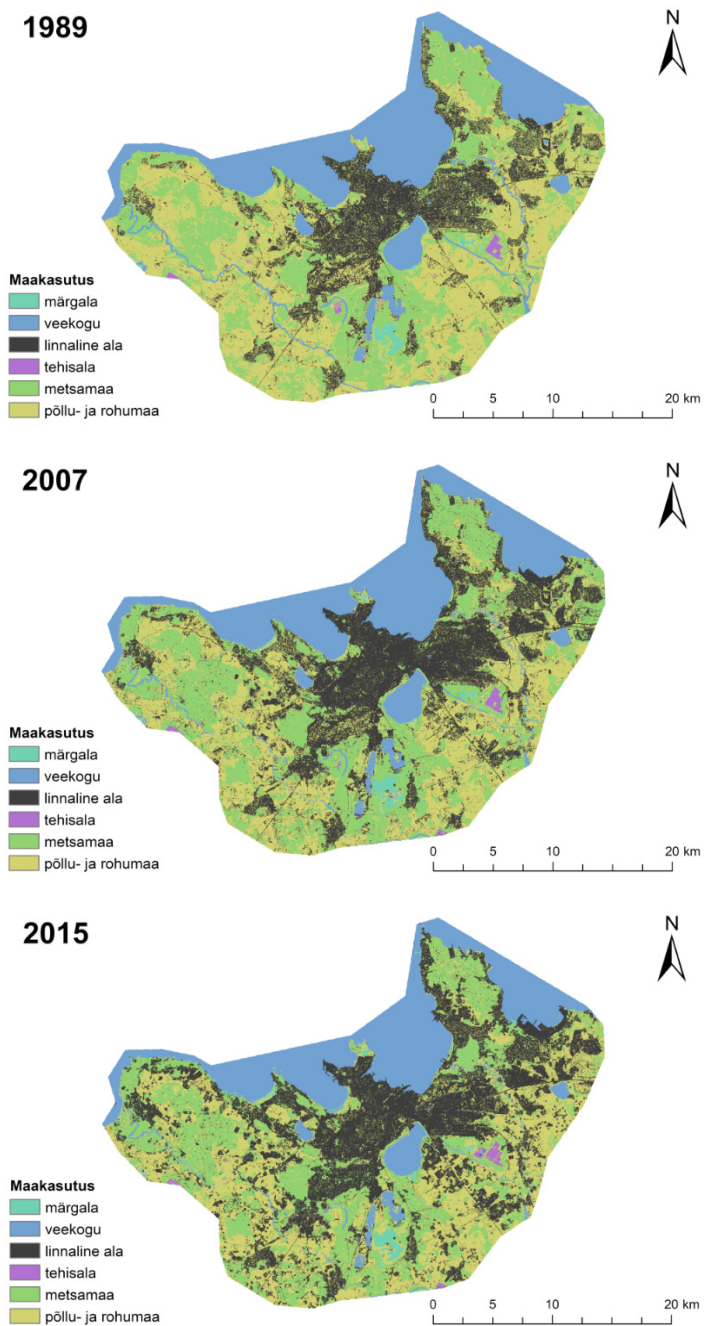
### 3. Andmed

Töös kasutati lähteandmetena Eesti nelja suurima pindalaga linna – Tallinna, Tartu, Pärnu ja Narva – klassifitseeritud maakasutuse rasterpilte, mis pärinevad Piia Kirsimäe magistriltööst (Kirsimäe, 2017). Maakasutuse rastrate loomiseks lähtus Kirsimäe Landsati 30 m lahutusvõimega satelliidipiltidest ja klassifitseeris maakatteandmed näidisalade abil tarkvaraga ArcGIS 10.2 kuude klassi. Klassifitseerimise täpsus, mida Kirsimäe hindas Kapa kordajaga, oli 88% ja ületas maakasutuse klassifitseerimistäpsuse tinglikuks alampiiriks peetava väärtuse (85%). Käesolevas töös kasutati linnade maakasutuse kolme ajahetke rasterpilti (joonis 2), mis annavad edasi Eesti linnade ruumilise kasvu dünaamikat viimase 30 aasta jooksul. Täiendavate



**Joonis 1.** Linnalise ala tihedust kirjeldava funktsiooni tuletised ja tiheduse vähenemise kiiruse muutuse läved

**Figure 1.** Derivatives of the urban land density function and thresholds for the rate of change in density decrease



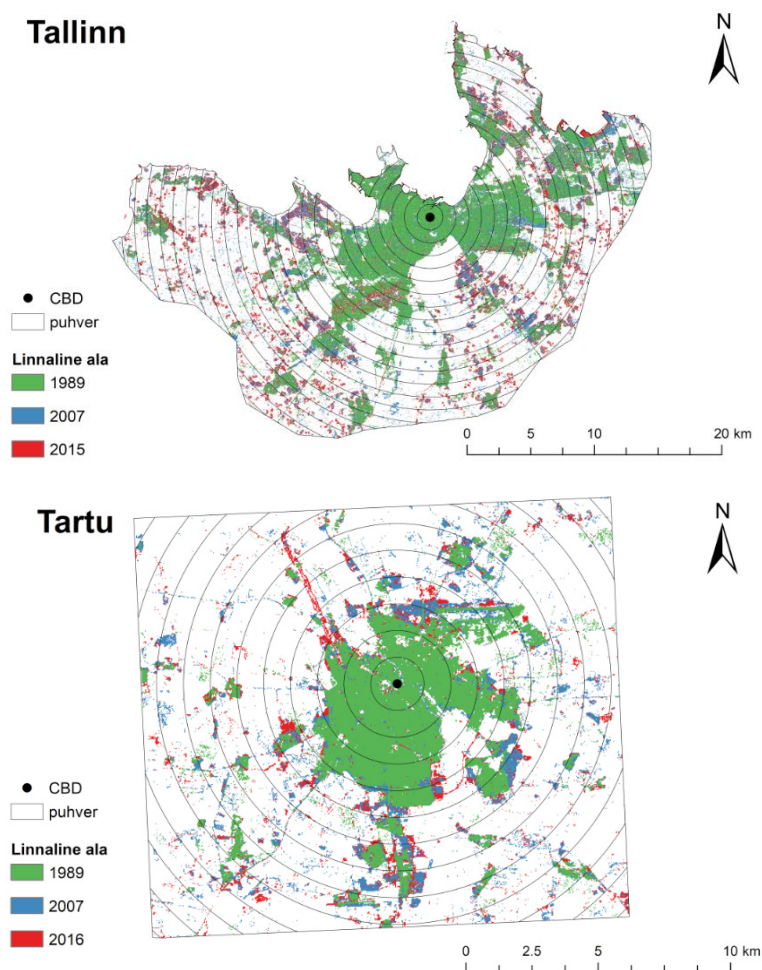
Joonis 2. Tallinna maakasutuse rasterpiltide aegrida

Figure 2. Time series of raster images of land use in Tallinn

andmetena kasutati töös linnade ärikeskuse asukoha määramisel ka Maa-ameti kaardiserveri ortofoto ja tänavanimede kaardikihte ning Eesti haldusjaotuse andmeid (Maa-amet, 2017) ja OpenStreetMapi Eesti teedevõrgu andmeid (Geofabrik, 2017).

#### 4. Metoodika

Maakasutuse rasterpiltide analüüsiks ja linnaosade LATi tuletamiseks kasutati ArcGISi ModelBuilderi keskkonnas ArcPy tööriistade abil loodud mudelit, mis on kättesaadav GitHubi repositooriumis (Virro, 2018). Mudeli tööpõhimõte kujutas endast ärikeskuse ümber konsentriliste puhvrite (joonis 3) loomist ja seejärel ringpuhvrite LAT-väärtuste tuletamist, mis põhines valemil:



Joonis 3. Linnalise ala jagamine konsentriliste puhvritega

Figure 3. The concentric partitioning of urban area

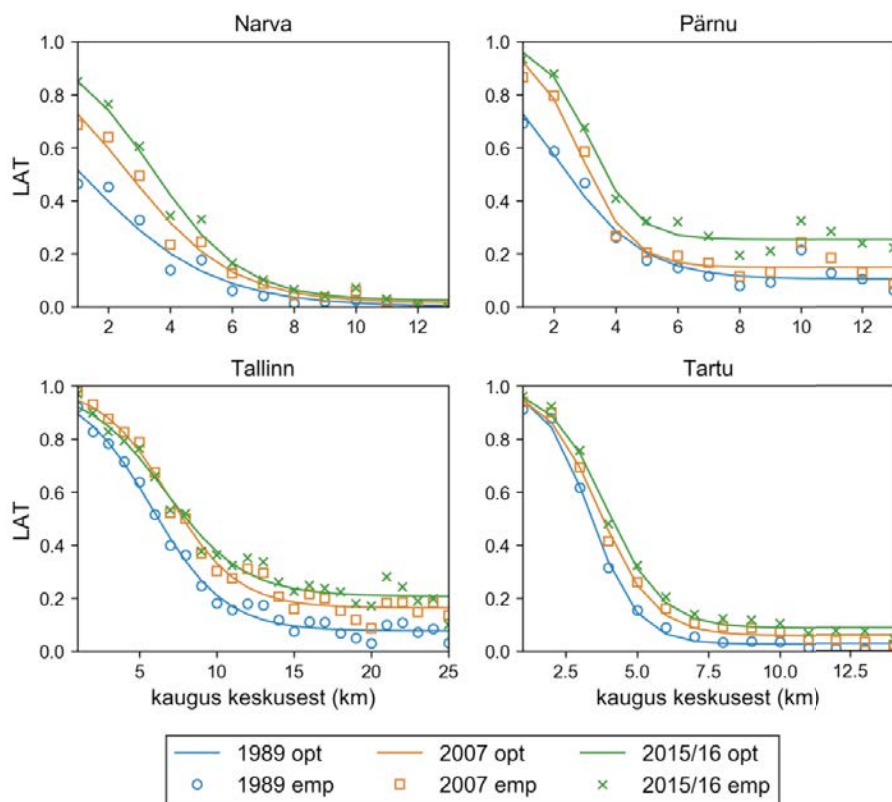
$$\varphi_s = \frac{S_{LA}}{S - (S_M + S_V)}, \quad (4)$$

kus  $\varphi_s$  on  $S$  puhvri linnalise ala tihedus,  $S_{LA}$  linnalise ala pindala,  $S$  puhvri pindala,  $S_M$  märgalade ja  $S_V$  veekogude pindala puhvris. Saadud  $\varphi_s$  väärtused sobitati seejärel  $f(r)$  funktsiooniga, milleks kasutati Pythoni teeki SciPy (2017). Sobitamise meetodina kasutati nn usalduspiirkondade algoritmi, mis on mõeldud eelkõige hõreda lähteandmestikuga mittelineaarsete optimeerimisprobleemide lahendamiseks (Yuan, 1999). Sobitamine, mis õnnestus väga hästi (kõik  $R^2 > 0,95$ ), andis väljunditeks linnalise ala tihedust kirjeldavad optimeeritud funktsioonid  $F$ , mille parameetrite kaudu arvutati lõpuks välja kompaktsuse ning valglinnastumise indikaatorid.

## 5. Tulemused ja arutelu

Funktsiooni sobitamise tulemusel saadud  $F$ -graafikud (joonis 4) kinnitasid Jiao (2015) poolt sõnastatud reeglit LATi sigmoidse vähenemise kohta linna ärikeskusest kaugenemisel. Kuigi algne mudel töötati välja Hiina suurlinnade andmete põhjal, näitasid tulemused, et LATi vähenemise kõver ei sõltu uuritava linna rahvaarvust või pindalast. Sarnaselt Hiina linnadele kahanes ka Eesti linnades LAT ärikeskuse ulatuses aeglaselt, vähenemine kiirenes seejärel eeslinnas ning aeglustus taas linnalähedasel tagamaal. Narva 1989. a ja 2007. a ning Pärnu 1989. a graafikud näitasid, et teatud juhtudel võib kõvera kujus esineda kõrvalekaldeid, mida siinkohal põhjustas väga väike LATi väärtus linna keskkuses. Seetõttu ei eristunud ärikeskus selgelt ülejäänud linnast, millega kaasnes täheldatud eksponentsiaalne langus. Sellest tulevalt saab öelda, et funktsiooni toimimine sõltub eelkõige ärikeskuse tihedusest, mitte linna suurusest, ning mudel võiks töötada ka piisavalt tiheda keskusega väike-linnade kontekstis.

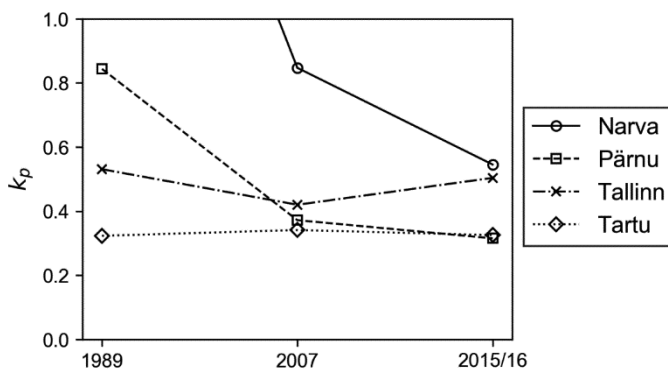
Üldiselt kasvas LAT ajas kõigi linnade puhul, kuid kasvu ruumiline ja ajaline jaotus sõltus siinkohal uuritavast linnast. Eesti linnade lähiümbruses oli arendustegevus kõige aktiivsem 21. sajandi algusaastatel, mis jäi käesolevas töös esimesse uurimisperioodi, ning enamiku linnade puhul oli seetõttu suurim LATi kasv perioodil 1989–2007. Erandiks oli Pärnu, kus LAT kasvas enam uurimisperioodi teises pooles. Kuna Tartus on linnalise ala kasv toimunud linna vahetus lähiümbruses (Roose *et al.*, 2013), siis on LAT kasvanud eeslinna piirkonnas tagamaast rohkem. Sellest tulenevalt oli Tartu kui kompaktsemalt kasvanud linna puhul LATi langus keskusest kaugenedes kiirem kui teistes linnades. Pärnu ja Tallinna tagamaa LATi kasv viitab aga hajusale ruumilisele arengule, mida on mõlema linna puhul täheldatud juba varasemalt (Metspalu, 2005; Ideon, 2006; Samarüütel *et al.*, 2010). Narva ja Pärnu keskuste LATi suur kasv on seletatav endiste tühermaade täisehitamisega (Kirsimäe, 2017).



**Joonis 4.** Vaadeldud linnade empiiriliste  $\varphi_s$  väärtuste ja optimeeritud  $F$  graafikute võrdlus

**Figure 4.** Comparison of the fitted and empirical urban land density graphs for the four cities

LAT-funktsioonist tuletatud kahest kompaktsuse näitajast tõi Jiao oma töös (2015) esile eelkõige indikaatorit  $k_p$ , mis sõltus vähem tagamaa piiri parameetrist ja võimaldas seega võrrelda erineva suurusega linnu. Selle näitaja alusel oli meie uurimuse kõige kompaksem linn Tartu (joonis 5), mida saab taas põhjendada teistest linnadest kompaktsema ruumilise arenguga. Tallinna puhul tuvastatud väiksem kompaktsus oli seevastu laialivalgumisele kalduva kasvu tunnus. Kui Tartu kompaktsus püsis uurimisperioodi jooksul stabiilsena, siis Tallinn oli aastal 2007 natuke kompaktssem kui teistel aastatel. Siinkohal oli põhjuseks  $k_p$  arvutamise meetodika: kuna raadiuste parameetrid sõltusid parameetrist  $\alpha$ , siis kaasnes suurema  $\alpha$  väärtusega ka suurem kompaktsus. Sõltuvus  $\alpha$ -st tuli veel enam esile Narva (1989. ja 2007. aasta) ja Pärnu (1989) puhul, kus eelnevalt mainitud väikesed  $\alpha$  väärtused põhjustasid väga kõrgeid  $k_p$  väärtusi, mis ületasid Jiao uuringus vaadeldud Hiina linnade maksimumväärtust (0,69). Seega tuleks  $k_p$  kasutamisel arvestada, et väga väikse tihedusega ärikeskuse korral ei ole võimalik kompaktsust adekvaatselt hinnata.



**Joonis 5.** Kompaktsuse näitaja  $k_p$  muutus perioodil 1989–2015/16. Kompaktset linna iseloomustab väike  $k_p$

**Figure 5.** The graph of the compactness indicator. In the case of  $k_p$ , compact cities have lower values

Kuna valglinnastunud piirkonna üheks tunnuseks on peetud väikest linnalise ala tihedust, siis on valglinnastumise kvantifitseerimisel väikesest LATist lähtumine olnud üsna levinud (Tsai, 2005; Schwarz, 2010; Dovey, Pafka, 2014). Jiao (2015) poolt välja pakutud valglinnastumise taseme näitaja  $S_r$  (valem 3) kujutab endast väikse tihedusega eeslinna ja tiheda keskuse raadiuste kasvu suhet, kusjuures ühest väiksem väärtus viitab uurimisperioodil kompaktsemale kasvule ja ühest suurem laialivalgumisele. Käesolevas töös oli Tartu ainus linn, mille puhul tuvastati kalduvus valglinnastumisele (tabel 1). Indikaator  $S_r$  töötati välja Hiina oludes, kus 20. sajandi lõpu ja 21. sajandi alguse linnade kasvu iseloomustas väga kiire valglinnastumine, mistõttu oli Jiao töös enamiku linnade puhul väiksema tihedusega eeslinna raadius kasvanud palju kiiremini kui ärikeskuse raadius. Eesti linnade keskuste LATid oli uurimisperioodi alguses Hiina linnadest väiksemad ja keskuste LATide kasvu tagajärjel suurenes nende keskuse raadius üldjuhul (v.a Tartus) kiiremini kui eeslinna raadius. Sellise kasvudünaamika tulemusena olid aga  $S_r$  väärtused enamjaolt nullilähedased või negatiivsed. Tulemuste põhjal saab seega järeldada, et indikaatori  $S_r$  rakendamise edukus sõltub olulisel määral uuritava riigi või piirkonna linnade ruumilise kasvu eripärasustest ja seda ei saa kasutada valglinnastumise universaalse indikaatorina.

**Tabel 1.** Valglinnastumise taseme ning eeslinna ja keskuse raadiuse muudu väärtused perioodil 1989–2015/16**Table 1.** The growth rates of  $r_1$  and  $r_2$  and the  $S_r$  values of the cities for the two time periods observed in this study

Linn	1989–2007		2007–2015/16		
	$\delta r_2$	$\delta r_1$	$S_r$	$\delta r_1$	$S_r$
Narva	-1,59	7,72	0,20	5,69	0,04
Pärnu	0,01	5,80	0,35	1,38	0,26
Tallinn	2,57	11,55	0,71	-7,07	-0,10
Tartu	1,12	0,67	0,61	1,06	0,57

## 6. Kokkuvõte

Linnade ruumilist kasvu käsitlevates uuringutes on olulisel kohal olnud erinevate tihedusel põhinevate indikaatorite kasutamine, kuna tiheduse analüüs on sageli üheks osaks linnade kasvu iseloomustamisel. 20. sajandi jooksul töötati välja mitmeid linnade ajalis-ruumilise kasvu dünaamika kirjeldamise mudeleid, mis põhinesid rahvastiku tiheduse varieeruvusel. Rahvastiku kohta kasutada olevad andmed ei võimalda aga alati objektiivselt hinnata tänapäeva linnade ruumilist kasvu dünaamikat. Seepärast on linnade kasvu kvantifitseerimise kontekstis rahvastikutihedus asendunud satelliidipiltidelt tuletatud linnalise ala tihedusega (LAT). Seni ei ole veel kujunenud välja ühtset meetodikat LATi määramise ja selle kaudu tuletatud linnade kasvu iseloomustavate näitajate kohta.

Käesoleva töö eesmärk oli rakendada Hiina linnade andmete põhjal tuletatud LAT-funktsiooni Eesti linnade kontekstis, hinnata seeläbi funktsiooni kasutamise võimalikkust linnade ruumilise kasvu kvantifitseerimisel ning tuua esile funktsiooni piirangud ja nende võimalikud lahendused. Lähteandmetena kasutati Eesti nelja suurema linna kolme ajahetke (1989, 2007 ja 2015/16) maakasutuse rasterpilte. ArcPy tööriistade kombineerimise tulemusena loodi ArcGISi ModelBuilderi keskkonnas mudel, mille abil määrati rasterpiltidelt linnalise ala tihedust iseloomustavad andmed. Need sobitati Jiao (2015) teoreetilise LAT-funktsiooniga (valem 1), millest tuletatud parameetrid olid sisendiks kompaktsuse ja valglinnastumise taseme näitajatele.

Ka Eesti linnade puhul tuvastas analüüs LAT-funktsiooni sigmoidse langustrendi ärikeskusest kaugenemisel, mis näitab, et seaduspärasus ei sõltu linna suuruselt ja mudel võiks seega olla rakendatav ka väiksemate linnade puhul. Funktsiooni head kirjeldusvõimet kinnitas ka LATi ajalis-ruumiline käitumine, mis oli kooskõlas Eesti viimase kolmekümne aasta linnade kasvudünaamikaga. Kompaktsete linnade (Tartu)



LAT vähenes ärikeskusest kaugenedes seejuures kiiremini kui hajusa ruumilise arenguga linnades (nt Tallinn).

LAT-funktsioon töötati välja Hiinas, kus linnakeskused on enamasti tunduvalt tihedamad kui Eestis. Sellest tulenevalt mõjutas Eesti linnade väiksem LAT nii kompaktsuse kui ka valglinnastumise taseme indikaatorite toimimist. Tulemuste põhjal saab järeldada, et kuigi kompaktsuse näitaja ( $k_p$ ) eeliseks oli selle rakendatavus erineva suurusega linnade võrdlemisel, on selle alusel võimalik hinnata ainult piisavalt tiheda ärikeskusega linnade kompaktsust. Võib eeldada, et kuna Narva ja Pärnu puhul uurimisperioodi alguses täheldatud probleemid on iseloomulikud linnadele, kus klassikaline ärikeskus puudub, siis on indikaator sellegipoolest kasutatav enamiku suuremate linnade puhul nii Euroopas kui ka mujal.

Valglinnastumise taseme näitaja ( $S_r$ ) välja töötamisel arvestati Hiina linnade ruumilise kasvu dünaamikaga, mida iseloomustas väikse tihedusega eeslinnade kiire laienemine viimastel kümnenditel. Eestis oli üldjuhul kiiremini kasvanud aga tihedam ärikeskus, mistõttu andis indikaator enamasti nullilähedasi või negatiivseid väärtusi ja valglinnastumist sai objektiivselt hinnata vaid Tartu puhul. Seega saab järeldada, et  $S_r$ -i kasutamise edukus sõltub oluliselt uuritavate linnade kasvu eripärasustest ja seda ei saa kasutada universaalse valglinnastumise indikaatorina. Valglinnastumise iseloomustamiseks saaks töös vaadeldud näitajatest siiski osaliselt kasutada kompaktsuse indikaatoreid ja tagamaa piiri parameetrit  $D$ . Seejuures näitaks nii kompaktsuse vähenemine kui ka  $D$  väärtuse kiire kasv kalduvust valglinnastumisele.

## Kirjandus

- Blaschke, T. 2010.** Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65: 2–16.
- Burghes, D. N., Zielinski, C. 1979.** Urban population density models. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 10: 373–385.
- Clark, C. 1951.** Urban Population Densities. *Journal of the Royal Statistical Society* 114, 490–496.
- Clifton, K., Ewing, R., Knaap, G. J. et al. 2008.** Quantitative analysis of urban form: A multi-disciplinary review. *Journal of Urbanism* 1: 17–45.
- Dovey, K., Pafka, E. 2014.** The urban density assemblage: Modelling multiple measures. *URBAN Design International*: 19, 66–76.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R. et al. 2001.** Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate* 12: 681–717.
- Geofabrik 2017.** OpenStreetMap data for Estonia.  
<http://download.geofabrik.de/europe/estonia.html>. Viimati vaadatud 23.09.2019.
- Ideon, A. 2006.** Eeslinnastumisest Tallinna linnastus. Magistritöö. Tartu Ülikool.
- Jiao, L. 2015.** Urban land density function: A new method to characterize urban expansion. *Landscape and Urban Planning* 139: 26–39.

- Keeratikasikorn, C. 2018.** A comparative study on four major cities in Northeastern Thailand using urban land density function. *Geo-spatial Information Science* 21(2): 93–101.
- Kirsimäe, P. 2017.** Eesti nelja suurima linna maakasutusmuutuste analüüs ja modelleerimine aastaks 2030. Magistritöö. Tartu Ülikool.
- Krehl, A., Siedentop, S., Taubenböck, H. et al. 2016.** A Comprehensive View on Urban Spatial Structure: Urban Density Patterns of German City Regions. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 5: 76.
- Maa-amet 2017.** Maa-ameti kaardiserver.  
<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Kaardiserver-p2.html>. Viimati vaadatud 09.03.2018.
- Metspalu, P. 2005.** Uuselamuehitus ja planeerimispraktika areng Harjumaa näitel. Magistritöö. Tartu Ülikool.
- Roose, A., Kull, A., Gauk, M. et al. 2013.** Land use policy shocks in the post-communist urban fringe: A case study of Estonia. *Land Use Policy* 30: 76–83.
- Samarüütel, A., Selvig, S. S., Holt-Jensen, A. 2010.** Urban sprawl and suburban development around Pärnu and Tallinn, Estonia. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 64: 152–161.
- Schneider, A., Woodcock, C. 2008.** Compact, Dispersed, Fragmented, Extensive? A Comparison of Urban Growth in Twenty-five Global Cities Using Remotely Sensed Data, Pattern Metrics and Census Information. *Urban Studies* 45: 659–692.
- Schwarz, N. 2010.** Urban form revisited – Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning* 96: 29–47.
- SciPy 2017.** `scipy.optimize.curve_fit` — SciPy v1.0.0 Reference Guide.  
[https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.curve\\_fit.html](https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.curve_fit.html). Viimati 23.09.2019.
- Seto, K. C., Fragkias, M. 2005.** Quantifying spatiotemporal patterns of urban land-use change in four cities of China with time series landscape metrics. *Landscape Ecology* 20: 871–888.
- Seto, K. C., Güneralp, B., Hutyra, L. 2012.** Global Forecasts of Urban Expansion to 2030 and Direct Impacts on Biodiversity and Carbon Pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 109: 16083–16088.
- Sherratt, G. G. 1960.** A model for general urban growth. *Manag. Sci. Models Tech. Proc. Sixth Int. Meet. Inst. Manag. Sci. Conserv. Natl. Arts Métiers Paris* 7–11 Sept. 1959 2.
- Smeed, R. J. 1963.** The road space required for traffic in towns. *Town Planning Review* 33: 270–292.
- Tanner, J. C. 1961.** Factors Affecting the Amount of Travel (H.M. Stationery Office).
- Tsai, Y-H. 2005.** Quantifying Urban Form: Compactness versus “Sprawl.” *Urban Studies* 42: 141–161.
- United Nations, D. of E. and S.A. 2014.** World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights.
- Virro, H. 2018.** MSc-thesis, GitHub repository. <https://github.com/hvirro/MSc-thesis>. Viimati vaadatud 21.05.2018.
- Weng, Q. 2012.** Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. *Remote Sensing of Environment* 117: 34–49.
- Yu, X., Zhang, B., Li, Q. et al. 2016.** A method characterizing urban expansion based on land cover map at 30 m resolution. *Science China Earth Sciences* 59: 1738–1744.
- Yuan, Y. 1999.** A Review of Trust Region Algorithms for Optimization. ICM99: Proc. Fourth Int. Congress on Industrial and Applied Mathematics.

## **Quantifying urban expansion in Estonia by applying an urban land density function**

Holger Virro, Jüri Roosaare

Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

The use of various density-based indicators has played a key role in studying the expansion of cities, as density analysis is often used to describe the characteristics of urban growth. In the 20th century, several models based on the variability of urban population density were developed for describing the spatiotemporal growth dynamics of cities. However, census data updated every few years does not always allow for an objective assessment of the spatial dynamics of contemporary cities. Thus, urban land density (ULD) derived from satellite images has replaced population density in the context of urban growth quantification. However, a common methodology for defining the ULD and for the selection of urban growth indicators derived from it is yet to be developed.

The aim of this thesis was to apply the ULD function developed on the basis of the data of Chinese cities in the context of Estonian cities and thus assess the applicability of the function in quantifying the urban expansion of cities. Land use raster images of three time points (1989, 2007 and 2015/16) for four major Estonian cities were used as input data. ArcPy tools were used to create an ArcGIS ModelBuilder model that was used to extract the ULD data from the raster. The data was then fitted to the ULD function and the derived model parameters were used to calculate indicators for the compactness and the degree of urban sprawl of the cities. A sigmoidal decline of the ULD from the CBD outward was confirmed by the density analysis indicating that the rule does not depend on the size of the city and the model could be applied in the case of smaller cities. This was also confirmed by the spatiotemporal behavior of the ULD, which followed the urban growth dynamics previously described in Estonia. In compact cities, the decline of the ULD was faster than in cities characterized by dispersed urban growth.

The ULD function was developed in China, where the density in city centers is usually significantly higher than in Estonia. As a result, the lower ULD in Estonian cities affected the applicability of the compactness and urban sprawl indicators. The advantage of the compactness indicator ( $k_p$ ) was its applicability when comparing cities of different sizes; however, it can only be used in the case of cities with sufficiently high ULD values. It can be assumed that, since the problems observed in Narva and Pärnu are characteristic of cities without clearly defined CBDs, the indicator is nonetheless applicable to most major cities in Europe and elsewhere.

The urban growth dynamics of Chinese cities characterized by the rapid expansion of low-density suburbs in recent decades were taken into account when developing the urban sprawl indicator  $S_r$ . In Estonia, however, the radius of the CBD has generally grown faster than the radius of the suburbs, which is why the indicator produced very low or negative values and could only be used to objectively evaluate urban sprawl in Tartu. Thus, it can be

concluded that the applicability of  $S_r$  depends to a great extent on the growth dynamics of the cities and cannot be used as a universal indicator of urban sprawl. The compactness indicators and parameter  $D$ , however, could be partially used for the characterization of urban sprawl. In this case, both the reduction in compactness and the rapid of growth of  $D$  would indicate a tendency towards sprawl.

## Kuidas hinnata raba niiskust kosmosest?

Iuliia Burdun, Valentina Sagris, Anneli Palo

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

Turbasood katavad ainult 4% Maast, kuid neisse on seotud üks kolmandik mulla süsinikuvarust (Shotyk, 1988; Frohling *et al.*, 2011). Lagunemata taimeosadest koosnev turvas kuhjub anaeroobsetes tingimustes, s.t püsivalt kõrge veetaseme juures. Tuhandete aastate vältel on sood maakera kliimat jahutanud, sest rabades ületab CO<sub>2</sub> salvestumine eraldunud CH<sub>4</sub> koguseid (Frohling, Roulet, 2007; Frohling *et al.*, 2011).

Turbamulla veesisalduse muutumine võib põhjustada süsinikuvoogudes olulisi muutusi. Rabade niiskusrežiimi on uuritud välimõõtmiste abil ja viimastel aastakümnetel kaugseireandmete põhjal (Kasischke *et al.*, 2009; Bechtold *et al.*, 2018, 2019). Eriti on kasvanud nende uuringute hulk, mis käsitlevad füüsikalisi seoseid maapinna energiabilansi aurumisest tekkivate voogude (*evaporative fraction*) ja kaugseire abil hästi tuvastatavate maapinnaomaduste vahel. Nendeks on maapinna temperatuur (*land surface temperature*, LST) ja normeeritud vahe vegetatsiooniindeks NDVI (*normalized difference vegetation index*) (Sandholt *et al.*, 2002; Tang *et al.*, 2010). Mitu uuringut näitavad, kuidas eri maakattetüübid mullaniiskuse hindamisel LST ja NDVI teljestikus paigutuvad (Goward *et al.*, 1985; de Tomás *et al.*, 2014). Endiselt on vähe uuringuid selle kohta, kuidas ülal nimetatud seosed rabades toimuvad ja mida need täpselt kirjeldavad.

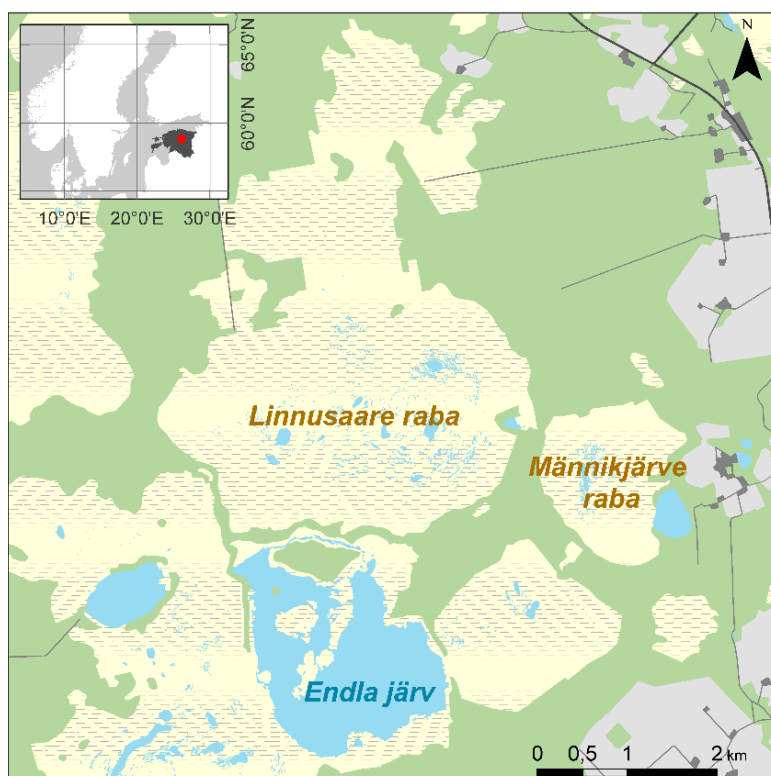
Käesolevas artiklis paigutame rabad LST ja NDVI teljestikule teiste maakattetüüpide suhtes ning tuvastame LST ja NDVI kombineerimise kaudu niiskusrežiimi muutusi. Samuti uurime LST ja NDVI kombineeritud signaali seoseid sademete hulga ja veetaseme kõrgusega rabas.

### 2. Andmed ja meetodika

#### 2.1. Uurimisala

Uurimisala hõlmab Endla looduskaitseala Linnusaare ja Männikjärve rabamassiive (joonis 1). Rabade ja teiste maakattetüüpide kaugseireparameetrite võrdlemiseks laiendati vaatlusalala Endla soostikku ümbritsevale maastikule.

Linnusaare ja Männikjärve limnogeense päritoluga ombrotroofsetes soodes (Sillasoo *et al.*, 2007) on hästi väljakujunenud peenar-älves- ja peenar-älves-laugas-kompleksid. Mõlema puurinne koosneb peamiselt hõredatest rabamändidest (*Pinus sylvestris*). Rohu- ja puhmarindes esinevad kanarbik (*Calluna vulgaris*), tupp-villpea (*Eriophorum vaginatum*), hanevits (*Chamaedaphne calyculata*), harilik küüvits (*Andromeda polifolia*), valge nokkhein (*Rhynchospora alba*), sookail (*Ledum palustre*), väike jõhvikas (*Oxycoccus microcarpus*) ja harilik jõhvikas (*Oxycoccus palustris*). Samblarindes domineerivad pruun turbasammal (*Sphagnum fuscum*), balti turbasammal (*Sphagnum balticum*), lillakas turbasammal (*Sphagnum magellanicum*) ja punane turbasammal (*Sphagnum rubellum*) (Burnett *et al.*, 2003). Mõlema raba servaalad on kaetud rabastunud männikutega.



Joonis 1. Uurimisala

Figure 1. Study area

Uurimisalal paikneb enam kui 100 aastat tagasi asutatud Tooma soojaam. 1950. aastal liideti Tooma soojaam riiklikku hüdro meteoroloogilisse võrgustikku ning sellest ajast saadik on regulaarselt mõõdetud veetaseme, õhu- ja mullatemperatuuri ning muid hüdro meteoroloogilisi parameetreid (Paal, Leibak, 2011).

## 2.2. Satelliidiandmed

Uuringus kasutati MODISE satelliidi produkte MOD11A1 ja MOD13A2, mille ruumiline eraldusvõime on 1 km. Produktide suur eelis on LST ja NDVI pikaajaline igapäevaste mõõtmiste arhiiv. MODISE andmed saadi rakendusega AppEEARS (Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples), mis on leitav aadressilt <https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appeears/>. Rakendus võimaldab pärida MODISE andmebaasist väärtuste aegridu (siin on kasutatud LST ja NDVI), sisestades uurimisala koordinaadid. Valiti MODISE andmed 2008. ja 2010. aasta kohta ajavahemikus maist septembrini eesmärgiga uurida, kuidas LST-NDVI teljestik kajastab keskkonnatingimuste muutlikkust erineva ilmastikuga aastatel. 2008. aasta suvi oli uuritud rabadele tüüpiline: suvekuude keskmised õhutemperatuurid olid 15 °C ringis ja sademete hulk ületas kohati keskmist (tabel 1). 2010. aasta suvi oli kuumem. Juulis ja augusti alguses esines mitu kuumalainet, sademeid oli normi piires või augustis ka veidi vähem (tabel 1).

**Tabel 1.** Tooma ilmajaamas mõõdetud kuu keskmised õhutemperatuurid ja sademete hulk (allikas: Keskkonnaagentuur, 2018)

**Table 1.** Monthly average air temperature and precipitation measured at Tooma research station. (Source: Environment Agency, 2018)

	Keskmine õhutemperatuur (°C)					Sademete hulk (mm)				
	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.
1881–2017 keskmine	9,7	13,9	16,2	14,6	10,0	50,0	65,0	78,0	84,0	67,0
2008	10,5	14,6	16,4	14,8	8,4	17,7	130,0	88,8	195,9	59,9
2010	12,5	14,2	22,5	17,6	10,3	45,5	77,8	74,5	74,0	68,4

Selleks et võrrelda rabade ja teiste maakattetüüpide paigutust LST ja NDVI teljestikus, päriti MODISE arhiivist pikslite maapinnatemperatuuri ja NDVI väärtused järgmistele maakattetüüpidele: veekogu (järv), hoonestatud ala (Jõgeva linn), mets, põllumaa ja turbavõtuala. Pikslite koordinaadid on toodud tabelis 2.

**Tabel 2.** Uuringus kasutatud MODISE pikslite koordinaadid**Table 2.** Coordinates of MODIS pixels used in the study

Nr.	Maakate tüüp	Koordinaadid (laiuskraad, pikkuskraad)
1	Raba (Männikjärve)	58,872, 26,272
2	Raba (Linnusaare)	58,882, 26,208
3	Vesi (Endla järv)	58,854, 26,200
4	Asustus (Jõgeva)	58,927, 26,377
5	Mets	58,903, 26,166
6	Põllumaa	58,866, 25,839
7	Turbavõtuala*	58,557, 24,369

\* Endla soostikust põhjas asuv turbavõtuala on kinni kasvamas, mistõttu on iseloomulikud pikslite väärtus võetud kaugemalt alalt.

### 2.3. LST ja NDVI teljestik

Goward ja kolleegid (1985) olid esimesed, kes kasutasid satelliidipildi pikslite hajuvusdiagrammi LST ja NDVI teljestikus (joonis 2), mida pärast hakati kutsuma LST ja NDVI ruumiks (*NDVI/LST feature space relationships*). Samuti esitasid nad idee, et piksli asukoha LST-NDVI teljestikus ja mullaniiskuse vahel on seos. LST ja NDVI ruumi piiravad kaks serva: horisontaalne serv hajuvuspilve põhjas ehk nn märg serv, kus on veeküllus ja toimub maksimaalne aurustumine, ning nn kuiv serv, kus vee kättesaadavus on piiratud ja aurustumine on minimaalne (Sun *et al.*, 2008; Gao *et al.*, 2011). Järelduse konkreetse piksli veesisalduse kohta võib teha piksli asukoha põhjal LST ja NDVI teljestiku servade suhtes (Sun *et al.*, 2008; Gao *et al.*, 2011).

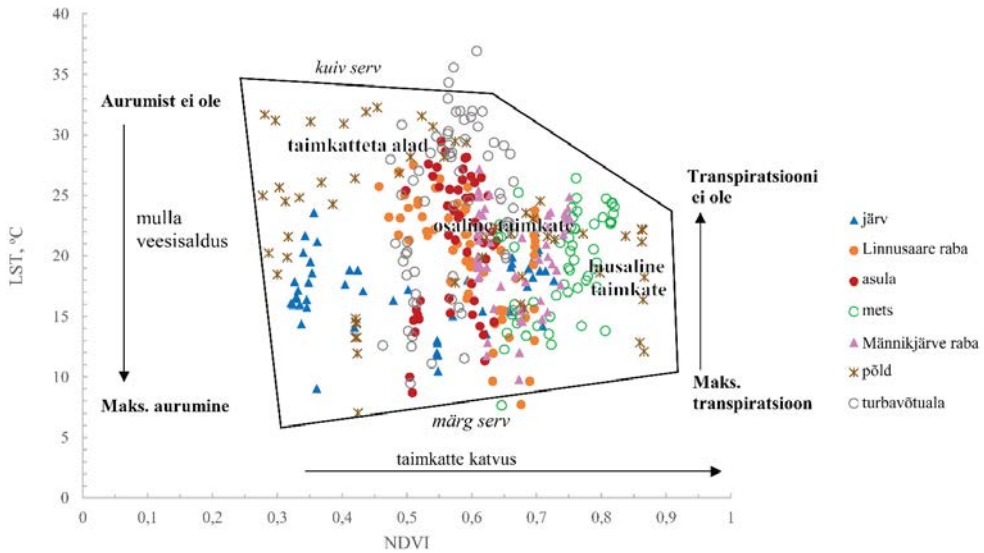
Selleks et võrrelda rabasid teiste maakattetüüpidega, moodustasime hajuvusdiagrammi MODISE pikslitest 2008. ja 2010. aasta vegetatsiooniperioodidel (maist septembrini). Niiskustingimuste aastaajaliseks uurimiseks kasutasime hajuvusdiagrammi modifitseeritud versiooni (joonis 3).

## 3. Tulemused ja arutelu

### 3.1. Rabad LST ja NDVI teljestikus

Esmalt uurisime klimatoloogiliselt tüüpilisel aastal rabapikslite jaotust LST ja NDVI teljestikus võrreldes teiste maakattetüüpidega. Joonisel 2 on näidatud erineva maakattetüübi pikslite jaotus LST ja NDVI teljestikus 2008. aasta suvel koos meetodi põhikontseptsiooni elementidega. Viisnurga ülemine serv tähistab nn kuiva serva, kus maapind ja taimkate on veepuuduses. Alumine piir tähistab niisket serva, kus maapind on veega küllastunud ja aurustumine suurem.





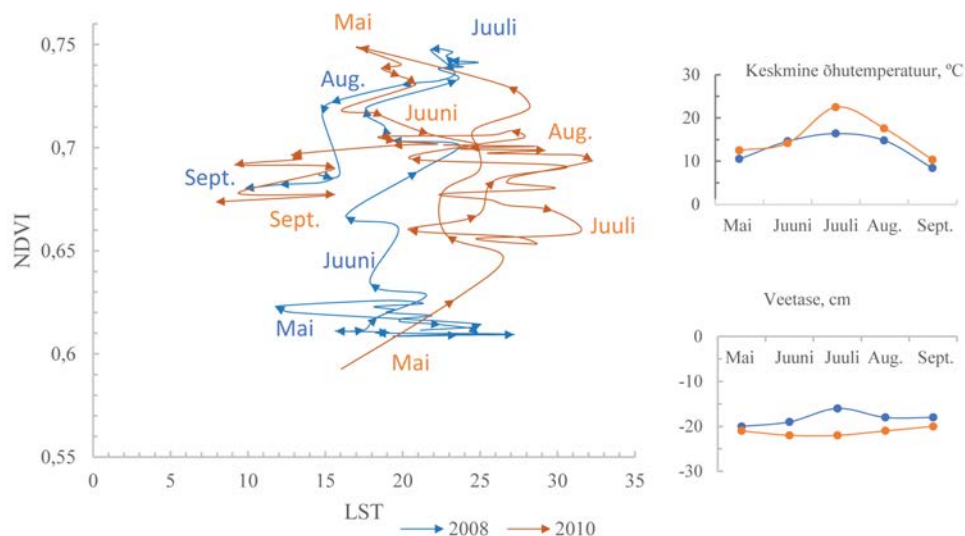
**Joonis 2.** Uuritud pikslite jaotus LST ja NDVI teljestikus 2008. a. Joonis sisaldab Lambini ja Ehrlichi (1996) ning Sandholti ja kolleegide (2002) kohandusi – nn meetodi kontseptuaalsed elemendid

**Figure 2.** Distribution of pixels in the LST-NDVI space for year 2008. The figure also includes conceptual elements of LST-NDVI method adopted from Lambini and Ehrlichi (1996) and Sandholt *et al.* (2002)

Põllud on vegetatsiooniperioodi alguses valdavalt veel taimestikuta ning nende NDVI on madal. Seevastu juulis ja augustis tõuseb põldude NDVI väärtus teistest maakattetüüpidest kõrgemale. Vesi on tavaliselt hajuvuspilve vasakus servas ja ekstreemselt madala NDVIga. Endla madalaveeline soojärv paigutub periooditi veetaimestiku tõttu hoopis pilve keskele. Võrreldes põlluga on vee LST väärtus madalam. Rabamännik asub stabiilselt hajuvusdiagrammi paremas servas ja temperatuuride amplituud on seal kõige väiksem. Asula maakattetüüp asub pilve keskel, paigutudes metsa ja hõreda taimkate maakattetüüpide vahel.

Joonisel 2 on huvitav, et rabadel on asulatega sarnane maapinna temperatuur ning et LST väärtused varieerusid rabades palju rohkem kui metsas (vahemikus 7...27 °C). See on rabadele tüüpiline (Burdun *et al.*, 2019). Keskmiselt olid raba NDVI väärtused linnaga võrreldes kõrgemad, metsaga võrreldes aga madalamad, sarnaselt Wu ja kolleegide tööle (2015). Uuritud rabade NDVI väärtused on *Sphagnum*-rabale tüüpilised (Letendre *et al.*, 2008). Kogu 2008. aasta kasvuperioodi vältel jäävad rabad LST ja NDVI teljestiku sellesse ossa, mis osutab vaid osaliselt taimestikuga kaetud alale. Ka turbavõtualad paiknevad pilve keskmises osas ehk osalise taimekatte tsoonis, kuid nende NDVI on märkimisväärselt madalam. LST varieeruvus on neil aga suurem, ulatades suve keskel isegi 35 °C. Turbavõtualad on rabadest kuivemad, asudes teljestiku kuivale servale lähemal.

Rabapikslite ajalised asukohamuutused LST ja NDVI teljestikus kummagi aasta vegetatsiooniperioodidel (2008 ja 2010) kuu keskmise õhutemperatuuri ja veetase-mega on esitatud joonisel 3.



**Joonis 3.** Rabade LST ja NDVI väärtuste ajalised muutused 2008 (sinine) ja 2010 (oranž) vegetatsiooniperioodidel. Kuu keskmine õhutemperatuur ja veetase on esitatud joonise parempoolses osas

**Figure 3.** Seasonal changes of raised-bog pixels in the LST-NDVI space for year 2008 (blue) and 2010 (orange). Monthly average temperatures are presented in the right part of the figure

Jooniselt 3 nähtub, et nii hüdrometeoroloogiliste kui ka kaugseirenäitajate väärtused olid kummagi aasta mai alguses ja septembri lõpus sarnased. Erinevus uuritud aastate vahel ilmnes mai teises pooles. Temperatuuri erinevus (LST) tõi kaasa fenofaaside nihkumise, mida ilmestab NDVI väärtuste ülikiire tõus 2010. aasta mais. NDVI väärtused olid kõrgeimad 2008. aasta juulis ja 2010. aasta mais.

Tõenäoliselt näitab 2010. aasta NDVI käik kuumusstressi mõju taimestikule. NDVI väärtuste kiirele tõusule mais järgnes LST väärtuste kasv juulis, mil NDVI väärtus langes. Maapinna temperatuuri langus raba veetaseme tõusuga põhjustas NDVI väärtuste uue suurenemise augustis. See tulemus on kooskõlas varasemate uuringutega, mis näitasid tugevat negatiivset seost märgalade LST ja NDVI vahel (Ghobadi *et al.*, 2015; Muro *et al.*, 2018).

Tulemused viitavad sellele, et raba paikneb LST ja NDVI teljestikus kindlas asupaigas, kajastades rabade hüdrometeoroloogiliste tingimuste aastaajalist muutust.

## 4. Järeldused

Käesolevas artiklis näitasime rabade paigutust LST ja NDVI teljestikus võrreldes teiste maakattetüüpidega ning uurisime LST-NDVI käsitusviisi teostatavust niiskuse-reežiimi muutuste tuvastamiseks. Samuti analüüsisime LST-NDVI signaali seoseid hüdro meteoroloogiliste tingimustega (sademete hulk ja veetaseme kõrgus). Analüüsil tuvastasime, et rabapikslite jaotus LST ja NDVI ruumis erineb teiste maakattetüüpide, sealhulgas metsa ja veekogu pikslite jaotusest, millel on iseloomulikud spetsiifilised LST ja NDVI väärtused. Samuti näitasime, et kaugseiremeetoditega tuvastatavad LST- ja NDVI-parameetrid võivad olla raba niiskusereežiimi uurimisel kasulikud, täiendades ja asendades välitöid. Samuti selgus, et turbarabade LST- ja NDVI-väärtuste ajalised muutused on kooskõlas mõõdetud hüdro meteoroloogiliste näitajate väärtustega. Edasistes uuringutes tuleks suurendada uuritud rabade valimit ning tõsta uuringute täpsust, kasutades suurema lahutusvõimega satelliitpilte.

## Kirjandus

- Burdun, I., Sagris, V., Mander, Ü. 2019.** Relationships between field-measured hydro meteorological variables and satellite-based land surface temperature in a hemiboreal raised bog. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 74: 295–301.
- Burnett, C., Aaviksoo, K., Lang, S. et al. 2003.** An Object-Based Methodology for Mapping Mires Using High Resolution Imagery.; <http://www.definiens-imaging.com>.
- Bechtold, M., De Lannoy, G., Koster, R. et al. 2019.** PEATCLSM: A Specific Treatment of Peatland Hydrology in the NASA Catchment Land Surface Model. *J. Adv. Model Earth Syst.* 11: 2130–2162.
- Bechtold, M., Schlaffer, S., Tiemeyer, B. et al. 2018.** Inferring Water Table Depth Dynamics from ENVISAT-ASAR C-Band Backscatter over a Range of Peatlands from Deeply-Drained to Natural Conditions. *Remote Sens.* 10(4): 536.
- Gao, Z., Gao, W., Chang, N-B. 2011.** Integrating temperature vegetation dryness index (TVDI) and regional water stress index (RWSI) for drought assessment with the aid of LANDSAT TM/ETM+ images. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 13(3): 495–503.
- Ghobadi, Y., Pradhan, B., Shafri, H. et al. 2015.** Assessment of spatial relationship between land surface temperature and landuse/cover retrieval from multi-temporal remote sensing data in South Karkheh Sub-basin, Iran. *Arab. J. Geosci.* 8(1): 525–537.
- Goward, S., Cruickshanks, G., Hope, A. 1985.** Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape. *Remote Sens. Environ.* 18(2):137–146.
- Kasischke, E., Bourgeau-Chavez, L., Rober, A. et al. 2019.** Effects of soil moisture and water depth on ERS SAR backscatter measurements from an Alaskan wetland complex. *Remote Sens. Environ.* 113: 1868–1873.
- Letendre, J., Poulin, M., Rochefort, L. 2008.** Sensitivity of spectral indices to CO<sub>2</sub> fluxes for several plant communities in a Sphagnum-dominated peatland. *Can. J. Remote Sens.* 34(sup2): 414–425.

- Muro, J., Strauch, A., Heinemann, S. et al.** 2018. Land surface temperature trends as indicator of land use changes in wetlands. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 70: 62–71.
- Sandholt, I., Rasmussen, K., Andersen, J.** 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sens. Environ.* 79(2–3): 213–224.
- Sun, Z., Wang, Q., Matsushita, B. et al.** 2008. A New Method to Define the VI-Ts Diagram Using Subpixel Vegetation and Soil Information: A Case Study over a Semiarid Agricultural Region in the North China Plain. *Sensors* 8(10): 6260–6279.
- Tang, R., Li, Z.-L., Tang, B.** 2010. An application of the Ts–VI triangle method with enhanced edges determination for evapotranspiration estimation from MODIS data in arid and semi-arid regions: Implementation and validation. *Remote Sens. Environ.* 114(3): 540–551.
- de Tomás, A., Nieto, H., Guzinski, R., S. et al.** 2014. Validation and scale dependencies of the triangle method for the evaporative fraction estimation over heterogeneous areas. *Remote Sens. Environ.* 152: 493–511.
- Wu, M., Muhammad, S., Chen, F. et al.** 2015. Combining remote sensing and eddy covariance data to monitor the gross primary production of an estuarine wetland ecosystem in East China. *Environ. Sci. Process Impacts* 17(4): 753–762.

## How to detect moisture of bog peat from space?

Iuliia Burdun, Valentina Sagris, Anneli Palo  
Department of Geography, University of Tartu

### Summary

Moisture regime is at the heart of net carbon flux in northern raised bogs. It has been studied by many researchers using field measurements and remotely sensed data. Recent research shows a relationship between evaporative fraction and remotely sensed surface characteristic parameters: land surface temperature (LST) and normalized difference vegetation index (NDVI). Several attempts have been made to evaluate the performance of LST-NDVI space for surface moisture estimation over diverse types of land cover, but still very little in raised bogs. This paper attempts, firstly, to show the deference in temporal behavior of northern raised bogs in LST-NDVI space compared to other land cover types; to identify the feasibility of LST-NDVI space approach to detect changes in hydro-meteorological conditions over the growing season, based on a two-year dataset.

We studied two ombrotrophic raised bogs: Linnusaare and Männikjärve in the Endla mire system, central eastern Estonia (Fig.1). Hydrometeorological data was collected at Tooma mire station of Estonian Meteorological Service. Table 1 presents average air temperatures and precipitation for the growing seasons of 2008 and 2010. We chose these years because year 2008 was close to long-term average and year 2010 was extremely warm. We used remotely sensed data from MOD11A1 (LST) and MOD13A2 (NDVI) MODIS satellite products with spatial resolution of 1x1 km obtained from the AppEEARS portal. We extracted LST and NDVI values for locations given in Table 2 for periods from May to August in both years.

Goward, Cruickshanks and Hope were among the first who suggested the idea of a relationship between surface moisture and location of pixels in the LST-NDVI space. The LST-NDVI space could be characterized by two edges (Fig. 2): the wet edge, with maximum evapotranspiration and unlimited water availability, and the dry edge where no evapotranspiration occurs due to limited water availability. Water availability of a particular pixel can be derived from the location of this pixel relative to the two edges.

Figure 2 presents the scatter plot of LST and NDVI values together with the main concept of the LST-NDVI space. The most interesting feature of the Figure 2 is that temperature in the raised bogs was similar to temperature in the settlement and forest. Thus LST values of the bogs varied from 7 to 27°C during the study period. Such yearly LST amplitude is typical for the studied bogs (Burdun, Sagris and Mander, 2019). However, on average, the bogs had higher NDVI values comparing to the settlement, but lower NDVI values compared to the forest. The NDVI values of raised bogs were common to *Sphagnum*-dominated peatlands. During the whole growing season in 2008, the bogs remained in the partially vegetated zone of the LST-NDVI space.

Changes in temporal distribution of bog pixels in the LST-NDVI space for vegetation periods of the two years (2008 and 2010) together with averaged monthly air temperature and water table depth are presented in Fig. 3. What stands out in this Fig. 3 is that hydro-meteorological and remotely sensed parameters in the beginning of May and in the end of September were similar between the years. However, already in the second part of May, a difference in LST between two years became evident. This temperature difference resulted in a shift of phenological phases, which can be observed from the extremely rapid increase in NDVI values during May 2010. Thus, the months when peak values of NDVI were observed were July 2008 and May 2010.

Another interesting finding, worth discussion, is the probable effect of heat stress of vegetation in 2010. As shown in Fig. 3, after the rapid increase in NDVI values in May 2010, LST values continued to rise, but NDVI values tended to decrease. A decrease of air temperature together with an increase of water table in the bogs resulted in increasing NDVI values in August 2010. This result is in agreement with previous studies, which revealed strong negative correlation between LST and NDVI over wetlands.

Overall, the results suggest that hemi-boreal raised bogs have a specific distribution within the LST-NDVI space. In addition, movement of peatbogs pixel values within the LST-NDVI space can reflect hydrometeorological conditions of raised bogs. The research showed that the temporal changes of LST and NDVI values are in agreement with field-measured hydro-meteorological parameters in raised bogs. It seems that remotely detectable LST and NDVI parameters could be informative for studying evaporative fraction and moisture conditions at the raised bogs. This is a fruitful area for further work.

## Eestlased Soomes ja Eestisse tagasirände kavatsused

Tiit Tammaru<sup>1</sup>, Kristi Anniste<sup>2</sup>, Karin Kangur<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Poliitikauuringute keskus Praxis

<sup>3</sup> Turu Ülikooli geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

Riikidevaheline ränne on viimastel aastakümnetel kasvanud kogu maailmas: 2000. aastal elas väljaspool sünniriiki 173 miljonit inimest, 2015. aastaks oli see arv tõusnud 250 miljonini, moodustades ligi kolm protsenti kogu Maa elanikkonnast. 21. sajandit nimetatakse seetõttu „rände ajastuks“ (Castles *et al.*, 2014). Ulatusliku riikidevahelise rände põhiline algataja on elatustasemete erinevus ning üldise seaduspärana on sihtriikide elatustase ja palgad üldjuhul kõrgemad kui väljarände riikides. Riikidevaheline elatustaseme erinevus üksinda siiski ulatuslikke rändevooge ei tekita. Näiteks erinesid Eesti ja Lääne-Euroopa riigid heaolu taseme poolest oluliselt ka nõukogude perioodil ja see erinevus kärises veelgi 1990. aastatel, ulatuslikku väljarännet läände see aga kohe ei vallandanud. Alles Eesti ühinemine Euroopa Liiduga 2004. aastal ning järkjärguline piirangute kadu tööjõu vabalt liikumiselt tõid kaasa eestlaste suurearvulise rände vanadesse Euroopa Liidu liikmesriikidesse, peamiselt Soome (Tammaru *et al.*, 2020).

Kui Eesti iseseisvuse taastamise ajal eestlasi Soomes sisuliselt ei elanud, siis täna-seks on 1991. aastal alanud ja 2004. aastal hoogustunud väljarände tulemusel tekkinud põhjanaabrite juures suurim väljaspool Eestit elav eestlaste kogukond (Anniste, Tammaru, 2014; Tammur *et al.*, 2017). Ametliku statistika alusel on aastate jooksul Eestist Soome rännanud üle 70 000 inimese. 2018. aasta lõpus elas Soomes ligikaudu 50 000 eesti päritolu inimest, kellest u 38 000 on täiskasvanud ning ligikaudu 12 000 on lapsed. Ülejäänud 20 000 on kas Eestisse naasnud või liikunud edasi mõnda teise riiki. Kuigi Eesti pole veel jõudmas Soomele järele ei sissetulekute, elatustaseme ega sotsiaalsete tagatiste poolest, näitavad rändeandmed seega, et sugugi mitte kõik Soome rännanud eestlased ei plaani oma elu püsivalt selle riigiga siduda. Käesoleva artikli eesmärk on selgitada, kui suur on Soomes elavate eestlaste tagasirände potentsiaal. Täpsemalt otsime vastuseid järgmistele uurimisküsimustele.

1. Kuidas on Eesti ja Soome vahelised rändesuundumused ajaga muutunud?
2. Kuivõrd hästi on eestlased Soomes lõimunud ja kuivõrd hoiavad hargmaised side-meid Eestiga?

### 3. Milline on Soomes elavate eestlaste tagasirände potentsiaal ja kuidas see erineb rahvastikurühmade arvestuses?

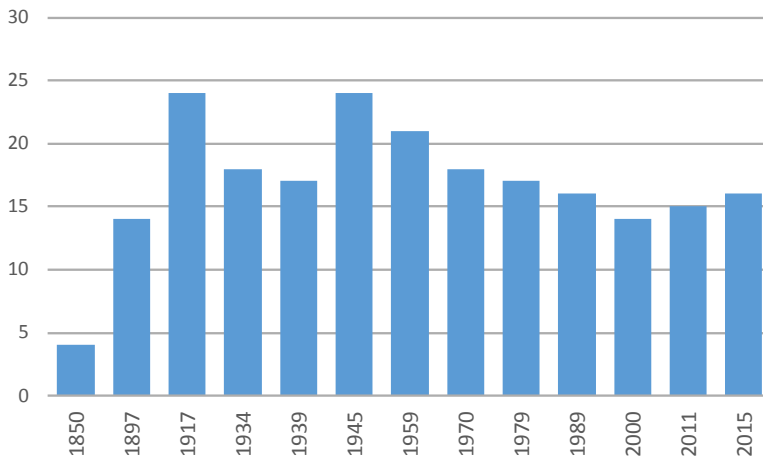
Artikli taustamaterjalina kasutame peamiselt Soome Statistikaameti avaliku andmebaasi andmeid, Soome rahvastikuregistri andmeid ning 2000 Soomes elava eestlase seas 2019. aastal tehtud küsitlusuuringu andmeid. Artikkel on üles ehitatud järgmiselt. Selleks, et mõista Eesti-Soome rände tähtsust Eesti kogurändes, anname alustuseks ülevaate sellest, millised on alates 1991. aastast olnud Eestist väljarände peamised sihtriigid ning millistest riikidest on Eestisse tulnud. Seejärel analüüsime Eesti ja Soome vahelisi rändesuundumusi aastatel 1991–2017. Edasi selgitame, millised on Eestist väljarännanud inimeste sissetulekud, töö- ja elukohad ning pereelu Soomes, et mõista, kuivõrd edukalt on toimunud sealsesse ühiskonda lõimumine ning kuidas see mõjutab võimalikku tagasirännet. Lõimumise ja tagasirände seosed pole siiski ühesed. Viimase aja uuringud näitavad, et tagasi võivad rännata nii need, kes pole kuigi hästi hakkama saanud (see on tagasiränne kui „vea parandamine“), kui ka need, kes on hästi lõimunud (see on tagasiränne kui „eesmärgi saavutamine“) (Anniste, Tammaru, 2014).

## 2. Eestist väljaränne ja Soome eestlaskonna kujunemine

### 2.1. Väljarände üldised suundumused

Eestlaste kogukondade tekkele välismaal pani aluse esimene ulatuslik väljarändelaine, mis sai alguse 19. sajandi keskel, kui Eesti ala kuulus Vene tsaaririigi koosseisu (Kulu, 1992; Kulu *et al.*, 1997; Kumer-Haukanõmm *et al.*, 2006; Praakli, Viikberg, 2010; Tammaru *et al.*, 2010a; 2010b). Venemaale lahkus selle suure väljarändelaine käigus poole sajandi jooksul hinnanguliselt 200 000 inimest. Sellest ajast alates on pikaajaline keskmine välismaal elavate eestlaste osakaal püsinud 15–20% piirides, olles sellest tasemest kõrgemal vahetult enne Eesti iseseisvumist 1918. aastal ning pärast teist suurt väljarändelainet, kui 1944. aasta sügisel toimus nõukogude okupatsiooni alguse eel väga lühikese ajaperioodi jooksul suur põgenemine läände (joonis 1). Eesti iseseisvuse taastamisega alguse saanud kolmanda suurema väljarändelaine tulemus Eesti rahvastikule on kahetine. Esiteks oli selle laine ajal väljarände maht suurem kui kahe varasema väljarändelaine ajal kokku: alates 1991. aastast on Eestist lahkunud 250 000 inimest, mis on võrreldav umbes viiendikuga Eesti püsi-rahvastikust 2018. aastal. Sellest väljarändest põhiosa andis aga 1990. aastate alguse venekeelse elanikkonna tagasiränne endistesse Nõukogude Liidu liiduvabariikidesse ning eestlasi on kolmas väljarändelaine puudutanud vähem. Välismaal elavate eestlaste osakaal on väljarände tulemusel küll viimasel paaril aastakümnel suurenenud, kuid pikemas ajaloolises vaates ei ole kasv olnud väga suur.

Eestlaste väljaränne oli 1990. aastatel väike ja peamine sihtriik oli Soome (Tammaru *et al.*, 2020). Tolleaegses Eesti-Soome rändes oli oluline roll pigem tagasirändel ehk Eestis elanud ingerisoomlaste lahkumisel Soome (Kyntjä, 1997). Väljaränne Eestist suurenes taas pärast Eesti liitumist Euroopa Liiduga 2004. aastal (Anniste, 2011) ning intensiivistus veelgi 2008. aastal globaalse majanduskriisi vallandudes (Tammur *et al.*, 2017, Tammaru *et al.*, 2020). Euroopa Liiduga ühinemisel kombineerusid nii Eestis kui ka mujal Ida-Euroopas kolm ulatuslikku väljarännet vallandavat tegurit (Tammaru *et al.*, 2020): elatustaseme erinevus uute ja vanade liikmesriikide vahel, suurte, 1980. aastatel sündinud põlvkondade peamisse rändevanusesse jõudmine ning Euroopa Liiduga ühinemine, mis võimaldas vabamat rännet liikmesriikide vahel. Ühtekokku on alates 1991. aastast Eestist lääneriikidesse rännanud ligikaudu 100 000 inimest, peamiselt aastatel 2004–2017, ligikaudu pooled lahkunutest on elama asunud Soome. Koos kahe esimese väljarändelaine käigus lahkunute laste ja lastelastega elab väljaspool kodumaad praegu hinnanguliselt ligi 200 000 eestlast, neist iga neljas ehk ligikaudu 50 000 inimest on uue kodu leidnud Soomes (Tammaru *et al.*, 2020).



**Joonis 1.** Väljaspool Eestit elavate eestlaste osakaal kõikidest eestlastest (protsent), 1850–2015. Allikas: Tammaru *et al.*, 2020

**Figure 1.** Share of Estonians living outside Estonia (%), 1850–2015. Source: Tammaru *et al.*, 2020

## 2.2. Ränne Eestist Soome

Nõukogude aja lõpus elas Soomes vähe eestlasi, küll aga hakkas nende arv kasvama kohe pärast Eesti iseseisvuse taastamist. Hirm ulatusliku väljarände ees oli suur, eriti pärast 2004. aastat, kui Eesti ühines Euroopa Liiduga, ning see hirm oli kahepoolne: Soome kartis eestlaste ja teiste idaeurooplaste massilist sisserännet, seda, et saabujad

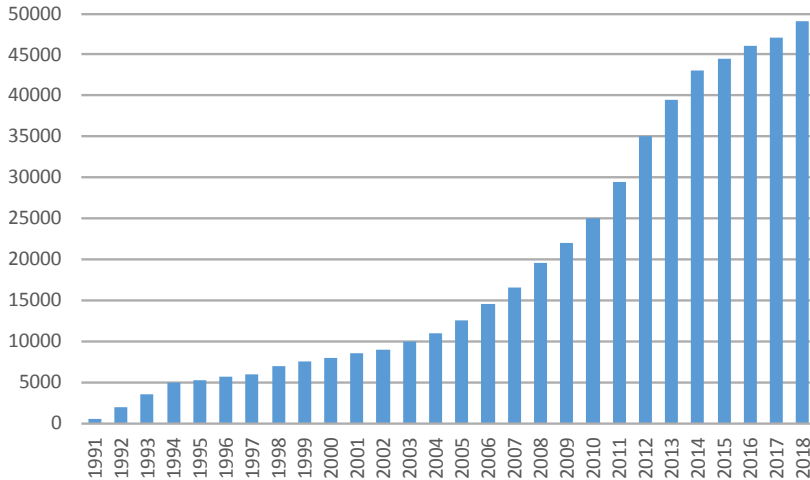


võtavad ära kohalike elanike töökohad ning tekitavad tööandjatele võimaluse palgataset alandada. Seetõttu keeldus Soome oma tööturgu 2004. aastal uute ELi liikmesriikide kodanikele täielikult avamast, see sai teoks alles 2011. aastal. Veel suurem oli aga hirm Eestis. Kardeti, et ligi pool töövoimelisest elanikkonnast kolib Euroopa Liidu liikmesriikidesse, peamiselt Soome (Tammaru *et al.*, 2020). Need hirmud ei realiseerunud – väljaränne leidis küll aset, kuid kardetust oluliselt väiksemas mahu. Pigem on Soome ja Eesti ning eriti Tallinna ja Helsingi vahel tekkinud väga erinevate mobiilsuse vormide rägastik (Krusell, 2013; Ahas *et al.*, 2017). Lisaks püsivalt Soome elama asujatele on palju peamiselt töötamisega seotud lühiajalist rännet ehk tekkinud on Eesti ja Soome vahelised tugevad hargmaised seosed (vt Vill *et al.*, 2019). Selliste tihedate sidemete tulemusena on Tallinnast ja Helsingist kasvanud kaksiklinn, mida sageli kutsutakse Talsingiks või Hellinnaks (Tammaru *et al.*, 2020).

Soome eestlaste kogukond on tekkinud kolme viimase aastakümne jooksul toimunud kahe rändevoogu tulemusena. Esimene suur rändevoog toimus aastatel 1992–1993, mil Soome siirdunute seas oli palju ingerisoomlasi. See oli osa tollaegsest suuremast etnilise rände lainest Euroopas, kui pärast raudse eesriide langemist Ida- ja Lääne-Euroopa vahel toimus ulatuslik tagasiränne, olgu siis venelaste tagasiränne Venemaale, volgasakslaste tagasiränne Saksamaale või ingerisoomlaste tagasiränne Soome. Sihtriigid, sh Soome, toetasid rahvuskaaslaste ümberasumist ja seetõttu kasutasid seda võimalust ka paljud Eestis elavad ingerisoomlaste päritolu inimesed (vähemalt ühel vanemal või vanavanematel pidi olema olnud Soome kodakondsus) (Anniste, 2011; Tammaru *et al.*, 2020). Selle väljarändevoogu teine oluline tunnusjoon oli rände võrdlemisi püsiv iseloom. Sageli lahkuti koos perega eesmärgiga naasta ajaloolisele kodumaale. Sealne kõrgem elatustase oli lahkujate jaoks tähtis, kuid otseselt töörännet oli vähe. Lisaks oli neid (peamiselt naised), kes asusid Soome elama pärast soomlasega abiellumist (Tammaru *et al.*, 2020).

Esimene rändevoog Eestist Soome oli intensiivne 1990. aastate alguses ja seejärel kasvutempo stabiliseerus. Euroopa Liiduga ühinemise hetkel oli eestlaste kogukonna suurus Soomes ligikaudu 10 000 inimest (joonis 2). Kuigi Soome avas oma tööturu Eesti kodanikele 2011. aastal, vallandus ulatuslik väljaränne kohe 2004. aastal. Euroopa Liidu osaks saamine kõrvaldas väga olulise rändebarjääri ning seda kasutasid hoogsalt just lihtsamate tööde tegijad, kelle järele oli Soome tööandjatel suur nõudlus (Telve, 2018). Just lihttööliste jaoks on rändebarjäärid tavapärastel kõrgemad kui nn valgekraedele või pererändajatele. Seega sai alates 2004. aastast alguse tööränne, mis kujunes peamiseks väljarände liigiks Eestist Soome rändes selle kõige ulatuslikumal perioodil aastatel 2004–2011 (Anniste, 2011). Soome rändamise kõrghetk oli aastal 2012, mil Soome Statistikaameti andmeil rändas Eestist Soome veidi üle 6400 inimese, pärast seda hakkas ränne järk-järgult kahanema, piirdudes 2018. aastaks vaid 2365 inimesega. Nii on mõnevõrra üllatav, et kõige intensiivsem tööränne Eestist Soome toimus ajal, kui Soome tööturg ei olnudki veel täielikult Eesti

kodanike jaoks avatud, ning hakkas üsna kohe pärast avanemist hoopis vähenema. See näitab, et riikide rändepoliitikal on küll teatud mõju inimeste liikumisele, kuid need ei pruugi olla sugugi piisavad rändeprotsesside oluliseks mõjutamiseks.

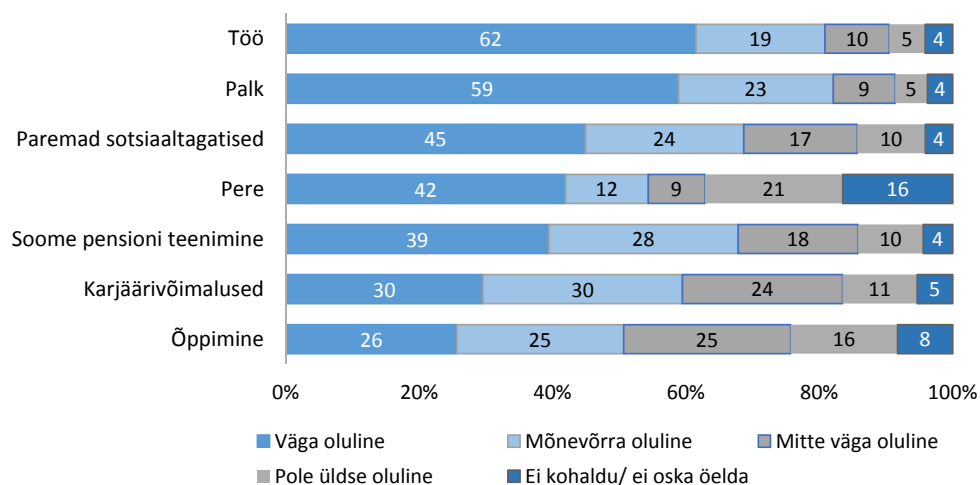


**Joonis 2.** Eesti päritolu elanike arvu muutus Soomes 1991–2018. Allikas: Soome Statistikaamet

**Figure 2.** Number of Estonians living in Finland 1991–2018. Source: Statistics Finland

Kui Euroopa Liiduga ühinemise eel elas Soomes ligikaudu 10 000 eesti päritolu inimest, siis 2017. aasta lõpu seisuga oli see arv peaaegu viiekordistunud ning Soomes elas 46 000 eestlast (joonis 2). Eestlased on soomerootslaste ja venelaste järel suuruselt kolmas vähemusrühm Soomes, moodustades 3,5 protsenti Soome püsielanikest (Tammaru *et al.*, 2020). Eestist Soome rännanute rändepõhjused ja sellest tulenevalt ka mobiilsuskäitumine on erinev: Soome asutakse nii lühiajaliselt õppima või töötama kui ka püsivalt elama. Lisaks on palju neid, kes liiguvad Eesti ja Soome vahel, näiteks on inimese perekond Eestis, kuid töökoht Soomes. Eestist Soome elama asumise levinuimad põhjused on seotud majandusliku ja sotsiaalse kindlustatusega (joonis 3). Täpsemalt seavad Eestist lahkujad esikohale Soomes töö saamise ja/või sealse kõrgema palga (vastavalt 81% ja 82% peab seda oluliseks või väga oluliseks rändepõhjuseks). Järgnevad paremad sotsiaaltagatised, mida peab oluliseks või väga oluliseks 69% Soome rännanutest. Perekondlikke põhjuseid rõhutab 54%, Soomes teenitavat pensionit 67%, karjäärivõimalusi 60% ning õppimist 51% Soome elama asunud eestlastest. Perekondlikud põhjused eristuvad ka soopõhiselt: 59% naistest peab Soome asumisel perega seotud tegureid väga oluliseks, samal ajal kui perega seonduv on väga oluline vaid 24% meestest. See viitab ühelt poolt sellele, et perekondade rände korral lahkuvad mehed kõigepealt Soome kas siis töö saamise ja/või kõrgema palga pärast ning naised lähevad kas nendega koos või järgnevad neile hiljem. Teisalt tulenevad soopõhised rändeerinevused ka meeste ja naiste abikaasade/

elukaaslaste rahvuse erinevustest: igal viiendal Eestist Soome elama asunud naisel on olnud lahkumise hetkel soomlasest abikaasa või elukaaslane, samal ajal kui Soome asunud meestest on olnud soomlasest abikaasa või elukaaslane vaid igal kümnendal. Teisisõnu on naiste rändes perekondlike tegurite roll oluline nii seepärast, et nad järgnevad oma eestlasest abikaasale/elukaaslasele, kui ka seepärast, et pere loomine soomlasega viib naisi Eestist Soome oluliselt sagedamini kui mehi.



Joonis 3. Eestist Soome rände põhjused. Allikas: Tammaru *et al.*, 2020

Figure 3. Causes of migration from Estonia to Finland. Source: Tammaru *et al.*, 2020

### 2.3. Lõimumine Soomes

Eestist Soome rännatakse peamiselt tööga seotud põhjustel ning inimeste viimast töökohta Eestis analüüsid näeme, et kuigi esindatud on kõik ametialad, on kõige enam Soome läinud oskustöölisi (eriti ehitustöölisi), samuti klienditeenindajaid ja müügiinimesi (tabel 1). Üle maailma on töörändajate peamine probleem oma oskustele vastava töö leidmine ning sageli tuleb just tippspetsialistidel leppida oma oskustest madalamate tööülesannete täitmisega (Castles *et al.*, 2014; Johnston *et al.*, 2015). Madalama elatustasemega riigist kõrgema elatustasemega riiki suunduv ränne toob inimese jaoks kaasa küll sissetulekute kasvu, kuid seda tööalase kvalifikatsiooni langetuse arvelt. 2009. aastal Eestist Soome rännanute seas tehtud küsitlusuuring näitas, et eestlaste esimene ametikoht Soomes oli oluliselt madalam kui viimane ametikoht Eestis (Anniste, 2011; Pungas *et al.*, 2015; Tammaru *et al.*, 2020). 2019. aastal tehtud kordusuuringust ilmneb samuti, et Eestist Soome rännanute esimene amet Soomes on sageli madalam kui viimane amet Eestis: juhtide ja tippspetsialistide osakaal langeb pärast Soome elama asumist ning lihttöölise osakaal kasvab.

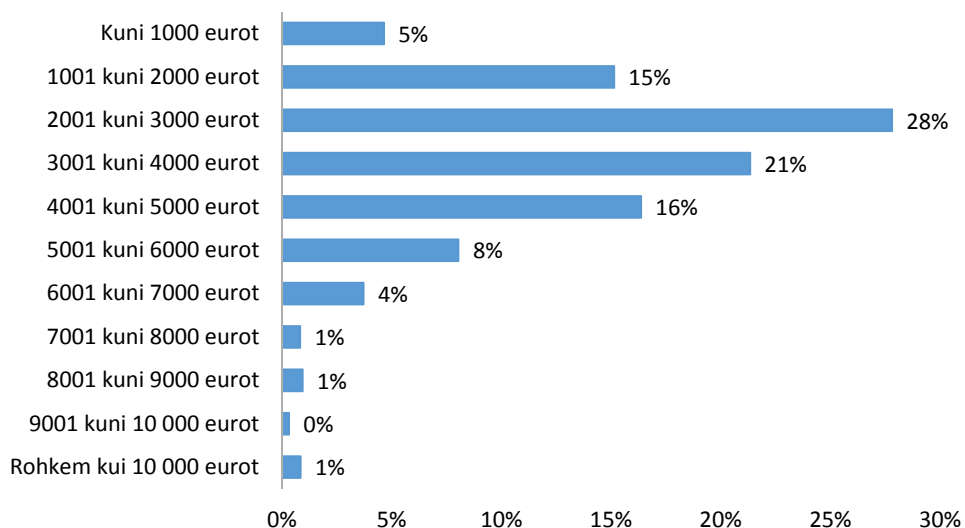
**Tabel 1.** Eestist väljarännanute ametialase positsiooni muutumine Soomes (protsent). Allikas: küsitlusuuring „Eestlased Soomes 2019“

**Table 1.** Changes in occupational positions of Estonian migrants in Finland (%). Source: „Estonians in Finland 2019“ survey

	Viimane Eestis	Esimene Soomes	Viimane Soomes
Tippspetsialist	17	13	15
Spetsialist	7	6	9
Klienditeenindaja	33	23	17
Oskustööline	38	40	29
Lihttööline	5	16	7
Kokku	100	100	100

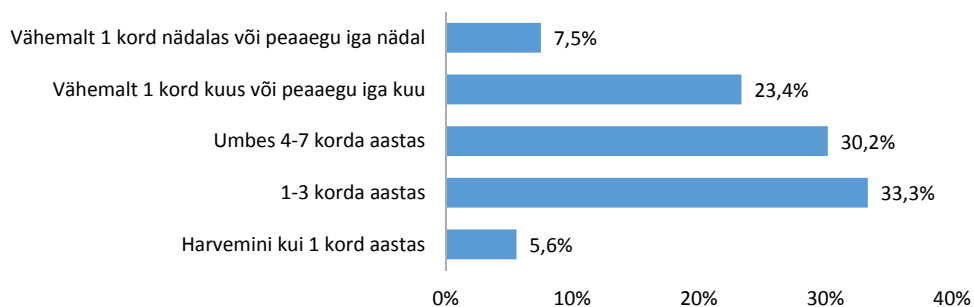
2019. aasta uuring näitab aga lisaks, et selline ametialane kukkumine ei ole sama suur kui 2009. aasta küsitluse andmetel. Siis näitasid tulemused, et koguni iga neljas Soome saabuja asus esialgu tööle lihttöölisena, 2019. aasta uuringus kaetud inimestest alustas lihttöölisena 16%. Samal ajal näitavad nii 2009. kui ka 2019. aastal toimunud küsitlused Soome rännanute edukat edenemist Soome tööturul: küsitletute viimane ametikoht Soomes on mõlema uuringu kohaselt väga sarnane nende viimasele ametikohale Eestis. Teisisõnu jõuavad paljud väljarännanud pärast mõningast Soomes elatud aega tagasi samale ametikohale, kus nad Eestis elades viimati töötasid. Soomes elades paraneb ka haridustaseme vastavus ametiga: kui saabumise hetkel leidis 59% küsitletutest, et nende ametikoht vastab nende haridustasemele, siis viimase ametikoha suhtes oli samal arvamusel 68% küsitletutest. Kõige olulisem on aga see, et võit sissetulekutes on võrreldes Eesti sissetulekutega väga märkimisväärne: Eestist Soome rännanute leibkonna igakuine netosissetulek jääb pooltel peredel 2000 ja 4000 euro vahemikku ning igal seitsmendal eesti perel on leibkonna netosissetulek suurem kui 5000 eurot kuus (joonis 4).

2019. aasta küsitlusuuringu valimi moodustasid püsivalt Soomes elavad Eestist pärit sisserändajad, valimi maht oli 2000 inimest ehk valim ei haara neid inimesi, kelle püsielukoht on Eesti, aga kes töötavad Soomes. 2019. aasta küsitlusuuringu tulemused näitavad, et 79% eestlastest peab oma peamiseks elukohaks Soomet, 14% nii Eestit kui ka Soomet ja 7% Eestit. Huvitav on see, et üksinda lahkunud inimestest peavad 58% vastanutest Soomet oma peamiseks elukohaks, koos abikaasa või elukaaslasega lahkujate seas on selliste inimeste osakaal aga 91%. Enamik Soome elama asunud eestlastest on säilitanud tihedad sidemed Eestiga ja külastab Eestit vähemalt kaks korda aastas. Ligikaudu kolmandik Soome rännanutest külastab Eestit vähemalt üks kord kuus (joonis 5). Enam kui pooled (55%) Soome rännanutest või nende leibkonnaliikmed omavad Eestis kinnisvara ning neist, kellel ei ole Eestis kinnisvara, kulutab iga kümnes muule Eestis asuvale kinnisvarale või säästab



**Joonis 4.** Eestist Soome rännanute leibkonna keskmine igakuine netosissetulek. Allikas: küsitlusuuring „Eestlased Soomes 2019“

**Figure 4.** Average monthly net income of Estonian households in Finland. Source: „Estonians in Finland 2019“ survey



**Joonis 5.** Eesti külastamise sagedus. Allikas: küsitlusuuring „Eestlased Soomes 2019“

**Figure 5.** Frequency of visits to Estonia. Source: „Estonians in Finland 2019“ survey

raha kodu soetamiseks. See seletab, miks eestlased, hoolimata edukast edenemisest Soome tööturul, ei ole kuigi alati investeerima kinnisvarasse Soomes. Nimelt on eestlaste seas ka teiste Ida-Euroopa sisserändajatega võrreldes vähe eluaseme omanikke (29%), samuti elavad eestlased pigem nendes piirkondades, kus eluaseme hinnad on madalamad ning sisserändajate osakaal suurem, näiteks Ida-Helsingis (Tammaru *et al.*, 2020). Iga neljas Eestist Soome rännanu elab siiski ühepere- või paariselamus

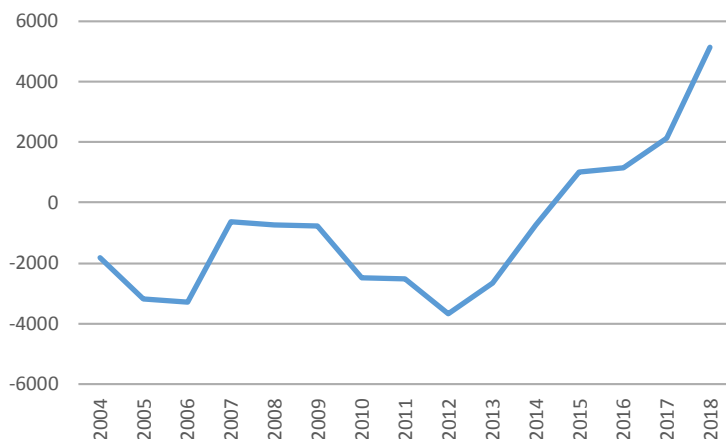
ning pooled kinnisvara omajatest on endale soetanud just ühepere- või paariselamu, mida peetakse sageli eluasemekarjääri kõrgeimaks astmeks: sellised inimesed kipuvad jääma paikseks ehk edasised elukohavahetused ei ole enam kuigi tõenäosed. See näitab teatud polariseeritust, kus märkimisväärselt palju on nii neid, kes Soome elamise kuludelt kõvasti kokku hoiavad, kui ka neid, kes on otsustanud soetada kallima hinnaklassi kinnisvara.

Eesti ja Soome on keeleliselt ja kultuuriliselt sarnased ning nii leiavad ka ligikaudu pooled Soomes elavad eestlased, et nende väärtushinnangud ja elustiil sarnanevad või pigem sarnanevad soomlaste väärtushinnangute ja elustiiliga, st suuri lõimumise probleeme Soomes elavatel eestlastel ei ole. Siiski arvab iga kolmas kuni neljas Soome rännanu, et tema väärtushinnangud ja elustiil erinevad või pigem erinevad soomlaste väärtushinnangutest ja elustiilist. Tööl suhtlevad Eestist Soome rännanud palju soomlastega, aga väga oluline lõimumise tunnus on see, kellega inimesed suhtlevad vabal ajal ehk siis, kui suhtluspartnereid saab lihtsamalt valida (Kukk, 2019). Küsitluse tulemused näitavad, et ligikaudu kolmandik Eestist Soome rännanutest eelistab vaba aega veeta koos oma rahvuskaaslasega (kas Eestist Soome asunud eestlaste või venelastega) ning ligikaudu kolmandik on ka neid, kes veedab vaba aega pigem soomlastega. Ülejäänud kolmandiku jaoks on vaba aja suhtluspartnerite seas nii soomlasi kui ka oma rahvuskaaslasi. Asjaolu, et ligi kolmandik Eestist Soome rännanutest eelistab vabal ajal suhtlemist oma rahvuskaaslastega, peegeldab aga nende kesist lõimumist.

### 3. Rändepööre ja Soomest tagasirände kavatsused

Kui negatiivne rändesaldo kasvas hüppeliselt pärast Eesti liitumist Euroopa Liiduga ning seejärel taas pärast 2009. aasta globaalset majanduskriisi, siis alates 2012. aastast hakkas rändekadu kiiresti vähenema (joonis 6). Selle suundumuse tulemusel muutus Eesti rändesaldo 2015. aastal esimest korda positiivseks ning on püsinud positiivseks kuni tänaseni (Tammur *et al.*, 2017). Teisisõnu toimus 2015. aastal rändepööre ning Eesti muutus taas väljarände riigist sisserände riigiks. Tegelikult hakkas sisseränne Eestisse kasvama kohe pärast Euroopa Liiduga ühinemist 2004. aastal, kuid see muutus oli veel väike ning jäi seetõttu suure väljarände varju. Pärast Euroopa Liiduga ühinemist muutus Eesti kõitvaks just madalama heaolutasemega Euroopa Liidust välja jäävate riikide ehk nn kolmandate riikide elanikele. Peamiselt saabuti Eestisse endise Nõukogude Liidu aladelt (Ukraina, Venemaa jne), kuid saabujate geograafiline päritolu on olnud väga kirju ning esindatud on kõik kontinendid. 2012. aastal alguse saanud Eesti negatiivse rändesaldo kiire kahanemise peamine põhjus oli aga sisserände kiire kasv teistest Euroopa Liidu liikmesriikidest. Igal aastal saabub Eestisse üha enam inimesi ka Soomest ning 2017. aasta oli Eesti-Soome rändes märgiline:

Soome Statistikaameti andmetel on minimaalses ülekaalus ränne Eestist Soome, Eesti Statistikaameti andmetel on aga minimaalses ülekaalus ränne Soomest Eestisse. Veelgi olulisem on aga see, et ükskõik kumma riigi andmed aluseks võtta, Soome-Eesti rände suundumused on selged: rändekadu Eesti-Soomes rändes on iga aastaga kiiresti vähenenud ning Eesti ja Soome vahelised rändevood tasakaalustunud.



**Joonis 6.** Eesti väljarände saldo 1990–2017. Allikas: Eesti Statistikaamet

**Figure 6.** Estonia's external net migration 1990–2017. Source: Statistics Estonia

Seega saame Eesti kolmanda suure väljarändelaine tipp-perioodiks dateerida aastaid 2004–2011. 2012. aastal toimus trendimuutus ning alates aastast 2015 on Eesti sisse-ränderiik. Rändepöördele on kaasa aidanud mitu tegurit. Esimene neist on elatusaste kiire kasv, mis on viinud Eesti elatusaste Euroopa Liidu keskmise lähedale. Eesti rändesaldo käib suures pildis ühes taktis majandusarenguga. Euroopa Liiduga ühinemise järel ja 2009. aasta majanduskriisi ajal, kui tööpuudus oli kõrge, toimus ulatuslik Eestist lahkumine, majanduskasvu perioodil on seevastu oluliselt kasvanud sisse-ränne. Võib arvata, et kui lähiaastatel suurt majanduskriisi ei toimu, jätkub Eestisse sisse-ränne ning teoks võib saada ka rändepööre Soomega. Kui aga lähiaastail peaks maailma majandust tabama taas suurem kriis ning kui see tabab valusalt ka Eestit, ei pruugi rändepööret Soomega veel toimuda ning see lükkub pigem edasi. Kui aga Eesti arengus väga pöördelisi muutusi ei toimu, ei tohiks ka võimalikud majanduskriisist tulenevad lühiajalised väljarändevood seniseid suundumusi põhimõtteliselt muuta ning Eesti jääb pigem sisse-ränderiigiks.

Lisaks Eesti jõukuse kasvule on rändepööride ja sisse-rände kasvu teine oluline põhjus väikesest sündimusest ja rahvastiku vananemisest tingitud demograafilised muutused Eestis, sh tööturule sisenevate inimeste arvu vähenemine, mille tulemusena on tekkinud majanduse arengus rändesõltuvus (Puur, Sakkeus, 2017). Rändesõltuvus paneb nii Eesti ettevõtjaid kui ka kõrgkoole otsima töötajaid ja

õppureid välismaalt. Kolmas ja kõige olulisem suurenenud sisserände põhjus on aga varasem, 2004. aastal alguse saanud suur väljaränne: ligikaudu pooled Eestisse saabujatest moodustavad tagasirändajad. Tagasiränne on olnud kasvav ka Eesti ja Soome vahelises rändes. Aastatel 2010–2016 naasis Eestisse kokku viis tuhat Soomes elanud eestlast, kusjuures 2015. aastal ületas tagasirändajate arv esimest korda tuhande inimese piiri. Tagasirändele mõjub positiivselt Eesti ja Soome lähedus, mis võimaldab Soomes elavatel eestlastel hoida tihedaid kontakte Eestiga ja sageli kodumaal käia. Eesti on selles mõttes oluliselt paremas olukorras kui näiteks Läti ja Leedu. Nende riikide elanikele on peamine rände sihtriik olnud Ühendkuningriik ning suurema vahemaa tõttu on lätlaste ja leedulaste side kodumaaga olnud nõrgem, mistõttu ka tagasiränne on, vähemalt seni, jäänud tagasihoidlikumaks. Seega erineb Eesti mitmest naaberriigist, kelle kogemusel pole tagasiränne olnud kuigi ulatuslik.

Tagasirände edasisele võimalikule ulatusele aitavad pilku heita tagasirände kavatsused. Küsitlusuuringust „Eestlased Soomes 2019“ ilmneb, et Eestisse naasta soovib 28% ja ei soovi 31% Soomes elavatest eestlastest, 41% ei oska sellele küsimusele üheselt vastata. Võrreldes 2009. aastal tehtud küsitlusega on Eestisse naasta soovijate osakaal sama (vrd Anniste, Tammaru, 2014). See on mõnevõrra üllatav, sest 2009. aasta küsitlus langes aega, kui Eestis oli sügav majanduskriis, 2019. aasta küsitlus langes aga aega, kui Eestis majandus kasvab, tööpuudus on väike ning sissetulekud kasvavad kiiresti. Seega paistab, et kuigi tegelik Eestist väljarände dünaamika on tugevalt seotud majandustsükliga, siis tagasirände aluseks olevad rändekavatsused ei ole majandustsükliga nii üheselt seotud. Teisisõnu, märkimisväärne osa Soomes elavatest eestlastest soovib oma tuleviku siduda Eestiga ning see ei sõltu hetkeolukorrast majanduses. Kavatsused ei pruugi muidugi realiseeruda ja veelgi enam, kavatsuste realiseerumist võib majanduse areng ja tööturu olukord siiski mõjutada. Oluline on ka märkida, et Eestisse naasmisele on kindla ajaraami seadnud vaid veidi üle poolte tagasirändepaaniga Eestist Soome rännanutest: neljandik plaanib Eestisse naasta järgneva 1–2 aasta jooksul ning teine neljandik leiab, et see võiks toimuda järgneva 3–5 aasta jooksul, ligikaudu kolmandik plaanib naasta kunagi kaugemas tulevikus ning 17% ei oska öelda, millal nad võiksid tulla tagasi Eestisse elama. Seega on Eesti-Soome rändesüsteem jõudnud küll tasakaalupunkti, kuid see, kas selge rändepööre ka aset leiab, ei ole rändekavatsuste põhjal üheselt kindel.

Eesti tööturu vaatenurgast on oluline teada, milline on Eestisse tagasi pöörduda soovijate vanuseline koosseis: kas Eestisse naasta soovijate seas on pigem tööealised, kes Eestisse tagasi pöördudes siseneksid eeldatavasti kohe tööturule, või soovivad tagasi tulla pigem vanemaalised inimesed, kellest Eestis saaksid pigem mitteaktiivsed? Ilmneb, et tööealised moodustavad tagasi pöörduda soovijatest küll ligi 80%, kuid tööturu vaatenurgast ei pruugi tagasiränne siiski kuigi positiivne olla. Kuna tagasiränne toimub pärast väljarännet, on Eestisse naasta soovijate seas suhteliselt suur vanemas tööeas inimeste osakaal ning iga teine on vanem kui 50-aastane.



Arvestama peab veel lisaks seda, et Eestisse naasta soovijad ei soovi seda üldjuhul teha kohe, vaid alles mõne aasta pärast. Näiteks on järgneva viie aasta jooksul Eestisse naasta soovijatest ligikaudu pooled samuti 50-aastased ja vanemad. Seega isegi juhul, kui kõik tagasirändekavatsusega inimesed antud ajaraamis oma tagasirändekavatsuse ka ellu viiksid, jäävad nad Eestis kohe pensionile või püsivad Eesti tööturul veel vaid lühikest aega. Seega kuna paljud väljarännanud on tagasirände lükanud kaugemasse tulevikku ja umbes pooled lähimas tulevikus tagasirännet plaanivatest väljarännanutest on vanuses, kus Eestisse naasmine jääks üsna nende töökarjääri lõppu, ei ole Soomest tagasirändel Eesti tööjõupuuduse leevendamisel tõenäoliselt kuigi suurt abi.

Kui Soome lahkutakse kõige enam seoses tööga, siis kõige sagedasemad Eestisse naasmise põhjused on perekondlikud põhjused, eelkõige perekondlike sidemete ja sotsiaalse võrgustiku olemasolu Eestis – neid peab oluliseks üle poole tagasirändekavatsusega Soome rännanutest (tabel 2). Selle põhjuse alla liigitub ka Eestis elavate lähedaste eest hoolitsemine. Tööga seotud põhjuseid märkis kolmandik tagasirändekavatsusega Soome rännanutest, kuid täpsemalt vaadates pole tegemist töö saamisega Eestis, vaid sooviga lõpetada Soomes töötamine ning tulla tagasi Eestisse vanaduspõlve veetma. Arvestades seda, et need inimesed on Soomes välja teeninud kõrgema pensioni, on nende tarbimisvõime oluliselt suurem kui Eesti riigilt pensioni saavatel inimestel ehk Eesti majanduse arengule mõjub nende tagasiränne positiivselt ka siis, kui nad ise enam tööle ei asu. Umbes kümnendiku väljarännanute jaoks on oluline tagasirände põhjus enda ja pereliikmete õpingud, sh soov panna oma laps(ed) Eesti kooli. Vaid vähem kui iga kümnes toob tagasirände põhjusena välja, et Eesti on kodumaa.

**Tabel 2.** Eestisse naasmise põhjused. Allikas: küsitlusuuring „Eestlased Soomes 2019“

**Table 2.** Main reasons for returning to Estonia. Source: „Estonians in Finland 2019“ survey

<b>Perekondlikel põhjustel, sh</b>	<b>55%</b>
... perekondlikud sidemed / sotsiaalne võrgustik Eestis	54%
... pere purunemine Soomes	1%
<b>Tööga seotud põhjustel, sh</b>	<b>37%</b>
... töö lõppemine Soomes	2%
... väljakutsed / huvitav töö Eestis	12%
... pensionile jäämine	22%
<b>Enda/pereliikmete õpingutega seoses, sh</b>	<b>11%</b>
... õpingute lõppemine Soomes	2%
... hakkam õppima Eestis	2%
... soov lapsed Eesti kooli panna	7%
<b>Eesti on kodumaa</b>	<b>8%</b>

Uurisime Soomes elavate eestlaste plaane ka teisest vaatenurgast ehk miks ei soovita Eestisse naasta, mis seda takistab. Kõige olulisema tegurina töid pooled Eestist Soome rännanutest välja parema majandusliku kindlustatuse Soomes (tabel 3). Olulised on ka paremad tööalased arenguvõimalused, sobiva töö olemasolu, suurem sotsiaalne turvatunne ja Soome rahulikum elutempo. Mõnevõrra üllatuslikult Soomet oma kodumaaks siiski ei peeta – vaid 15% vastanutest tõi selle välja kui olulise põhjuse, miks Eestisse enam tagasi tulla ei taheta. Seega tundub, et kodumaatunnet ei peeta ei Soomes paigastumise ega Eestisse naasmise võtmeteguriks. Küsitlusuuringus küsiti Soome rännanutel avatud küsimusena ka seda, mida võiks Eesti riik teha selleks, et tagasirännet soodustada. Kahjuks ei vastatud sellele küsimusele kuigi aktiivselt ning ka vastuste sisu ei ole kuigi informatiivne. Kõige sagedamini toodi välja riigipoolse toe pakkumist eluaseme leidmisel/ostmisel (nt üürikorterid, paremad tingimused eluasemelaenu saamisel jms). See näitab, et töö ja pere kõrval on kinnisvara ja eluasemega seotud teemad tagasirände puhul väga olulisel kohal. Selles küsimuses on kardinaalselt erinev ka Eesti ja Soome sisse- ning tagasirännet toetav eluasemepoliitika: kui Soome on üks Euroopa kõige põhjalikuma eluasemepoliitikaga riik, siis Eestis on riik eluaseme sektorist pigem välja astunud ja jätnud selle põhiosas turu reguleerida.

**Tabel 3.** Eestisse naasmist takistavad tegurid. Allikas: küsitlusuuring „Eestlased Soomes 2019“

**Table 3.** Main reasons discouraging returning to Estonia. Source: „Estonians in Finland 2019“ survey

Majanduslik kindlustatus Soomes	51%
Paremad tööalased arenguvõimalused / sobiv töö Soomes	37%
Sotsiaalne kindlustatus Soomes	37%
Rahulik elustiil Soomes	36%
Perekondlikud sidemed Soomes	28%
Soome pension ei ole veel välja teenitud	17%
Kuna Eesti on nii lähedal ja küllastan sageli, siis pole põhjust naasta	17%
Soome on uus kodumaa	15%
Eestiga ei seo mind enam midagi	6%

Senine analüüs näitas, et tagasirände potentsiaal on küll olemas, kuid selle ulatus ei pruugi olla kuigi suur ning tööturule jääb tagasirände mõju pigem väikeseks. Järgnevalt selgitame täpsemalt, milline on erinevate rahvastikurühmade tagasirände tõenäosus. Kasutame multinomiaalset logistilist regressiooni, et selgitada erinevate rahvastikutunnuste mõju tagasirände kavatsustele. Varasemate uuringute põhjal võib eeldada, et väljarännanu otsust lähteriiki tagasi pöörduda mõjutab lõimumine uues asukohariigis ning suhete säilimine koduriigiga. Lõimumist asukohariigis peetakse

üheks olulisemaks tagasirännet mõjutavaks teguriks. Enamasti – neoklassikalise rändeteooria alusel – eeldatakse lõimumise ja tagasirände vahel lihtsat negatiivset seost: mida edukamalt on inimene uues elukohariigis lõimunud, seda väiksem on koduriiki naasmise tõenäosus (Massey, Espinoza, 1997; Bijwaard *et al.*, 2011; de Haas, Fokkema, 2011). Sealjuures mõjutab lõimumist oluliselt uues asukohariigis viibitud aeg: mida kauem inimene uues asukohariigis elab, seda paremini ollakse üldjuhul lõimunud ja seda vähem soovitakse koduriiki naasta. Samas on mitmete uuringute põhjal tuvastatud ka võimalik positiivne seos lõimumise ja tagasirände vahel (Bijwaard, 2010; de Haas, Fokkema, 2011).

Lõimumisel uues elukohariigis on erinevad tahud ning seda saab mõõta mitme erineva näitaja alusel (Heckmann, 2005), näiteks a) struktuursed näitajad, nagu püsielanikega sarnaste tulemuste saavutamine tööturul (majanduslik lõimumine), elamistingimustes (eluasemealane lõimumine), poliitilises elus (nt kodakondsuse taotlemise kaudu); b) uue elukohariigi ühiskonnaelus osalemine, nagu näiteks keeleõpe ning sealsete inimeste seas sõprade teke või elukaaslase leidmine (sotsiaalne lõimumine); c) n-ö pehmed mõõdikud, nagu uue asukohariigi hoiakute ülevõtmine ning kohanemine sealsete ühiskondlike normide ning kirjutatud ja kirjutamata kommetega (kultuuriline lõimumine). Just tööturul lõimumise ja tagasirände vahel ei pruugi olla üksühest negatiivset seost. Ühelt poolt on leitud, et täisajaga töökoha omamine võib pärssida tagasirännet ning tagasirändajad on sageli majanduslikult vähem edukad kui jääjad. Teisalt on tulenevalt viimastel aastakümnetel toimunud muutustest rändemustrites esile kerkinud mitmeid väljarännanute rühmi, kes hoolimata suurest majanduslikust, sotsiaalsest ja kultuurilisest lõimumisest naasevad suurema tõenäosusega koduriiki kui mitmed uues asukohariigis vähem lõimunud väljarännanute rühmad. Näiteks mobiilsed tippspetsialistid, kelle oskused on ülemaailmselt hinnas ning kes liiguvad teise riiki, täitmaks oma karjäärialaseid väljakutseid, on küll majanduslikult edukad ja hästi lõiminud sihtriigi tööturul, kuid ei ole tingimata rohkem valmis sihtriiki jääma kui tööalaselt vähem lõimunud sisserändajad. Ka võib parem majanduslik lõimumine sihtriigis anda väljarännanule rohkem ressursse suhtlemaks ja külastamaks sõpru ja peret koduriigis, mida peetakse samuti oluliseks tagasirännet mõjutavaks teguriks. Lisaks on neid, kelle jaoks edukas lõimumine sihtriigi tööturul on osa elukaare edenemisega seotud strateegiast, kusjuures lühiajalise töötamise eesmärgiks välismaal on teenida võimalikult lühikese ajaga võimalikult palju raha, mida kasutatakse näiteks kinnisvara soetamiseks kodumaal, ning pärast rahaliste eesmärkide saavutamist naastakse päritoluriiki (Anniste, Tammaru, 2014).

Lisaks sihtriigis lõimumisele mõjutavad tagasirännet oluliselt suhted koduriigiga. Koduriigiga seotud emotsionaalsed tunded ja suhted lähedastega on olulised tagasirände põhjused. Näiteks on leitud, et etnilised vähemused on oluliselt mobiilsemad ja nende tagasiränne lähteriiki on harvem, kuna nad on vähem seotud oma päritoluriigiga, reageerivad vähem emotsionaalsetele teguritele (näiteks millist riiki

pidada kodumaaks) ning rohkem erinevustele sissetulekutes erinevate riikide vahel (Anniste, Tammaru, 2014). Kuid nii nagu lõimumise ja tagasirände vahel ei pruugi valitseda ühene seos, ei pruugi ühene olla ka seos sidemete säilitamisel kodumaaga ja tagasirändel. Nimelt võimaldavad tänapäeval odav reisimine ja moodsad kommunikatsioonivahendid hargmaist eluviisi, kus töötatakse ühes ja elatakse teises riigis, aga ka igapäevast suhtlust pika vahemaa tagant, mistõttu väljarännanutel on oluliselt lihtsam säilitada side kodumaa ja oma lähedastega ning aina vähem ajendit tagasi rännata (Anniste *et al.*, 2017). Ning mida lähemal on päritoluriik, seda lihtsam on selliste sidemete säilitamine ning hargmaise elu elamine.

Võttes arvesse, et mitmed tagasirännet mõjutavad taustategurid (nt Soomes viibimise aeg), Soomes lõimumist näitavad tegurid ning Eestiga kontakti hoidmine on eeldatavasti omavahel teatud ulatuses seotud (nt mida kauem on inimene Soomes elanud, seda rohkem on ta eeldatavasti ka lõimunud), tehti kolm regressioonanalüüsi, selgitamaks, kuidas erineb tagasirände tõenäosus erinevates rahvastikurühmades. Mudelite sõltuvaks tunnuseks on Soome rännanu vastus küsimusele „Kas kavatsete Eestisse tagasi tööle/elama asuda?“, millel oli kolm võimalikku vastust: 1 – jah; 2 – ei ja 3 – ei oska öelda. Sõltuva tunnuse võrdlusrühmaks on teine rühm ehk need inimesed, kes ei kavatse Eestisse naasta, ning võrdleme, kuidas neist erinevad inimesed, kes plaanivad Eestisse naasta või kellel puudub selles küsimuses selge seisukoht. Riskisuhted näitavad uuritava rühma sõltumatu tunnuse muutust võrreldes võrdlusrühmaga. Kui võrdleme Eestisse naasta soovijaid Soome jääda soovijatega ning kategooriaalse tunnuse riskisuhte väärtus mudelis on ühest suurem, on uuritava rühma Eestisse naasmise tõenäosus suurem kui võrdlusrühmal. Kui aga riskisuhte väärtus on ühest väiksem, on uuritava rühma Eestisse naasmise tõenäosus väiksem kui võrdlusrühmal. Tärniga on märgitud võrreldavate rühmade vahelised statistiliselt olulised erinevused 95% usaldusnivool.

Regressioonanalüüsi tulemused on koondatud tabelisse 4. Vanuse suhtes leiab alustuseks kinnitust varasema kirjeldava analüüsi tulemus, et mida vanem on väljarännanu, seda suurema tõenäosusega plaanib ta Eestisse naasta. Väljarännanu taustatunnustest on üks olulisemaid tagasirändekavatsusi mõjutavaid tegureid väljarännanu emakeel. Nimelt, kuigi suurem osa (85%) Eestist Soome rännanud inimestest räägivad emakeelena eesti keelt ja vene emakeelega inimeste jaoks ei ole Soome väga levinud sihtriik, on vene emakeelega Soome rännanute tagasirändekavatsuste tõenäosus oluliselt väiksem kui eesti emakeelega inimestel. Seega lähevad vene emakeelega inimesed Soome küll väiksema tõenäosusega, aga nende Eestist lahkumine on oluliselt sagedamini lõpliku iseloomuga kui eestlaste lahkumine.

Rännet Eestist Soome seletatakse sageli Eesti tööturu olukorraga. Analüüsima, kuidas mõjutab toimetulek Eesti tööturul enne Soome minemist tagasirändekavatsusi üksikinimese tasandil, lisasime mudelisse väljarännanute viimase tööalase staatuse Eestis. Tulemustest ilmneb, et enne Soome minekut Eestis töötanud ja Eestis

mittetöötanud inimeste tagasirände kavatsustes olulisi erinevusi siiski ei ole. Samal ajal on Eestis enne rännet mittetöötanud inimesed naasmise suhtes oluliselt sagedamini kahtleval seisukohal kui töötanud inimesed.

**Tabel 4.** Eestisse tagasirände riskisuhted rahvastikurühmades (võrdlusrühmaks on „ei kavatse Eestisse tagasi rännata“)

**Table 4.** Risk ratios of return migration to Estonia by population group (as a reference group “does not intend to return to Estonia”)

	Mudel 1		Mudel 2		Mudel 3	
	Kavatseb Eestisse naasta	Ei ole kindel	Kavatseb Eestisse naasta	Ei ole kindel	Kavatseb Eestisse naasta	Ei ole kindel
<b>TAUSTATUNNUSED</b>						
<b>Sugu:</b> naine (baas: mees)	1,10	1,25	1,24	1,27	1,09	1,21
<b>Vanus</b>	1,02*	1,00	1,02*	1,00	1,01	0,99
<b>Haridustase</b> (baas: kuni põhiharidus)						
Keskharidus	1,64	1,28	1,77	1,37	1,77	1,35
Kutseharidus	1,11	1,24	1,28	1,35	1,26	1,37
Kõrgharidus	1,12	1,26	1,35	1,31	1,09	1,23
<b>Emakeel:</b> vene (baas: eesti)	0,20*	0,41*	0,17*	0,35*	0,21*	0,39*
<b>Töölane staatus Eestis</b> (baas: töötav)						
Töötu	0,61	0,56*	0,60	0,47*	0,67	0,57
Mitteaktiivne	0,60*	0,81	0,58*	0,74	0,84	0,90
<b>Soomes viibimise aeg</b>	0,96*	0,98	0,99	0,98	0,99	1,00
<b>Rändepõhjused</b>						
Oluline põhjus: töö	0,96	0,91	0,94	0,89	0,66	0,73
Oluline põhjus: sotsiaalsed tagatised	0,66*	0,85	0,59*	0,83	0,69*	0,92
Oluline põhjus: õppimine	0,59*	0,73*	0,59*	0,71*	0,58*	0,69*
Oluline põhjus: pere	0,74*	0,87	0,93	0,92	0,79	0,91
<b>Hargmaine</b> (baas: elab püsivalt Soomes)	20,16*	5,45*	16,38*	5,48*	6,89*	3,23*
<b>LÕIMUMINE SOOMES</b>						
<b>Töölane staatus</b> (baas: mitteaktiivne)						
Töötav			0,88	0,84		
Töötu			0,60	0,93		

	Mudel 1		Mudel 2		Mudel 3	
	Kavatseb Eestisse naasta	Ei ole kindel	Kavatseb Eestisse naasta	Ei ole kindel	Kavatseb Eestisse naasta	Ei ole kindel
<b>Majanduslikud sidemed Soomes</b>						
Omab ettevõtet Soomes			0,67	0,80		
Omab kinnisvara Soomes			0,82	1,14		
<b>Leiab, et soomlaste väärtushinnangud on sarnased</b>						
			0,56*	0,81		
<b>Soome uudiste jälgimise sagedus (baas: peaaegu iga päev)</b>						
Paar korda nädalas			1,88*	1,55*		
Mõni kord kuus või harvemini			1,46	0,85		
<b>Sotsiaalsed sidemed Soomes</b>						
Leiab, et soomlastega kontakti saavutamine on kerge			0,45*	0,5*		
Alaealine/-ealised laps(ed) elab/elavad Soomes			0,68*	0,90		
Elukaaslane/abikaasa on soomlane			0,55*	0,77		
<b>KONTAKTI HOIDMINE EESTIGA</b>						
<b>Eesti külastamise sagedus (baas: peaaegu iga kuu)</b>						
Umbes 4–7 korda aastas					0,51*	0,74
1–3 korda aastas					0,26*	0,55*
Harvemini kui kord aastas					0,10*	0,23*
<b>Majanduslikud sidemed Eestis</b>						
Omab kinnisvara Eestis					1,60*	1,25
Teeb kulutusi / säästab Eestis asuva kinnisvara tarbeks või saadab raha lähedastele					2,58*	1,53*
<b>Eestis elavate pereliikmete/sõpradega suhtlemise sagedus (baas: mõni kord kuus või harvemini)</b>						
Pea iga päev					2,84*	1,56*
Paar korda nädalas					2,08*	1,31

\* Erinevused on statistiliselt olulised ( $p < 0,05$ )

Eestisse naasmise tõenäosus on väiksem õppimise, Soome paremate sotsiaalsete tagatiste ja perega seotud põhjusel Soome rännanutel. Ka sellel, kas väljarännanu elab püsivalt Soomes või jagab oma elu Eesti ja Soome vahel (nn hargmaised) on oluline mõju tagasirändekavatsustele – hargmaiste inimeste tagasirändesoo on oluliselt suurem kui neil, kelle elukorraldus on Soome-keskne. Lisaks mängib tagasirändekavatsuste puhul olulist rolli Soomes viibitud aeg: mida kauem on inimene Soomes elanud, seda väiksema tõenäosusega soovib ta Eestisse naasta (tabel 4, mudel 1). Soomes viibitud aja seos tagasirände kavatsustega muutub aga statistiliselt ebaoluliseks siis, kui lisada mudelisse Soomes lõimumise ja Eestiga kontaktide hoidmisega seotud tegurid ehk tegurid, mis on korrelatsioonis Soomes veedetud ajaga (tabel 4, mudelid 2 ja 3). Soomes lõimumist mõõtvate teguritena lisati regressioonanalüüsi erinevad majanduslikku (töölane staatus, ettevõtte ja kinnisvara omamine Soomes), sotsiaalset (hinnang soomlastega kontakti saavutamise lihtsusele, alaealise lapse/laste elamine Soomes, soomlasest elukaaslase/abikaasa olemasolu) ja kultuurilist (soomlaste väärtushinnangute sarnaseks pidamine enda omadega, Soome uudiste jälgimine) lõimumist väljendavad näitajad. Regressioonanalüüsi tulemustest selgub, et majanduslik lõimumine Soomes tagasirändekavatsusi ei mõjuta, küll aga on tagasirändekavatsused negatiivses seoses sotsiaalse ja kultuurilise lõimumisega. Need Eestist Soome rännanud, kes peavad soomlaste väärtushinnanguid enda omadega sarnaseks, soovivad Eestisse naasta oluliselt harvem kui need, kes soomlaste väärtushinnanguid enda omadega sarnaseks ei pea või ei oska seda hinnata. Ka Soome uudistega kursis olemine on seotud väiksemate tagasirändekavatsustega. Samuti on tagasirändesoo oluliselt väiksem neil, kes peavad soomlastega kontakti loomist lihtsaks, kelle alaealine laps või lapsed elavad Soomes või kellel on soomlasest abikaasa/elukaaslane (tabel 4, mudel 2).

Teguritena, mis väljendavad kontaktide säilitamist Eestiga, lisasime regressioonmudelisse Eesti külastamise sageduse ning majanduslike (omab kinnisvara Eestis, teeb kulutusi / säästab Eestis asuva kinnisvara tarbeks või saadab raha lähedastele) ja sotsiaalsete (Eestis elavate perekonnaliikmete/sõprade/tuttavatega suhtlemise sagedus) sidemete säilimise. Kõik Eestiga kontaktide säilitamist mõõtvad tunnused mõjutavad tagasirände kavatsusi positiivselt: tugevamad kontaktid Eestiga seostuvad suurema sooviga naasta. Näiteks mõjutab tagasirände soovi Eestis käimise sagedus – mida sagedamini külastatakse Eestit, seda suurem on ka soov Eestisse naasta ja vastupidi. Suurem tagasirände soov on seotud ka materiaalsete sidemete, nagu kinnisvara omamine Eestis, kulutuste tegemine / säästmine Eestis asuva kinnisvara tarbeks või raha saatmine lähedastele, aga ka sotsiaalsete sidemete säilitamisega Eestis elavate pereliikmete/sõprade/tuttavatega (tabel 4, mudel 3). Tagasirändesoo on suurem ka neil Soome rännanutel, kelle abikaasa/elukaaslane ja/või alaealised lapsed elavad Eestis, kuid kuna need tunnused korreleeruvad liiga tugevasti hargmaisuse tunnusega (multikorrelatsioon), ei saanud neid mudelisse lisada.

#### 4. Kokkuvõte

Käesolevas artiklis selgitasime, millist rolli mängib Eesti ja Soome vaheline ränne Eesti väljarändes, kuidas on muutunud Eesti ja Soome vahelised rändevood ja rändajad alates Eesti iseseisvuse taastamisest 1991. aastal, kuidas on Eestist Soome rännanud inimesed lõimunud sealsesse ühiskonda ning millised on tagasirände kavatsused. Ränne Soome moodustab ligikaudu poole Eestist väljarändest. Soome rändamine kasvas hüppeliselt pärast Eesti ühinemist Euroopa Liiduga 2004. aastal, mil tööränne sai ühtlasi levinuimaks rändeliigiks. Viimastel aastatel on aga Eesti-Soome ja Soome-Eesti rändevood tasakaalustunud. Eestlased on Soome tööturul hästi lõimunud, eluasemeturul aga mitte ning pigem kasutatakse Soomes teenitud raha Eestis kodu ostmisel või korrastamisel. Iga viies Soomes elav eestlane plaanib Eestisse naasta, kuid pooled neist on enam kui 50-aastased ja plaanivad seda teha alles mõne aasta pärast, mil tööalane karjäär on lõppemas. Nii on tagasirände kavatsuste analüüsi põhjal oodata küll jätkuvalt tagasirännet, kuid mitte leevendust Eestis valitsevale tööjõupuudusele. Kui Soome rännatakse peamiselt töö tõttu, siis peamised tagasirände põhjused on perekondlikud põhjused – perekondlikud sidemed ja sotsiaalsed suhted Eestis, mida peavad oluliseks pooled tagasirändekavatsusega väljarännanutest. Soomest tagasitulekut takistab aga enim sealne majanduslik kindlustatus.

Tagasirände kavatsusi mõjutavad veel mitmed tegurid. Kõigepealt vähendab soovi Eestisse naasta Soomes elatud aeg. Mida kauem on inimesed Soomes elanud, seda enam on olnud aega Soome ühiskonnaga kohaneda, seda vähem on säilinud kontaktid Eestiga ning seda keerulisem on praktikas tagasi pöörduda, sest elurütm on muutunud juba liiga tugevalt Soome-keskseks. Tagasirändesoovi mõjutab ka Soomes lõimumine – mida enam ollakse Soomes kultuuriliselt ja sotsiaalselt lõimunud, seda väiksem on tagasirändesoov. Samas majanduslik lõimumine Soomes tagasirändekavatsusi ei vähenda, mis võib tähendada, et Soomes majanduslikult vähem edukad eestlased ei näe lahendusena tingimata Eestisse naasmist ja/või et paljud Soomes majanduslikult hästi toime tulevad väljarännanud näevad Soomes elamist ajutise etapina oma tööelus ja karjääris, mis peadib peatse naasmisega Eestisse. Seega ei toeta Eesti ja Soome vaheline ränne üheselt neoklassikalist rändeteooriat, mille kohaselt tagasirännet nähakse kui lahendust „ebaedukale rändele“ ehk väljarändega tehtud „vea parandamist“. Pigem on eestlaste kultuuriline sarnasus Soomega, sh keeleline sarnasus, see, mis muudab soomlastega suhtlemise lihtsaks, toetab edukat lõimumist Soomes ja püüab tagasirännet Eestisse. Soov Eestisse naasta kahaneb, kui sotsiaalsed ja majanduslikud sidemed Eestiga nõrgenevad ning väljarännanud seavad oma elu aina tugevamalt sisse Soomes (sh abielluvad soomlasega). Ühelt poolt on võimalik, et kontaktide vähenemine Eestiga muudab tagasirände majanduslikult ja emotsionaalselt kulukamaks. Teiselt poolt võib aga olla, et Eestisse naasta soovivad inimesed



säilitavad kontaktid Eestis eesmärgiga valmistada ette oma peatset tagasirännet. Ükskõik kumb motiiv on peamine, näitavad tulemused, et tugevate sidemete säilimine Eestiga suurendab tagasirännet. Seega toetavad kiired ja soodsad laeväihendused ning moodsad kommunikatsioonikanalid, mis hõlbustavad Eesti külastamist ning lähedaste ja tuttavatega kontaktide säilitamist, samal ajal nii hargmaist eluviisi Eesti ja Soome vahel kui ka Soomes püsivalt elavate eestlaste soovi naasta Eestisse.

## Tänu

Suur tänu uuringufirmale Kantar Emor mahuka küsitluse „Eestlased Soomes 2019“ korraldamise eest 2000 Soomes elava eestlase seas. Artikli valmimisel on olnud rahaliseks toeks Eesti Teadusagentuur (Euroopa Regionaalarengu Fondi rahastatav RITA programm, Infotehnoloogiline Mobiilsusobservatoorium ja rühmagrant PUT PRG306), samuti Sihtasutus KONE (projekt Suomen Silta 3.0).

## Kirjandus

- Ahas, R., Silm, S., Tiru, M. 2017.** Eestist lähtuv hargmaisuus mobiilside rändlusandmete alusel. Teoses: Tammaru, T., Eamets, R., Kallas, K. (toim.). *Eesti inimarengu aruanne 2016/2017. Eesti rändeajastul*. Tallinn: Eesti Koostöökogu.
- Anniste, K. 2011.** Eestlaste väljaränne Soome. Uuringu kokkuvõte. Tartu: Riigikantselei.
- Anniste, K., Kumer-Haukanõmm, K., Tammaru, T. 2008.** *Sõna jõul: diasporaa roll Eesti iseseisvuse taastamisel*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Anniste, K., Tammaru, T. 2014.** Ethnic differences in integration levels and return migration intentions: A study of Estonian migrants in Finland. *Demographic Research* 30: 377–412.
- Anniste, K., Pukkonen, L., Paas, T. 2017.** Towards incomplete migration: A case study of Estonian migration to Finland. *Trames Journal of the Humanities and Social Sciences* 21(2): 97.
- Apsite, E., Krisjane, Z., Berzins, M. 2012.** Emigration from Latvia under economic crisis conditions. *International Proceedings of Economics Development and Research* 31: 134–138.
- Bijwaard, G. E. 2010.** Immigrant migration dynamics model for The Netherlands. *Journal of Population Economics* 23(4): 1213–1247.
- Bijwaard, G. E., Schluter, C., Wahba, J. 2011.** The Impact of Labour Market Dynamics on the Return-Migration of Immigrants. Bonn: Institute for the Study of Labor (IZA). (Discussion Paper No. 5722.)
- Castles, S., de Haas, H., Miller, M. J. 2014.** *The Age of Migration. International Population Movements in the Modern World*. Fifth Edition. New York: Palgrave Macmillan.
- de Haas, H., Fokkema, T. 2011.** The effects of integration and transnational ties on international return migration intentions. *Demographic Research* 25(24): 755–782.
- Heckmann, F. 2005.** Integration and integration policies: IMISCOE network feasibility study. Bamberg: European Forum for Migration Studies: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-192953>.

- Hess, D. B., Tammaru, T., van Ham, M. (eds.) 2018.** *Housing Estates in Europe. Poverty, Ethnic Segregation and Policy Challenges*. Springer. eBook, Open Access.
- Ivlevs, A., King, R. M. 2015.** Kosovo – Winning its Independence but Losing its People? Recent Evidence on Emigration Intentions and Preparedness to Migrate. *International Migration* 53(5): 84–103.
- Johnston, R., Khattab, N., Manley, D. 2015.** East versus West? Over-qualification and Earnings among the UK's European Migrants. *Journal of Ethnic and Migration Studies* 41(2): 196–218.
- Kauppinen, T. 2018.** The descriptive URMI WP 2.4 report. Selected findings. Presentation at the URMI project meeting in Helsinki, 16.3.2018.
- Krusell, S. 2013.** Eesti elanike töötamine välismaal. Teoses: Tõnurist, A. (toim.). *Pilte rahvaloendusest*. Tallinn: Statistikaamet, 129–147.
- Kukk, K. 2019.** *Understanding the vicious circle of segregation: The role of leisure time activities*. Doktoritöö. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Kulu, H. 1992.** *Eestlased maailmas. Ülevaade arvukusest ja paiknemisest*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Kulu, H., Metsis, K., Tammaru, T. (toim.) 1997.** *Eestlane olla – eesti keele ja kultuuri perspektiivid*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Kumer-Haukanõmm, K. 2012.** *Teisest maailmasõjast tingitud Balti pagulaste problemaatika aastatel 1945–1952 Eesti pagulaste näitel*. Doktoritöö. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Kumer-Haukanõmm, K., Rosenberg, T., Tammaru, T. (toim.) 2006.** *Suur põgenemine 1944. Eestlaste lahkumine läände ja selle mõjud*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Kyntäjä, E. 1997.** Eestlased Soomes: akulturatsioonipsühholoogia ja etniline identiteet. Teoses: Kulu, H., Metsis, K., Tammaru, T. (toim.). *Eestlane olla – eesti keele ja kultuuri perspektiivid*. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus, 60–70.
- Mansoor, A., Quillin, B. (eds.) 2006.** *Migration and Remittances: Eastern Europe and the Former Soviet Union*. World Bank Publications.
- Massey, D. S., Taylor, J. E. (eds.) 2004.** *International Migration: Prospects and Policies in a Global Market*. OUP Oxford.
- Massey, D. S., Espinoza, K. E. 1997.** What's driving Mexico-U.S. migration? A theoretical, empirical, and policy analysis. *American Journal of Sociology* 102(4): 939–999.
- McCollum, D., Shubin, S., Apsite, E. et al. 2013.** Rethinking Labour Migration Channels: The Experience of Latvia from EU Accession to Economic Recession. *Population, Space and Place* 19(6): 688–702.
- OECD 2019.** Economic outlook, analysis and forecasts. Viimati vaadatud 25.09.2019: <http://www.oecd.org/economy/outlook/>.
- Okólski, M. 2004.** The effects of political and economic transition on international migration in Central and Eastern Europe. In: Massey, D. S., Taylor, J. E. (eds.). *International Migration: Prospects and Policies in a Global Market*. OUP Oxford, 35–58.
- Praakli, K. 2010.** Eestlased ja eesti keel Soomes. Teoses: Praakli, K., Viikberg, J. (toim.). *Eestlased ja eesti keel välismaal*. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus, 455–500.
- Praakli, K., Viikberg, J. (toim.) 2010.** *Eestlased ja eesti keel välismaal*. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus.
- Pungas, E., Täht, K., Realo, A. et al. 2015.** Does ethnicity matter in intentions to study abroad? Analysis of high school students in Estonia. *Journal of Ethnic and Migration Studies* 41(14): 2376–2395.

- Puur, A., Sakkeus, L. 2017.** Ränne ja Euroopa demograafilised väljakutsed. Teoses: Tammaru, T., Eamets, R., Kallas, K. (toim.). *Eesti Inimarengu Aruanne 2016/2017. Eesti rändeajastul*. Tallinn: Eesti Koostöökoogu.
- Rahnu, L. 2017.** Where do ethnic couples more likely to meet – at work or in their residential neighbourhoods? URMI blog, 7.12.2017. Elektroonselt saadav aadressil <https://urmi.fi/where-are-inter-ethnic-couples-more-likely-to-meet-at-work-or-in-their-residential-neighbourhoods/>. Viimati külastatud 22.8.2018.
- Scheffer, P. 2011.** *Immigrant Nations*. Cambridge: Polity Press.
- Tammaru, T., Kumer-Haukanõmm, K., Anniste, K. 2010a.** Eesti diasporaa kujunemise kolm lainet. Teoses: Praakli, K., Viikberg, J. (toim.). *Eestlased ja eesti keel välismaal*. Tallinn: Eesti Keele Sihtasutus, 35–55.
- Tammaru, T., Kumer-Haukanõmm, K., Anniste, K. 2010b.** The Formation and Development of the Estonian Diaspora. *Journal of Ethnic and Migration Studies* 36(7): 1157–1174.
- Tammaru, T., Kährrik, A., Kangur, K. 2020.** Eesti ja Soome vaheline ränne: kas peagi on oodata rändepööret? Teoses: Alho, R., Kumer-Haukanõmm, K. (toim.). *Mobiilsus, ränne ja hargmaised kontaktid Eesti ja Soome vahel* (ilmumas).
- Tammaru, T., Marcinczak, S., van Ham, M. et al. (eds.) 2016.** *Socio-Economic Segregation in European Capital Cities: East Meets West*. Routledge.
- Tammur, A., Tammaru, T., Puur, A. 2017.** Kas Eestis toimub rändepööre? Välisrände suundumused 2000–2015. Teoses: Tammaru, T., Eamets, R., Kallas, K. (toim.). *Eesti inimarengu aruanne 2016/2017. Eesti rändeajastul*. Tallinn: Eesti Koostöökoogu.
- Telve, K. 2018.** Absent or involved: changes in fathering of Estonian men working in Finland. *Gender, Place ja Culture. A Journal of Feminist Geography* 25(8): 1257–1271.
- Vill, K., Silm, S., Telve, K. 2019.** Hargmaiste eestlaste meediakasutus. Vt sinne kogumik.

## **Estonians in Finland and their intentions on return migration**

Tiit Tammaru<sup>1</sup>, Kristi Anniste<sup>2</sup>, Karin Kangur<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup> Praxis Center for Policy Studies

<sup>3</sup> Department of Geography, University of Turku

### **Summary**

Over the last thirty years, Finland has become the country that hosts the largest Estonian diaspora. It is estimated that there are about 50,000 Estonians living permanently in Finland and, in addition, a large number of Estonian cross-border commuters who work in Finland. In this article, we will clarify changes in the migration trends between Estonia and Finland, analyze how well Estonians are integrated in Finland, and what is the potential for return migration to Estonia. The study is based on a survey “Estonians in Finland 2019”, which is a follow-up to the survey “Estonians in Finland 2009”. The results show that in addition to the large-scale emigration that started in 2004 still continues, but net migration has dropped close to zero since the number of arrivals from Finland to Estonia has grown as well. Estonians are

well integrated in the Finnish labor market, but not in the housing market, and the money earned in Finland is rather spent on buying or renovating a home in Estonia. One in five Estonians living in Finland is planning to return to Estonia, but half of them are older than 50 years of age and plan to do so in a few years, when their professional career is coming to an end. Thus, return migration will have a positive impact on the population size of Estonia, but not to the size of the labour force. However, the pension earned in Finland provides a higher purchasing power to the returnees compared to people receiving a pension from the Estonian state, thus supporting the Estonian economy through higher consumption.

## Hargmaiste meediakasutus ja IKT mõju seotusele kodumaaga

Kirsti Vill<sup>1</sup>, Siiri Silm<sup>1</sup>, Keiu Telve<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Rakendusliku Antropoloogia Keskus;  
Okupatsioonide ja vabaduse muuseum Vabamu

### 1. Sissejuhatus

Tänapäeva globaliseerunud maailmas on inimesed muutunud järjest mobiilsemaks ning kasvanud on nii rahvusvaheline kui ka lühiajaline migratsioon ning turism. Migratsiooni suurenemisel on mitu põhjust: piirid ja tööturud on avatumad, majanduse korraldus globaalsem ja linnastumine kiirenenud. Üks oluline faktor on informatsiooni- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) areng – ühiskond on avatum ja mobiilsem tänu informatsiooni ligipääsetavusele, avatusele ja uutele suhtlusviisidele.

Tänu transpordi kättesaadavusele ja IKT arengule on inimestel võimalus läbida pikki vahemaid sagedamini kui varem, mistõttu ulatub tegevusruum üle riigipiiride (Levitt, Schiller, 2006). Samal ajal saab IKT vahendite abil hoida ühel ajal tihedat seotust mitme asukohaga. Mitme riigiga tihedalt seotud olemist nimetatakse hargmaisuseks. (Portes *et al.*, 1999). Põhjused selleks võivad olla erinevad: töö, õppimine, vaba aeg, sotsiaalsed tegevused jms (Williams, Hall, 2000).

Traditsioonilise assimilatsiooniteooria kohaselt sulanduvad immigrandid sihtriiki ja ajaga nõrgeneb nende seotus lähteriigiga. 1990ndatest on aga kasutusel hargmaisuse mõiste (Schiller *et al.*, 1992), kuna üha enam räägitakse, et traditsiooniline assimilatsiooniteooria tänapäeval ei kehti (Foner, 1997; Levitt, Jaworsky, 2007; Lima, 2010), sest järjest enam on inimestel võimalusi jääda päritoluriigiga seotuks ka pärast uude riiki elama asumist. Suurt rolli selles mängib IKT ja uus meedia, mis tähendab, et kommunikatsioon toimub tehnoloogia abil, näiteks interneti, telefoni või sotsiaalmeedia kaudu (Baldassar *et al.*, 2016). IKT vahendusel on võimalik jälgida kodumaa meediat, suhelda kodumaale jäänud lähedastega ja teha kodumaaga seotud tegevusi (pangaülekanded jm). See teeb otsuse välja rännata lihtsamaks ja kasvatab migrantide hargmaist seotust lähteriigiga (Dekker *et al.*, 2016; Vihalemm, 2017).

Selleks, et hargmaseid sidemeid kodumaaga säilitada, peab lisaks tehnoloogilistele võimalustele olema inimestel ka motivatsioon, milleks võib pidada kuulus-tunnet. Kuigi kodumaalt rännatakse välja, tuntakse endiselt sidet lähteriigi pere ja rahvaga, mis on ka põhjuseks hargmaiste tegevuste ettevõtmiseks tänapäevaste tehnoloogiliste lahenduste abil.

Artikli eesmärk on teada saada, milline on hargmaiste inimeste IKT ja sotsiaalmeedia tarbimine ning kuidas tehnoloogiliste lahenduste abil lähteriigiga seotuks jäädakse. Sealjuures kirjeldame, milline on hargmaiste suhe kodumaaga majanduslike, poliitiliste, sotsiaalsete ja kultuuriliste tegevuste kaudu. Uuring on tehtud Eestiga seotud hargmaiste inimeste kohta. Siinkohal tuleb välja tuua, et Eesti on üks maailma edumeelsemaid e-riike (Galloway, 2019), pakkudes 99% avaliku sektori teenustest internetist digiteenustena, sealhulgas e-valitsemise, rahanduse, tervise ja hariduse valdkonnas (e-Estonia, 2018).

## 2. Hargmaisuse defineerimine ja hargmaisuse tüübid

Hargmaisus tähendab perekondlike, majanduslike, sotsiaalsete, religioossete ja poliitiliste suhete säilitamist ühel ajal nii lähteriigi kui ka sihtriigi ühiskonnas (Schiller *et al.*, 1992). Võrreldes migratsiooniga, mille korral sihtriiki integreerumisel side kodumaaga nõrgeneb, viitab hargmaisus paralleelsele kombineeritud seotusele mõlema riigiga (Bilgili, 2014). Selle asemel, et sidemest lähteriigiga loobuda, elatakse mitmes ühiskonnas korraga ning juurdumine toimub mitmes ühiskonnas (Jürgenson, 2016). Hargmaisust on jaotatud mitmel viisil.

- 1) Ajutiselt väljarännanud (*sojourners*), immigrandid ja hargmaised. Ajutiselt väljarännanud on inimesed, kes viibivad sihtriigis vaid mõnda aega ega kohane seal. Immigrantideks peetakse neid, kes lahkuvad lähteriigist eesmärgiga integreeruda sihtriiki. Hargmaised on inimesed, kes jäävad sidemeid hoidma nii lähteriigi kui ka sihtriigiga (Waldinger, 2008) või on mõlema riigiga pidevalt seotud viisil, et kumbagi riiki ei saa pidada sihtriigiks (Levitt, Jaworsky, 2007).
- 2) Tegevuspõhine ja tunnetuslik seotus lähteriigiga. Tegevuspõhiselt ollakse seotud kui liigutakse ja tegutsetakse mõlemas riigis ning neid tegevusi saab mõõta, näiteks loendades. Tunnetuslikult ollakse seotud kui tuntakse, et kuulutakse mõlemasse ühiskonda (Zontini, 2015). Tunnetuslik hargmaisus on seotud inimese identiteediga ja kujuneb kultuuriliste tavade põhjal tulenevalt sellest, kuhu inimene tunneb end kuuluvat (Bilgili, 2014).
- 3) Hargmaisus läbi majandusliku, poliitilise ja sotsiaal-kultuurilise valdkonna. Majanduslik hargmaisus hõlmab näiteks rahaülekandeid ja investeringuid lähteriiki; poliitiline hargmaisus kodumaa organisatsioonidesse kuulumist ja valimisest osavõttu; sotsiaal-kultuuriline hargmaisus pere- ja sõprussidemete säilitamist distantsilt, mille hulka kuulub nii üksteise külastamine kui ka suhtluskanalite vahendusel kontakti hoidmine; lisaks ka lähteriigi meedia ja kunsti tarbimine ning ürituste külastamine (Bilgili, 2014; Lima, 2010).

Järgnevates alapeatükkides on seletatud, kuidas tegevuspõhine ja tunnetuslik hargmaisus ning majanduslik, poliitiline ja sotsiaal-kultuuriline hargmaisus aitavad hoida sidemeid kodumaaga.

## 2.1. Tegevuspõhine ja tunnetuslik hargmaisus

Tegevuspõhine hargmaisus toimub kvantitatiivselt mõõdetavate tegevuste kaudu, mis kuuluvad majanduslikku, poliitilisse või sotsiaal-kultuurilisse valdkonda (Bilgili, 2014). Tegevuspõhise hargmaisuse indikaatorid on näiteks rahaülekannete arv, hääletamisest osavõtnute arv või kodumaa külastuste arv.

Tegevuspõhise hargmaisuse puhul ei ole veel välja kujunenud teoreetilist seisukohta, keda pidada hargmaiseks ja keda mitte. Geograafias on hargmaisuse mõõtmiseks kasutatud hargmaisuse indeksit, mis leitakse inimese isiklike suhete, viimase aasta jooksul välismaale tehtud reise arvu ja välismaal elatud aja põhjal (Mau *et al.*, 2007). Füüsilise liikumise põhjal on mobiilpositsioneerimise andmetel hargmaisteks peetud inimesi, kes on välisriigis rohkem kui 25% ajast (vähemalt 92 päeva aastas), aga mitte rohkem kui 75% ajast, ning kes on sealjuures välisriiki teinud vähemalt viis reisi, aga mitte rohkem kui 52 reisi (Ahas *et al.*, 2017). Füüsiliste liikumiste põhine hargmaiste defineerimise metoodika vajab veel välja kujunemist.

Selleks, et lähteriigiga seotud tegevusi ette võtta, peab inimesel olema motivatsioon, milleks on sageli side lähteriigiga. See tähendab, et tegevuspõhine ja tunnetuslik hargmaisus on omavahel seotud. Baldassar oma kolleegidega (2014) on kirjeldanud hargmaiseid tegevusi perekondlike sidemete ja üksteisest hoolimise kaudu. Perekonda kuulutakse, mistõttu üksteisest hoolitakse ja selle väljendamine võib olla nii majanduslik (rahaülekanded), praktiline (nõuanded) kui ka emotsionaalne (psühholoogiline heaolu) (Baldassar *et al.*, 2014).

## 2.2. Majanduslik, poliitiline, sotsiaal-kultuuriline hargmaisus

Kuigi hargmaisuse mõiste võeti kasutusele võrdlemisi hiljuti, ei ole see nähtus niivõrd uus, kuna kodumaaga jäid sidet hoidma ka 19. sajandil välja rännanud (Foner, 1997). Tänapäeval on väljarännanute suhtlus kodumaale jäänutega aga oluliselt tihedam, kiirem ja lähedasem tänu tehnoloogilistele lahendustele. IKT, mille all käsitleme selliseid suhtluskanaleid nagu telefon, raadio, televisioon ja internet, on muutunud eluliselt tähtsaks (Hughes, Hans, 2001) ja loonud hulgaliselt uusi võimalusi hargmaistele lähteriigiga seotuse säilitamiseks (Baldassar *et al.*, 2016).

### 2.2.1. Majanduslik hargmaisus

Tänapäeval võimaldab IKT hargmaistel majanduslikult mitmel viisil lähteriigiga seotuks jääda. Väga levinud on lähteriiki jäänud lähedaste rahaline toetamine, kuid kui varem saadeti postiga raha või pakke, siis nüüd tehakse pangaülekandeid (Foner, 1997; Lima, 2010), mis on kiirem, mugavam ja turvalisem. Pangaülekannete eesmärk võib olla nii lähedaste toetamine kui ka arvete ja laenu tasumine (Singh *et al.*, 2012), mis tähendab, et lähteriiki jäänud kohustustest või varast ei pea eemal olles

loobuma. Samuti jäävad väljarännanutele sageli alles teatud kaupade eelistused, eriti toidu. Eelistatud kaupade saamine ei toimu ainult lähedaste kaudu, vaid kaupa tellitakse ise internetist ja toimetatakse üle maailma kohale. Hargmaised säilitavad see läbi kodumaiste toodete tarbimisharjumused, viies ellu hargmaiseid tegevusi kaupa tellides ning hoides ka tunnetuslikku seotust lähteriigiga (Genc *et al.*, 2012).

Seda, et tehnoloogia arenedes ei eelda töö tegemine enam töö kohal käimist, ennustati juba 19. sajandi lõpus (Hughes, Hans, 2001). Tänapäeva infoühiskonnas on kaugtöö üsna levinud ja see tähendab tööülesannete täitmist infotehnoloogiliste vahendite abil väljaspool tööandja poolt määratud kohta (Tööelu, 2016). Suhtlusvahendite, nagu Skype, mobiiltelefon ja internet, kaudu osaletakse koosolekutel ja peetakse kõnesid (Foner, 1997; Tööelu, 2016), mis annab ka hargmaistele võimaluse tööalaselt lähteriigiga seotuks jääda. Eestis on võimalik kasutada erinevaid e-teenuseid. Arvutisse on võimalik paigaldada ID-tarkvara, mille abil digitaalse isikutunnistusega isikut tõendades veebi kaudu pankade, riigi või erinevate ettevõtete teenuseid kasutada või ka dokumente digitaalselt allkirjastada ja krüpteerida (ID, 2018).

Majanduslikku hargmaisust toetab e-riigi keskkond, mille kaudu saab tasuda riigile makse, deklareerida saadud tulu (Maksu- ja Tolliamet, 2018) ning korraldada ettevõtte asjaajamist, sealhulgas töötajate arvele võtmist, töölubade taotlemist, aruannete esitamist jms (Eesti, 2018; Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2018). Samuti saab ettevõtteid luua elektroonse isikutunnistuse abil ilma Eestis kohapeal viibimata.

### 2.2.2. Poliitiline hargmaisus

Traditsioonilised vormid poliitiliseks hargmaisuseks on lähteriigi poliitikaga kursis olemine ja poliitika edendamine. Lähteriigi poliitika ja uudistega hoiti end 20. sajandil kursis lähedastelt saadud uudiste ning sihtriigis immigrantidele väljaantavate ajalehtede kaudu (Foner, 1997). Tänapäeval tarbivad väljarännanud IKT vahendusel „puhast“ kodumaa meediat, lugedes uudiste portaalidest päevakajalisi uudiseid ning jälgides tele- ja raadiosaateid (Bonini, 2011; Yin, 2015).

Pidevalt kodumaal toimuvaga kursis olles jääb väljarännanutele alles ka huvi kodumaa poliitikat edendada ja selles kaasa lüüa. Mõned liidrid, nagu Giuseppe Garibaldi 19. sajandil või Chiang Kai-shek 20. sajandil, elasid juba tollal hargmaist elustiili ja ammutasid teistest riikidest ideid, mida oma riigi ja rahva peal rakendada (Levitt, Jaworsky, 2007).

Sarnaselt võidakse mujalt saadud ideid lähteriiki üle kanda, kirjutades arvamuskäsitlusi või blogi. Endiselt osalevad väljarännanud erakondade tegevuses ning võtavad osa hääletamistest (Bauböck, 2003; Lima, 2010). Eesti e-riigi teenused mõjutavad ka poliitilist hargmaisust: Eesti kodanikel on sõltumata asukohast internetiühendusega arvuti ja digitaalse isikutunnistuse või mobiil-ID-ga võimalik valida kohalikku omavalitsust, Riigikogu ja Euroopa Parlamenti ning osaleda rahvahääletustel



(Valimised, 2019). Riigiasutustega on võimalik suhelda elektroonselt ja asjaajamist korraldada veebikeskkonnas (Integratsiooniinfo, 2018). Seega saavad ka väljarännanud oma poliitilisi vaateid rakendada, mistõttu on valijaskonnas rohkem inimesi, kelle arvamus on mõjutatud mujal maailmas kogetust. Näiteks 2019. aasta Eesti Riigikogu valimistel moodustasid e-hääled kõikidest häältest 43,8%, välisriikidest antud e-hääle osakaal kõikidest antud e-häälest oli 6,3% (Valimised, 2019).

### 2.2.3. Sotsiaal-kultuuriline hargmaisus

Sotsiaal-kultuurilise hargmaisuse vormideks võib pidada lähedastega kontakti hoidmist, sotsiaalmeedia kasutust ning rahvusliku identiteedi säilitamist meedia tarbimise kaudu. Suhtlus lähteriiki jäänutega toimus 20. sajandi alguses vaid kirja teel ja suhtlussidemete säilitamine oli oluliselt ajakulukam ning kallim. Füüsiline vahemaa lähteriigi ning sihtriigi vahel mängis palju suuremat rolli ja üksteise küllastamine ei olnud nii sagedane. Seega jõudis väljarännanuteni vaid väike osa lähteriigis toimunud (Yin, 2015), ei oldud niivõrd kursis lähedaste igapäevaste sündmustega ja kontakte ei saanud olla väga palju.

Tehnoloogia arenedes hakkas infovahetus toimuma erinevate meediakanalite kaudu, nagu raadio, televisioon, telefon ja internet (Wilding, 2006). Omavaheline suhtlus toimub e-posti teel kirju saates, sotsiaalmeedias ja reaalajas telefonitsi või rakenduste, nagu Skype, FaceTime jm, vahendusel kõnesid pidades. Suhtlus on seeläbi kiirem, odavam ja lihtsamini kättesaadav (Levitt, Jaworsky, 2007), mistõttu vahemaa üksteisest eemalviibijate vahel ei mängi enam nii suurt rolli (Share *et al.*, 2018). Kõnesid pidades ollakse üksteisele pidevalt kättesaadavad ja see loob püsiva kuuluvustunde (Liu, Leung, 2017). Hargmaiste perede eelistatuim suhtlusvahend on Skype, mille abil saab pidada mitme tunni pikkuseid videokõnesid ja seeläbi terve perega koos aega veeta (Nedelcu, Wyss, 2016). Kasutusele on võetud ka väljend *Skype parenting*, mis tähendab, et lapsevanemakohustusi saab IKT vahendusel täita ka kaugjuhtimisel ilma reaalselt kohal viibimata (Share *et al.*, 2018).

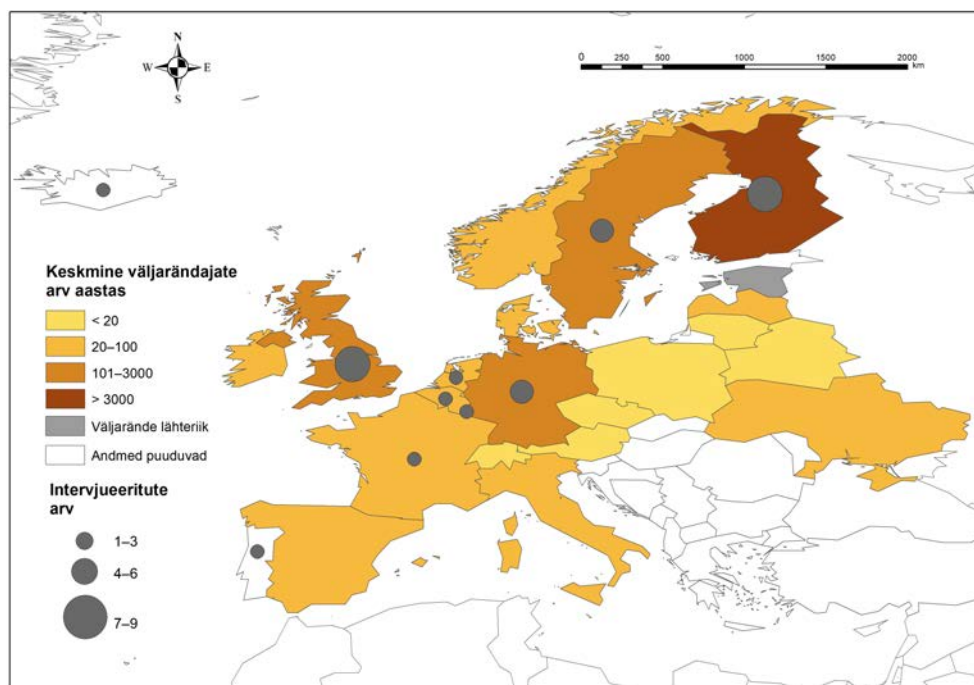
Sotsiaalmeedia aitab säilitada ja luua ka nõrgemaid suhtlussidemeid (Komito, 2011). Populaarsed sotsiaalmeedia rakendused on näiteks sotsiaalvõrgustik Facebook, fotode jagamiseks Flickr, videote jagamiseks YouTube, ärivõrgustikele orienteeritud LinkedIn ja mikroblogimiseks Twitter (Whiting, Williams, 2013). Sotsiaalmeedias luuakse omavahel ühiste huvide, ideoloogiate ning majanduslike või peresidemete tõttu seotud inimeste kommuune, sealjuures kuulutakse „elektrooniliselt“ või virtuaalselt ka lähteriigi kommuunidesse (Komito, 2011). Sotsiaalsesse gruppidesse kuulumine ja rahvusliku identiteedi säilitamine viitab ka inimese kultuurilisele taustale, mis on tugevalt seotud etnilise päritoluga. Etnilisi gruppe eristatakse sageli kultuuri kaudu – inimestel on ühine taust ja tavad ning osaletakse tegevustes, milles oluline roll on kultuuril (Riedel, 2017).

Kultuurilist hargmaisust võib seostada nii geograafilise kui ka ideelise käitumisega. Esimene neist eeldab piiriülest liikumist ja lähteriigi külastamist, teine on seotud rahvusliku identiteediga, mida hargmaised hoiavad alles ka siis, kui teine identiteet luuakse sihtriigiga seotult (Riedel, 2017; Vertovec, 2002). Näide geograafiliselt kultuurilisest hargmaisusest on traditsiooniliste rahvuslike festivalide külastamine lähteriigis (Portes, 2001), samal ajal kui rahvuslikku identiteeti säilitatakse lähteriigi meediat tarbides. Inimesed on lähedased lähteriigi meedia kultuurilise kontekstiga ja see aitab neil ka sisu paremini mõista (Yin, 2015). Seega on rahvusliku identiteedi säilitamine tugevalt seotud tehnoloogiaga, kuna nii kommunikatsioon kui ka kultuuri tarbimine toimub elektroonilise meedia kaudu (De Fina, 2016; Vertovec, 1999).

Kultuurilise hargmaisuse juures on oluline teadlikkus ehk teadlik soov lähteriigi kultuuriga seotud tegevust läbi viia (Vertovec, 1999), mistõttu ei saa sinna hulka alati pidada keelt või koduriigist pärit toodete tarbimist, kuna sarnaselt hargmaistele räägivad ka immigrandid mitut keelt või tarbivad vaid harjumusest teatud tooteid (Riedel, 2017). Kultuurilisest hargmaisusest lähtuvalt ellu viidavad tegevused viitavad väga selgelt hargmaise inimese seotusele oma rahvaga, mistõttu võib seda pidada tunnetuslikuks seotuseks (Levitt, Schiller, 2006). Kuigi geograafiline kultuuriline hargmaisus eeldab ka lähteriigi külastust, mis on üks levinumaid näiteid tegevuspõhisest seotusest, on selle külastuse põhjuseks kuulumine lähteriigi rahva hulka.

### 3. Taust, andmed ja metoodika

Pärast Nõukogude Liidu lagunemist 1991. aastal oli rändesaldo Eestis negatiivne: väljarändajaid oli rohkem kui sisserändajaid. Ränne suundub enamasti madalama elatustasemega riikidest kõrgema elatustasemega riikidesse. Kuigi Eesti on kogu maailma arvestuses üks kõrgeima inimarengu tasemega riike, on riike, mis on arengult Eestist eespool. See motiveerib ka eestlasi valima kõrgema arengutasemega sihtriike. 85% väljarännanutest lähevad teistesse Euroopa riikidesse ehk nn lääneriikidesse. Peamine rände sihtriik on geograafilise läheduse ning kultuurilise sarnasuse tõttu Soome (joonis 1). Samas rännatakse tagasi ka endistesse Nõukogude Liidu riikidesse, peamiselt Venemaale. Väljapoole Euroopat jäävatest riikidest on eelistatuim USA (Tammur *et al.*, 2017). Rände trendis on muutusi 2015. aastast, mil sisserändajate arv ületas väljarändajate arvu, kuna märgatavalt kasvas Eestisse tagasiränne (Tammur *et al.*, 2017).



**Joonis 1.** Eestist väljarändajate sihtriigid Euroopas ja intervjuueeritute arv riikides

**Figure 1.** Estonian emigrants' host countries in Europe and the number of interviewees in countries

Artiklis kasutatud andmed on kogutud poolstruktureeritud intervjuudest, mis on tehtud ajavahemikul sügis 2016 kuni sügis 2017. Uuringusse on kaasatud lääneriikidesse rännanud eestlased, kellel on alles side Eestiga. Sobivad inimesed on leitud uuringu autorite tuttavate hulgast ning Facebooki gruppidest „Olen eestlane välismaal“, „FinEst – Eestlased Soomes“ ja „Eestlased Londonis. Estonians in London“. Väljarännanuid, kes Eestiga kontakti ei hoia, uuringusse kaasatud ei ole.

Intervjueeriti 34 inimest vanuses 22–56 eluaastat, kes on rännanud Eestist lääne-riikidesse (Belgia, Holland, Island, Portugal, Prantsusmaa, Rootsi, Saksamaa, Soome, Ühendkuningriik, USA) (joonis 1). Intervjueeritud inimeste rändemotiivid on olnud erinevad: õppimine, parem töö, parem palk ja peresuhted. Erinevused on uuritavate haridustasemes, eemal viibimise sageduses ja vanusest tulenevalt eluetapis.

Intervjuud on tehtud näost näkku, Skype'i või Facebooki kõnede vahendusel. Intervjueerimise viis varieerus, kuna näost näkku intervjuusid sai teha vaid inimestega, kes intervjueerimise perioodil Eestis viibisid. Kuna enamik intervjueeritavaid viibisid sihtriigis, tehti intervjuud IKT vahendite kaudu. Intervjuud kestsid 30 minutit kuni 1 tund. Intervjuud salvestati helifailidena ning automaatselt transkribeerimiseks kasutati veebipõhist kõnetuvastust. Kõigile intervjueeritavatele kirjeldati uurimuse eesmärke ning intervjuud anti vabatahtlikult.

Andmete analüüsimiseks on kasutatud kvalitatiivset sisuanalüüsi, millega on uuritud sisulisi tähendusi ja konteksti ning loodud mõtteavalduste terviklik muster. Kvalitatiivne sisuanalüüs lubab võtta arvesse intervjuude latentset sisu, analüüsida ja järeldusi teha ridade vahele peidetud vihjetest (Kalmus *et al.*, 2015).

## 4. Tulemused ja arutelu

Käesolevas osas avame hargmaiste seotuse kodumaaga majanduslikus, poliitilises ja sotsiaal-kultuurilises kategoorias intervjueeritavate näidete põhjal. Igas kategoorias kirjeldame erinevaid hargmaisuse vorme tänapäevaste tehnoloogiliste võimaluste abil. Toome intervjueeritavate näitel välja, kuidas väljarännanud, kes endiselt tunnevad end lähedaste hulka või lähteriiki kuuluvat, tehnoloogiliste vahendite abil hargmaiseid tegevusi ellu viivad ja varasemaid seotuse mustreid säilitavad.

### 4.1. Majanduslik hargmaisus

Majandusliku hargmaisuse peatükis käsitletud kategooriad olid rahaülekanDED, kaugtöö, ettevõtlus ja tarbimine (Genc *et al.*, 2012; Hughes, Hans, 2001; Lima, 2010), mis kõik toodi välja ka intervjuude käigus.

Selgus, et Eesti inimesed jäävad välja rännanuna lähteriigiga majanduslikult seotuks mitmel viisil. Lähteriiki võivad jääda lähedased, keda toetada, kinnisvara, mille eest hoolt kanda, ning lahkudes võivad jääda alles kohustused makse või laenusid tasuda. Võrreldes poliitilise ja sotsiaal-kultuurilise hargmaisusega, kus suurt rolli mängib tunnetuslik seotus, saab majanduslikku hargmaisust vaadata läbi konkreetsete tegevuste, nagu näiteks arvete tasumine, lähedaste toetamine või Eesti ettevõtte jaoks töö tegemine. Sellegipoolest on ka majandusliku hargmaisuse põhjuseks tunnetuslik seotus, mis on motivatsiooniks majanduslike tegevuste elluviimisel. Lähedasi toetatakse rahaliselt, sest kuulutakse perekonda ja lähedastest hoolitakse, omatakse Eestis teist kodu, sest kunagi on plaanis tagasi tulla või soovitakse siin rohkem aega veeta. Inimestel on soov seda kuuluvustunnet säilitada ning seetõttu kasutatakse tehnoloogilisi vahendeid, et sidemeid hoida.

Kõige lihtsam ja levinum viis majanduslikuks hargmaisuseks on rahaülekanDED. Välismaal töötavad väljarännanud toetavad majanduslikult oma Eestisse jäänud peresid, samuti toetavad Eestisse jäänud lähedased väljarännanud Eesti noori tudengeid. Mitmel intervjueeritaval, sealhulgas noortel pereisadel, oli väljarände põhjuseks just välismaalt saadav suurem sissetulek. Sarnaselt Singhi ja kolleegide (2012) artiklis väljatoodule toetatakse peresid regulaarselt ning ollakse abiks ka aeg-ajalt tehtavate suuremate väljaminekutega.

M30: „Teatud asjad on igakuiselt ja siis on ka mingid suuremad ostud ja väljaminekud. On mõlemat, on igakuised asjad, mida ma toetan. Noh, seotud näiteks vanaema korteri või muude asjadega ja väikevenna taskurahaga või mingid muud sellised asjad.”

Rahaülekanded ja lähedastele kingituste tegemine, mida eelmine tsitaat välja toob, on võimalik just internetiühendusel põhineva tehnoloogia abil. Eestis on selleks laialt levinud internetipangandus. Internetipanka sisselogimiseks ja tehingute tegemiseks kasutatakse elektroonilist isikutunnistust, mobiil-ID-d, Smart-ID-d, PIN-kalkulaatorit.

Lisaks lähedaste toetamisele on mitmed intervjueeritavad Eestiga seotud ka maksete kaudu, näiteks tuleb maksta pangalaenu, kinnisvaraga seotud kommunaalmakse, maamaksu või autoliisingut. Makse tasutakse samuti tehnoloogia abil eemalt pangatehinguid tehes.

M40: „No kõikide jaoks on. Siin on mul on ka praegu Eesti auto, mul on kõik sellised, mõned pisemad liisingud, autoliising ja kindlustus, kasko. Et kõik sellised asjad on praegu siis läbi Eesti panga.“

Internetipangandus ja muud digiteenused on olulised ka nende jaoks, kes on Eestiga tööalaselt seotud. Eestis ei ole ka ettevõtte juhtimiseks vaja pidevalt riigis kohal viibida. Intervjueeritavate seas oli samuti neid, kes elavad ja tegutsevad mujal, kuid kelle juhitav ettevõtte tegutseb endiselt Eestis. Näiteks M47 on sihtriigis palgatöeline, aga tal on ka ettevõtte Eestis. Eesti digiteenused on tema jaoks olulised ettevõtte juhtimiseks vajalike pangatehingute ja lepingute jaoks.

M47: „See on tänapäev, ilma selleta täna enam ei saa. Mobiili-ID-d ja digiallkirjad. Ma ei kujutaks ette elu ilma nendeta.“

Mitmel intervjueeritaval oli Eestis alles ka kinnisvara, kus Eestis olles peatatakse või mida hoitakse alles plaaniga Eestisse tagasi pöörduda. Nende puhul tuleb välja tunnetuslik seotus Eestiga, kuna teisest kodust Eestis ei soovita loobuda ja seega on neil tugevam kuuluvustunne. Üks Soomes elavatest intervjueeritavatest, kes omab Eestis maja ja korterit, tegutseb eemalt aktiivselt ka korteriühistu esimehena.

M35: „Oman ühte korterit seal majas ja siis see on mu südameasjaks, et see vana korterimaja ära renoveerida ja hetkel renoveerimise protsess käimas ja kui ma sealt taanduksin, siis, siis on kartus, et seda renoveerimist ei toimu.“

M35 ajab asju eemalt ja kasutab suhtlemiseks tehnoloogilisi vahendeid, saates e-kirju ja helistades. Tema näitest paistab samuti seos ka Baldassari ja kolleegide (2014) hoolivuse teooriaga. Kuna hoolitakse, viiakse ellu tegevusi maja renoveerimiseks,

samal ajal aga tehes seda distantsilt ning kasutades suhtluseks ja asjaajamiseks tehnoloogilisi vahendeid.

Kinnisvaraettevõtjusega tegelemisel võib olla ka vaid majanduslik huvi kasumit teenida. Selliseks näiteks oli M29, kellel ei ole endal plaani Eestisse tagasi kolida, kuid kes soetab kortereid selleks, et neid välja üürida ja kasumit teenida.

*M29: „Ma pole liitunud ühegi pensionisambaga, et siis ma mõtlen ainult investeerimisvõimalust, et kuhu osta või mida ... noh, kuhu osta näiteks mingisugune järgmine korter.“*

Lisaks digiteenustele, mida IKT ettevõtjatele tegevuste elluviimiseks pakub, on tehnoloogia kaudu võimalus end ka lähteriigis toimuvaga kursis hoida ja seeläbi tulevikuks plaane teha. M29, kes pidevalt uusi kortereid leida püüab, saab näiteks e-posti teel uudiskirju kinnisvaraportalidest, mille abil on lihtsam märgata uusi pakutavaid kortereid. Kuigi M29 side Eestiga on pigem tegevuspõhine, oli ka inimesi, kelle eesmärk Eesti majandusuudiseid jälgida tulenes tunnetuslikust seotusest, kuna sooviti kunagi Eestisse tagasi pöörduda ja seetõttu karjäärivõimalused avatuna hoida.

Sarnaselt ettevõtjatele, kes oma ettevõtet eemalt läbi e-riigi pakutavate digiteenuste juhivad, oli intervjueeritavate seas ka väljarännanuid, kes on avatud paralleelselt kahes riigis töötamisele. Ühest küljest võib põhjus olla selles, et juba varem olid Eestis töötades tolles ettevõttes head töötingimused ning väljaränne ei eeldanud asukohariigis töötamist. Teisalt motiveerib sageli välismaal tööd otsima parem palk ning arenguvõimalused. Sel juhul võib innustada jätkuvalt tööalasel Eestiga seotuks jääma soov kunagi tagasi pöörduda, mistõttu eelistatakse siinseid kontakte säilitada ja karjäärivõimalusi Eestis seeläbi avatuna hoida. Samuti võib soov Eesti ettevõtte jaoks tööd teha olla tingitud sellest, et lähteriigi vastu on endiselt soojad tunded ning et sidet hoida, ollakse nõus ka majanduslikust kasust mööda vaatama.

Intervjuudest tuli ka välja, et eestlastel on endiselt soov aeg-ajalt Eesti kaupa tarbida, ning nagu ka eespool mainitud Genc ja kolleegid (2012) välja tõid, siis just toidukaupa. Kui on soov Eesti tooteid tarbida ja sihtriigis on eestlastest tuttavad olemas, saab Eesti tooteid küsida eesti tuttavatelt. Toidukaupade hankimiseks kasutatakse ka sotsiaalseid võrgustikke, mistõttu on majanduslik hargmaisus tihedalt ka instrumentaalse võrgustikuga läbi põimunud ning nende kaudu nii asjade kui ka teadmiste hankimisega, et kus ja mida on võimalik saada.

*N23: „„Eestlased Londonis“ grupp on, kus jagati ka igasugust informatsiooni onju, et mingite asjade kohta, et kuidas näiteks Eesti leiba osta ja mingeid selliseid asju.“*

Kaupa tellitakse endiselt ka lähteriigist, tehes selleks pangaülekandeid. Näiteks saadavad lähedased 19 aastat eemal elanud N42-le endiselt aeg-ajalt Eesti kaupa.

N42: „Põhimõtteliselt on lihtsalt, et kui ma midagi soovin Eestist, siis ma saadan oma emale raha ja alati proovin natuke rohkem saata, et noh, hei, osta omale ka midagi kingituseks.“

Oste ja tellimusi tehakse ka interneti vahendusel. Eesti kultuurist endiselt huvitatud soovisid Eesti meediaga kursis olla ja olid valmis selle eest raha välja käima. Näiteks oli intervjueeritavaid, kes tellivad Eesti meediaväljaandeid endiselt paberikandjal või loevad tasuta artikleid võrguväljaannetest. See, et inimesed on otsustanud kindlaid meediaväljaandeid tellida ja on valmis selle eest rahalisi väljaminekuid tegema, viitab Eestis toimuvast huvitatud olemisele ja tunnetuslikule seotusele Eestiga.

#### **4.2. Poliitiline hargmaisus**

Poliitilise hargmaisuse all mõistetakse lähteriigi poliitikas toimuvaga kursis olemist (Bonini, 2011; Yin, 2015), lähteriigi poliitikasse oma panuse andmist näiteks hääletustel osalemise või erakonda kuulumisega (Lima, 2010) ning väljarännanute osalemist hääletustel sihtriigis (Bauböck, 2003). Põhjus, miks poliitiline seotus Eestiga alles jääb, on pigem tunnetuslik ja seostub sellega, et tuntakse end endiselt eestlasena. Seetõttu tahetakse kaasa rääkida Eestis toimivas ja anda oma panus Eesti ellu. Tehnoloogia on ka poliitilise hargmaisuse puhul loonud võimalusi oma tunnetuslikku seotust tegevuste abil väljendada. Eesti poliitikas toimuvat jälgitakse internetist uudiseid lugedes ning riigi elu paremaks muutmisesse saab panustada, osaledes e-hääletusel. Kõige lihtsam viis, kuidas säilitada poliitilist seotust, on end igapäevaselt meediakanalite abil lähteriigis toimuvaga kursis hoida. Enamik intervjueeritavatest vastas, et interneti vahendusel jälgitakse Eesti uudiseid ja ollakse seeläbi vähemalt mingil määral Eesti poliitikas toimuvaga kursis. IKT vahendusel on võimalik jälgida erinevaid meediakanaleid, lugeda uudiste portaalidest uudiseid, kuulata järele raadiosaateid ning vaadata telesaateid. Mõned intervjueeritavad olid huvitatud just rohkem Eesti poliitikas toimuvast ja kasutasid tehnoloogilisi vahendeid, et poliitikateemalisi tele- ja raadiosaateid järele vaadata/kuulata.

M23: „Need annavad jälle hea ülevaate, mis toimub poliitilisel maastikul, ja suures osas vaatasin neid tänu saatejuhtidele, kes olid tõsiselttõsiselttõsiselt head ja pakuvad väga head, väga head ... materjali selles suhtes. Ja noh, „Vabariigi kodanikud“, kõik Eesti eliidid praktiliselt, kes kujundavad Eesti poliitilist maastikku ja käivad ja räägivad seal sellest ja see on minu jaoks väga huvitav.“

Poliitilist informatsiooni riigis toimuva kohta saadakse ka Facebookist või Twitterist sõprade jagatud uudiste või personaalse suhtluse kaudu kodumaale jäänud lähedastega. Sotsiaalmeedia ja lähedaste vahendusel uudiste saamist on käsitletud põhjalikumalt järgmises peatükis.

Lisaks meedia jälgimisele pidasid intervjueeritavad oluliseks ka eemal olles Eesti poliitika edendamise osavõtmist hääletuste kaudu. Hääletustel osaleti, kasutades e-hääletust, mis muudab nii Eestis kui ka välismaal viibijatele hääletamise väga lihtsaks. E-hääletada saab sarnaselt pangaülekannete tegemisele kas elektroonilise isikutunnistuse, digi-ID või mobiil-ID-ga, mis võimaldavad tuvastada isiku ning anda digiallkirja.

Küsimusele, miks on oluline e-hääletustest osa võtta, vastati, „*Sest ta on ikkagi kodu. Ta on kodumaa. Ja ma arvan, et kui see on valimine, kus ma saan osa võtta, siis ma tahan selles mõttes oma, oma hääle ja oma panuse anda sinna vastavalt sellele, kes nagu kandideerib kuhu. Ja ikkagi nagu üritada nagu osa võtta sellest ja anda oma panuse.*“ (N33)

Samuti leiti, et lisaks kodumaal viibivatele inimestele peaksidki oma hääle andma ka need, kes on eemal, kuna nemad on näinud elu mujal ja nende soovitusel tuleksid mujal kogetu põhjal.

M30: „*Ma arvan, et üks põhjus, miks üleüldiselt peaksid need inimesed, kes Eestis ei ela, Eesti poliitikas kaasa rääkima, on sellepärast just, et neil on nagu mingis mõttes mingi selline ... võib-olla nagu laiem maailma haare. Et nad on ka seda elu nii-öelda kuskil mujal näinud. Et nad on ka võib-olla poliitika tagajärgi, mingi ... tähendab, mingi kindla poliitika tagajärgi kuskil mujal näinud. Et nad siis nii-öelda teavad suunata Eesti poliitikat, kas kuhugi on mõttekas minna või kuhugi ei ole mõttekas minna. Vastavalt sellele, et näiteks, ma ei tea, analoogse seaduse jõustumisel siin Inglismaal midagi juhtus.*“

M30 tsitaadist tuleb välja, et lisaks sellele, et sageli minnakse välisriiki sooviga ennast arendada, on väljarännanutel soov õpitu põhjal anda panus ka lähteriigi ühiskonna arengule. E-hääletusest võttis osa enamik intervjueeritavaid, mis viitab sellele, et kui võimalus on olemas, siis on hargmaistel eestlasel endiselt huvi kodumaa poliitikas kaasa rääkida. Poliitiline huvi ja soov lähteriigi heaks midagi teha näitab tunnetuslikku seotust lähteriigiga, mida saab väljendada läbi hargmaise tegevuse ehk e-hääletades.

### **4.3. Sotsiaal-kultuuriline hargmaisus**

Sotsiaal-kultuurilise hargmaisuse all mõistetakse lähedastega suhtlussidemete säilitamist (Levitt, Jaworsky, 2007; Share *et al.*, 2018), sotsiaalmeedia kasutamist (Komito, 2011; Whiting, Williams, 2013) ning lähteriigiga kultuuriliste sidemete hoidmist nii üritusi külastades kui ka meediatarbides (De Fina, 2016; Riedel, 2017).

Nagu riigiga sidemeid ajendab säilitama rahvuslik kuuluvustunne, nii ajendab oma perega personaalset ja tihedat suhtlust säilitama kuulumine perekonda. Perekonna ühtsus säilib ka siis, kui viibitakse üksteisest eemal, mistõttu hoitakse alles aktiivne seotus pereliikmetega. Pere suhtluse motiiviks on üksteisest hoolimine ning



lisaks perele hoolivad lähteriigist lahkunud ka oma sõpradest, mistõttu säilitatakse virtuaalset suhtlust ka sõpradega (Baldassar *et al.*, 2014). Eestist väljarännanutele on kõige olulisem hoida tihedaid suhtlussidemeid oma pereliikmetega ning lähedaseimate sõpradega.

Lähteriigi uudiste lugemine ja kultuuri tarbimine väljendab inimeste kuulumist rahva hulka. Soovitakse lähteriigis toimuvaga kursis olla, sest tuntakse ennast endiselt osana kodumaa ühiskonnast. Kultuuri tarbimine on seotud päritolu ja rahvusliku identiteediga. Seeläbi on ka sotsiaal-kultuurilise hargmaisuse puhul tunnetuslik seotus põhjuseks, miks eestlastega suhtlust säilitatakse, Eesti uudiseid loetakse või telesaateid vaadatakse.

#### 4.3.1. Suhtlussidemete hoidmine

Kõige olulisem on hargmaiste jaoks otsene suhtlus lähedastega. Enim hoitakse sidet pereliikmetega ning mõne parema sõbraga. Suheldakse tehnoloogiliste vahendite kaudu sõnumeid saates ja kõnesid pidades. Peamiselt kasutatakse Facebook Messengeri, Skype'i ja WhatsAppi. Põhjusteks, miks just Facebooki kõige enam eelistatakse, toodi selle mugavus, pakutavad võimalused ja asjaolu, et see on paljudel inimestel kasutusel.

Sotsiaalmeedia on loonud võimalusi ka nõrgemate sidemete säilitamiseks. Lisaks pidevale otsesele suhtlusele pereliikmete ja lähedaseimate sõpradega hoitakse sotsiaalmeedia vahendusel aeg-ajalt kontakti kaugemate sõpradega ning suhtlus võib olla pinnapealne, lihtsalt eesmärgiga kontakti säilitada.

M31: „Noh perega oli selline, „noh kuidas läheb, kõik korras, tegin seda, tegin teist, kõik on hästi“, siis mis nagu nendel toimus. Sõpradega lihtsalt, „jou, mis teed, jou midagi ei tee“. Et siis nagu, mingit nagu arutelu ei olnud, pigem nagu lihtsalt, et kontakt oleks.“

Rakendused, mida tehnoloogia vahendusel muul eesmärgil kui lähedastega suhtlemiseks kasutatakse, on näiteks LinkedIn töösuhete jaoks ja Twitter mikroblogimiseks. Lisaks sellele, et personaalselt suhelda, hoiavad intervjuueeritavad end kaugemate tuttavate eluga kursis, jälgides nende postitusi näiteks Facebookis või Twitteris.

N48: „... et nagu Facebooki kaudu oled iga päev ühenduses, aga ... noh, mitte selles mõttes, et otseselt sa ju ei räägi, aga näed, et mis nagu toimub inimestega.“

#### 4.3.2. Meedia tarbimine

Sotsiaalmeedia kaudu saadakse infot nii oma tutvusringkonna kui ka maailmas toimuva kohta. Sarnaselt nagu jälgitakse tuttavate jagatud uudiseid enda elus toimuva kohta, jälgitakse ka postitusi lähteriigis toimuva kohta. Näiteks N23 ei pida-

nud vajalikuks külastada Eesti uudiste portaale, kuna Facebookis meediaväljaandeid jälgides tulevad nende jagatavad uudised kokku tema uudisvoogu.

N23: „Kuna ma ise nagu otseselt ei lähe kuskile veebilehele uudiseid lugema, siis mul on kõik uudised, mida ma jälgin, on Facebookis, ja siis ta viskab mul sinna feed'i peale kõik uudised, mis tulevad. Siis ma sealt loen. Kõik asjad on ühes kohas koos nagu minu jaoks.“

Kuigi infot saadakse lihtsasti läbi Facebooki, jälgitakse siiski endiselt erinevaid meediakanaleid ja uudiste portaale. Kodumaa uudiseid jälgisid väljarännanud enne tehnoloogia arengut paberkandjal ajalehtedest, kuid info ei olnud nii lihtsasti kättesaadav ja paberkandjal väljaande jõudmine sihtriiki oli ajakulukas.

Näiteks N42, kes 19 aastat tagasi Eestist välja rändas, sai algselt Eesti ajalehti Eestis käiva tuttava kaudu. Nüüd loeb ta uudiseid peamiselt Facebooki uudisvoost ning tunneb huvi kõige enam Eesti üldiste kriitiliste probleemide ning kõmu-uudiste vastu, mistõttu plaanib hakata tellima internetist ka ajalehtede digitaalversioone.

N42: „Kuna see meesterahvas, pereisa, reisis edasi-tagasi Eesti vahet päris tihti, siis tema tõi kaasa Eesti ajalehti, et lugeda. [---] Kuna ma just viimasel ajal olen hakanud rohkem huvi tundma selle Eesti ajakirjanduse vastu ja mõelnud omale tellida digitaalversioonid, siis ma pean täiesti maha istuma ja uurimused tegema, et mis oleks minu jaoks kõige parem.“

Meedia jälgimise ajendiks võib pidada inimeste kultuurilist tausta ja sellest tulevavat emotsionaalset sidet, mis oli ka põhjuseks Eesti uudistest huvitatud olemisele. Hargmaiste eestlaste seas oli neid, kes jälgivad endiselt IKT vahendusel Eesti tele- saateid, mis lubavad lisaks uudistele saada ülevaate Eestis toimuvast ning pakuvad meelelahutust, olles seejuures abiks kultuurilise identiteedi säilitamisele. N54, kes on Šotimaal elanud juba 21 aastat ja kellel ei olnud välja rännates nii lihtsaid võimalusi meediat jälgida, tõi välja hulgaliselt Eesti tele- ja raadiosaateid, mida praegu on võimalus mugavalt jälgida.

N54: „No ma laen omale podcast'e maha, raadiosaateid Vikerraadiost, Kukust, Raadio 2-st. [---] Saan alati kuulata või järeлкуulata, et kuidas mulle sobib. Ja Eesti telekast ... Eestist teleka vaatamine on nüüd lihtsamaks läinud, kuna on see Smart televiisor, siis saab otse, kui ma tahaksin, lähen niimoodi otse internetti ja saan vaadata otse Eestist saadet, kui ma tahan.“

Lisaks poliitikale jälgitakse ka Eesti kultuuris toimuvat. Näiteks N36 samastub Yini (2015) näitega lähedustundest meediaväljaandeid jälgides, kuna kasutab IKT-d, et Eesti kultuurieluga kursis olla, ning temas tekitab sealjuures sooja tunde Eesti elu nägemine, mida võib jällegi pidada emotsionaalseks sidemeks kodumaaga.

N36: „Ja neid dokumentaalfilme lihtsalt ka, ma ei tea, kultuurilisest huvist ja vahel ausalt öeldes ka lihtsalt sellepärast, et on igatsus Eesti järele ja siis tahad vaadata Eesti loodust ja külaelu ja kuidas, kuidas nagu lihtne elu Eestis välja näeb. Nagu selline soe tunne on vaadata.“

#### 4.3.3. Kultuuri säilitamine

Lisaks IKT vahendusel kultuurilise seotuse säilitamisele toovad hargmaiseid eestlasi kokku ka Eesti kultuuriüritused. Näiteks toodi välja traditsiooniline laulu- ja tantsupidu, mida plaanitakse külastada Soomes tegutseva eestlaste kooriga.

M47: „Jaa, on teisi eestlasi ka, kellega me suhtleme. Ja ... ja siin sujuvalt on väike plaan sellel sügisel üks koor kokku panna. Et tulla Tallinnasse laulupeole.“

Intervjueeritavate seas oli ka Stockholmis elav naine, kes tegutseb nii Eesti Instituudis kui ka Stockholmi Eesti Huvikoolis, kus õpetab eesti keelt ja kultuuri nii rootslastele kui ka eesti lastele. Olles oma igapäevatoos tihedalt seotud eesti keele ja kultuuri säilitamisega, on inimesel säilinud teadlik emotsionaalne side kodumaaga ja sealjuures ka tunnetuslik seotus kodumaaga. Samuti on kultuur tihedalt seotud inimese etnilise päritolu ja taustaga, mistõttu annab panuse kultuuri säilitamisesse ka suhtlus lähedastega. Lähedaste ja sõpradega hoitakse IKT vahendusel tihedaid suhtlussidemeid ning motivaatoriks võib pidada kuulumist pere ja sõprade hulka. Nagu eelnevalt mainitud, saadakse kodumaal toimuva kohta infot lähedaste kaudu, kuid jälgitakse ka eesti meelelahutus- ning kunstiväljaandeid, mis on seotud inimeste kultuuriliste väärtustega ja rahvusliku identiteediga ning mille ajendiks on tunnetuslik seotus.

## 5. Kokkuvõte

Tänapäeval on tehnoloogia loonud hulgaliselt võimalusi internetipõhiseks meediatarbimiseks ja kommunikatsiooniks. See on oluliselt lihtsamaks muutnud ka väljarännanutel sidemete säilitamise lähteriigi ja seal elavate lähedastega. Uuringu eesmärk oli teada saada, kuidas aitavad uued tehnoloogilised võimalused jääda hargmaistel seotuks lähteriigiga ning milline roll on IKT-l majandusliku, poliitilise ja sotsiaal-kultuurilise hargmaisuse säilitamisel. IKT mõju hargmaisusele uurisime Eestis, mis on üks edukamaid IKT kasutusega riike.

Majanduslikus valdkonnas tuli välja, et hargmaised eestlased kasutavad tehnoloogilistest lahendustest kõige enam rahaülekandeid Eestisse jäänud perekonna toetamiseks. Olulised on ka kinnisvara eest hooldamine, pangalaenude tasumine ning kaugtöö tegemine Eesti ettevõtte jaoks. Nende tegevuste põhjuseks võib pidada

tunnetuslikku seotust Eestiga või siinsete lähedastega. Poliitiline hargmaisuus avaldus kõige enam uudiste portaalide vahendusel Eesti poliitikaga kursis hoidmises ning aeg-ajalt toimuvatest e-hääletustest osa võtmises. Sotsiaal-kultuurilises valdkonnas tuli välja, et hoitakse nii nõrgemaid kui ka tugevamaid sidemeid kodumaale jäänutega, kasutades selleks internetipõhiseid rakendusi. Samuti on sotsiaalmeedia vahend selleks, et kodumaal toimuva kohta infot saada. Nii poliitilise kui ka sotsiaal-kultuurilise valdkonna tegevuste motiiviks on tunne olla eestlane ning kuulumine pere ja sõprade hulka.

Kuigi analüüsisime hargmaiseid inimesi, võib oletada, et Eestist väljarännanute seas on ka mittehargmaiseid, kes nii tihedaid sidemeid Eestiga ei hoi. Samuti on hargmaiste eristamine immigrantidest keeruline, kuna ka immigrantid külastavad kodumaad, suhtlevad lähedastega ja tarbivad harjumusest kodumaaga seotud tooteid. Samas aga selgus, et Eesti meediat tarbivad inimesed, kes tunnevad end endiselt Eestiga seotuna, ja see omakorda on motivatsiooniks sidemete hoidmisel, millest võib eeldada, et väljarännanutel, kes Eestiga sidet ei hoi, on tugevam side tekkinud sihtriigiga.

Tehnoloogia pakub mitmekülgseid võimalusi sidemete hoidmiseks, mida hargmaised eestlased ka kasutavad, et nii lähedaste kui ka riigiga kontakti mitte kaotada. Lisaks sellele, et olemasolevaid sidemeid säilitada, on IKT loonud lihtsaid ja mugavaid lahendusi varem väljarännanud inimestele kodumaaga sidemete taastamiseks.

## Tänu

Pühendame selle artikli ootamatult lahkunud prof Rein Ahasele, Tartu Ülikooli Mobiilsusuuringute labori asutajale, kes oli selle artikli idee autor.

Autorid on tänulikud intervjuudes osalenud inimestele.

Uuringut on rahastatud Eesti Teadusagentuuri grandiga PUT PRG306, ERFi projektist 2014–2020.4.01.16-0274 „Infotehnoloogiline mobiilsusobservatoorium“ (tegevus „Riikliku tähtsusega teaduse infrastruktuuri toetamine teekaardi alusel“), Tartu Ülikooli ASTRA projektist PER ASPERA ning rahvusvahelistest projektidest „Inequalities of mobility: relatedness and belonging of transnational families in the Nordic migration space“ (TRANSLINES), rahastatud Soome Akadeemia grandiga 14960-288 552, ja „Inequalities in Motion: Transnational Families in Estonia and Finland“, Kone Sihtasutus, rahastatud grandiga 64638.

## Kirjandus

- Ahas, R., Silm, S., Tiru, M. 2017.** *Eesti inimarengu aruanne*. Tallinna Pedagoogikaülikool Rahvusvaheliste ja Sotsiaaluuringute Instituut. Retrieved from <https://inimarengu.ee/valjapoole-avatud-eesi/eesist-lahtuv-hargmaisus-mobiilside-randlusandmete-alusel/>.
- Baldassar, L., Kilkey, M., Merla, L. et al. 2014.** Transnational Families. In: Treas, J., Scott, J., Richards, M. (eds.), *The Wiley Blackwell Companion to the Sociology of Families* (pp. 155–175). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Baldassar, L., Nedelcu, M., Merla, L. et al. 2016.** ICT-based co-presence in transnational families and communities: challenging the premise of face-to-face proximity in sustaining relationships. *Global Networks* 16(2): 133–144.
- Bauböck, R. 2003.** Towards a Political Theory of Migrant Transnationalism. *International Migration Review* 37(3): 700–723.
- Bilgili, O. 2014.** *Simultaneity in Transnational Migration Research: Links Between Migrants' Host and Home Country Orientation*. PhD diss., Maastricht University.
- Bonini, T. 2011.** The media as 'home-making' tools: life story of a Filipino migrant in Milan. *Media, Culture & Society* 33(6): 869–883.
- De Fina, A. 2016.** Linguistic practices and transnational identities. In: Preece, S. (ed.), *The Routledge Handbook of Language and Identity* (pp. 163–178). London: Routledge.
- Dekker, R., Engbersen, G., Faber, M. 2016.** The Use of Online Media in Migration Networks. *Population, Space and Place* 22(6): 539–551.
- e-Estonia. 2018.** e-Estonia guide. <https://e-estonia.com/wp-content/uploads/eas-estonia-vihik-a5-180404-view.pdf>, viimati vaadatud 10.06.2019.
- Eesti. 2018.** Ettevõtja | Eesti.ee. <https://www.eesti.ee/et/ettevotja/>, viimati vaadatud 11.10.2018.
- Foner, N. 1997.** What's New About Transnationalism?: New York Immigrants Today and at the Turn of the Century. *Diaspora: A Journal of Transnational Studies* 6(3): 355–375.
- Galloway, L. 2019.** BBC – Travel – Five countries on the frontline of tech. <http://www.bbc.com/travel/story/20190630-five-countries-on-the-frontline-of-tech>, viimati vaadatud 25.08.2019.
- Genc, M., Gheasi, M., Nijkamp, P. et al. 2012.** The impact of immigration on international trade: A meta-analysis. In: Nijkamp, P., Poot, J., Sahin, M. (eds.), *Migration Impact Assessment: New Horizons* (pp. 301–337). Cheltenham: Edward Elgar.
- Hughes, R., Hans, J. D. 2001.** Computers, the Internet, and Families. *Journal of Family Issues* 22(6): 776–790.
- ID. 2018.** ID.ee. <https://www.id.ee/?lang=et>, viimati vaadatud 10.09.2018.
- Integratsiooniinfo. 2018.** E-riik. <http://integratsiooniinfo.ee/et/eesi-riik-ja-maa/e-riik>, viimati vaadatud 2.08.2018.
- Jürgenson, A. 2016.** Assimilatsioonistidest transnatsionalistideni – rände ja integratsiooni uurimine 20. ja 21. sajandil | Arvamus | ERR. [https://kultuur.err.ee/312692/aivar-jurgenson-assimilatsioonistidest-transnatsionalistideni-rande-ja-integratsiooni-uurimine-20-ja-21-sajandil#\\_ftn38](https://kultuur.err.ee/312692/aivar-jurgenson-assimilatsioonistidest-transnatsionalistideni-rande-ja-integratsiooni-uurimine-20-ja-21-sajandil#_ftn38), viimati vaadatud 2.08.2018.
- Kalmus, V., Masso, A., Linno, M. 2015.** Kvalitatiivne sisuanalüüs. <http://samm.ut.ee/kvalitatiivne-sisuanalys>, viimati vaadatud 10.06.2019.
- Komito, L. 2011.** Social media and migration: Virtual community 2.0. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 62(6): 1075–1086.
- Levitt, P., Jaworsky, B. N. 2007.** Transnational Migration Studies: Past Developments and Future Trends. *Annual Review of Sociology* 33(1): 129–156.

- Levitt, P., Schiller, N. G. 2006.** Conceptualizing Simultaneity: A Transnational Social Field Perspective on Society<sup>1</sup>. *International Migration Review* 38(3): 1002–1039.
- Lima, A. 2010.** *Transnationalism: A new mode of immigrant integration. Report of the Mauricio Gaston Institute, University of Massachusetts Boston.*
- Liu, P. L., Leung, L. 2017.** Migrant Parenting and Mobile Phone Use: Building Quality Relationships between Chinese Migrant Workers and their Left-behind Children. *Applied Research in Quality of Life* 12(4): 925–946.
- Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. 2018.** Infoühiskond. <https://www.mkm.ee/et/tegevused-eesmargid/infouhiskond>, viimati vaadatud 2.08.2018.
- Maksu- ja Tolliamet. 2018.** Äriklient | Maksu- ja Tolliamet. <https://www.emta.ee/et>, viimati vaadatud 14.10.2018.
- Mau, S., Mewes, J., Zimmermann, A. 2007.** Cosmopolitan attitudes through transnational social practices? *Global Networks* 8(1): 1–24.
- Nedelcu, M., Wyss, M. 2016.** ‘Doing family’ through ICT-mediated ordinary co-presence: transnational communication practices of Romanian migrants in Switzerland. *Global Networks* 16(2): 202–218.
- Portes, A. 2001.** Introduction: the debates and significance of immigrant transnationalism. *Global Networks* 1(3): 181–194.
- Portes, A., Guarnizo, L. E., Landolt, P. 1999.** The study of transnationalism: pitfalls and promise of an emergent research field. *Ethnic and Racial Studies* 22(2): 217–237.
- Riedel, S. 2017.** Studying Transnationalism. In: Çitlak, B., Kurtenbach, S., Lueneburg, M., Zlatkova, M. (eds.), *The New Diversity of Family Life in Europe* (pp. 7–28). New York: Springer VS. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-17857-4>, viimati vaadatud 28.10.2019.
- Schiller, N. G., Basch, L., Blanc-Szanton, C. 1992.** Transnationalism: A New Analytic Framework for Understanding Migration. *Annals of the New York Academy of Sciences* 645(1 Towards a Tra): 1–24.
- Share, M., Williams, C., Kerrins, L. 2018.** Displaying and performing: Polish transnational families in Ireland Skyping grandparents in Poland. *New Media & Society* 20(8): 3011–3028.
- Sheller, M., Urry, J. 2006.** The new mobilities paradigm. *Environment and Planning A* 38(2): 207–226.
- Singh, S., Robertson, S., Cabraal, A. 2012.** Transnational Family Money: Remittances, Gifts and Inheritance. *Journal of Intercultural Studies* 33(5): 475–492.
- Tammur, A., Tammaru, T., Puur, A. 2017.** *Eesti inimarengu aruanne*. Tallinna Pedagoogikaülikool Rahvusvaheliste ja Sotsiaaluuringute Instituut. <https://inimareng.ee/ranne-ja-rahvastikumuutused-eestis-ning-euroopas/kas-eestis-toimub-randepoore/>, viimati vaadatud 26.10.2019.
- Tööelu. 2016.** Kaugtöö – Tööelu.ee. <http://www.tooelu.ee/et/tootajale/toosuhted/paindlikud-toovoimalused/kaugtoo>, viimati vaadatud 2.08.2018.
- Valimised. 2019.** Elektrooniliste hääletamiste statistika. <https://www.valimised.ee/et/valimiste-arhiiv/elektroonilise-haaletamise-statistika>, viimati vaadatud 10.06.2019.
- Vertovec, S. 1999.** Conceiving and researching transnationalism. *Ethnic and Racial Studies* 22(2): 447–462.
- Vertovec, S. 2002.** Transnational Networks and Skilled Labour Migration. *Labour* (February), 14–15.
- Vihalemm, T. 2017.** Meedia roll rändes ja lõimumises. <https://inimareng.ee/sisseranne-ja-loimumine/meedia-roll-randes-ja-loimumises/>, viimati vaadatud 1.08.2018.

- Waldinger, R. 2008.** Between “Here” and “There”: Immigrant Cross-Border Activities and Loyalties. *International Migration Review* 42(1): 3–29.
- Whiting, A., Williams, D. 2013.** Why people use social media: a uses and gratifications approach. *Qualitative Market Research: An International Journal* 16(4): 362–369.
- Wilding, R. 2006.** “Virtual” intimacies? Families communicating across transnational contexts. *Global Networks* 6(2): 125–142.
- Williams, A. M., Hall, C. M. 2000.** Tourism and migration: New relationships between production and consumption. *Tourism Geographies* 2(1): 5–27.
- Yin, H. 2015.** Chinese-language Cyberspace, homeland media and ethnic media: A contested space for being Chinese. *New Media & Society* 17(4): 556–572.
- Zontini, E. 2015.** Growing old in a transnational social field: belonging, mobility and identity among Italian migrants. *Ethnic and Racial Studies* 38(2): 326–341.

## The impact of ICT and transnationals’ media usage on engagement with countries of origin

Kirsti Vill<sup>1</sup>, Siiri Silm<sup>1</sup>, Keiu Telve<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup> The Center of Applied anthropology of Estonia; Vabamu Museum of Occupations and Freedom

### Summary

In the globalized and open world people have become more mobile. There are different types of migration and it is possible to remain connected to the home country after emigrating. People who are simultaneously embedded into more than one country are called transnationals. Transnational lifestyle is linked to the new mobilities paradigm (Sheller & Urry, 2006), which is described by speed and intensity of movements, diversity of transport methods, with no fixed barriers and borders between countries and use of information and communication technology (ICT). Research has been done to find out how ICT helps transnational Estonians maintain contact with their country of origin. Interviews have been conducted with Estonians who permanently live abroad and circularly migrate. Transnationals maintain connection with Estonia and family by consuming home country’s media, communicating from social media and carrying out activities related to Estonia. It appeared that transnational Estonians maintain connection in economic, political and sociocultural field by using technological solutions. In the economic field people use internet banking to transfer money, but also pay their bills in Estonia. Remote working and maintaining connections on work field was also common. In the political field people are updated about politics by following daily news from the internet and taking part of elections by e-voting. In the sociocultural field it appeared that people maintain stronger as well as weaker relations by using social media and web-based applications. People are motivated to carry out these practices related to their home country since the sense of belonging remains after emigrating.

## Kes reisib rohkem – eestlased või venekeelne elanikkond? Etnilised erinevused reisikäitumises mobiilpositsioneerimise andmetel

Veronika Mooses, Siiri Silm

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

Inimeste tegevused on tänapäeval laia rahvusvahelise haardega: tehakse turismi-reise, töötatakse välismaal ja kolitakse välismaale elama. Piiriülese liikuvuse mahud kasvavad, sest parema elukvaliteedi, töökohtade, hariduse, meelelahutuse või teenuste nimel liikumine on muutunud odavamaks ja lihtsamaks. Suurenev piiriüleselt liikujate arv viitab sellele, et üha rohkem inimesi puutub kokku teistsuguste kultuuride ja rahvustega, seistes silmitsi kultuurilise ja sotsiaalse kohanemise proovikividega. Ehkki Shelleri ja Urry (2006) väljapakutud „liikuvuse paradigma“ (*mobility paradigm*) rõhutab, et sotsiaalseid protsesse tuleks tänapäeval käsitleda inimeste kasvava (sh lühiajalise) liikuvuse seisukohast, on assimilatsioon- ja segregatsiooniprotsesse seni valdavalt analüüsitud alalise rände vaatenurgast. Selline staatiline käsitlus ei iseloomusta terviklikult tänapäeva mobiilset ühiskonda. Seetõttu on oluline kaasata ka lühiajalise liikuvuse vorme, näiteks pendelränne ja puhkusereisid, ning hinnata nende rolli ja mõju kultuurilisele kohanemisprotsessile. Oluline uus rände vorm on hargmaine eluviis ehk mitme riigiga korraga tihedalt seotud olemine (Portes *et al.*, 1999; Vacca *et al.*, 2018).

Väljarännanute hargmaist elustiili on kaudselt käsitletud turismiuuringutes võtmefraasidega „pere ja sõprade külastamine“ (*visiting friends and family tourism* ehk VFR-turism), „diasporaaturism“, „etniline turism“ jt (Fourie, Santana-Gallego, 2013; Li, McKercher, 2016), milles otsitakse seoseid rände, turismi ja sotsiaalvõrgustike vahel. Sääraste uuringute tulemusel on jõutud järeldusele, et turism ja ränne on omavahel tihedalt seotud – turism tekitab nõudlust rände järele ning vastupidi, seda eeskätt geograafiliselt laienevate sotsiaalsete võrgustike pärast (Feng, Page, 2000; Larsen *et al.*, 2006). Hiljutised uuringud on jõudnud veelgi huvitavamate tulemusteni. Verdery jt (2018) uuring näitab, et väljarännanute reisid kodumaale tugevdavad piiriülest suhtlemist. Vastupidi klassikalise assimilatsiooniteooria eeldustele piiriüleste sotsiaalvõrgustike sidemete arv ajas tingimata ei kahane (Verdery *et al.*, 2018).



Seega on piiriülese liikuvuse diskussiooni oluline sisse põimida kohanemisprotsesside teooria (Larsen *et al.*, 2006). Euroopa linnades kasvavad ruumilise segregatsiooni tasemed (Musterd *et al.*, 2017). Viimase kümnendi segregatsiooni-uuringud rõhutavad, et inimesed võivad ruumilist eraldatust tunnetada tegevusruumi eri osades (Wong, Shaw, 2011), mistõttu on segregatsiooni mõõdetud lisaks elukohale ka kooli, töö ja vaba aja kohtades (Wang *et al.*, 2012; Silm *et al.*, 2018). Segregatsiooni nõiaringi teooria väidab (van Ham *et al.*, 2018), et segregatsioon tegevusruumi eri osades on seotud: elamine segregeerunud piirkonnas mõjutab hariduse kvaliteeti, see omakorda tööturu väljavaateid ja vaba aja veetmise võimalusi. Nii-moodi kujuneb välja põhjuslikult seotud segregatsiooni nõiaring.

Tegevusruumipõhise segregatsiooni ja kohanemisprotsesside kirjanduses on puudu piiriülene vaatenurk, mis on mõnevõrra üllatav, arvestades tänapäeva mobiilset ühiskonda. Kiire info- ja kommunikatsioonitehnoloogia areng ning odav transport võimaldab väljarännanutel olla päritoluriigiga tihedalt seotud, külastades tihti päritoluriiki või kasutades suhtlemisel tehnoloogilisi vahendeid (Deutschmann, 2016; Duval, 2003). Uuringud on näidanud, et sotsiaalvõrgustike struktuur ja sotsiaalne koosseis sõltub inimese ruumilisest mobiilsusest (Cachia, Jariego, 2018; Puura *et al.*, 2018). Piiriüleste tegevuste ajalis-ruumilised mõõtmised võivad rutiinsetest tegevustest olla märgatavalt erinevad.

Käesolevas uuringus on analüüsitud Eestis elava rahvusenamuse (eestikeelsed inimesed) ja -vähemuse (vene keelt kõnelevad inimesed) reisikäitumist, kasutades passiivset mobiilpositsioneerimise andmestikku. Andmestiku moodustavad 75 118 inimese välismaal tehtud kõnetoimingud kolme aasta vältel (2014–2016). Selguse mõttes tuleb rõhutada, et kuigi aluseks on võetud segregatsiooniteooria, siis otseselt segregatsiooni ei mõõdetata, sest kasutatava andmestiku ruumiline resolutsioon seda ei võimalda. Seetõttu on räägitud „etnilistest erinevustest“, kuid viidatud segregatsiooniteooriale. Piiriülese liikuvuse analüüsimine segregatsiooniteooriast lähtuvalt võib avada uusi tahke nii segregatsiooni kui ka assimilatsiooniprotsessis, sest piiriülese liikuvuse erinevatel vormidel ja nendega seotud elustiilidel võivad olla iselaadi põhjused ja mõjud kohanemisprotsessidele. Uuringu eesmärk on välja selgitada, kas ja kuidas etniline taust mõjutab eesti ja vene keelt kõnelevate inimeste reisikäitumist. Püstitatud on järgmised uurimisküsimused.

1. Kas ja kuidas erineb eesti ja vene keelt kõnelevate inimeste reisikäitumine: välismaale tehtud reiside arv, kestus, välismaal viibitud päevade arv ja külastatud riikide arv?
2. Millised etnilised erinevused on reisijate gruppidesse (turistid, pendeldajad, hargmaised, pikaajalised viibijad) kuulumises ja reisi sihtkohtades?

## 2. Teooria

### 2.1. Tegevusruumipõhine segregatsioon ja selle põhjused

Viimasel kümnendil on hakatud segregatsiooni lisaks elukohtadele uurima ka kogu inimese tegevusruumi (elukoht, töökoht, kool, vaba aja tegevused) arvestuses. Seda on võimaldanud uute andmeallikate kasutuselevõtt ja andmete suurem ajalis-ruumiline täpsus. Inimese tegevusruumi määratletakse rutiinsete tegevuste ja oluliste tegevuskohtade vahelise liikumise kogumina (Golledge, Stimson, 1997). Uuringud, mis on vaatluse alla võtnud teisi tegevuskohti väljaspool elukohta, on näidanud, et rahvusrühmade ruumiline eraldatus on elukoha piirkonnas kõige suurem, töökohas ning vaba aja tegevustes aga väiksem (Hall *et al.*, 2019; Silm *et al.*, 2018; Toomet *et al.*, 2015). Aasias tehtud uuringud (Tan, 2019; Yip *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2019) on viidanud, et „elukohtade segamise“ poliitikatel, mida rakendatakse eriti just lääneriikides, võib olla väike mõju rahvusrühmade tegeliku sotsiaalse interaktsiooni või kontaktiloome suurendamisele, sest lõviosa sotsialiseerumisest toimub väljaspool elukohta (Yip *et al.*, 2016). Lisaks on ruumiline segregatsioon tugevalt seotud sotsiaal-majandusliku kihistumisega (Tan *et al.*, 2019; Krivo *et al.*, 2013). Uuringud on näidanud, et vaesemate linnaosade elanikud teevad oma igapäevaseid tegevusi rohkem teistes vaestes linnaosades ja seetõttu puutuvad kokku suurema tõenäosusega sarnase sotsiaal-majandusliku taustaga inimestega (Yip *et al.*, 2016; Wang, Li, 2016). Seega on omal kohal segregatsiooni nõiarangi teooria põhiidee, et ebavõrdsus ja tõrjutus võivad üle kanduda ühest tegevusruumi osast teise (van Ham *et al.*, 2018).

Etnilise segregatsiooni põhjused võib jagada kolme gruppi. Esiteks, marginaalsuse printsiip, mille järgi mõjutavad ruumilist eraldatust ja ebavõrdsust, piiranguid töö- ja eluasemeturul, liikuvuse võimalusi ja teenuste kättesaadavust erinevad struktuursetegurid, nagu madalam sissetulek või diskrimineerimine (Allen, Turner, 2011; Stodolska, 2007). Teiseks, etnilisuse printsiip, mis rõhutab kultuurilistest väärtustest, normidest ja tavadest tulenevate eelistuste ja valikute rolli (Floyd, 1999). See võib ilmneda näiteks vaba aja tegevuste eelistustes (Kukk *et al.*, 2019) ja pühade ajal (Mooses *et al.*, 2016). Kolmandaks, sotsiaalvõrgustikud on oluline alusmehhanism, mis taastoodab segregatsiooni, kuid teisalt aitab rahvusvähemusel sihtriigis kohaneda (van Kempen, Şule Özüekren, 1998). Teabevahetus ja suhete loomine teiste samast rahvusrühmast inimestega aitab leida kiiremini töö, saada vajaduse korral abi, osaleda rühmaspetsiifilistes tegevustes ja leevendada kultuurišokki (McPherson *et al.*, 2001; Patacchini, Zenou, 2012). Uuemate uuringute kohaselt on ühiskonda lõimumise protsessis kontaktid nii sihtriigi elanike kui ka enda rahvuskaaslastega võrdväärselt olulised (Vacca *et al.*, 2018).

Tegevusruumi oluline osa on ka liikumine erinevate tegevuskohtade vahel. Tänapäeva mobiilses ühiskonnas on erinevate linnaosade ühendatus sageli olulisem kui

füüsiline lähedus (Wissink *et al.*, 2016). Linna erinevad tegevuskohad ja naabruskonnad on ühendatud igapäevase ruumikasutuse, sh pendelrände kaudu (Kempen, Wissink, 2014). Ruumiline liikuvus pakub inimestele võimalusi kokkupuuteks igapäevaelu rutiinist erinevate inimeste ja füüsilise keskkonnaga (Wang, Li, 2016). Ka ruumilise liikuvuse võimalustes võib esineda sotsiaalset tõrjutust, rahvusrühmade vahelised erinevused võivad esineda nii teenustele ja kohtadele kui ka transpordivahenditele ligipääsemises (Wang *et al.*, 2012). Shen (2019) täheldas, et segregatsiooni mustrid liikuvuses ja pendeldamises on palju keerulisemad kui kohapõhise segregatsiooni puhul ning seda on ka keerulisem mõõta.

## **2.2. Etnilised erinevused piiriülestes tegevustes**

Piiriüleste tegevuste ja mitme riigiga seotuse kirjeldamiseks kasutatakse sageli katusterminit hargmaisus või hargmaine elustiil. Hargmaisuse oluline eeldus on sotsiaalsed, majanduslikud ja poliitilised võrgustikud (Deutschmann, 2016). Säärased tegevused hõlmavad nii riigipiiride ületamist füüsilises ruumis kui ka virtuaalses ruumis toimuvat piiriülest suhtlust (Delhey *et al.*, 2015; Deutschmann, 2016). Tegevused, mille puhul räägitakse hargmaisusest, on järgmised: õppimine, töötamine või elamine välismaal teatud ajaperioodil (Delhey *et al.*, 2015), rahaülekannete saatmine (Waldinger, 2008), sagedane reisimine päritoluriiki sõprade ja perega kohtumiseks ning puhkuse veetmiseks (Delhey *et al.*, 2015; Waldinger, 2008), osalemine valimistel (Waldinger, 2008), teise riigi uudiste regulaarne jälgimine (Delhey *et al.*, 2015), kinnisvara omamine välismaal (Delhey *et al.*, 2015). Hästi kohanenud siserändajad reisivad pigem päritolu- ja sihtriigi vahel, hiljuti saabunud on aga tõenäolisemad rahaülekannete tegijad (Waldinger, 2008). Seega on riikidevahelise tegevuse uurimine seotud suuresti teiste teadusharudega, nagu ränne, turism, akulturatsioon, piiriülene kaubandus ja teenused.

Piiriüleste ja hargmaiste tegevuste oluline tunnus on ajaline regulaarsus ja kestus (Guarnizo *et al.*, 2003), kuid see võib varieeruda. Mõned inimesed on hargmaised lühemat aega (nt hooajaliste töökohustuste täitmisel), teised aga jäävad mitme riigiga seotuks pikemalt (nt laste haridustee lõpuni; Cho, Allen, 2019). Seetõttu on hargmaist elustiili raske ajaliselt defineerida (Waldinger, 2008; Cho, Allen, 2019). Hargmaiste tegevuste puhul on oluline riikidevaheline kaugus. Inimesed on suurema tõenäosusega hargmaised naaberriikides või samas geograafilises piirkonnas (Deutschmann, 2016). Riikide asukoht mõjutab ka riikide külastamise regulaarsust ja ajalist kestust (Ahas *et al.*, 2017).

Waldingeri uuringu (2008) kohaselt on kõige sagedasem hargmaine tegevus reisimine päritoluriiki. Turismivorm, mis on kaudselt seotud säärase eluviisiga, on sõprade ja pere külastamine (VFR-turism). Päritoluriiki või esivanemate päritoluriiki reisimist peetakse oluliseks, sest see aitab hoida identiteeti, värskendada sotsiaalseid

sidemeid, avastada oma „juuri“ (Duval, 2003; Li, McKercher, 2016; Verdery *et al.*, 2018) ning kohaneda kultuuriliste eripäradega (Ehrkamp, 2005). Lisaks sõprade ja pere külastamisele mõjutab ränne ka teisi turismisegmente. Seetaram (2012) osutab, et ettevõtlusega tegelevad sisserändajad võivad stimuleerida ärireise päritoluriiki. Samuti võidakse pere ja sõprade külastamise reisirändajate käia tutvumas vaatamisväärsustega ja tarbida muid turismiteenuseid. Igatsus kodumaa järele ja sellega seotud tagasisõidukülastused piiravad teiste sihtkohtade külastamist. See kehtib eriti esimese põlvkonna sisserändajate puhul (Ali, Holden, 2006). Lisaks mõjutab VFR-turism nõudlust konkreetsete turismisihthohtade ja vaatamisväärsuste järele ka siis, kui põlvkonnad vahetuvad (Griffin, 2017). Etniline päritolu võib seega mängida reisikäitumise määramisel võrdset rolli koos teiste sotsiaal-demograafiliste tunnustega, nagu sissetulek, sugu ja vanus (Hughes, Allen, 2010; Williams, Chacko, 2008).

Rahvusrühmade piiriülest mobiilsust on uuringutes käsitletud, kuid enamik uuringuid on kvalitatiivsed ning väikese sihtrühma põhised, empiirilisi üldistusi on vähe. Etnilisi erinevusi on leitud reisisihthohta eelistustes (Hughes, Allen, 2010) ning puhkusereiside ja välisreiside arvus (Feng, Page, 2000; Klemm, 2002). Uus-Meremaal elavate Hiina etniliste vähemuste kohta tehtud uuring näitas, et nad teevad rohkem välisreise kui rahvusenamus ja reisimise peamine eesmärk oli sugulaste külastamine, millele järgnesid äri- ja puhkusereisid (Feng, Page, 2010). Samas Suurbritannias korraldatud uuring näitas, et rahvusvähemuste ja -enamuse välisreiside arv on sarnane, mis viitab struktuursete piirangute vähesele rollile (Klemm, 2002). Peamised erinevused on sihtkohtade eelistustes (Klemm, 2002) ja päritoluriigi kui sihtkoha „tõmbe“-efekti olulisuses (Hughes, Allen, 2010). Hughesi ja Alleni (2010) järgi päritoluriigi külastuste sagedus ja prioriteetsus vanuse kasvades ja järgmistes põlvkondades väheneb, kuid emotsionaalne side riigiga nooremates põlvkondades säilib, mis mõjutab reisisihthohta valikuid. Seega võib teatud sihtkoha eelistamist käsitleda õpitud käitumisena (McKercher, Yankholmes, 2018), mille puhul on oluline etniline taust ja suhtlusvõrgustikud.

Piiriüleised suhtlusvõrgustikud soodustavad infovahetust ja on olulised turistide (Feng, Page, 2010) ning rändajate voo (Verdery *et al.*, 2018) jätkumises. Ehrkampi (2005) sõnul on erinevad teadlased näinud riikidevahelisi ja kohalikke sotsiaalseid sidemeid vastastikku välistavatena, st riikidevahelised sidemed takistavad sisserändajatel kohaneda kohaliku keskkonnaga. Teisalt on mõned hiljutised uuringud rõhutanud, et assimilatsiooni ja sotsiaalsete võrgustike suhe ei vasta sageli klassikalistele assimilatsioonimudelitele (nt Gordon, 1964). Verdery jt (2018) uuring näitab, et kuigi kontaktide sagedus päritoluriigiga võib aja jooksul väheneda, on säärased sidemed väga tugevad ja suudavad aidata sisserändajaid nii kohanemisfaasis kui ka hilisemas etapis. Külastused päritoluriiki aitavad neid sidemeid säilitada.

### 3. Andmed ja meetodika

#### 3.1. Passiivse mobiilpositsioneerimise andmed

Uuringus kasutatakse ühe Eesti mobiilsidefirma rändlusteenuse passiivse mobiilpositsioneerimise andmeid. Passiivse mobiilpositsioneerimise andmestik sisaldab mobiilsidefirmalt saadavaid automaatselt salvestatud mobiiltelefonide asukohaandmeid, mis tekivad mobiiltelefonidega tehtud kõnetoimingute (*Call Detail Record – CDR*) põhjal. Kõnetoimingute andmestik koosneb andmekirjetest mobiiltelefoni kasutuse kohta mobiilsidevõrgus: sisenevad ja väljuvad kõned ning saadetavad sõnumid. Kõnetoimingute andmete põhjal tehtud teadusuuringute hulk üha kasvab. Uuritud on näiteks inimeste mobiilsust ja tegevusruumi (Ahas *et al.*, 2010; Kamenjuk *et al.*, 2017), siserännet (Lai *et al.*, 2019), ruumilist segregatsiooni (Silm *et al.*, 2018; Zhou *et al.*, 2019) ja turismi (Raun *et al.*, 2016; Tiru *et al.*, 2010). Rändlusteenuse passiivse mobiilpositsioneerimise andmed võimaldavad analüüsida piiriülest liikuvust täpsema ajalise resolutsiooniga ning erinevaid külastajagruppe (sh ühepäevakülastajad, pendelrändajad jms), mida ametlik turismistatistika ei kajasta (Saluveer *et al.*, *esitatud*). Rändlusteenuse andmeid on kasutatud eestlaste piiriülese liikumise (Ahas *et al.*, 2017) ja Süüria põgenike mobiilsuse (Kilic *et al.*, 2019) uuringutes.

Passiivse mobiilpositsioneerimise andmed on SIM-kaartide põhised, aga antud uuringus on tehtud lihtsustus: SIM-kaardid on telefonikasutajad. Käesolevas uuringus on kasutatud kahte tüüpi passiivse mobiilpositsioneerimise andmeid ajavahemikus 2014–2016. 1) Rändlusteenuse kaudu välismaal tehtud kõnetoimingud. Kõnetoimingute põhjal on genereeritud välisreisid (Tiru *et al.*, 2010). Andmestik koosneb juhuslikult genereeritud pseudonüümsetest identifikaatoritest iga telefonikasutaja kohta, reisi identifikaatoritest, külastuse identifikaatoritest, külastuse algus- ja lõpuajast, külastatava riigi ISO alfa-2 koodidest. Reisid algavad ja lõppevad Eestis ning välisriigis viibimise periood sõltub sellest, millal inimene teeb esimese ja viimase kõnetoimingu väljaspool Eesti territooriumi. 2) Kõnetoimingute andmed Eestis. Ankurpunktide mudelit (Ahas *et al.*, 2010) kasutades on leitud igale telefonikasutajale elukoha asukoht (ankurpunkt) igal kuul. Analüüsis on kasutatud ühte elukoha asukohta, milleks on maakond, kus paiknes kõige rohkem kuudepõhiseid elukoha ankurpunkte. Analüüsis on maakonnad grupeeritud viieks, lähtuvalt NUTS III kategooriatest: Põhja-Eesti (Harjumaa), Lääne-Eesti (Hiiumaa, Saare-, Pärnu- ja Läänemaa), Kesk-Eesti (Järva-, Lääne-Viru- ja Raplamaa), Kirde-Eesti (Ida-Virumaa) ja Lõuna-Eesti (Jõgeva-, Põlva- Tartu-, Valga-, Viljandi- ja Võrumaa). Lisaks on kasutatud telefonikasutajate sotsiaalseid tunnuseid, mida saab pseudonüümse identifikaatori abil eelnevalt kirjeldatud andmestikega ühendada. Sõlmides mobiilsidefirmaga lepingu, saab inimene anda teavet enda soo, sünniaasta ja eelistatud suhtluskeele (eesti, vene või inglise keel) kohta. Käesolevas uuringus on eelistatud suhtluskeelt kasutatud etnilise tausta tunnuseksena.

Uuringusse on kaasatud inimesed, kes on teinud vähemalt ühe välisreisi ning kellel on olemas kõik sotsiaalsed tunnused (eelistatud suhtluskeel kas eesti või vene keel, sugu, sünniaasta, elukoht). Nimetatud kriteeriumitele vastavaid inimesi oli 75 118 (tabel 1).

**Tabel 1.** Uuritavate sotsiaalsed tunnused ja analüüsikategooriad

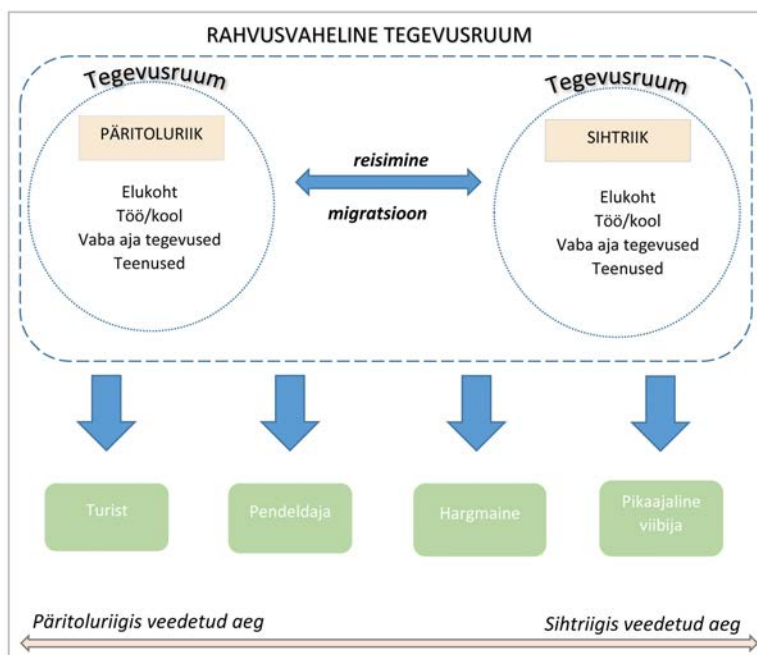
**Table 1.** Social characteristics and analysis categories

Tunnus	Inimeste arv	Osatähtsus
<b>Keel</b>		
eesti	63 753	85%
vene	11 366	15%
<b>Sugu</b>		
mees	32 122	43%
naine	42 996	57%
<b>Sünniaasta (vanus<sup>1</sup>)</b>		
1917–1956 (59–98)	1789	2%
1957–1966 (49–58)	13 138	17%
1967–1976 (39–48)	25 395	34%
1977–1986 (29–38)	20 722	28%
1987–1996 (19–28)	14 074	19%
<b>Elukoht</b>		
Põhja-Eesti	30 498	41%
Lääne-Eesti	9192	12%
Kesk-Eesti	7654	10%
Kirde-Eesti	5870	8%
Lõuna-Eesti	21 904	29%
<b>Kokku</b>	<b>75 118</b>	<b>100%</b>

<sup>1</sup> Sulgudes on vanus 2015. aasta seisuga.

### 3.2. Reisijate gruppide defineerimine

Uuringus on lähtutud tegevusruumipõhise segregatsiooni käsitlusest, vaadeldes piiriüleseid liikumisi. Riikide vahel liikujad on jagatud nelja gruppi: turistid, pendeldajad, hargmaised, pikaajalised viibijad (joonis 1). Üldise definitsiooni järgi võivad kõik nimetatud grupid (turistide puhul just sõpru ja peret külastavad reisijad) klassifitseeruda hargmaisteks, sest nad on suuremal või vähemal määral mitme riigiga seotud. Käesolevas uuringus on defineeritud reisijate grupid aga detailsemalt.



**Joonis 1.** Reisijate gruppide (turist, pendeldaja, hargmaine, pikaajaline viibija) jagunemine vastavalt päritolu- ja sihtriigis veedetud ajale

**Figure 1.** Division of traveler groups (tourist, commuter, transnational, long-term stayer) based on time spent in destination and country of origin

Telefonikasutajad on määratud reisijate gruppidesse sihtriigipõhiselt, st iga telefonikasutaja ja sihtriigi puhul on määratud reisijagrupp. Sihtriigipõhist käsitlust on kasutatud seetõttu, et inimene võib olla näiteks Soome pendeldaja aga Kreekas turist. Kuna kasutatud andmestik ei ole teada reisi eesmärki, on jagatud reisijad küllastajate gruppidesse kolme tunnuse alusel: välisreiside arv sihtriiki, sihtriigis veedetud päevade arv ning Eestis veedetud päevade arv igas kalendriaastas. Telefonikasutajad on klassifitseeritud järgnevate tingimuste alusel ja järjekorras.

1. Pikaajalised viibijad on inimesed, kes viibivad enamiku ajast välismaal. Eurostat (2014, lk 22) peab alaliseks elukohaks kohta, kus inimene veedab suurema osa aastast. Alaliseks rändeks loetakse välisriigis viibimist 12 ja rohkem kuud (United Nations, 2019a). Käesolevas uuringus on defineeritud pikaajaliste viibijatena inimesed, kes veedavad suurema osa ajast välismaal – 75% või rohkem ajast ühes sihtriigis ja vähem kui 25% ajast Eestis.
2. Hargmaised on inimesed, kes tegutsevad aktiivselt mitmes riigis. Teaduskirjanduses ei ole hargmaiste inimeste määramiseks ühtset definitsiooni, sest reisimise põhjus ja regulaarsus võib olla erinev. Hargmaistena on defineeritud inimesi, kes

- veedavad vähemalt kolm kuud aastast välismaal (Gustafson, 2001) või vähemalt 25% ajast nii lähte- kui ka sihtriigis ning teevad riikide vahel vähemalt 5 reisi aastas (Ahas *et al.*, 2017). Käesolevas uuringus on defineeritud hargmaistena inimesed, kes veedavad vähemalt 25% päevadest Eestis ja 25–75% päevadest sihtriigis. Nad teevad vähemalt pooltel kuudel aastast minimaalselt 1 reisi sihtriiki.
3. Pendeldajad teevad välisreise regulaarselt, kuid nende elukoht on päritoluriigis (Mayrhofer *et al.*, 2012). Käesolevas uuringus on defineeritud pendeldajatena inimesed, kes teevad vähemalt pooltel kuudel aastast minimaalselt 2 reisi välisriiki ja veedavad selles riigis vähem kui 25% päevadest. Vähemalt 25% päevadest on nad Eestis.
  4. Turistid on käesoleva töö kontekstis need, kes käivad välisriigis harva ja ebaregulaarselt. Turistidena on defineeritud inimesed, kes ei sattunud mitte ühessegi eelnevalt nimetatud gruppi.

Kõige rohkem inimesi defineeriti turistideks (91% eestikeelsetest ja 92% venekeelsetest inimestest), kellele järgnesid hargmaised (6% eestikeelsetest ja 4% venekeelsetest inimestest), pendeldajad (2% eestikeelsetest ja 3% venekeelsetest inimestest) ja pikaajalised viibijad (1% nii eesti- kui ka venekeelsetest inimestest).

Sihtriigid jagati kategooriatesse ÜRO geoskeemi järgi (United Nations, 2019b). Venemaa ja Soome jäeti eraldi kategooriatesse, sest külastuste arv nendes riikidesse on tunduvalt suurem võrreldes Ida- ja Põhja-Euroopa riikidega.

### 3.3. Analüüsimeetodid

Igale inimesele leiti üldist reisikäitumist iseloomustavad tunnused sihtriigist hoolimata. Neid tunnuseid on kasutatud statistilises analüüsis sõltuvate tunnustena: 1) reisi arv, 2) keskmine reisi kestus, 3) keskmine välismaal veedetud päevade arv aastas, 4) külastatud sihtriikide arv. Sõltumatuteks tunnusteks oli peamine suhtluskeel (eesti või vene), sugu, sünniaasta vahemik ja elukoha piirkond. Elukoha puhul võeti referentsgrupiks Kirde-Eesti, sest seal on *ca* kolmveerand rahvastikust vene keele kõnelejad ja see on piiriäärne ala, millel võib olla oluline mõju reisikäitumises.

Statistiliseks analüüsiks on kasutatud regressioonanalüüsi. Esiteks, reisikäitumist mõjutavate tegurite teadasaamiseks on kasutatud binoomjaotuse regressiooni, sest reisikäitumise tunnused on loendusandmed, mille puhul on tegu ülehajuvusega ( $\mu \neq \sigma^2$ ). Loendustunnuse jaotust iseloomustab tavaliselt positiivne asümmeetria, negatiivsete väärtuste puudumine ja andmetes võib olla rohkem nulle kui teoreetiline jaotus seda ette näeb. Ülehajuvust on kontrollitud lisaks sõltuvate tunnuste jaotuse visuaalsele vaatlusele ka R-i „AER” paketi dispersioonitestiga (Kleiber, Zeileis, 2008). Teiseks, reisijate gruppi kuulumist mõjutavate tegurite teadasaamiseks on kasutatud binaarset logistilist regressiooni. Iga reisijagrupi kohta tehti eraldi mudel. Sõltuv



tunnus oli: 1 – kuulub vastavasse reisijagruppi, 0 – ei kuulu vastavasse reisijagruppi. Siinkohal tuleb meeles pidada, et inimene võis kuuluda mitmesse reisijagruppi, näiteks olla nii turist kui ka hargmaine. Kuna mudelid tehti iga reisijagrupi kohta eraldi, siis on iga inimene andmestikus ühe korra, st korduvaid vaatlusi ühes mudelis ei ole.

## **4. Tulemused**

### ***4.1. Etnilised erinevused reisikäitumises***

Vene keelt kõnelevad inimesed teevad eestikeelsetega võrreldes rohkem välisreise. Venekeelsed inimesed teevad keskmiselt (mediaan) 6 välisreisi ja eestikeelsed inimesed keskmiselt (mediaan) 4 reisi. Eesti- ja venekeelsete inimeste reiside arvu erinevus on ka statistiliselt oluline. Kõigi tunnustega mudeli järgi teevad venekeelsed inimesed välismaale 7% rohkem reise kui eesti keelt kõnelevad inimesed ( $p < 0,05$ ; tabel 2). Venekeelsed inimesed viibivad välismaal rohkem, seda näitab nii pikem reiside keskmine kestus kui ka kolme aasta keskmine välismaal viibitud päevade arv. Venekeelsete inimeste reisid kestavad keskmiselt (mediaan) 4 päeva ja eestikeelsetel 3 päeva. Kui võrrelda samast soost, samal ajavahemikul sündinud ja samas kohas elavat kahte inimest, siis kestavad vene keelt kõneleva inimese reisid keskmiselt 14% kauem võrreldes eestikeelsega ( $p < 0,05$ ; tabel 2). Sarnane tendents tuleb esile ka välismaal veedetud päevade arvus: venekeelsed inimesed veedavad keskmiselt 20 päeva aastast välismaal, eestikeelsed aga 15 päeva. Ka regressioonanalüüsi tulemused kinnitavad seda: kui mudelisse on lisatud ka teised sotsiaalsed tunnused, siis venekeelsed inimesed veedavad keskmiselt 17% rohkem päevi välismaal kui eestikeelsed ( $p < 0,05$ ; tabel 2).

Külastatud riikide arv keele tunnusest lähtuvalt ei erine. Nii eesti- kui ka venekeelsed inimesed külastavad keskmiselt (mediaan) kolme välisriiki. Kui analüüsi kaasata ka teised sotsiaalsed tunnused, siis ilmneb, et eestikeelsed inimesed külastavad keskmiselt 4% rohkem riike kui venekeelsed inimesed, juhul kui võrrelda samast soost, samal ajavahemikul sündinud ja samas kohas elavaid inimesi ( $p < 0,05$ ; tabel 2).

Lisaks keelele mõjutab välismaa reisikäitumist ka sugu ja vanus (tabel 2). Naised teevad meestega võrreldes vähem reise, nende reisid on lühemad, nad viibivad välismaal lühemat aega ( $p < 0,05$ ), kuid külastatud riikide arv on sama. Reiside, külastatud riikide ning välismaal veedetud päevade arv on 19–28-aastastel inimestel suurem kui vanematel inimestel ( $p < 0,05$ ; tabel 2). Erandlikud on 49–58- ja 29–38-aastased, kelle reisimise tunnused on noorimatega sarnased (tabel 2).

**Tabel 2.** Sotsiaalsete tunnuste mõju reisikäitumise tunnustele<sup>1</sup> ja reisijate gruppidesse kuulumisele<sup>2</sup>. \* p < 0,05

**Table 2.** Effect of social variables on characteristics of travel behaviour<sup>1</sup> and traveler groups<sup>2</sup>. \* p < 0.05

	Negatiivse binoomjaotuse regressioon <sup>1</sup>				Logistiline regressioon <sup>2</sup>			
	Reiside arv	Reisi kestus	Välismaal veedetud päevade arv	Külastatud riikide arv	Pendeldaja	Turist	Hargmaine	Pikaajaline viibija
<b>Vabaliige</b>	8,72 *	4,65 *	41,60 *	3,36 *	0,02 *	594,14 *	0,03 *	0,02 *
	(8,20–9,27)	(4,43–4,87)	(38,52–44,91)	(3,21–3,50)	(0,01–0,02)	(303,60–1162,72)	(0,03–0,04)	(0,01–0,02)
<b>Keel</b>								
Vene	1,07 *	1,14 *	1,17 *	0,96 *	1,20 *	1,88 *	1,06	1,11
	(1,04–1,10)	(1,12–1,17)	(1,13–1,21)	(0,94–0,97)	(1,03–1,38)	(1,31–2,70)	(0,95–1,18)	(0,90–1,37)
Eesti	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Sugu</b>								
Naine	0,62 *	0,90 *	0,56 *	1,00	0,28 *	3,08 *	0,31 *	0,89
	(0,61–0,63)	(0,89–0,91)	(0,55–0,57)	(0,99–1,01)	(0,25–0,31)	(2,60–3,65)	(0,29–0,33)	(0,79–1,01)
Mees	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Sünniaasta (vanus<sup>3</sup>)</b>								
1917–1956	0,68 *	0,94 *	0,65 *	0,79 *	0,74	1,69	0,39 *	0,36 *
	(59–98)	(0,64–0,72)	(0,90–0,98)	(0,61–0,70)	(0,55–1,01)	(0,96–2,99)	(0,32–0,48)	(0,24–0,53)
1957–1966	1,02	0,97	0,98	0,98	1,20	0,72	0,77 *	0,88
	(49–58)	(0,96–1,08)	(0,93–1,01)	(0,92–1,05)	(0,90–1,61)	(0,42–1,22)	(0,64–0,93)	(0,62–1,26)
1967–1976	0,95 *	0,90 *	0,89 *	1,00	0,81	0,99	0,73 *	0,71
	(39–48)	(0,90–1,00)	(0,86–0,94)	(0,83–0,95)	(0,61–1,09)	(0,58–1,68)	(0,61–0,87)	(0,50–1,02)
1977–1986	1,06	0,93 *	1,01	0,97	0,92	0,69	1,03	0,98
	(29–38)	(1,00–1,12)	(0,89–0,97)	(0,94–1,08)	(0,68–1,25)	(0,40–1,18)	(0,85–1,23)	(0,68–1,41)
1987–1996	1	1	1	1	1	1	1	1
	(19–28)							

Elukoht	Negatiivse binoomjaotuse regressioon <sup>1</sup>				Logistiline regressioon <sup>2</sup>			
	Reiside arv	Reisi kestus	Välismaal veedetud päevade arv	Külastatud riikide arv	Pendeldaja	Turist	Hargmaine	Pikaajaline viibija
Põhja-Eesti	1,11 *	1,21 *	1,30 *	1,51 *	0,89	1,25	1,13	1,01
	(1,08–1,15)	(1,18–1,24)	(1,24–1,35)	(1,47–1,54)	(0,74–1,08)	(0,79–1,97)	(0,97–1,31)	(0,76–1,34)
Lääne-Eesti	1,09 *	1,29 *	1,57 *	1,09 *	1,28 *	0,43 *	2,35 *	1,86 *
	(1,05–1,14)	(1,25–1,34)	(1,49–1,65)	(1,05–1,12)	(1,03–1,61)	(0,27–0,69)	(1,99–2,77)	(1,35–2,55)
Kesk-Eesti	1,07 *	1,20 *	1,39 *	1,07 *	1,21	0,39 *	2,14 *	1,41 *
	(1,02–1,12)	(1,16–1,24)	(1,32–1,47)	(1,04–1,11)	(0,96–1,52)	(0,25–0,63)	(1,80–2,53)	(1,01–1,97)
Lõuna-Eesti	1,00	1,12 *	1,24 *	1,15 *	0,96	0,70	1,42 *	1,41 *
	(0,97–1,04)	(1,09–1,16)	(1,18–1,30)	(1,12–1,19)	(0,78–1,18)	(0,44–1,11)	(1,21–1,67)	(1,04–1,90)
Kirde-Eesti	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>AIC</b>	502 422	392 297	720 421	364 051	16 660	6996	31 393	11 065
<b>BIC</b>	502 533	392 408	720 532	364 162	16 762	7097	31 494	11 167

<sup>1</sup> Esitatud on esinemissageduse suhted (*Incidence Rate Ratio – IRR*) ja selle 95% usaldusvahemikud.<sup>2</sup> Esitatud on riskisuhted (*odds ratio*) ja 95% usaldusvahemikud. Referentsgrupp: ei kuulu gruppi.<sup>3</sup> Sulgudes on vanus 2015. aasta seisuga.

Reisikäitumist mõjutab ka elukoht. Kirde-Eestis, kus kolmveerand elanikkonnast moodustavad vene keelt kõnelevad inimesed, teevad elanikud vähem reise, nende reisid on lühemad, nad külastavad vähem riike ja viibivad väiksema hulga päevi välismaal kui ülejäänud piirkondades elavad inimesed ( $p < 0,05$ ; tabel 2). Ainukese erandina saab välja tuua Lõuna-Eestis elavad inimesed, kelle reise arv võrreldes Kirde-Eestis elavatega ei erine statistiliselt oluliselt ( $p > 0,05$ ; tabel 2).

#### **4.2. Etnilised erinevused reisijate gruppi kuulumises ja sihtriikides**

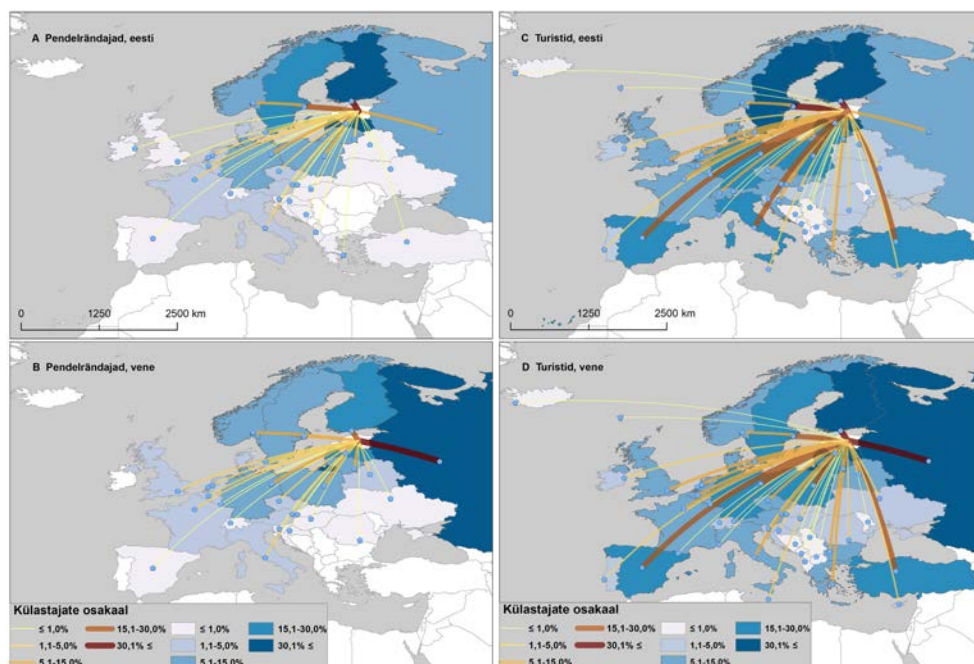
Reisijate gruppide jaotus on eesti- ja venekeelsetel inimestel üsna sarnane. Mõlemal juhul on esikohal turistid, teiseks hargmaised ning seejärel pendeldajad ja pikaajaliselt välismaal viibijad. Eestikeelsete inimeste hulgas on turiste 91%, hargmaiseid 6%, pendeldajaid 2% ning pikaajaliselt välismaal viibijaid 1%. Venekeelsete puhul on turiste 92%, hargmaiseid 4%, pendeldajaid 3% ja pikaajaliselt välismaal viibijaid 1%.

Keele tunnusel on statistiliselt oluline mõju pendelrändajate ja turistide gruppi kuulumisele (tabel 2). Venekeelsetel inimestel on võrreldes eestikeelsetega 20% suuremad šansid olla pendeldaja ( $p < 0,05$ ). Kõigi reisijagruppide üleselt klassifitseerus pendeldajaks enim Lääne-, Kesk- ja Kirde-Eesti (3%) elanikke, kõige väiksem osakaal pendeldajaid on Põhja-Eestist (2%). Lääne-Eestis elavatel inimestel on suuremad šansid olla pendelrändaja võrreldes Kirde-Eestiga ( $p < 0,05$ ). Teistes piirkondades elavatel inimestel on Kirde-Eestis elavate inimestega samasugused šansid olla pendelrändaja. Pendelrände sihtkohaks on eeskätt Eesti naaberregioonid: Soome on sihtriigiks 33%-le pendelrändajatest, Balti riigid 19%-le ja Põhja-Euroopa (v.a Soome) 16%-le. Kui vaadata pendelrände sihtkohti eraldi eesti- ja venekeelsetel inimestel, siis kõigest eestikeelsetest pendelrändajatest 44%-l on sihtkohaks Soome (joonis 2A), venekeelsete puhul on esikohal Venemaa 40%-ga (joonis 2B). Eestikeelsete puhul on arvukuselt järgmised riigid Rootsi (17%) ja Läti (33%), venekeelsete puhul aga Läti (27%) ja Soome (22%).

Keele tunnus mõjutab oluliselt ka turistide gruppi kuulumist. Venekeelsetel inimestel on 88% suuremad šansid olla turist (ref: ei ole turist) võrreldes eestikeelsetega (tabel 2). Kõigi reisijagruppide üleselt klassifitseerus turistiks enim Põhja- (93%) ja Kirde-Eesti (92%) elanikke, väikseima osakaaluga oli turiste Lääne-Eestist (88%). Turistide sihtkohaks on eelkõige Balti riigid (20%), Soome (18%) ja teised Põhja-Euroopa riigid (14%). Eesti ja vene keelt kõnelevate turistide sihtkohtade jaotus on erinev. Eestikeelsete turistide peamine sihtkoht on Läti (61%), seejärel Soome (60%) ja Rootsi (34%) (joonis 2C). Venekeelsete inimeste puhul on esikohal Venemaa, kus on käinud 65% kõigest vene keelt kõnelevatest turistidest (joonis 2D), seejärel on Läti 51% ja Soome 38%-ga.

Hargmaiseks olemise puhul ei ole keele tunnus statistiliselt oluline. Hargmaiseks klassifitseerusid rohkem Lääne-, Kirde- ja Kesk-Eestis elavad inimesed (3%).

Hargmaiste sihtkohaks on kõige rohkem Soome (62%), teised Põhja-Euroopa riigid (19%) ja Lääne-Euroopa riigid (8%). Soome on esikohal nii eestikeelsete kui ka venekeelsete hargmaiste puhul. Eestikeelsete hargmaiste sihtkohaks on 65%-l Soome, ülejäänud riikide osatähtsus on tunduvalt väiksem, 8% nii Rootsis kui ka Norras. Venekeelsete hargmaiste sihtkohtade jaotus on palju ühtlasem: 33% sihtkohaks on Soome, 24% Venemaa ja 13% Rootsi.



**Joonis 2.** Eesti- ja venekeelsete pendeldajate ja turistide osakaal riikide arvestuses kõigist sama keelsetest vastavasse gruppi kuulujatest

**Figure 2.** The share of Estonian and Russian speaking commuters and tourists by each country per each language group

Pikaajaliseks viibijaks olemise puhul ei ole keele tunnus samuti statistiliselt oluline (tabel 2). Pikaajaliseks viibijaks klassifitseerus enim Lääne-Eesti elanikke (2%), kõige väiksema osakaaluga oli neid Põhja-Eestist (1%). Lääne-, Kesk- ja Lõuna-Eestis elavatel inimestel on suuremad šansid olla pikaajaline viibija võrreldes Kirde-Eestiga. Pikaajaliste välismaal viibijate sihtkohaks on kõige rohkem Soome (55%), teised Põhja-Euroopa (23%) ja Lääne-Euroopa riigid (12%). Nii eesti- kui ka venekeelsete inimeste puhul on esikolmikusse kuuluvad sihtkohad Soome, Rootsi ja Norra.

## 5. Arutelu ja kokkuvõte

Käesolev artikkel keskendus eesti- ja venekeelsete inimeste välismaaga seotud reisi-käitumise uurimisele. Erinevate distsipliinide teaduskirjanduse põhjal saab väita, et rahvusvähemuste välismaareisid ja sihtkohad võivad peegeldada etnilisest taustast tulenevaid eelistusi, struktuurseid piiranguid ja sotsiaalvõrgustike hoidmise olulisust (Verdery *et al.*, 2018; Klemm, 2002). Lisaks võib etniline päritolu mõjutada välismaa reisi käitumist mitme põlvkonna vältel: noorem generatsioon soovib minna avastama oma juuri (Hughes, Allen, 2010) või on vanemate reisisihtkohtade eelistused üle kandunud lastele ja lastelastele, nn õpitud käitumisena (McKerchner, Yankholmes, 2018).

Uuringu tulemused näitavad, et välismaale tehtud reiseid markeerivad rahvusvaheliste sotsiaalvõrgustike ja etnilise tausta olulisust, mis väljenduvad nii reiseid tunnustes kui ka sihtriikides. Paljudele vene keelt rääkivatele inimestele on Venemaa oluline reisi sihtkoht: üle poole venekeelsetest turistidest on Venemaal käinud, veidi vähem kui poolte venekeelsete pendelrändajate ning ligi veerandi hargmaiste sihtkoht on Venemaa. Teaduskirjanduses on palju seletatud, kuidas sihtriigi sotsiaalvõrgustikud aitavad sisserändajatel enda elu üles ehitada ja leida tööd, kuid loovad ka ohu kapselduda enda etnilise grupi info- ja tegevusvälja (McPherson *et al.*, 2001; Patacchini, Zenou, 2012). Uuemad uuringud (nt Verdery *et al.*, 2018) toovad välja, et rahvusvahelised suhtlusvõrgustikud on sama olulised ja traditsioonilised käsitlused assimilatsioonist ei pruugi selle puhul kehtida. Sellised piiriülesed sotsiaalsed sidemed on ajas üsna muutumatud (Verdery *et al.*, 2018) ja võivad mängida olulist rolli sisserändajate kohanemisprotsessides. Reiseid välismaale on üks oluline tegur, mis aitab sotsiaalseid sidemeid tugevdada.

Pere ja sõprade külastamine kui üks turismi eesmärk on äri- ja puhkusereisidest mõnevõrra erinev, sest lisaks rahale eeldab see sotsiaalsete sidemete olemasolu ja külalislahkust, mistõttu tagasihoidliku sissetulekuga inimesed saavad reiseid kaugeemale ja tihedamini, kui nende sissetulek muidu võimaldaks (Larsen *et al.*, 2007). Käesolevast uuringust ilmneb, et vene keelt kõnelevad inimesed teevad tihedamini ja rohkem reise välisriikidesse kui eestikeelsed inimesed, mis ei viita rahvusvähemuse marginaalsele positsioonile ühiskonnas. Ka Klemmi (2002) uuringus ei pidanud marginaalsuse printsiipi paika, olulised olid etnilisest taustast tulenevad tegurid. Kui reisi käitumist vaadata elukohast lähtuvalt, siis uuringu tulemused näitavad, et Kirde-Eestis elavatel inimestel on teiste piirkondadega võrreldes suuremad šansid olla turistid, ent seal elavad inimesed teevad keskmiselt vähem reise ja veedavad välismaal vähem aega kui mujal Eestis elavad inimesed.

Hargmaine elustiil on piiriüleste tegevuste teaduskirjanduses olnud esikohal juba mõnda aega, rahvusvahelisest tegevusruumist kui mõistest on räägitud vähe. See tuleneb eeskätt sellest, et kvantitatiivseid empiirilisi uuringuid on selles valdkonnas vähe tehtud, mistõttu on ka hargmaisuse mõiste definitsioon olnud võrdlemisi lai,

ilma täpsema ruumilise ja ajalise määratluseta. Uute andmeallikate tulekuga on võimalik inimeste tegevusruumi analüüsida ka riigipiiride üleselt. Sellest lähtuvalt võib tekkida küsimus, kas piiriülene tegevusruum on lihtsalt üks uus analüüsiüksus või saab rahvusvahelise tegevusruumi uuringutega öelda midagi uut selle kohta, kuidas segregatsioon tekib ja end taastoodab ning kuidas toimuvad kohanemisprotsessid. Käesolev uuring näitab, et Eestis elav suur vähemusrahvuse reisikäitumine on tiheidalt seotud Venemaa ja teiste idabloki riikidega, millel võib olla oluline roll segregatsiooni taastootmises.

## Tänu

Autorid pühendavad selle töö varalähkunud Tartu Ülikooli Mobiilsuslabori asutajale prof Rein Ahasele. Täname mobiilsidefirmasid ja Positiumi andmete eest. Teadustöö valmimist toetas Sihtasutus Eesti Teadusagentuuri grant PUT PRG306, Eesti teadustaristu teekaardi projekt „Infotehnoloogiline mobiilsusobservatoorium“, Tartu Ülikooli ASTRA projekt PER ASPERA ja Euroopa Regionaalarengu Fond.

## Kirjandus

- Ahas, R., Aasa, A., Silm, S. *et al.* 2010. Daily rhythms of suburban commuters' movements in the Tallinn metropolitan area: Case study with mobile positioning data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 18(1): 45–54.
- Ahas, R., Silm, S., Järv, O. *et al.* 2010. Using Mobile Positioning Data to Model Locations Meaningful to Users of Mobile Phones. *Journal of Urban Technology* 17(1): 3–27.
- Ahas, R., Silm, S., Tiru, M. 2017. Eestist lähtuv hargmaisus mobiilside rändlusandmete alusel. In Tammaru, T. (ed.), *Eesti inimarengu aruanne 2016/2017: Eesti rändeajastul*. Eesti Koostöö Kogu.
- Ali, N., Holden, A. 2006. Post-colonial pakistani mobilities: The embodiment of the 'myth of return' in tourism. *Mobilities* 1(2): 217–242.
- Allen, J. P., Turner, E. 2011. Black-White and Hispanic-White Segregation in U.S. Counties. *Professional Geographer* 64(4): 503–520.
- Cachia, R., Jariego, M. I. 2018. Mobility types, transnational ties and personal networks in four highly skilled immigrant communities in Seville (Spain). *Social Networks* 53: 111–124.
- Cho, E., Allen, T. D. 2019. The transnational family: A typology and implications for work-family balance. *Human Resource Management Review* 29(1): 76–86.
- Delhey, J., Deutschmann, E., Cirlanaru, K. 2015. Between 'class project' and individualization: The stratification of Europeans' transnational activities. *International Sociology* 30(3): 269–293.
- Deutschmann, E. 2016. The spatial structure of transnational human activity. *Social Science Research* 59: 120–136.
- Duval, D. T. 2003. When hosts become guests: Return visits and diasporic identities in a commonwealth Eastern Caribbean community. *Current Issues in Tourism* 6(4): 267–308.

- Ehrkamp, P. 2005.** Placing identities: Transnational practices and local attachments of Turkish immigrants in Germany. *Journal of Ethnic and Migration Studies* 31(2): 345–364.
- Eurostat. 2014.** *Methodological manual for tourism statistics*. Version 3.1. Luxembourg: European Union.
- Feng, K., Page, S. J. 2000.** An exploratory study of the tourism, migration–immigration nexus: travel experiences of Chinese residents in New Zealand. *Current Issues in Tourism* 3(3): 246–281.
- Floyd, M. 1999.** Race, ethnicity and use of national park system. *Social Science Research Review* 1(2): 1–24.
- Fourie, J., Santana-Gallego, M. 2013.** Ethnic reunion and cultural affinity. *Tourism Management* 36: 411–420.
- Golledge, R. G., Stimson, R. J. 1997.** *Spatial Behaviour: A Geographical Perspective*. New York: The Guilford Press.
- Gordon, M. M. 1964.** *Assimilation in American Life: The Role of Race, Religion and National Origins*. New York: Oxford University Press.
- Griffin, T. 2017.** Immigrant hosts and intra-regional travel. *Tourism Geographies* 19(1): 44–62.
- Guarnizo, L. E., Portes, A., Haller, W. 2003.** Assimilation and Transnationalism: Determinants of Transnational Political Action among Contemporary Migrants. *American Journal of Sociology* 108(6): 1211–1248.
- Gustafson, P. 2001.** Retirement migration and transnational lifestyles. *Ageing and Society* 21(4): 371–394.
- Hall, M., Iceland, J., Yi, Y. 2019.** Racial Separation at Home and Work: Segregation in Residential and Workplace Settings. *Population Research and Policy Review* 38(5): 671–694.
- Hughes, H., Allen, D. 2010.** Holidays of the Irish diaspora: The pull of the “homeland”? *Current Issues in Tourism* 13(1): 1–19.
- Hung, K., Xiao, H., Yang, X. 2013.** Why immigrants travel to their home places: Social capital and acculturation perspective. *Tourism Management* 36: 304–313.
- Kamenjuk, P., Aasa, A., Sellin, J. 2017.** Mapping changes of residence with passive mobile positioning data: the case of Estonia. *International Journal of Geographical Information Science* 31(7): 1425–1447.
- Kiliç, Ö. O., Akyol, M. A., Isik, O. et al. 2019.** The Use of Big Mobile Data to Gain Multilayered Insights for Syrian Refugee Crisis. In Salah, A. A., Pentland, A., Lepri, B. et al. (ed.) *Guide to Mobile Data Analytics in Refugee Scenarios* 347–379. Springer.
- Kleiber, C., Zeileis, A. 2008.** *Applied Econometrics with R*. New York: Springer-Verlag.
- Klemm, M. S. 2002.** Tourism and ethnic minorities in Bradford: The invisible segment. *Journal of Travel Research* 41(1): 85–91.
- Krivo, L. J., Washington, H. M., Peterson, R. D. et al. 2013.** Social Isolation of Disadvantage and Advantage: The Reproduction of Inequality in Urban Space. *Social Forces* 92(1): 141–164.
- Kukk, K., van Ham, M., Tammaru, T. 2019.** EthniCity of Leisure: A Domains Approach to Ethnic Integration During Free Time Activities. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie* 110(3): 289–302.
- Lai, S., Erbach-Schoenberg, E., Pezzulo, C. et al. 2019.** Exploring the use of mobile phone data for national migration statistics. *Palgrave Communications* 5(34): 1–10.
- Larsen, J., Axhausen, K. W., Urry, J. 2006.** Geographies of social networks: Meetings, travel and communications. *Mobilities* 1(2): 261–283.



- Li, T. E., McKercher, B. 2016.** Developing a typology of diaspora tourists: Return travel by Chinese immigrants in North America. *Tourism Management* 56: 106–113.
- Mayrhofer, W., Reichel, A., Sparrow, P. 2012.** Alternative forms of international working. In G. Stahl, I. Björkman, S. Morris (ed.), *Handbook of Research into International HRM* (2nd ed., pp. 300–327). London: Edward Elgar.
- McKercher, B., Yankholmes, A. 2018.** Travel as learned behaviour: Western migrants in Hong Kong and Macau. *Tourism Management* 67: 191–200.
- McPherson, M., Smith-Lovin, L., Cook, J. M. 2001.** Birds of a Feather: Homophily in Social Networks. *Annual Review of Sociology* 27(1): 415–444.
- Mooses, V., Silm, S., Ahas, R. 2016.** Ethnic Segregation During Public and National Holidays: a Study Using Mobile Phone Data. *Geografiska Annaler, Series B: Human Geography* 98(3): 205–219.
- Musterd, S., Marcińczak, S., van Ham, M. et al. 2017.** Socioeconomic segregation in European capital cities. Increasing separation between poor and rich. *Urban Geography* 38(7): 1062–1083.
- Patacchini, E., Zenou, Y. 2012.** Ethnic networks and employment outcomes. *Regional Science and Urban Economics* 42(6): 938–949.
- Portes, A., Guarnizo, L. E., Landolt, P. 1999.** The study of transnationalism: pitfalls and promise of an emergent research field. *Ethnic and Racial Studies* 22(2): 217–237.
- Puura, A., Silm, S., Ahas, R. 2018.** The Relationship between Social Networks and Spatial Mobility: A Mobile-Phone-Based Study in Estonia. *Journal of Urban Technology* 25(2): 7–25.
- Raun, J., Ahas, R., Tiru, M. 2016.** Measuring tourism destinations using mobile tracking data. *Tourism Management* 57: 202–212.
- Saluveer, E., Raun, J., Tiru, M. et al. (esitatud).** Methodological framework for producing national tourism statistics from mobile positioning data. *Annals of Tourism Research*.
- Seetaram, N. 2012.** Estimating demand elasticities for Australia's international outbound tourism. *Tourism Economics* 18(5): 999–1017.
- Sheller, M., Urry, J. 2006.** The new mobilities paradigm. *Environment and Planning A* 38(2): 207–226.
- Shen, Y. 2019.** Segregation through space: A scope of the flow-based spatial interaction model. *Journal of Transport Geography* 76: 10–23.
- Silm, S., Ahas, R., Mooses, V. 2018.** Are younger age groups less segregated? Measuring ethnic segregation in activity spaces using mobile phone data. *Journal of Ethnic and Migration Studies* 44(11): 1797–1817.
- Stodolska, M. 2007.** Ethnic enclosure, social networks, and leisure behaviour of immigrants from Korea, Mexico, and Poland. *Leisure / Loisir* 31(1): 277–324.
- Tan, Y., Chai, Y., Chen, Z. 2019.** Social-contextual exposure of ethnic groups in urban China: From residential place to activity space. *Population, Space and Place* e2248: 1–13.
- Tiru, M., Saluveer, E., Ahas, R. et al. 2010.** The positium Barometer: A web-based tool for monitoring the mobility of tourists. *Journal of Urban Technology* 17(1): 71–89.
- Toomet, O., Silm, S., Saluveer, E. et al. 2015.** Where do ethnic groups meet? Copresence at places of residence, work, and free-time. *PLoSOne* 10: 1–16.
- United Nations. 2019a.** Refugees and Migrants. Definitions. <https://refugeesmigrants.un.org/definitions>. Vaadatud 21.09.2019.

- United Nations. 2019b.** Standard country or area codes for statistical use (M49). Geographic Regions. <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>. *Vaadatud* 21.09.2019.
- Vacca, R., Solano, G., Lubbers, M. J. et al. 2018.** A personal network approach to the study of immigrant structural assimilation and transnationalism. *Social Networks* 53: 72–89.
- van Ham, M., Tammaru, T., Janssen, H. J. 2018.** A multi-level model of vicious circles of socio-economic segregation. *Divided Cities Understanding Intra-urban Inequalities* 135–153. Paris: OECD Publishing.
- van Kempen, R., Wissink, B. 2014.** Between places and flows: towards a new agenda for neighbourhood research in an age of mobility. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography* 96 (2): 96–108.
- van Kempen, R., Şule Özüekren, A. 1998.** Ethnic Segregation in Cities: New Forms and Explanations in a Dynamic World. *Urban Studies* 35(10): 1631–1656.
- Verdery, A. M., Mouw, T., Edelblute, H. et al. 2018.** Communication flows and the durability of a transnational social field. *Social Networks* 53: 57–71.
- Waldinger, R. 2008.** Between “Here” and “There”: Immigrant Cross-Border Activities and Loyalties. *The International Migration Review* 42(1): 3–29.
- Wang, D., Li, F. 2016.** Daily activity space and exposure: A comparative study of Hong Kong’s public and private housing residents’ segregation in daily life. *Cities* 59: 148–155.
- Wang, D., Li, F., Chai, Y. 2012.** Activity spaces and sociospatial segregation in Beijing. *Urban Geography* 33(2): 256–277.
- Williams, K. H., Chacko, H. E. 2008.** The effect of ethnic differences on travel characteristics: An exploration of marginality and ethnicity in urban tourism. *International Journal of Hospitality and Tourism Administration* 9(2): 147–163.
- Wissink, B., Schwanen, T., van Kempen, R. 2016.** Beyond residential segregation: Introduction. *Cities* 59: 126–130.
- Wong, D. W. S., Shaw, S. L. 2011.** Measuring segregation: An activity space approach. *Journal of Geographical Systems* 13(2): 127–145.
- Yip, N. M., Forrest, R., Xian, S. 2016.** Exploring segregation and mobilities: Application of an activity tracking app on mobile phone. *Cities* 59: 156–163.
- Zhang, X., Wang, J., Kwan, M. P. et al. 2019.** Reside nearby, behave apart? Activity-space-based segregation among residents of various types of housing in Beijing, China. *Cities* 88: 166–180.
- Zhou, X., Chen, Z., Yeh, A. G. O. et al. 2019.** Workplace segregation of rural migrants in urban China: A case study of Shenzhen using cellphone big data. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, <https://doi.org/10.1177/2399808319846903>.

## **Who travels more – Estonians or Russian speakers? Ethnic differences in transnational activity space based on mobile positioning data**

Veronika Mooses, Siiri Silm

Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

In the age of increasing migration, tourism and cross-border working, travelling and out-bound visits constitute an important part of everyday lives for many people. However, the link between cross-border spatial mobility and acculturation process is obscure because studies usually do not consider temporary mobility. New segregation theories emphasize that segregation in different parts of the activity space is interconnected and the travel between activity locations is equally important. Until now, segregation in activity spaces has been studied within the boundaries of one country and particularly involving routine activities. Frequent cross-border spatial mobility and activities on the other hand reflect the strength of social networks and preferences, socio-economic position in the society and exposure to opportunities. Here, we observe the international travel of 75,118 people living in Estonia during 3 years (2014–2016). Outbound call detail record (CDR) data from mobile positioning is employed to study the differences between the travel behavior of the majority group of Estonians and minority group of Russian speakers. Results show that the Russian speaking minority makes more trips than the Estonian majority, also has higher odds to be tourists and cross-border commuters than Estonian speakers and they pay frequent visits to Russia. This study gives empirical insights how ethnic background can influence travel behavior and concludes that international travel can be an important mechanism in an acculturation process.

# Mobiilpositsioneerimise andmete ruumiline interpoleerimine rahvastikustatistika tootmiseks

Anto Aasa<sup>1</sup>, Pilleriine Kamenjuk<sup>1</sup>, Erki Saluveer<sup>2</sup>, Janika Raun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Positium

## 1. Sissejuhatus

Mobiilpositsioneerimise andmete kasutamine inimeste ajalis-ruumilise käitumise uurimiseks pole enam kellelegi uudis. Mobiilpositsioneerimise andmed on leidnud kasutamist väga paljudes valdkondades ühiskonna uurimisel (Ahas *et al.*, 2007, 2015; Deville *et al.*, 2014). Mitmed riiklikud tegevuskavad ja strateegiad nimetavad mobiiliandmeid parimaks võimalikuks andmesisendiks ühiskondlike nähtuste kirjeldamisel (Eesti Pank, 2017; Statistikaamet, 2017).

Mobiiliandmete üks peamisi kasutusvaldkondi on rahvastiku paiknemise ja mobiilsuse uurimine. Shoval ja Ahas (2016) on jaganud need uurimused kolme põlvkonda. Suur hulk seniseid töid on jäänud n-ö tõestamise faasi, kus näidatakse, et mobiiliandmetes on see või teine signaal sees ja et seda signaali võiks täpsemalt uurida. Mitmed uuringud on keskendunud vaid konkreetsete piirkondade uurimisele, näiteks tiheasustusaladele. Harvad on aga juhtumid, kus modelleerimisel on jõutud üldpopulatsiooni üldistuse juurde, mis aga võiks olla paljude selliste uurimistööde lõppeesmärk, et oleks võimalik neid töid võrrelda teiste olemasolevate populatsioonipõhiste statistikatega. Kuni seda pole saavutatud, ei saa rääkida ka mobiiliandmetest kui sisendist ametliku statistika tootmisel.

Käesoleva töö eesmärk on arendada välja meetodika, mis võimaldab passiivse mobiilpositsioneerimise andmetel arvutatud koduankurpunktidest toota tervet Eestit katvat rahvastiku paiknemise statistikat. Seejuures on peafookuses mobiilimastide täpsusega arvutatud elukoha ankurpunktide ruumiline interpoleerimine ja tulemuste viimine üldpopulatsiooni tasemele.

## 2. Taust

Ilmselt on kõik, kes eraldatuses ei ela, kuulnud mõistet suurandmed (*big data*). Sellega viidatakse suure mahuga ja/või keerulistele andmetele, mille töötlemiseks ning analüüsiks ei piisa n-ö tavapära vahenditest, meetoditest ja ressurssidest.

Elame infoühiskonnas ning tänaseks on paljud mõistnud, et suurandmed võivad olla uute teadmiste maardla, millest andmekaevanduslike võtete abil võib leida suurel hulgal uusi teadmisi. Kuigi me sellele iga päev ei mõtle, tuleb siiski arvestada, et igasuguse info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) kasutamisega jätame endast maha nn digitaalse jäljerea. Ilmselt võib üheks levinumaks taoliseks tehnoloogiaks pidada mobiiltelefoni, mis on muutunud justkui kaasaegse inimese digitaalseks kehaosaks. Seda kantakse kogu aeg kaasas ja hoolitsetakse, et selle aku tühjaks ei saaks. Mobiiltelefoni kasutamisel tekkinud jäljerida sisaldab eelkõige kõnetoiminguid (helistamine, lühisõnumid), aga ka mobiilse interneti kasutusstatistikat, mis salvestuvad mobiilsideoperaatori andmebaasi. Selle alusel maksavad kliendid oma igakuiseid arveid. Kõnetoimingute andmebaas sisaldab endas aga oluliselt rohkem infot: salvestub kasutaja ID, kõnetoimingu aeg ja mobiilimasti täpsusega ka asukoht. Nii kogutud asukohainfot tuntakse passiivse mobiilpositsioneerimise (ingl *call detail record* – CDR) nime all. Sellest infost piisab, et uurida telefoni kandja liikumismustreid ning tuvastada tema jaoks olulisi kohti (nt elukoht, päevane tegevuskoht jt).

Mõistagi kaasneb mobiilpositsioneerimise abil kogutud andmetega hulk privaatsusega seonduvaid küsimusi. Üldjuhul ei taha inimesed teistele näidata, kus nad viibivad. Mobiiltelefoni kasutajale pakub siinkohal meelerahu 2018. aastal rakendunud Euroopa Parlamendi isikuandmete kaitse üldmäärus (*General Data Protection Regulation* – GDPR), milles on muu hulgas rangelt määratletud ka passiivse mobiilpositsioneerimise abil kogutud andmete kogumine, töötlemine ja hoidmine. Lisaks seadusandlikule regulatsioonile vähendab mobiiliandmete puhul turvariski ka iseeneslikult rakenduv k-anonüümsuse printsiip, mis seisneb selles, et mobiilimastid paiknevad hõredamalt ja on seetõttu suurema levialaga neis piirkondades, kus on vähem inimesi. Kokkuvõttes tähendab see, et üksikindiidi identifitseerimine on andmekaitse reegleid järgides võimatu.

Üks esimesi teadustöid, milles tutvustati mobiilpositsioneerimise kasutamise võimalusi inimeste käitumise uurimisel, avaldati juba 2005. aastal (Ahas, Mark, 2005). Sellest alates on edukalt tõestatud, et mobiilpositsioneerimine loob palju uusi võimalusi andmete kogumiseks ja analüüsiks, mille käigus avatakse täiesti uusi tahke ühiskondlikest nähtustest või asendatakse varasemad keerukad ja/või kallid andmekogumise meetodid efektiivsematega. Mahuka teadustöö tulemusena on hakanud uute IKT-andmete, sh eelkõige mobiilpositsioneerimise peale mõtlema ka erinevad rahvusvahelised ja riiklikud organisatsioonid, mille tegevuste hulka kuulub statistika tootmine.

Eesti Statistikaameti arengukava 2018–2022 sõnastab, et nõudlus statistika järele suureneb ning andmeid oodatakse aina rohkemate nähtuste kohta ja kiiremini. Selle rahuldamise ühe variandina nähakse ette uute andmeallikate kasutamist. Eraldi on välja toodud mobiilpositsioneerimine, mida planeeritakse kasutada juba 2020. aasta 31. detsembri seisuga rahvaloenduse korraldamisel (tegelikkuses

lukkub ilmselt edasi). Suurandmeid ja mobiilpositsioneerimist kitsamalt mainivad oma arengukavades ka mitmed teised riiklikud institutsioonid (Justiitsministeerium, Maaeluministeerium, Sotsiaalministeerium, Töötukassa jt). Kuigi avalik sektor on mobiilpositsioneerimise andmetel põhinevaid teadustöid tellinud juba aastaid, on arengukavade loosunglikud plaanid täitunud väga vähesel määral. Erandina tasub siinkohal mainida Eesti Panka, mis kasutab mobiilpositsioneerimise andmeid reisi-teenuste statistika koostamisel juba alates 2008. aastast. Suuri plaane suurandmete, sh mobiilpositsioneerimise kasutamise vallas teeb teiste hulgas ka Eurostat, kus valdkonnaga tegeleb mitu töögruppi ja peetakse vastavaid konverentse. Vajadusele pöörata suurandmete kasutamisele oluliselt rohkem tähelepanu rõhutab Euroopa statistikasüsteemi komitee poolt vastu võetud Scheveningeni Memorandum (*Scheveningen Memorandum. Big Data and Official Statistics*, 2014).

Mobiilpositsioneerimise andmete suur väärtus seisneb selles, et need on tiheda ajalise sammuga ruumiandmed. Asukoha määramise täpsus on aga piiratud mobiiltelefoni levialaga ning seetõttu on administratiivüksuste põhise statistika koostamisel kriitilise tähtsusega just nimelt ruumilise interpoleerimise meetodite valik.

### 3. Andmed ja meetodika

#### 3.1. Mobiilpositsioneerimise andmed

Mobiiltelefoni asukoha määramiseks on palju erineva täpsuse ja maksumusega võimalusi. Käesolevas töös kasutatakse kõnetoimingute andmebaasi (ingl *Call Detail Record* – CDR), mida tuntakse ka passiivse mobiilpositsioneerimise andmestiku nime all. Sellesse andmestikku on salvestatud kõneteenuse kasutamise aeg, kasutaja ID, asukoht ja teenuse tüüp (joonis 1). Üldjuhul registreeritakse maksustatavad kõnetoimingud (helistamine ja lühisõnumi saatmine), kui aga kasutatakse rändlusteenust, siis salvestuvad ka sisenevate kõnede vastuvõtmise aeg ja koht.

*andmetabel*

parameeter	väärtus
ID	2654813334
sündmus	kõne
aeg	07.05.2015 21:14:10
kärje ID	6548

*mastide info*

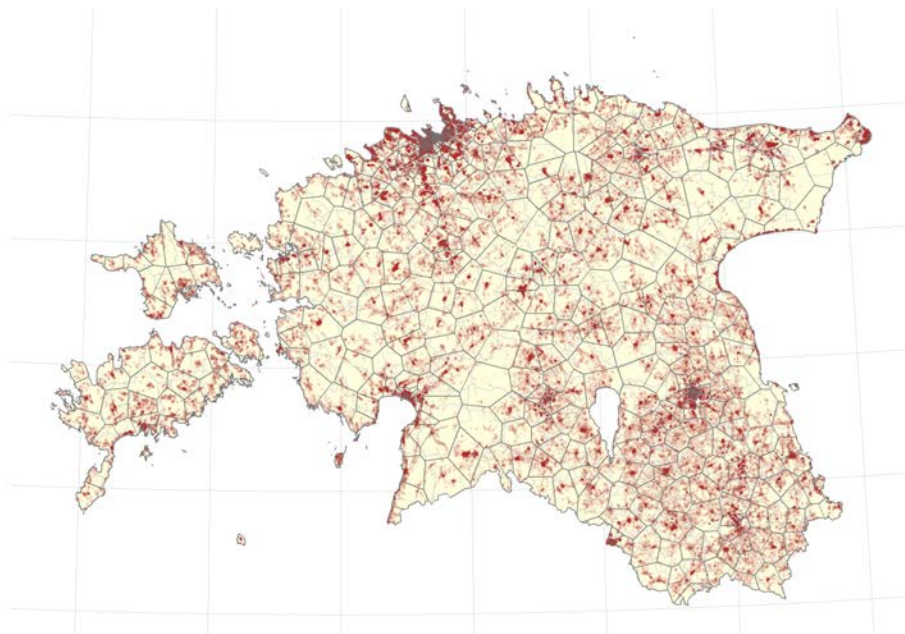
parameeter	väärtus
kärje ID	6548
pikkus	26,85
laius	57,35



**Joonis 1.** Kõnetoimingute andmebaasi skeem

**Figure 1.** Database structure of Call Detail Records

Mobiilpositsioneerimise andmed salvestatakse mobiilimasti kärje täpsusega. Mastide tihedus on ruumis väga suure varieeruvusega ja otseselt seotud rahvastiku paiknemisega: mida rohkem inimesi, seda tihedam mobiilivõrk (joonis 2).



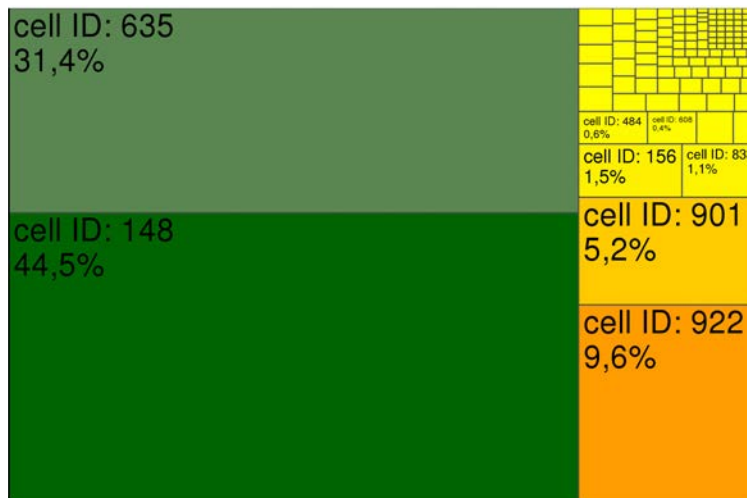
**Joonis 2.** Hoonestuse (punakaspruun säbru) paiknemine ja mobiilimastide teoreetilised levialad (tumehallid polügonid<sup>1</sup>) Eestis

**Figure 2.** Distribution of mobile network coverage areas (gray polygons) and housing (brown dots)

Mobiiltelefonide abil kogutavad andmed on olemuselt suurandmed ja vajavad tähelepanelikku kvaliteedikontrolli: näiteks võib esineda andmelünki, topelt kirjeid jmt. Kui andmed on rutiinse automatiseeritud kontrolli läbinud, arvutatakse nendest ankurpunktid, mis kajastavad telefoni kandja poolt regulaarselt külastatavate kohtade paiknemist ja olemust (nt elukoht ja päevane tegevuskoht). Ankurpunktide leidmise meetodika tugineb eeldusele, et inimene viibib suurema osa oma ajast kindlates kohtades ning teeb nendes kohtades ka enamiku kõnetoimingutest. Selle eelduse tõestamiseks on ühe juhuslikult valitud respondendi kõnetoimingute jagunemine mobiilimastide kärgede vahel perioodil 2008–2013 (joonis 3). Näeme, et kuigi kõnetoiminguid on tehtud väga paljude erinevate kärgede levialas, on kahes tähtsaimas kärjes tehtud 75,9% kõnetoimingutest (neljas tähtsaimas kärjes 90,7%). Pikaajalise

<sup>1</sup> Käesoleva artikli autorid on veendunud, et tänase (2019) õigekeelsussõnaraamatu „polügoon“ asemel kõlab „polügon“ palju paremini.

kogemuse põhjal võib väita, et kõnetoimingute selline kõrgede-vaheline jaotus on ilmselt omane kõikidele mobiiltelefoni kandjatele. Nii võime oletada, et kõnetoimingute ajalis-ruumilise jaotuse põhjal saame välja selgitada ka telefoni kasutaja jaoks olulised kohad ehk nn ankurpunktid.



**Joonis 3.** Juhuslikult valitud respondendi kõnetoimingute protsentuaalne jagunemine mobiilimasti kõrgede vahel perioodil 2008–2013

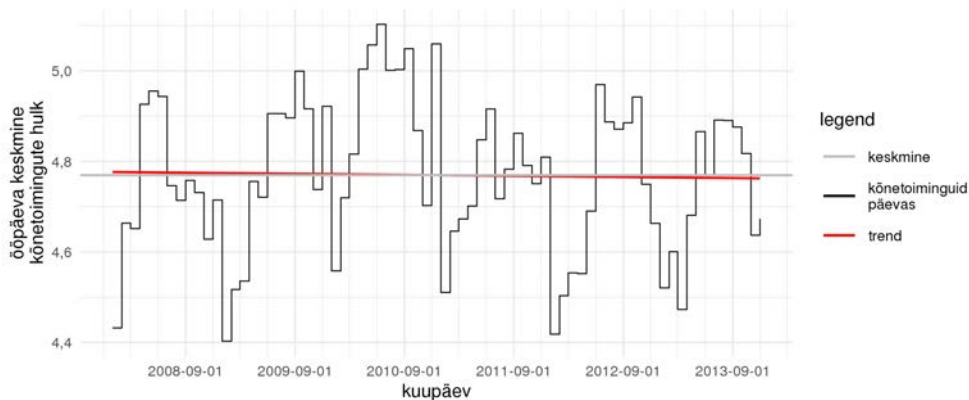
**Figure 3.** Share of call activities made in different cells by a randomly chosen individual during 2008–2013

Tartu Ülikooli geograafia osakonna mobiilsusuuringute laboris ja selle kõrval-ettevõttes Positium kasutatav ankurpunktide kontseptsioon arendati välja peaaegu samal ajal kui laekusid esimesed mobiilpositsioneerimise andmed. Ankurpunktide meetodika avaldati 2010. aastal (Ahas *et al.*, 2010). Lihtsustatult võttes loetakse ankurpunktiks mobiilimasti, mille levialas on kõnetoiminguid tehtud ühe kuu jooksul vähemalt kolmel päeval. Ankurpunkti tüüp määratakse omakorda vastavalt selle tähtsusele ja kõnetoimingute ööpäevasele jaotusele nädala lõikes (tööl ollakse tööpäevadel päevasel ajal, kodus ollakse öhtust hommikuni jne). Käesolevas töös keskendutakse elukoha ankurpunktide analüüsimisele.

Kuigi esmapilgul tundub, et passiivse mobiilpositsioneerimise teel kogutud andmestik on üüratult suur, siis detailsema vaate puhul võiks pigem isegi kurta andmete hõreduse üle. Nii on keskmine kõnetoimingute hulk inimese kohta ööpäevas olnud läbi aastate stabiilselt 4,7 kõnetoimingu kandis (joonis 4). Seega näeme, et vaatamata mõningasest sesoonsusest (maksimumiga suvekuudel), on kõnetoimingute hulk ajas statsionaarne. Lisaks ruumilisele täpsusele, mis tuleneb mobiilimastide paiknemisest ruumis, seab uurimisvõimalustele piirid ka kõnetoimingute ööpäevane hulk – ilmselt pole eriti tulemuslik leida inimese liikumistekondi ühe päeva jooksul, küll aga



saame uurida pikemaajalisi protsesse, rahvastiku paiknemist (Silm, Ahas, 2010), pendelrännet (Novak *et al.*, 2013), elukohavahetusi (Kamenjuk *et al.*, 2017), turismi (Ahas *et al.*, 2007, 2008; Raun *et al.*, 2016), segregatsiooni (Toomet *et al.*, 2015) ja mitmeid teisi aspekte.



**Joonis 4.** Kõnetoimingute keskmine hulk ööpäevas perioodil 2008–2013

**Figure 4.** Daily average number of call activities during 2008–2013

### 3.2. Rahvaloenduse andmed

Rahvaloenduse andmete kasutamine kannab käesolevas töös kahte eesmärki. Eeldame, et tegemist on parima teadaoleva tegelikkust kirjeldava andmestikuga, mida käesolevas töös kasutatakse esiteks erinevate interpoleerimismeetodite valideerimiseks ja teiseks tulemuste üldpopulatsioonile viimiseks. Kuna käesolevas töös on eeldatud, et täpsem traditsioonilise meetodiga kogutud rahvastiku paiknemist kirjeldav andmestik on pärit viimasest, 2011. aasta rahvaloendusest, siis kasutatakse parima võrreldavuse huvides samast aastast ka mobiilpositsioneerimise andmeid ja haldusjaotust.

### 3.3. Lisaandmed ruumiliseks interpoleerimiseks

Töös kasutatakse Eesti omavalitsuste administratiivjaotuse andmekihti 2012. aasta jaanuari seisuga. Osade ruumilise interpoleerimise meetodite rakendamiseks kasutatud hoonestuse ja teede andmekihid on saadud Maa-ameti Eesti topograafilisest andmekogust. Kõik Maa-ameti andmed on alla laaditud Maa-ameti Geoportaalist (<https://geoportaal.maaamet.ee>).

### 3.4. Ruumiline interpoleerimine

Kuna passiivse mobiilpositsioneerimise andmeid kogutakse mobiilsideasti leviala täpsusega, siis on väga oluline kasutada võimalikult hästi tegelikku rahvastiku paiknemist kirjeldada suutvat meetodikat ning lisaks anda ka hinnang kasutatava interpoleerimismeetodi täpsusele. Paljudes senistes töodes on seda käsitatud vaid möödaminnes või hoopiski käsitlemata jäetud.

Passiivse mobiilpositsioneerimise tulemuseks on punktandmed. See tähendab, et kuigi inimesed võivad ruumis paikneda mõningate mööndustega kus iganes, siis mobiilimastid, mille täpsusega andmete salvestamine toimub, on püstitatud ruumis ebaühtlase jaotusega ning iga masti asukohta käsitletakse diskreetse punktina. Selleks, et anda mobiilpositsioneerimise andmete põhjal arvutatud karakteristikutele ruumiline kontekst, on vaja astuda mitmeid samme. Esmalt tuleb punktandmed ruumis interpoleerida – andmepõhiseid otsuseid vastu võttes ei huvita meid aktiivsete klientide hulk masti levialas, vaid näiteks inimeste hulk kindlas administratiivüksuses. Asi muutub keeruliseks kohe alguses – mobiilimastide levialade piirid pole teada, need muutuvad ajas (nt uute mastide lisandumine; sesoonne puude lehtimise mõju signaali levile jmt). Samuti on erinevatel antennidel erinev signaali tugevus ning seetõttu ka levialatus. Välitööd levialade kaardistamiseks on utoopiliselt kallid. Probleemi lahendamiseks tuleb alustada mitme lihtsustusega: eeldame, et mastidest lähtuv signaal levib naabermastide suunas n-ö poolele teele. Linnades, kus levi nõrgeneb hoonestuse varjutava mõju tõttu, kindlustab võrgule parema kvaliteedi antennide tihedam paiknemine. Ühe levinud võttena kasutatakse mobiilimastide teoreetilise leviala määramiseks Voronoi diagrammi (González *et al.*, 2008), mida tuntakse ka kui Thiesseni polügonid ja Dirichlet' mosaiik. Selle kohaselt loetakse mingi mobiilimasti levialaks piirkond, mille iga osa on kõige lähemal vastavale mastile. Edasise sammuna on vaja tulemuseks saadud lausaline mastide polügonpind interpoleerida soovitava administratiivüksuse tasemele. Selleks on erinevad uurijad kasutanud erinevaid võimalusi.

Järgnevalt toome välja neli ruumilise interpoleerimise liiki ning nende arvutamise alused.

#### 3.4.1. Punkt polügonis

Meetod on oma olemuselt väga lihtne: polügonile (antud juhul omavalitsusele) omistatakse kõikide selle piiridesse jäävate punktide väärtuste agregaat (antud juhul summa). Punkt polügonis meetodit on varasemates mobiiliandmeid kasutavates töodes kasutatud väga sageli (nt Becker *et al.*, 2013; Wesolowski *et al.*, 2013; Williams *et al.*, 2015). Ilmselt on selle põhjuseks meetodi ülim lihtsus. Meetod võib hästi sobida juhtudel, kui mobiilimastide tihedus ja asustusüksuste suurus on samas suurusjärgus või on maste tihedamalt. Liiga suurt ruumilist täpsust taga ajades (omavalitsuste

asemel näiteks kandidid või asustusüksused) võib tulemuseks olla suur hulk valgeid laike: väärtusteta administratiivüksuseid, mille piiridesse ei jää ühtegi mobiilimasti.

### *3.4.2. Pindalaga kaalutud interpoleerimine*

Teine väga tihti mobiilpositsioneerimise andmete ruumiliseks interpoleerimiseks kasutatav meetod on pindalaga kaalutud interpoleerimine (nt Ahas *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2012). Eelmise meetodiga võrreldes tehakse sel juhul lisaarvutus: mobiilimastide asukohaandmete põhjal arvutatakse Voronoi diagramm, mille käigus arvutatakse mobiilimastide teoreetilised levialad. Seejuures puudub igasugune teave mastide võimsuse kohta ja neid käsitletakse võrdsetena. Pärast Voronoi diagrammi rakkude pindalade leidmist arvutatakse iga mobiilimasti teoreetilise leviala kohta masti teoreetilise leviala jagunemine erinevate omavalitsuste vahel. Vastavalt osakaalu protsendile omistatakse ka iga mobiilimasti väärtustest vastav osa konkreetsele omavalitsusele. Võrreldes punkt polügonis meetodiga on pindalaga kaalutud interpoleerimise eelis, et tulemuseks ei teki  $n$ -ö valgeid laike, st et kõigile administratiivüksustele arvutatakse mingi väärtus. Samal ajal ei arvesta meetod rahvastiku ebaühtlast paiknemist ruumis. Vaatame näidet, mille puhul mobiilimast asub väikelinnas, mida ümbritsevad maalised hajaasustatud omavalitsused. Sel juhul ei arvesta pindalaga kaalutud interpoleerimine asjaolu, et inimesed elavad linna piirides, mitte aga neid ümbritsevatel põldudel või metsades. Meetodi tulemusena omistatakse masti väärtustest ebaõigelt suur osa inimtühjadele aladele ja seda põhjusel, et konkreetse väikelinna pindala moodustab vastava masti teoreetilisest pindalast vaid väikese osa.

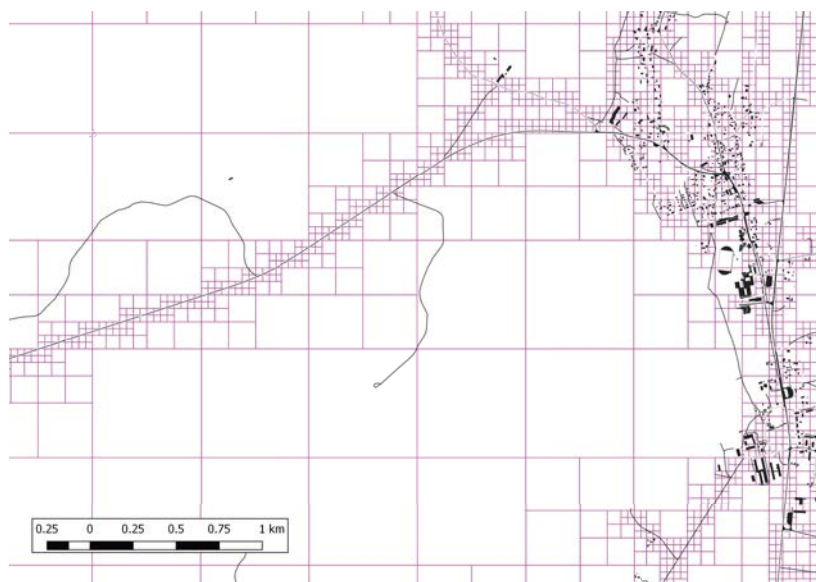
### *3.4.3. Hoonestusega kaalutud interpoleerimine*

Inimasustuse paiknemist kirjeldab väga hästi maakasutus. Primitiivsuseni lihtsustades võime väita, et inimesed elavad majades ja maju on tihedamalt asulates. See tõttu on ilmselt kõige loogilisem rahvastiku paiknemise modelleerimisel arvestada hoonestuse paiknemisega. Hoonete ja teiste parameetrite alusel on inimeste paiknemist näidanud Järv ja kolleegid (2017), kuid uuringuala piirdub tihedalt asustatud Tallinnaga ja tulemuseks on inimeste paiknemise suhtelised arvud, mitte aga reaalsed väärtused.

Hoonestusega kaalutud interpoleerimine töötab põhimõttelt väga sarnaselt pindalaga kaalutud interpoleerimisega. Nii nagu eelmise meetodi puhul, arvutatakse mobiilimastide põhjal Voronoi diagramm. Peamine erinevus, nagu nimigi ütleb, on see, et pindala asemel on kaaluks hoonestuse paiknemine – mida suurem osakaal hoonetest jääb Voronoi diagrammi raku piirkonda, seda suurem osakaal mobiilimasti väärtustest omistatakse vastavale omavalitsusele.

### 3.4.4. Kohandatud Mortoni võrel interpoleerimine

Nii nagu eelmise meetodi puhul, kasutatakse ka Mortoni võre puhul lisandusena hoonestuse andmekihti, millele lisandub ka teede kiht. Suurim erinevus eelmise meetodiga on see, et esmalt interpoleeritakse mastiandmed võimalikult väikestele ruumiüksustele, millelt edasi on võimalik konverteerida andmed asustushierarhia soovitava tasemele (asustusüksus, kant, omavalitsus, maakond). Selleks kasutatakse kohandatud Mortoni võret (Morton, 1966). Võre on kohanduv selles mõttes, et võre silma suurus muutub vastavalt inimeste hulgale, kes piirkonnas potentsiaalselt viibivad. Nii on linnades võre silma suurus oluliselt väiksem kui loodusaladel (joonis 5). Käesolevas töös sõltub võre silma suurus hoonestuse ja teede tihedusest (mida suurem tihedus, seda väiksema suurusega on võre silm).



**Joonis 5.** Fragment kohanduvast Mortoni võrest (fuksiinpunane), taustaks hoonestus ja teedevõrk (must)

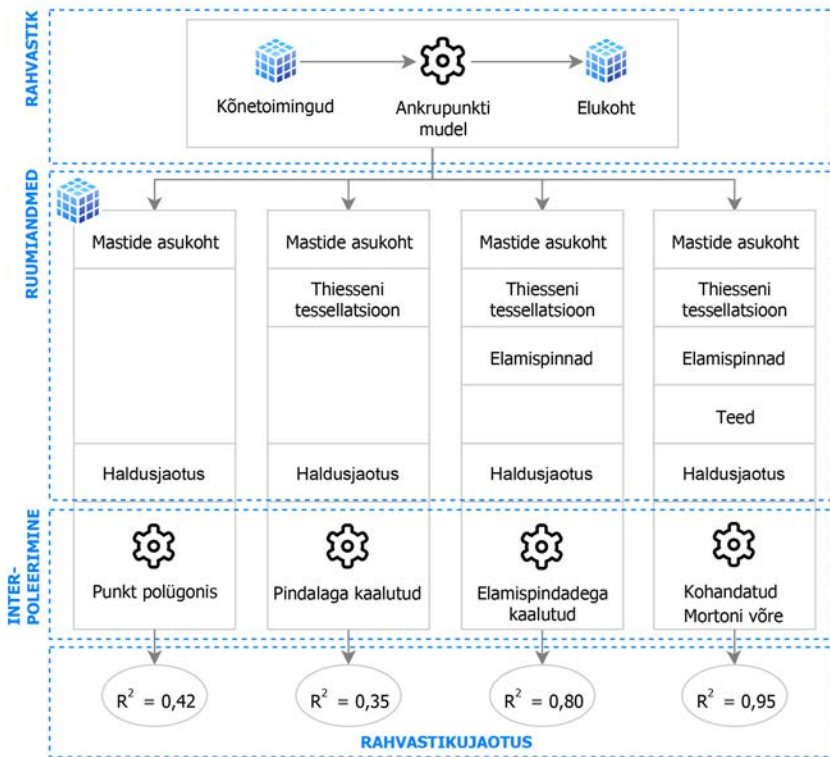
**Figure 5.** Road network and housing layer covered by a fragment of adaptive Morton grid (purple)

Kohandatud Mortoni võre silma suuruse ja hoonestuse osakaalu alusel omistatakse igale võre silmale rahvastiku paiknemise tõenäosuse väärtus. Järgmise sammuna viiakse mobiilimastide levialade kaupa saadud väärtused ülekatte (ingl *overlay*) operatsiooni abil kohandatud Mortoni võrele vastavalt võresilmade tõenäosusväärtustele. Siit edasi on võimalik järgmise ülekatte operatsiooni abil – Mortoni võrele arvatud väärtuse ja pindalaga kaaludes – interpoleerida rahvastiku paiknemist soovitud mõõtkavas ja hierarhias.

### 3.4.5 Interpoleerimismeetodite valideerimine ja teisendamine üldpopulatsioonile

Interpoleerimismeetodite headuse hindamiseks arvutati iga meetodi kohta lineaarse regressiooni mudel, kus argumenttunnuseks oli omavalitsuste tasemel interpoleeritud mobiiliandmete alusel saadud kodukoha ankrupunktide hulk ja funktsioon-tunnuseks elanike arv omavalitsustes rahvaloenduse järgi. Tunnuste normaliseerimiseks (eelkõige suurte omavalitsuste mõju vähendamiseks) on nii argument- kui ka funktsioon-tunnusest võetud kümnendlogaritm. Meetodite headust hinnati determinatsioonikordaja tugevuse ( $R^2$ ) ja jääkide standardvea alusel. Mudelite prognoosväärtuseid kasutatakse ühtlasi ka üldpopulatsiooni kirjeldava rahvaarvu väärtusena.

Tööprotsess erinevate mudelite lõikes ja neis kasutatavad andmed on esitatud kokkuvõtvalt joonisel 6.



Joonis 6. Mobiilpositsioneerimise andmetest omavalitsuste rahvastiku modelleerimise töövoog

Figure 6. Workflow for modelling population statistics in municipalities from mobile positioning data

#### 4. Tulemused

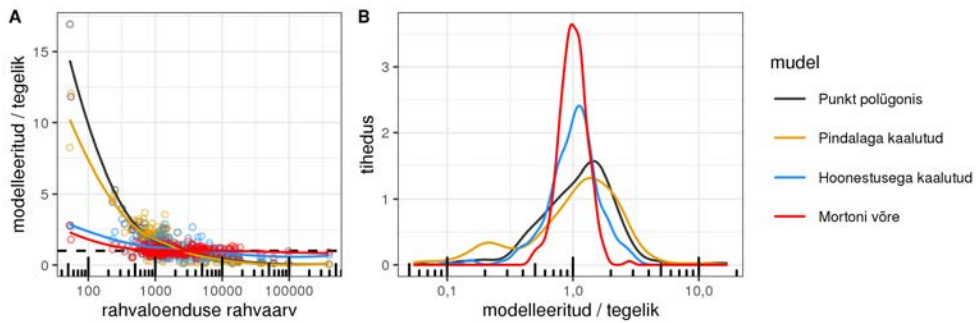
Kuigi kõik testitud meetodid annavad rahvaarvu prognoosimisel statistiliselt väga olulise tulemuse ( $P < 0,0001$ ), on mudelid väga erineva prognoosivõimega. Analüüsitulemused kinnitavad esialgseid ootuseid. Punkt polügoonis ja pindalaga kaalutud interpoleerimise meetodid on sarnaselt nõrga tulemusega (tabel 1, joonised 7.B, 8, 9). Seejuures ilmneb nõrkus eriti väiksemate omavalitsuste rahvaarvu prognoosimisel neid tugevalt ülehinnates (joonis 7.A). Punkt polügonis ja pindalaga kaalutud interpoleerimise mudelid suudavad kirjeldada vastavalt vaid 42% ja 35% rahvaarvu varieeruvusest Eesti omavalitsustes. Hüppeliselt parema tulemuse annab hoonete lisaandmestiku kasutamine, mille alusel arvutatud mudel on kaks korda parema prognoosivõimega (80%) kui punkt polügonis ja pindalaga kaalutud meetod. Mortoni kohandatud võre puhul suureneb kirjeldusvõime veelgi ja ulatub 95% tasemeni.

**Tabel 1.** Mobiilpositsioneerimise andmetel modelleeritud rahvaarvu mudelite kokkuvõtted

**Table 1.** Results of linear regression models for different spatial interpolation methods

Meetod	R <sup>2</sup>	Sirge tõus	Vabaliige	RSE	P	Eesti rahvaarv
Punkt polügonis	0,42	0,443	2,089	0,364	< 0,0001	572 568
Pindalaga kaalutud	0,35	0,462	2,066	0,387	< 0,0001	568 795
Hoonestusega kaalutud	0,80	0,979	0,587	0,215	< 0,0001	1 032 295
Mortoni võre	0,95	1,016	0,437	0,111	< 0,0001	1 218 171
Rahvaloendus						1 294 455

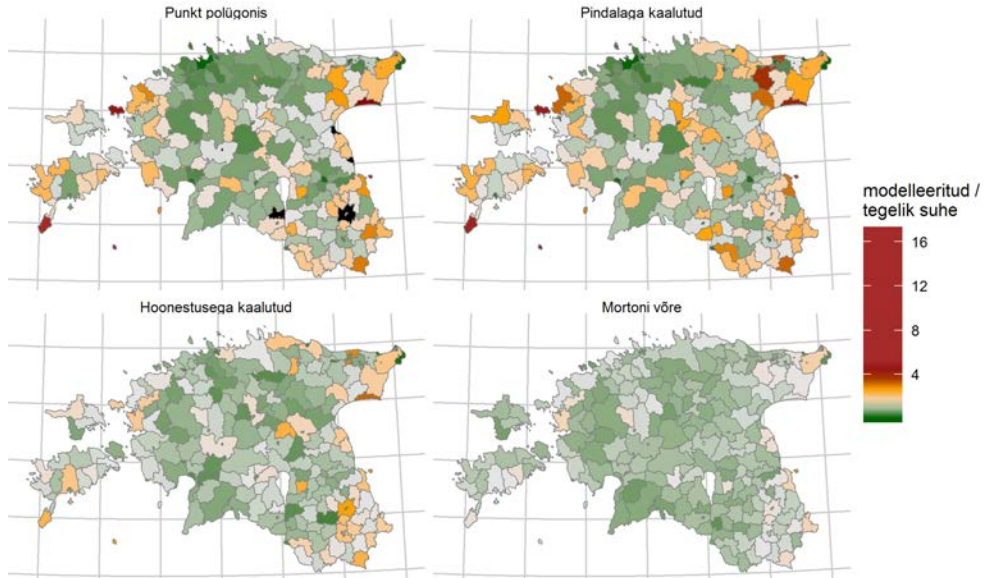
Nagu metoodika osas eeldatud, on punkt polügonis mudeli kõige silmatorkavam probleem puuduva väärtusega omavalitsused (joonised 8 ja 9), mida on antud juhul kokku kaheksa 226 omavalitsusest. Põhjuseks on asjaolu, et neis ei paikne mitte ühtegi mobiilimasti. See mõistagi ei tähenda, et omavalitsuses pole levi, vaid et vastava omavalitsuse territooriumil tehtud kõnetoimingud lähevad naaberomavalitsustes paiknevate mobiilimastide tõttu nende omavalitsuste arvele. Tulemuseks on osade omavalitsuste kohta prognoosväärtuste täielik puudumine ja nende naaberomavalitsuste rahvaarvu ülehindamine.



**Joonis 7.** A) Modelleeritud rahvaarvu ja tegeliku rahvaarvu suhte seos; B) modelleeritud ja tegeliku rahvaarvu suhte tihedusjaotus

**Figure 7.** (A) Interaction between modelled population and actual population; (B) density plot of modelled and actual population size

Olukord ei parane ka pindalaga kaalutud mudeli puhul. Mudeli kirjeldusvõime on isegi väiksem kui punkt polügonis meetodil (tabel 1). Kuigi mudel suudab anda prognoosväärtusi kõigile omavalitsustele, on suur probleem väikeste omavalitsuste (eelkõige väikelinnad) alahindamine (joonised 7.A ja 8) ning väga varieeruv modelleeritud ja tegeliku rahvaarvu suhe (joonis 7.B).

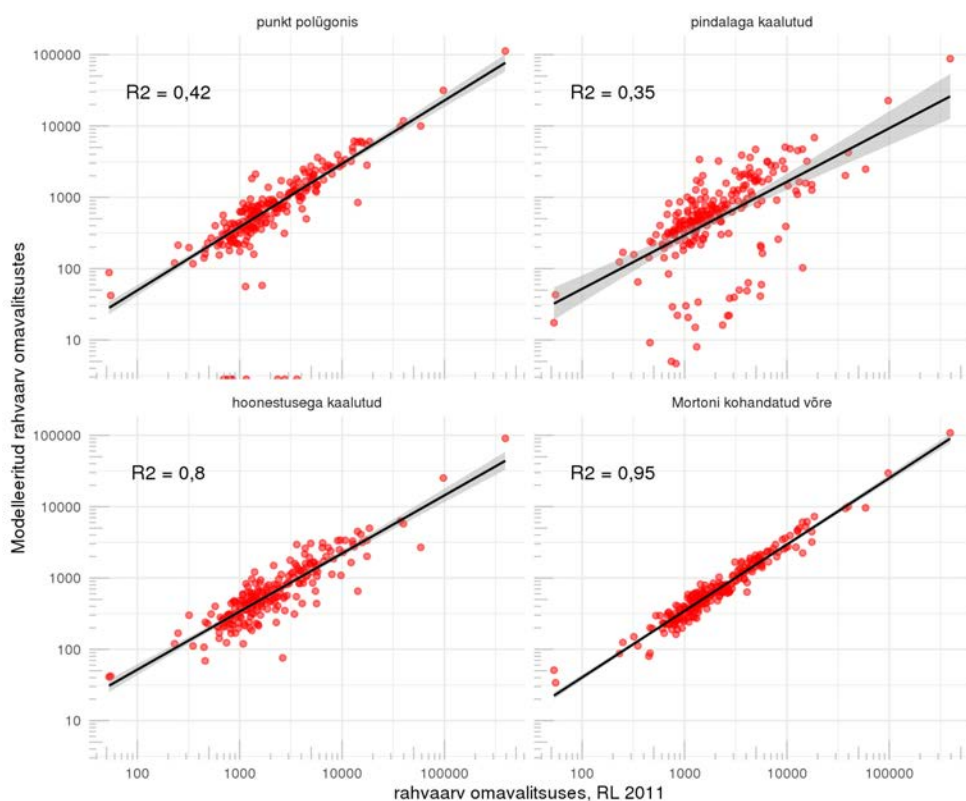


**Joonis 8.** Omavalitsuste kaupa modelleeritud ja rahvaloendusega kogutud rahvaarvu suhte ruumiline jaotus (mustaga on tähistatud puuduvad väärtused)

**Figure 8.** Population distribution ratios between modelled and actual population in municipalities using four spatial interpolation methods

Hoonestusega kaalutud mudel annab märksa parema tulemuse, mida kinnitavad ka koondstatistikud (tabel 1). Mudel kirjeldab 80% rahvastiku paiknemisest. Võrreldes kahe varem analüüsitud mudeliga on hoonestusega kaalumisel prognoositud väärtuste ja tegelike väärtuste suhe oluliselt väiksema varieeruvusega ning suuri väljalööke ei esine (joonised 7 ja 8). Siiski võib täheldada ka teatud ruumilist mustrit: omavalitsused, kus erinevuskordaja on suurem, paiknevad piirkondades, kus ääremaastumine on suurem. See võib põhjustada asjaolu, et piirkonnas on rohkem kasutuseta või ainult suvemajadena kasutatavaid hooneid. Nii on võimalik, et mudel ülehindab nende piirkondade rahvastikku.

Parimaid tulemusi annab Mortoni kohandatud võrel modelleerimine. Mudel kirjeldab 95% omavalitsuste rahvaarvu varieeruvusest (tabel 1). Paremust teiste mudelite ees tõestab ka modelleeritud ja loendatud rahvaarvu suhte väike varieeruvus (joonised 7–9).

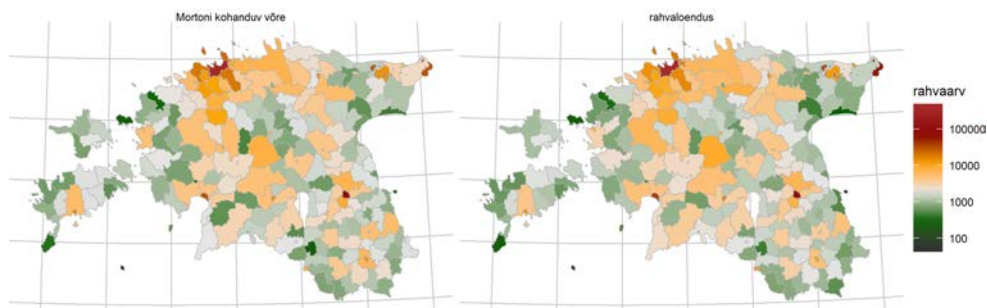


**Joonis 9.** Mobiilpositsioneerimise abil modelleeritud rahvaarv omavalitsuses võrdlusena rahvaarvu loenduse (2011) tulemustega.

**Figure 9.** Interaction of population in municipalities modelled from mobile positioning data and according to census (2011).



Järgneval joonisel (joonis 10) on kõrvuti asetatud mobiilpositsioneerimise andmetel koostatud rahvastiku paiknemise (Mortoni kohandatud võre meetodil) ja rahvaloendusega loendatud rahvastiku paiknemise kaardid. Erinevused on silmale eristamatud.



**Joonis 10.** Rahvaarv omavalitsustes 2011. aastal modelleerituna mobiilpositsioneerimise andmetel ja rahvaloenduse tulemusena

**Figure 10.** Population distribution according to mobile positioning data based on adaptive Morton grid method (left) and census data (right) in 2011

## 5. Arutelu

Mobiilpositsioneerimise andmete kättesaadavus teaduslikuks uurimistöök on pidevalt paranenud. Aina rohkem uusi aspekte inimeste ajalis-ruumilisest käitumisest on leidnud kirjeldamist just nimelt mobiilpositsioneerimise andmete abil. Tehtud on palju rakenduslikke uuringuid: turism, pendelränne, kronobioloogia, segregatsioon, hargmaisuus jpt.

Inimese tegevus ruumis pole juhuslik ja suurem osa meie elust on seotud mõne kindla kohaga. Neist omakorda tähtsaim on elukoht ehk kodu. Suur osa mobiiliandmete baasil valminud töödest ongi seotud elukoha ja sellest lähtuva mobiilsuse temaatikaga.

Nagu paljude teistegi IKT valdkonna tegevuste puhul, on ka mobiilpositsioneerimise andmete kasutamisel ametliku statistika tootmisel väga pikk väärtusahel ning eeldab väga paljude osaliste koostööd, usaldamist ning mõistmist. Kui üks sõlm ei tööta, laguneb terve väärtusahel. Võrreldes n-ö tavaliste teadusuuringutega eeldab ametliku statistika tootmise protsess metoodilist statsionaarsust ja läbipaistvust. Ei piisa vaid tõdemusest, et leidsime mingitest andmetest mingi signaali, mida uuritakse, keskendudes vaid piiratud territooriumile ning reaalseid numbreid välja ütlemata. Kuigi mobiiliandmete puhul on esimene takistus enamasti ligipääs andmetele, algab tegelik probleemide lahendamine valimist. Tihti on andmed pärit vaid ühelt paljudest turuosalistest ning kasutajad ei kata erinevaid sotsiaalseid grupe

ühtlaselt. Väga olulisel kohal on teadlaste pädevus, kes arendavad algoritme, et andmestikest erinevaid nähtusi tuvastada ning hiljem saadud tulemusi interpreteerida. Sellele järgnev probleemistik on seotud tulemuste ruumilise interpoleerimise ja üldpopulatsioonile viimisega. Nii näiteks on otsustajale vähe abiks teadmine, et mingi mobiilimasti levialas on teatud sündmusega seotud 26% mingi mobiilsideoperaatori klientidest. See võib olla iseenesest huvitav, aga otsustaja tahab üldjuhul infot täpselt piiritletud ruumiüksuse ning kõigi nähtusega seotud osalejate kohta.

Käesolev uurimistöö kinnitab, et mobiilpositsioneerimise andmete abil on võimalik toota reaalsust hästi kirjeldavat rahvastikustatistikat. Töös arendatud meetodika võimaldab kirjeldada 95% rahvaloendusega kogutud rahvaarvu varieeruvusest omavalitsustes. Mobiilpositsioneerimise andmetel on üks selge eelis võrreldes küsitluspõhiste andmetega, nimelt saab nende baasilt elukohtade statistikat arvutada väga palju kiiremini. Tegelikult oleks võimalik teostada rahvaloenduse sarnast elanikkonna loendust mobiilpositsioneerimise andmete abil lausa iga päev. Veelgi enam, mobiilide abil on võimalik koguda ka teistsugust asukohapõhist statistikat, nagu näiteks töökohtade paiknemist, vaba-aja veetmise kohtasid ning turismiga seotud külastusstatistikat. Küll aga peab meeles pidama, et kõikide nende arvutuste juures on tähtis meetodika valik, sest nagu käesolev töö on näidanud, võib ainuüksi interpoleerimismetoodika valik anda väga erineva täpsusega tulemusi (35%–95%).

Mobiilpositsioneerimise andmete analüüsi igal sammul puutume kokku andmete ja privaatsuse kaitse küsimustega. Euroopa Liidus kehtib alates 2018. aastast Euroopa Parlamendi isikuandmete kaitse üldmäärus (GDPR). Määruse eesmärk on kindlustada isikuandmete parem kaitse, andes isikule suurema kontrolli oma andmete üle. Ühtlasi peaks uus määrus võimaldama teadlastele paremat ligipääsu erinevatele andmekogudele ning neid omavahel linkima. Praktikas pole see põhimõte seni veel teostunud ning ligipääs erinevate IKT teenuste, sh mobiilpositsioneerimise, andmetele on sageli raskendatud ja episoodiline. See tähendab aga, et suure potentsiaaliga andmestikud kustuvad serveritest pärast seadusandja seatud hoidmisaja täis tiksumist ning strateegiates ja arengukavades seatud eesmärgid jäävad täitmata. Olukorra parandamiseks on ühelt poolt vaja erinevatel huvigruppidel teha oluliselt rohkem teavitustööd, teiselt poolt aga ka poliitilist tahet, et rikkalikud andmed ka edaspidi ühiskonna heaolusse panustamata unustusse ei kaoks.

## 6. Kokkuvõte

Eesti Statistikaamet on oma 2018–2022 arengukavas tõdenud, et nõudlus statistika järele kasvab ja andmeid oodatakse aina rohkemate nähtuste kohta ning kiiremini. Nõudluse rahuldamise ühe leevendusena nähakse muu hulgas samas arengukavas ette mobiilpositsioneerimise andmete kasutamist.

Käesoleva töö eesmärk oli näidata, kuidas on võimalik mobiiltelefonide kõnetoimingute logifailide abil toota kvaliteetset kogu riiki katvat rahvastikustatistikat. Eraldi tähelepanu pöörati mobiilimastide põhise andmestiku ruumilisele interpoleerimisele, et selgitada võimalikult täpne ja kuluefektiivne interpoleerimismeetod. Tulemuste valideerimiseks testiti nelja interpoleerimismeetodi kasutamise tulemusena saadud omavalitsuste rahvaarvu lineaarse regressioonianalüüsi abil, kus funktsioontunnuseks on rahvaloenduse rahvaarv ja argumendiks omavalitsuste tasemele interpoleeritud koduankurpunktide arv.

Töövoog mobiiliandmetest kogu riigi rahvastikku katva statistika tootmiseks algab iga respondendi regulaarsete tegevuskohtade leidmisest (ankurpunktid). Seejuures on elukoht iga inimese jaoks kõige tähtsam koht, kus ollakse kõige rohkem ajast. See tähendab, et ilmselt on ka kodu tuvastamine mobiiliandmete põhjal kõige kergem. Lihtsustatult võime eeldada, et mida rohkem me kuskil viibime, seda suurem on tõenäosus, et me teeme seal ka telefonikõnesid, saadame lühisõnumeid jmt. Koduankurpunkti määramisel arvestatakse seal viibitud päevade arvu ja kõnetoimingute ööpäevast jaotust.

Kuna algselt on elukoha ankrukoht määratletud mobiilimasti koordinaatidena ja kodu täpne asukoht jääb teadmatuks, tuleb kasutada ruumilist interpoleerimist, et punktandmed esindaksid ruumiüksusi (nt omavalitsus, asustusüksus, kant jmt). Teisisõnu, punktid tuleb konverteerida polügonideks nii, et see peegeldaks võimalikult täpselt reaalsust, antud juhul rahvastiku paiknemist. Töö käigus testiti nelja punktandmete polügonidele interpoleerimise meetodit: punkt polügonis, pindalaga kaalumine, hoonestusega kaalumine ja kohandatud Mortoni võrel interpoleerimine. Neist esimesed kaks, mida on varasemates uuringutes kasutatud päris tihti, annavad suhteliselt halva tulemuse: mudelid kirjeldavad vastavalt vaid 42% ja 35% rahvastiku varieeruvusest. Seevastu hoonestusega kaalutud interpoleerimine annab oluliselt parema tulemuse (80%) ning Mortoni kohanduva võre kasutamise puhul on tulemus (95%), olles peaaegu identne rahvaloenduse numbritega. Samas pole siingi veel lagi ees ja parandamisruumi on näiteks mobiilimastide levialade määramisel.

Kui mudelid pidevalt paranevad, siis võib ilmselt mingist hetkest ka provotseerivalt küsida, kumb on täpsem, kas inimeste tegelikku paiknemist kirjeldav mobiilpositsioneerimise andmestik või küsitlemise (traditsiooniline rahvaloendus) ja ise-raporteerimise (erinevad riiklikud registrid) teel saadud elukoha aadress?

## **Tänu sõnad**

Käesolev artikkel on valminud teadusgrandi „Ruumilise eraldatuse nõiaringi geograafiline analüüs“ (PUT PRG306) ja RITA1 projekti „Mobiilne eluviis, avalike teenuste tarbimine ja elukohaandmed riiklikes registrites“ (LSVMJ19509) toel. Täname OÜ Positiumit ja mobiilsideoperaatoreid.

## Kirjandus

- Ahas, R., Aasa, A., Mark, Ü. et al. 2007.** Seasonal tourism spaces in Estonia: Case study with mobile positioning data. *Tourism Management* 28(3): 898–910.
- Ahas, R., Aasa, R., Roose, A. et al. 2008.** Evaluating passive mobile positioning data for tourism surveys: An Estonian case study. *Tourism Management* 29(3): 469–486.
- Ahas, R., Silm, S., Järv, O. et al. 2010.** Using mobile positioning data to model locations meaningful to users of mobile phones. *Journal of Urban Technology* 17(1): 3–27.
- Ahas, R., Aasa, A., Yuan, Y. et al. 2015.** Everyday space-time geographies: using mobile phone-based sensor data to monitor urban activity in Harbin, Paris, and Tallinn. *International Journal of Geographical Information Science* 29(11): 2017–2039.
- Becker, R., Cáceres, R., Hanson, K. et al. 2013.** Human mobility characterization from cellular network data. *Communications of the ACM* 56(1): 74.
- Deville, P., Linard, C., Martin, S. et al. 2014.** Dynamic population mapping using mobile phone data. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(45): 15888–15893.
- Eesti Pank. 2017.** *Eesti Panga 2016. aasta aruanne*. Internet: <https://www.eestipank.ee/publikatsioon/aastaruanne/2018/eesti-panga-2017-aasta-aruanne>.
- González, M. C., Hidalgo, C. A., Barabási, A. L. 2008.** Understanding individual human mobility patterns. *Nature* 453(7196): 779–782.
- Järv, O., Tenkanen, H., Toivonen, T. 2017.** Enhancing spatial accuracy of mobile phone data using multi-temporal dasymetric interpolation. *International Journal of Geographical Information Science* 31(8): 1630–1651.
- Kamenjuk, P., Aasa, A., Sellin, J. 2017.** Mapping changes of residence with passive mobile positioning data: the case of Estonia. *International Journal of Geographical Information Science* 31(7): 1425–1447.
- Morton, G. M. 1966.** A computer oriented geodetic data base and a new technique in the file sequencing. 20 p.
- Novak, J., Ahas, R., Aasa, A. et al. 2013.** Application of mobile phone location data in mapping of commuting patterns and functional regionalization: A pilot study of Estonia. *Journal of Maps* 9(1): 10–15.
- Raun, J., Ahas, R., Tiru, M. 2016.** Measuring tourism destinations using mobile tracking data. *Tourism Management* 57: 202–212.
- Euroopa Parlament. 2014.** *Scheveningen Memorandum. Big Data and Official Statistics*.
- Shoval, N., Ahas, R. 2016.** The use of tracking technologies in tourism research: A review of the first decade. *Tourism Geographies* 18(5): 587–606.
- Silm, S., Ahas, R. 2010.** The seasonal variability of population in estonian municipalities. *Environment and Planning A* 42(10): 2527–2546.
- Statistikaamet. 2017.** *Statistikaameti arengukava 2018–2022*.
- Toomet, O., Silm, S., Saluveer, E. et al. 2015.** Where do ethno-linguistic groups meet? How copresence during free-time is related to copresence at home and at work. *PLoS ONE*. 10(5).
- Wang, P., Hunter, T., Bayen, A. M. et al. 2012.** Understanding road usage patterns in urban areas. *Scientific Reports* 2. 1001.
- Wesolowski, A., Eagle, N., Noor, A. M. et al. 2013.** The impact of biases in mobile phone ownership on estimates of human mobility. *Journal of the Royal Society Interface* 10(81).
- Williams, N. E., Thomas, T. A., Dunbar, M. et al. 2015.** Measures of human mobility using mobile phone records enhanced with GIS data. *PLoS ONE* 10(7): 1–16.

## **Spatial interpolation of mobile positioning data for population statistics**

Anto Aasa<sup>1</sup>, Pilleriine Kamenjuk<sup>1</sup>, Erki Saluveer<sup>2</sup>, Janika Raun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup> LBS Positium

### **Summary**

We are living in the Era of Data. In our daily lives we leave digital trails while using different services that incorporate digital components. One of these is mobile phones, as we daily use mobile phones to call each other, send text messages, access internet and use different mobile services. Mobile positioning as a method allows to collect these activities into records that reflect human spatio-temporal behaviour. Currently many agendas and strategic plans (f. e. development plan for 2018–2022 of Statistics Estonia) are emphasising mobile positioning data (MPD) as a potential new smart data source to produce official statistics and enhance data-driven governance. In addition, MPD are used more and more in academia to study the placement and mobility of population (e.g. Ahas *et al.*, 2010, Deville *et al.*, 2014).

However, mobile positioning as a method and a data source also introduces problems, uncertainties and representativeness issues related to the sample and spatio-temporal accuracy. In the current paper, we expand on a couple of these and demonstrate how MPD can be used to produce nation-wide statistics. For that we compare four different spatial interpolation methods of MPD to illustrate issues related to spatial interpolation of point data, which includes converting data from discrete antennae locations to grid or meaningful spatial units (i.e. administrative units) that are used to make decisions regarding spatial development. After interpolation we extrapolate the data to the general population, which allows to evaluate the goodness of different methods by comparing the results with census data.

For interpolation we use meaningful locations (place of residence) detected from the anchor point model developed by Ahas *et al.* (2010). The anchor point model relies on the assumption that a person spends most of the time in specific locations and makes most of the calling activities there. Thus, based on different criteria we can detect place of residence and work time locations.

Four different methods of interpolating point data to polygons were tested: 1) point-in-polygon, 2) areal weighted interpolation, 3) housing-weighted interpolation, 4) adaptive Morton grid interpolation. The first two have been used quite often in previous research, however in this study we received relatively poor results: linear regression models used to compare interpolation results with municipality population count from census data describe only 42% and 35% of the population variation, respectively. In contrast, housing-weighted interpolation yields a significantly better result (80%) and results for adaptive Morton grid (95%) are almost identical to census numbers. These models have demonstrated that if using more advanced techniques and additional input (i.e. housing layer, road network) that allow to consider additional context, we are able to produce fast and low-cost population statistics that realistically represents the placement and mobility of population. However, as always, there is room for improvement by examining additional data sources and techniques.

## Turismisihtkoha ajalise ja ruumilise ulatuse mõõtmine mobiilpositsioneerimise andmetega

Janika Raun<sup>1</sup>, Anto Aasa<sup>1</sup>, Erki Saluveer<sup>2</sup>, Margus Tiru<sup>2</sup>, Siiri Silm<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Positium

### 1. Sissejuhatus

Sihtkoht on keskne mõiste turismis ja põhiline üksus sihtkoha arenduses ja turunduses. Traditsioonilised käsitlused vaatlevad sihtkohta kui geograafiliselt pidevat ja piiritletud ala, mida turistid külastavad ja mida turundatakse tervikuna, ning see võib asuda erinevatel ruumilistel tasemetel (Hall, 2005; UNWTO, 2010). Näiteks Tallinna vanalinn, Eesti ja Baltimaad. Seevastu uuemad käsitlused iseloomustavad turismisihtkohta kui sotsiaalselt konstrueeritud ruumi (Framke, 2002; Saarinen, 2004), mis on pidevas muutumises ja mille füüsilisi geograafilisi piire on keeruline määrata ning see eksisteerib enam turistide meeltes (Saraniemi, Kylänen, 2011). Seega on senised sihtkoha tähendused vastandlikud, konkreetsest uurimishuvist lähtuvad ja käsitlevad sihtkohta kui iseenesestmõistetavat üksust (Pearce, 2014).

Mitmed autorid, kes on püüdnud sihtkoha olemust kontseptualiseerida, on tunnistanud vajadust empiiriliste uuringute järele (Framke, 2002; Pearce, 2014; Pechlaner *et al.*, 2012; Saarinen, 2004). Üheks võimaluseks on uurida sihtkohti turistide tegeliku liikumise, nende külastatud paikade ja läbitud teede põhisel (Beritelli *et al.*, 2014; Pechlaner *et al.*, 2012). Paraku ei ole aga selliseid turistide liikumise analüüsil põhinevaid sihtkoha defineerimise uuringuid seni väga palju tehtud, kuna on puudunud ajalisel ja ruumilisel piisavalt täpsed külastusandmed (Batista e Silva *et al.*, 2018).

Traditsioonilised andmeallikad, nagu majutusstatistika, piiriületusandmed, küsitlused elanike ja turistide seas, ei suuda tagada detailseks analüüsiks vajalikku ruumilist ja ajalist täpsust ning neil on mitmeid puudujääke. Näiteks majutusandmetes ei kajastu ühepäevakülastajad ja mitteametlikes majutusasutustes (nt sõbra, sugulase või Airbnb üüripinnal) ööbijad ning turisti liikumist ei ole võimalik analüüsida kogu külastuse vältel. Schengeni viisaruumi tõttu puudub Euroopa riikide vahel klassikaline piirikontroll ja piiriületajate registreerimine. Erinevad küsitlused on aga sageli väikese valimiga, mistõttu on keeruline tulemusi üldistada. Seega on vaja uusi ja paremaid andmeallikaid, mis võimaldaksid sihtkohtade olemust turistide liikumiste põhisel ajas ja ruumis täpsemini mõõta.

Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kiire areng on kaasa toonud palju uusi võimalusi inimeste, sh turistide paiknemise ja liikumise uurimiseks. Tänu mobiiltelefonide laialdasele levikule kannab üha suurem osa ühiskonnast pidevalt endaga kaasas seadet, mille abil on võimalik teada saada väga täpseid asukohaandmeid inimese paiknemise ja liikumise kohta (Shoval, 2007). Levinuimad asukohaandmed turismiuuringutes on GPSi, mobiilpositsioneerimise, Bluetoothi ning geolokeeritud sotsiaalmeedia postituste ja fotode andmed (Shoval, Ahas, 2016). Enamik asukohaandmeid kasutavad uuringud on aga ajaliselt ja ruumiliselt küllaltki piiritletud. Näiteks enim kasutatavate GPSi andmete põhjal on turistide liikumist uuritud teemapargis (Birenboim *et al.*, 2013) ja linnades (Grinberger, Shoval, 2018; Mckercher *et al.*, 2019; Shoval, 2008) ning need uuringud kestavad üldjuhul päeva, erandina kuni kaks nädalat. Seega puuduvad suuremat geograafilist ala või eri ruumitasemeid hõlmavad pikemaajalised uuringud. Erandiks on passiivse mobiilpositsioneerimise andmed, mis salvestuvad automaatselt mobiilsidefirma logides ja võimaldavad turistide liikumist uurida erinevatel ruumilistel tasemetel, kohalikust kuni globaalseni, pika perioodi (nt aastad) vältel.

Selle artikli laiem eesmärk on näidata, kuidas mobiilpositsioneerimise andmeid turistide liikumise kohta on võimalik kasutada turismisihtkohtade detailsemaks uurimiseks ning kontseptualiseerimiseks. Selleks analüüsitakse passiivse mobiilpositsioneerimise andmetest tuletatud külastuste põhjal sihtkohtade geograafilist ulatust, ajalist rütmi ja turistide koosseisu ning tuvastatakse sihtkoha funktsioon külastajate liikumise alusel. Artiklis on kasutatud välituristide rändlusteenuse andmeid Eesti külastuste kohta. Empiirilisel mõõdetavad parameetrid sihtkohtade külastatavuse kohta võimaldavad sihtkohti eristada, võrrelda ja grupeerida ning sihtkoha olemust ajas ja ruumis mõõta. Täpne teadmine sellest, kes, millal ja milliseid sihtkohti külastab, on vajalik eelkõige turismi arendustegevuste kavandamisel, koostöö korraldamisel, taristu planeerimisel ning turundustegevuse suunamisel.

## 2. Teoreetiline ülevaade

### 2.1. Turismisihtkoha teoreetilised kontseptsioonid

Maailma Turismiorganisatsioon (UNWTO) defineerib turismisihtkohta kui paika, mis on olnud määrav tegur reisiotsuse tegemisel (UNWTO, 2010). Juhul kui sellist paika ei ole võimalik määratleda, arvestatakse turismisihtkohaks see paik, kus külastaja on veetnud suurema osa oma reisist. Kui ka sellist paika ei ole võimalik määratleda, arvestatakse külastaja põhisihtkohaks paik, mis on kaugeim tema tavalisest elukohast (UNWTO, 2010). Selline klassikaline geograafiline käsitlus sihtkohast on küll turismistatistika kogumise standard, aga see ei anna piisavalt aimu sihtkoha olemuse keerukusest. Seega traditsioonilistes käsitlustes nähakse sihtkohta

kui geograafiliselt staatilist piirkonda, kus turismitegevus väliste tegurite tõttu aset leiab, kuid ei vaadelda sihtkoha teket, arengut ja ümberkujunemist (Saarinen, 2004; Saraniemi, Kylänen, 2011).

Vastukaaluks sellisele staatilisele arusaamale arenesid 2000. aastate alguses ideed turismisihtkohast kui sotsiaal-kultuurilisest konstruktsioonist, mis on seesmiselt aktiivne ja mõjutab ise oma tulevikku (Saarinen, 2004). Sellise, suuresti sotsioloogilistel teooriatel põhineva käsitluse järgi tekib sihtkoht sotsiaalse praktika (suhtluse, tegevuse, tunnetuse) käigus ning sisaldab pigem väärtusi ja tähendusi kui füüsilisi atraktsioone (Framke, 2002; Saraniemi, Kylänen, 2011). Sihtkohta vaadeldi kui tajutavat kontseptsiooni, mida iga tarbija võib erinevalt tõlgendada, sõltuvalt kultuuri- taustast, haridustasemest, külastuse eesmärgist, reisikavast ja varasemast kogemusest (Buhalis, 2000).

Sihtkoha erinevaid käsitlusi on põhjalikult süstematiseerinud Pearce (2014), kes toob oma ülevaateartiklis välja viis võimalikku käsitlusviisi: 1) sihtkohad kui tööstusrajoonid (*industrial districts*), 2) klastrid (*clusters*), 3) võrgustikud (*networks*), 4) süsteemid (*systems*) ja 5) sotsiaalsed konstruktsioonid (*social constructs*). Nende käsitlusviiside põhjal on Pearce loonud sihtkoha olemuse raamistiku, mis koosneb geograafilisest dimensioonist (nt ruumiline ulatus, kohale omased ressursid), tootmisviisist (nt firmad ja organisatsioonid sihtkohas) ning dünaamilisest dimensioonist (nt pikemad majanduslikud muutused) (Pearce, 2014). Kirjeldatud raamistiku suurim puudus on aga turisti kui peamise tegija rolli täielik puudumine, mistõttu ei erine Pearce'i käsitlus kuigivõrd varasematest staatilistest sihtkoha arusaamadest.

Vastukaaluks Pearce'i ja teiste autorite staatilistele sihtkoha käsitlustele tulid Beritelli, Bieger ja Laesser (2014) välja mõttega, et senised arusaamad sihtkohast on iganenud ning need pigem takistavad sihtkoha kui kontseptsiooni arengut, sundides seda asetuma etteantud raamidesse. Beritelli ja kolleegide (2014) sõnul peitub sihtkoha taga kolm taset: 1) territoriaalne füüsiline ruum, kus elavad kohalikud elanikud, tegutsevad avaliku sektori asutused ning viibivad ja liiguvad külastajad, 2) äri ruum, kus tegutsevad turismiettevõtted, ning 3) kogemuslik ruum kui turisti reisi-kogemus, mis kujuneb sihtkoha erinevatest aspektidest ning võib olla unikaalne igale külastajale. Külastajate liikumine ajas ja ruumis on aga keskne tegur sihtkohtade defineerimisel, analüüsimisel ja arengu planeerimisel (Beritelli *et al.*, 2014).

Sihtkohtadega seoses on kõige enam uuritud külastajate liikumist sihtkohta ja tagasi, oluliselt vähem on analüüsitud külastajate liikumist sihtkohasiseselt. Andmete nappus on peamine põhjus, miks sihtkohasisese liikumise kohta on uuringuid vähe. Samal ajal on turistide liikumisteede mõistmine üks peamisi alustalasid, mille põhjal sihtkoha olemust ja tähendust mõista (Liu *et al.*, 2012; Pechlaner *et al.*, 2012). Tihti on konkreetset sihtkohal tähendus just tänu oma suhtelisele asukohale teiste külastatud kohtadega võrreldes (Lew, McKercher, 2002; Liu *et al.*, 2012). Näiteks võib sihtkoht olla sisenemisevärav, keskne ööbimiskoht, kust tehakse päevaseid reise lähedal



asuvatesse huviväärsetesse paikadesse, või lühiajaline peatuspaik pikemal teekonnal. Paraku puudub ka siin terminoloogiline üksmeel ning samu mõisteid (nt ingl *node*, *hub*, *distribution centre*) kasutatakse sageli erinevas tähenduses (Liu *et al.*, 2012; Lohmann, Pearce, 2010; Pearce, 2001). Samal ajal võib suurtel linnadel olla sageli palju eri funktsioone (Lohmann, Pearce, 2010; Pearce, 2001).

## 2.2. Andmeallikad turistide liikumise uurimiseks

Turistide liikumise uurimiseks kasutatavad andmeallikad võib jagada kaheks: traditsioonilised ning uued info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) lahendustel põhinevad andmed. Traditsioonilised andmeallikad on küsitlusuuringud, mida tehakse elanike ja külastajate hulgas. Küsitlustega on võimalik koguda infot elanike reisimise ning turistide kulutuste, eelistuste ja külastatud paikade kohta. Küsitluste peamine puudus on nende hind, kuna tegemine on tööjõumahukas, mistõttu ei saa andmeid koguda suure valimi kohta ega teha üldistust kogu rahvastikule (Eurostat, 2014b; 2014a). Küsitlused on üldjuhul tagasivaatavad, aga inimesed ei mäleta sageli täpselt külastatud kohti või tehtud kulutusi. Samuti on küsitluste geograafiline ulatus piiratud (De Cantis *et al.*, 2015).

Teine traditsiooniline andmestik on majutusasutuste kogutud andmed turistide arvu ja ööbitud ööde kohta rahvuste kaupa. Nendes andmetes aga ei kajastu turistid, kes ööbivad oma sõprade või sugulaste pool, telgivad või kasutavad Airbnb üüripindu. Sellist mitteametlikes majutusasutustes ööbimist käsitletakse sageli kui nähtamatut turismi (De Cantis *et al.*, 2015). Ühtlasi võivad turistid ühe reisi jooksul ööbida mitmes kohas, tekitades nõnda topeltloendamise probleemi (De Cantis *et al.*, 2015). Seega ei võimalda majutusandmed ega ka küsitlused koguda ajaliselt ja ruumiliselt piisavalt täpseid andmeid, et oleks võimalik uurida turistide liikumist sihtkohas kogu külastuse vältel (Batista e Silva *et al.*, 2018).

Vastukaaluks traditsiooniliste andmete puudustele on IKT kiire areng toonud kaasa hulga uusi digitaalseid andmeid, millest paljusid võib liigitada suurandmete (ingl *big data*) alla. See tähendab, et neid toodetakse pidevalt ning andmed on laialt ulatuslikud, aga samal ajal detailsed (Kitchin, 2014). Osa suurandmeid võimaldab koguda infot ka inimeste, sealhulgas turistide, paiknemise ja liikumise kohta (Demunter, 2017). Kolm peamist viisi, kuidas turismi uurimiseks sobivad suurandmed tekkida võivad, on 1) turistide kui kasutajate endi loodud andmed (nt sotsiaalmeediasse laetud fotod või Twitteri säutsud), 2) turistide poolt kasutatavate seadmete ja sensorite vahendusel (nt GPS, WiFi ja mobiilpositsioneerimise andmed) ning 3) turistide tehtavate tegevuste kaudu (nt kaardimaksed, otsingud ja broneeringud internetis) (Li *et al.*, 2018).

Nimetatud viisidest enim on turismiuuringutes kasutatud inimeste endi loodud andmeid, nagu veebiplatvormidele üles laetud fotod või sotsiaalmeediasse tehtud

postitused (Li *et al.*, 2018). Nende andmete väärtus seisneb metaandmetes, nagu fotode ja postituste tegemise aeg ja koht, mis võimaldavad kaardistada turistide liikumist ajas ja ruumis. Kuigi selliseid andmeid on küllaltki lihtne ja odav koguda, sõltub andmete hulk kasutajate soovist ja tahtest oma tegemisi avalikkusega jagada (Quan Vu *et al.*, 2018). Kõige vähem on kasutatud erinevate internetitehingute tegemisel tekkivaid andmeid (Li *et al.*, 2018). Andmed veebilehtede külastatavusest, broneeringute, ostude ja maksete tegemisest on küll suure potentsiaaliga, aga seni vähe kasutatud (Demunter, 2017), kuna kuuluvad sageli eraettevõtetele või riiklikele institutsioonidele ega ole vabalt kättesaadavad (Li *et al.*, 2018).

Nutitelefon on ideaalne vahend asukoha ja liikumise jälgimiseks, sest sisaldab suurt hulka sensoreid (GPS, Bluetooth, WiFi jt) (Li *et al.*, 2018; Shoval, 2007; Shoval, Ahas, 2016) ning inimesed kannavad telefoni endaga peaaegu kõikjal kaasas. Turismuuringutes on enim kasutatud GPSi-põhiseid geograafilisi koordinaate (Shoval, Ahas, 2016). Kui algselt koguti GPSi andmeid suurte kaasaskantavate seadmete abil, siis nüüd mahuvad GPSi sensorid nutitelefonis, mille abil andmete kogumine on äärmiselt lihtne. GPSi andmetele järgnevad mobiiltelefoni asukohaandmed mobiilimasti leviala täpsusega, mis on tuntud ka kui passiivse mobiilpositsioneerimise andmed, mida mobiilsidefirmad automaatselt oma süsteemides salvestavad (Shoval, Ahas, 2016).

Mobiilpositsioneerimise andmeid on kasutatud siseturismi voogude analüüsiks Prantsusmaal (Vanhoof *et al.*, 2017) ning teise kodu külastamise sesoonsuse hindamiseks Eestis (Silm, Ahas, 2010). Sissetuleva turismi andmeid on kasutatud väliskülastajate ruumikasutuse uurimisel (Ahas *et al.*, 2007) ja sihtkoha lojaalsuse hindamiseks (Tiru *et al.*, 2010). Veidi vähem on mobiiliandmeid kasutatud väljamineva turismi analüüsimiseks, aga leidub uuringuid etnilistest (Silm, Ahas, 2014) ja põlvkondlikest (Masso *et al.*, 2019) erinevustest välisriikidesse reisimisel. Mobiilpositsioneerimise andmete eelis on nende laialdane katvus ajas ja ruumis, s.t uurimisala ei ole geograafiliselt piiritletud ja uuringuperiood ei ole fikseeritud, mis loob võimaluse uurida suurt hulka inimesi. Seega on passiivse mobiilpositsioneerimise andmeid võimalik kasutada turistide liikumise uurimiseks erinevatel geograafilistel tasemetel ning mõista seeläbi paremini sihtkoha olemust.

IKT-põhised asukohaandmed võimaldavad kvantitatiivselt uurida sihtkoha geograafilist, ajalist ja koosseisulist dimensiooni (Raun *et al.*, 2016) ning analüüsida sihtkoha funktsioone külastajate tegeliku liikumise alusel (Raun *et al.*, 2019). Liikumisel põhinevad andmed võimaldavad sihtkohta defineerida turistide tegeliku ruumikasutuse kaudu ning käsitleda seda kui ajas ja ruumis muutuvat nähtust. Sedavõrd detailne sisend turistide liikumisest on vajalik eelkõige sihtkoha arenduse, turunduse ja infrastruktuuri planeerimisel.

### 3. Andmed ja metoodika

Mobiilsidefirmad koguvad pidevalt andmeid mobiiltelefonide asukoha kohta. Lisaks salvestuvad kõnetoimingu aja ja telefoni asukoha andmed automaatselt mobiilsidefirma mälus (logides) (Ahas *et al.*, 2008). Sääraseid mobiilikasutuse andmeid tuntakse ka kui passiivse mobiilpositsioneerimise andmeid. See tähendab, et mobiilsidefirmadel on salvestatud telefonide ja seeläbi ka inimeste igapäevane asukoht ja liikumised koduriigis ning viibimised välismaal, samuti välismaalaste kõnede rändlusandmed. Seega katavad mobiilpositsioneerimise andmed kolme peamist turismitüüpi: siseturism, väljaminev turism ja sissetulev turism.

Selles uuringus on keskendunud sissetulevale turismile, mille analüüsiks on kasutatud välismaalaste andmeside (ingl *data detail record* – DDR) ja kõnetoimingute (sisenevad ja väljuvad kõned ja lühisõnumid) (ingl *call detail record* – CDR) andmeid Eestis. Esialgne andmetöötlus toimub mobiilsidefirmade süsteemides, mille tulemusena on igale kõnetoimingu sooritajale omistatud unikaalne pseudonüümne identifikaator, mis on muutumatu kogu andmeperioodi vältel ja mida ei saa seostada ühegi konkreetse telefoninumbri ega inimesega. Lisaks sisaldab andmebaas kõnetoimingu tegemise aega, mobiilside antenni unikaalset koodi (antenni identifikaator), mis on seostatav antenni asukoha geograafiliste koordinaatidega, ning SIM-kaardi registreerimise riiki, mida käsitletakse kui turisti päritoluriiki (tabel 1).

**Tabel 1.** Näide siseneva rändlusteenuse kõnetoimingute andmebaasi kirjetest

**Table 1.** Examples of inbound roaming data

kasutaja identifikaator	aeg	antenni identifikaator	riigi kood
244217726302772	6.01.2015 14:31:12	KCPBI14	SE
240136976964286	6.01.2015 14:37:33	KCPBI14	FI
250072149823688	6.01.2015 16:02:03	LDUCA14	RU
262127873866986	6.01.2015 18:26:03	TELBI13	LV
350193152090996	7.01.2015 01:01:06	LDUCA14	DE

Selleks, et saada mobiilpositsioneerimise andmetest korrektseid ja usaldusväärseid külastusandmeid, tuleb läbida mitu olulist sammu. Esmalt andmed puhastatakse, eemaldades duplikaadid, tehnosüsteemide (nt SIM-kaardiga väravad) andmed ja muud vigased kirjed. Seejärel eristatakse Eestis tehtud ajaliselt lähestikuste kõnetoimingute alusel külastused (Tiru *et al.*, 2010). Kui kahe järjestikuse kõnetoimingu vahe on pikem kui 155 tundi (6,5 päeva), on tegu uue külastusega. Tuvastatud külastuste hulgas võib olla ka neid juhtumeid, kus tegelikult ei ole Eesti riigi pinnale tulnud. Näiteks Soome ja Liivi lahes seilavate meremeeste kõned rannikuäärsetes mastides ning juhuslik rändlus Läti ja Venemaa piiril, kus Eesti mobiilsidefirmade

antennid registreerivad ära naaberriigi kodanike piiriäärsed kõned. Mõlemad valesti määratletud külastuse tüübid eemaldatakse andmestikust.

Tuvastatud külastused jagatakse kestuse ja sageduse põhjal erinevatesse gruppidesse ning välistamise meetodil eristatakse kõikidest külastustest need, mis tõenäoliselt oma ajalise ja ruumilise olemuse tõttu ei kuulu n-ö traditsioonilise turismi alla. Seega esmalt eemaldatakse andmetest transiitkülastused, kus inimene on viibinud tuntud transiidikoridorides ning on Eestis alla nelja tunni. Seejärel eemaldatakse piiriülesed pendelrändajad ja pikaajalised töötajad, kes mõlemad viibivad Eestis kokku üle poole aastast (rohkem kui 183 päeva). Pendelrändajad teevad (vähemalt seitsmel kuul aastast) igas kuus vähemalt kaks või rohkem reisi naaberriikidesse, nagu Soome, Venemaale, Lätti, Leetu ja Rootsi. Pikaajaliste töötajate keskmine reiseide arv välisriikidesse jääb alla kahe korra kuus (vähemalt seitsmel kuul aastast). Kõik alles jäänud külastused arvestatakse turismikülastusteks.

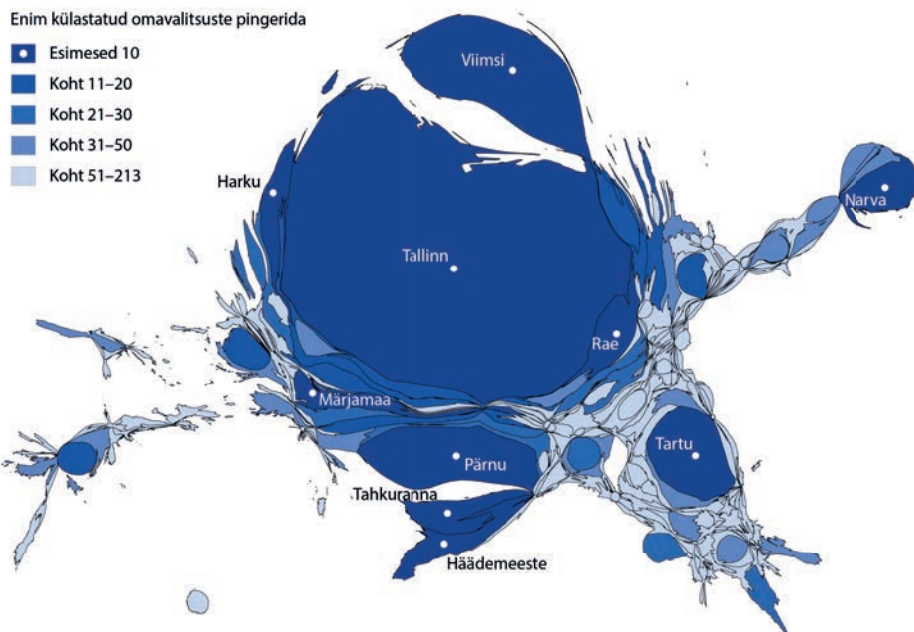
Passiivse mobiilpositsioneerimise andmetest tuletatud külastuste info põhjal on võimalik analüüsida turistide külastuste geograafilist ulatust ning ajalist rütmi (külastuse tegemise aega ja kestust) päritoluriikide kaupa. Varasemad uuringud on näidanud, et kõnetoimingute hulk ja nende põhjal leitud külastuste andmed (nt ööbitud ööde arv) korreleeruvad hästi Eesti üldise majutusstatistikaga (Ahas *et al.*, 2008; Saluveer *et al.*, 2020). Seega on passiivse mobiilpositsioneerimise andmetest tuletatud tegelike külastusandmete põhjal võimalik sihtkoha olemust ajas ja ruumis senisest täpsemini mõõta.

Selles artiklis on kasutatud kahe Eesti mobiilsidefirma riigisisese rändlusteenuse kõnetoimingute andmeid vahemikest 01.01.2011–31.12.2013 ning 01.01.2016–31.12.2016. Esimese perioodi analüüs keskendub väiksemate sihtkohtade eristamisele riigi kui sihtkoha siseselt. Selleks võeti vaatluse alla kaks väiksemat sihtkohta Eestis: Saaremaa ja Tartumaa, mis paistavad riiklikul turismimaastikul silma oma selgesti eristuva kuvandi poolest. Saaremaal on kaunis loodus ja see on tuntud kui spaaturismi keskus. Tartumaa on aga kultuuri ja ülikooli Meka. Analüüsiks eristati kogu Eesti andmestikust neisse maakondadesse tehtud külastused ning võrreldi külastuste ruumilist ulatust, ajastust, kestust ja turistide päritolu mujal Eestis tehtud külastustega. 2016. aasta külastusandmete analüüsil käsitleti külastuste geograafilist ulatust, ajalist rütmi ja kestust. Lisaks keskenduti sihtkoha funktsioonide tuvastamisele ajalis-ruumiliste külastusandmete põhiselt. Selles uuringus on põhifookus peamiselt sisenemisevõimalusel kui kohal, mida turist riiki sisenedes esimesena näeb ja külastab. Väravate tuvastamiseks kasutati külastuse esimese kõnetoimingu tegemise asukohta omavalitsuse täpsusega.

## 4. Tulemused

### 4.1. Sihtkoha külastuste geograafia

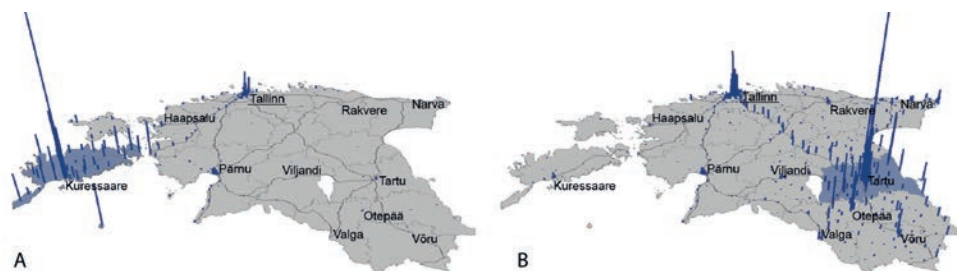
Väliskülastajate kõnetoimingute ruumiline jaotumine Eesti-siseselt toob välja enim külastatud sihtkohad ning peamised transpordikoridorid. Tallinn on ülekaalukalt enim külastatud omavalitsus Eestis, kus 2016. aastal viibiti 70 protsendil kõikidest külastustest. Tallinnale järgneb külastuste arvu poolest Viimsi vald, Pärnu, Tartu ja Narva (joonis 1). Lisaks paistab külastuste arvu poolest silma transiidikoridor Tallinnast Riiga, mis selgitab külastuste rohkest Hädemeeste, Tahkuranna ja Märjamaa valdades.



**Joonis 1.** Enim külastatud omavalitsused Eestis 2016. aastal. Omavalitsuse pindala näitab proportsionaalselt sinna tehtud külastuste arvu

**Figure 1.** Most visited municipalities in Estonia 2016. The size of each municipality is distorted in proportion to the number of visits it welcomed

Kui analüüsida eraldi Saaremaa ja Tartumaa külastuste geograafilist ulatust, tuleb selgelt välja ruumiline muster, mille alusel mõlemad maakonnad toimivad eraldi sihtkohtadena (joonis 2). Saaremaa külastuste puhul on teised peamised külastatavad maakonnad Harju- (39,5%), Lääne- (24,3%) ja Pärnumaa (16,5%) ning Tartumaa külastuste puhul külastatakse ka enim Harjumaad (30,5%) ning lisaks ka Jõgeva (11,5%) ja Valga (11,4%) maakonda.

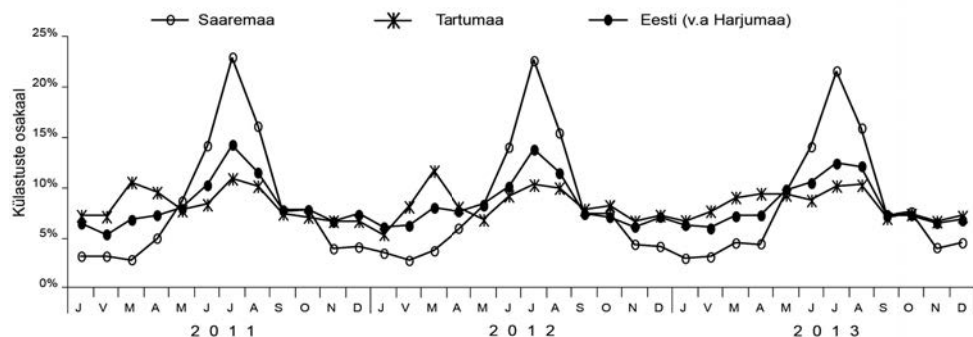


**Joonis 2.** Kõnetoimingute ruumiline jaotus mobiilmastides Saaremaa (A) ja Tartumaa (B) külastamisel 2011–2013

**Figure 2.** Distribution of call events in antennae locations when visiting (A) Saare county, (B) Tartu county 2011–2013

#### 4.2. Sihtkoha külastuste ajaline rütm

Eesti turismile on iseloomulik sesoonsus, üle kolmandiku külastustest on tehtud suvekuudel, haripunktiga juulis. Samal ajal väiksemates sihtkohtades erinevad külastuste ajalisel muustrid oluliselt Eesti keskmisest. Saaremaa on Eesti keskmisega võrreldes veelgi enam suvele orienteeritud ning tõenäosus külastada suvekuudel Saaremaad on ülejäänud maakondadest suurem (joonis 3). Tartumaa külastamise tõenäosus on seevastu suurem just hooajavälisel ajal. Kuigi ka Tartumaal tehakse enim külastusi suvel, ei ole suvekuude osakaal nii domineeriv ning ülejäänud kuude osatähtsus on suurem kui Eesti ja Saaremaa külastuste puhul keskmiselt (joonis 3). Samuti varieerub sihtkohtade kaupa külastuste kestus. Lühimad külastused on tehtud ainult Tallinna (keskmiselt 1,48 päeva 2016. aastal), samal ajal vahemaa kasvuga Tallinnast suureneb ka keskmine külastuse kestus. Näiteks Saaremaa külastuste keskmine kestus perioodil 2011–2013 oli 3,4 päeva.

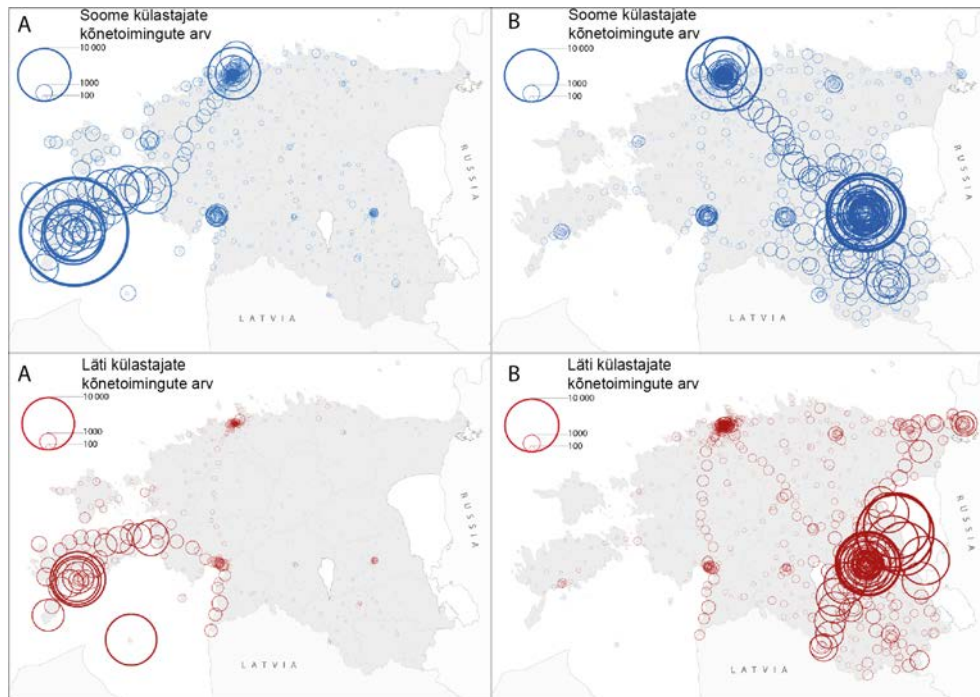


**Joonis 3.** Külastuste osakaal kuude kaupa kolmes uuritavas sihtkohas 2011–2013. Muudetud Raun *et al.*, (2016) järgi

**Figure 3.** Proportion of visits during 2011–2013 in the three case study areas. According to Raun *et al.*, (2016)

### 4.3. Sihtkoha külastajate koosseis

Selles uuringus on külastajate koosseisu analüüsitud külastajate päritoluriigi põhiselt, mida on võimalik tuletada mobiiltelefoni SIM-kaardi registreerimise riigi järgi. Eesti väliskülastajate hulgas domineerivad naaberriikidest pärit inimesed: 70% on pärit kolmest naaberriigist, Soomest, Lätist ja Venemaalt. Väiksemates sihtkohtades Eesti-siseselt tulevad aga välja selged erinevused. Saaremaa külastavad enam Soomest ja Tartumaa Lätist pärit inimesed. Vene turistide osakaal Saaremaal on aga oluliselt väiksem võrreldes Tartumaa ja kogu Eesti keskmisega. Kui analüüsida eri riikidest pärit külastuste ruumilist ulatust, on näha riigile omaseid ruumikasutusmustreid, mis on suuresti tingitud riigi suhtelisest asukohast Eestiga võrreldes. Nii ei pääse Soome külastajad Tallinnas viibimisest ning Lätist pärit külastajate kohalolu on enam märgata Eesti lõunapoolsetes maakondades (joonis 4), seda nii Saaremaa kui ka Tartumaa külastamisel.

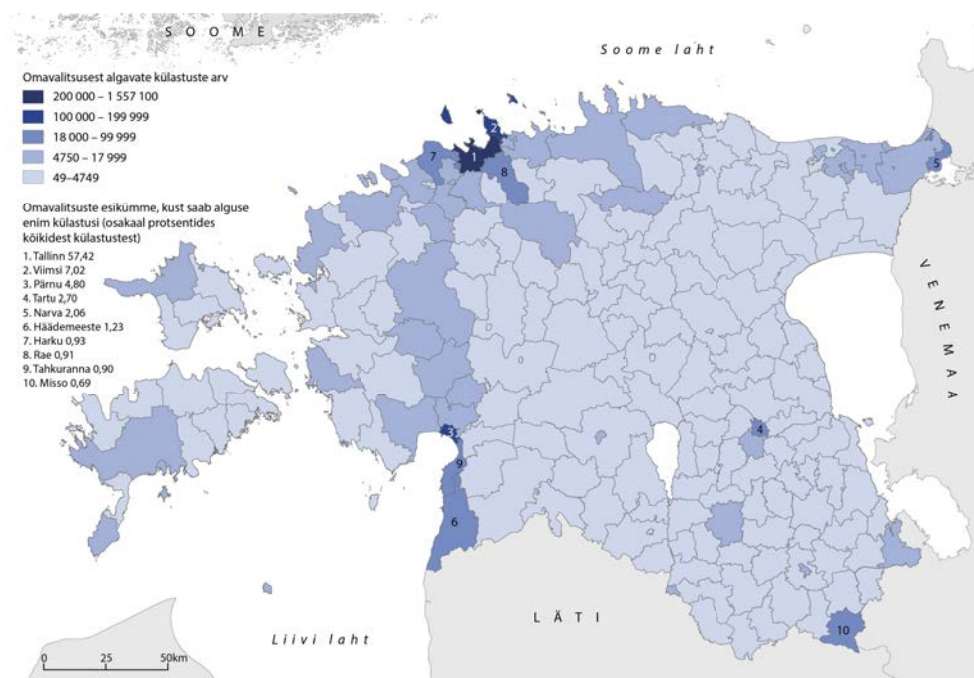


**Joonis 4.** Läti (punane) ja Soome (sinine) turistide Saaremaa (A) ja Tartumaa (B) külastuste ruumiline paiknemine kõnetoimingute alusel 2011–2013

**Figure 4.** Distribution of call events in antennae locations by Finns (blue) and Latvians (red) when visiting Saaremaa (A) and Tartumaa (B) 2011–2013

#### 4.4. Sihtkoha funktsioon

Külastajate liikumise alusel on võimalik tuvastada erinevaid sihtkoha funktsioone. Selles uuringus on keskendutud peamisele sisenemisväravale kui esimesele kohale, mida turist riiki sisenedes näeb ja väisab. 2016. aastal oli esimene kõnetoiming tehtud Tallinnas 57% külastustest. Kui sellele osakaalule lisada esimeste kõnetoimingute arv, mis oli tehtud Viimsi, Harku ja Rae vallas, kasvab Tallinna kui sisenemisvärava tähtsus 66 protsendini kõikidest reisidest (joonis 5). Viimsi ja Harku valla mastid registreerivad ära esimesed kõnetoimingud, mis on tehtud laevadelt enne sildumist Tallinna sadamas, ning Rae valla mastid hõlmavad osa lennujaamas tehtud kõnesid. Seega just Tallinna sadam ja lennujaam on need, mis teevad riigi pealinnast ka peamise sisenemisvärava. Kurb on aga tõsiasi, et omakorda 78% nendest reisidest, mille esimene kõnetoiming on tehtud Tallinnas, ei jõuagi pealinnast kaugemale.



**Joonis 5.** Peamised sisenemisväravad Eestisse, leituna esimeste kõnetoimingute asukohtade osakaalude alusel omavalitsuste kaupa 2016. aastal

**Figure 5.** The location of main entry points to Estonia identified by the share of total number of first call activities made in each municipality in 2016



Osakaalult järgmised sisenemisväravad jäävad juba oluliselt Tallinnale alla. Seitse protsenti külastustest saab alguse Häädemeeste ja Tahkuranna vallast ning Pärnu linnast. Seal on valdavalt tegu Läti ja Leedu turistidega, kes saavad Eestisse maanteetransporti kasutades. Väiksemate värvatena võib veel välja tuua Tartu, mis on ainukene koht Eestis lisaks Tallinnale, kuhu käib regulaarne rahvusvaheline lennuliin Helsingist; Narva linna Eesti idapiiril ja Misso valla Eesti kagunurgas. Seega kõrvutades omavahel enim külastatud omavalitsusi (joonis 1) ja peamisi sisenemisväravaid (joonis 5), tuleb tõdeda, et väravad ise toimivad ka kui peamised reisi sihtkohad. Teisisõnu, Eestisse sisenevate välituristide külastuste ruumiline ulatus piirdub sageli sisenemiskoha lähiümbrusega.

## 5. Arutelu ja kokkuvõte

Tänu info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kiirele arengule on võimalik kasutada väga erinevaid andmeallikaid turistide liikumise uurimiseks ja selle abil jõuda välja ka sihtkoha parema mõistmiseni. Selles uuringus on kasutatud Eestit väisavate väliskülastajate passiivse mobiilpositsioneerimise siseneva rändlusteenuse kõnetoimingute andmeid perioodidelt 2011–2013 ja 2016. Iga kõnetoimingu puhul salvestub mobiilsidefirma logides kõnetoimingu aeg ja selle tegemise koht mobiilimasti leviala täpsusega ning riik, kus telefoni SIM-kaart on registreeritud. Sellised andmed võimaldavad külastajate tegelike liikumiste põhjal uurida sihtkoha geograafilist, ajalist ja koosseisulist dimensiooni ning tuvastada sihtkoha funktsioone.

Varasemates uuringutes on tõdetud, et sihtkohad võivad eksisteerida erinevatel geograafilistel tasemetel (Framke, 2002; Saarinen, 2004), aga puuduvad empiirilised uuringud, mis turistide tegeliku käitumise põhjal sihtkohtade olemust ruumis analüüsiks. Selles uuringus keskenduti Saaremaale ja Tartumaale, mil on Eesti turismimaastikul selge eristuv kuvand. Maakondadesse tehtud külastuste ruumiliste mustrite analüüsist selgus, et mõlemad piirkonnad toimivad omaette iseseisvate sihtkohtadena. Seega hoolimata Eesti väiksusest on riigisisest võimalik eristada väiksemaid sihtkohti. Paraku ei ole mobiiliandmed ruumiliselt nii täpsed, et saaks tõmmata väga selgeid piirjooni erinevate sihtkohtade vahele, küll aga on täpsus piisav, andmaks sisendit sihtkohtade planeerimis- ja arendustegevuste suunamisele. Tegelike külastusandmete põhjal on võimalik näha, milliseid kohti ja millises järjekorras ühe külastuse jooksul väisatakse ning palju neis aega veedetakse. Seega võimaldavad ajalis-ruumiliselt täpsed mobiiltelefonide kõnetoimingute andmed käsitleda sihtkohta turistide tegeliku liikumise alusel (Beritelli *et al.*, 2014; Raun *et al.*, 2016).

Passiivse mobiilpositsioneerimise andmete alusel on võimalik analüüsida külastuste tegemise aega ja kestust. Tulemused kinnitavad Eesti turismi üht suurimat murekohta, milleks on külastuste sesoonsus, kus üle kolmandiku kõigist külastustest on tehtud suvekuudel (Ahas *et al.*, 2007). Probleemi suurus varieerub sihtkohati,

näiteks moodustavad suvekuudel Saaremaale tehtud külastused poole kõikidest sinna tehtud külastustest. Samal ajal Tartumaa külastused on aasta arvestuses küllaltki ühtlaselt jaotunud. Külastuste ajaline jaotus peegeldab väga selgelt seda, millal üks või teine koht tegelikult atraktiivse sihtkohana toimib. Teine oluline tegur, mida turismi arendustegevustes alati maksimeerida tahetakse, on külastuse kestus, et suurendada turisti poolt riiki jäetavat majanduslikku kasu. Eesti puhul on see suuresti mõjutatud Tallinna ühepäevakülastustest, mis domineerivad ülejäänud külastuste üle ning tõmbavad ka kogu Eesti külastuse keskmise kestuse alla.

Lisaks aja ja ruumi dimensioonile on sissetuleva rändlusteenuse andmete analüüsil võimalik kasutada ka mobiiltelefoni registreerimise riiki ehk teada eeldatavalt turisti päritolu. Üldiselt on Eestisse siseneva väliturismi mahud hästi kirjeldatavad kauguse summutava mõjuga, mis tähendab, et enim külastusi on pärit naaberriikidest (Nilbe *et al.*, 2014). Erinevate sihtkohtade analüüsist selgus, et Soome ja Rootsi turistid külastavad enam Saaremaad ning Läti turistid enam Tartumaad. Samuti on võimalik näha, millistest riikidest pärit turistid toidavad meie turismi sesoonsuse probleemi ning kelle külastused on aasta arvestuses ühtlasemalt jaotunud. Pikk andmerida võimaldab vahet teha ka esma- ja korduskülastajatel ning eristada kohti selle alusel, kumba tüüpi külastajaid nad enim tõmbavad. Viimast ei ole selles uuringus käsitletud.

Eelnevalt kirjeldatud ajalised ja ruumilised tunnused külastuste kohta on piisavad selleks, et eristada reisi jooksul läbitud sihtkohti just tänu nende suhtelisele asukohale teiste külastatud kohtadega võrreldes (Lew, McKercher, 2002; Liu *et al.*, 2012). Selles uuringus keskenduti sisenemisväravale kui esimesele kohale, mida turist sihtkohta jõudes läbib. Väravad, nagu sihtkohadki, võivad eksisteerida erinevatel ruumilistel tasemetel. Selles uuringus keskenduti sihtkohale kui riigile. Esimeste kõnetoimingute analüüsist selgus, et 66% väliskülastajate reisidest Eestis saab alguse Tallinnast ja selle lähiümbrusest. Suure osakaalu põhjused on rahvusvaheline lennujaam ja sadam, mis turistide riiki saabumist võimaldavad. Lisaks on Tallinnas ka ilus vanalinn, mille vaatamine on sageli mõnele kaugemalt Balti riike külastama tulnud turistile piisav. Selline külastajate kuhjumine linnades ei ole aga jätkusuutlik (Koens *et al.*, 2018) ning detailsem info sellest, kus turistid veel aega veedavad, on väga tähtis, langedamaks targemaid otsuseid külastuskoormuse jaotamisel.

Hoolimata sellest, et mobiiliandmetega saab väga hästi ajas ja ruumis kogu külastuse vältel suure hulga turistide liikumist jälgida, ei võimalda kõnetoimingutel põhinevad passiivse mobiilpositsioneerimise andmed saada lisainfot külastajate reiseesmärkide ja eelistuste kohta. Samuti on andmete ruumiline täpsus piiritletud mobiilimasti levialaga, mis on väiksem linnalistes piirkondades ning suurem maa- ja piirkondades. Seega ei saa koguda detailset infot üksiku atraktsiooni tasemel või eristada kõrvuti asetsevate huviväärsuste külastusi. Täiendav puudujääk tuleneb sellest, et andmete hulk ning ruumiline ja ajaline esinduslikkus on otseses seoses mobiil-

telefoni kasutamisega. See tähendab, et inimeste kohta, kellel ei ole mobiiltelefoni või kes seda ei kasuta, ei ole andmebaasis kirjeid. Lisaks ei saa selliste andmete puhul kordagi unustada andmekaitse küsimusi ja kuna tegu on inimeste liikumisandmetega, nõuavad need eriti delikaatset ja turvalist käsitlemist.

Kõnetoimingupõhiste mobiiliandmete eelised on nende automatiseeritud kogumine, digitaalsus ning küllaltki kerge, kiire ja kuluefektiivne töötlemine (Eurostat, 2014a). Mobiilipõhised andmed võimaldavad tabada erinevaid reisijate tüüpe. See tähendab, et andmed sisaldavad infot ka inimeste kohta, kes ei ööbi ametlikes majutusasutustes, vaid sõprade ja sugulaste pool või kasutavad Airbnb teenuseid. Seega on võimalik analüüsida ka traditsioonilistele andmeallikatele n-ö nähtamatuks jäävat turismi (De Cantis *et al.*, 2015). Samuti saab mobiilikasutuse andmete põhjal eristada ühepäevakülastusi, mis ei kajastu ametlikus majutusstatistikas, aga moodustavad tegelikult ligi poole kõikidest väliskülastustest. Sihtkohauuringute poolelt on mobiiliandmete peamine eelis see, et turisti liikumist on võimalik jälgida kogu külastuse vältel. Seda ei ole võimalik teha klassikalisi majutusandmeid kasutades, kus iga turist uues ööbimiskohas taas üle loetud saab (De Cantis *et al.*, 2015) ning puudub ülevaade turisti eelnevatest või järgnevatest peatuspaikadest ja trajektooridest.

Selles uuringus välja pakutud turisti tegelikul ruumikäitumisel põhinev sihtkoha käsitlus on oluline eelkõige planeerimise, juhtimise ja arendamise seisukohalt. Teadmine, millised sihtkohad koos toimivad ning millal, kui kaua ja mis päritolu turistid neid külastavad, on vaieldamatult tähtis informatsioon sihtkoha efektiivsemal arendamisel ja turundamisel. Detailsete ajalis-ruumiliste asukohaandmete kasutuselevõtt turismiuuringutes avab võimaluse defineerida ja mõtestada sihtkohta turistide tegeliku käitumise alusel. Seni on sihtkoha põhjalikum uurimine sageli takerdunud just piisava detailsusastmega andmete puudumise taha. Seega aitab selline uutel asukohapõhistel suurandmetel rajanev lähenemine anda empiirilise sisu muidu vahest liigagi abstraktseks jäänud mõistele nagu sihtkoht. See omakorda loob võimaluse tuvastada erinevaid sihtkoha funktsioone ning neid kvantitatiivselt võrrelda.

## Tänu

Autorid tänavad mobiilsidefirmasid ja Positiumi andmete edastamise ja töötlemise eest. Seda uuringut on rahastatud Eesti Teadusagentuuri personaalse uurimistoetuse rühmagrandi projektist (PRG306) „Ruumilise eraldatuse nõiaringi geograafiline analüüs“, Eesti teadustaristu teekaardi projektist „Infotehnoloogiline mobiilsus-observatoorium“ ja Tartu Ülikooli ASTRA projektist PER ASPERA. Autorid tänavad professor Rein Ahast (1966–2018), kes oli selle uuringu algataja ja idee looja.

## Kirjandus

- Ahas, R., Aasa, A., Mark, Ü. et al. 2007.** Seasonal tourism spaces in Estonia: Case study with mobile positioning data. *Tourism Management* 28(3): 898–910.
- Ahas, R., Aasa, A., Roose, A. et al. 2008.** Evaluating passive mobile positioning data for tourism surveys: An Estonian case study. *Tourism Management* 29: 469–486.
- Batista e Silva, F., Marín Herrera, M. A., Rosina, K. et al. 2018.** Analysing spatiotemporal patterns of tourism in Europe at high-resolution with conventional and big data sources. *Tourism Management* 68: 101–115.
- Beritelli, P., Bieger, T., Laesser, C. 2014.** The new frontiers of destination management: Applying variable geometry as a function-based approach. *Journal of Travel Research* 53(4): 403–417.
- Birenboim, A., Anton-Clavé, S., Russo, A. P. et al. 2013.** Temporal activity patterns of theme park visitors. *Tourism Geographies* 15(4): 601–619.
- Buhalis, D. 2000.** Marketing the competitive destination of the future. *Tourism Management* 21(1): 97–116.
- De Cantis, S., Parroco, A. M., Ferrante, M. et al. 2015.** Unobserved tourism. *Annals of Tourism Research* 50: 1–18.
- Demunter, C. 2017.** *Tourism statistics: Early adopters of big data.*
- Eurostat. 2014a.** *Feasibility Study on the Use of Mobile Positioning Data for Tourism Statistics – Consolidated Report.*
- Eurostat. 2014b.** *Methodological manual for tourism statistics: version 3.1.*
- Framke, W. 2002.** The Destination as a Concept: A Discussion of the Business-related Perspective versus the Socio-cultural Approach in Tourism Theory. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism* 2(2): 92–108.
- Grinberger, A. Y., Shoval, N. 2018.** Spatiotemporal contingencies in tourists' intradiurnal mobility patterns. *Journal of Travel Research* 58(3): 512–530.
- Hall, C. M. 2005.** *Tourism: Rethinking the Social Science of Mobility.* Essex: Pearson Education Limited.
- Kitchin, R. 2014.** Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. *Big Data & Society* 1(1): 1–12.
- Koens, K., Postma, A., Papp, B. 2018.** Is overtourism overused? Understanding the impact of tourism in a city context. *Sustainability* 10(12): 4384.
- Lew, A. A., McKercher, B. 2002.** Trip destinations, gateways and itineraries: The example of Hong Kong. *Tourism Management* 23(6): 609–621.
- Li, J., Xu, L., Tang, L. et al. 2018.** Big data in tourism research: A literature review. *Tourism Management* 68: 301–323.
- Liu, F., Zhang, J., Zhang, J. et al. 2012.** Roles and functions of tourism destinations in tourism region of South Anhui: A tourist flow network perspective. *Chinese Geographical Science* 22(6): 755–764.
- Lohmann, G., Pearce, D. G. 2010.** Conceptualizing and operationalizing nodal tourism functions. *Journal of Transport Geography* 18(2): 266–275.
- Masso, A., Silm, S., Ahas, R. 2019.** Generational differences in spatial mobility: A study with mobile phone data. *Population, Space and Place* 25(2): 1–15.

- Mckercher, B., Hardy, A., Aryal, J. 2019.** Using tracking technology to improve marketing: insights from a historic town in Tasmania, Australia. *Journal of Travel & Tourism Marketing* 36(7): 823–834.
- Nilbe, K., Ahas, R., Silm, S. 2014.** Evaluating the Travel Distances of Events Visitors and Regular Visitors Using Mobile Positioning Data: The Case of Estonia. *Journal of Urban Technology* 21(2): 91–107.
- Pearce, D. G. 2001.** Towards a regional analysis of tourism in Southeast Asia. In: Teo, P., Chang, T. C., Ho, K. C. (eds.), *Interconnected worlds: Tourism in Southeast Asia* (lk 27–43). Oxford: Pergamon.
- Pearce, D. G. 2014.** Toward an Integrative Conceptual Framework of Destinations. *Journal of Travel Research* 53(2): 141–153.
- Pechlaner, H., Pichler, S., Herntrei, M. 2012.** From mobility space towards experience space: Implications for the competitiveness of destinations. *Tourism Review* 67(2): 34–44.
- Quan Vu, H., Law, R., Li, G. 2018.** Breach of traveller privacy in location-based social media. *Current Issues in Tourism* 22(15): 1825–1840.
- Raun, J., Ahas, R., Tiru, M. 2016.** Measuring tourism destinations using mobile tracking data. *Tourism Management* 57: 202–212.
- Raun, J., Shoal, N., Tiru, M. 2019.** Gateways for intra-national tourism flows: Measured using two types of tracking technologies. *International Journal of Tourism Cities*. Trükis.
- Saarinen, J. 2004.** „Destinations in change“: The transformation process of tourist destinations. *Tourist Studies* 4(2): 161–179.
- Saluveer, E., Raun, J., Tiru, M. et al. 2020.** Methodological framework for producing national tourism statistics from mobile positioning data. *Annals of Tourism Research*. Trükis.
- Saraniemi, S., Kylänen, M. 2011.** Problematizing the Concept of Tourism Destination: An Analysis of Different Theoretical Approaches. *Journal of Travel Research* 50(2): 133–143.
- Shoal, N. 2007.** Sensing Human Society. *Environment and Planning B: Planning and Design* 34(2): 191–195.
- Shoal, N. 2008.** Tracking technologies and urban analysis. *Cities* 25(1): 21–28.
- Shoal, N., Ahas, R. 2016.** The use of tracking technologies in tourism research: A review of the first decade. *Tourism Geographies* 18(5): 587–606.
- Silm, S., Ahas, R. 2010.** The seasonal variability of population in Estonian municipalities. *Environment and Planning A* 42(10): 2527–2546.
- Silm, S., Ahas, R. 2014.** Ethnic Differences in Activity Spaces: A Study of Out-of-Home Nonemployment Activities with Mobile Phone Data. *Annals of the Association of American Geographers* 104(3): 542–559.
- Tiru, M., Kuusik, A., Lamp, M-L. et al. 2010.** LBS in marketing and tourism management: Measuring destination loyalty with mobile positioning data. *Journal of Location Based Services* 4(2): 120–140.
- UNWTO 2010.** International Recommendations for Tourism Statistics 2008. *Series M No. 83/ Rev.1*.
- Vanhoof, M., Hendrickx, L., Aare, P. et al. 2017.** Exploring the use of mobile phone data for domestic tourism trip analysis. *Netcom, Networks and Communications Studies* 31(3/4): 335–372.

## **Measuring tourism destinations using mobile positioning data**

Janika Raun<sup>1</sup>, Anto Aasa<sup>1</sup>, Erki Saluveer<sup>2</sup>, Margus Tiru<sup>2</sup>, Siiri Silm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup>Positium

### **Summary**

Destination is the fundamental unit in tourism development and marketing. Nevertheless, there are several different definitions for the term and lack of homogeneity among them. Older and traditional understandings consider the destination as a geographical area with definite borders, e.g., old town, city, island, national park, country. However, newer approaches see the destination as a social construct that is constantly changing and is formed in the minds of tourists themselves. Several authors have pointed out the need to study tourism destinations more thoroughly using different datasets to give some empirical grounding to the term. Regardless few studies have been made because there has been a lack of spatially and temporally precise data.

Due to the rapid advancements in information- and communication technologies new possibilities are emerging that allow to collect data about human movement, including tourists. In their comprehensive review Shoval and Ahas (2016) outline that in tourism studies GPS data and mobile positioning data have been used the most. In this study passive mobile positioning data is used to analyse the spatio-temporal behaviour of foreign tourists' visits in Estonia. Thus, using this kind of spatially and temporally precise dataset creates a new opportunity to reconceptualise the concept of destination based on the actual visits tourists have made. The aim of this article is to analyse the geographical, temporal and compositional (country of origin of the tourist) dimensions of tourist destinations in Estonia and deduce destination functions from the spatio-temporal behaviour of tourists.

The results indicate that based on the spatial behaviour, smaller destination areas can be distinguished inside Estonia. For example, the tourists visiting Saare or Tartu counties in Estonia have completely different spatial visitation patterns than those visiting other parts in Estonia. In addition, different destinations have different seasonal pattern as well. Thus, Tartu country is a popular destination the whole year round, whereas in Saare county the biggest share of visits is made in summer months. Similarly, the duration of visit is longer when more municipalities are visited, e.g., the duration for visiting Tallinn only is 1.5 days, whereas the average duration of visits to Saare county is 3.4 days. Regarding the compositional dimension tourists from different countries have different spatio-temporal visitation patterns as well. E.g., tourists from Latvia visit more southern parts in Estonia and Finns are more oriented to Harju county and islands. Based on the spatio-temporal patterns destination functions can be deduced. In this study, the focus was on gateway as the first place tourist encounters when starting a trip in Estonia. Overwhelmingly Tallinn takes the first place. In 2016, almost 60% of the trips started from Tallinn. This is explained by the fact that international airport and harbour are situated in Tallinn.

Thus, the results confirm that mobile positioning data can be used to empirically analyse tourism destinations based on the spatio-temporal pattern of visits. This kind of empirical knowledge is particularly important in destination management, marketing and planning, to understand which places act together as destinations for tourists themselves. Therefore, this knowledge helps to reconceptualise the idea of tourism destination from something static or intangible to empirically measurable unit.

## Tegevusruumiuuringud GPSi andmete abil: mobiilsusuuringute labori andmeinfrastruktuur

Age Poom<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikool, geograafia osakond

<sup>2</sup> Helsingi Ülikool, geoteaduste ja geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

Teave inimeste paiknemise ja liikumise kohta on vajalik ühiskondlike nähtuste mõistmiseks ja sujuvamaks korraldamiseks. See aitab muu hulgas aru saada, kui seotud või eraldatud on erinevad inimrühmad ning kui kättesaadavad on mitmesugused teenused või erineva kvaliteedi ja funktsionaalsusega paigad. Lisaks aitab see mõista inimeste ruumilisi otsuseid ning inimeste tegevuse mõju ruumile ja seal toimuvatele protsessidele.

Tänu digi- ja andmeajastule on inimeste ajalis-ruumilise käitumise uurimisvõimalused plahvatuslikult avardunud (vt nt Gao, 2015; Shaw *et al.*, 2016). Igapäevaelu sõltuvus tehnoloogiast ja digitaalne võrgustumine jätavad inimeste paiknemisest, tegevustest ja suhtlusest lakkamatult erinevaid jälgi. Olgu tegu kaardimakse, taksotellimuse, mobiilikõne, sotsiaalmeediasse üleslaetud foto, otsinguportaali infopäringu, reisile registreerumise või navigatsioonirakenduse kasutamise. Igast säärasest üksikust toimingust moodustub kokku digitaalselt kogutav ning ajatempli kõrval sageli ka ruumiinfoga varustatud (suur)andmestik. Olenevalt kontekstist ja viisist jaotub andmestiku kogumine suunatuks (nt biomeetriliste andmete kontroll piiril), automatiseerituks (nt telefoni registreerimine lähedalolevas wifi-võrgus) ja vabatahtlikkusele tuginevaks (nt sotsiaalmeediasse postitamine) (Kitchin, 2014). Andmekogumise otstarve varieerub seega isikutuvastusest ja arveldusest kuni kliendi põhjaliku tundmise ja reklaami suunamiseni. Lisaks sellele kogutakse ja kasutatakse digitaalseid (suur)andmeid avalike ülesannete täitmiseks ja teadustöök.

Suurte automatiseeritult kogunevate andmekogude eelistena võrreldes registri-, küsitlus- või vaatlusandmetega võib välja tuua võimaluse hinnata uuritavaid nähtuseid ruumiliselt ja ajaliselt detailselt ning dünaamilisena, kuni ühiskonna reaalajalise jälgimiseni välja. See võimaldab kiiremat teadasaamist ohuolukordadest, nagu näiteks epideemiate puhkemisest (Dion *et al.*, 2015), paremat valmisolekut päästetöodes (Yu *et al.*, 2018), targemat valdkondlikku planeerimist (Semanjski *et al.*, 2016) või ametlikult kogutava statistika täiendamist (Sobolevsky *et al.*, 2018). Just turismiga seotud statistika loomes on Eesti geograafide teadus- ja arendustöö üleilmse teerajaja



rollis, hinnates jooksvalt nii kohalikke kui ka teiste riikide turismivooge mobiilpositsioneerimise andmestiku abil (Ahas *et al.*, 2014; Saluveer *et al.*, avaldamisel). Ka üleilmsete säästva arengu indikaatorite seirel on hakatud tähelepanu pöörama suurandmete potentsiaalile, aga ka andmekogumise, tõlgenduste ja üldistuste tegemisega seotud kitsaskohtadele ning ohtudele (vt nt MacFeely, 2019). Arutelu all on muu hulgas privaatsust puudutavad küsimused, andmestiku esinduslikkus ja järjepidevus või analüüsiks ja tõlgendamiseks vajaminev oskusteave (Kitchin, 2015; Tiru, 2014). Viimane on oluline, kuna andmestik ei ole üldjuhul spetsiaalselt kogutud uuritava nähtuse olemuse mõistmiseks ja põhjuslike seoste leidmiseks.

Automatiseeritult kogutavate suurandmete kõrval aitab viimast lünka täita vabatahtlikkuse alusel kogutav digiandmestik. Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) pakub erinevaid võimalusi inimeste ajalis-ruumilise käitumise talletamiseks ja selle seostamiseks koos uuritavat nähtust puudutava semantilise ja kontekstuaalse infoga (Ferrari, Mamei, 2013; Jurdak *et al.*, 2015; Siła-Nowicka *et al.*, 2016). Seda võimaldavad eelkõige globaalse positsioneerimise süsteemile tuginevad ehk GPSi toega andmekogumise lahendused ja asukoha registreerimine kasvõi sekundipõhiselt. Igapäevaelus oleme GPSi toega teadvustatult kokku puutunud kõige enam ehk erinevates kaardi- ja navigatsioonirakendustes. GPSi asukohainfole kasutajate asukoha paiknemise ja ajalis-ruumilise dünaamika leidmiseks toetuvad aga paljud teisedki rakendused ja veebiteenused, sotsiaalmeedia platvormid, aktiivsusmonitorid, uuringud ja kampaaniad. Vabatahtlike osalusega GPSi-põhised avalikud andmekorje aktsioonid on Eestis aidanud kaardistada muu hulgas jalgrattamarsruute (Tallinnas korduvalt toimunud European Cycling Challenge) või sekkumist vajavaid probleemkohti avalikus ruumis („Teeme ära“ koristustalgud, „Anna teada“ nutirakendus). Sellised aktsioonid toetavad elanike kaasatust ja osalust avaliku ruumi planeerimisel ja haldusel.

Eraldi valdkonna moodustavad GPSi andmekorjes inimeste tegevusruumi ja dünaamika uuringud (Corcoran *et al.*, 2018; Dias, Tchepel, 2018; Siła-Nowicka *et al.*, 2016; Vazquez-Prokopec *et al.*, 2013). Need on isikupõhised uuringud, mis vajavad osalejatelt teadliku nõusoleku andmist oma andmete kogumiseks, edastamiseks, töötlemiseks ja analüüsiks ning nende põhjal leitud tulemuste esitamiseks. Tundlike isikuandmetega töötamine nõuab omakorda uurimisrühmalt põhjalikku eeltööd eetikaloa taotlemiseks ning suurt hoolsust privaatsust tagavate põhimõtete järgimiseks uuringu tegemisel. Sageli eeldavad GPSi toega uuringud ka andmekogumiseks vajamineva seadme üleandmist kasutajale, mis märgatavalt suurendab valimihaldusega seonduvat tööd ning võib piirata andmekogumise kestust. Eeltoodu seab olulised piirid uuringus osalejate arvule, mis on suurusjärkude võrra väiksem kui automatiseeritult kogutavate suurandmetega kaetava rahvastiku hulk. Teisalt annab osalejate tundmine võimaluse koguda teavet nende sotsiaalsete tunnuste kohta ja küsida lisaks asukohaandmetele ka täiendavat, uuritava nähtuse olemuse ja tagamaa

avamiseks olulist semantilist infot. Kujunev kombinatsioon mahukast asukohainfoga varustatud andmekogust ja seda täiendavast kvalitatiivsest infost pakub erakordselt rikkaliku võimaluse ühiskondlike nähtuste mõistmiseks uue nurga alt.

## **2. Suurandmestikule toetuvad tegevusruumiuuringud mobiilsusuuringute laboris**

### **2.1. Mobiilpositsioneerimine**

Meie seast põhjendamatult vara lahkunud inimgeograafia professor Rein Ahas pani aluse suurandmete kasutusele inimeste ajalis-ruumilise käitumise uurimiseks Tartu Ülikoolis. 2004. aastast hakkas hiljem mobiilsusuuringute laboriks kujunenud uurimiserühm ja selle hargettevõtte Positium kasutama mobiilsidefirmade poolt kõnearvestuse huvides kogutud mobiilpositsioneerimise andmestikku. Esialsed tööd keskendusid turismi- ja pendelrändeuuringutele (vt nt Ahas, Mark, 2005; Ahas *et al.*, 2007; Ahas *et al.*, 2008a; Ahas *et al.*, 2008b), kuid aastate jooksul on mobiilsidefirmadelt saadud suurandmete kasutusvaldkond kujunenud väga laiaks: tegevusruumi, ebavõrdsuse ja keskkonnamõjude uurimisest ruumiplaneerimiseni; turismi, hargmaisuse ja sotsiaalse võrgustiku toimimise mõistmisest riikliku statistika tootmiseni (nt Ahas *et al.*, 2017; Kamenjuk *et al.*, 2017; Mooses *et al.*, 2016; Novak *et al.*, 2013; Puura *et al.*, 2018; Raun *et al.*, 2016; Silm, Ahas, 2014). Passiivse, kogu mobiilsidefirma klientuuri katva pseudonüümse positsioneerimise kõrval on korraldatud eksperimente ka aktiivse positsioneerimisega, kus mobiilsidefirma registreerib väiksema hulga vabatahtlike mobiilikasutajate asukoha kindlate ajavahemike tagant (Ahas *et al.*, 2010; Poom *et al.*, 2017).

Nii inimeste käitumine kui ka mobiiliandmete struktuur on aja jooksul muutunud: lisaks kõnetoimingutele ja sõnumite saatmisele kasutatakse tänapäeval telefonivõrku ka andmeside jaoks, mis on oluliselt suurendanud positsioneerimisandmete ajalist tihedust ja seega inimeste paiknemise ruumilist katvust. Kiirema ühenduvuse ja kõnepartneri kättesaadavuse tagamiseks kogutakse regulaarset ja sagedast infot ka selle kohta, millise masti piirkonnas iga kasutaja parasjagu paikneb: see annab muu hulgas võimaluse hinnata inimeste hulka teatud piirkonnas reaalajas. Nn asjade interneti (*Internet of Things*) levikuga laieneb mobiilside kasutajate mitmekesisus ja lisanduvad uued ülesanded. Eristada tuleb automatiseeritud mobiilivõrgu kasutust (näiteks informatsioon turvakaameratest ja keskkonnasensooritelt või iseliikuvate sõidukite käitumine) inimestepoolsest kasutusest. Mobiilsusuuringute laboril on juba 15-aastane kogemus mobiiliandmetega seonduvate mitmesuguste meetodiliste küsimuste lahendamisel ning uute suundade ja võimaluste arendamisega tegeletakse nii teadustöös kui ka rakendusprojektide raames.

## 2.2. GPS-uuringud

Mobiilsusuuringute laboris hakati GPSi andmeid kasutama inimeste ajalis-ruumilise käitumise uurimiseks 2013. aastal. Koostöös Cambridge'i Ülikooli arvutiteaduste laboratooriumiga<sup>1</sup> loodi nutitelefonirakendus MobilityLog (esialgse nimega YouSense). Esmalt seati rakenduse peamiseks eesmärgiks ümbritseva keskkonna kohta reaalsajalise info talletamine vabatahtlike kaasamise teel (Linnap, Rice, 2014). Rakenduse arendamisel kasvas sellest aga välja inimeste ajalis-ruumilise käitumise pikaajalise ja üksikasjaliku kaardistamise meetod. Nutitelefonist kui igapäevasest omnikuga kaasaskäivast tarbeesemest on kujunenud oluline andmekogumise vahend, mis üksikisiku käitumise talletamise kaudu annab võimaluse näha ja mõista ühiskonnas toimuvaid protsesse laiemalt.

Esimised MobilityLogi kasutajad Eestis laadisid rakenduse alla 2013. aasta märtsis ning alates sellest ajast on eri uuringute või töötubade kaudu kasutanud MobilityLogi rakendust umbes 650 inimest. Esmasest katseuuringust peale on nutirakendus seni jooksvalt töös umbes paarikümmel kasutajal ja enamikul neist on praeguseks kogunenud üle 2000 andmepäeva. Mobiilsusuuringute labor on kasutanud nutirakendust katseuuringu järel mitmes uurimisprojekti, sealhulgas ülikoolilinnakute paiknemist ja töökoha asukoha muutust käsitlevas Interregi projekti Live Baltic Campus (Ahas *et al.*, 2017) või liikuvust ja geeniandmestikku ühendavas MobilGeni uuringu. Uutest GPSi andmestikule toetuvatest töödest on algatatud Soomes elavate eestlaste tegevusruumiuuring ning ETAGi rahastatud rühmagrant „Ruumilise eraldatuse nõiaringi geograafiline analüüs“. Seoses nendega laieneb MobilityLogi nutirakenduse kasutajaskond lähiajal mitmesaja uue inimese võrra.

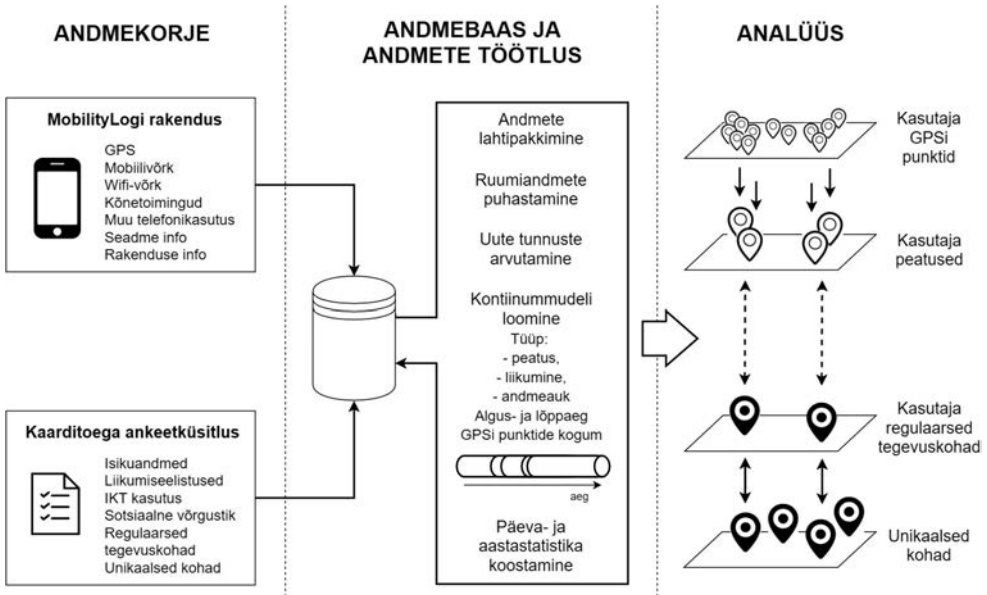
MobilityLogi abil kogutud GPSi andmestikule toetub rida geograafia osakonnas kaitstud bakalaureuse- ja magistritöid (Alte, 2018; Juurik, 2018; Kangur, 2015; Kaup, 2018; Paršova, 2019; Pipar, 2018; Vent, 2014). GPSi andmekogu on ka mobiilsusuuringute labori doktorantide töölaual, nt sotsiaalse võrgustiku (A. Puura), turismi (J. Raun) või keskkonnaekspositsiooni (D. Paršova) käsitlemisel. Teadus- ja arendustöö kõrval on andmestik leidnud kasutust ülikooli õppetöös, kus õppeainete „Geograafia, kommunikatsioon ja ruumiline mobiilsus“, „Planeerimisprojekt“ ja „Geograafia uurimissuunad ja -meetodid“ õppeülesannetes kasutatakse kas tudengite endi personaalselt kogutud andmerida, näidisandmeid või agregeeritud kujule viidud GPSi andmeid. Oluline tähis MobilityLogi rakendusega seotud andmeinfrastruktuuri arendamisel oli 2016. aasta, mil loodi kaardiliidesega intervjuutugi kasutajate tegevuskohtade semantilise tähenduse talletamiseks ja süstematiseeritud andmebaas intervjuuandmete jaoks. 2017. aastal automatiseeriti nutitelefoniga kogutud toorandmestiku puhastamine, esmane töötlus ja standardtunnuste leidmine ning loodi vastav ajakohane ja kontrollitud ligipääsuga andmebaas.

---

<sup>1</sup> Mattias Linnapi eestvedamisel.

### 3. MobilityLogi uuringute andmevoog

MobilityLogi rakendusele üleshitatud uuringute andmekogumise protsess on kahe-tasandiline: kaarditoega ankeetküsitlus, mis täidetakse individuaalse struktureeritud intervjuu käigus, ning nutitefonirakendusega automatiseeritud andmekogumine. Tegevusruumiuuringutes kasutatav andmekorje, andmete töötluse, hoiustamise ja analüüsi voog on esitatud joonisel 1.



**Joonis 1.** MobilityLogi rakendusele toetuvate tegevusruumiuuringutega seotud andmevoog

**Figure 1.** Data flow in the activity space surveys based on MobilityLog application

MobilityLogi rakendust saavad oma telefoni alla laadida ja kasutada vaid uuringu korraldaja poolt valimisse kaasatud, eelregistreeritud ja uuringus osalemiseks kirjalku nõusoleku andnud isikud. Valimi tundmine annab võimaluse küsida uuringus osalejalt tähenduslikku infot tema tegevuskohtade ja ruumiliste otsuste kohta. Iga uuringus osalejaga tehakse andmekogumise alg- ja lõppfaasis suuline struktureeritud intervjuu, mille käigus täidetakse ankeet kasutaja sagedaste tegevuskohtade, liikumiseeliste, sotsiaalse võrgustiku, IKT kasutuse ning sotsiaalsete tunnuste kohta vastavalt uuringu spetsiifikale (tabel 1, joonis 1). Uuringu lõppfaasis peetavas intervjuus keskendutakse seejuures GPSi andmete põhjal tuvastatud enim külastatud kohtade tähenduse fikseerimisele. Vastava klassifikaatori järgi omistatakse igale tegevuskohale detailne tüüp (nt siseruumis sportimise koht, lapse lasteaed või kaubanduskeskus), mis omakorda koondatakse järgmisteks tegevuskoha domeenideks: elukoht, teine elukoht, töökoht või tööga seotud koht, õppega seotud koht, lapsega seotud koht,

harrastusega seotud koht, sotsiaalse lävimisega seotud koht, muu regulaarne koht ning teadmata tähendusega koht. Uuringu spetsiifika kohaselt on võimalik detailseid tegevuskohatüüpe küsimustikus muuta ja ka muul moel kombineerida.

**Tabel 1.** MobilityLogi uuringute intervjuu käigus kogutav andmestik

**Table 1.** Interview data collected within surveys using MobilityLog application

Kasutaja	Regulaarsed tegevuskohad	Liikumiskäitumine	IKT kasutus	Sotsiaalne võrgustik	Unikaalsed kohad
Sugu	Elukoht	Liikumisevahendite olemasolu	IKT vahendite olemasolu	Kõnepartneri lähedusaste	Koha identifikaator
Sünniaeg	Teine elukoht	Liikumisevahendi eelistus	IKT vahendite kasutussagedus	Suhtlusviisid regulaarse kõnepartneriga	Koordinaadid
Emakeel	Töökoht	Liikumiseviisi regulaarsesse tegevuskohta	Mobiiltelefoni kasutuse kontekst	Näost näkku kohtumise kontekst	Aadress
Perekonnaseis	Õppega seotud koht	Välisreisi sihtpunkt	Sotsiaalmeedia kasutus		Nimetus
Leibkonna suurus	Lapsega seotud koht	Välisreisi eesmärk			Raadius
Laste olemasolu	Sotsiaalse lävimisega seotud koht	Peamine liikumisvahend välisreisel			Märkused
Haridustase	Harrastusega seotud koht				
Amet	Muu regulaarne koht				

Sissetulek

Intervjuu käigus nimetatud iga tegevuskoht kantakse kaarditoe abil mobiilsusuuringute labori serveris paiknevasse unikaalsete kohtade andmebaasi või seotakse seal juba olemasoleva kohaga. Selle info alusel on võimalik hilisema analüüsi käigus siduda nutitelefoni kogutud ruumiandmed kasutaja jaoks tähenduslike tegevuskohadega. Punktobjektina talletatavad unikaalsed kohad on varustatud keskkoha koordinaatide, aadressi, nimetuse ja raadiusega. Viimane on ala, mille sisse jäävad GPSi punktid või nende põhjal arvutatud peatused on tõenäoliselt seotud just selle vastava kasutaja tegevuskohaga. Raadius määratletakse eksperdi hinnanguna maakasutusinfole tuginedes. Vaikimisi on kõigi tegevuskohade raadius 100 meetrit, suurel pindalal paiknevate tegevuskohade puhul, nagu park või kaubanduskeskus,

võib see ulatuda kuni 300 meetrini ning väga tiheda asustusega piirkonnas ehk linnasüdames kitsendatakse kohtade tegevusraadiust kuni 50 meetrini. Kui tegevuskoht asub siseruumides, on koha raadiuse asemel võimalik analüüsi käigus kasutada ka näiteks Eesti topograafilisest andmekogust pärit hoonete kihte, et GPSi info ja teave tähendusliku tegevuskoha kohta omavahel kattuvusse viia.

MobilityLogi rakendus ise toimib Androidi operatsioonisüsteemiga nutitelefonides. Rakendusega kogutakse andmeid nii kasutaja asukoha ja telefonikasutuse kui ka telefoni ja rakenduse tehniliste tunnuste kohta (tabel 2, joonis 1). Asukohainfo registreeritakse eelkõige GPSi koordinaatide abil ning koos sellega salvestatakse satelliidiühendusest teada koordineeritud ühtlusaeg (UTC) ja telefoni kellaeg. Satelliitpositsioneerimine käivitub üldjuhul telefoni liikumisel: kui telefon on tuvastanud 10-sekundiliste vahedega kolm korda järjest telefoni liikumise, algatab ta satelliitpositsioneerimise ja andmete salvestamise. Edasine päringu sagedus sõltub liikumise kiirusest: kuni 3 m/s korral iga 16 sekundi tagant ja kiirema liikumise korral iga sekund. Sellise astmelise seadistuse põhjuseks on satelliitpositsioneerimise suur energiakulu ja akusäästmise vajadus, mille tõttu tuleb positsioneerimist piirata, kaotamata veel asukohamuutuse kohta kogutava teabe ruumilist täpsust (Linnap, Rice, 2014). Viivitus satelliitpositsioneerimise algatamisel kiire liikumise korral toob aga kaasa nn külma stardi probleemi, kus andmetest väljaloetav liikumise algus on tegelikult algusest ajalis-ruumilises nihkes. Liikumiste ja pikkade peatuste paremaks eraldamiseks viidi 2018. aastal rakenduse uuendusena sisse asukohapäringute tegemine ka telefoni paigalseismisel, mille järgi kahe asukohainfo päringu vahe ka telefoni paigalseismisel ei tohi ületada 15 minutit.

Rakendusega kogutud andmed pakitakse, krüptitakse ja laaditakse telefonist mobiilsuslabori turvatud serverisse automaatselt. Kogutud ruumiandmed puhastatakse edasise automatiseeritud andmetöötlusprotsessi käigus vigastest kirjetest. Toorandmevigu tuvastatakse GPSi andmepunkti täpsus- ja kiirusväärtuse, järjestikuste punktide vahelise nurga ja omavaheliste kaugusandmete ning ajamääratluse põhjal. Edasi luuakse ruumiandmete põhjal kontinumudel ehk iga kasutaja andmestik jaotatakse kolme tüüpi ajavahemikeks: peatusteks, liikumisteks ja andmeaukudeks. Peatusena on defineeritud vähemalt viieminutiline ajavahemik, mil kasutaja järjestikused asukohapunktid paiknevad ajas ja ruumis lähestikku. Peatused leitakse ruumilise klasterdamise teel. Liikumine on defineeritud punktijadana, mis jääb kahe peatuse vahele, sealjuures liikumine algab ja lõpeb vastavalt eelneva ja järgneva peatuse lõpp- või alguspunktiga. Andmeaugud võivad vahelduda nii liikumiste kui ka peatustega. Need tulenevad telefoni väljalülitamisest, lennurežiimi sisselülitamisest, rakenduse pausile panekust (kuni 24 h korraga) või pikaajalisest telefoni mittekasutusest. Viimane olukord tekib juhul, kui kahe järjestikuse ja samas asukohas registreeritud GPSi punkti ajaline vahe ületab 36 tundi või kui telefoni asukoht on vahepeal muutunud, kuid järjestikuste GPSi punktide ajaline vahe on pikem kui

16 tundi. Viimasel juhul ei ole ruumiandmete kogumine telefoni liikumisel mingil põhjusel käivitunud, nt ei ole saavutatud satelliidiga vajalikku sidet.

**Tabel 2.** Nutitelefonirakenduse MobilityLog abil kogutav andmestik. Iga tunnuse salvestamisega kaasneb telefonis määratud kellaaja fikseerimine ning GPSi koordinaatide korral ka satelliidsignaali abil saadud koordineeritud ühtlusaja salvestamine

**Table 2.** Data collected by smartphone application MobilityLog. Every data row involves phone-based timestamp information. In case of GPS coordinates, UTC-timestamp derived from satellites is also stored

Asukoht	Kõnetoimingud	Muu telefonikasutus	Seadme info	Rakenduse info
GPSi koordinaadid	Kõne saabumine	Ekraani sisse- ja väljalülitamine	Telefoni sisselülitamine	Rakenduse versiooni number
Mobiili-võrgu masti registreerimine	Kõne vastuvõtmine	Telefonis määratud aja ja ajavööndi muutmine	Akutase	Rakenduse installimise aeg
Wifi-võrgu registreerimine	Kõnelevastamata jätmine	Äratuskella seadistamine	Laadimine	Kogutud andmete üleslaadimine
	Välja helistamine	Rakenduste installimine	Telefoni IMEI-kood	Andmeside võimaldamine üleslaadimiseks
	Sõnumi saabumine	Lennurežiimi sisse- ja väljalülitamine		Veateated
	Sõnumi saatmine	MobilityLogi rakenduse ajutine peatamine		Kasutaja identifikaator

Iga kasutaja GPSi andmepunktide, peatuste, liikumiste ja andmeaukude koondinfo koondatakse automaatselt uuenevasse päevastatistika andmetabelisse. Päevastatistika tabeli asukohainfot täiendab teave selle kohta, kas kasutaja viibis sel päeval Eestis ja/või välismaal. See tunnus leitakse andmestikust tol päeval registreeritud mobiilivõrkude riigikoodi alusel ning võimaldab kiiret andmestiku filtreerimist turismi või hargmaisuse uuringutes. Lisaks kajastab päevastatistika tabel koondinfot saabunud ja väljunud kõnetoimingute arvu kohta. Kõnetoimingute tunnused annavad võimaluse siduda ajalis-ruumilist käitumist inimese sotsiaalse aktiivsusega. Iga kalendriaasta lõppedes uuendatakse ka kasutajate aastastatistika tabelit. See hõlmab vastava aasta andmepäevade, GPSi punktide ja arvutatud peatuste koguarvu. Päeva- ja aastastatistika koostamine lõpetab andmete esmase töötamise ning edasine andmete analüüs ja tõlgendamine toimub juba lähtuvalt konkreetsest uurimishuvist.

## Kokkuvõte

Tartu Ülikooli mobiilsusuuringute labori andmetaristu hõlmab nii sidefirmapõhise mobiilpositsioneerimise andmestikku kui ka nutirakenduse MobilityLog abil kogutud GPSi andmeid. MobilityLogi rakenduse abil kogutud asukoha- ja telefonikasutuse andmestik koos intervjuuandmetega on ülimalt rikkalik ning selle kogu potentsiaali ei ole veel teadustöös avatud. Mobiilsusuuringute labor jätkab andmete väärindamist mitmes teadus- ja rakendusprojektis, pöörates väga suurt tähelepanu isikuandmete kaitsesele. Labor pakub ka tudengitele uurimistöö tegemise võimalusi nii meetoodilisemal kui ka analüütilisemal suunal, kasutades selleks kas spetsiifilist valikut anonümiseeritud individuaalandmetest või agregeeritud andmeid inimeste ajalis-ruumilisest käitumisest ning info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kasutusest.

## Kirjandus

- Ahas, R., Mark, Ü. 2005. Location based services – new challenges for planning and public administration? *Futures* 37(6): 547–561.
- Ahas, R., Aasa, A., Mark, Ü. *et al.* 2007. Seasonal tourism spaces in Estonia: Case study with mobile positioning data. *Tourism Management* 28(3): 898–910.
- Ahas, R., Aasa, A., Roose, A. *et al.* 2008a. Evaluating passive mobile positioning data for tourism surveys: An Estonian case study. *Tourism Management* 29(3): 469–486.
- Ahas, R., Saluveer, E., Tiru, M. *et al.* 2008b. Mobile positioning based tourism monitoring system: Positium Barometer. In: O'Connor, P., Höpken, W., Gretzel, U. (eds.) *Information and Communication Technologies in Tourism: Proceedings of the International Conference in Innsbruck, Austria, 2008*, pp. 475–485. Springer.
- Ahas, R., Aasa, A., Silm, S. *et al.* 2010. Daily rhythms of suburban commuters' movements in the Tallinn metropolitan area: case study with mobile positioning data. *Transportation Research Part C* 18(1): 45–54.
- Ahas, R., Armoogum, J., Esko, S. *et al.* 2014. *Feasibility Study on the Use of Mobile Positioning Data for Tourism Statistics – Consolidated Report*.
- Ahas, R., Poom, A., Aasa, A. *et al.* 2017. Experimental study for planning Tartu campuses based on mobile phone tracking. In: Schewenius, M., Keränen, P., al Rawaf, R. (eds.) *Dreams and Seeds: The Role of Campuses in Sustainable Urban Development*. Stockholm: Stockholm Resilience Centre, Metropolia University of Applied Sciences, pp. 83–85. Kättesaadav: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-328-055-7>.
- Alte, T. 2018. *Tudengite elukoha asukoha mõju linnaruumi kasutusele Tartus*. Bakalaureusetöö, Tartu Ülikool. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10062/60696>.
- Corcoran, J., Zahnow, R., Assemi, B. 2018. Wander: A Smartphone App for Sensing Sociability. *Applied Spatial Analysis and Policy* 11(3): 537–556.
- Dias, D., Tchepel, O. 2018. Spatial and temporal dynamics in air pollution exposure assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15(3): 558.
- Dion, M., AbdelMalik, P., Mawudeku, A. 2015. Big Data and the Global Public Health Intelligence Network (GPHIN). *Canada Communicable Disease Report* 41(9): 209–214.



- Ferrari, L., Mamei, M. 2013.** Identifying and understanding urban sport areas using Nokia Sports Tracker. *Pervasive and Mobile Computing* 9(5): 616–628.
- Gao, S. 2015.** Spatio-Temporal Analytics for Exploring Human Mobility Patterns and Urban Dynamics in the Mobile Age. *Spatial Cognition and Computation* 15(2): 86–114.
- Jurdak, R., Zhao, K., Liu, J. et al. 2015.** Understanding human mobility from Twitter. *PLoS ONE* 10(7): e0131469.
- Juurik, M. 2018.** *Isiksuse seadumuste seos telefonikasutusega*. Bakalaureusetöö, Tartu Ülikool. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10062/60697>.
- Kamenjuk, P., Aasa, A., Sellin, J. 2017.** Mapping changes of residence with passive mobile positioning data: the case of Estonia. *International Journal of Geographical Information Science* 31(7): 1425–1447.
- Kangur, S. 2015.** *Inimeste igapäevase tegevuskeskkonna määramine ankeetküsitluse ja GPS andmete põhjal*. Bakalaureusetöö, Tartu Ülikool. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10062/48348>.
- Kaup, A. 2018.** *Tartu Ülikooli kesklinna ja Maarjamõisa tudengite ajakasutus sõltuvalt peamiste õppehoonete ja elukoha asukohast*. Bakalaureusetöö, Tartu Ülikool. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10062/60694>.
- Kitchin, R. 2014.** The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal* 79(1): 1–14.
- Kitchin, R. 2015.** The opportunities, challenges and risks of big data for official statistics. *Statistical Journal of the IAOS* 31(3): 471–481.
- Linnap, M., Rice, A. 2014.** Managed Participatory Sensing with YouSense. *Journal of Urban Technology* 21(2): 9–26.
- MacFeely, S. 2019.** The Big (data) Bang: Opportunities and Challenges for Compiling SDG Indicators. *Global Policy* 10: 121–133.
- Mooses, V., Silm, S., Ahas, R. 2016.** Ethnic Segregation During Public and National Holidays: a Study Using Mobile Phone Data. *Geografiska Annaler, Series B: Human Geography* 98(3): 205–219.
- Novak, J., Ahas, R., Aasa, A. et al. 2013.** Application of mobile phone location data in mapping of commuting patterns and functional regionalization: A pilot study of Estonia. *Journal of Maps* 9(1): 10–15.
- Paršova, D. 2019.** *Mobility patterns in university campuses: an example of the University of Tartu*. Magistritöö, Tartu Ülikool. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10062/65040>.
- Pipar, T. 2018.** *Mobiilpositsioneerimise andmete ajalise jaotuse mõju mobiilsuse parameetritele*. Magistritöö, Tartu Ülikool. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10062/60455>.
- Poom, A., Orru, K., Ahas, R. 2017.** The carbon footprint of business travel in the knowledge-intensive service sector. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 50: 292–304.
- Puura, A., Silm, S., Ahas, R. 2018.** The Relationship between Social Networks and Spatial Mobility: A Mobile-Phone-Based Study in Estonia. *Journal of Urban Technology* 25(2): 7–25.
- Raun, J., Ahas, R., Tiru, M. 2016.** Measuring tourism destinations using mobile tracking data. *Tourism Management* 57: 202–212.
- Saluveer, E., Raun, J., Tiru, M. et al. (avaldamisel).** Methodological framework for producing national tourism statistics from mobile positioning data. *Annals of Tourism Research*.
- Semanjski, I., Bellens, R., Gautama, S. et al. 2016.** Integrating big data into a sustainable mobility policy 2.0 planning support system. *Sustainability (Switzerland)* 8(11): 1142.
- Shaw, S. L., Tsou, M. H., Ye, X. 2016.** Editorial: human dynamics in the mobile and big data era. *International Journal of Geographical Information Science* 30(9): 1687–1693.

- Sila-Nowicka, K., Vandrol, J., Oshan, T. et al. 2016.** Analysis of human mobility patterns from GPS trajectories and contextual information. *International Journal of Geographical Information Science* 30(5): 881–906.
- Silm, S., Ahas, R. 2014.** Ethnic Differences in Activity Spaces: A Study of Out-of-Home Nonemployment Activities with Mobile Phone Data. *Annals of the Association of American Geographers* 104(3): 542–559.
- Sobolevsky, S., Massaro, E., Bojic, I. et al. 2018.** Predicting regional economic indices using big data of individual bank card transactions. In: *Proceedings – 2017 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2017*, 12 January 2018, pp. 1313–1318.
- Tiru, M. 2014.** Overview of the Sources and Challenges of Mobile Positioning Data for Statistics. *International Conference on Big Data for Official Statistics: 26*. Kättesaadav: [https://unstats.un.org/unsd/trade/events/2014/beijing/MargusTiru – Mobile Positioning Data Paper.pdf](https://unstats.un.org/unsd/trade/events/2014/beijing/MargusTiru-MobilePositioningDataPaper.pdf).
- Vazquez-Prokopec, G. M., Bisanzio, D., Stoddard, S. T. et al. 2013.** Using GPS Technology to Quantify Human Mobility, Dynamic Contacts and Infectious Disease Dynamics in a Resource-Poor Urban Environment. *PLoS ONE* 8(4): e58802.
- Vent, K. 2014.** *Inimese tegevuskohtade leidmine nutitelefonipõhiste käitumisandmestike alusel*. Magistritöö, Tartu Ülikool. Kättesaadav: <http://hdl.handle.net/10062/42782>.
- Yu, M., Yang, C., Li, Y. 2018.** Big data in natural disaster management: A review. *Geosciences* 8(5): 165.

## GPS-based studies on human activity space: data infrastructure in the Mobility Lab of the University of Tartu

Age Poom<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> University of Tartu, Department of Geography

<sup>2</sup> University of Helsinki, Department of Geosciences and Geography

### Summary

Knowledge on the spatiotemporal dynamics of people is important for public governance, policy-making, research and development. The Era of Big Data has provided unprecedented possibilities to track human mobility, and has also raised new risks and challenges. The Mobility Lab at the University of Tartu has 15 years of experience in making use of passive and active mobile positioning datasets in a wide variety of research directions. As a more recent spatiotemporal data type for the lab, the longitudinal GPS-tracking dataset has opened up new frontiers in studying human dynamics since 2013. The smart phone application MobilityLab, developed jointly by the Mobility Lab and Cambridge Computer Laboratory, collects various locational and behavioural data on a voluntary basis. MobilityLog surveys are complemented by qualitative interviews held both at the beginning and end of the automated data collection period. The interviews cover the semantics of visited places, travel behaviour, use of information and communication technology, main social contacts, and social characteristics of sample. The Mobility Lab has just started new GPS-based longitudinal surveys in the field of segregation, environmental exposure, and transnationality.

## **Annelinna elanikkond muutumises**

Kadi Kalm

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### **1. Sissejuhatus**

Paneelramupiiirkondade roll eluasemeturul ning nende üldine kuvand on viimaste aastakümnete jooksul Ida-Euroopa linnades oluliselt muutunud. Kui nõukogude ajal olid mugavustega korterid paneelramupiiirkondades<sup>1</sup> väga hinnatud, siis aastate jooksul on inimesed hakanud eelistama teistsuguseid naabruskondi ja sealne elukeskkond ei ole enam kuigi atraktiivne. Sellega koos on muutunud ka korterelamupiiirkondade elanikkond. Kui Lääne- ja Põhja-Euroopas on paneelramupiiirkondade<sup>2</sup> staatus juba aastakümneid väga madal, siis Ida-Euroopas ei ole korterelamupiiirkondade elanikkond nii kiiresti vahetunud ning siiani peavad paljud inimesed sealsest elukeskkonnast lugu. Sellegipoolest on sotsiaalse allakäigu protsess toimumas ning sotsiaal-majanduslik ja etniline segregatsioon kattuvad ka Ida-Euroopa linnades üha enam. Kuna paneelramupiiirkonnad moodustavad väga suure ning olulise osa endiste sotsialismimaade linnade eluasemefondist, siis tuleb neis piirkondades toimuvaid muutusi jälgida ning nendega tegeleda, sest on tähtis, et ka tulevikus sooviksid inimesed korterelamupiiirkondades elada ning tunneksid end seal hästi.

Selle artikli eesmärk on selgitada Tartu Annelinna paneelramupiiirkonnas 1990. ja 2000. aastatel toimunud muutusi. Peamised uurimisküsimused, millele analüüsi käigus püütakse vastuseid leida on järgmised.

1. Millised muutused on toimunud Annelinna sotsiaal-demograafilises koosseisus kahe aastakümne jooksul?
2. Kuidas on Annelinnaga seotud elukohamobiilsus panustanud sealse elanikkonna vahetumisse?

---

<sup>1</sup> Nende piirkondade kohta on käibel mitu terminit (paneelrajoon, magala, vabaplaneeringu ala) ning sageli sõltub terminikäsitus ja selle valik teksti sisust. Inimgeograafia töödes kasutatakse tihti terminit „paneelramupiiirkond“, mis tähistab pärast II maailmasõda ehitatud suurte kortermajade piirkonda. Inglisekeelsetes inimgeograafia töödes kasutatakse sageli terminit „Soviet prefabricated panel housing estates“.

<sup>2</sup> Siin on silmas peetud eelkõige 1960.–1970. aastatel ehitatud suuri paneelramupiiirkondi.

Laiemas plaanis võimaldab analüüs võrrelda Annelinna paneelalamupiirkonnas toimunud muutusi ka teiste Ida-Euroopa paneelalamupiirkondade arengutrajektoorige. Artikli analüüs põhineb kolme rahvaloenduse (1989, 2000 ja 2011) andmetel. Kahe viimase loenduse andmeid oli võimalik ka omavahel siduda, mis andis võimaluse analüüsida elukohamobiilsust 2000. aastatel.

## 2. Lääne- ja Põhja-Euroopa kogemus

Lääne- ja Põhja-Euroopa linnadesse kerkisid suured paneelalamupiirkonnad aastatel 1945–1975. Miljonid uued korterid pidid lahendama sõjajärgse eluaseme puuduse ja pakkuma eluaset eelkõige keskklassi peredele. Modernistlike elamupiirkondade maine oli algselt positiivne, kõigi mugavustega korterid ning avarad majadevahelised rohealad pidid tagama elukvaliteedi, mida siselinna elamupiirkonnad pakkuda ei suutnud. Vastupidi ennustatud helgele tulevikule kaotasid Lääne- ja Põhja-Euroopa paneelalamupiirkonnad oma atraktiivsuse aga varsti pärast nende valmimist (Musterd, van Kempen, 2007; Dekker *et al.*, 2011) ning nüüdseks on paljud korterelamupiirkonnad ümber kujundatud ja isegi lammutatud. Kuigi plaani peal tundusid paneelalamupiirkonnad vägagi atraktiivse elukeskkonnana, siis päris elus ei funktsioneerinud nad nii hästi kui algselt loodeti. Põhjuseid selleks oli palju.

Lääne- ja Põhja-Euroopa riikide elatustase hakkas sõjajärgsetel aastatel kiiresti tõusma ning inimesed hakkasid ihkama suuremaid eluaseid ning rohkem privaatust. Inimeste jaoks muutusid atraktiivseks siselinna naabruskonnad ning eramajade piirkonnad (nt algas kiire eelinnastumine lääneriikides juba 1960. ja 1970. aastatel (van den Berg, 1982)). Oma soove said eelkõige ellu viia suurema sissetulekuga leibkonnad, kel oli võimalus paneelalamupiirkonnast lahkuda. Väikese sissetulekuga leibkondadel ei olnud aga alternatiive (Dekker *et al.*, 2011). Selline selektiivne rahvastiku lahkumine aitas kaasa korterelamupiirkondade sotsiaalsele degradeerumisele Lääne- ja Põhja-Euroopas. Teine mainimist väärt põhjus, mis kiirendas paneelalamupiirkondade sotsiaalset allakäiku, oli asjaolu, et mitmed Euroopa riigid said 1960. aastatel olulisteks sisserände sihtkohtadeks. Väga suur osa sisserändajatest (peamiselt majandusimmigrandid, põgenikud, varjupaigataotlejad) majutati paneelalamupiirkondades asuvasse sotsiaalkorteritesse, mistõttu muutusid need naabruskonnad paigaks, kus kohtusid erinevad väärtused, kultuurid ja elustiilid.

See kõik muutis pärast II maailmasõda ehitatud paneelalamupiirkondade mainet ning ka tänane reaalsus on see, et Lääne- ja Põhja-Euroopa linnade paneelalamupiirkonnad moodustavad kehvema osa eluasemefondist: sinna on koondunud väiksema sissetulekuga leibkonnad ning suur hulk sisserändetaustaga inimesi (etniline ja sotsiaal-majanduslik segregatsioon kattuvad). Sellegipoolest mängivad paneelalamupiirkonnad väga olulist ning vajalikku rolli linnade eluasemeturul (Musterd, van Kempen, 2007; Dekker *et al.*, 2011), pakkudes taskukohast eluaset neile, kes

ei saa endale lubada elamist mõnes kallimas naabruskonnas (nt vanemad inimesed ning noored, kes alles alustavad eluasemekarjääri) (Dekker *et al.*, 2011).

### 3. Ida-Euroopa kogemus

Kõige suurem eluasemeturgu puudutav erinevus endiste sotsialistlike ja kapitalistlike Euroopa linnade vahel ilmneb, kui vaadata modernistlike paneelelamupiirkondade osakaalu kogu elamufondist (Temelová *et al.*, 2011; Szafránska, 2013). Kui Lääne-Euroopas moodustavad paneelelamukorterid 5–7% kõikidest eluruumidest, siis Ida-Euroopas on see osakaal keskmiselt 20–40% ning näiteks Balti riikide pealinnades isegi rohkem kui 60%. Sotsialismimaades toetas paneelelamupiirkondade ehitamist riik ning selle taga olid nii praktilised kui ka ideoloogilised motiivid. Tööstuse kiire arendamise tõttu kasvas tööstuslinnade elanikkond väga kiiresti ning suuremahulised elamuehitusprogrammid pidid tekkinud eluasemepuudust leevendama. Lisaks pidid uued paneelelamupiirkonnad aitama vältida ebavõrdsust ja segregatsiooni, kuna võrdseid elamistingimusi taheti pakkuda kõigile. Standardiseeritud elamuehitus pidi olema ideaalne töövahend, et neid sihte saavutada.

Neid idealistlikke eesmärke ei saavutatud aga kunagi. Elamuehituse mahud jäid terveks nõukogude perioodiks eluasemete nõudlusele alla (Buckley, Gurenko, 1998; Renaud, 1992) ning suure eluasemepuuduse tõttu ootasid inimesed korterijärjekorras aastaid ning isegi aastakümneid. Ligipääs modernsetele korteritele oli iseenesest üks ebavõrdsuse allikaid. Kuigi ideoloogiliselt vajasis endale eluaset kõik leibkonnad, siis paremad võimalused korterite jagamisel olid neil, kel olid tutvused võimuorganite esindajate hulgas või kes töötasid plaanimajanduse prioriteetsetes sektorites (nt sõjatööstus, rasketööstus). Lisaks olid paremad võimalused korterit saada kõrgema haridusega inimestel; lihttöölistel ja madalama haridusega inimestel oli ligipääs eluasemetele keerulisem (Tammaru, Leetmaa, 2007). Sellegipoolest oli sotsialismimaade linnade eluasememaastik võrreldes muude Euroopa linnadega sotsiaal-majanduslikult üsna vähe diferentseeritud. Näiteks oli korterite jagamisel eelis ka lastega peredel. Lisaks oli inimeste mobiilsus üldiselt väga väike – inimesed, kes endale korteri said, jäid sinna püsivalt või vahetasid elukohta väga harva. See on ka põhjus, miks erineval ajal ehitatud paneelelamupiirkonnad erinesid üksteisest inimeste vanuselise struktuuri poolest: keskmine elanikkonna vanus oli kõrgem neis korterelamupiirkondades, mis ehitati varem, ja madalam neis, mis ehitati hiljem. Mingis ulatuses on sellised erinevused jälgitavad veel tänagi.

Olulist rolli endiste Nõukogude Liidu paneelelamupiirkondade elanikkonna kujunemisel mängis ka sisseränne teistest liiduvabariikidest. Eestisse saabus valdavalt venekeelne immigrantrahvastik aastatel 1944–1991 (Kulu, Tammaru, 2003). Sõjajärgsel ajal toimus Eestis kiire tööstuse kasv ning siinsed tööstusettevõtted vajasisid suurel hulgal tööjõudu. Lisaks tööstustöölisele saabus Eestisse ka palju sõjaväega

seotud personali. Kuna sisserändajad vajasid endale kohe elamispinna ning väga suur osa neist töötas prioriteetsetes sektorites, siis said nad endale uue elamispinna eelisjärjekorras (Kulu, 2003; Hess *et al.*, 2012). Selline eluasemepoliitika oli ka põhjus, miks tekkis linnades märkimisväärne etniline segregatsioon (Gentile, Tammaru, 2006).

1990. aastate alguses ennustasid paljud teadlased nõukogude ajal ehitatud paneel-elamupiirkondadele sünet tulevikku. Hoiatati, et sotsiaalne allakäik korterelamupiirkondades on vältimatu (Szelényi, 1996; Enyedi, 1998) ning et nende naabruskondadega juhtub sama, mis Lääne- ja Põhja-Euroopas. Riigipoolsete investeeringute taandumine ja uute alternatiivide tekkimine eluasemeturul pidi paneel-elamupiirkonnad muutma vähem atraktiivseks (Brade *et al.*, 2009). Seda aga ei juhtunud või vähemalt ei juhtunud see nii kiiresti kui ennustati. Mitmed tulemused näitavad, et 2000. aastatel olid paneel-elamupiirkonnad endiselt sotsiaalselt stabiilsed ning sotsiaal-majanduslik segunemine, mida võib pidada nõukogudeaegse eluasemepoliitika pärandiks, iseloomustas neid piirkondi endiselt (Temelová, Slezáková, 2014; Sargsyan, 2013). Küll oli aga selgelt jälgitav elanikkonna vananemine (Temelová, Slezáková, 2014; Brade *et al.*, 2009), mis oli eelkõige tingitud madalast rändeaktiivsusest 1990. aastatel.

Sellegipoolest on paneel-elamupiirkondades toimumas ka aeglane sotsiaalse degradeerumise protsess (Kährlik, Tammaru, 2010). Inimestele on saadaval väga mitmed uued elukeskkonnad, näiteks eramajad eeslinnas ja uued tänapäevased korterid väiksemates ja inimsõbralikumates naabruskondades. Paratamatult on sellised piirkonnad kõigepealt kättesaadavad jõukamale osale elanikkonnast (Tammaru *et al.*, 2009; Leetmaa *et al.*, 2012). Hoolimata sellistest trendidest eksisteerib üksmeel selles suhtes, et paneel-elamupiirkondadel on asendamatu roll eluasemeturul nii tänapäeval kui ka tulevikus (Temelová *et al.*, 2011). Korterelamupiirkonnad ei saa kunagi olema kõige ihaldatum osa eluasemefondist, kuid tõenäoliselt jäävad nad mugavaks valikuks paljudele (Kovács, Herfert, 2012; Temelová, Slezáková, 2014; Sargsyan, 2013). Seetõttu ei ole paneel-elamupiirkondade lammutamist endistes sotsialistlikes linnades ette näha – see on liiga suur osa kogu eluasemefondist (Szafránska, 2013). Seda, milliseks konkreetsete paneel-elamupiirkondade tulevik täpsemalt kujuneb, on praegu raske ennustada. Ühetaolist arengut postsotsialistlikes korterelamupiirkondades oodata ei ole ning arengutrajektoore on mitu. Piirkondades, kus on toimunud kiire majanduskasv ja kasvanud elanike arv (enamjaolt pealinnad), on eluasemeturg tihe ja nõudlus paneel-elamukorterite järele püsitud suurena (Šuška, Stasíková, 2013). Samal ajal on kahanevates piirkondades aga väga keeruline hoida paneel-elamupiirkondasid atraktiivsenä.

Kokkuvõttes võib öelda, et jätkuva selektiivse sisse- ja väljarände ning selgete ruumiliste planeeringute puudumise tõttu oleme tänapäeval tunnistajaks paneel-elamupiirkondade aeglasele sotsiaalsele ja füüsilisele allakäigule (Kovács, Herfert,

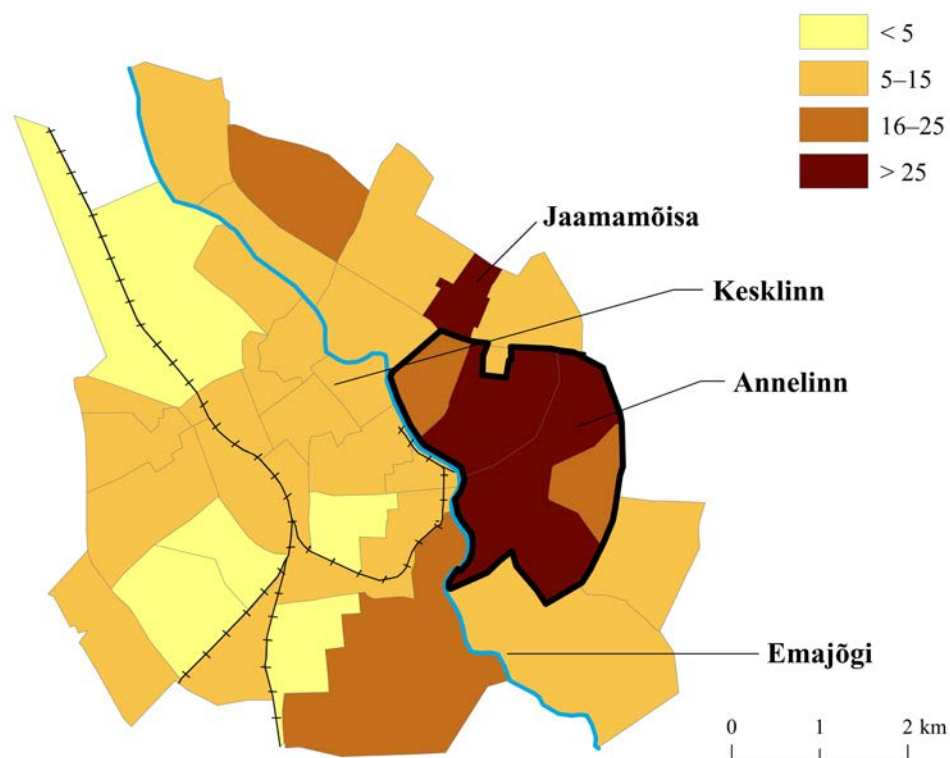
2012). Uurimused 2000. aastate segregatsiooniprotsesside kohta on juba näidanud, et sotsiaal-ruumilised erinevused postsotsialistlikes linnades on üha kasvamas (Tammaru *et al.*, 2015a). Peale selle on endistes nõukogudeaegsetes linnades hakanud etniline ja sotsiaal-majanduslik segregatsioon üha enam kattuma (Leetmaa *et al.*, 2015; Tammaru *et al.*, 2015b). Kortrelamupiirkonnad ei ole täna slummid, nagu seda ennustati 25 aastat tagasi, aga nad kaotavad järk-järgult oma staatust ning selline trend nõuab poliitilist sekkumist.

#### 4. Annelinn ja Tartu

Annelinna paneelelamupiirkond asub Eesti suuruselt teises linnas Tartus. Nagu ka paljudes teistes linnades, nii toimus ka Tartus nõukogude aastatel väga kiire elanikkonna kasv: kui enne II maailmasõda elas Tartus ligi 59 000 inimest, siis nõukogude aja lõpuks 113 000 inimest (Kulu, 2003). Sel perioodil rajati Tartusse mitmed suured tööstusettevõtted ning linna serva rajati ka Nõukogude Liidu sõjaväelennuväli. Sellised arengud ergutasid sisserännet teistest liiduvabariikidest (peamiselt Venemaalt, kuid ka Ukrainast ja Valgevenest) (Kulu, 2003). Saabujaks oli peamiselt venekeelne elanikkond. Kui enne II maailmasõda oli Tartu valdavalt üherahvuseline linn, siis nõukogude perioodi lõpuks oli vähemusrahvuste osakaal kogu linna rahvastikust tõusnud 26 protsendini, millest enamuse moodustas venekeelne elanikkond.

Elanikkonna kasv tõi kaasa elamuehituse laienemise. Selle tingis ka asjaolu, et ligi pool kogu linna elamufondist hävines Teises maailmasõjas (Lott, Eller, 1980) ning vajadus uue elamispinna järele oli suur. 1950. aastatel algatati esimesed elamuehitusprogrammid. Kui alguses ehitati 5-korruselisi telliselamuid sõjas kannatada saanud kesklinnapiirkonda, siis peagi tutvuti moodsa suurpaneelamute ehituse tehnoloogiaga ning ehitusmahud kahekordistusid.

Annelinn on Tartu suurim kompaktne paneelelamupiirkond, kus elab kokku ligi kolmandik linna elanikkonnast. Kui võrrelda Annelinna teiste suurte nõukogudeaegsete paneelelamupiirkondadega (nt Lasnamäega), siis esindab Annelinn pigem õdusat elupiirkonda, kus kortermajad on ümbritsetud roheluse ning puhkealadega. Tartus on Annelinn ka see paik, kus kõige sagedamini kohtuvad eri rahvused. Kuna mujalt Nõukogude Liidust Tartusse tulnud sisserändajad vajasisid eluaset kohe pärast saabumist, siis majutati neid proportsionaalselt rohkem uutesse kortrelamupiirkondadesse. Jooniselt 1 on näha venekeelse elanikkonna osakaal Tartu naabruskondades. Kuigi eluasememobiilsus on viimastel aastakümnetel linna etnilist muustrit mõnevõrra muutnud, siis püsiv etniline segregatsioon linnaruumis peegeldab hästi nõukogude perioodi pärandit. Venekeelse elanikkonna osakaal on suurim just Annelinnas ning Jaamamõisa naabruskonnas. Annelinnas elab rohkem kui pool kogu linna venekeelsest elanikkonnast.



**Joonis 1.** Venekeelse elanikkonna osakaal Tartu naabruskondades. Allikas: 2011 rahvaloendus

**Figure 1.** Percentage of Russian speakers in Tartu neighbourhoods. Source: Census 2011

Tulevikus tuleb Tartul suure tõenäosusega silmitsi seista kahaneva rahvastikuga. Juba täna on linna rändesaldo negatiivne. Tartu kaotab rahvastikku peamiselt eeslinnapiirkondadele ning majanduslikult atraktiivsemale Tallinnale. Linna negatiivset rändesaldot tasakaalustavad mingis ulatuses Tartut ümbritsevad Lõuna-Eesti maakonnad. Ülikoolid, kutsekoolid ja gümnaasiumid meelitavad ligi sealseid õpilasi ning regionaalse keskusena on Tartu atraktiivne ka tööotsijatele. Hiljutised rahvastiku-prognosid (Leetmaa, Väiko, 2015; Tammaru *et al.*, 2015c) on aga ennustanud, et pikalt Tartu rahvaarv Lõuna-Eesti maakondade toel stabiilsena ei püsi (noorte arv sealsetes maakondades on drastiliselt vähenenud) ning seega on Tartul üha raskem väheneva elanikkonnaga toime tulla. Ülikoolilinnana meelitab Tartu ligi noori ka mujalt Eestist ning välismaalt, kuid varasemad uurimused on näidanud, et sisse-ränne Tartusse kõrghariduse pärast on „nullsumma mäng“ (Tammaru *et al.*, 2015c): noored, kes Tartusse kõrghariduse pärast saavad, lahkuvad pärast kooli lõpetamist tööturu võimaluste puudumise tõttu. Seepärast sõltub linna rahvastiku tulevik ka võimest konkureerida tööturul kõrgharidusega inimeste pärast.



Kokkuvõtvalt võib öelda, et stabiilse elanikkonna kindlustamiseks peab Tartu suutma pakkuda atraktiivset elu- ja töökeskkonda eelkõige just noortele haritud inimestele. Tartu on kultuuriliselt elav ülikoolilinn, kus tõstavad pead nii loome- majandus kui ka IT-sektor. Linnas võib mitmes naabruskonnas tähele panna toimuvat tudengistumist, mistõttu on kinnisvaraturul hinnas ka väikesed korterid. Võib eeldada, et see stabiliseerib ka nõukogude ajal rajatud korterelamupiirkondi, kus enamasti toimub elanikkonna vananemine.

## 5. Analüüs

### **5.1. Demograafilised ja sotsiaal-majanduslikud muutused Tartus ja Annelinnas**

Järgnevalt analüüsitakse kolme rahvaloenduse (1989, 2000 ja 2011) andmete põhjal Tartu ja Annelinna elanikkonna demograafilises ja sotsiaal-majanduslikus koosseisus toimunud muutusi. 2000. ja 2011. aasta rahvaloenduse andmebaase oli võimalik omavahel ka siduda, mis võimaldas analüüsida ka 2000. aastatel toimunud elukohavahetusi. Rände analüüsil keskendutakse peamiselt just Annelinnaga seotud elukohamobiilsusele ning seda tehakse erinevate rahvastikurühmade lõikes (eesti- ja venekeelsed, kõrgharidusega inimesed). Analüüs valmis käsikirjalise raamatu „Annelinnast ja vabaplaneeringuga ruumist“ peatükina 2017. aastal Tartu Linnavalitsuse ja Eesti Kultuurkapitali toel.

### **5.2. Rahvaarv**

Kahe kümnendi jooksul on Tartu rahvaarv kahanenud 15 897 inimese võrra (tabel 1). Kui nõukogude aja lõpul elas Tartus rohkem kui 113 000 elanikku, siis 1990. aastatel toimus märkimisväärne rahvaarvu vähenemine ning 2000. aastal elas Tartus pisut üle 100 000 elaniku. Sellised arengud olid suuresti tingitud Nõukogude Liidu lagunemisele järgnenud vähemusrahvuste tagasirändest kodumaale. 2000. aastatel toimunud rahvaarvu vähenemine (rohkem kui 3000 inimese võrra) oli peamiselt seotud linna negatiivse rändesaldoga: lahkus rohkem inimesi kui saabus. Siinjuures mängis linnast lahkumise puhul olulist rolli 2000. aastatel hoogu saanud eeslinnastumine.

Kui Tartu tervikuna kaotas 1990. aastatel 14% rahvastikust, siis huvitaval kombel Annelinnas elavate inimeste arv oluliselt ei muutunud ning sealne elanikkond isegi kasvas pisut (906 inimese võrra). Nõukogude ajal tekkinud eluasemepuudus ei olnud 1990. aastateks veel kusagile kadunud ning Annelinna korterid olid sel ajal veel hinnas ning võib oletada, et tagasirände tõttu tühjaks jäänud korterid said endale üsna kiiresti uued elanikud ning tänu sellele püsis Annelinna rahvaarv stabiilsena. 2000. aastatel hakkas Annelinna rahvaarv aga vähenema ja elanike arv kahanes 3597

inimese võrra. Neil aastatel muutusid inimesed mobiilsemaks, elukohaelistused muutusid ning paremal järjel inimesed said paneelamupiirkonna korteri vahetada välja mõne atraktiivsema elukoha vastu (näiteks korter uuenevas siselinnas või suurem elupind rahulikumas eeslinnas).

**Tabel 1.** Rahvaarvu muutused Tartus ja Annelinnas perioodil 1989–2011

**Table 1.** Population change in Tartu and Annelinn in 1989–2011

	1989	2000	2011	Muutus perioodil 1989–2011
<b>Tartu</b>	113 420	101 120	97 523	-15 897
... Annelinn	29 427	30 333	26 786	-2641
... teised naabruskonnad	83 993	70 787	70 737	-13 256

### 5.3. Emakeel

1989. aastal moodustas Tartu linna rahvastikust neljandiku venekeelne elanikkond (tabel 2). Kahe aastakümne jooksul on see osakaal aga oluliselt vähenenud ning võrreldes nõukogude aja lõpuga on linn muutunud palju eestikeelsemaks (1989. aastal oli eestikeelse elanikkonna osakaal 73%, 2011. aastal 81%). Nagu ka eelnevalt sai mainitud, siis on sellise muutuse üheks põhjuseks venekeelse elanikkonna tagasiränne kodumaale 1990. aastate alguses. Peale selle on osa venekeelsest elanikkonnast ilmselt rännanud mujale Eestisse ning eriti Tallinna, kus ligi poole linna rahvastikust moodustab venekeelne elanikkond ning kus on veelgi lihtsam toime tulla vaid oma emakeeles (nt töö, vaba aja veetmine).

Tartus koondub venekeelne elanikkond üha enam Annelinna. Kui 1989. aastal elas kolmandik kogu Tartu venekeelsest elanikkonnast Annelinnas, siis aastal 2011 elas seal rohkem kui pool linna venekeelsest elanikkonnast, moodustades kogu Annelinna rahvastikust 33% (tabel 2). Kuigi 1990. aastatel lahkus tagasirände tõttu suur hulk venekeelsest elanikkonnast ka Annelinnast ning paneelamupiirkond kaotas veidi rohkem kui 1000 vene emakeelega inimest, siis 2000. aastatel kasvas Annelinnas taas nii venekeelse elanikkonna arv kui ka osakaal kogu naabruskonna elanikkonnast. Eestlasi on Annelinnas jäänud aga aina vähemaks, seda nii absoluutarvudes kui ka osakaalus. Venekeelse elanikkonna Annelinna koondumine on täiesti mõistetav, kuna seal on olemas omakeelne infrastruktuur (venekeelsed koolid, lasteaiad, vaba aja veetmise võimalused jne), suur osa sotsiaalvõrgustikust on lähedal ning on suuremad võimalused omakeelseks suhtluseks. Lisaks eelistab venekeelne elanikkond eestlastest rohkem elada korteris. Eestikeelne elanikkond eelistab Annelinnale pigem eramaja piirkondi (nt Tammelinn ja Tähtvere) ning miljööväärtuslikke puitasumeid (nt Supilinn ja Karlova). Sellegipoolest moodustavad enamiku Annelinna elanikest eestlased (2011. aastal 65,3%) ning ehkki võib arvata, et ka edaspidi jätkub venekeelse elanikkonna koondumine Annelinna, siis eestlaste enamust see seal ei muuda.

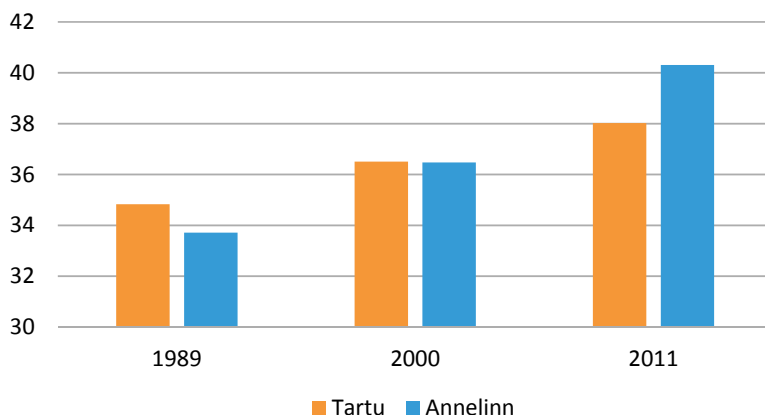
**Tabel 2.** Tartu ja Annelinna elanike arv emakeele järgi 1989, 2000 ja 2011**Table 2.** Number of people in Tartu and Annelinn by mother tongue, 1989, 2000, and 2011

<b>Tartu</b>	<b>1989</b>	<b>Protsent</b>	<b>2000</b>	<b>Protsent</b>	<b>2011</b>	<b>Protsent</b>
eestikeelsed	82 720	72,9	79 894	79,3	78 922	81,0
venekeelsed	27 851	24,6	18 854	18,7	16 781	17,2
muu	2849	2,5	1973	2,0	1751	1,8
<b>Annelinn</b>						
eestikeelsed	19 006	64,6	20 982	69,4	17 478	65,3
venekeelsed	9629	32,7	8608	28,5	8830	33,0
muu	792	2,7	647	2,1	447	1,7

#### 5.4. Vanus

Selged muutused on kahe aastakümne jooksul toimunud Tartu ja Annelinna vanuselises koosseisus (joonis 2). Tartu linna keskmine vanus tõusis 3,2 aasta võrra – 34,8 aastalt 38 aastani. Vanemaaliste osakaalu kasv on tänapäeva ühiskonnas täiesti tavaline nähtus ning ülikoolilinna keskmine vanus on tegelikult üks Eesti madalamaid (Eesti keskmine vanus oli 2011. aastal 40,8) (Statistikaamet, 2012). Tänu suurele üliõpilaste hulgale iseloomustabki Tartut Eesti keskmisest noorem elanikkond ning ilmselt toob ülikool ka edaspidi palju noori siia. Samal ajal on teada, et pärast ülikooli lõpetamist on keeruline Tartus tööd leida, mistõttu pärast kooli lõpetamist lahkuetakse. Peale selle on vähenenud ülikooliealiste noorte arv. Selliste trendide tõttu võib ka Tartu elanikkonna vananemine üha kiiremini toimuda. Et seda vältida, tuleks mõelda sellele, kuidas noori pärast kooli lõpetamist Tartusse jääma meelitada.

Märkimisväärselt tõusis aga Annelinna keskmine vanus, mis kasvas poole võrra rohkem kui linnas tervikuna. Kui nõukogude aja lõpul oli Annelinna keskmine vanus 33,7 aastat, mis oli madalam kui linna keskmine, siis 2011. aastal oli see 40,3, mis oli linna keskmisest juba oluliselt suurem. Selline kiire rahvastiku vananemine iseloomustab ka paljusid teisi Ida-Euroopa paneelalamupiirkondi. Nõukogude ajal said endale korteri tavaliselt noored ja pereas inimesed, mistõttu oli Annelinna keskmine vanus 1989. aastal linna keskmisest madalam. Paljud inimesed, kes nõukogude ajal endale korteri said, on jäänud sinna püsivalt ning vanemas eas ei soovi sealt enam ka lahkuda, mistõttu vananeb nende elukeskkond koos nende endaga.

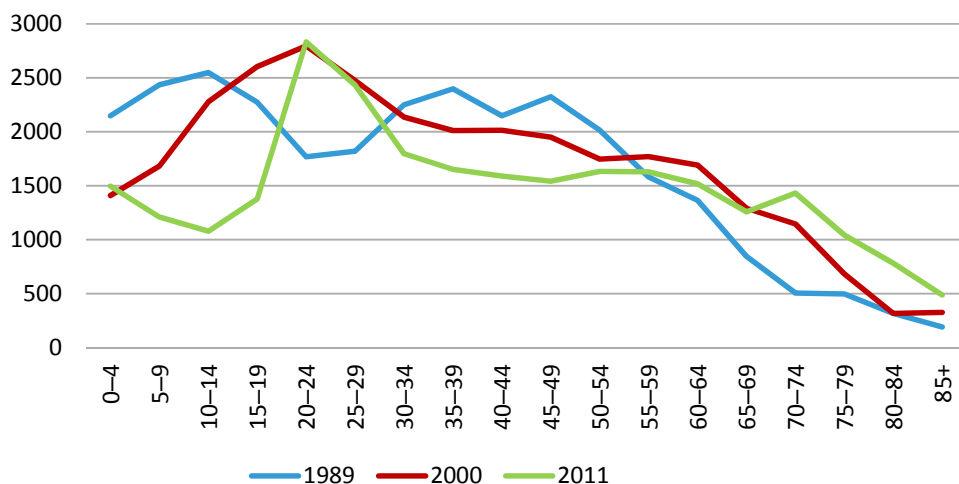


**Joonis 2.** Keskmine vanus Tartus ja Annelinnas 1989, 2000 ja 2011

**Figure 2.** Mean age of population in Tartu and Annelinn in 1989, 2000, and 2011

Detailsema ülevaate Annelinna vanuselise jaotusest annab joonis 3. Kooliealiste laste arv on Annelinnas kahe aastakümne jooksul oluliselt vähenenud. Sama saab öelda perealiste inimeste kohta. Kooliealiste lastega pered on Annelinna korteri asemel valinud ilmselt suurema eluaseme mõnes eramajade naabruskonnas või linna tagamaal, mida paljud pered eelistavad rahulikuma elukeskkonna pärast. Selektiivne sisse- ja väljaränne on üleüldiselt Annelinna elanikkonna vanuskoosseisu muutnud. Lisaks selgelt jälgitavale vananemise protsessile toimub Annelinnas nn tudengistumine, mis naabruskonna vanuselist struktuuri mõjutab. Jooniselt 3 torkab silma 20–29-aastaste suur hulk Annelinnas, 2011. aasta rahvaloenduse järgi moodustavad tudengid Annelinnas sellest vanuserühmast kolmandiku.<sup>3</sup> Tudengeid meelivad Annelinna taskukohaste hindadega üürikorterid, mis asuvad kesklinnale ning erinevatele ülikooli õppehoonetele üpris lähedal. Lisaks on Annelinna korterid atraktiivsed noortele, kes alles alustavad eluasemekarjääri. Kahjuks elavad noored leibkonnad ja tudengid Annelinnas ainult lühiajaliselt ning pikas perspektiivis end korterelamupiirkonnas ei näe ning võimaluse korral kolivad mujale. Vanemaealistele on Annelinn aga mugav ja tuttav valik ning neil ei ole soovi sealt lahkuda. Võib oletada, et tulevikus ongi Annelinn oluline elukeskkond just vanemaealistele ning ka noortele, kelle jaoks on Annelinn kui hüppelaud edasise eluasemekarjääri jaoks.

<sup>3</sup> Kõikidest Tartu tudengitest elab Annelinnas ligi 10%. Kuna Annelinnas ei ole ühtki ühiselamut, siis võib seda pidada üsna arvestatavaks hulgaks.



**Joonis 3.** Vanuseline jaotus Annelinnas 1989, 2000 ja 2011

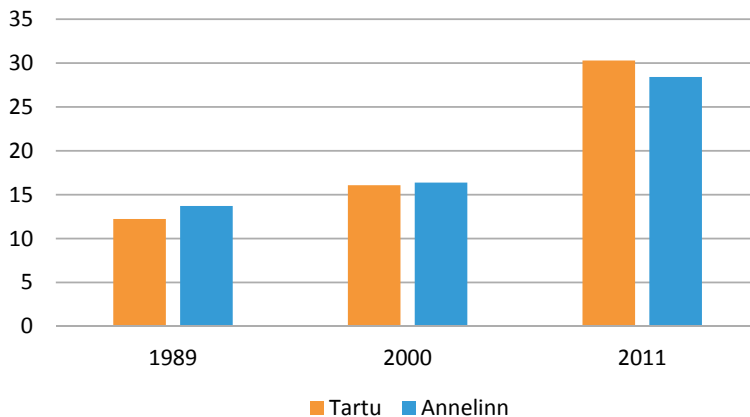
**Figure 3.** Age distribution of population in Annelinn in 1989, 2000, and 2011

### 5.5. Haridus

Muutused kõrgharidusega inimeste osakaalus (joonis 4) peegeldavad hästi kahel aastakümnel toimunud professionaliseerumise protsessi, mis oli iseloomulik kogu Eestile. Kõrgharidusega inimeste osakaal on perioodil 1989–2000 kasvanud hüppeliselt nii Tartus tervikuna kui ka Annelinnas. Kui võrrelda omavahel Tartu linna ja Annelinna paneelilamupiirkonda erinevatel aastatel, siis ilmneb, et 1989. aastal elas Annelinnas kõrgharidusega inimesi suhteliselt rohkem kui Tartus kokku (Annelinna elanikkonnast moodustasid kõrgharidusega inimesed 13,7%, Tartu elanikkonnast 12,2%). Kuna nõukogudeaegne eluasemepoliitika soosis korterite jagamisel kõrgema haridusega inimesi, siis on selline erinevus täiesti mõisteta.

1990. aastate jooksul on kõrgharidusega inimeste osakaal nii Tartus kui ka Annelinnas pisut kasvanud, erinevus paneelilamupiirkonna ja ülejäänud linna vahel on imeväike. 2000. aastatel on toimunud suuremad muutused ja suur osa elanikkonnast on omandanud kõrghariduse. Kõrgharidusega inimeste osakaal Annelinnas on kogu linnaga võrreldes aga vähenenud. Kuigi see vahe on väike, siis viitab see siiski sellele, et Annelinnas väheneb kõrgema sotsiaal-majandusliku staatusega inimeste osakaal ning sotsiaalne segunemine piirkonnas väheneb. Kuigi see protsess on aeglane ning kuidagi ei saa rääkida suurest sotsiaal-majanduslikust allakäigust, siis on toimuva protsessi suund väga selge ja ilmselt ümber pööratu. Seda võib öelda ka mitmete teiste Ida-Euroopa paneelilamupiirkondade näitel. Kuna Tartu on ülikoolilinn ning paljud tudengid eelistavad õpingute ajal elada Annelinnas, siis ka see asjaolu ei lase Annelinna sotsiaal-majanduslikul staatusel väga kiiresti langeda. Alati võib ka loota,

et tudengid, kes on Annelinnas elanud ning õppinud seda elukeskkonda hindama, oskavad Annelinnast ka edaspidi lugu pidada ning ehk tahavad sinna ka püsivalt jääda või vanemas eas tagasi tulla.



**Joonis 4.** Kõrgharidusega inimeste osakaal Tartus ja Annelinnas 1989, 2000 ja 2011

**Figure 4.** The share of people with higher level of education in Tartu and Annelinn in 1989, 2000, and 2011

### 5.6. Annelinnaga seotud eluasememobiilsus

2000. aastatel toimunud elukohavahetuste analüüs näitab, et Annelinna rändesaldo oli negatiivne kõigi teiste analüüsiüksuste suhtes (tabel 3). Kõige enam kaotas Annelinn elanikke Tartu tagamaale<sup>4</sup>. See näitab taas kord Annelinna rolli „hüppelauana“ – sageli on eelinnastujateks just noored leibkonnad, kes oma eluasemekarjääri alguses elavad paneelalampi piirkonna üürikorteris, kuid peret luues tekib vajadus suurema ning rahulikuma elukeskkonna järele ning siis kolitaksegi linnast välja. Lisaks tagamaale kaotas Annelinn inimesi ka teistele Tartu naabruskondadele ja piirkondadele mujal Eestis. Kuigi Annelinna eluasemefond on suur, siis Tartu-siseses rändes Annelinn väga atraktiivne ei ole. Lisaks eelistavad mujalt Eestist tulijad Annelinnale pigem teisi Tartu naabruskondi.

<sup>4</sup> Tagamaa tähistab neid Tartut ümbritsevaid omavalitsusi, mille töötavatest elanikest käib vähemalt 30% Tartus tööle.

**Tabel 3.** Rändesuunad Annelinna, teiste Tartu naabruskondade, Tartu tagamaa ja muu Eesti vahel, 2000–2011

**Table 3.** Migration flows between Annelinn, Tartu other neighbourhoods, Tartu suburban ring and the rest of Estonia, 2000–2011

	Annelinna	Teistesse Tartu naabruskondadesse	Tartu tagamaale	Mujale Eestisse
Annelinnast	0	797	1794	610
Teistest Tartu naabruskondadest	-797	0	2742	-2219
Tartu tagamaalt	-1794	-2742	0	107
Mujalt Eestist	-610	2219	-107	0
Saldo	-3201	274	4429	-1502

Kui keskenduda erinevate rahvastikurühmade rändesuundadele, siis ilmnevad erinevused näiteks eesti- ja venekeelse elanikkonna rändekäitumises (tabel 4 ja 5). Tartu-siseses rändes kaotab Annelinn eestikeelset elanikkonda teistele Tartu naabruskondadele (rändesaldo -1478), võidab juurde aga venekeelset elanikkonda. Nagu ka eelnevalt sai arutletud, siis on mõistetav, miks venekeelne elanikkond Annelinna rännata soovib. Eestikeelne elanikkond eelistab Annelinnale aga teisi Tartu naabruskondi ning ka Tartu tagamaad. Kui Tartu-siseses rändes Annelinn võidab venekeelset elanikkonda juurde, siis üleüldiselt kaotab Annelinn elanikke ka venekeelse elanikkonna arvelt, kes rändavad Tartu tagamaale ning mujale Eestisse.

**Tabel 4.** Eestlaste rändesuunad Annelinna, teiste Tartu naabruskondade, Tartu tagamaa ja muu Eesti vahel, 2000–2011

**Table 4.** Migration flows of Estonians between Annelinn, Tartu other neighbourhoods, Tartu suburban ring and the rest of Estonia, 2000–2011

	Annelinna	Teistesse Tartu naabruskondadesse	Tartu tagamaale	Mujale Eestisse
Annelinnast	0	1478	1512	158
Teistest Tartu naabruskondadest	-1478	0	2390	-2639
Tartu tagamaalt	-1512	-2390	0	65
Mujalt Eestist	-158	2639	-65	0
Saldo	-3148	1727	3837	-2416

**Tabel 5.** Venekeelse elanikkonna rändesuunad Annelinna, teiste Tartu naabruskondade, Tartu tagamaa ja muu Eesti vahel, 2000–2011

**Table 5.** Migration flows of Russian-speakers between Annelinn, Tartu other neighbourhoods, Tartu suburban ring and the rest of Estonia, 2000–2011

	Annelinna	Teistesse Tartu naabruskondadesse	Tartu tagamaale	Mujale Eestisse
Annelinnast	0	-642	268	445
Teistest Tartu naabruskondadest	642	0	314	360
Tartu tagamaalt	-268	-314	0	29
Mujalt Eestist	-445	-360	-29	0
Saldo	-71	-1316	553	834

Kõrgharidusega inimesed rändavad Annelinnast ning ka teistest Tartu naabruskondadest Tartu tagamaale ning mujale Eestisse. Annelinn kaotab elanikke kõiki-tele teistele analüüsiüksustele ning rändesaldo on negatiivne (1286 inimest lahkus Annelinnast rohkem kui sinna saabus). Kõrgharidusega inimeste Annelinnast lahkumine selgitab ka olukorda, miks Annelinnas on kõrgharidusega inimeste osakaal vähenenud. Võib oletada, et suur osa rändajatest on need noored, kes on õpingute ajal Annelinnas elanud, kuid pärast hariduse omandamist ning kooli lõpetamist võimaluse korral sealt lahkuvad. Selline selektiivne ränne mõjutab ka Annelinna üldist sotsiaal-majanduslikku staatust. Madalama haridusega inimestel on tihti ka majanduslik seis kehvem ning väiksemad võimalused soovi korral oma eluaset vahetada ning korterelamupiirkonnast lahkuda.

**Tabel 6.** Kõrgharidusega inimeste rändesuunad Annelinna, teiste Tartu naabruskondade, Tartu tagamaa ja muu Eesti vahel, 2000–2011

**Table 6.** Migration flows of people with higher level of education between Annelinn, Tartu other neighbourhoods, Tartu suburban ring and the rest of Estonia, 2000–2011

	Annelinna	Teistesse Tartu naabruskondadesse	Tartu tagamaale	Mujale Eestisse
Annelinnast	0	531	339	416
Teistest Tartu naabruskondadest	-531	0	524	594
Tartu tagamaalt	-339	-524	0	11
Mujalt Eestist	-416	-594	-11	0
Saldo	-1286	-587	852	1021



Rändesuundumusi kokku võttes võib öelda, et Annelinnast lahkub oluliselt rohkem elanikke kui sinna saabub. Tartu-siseses rändes ei ole Annelinn väga atraktiivne (v.a venekeelse elanikkonna jaoks) ning linna teised piirkonnad võivad Annelinna arvelt elanikke juurde. Annelinnaga seotud selektiivne ränne viitab suundumusele, et ka seal hakkab üha enam etniline ja sotsiaal-majanduslik segregatsioon kattuma: Annelinna eelistavad rännata venekeelsed, samal ajal kui eestlased ning kõrgharidusega inimesed pigem lahkuvad.

## **6. Kokkuvõte**

Kahe viimase aastakümne jooksul aset leidnud muutused on suurt mõju avaldanud ka linnakeskkonnale ja erinevate naabruskondade elanikkonnale. Inimeste elukohaeelistused on muutunud, suurenenud on võimalused oma soove ellu viia ning kõige sellega koos on kasvanud ka inimeste eluasememobiilsus. Need tegurid on avaldanud mõju ka Annelinna elanikkonna muutumisele. Mitmed Annelinna iseloomustavad demograafilised ja sotsiaal-majanduslikud trendid on sarnased teistele Ida-Euroopa paneelilamupiirkondadele, näiteks rahvastiku vananemine ning selektiivne sisse- ja väljaränne. Annelinnas eelistavad elada vanemaealised, kelle jaoks on see mugav ja tuttav elukeskkond ning kes ei soovi sealt lahkuda. Lisaks iseloomustab Annelinna suur noorte (20–29-aastased) osakaal. See on seotud tudengitega ning noortega, kes oma eluasemekarjääri alguses elavad taskukohases üürikorteris.

Tänu omakeelsele infrastruktuurile eelistab Annelinnas elada ka rohkem kui pool linna venekeelsest elanikkonnast ning linnasisese rände kaudu koondub neid sinna veelgi. Võib arvata, et venekeelne elanikkond soovib ka tulevikus Annelinnas elada, kuna see on neile mugav ja tuttav keskkond. Probleemiks võib etniline segregatsioon muutuda siis, kui see hakkab tugevalt kattuma sotsiaal-majandusliku segregatsiooniga. Seega tuleb muutustel silma peal hoida.

Annelinnas toimuvad protsessid (tugevalt negatiivne rändesaldo: lahkuvad eestlased ja kõrgharidusega inimesed, rahvastiku vananemine) on küll murettekitavad, kuid väga sünye tulevik Annelinna ilmselt ees ei oota. Tartu on ülikoolilinn ning igal aastal tuleb siia suur hulk noori, kellest paljud valivad endale elukohaks Annelinna korteri. Kuigi linnarahvastik väheneb ning elamufond Tartus kasvab, siis räägib Annelinna kasuks tema asukoht kesklinna lähedal, mis on oluline nii vanemaealistele kui ka noortele ning tänu millele paljud soovivadki Annelinnas elada. Kurb on aga see, et noored elavad Annelinnas vaid lühiajaliselt ning võimaluse korral lahkuvad sealt. Et noored ja ka teised linnaelanikud näeksid Annelinna oma koduna, mitte vaid lühiajalise peatuspaigana, tuleks rohkem mõelda sellele, kuidas muuta see elukeskkond paremaks ja elamisväärsemaks, et inimesed ei tahaks nii kiiresti sealt lahkuda.

Kui Annelinna näide laiemasse konteksti asetada, siis ilmestab see hästi seda, kui palju sõltub konkreetse paneelamupiirkonna areng laiemalt kogu linna arengust ning ka näiteks paneelamupiirkonna asukohast linnas. Seega võib teatud mõttes sarnaste paneelamupiirkondade tulevik olla erinevates paikades väga erisugune ning mõnes kohas tuleb nende piirkondade elamisväärsuse säilitamiseks pingutada palju rohkem kui teistes kohtades. Ida-Euroopa linnade paneelamupiirkonnad on ja jäävad veel kauaks väga tähtsaks osaks elamufondist ning oluliseks paigaks inimeste elupaigana, seega tuleb kõikjal, ka seal, kus olukord tundub parem, pingutada selle nimel, et käimasolevaid sotsiaal-demograafilisi muutusi aeglustada ning vältida piirkonna sotsiaalset allakäiku. Selleks võiksid nii poliitikud kui ka linnaelanikud ise pöörata rohkem tähelepanu paneelamupiirkondades toimuvatele arengutele ning mõelda, kuidas saaks neid piirkondi muuta mõnusamaks elupaigaks kõigile.

## Kirjandus

- Brade, I., Herfert, G., Wiest, K. 2009.** Recent trends and future prospects of socio-spatial differentiation in urban regions of Central and Eastern Europe: A lull before the storm? *Cities* 26(5): 233–244.
- Buckley, R. M., Gurenko, E. N. 1998.** Housing Demand in Russia: Rationing and Reform. *Economics of Transition* 6(1): 197–210.
- Enyedi, G. 1998.** Transformation in central European postsocialist cities. In *Social Change and Urban Restructuring in Central Europe*, toimetanud György Enyedi, 9–34. Budapest: Akademiai Kiadó.
- Gentile, M., Tammaru, T. 2006.** Housing and ethnicity in the post-Soviet City: Ust'-Kamenogorsk, Kazakhstan. *Urban Studies* 43(10): 1757–1778.
- Hess, D. B., Tammaru, T., Leetmaa, K. 2012.** Ethnic differences in housing in post-Soviet Tartu, Estonia. *Cities* 29(5): 327–333.
- Kovács, Z., Herfert, G. 2012.** Development pathways of large housing estates in post-socialist cities: An international comparison. *Housing Studies* 27(3): 324–342.
- Kulu, H., Tammaru, T. 2003.** Housing and Ethnicity in Soviet Tartu. *Yearbook of Population Research in Finland* 39: 119–140.
- Kulu, H. 2003.** Housing differences in the late Soviet city: The case of Tartu, Estonia. *International Journal of Urban and Regional Research* 27(4): 897–911.
- Kährrik, A., Tammaru, T. 2010.** Soviet prefabricated panel housing estates: areas of continued social mix or decline? The case of Tallinn. *Housing Studies* 25(2): 201–219.
- Leetmaa, K., Brade, I., Anniste, K. et al. 2012.** Socialist summer home settlements in post-socialist suburbanization. *Urban Studies* 49(1): 3–21.
- Leetmaa, K., Tammaru, T., Hess, D. B. 2015.** Preferences toward neighbor ethnicity and affluence: Evidence from an inherited dual ethnic context in post-Soviet Tartu, Estonia. *Annals of the Association of American Geographers* 105(1): 162–182.
- Leetmaa, K., Väiko, A. 2015.** Siseränne asustussüsteemi kujundajana perioodil 1989–2011. *Rahvastiku areng*, toimetanud Alis Tammur, Tallinn: Eesti Statistikaamet, 76–113.

- Lott, J., Eller, M. I. 1980.** Kultuur. *Tartu ajalugu*, toimetanud Raimo Pullat. Tallinn: Eesti Raamat, 270–298.
- Musterd, S., van Kempen, R. 2007.** Trapped or on the springboard? Housing careers in large housing estates in European cities. *Journal of Urban Affairs* 29(3): 311–329.
- Dekker, K., de Vos, S., Musterd, S. et al. 2011.** Residential satisfaction in housing estates in European cities: A multi-level research approach. *Housing Studies* 26(4): 479–499.
- Renaud, B. 1992.** The Housing Systems of the Former Soviet Union: Why Do the Soviets Need Housing Markets? *Housing Policy Debate* 3(3): 877–899.
- Sargsyan, T. 2013.** Residential environmental conditions on housing estates in Yerevan. *Hungarian Geographical Bulletin* 62(1): 121–130.
- Statistikaamet 2012.** Rahvastiku keskmine vanus ja mediaanvanus elukoha järgi, 31. detsember 2011. Viimati külastatud: 03.10.2019. <https://www.stat.ee/67694>.
- Šuška, P., Stasiková, L. 2013.** Transformation of the built environment in Petržalka pre-fabricated housing estate. *Hungarian Geographical Bulletin* 62(1): 83–89.
- Szafrańska, E. 2013.** Large housing estates in post-socialist Poland as a housing policy challenge. *European Spatial Research and Policy* 20(1): 119–129.
- Szelényi, I. 1996.** Cities under socialism—and after. *Cities after Socialism: Urban and Regional Change and Conflict in Post-Socialist Societies*, toimetanud Gregory Andrusz, Michael Harloe ja Ivan Szelényi. Oxford: Blackwell, 286–317.
- Tammaru, T., Leetmaa, K. 2007.** Suburbanisation in relation to education in the Tallinn metropolitan area. *Population, Space and Place* 13(4): 279–292.
- Tammaru, T., Leetmaa, K., Silm, S. et al. 2009.** Temporal and spatial Dynamics of the new residential areas around Tallinn. *European Planning Studies* 17(3): 423–439.
- Tammaru, T., Marcińczak, S., van Ham, M. et al. 2015a.** *Socio-Economic Segregation in European Capital Cities: East meets West (Regions and Cities)*. Oxon ja New York: Routledge.
- Tammaru, T., Kährik, A., Mägi, K. et al. 2015b.** The ‘market experiment’: Increasing socio-economic segregation in the inherited bi-ethnic context of Tallinn. *Socio-Economic Segregation in European Capital Cities: East meets West (Regions and Cities)*, toimetanud Tiit Tammaru, Szymon Marcińczak, Maarten van Ham ja Musterd, 333–357. Oxon ja New York: Routledge.
- Tammaru, T., Noorkõiv, R., Leetmaa, K. et al. 2015c.** Tartu linna rahvastikuproгноos 2015–2035. Geomedia, Tartu Ülikooli geograafia osakond, Tartu linnavalitsus.
- Temelová, J., Novák, J., Ouředníček, M. et al. 2011.** Housing estates in the Czech Republic after socialism: Various trajectories and inner differentiation. *Urban Studies* 48(9): 1811–1834.
- Temelová, J., Slezáková, A. 2014.** The changing environment and neighbourhood satisfaction in socialist high-rise panel housing estates: The time-comparative perceptions of elderly residents in Prague. *Cities* 37(4): 82–91.
- Van den Berg, L., Drewett, R., Klaassen, L. et al. 1982.** *A Study of Growth and Decline*. Oxford: Pergamon.

## **The changing population of Annelinn**

Kadi Kalm

Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

The role of large housing estates on the housing market and their general image in Eastern European cities have changed significantly within the last decades. Large housing estates had a relatively high social status throughout the socialist era, however, they started to lose their position on the local housing market within the first post-socialist decades when more attractive alternatives as residential options emerged. Therefore, the population of housing estates started to change too. This paper examines the socio-demographic changes that took place in 1990s and 2000s in the panel housing district of Annelinn. The results reveal that the selective in- and out-going migration have started to contribute to gradual social decline in Annelinn: a remarkable ageing of the population has taken place, the proportion of people with low socio-economic status has increased and the district has become more Russian. However, besides ageing the process of studentification has influenced the population composition of Annelinn – the district offers students affordable rental apartments and has a role as a 'stopping point' for younger households. In conclusion, even though the panel housing district of Annelinn is affected by gradual social decline, it continues to play a valuable role in the urban housing market by offering affordable decent housing to people who are at the start of their housing career or who appreciate residential stability, like elderly people.

## Paneelelamurajoonide kuvand – vaade seest ja väljast Annelinna näitel

Kadri Leetmaa

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

Hiljutised uuringud on kinnitanud sotsiaal-majandusliku segregatsiooni süvenemist Euroopa (Tammaru *et al.*, 2016a) ja Eesti linnades (Kährik *et al.*, 2019; Leetmaa *et al.*, 2015; Tammaru *et al.*, 2016b). Rahvastikurühmade eraldatust linnaruumis põhjendatakse inimeste erinevate majanduslike võimaluste ja kihistumisega – mõned linna- piirkonnad on kõrge kinnisvara hinna tõttu kättesaadavad üksnes jõukamatele elanikele. Lisaks seletatakse segregatsiooni erinevustega elukohaelistustes – näiteks soovitakse elada tuttavas keelelises keskkonnas või eelistatakse oma elukaare etapile sobivat eluaseme tüüpi. Nende põhjuste kõrval mängivad segregatsiooni kujunemises rolli ka subjektiivsed tegurid. Inimestel on linna erinevatest piirkondadest erinevad ettekujutused, mis samuti võivad mõjutada elukohta valikut linnas.

Segregatsiooni valupunktideks on need linnaosad, mis aja jooksul parema sotsiaal-majandusliku staatusega elanikke kaotavad. Sageli käib selle protsessiga kaasas ka naabruskondade mainelangus, mis omakorda võimendab sotsiaal-majanduslikult valikulist rännet. Enamikus Euroopa linnades on segregatsiooniprobleemide teravik koondunud masselamuehituse ajastul ehitatud paneelelamupiirkondadesse. Väljaspool idabloki riike ehitati paneelelamupiirkondi peamiselt 1960. ja 1970. aastatel. Endistel sotsialismimaadel kestis modernistlik masselamuehitus kauem, 1990. aastate alguseni, mõnel pool (nt Venemaa suurlinnades) jätkub suurte kortermajapiirkondade rajamine siiani.

Selles artiklis vaatleme, milliseks on praeguseks kujunenud paneelelamupiirkondade kuvand. Täpsemalt arutleme selle üle, millise hinnangu annavad paneelelamunaabruskondadele kohalikud elanikud ja teised, kes elavad mujal linnas. Teeme seda Tartu suurima elamurajooni, 1970. ja 1980. aastatel ehitatud Annelinna näitel. Võrdleme, milline paistab Annelinn kohalikele elanikele ning milline neile, kellel endal on linnaosaga vähem kokkupuudet. Paneelelamulinnaosade seesmise ja välise kuvandi tundmine aitab mõista toimuvate segregatsiooniprotsesside põhjuseid, aga ka aru saada sellest, mis on Annelinna kui paneelelamupiirkonna väärtused, mida tuleviku linnaplaneerimine võiks hoida ja tugevdada.

Analüüs valmis käsikirjalise raamatu „Annelinnast ja vabaplaneeringuga ruumist“ (toimetaja Kaja Pae) peatükina 2017. aastal Tartu Linnavalitsuse ja Eesti Kultuurkapitali toel.

## **2. Naabruskondade seesmine ja väline kuvand on sageli omavahel vastuolus**

Iga inimene tunneb kõige paremini seda osa linnast, millega ta ise vahetult kokku puutub. Nii kujuneb ühest ja samast linnast mitu kujutluspilti. Üldiselt eristatakse linnaosa seesmist ja välist kuvandit (Brade *et al.*, 2009). Esimene neist iseloomustab linnaosa elanike ja teiste seal piirkonnas sageli liikuvate inimeste kogemustel põhinevat hinnangut oma tuttavale ümbruskonnale. Teisel juhul on ettekujutuse allikaks niiõelda kollektiivsed linnalegendid. Kohalikud elanikud tunnevad oma elukeskkonna voorusi ja puudusi kõige paremini ning teoreetiliselt peakski linnaplaneerimislikes otsustes lähtuma kohalike elanike tunnetusest. Ometi mõjutab ka väline kuvand linnaosa muutumist. Arvatavalt paremasse piirkonda soovitakse meelsamini elama asuda, kehvemat piirkonda välditakse. Ka planeerijad ja kohalikud otsustajad võivad olla kahevahel, kas investeerivad kehva mainega linnaossa muudavad elukeskkonna paremaks või on tegemist paratamatult allakäiva linnapiirkonnaga.

Tõendeid selle kohta, kuidas linnapiirkondade seesmine ja väline kuvand on omavahel vähemalt mõõdukas vastuolus, on palju. Vaatleme võrdluseks segregatsioonimaastiku teist serva, kiiresti uuenevaid siselinnapiirkondi ja kasvavaid eeslinnaasumeid. Viimastes piirkonnatüüpides veab linnaosade arengut mood. Eesti suuremate linnade gentrifikatsiooni tulipunktid (Kalamaja, Telliskivi, Supilinn, Karlova, üha enam ka Kopli) on küll uutele elanikele atraktiivsed, ometi toimub elanike muutus neis kohtades järk-järgult. Nõukogude aja lõpus elasid neis linnaosades pigem kehvema sotsiaal-majandusliku staatusega elanikud, praeguseks on linnasisese rände tulemusena jõutud sotsiaal-majanduslikult mitmekesise elanikkonnani (Metsatalu, 2016). Aastakümnete vältel elavad siin koos väga erineva elustiiliga endised ja uued elanikud, uus ja moodne on kõrvuti vana ja hüljatuga. Analoogetel on uued eeslinnaasumid küll väga populaarsed sihtkohad, kuid sageli tuleb kümnekond aastat elada loodetud rohelise rahuliku elukeskkonna asemel ehitusplatside vahel. Linnaosades, mille atraktiivsus väheneb, kipub olukord olema vastupidine. Negatiivsed hinnangud väljastpoolt stigmatiseerivad ehk häbimärgistavad neid piirkondi (Parker, Madureira, 2016; Herfert *et al.*, 2013), olgugi et objektiivne olukord ja kohalike elanike arvamus oma ümbruskonnast pole kaugeltki nii trööstitu.

Seesmise ja välise kuvandi erinevus võib tuleneda linnaosa „suletusest“, sellest, et mujal elavatel ja töötavatel linlastel pole sinna asja. Linnaosa avamine teistele linlastele võib olla teadlik linnaplaneerimislük võtte. Näiteks võib tuua Rosengårdi

linnaosa Malmöst (Rootsi), kus halva mainega korterelamupiirkonnas toetati väikepoodide ja äriruumide avamist (Parker, Madureira, 2016). Seeläbi tekkis juurde kohtumispaiku kohalikele elanikele, aga lisandus ka põhjuseid, miks mujal linnas elavad inimesed peaksid aeg-ajalt sellesse kehva mainega piirkonda ise tulema. Isiklik kokkupuude aga loob linnaosast realistlikuma pildi. Sarnaseid suundumusi võime jälgida Põhja-Tallinnas. Võrreldes veerandsaja aasta taguse ajaga on Põhja-Tallinn atraktiivsemaks muutunud ka seetõttu, et linnaosa on järk-järgult muule linnale avanenud (Pastak, Kährrik, 2016). Endisest tööstusasumist on saanud kõigile linlastele ja linna külalistele orienteeritud vaba aja veetmise koht. See teeb varem kehva mainega linnaosa omakorda elukohana huvitavamaks.

### 3. Kas paneelelamupiirkonnad on „viimane valik“?

Sellise väljastpoolt lähtuva negatiivse hinnanguga on silmitsi enamik Euroopa linnade paneelelamupiirkondi. Need kunagised modernistliku linnaplaneerimise vaimus keskklassile ehitatud elamupiirkonnad kaotasid Lääne- ja Põhja-Euroopas oma atraktiivsuse üsna varsti pärast rajamist (Bolt, 2018). Paralleelselt elatustaseme kasvuga hakati eelistama rohkem teisi alternatiive vabal eluasemeturul. Hoogu kogus eeslinnastumine, uue elu said paljud siselinnapiirkonnad. Esialgu atraktiivsed paneelelamupiirkonnad muutusid peagi nn viimaseks valikuks. Seda kuvandit toetas intensiivne sisserränne Euroopa heaoluühiskondadesse ning paneelelamupiirkondade muutumine etniliselt mitmekesiseks, mistõttu kohalikud elanikud hakkasid oma eluasemevalikutes neid keskkondi vältima (Bråmås, 2006). Hoolimata neist muutustest peetakse 1960. ja 1970. aastatel rajatud elamupiirkondi ka Lääne- ja Põhja-Euroopa linnades endiselt vajalikeks. See osa elamufondist, enamasti seni veel avaliku sektori subsideeritav, pakub taskukohast elamispinda vähem jõukatele leibkondadele. Pildid õhitavatest paneelmajadest võimendavad paneelelamupiirkondade negatiivset kuvandit, kuid ei tähenda, et suurte kortermajade piirkonnad muutuks kasutuks.

Lääne paneelelamupiirkondade getostumine on loonud sedavõrd jõulise negatiivse ettekujutuse sarnaste elukeskkondade tulevikuväljavaadetest, et ainuüksi see maine ise kujundab paneelelamupiirkondade saatust üle maailma, nii ka endise idabloki riikides. Olukord Kesk- ja Ida-Euroopa riikide eluasemeturgudel on aga sootuks teistsugune. Näiteks kui Lääne- ja Põhja-Euroopa linnades elab paneelelamupiirkondades 5–7% elanikest, siis Ida-Euroopa linnades väljaspool endist Nõukogude Liitu ulatub see 20–40%-ni ning Nõukogude Liidu alade linnades isegi 50–70%-ni (Temelová *et al.*, 2011). Paneelelamupiirkondade maine halvenemine on siin toimuma hakanud alles viimase 25 aasta jooksul vaba elamuturu kontekstis. Ehkki praegu on endiste sotsialismimaade paneelelamupiirkonnad veel sotsiaalselt suhteliselt stabiilsed, muutuvad need valikulise välja- ja sisserrände kaudu järk-järgult

kehvema sotsiaal-majandusliku staatusega elanike elukohtadeks (Leetmaa *et al.*, 2018; Kährik *et al.*, 2019).

Kovács ja Herfert (2012) võrdlevad erinevate Kesk- ja Ida-Euroopa linnade eluasemeturgusid ning hindavad, et hoolimata maine halvenemisest on paneelalamupiirkondadel selle regiooni linnade eluasemeturul seni asendamatu roll. Kui korterite jagamise ajal saabusid siia elama tollased noored lastega pered, siis siin üles kasvanud noored teevad pereloomisikka jõudes juba sootuks teistsuguseid eluasemevalikuid ning esialgsed elanikud vananevad siin koos hoonete ja elukeskkonnaga. Seega on praegu oluline, et paneelalamupiirkonnad oleks elamisväärseks keskkonnaks eakatele ning meeldivaks kohaks, kuhu saaksid oma vanavanematele külla tulla nende lapselapsed. Paljudes linnades on paneelalamukorterid ka nn üleminekuelukeskkonnaks eluasemeturule sisenevatele noortele leibkondadele (Haase *et al.*, 2012), siin on pakkumisel rohkesti üüripindasid ning suhteliselt soodne osta oma esimene eluase. Ülikoolilinnades (nt Tartu) või ülikoolide läheduses (nt Mustamäe Tallinnas) pakuvad need piirkonnad sageli sobivaid elukohti üliõpilastele (vt ka Kalm, käesolev kogumik).

Palju on arutletud selle üle, kas vähem atraktiivsete linnaosade elanikud on oma elukeskkonnas nii-öelda lõksus, kuna neil puudub raha kehva mainega naabruskonnast lahkumiseks ja paremasse kohta elama asumiseks, või on paigale jäämine nende teadlik valik. Musterd ja van Kempen (2007) soovivad eristada rahulolevaid ja rahulolematuid „lõksus“ elanikke. Esimesel juhul on enamasti tegemist loomuliku olukorraga. Näiteks noored lasteta leibkonnad on üldjuhul mobiilsemad ning seetõttu vajavadki nemad ajutisemat laadi kohta elamiseks. Sageli alustavad nad eluasemekarjääri suuremas kortermajas üürniku või omanikuna, hiljem liiguvad aga kallimatesse elupiirkondadesse, mida peetakse lastele ja peredele sobivamaks. Samasse elukeskkonda kauemaks jäänud vanemas eas inimesed on aga sageli oma elukohaga sedavõrd harjunud ja rahul, et ei soovi enam mujale kolida. Uute sotsiaalsete kontaktide sõlmimine uues kohas oleks vanemas eas koormav. Niisiis ei saa öelda, et paneelalamupiirkonnast lahkumine oleks ilmtingimata sealt põgene mine või paigale jäämine muude võimaluste puudumine.

Linnapiirkondade seesmise ja välise kuvandi lahknevus paneb küsima, kelle ettekujutust linnaosast peaks ennekõike arvesse võtma linnapoliitika meetmete ja planeerimislahenduste kujundamisel. Eesti paneelalamupiirkondade, nagu ka teiste Kesk- ja Ida-Euroopa sarnaste elupiirkondade saatus on praegu teelahkmel. Need hoolikalt planeeritud elamupiirkonnad, sotsialismiaegse modernistliku linnaplaneerimise parimad näited (Leetmaa, Hess, 2019), on tänaseks füüsiliselt vananemas ja nõuavad suuri investeringuid nii hoonetesse kui ka majadevahelisse avalikku ruumi. Samal ajal ei ole seni head ja järeleproovitud mudelit, kuidas praeguses planeerimise institutsionaalses keskkonnas nende elupiirkondade ruumilist ja sotsiaalset keskkonda edasi planeerida.



Häid ja kindlalt toimivaid lahendusi on keeruline leida ka mujalt. Uuringud on näidanud, et jõuline sekkumine võib lõhet seismise ja välise kuvandi vahel veelgi kasvatada. Näiteks Herfert ja kolleegid (2013) võrdlevad paneelelamupiirkondade seismist ja välist kuvandit Peterburis, Sofias, Vilniuses, Budapestis ja Leipzigis, linnades, kus vabaturumajandusel põhinev eluasemeturu areng on toimunud erineva tempoga. Oma analüüsis näitavad nad, et endisel Ida-Saksamaal, kus Saksamaa ühinemise järel tehti väga suuri investeeringuid paneelelamupiirkondade korrastamisse ja hoonete renoveerimisse, on nende linnaosade väline maine rahvusvahelises võrdluses kõige halvem. Peterburis ja Sofias aga, kus paneelelamupiirkondade füüsiline keskkond on objektiivselt kõige kehvem, on piirkondade väline kuvand kõige parem. Sellest järeldub, et väline linnapiirkonna maine luuakse linnas saadaolevate elukeskkondade võrdlemise kaudu: kui eluasemeturul on palju uusi tänapäevaseid alternatiive (nt uued eeslinnaasumid ja uuenevad siselinnad), käib ka paneelelamupiirkondade maine kiiremini alla, isegi sõltumata tehtavatest investeeringutest ja avaliku sektori toest. Alahinnata ei saa aga ka linnauuendusprojektide kaudset mõju piirkondade mainele. Sari (2012) on Pariisi näitel tõestanud, et teatud piirkondade „kuulutamine“ linna probleempiirkondadeks, isegi kui sellega kaasneb suur arendusraha, soodustab segregatsiooniprotsessis nende sildistatud piirkondade allakäiku.

#### **4. Annelinna kuvand ja selle muutumine**

Tartu endise sõjaväe- ja tööstuslinnana ei erine muudest Kesk- ja Ida-Euroopa linnadest. Nõukogude ajal ehitatud eluhoonetes elab enamik linlastest, peaaegu kolmandik inimestest elab suurimas paneelelamupiirkonnas Annelinnas (vt ka Kalm, käesolev kogumik). Linnapiirkondade kuvandit on Tartus analüüsitud aastakümneid. Tartu linnavalitsus korraldas juba nõukogude ajal küsitlusuuringut, milles linnaelanikel on palutud välja tuua Tartu kõige meeldivamad ja kõige ebameeldivamad linnaosad. Sarnase meetodikaga on uuringut korratud hiljem, alates 1998. aastast iga 5 aasta järel. Nende andmete alusel anname üldise pildi, kuidas on Annelinna maine alates 1990. aastatest muutunud. Muutuvate hinnangute põhjuseid aitab tõlgendada Tartu Ülikooli Rände- ja linnauuringute keskuse intervjuu-uuring aastast 2012, milles eri linnaosade elanikel paluti lahti seletada oma elukohaelistused Tartu linna ja selle ümbruse eluasemeturul.



**Joonis 1 ja 2.** Annelinna vaated 2019. aastal. Allikas: TÜ Rände- ja linnauuringute keskus

**Figure 1 and 2.** Views on Annelinn, 2019. Source: Centre for Migration and Urban Studies, University of Tartu

Annelinn kui omal ajal Eesti tipparhitektide poolt planeeritud linnaosa on hea näide sellest, kuidas kohalike elanike suhtelisest rahulolust hoolimata paneel- elamupiirkonna prestiiž ajapikku langeb. Kuna muud valikud (näiteks eestlaste idealiseeritud kodu eramajas: Kõre jt, 1987) olid nõukogude perioodil paljudele kättesaamatud ning masselamuehitust toetati riiklikest vahenditest märkimisväärselt, siis oli kiiresti kasvavas Annelinnas korteri saamine väga soovitud. Lähedal asuvad koolid ja lasteaiad nii eesti- kui ka venekeelsele elanikkonnale, puhkevõimalused ja hea ühistransport toetasid positiivset pilti linnaosast. Üks Annelinna korteri saanud inimene kirjeldas oma tollast kogemust järgmiselt:

*„Seal Kroonuaia rajoonis on Supilinn. Kui seal elasin, siis seal polnud sooja vett, pidi ahju kütma, küttepuid varuma, seal oli külm, seal olid väikesed poekesed, seal ei olnud eriti õnnelik õhkkond. Kui kolisin Anne rajooni, mugavustega korterisse, siis muidugi oli see võrreldamatu sellega, kui elasin Kroonuaial.“ (annelinlane, naine, 63)*

Selgub, et ka nõukogude perioodil loodi tookordne positiivne kuvand paneel- elamupiirkondadest võrdluses teiste linnaosadega, näiteks mugavusteta siselinna- piirkondadega, mis olid mõnikord isegi lammutamisele määratud ning kuhu nõukogude riigi eluasemesubsidiumeid ei jätkunud. Puitlinnaosade negatiivne kuvand kestab inertsist osaliselt veel tänagi. Kui eestlaste seas on need miljöövääruslikud linnapiirkonnad muutunud ihaldatud omanäolisteks elurajoonideks kesklinna vahe- tus läheduses, siis Tartu venekeelne elanikkond tunneb Annelinnast väljaspool asu- vaid linnaosi siiani kehvemini ning paljud neist umbusaldavad Supilinna ja Karlovat.

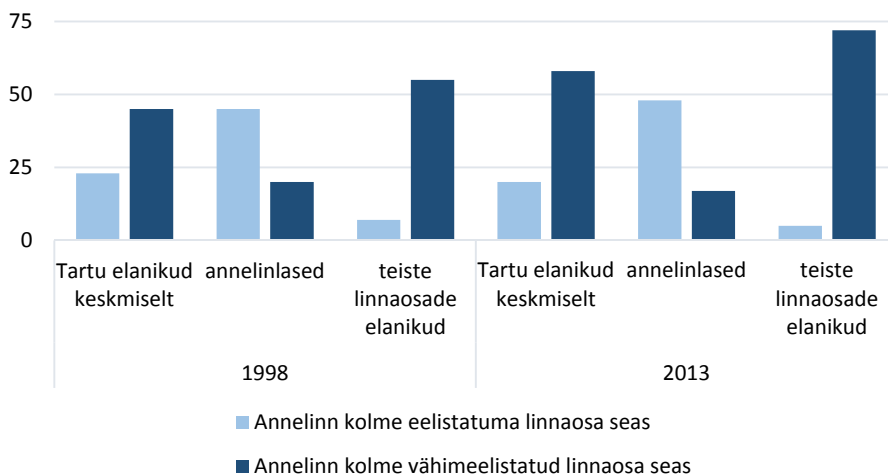


**Joonis 3.** Uue elamupiirkonna idüll Annelinnas, 1970. aastate keskpaik

**Figure 3.** Residential milieu of Annelinn, the mid-1970s

Arvamus, et nõukogudeaegsed linnaosad on ajast ja arust, hakkas kujunema 1990. aastatel ning süvenes hiljem. Küsitlusuuringu „Tartu ja tartlased“ andmetel on annelinlaste endi hinnang oma linnaosale viimase kahe kümnendi jooksul püsitud enam-vähem muutumatuna (vt joonis 4). Ligi pooled Annelinna elanikud nimetavad oma kodulinnaosa kolme parima linnaosa seas Tartus. Halvimate linnaosade hulgas näevad oma elukeskkonda vähesed. Samal ajal on kiiresti halvenenud mujal Tartus elavate inimeste hinnang Annelinnale. Kui 1998. aastal ütlesid pooled teiste linnaosade elanikud, et Annelinn kuulub kolme ebameeldivama linnaosa hulka, siis 2013. aastal andis sellise hinnangu juba peaaegu kolmveerand väljaspool Annelinna elavatest tartlastest.

1990. aastate algusest lakkas riigi sekkumine eluasemeturu toimimisse ning järkjärgult koos elatustaseme tõusuga hakati eelistama uusi eeslinnaasumeid ja siselinna- piirkondades vanade majade renoveerimist. Nüüd võrreldi linnapiirkondi omavahel teistel alustel ning selles võrdluses ei olnud Annelinn enam esimene valik. Mitmed uuringud ongi näidanud, et nii nagu teised paneelramulinnaosad Eestis (Kährrik, Tammaru, 2010; Leetmaa *et al.*, 2018), on ka Annelinn viimaste kümnendite jooksul hakanud kaotama parema sotsiaal-majandusliku staatusega elanikkonda (Leetmaa *et al.*, 2015). Haritumad ja jõukamad eelistavad üha enam elada mujal, eriti juhul, kui need leibkonnad on eluetapis, mil nad asuvad otsima püsivat perele sobivat elukeskkonda.



**Joonis 4.** Annelinna seesmise ja välise kuvandi muutumine sotsialismijärgsel ajal. Allikas: küsitlus-uuring „Tartu ja tartlased“, 1998. ja 2013. aasta andmed

**Figure 4.** Changes in internal and external reputation of Annelinn in the post-socialist period. Source: Survey „Tartu and its inhabitants“, data from 1998 and 2013

Samal ajal ei saa öelda, et Annelinna jääksid ainult vähem edukad ja vähem haritud. Annelinnal on tänasel eluasemeturul oma kindel nišš. Peamiselt iseloomustab Annelinna rahvastikuarengut kaks märksõna: tudengistumine ja vananemine (vt ka Kalm, käesolev kogumik). Tudengilinnale tüüpiliselt otsivad soodsaid üürikortereid üliõpilased. Kõigi mugavustega korterid võimaldavad kulutada eluaseme eest hoolitsemisele vähe aega. Sellist üüripinda on Tartus täna saada peamiselt Annelinnas. Eriti märgatav on tudengistumine Annelinna kesklinnapoolsetes osades. Selle suundumusega paralleelselt on tuntav Annelinna elanikkonna vananemine. Kord siia korteri saanud inimesed elavad pärast laste kodunt lahkumist siin tänaseni. Nagu öeldud, lahutaksegi vanemas eas harjumuspärasest elukeskkonnast üldjuhul harvem. Illustreerime järgnevalt neid trende annelinlaste ja teiste tartlaste hinnangutega oma elukeskkonnale.

## 5. Annelinlased Annelinnast

Üks noor tudengineiu põhjendab oma Annelinna elama tulekut järgnevalt:

*„Kõigepealt elasin Raatuse ühikates. Siia kolisin peamiselt raha pärast. Annelinn on üsna odav piirkond. Ei olnud sellepärast, et meeldis. Tahtsin jääda ka siia poole jõge, sest ühikas elades liikusin põhiliselt siin ja see sai armsaks. Siin on ka palju positiivseid külgi, palju poode ümberringi, kui on vaja süüa osta. Ka paljud mu tuttavad on praegu*

*samasugused nagu mina, tudengid üürikorterites, paljud on siinsamas lähedal. Aga need on sellised ajutised head asjad. Kui ma peaks elu lõpuni Tartusse jääma, siis ma kindlasti ei jääks siia. Ümbruskond pole väga esteetiline, majad ei ole ilusad. Maxima kõrval, kui õhtusel ajal välja minna, siis iga nurga peal mingi gäng räuskab, ei tahagi õhtul õue minna.“ (annelinlane, naine, 23, jagab üürikorterit kolme tuttavaga)*

Sellest peegeldusest lähtub kinnitus Annelinnale kui sobivale elukeskkonnale kindlaks eluetapiks, mil plaane, kuhu kauemaks elama asuda, veel ei ole. Noore inimese kiire elutempoga sobib Annelinn suurepäraselt. See Annelinna väärtus soosib linna-osa tudengistumist.

Vanem Annelinnas elav härra kiidab samuti oma praegust eluaset. Laste lahku-mise järel on Annelinna korter ruumikusest tänapäevastele standarditele vastav:

*„Saime nõukogude ajal kahetoalise, sest laste erisoolisust millegipärast meie puhul ei arvestatud, siis oli see meie jaoks kitsas. Aga nüüd on hea, lapsed kasvasid suureks ja meile kahekesi on kaks tuba täiesti normaalne.“ (annelinlane, mees, 55)*

Inertsust uute sotsiaalsete kontaktide loomisel demonstreerib keskealise vene proua selgitus. Eriti just venekeelse elanikkonna puhul, kellel suurt suguvõsa Eestis pole, on olulised suhted sõprade, vanade töökaaslaste ja naabritega:

*„Kolida küll ei tahaks. Olen juba niivõrd harjunud oma naabritega. Algusest peale ühis-elamus elasime koos. Sugulasi mul Eestis ei ole, nende sõbrannadega olen harjunud ja kohanenud. Meil lapsed kasvasid suureks siin kõik koos, nende sõbrannade lapsed on ka mulle lähedased, nüüd näeme siin tihti üksteise lapselapsi.“ (annelinlane, naine, 56)*

Intervjuud erinevas eas inimestega näitasid, et eriliselt oluline on Annelinna sotsiaalne taristu: lähedalasuvad poed, hea ühistransport, puhke- ja sportimisvõimalused. Eriti kiidetakse turu ja bussijaama juurde viivat jalakäijatesilda, mis sidus Annelinna kesklinnaga:

*„Pärast seda, kui tehti Hansasild, saab jalutada kesklinna, ei pea isegi ühistransporti enam kasutama.“ (annelinlane, mees, 38)*

Näib, et venekeelse elanikkonna jaoks on Annelinnas elamise juures oluline ka oma-keelne keskkond. Üks varem Annelinnas elanud ja hiljem Ihastesse kolinud vene emakeelega mees, sõnastab selle eelistuse järgmiselt:

*„Minu arust meeldib venelastele Annelinn ka seetõttu, et nad saavad siin elades teineteisest kinni hoida.“ (Ihaste elanik, varem elanud Annelinnas, mees, 45)*

On üsna reeglipärane ka see, et paneelalamulinnaosast lahkudes, eeslinnastumise valikut tehes, suunduvad annelinlased sageli elama samasse linna või linna ümbruse sektorisse, nt Luunja valda ja Ilastesse. Ka see võimaldab neil jääda Annelinna venekeelse teeninduskeskkonnaga seotuks. Seevastu Annelinnast veidi kaugemale, Ülenurmele, kolinud pereema selgitas:

*„Ümberkolimisega seondus meie peres kooliprobleem, venekeelne kool jäi nüüd meist väga kaugele. Väga keeruliseks on kujunenud laste transport kooli ja tagasi.“ (Ülenurme elanik, varem elanud Annelinnas, naine, 40)*

Üldiselt aga, kuna Annelinna elamufond moodustab kogu linna korterifondist väga suure osa, on Annelinn peamine valik nn korteriinimestele, kes eluetapist sõltuvalt või muul põhjusel majas elada ei soovigi:

*„Siin võivad elada täpselt samasugused inimesed nagu Tähtvere uhketes majades, neil pole lihtsalt sisemist vajadust endale uhket maja muretseda.“ (annelinlane, naine, 23, tudeng)*

*„Soovin ikka korteris elada. Ei meeldi mulle mullas askeldada. Korteri koristad ära ja kõik. Ma näen maja puhul ainult rohimist, kastmist, väetamist. Külla minna kellelegi, lamamistoolis istuda ja kiikuda, seda ma teen rõõmuga. Aga need, kes seal elavad, need ise ei puhka üldse, ainult töötavad.“ (annelinlane, naine, 55)*

Neid vaba aja veetmise ja jalutamise kohti, mis on Annelinnas olemas, hindavad annelinlased ise väga kõrgelt, näiteks kanaliäärset puhkeala, jõeäärseid kergliiklus- ja jalutusradasid. Kuna Tartu on aga paraja suurusega kompaktne linn, on olulised ja annelinlastele kättesaadavad ka mujal linnas olevad puhkealad:

*„Me käime tihti botaanikaaias, sest mul on lapselaps. Käime kesklinnas. Kaubamaja kõrval on ilus laste mänguväljak. Vahepeal käime Eedenis, seal on head pontšikud.“ (annelinlane, naine, 55)*

Vahetult majade ümber oleva avaliku ruumi suhtes aga ollakse kriitilised. Kriteeritakse avaliku ruumi lõpetamatust. Elamute ehitamise ajal oli prioriteet majade valmimine (Leetmaa, Hess, 2019), nende ümbruse korrastamine ja lõpetamine jäi sageli tagaplaanile. Sotsialismijärgsel ajal on aga siinset avalikku ruumi samuti ignoreeritud – see, mis varem valmis sai, on tänaseks vananenud ja uusi investeeringuid on vähe.

*„Oma piirkond mulle väga ei meeldi. Pingid on ära võetud, sest muidu hakkavad mõned seal jooma ja mürgeldama, istuda ei ole kusagil.“ (annelinlane, naine, 55)*

*„Meie maja seisab siin juba aastakümneid, aga kevadel on jalgrajad vee all. Midagi ei muutu.“ (annelinlane, mees, 56)*

Annelinn ei ole ka seesmiselt päris ühtlane. Vanemad mikrorajoonid kesklinnale lähemal on hoolimata vanematest hoonetest rohkem hinnas roheluse ja kesklinna suhtes parema asukoha tõttu. Paljude jaoks on „päris-Annelinn“ linnaosa tagumine osa Nõlvaku tänava ümbruses. Hoolimata mõningasest kriitikast avaliku ruumi suhtes, ei nurise annelinlased ise ei eluhoonete ega ka mitte ümbruskonna taristu ja mugavuse pärast. Mitteannelinlaste hinnang linnaosale on selgelt kriitilisem ja teisestav.

## 6. Teised Annelinnast

Paljud välistavad Annelinna kui suurte kortermajadega piirkonna elukohana üldse, nad ei ole kunagi sellises linnalises keskkonnas elanud ega tunneta ka annelinlaste poolt mainitud eeliseid:

*„Mulle ikka meeldivad sellised kohad, kus pole neid suuri kortermajasid. Annelinna ma välistan. Mul on küll seal palju tuttavaid, iga kord, kui neil külas käin, ma mõtlen, et miks küll inimesed seal elavad. Lähevad järjest sügavamale sinna Annelinna, õudsematesse korteritesse ja neile õudselt meeldib. Ma saan aru, mugav on, pole mingit kütmist. Aga minu jaoks pole keskküte üldse oluline. Muidugi, ma pole ka kunagi sellises piirkonnas ise elanud.“ (tammelinlane, naine, 37)*

Tõenäoliselt ongi kortermajade keskkond mõnevõrra vastuvõetavam siinsele venelaskonnale, kellel Eesti maapiirkondadega sageli isiklik side puudub ning kes seetõttu ei oska end muudes piirkonna elukeskkondades ette kujutada. Annelinna väline kuvand on samuti negatiivne ennekõike eestlaste seas. Seda kirjeldab Annelinna külje all elav eesti emakeelega mees järgnevalt:

*„Kõige ebameeldivam linnaosa on minu jaoks Annelinn. See ümbrus on seal selline käest-ära. Pole korralikke mänguväljakut, kui sul peaks lapsed olema. Väsinud keskkond. Ei taha, et mingid kurikaelad elavad ümberringi. See ongi nende vaesemate linnaosade probleem.“ (Hiinalinna uute korterite piirkond, mees 33)*

Varasemad uuringud on näidanud siiski, et isiklik kokkupuude ja paneelelamupiirkondades elamise kogemus teeb ka eestlased venekeelse elanikkonna suhtes tolerantsemaks (Leetmaa et al., 2015). Kuna suur osa Tartu venelaskonnast elab aga Annelinnas, siis on ka mujal elaval venekeelsel elanikkonnal kontakte linnaosaga rohkem ja vaade mõnevõrra positiivsem, võib-olla ka informeeritum ja objektiivsem. Venekeelne elanikkond ei pea Annelinna vaeseks ja ebapopulaarseks piirkonnaks, isegi kui nad ise elavad mujal:

*„Mulle tundub, et Annelinnas elab selline keskmine klass, noh normaalsed inimesed, mitte rikkad, mitte vaesed, väga palju lapsi ja noori peresid elab just siin.“ (Ihaste elanik, varem elanud Annelinnas, mees, 45)*

## 7. Kokkuvõte

Analüüs näitas, et paneelalamupiirkondade stigmatiseerimine saab alguse väljastpoolt. Isegi kui segregatsiooniprotsessis on paneelalamulinnaosad hakanud Kesk- ja Ida-Euroopas sotsiaal-majanduslikult parema staatusega elanikkonda kaotama, ei tunneta suurte kortermajade elanikud valdavalt ise seda, et nad elaksid kehvast elurajoonis või vähem väärtuslikul elamispinnal.

Elukohasegregatsioon süveneb ka Tartus ning Annelinn on selles protsessis nii rändetrendide kui ka kuvandi suhtes kõige haavatavam. Kui suuremates linnades on tõesti võimalik, et füüsiliselt kaugel asuvat linnaosa ei tunta, siis Tartu-suuruses linnas saavad vahemaad olla ainult tunnetuslikud. Paneelalamulinnaosa halba välist kuvandit saaks siin ja mujal sarnastes linnaosades ära hoida süsteemse tööga, mis kohalike elanike tunnetatud kogemustel põhineva positiivse seesmise kuvandi linnaavalikkuse ees lahti räägiks. Annelinna avalik ruum on saanud viimastel aastatel olulisi investeeringuid (vt joonis 5). Samuti oli Annelinn esimene paneelalamulinnaosa Eestis, milles moodustati naabruskonnaselts. Siin toimub regulaarselt linnaosafestival, samamoodi nagu paljudes gentrifitseerunud siselinnanaabruskondades. Paneelalamulinnaosa avalik ruum, asutused ja üritused saavad olla vahendajaks, mis toovad mujalt linnast inimesi vähem hinnatud linnaossa ning leevendavad ebaõiglaselt negatiivset mainet.

Üldiselt ollakse kogu Euroopas seisukohal, et paneelalamulinnaosade roll taskukohase eluaseme pakkumisel on ja jääb tulevikus oluliseks. Sõltuvalt täpsemast asukohast linnas või linna eluasemete struktuurist üldiselt, on erinevatel paneelalamulinnaosadel kujunemas ka mõnevõrra erinev nišš eluasemeturul. Kui eakate osatähtsuse kasv iseloomustab paljusid paneelalamulinnaosaid, siis tudengilinnades on paneelalamukorterid kindlasti ka sobiv esimene eluase eluasemeturule sisenevatele noortele leibkondadele. Mitmerahvuselistes linnades tuleb paratamatult mõista ka inimesi, kes väärtustavad omakeelset elukeskkonda. Linnaosa edasisel kujundamisel tulekski silmas pidada, millised elanike rühmad praegu ja tulevikus siin elada soovivad. Näiteks tudengite ja teiste noorte leibkondade jaoks on olulised ratta- ja ühistranspordi võimalused. Kuna noored alustavad eluasemekarjääri sageli üürnikuna, oleks oluline ka üürnike perspektiivi süsteemsem kaasamine linnaosa planeerimisse. Et laste sündimisel ei peaks kohe piirkonnast lahkuma, võiks läbi mõelda, kuidas kujundada ruumi väikeste lastega peredele. Vähem oluline pole see ka tänaste Annelinna vanaemade ja vanaisade jaoks. Eakate jaoks nii eluhoonete kui ka väliruumi kujundamine on samuti otstarbekas, see võimaldab ka kõrges eas ise oma kodu ja kodu ümbruses väärikalt toime tulla.

Kokkuvõttes saab paneelalamulinnaosade sotsiaal-majanduslikku stabiilsust ja välist mainet hoida läbi nende väärtuste võimendamise, mille pärast elavad seal praegused elanikud.





**Joonis 5.** Annelinna uuenev väliruum, 2019. Allikas: TÜ Rände- ja linnauuringute keskus

**Figure 5.** Renewal of public space in Annelinn, 2019. Source: Centre for Migration and Urban Studies, University of Tartu

## Kirjandus

- Bolt, G. 2018.** Who is to blame for the decline of large housing estates? An exploration of socio-demographic and ethnic change. Teoses: Hess, D. B., Tammaru, T. (eds.) *Housing estates in Europe: Poverty, ethnic segregation and policy challenges*. Springer: Cham, 57–76.
- Brade, I., Herfert, G., Wiest, K. 2009.** Recent trends and future prospects of socio-spatial differentiation in urban regions of Central and Eastern Europe: A lull before the storm? *Cities* 26, 233–244.
- BråmÅ, Å. 2006.** ‘White Flight’? The production and reproduction of immigrant concentration areas in Swedish cities, 1990–2000. *Urban Studies* 43(7): 1127–1146.
- Haase, A., Grossmann, K., Steinführer, A. 2012.** Transitory urbanites: New actors of residential change in Polish and Czech inner cities. *Cities* 29(5): 318–326.
- Hurfert, G., Neugebauer, C. S., Smigiel, C. 2013.** Living in residential satisfaction? Insights from large-scale housing estates in Central and Eastern Europe. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 104(1): 57–74.
- Kovács, Z., Herfert, G. 2012.** Development pathways of large housing estates in post-socialist cities: an international comparison. *Housing studies* 27(3): 324–342.
- Kõre, J., Paas, T., Preem, M. et al. 1987.** Uuringu raport: Tartu ja tartlased. Tartu: Tartu Riiklik Ülikool.

- Kährlik, A., Tammaru, T. 2010.** Soviet prefabricated panel housing estates: areas of continued social mix or decline? The case of Tallinn. *Housing studies* 25(2): 201–219.
- Leetmaa, K., Hess, D. B. 2019.** Incomplete service networks in enduring socialist housing estates: Retrospective evidence from local centres in Estonia. Teoses: Hess, D. B., Tammaru, T. (eds.) *Housing estates in the Baltic countries: the legacy of central planning in Estonia, Latvia and Lithuania*. Springer: Cham, 273–300.
- Kährlik, A., Kangur, K., Leetmaa, K. 2019.** Socio-economic and ethnic trajectories of housing estates in Tallinn, Estonia. Teoses: Hess, D. B., Tammaru, T. (eds.) *Housing estates in the Baltic countries: the legacy of central planning in Estonia, Latvia and Lithuania*. Springer: Cham, 203–224.
- Leetmaa, K., Tammaru, T., Hess, D. B. 2015.** Preferences toward neighbor ethnicity and affluence: evidence from an inherited dual ethnic context in post-Soviet Tartu, Estonia. *Annals of the Association of American Geographers* 105(1): 162–182.
- Leetmaa, K., Holvandus, J., Mägi, K. et al. 2018.** Population shifts and urban policies in housing estates of Tallinn, Estonia. Teoses: Hess, D. B., Tammaru, T. (eds.) *Housing estates in Europe: Poverty, ethnic segregation and policy challenges*. Springer: Cham, 389–412.
- Metsatalu, L. 2016.** *Elanikkonna sotsiaalmajanduslik segunemine Tallinna linnaruumis perioodil 1989–2011*. Magistritöö. Tartu: Tartu Ülikooli geograafia osakond.
- Musterd, S., van Kempen, R. 2007.** Trapped or on the springboard? Housing careers in large housing estates in European cities. *Journal of Urban Affairs* 29(3): 311–329.
- Pastak, I., Kährlik, A. 2016.** The impacts of culture-led flagship projects on local communities in the context of post-socialist Tallinn. *Czech Sociological Review* 52(6), 963–990.
- Parker, P., Madureira, A. M. 2016.** Housing context and legitimacy in the transformation of a stigmatized estate: the case of Rosengård. *Journal of Housing and the Built Environment* 31(4): 589–604.
- Sari, F. 2012.** Analysis of neighbourhood effects and work behaviour: Evidence from Paris. *Housing Studies* 27(1): 45–76.
- Tammaru, T., Musterd, S., van Ham, M. et al. 2016a.** A multi-factor approach to understanding socio-economic segregation in European capital cities. Teoses: Tammaru, T., Marcińczak, S., van Ham, M. et al. (eds.) *Socio-economic segregation in European Capital Cities: East meets West*. Routledge: New York, 1–29.
- Tammaru, T., Kährlik, A., Mägi, K. et al. 2016b.** The ‘market experiment’: increasing socio-economic segregation in the inherited bi-ethnic context of Tallinn. Teoses: Tammaru, T., Marcińczak, S., van Ham, M. et al. (eds.) *Socio-economic segregation in European Capital Cities: East meets West*. Routledge: New York, 333–357.
- Temelová, J., Novák, J., Ouředníček, M. et al. 2011.** Housing Estates in the Czech Republic after Socialism: Various Trajectories and Inner Differentiation. *Urban Studies* 48(9), 1811–1834.

## **Reputation of large housing estates – views from inside and outside: the case of Annelinn**

Kadri Leetmaa

Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

Recent research demonstrates that socioeconomic residential segregation is increasing in many European cities, incl. Estonian major cities. Large housing estates tend to be the most segregated and stigmatized residential districts in emerging serregation landscapes. This article explores how stigmatization further amplifies segregation trends. Based on the results of the survey „Tartu and its residents“ (1998 and 2013 data) and qualitative interviews with residents (2012) this study explores the difference between internal and external reputation of Annelinn neighbourhood, the major modernist housing estate district in the city of Tartu. The analysis indicates that residents living in Annelinn are rather satisfied with their residential environment. However, the stigmatization from outside has increased considerably during postsocialist decades. The study raises the question of what planning and policy measures should be applied to help make the values of the Annelinn neighbourhood more visible also for those who do not live there.

## Tartu õpilaste liikumisviisid ja ohud kooliteel

Tiia Rõivas, Anni Kaup

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

Laste igapäevane liikumine on peamiselt seotud kooliskäimisega, samuti leiab suur osa õpilaste koolivälisest tegevusest aset koolide läheduses. Viimaste aastakümnete jooksul on aset leidnud suured muudatused, kuidas lapsed kooli liiguvad. Oluliselt on kasvanud nende laste arv, keda viiakse kooli autoga, kuid endiselt on suur osatähtsus õpilaste ühissõidukite kasutamisel (Tallinna arengukava „Turvaline koolitee“ 2008–2013). Õpilaste liikumisvõimalused kooli on maa- ja linnapiirkondades erinevad. Kui suuremates linnades saavad õpilased väiksemate vahemaade tõttu kooli liikuda jalgsi või jalgrattaga, siis maapiirkondade koolilapsed sõltuvad rohkem bussiliiklusest ja autodest. Liikluses vajavad enim tähelepanu lapsed, eelkõige nende ohtude ja riskide hindamist liikluskeskkonnas (Liiklusseadus, 2010). Lapsele on liikluses eeskujuks lapsevanem, samuti on liikluskasvatuse edendajateks kohalikud omavalitsused, lasteaia- ja kooliõpetajad ning muude asutuste ametnikud. On selge, et koolide ümbrus on lastega liiklusõnnetuste toimumise riskipiirkond, sest sinna koondub suur osa lastega seotud liikumisest. Seetõttu on väga oluline ja vajalik õpilastele koolide ümbruses ohutu ning turvalise liikuvuskeskkonna loomine, samuti liikluses ohtlike kohtade kaardistamine ja riskitegurite väljaselgitamine.

### 2. Õpilaste liikumisviisid

Õpilased kasutavad kooli ja kodu vahel liikumiseks erinevaid liikumisviise. Liikumisviiside valik sõltub kodu ja kooli asukohast, koolitee pikkusest ja liikumisvõimalustest. Ameerika Ühendriikides (McDonald, 2005; *cit.* Kask, 2018) tehtud uuringust selgus, et 45% õpilastest läheb kooli autoga, 43% ühistranspordiga ning jalgsi liigub 12%. Samuti uuriti õpilaste liikumisi pärast koolipäeva lõppu ning selgus, et 77% õpilastest läheb pärast kooli koju ning 23% õpilasi suundub huvikoolidesse ja mujale. Norras tehtud uuringust selgus, et 43% lastest käib koolis jalgsi, 12% kasutab jalgratast, 18% ühistransporti ja 25% viiakse kooli autoga (Fyhri, 2005). Samast uuringust selgus, et 39% kuueaastastest lastest viiakse kooli autoga, kuid 12-aastastest lastest vaid 16% sõidab kooli vanemate autoga. 2009. aastal tehtud liikumisuuringust selgus, et võrreldes 2015. aastaga on kooliõpilaste jalgrattakasutus suurenenud 22%-ni, 40%

õpilastest läheb kooli jalgsi, 25% autoga ning 17% kasutab ühistransporti. Lisaks selgus ka jalgratta kasutamise hooajalisus: talvel kahaneb see 12%-ni. Lisaks uuriti ka õpilaste liikumisi pärast kooli ning selgus, et 2/3 õpilastest viiakse huviringidesse autoga, 1/3 jaguneb pooleks jalgsi ja jalgrattaga liikumise vahel, samal ajal on ühistranspordi kasutamine pärast kooli liikumisteks minimaalne (Fyhri, Hjorthol, 2009; *cit.* Kask, 2018). Rootsi Transpordiameti 2012. aasta uuringust selgus õpilaste liikumisviiside hooajaline erinevus (Rapport Barns skolvägar... 2012). Sügisel ja talvel (novembrist märtsini) läks jalgsi kooli 36%, jalgrattaga 12%, ühistranspordiga 20% ning autoga 24% õpilastest. Samal ajal läks kevad- ja suveperioodil (aprillist oktoobrini) jalgsi ning jalgrattaga kooli 29%, ühistransporti kasutas 18% ning autoga viidi kooli 15% õpilasi. Kreeka Peiraeusi regioonis tehtud uuring hommikuse koolimineamise kohta näitas, et 61% õpilastest läheb kooli jalgsi või jalgrattaga, 21% kasutab ühistransporti ning 18% sõidab kooli autoga (Kamargianni *et al.*, 2012; *cit.* Kask, 2018). Pärast kooli jalgsi ja jalgrattaga liikumiste osakaal vähenes 21%-ni, auto kasutamine suurenes 44%-ni ja ühistranspordi kasutamine 29%-ni.

Eestis on õpilaste liikumisviise uuritud suuremates linnades ja nende tagamaal. Tartu linna õpilaste liikumisviisid jagunevad järgmiselt: jalgsi 38%, autoga 29%, ühistranspordiga 28% ja jalgrattaga 5% (Tartu linna transpordi arengukava 2012–2020). Tallinna linna 7–16-aastastest õpilastest liigub kooli 41% ühistranspordiga, 37% jalgsi ja 20% autoga, koolist koju ühistranspordiga 49%, jalgsi 42% ja autoga 7%. Jalg- ja tõukeratast kasutab kooli ja koolist koju liikumiseks kõigest 2% õpilastest (Kantar Emor, 2015). Tallinna lähipiirkonna (Harjumaa, Kohila ja Rapla vald) 7–16-aastaste laste igapäevastest liikumistest kooli jõudmise eesmärgil tehakse 37% sõiduautoga, 31% jalgsi, 15% ühistranspordiga ja 11% jalgrattaga (Kantar Emor, 2017). Jõgeva maakonnas on kooliminejate seas enim levinud liikumisviis ühistransport, mida kevad- ja suveperioodil kasutab 38% ning sügis- ja talveperioodil 43% õpilastest (Valikor Konsult OÜ, 2009).

### 3. Õpilaste liikumisviiside valikuid mõjutavad tegurid

Õpilaste liikumisviisi valik kodu ja kooli vahel on eelkõige seotud liikumisvõimaluste ja liikumisharjumustega. Millised tegurid ja hoiakud mõjutavad õpilaste erinevate liikumisviiside valikuid, ei ole täpselt teada. Kõige sagedasem põhjus, miks lapsed ei käi koolis jalgsi või jalgrattaga, nimetavad lapsevanemad kooli kaugust kodust. Olu-line tegur liikumisviisi valikul on teekonna pikkus: jalgsi käimine on pigem sobivam lühikeste vahemaade (3 km või vähem) puhul, pikemate vahemaade läbimiseks kasutatakse juba teisi liikumisviise (Davison *et al.*, 2008; D’Haese *et al.*, 2011). Uuringutes tuuakse välja, et jalgsi ja jalgrattaga liikumise kriitiliseks piiriks peetakse 2–2,5 km. Jalgsi läbimiseks on sobiv vahemaa kuni 1,5 km ja jalgrattaga sõitmiseks kuni 3 km. Eesti tervisekaitseenõuded sätestavad jalgsi käimise teepikkuse kooli, mis võib olla

maksimaalselt 3 km (Tervisekaitse nõuded..., 2007). Liikumisviisi valikul on oluline ka õpilase vanus. Mida vanem on õpilane, seda iseseisvam on ta liikumisviise valides (Goeverden, Boer, 2013). Samuti on selgunud, et kui õpilased on liikumisviisi valinud, siis nad harjuvad sellega ja peavad valitud liikumist ka edaspidi tavapäraseks (Gärling, Axhausen, 2003). Kui õpilastel ei ole võimalik valida erinevate liikumisviiside vahel, siis on oluline, et tulevikus oleksid nad valmis ka erinevaid liikumisvõimalusi kasutama (Şimşekoğlu *et al.*, 2015). Kõik liikumisviisid ei ole õpilastele alati võrdselt kättesaadavad. Õpilaste koolitee suurtes linnades on võrreldes maapiirkondadega lühem ja liikumisvõimalused paremad. Lapsed, kes elavad koolist kaugel, peavad kooli liikumiseks kasutama ühistransporti, koolibussi või autot. Ühistranspordi kättesaadavuse puhul tuleb arvestada bussiaegade ja marsruutide sobivuse, bussipeatuste kauguste ja piletihindade maksumusega. Autoga liikumine on enamasti kallim kui ühistranspordi kasutamine ja võib olla otstarbekas, kui lapsevanema teekond ühtib lapse omaga (Antov, 2013). Autode olemasolu leibkonnas vähendab samal ajal jalgsi ja jalgrattaga liikumise osatähtsust õpilaste liikumises kodu ja kooli vahel (Gropp *et al.*, 2012).

Õpilaste hoiakuid liikumisviiside valikute tegemisel võivad mõjutada ka vanemad. Liikumisviisi valikul arvestavad vanemad kooli kaugust kodust, lapse lii kluses käitumise oskust, vanema enda tegemisi pärast lapse kooli viimist, koolitee ohutust (kõnniteede ja ülekäiguradade olemasolu) ja lapse jaoks mugavaimat liikumisviisi (Kivikas, 2015). Kanadas tehtud uuringu tulemustest selgus, et vanemad peavad end peamisteks otsustajateks, kuidas nende lapsed kooli ja kodu vahel liiguvad (Faulkner *et al.*, 2010; *cit.* Kask 2018). Lisaks autosõidu mugavusele ja kiirusele pidasid lapsevanemad oluliseks kriteeriumiks ohutust, eelkõige ohtu sattuda liiklusõnnetusse, samuti võimalust autosõidu ajal lastega koos aega veeta (Westman *et al.*, 2017). Suur osa lapsevanemaid tõdes, et lubaksid oma lastel iseseisvalt kooli minna umbes 12-aastaselt. Samuti selgus uuringust, et paljudel lapsevanematel, kes hommikul viisid lapsi autoga kooli, ei olnud töö tõttu võimalik pärast kooli neid autoga koju tuua. Selleks, et vanemad ei piiraks laste iseseisvat kooli liikumist, vaid pigem soodustaksid seda, tuleb eelkõige panustada turvaliste teede ja tänavate ning kergliikluse arendamisse (Westman *et al.*, 2013). Tallinna arengukava „Turvaline koolitee“ 2008–2013 toob samuti välja põhjused, miks õpilased kasutavad sõiduks vähe jalgratast. Selle põhjuseks on jalgrattateede ja jalgrattaparklate puudumine või ebaturvalisus. Lapseeas välja kujunevad liikumisharjumused kanduvad edasi ka täiskasvanuikka. Seega on kooli liikumine üks võimalus, kuidas kinnistada tervislikke ja keskkonnasäästlikke liikumisharjumusi. Seetõttu on oluline välja selgitada, miks vanemad oma lapsi autoga sõidutavad. Samuti teavitada lapsevanemaid ja ka lapsi sellest, millised on autosõidu negatiivsed ning jalgsikäimise ja jalgrattasõidu positiivsed mõjud (Nikopensius, 2013).

#### 4. Aktiivsed ja passiivsed liikumisviisid

Tervise seisukohast jagunevad õpilaste liikumisviisid aktiivseteks ja passiivseteks sõltuvalt sellest, kui palju kehalist koormust need endaga kaasa toovad. Aktiivne liikumisviis on peamiselt jalgsi liikumine ja jalgrattaga sõitmine. Passiivse liikumisviisi alla arvestatakse motoriseeritud transpordivahenditega sõitmine, nendest kõige levinum on isiklik sõiduauto. Tervise Arengu Instituudi 2016. aasta Eesti kooliõpilaste terviseuuringust selgub, et vaid 40% õpilastest on viiel päeval nädalas vähemalt tund aega päevas seotud mõõduka füüsilise aktiivsusega. See on piisav argument, et suunata noori rohkem füüsilist aktiivsust eeldavaid liikumisviise kasutama. Liikudes kooli bussi asemel jalgrattaga, täidab õpilane osa päeva minimaalse füüsilise aktiivsuse normist, parandades nii enda vaimset kui ka füüsilist tervist. Kanada uuringud on näidanud, et õpilased, kes on kooliteel aktiivsed, veedavad suurema osa oma igapäevasest ajast kehaliselt aktiivsemana, neil on vähem käitumisprobleeme kui nende kaaslastel, kes liiguvad kooli passiivselt (Faulkner *et al.*, 2009). Aktiivne liikumine annab õpilasele teadmisi ümbruskonna kohta, rohkem aega sotsiaalseks suhtluseks, neil on vähem käitumisprobleeme ja oskus ise liikluses hakkama saada (Nikopensius, 2013). Aktiivsete liikumisviiside osakaalu suurenemine õpilaste kodu ja kooli vahelises liikumises võib aidata vähendada üldist autoliiklust ja sellest tulenevaid kahjulikke keskkonnamõjusid, nagu õhusaastet, müra, tolmu, vibratsiooni ning pinnase ja veekogude saastamist (Jüssi *et al.*, 2010).

Vanemad, kes kasutavad autot sageli oma laste kooli viimiseks, tajuvad keskkonda ohtlikumana kui need vanemad, kes lubavad oma lastel sageli iseseisvalt kooli jõuda (Trapp *et al.*, 2011). Rootsisis tehtud uuringud näitavad, et autoga kooli jõudvad lapsed tajuvad teekonna pikkust erinevalt võrreldes õpilastega, kes on sama teekonna läbinud kas jalgsi või kasutanud jalgratast (Lee *et al.*, 2013). Samuti on uuritud õpilaste aktiivsust ja leitud, et autoga kooli jõudnud tüdrukud on koolis passiivsemad võrreldes poistega (Westman *et al.*, 2013). Kübar (2013) toob välja motoriseeritud transpordivahenditega kaasneva müra kahjuliku mõju õpilaste tervisele ja õpiedukusele. Õpilaste vähene aktiivsus ja halvem füüsiline vorm on samuti seotud passiivsete liikumisviiside kasutamisega.

#### 5. Õpilaste liikluskeskkond ja turvalisus

Õpilaste liikumisvõimalused ja liikluskeskkond peavad olema ohutud. Ohutu liikluse tagamisel tuleb kasutada erinevaid meetmeid, eelkõige tagada ohutu liikluskeskkond ja tegeleda liikluskasvatusega, õpetades lastele vajalikke teadmisi ja oskusi ohutuks liiklemiseks. Õpilaste käitumine liikluses võib olla riske vähendav või suurendav (Elliott, Baughan, 2004). Näiteks sõidutee ületamisel ohutuse kontrollimiseks kahele poole vaatamine, samuti kiivri ja helkuri kandmine kuulub riske vähendava käitumise

hulka. Riske suurendav käitumine võib olla sõiduteel või raudteel mängimine ja rula või rulluis kudega liiklemine sõiduteel. Teismeliste otsust liikluses riskeerida mõjutavad kõige enam sotsiaalsus ning elamustejanu (Harro *et al.*, 2015). Õpilased mõjutavad üksteise käitumist – lisaks eeskujuks olemisele tekitab otsus reegleid rikkuda või järgida omavahelise ühtsustunde (Keskinen, 2014; Yagil, 2000). Keskineni (2014) uuringus leiti, et liiklusreeglite rikkumine sõltub kaaslaste käitumisest ja hoiakutest. Väga tähtis on lapsevanemate eeskuju ja hoiakud õpilaste aktiivsete liikumisharjumuste kujundamisel (Durand *et al.*, 2012).

Tallinna arengukava „Turvaline koolitee“ 2008-2013 toob välja kooliümbruse turvalisuse probleemid. Lapsevanemad, kes püüavad tagada lapse turvalisust kooliteel teda autoga kooli ette viies, muudavad koolijõudmise ohtlikuks neile lastele, kes liiguvad jalgsi, jalgrattaga või ühistranspordiga. Liikluskeskkonda aitavad turvalisemaks muuta hästi hooldatud ja valgustatud teed ja tänavad, kergliiklusteede olemasolu, märgistatud ülekäigurajad ja rahustatud liiklus. Inseneribüroo Stratum kooliõpilaste koolitee ohutustamise uuring (2003) toob välja olulised riskid õpilaste kooliteel ja haridusasutuste ümbruses. Õpilastele ei ole piisavalt turvalised haridusasutuste ümbruse liikluskorralduslahendused (kiiruspiirangud, valgustus, parkimis- ja peatumiskohad).

## 6. Koolitee kaardistamine

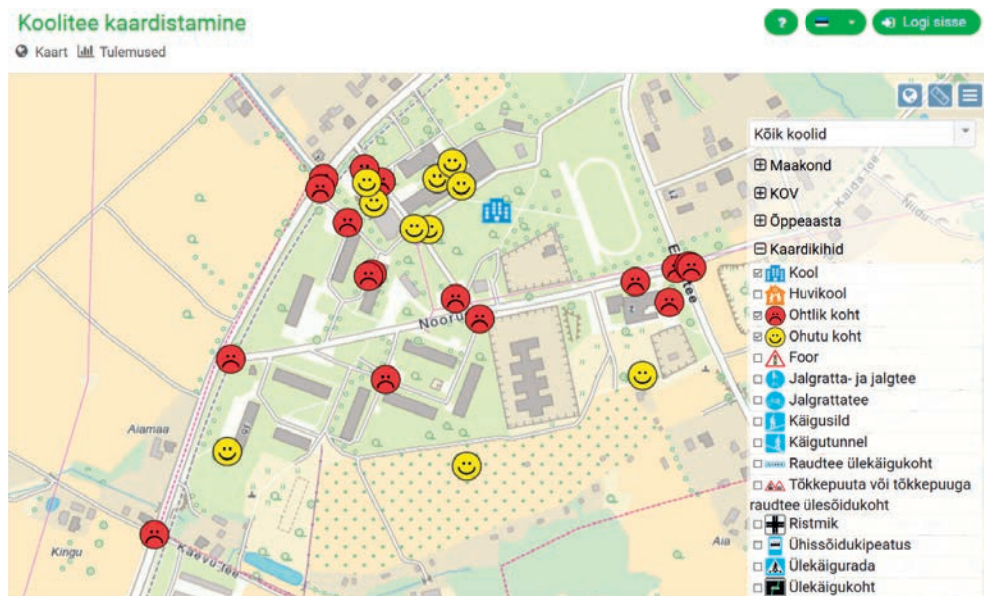
Transpordi arengukava 2014–2020 üks põhieesmärkidest on ohutu liikluse tagamine. Tartu linna transpordi arengukava 2012–2020 ja Tartu linna liiklusohutusprogrammi 2017–2025 liiklusohutuse tagamise meede sätestab liikluskeskkonna ohutust kaardistavate uuringute regulaarse läbiviimise ja õpilaste kooliteel esinevate liiklusohutuste kaardistamise. Samuti on oluline liiklushariduse teavitustöö koolides. Kooliõpilaste koolitee ohutustamise kava soovib kooliümbruse kujundamisel kaasata ka õpilasi (Inseneribüroo Stratum, 2003). Nii saavad õpilased võimaluse arendada oma liiklus-teadmisi ja märkamisoskust, samal ajal avaldada arvamust, millisenäevad nemad oma kooliteed ja kooli piirkonda. Kindlasti on oluline, et kooliümbruse liikluskeskkonna planeerimisel ja ohutusmeetmete kavandamisel kasutatakse liiklus- ja liikuvusekspertide ettepanekuid.

Maanteeameti liiklusohutuse teemaline õppevahend koolidele „Koolitee kaardistamine“ annab ühe võimaluse õpilaste koolitee liikumisviiside ja ohtude kaardistamiseks. Kaardirakendus on mõeldud õppetöö mitmekesistamiseks ning liiklusohutuse teema käsitlemiseks eelkõige II kooliastme (4.–6. klassi) ja III kooliastme (7.–9. klassi) geograafiatundides. Koolitee kaardistamise infosüsteemi kasutamine on üks võimalus, tegelemaks liiklusteemaga loodusõpetuse, geograafia, informaatika ja miks mitte ka nt matemaatika või muudes tundides. Õppevahendi abil saavad õpilased kaardistada oma kooliteel liikumisviise ja ohtlikke kohti liikluses. Koolitee



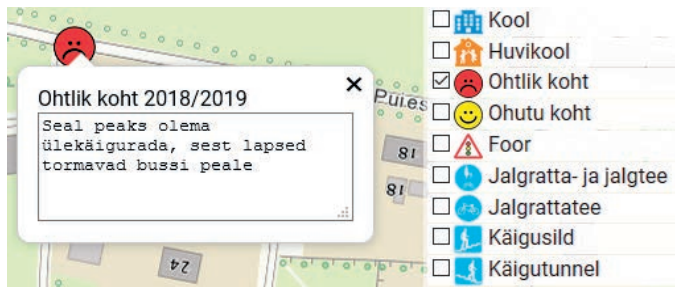
kaardistamine aitab õpilastel mõelda oma igapäevasele liikumisele ja koolitee ohutusele, aitab märgata ohte ning planeerida ohutumat teekonda. Õpetajad saavad õpilaste vastustest olulist infot liiklusohutuse teema käsitlemiseks ning andmeid, mida oma õppetöös rakendada. Samuti on võimalik koolitee kaardistamise andmeid anda õpilastele uurimistööde tegemiseks ja kohalikele omavalitsustele, et võtta kasutusele meetmed õpilaste koolitee ohutuks muutmiseks. Koolitee kaardistamise infosüsteem koosneb kaardirakendusest ja selle juurde kuuluvatest töölehtedest.

Koolitee kaardirakenduse andmetabel sisaldab Eesti üldhariduskoolide aadresse ja asukohti. Esmalt tuleb õpilasel leida kaardilt oma kool ja märkida kaardile kodu, seejärel koolitee, kasutades selleks kaardirakenduse menüüs liikumisviiside ikoone. Kaardirakendus annab õpilasele võimaluse ka koolitee pikkust mõõta, samuti märkida kooliteele erinevaid objekte: liiklusmärke, liikluses ohtlikke ja ohutuid kohti (joonis 1). Väga oluline on lisada selgitus, miks märgitud koht on kooliteel ohtlik (joonis 2), sama tähtis on osata märgata kooliteel ohutuid ja häid liikluslahendusi.



**Joonis 1.** Koolitee kaardistamise sisestusvaade (Maanteeamet)

**Figure 1.** School route mapping input view (Road Administration)



Joonis 2. Ohtliku koha kirjeldus (Maanteeamet)

Figure 2. Description of a dangerous place (Road Administration)

Koolitee kaardistamise tulemusi on õpilastel ja õpetajatel võimalik vaadata elektroonsel kaardil (joonis 3) ning kaardirakenduse andmetabelite andmeid ka analüüsida. Kaardirakenduse andmed on oluline info õpetajatele, koolijuhtidele, kohalike omavalitsuste töötajatele ning liiklus- ja liikuvuseksperptidele ohutu ja turvalise koolitee planeerimisel.

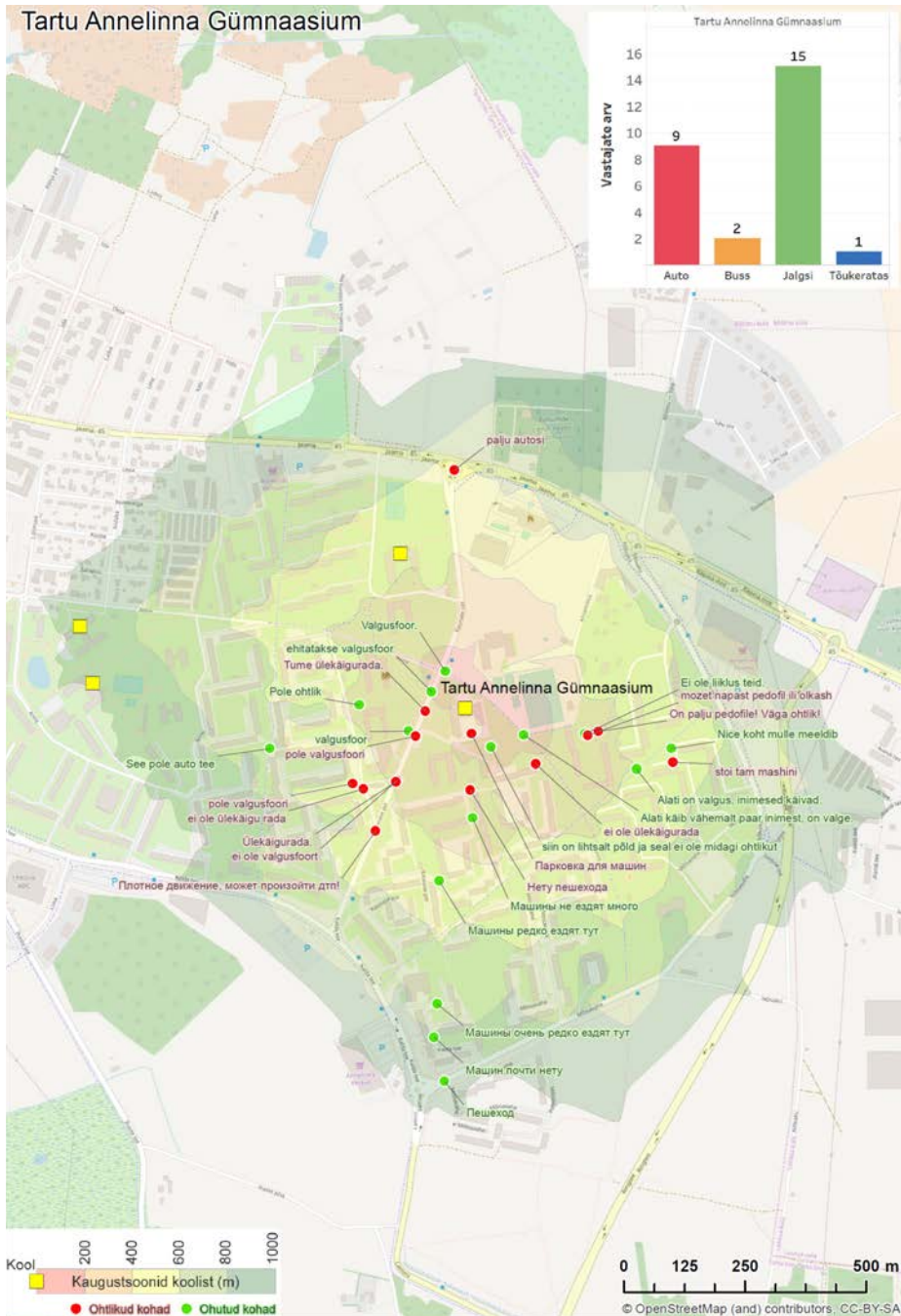
## 7. Koolitee kaardistamine Tartu koolides

Tartu õpilaste koolitee kaardistamine kaardirakendusega „Koolitee kaardistamine“ toimus 2017/2018. õppeaasta sügisel. Koolitee kaardistamisel osales Tartu linna 12 põhikooli: Tartu Karlova Kool, Tartu Veeriku Kool, Tartu Keslinna Kool, Tartu Tamme Kool, Tartu Variku Kool, Tartu Forseliuse Kool, Tartu Descartes'i Kool, Tartu Kivilinna Kool, Tartu Katoliku Hariduskeskus, Tartu Hansa Kool, Tartu Annelinna Gümnaasium ja Tartu Mart Reiniku Kool.

Koolitee kaardistamine kaardirakendusega toimus 7. või 8. klassi loodusõpetuse või geograafiatunnis ja Tartu Mart Reiniku Kooli algklassides ankeetküsitlusena. Koolitee kaardistas kaardirakendusega 807 põhikoolide õpilast ja ankeedile andis vastase 414 Mart Reiniku Kooli algklasside õpilast. Kokku kaardistas oma koolitee 1121 Tartu põhikoolide õpilast.

### *Tartu Mart Reiniku Kool*

Tartu Mart Reiniku Koolis toimus koolitee kaardistamine kõikides klassides, kokku osales 732 ehk 80% kooli õpilastest. Andmete kogumiseks kasutati kahte meetodit. Algklasside õpilased (1.–4. klass) täitsid koos lapsevanematega koolitee liikumisviiside ja ohtlike kohtade kaardistamiseks ankeedi. Ankeedi kaardile märgiti kodu asukoht, liikumisviis kooli sügisel ja kevadel ning kirjeldati ohtlikke ja ohutuid kohti õpilase igapäevasel kooliteel. 5.–9. klasside õpilased kasutasid koolitee liikumisviiside ning ohtlike ja ohutute kohtade märkimiseks kaardirakendust ja täitsid lisaks ka ankeedi.



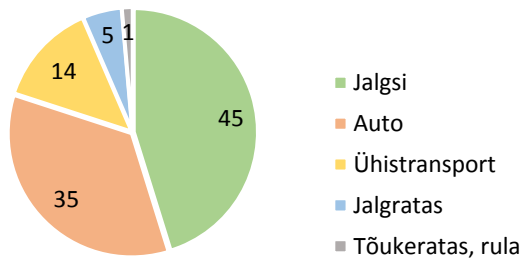
**Joonis 3.** Tartu Annelinna Gümnaasiumi 7. klassi õpilaste kooli liikumisviisid ning ohtlikud ja ohutud kohad kooliteel (koostas Edgar Sepp)

**Figure 3.** Travel modes in 7th grade Tartu Annelinna Gümnaasium, safe and dangerous places on the way to school (compiled by Edgar Sepp)

## 8. Koolitee kaardistamise tulemused

### 8.1. Liikumisviisid

Tartu koolitee kaardistamisel osalenud õpilaste kõikidest liikumistest tehti jalgsi 45%, autoga 35%, ühistranspordiga 14%, jalgrattaga 5% ja tõukerattaga 1% (joonis 4).



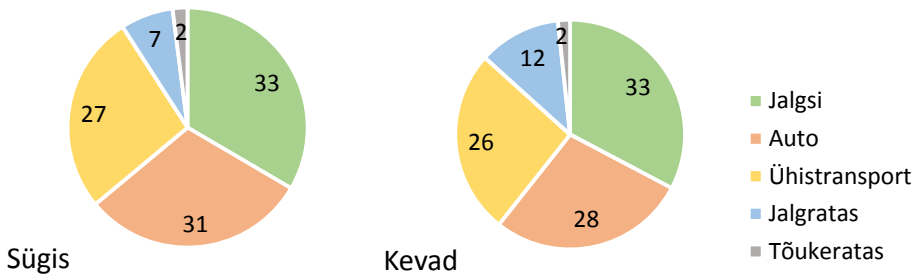
**Joonis 4.** Tartu koolide õpilaste liikumisviisid (protsent)

**Figure 4.** The choice of travel modes among pupils in Tartu (%)

Kõige suurem aktiivsete liikumisviiside kasutamise osatähtsus oli Tartu Karlova Koolis, Tartu Veeriku Koolis, Tartu Descartes'i Koolis ja Tartu Hansa Koolis. Tartu Karlova Kooli õpilastest 77% tuli kooli jalgsi, Tartu Veeriku Kooli õpilastest 12% jalgrattaga ning Tartu Descartes'i Kooli õpilastest jalgrattaga 8% ja tõukerattaga 8%. Tartu Kesklinna Kooli õpilastest 48% toodi kooli autoga, Tartu Variku Kooli õpilastest 24% ja Tartu Kivilinna Kooli õpilastest 21% kasutas kooli sõiduks ühistransporti.

#### *Tartu Mart Reiniku Kool*

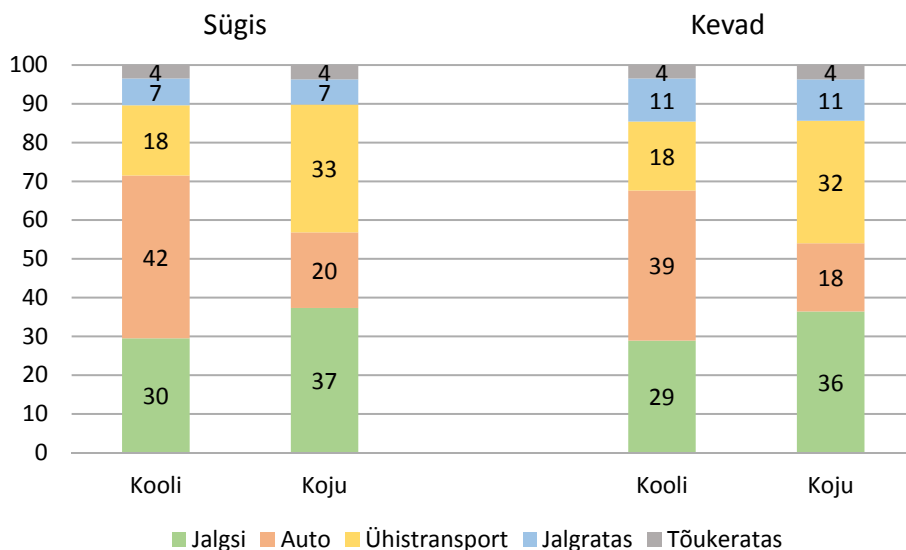
Tartu Mart Reiniku Kooli õpilaste liikumisviisid on sügisel ja kevadel sarnased. Õpilastest 33% käib koolis jalgsi ning neljandik kasutab ühistransporti. Kõige suurem erinevus sügis- ja kevadperioodil on jalgratta kasutamisel: sügisel käib koolis jalgrattaga 7% ja kevadel 12% õpilastest (joonis 5).



**Joonis 5.** 1.–9. klasside õpilaste liikumisviisid sügisel ja kevadel (protsent)

**Figure 5.** Travel modes among pupils in 1st to 9th grade during the spring and autumn time (%)

Tartu Mart Reiniku Kooli õpilaste kooli ja kodu vaheline liikumismuster on kevadel ja sügisel sarnane. Uuringust selgus, et nii sügisel kui ka kevadel tuuakse ligi 40% õpilastest kooli autoga ja koolist koju läheb ligi 20% autoga tulijatest jalgsi või ühis-transportiga. Jalgratta kasutamine suureneb kevadel võrreldes sügisega 4% võrra (joonis 6).



**Joonis 6.** 1.–9. klasside õpilaste liikumisviisid sügisel ja kevadel kooli ning koju (protsent)

**Figure 6.** Travel modes to school and to home among pupils in 1st to 9th grade during the spring and autumn time (%)

## 8.2. Ohtlikud ja ohutud kohad kooliteel

Tartu põhikoolide õpilased märkisid kooliteele 998 ohtlikku ja 674 ohutut kohta. Koolitee kaardistamise tulemusi on võimalik uuringus osalenud kooli õpetajatel ja õpilastel vaadata kaardirakenduse elektroonsel kaardil ja andmetabelis (Maanteeamet, <https://koolitee.mnt.ee/>). Kõige rohkem ohtlikke kohti kaardistati õpilaste poolt koolide ümbruses ja tihedalt asustatud elamupiirkondades. Analüüsid õpilaste koolitee ohtlike kohtade paiknemist, selgus, et kõige rohkem on õpilased kaardistanud ohtlikke kohti liikluses koolide ümbruses kuni 200 m raadiuses, samuti 200–400 m kaugusel koolist. Tartu õpilaste kooliteel on eriti ohtlikud suure liiklusega tänavad (Riia tn, Kaunase pst, Sõpruse pst, Kalda tee) ja ristmikud (Riia ja Pepleri tn ristmik, Näituse, Veeriku ja N. Lunini tn ristmik). Ohtlik on õpilastele sõidutee ületamine ja ristmikud, kuhu pole märgitud ülekäigurada või puudub liiklust reguleeriv foor. Õuealad tihedalt asustatud piirkondades ja kooli lähiümbrus on õpilaste jaoks samuti ohtlikud, kuna kõnniteedel parkivad ja õuealadel sõitvad autod

varjavad nähtavust. Autodega lapsi kooli toovad vanemad põhjustavad ohtlikke olukordi koolide lähedal. Suureks ohuks õpilastele on autojuhtide käitumine – kihutavad autojuhid, kes sageli ei anna ülekäigurajal teed jalakäijatele. Õpilastele on ohtlikud halvasti valgustatud, samuti halva nähtavusega tänavad, kuna tihti varjavad tänavate ääres puud ja põõsad nähtavust. Koolide lähedal parkides on ohuks hulkuvad koerad ja alkoholi tarbinud inimesed. Talvisel ajal ohtlikud libedad tänavad ja majade katuselt kukkuvad jääpurikad ja lumi. Kooliteel kõrvaklappidest muusika kuulamine ja telefoni kasutamine hajutavad samuti õpilaste tähelepanu liikluses.

Õpilased märkisid kaardile ja kirjeldasid kooliteel ka heade liikluslahendustega turvalisi ja ohutuid kohti. Õpilaste jaoks on ohutud fooridega ja hästi valgustatud ristmikud, samuti koolide ümbruse turvalised parklad jalgrattahoidlatega, kuhu pole lubatud autodel sõita. Ohutu on jalgsi liikuda tänavatel, kus liigub vähe autosid, on turvalised ülekäigurajad ning head kõnniteed (Roosi tn, Emajõe tn). Hästi valgustatud tänavad (Kaunase pst, Rütli tn), ristmikud (Lai tn ja Vabaduse pst ristmik) ja kergliiklusteed (Annelinna ja Roosi tn kergliiklustee) muudavad kooliteel liikumise turvaliseks.

#### *Tartu Mart Reiniku Kool*

Kõige ohtlikum tänav Tartu Mart Reiniku Kooli õpilastele on kooli lähedal asuv Riia tänav. Riia tänava ületamine Mart Reiniku Kooli algklasside õppehoone ees on ohtlik, sest ülekäiguraja läheduses olevad puud segavad nähtavust, valgusfoori nupp on sõiduteele ohtlikult lähedal ja kõnniteelt sõiduteele üleminekul on suur kalle. Õpilastele on ohtlikud ka Kastani ja Vanemuise tänav. Ristmike ületamise puhul toodi ohtlikuna välja kohad, kus on ühes suunas mitu sõidurada ja puuduvad ülekäigurajad (Vanemuise ja Kastani tn ristmik). Samuti Riia ja Pepleri tn ristmik, kus segadust tekitab ristmiku ületamine fooriga reguleeritud ülekäigurajal, kui jalakäijal ja pöörat sooritaval autol on korruga fooris roheline tuli. Igahommikune laste autoga kooli toomine tekitab õppehoone taga asuvas parklas ohtlikult tiheda liikluse. Õpilastele on ohtlikud ka bussipeatused, kus buss peatub liiga ülekäiguraja lähedal (Lootuse, Karete, Maarjamõisa bussipeatused). Analüüsi tulemusena selgus, et erinevate õpilaste jaoks on kooliteel samad kohad liikluses nii ohtlikud kui ka ohutud. Näiteks reguleerimata ülekäigurada Vanemuise ja Kastani tn ristmikul on ühest küljest ohtlik, sest sõidukijuhid ei anna alati õpilastele teed või auto pidurdab enne ülekäigurada liiga hilja, kuid samal ajal on õpilastele ülekäigurada sõidutee ületamiseks turvaline koht. Väga oluliseks ning turvaliseks peavad õpilased tänavavalgustust. Õpilaste jaoks on hästi valgustatud J. Hurda park Vanemuise 46 õppehoone ees ning Võru ja Riia tn ristmik.

## 9. Ettepanekud koolitee ohutumaks muutmiseks

Tartu linna koolide õpilaste koolitee kaardistamise tulemused saadeti kõikide projektis osalenud koolide õpilastele ja õpetajatele, samuti Tartu Linnavalitsuse ja Maanteeameti liikuvusekspertidele, et võtta kasutusele meetmed õpilaste koolitee ohutuks muutmiseks.

Liiklus- ja liikuvusekspertide soovitusel tuleks kooliteel liikluses ohtlike kohtade ohutumaks muutmise ettepanekute tegemiseks läbi viia nõuetekohane juhendile vastav liiklusohutlike kohtade ja liikluslahenduste inspekteerimine (Inseneribüroo Stratum, 2008). Ohtlike kohtade inspekteerimisel ja parandusettepanekute tegemisel tuleks järgida linnatänavate ehitamise norme ja standardeid (Linnatänavad, 2016). Liikuvusekspertid soovivad koolidel koostada liikuvuskava, mille eesmärk on soodustada õpilaste aktiivseid liikumisviise ja pakkuda lahendusi koolitee ja -ümbruse ohutumaks muutmiseks. Kooli liikuvuskava koostamine annab võimaluse kaardistada ja analüüsida õpilaste kooliga seotud liikumisi ning planeerida keskkonnasäästlikumaid ja ohutumaid liikumisteid. Tartu koolide lähiümbruse liikluskeskond tuleks kujundada õpilastele ohutuks, eelkõige kehtestada kooli ümbruses kiirusepiirang 30 km/h. Õppehoonete lähedal tuleks vähendada autoliiklust ja parkimiskohtade arvu, rajada peatumisala või parkimistasku, kus oleks võimalik peatuda ja ohtlikku olukorda tekitamata autost väljuda. Kiiruspiirangud ning parkimis- ja peatumiskohtade korraldus koolide ümbruses tuleks lahendada nii, et liiklusreeglite rikkumise korral ei tekitataks uusi liiklusohutlike olukordi. Sõiduteede, tänavate ja ristmike ohutumaks muutmiseks tuleks kaaluda täiendavate fooride paigaldamist, ülekäiguradade lisamist või ristmikust kaugemale viimist, samuti parandada koolide lähiümbruse, tänavate ja ülekäiguradade valgustust. Õpilaste aktiivsete liikumisviiside soodustamiseks tuleks Tartus rajada uusi kergliiklusteid ja jalgrattaparklaid, samuti tuleks koolide ümbruses muuta olemasolevad jalgrattahoidlad turvalisemaks ning kasutajasõbralikumaks.

## 10. Kokkuvõte

Õpilaste igapäevane liikumine on peamiselt seotud koolikäimisega, samuti leiab suur osa nende koolivälisest tegevusest aset koolide läheduses. Kooli ja kodu vahel liikumiseks kasutavad õpilased erinevaid liikumisviise. Liikumisviiside valik sõltub kodu ja kooli asukohast, koolitee pikkusest ja liikumisvõimalustest.

Tervise seisukohast jagunevad õpilaste liikumisviisid aktiivseteks ja passiivseteks. Aktiivsed liikumisviisid on peamiselt jalgsi liikumine ja jalgrattaga sõitmine, passiivseks liikumisviisiks peetakse eelkõige auto kasutamist. Liiklusõnnetused lastega leiavad sagedamini aset seal, kus lapsed oma aktiivset tegevust realiseerivad, eelkõige kodu ja kooli ümbruses. Seetõttu on väga oluline ja vajalik õpilastele koolide ümbruses ohutu ning turvalise liikuvuskeskkonna loomine.

Koolitee kaardistamine õpilaste endi osalemisel on üks võimalus muuta õpilaste kooli ja kodu vaheline liikumine turvalisemaks, on oluline, et õpilased ise oskaksid märgata ja teavitada liiklusohutudest kooliteel. 2017. aasta sügisel kaardistasid Tartu linna põhikoolide 7. ja 8. klasside õpilased koolitee liikumisviisid ja ohud kooliteel. Kaardirakendusega „Koolitee kaardistamine“ kaardistas oma koolitee 807 Tartu linna 12 põhikooli 7. või 8. klassi õpilast. Tartu Mart Reiniku Kooli 414 algklasside õpilast kaardistas koolitee ankeetküsitlusena. Kokku kaardistas oma koolitee 1121 Tartu põhikooli õpilast. Koolitee kaardistamise tulemused on salvestatud kaardirakenduse kaardile ja andmetabelitesse (Maanteeamet, <https://koolitee.mnt.ee/>).

Koolitee kaardistamisel osalenud õpilaste kõikidest liikumistest tehti jalgsi 45%, autoga 35%, ühistranspordiga 14%, jalgrattaga 5% ja tõukerattaga 1%. Kooliteele märgiti 998 ohtlikku ja 674 ohutut kohta liikluses. Kõige rohkem ohtlikke kohti kaardistati õpilaste poolt 200–400 m raadiuses koolide ümbruses ja tihedalt asustatud elamupiirkondades.

Õpilaste suurimad liiklusõnnetusse sattumise riskitegurid on sõidutee ületamine reguleerimata ülekäigurajal või ristmikul, samuti suure liiklusega tänavad, kihutavad autod, õuealad tihedalt asustatud piirkondades ja kooli lähiümbrus. Ohutu on jalgsi liikuda tänavatel, kus liigub vähe autosid ning on turvalised hästi valgustatud ülekäigurajad ja head kõnniteed. Õpilaste poolt koolitee kaardistamise andmeid on võimalik kasutada ja analüüsida nii õpilastel, õpetajatel kui ka lapsevanematel, samuti kohalike omavalitsuste liiklus- ja liikuvuseksperdidel õpilastele ohutu ja turvalise koolitee ja kooliümbruse planeerimisel ning koolide liikuvuskava koostamisel.

## Tänu

Suur tänu Tartu linna põhikoolide õpilastele, õpetajatele, lastevanematele, samuti TÜ geograafia osakonna üliõpilastele koolitee kaardistamisel osalemise eest. Autorid tänavad ka liiklus- ja liikuvuseksperdi Dago Antovit ja kaartide koostajat Edgar Seppa.

## Kirjandus

- Antov, D. 2013.** Kas tasuta ühistransport vähendab autode kasutamist? <http://arvamus.postimees.ee/1102328/dago-antov-kas-tasuta-uhistransport-vahendab-autode-kasutamist/>. Viimati vaadatud 12.11.2019.
- Davison, K., Werder, J., Lawson, C. 2008.** Children's Active Commuting to School: Current Knowledge and Future Directions. *Prev. Chronic. Dis.* 5(3): A100.
- D'Haese, S., De Meester, F., De Bourdeaudhuij, I. et al. 2011.** Criterion distances and environmental correlates of active commuting to school in children. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 8: 88.



- Durand, C., Dunton, G., Spruijt-Metz, D. et al. 2012.** Does Community Type Moderate the Relationship Between Parent Perceptions of the Neighborhood and Physical Activity in Children? *The American Journal of Health Promotion* 26: 371–380.
- Elliott, M. A., Baughan, C. J. 2004.** Developing a self-report method for investigating adolescent road user behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 7: 373–393.
- Faulkner, G. E., Richichi, V., Buliung, R. N. et al. 2010.** What’s “quickest and easiest?”: parental decision making about school trip mode. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 7: 62.
- Faulkner, G. E., Buliung, R. N., Flora, P. K. et al. 2009.** Active school transport, physical activity levels and body weight of children and youth: *Preventive Medicine* 48: 519–524.
- Fyhri, A. 2005.** Do children walk? An evaluation of the “Active way to school” project (2002–2005). TØI report 814/2005. Oslo: Institute of Transport Economics.
- Fyhri, A., Hjorthol, R. 2009.** Children’s independent mobility to school, friends and leisure activities. *Journal of Transport Geography* 17: 379.
- Goeverden, van C. D., Boer, de E. 2013.** School travel behaviour in the Netherlands and Flanders. *Transport Policy* 26: 73–84.
- Gropp, K., Pickett, W., Janssen. 2012.** Multi-level examination of correlates of active transportation to school among youth living within 1 mile of their school. *PubMed* 9: 124.
- Gärling, T., Axhausen, K. W. 2003.** Introduction: Habitual travel choice. *Transportation* 30: 1–11.
- Harro, J., Kiive, E., Orav, P. et al. 2015.** Lapsest täiskasvanuks Eestis, ELIKTU 1998–2015. Tartu: Eesti Ülikoolide Kirjastus.
- Insenerbüroo Stratum, 2003.** Kooliõpilaste koolitee ohutustamine. [http://rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/1232/1/Stratum2003\\_3.pdf](http://rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/1232/1/Stratum2003_3.pdf).
- Insenerbüroo Stratum, 2008.** Liiklusohutusauditi teostamise juhend. [https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/loa\\_juhend\\_2008.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/loa_juhend_2008.pdf).
- Jüssi, M., Poltimäe, H., Sarv, K. et al. 2010.** Säästva transpordi raport. *Säästva Arengu Komisjon*. <http://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:101719>.
- Kamargianni, M., Polydoropoulou, A., Goulias, K. G. 2012.** Teenagers’ Travel Patterns for School and After-School Activities. *Procedia – Social and Behavioral Science* 48: 3635–3650.
- Kantar Emor 2015.** Liikumisviiside uuring elektrisõidukite lühirendi ja säästva transpordi kasutuse arendamiseks.
- Kantar Emor 2017.** Tallinna lähipiirkonna – Harjumaa (v.a Tallinna linn) ning Kohila ja Rapla valdade elanike liikumisviiside uuring.
- Kask, M. 2018.** Õpilaste liikumisviisid Tallinna koolide näitel. Bakalaureusetöö. Tallinna Tehnikaülikool, <https://digi.lib.ttu.ee>.
- Keskinen, E. 2014.** Lapset ja nuoret liikenteessä – kehitykselliset edellytykset ja liikenneturvallisuus. *Liikenneturvan selvityksiä* 5.
- Kivikas, K. 2015.** Tartu kooliõpilaste jalgsikäimise ohud liikluses. Lõputöö, Tartu Ülikool, geograafia osakond. [http://taurus.gg.bg.ut.ee/Loputood\\_2015/KKP\\_rak/Kivikas\\_Kaia.pdf](http://taurus.gg.bg.ut.ee/Loputood_2015/KKP_rak/Kivikas_Kaia.pdf).
- Kübar, K. 2013.** Haapsalu Linna Algkooli õpilaste liikumisviisid kodu ja kooli vahel ning nende valikut mõjutavad tegurid. Diplomitöö. Haapsalu: Tallinna Ülikooli Haapsalu Kolledži tervisejuhtimise osakond.
- Lee, C., Zhu, X., Yoon, J. et al. 2013.** Beyond distance: Children’s school travel mode choice. *Annals of Behavioral Medicine* 45: 55–67.

- Liiklusseadus 2010.** Riigi Teataja, <https://www.riigiteataja.ee/akt/117032011021> (kehtiv 01.07.2011).
- Linnatänavad EVS 843: 2016.** Eesti Standardikeskus. <https://www.evs.ee/tooted/evs-843-2016>.
- Maanteeamet.** Liikluskasvatus, <http://www.liikluskasvatus.ee/>.
- McDonald, N. C. 2005.** Children's Travel: Patterns and Influences. Dissertation. University of California, Berkeley.
- Nikopensius, M. 2013.** Põlvamaa õpilaste liikumisviisid ja ohud kooliteel. Magistritöö, Tartu ülikool, geograafia osakond. <http://dspace.ut.ee/handle/10062/31138>.
- Rapport Barns skolvägar 2012.** Trafikverket 2013:006 [https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11519/RelatedFiles/2013\\_006\\_Barns\\_skolvagar\\_2012.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11519/RelatedFiles/2013_006_Barns_skolvagar_2012.pdf).
- Şimşekoğlu, Ö., Nordfjærn, T., Rundmo, T. 2015.** The role of attitudes, transport priorities, and car use habit for travel mode use and intentions to use public transportation in an urban Norwegian public. *Transport Policy* 42: 113–120.
- Tallinna arengukava „Turvaline koolitee“ 2008–2013.** Tartu Ülikooli Geograafia Instituut 2007. <https://www.tallinn.ee/est/g4169s38286>.
- Tartu linna liiklusohutusprogramm 2017–2025.** [https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/4160/9201/7020/liiklusohutus2017\\_2025.pdf](https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/4160/9201/7020/liiklusohutus2017_2025.pdf).
- Tartu linna transpordi arengukava 2012–2020.** [https://www.tartu.ee/sites/default/files/uploads/Kontaktid%20ja%20linnajuhtimine/Arengukavad/TranspordiAK\\_uus.pdf](https://www.tartu.ee/sites/default/files/uploads/Kontaktid%20ja%20linnajuhtimine/Arengukavad/TranspordiAK_uus.pdf).
- Tervise Arengu Instituut 2016.** Eesti kooliõpilaste tervisekäitumine. [https://intra.tai.ee//images/prints/documents/146702487819\\_Eesti\\_kooliõpilaste\\_tervisekaitumine\\_2103-14\\_raport.pdf](https://intra.tai.ee//images/prints/documents/146702487819_Eesti_kooliõpilaste_tervisekaitumine_2103-14_raport.pdf).
- Tervisekaitseõuded kooli päevakavale ja õppekorraldusele. 2001.** *Riigi Teataja*, 2007, 8, 32. <https://www.riigiteataja.ee/akt/13351102>.
- Transpordi arengukava 2014–2020.** <https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/3210/2201/4001/arengukava.pdf>.
- Trapp, G. S. A., Giles-Corti, B., Christian, H. E. et al. 2011.** Increasing children's physical activity: Individual, social and 60 environmental factors associated with walking to and from school. *Health Education and Behaviour* 39: 172–182.
- Valikor Konsult OÜ, 2009.** Jõgevamaa elanike liikumisuuring 2009. <http://www.xn--histransport-clb.eu/upload/file/Uuringud%20ja%20arengukavad/liikumisuuring2009.pdf>.
- Westman, J., Johansson, M., Olsson, L. E. et al. 2013.** Children's affective experience of every-day travel. *Journal of Transport Geography* 29: 95–102.
- Westman, J., Friman, M., Olsson, L. E. 2017.** What Drives Them to Drive? – Parents' Reasons for Choosing the Car to Take Their Children to School. *Frontiers in Psychology* 8: 5.

## **Travel modes and risks for pupils on the way to school in Tartu**

Tiia Rõivas, Anni Kaup  
Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

Pupils are daily moving is mainly connected with every day school life – most of the movements are taking place around school. The travel modes that pupils are choosing from are different and the choice is influenced by the location of home and school, the distance of path to school and the possibilities of travel modes to choose from. According to health, travel modes are divided into two, active and passive. Active travel modes are mainly walking and riding a bike, while passive one is choosing a car ride. Accidents with children are taking more often place around school and home. That is why it is very important to create a safe environment around school. Mapping the path to school makes pupils to think about risks, notice them in traffic and talk about it. The mapping application called „Mapping your path to school“ was used by 1121 pupils in from 12 schools in Tartu in 2017. The results of mapping were saved to database (<https://koolitee.mnt.ee/>). It appeared that travel modes choices among pupils were as follows: 45% on foot, 35% by car, 14% by public transport, 5% by bicycle and 1% by scooter. There were 998 dangerous and 674 safe places in traffic, most of them around school in 200–400 meters and in densely populated areas. The most frequent risks in traffic for pupils is crossing the road on a crosswalk without traffic light, moving on streets, where there is lot of cars and traffic and overspeeding. Pupils liked to move on streets with few cars, crosswalks and street lightning. The collected data can also be used and analyzed by pupils, teachers, parents, local authorities and specialists for planning more safe paths to school and creating a mobility plan for schools.

## Põuasuse muutused Eestis

Jaak Jaagus

Tartu Ülikooli geograafia osakond

### 1. Sissejuhatus

Globaalne soojenemine on muutunud järjest aktuaalsemaks keskkonnaprobleemiks, mille vastu on laialt üldsusel suur huvi. Kui selle tagajärjel muutuvad suured alad elamiskõlbmatuks, siis mõjutab see miljoneid inimesi kõige otsesemalt. Võimalikke kliimamuutusi tulevikus on analüüsitud globaalsete kliimamudelite abil. Seda on tehtud juba mitu aastakümnet ja saadud kliimamuutuste projektsioonid on kokkuvõtvalt avaldatud ÜRO valitsustevahelise kliimamuutuste paneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) aruannetes (IPCC, 2013). Need näitavad jätkuvat kliima soojenemist, mille ulatus sõltub sellest, milliseks kujuneb kasvuhoonegaaside emissioon ees ootavatel aastakümnetel. Prognoosid sademete ja niiskusolude muutuste kohta on kliimamudelite tulemustes ebamäärasemad. Lahknevused üksikute mudelite puhul on suured. Kõige üldisema tendentsina võib välja tuua selle, et Euroopa põhjapoolsematel aladel peaks sademeid tulema rohkem ja seda eelkõige külmal poolaastal ning Euroopa lõunaosas peaks sademeid vähemaks jääma ja seda esmajoonel soojal poolaastal. Sellised on olnud ka senised sademete muutuse trendid.

Keskmine õhutemperatuur on Läänemere piirkonnas ja sealjuures ka Eestis viimastel aastakümnetel märgatavalt tõusnud (BACC, 2015). Alates 20. sajandi teisest poolest on aasta keskmine õhutemperatuur tõusnud umbes kahe kraadi võrra (Tarand *et al.*, 2013; Jaagus, Sepp, 2016; Jaagus *et al.*, 2017). Suurim soojenemine on toimunud talvel ja kevadel ning viimastel aastakümnetel ka suvel. Sademete hulk on statistiliselt olulisel määral suurenenud perioodil oktoobrist märtsini ning ka juunikuus (Jaagus *et al.*, 2018). Aprillis ja septembris on olnud märgata mõningat sademete vähenemise tendentsi. Siiski tuleb rõhutada, et sademete väga suure ajalis-ruumilise muutlikkuse tõttu ei avaldu need trendid kõikides jaamades sugugi ühtmoodi.

Paljudel praktilistel põhjustel, näiteks taimekasvatuse jaoks, pole aga olulised mitte temperatuuri ja sademete muutused eraldi võetuna, vaid nende koosmõju. Kui temperatuur on kõrgem, siis on ka transpiratsioon suurem ja taimed vajavad normaalseks elutegevuseks rohkem sademevett. Põuaohu temperatuuri tõustes kasvab kindlasti. Klimatoloogias on põuasuse hindamiseks kasutatud mitut näitajat, kus pannakse temperatuur ja sademete hulk suhtesse. Laialt on levinud suhteliselt

lihtne Seljaninovi hüdrotermiline koefitsient (Selyaninov, 1928), kus mingi perioodi sademete hulk on jagatud ööpäeva keskmiste õhutemperatuuride summaga, mis on eelnevalt jagatud kümnega. Seda kasutati niiskustingimuste hindamiseks peamiselt endises Nõukogude Liidus ja tema satelliitriikides. Samas on ülemaailmselt kõige enam levinud põuasuse näitajaks Palmeri põua karmuse indeks (*Palmer Drought Severity Index*) (Palmer, 1968).

Lisaks neile traditsioonilistele näitajatele on hiljem kasutusele võetud ka teisi ja keerulisemaid näitajaid. Nendeks on standarditud sademeindeks (*Standardized Precipitation Index – SPI*) (McKee *et al.*, 1993) ja standarditud sademe- ja evapotranspiratsiooniindeks (*Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index – SPEI*) (Vicente-Serrano *et al.*, 2010). Kui esimesel juhul arvestatakse ainult sademetega, siis teisel juhul lahutatakse sademetest potentsiaalne evapotranspiratsioon (PET). Viimast saab arvutada mitmel meetodil. Käesoleva töö eesmärk oli analüüsida pikaajalisi muutusi nendes põuasuse näitajates Eestis. Sellega on tahetud kindlaks teha, mis moodi on meie niiskusolud muutunud seoses üldise kliimasoojenemisega. On eeldatud, et senised tendentsid võiksid jätkuda ka tulevikus, kui õhutemperatuur peaks veelgi tõusma. See töö oli osa Euroopa Liidu ühisalgatuse „Vesi“ (JPI Water) ühest rahvusvahelisest projektist IMDROFLOOD.

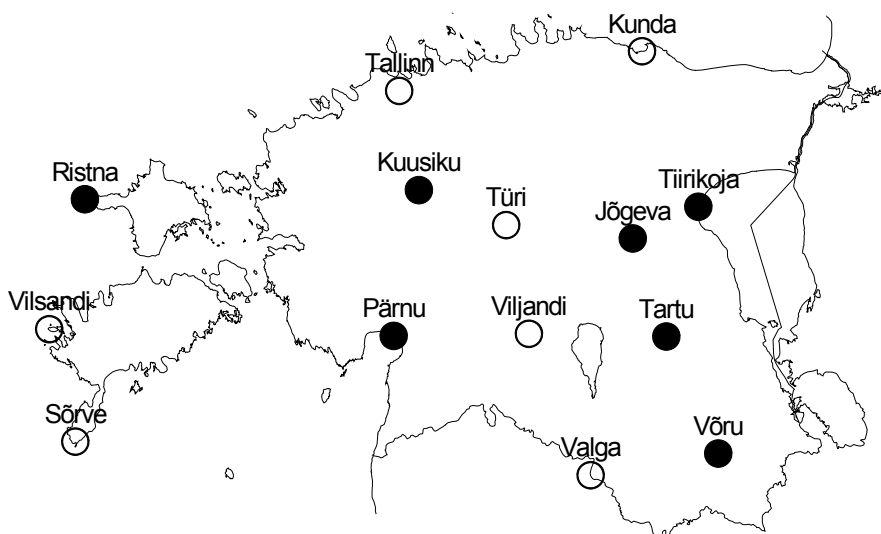
## 2. Andmestik ja meetodika

Pikaajaliste kliimamuutuste hindamiseks on vajalik piisavalt pikk periood, mille jooksul on vaatlusrida homogeenne. See tähendab, et selle aja jooksul peaksid olema mõõtmistingimused ühesugused ehk kasutatakse samasuguseid mõõteriistu ja mõõtmismetoodikat ning mõõtmiste tegemise koht peaks olema ühesugune. Homogeensust on häirinud ilmajaamade vaatlusväljakute ümbertõstmised ja mõõteriista vahetused.

Käesolevas uurimuses on kasutatud 14 Eesti ilmajaama (joonis 1) andmeid 70-aastase perioodi jooksul (1948/49–2017/18). Kuigi enamik neist jaamadest on töötanud selle aja jooksul samas kohas, esineb mõnel juhul siiski asukohamuutusi, mis võivad analüüsi tulemusi kunstlikult mõjutada. Tallinna ilmajaam asus varem Ülemiste lennuvälja juures, kuid 1980. aastal koliti see Harkusse. Tartus olid mõõtmised varem Ülenurme lennuvälja juures, kuid alates 1997. aastast tulevad andmed Tõravere ilmajaamast. Pärnus on aga vaatlusväljaku asukohta muudetud mitu korda. Algne Pärnu meteoroloogiajaam paiknes avatud kohas liivarannal, hiljem viidi see suletud asupaika kesklinnas ja perioodi lõpuosas hoopis Sauga lennuväljale. Praeguseks on ilmajaam toodud jälle mere lähedale Pärnu jõe suudmesse sanatooriumi Tervis lähedale.

Kasutatud on igakuiseid andmeid. SPI arvutamiseks läks vaja vaid kuu sademete summasid. SPEI väärtused, mille korral PET oli arvutatud Hargreavesi meetodil

(SPEIH), tuli lisaks sademetele kasutada ka kuu keskmisi ööpäeva maksimum- ja miinimumtemperatuure. Kõige keerulisem PET arvutamine toimus Penmani meetodil (SPEIP). Seal lisandusid veel andmed kuu keskmise õhurõhu, suhtelise õhuniiskuse, tuule kiiruse ja päikesepaiste kestuse kohta. Kuna viimast parameetrit pole kõikides jaamades mõõdetud, siis sai Penmani meetodil leitud PET-iga SPEI-d arvutada vaid seitsmes jaamas neljateistkümnest. Need on joonisel 1 tähistatud seest täis mustade ringidega. Need jaamad, kus on ainult Hargreavesi meetodil arvutatud PET-iga SPEI väärtusi analüüsitud, on seest tühjade ringidega märgitud. Kui mingil juhul vaatlusandmed puudusid, siis on need taastatud naaberjaamade andmetel.



**Joonis 1.** Kasutatud ilmajaamade paiknemine Eestis. Must ring – kasutatud kõigi indeksite jaoks, seest valge ring – kasutatud SPI ja SPEIH jaoks

**Figure 1.** Location of stations in Estonia used in this study. Black circle – used for calculation of all indices, white circle – used for the calculation of SPI and SPEIH

SPI ja SPEI väärtused on standarditud. See tähendab, et iga aasta väärtustest on lahutatud aritmeetiline keskmine ja see hälve on jagatud standardhälbega. Seega SPEI väärtusega 1 tähendab, et see on ühe standardhälbe võrra keskmisest suurem.

Põuasuse indekseid arvutatakse lisaks ühe kuu jaoks ka veel kas kolme või kuue üksteisele järgneva kuu andmetel. Kuna põuatingimused kujunevad välja pikema aja jooksul, siis antud kuule eelnevad põuasuse indeksid on väga olulised. Nii on lisaks ühe kuu väärtustel leitud indeksitele (SPI1, SPEIH1 ja SPEIP1) arvutatud ka kolme (SPI3, SPEIH3, SPEIP3) ja kuue kuu (SPI6, SPEIH6, SPEIP6) keskmised põuasuse indeksid. Näiteks maikuu SPI3 on leitud märtsi, aprilli ja mai väärtuste põhjal ning mai SPI6 eelneva aasta detsembri ja sama aasta jaanuari, veebruari, märtsi, aprilli ja mai põhjal.

Pikaajaliste muutuste analüüsiks on kasutatud Manni-Kendalli testi (Kendall, 1975), mis on mitteparameetriline meetod ega nõua andmete kindlat jaotust, näiteks normaaljaotust. Selleks, et trend oleks statistiliselt usaldusväärne  $p < 0,05$  tasemel, peab Manni-Kendalli parameeter  $Z$  olema vähemalt 1,96 või üle selle. Muutuse väljendajana kasutatakse antud töös summaarset muutust 70 aasta kohta, mis saadakse, kui tõusukordaja korrutatakse aastate arvuga. Tõusukordaja on leitud Sen'i meetodiga (Sen, 1968).

### 3. Tulemused

Trendianalüüsi tulemused kõige üldistataval kujul on esitatud tabelis 1. Iga jaama jaoks on leitud indekse muutused trendi järgi ja need tabelis keskmistatud. Poolpaksus kirjas on toodud need muutused, mis olid statistiliselt olulised enam kui pooltes jaamades.

Esmalt torkab silma, et aasta keskmised põuasuse indeksid omavad kõik statistiliselt olulist trendi. See väljendab üldist sademete suurenemise tendentsi. Siiski oli mitu jaama (Jõgeva, Ristna, Kuusiku, Valga), kus selline trend puudus. Erinevat dünaamikat eri jaamades kajastab ilmekalt joonis 2. Kui Jõgeval polnud muutust märgata, siis Türiil esines statistiliselt oluline tõusutrend. Tuleb silmas pidada, et aasta keskmine on leitud üksikute kuude muutusi keskmistades. See on aga tasandanud tegelikku iga-aastast varieeruvust, jättes mulje, et justkui ei esineks ühe standardhälbe võrra kõikumisi. Kõikumiste õige ulatus ilmneb aga üksikute kuude aegridades.

Aasta keskmise põuasuse indeksi suurenemine on otseselt seotud vastava muutusega külmal poolaastal. Põuasuse indeksitel pole aga sellel ajal väga suurt mõtet, sest nad peegeldavad vaid muutusi sademetes. Reaalset põuda külmal ajal pole. Põud seostub Eestis ikkagi taimekasvuperioodiga ja järgnevalt vaatleme tulemusi just selle perioodi jaoks. Seal pole muutused aga enam kuigi selged.

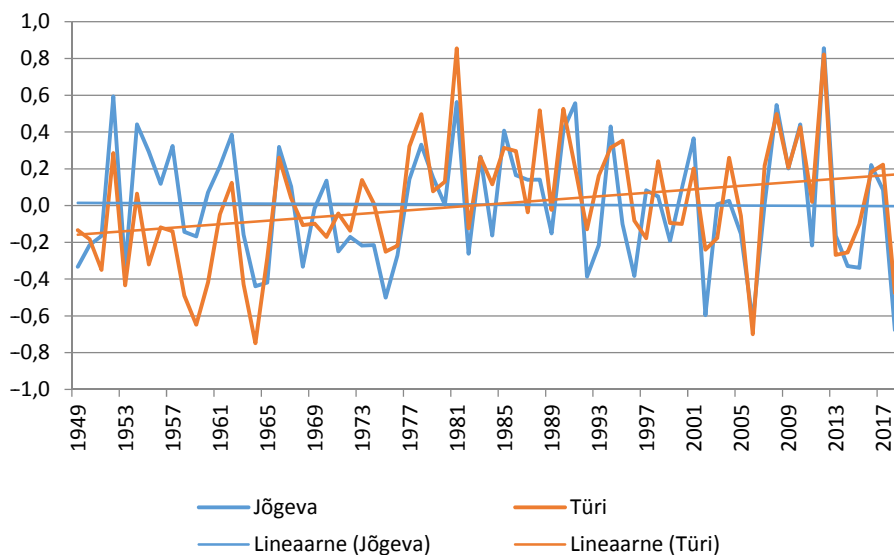
Põuasuse indekse positiivsemaks muutumise tendents ehk põuasuse vähenemine tuli esile üksnes juunis. Kõige enam statistiliselt usaldusväärseid trende saadi just SPEIP1 puhul. Siis oli oluline trend Tartu, Tiirikoja, Pärnu ja Ristna jaamades (joonis 3). Väiksem muutus, mis polnud oluline  $p < 0,05$  tasemel, esines Jõgeval, Kuusikul ja Võrus.

Huvitav on jälgida ka muutuste suundi, mis polnud statistiliselt olulised. Kui augustis olid muutused kõikides jaamades positiivsed ehk põuasus omas teatavat vähenemise tendentsi, siis aprillis, juulis ja septembris oli olukord vastupidine. Peaaegu kõikides jaamades oli täheldatav nõrk muutus põuasuse suurenemise poole. Kõige enam avaldus see Jõgeva, Kuusiku ja Valga puhul (joonis 4). Samal ajal selgus, et üsna lähedal asuvate jaamade vahel võib esineda suuri erinevusi põuasuse indeksi trendides (joonis 5). Ilmselt tuleb seda seletada sademete suure territoriaalse muutlikkusega ja juhuslike kõikumiste suure osakaaluga.

**Tabel 1.** Eesti keskmised põuasuse indeksite muutused trendi järgi perioodil 1949–2018

**Table 1.** Mean changes in the drought indices in Estonia during the period 1949–2018

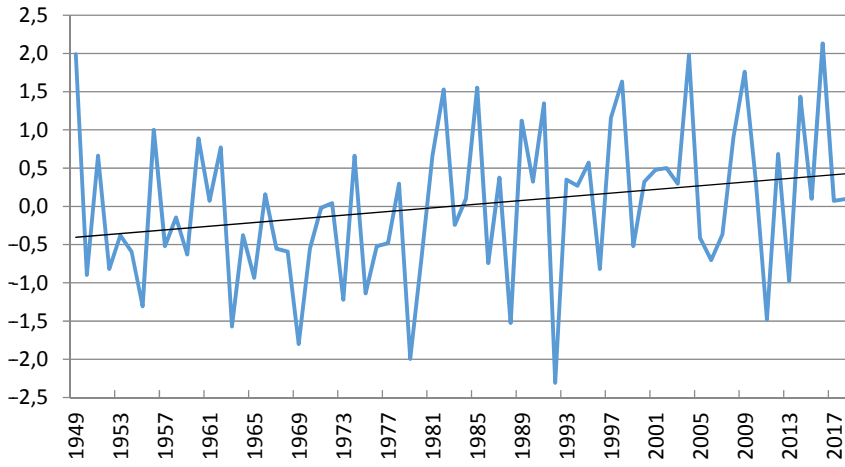
	SPI1	SPEIH1	SPEIP1	SPI3	SPEIH3	SPEIP3	SPI6	SPEIH6	SPEIP6
I	<b>0,99</b>	<b>0,92</b>	<b>0,93</b>	<b>1,31</b>	<b>1,20</b>	<b>1,13</b>	0,91	0,77	<b>1,06</b>
II	0,75	0,52	0,39	<b>1,22</b>	<b>1,00</b>	<b>0,93</b>	<b>1,14</b>	<b>0,89</b>	<b>1,13</b>
III	<b>1,04</b>	0,52	0,73	<b>1,33</b>	<b>0,96</b>	<b>1,02</b>	<b>1,50</b>	<b>1,35</b>	<b>1,36</b>
IV	-0,05	-0,44	-0,29	0,82	0,20	0,50	<b>1,40</b>	<b>1,01</b>	<b>1,13</b>
V	0,06	-0,10	0,15	0,44	-0,09	0,28	<b>1,07</b>	0,59	<b>0,86</b>
VI	0,84	0,88	<b>0,92</b>	0,64	0,36	0,62	<b>1,31</b>	<b>0,84</b>	<b>1,15</b>
VII	-0,19	-0,23	-0,25	0,48	0,38	0,49	0,85	0,45	0,70
VIII	0,53	0,51	0,55	0,57	0,55	0,58	0,84	0,58	0,72
IX	-0,43	-0,49	-0,42	0,04	-0,01	0,06	0,36	0,19	0,32
X	0,60	0,56	0,62	0,38	0,31	0,48	0,49	0,40	0,58
XI	0,70	0,63	0,77	0,34	0,21	0,44	0,56	0,49	0,68
XII	0,52	0,43	0,39	<b>0,93</b>	0,85	<b>0,91</b>	0,47	0,40	0,59
<b>Aasta</b>	<b>0,43</b>	<b>0,28</b>	<b>0,35</b>	<b>0,74</b>	<b>0,48</b>	<b>0,64</b>	<b>0,95</b>	<b>0,65</b>	<b>0,84</b>



**Joonis 2.** Aasta keskmised põuasuse indeksi SPEIH1 aegread ja nende lineaarsed trendid Jõgeval ja Türiil perioodil 1949–2018

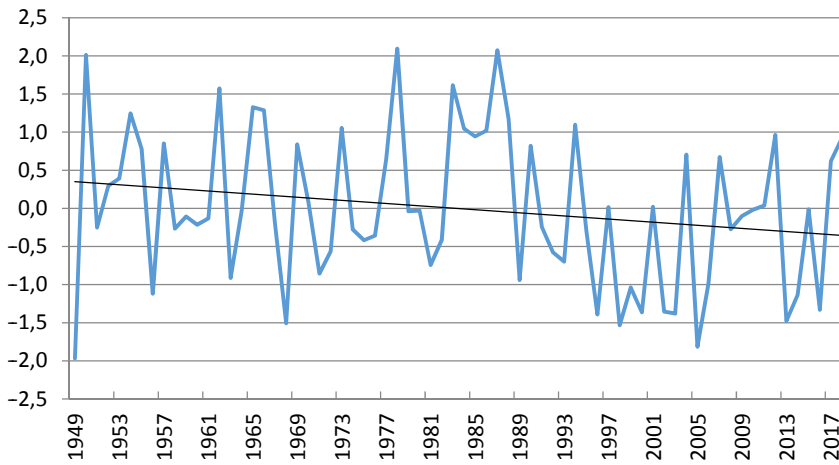
**Figure 2.** Time series of annual mean drought index SPEIH1 and their linear trends in Jõgeva and Türi in 1949–2018





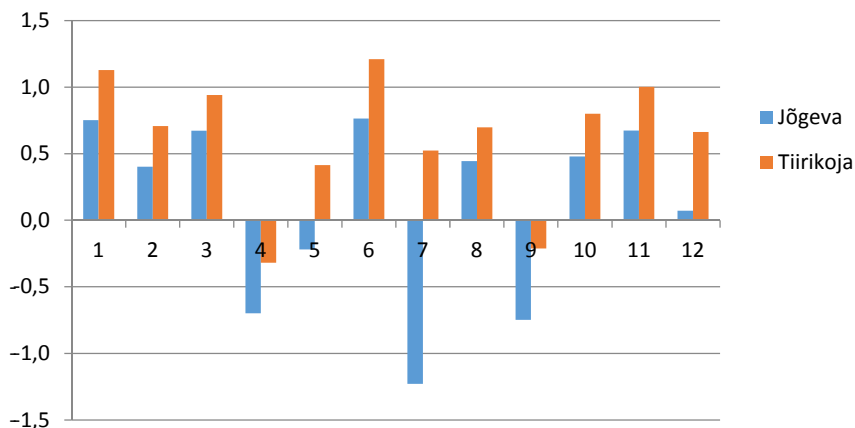
**Joonis 3.** Juunikuu põuasuse indeksi SPEIP1 aegrida ja lineaarne trend Tartus perioodil 1949–2018

**Figure 3.** Time series of the drought index SPEIP1 in June and its linear trend in Tartu in 1949–2018



**Joonis 4.** Septembri põuasuse indeksi SPEIP1 aegrida ja lineaarne trend Kuusikul perioodil 1949–2018. Trend pole statistiliselt oluline  $p < 0,05$  tasemel

**Figure 4.** Time series of the drought index SPEIP1 in September and its linear trend in Kuusiku in 1949–2018. The trend is statistically insignificant on the  $P < 0.05$  level

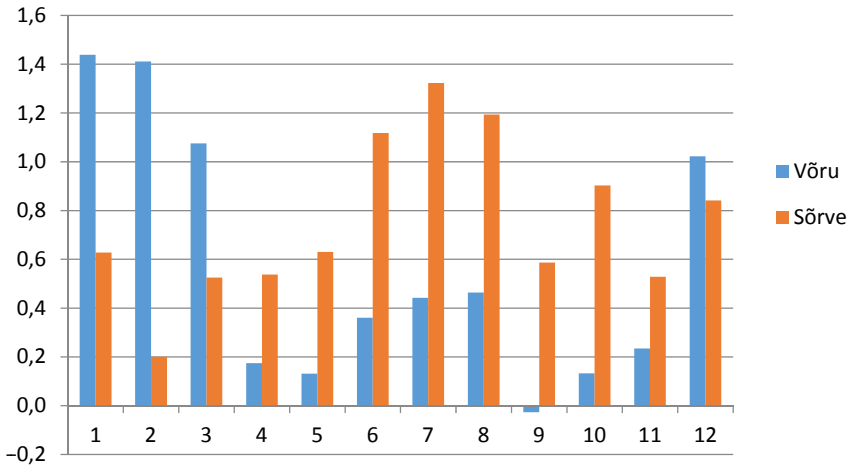


**Joonis 5.** Põuasuse indeksi SPEIP1 muutused trendi järgi Jõgeva ja Tiirikoja jaamas üksikutel kuudel perioodil 1949–2018. Statistiliselt olulised olid need Tiirikojal jaanuaris, märtsis, juunis ja novembris ning Jõgeval juulis

**Figure 5.** Changes by trend of the drought index SPEIP1 in Jõgeva and Tiirikoja in single months during 1949–2018. Statistically significant trends revealed in Tiirikoja in January, March, June and November, and in Jõgeva in July

Kolme kuu kaupa keskmistatud põuasuse indeksid SPI3, SPEIH3 ja SPEIP3 ning veelgi enam kuue kuu kaupa keskmistatud väärtused SPI6, SPEIH6 ja SPEIP6 kirjeldavad muutusi ajas üldistatud ja võimendatud kujul (tabel 1). Olulised trendid kolme kuu summas esinevad üksnes talvekuudel. Sooja poolaasta kohta on muutused kõik nõrgalt positiivsed, kuid kaugeltki mitte olulised. Jaamadevahelised erinevused on üldjoontes samad, kui ühe kuu andmete analüüsi korral. On huvitav, et kui enamikus jaamades on olulised muutused talvekuudel, siis Sõrves on need esinenud hoopis suvekuudel (joonis 6). Oluline on siinjuures arvestada, et ühe kuu tulp joonisel 6 kajastab selle ja kahe eelmise kuu summaarseid niiskusolusid.

Kui võrrelda erinevate põuasuse indeksite trende omavahel, siis üldiselt on trendid samasugused. Siiski torkab silma, et suhteliselt kõige suuremad tõusutrendid on SPI korral võrreldes SPEI trendidega. Viimaste hulgas on SPEIH väiksemate positiivsete muutustega ja suuremate negatiivsete muutustega kui SPEIP.



**Joonis 6.** Põuasuse indeksi SPEIH3 muutused trendi järgi Võru ja Sõrve jaamas üksikudel kuudel perioodil 1949–2018. Statistiliselt olulised olid need Võrus jaanuaris, veebruaris, märtsis ja detsembris ning Sõrves juunis, juulis ja augustis

**Figure 6.** Changes by trend of the drought index SPEIH3 in Võru and Sõrve in single months during 1949–2018. Statistically significant trends revealed in Võru in January, February, March and December, and in Sõrve in June, July and August

#### 4. Arutelu ja kokkuvõte

Standarditud sademeindeksite (SPI) ning sademe- ja evapotranspiratsiooniindeksite (SPEI) pikkade aegriade trendianalüüs andis kõige üldisemaks tulemuseks tõdemuse, et Eestis pole esinenud olulisi muutusi. Niiskusel on üldjoontes jäänud samaks hoolimata sellest, et sama ajavahemiku kestel on õhutemperatuur tõusnud oluliselt. Võib oletada, et mõningane sademete hulga suurenemine on kompenseeritud auramise suurenemisega.

Siiski näitas põuasuse indeksi trendianalüüs, et enamikus jaamadest esineb positiivne trend külmal poolaastal. See kajastab kõige otsesemalt tegelikult toimunud sademete hulga suurenemist sellel ajal (Jaagus *et al.*, 2018). See muutus on väga loogilises seoses üldise kliimasoojenemisega. Kõrgemad temperatuurid talvisel ajal seostuvad tsüklonaalse ilmaga, millega kaasneb pilvine taevast, tugevamad tuuled ja sademed. Samal ajal põhjustab kõrgrõhk selget ja külma ilma. Kuna viimastel aastakümnetel on tugevama läänevoolu tingimustes domineerinud talvel madalrõhkkonnad, siis selle tõttu on ka õhutemperatuur tõusnud ja sademete hulk suurenenud.

Lisaks külmale poolaastale on põuasuse indeksitel olnud arvestatav tõusutendents ka juunikuus, mis oli paljudes jaamades ka statistiliselt oluline. Ka see muutus on otseselt seotud sademete hulga olulise suurenemisega juunis. Millegipärast on uuritava perioodi lõpuosas olnud märksa sagedamini vihmaseid juunisid võrreldes

perioodi esimese poolega. Seda on raske seletada globaalse soojenemisega, sest juuni õhutemperatuur pole Eestis tõusnud. Ilmselt on tegu juhuslikku laadi muutusega, mis ei pruugi tulevikus sugugi samas suunas jätkuda.

Ülejäänud kuudel soojal poolaastal kuigi suuri muutusi põuasuse näitajates polnud. Oli vaid märgata seda, et aprillis, juulis ja septembris olid muutused põuasuse indeksites valdavalt negatiivsed, kuid statistiliselt mitteolulised. See lubab siiski teha hoiatava järelduse, et kliima soojenedes ja sellega kaasneva potentsiaalse evapotranspiratsiooni ehk summaarse auramise suurenemisel võivad kevadised ja suvised põuad hakata Eestit sagedamini ohustama.

## Kirjandus

- BACC, 2015.** *Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin.* Cham Heidelberg New York Dordrecht London: Springer.
- IPCC, 2013.** *Climate change 2013: the physical science basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Jaagus, J., Briede, A., Rimkus, E. et al. 2018.** Changes in precipitation regime in the Baltic countries in 1966–2015. *Theoretical and Applied Climatology* 131: 433–443.
- Jaagus, J., Sepp, M. 2016.** Eesti kliima trendid ja režiiminihked. *Publicationes Geophysicales Universitatis Tartuensis* 51: 88–100.
- Jaagus, J., Sepp, M., Tamm, T. et al. 2017.** Trends and regime shifts in climatic conditions and river runoff in Estonia during 1951–2015. *Earth Systems Dynamics* 8: 963–976.
- Kendall, M. G. 1975.** *Rank correlation methods.* London: Griffin.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. 1993.** The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Preprints, Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc.:* 179–184.
- Palmer, W. C. 1968.** Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index. *Weatherwise* 21: 156–161.
- Selyaninov, G. T. 1928.** About climate agricultural estimation. *Proceedings on Agricultural Meteorology* 20: 165–177.
- Sen, P. K. 1968.** Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *International Journal of American Statistical Association* 63: 1379–1389.
- Tarand, A., Jaagus, J., Kallis, A. 2013.** *Eesti kliima minevikus ja tänapäeval.* Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., López-Moreno, J. I. 2010.** A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate* 23: 1696–1718.

## **Changes in drought indices in Estonia**

Jaak Jaagus

Department of Geography, University of Tartu

### **Summary**

Global climate warming has influenced the whole natural environment. But it is not clear how the increase in air temperature is related to changes in moisture conditions. The objective of this study was to analyse long-term changes in drought indices in Estonia. The study period includes 70 years (1949–2018). Monthly data were used from 14 stations located in different parts of Estonia.

Standardized precipitation indices (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration indices (SPEI) were calculated for every month and averaged for seasons and years. Potential evapotranspiration (PET) in calculating of SPEI was found using two methods – by Hargreaves and Penman. The first one (SPEIH) uses only monthly precipitation and monthly mean daily minimum and maximum temperatures. But the Penman method (SPEIP) needs also monthly mean air pressure, relative humidity, wind speed and sunshine duration.

In addition to the drought indices for one month also three-month and six-month indices have been calculated. For example, a three-month index for May includes data also from previous April and March, and a six-month index for May includes data from December of the previous year and from January, February, March, April and May of the same year. Altogether, nine drought indices – SPI1, SPI3, SPI6, SPEIH1, SPEIH3, SPEIH&, SPEIP1, SPEIP3 and SPEIP6 – have been analysed.

Trend analysis have been realised using the Mann-Kendall test. Trends were considered statistically significant on the  $p < 0.05$  level. Changes by trend have been calculated by multiplying slope with the number of years (70). Slope was found using the Sen's method.

Generally, there was not found significant overall changes in moisture and drought conditions in Estonia during the study period. At the same time, time series of the drought indices for the cold half-year had statistically significant increasing trends in the majority of stations. They directly reflect the increasing tendency in precipitation during the same time. It is impossible to talk about a real drought conditions in winter. Therefore the main attention is paid to drought indices during the warm season.

During the warm half-year, from April to October, there were detected only few significant changes in the drought indices. There were increasing trends, i.e. change towards moisture and less dry conditions in many stations in June. They are related to the increase in precipitation at the same time. This change could be considered as an expression of natural climate variability not related to the global climate warming because mean temperature has not changes in June.

It was interesting to have a look on insignificant tendencies in the drought indices in different months. It appears that there was a prevailing of weak decreasing tendencies in SPI and SPEI in some months (April, July and September). It demonstrates a possible increase of a drought risk that could happen in case of a continuing climate warming and an increase in PET.

## Eesti metsade süsinikubilanss 2018. aasta põua ja kuumalaine tingimustes

Alisa Krasnova<sup>1,2</sup>, Kaido Soosaar<sup>1</sup>, Veiko Uri<sup>3</sup>, Dmitrii Krasnov<sup>2</sup>,  
Steffen Noe<sup>2</sup>, Jaak Jaagus<sup>1</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tartu Ülikool, Ökoloogia ja maateaduste instituut, geograafia osakond

<sup>2</sup>Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut,  
taimefüsioloogia osakond

<sup>3</sup>Eesti Maaülikool, Metsandus- ja maaehitusinstituut

### 1. Sissejuhatus

Metsadel on juhtiv roll maismaaökosüsteemide süsinikuringe reguleerimisel (Candell, Raupach, 2008), kuid nii majandamise kui ka kliimamuutuste mõju metsade süsinikuringele on suuresti selgitamata (Reichstein *et al.*, 2013, Erb *et al.*, 2018). Käesolev artikkel, mis käsitleb metsade süsinikubilansi muutusi erakordse põua tingimustes, baseerub Eesti 2011. aastast rajatud mõõtejaamade võrgustiku andmete analüüsil. Mõõtejaamade võrgustik registreerib atmosfääri ja ökosüsteemi vahelise süsiniku ning toitainete vahetuse intensiivsust aasta läbi. Eesti jaamad osalevad ülemaailmses FLUXNETi ja AMERIFLUXi võrgustikes ning loodetavasti liitub osa jaamadest Euroopa uurimisjaamu ühendavasse ICOSe (*Integrated Carbon Observation System*) süsteemi. Käesolevasse artiklisse on lülitatud nelja mõõtejaama andmed, mille rajamisel ja haldamisel on Tartu Ülikooli geograafia osakonnal kas juhtiv või siis kaalukas roll. Need jaamad on: 1) 2011. aastal rajatud ja pidevalt täienev SMEARi jaam (*Station for Measuring Ecosystem–Atmosphere Relations*; Soome initsiatiiv, milles osaleb ka Eesti; Noe *et al.*, 2014) Järvelja-Apnel, mis esindab okas- ja segametsa (juhtiv roll on selles Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudil); 2) 2012. aastal rajatud Soontaga metsaökosüsteemi mõõtejaam vanas männikus; 3) 2017. aastal rajatud hall-lepiku eksperimentaalne FluxGAFi vaatlusjaam Järvelja-Agalis (Mander *et al.*, 2018) ning 4) aastatel 2017–2019 tegutsenud lühiajaline mõõtejaam Tenso arukase-raiesmikul (Võnnu vald, Tartumaa). Kolm viimati mainitud jaama toimivad TÜ geograafia osakonna juhtimisel.

Selliste ekstreemsete ilmastikunähtuste nagu kuumalained ja põuad esinemisagedus on suurenenud alates 20. sajandi keskpaigast (IPCC, 2013). Mudelarvutuste põhjal koostatud projektsioonid näitavad, et kuumalainete sagedus, kestus ja intensiivsus suureneb käesoleva sajandi jooksul (Schär *et al.*, 2004; Perkins, Alexander, 2013). Kuumalaine definitsioone on palju (Perkins, 2013), kuid üldiselt peetakse



## 2. Metoodika

Uuring teostati neljas metsatüübis. Segamets (MIX) SMEARi jaamas Järvseljal koosneb okaspuudest, männist ja kuusest, ning lehtpuudest, arukasest (*Betula pendula* Roth.) ja sookasest (*Betula pubescens* Ehrh.), kus on nii metsa kui ka raiesmikke. Sealne puistu on keskmiselt 65 aastat vana, kusjuures vanus varieerub 43-st 120 aastani vana männimetsa puhul. Okasmetsa (CON) uurimisala oli kuni 230-aastane hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) mets kuuse (*Picea abies* L. Karst) enamusega teises rindes Soontaga metsaökosüsteemi mõõtejaamas. Lehtmets (DEC) oli esindatud 40 aastat vana angervaksa kasvukohatüüpi halli lepa (*Alnus incana* (L.) Moench) puistuga endisel põllumaal Järvselja-Agali uurimisjaamas. Raiesmik (CC) on esindatud Tenso jaamas. Lageraie teostati 2014/2015. aasta talvel. 2016. aasta kevadel istutati sinna üheaastaseid arukasetaimi, mis uurimisaastatel olid 2–3 aasta vanused.

Kolmest jaamast neljas kasutati ühte ja sama turbulentsse kovariatsiooni (*eddy-covariance*) meetodi instrumente: Meteki 3D anemomeetrit (mudel: uSonic Class A; Metek GmbH, Saksamaa) ning infrapuna CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O gaasianalüsaatorit (IRGA; mudel: LI-7200; LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA). SMEARi jaamas (MIX) on süsteem paigaldatud 130 m kõrguse masti otsa 30 m kõrgusele poomile 3 m kaugusele mastist. Soontaga jaamas (CON) on mõõtesüsteem pandud 39 m masti otsa. Agali jaamas (DEC) asub see 21,2 m kõrgusel. Tenso jaam (CC) on varustatud 5 m kõrguse mastiga, kus EC mõõtesüsteem on 4,25 m kõrgusel ja koosneb Gilli 3D anemomeetrist (mudel: HS-50, Gill Instruments, Lymington, Suurbritannia) ja Li-7200 gaasianalüsaatorist, mis on kasutusel ka kõikides teistes selles töös käsitletud jaamades.

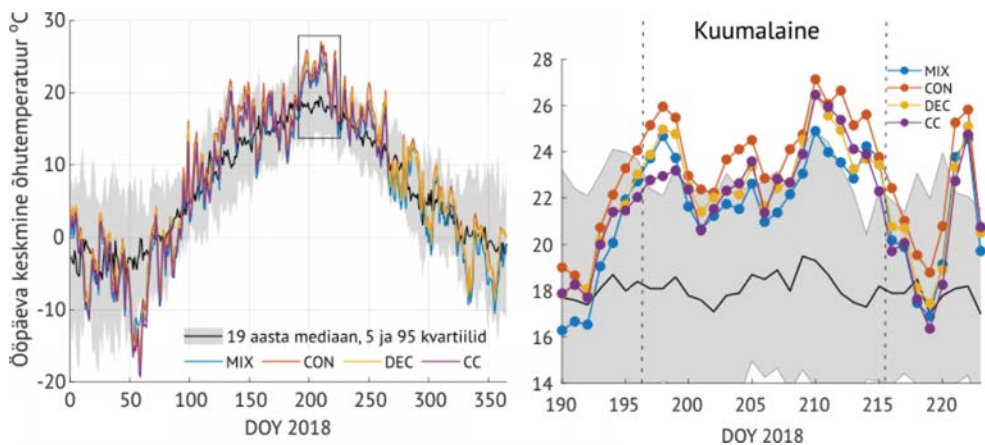
Andmeanalüüsiks kasutati ühte ja sama protseduuri kõikide jaamade jaoks. Kõik CO<sub>2</sub> ja tuule kolme ruumidimensiooni mõõtmised tehti sagedusega 10 Hz (10 korda sekundis). CO<sub>2</sub>-vood arvutati kovariatsioonina CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni ja tuule vertikaalse komponendi vahel iga 30-minutilise perioodi jaoks, kasutades EddyPro (v 6.2.0) tarkvara. Algandmed standarditi, kasutades statistilisi teste (Vickers, Mahrt, 1997). Ajanihke parandid leiti kovariatsiooni maksimeerimise meetodil. Lisati kõrge ja madalsageduslikud spektraalsed parandid (Moncrieff *et al.*, 1997). Passiivne voog arvutati lihtsustatud meetodil, see liideti 30-minutilise perioodi CO<sub>2</sub>-voole, tagamaks ökosüsteemi netoproduktsiooni (NEE; arvutatakse koguproduktsiooni (GPP) ja hingamise (R<sub>eco</sub>) vahena adekvaatne hinnang. Tuulekiiruse hõõrdeteguri arvutus, samuti NEE andmelünkade täitmine ja proportsionaalne jaotamine GPP ning R<sub>eco</sub> vahel teostati ReddyProci programmi võrguversiooni abil (Wutzler *et al.*, 2018). NEE andmelünkade täitmisel lähtuti Reichsteini ja kolleegide (2005) välja töötatud MDSi metoodikast. Päevaste andmete töötlemisel kasutati Lasslopi ja kolleegide (2010) uuringus välja toodud metoodikat.

Uurimisaladel kahel aastal mõõdetud NEE, GPP ja R<sub>eco</sub> väärtuste erinevuste statistiliseks analüüsiks (*Wilcoxon signed rank test*) kasutati MATLABi (v2018b) tarkvara.



### 3. Tulemused ja arutelu

Kuumalaine oli käesolevas töös defineeritud kui viis või enam järjestikust päeva, mil ööpäeva keskmine õhutemperatuur oli kõrgem kui samade päevade 19aastase perioodi 95% kvantiil. Kasutati Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama andmeid, mis kõige üldisemalt iseloomustavad ilmastikuolusid kõigis neljas mõõtejaamas. Nende kriteeriumide alusel esines kuumalaine 2018. aasta 16. juulist 3. augustini (joonis 1).

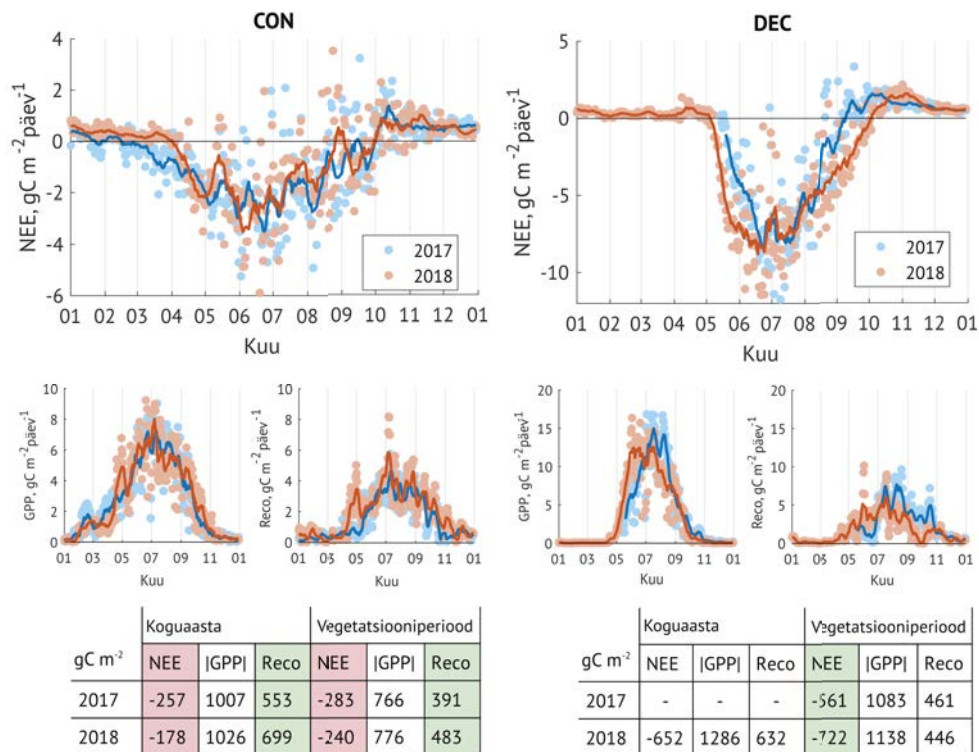


**Joonis 1.** Ööpäeva keskmine õhutemperatuur 2018. a kuumalaine vältel uuritud metsaökosüsteemides. MIX – segamets, CON – okasmets, DEC – lehtmets, CC – raiesmik, DOY – päev aastas (selgitused vt tekstis)

**Figure 1.** Daily average air temperature during the heat wave in 2018 in following forest ecosystems studied: MIX – mixed forest, CON – coniferous forest, DEC – deciduous forest, CC – clearcut area, DOY – day of year. See forest types explanation in text

Nii vana männik Soontagal (CON) kui ka hall-lepik Agalis (DEC) olid mõlemal uurimisaastal olulised süsinikusidujad (joonis 2). NEE alusel kogu aasta peale ümber arvutatuna seoti Soontagal 2017. ja 2018. aasta vastavalt 2,57 ja 1,78 tonni  $C\ ha^{-1}\ a^{-1}$ . Kirjanduses avaldatud andmed okasmetsade vanuse rolli kohta süsiniku sidumisel on erinevad. Law ja kolleegid (2001) demonstreerivad, et noored kollase männi (*Pinus ponderosa*) metsad vanusega 50 aastat on võrreldes 250 aasta vanuste metsadega süsinikku vähem siduvad (vastavalt 0,76 ja 2,36  $t\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ). Zobitz ja kolleegid (2014) esitavad mägedes kasvavate vanade okasmetsade NEE väärtuseks ligikaudu 2  $t\ ha^{-1}\ a^{-1}$ . Uri ja kolleegid (2019) demonstreerivad, et seitse aastat pärast lageraiet hakkab noor männik juba süsinikku siduma. Samal ajal jäävad enamiku FLUXNETi võrgustiku okasmetsade süsiniku sidumise väärtused alla 3  $t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$ . Seega langevad meie uuringus kuni 230-aastase Soontaga männiku süsiniku sidumisvõime näidud uuritud okasmetsade omadega kokku. Agali hall-lepikus oli süsiniku sidumine 2018. aastal 6,72  $t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$ , kusjuures 2017. aasta teise poole alusel hinnates

ning naabruses asuva SMEARi segametsa analoogia alusel aasta esimest poolt arvestades oli hall-lepiku aastane süsiniku sidumise võime 2017. aastal umbes  $6 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Agali lehtmetsa kõrge süsiniku sidumise väärtus on võrreldav kirjanduses esitatud lehtmetsade andmetega. Kutschi ja kolleegide (2005) järgi oli tammikus, pöögimetsas ja mustlepikus/haavikus süsiniku sidumine vastavalt 5,59, 2,95 ja  $1,93 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Seevastu võrreldes USA New Hampshire'i osariigi 50–120 aasta vanuse vahtra-pöögikase segametsaga (Lee *et al.*, 2018) oli see Agalis 3–7 korda kõrgem.



**Joonis 2.** Okasmetsa (CON) ja lehtmetsa (DEC) netoproduksiooni (NEE), koguproduksiooni (GPP) ja ökosüsteemi hingamise ( $R_{\text{cco}}$ ) aastane käik ning aastakeskmised ja kasvuperioodi keskmised väärtused 2017. ning 2018. aasta võrdluses. Tabeli värvilised lahtrid tähistavad Wilcoxon testi alusel statistiliselt olulisi erinevusi

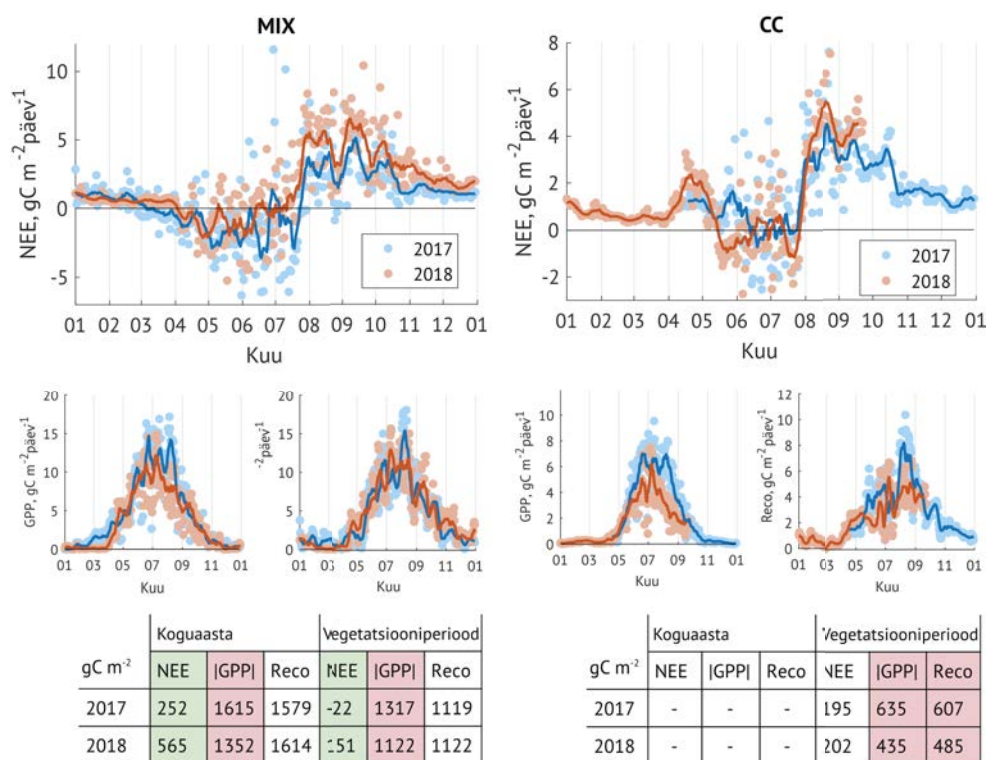
**Figure 2.** Annual dynamics, and annual average and vegetation period average values of net ecosystem exchange (NEE), gross primary production (GPP) and ecosystem respiration ( $R_{\text{cco}}$ ) in coniferous forest (CON) and deciduous forest (DEC) in 2017 and 2018. The coloured fields have significant difference according to Wilcoxon test performed on daily sums

NEE aastane käik SMEARi segametsas ning arukase-raiesmikul oli üllatavalt sarnane (joonis 3). Mõlemad ökosüsteemid emiteerisid süsinikku: 2017. ja 2018. aastal lendus SMEARi segametsas atmosfääri vastavalt 2,35 ja 5,65 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Raiesmiku kohta on aastaringised arvutused veel korrigeerimisel, aga esialgse tulemusena võib öelda, et selle ala igalt hektarilt lendus aasta jooksul atmosfääri ligikaudu 2,5 tonni süsinikku. Tõenäoliselt on SMEARi jaama suur emissioon tingitud laiadest koridoridest, mis on metsa raiutud 130 m kõrguse masti kinnitustrosside paigaldamiseks. Metsa taastumine ja süsiniku sidumine neis võtab kauem aega kui eeldatud. Segametsade FLUXNETi süsiniku sidumine jääb enamasti vahemikku 1-3 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

2018. aasta kuumalaine ja vastava põua perioodi mõju süsinikuvoogudele uuritud metsades võib üldistavalt kokku võtta järgmiselt:

- 1) Soontaga männikus (CON) kahanes süsiniku sidumise võime 2,57-lt 1,78-le tonnile ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Peamine põhjus oli ökosüsteemi hingamise suurenemine (vastavalt 5,53 ja 6,99 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), kusjuures GPP oluliselt ei muutunud (joonis 2);
- 2) Agali hall-lepikus (DEC) suurenes süsiniku sidumine hektari kohta hinnanguliselt 6-lt tonnilt 2017. aastal 6,53 tonnini. Peamine põhjus oli siin nii GPP suurenemine kui ka hingamise kahanemine. Kindlasti mängis rolli ka kasvuperioodi pikene mine 2018. aastal (joonis 2);
- 3) SMEARi segamets (MIX) muutus kuumalaine tõttu üle kahe korra suuremaks süsiniku emiteerijaks (2,52 ja 5,65 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> vastavalt 2017. ja 2018. a) peamiselt GPP kahanemise mõjul, kusjuures R<sub>eco</sub> ei muutunud (joonis 3);
- 4) Tenso raiesmikul (CC) kahanesisid vegetatsiooniperioodil oluliselt nii GPP kui ka R<sub>eco</sub>, kuid NEE väärtus jäi samaks.

Okas- ja segametsas mõõdetud andmed langevad kokku 2003. aasta kuumalaine vältel mõõdetud muutustega, kus üle Euroopa kahanes GPP keskmiselt 30%, seejuures muutusid R<sub>eco</sub> ja vastavalt ka NEE väärtused erinevates metsades erinevalt (Ciais *et al.*, 2005). Samuti langevad meie andmed kokku Granieri ja kolleegide (2007) leituga, et okaspuumetsad on vähem mõjustatud põua poolt võrreldes laialehiste metsadega.



**Joonis 3.** Segametsa (MIX) ja raiesmiku (CC) netoproduksiooni (NEE), koguproduksiooni (GPP) ja ökosüsteemi hingamise ( $R_{eco}$ ) aastane käik ning aastakeskmised ja kasvuperioodi keskmised väärtused 2017. ning 2018. aasta võrdluses. Tabeli värvilised lahtrid tähistavad Wilcoxon'i testi alusel statistiliselt olulisi erinevusi

**Figure 3.** Annual dynamics, and annual average and vegetation period average values of net ecosystem exchange (NEE), gross primary productivity (GPP) and ecosystems respiration ( $R_{eco}$ ) in mixed forest (MIX) and clear-cut area (CC) in 2017 and 2018. The coloured fields have significant difference according to Wilcoxon test performed on daily sums

#### 4. Kokkuvõte

2018. aasta suvel tabas Euroopat järjekordne kuumalaine, mis mõjutas metsade süsinikuringet. Eesti metsad, mis paiknevad parasvöötme ja boreaalsete metsade üleminekualal, on põudade ja teiste äärmuslike ilmastikusündmuste suhtes mõnevõrra vastuvõtlikumad. Samal ajal puuduvad andmed kuumalainete mõjust segametsavööndi süsinikuringele. Käesolevas töös hindasime kuumalaine mõju süsihappegaasibilansile kolmes Eesti metsatüübis: okasmetsas (männik), lehtmetsas (hall-lepik) ja segametsas (männi-, kuuse- ja kasemets) ning raiesmikul (arukaasik). CO<sub>2</sub>-vood arvatati 2017. ja 2018. aasta kohta, kasutades turbulentsse kovariatsooni meetodit. Metsade süsihappegaasibilanss väljendub kõige paremini netoproduksiooni (NEE) kaudu, mis arvutatakse koguproduksiooni (CO<sub>2</sub> sidumine fotosünteesis) ja

ökosüsteemi hingamise (atmosfääri lendumise) vahena. NEE positiivsed väärtused näitavad, et ökosüsteem saadab atmosfääri CO<sub>2</sub> rohkem kui seob, olles kliima soojendaja, ja negatiivsed väärtused väljendavad jahutavat rolli. Erinevates metsades mõjutab kuumalaine NEE väärtusi erinevalt: okasmetsas CO<sub>2</sub> sidumine kahanes, lehtmetsa sidus põuasel kasvuperioodil CO<sub>2</sub> veelgi intensiivsemalt kui võrdlusaastal, segametsa emiteeris CO<sub>2</sub> oluliselt rohkem ning endise arukaasiku raiesmikul kasvuperioodil olulisi muutusi ei olnud.

## Kirjandus

- Canadell, J. G., Raupach, M. R. 2008.** Managing forests for climate change mitigation. *Science* 320: 1456–1457.
- Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N. et al. 2005.** Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* 437: 529–533.
- De Boeck, H. J., Dreesen, F. E., Janssens, I. A. et al. 2010.** Climatic characteristics of heat waves and their simulation in plant experiments. *Glob. Chang. Biol.* 16: 1992–2000.
- Erb, K.-H., Kastner, T., Plutzer, C. et al. 2018.** Unexpectedly large impact of forest management and grazing on global vegetation biomass. *Nature* 553: 73–76.
- Fischer, E. M., Seneviratne, S. I., Lüthi, D. et al. 2007.** Contribution of land-atmosphere coupling to recent European summer heat waves. *Geophys. Res. Lett.* 34: 1–6.
- Granier, A., Reichstein, M., Bréda, N. et al. 2007.** Evidence for soil water control on carbon and water dynamics in European forests during the extremely dry year: 2003. *Agric. For. Meteorol.* 143: 123–145.
- Kornhuber, K., Osprey, S., Coumou, D. et al. 2019.** Extreme weather events in early summer 2018 connected by a recurrent hemispheric wave-7 pattern. *Environ. Res. Lett.* 14: 054002.
- Kutsch, W. L., Liu, C. J., Hörmann, G. et al. 2005.** Spatial heterogeneity of ecosystem carbon fluxes in a broadleaved forest in Northern Germany. *Glob. Chang. Biol.* 11: 70–88.
- Law, B. E., Thornton, P. E., Irvine, J. et al. 2001.** Carbon storage and fluxes in ponderosa pine forests at different developmental stages. *Glob. Chang. Biol.* 7: 775–777.
- Lee, M. S., Hollinger, D. Y., Keenan, T. F. et al. 2018.** Model-based analysis of the impact of diffuse radiation on CO<sub>2</sub> exchange in a temperate deciduous forest. *Agric. For. Meteorol.* 249: 377–389.
- Mander, Ü., Soosaar, K., Burdun, I. et al. 2018.** Forest ecosystem response to sudden flooding in the middle of growing season: The FluxGAF experiment. *Geophysical Research Abstracts* 20: EGU2018-9552.
- Moncrieff, J. B., Massheder, J. M., de Bruin, H. et al. 1997.** A system to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide. *J. Hydrol.* 188–189: 589–611.
- Perkins, S. E. 2015.** A review on the scientific understanding of heatwaves – Their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale. *Atmos. Res.* 164–165: 242–267.
- Noe, S. M., Niinemets, Ü., Kangur, A. et al. 2014.** Interdisciplinary research at the SMEAR Estonia station. *Geophysical Research Abstracts* 16: EGU2014–6142.
- Perkins, S. E., Alexander, L. V. 2013.** On the measurement of heat waves. *J. Clim.* 26: 4500–4517.
- Reichstein, M., Bahn, M., Ciais, P. et al. 2013.** Climate extremes and the carbon cycle. *Nature* 500: 287–295.

- Reichstein, M., Falge, E., Baldocchi, D. et al. 2005.** On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Glob. Chang. Biol.* 11: 1424–1439.
- Reichstein, M., Papale, D., Valentini, R. et al. 2007.** Determinants of terrestrial ecosystem carbon balance inferred from European eddy covariance flux sites. *Geophys. Res. Lett.* 34: L01402.
- Schär, C., Luigi Vidale, P., Lüthi, D. et al. 2004.** The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427: 332–336.
- Schiermeier, Q. 2018.** Droughts, heatwaves and floods: How to tell when climate change is to blame. *Nature* 560: 20–22.
- Sinclair, V. A., Mikkola, J., Rantanen, M. et al. 2019.** The summer 2018 heatwave in Finland. *Weather* 99: 1–7.
- Vautard, R., Yiou, P., D'Andrea, F. et al. 2007.** Summertime European heat and drought waves induced by wintertime Mediterranean rainfall deficit. *Geophys. Res. Lett.* 34: 1–5.
- Vickers, D., Mahrt, L. 1997.** Quality control and flux sampling problems for tower and aircraft data. *J. Atmos. Ocean. Technol.* 14: 512–526.
- Wutzler, T., Lucas-Moffat, A., Migliavacca, M. et al. 2018.** Basic and extensible post-processing of eddy covariance flux data with REddyProc. *Biogeosciences Discuss.* 15: 5015–5030.
- Zobitz, J. M., Moore, D. J. P., Quaife, T. T. et al. 2014.** Joint data assimilation of satellite reflectance and net ecosystem exchange data constrains ecosystem carbon fluxes at a high-elevation subalpine forest. *Agric. For. Meteorol.* 195–196: 73–88.

## Carbon balance of hemiboreal forests in Estonia under the 2018 heat wave

Alisa Krasnova<sup>1,2</sup>, Kaido Soosaar<sup>1</sup>, Veiko Uri<sup>3</sup>, Dmitrii Krasnov<sup>2</sup>,  
Steffen Noe<sup>2</sup>, Jaak Jaagus<sup>1</sup> and Ülo Mander<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup>Department of Plant Physiology, Estonian University of Life Sciences

<sup>3</sup>Department of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences

### Summary

In summer 2018 Europe experienced a heat wave that had an impact on forest carbon cycle. Estonia is located in a transitional zone between temperate and boreal forests and is thus more susceptible to climate extremes. We assessed the influence of the heat wave on the carbon balance of three forest stands of different type (coniferous, deciduous and mixed) and a clear-cut area in Estonia. CO<sub>2</sub> fluxes were calculated for 2017 and 2018 using the eddy-covariance technique. The heat wave had a mixed influence on the net ecosystem exchange (NEE) of the four study areas: coniferous forest became a weaker sink (from  $-257 \text{ g C m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  in 2017 to  $-178 \text{ g C m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  in 2018), the deciduous forest became a stronger sink during the vegetation period (from  $-561$  to  $-722 \text{ g C m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), the mixed forest became a stronger source (from  $262$  to  $565 \text{ g C m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) and NEE of the clear-cut area was not changed (from  $195$  to  $202 \text{ g C m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

## Tsirkulatsioonitüüpide muutused või muutuvad tsirkulatsioonitüübid?

Mait Sepp<sup>1</sup>, Piia Post<sup>2</sup>, Merily Lakson<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Tartu Ülikooli füüsika instituut

### 1. Sissejuhatus

Ilmselgelt pole tänapäeval ühtegi teist teemat, mis paeluks ja tekitaks sedavõrd palju ärevust kui kliimamuutused. Tuleb rõhutada, et Läänemere piirkonnas ja sealhulgas Eestis on õhutemperatuuri näitajad tõusnud eriti kiiresti. Kui globaalses mastaabis räägitakse kliima soojenemisest suurusjärgus 0,8 °C (IPCC, 2014; NOAA, 2018), siis Eestis on viimase poole sajandi jooksul aasta keskmine õhutemperatuur tõusnud ligi kaks kraadi. Eriti järsult on soojenenud talvekuud (Jaagus, 2006; Jaagus *et al.*, 2014). Kiirguslik tasakaal on meie piirkonnas negatiivse bilansiga, mis tähendab, et atmosfääri ja ookeanide ringlus kompenseerib selle puudujäägi. Seega on loogiline õhutemperatuuri tõusu seostada muutustega just atmosfääri tsirkulatsioonis. Olgu need siis muutused Islandi „ilmaköögist“ Läänemerele kandunud tsüklonite omandustes, Siberi maksimumi mõjudes või arktiliste õhumasside sissetungides.

Viimasel 20 aastal ongi tsirkulatsiooninäitajate ja ilmastiku vaheliste seoste uurimisest saanud Eestis teatud mõttes traditsioon (Keevallik *et al.*, 1999; Post, Tuulik, 1999; Keevallik, Rajasalu, 2000; Post *et al.*, 2002; Sepp, Jaagus, 2002; Keevallik, 2003; Jaagus, 2006; Mätlik, Post, 2008; Jaagus *et al.*, 2008; Jaagus, 2009; Jaagus, Kull, 2011; Jaagus, Suursaar, 2013; Lakson *et al.*, 2019). Põhjus on ilmselt selles, et atmosfääri üldist tsirkulatsiooni iseloomustavad suurused – olgu selleks Põhja-Atlandi Ostsillatsiooni (NAO) indeksid või siis tsirkulatsioonitüübid või ilmastustrid – korreleeruvad üldiselt päris hästi erinevate Eesti ilmastikku kirjeldavate suurustega. Tsirkulatsioonitüüpide hulgast on üsna lihtne leida selline, mis „vastutab“ padusadude, tormide või ka näiteks rändlindude Eestisse saabumise eest (Palm *et al.*, 2017). Mis puudutab aga õhutemperatuuri kiiret tõusu Läänemere piirkonnas, siis on ka siin leitud häid seoseid teatud ilmatüüpide esinemissageduse muutustega (Jaagus, 2006; Hoy *et al.*, 2013; Cahynová, Huth, 2014). Eriti hästi on see seos olnud jälgitav talvel: viimastel kümnenditel on Läänemere piirkonnas valitsevad tsirkulatsioonitüübid, mis kirjeldavad tsüklonaalset läänetsirkulatsiooni. Nende tüüpide puhul tungivad siia Atlandi ookeanilt talve ilmaoludega võrreldes suhteliselt soojemad ja niiskemad õhumassid (Sepp, Jaagus, 2002; Jaagus, 2006; Hoy *et al.*, 2013; Cahynová, Huth, 2014). Võib

öelda, et talvede soojenemise põhjendamisest niinimetatud W-tüübi (läänetüübi) domineerimisega on Eesti kliimauurijate seas saanud samuti käibiv fraas.

Paraku on selle suhteliselt lihtsa ja kergesti mõistetava kontseptsiooni sisse tekkinud mõned mõrad. Nii näiteks on NAO indeksi väärtused alates 1990. aastate keskpaigast olnud sagedamini negatiivsed (Hurrell, 1995; Hurrell *et al.*, 2003; Kyselý, Huth, 2006). Seega peaksid Põhja-Euroopa talved olema muutunud külmemaks. Ometi pole sellist pööret õhutemperatuurides toimunud. Ka käesoleva töö aluseks olevate COST733 projekti (Philipp *et al.*, 2010; Huth, 2010; Philipp *et al.*, 2016) käigus genereeritud tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse varasemas analüüsis (Cahynová, Huth, 2014) leiti, et perioodil 1961–2000 on statistiliselt olulisi trende väga vähe. Selle põhjal tehti kaks sünoptilise klimatoloogia (Sepp, 2003) seisukohalt nukrat järeldust: esiteks on käimasolevad kliimamuutused vaid osaliselt seletatavad muutustega atmosfääri tsirkulatsioonis ja teiseks – tsirkulatsioonitüübid pole ajas muutumatud konstandid.

Meie töö<sup>1</sup> algtoukeks saigi küsimus, mis siis on Eestis jälgitavate kliimamuutuste taga, kas muutused tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduses või on tsirkulatsioonitüübid ise kuidagi muutunud. Ehk siis, kas senisest enam on hakanud esinema nii-öelda soojasid tüüpe või on tüübid ise läinud soojemaks?

## 2. Andmed

Tsirkulatsiooniolude iseloomustamiseks kasutasime seitset meetodit COST733 atmosfääri tsirkulatsiooni klassifikatsioonide andmebaasist (Philipp *et al.*, 2016), mis Huthi ja kolleegide (2015) analüüsi kohaselt seostuvad kõige paremini õhutemperatuuriga suhteliselt väikestes (Läänemere-suurustes) domeenides. Siin kasutatud klassifitseerimismeetodid kuuluvad vastavalt nende aluseks olevatele algoritmidele kolme nn perekonda: lävendipõhised (meetodid lühendiga JCT, GWT, LIT, põhjalikumalt Philipp *et al.*, 2016), peakomponent analüüsil (KRZ/P27) ja optimeerimisel põhinevad (CKM, CAP, HCL) meetodid. Klassifikatsioonide kataloogi loomiseks kasutati tarkvarapaketti `cost733class` (Philipp *et al.*, 2016). Kataloogi loomise algandmestikuks oli NCEP/NCARi järelanalüüsist (Kalnay *et al.*, 1996) saadud merepinnale taandatud õhurõhu väljad perioodil 1948–2015. Siin kasutati vaid neid klassifikatsioonide versioone, millel on üheksa tsirkulatsioonitüüpi. Samal ajal tuleb arvestada, et ka sellise tüüpide arvu piirangu puhul on mitmel klassifikatsioonil kaks versiooni: klassifikatsioonis GWT kasutasime kõrvuti 8- ja 10-tüübilist

---

<sup>1</sup> Kirjutis põhineb Merily Laksoni (2017) magistritööl ja selle põhjal avaldatud artiklil Lakson *et al.*, 2019.



ning CKMi, CAP, HCLi puhul 9- ja 10-tüübilist versiooni. Kokku analüüsiti siin töös 12 klassifikatsiooni (tabel 1).

Kuna keskendusime Eesti kliimale, siis on klassifikatsioonid arvatud domeeni jaoks, mille koordinaadid on 5–45° ip ja 45–70° pl ning kese asub punktis 25° ip ja 57,5° pl.

Arvutuste väljund on kataloog, milles on perioodi 1948–2015 iga päeva jaoks määratud antud klassifikatsiooni seda päeva iseloomustav tsirkulatsioonitüüp ehk kokku 12 tüüpi päeva kohta.

Õhutemperatuuri iseloomustavad kolme ilmajaama, Vilsandi, Türi ja Jõhvi, ööpäeva keskmised õhutemperatuurid perioodil 1966–2015. Andmed pärinevad Riigi Ilmateenistusest. Kuigi need jaamad esindavad Eesti erinevaid mikrokliimaatilisi regioone (Jaagus, Truu, 2004), ilmnes töö käigus, et tsirkulatsioonitüüpide kontekstis ei ole neil jaamadel olulisi erinevusi. Seega esitatakse tulemused üksnes Türi näitel.

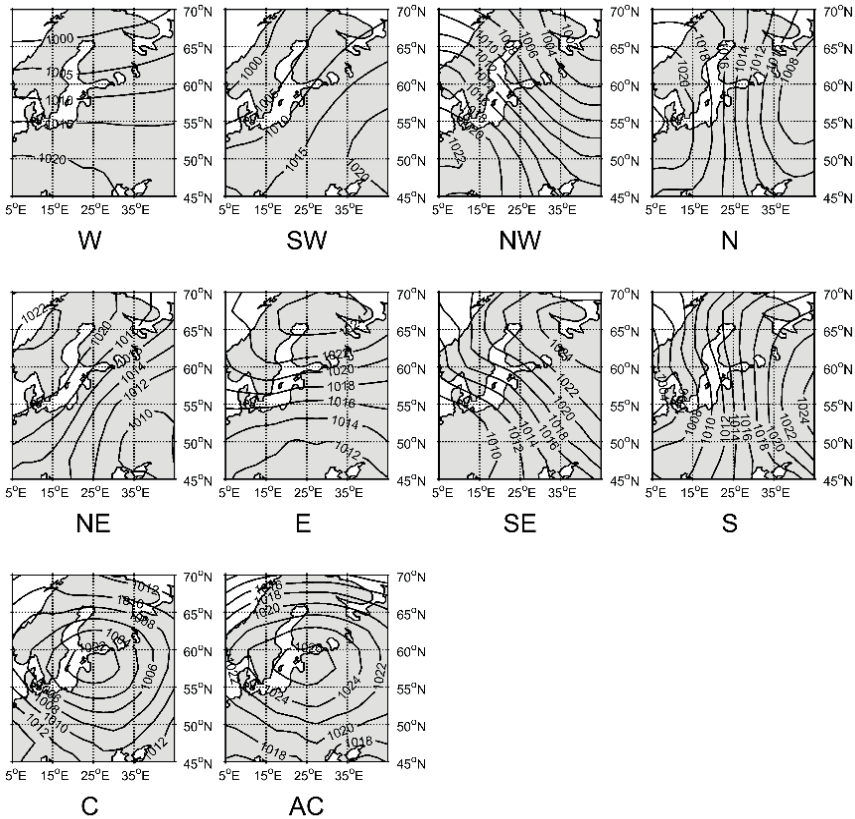
### **3. Metoodika**

Esimese sammuna eristasime „soojad“ ja „külmad“ tsirkulatsioonitüübid. See tähendab, et arvutasime, kas antud tsirkulatsioonitüübiga kaasneb antud aastaajal õhutemperatuuri negatiivne (külm) või positiivne (soe) kõrvalekalle pikaajalisest ööpäeva idealiseeritud keskmisest. Idealiseeritud aastase käigu kasutamist tingis õhutemperatuuri väga suur aastatevaheline varieeruvus, mis ei taandu välja ka poole sajandi andmete keskmistamisel. Eriti talvel võivad järjestikuste kuupäevade pikaajalised keskmised omavahel erineda mitme kraadi võrra. Seega leiti iga kuupäeva jaoks (29. veebruar jäeti välja) perioodi 1966–2015 keskmine õhutemperatuur. Keskmistest tekkinud kõverale lähendati Exceli funktsiooni „Solver“ abil kõver, mis kirjeldab kõige paremini („ideaalsemalt“) õhutemperatuuri aastast käiku.

Seega, näiteks talviseks soojaks tüübiks nimetati selline tsirkulatsioonitüüp, mille esinemisel oli pikaajaline keskmine kõrvalekalle ideaaljoonest talvekuudel (detsembris, jaanuaris ja veebruaris) positiivne. Antud tüübist võib eeldada, et sellega kaasneb suhteliselt soojema õhu sissekanne Eestisse. Analüüs sai tehtud nelja klassikalise aastaaja kaupa seetõttu, et sama tüüp (näiteks tsirkulatsioonitüüp, mille korral Läänemere kohal domineerib antitsüklon) võib suvel kaasa tuua väga sooje, aga talvel väga külmi ilmasid. Talve andmerida on ühe aasta võrra lühem (st 1967–2015), kuna aegrea esimene talv algab 1966. a detsembriga.

Järgmiseks uurisime küsimusi, kas ja kuivõrd on 12 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüübid omavahel võrreldavad õhu voolusuuna järgi. Automaatsete klassifikatsioonide puhul võib olla raske interpreteerida tüüpe sünoptiliselt, sest enamik meetodeid baseerub mingil matemaatilisel meetodil, mitte kogemuslikul sünoptilisel analüüsil. See tähendab, et tarkvarapaketi cost733class väljundiks

olevate klassifikatsioonitüüpide nimed on lihtsalt numbrid ühest üheksani. Seejuures kahe erineva klassifikatsiooni tüüp nr 1 ei tähista samu tsirkulatsiooniolusid. Kuna me kasutasime vaid üheksa tüübiga klassifikatsioone, siis on alust eeldada, et kui tõesti on olemas teatud (väike) hulk atmosfääri diskreetseid seisundeid, siis peaksid ka kõik klassifikatsioonid sisaldama sarnaseid madal- ja kõrgrõhkkondade positsioonidest väljajoonistuvaid mustreid. Praktiliselt kõigis meie kasutatud



**Joonis 1.** Klassifikatsiooni GWT10 tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid. W – läänetüüp (madalrõhkkond asub domeeni põhjaosas, kõrgrõhkkond lõunas, peamine õhuvool domeeni keskel on läänest itta); SW – edelatüüp (madalrõhkkond domeeni loodeosas, kõrgrõhkkond kagus, õhuvool edelast kirdesse) jne. C – tsyklonaalne tüüp (domeeni keskosas valitseb madalrõhkkond); AC – antitsyklonaalne tüüp (domeeni keskel on kõrgrõhkkond)

**Figure 1.** Averaged maps of GWT10 circulation types. W – western type (low pressure is in the north part of the domain, high pressure in the south, the main air flow in the middle of the domain is from west to east); SW – southwest (low pressure in the northwest, high pressure in the southeast, air flow from southwest to northeast); etc. C – cyclonic type (low pressure in the middle of the domain); AC – anti-cyclonic type (high pressure in the middle of the domain)

klassifikatsioonides ongi tüüpe, mis on tüüpkaardi mustri alusel otsustades väga sarnased. Väliselt sarnastele tüüpidele panime nimed selle järgi, millisest suunast toimub nende puhul õhumasside sissetung domeeni. Antud juhul sai aluseks võetud klassifikatsioon GWT10, mis on lihtsasti interpreteeritav (Cahynová, Huth, 2014; vt joonis 1). Visuaalsest sarnasusest enam huvitas meid küsimus, kas GWT10 tüüpkaardi järgi sarnased tüübid esinevad tegelikult ka samadel päevadel. Selleks tegime kattuvusanalüüsi ehk arvutasime protsendi, mis näitab, kui suurel osal päevadest esineb antud tüüp GWT10 sarnase tüübi korral.

Muutusi tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedustes ja õhutemperatuuri näitajates iseloomustatakse siin lineaarse trendiga ja analüüsitakse Studenti t-testiga ( $p < 0,05$ ). Tsirkulatsioonitüüpide sisemise variatsiooni selgitamiseks kasutasime põhiperioodi 1966–2015 kõrval ka lühemaid ajalõike: 1966(1967)–1991 ja 1992–2015.

#### **4. Tulemused ja arutelu**

Esmajärjekorras on huvitav täheldada, et kattuvusanalüüs andis ootamatult vastuolulisi tulemusi. Ühelt poolt olid erinevate klassifikatsioonide tüüpkaartide tsirkulatsioonitüübid tõesti omavahel visuaalselt väga sarnased. Praktiliselt igas klassifikatsioonis olid tüübid, milles madal- ja kõrgrõhkkondade asendi alusel otsustades toimus õhumasside liikumine samasugustest suundadest, nagu reeperiks võetud GWT10 tüüpide puhul (joonis 1). Seega võiks arvata, et kõik 9-tüübilised klassifikatsioonid kirjeldavadki ühtesid ja samu tsirkulatsiooni seisundeid.

Ent kui vaadelda mitmel protsendil päevadest esinevad koos GWT10 vastava tüübiga sarnased tüübid, siis selgub, et see kokkulangevus on üsna väike; eriti lääne- (W) ja edela- (SW) tüüpidega (tabel 1). See tulemus näitab, et keskmistatult sarnased tsirkulatsioonitüübid kirjeldavad tegelikult erinevaid protsesse atmosfääris ehk tüübisene variatsioon on suur. See aga tähendab, et kui analüüsiks valida vaid üks klassifikatsioon, siis võib jõuda eksitavate järeldusteni. Paraku, nagu tuleb selgelt välja ka COST733 projekti tulemustest (Philipp *et al.*, 2016), pole olemas ainsat kõiki atmosfääri tsirkulatsiooni ja ilmastiku aspekte ühtlaselt hästi seostavat klassifikatsiooni. Seega on mõistlik analüüsida suurt hulk erinevaid klassifikatsioone ja käsitleda nende ühiseid tendentse.

**Tabel 1.** Erinevate klassifikatsioonide sarnaste muustritega tüüpide kokkulangevus protsentides klassifikatsiooni GWT10 vastavate tüüpidega. Poolpaksus kirjas on väärtused, mil vastavate tüüpide kokkulangevus on suurem kui 50%. Lühendid: W – tüüp, mille korral õhumasside sissetung toimub läänest; SW – edelast jne. C – tüüp, mille korral valitseb domeeni keskel madalrõhk; AC – domeeni keskel valitseb kõrgrõhkkond

**Table 1.** Visually similar circulation types and percentage of co-occurrence. First column: names of classifications. Header of columns show the air flow directions by the nomenclature of GWT10 types: W – west, SW – south west etc. C – cyclonic, AC – anticyclonic type. The number in cells represents the percentage of co-occurrence of the type with corresponding GWT10 type. In bold: percentages higher than 50

Klassifikatsioon	Tüübid									
	W	SW	NW	N	NE	E	SE	S	C	AC
JCT10	44	45	46	<b>54</b>	42	37	49	<b>55</b>	<b>71</b>	<b>82</b>
HCL10	32	18	23	72	–	<b>91</b>	37	35	<b>67</b>	–
HCL09	32	18	23	<b>89</b>	–	<b>91</b>	37	35	–	–
CKM10	21	31	38	–	<b>53</b>	<b>60</b>	–	43	–	29
CKM09	24	30	41	–	<b>78</b>	–	–	<b>51</b>	–	<b>51</b>
CAP10	29	26	46	<b>91</b>	–	<b>92</b>	<b>66</b>	37	<b>61</b>	<b>52</b>
CAP09	28	26	47	<b>93</b>	–	<b>94</b>	<b>68</b>	36	–	<b>61</b>
LIT09	39	45	47	47	<b>75</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	36	–	26
GWT08	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	–	–
KRZ08	–	45	37	<b>54</b>	<b>52</b>	–	50	–	–	–
KRZ09	37	<b>59</b>	47	–	<b>71</b>	<b>80</b>	<b>86</b>	<b>59</b>	–	28

„Soojade“ ja „külmade“ tüüpide eristamine andis üsna oodatud tulemused (tabel 2). Tüüpide temperatuurianomaaliad peegeldavad hästi suhteliselt soojade või külmade õhumasside sissetunge: põhjatüüpidega (N) kaasnevad igal aastaajal negatiivsed temperatuurianomaaliad, kuna aga edelatüübid (SW) on aasta läbi „soojad“. Läänetyübid (W) kirjeldavad Põhja-Atlandilt mereliste õhumasside sissetungi ja on talvel suhteliselt soojad, suvel aga „külmad“. Idakaarte tüübid (E, NE ja SE) seostuvad mandriliste õhumasside sissetungiga ja nendega kaasnevad eriti külmad talve- ja väga soojad suveilmad. Antitsükloonaalse (AC) tüübi korral asub kõrgrõhkkonna kese domeeni keskel ja sellise valdavalt pilvitu muustriga kaasneb talvel suurenenud kiirguslik jahtumine ning suvel eriti kõrged õhutemperatuurid.

Tabelis 2 toodud temperatuurianomaaliad on kõikide vastavate tüüpide koguperioodi keskmised. Nende keskmiste juures on väga kõnekas suurus standardhälve, mille väärtus on tihti päris suur. See kinnitab meile järjekordselt, et väliselt sarnaste tsirkulatsioonitüüpidega võib Eestis kaasneda mõnevõrra erinev ilm. Näiteks CKM10

edelatüübi (SW) keskmine temperatuurianomaalia on talvel  $-0,6$  °C, samal ajal kui klassifikatsioonide CAP10, CAP09 ja LIT09 samal tüübil (SW)  $+3,8$  °C. Tuleb siiski rõhutada, et toodud näide on väga erandlik. Vaid mõnel üksikul juhul ei ühti tüübi temperatuuritendents teiste klassifikatsioonide sarnaste tüüpide õhutemperatuuri anomaalia suunaga.

**Tabel 2.** Türi jaama andmete alusel keskmistatud õhutemperatuuri anomaaliad (°C) sarnaste tsirkulatsioonitüüpide jaoks sesoonide kaupa. SD – standardhälve. Poolpaksus kirjas on „soojad“ tüübid

**Table 2.** ‘Warm’ and ‘cold’ types. Average air temperature anomalies (in °C) of all types in winter („Talv“, DJF), spring („Kevad“, MAM), summer („Suvi“, JJA) and autumn („Sügis“, SON) and standard deviation (SD in °C), based on data of Türi station. Positive anomalies (‘warm’ types) are in bold

Tüüp	Talv	SD	Kevad	SD	Suvi	SD	Sügis	SD
N	-1,9	0,8	-1,9	0,3	-0,9	0,2	-2,6	0,3
NE	-4,5	0,9	-1,7	0,7	<b>0,3</b>	0,5	-2,6	0,4
E	-5,8	0,8	-0,6	0,3	<b>1,7</b>	0,3	-2,3	0,3
SE	-4,2	0,5	<b>1</b>	0,8	<b>2,7</b>	0,7	-1,2	0,4
S	-0,9	0,8	<b>1,4</b>	0,3	<b>1,5</b>	0,5	<b>0,5</b>	0,4
SW	<b>2,3</b>	1,6	<b>1,2</b>	0,5	<b>0,7</b>	0,5	<b>1,7</b>	0,8
W	<b>3,6</b>	0,5	<b>0,6</b>	0,2	-0,6	0,3	<b>1,2</b>	0,4
NW	<b>1,8</b>	1,1	-0,3	0,5	-1,4	0,6	-0,8	0,5
AC	-2,9	1,1	-0,1	0,4	<b>1,3</b>	0,8	-1,4	0,7
C	-1	1,3	-0,6	0,7	-0,4	0,5	-1,1	0,5

Järgnevalt esitleme<sup>2</sup> muutusi tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedustes ja nendega kaasnevates õhutemperatuurianomaaliates aastaegade kaupa ning vaatleme, kuidas meie saadud tulemused seostuvad varasemate uuringutega.

#### 4.1. Talv

Nagu juba sissejuhatuses mainitud, on viimaste kümnendite kõige drastilisemad muutused toimunud talve ilmastikus. Nii näiteks on jaanuari keskmine õhutemperatuur tõusnud suurusjärgus  $4$  °C (Jaagus, 2006; Jaagus *et al.*, 2017). Paljudes Eesti (Tomingas, 2002; Jaagus, 2006; Jaagus *et al.*, 2008) ja ka Euroopa kohta käivates

<sup>2</sup> Ruumi kokkuhoiu huvides on siin välja jäetud trendianalüüsi tulemuste tabelid. Nendega võib tutvuda töödes Lakson, 2017 ja Lakson *et al.*, 2019.

uuringutes (Kyselý, Huth, 2006; Cahynová, Huth, 2010, 2014; Küttel *et al.*, 2011; Hoy *et al.*, 2013; Kučerová *et al.*, 2016) seostatakse seda soojenemist läänetsirkulatsioonitugevuse ja ulatuse kasvuga. Läänetüüpide esinemissageduse suurenemist seletatakse omakorda pärast 1960. aastaid saabunud NAO positiivse faasiga (Hurrell, 1995; Jaagus, 2006). Jaagus ja kolleegid (2008) on leidnud, et läänetüübid on talvel muutunud sagedasemaks just külmade idatüüpide arvelt.

Meie rehkendustest selliseid tendentse välja ei tulnud. Esiteks oli talvel statistiliselt usaldusväärseid trende tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse aegridades väga vähe (95 analüüsitud aegreast vaid kuues). Teiseks polnud ühtegi muutust läänekaare (SW, W, NW) tüüpides: kuuest statistiliselt usaldusväärsest trendist neli ilmnesid lõunatüüpide (S) puhul, mille esinemissagedus talvel on poole sajandiga vähenenud umbes kuue päeva võrra. See on päris suur muutus, kuna pikaajalise keskmisena esineb seda tüüpi talvel umbes 10–11 päeval. Samal ajal ei tasu unustada, et tegelikult esineb läänekaarte tüüpe olenevalt klassifikatsioonist kuni 2/3 talvepäevadest ja nende esinemissagedus on üldiselt siiski vaadeldaval perioodil suurenenud. Ent seda mitte statistiliselt olulisel määral.

Samal ajal ilmnesid paljude tüüpide (95-st 39) temperatuurianomaalia aegridades statistiliselt olulised tõusutrendid. Seejuures on oluline soojenemine toimunud just läänetüüpide puhul (umbes 3 kraadi võrra). Olulisem tulemus on see, et suhteliselt kiiremini on soojenenud just „külmad“ tüübid N ja NE – olenevalt klassifikatsioonist kuni 6 °C võrra. Üldiselt kirjeldavad need kaks tüüpi arktiliste õhumasside sissetunge Läänemere piirkonda ja selline drastiline õhutemperatuuri tõus peegeldab ilmselt ka praegu laialt arutletavat polaaralade soojenemist.

## 4.2. Kevad

Kui Eesti talved muutuvad üha lühemaks ja soojemaks, siis kevad algab siin aina varem ning on samuti üha soojem (Keevallik, 2003; Ahas, Aasa, 2006; Jaagus, 2006; Schwartz *et al.*, 2006; Jaagus *et al.*, 2017). Meie trendianalüüs näitab kevade kohta sarnaseid soojenemistendentse. Seejuures ilmnes just kevade aegridades kõige rohkem statistiliselt usaldusväärseid trende. Tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse aegridades oli neid 33 ja õhutemperatuuri puhul 72. Esinemissageduse muutustest võib välja lugeda teatud nihet atmosfääri üldises tsirkulatsioonis: E- ja SE-tüüpide esinemissagedus on vähenenud, kuid külma NW- ja eriti külma N-tüübi trend on positiivne. Sellise muutuse kohaselt peaksid meie kevaded minema üha jahedamaks. Tegelikult näitavad tsirkulatsioonitüüpidega kaasneva õhutemperatuuri anomaaliad just vastupidist: praktiliselt kõik analüüsitud tüübid on vaadeldaval perioodil muutunud 1–3 kraadi võrra soojemaks.

### **4.3. Suvi**

Üldiselt pole suve muutuste kohta varasemates uuringutes usaldusväärseid trende leitud. Erandiks on vaid juuni, mille puhul täheldatakse mõningat jahenemist (Jaagus, 2006). Ka meie analüüsis ilmsid vaid mõned üksikud statistiliselt olulised trendid. Välja võib tuua NE-tüüpide esinemissageduse vähenemist (umbes 6 päeva võrra) ning SE- ja S-tüüpide sagenemist (3–4 päeva võrra 50 aasta jooksul). Kõik kolm, eriti aga SE, on suve seisukohalt „soojad“ tüübid (tabel 2). Õhutemperatuuri anomaaliate trendid on aga veidrased: „soojad“ tüübid (v.a NE) on 50 aastaga jahedamaks ja „külmad“ (v.a C) ligikaudu 1,5 °C jagu soojemaks muutunud.

### **4.4. Sügis**

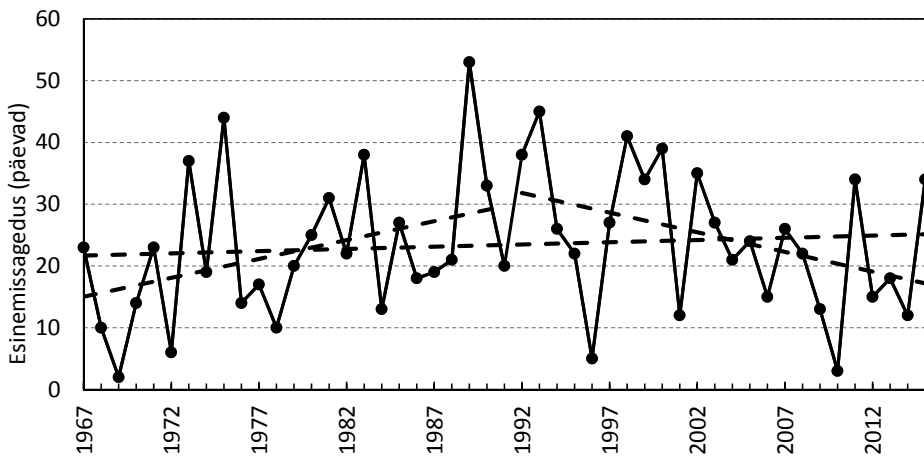
Sarnaselt suvega on ka sügise kohta kirjanduses väga harva mingeid muutusi täheldatud (Jaagus, 2006). Meiegi tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse analüüsist ilmsid vaid mõned üksikud mainimisväärased trendid. Ainult NW-tüüpide esinemissagedus on vaadeldaval perioodil 6 päeva võrra vähenenud. Samal ajal on praktiliselt kõik tsirkulatsioonitüübid muutunud soojemaks. Üldiselt on kõige intensiivsem soojenemine toimunud just sügisel „soojade“ tüüpide (S, SW ja W) puhul, mille pikaajaline temperatuurianomaalia on trendijoonel järgi tõusnud 2–3 °C võrra.

## **5. Võimalikud põhjused**

Eespool esitatud tulemused on nii mitmeski mõttes vastuolulised. Ühelt poolt ühtib statistiliselt usaldusväärsete trendide vähesus tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduses varasemate COST733 klassifikatsioonide põhjal tehtud järeldustega (Cahynová, Huth, 2010; 2014; Kučerová *et al.*, 2016). Samal ajal muidugi ei ühti läänetüüpide trendide vähesus talvel ja üleüldiselt kevadel varasemate uuringute (nt Tomingas, 2002; Kyselý, Huth, 2006; Jaagus *et al.*, 2008; Cahynová, Huth, 2010; 2014; Küttel *et al.*, 2011; Keevallik, 2011; Hoy *et al.*, 2013; Kučerová *et al.*, 2016) põhitulemustega. Stryhal ja Huth (2017) on näidanud, et erinevate järelanalüüsides kasutamine atmosfääri tsirkulatsiooni klassifitseerimisel võib kaasa tuua olulisi lahknevusi sama skeemi alusel genereeritud klassifikatsioonide vahel. Siin sageli viidatud Kučerová ja kolleegide (2016) töös kasutati klassifikatsioonide loomiseks samuti COST733 tarkvara, kuid õhurõhu andmed pärinesid ERA40 järelanalüüsist (Uppala *et al.*, 2005) ja Läänemere piirkonda esindas COST733 domeen 05 (8–34° ip; 53–68° pl). Siiski on erinevused meie ja paljude eelnevate analüüsides vahel sedavõrd suured, et neid ei saa seletada üksnes domeeni parameetrite või algandmete erinevustega.

Tegelikult saab nende erinevuste algallikate kohta mõningaid järeldusi teha juba selle põhjal, kui vaatleme trende eraldi perioodidel 1966–1991 ja 1992–2015. Kui

kogu viiekümneaastase perioodi kohta oli talvel tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedustes vaid kuus statistiliselt olulist trendi, siis perioodi 1967–1991 aegridu analüüsid leidime neid 29 ja aastate 1992–2015 kohta tervelt 52. Esimese perioodi trendidest paistavad silma SE- ja S-tüüpide vähenemine kuni 14 päeva võrra. Samal ajal suurenes pea samavõrra W-tüüpide esinemissagedus. Viimasel 25 aastal on aga trendide suunad muutunud vastupidiseks: E-, SE- ja S-tüüpide esinemissagedused on järsult suurenenud (trendijoon järgi kuni 19 päeva võrra), samal ajal kui W-, NW- ja N-tüüpide esinemissagedused on sama kiiresti vähenenud (olenevalt klassifikatsioonist kuni 21 päeva võrra). Seega, kui vaadelda kogu 50 aastat, siis taandavad need eri perioodide vastandlikud trendid üksteist välja (joonis 2). Sarnaseid teineteist välja taandavaid muutusi võib kohata ka teiste sesoonide aegridades. Ent näiteks kevade puhul täheldatav E- ja SE-tüüpide esinemissageduse vähenemistrend 50 aasta pikkuses aegreas tuleneb nende tüüpide esinemissageduse väga järsust vähenemisest perioodi alguskümnenditel. NW-tüüpide positiivne trend tuleneb jällegi nende sagedamaks muutumisest just viimasel paarikümnel aastal.



**Joonis 2.** Klassifikatsiooni CAP09 läänetüübi esinemissagedus päevades talvel (DJV), aastatel 1967–2015. Trend perioodil 1967–2015 pole statistiliselt usaldusväärne ( $p < 0,05$ ); lühemate perioodide (1967–1991 ja 1992–2015) trendid aga on

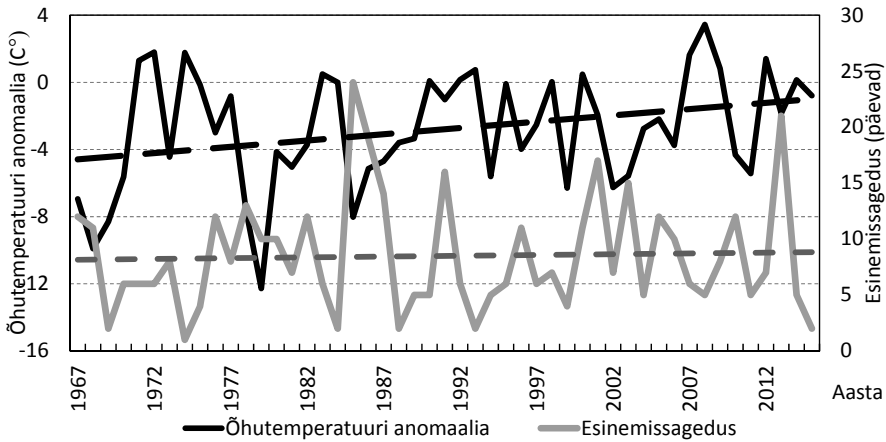
**Figure 2.** Frequency (in days) of CAP09 classification circulation type W and change by trend line in days in winter (1967–2015). Long trend line is for the whole period 1967–2015. Two shorter ones are for 1967–1991 and 1992–2015. Both short trend lines are statistically significant ( $p < 0.05$ ), the long one is not

Nii mõneski mõttes saab viimase paarikümne aasta muutusi seostada Põhja-Atlandi Ostsillatsiooni tugevnemise ja selle keskme idapoole liikumise ning tsüklonite trajektoride loodepoole nihkumisega. Need on teemad, mis teadlasi viimasel ajal kliimamuutuste toimemehhanismidena paeluvad (nt Jung *et al.*, 2003; Kučerová *et al.*,



2016; Pokorná, Huth, 2015). Samal ajal ei ole need seosed väga suuremõõtmeliste tsirkulatsiooniprotsesside, nagu selleks on näiteks madalrõhkkondade trajektoorid, ja regionaalsete tsirkulatsioonimustrite vahel üksühesed (Lehmann *et al.*, 2017) ning vajaksid tulevikus põhjalikumat analüüsi.

Õhutemperatuuri tõusutrendide kohta võiks deklareerida, et tegemist on globaalse soojenemisega ja panna siia punkti. Kindlasti on selles deklaratsioonis oma iva. Vähemalt võib öelda, et viimaste kümnendite soojenemistendentse Eestis saab vaid osaliselt seletada tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse muutustega. Nagu mainitud, on kõige drastilisemad muutused toimunud tüüpides, mis on seotud külmade arktiliste õhumasside sissetungidega (N ja NE) talvel ja kevadel. Mõnes mõttes võib neid „külmasid“ tüüpe tänapäeval pidada juba „soojadeks“ (joonis 3). Sedalaadi muutused peegeldavad tänapäeval väga põletavat teemat – Arktika kohal toimunud muutusi atmosfääri üldises tsirkulatsioonis ja polaaralade äärmiselt kiiret soojenemist (Serreze *et al.*, 2000; Bekryaev *et al.*, 2010; Vihma, 2014; Walsh, 2014; Screen *et al.*, 2018). Samal ajal tekitavad meie töös välja toodud temperatuurimuutused ka sünoptilise klimatoloogia jaoks kriitilisi küsimusi. Nimelt toetub sünoptiline klimatoloogia eeldusele, et atmosfääri tsirkulatsioonis on diskreetne hulk tüüpsituatsioone, mis vaheldudes kujundavad vaadeldava piirkonna kliima. Üldiselt eeldatakse vaikumisi, et peente klassifitseerimismeetoditega eristatud tsirkulatsioonitüübid on oma olemuselt püsivad – need ei muutu ajas ega ruumis (Yarnal, 1993). Seetõttu välditakse tavaliselt tüübisiseste variatsioonide uurimist ja vastavaid töid kohtab äärmiselt harva. Ometi väidavad Küttel ja kolleegid (2011), et 70% Euroopa talvetemperatuuride variatsioonist on tingitud tsirkulatsioonitüüpide sisesest muutlikkusest. Kui võtame näiteks käesolevas töös analüüsitud kirdetüübid (NE), mis on kevadel sisuliselt „soojaks“ muutunud, siis võime ühelt poolt arutleda, et tüübiga kaasnevad õhutemperatuuride väärtused on tõusnud seetõttu, et Arktikast lähtuv õhuvool on senisest soojem. Teiselt poolt võivad põhjuseks olla NE-tüübi mustri muutused. See tähendab, et mustrit kujundav madal- ja kõrgrõhkkondade asend on ajapikku nihkunud ning NE-tüüp ei pumpa Läänemerele õhku enam mitte otse Arktikast, vaid mõnelt suhteliselt soojemalt alalt. Rõhkkondade keskmete nihe („loksumine“) mõnesaja kilomeetri võrra ei pruugi ilmtingimata tüüpi ümber defineerida (Yarnal, 1993), kuid väikese territooriumi jaoks, nagu seda on Eesti, tähendab see õhuvoolu suunamuutust ja täiesti teistsuguseid ilmaolusid.



**Joonis 3.** Klassifikatsiooni LIT09 kirdetüübi esinemissagedus ja selle tüübiga kaasnev õhutemperatuuri anomaalia talvel. Periood 1967–2015. Õhutemperatuuri anomaalia trend on statistiliselt usaldusväärne ( $p < 0,05$ )

**Figure 3.** Frequency of LIT09 classification circulation type NE and change by trend line in days in winter (1967–2015). And long term average air temperature anomaly associated with circulation types at Türi station and changes by trend line in °C in winter

## 6. Kokkuvõte

Käesolevas töös uurisime, kuidas viimase poolesaja aasta õhutemperatuuri tõus Eestis seostub muutustega atmosfääri üldises tsirkulatsioonis. Selleks analüüsisime 12 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedust ja nendega kaasnevate õhutemperatuuri anomaaliatega aegridu. Klassifikatsioonid genereeriti erinevate meetodite alusel, kuid ometi koosnesid need väliselt üsna sarnastest tüüpidest. Et mõista, kas väliselt sarnased tüübid ühtivad omavahel ka sisuliselt, tegime kattuvusanalüüsi. Tulemused näitasid, et iga klassifikatsioon kirjeldab atmosfääri tsirkulatsiooni siiski erinevast aspektist. Eriti suured lahkuminekud on Läänemere piirkonna jaoks tavapärasest läänetsirkulatsiooni (W) esindavates tüüpidest. Seega ei piisa üksnes ühe klassifikatsiooni uurimisest, vaid võimaluse korral tuleb neid analüüsida suuremal hulgal ehk nii-öelda klassifikatsioonide „ansamblina“.

Tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse muutuste analüüsist ilmnes, et perioodil 1966–2015 aegridades on statistiliselt usaldusväärseid trende äärmiselt vähe. Kirjanduses domineerivate talviste trendide asemel leidsime kõige rohkem muutusi hoopis kevadel. Ka ei tulnud välja läänetsirkulatsiooni (W) tüüpide esinemissageduse kasvutrendi, mille toel on varasemates uuringutes seletatud Läänemere piirkonna talvede soojenemist. Trendi puudumist W-tüübis talvel saab üsna lihtsalt seletada siis, kui jagada 50-aastane aegrida kaheks: perioodil 1967–1991 suurenes lääne-

tüüpide esinemissagedus trendijoone järgi järsult, samal ajal kui viimasel 25 aastal on talvel W-tüüpide sagedus samavõrra vähenenud. Selliste perioodiliselt vastassuunalise trendide tõttu on meil ilmnevat kliimamuutusi üha keerulisem seletada üksnes muutustega vastavate tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduses.

Jõhvi, Vilsandi ja Türi ilmajaamades tõusis uuritava 50 aasta jooksul aasta keskmine õhutemperatuur 2–2,2 °C võrra. Seejuures talve keskmine tõusis 2,8 °C jagu, kuna aga kevade, suve ja sügise temperatuurikasv jäi vahemikku 1,5–1,9 °C. Samal ajal on talviste „külmade“ tüüpidega (N ja NE) kaasnev õhutemperatuur tõusnud 6 °C võrra. Osaliselt on see kindlasti tingitud polaaralade kiirest soojenemisest, ent pigem tuleb siin soojenemise põhjusi otsida tsirkulatsioonitüüpide endi sisulistest muutustest, mida on äärmiselt harva uuritud.

## Tänuavaldus

Käesolevat tööd on toetatud Eesti Haridus- ja Teadusministeeriumi uurimistoetustest IUT2-16 ja IUT20-11 ning Eesti Teadusagentuuri grantist PUT1439.

## Kirjandus

- Ahas, R., Aasa, A. 2006.** The effects of climate change on the phenology of selected Estonian plant, bird and fish populations. *Int. J. Biometeorol.* 51: 17–26.
- Bekryaev, R. V., Polyakov, I. V., Alexeev, V. A. 2010.** Role of Polar Amplification in Long-Term Surface Air Temperature Variations and Modern Arctic Warming. *J. Climate* 23: 3888–3906.
- Cahynová, M., Huth, R. 2010.** Circulation vs. climatic change over the Czech Republic: A comprehensive study based on the COST733 database of atmospheric circulation classifications. *Phys. Chem. Earth* 35: 422–428.
- Cahynová, M., Huth, R. 2014.** Atmospheric circulation influence on climatic trends in Europe: an analysis of circulation type classifications from the COST733 catalogue. *Int. J. Climatol.* 36: 2743–2760.
- Hoy, A., Sepp, M., Matschullat, J. 2013.** Large-scale atmospheric circulation forms and their impact on air temperature in Europe and northern Asia. *Theor. Appl. Climatol.* 113: 643–658.
- Hurrell, J. W. 1995.** Decadal trends in North Atlantic Oscillation: regional temperature and precipitation. *Science* 269: 676–679.
- Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G. et al. 2003.** An overview of the North Atlantic Oscillation. The North Atlantic Oscillation. Climatic Significance and Environmental Impact. *AGU Geophysical Monograph*. vol. 134: 1–35.
- Huth, R. 2010.** Synoptic-climatological applicability of circulation classifications from the COST733 collection: first results. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C* 35(9–12): 388–394.
- Huth, R., Beck, C., Kučerová, M. 2015.** Synoptic-climatological evaluation of the classifications of atmospheric circulation patterns over Europe. *Int. J. Climatol.* 36: 2710–2726.

- IPCC 2014.** Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. R. K. Pachauri and L. A. Meyer (toim.). IPCC, Geneva, Switzerland.
- Jaagus, J. 2006.** Climatic changes in Estonia during the second half of the 20th century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation. *Theor. Appl. Climatol.* 83: 77–88.
- Jaagus, J. 2009.** Regionalisation of the precipitation pattern in the Baltic Sea drainage basin and its dependence on large-scale atmospheric circulation. *Boreal Environ. Res.* 14(1): 31–44.
- Jaagus, J., Briede, A., Rimkus, E. et al. 2014.** Variability and trends in daily minimum and maximum temperatures and in the diurnal temperature range in Lithuania. Latvia and Estonia in 1951–2010. *Theor. Appl. Climatol.* 118: 57–68.
- Jaagus, J., Kull, A. 2011.** Changes in surface wind directions in Estonia during 1966–2008 and their relationships with large-scale atmospheric circulation. *Est. J. Earth Sci.* 60(4): 220–231.
- Jaagus, J., Post, P., Tomingas, O. 2008.** Changes in storminess on the western coast of Estonia in relation to large-scale atmospheric circulation. *Climate Research* 36 (1): 29–40.
- Jaagus, J., Sepp, M., Tamm, T. et al. 2017.** Trends and regime shifts in climatic conditions and river runoff in Estonia during 1951–2015. *Earth Syst. Dynam.* 8: 963–976.
- Jaagus, J., Suursaar, Ü. 2013.** Long-term storminess and sea level variations on the Estonian coast of the Baltic Sea in relation to large-scale atmospheric circulation. *Est. J. Earth Sci.* 62(2): 73–92.
- Jaagus, J., Truu, J. 2004.** Climatic regionalisation of Estonia based on multivariate exploratory techniques. In: Kaare, T., Punning, J.-M. (toim.). *Estonia. Geographical Studies* (41–55). Tallinn: Estonian Academy Publishers.
- Jung, T., Hilmer, M., Ruprecht, E. 2003.** Characteristics of the recent eastward shift of interannual NAO variability. *J. Climate* 16: 3371–3382.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R. et al. 1996.** The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 77: 437–472.
- Keevallik, S. 2003.** Changes in spring weather conditions and atmospheric circulation in Estonia (1955–95). *Int. J. Climatol.* 23(3): 263–270.
- Keevallik, S. 2011.** Shifts in meteorological regime of late winter and early spring in Estonia during recent decades. *Theor. Appl. Climatol.* 105: 209–215.
- Keevallik, S., Post, P., Tuulik, J. 1999.** European circulation patterns and meteorological situation in Estonia. *Theor. Appl. Climatol.* 63: 117–127.
- Keevallik, S., Rajasalu, R. 2000.** Upper-air winds over Estonia and European circulation patterns. *Physics and Chemistry of the Earth* 25(2): 173–176.
- Kučerová, M., Beck, C., Philipp, A. et al. 2016.** Trends in frequency and persistence of atmospheric circulation types over Europe derived from multitude of classifications. *Int. J. Climatol.* 37: 2502–2521.
- Küttel, M., Luterbacher, J., Wanner, H. 2011.** Multidecadal changes in winter circulation-climate relationship in Europe: frequency variations, within-type modifications, and long-term trends. *Clim. Dyn.* 36: 957–972.
- Kyselý, J., Huth, R. 2006.** Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods. *Theor. Appl. Climatol.* 85: 19–36.
- Lakson, M. 2017.** Kliima soojenemine Eestis perioodil 1966–2015 ja selle seosed atmosfääri tsirkulatsiooniga. Magistritöö. Mait Sepp (juh.). Tartu Ülikool. Geograafia osakond.

- Lakson, M., Post, P., Sepp, M. 2019.** The Impact of Atmospheric Circulation on Air Temperature Rise in Estonia. *Frontiers in Earth Science* 7: 1–12.
- Lehmann, A., Höflich, K., Post, P. et al. 2017.** Pathways of deep cyclones associated with large volume changes (LVCs) and major Baltic inflows (MBIs). *Journal of Marine Systems* 167: 11–18.
- Mätlik, O., Post, P. 2008.** Synoptic weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961–2005. *Est. J. Eng.* 14(3): 195–208.
- NOAA. 2018.** Global Climate Report – Annual 2017.  
<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713>, viimati vaadatud 24.10.19.
- Palm, V., Sepp, M., Truu, J. et al. 2017.** The effect of atmospheric circulation on spring arrival of short- and long-distance migratory bird species in Estonia. *Boreal Environ. Res.* 22(1): 97–114.
- Philipp, A., Bartholy, J., Beck, C. et al. 2010.** COST733CAT – a database of weather and circulation type classifications. *Physics and Chemistry of the Earth* 35: 360–373.
- Philipp, A., Beck, C., Huth, R. et al. 2016.** Development and comparison of circulation type classifications using COST733 dataset and software. *Int. J. Climatol.* 36: 2673–2691.
- Pokorná, L., Huth, R. 2015.** Climate impacts of the NAO are sensitive to how the NAO is defined. *Theor. Appl. Climatol.* 119: 639–652.
- Post, P., Truija, V., Tuulik, J. 2002.** Circulation weather types and their influence on temperature and precipitation in Estonia. *Boreal Environ. Res.* 7(3): 281–289.
- Post, P., Tuulik, J. 1999.** About the relationships between Estonian weather elements and European circulation patterns. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 24(1–2): 97–102.
- Schwartz, M. D., Ahas, R., Aasa, A. 2006.** Onset of spring starting earlier across the Northern Hemisphere. *Global Change Biology* 12(2): 343–351.
- Screen, J. A., Bracegirdle, T. J., Simmonds, I. 2018.** Polar Climate Change as Manifest in Atmospheric Circulation. *Curr. Clim. Change* 4: 383.
- Sepp, M., Jaagus, J. 2002.** Frequency of circulation patterns and air temperature variations in Europe. *Boreal Environ. Res.* 7(3): 273–279.
- Sepp, M. 2003.** Sünoptiline klimatoloogia: ülevaade ajaloost, arengust ja meetodikast. Teoses: Jaagus, J. (toim.). Uurimusi Eesti kliimast (37–52). Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Serreze, M. C., Walsh, J. E., Chapin, F. S. et al. 2000.** Observational Evidence of Recent Change in the Northern High-Latitude Environment. *Climatic Change* 46: 159.
- Stryhal, J., Huth, R. 2017.** Classifications of winter Euro-Atlantic circulation patterns: An inter-comparison of five atmospheric reanalyses. *Journal of Climate* 30(19): 7847–7861.
- Tomingas, O. 2002.** Relationship between atmospheric circulation indices and climate variability in Estonia. *Boreal Environ. Res.* 7(4): 463–469.
- Uppala, S. M., Källberg, P. W., Simmons, A. J. et al. 2005.** The ERA-40 re-analysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 131: 2961–3012.
- Vihma, T. 2014.** Effects of Arctic sea ice decline on weather and climate: A review. *Surv. Geophysics* 35: 1175–1214.
- Walsh, J. E. 2014.** Intensified warming of the Arctic: Causes and impacts on middle latitudes. *Global Planet. Change* 117: 52–63.
- Yarnal, B. 1993.** *Synoptic climatology in environmental analysis. A primer.* London: Belhaven Press.

## Changes in circulation types or changing circulation types?

Mait Sepp<sup>1</sup>, Piia Post<sup>2</sup>, Merily Lakson<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu, Tartu, Estonia

<sup>2</sup> Institute of Physics, University of Tartu, Tartu, Estonia

### Summary

In order to examine how the rise in Estonian air temperature is associated with the changes in atmospheric circulation, circulation types from different classification methods were used. All of the classifications vary to a degree and have their own specifics, so to understand if apparently similar types represent similar circulation conditions an overlap analysis was carried out. Analysis shows that North, Northeast and Eastern types are in the best overlapping, which in turn indicate that they describe relatively simpler circulation situations, usually a long standing position of a high-pressure system. Western types are in the worst overlapping, from which we can conclude that each classification describes slightly different circulation situation. This, however, means that the classifications are difficult to compare and a relatively large number of different classifications must be used to obtain a general picture.

Trends in circulation types' frequency were studied by seasons and only few statistically significant trends can be observed during the period 1966–2015. Most of the statistically significant changes in the frequency of circulation types occurred in spring. Those are somewhat controversial findings as numerous researchers have noted the increase in the frequency and intensity of Western circulation types, causing the warming of winters in Baltic Sea region. Therefore, the circulation types were separately analysed by sub-periods 1967–1991 and 1992–2015. The different direction trends of the sub-periods are noticeable. In case of Western types, rapid increase (ca 12 days by trend line) was observed in the period of 1967–1991. Since the beginning of the 1992, the Western types have been declining (by 14 days), which is the statistical reason why there were no significant changes during 1967–2015 in winter.

We analysed the changes in the mean air temperature of Jõhvi, Vilsandi and Türi stations in 1966–2015. The average annual temperature rise in the three stations is in the range of 2–2.2 °C. According to the trend line, the air temperature has risen most in winter, about 2.8 °C. In spring, summer and autumn, the temperature rise is in the range of 1.5–1.9 °C. However, it must be noticed that most drastic air temperature rise (up to 6 °C by trend line) has occurred in case of 'cold' winter types (N and NE).

As the general conclusion, we can say, that the warming in Estonia is only partly explicable by the changes in the frequency of circulation types. Basically, the change in temperature is mainly caused by due to the changes in the types themselves. An important role is played by the fact that the types themselves are getting warmer. From that, one can conclude that frequency of types and air temperature are independent from each other. This, however, contradicts some of the axioms of synoptic climatology and suggests the possibility that circulation types are not really constants, i.e. the variation in circulation patterns over the years can be a significant issue.

## Maa-alune maastikuökoloogia ehk ökosüsteemide juure- ja risosfääriuuringud maastikel

Ivika Ostonen<sup>1</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>, Krista Lõhmus<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Tartu Ülikooli botaanika osakond

### 1. Sissejuhatus

Ökosüsteemide uurimises maastikel on viimase kolmekümne aasta jooksul toimunud oluline murrang, sest nüüd sisaldab enamik ökosüsteemide uurimistulemustest lisaks maapealsele nähtavale osale ka maa-aluseid (mullasiseseid) mõõtmisi. Kuigi maastikuökoloogiat võib defineerida kui ökoloogia ja geograafia piirteadust, mis uurib, kuidas ökosüsteemid eeskätt neis elavaid kooslusi arvesse võttes mõjutavad mingi maastiku aine- ja energiavoogusid, siis eelmise sajandi viimaste kümnenditeni domineerisid teadustööd, kus ökosüsteemi maa-aluse osa kohta polnud üldse või oli pigem vähe ainevoogude mõõtmisi ja hinnanguid.

Praegusi arengusuundi arvestades võime eristada suisa maa-alust maastikuökoloogiat, mis analüüsib ökosüsteemide maa-aluseid aine- ja energiavoogusid ning nende muutumist maastikuüksuste füüsikalises, keemilises ja bioloogilises kompleksuses.

Globaalselt suureneva elanikkonna ja kiirete keskkonnamuutuste ajastul on üks kesksetest probleemidest looduslike ja poollooduslike maastike säilitamine, põllumajanduslike ja tehismaastike elurikkuse hoidmine ja suurendamine ning sellest tulenevalt asetub fookusesse ka ökosüsteemide mullas elav ja kasvav osa (Ryan *et al.*, 2016; Erktan *et al.*, 2018).

Maa-aluse toiduahela olulised primaarproduktid on taimede juured, mis tagavad pideva süsinikühendite voo mulda ning millele tugineb kogu ülejäänud väga suure mitmekesisusega elustik. Juured on funktsionaalselt heterogeensed ning kõige muutuvamad ja keskkonnamuutustega kohanevamad on vett ja mineraalainetega omastavad peenjuured, mis enamasti on lühiealised ning pidevalt uuenevad taimeorganid. Esimesed teaduslikud juureuurimised on dokumenteeritud 18. sajandist, kui Stephen Hales (1727) kaevas välja köögi- ja teraviljade juuri ja mõtis nende pikkust. Lisaks on samal ajal dokumenteeritud, et Henri-Louis Duhamel Du Monceau (aastatel 1764–65) uuris puude juurestikke neid välja kaevates. Juurte pinnal ja vahetus ümbruses elav oluliselt mitmekesisem ja arvukam mikro- ja mesofauna pälvis tähelepanu samuti juba rohkem kui sada aastat tagasi, kui Lorenz Hiltner (1904)

defineeris mõiste „risosfäär“. Sealt alates on juureteadus arenenud aeglaselt, aga kindlalt edasi (Meier *et al.*, 2018), aeglaselt sellepärast, et juureuringud on väga aja- ja töömahukad ning ressursinõudlikud (Judd *et al.*, 2015).

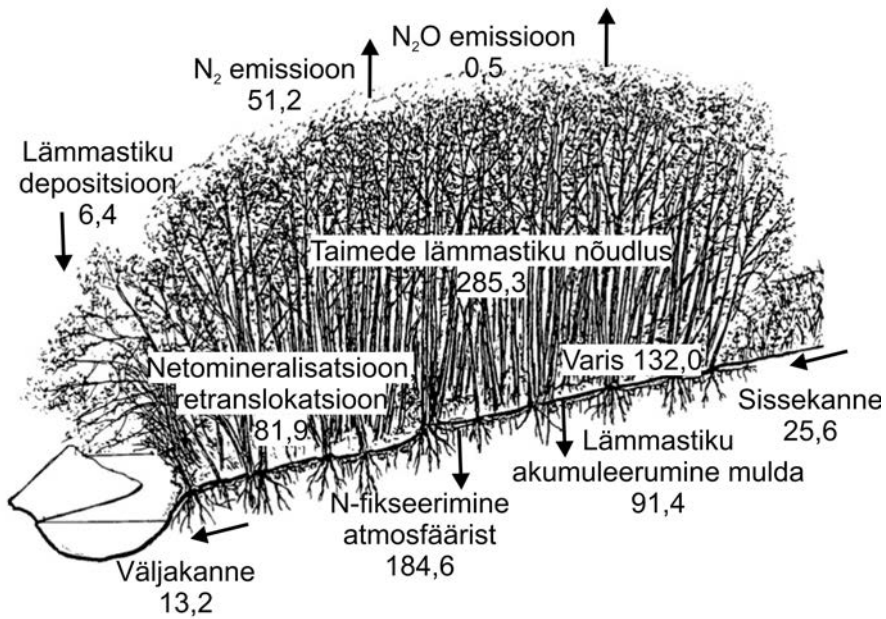
20. sajandi lõpus kasutusele võetud molekulaarsed meetodid vallandasid geenipõhise andmevoo organismide kohta, kes elavad mullas, juure sees või lähiümbruses ning tänaseks on tuvastatud juba ka mitmesuguseid globaalseid mullaökosüsteemide elurikkuse mustreid (Bahram *et al.*, 2018; Zobel *et al.*, 2018), mis on väga olulised ökosüsteemide jätkusuutliku talitlemise tagamisel. Enamikus globaalseid või regionaalseid mulla elurikkuse mustreid analüüsivates töödes on tuvastatud mullaorganismide ökoloogia ja roll aineringses siiski veel kirjeldamata. Vähesed mudelid sisaldavad kvantitatiivseid hinnanguid biomassi või ainevoogude kohta (Soudzilovskaia *et al.*, 2019).

## 2. Maa-aluse maastikuökoloogia algus geograafia osakonnas

Metsaökosüsteemide maa-alust biomassi on Eestis mõõdetud juba pool sajandit tagasi (Kõlli, 1971; Lõhmus, Oja, 1983), kuid maastikuökoloogiline mõõde anti nii maapealset kui ka maa-alust osa hõlmavatele ökosüsteemiuringutele 1990ndatel Ülo Manderi ja Krista Lõhmuse initsiatiivil ja juhendamisel. Just siis jõuti Eestis esimeste ökosüsteemide ainebilanssideni, mis hindasid nii aine (süsiniku, lämmastiku) varu ökosüsteemis kui ka nende aastaseid sisend- ja väljundvoogusid (Mander *et al.*, 1995; Lõhmus *et al.*, 2002; Mander *et al.*, 2003). Aastatel 1994–1998 uuriti intensiivselt ökosüsteemide aineringeid kaldaribadel Viiratsis, Porijões ja Sipel (joonis 1) ning esimest korda hõlmasid hinnangud ainevoogusid ja varusid nii maa peal kui ka maa all (Lõhmus *et al.*, 2002; Mander *et al.*, 2003). Taimede maa-alust biomassi ning kasvu hinnati ka tehismärgalades Kodijärvel ja Kõos (Mander *et al.*, 2002; 2005).

Maa-aluse maastikuökoloogia arengule aitasid olulisel määral kaasa aastatel 1994–1997 suvisel loodusgeograafia komplekspraktika kursusel osalenud üliõpilased, kellega koos oli võimalik nii töömahukaid uurimusi ellu viia. Praegu on enamik geograafia osakonnas tehtavatest maastikuökoloogilistest uuringutest seotud mulla ainevoogude ja -varude hindamisega.





**Joonis 1.** Lämmastikubilanss Porijõe kaldäärses hall-lepikus (Lõhmus *et al.*, 2002 ja Mander *et al.*, 2005a materjalide alusel joonistanud Tõnu Salu)

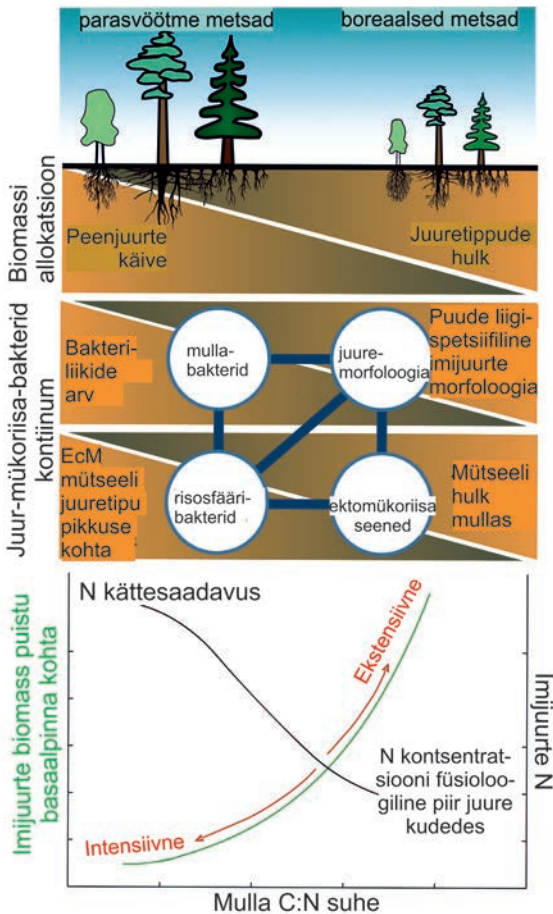
**Figure 1.** Nitrogen budget for the riparian grey alder stand of the Porijõgi River (drawing by Tõnu Salu based on the results from Lõhmus *et al.*, 2002 and Mander *et al.*, 2005a)

### 3. Juurte mineraaltoitumisstrateegiad metsades

Lisaks ainebilanssidele on ökosüsteemide maa-aluse osa muutuste ennustamiseks vaja mõista juurestike kohanemismehhanisme muutuvates keskkonnaoludes. Kuna ökosüsteemide maa-aluse osa uurimise väga suurt töö- ja ajamahukust juba mainisime, siis just sellest lähtuvalt otsivad ökoloogid kogu maailmas innukalt indikaator-parameetreid, et juurte kasvudünaamikat siduda muutuvate keskkonnaparameetritega ning parendada mulla aineringe mudeleid. Viimase kahekümne aasta tööde põhjal on Krista Lõhmus ja Ivika Ostonen välja töötanud juurte mineraaltoitumise strateegiate kontseptsiooni põhja-lõuna gradiendil subarktilistest metsadest Lapimaal kuni parasvöötme metsadeni Lõuna-Saksamaal kolme peamise puuliigi (harilik mänd, harilik kuusk, arukask) näitel (joonis 2; Lõhmus *et al.*, 2006; Ostonen *et al.*, 2011, 2013, 2017).

Kontseptsiooni järgi on puude mineraaltoitumisel kaks põhistrateegiat: 1) eksten-siivne (kirjanduses teada ka kui „konservatiivne“ strateegia) ehk aktiivselt vett ja mineraaltoitaineid omastavate peenjuurte biomassi suurendamine (põhjapoolsed boreaalsed metsad), 2) intensiivne (kirjanduses teada ka kui „intensiivselt omastav“ strateegia) ehk peenjuurte massiühiku efektiivsuse suurendamine mineraaltoitainete

omastamisel, mis saavutatakse muutustega juurte morfoloogias ja funktsionaalsete gruppide muutustega juuri koloniseerivate mükoriisaseente ning risosfääribakterite kooslustes (viljakad, parasvöötme metsad). Peamine erinevus seisneb vett ja toit-aineid imava juure pinnauhiku efektiivsuses, mis on väiksem ekstensiivse ja suurem intensiivse strateegia korral, seejuures on ekstensiivne strateegia puudele kulukam (puistu maapealne juurdekasv väheneb ja peenjuuri on puistu basaalpinna ühiku kohta rohkem). Selle töö kõige innovaatilisem tulemus on kompleksi „juur – ektomükoriisa – risosfääri- ja mullabakterid“ kvalitatiivsete muutuste komplementaarne seos kvantitatiivsete massivoogudega metsaökosüsteemis, kusjuures esimest korda näitasime juurte, ektomükoriisa ning risosfääri- ja mullabakterite kolmepoolsete suhete määravat tähtsust peenjuurte mineraaltoitumisstrateegiates (Ostonen *et al.*, 2017; Truu *et al.*, 2017). Olulisim selle uude kontseptsiooni juures on, et **muutus mineraaltoitumise strateegias tähendab muutust juurte süsinikuringe strateegias** (Ostonen *et al.*, 2017; joonis 2).



**Joonis 2.** Peenjuurte toitumisstrateegiade kontseptuaalne skeem keskkonnagradienditel (laiuskraad ning mulla süsiniku ja lämmastiku suhe, mis antud töös osutusid parimateks kompleksseteks kliimat ja mullaviljakust iseloomustavateks keskkonnaparameetriteks). Joonis on varasemalt publitseeritud (Ostonen *et al.*, 2017)

**Figure 2.** A Conceptual scheme of fine root foraging strategy related to latitudinal climate and soil C:N gradient from boreal to temperate forests. Figure is published in Ostonen *et al.* (2017)

#### 4. Maa-alune aineriinge muutuvates keskkonnaoludes

2007.–2016. aastal on maismaaökosüsteemide süsinikusalvestamine suurenenud 33,7%-ni (3,61 PgC aastas) kogu antropogeensest emissioonist, mis tuleneb tööstuslikust aktiivsusest ja maa-kasutusmuutusest (Keenan, Williams, 2018). Praegune atmosfäärse CO<sub>2</sub> kontsentratsiooni suurenemine aastas, 3 Gt aastas (+ 1,4 ppm), on üle maismaaökosüsteemide sidumisvõime. Ennustatud temperatuuritõus ja rohkem sademeid boreaalses metsavööndis mõjutavad potentsiaalselt olulisel määral süsiniku salvestamist ja puidutootmist tulevikus (D'Orangeville *et al.*, 2018). Endiselt on suur puudus teadmistest süsinikku mulda salvestavate protsesside ja selles osalevate organismide kohta maastikke moodustavates erinevates ökosüsteemides. Koostöös Tartu Ülikooli botaanika osakonna ökofüsioloogia õppetooli teadlastega uuriti metsaökosüsteemi õhuniiskusega manipuleerimise eksperimendi (FAHM; <http://fahm.ut.ee>) raames suhtelise õhuniiskuse suurenemise tagajärgi metsaökosüsteemi talitlemisele kõikidel organisatorsetel tasemetel – mõju metsaökosüsteemi süsinikubilansile (Lõhmus *et al.*, 2019), sh kasvuhoonegaaside emissioonile mullast (Torga *et al.*, 2017), ning peen- ja imijuurte (primaarse ehitusega juuretippud) ja nendega assotsieerunud risosfääri mikroobikoosluse kohanemismehhanisme (Parts *et al.*, 2013; Truu *et al.*, 2017). Puud kohanesid õhuniiskuse suurenemisega muutustega imijuurte morfoloogias ning risosfäärikoosluste struktuuris: juuri koloniseerivate ektomükoriisete seente koosluse struktuur muutus hüdrofiilsemate liikide arvukama esindatuse suunas (Parts *et al.*, 2013), oluliselt muutus ka mulla- ja risosfääribakterite koosluse funktsionaalne struktuur (Truu *et al.*, 2017) ning suurenes peen- ja imijuurte biomass (Rosenthal *et al.*, 2014; Lõhmus *et al.*, 2019). Juurte ja nendega seotud mükoriisaseente ja risosfääribakterite koosluste struktuuri muutused olid komplementaarsed mulla agregaatide sisaldusega. Suhteliselt suurema õhuniiskusega metsas vähenes orgaanilise aine sisaldus just labiilse fraktsiooni agregaatides (st mullas kergelt ja füüsiliselt seotud orgaaniline aine) (Kukumägi, publitseerimata andmed).

Seega, õhutemperatuuri või sademete režiimi muutus kutsub esile nii kvalitatiivsed (koosluste struktuur ja koosseis) kui ka kvantitatiivsed (ainevoog) maastikulised muutused mitte ainult maa peal, vaid ka maa all. Vahel ei ole päris selge, mis muutuse tingib, kas risosfääri mikroobikoosluste mitmekesisuse ja struktuuri muutus või taimede maapealse kasvu muutus.

Süsiniku allokatsioon on kriitiline protsess, kus fotosünteesiproduktid jaotatakse hingamise ja biomassi produktsiooni vahel, lühi- ja pikaajaliste kudede ning maapealsete ja maa-aluste komponentide vahel. Kaie Kriiska äsja geograafia osakonnas kaitstud doktoritöö tulemused näitasid, et just peenjuurte produktsioon ja käive on ühed olulisemad ja muutuvamad protsessid ökosüsteemide kohanemisel muutavas keskkonnas (Kriiska, 2019).

Hoolimata viimasel kümnendil tehtud märkimisväärtetest edusammudest juureuringutes, on süsinikuvoog juurtest mulda jätkuvalt üks suurima määramatusega komponente metsaökosüsteemides ning maismaaökosüsteemide kliima- ja maa kasutuse muutuste mudelites (IPCC 2013; Friend *et al.*, 2007). Ühelt poolt väidetakse, et mullas kõige kauem peetuv süsinik pärineb juure- või juurtega seotud mükoriisete seenehüüfide varisest (Rasse *et al.*, 2005), teisalt suurendavad määramatust lünklikud teadmised juurte ja nendega seotud mikroobikoosluste elueast ja käibekiirusest, mis võib ulatuda päevadest kümnete aastateni (Godbold *et al.*, 2006; Brunner *et al.*, 2013; Sah *et al.*, 2011; Solly *et al.*, 2018).

Tuleviku teadusuuringud tuleb suunata juurte automatiseeritud kvantifitseerimisele, fenotüpiseerimisele ja stressimuutuste äratundmisele risosfääris. Masinõppe tehnoloogia juba võimaldab usaldusväärtete keskkonna andmevoogude loomist (Singh *et al.*, 2016). Intensiivset arendamist vajavad aga indikaatoritunnused (juuretunnused, mis väljendavad stressi, ja mulla mikrobioomi hävimisele viitav risosfääri mulla agregatsiooni muutus), mis võimaldaksid hinnata maa-aluste ökosüsteemide jätkusuutlikkust.

## Kirjandus

- Bahram, M., Hildebrand, F., Forslund, S. K. et al. 2018.** Structure and function of the global topsoil microbiome. *Nature* 560: 233–237.
- Brunner, I., Bakker, M. R., Björk, R. G. et al. 2013.** Fine-root turnover rates of European forests revisited: an analysis of data from sequential coring and ingrowth cores. *Plant and Soil* 362: 357–372.
- Duhamel Du Monceau, H. 1764/65.** Naturgeschichte der Bäume. Teil I und II. Nürnberg: Winterschmidt.
- Erktan, A., McCormack, M. L., Roumet, C. 2018.** Frontiers in root ecology: recent advances and future challenges. *Plant and Soil* 424: 1–9.
- Friend, A. D., Arneeth, A., Kiang, N. Y. et al. 2007.** FLUXNET and modelling the global carbon cycle. *Global Change Biology* 13: 610–633.
- Godbold, D. L., Hoosbeek, M. R., Lukac, M. et al. 2006.** Mycorrhizal Hyphal Turnover as a Dominant Process for Carbon Input into Soil Organic Matter. *Plant and Soil* 281: 15.
- Hales, S. 1727.** Vegetable Staticks. London 1727. Reprint: London: MacDonald, 1961.
- Hiltner, L. 1904.** Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie unter besonderden Berücksichtigung und Brache. *Arb. Dtsch. Landwirtschaft. Gesellschaft* 98: 59–78.
- IPCC, 2013.** The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G-K. *et al.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Judd, L. A., Jackson, B. E., Fonteno, W. C. 2015.** Advancements in Root Growth Measurement Technologies and Observation Capabilities for Container-Grown Plants. *Plants* (Basel) 4(3): 369–92.

- Keenan, T. F., Williams, C. A. 2018.** The Terrestrial Carbon Sink. *Annual Review of Environment and Resources* 43: 219–243.
- Kriiska, K. 2019.** Variation in annual carbon fluxes affecting the soil organic carbon pool and the dynamics of decomposition in hemiboreal coniferous forests. *Doktoriväitekirj. Tartu Ülikool.*
- Kõlli, R. 1971.** Phytomass of underground parts of some forest ecosystems. In: Estonian Contributions to the IBP, III (19–28). Tartu: ENSV TA.
- Lõhmus, K., Oja, T. 1983.** Methods to study belowground part of forest stand (phytomass distribution in Norway spruce). *Lesovedenie (Soviet Forestry)*, 4: 56–62.
- Lõhmus, K., Kuusemets, V., Ivask, M. et al. 2002.** Budgets of nitrogen fluxes in riparian grey alder forests. *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.* 141/3–4, 321–332.
- Lõhmus, K., Truu, J., Truu, M. et al. 2006.** Black alder as a perspective deciduous species for reclaiming of oil shale mining areas. In: Brebbia, C. A., Mander, Ü. (Eds.). *Brownfields III. Prevention, Assessment, Rehabilitation and Development of Brownfield Sites* (87–97). Southampton, Boston: Wessex Institute of Technology Press. (WIT Transactions on Ecology and the Environment; 94.)
- Lõhmus, K., Rosenvald, K., Ostonen, I. et al. 2019.** Elevated atmospheric humidity shapes the carbon cycle of a silver birch forest ecosystem: A FAHM study. *Science of the Total Environment* 661: 441–448.
- Mander, Ü., Kuusemets, V., Ivask, M. 1995.** Nutrient dynamics of riparian ecotones: A case study from the Porijõgi River catchment, Estonia. *Landscape and Urban Planning* 31: 333–348.
- Mander, Ü., Lõhmus, K., Kuusemets, V. et al. 1997.** The potential role of wet meadows and grey alder forests as buffer zones. In: Haycock, N. E., Burt, T. P., Goulding, K. W. T. et al. (Eds.) *Buffer Zones, Their Processes and Potential in Water Protection. Proceedings of the International Conference on Buffer Zones, September 1996. Part II.* Oxford, Quest Environmental, Foundation for Water Research., pp. 35–46.
- Mander Ü., Lõhmus, K., Kuusemets, V. et al. 2005a.** Budgets of nitrogen and phosphorus fluxes in riparian grey alder forest. In: Vymazal, J. (Ed.) *Natural and Constructed Wetlands: Nutrients, Metals and Management.* Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1–19.
- Mander, Ü., Teiter, S., Augustin, J. 2005b.** Emission of greenhouse gases from constructed wetlands for wastewater treatment and from riparian buffer zones. *Water Science and Technology* 52: 167–176.
- Mander, Ü., Teiter, S., Kuusemets, V. et al. 2003.** Nitrogen and phosphorus budgets in a subsurface flow wastewater treatment wetland. In: Brebbia, C. A. (Ed.) *Water Resources Management II*, WIT Press, Southampton, Boston, pp. 135–148.
- Meier, I. C., Brunner, I., Godbold, D. L. et al. 2019.** Roots and rhizospheres in forest ecosystems: Recent advances and future challenges. *Forest Ecology and Management* 431: 1–5.
- Ostonen, I., Helmisaari, H-S., Borken, W. et al. 2011.** Fine root foraging strategies in Norway spruce forests across a European climate gradient. *Global Change Biology* 17(12): 3620–3632.
- Ostonen, I., Rosenvald, K., Helmisaari, H-S. et al. 2013.** Morphological plasticity of ectomycorrhizal short roots in *Betula* sp and *Picea abies* forests across climate and forest succession gradients: its role in changing environments. *Frontiers in Plant Science* 4: 335.
- Ostonen, I., Truu, M., Helmisaari, H-S. et al. 2017.** Adaptive root foraging strategies along a boreal–temperate forest gradient. *New Phytologist* 215(3): 977–991.

- Parts, K., Tedersoo, L., Lõhmus, K. et al. 2013.** Increased air humidity and understory composition shape short root traits and the colonizing ectomycorrhizal fungal community in silver birch stands. *Forest Ecology and Management* 310: 720–728.
- Rasse, D. P., Rumpel, C., Dignac, M. F. 2005.** Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. *Plant and Soil* 269: 341–356.
- Rosenvald, K., Tullus, A., Ostonen, I. et al. 2014.** The effect of elevated air humidity on young silver birch and hybrid aspen biomass allocation and accumulation - acclimation mechanisms and capacity. *Forest Ecology and Management* 330: 252–260.
- Ryan, P. R., Delhaize, E., Watt, M. et al. 2016.** Plant roots: understanding structure and function in an ocean of complexity. *Annals of Botany* 118: 555–559.
- Sah, S. P., Jungner, H., Oinonen, M. et al. 2011.** Does the age of fine root carbon indicate the age of fine roots in boreal forests? *Biogeochemistry* 104: 91–102.
- Singh, A., Ganapathysubramanian, B., Singh, A. K. et al. 2016.** Machine learning for high-throughput stress phenotyping in plants. *Trends in Plant Science* 21: 110–124.
- Solly, E. F., Brunner, I., Helmisaari, H-S. et al. 2018.** Unravelling the age of fine roots of temperate and boreal forests. *Nature Communications* 9: 3006.
- Soudzilovskaia, N. A., van Bodegom, P. M., Terrer Moreno, C. et al. 2019.** Global mycorrhizal plants distribution linked to terrestrial carbon stocks. *Nature Communications* 10: 5077.
- Torga, R., Mander, Ü., Soosaar, K. et al. 2017.** Weather extremes and tree species shape soil greenhouse gas fluxes in an experimental fast-growing deciduous forest of air humidity manipulation. *Ecological Engineering* 106: 369–377.
- Truu, M., Ostonen, I., Preem, J-K. et al. 2017.** Elevated air humidity changes soil bacterial community structure in the silver birch stand. *Frontiers in Microbiology* 8: 557.
- Zobel, M., Davison, J., Edwards, M. E. et al. 2018.** Ancient environmental DNA reveals shifts in dominant mutualisms during the late Quaternary. *Nature Communications* 9: 139.

## Belowground landscape ecology – root and rhizosphere research in landscapes

Ivika Ostonen<sup>1</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>, Krista Lõhmus<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup> Department of Botany, University of Tartu

### Summary

Current landscape ecology focuses on spatial and temporal patterns of material flows in both above- and belowground parts of ecosystems. During the last thirty years, most of ecosystem-scale studies of carbon and nutrient balances started to take into account stocks and fluxes from belowground part of ecosystems. We even can distinguish the development of belowground landscape ecology. Although the belowground biomass of forests in Estonia was estimated earlier, in the 1990s, Ülo Mander and Krista Lõhmus opened the landscape dimension in carbon and nitrogen budgets of different ecosystems. They, along with students, studied riparian buffer zones that received different nitrogen loadings from agricultural fields,

and compiled nitrogen budgets for grey alder stands considering all above- and belowground inputs and outputs.

A concept of absorptive fine root foraging strategies involving both qualitative and quantitative changes in the root–mycorrhiza–bacteria continuum along climate and soil C:N gradients was worked out in last ten years. The concept puts forward the notion that quantitative differences in fine root biomass are concurrent with changes in root morphology and with qualitative shifts in multitrophic interactions in the rhizosphere involving host trees, ectomycorrhizal (EcM) fungi and associated bacteria. We envisage a trilateral relation between the morphological traits of absorptive fine roots, EcM fungi, and rhizosphere and bulk soil bacterial community structure. Qualitative shifts in root-associated microbial communities affect biomass partitioning of trees, which, in turn, can lead to a switch in the fine root foraging strategy and to a change in belowground C pathways.

Current progress in root research and belowground landscape ecology during the last two decades includes studies from molecular to biome level. By including molecular high-throughput sequencing methods and analyzing functional genes of microbial communities in soil, we are able to analyze ecosystem nutrient cycles at the functional level and to improve our understanding of nutrient cycles and develop mitigation measures for changing environment in future landscapes.

## Lämmastiku mikrobioloogiline aineriinge ning N<sub>2</sub>O ja N<sub>2</sub> emissioonid troopilistel turbaaladel

Mikk Espenberg<sup>1</sup>, Jaan Pärn<sup>1</sup>, Kuno Kasak<sup>1,2</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> California ülikool Berkeleys, Berkeley, CA, USA

### 1. Sissejuhatus

Lämmastikuringe on üks kõige olulisemaid aineriingeid looduses, sest lämmastik on eluliselt vajalik element kõikidele organismidele valkudena või nukleiinhapetena (Kuypers *et al.*, 2018). Seda ringet juhivad abiootilised ja biootilised tegurid. Viimane neist kätkeb endas muu hulgas mikroorganismide poolt läbiviidavaid protsesse, nagu molekulaarse lämmastiku (N<sub>2</sub>) fikseerimine (Zehr *et al.*, 2003), nitrifikatsioon (Holmes *et al.*, 1995; Könneke *et al.*, 2005), denitrifikatsioon (Wrage *et al.*, 2001), dissimilatoorne nitraadi redutseerimine ammooniumiks (DNRA) (Tiedje, 1988), anaeroobse ammooniumi oksüdeerimine (ANAMMOX) (Mulder *et al.*, 1995) ja ka viimaste kümnendite jooksul kirjeldatud rajad, milleks on täielik ammooniumi oksüdeerimine (COMAMMOX) (Daims *et al.*, 2015; van Kessel *et al.*, 2015) ja nitritist sõltuva anaeroobse metaani oksüdeerimine (N-DAMO) (Raghoebarsing *et al.*, 2006). Need mitmed uued avastatud lämmastikuringega seotud protsessid ja organismid on aidanud oluliselt paremini uurida ja mõista lämmastiku ringlust erinevates looduslikes ja tehnilikes keskkondades, nagu näiteks turbaaladel (Espenberg *et al.*, 2018), suudmealadel (Damashek, Francis, 2018), ookeanides (Hutchins, Fu, 2017; Pajares *et al.*, 2019), põllumajandusmaadel (Putz *et al.*, 2018; Yoon *et al.*, 2019) ja reoveepuhastites (Roots *et al.*, 2019).

Turbaalasid on peetud tähtsaks eelkõige põhjapoolkera parasvöötme kontekstis, kuid hiljutised avastused näitavad, et troopilistes regioonides leidub võrreldes varasemate hinnangutega kuni kolm korda enam turvast (Gumbrecht *et al.*, 2017; Dargie *et al.*, 2017). Seega on nende alade roll süsiniku- ja lämmastikuringes nii keskkondlikel, ökoloogilistel kui ka majanduslikel kaalutustel oluliselt suurem (Galloway *et al.*, 2008; Gruber, Galloway, 2008). Seda eriti arvestades üha suurenevat kliimamuutuste ja inim mõjutuste (nt kuivendamine, põllumajandus, metsandus, turbakaevandamine, inimasustus) survet troopilistele turbaaladele (Parish *et al.*, 2008; Jauhiainen *et al.*, 2016). Need häiringud toovad kaasa muutused mikrobioloogilises koosluses ja bio-geokeemilistes protsessides, mis omakorda mõjutavad otseselt ka kasvuhoonegaaside (süsihappegaas (CO<sub>2</sub>), metaan (CH<sub>4</sub>) ja dilämmastikoksiid (N<sub>2</sub>O)) emissioone (Pärn



*et al.*, 2018; Leng *et al.*, 2019). Pinnase keskkonnatingimuste, mikroobide mitmekesisuse ja funktsionaalsete protsesside koosuurimine on osutunud informatiivseks lähenemisviisiks, et tuvastada ja kirjeldada erinevate ökosüsteemide reaktsiooni muutustele (Cavicchioli *et al.*, 2019).

Mitmeid mikrobioloogilisi uuringuid on tehtud troopiliste turbaalade uurimiseks Indoneesias (kokkuvõtlikult Hatano *et al.*, 2016; Nurulita *et al.*, 2016), Panamal (Sjögersten *et al.*, 2011) ja Prantsuse Guajaanas (Espenberg *et al.*, 2018), kuid senini ei ole näidatud, kuidas neil turbaaladel toimuvad mikroobsed protsessid mõjutavad tervikuna aineriingeid üle troopilise regiooni. Nende piirkondade kasvuhoonegaaside emissioon ja võimalik potentsiaal on suuresti teadmata, mis tingib ka selle, et kasvuhoonegaaside heitkoguste globaalsed mudelid on puudulikud (Farmer *et al.*, 2011). Eriti on see piiratus mudelite puhul märgatav ligi 300 korda süsihappegaasist ohtlikuma kasvuhoonegaasi N<sub>2</sub>O puhul, sest N<sub>2</sub>O redutseerimisega seotud mikroorganismide mitmekesisus ja arvukus on osutunud seni arvatust oluliselt suuremaks nii denitrifitseerijate kui ka mittedenitrifitseerijate hulgas (Hallin *et al.*, 2018; Pauleta *et al.*, 2019). Need uued teadmised võivad aidata välja töötada ja täiustada strateegiaid N<sub>2</sub>O heitkoguste vähendamiseks (Hallin *et al.*, 2018).

Töö eesmärk on hinnata maakasutuse muutuse mõju mikroobikooslusele, lämmastikuringe protsesside potentsiaalile ning N<sub>2</sub>O ja N<sub>2</sub> emissioonile inim mõjutustega ja looduslikel troopilistel turbaaladel.

## 2. Materjal ja meetodika

### 2.1. Proovialade kirjeldus, turbaproovide kogumine ja füüsikalise-keemilised analüüsid

Proovialad asusid seitsmes asukohas üle troopikavöötmee kõikides võimalikes maailmajagudes (3 ala Ameerikas, 1 ala Aafrikas ja 3 ala Aasias). Uurimistööks oli võimalik valida Prantsuse Guajaanas, Myanmaris, Borneos, Taiwanis ja Ugandas välja üks inim mõjutustega ja üks looduslik troopiline turbaala. Pantanal ja Floridas tehti mõõtmisi ainult looduslikel turbaaladel. Kui Prantsuse Guajaanas ja Taiwanis seisnes inim mõjutus peamiselt turbaalade kuivendamises, siis Myanmaris, Borneo ja Uganda proovialadel tähendas see ka mõningast põllumajanduslikku koormust.

Erinevatelt proovialadelt koguti proove viie aasta vältel (2013–2017). Kokku koguti 188 turbaproovi keemilisteks ja mikrobioloogilisteks analüüsideks 0–10 cm sügavuselt. Keemilisteks analüüsideks säilitati osaproovid +4 °C juures ja mikrobioloogilisteks analüüsideks –20 °C juures.

Keemilised parameetrid pH<sub>KCl</sub>, üldsüsinik (C), orgaanilise aine sisaldus, üldlämmastik (N), NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, üldfosfor (P), Ca, Mg ja K määrati standardprotseduuride alusel (APHA, 1989). Igas proovipunktis mõõdeti veetaset turbakihi

vaatluskaevudega, mis tehti mulgustatud polüvinüülkloriidist (PVC) torudest (Ø 5 cm) ja mis olid kaetud vett läbilaskva kangaga. Lisaks mõõdeti mullaniiskus (model GS3, METER Group, Inc., Pullman, WA, USA) ja mullatemperatuur (Comet Systems Ltd., Rožnov pod Radhoštem, Tšehhi) 10 cm sügavuselt.

## **2.2. DNA eraldamine**

Turbaproovidest eraldati DNA vastavalt tootja juhendile DNeasy® PowerSoil® Kit'iga (QIAGEN, Hilden, Saksamaa). Eraldatud DNA kvantiteeti mõõdeti vastavalt tootja juhendile, kasutades Qubit™ 1X dsDNA HS Assay Kit'i (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) ja fluoromeetrit Invitrogen™ Qubit™ 3.0 (Thermo Fisher Scientific). Eraldatud DNA-d säilitati edasiste analüüsideni –20 °C juures.

## **2.3. 16S rRNA geeni amplifikatsioon, järjestamine ja andmeanalüüs**

Turbaproovide bakterikoosluse taksonoomilise profiili määramiseks tehti sekveneerimine Illumina® MiSeq platvormil Tartu Ülikooli Eesti Geenivaramus (Tartu, Eesti). Turbaproovide arhede koosluse taksonoomilise profiili määramiseks tehti sekveneerimine PacBio Sequel platvormil Norra sekveneerimiskeskuses (Oslo, Norra). PCR amplifikatsiooni, amplikonide kokkusegamise ja DNA raamatukogude ettevalmistamise detailne kirjeldus on kättesaadav Bahrami ja kolleegide töös (2018). LOTUS-e töövoogu (Hildebrand *et al.*, 2014) kasutati järjestusandmete töötlemiseks (kvaliteedianalüüs, kimäärirde kontrollimine, kokkupanek) ja järjestuste taksonoomilise kuuluvuse määramiseks, mis tehti lähima esivanema (*Lowest Common Ancestor*, LCA) algoritmi alusel, kasutades referentsandmebaasiks SILVA-t.

## **2.4. Kvantitatiivne PCR ja andmeanalüüs**

Kvantitatiivset polümeraasi ahelreaktsiooni (qPCR) meetodit kasutati spetsiifiliste 16S rRNA geenikoopiate arvukuste määramiseks, millega hinnati bakterite ja arhede hulka. Lämmastikuringe protsesside geneetiline potentsiaal määrati järgmiste funktsionaalsete geenide abil: denitrifikatsioon (*nirS*, *nirK*, *nosZ* klaad I ja *nosZ* klaad II), nitrifikatsioon (bakterite ja arhede *amoA*), DNRA (*nrfA*), lämmastiku fikseerimine (*nifH*) ja ANAMMOX (ANAMMOX-i spetsiifiline 16S rRNA geen). Kasutatud praimerid, qPCR-i programmid ja reaktsioonisegude koostised on kirjeldatud Espenbergi ja kolleegide töös (2018). Iga proovi geenifragmentide individuaalse paljundamise efektiivsust hinnati programmiga LinRegPCR v. 2018.0 (Ruijter *et al.*, 2009). Geenikoopiate arvud arvutati vastava geeni koopiate arvuna grammi kuivaine kohta kaliiberköveraid kasutades ja osakaal on esitatud funktsionaalsete geenikoopiate arvude normaliseerimisel bakterite ja arhede 16S rRNA geenikoopiate arvukustest (detailsemalt kirjeldatud Espenberg *et al.* (2018)).

## 2.5. N<sub>2</sub>O ja N<sub>2</sub> voogude mõõtmised

N<sub>2</sub>O voogusid mõõdeti suletud staatilise kambri meetodiga kaks korda päevas kolme päeva jooksul *in situ* kõikidelt uurimisaladelt. Proovide kogumiseks kasutati valgeid läbipaistmatuid PVC-kambreid (Ø 50 cm, kõrgus 40 cm ja ruumala 65 l), mis asetati maasse paigaldatud, tasakaalustatud ja veega täidetud rõngastele õhukindlalt. Gaasiproove koguti ühe tunni jooksul 20-minutilise intervalliga (igast kambrist 0., 20., 40. ja 60. minuti proov) spetsiaalsetesse eelvakueeritud (0,3 mbar) klaaspudelitesse. N<sub>2</sub>O sisaldus määrati elektron- ja leekionisatsiooni detektorit sisaldava gaas-kromatograafia (Shimadzu 2014-GC).

Potentsiaalseid N<sub>2</sub> voogusid mõõdeti heelium-atmosfäär-muld-inkubatsioon meetodiga laboris. Pantanali, Prantsuse Guajaana, Myanmari, Borneo ja Taiwani uurimisalalt koguti proovikehad (turvas) spetsiaalsetesse õhukindlalt suletavatesse terassilindritesse (Ø 7 cm, kõrgus 6 cm) ja neid hoiustati +4 °C juures kuni mõõtmiseni laboris, kus esmalt vahetati neis olev õhk kunstliku gaasiseguga (21,0% O<sub>2</sub>, 358 ppm CO<sub>2</sub>, 0,313 ppm N<sub>2</sub>O, 1,67 ppm CH<sub>4</sub>, 5,97 ppm N<sub>2</sub> ja ülejäänud He) õhukindlates ja välitingimustele sarnastes tingimustes 12–24 tunni jooksul. Seejärel suleti silindrid kaheks tunniks ning mõõdeti N<sub>2</sub> kontsentratsiooni muutus (0., 40., 80. ja 120. minutil) soojusjuhtivuse ja heelium-ionisatsiooni detektorit sisaldava gaas-kromatograafia (Shimadzu 2014-GC).

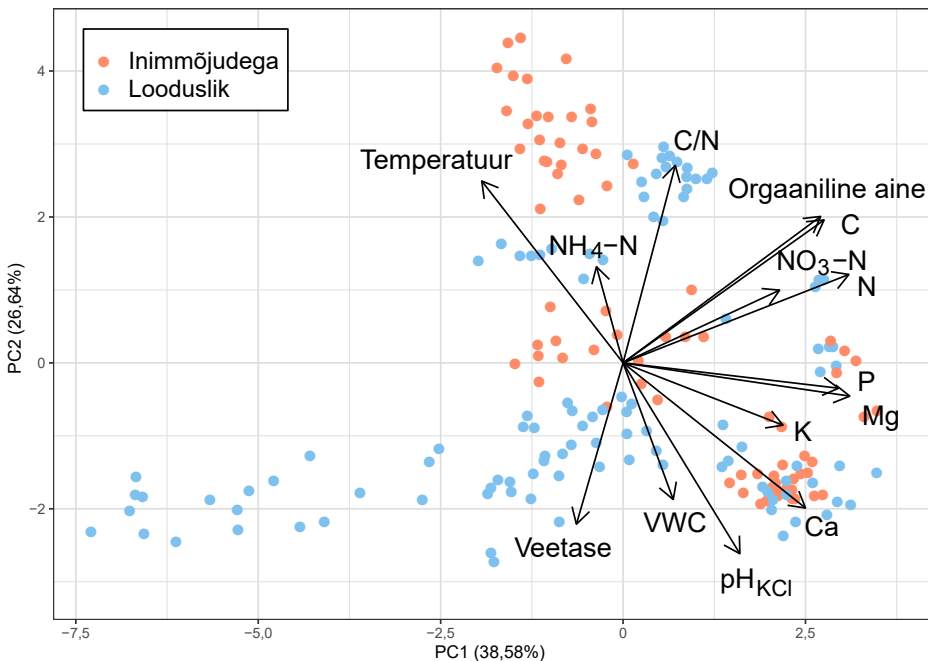
## 2.6. Statistiline analüüs

Vabavaralist statistikaprogrammi R 3.6.1 (R Core Team, Viin, Austria) kasutati andmete uurimiseks, ühtlustamiseks, analüüsimiseks ja visualiseerimiseks. Turba füüsikalise-keemiliste näitajate põhjal tehti peakomponentanalüüs, kus hinnati gruppide erinevust PERMANOVA-ga (vt metoodikat Espenberg *et al.* (2018)). Lineaarseid segamudeleid kasutati korrelatsioonivõrgustiku tegemiseks ja statistiliste olulisuste hindamiseks füüsikalise-keemiliste näitajate, mitmekesisusindeksite ning geeni- ja gaasiparameetrite puhul (vt metoodikat Abdalla *et al.* (2016)). Taksonoomiliste üksuste nn OTU (*Operational Taxonomic Unit*) tabel normaliseeriti (CSS, *Cumulative sum scaling*) (Paulson *et al.*, 2013), et arvutada mitmekesisusindeksid programmiga QIIME2 (Bolyen *et al.*, 2018). Kõikides testides määrati statistiline olulisus 95% usaldusnivool.

### 3. Tulemused ja arutelu

#### 3.1. Turba füüsikalis-keemilised näitajad

Troopika proovialade turbamulla füüsikalis-keemilised omadused olid erinevad inimõjudega ja looduslike alade vahel ning kõikusid ka erinevate riikide piires (joonis 1). Keskmiselt oli veetase 23,7 cm kõrgemal ja mullaniiskus 21,8% suurem looduslikel aladel võrreldes inimõjudega aladega (mõlemad  $p < 0,001$ ). Keskmine turbakihi temperatuur looduslikel aladel oli *ca* 1 °C võrra suurem võrreldes inimõjudega aladega ( $p < 0,001$ ), aga üle kõigi alade oli see 22 °C. pH väärtused varieerusid mõlematel aladel vahemikus 2–7,5 ning orgaanilise aine sisaldus oli inimõjudega aladel  $0,51 \pm 0,21\%$  ja looduslikel  $0,42 \pm 0,32\%$ . C väärtused alade vahel ei erinenud ja olid üle alade  $26,07 \pm 14,89\%$ . N ja C/N väärtused olid suuremad inimõjudega aladel (vastavalt  $1,55 \pm 0,67\%$  ja  $21,68 \pm 8,92$ ) võrreldes looduslikega (vastavalt  $1,35 \pm 0,88\%$  ja  $15,55 \pm 5,77$ ) (vastavalt  $p < 0,05$  ja  $p < 0,001$ ). Kui  $\text{NO}_3\text{-N}$  oli suuremate väärtustega inimõjudega aladel ( $27,83 \pm 44,84$  vs.  $14,85 \pm 24,91$  mg/kg), siis  $\text{NH}_4\text{-N}$  oli suuremate väärtustega looduslikel aladel ( $25,46 \pm 36,05$  vs.  $31,37 \pm 33,03$  mg/kg) (mõlemad  $p < 0,001$ ). Inimõjudega aladel olid P väärtused väiksemad kui looduslikel



**Joonis 1.** Inimõjudega ja looduslike troopiliste turbaalade grupeerumine ( $p < 0,001$ ) füüsikalis-keemiliste näitajate põhjal, kasutades peakomponentanalüüsi. Lühendid: VWC – mullaniiskus

**Figure 1.** Grouping of managed and natural tropical peatlands ( $p < 0,001$ ) based on principal component analysis (PCA) of physicochemical parameters. Abbreviation: VWC – volumetric water content

aladel ( $52,66 \pm 57,27$  vs.  $57,44 \pm 65,64$  mg/kg) ( $p < 0,001$ ). Mg väärtused varieerusid vahemikus 10,6 – 5113,1 mg/kg ega erinenud alade vahel, kuid K (varieeruvus 14,5 – 1416,2 mg/kg) ja Ca (varieeruvus 70,7 – 10 672,0 mg/kg) väärtused olid vastavalt suuremad ( $p < 0,001$ ) ja väiksemad ( $p < 0,05$ ) looduslikel aladel võrreldes inim-mõjudega aladega. Inimtegevuse tagajärjel muutub oluliselt veerežiim, mis vallandab turba keemilises koostises ulatuslikke muutusi.

### 3.2. Mikroobikoosluse arvukus ja mitmekesisus

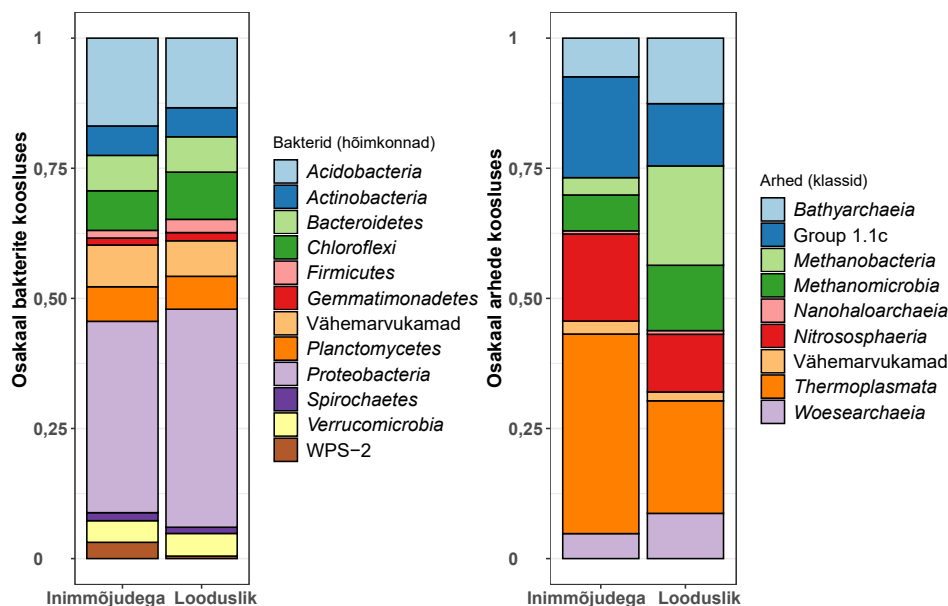
Bakterite arvukus oli suurem ( $1,29 \times 10^{11} \pm 1,49 \times 10^{11}$  vs.  $9,65 \times 10^{10} \pm 1,28 \times 10^{11}$ ) ( $p < 0,001$ ) ja arhede arvukus väiksem ( $2,17 \times 10^{10} \pm 2,69 \times 10^{10}$  vs.  $3,07 \times 10^{10} \pm 3,49 \times 10^{10}$ ) ( $p < 0,05$ ) looduslikel aladel võrreldes inim-mõjudega aladega. Arhede osatähtsuse kasvu inimtegevusega mõjutatud turbaaladel on näidanud ka Espenberg ja kolleegid (2018). Samas mitmekesisust iseloomustav indeks Shannon ei erinenud statistiliselt oluliselt bakterite ega ka arhede korral kummagi ala puhul (tabel 1). Ühtlusindeks (Simpson\_e) tõestas, et bakterite liigid olid ühtlasemalt jaotunud looduslikel aladel ( $p < 0,05$ ), kuid arhede puhul sellist tendentsi ei olnud. Kuigi arhede liigirikkus (ACE) inim-mõjutustega alal ületas liigirikust looduslikul alal ( $p < 0,001$ ), siis bakterite liigirikkus statistiliselt oluliselt ei erinenud alade vahel.

**Tabel 1.** Bakterite ja arhede mitmekesisust, ühtlust ja rikkust kirjeldavate indeksite keskväärtused ja standardhälbed inim-mõjudega ja looduslikel troopilistel turbaaladel

**Table 1.** Average and standard deviation of diversity, evenness, richness estimators for bacterial and archaeal communities in managed and natural tropical peatlands

Indeks	Inim-mõjudega		Looduslik	
	Bakterid	Arhed	Bakterid	Arhed
Mitmekesisus (Shannon)	$8,85 \pm 0,99$	$5,17 \pm 1,15$	$9,00 \pm 0,78$	$5,26 \pm 0,88$
Ühtlus (Simpson_e)	$0,22 \pm 0,10$	$0,19 \pm 0,12$	$0,17 \pm 0,09$	$0,14 \pm 0,11$
Rikkus (ACE)	$2024,9 \pm 718,4$	$229,2 \pm 351,2$	$2367,8 \pm 694,9$	$187,5 \pm 116,9$

Bakteri ja arhede 16S geenifragmentide analüüsimisel tuvastati kõikides proovides kokku vastavalt 64 (üle erineva 200 klassi) ja 8 (20 erinevat klassi) eri hõimkonna järjestust. Kui enamikus arvukamates bakterite hõimkondades olid inim-mõjudega ja looduslikel turbaaladel proportsioonid koosluses üsna sarnased, siis tuntavalt oli hõimkondadel *Proteobacteria* ja *Firmicutes* suurem ja hõimkondadel *Acidobacteria* ja WPS-2 väiksem osakaal koosluses looduslikel aladel võrreldes inim-mõjudega aladega (joonis 2). Hiljuti kirjeldatud hõimkonda WPS-2 on seni leitud ainult happelistest ja külmadest keskkondadest ning neid on seostatud ka erinevate lämmastikuringe protsessidega (Holland-Moritz *et al.*, 2018).



**Joonis 2.** Kõige arvukamate bakterihõimkondade ja arhede klasside osakaal koosluses. Vähem arvukamad bakterite hõimkonnad ja arhede klassid on summeeritud vastavatel aladel

**Figure 2.** The bacterial (phylum level) and archaeal (class level) community composition of managed and natural tropical peatlands. The less dominant bacterial phyla and archaeal classes of the respective sites were combined

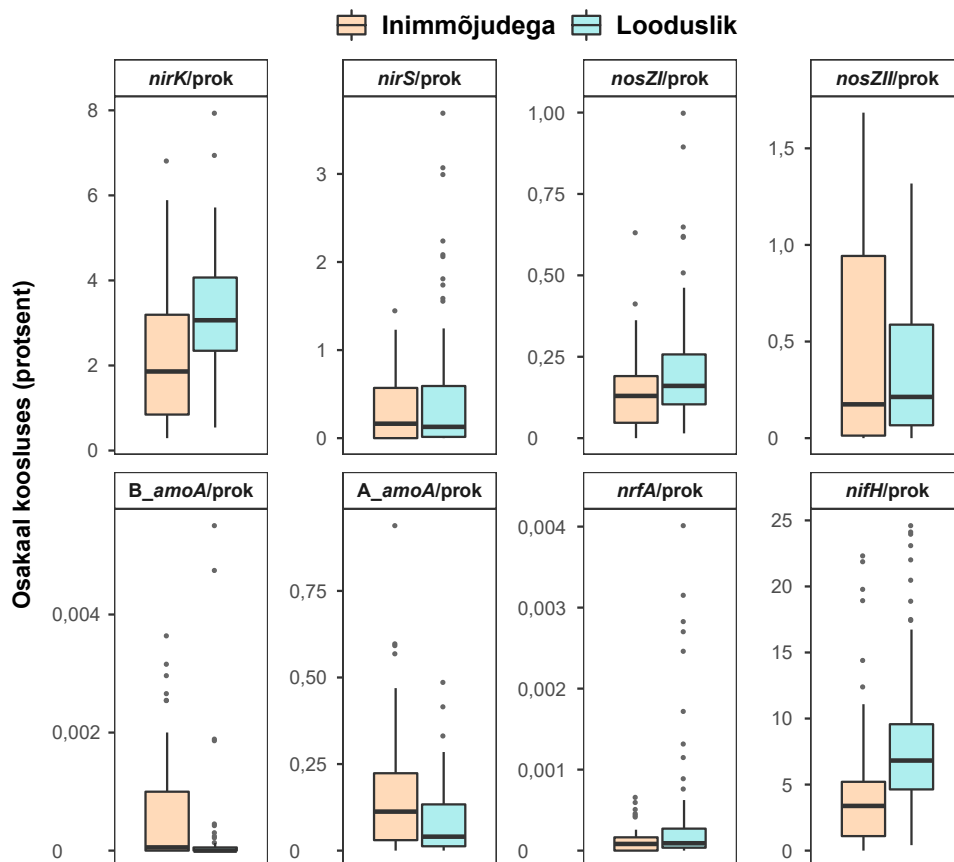
Arvukamate arhede klasside osakaalud erinesid peaaegu kõikides väljatoodud rühmades silmanähtavalt inimõjudega ja looduslike alade vahel (joonis 2). See tähendab, et inimõjudega aladel oli *Thermoplasmata*, „Group 1.1c“ ja *Nitrososphaeria* osakaal märgatavalt suurem ning *Bathyarchaeia*, *Methanomicrobia*, *Woesearchaeia* ja *Methanobacteria* osakaal märgatavalt väiksem kui looduslikel aladel.

### 3.3. Lämmastikuringe protsesside geneetiline potentsiaal ja neid mõjutavad tegurid

Denitritseerijaid (geenidega *nirK*, *nosZI*, *nosZII*), arhedest nitritseerijaid (arhede *amoA*) ja N<sub>2</sub> fikseerijaid (*nifH*) suudeti määrata kõikidelt uuritud aladelt. Täielikult puudusid denitritseerijad geeniga *nirS* Borneo põllumajanduslikult alalt ja DNRA (*nrfA*) protsess Prantsuse Guajaana kuivendatud turbaalalt (Espenberg *et al.*, 2018). Lisaks sellele ei olnud üldse bakteritest nitritseerijaid (bakterite *amoA*) Borneo, Prantsuse Guajaana või Pantanali prooviaaladel. ANAMMOX-i protsessi troopiliste turbaalade pealmistes kihtides ei toimu, sest vastavaid genee ei suudetud määrata üheltki prooviaalalt qPCR meetodil, ning samuti ei leidunud neid viit teadaolevat ANAMMOX-i bakterite perekonda („*Ca. Brocadia*“, „*Ca. Kuenenia*“, „*Ca.*

Anammoxoglobus“, „*Ca. Jettenia*“ ja „*Ca. Scalindua*“ (Jetten *et al.*, 2010)) mikroobi-koosluses.

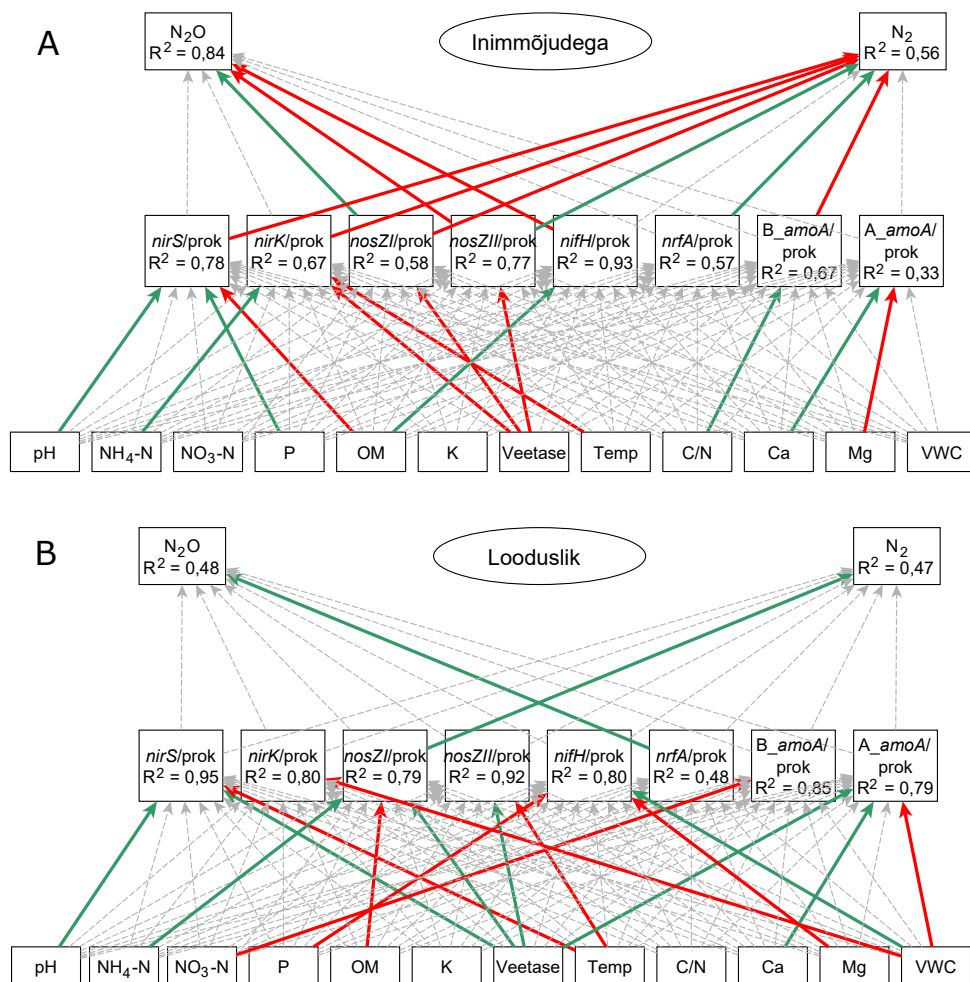
Inimmõjutustega ja looduslike alade vahel polnud erinevusi *nirS*, *nosZII* ja arhede *amoA* geenide osakaalul prokarüootidest (joonis 3). Samal ajal olid *nirK* ( $p < 0,001$ ), *nosZI* ( $p < 0,05$ ), *nrfA* ( $p < 0,05$ ) ja *nifH* ( $p < 0,001$ ) osakaalud oluliselt suuremad ja bakterite *amoA* ( $p < 0,01$ ) osakaalud väiksemad looduslikel aladel võrreldes inim-  
mõjutustega aladega.



**Joonis 3.** Lämmastikuringes osalevate geenide osakaal prokarüootidest inimõjudega ja looduslikel troopilistel turbaaladel ( $p < 0,05$  kõigil juhtudel v.a *nirS*, *nosZII* ja arhede *amoA* geeni puhul). Karp-vurrud diagramm näitab mediaani (must joon), alumise ja ülemise kvartiili (karp), 95% usaldusvahemikkude (vurrud), võõrväärtuste (punkt) väärtusi. Lühendid: prok – prokarüoodid, B\_amoA – bakterite *amoA*, A\_amoA – arhede *amoA*

**Figure 3.** Nitrogen cycle gene proportions in the soil prokaryotic community of managed and natural tropical peatlands ( $p < 0.05$  in all cases except for *nirS*, *nosZII* and archaeal *amoA* genes). Box and whiskers plot showing median (black line), 25 and 75% median quartiles (box), 95% confidence interval (whiskers), and outlier (dot) values. Abbreviation: prok – prokaryotes, B\_amoA – bacterial *amoA*, A\_amoA – archaeal *amoA*

Looduslike ja inimmõjutustega turbaalade füüsikalise-keemiliste ja mikrobioloogiliste andmete seostamisel selgus, et peamiselt veetaseme muutus ja temperatuur kontrollivad denitrifitseerijate osakaalusid (joonis 4). Lisaks sellele nähtub, et bakteritest ja arhedest nitrifitseerijad sõltuvad üsna erinevatest füüsikalise-keemilistest parameetritest ja keskkonnaparameetrid kirjeldavad üsna kehvasti DNRA protsessi.



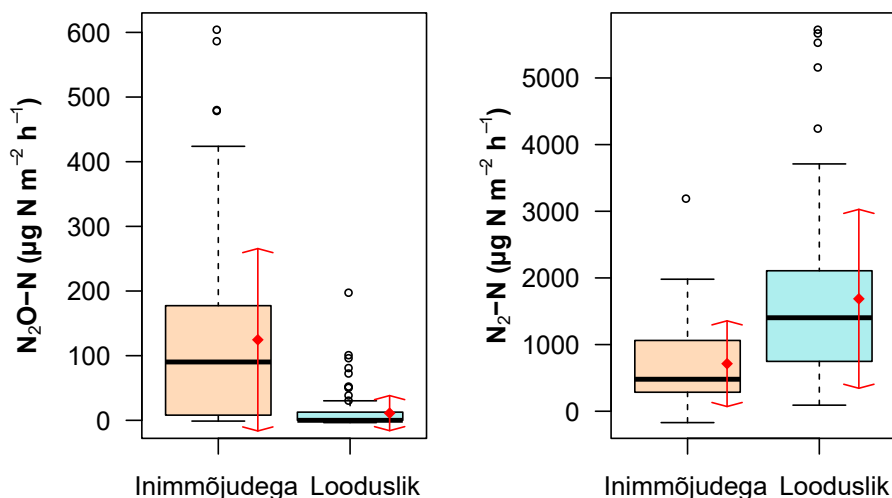
**Joonis 4.** Korrelatsioonivõrgustikud ( $p < 0,05$ ) inimmõjudega (A) ja looduslikel (B) troopilistel turbaaladel lineaarsete segamudelite alusel. Lühendid: *B\_amoA* – bakterite *amoA*, *A\_amoA* – arhede *amoA*, Temp – temperatuur, VWC – mullaniiskus

**Figure 4.** Correlation networks ( $p < 0,05$ ) for managed (A) and natural (B) tropical peatlands based on linear mixed effects modeling. Abbreviation: *B\_amoA* – bacterial *amoA*, *A\_amoA* – archaeal *amoA*, Temp – temperature, VWC – volumetric water content



### 3.4. $N_2O$ ja $N_2$ vood ja nende seosed mikrobioloogiliste parameetritega

$N_2$  ja  $N_2O$  emissioonid on vastandlikud inimõjutustega ja looduslikelt troopilistelt turbaaladelt (joonis 5). Ka varasemad uuringud on näidanud troopiliste turbaalade tähtsust kasvuhoonegaasi  $N_2O$  suhtes (Pärn *et al.*, 2018). Inimõjutustega aladelt on  $N_2O$  voog keskmiselt 92,9% suurem ning  $N_2$  voog on 57,7% madalam võrreldes looduslike aladega. Lisaks sellele muutuvad pärast inimtegevust täielikult mehhanismid, mis juhivad gaasiemissioone (joonis 4). Looduslikel aladel on  $N_2O$  ja  $N_2$  emissioon seotud positiivselt vastavalt *nrfA* ja *nosZI* geeni omavate mikroorganismidega. Inimõjutudega alal on  $N_2$  emissioon negatiivselt seotud bakteritest nitrifitseerijatega ning *nirS*, *nirK* ja *nosZI* geeni omavate mikroobidega, kuid positiivselt organismidega, kel on *nosZII* või *nrfA* geenid.  $N_2O$  voogu juhivad inimtegevusega mõjutatud alal mikroorganismid *nosZII* geeniga. Nendele seostele võrreldavaid tulemusi näitab ka Prantsuse Guajaana troopiliste turbaalade uuring (Espenberg *et al.*, 2018).



**Joonis 5.**  $N_2O$  ja  $N_2$  emissioonide erinevused inimõjutudega ja looduslikel troopilistel turbaaladel ( $p < 0,001$  mõlemal juhul). Karp-vurrud diagramm näitab mediaani (must joon), alumise ja ülemise kvartiili (karp), 95% usaldusvahemikkude (vurrud) ja võõrväärtuste (tühi punkt) väärtusi ning keskmise (punane punkt) ja standardhälbe (punane nool) väärtusi

**Figure 5.** Differences between  $N_2O$  and  $N_2$  emissions in managed and natural tropical peatlands ( $p < 0.001$  in both cases). Box and whiskers plot showing median (black line), 25 and 75% median quartiles (box), 95% confidence interval (whiskers), outlier (empty dot) and mean (red dot) and standard deviation (red arrows) values

#### 4. Kokkuvõte

Looduslikel turbaaladel on lämmastikuringe väljakujunenud väga pika aja jooksul ja on üle troopilise regiooni üsna sarnane, kuid mitmesugused häiringud (nt kuivendamine, põllumajandus) muudavad seda oluliselt. Inimtegevuse tulemusel toimusid muutused nii bakterite kui ka arhede koosluses. Seega suurenes inimtegevuse tulemusel turbas bakterite hõimkondade *Acidobacteria* ja WPS-2 osakaal, kuid vähenes hõimkondade *Proteobacteria* ja *Firmicutes* osakaal. Arhede rolli muutustele reageerimises võib ehk pidada isegi tähtsamaks, sest toimusid selged nihked pea kogu mikroobikoosluse struktuuris: klasside *Thermoplasmata*, „Group 1.1c“ ja *Nitrososphaeria* osakaal suurenes ning *Bathyarchaea*, *Methanomicrobia*, *Woesearchaea* ja *Methanobacteria* osakaal vähenes inimtõjudega aladel võrreldes looduslike aladega. Inimtõjutused muutsid troopilistel turbaaladel peale bakterite ja arhede arvukuse ka oluliselt selliste geenide arvukusi, mis kodeerivad erinevaid lämmastikuringe protsesse läbiviivaid ensüüme. Looduslikke alasid iseloomustas suurem nitriti redutseerimise (*nirK*), N<sub>2</sub>O redutseerimise (*nosZI*), DNRA (*nrfA*) ja N<sub>2</sub> fikseerimise (*nifH*) potentsiaal, kuid nitrifikatsiooni (bakterite *amoA*) potentsiaal oli seal võrreldes inimtõjudega turbaalaga väiksem. ANAMMOX-i protsess ei mängi olulist rolli troopilistel turbaaladel. Kui looduslikul alal oli N<sub>2</sub>O emissioon seotud peamiselt DNRA protsessiga ja N<sub>2</sub>O redutseerimist kontrollisid *nosZ* klaad I geeni omavad mikroobid, siis inimtõjudega alal olid N<sub>2</sub>O redutseerijateks pigem *nosZ* klaad II geeni kandvad organismid. Inimtegevuse tulemusel keskkonnatingimuste muutudes toimus nihe ka DNRA protsessis, mis oli seotud siis hoopis N<sub>2</sub> emissiooniga. Inimtegevuse mõjud avaldavad tohutut efekti troopilise turbaala mikroobikooslusele ja lämmastikuringe võtmegeenidele ning seeläbi ka gaasiemissioonidele, mida näitab see, et N<sub>2</sub>O voog atmosfääri suureneb selle tõttu ca 14-kordselt, kuid samal ajal N<sub>2</sub> voog väheneb veidi enam kui kahekordselt.

#### Tänu

Uurimistöö on valminud tänu Eesti Teadusagentuuri (grandid IUT2-16, PRG352) ja Euroopa Liidu Regionaalarengu Fondi teaduse tippkeskuse (EcolChange: Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes) toetusele.

## Kirjandus

- Abdalla, M., Hastings, A., Truu, J. et al. 2016.** Emissions of methane from northern peatlands: a review of management impacts and implications for future management options. *Ecology and Evolution* 6(19): 7080–7102.
- APHA (American Public Health Organisation). 1989.** *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. American Public Health Organisation, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC.
- Bahram, M., Hildebrand, F., Forslund, S. K. et al. 2018.** Structure and function of the global topsoil microbiome. *Nature* 560(7717): 233.
- Bolyen, E., Rideout, J. R., Dillon, M. R. et al. 2018.** QIIME 2: Reproducible, interactive, scalable, and extensible microbiome data science. *PeerJ Preprints* 6:e27295v2, <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27295v2>.
- Cavicchioli, R., Ripple, W. J., Timmis, K. N. et al. 2019.** Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. *Nature Reviews Microbiology* 17(9): 569–586.
- Daims, H., Lebedeva, E. V., Pjevac, P. et al. 2015.** Complete nitrification by Nitrospira bacteria. *Nature* 528(7583): 504.
- Damashek, J., Francis, C. A. 2018.** Microbial nitrogen cycling in estuaries: from genes to ecosystem processes. *Estuaries and Coasts* 41(3): 626–660.
- Dargie, G. C., Lewis, S. L., Lawson, I. T. et al. 2017.** Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex. *Nature* 542(7639): 86.
- Espenberg, M., Truu, M., Mander, Ü. et al. 2018.** Differences in microbial community structure and nitrogen cycling in natural and drained tropical peatland soils. *Scientific Reports* 8(1): 4742.
- Farmer, J., Matthews, R., Smith, J. U. et al. 2011.** Assessing existing peatland models for their applicability for modelling greenhouse gas emissions from tropical peat soils. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3(5): 339–349.
- Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W. et al. 2008.** Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science* 320(5878): 889–892.
- Gruber, N., Galloway, J. N. 2008.** An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature* 451(7176): 293.
- Gumbricht, T., Roman-Cuesta, R. M., Verchot, L. et al. 2017.** An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor. *Global Change Biology* 23(9): 3581–3599.
- Hallin, S., Philippot, L., Löffler, F. E. et al. 2018.** Genomics and ecology of novel N<sub>2</sub>O-reducing microorganisms. *Trends in Microbiology* 26(1): 43–55.
- Hatano, R., Toma, Y., Hamada, Y. et al. 2016.** Methane and Nitrous Oxide Emissions from Tropical Peat Soil. *Tropical Peatland Ecosystems* (339–351). Springer, Tokyo.
- Hildebrand, F., Tadeo, R., Voigt, A. Y. et al. 2014.** LotuS: an efficient and user-friendly OTU processing pipeline. *Microbiome* 2(1): 30.
- Holland-Moritz, H., Stuart, J., Lewis, L. R. et al. 2018.** Novel bacterial lineages associated with boreal moss species. *Environmental Microbiology* 20(7): 2625–2638.
- Holmes, A. J., Costello, A., Lidstrom, M. E. et al. 1995.** Evidence that participate methane monooxygenase and ammonia monooxygenase may be evolutionarily related. *FEMS Microbiology Letters* 132(3): 203–208.

- Hutchins, D. A., Fu, F. 2017.** Microorganisms and ocean global change. *Nature Microbiology* 2(6): 17058.
- Jauhiainen, J., Silvennoinen, H., Könönen, M. et al. 2016.** Management driven changes in carbon mineralization dynamics of tropical peat. *Biogeochemistry* 129(1–2): 115–132.
- Jetten, M. S. M., Op den Camp, H. J. M., Kuenen, J. G. et al. 2010.** Description of the order Brocadiales. In Krieg, N. R., Staley, J. T., Hedlund, B. P. et al. (Eds.), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, vol. 4. Springer, Heidelberg, Saksamaa.
- Kuypers, M. M., Marchant, H. K., Kartal, B. 2018.** The microbial nitrogen-cycling network. *Nature Reviews Microbiology* 16(5): 263.
- Könneke, M., Bernhard, A. E., José, R. et al. 2005.** Isolation of an autotrophic ammonia-oxidizing marine archaeon. *Nature* 437(7058): 543.
- Leng, L. Y., Ahmed, O. H., Jalloh, M. B. 2019.** Brief review on climate change and tropical peatlands. *Geoscience Frontiers* 10(2): 373–380.
- Mulder, A., Van de Graaf, A. A., Robertson, L. A. et al. 1995.** Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor. *FEMS Microbiology Ecology* 16(3): 177–183.
- Nurulita, Y., Adetutu, E. M., Gunawan, H. et al. 2016.** Restoration of tropical peat soils: The application of soil microbiology for monitoring the success of the restoration process. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 216: 293–303.
- Pajares, S., Soto-Jiménez, M. F., Merino-Ibarra, M. 2019.** Molecular and isotopic evidence of the distribution of nitrogen-cycling microbial communities in the oxygen minimum zone of the Tropical Mexican Pacific. *FEMS Microbiology Ecology* 95(10): fiz143.
- Parish, F., Sirin, A. A., Charman, D. et al. 2008.** Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
- Pauleta, S. R., Carepo, M. S., Moura, I. 2019.** Source and reduction of nitrous oxide. *Coordination Chemistry Reviews* 387: 436–449.
- Paulson, J. N., Stine, O. C., Bravo, H. C. et al. 2013.** Differential abundance analysis for microbial marker-gene surveys. *Nature Methods* 10(12): 1200.
- Putz, M., Schleusner, P., Rütting, T. et al. 2018.** Relative abundance of denitrifying and DNRA bacteria and their activity determine nitrogen retention or loss in agricultural soil. *Soil Biology and Biochemistry* 123: 97–104.
- Pärn, J., Verhoeven, J. T., Butterbach-Bahl, K. et al. 2018.** Nitrogen-rich organic soils under warm well-drained conditions are global nitrous oxide emission hotspots. *Nature Communications* 9(1): 1135.
- Raghoebarsing, A. A., Pol, A., Van de Pas-Schoonen, K. T. et al. 2006.** A microbial consortium couples anaerobic methane oxidation to denitrification. *Nature* 440(7086): 918.
- Roots, P., Wang, Y., Rosenthal, A. F. et al. 2019.** Comammox Nitrospira are the dominant ammonia oxidizers in a mainstream low dissolved oxygen nitrification reactor. *Water Research* 157: 396–405.
- Ruijter, J. M., Ramakers, C., Hoogaars, W. M. H. et al. 2009.** Amplification efficiency: linking baseline and bias in the analysis of quantitative PCR data. *Nucleic Acids Research* 37(6): e45–e45.
- Sjögersten, S., Cheesman, A. W., Lopez, O. et al. 2011.** Biogeochemical processes along a nutrient gradient in a tropical ombrotrophic peatland. *Biogeochemistry* 104(1–3): 147–163.

- Tiedje, J. M. 1988.** Ecology of denitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium. *Biology of Anaerobic Microorganisms* 717: 179–244.
- Van Kessel, M. A., Speth, D. R., Albertsen, M. et al. 2015.** Complete nitrification by a single microorganism. *Nature* 528(7583): 555.
- Wrage, N., Velthof, G. L., Van Beusichem, M. L. et al. 2001.** Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. *Soil Biology and Biochemistry* 33(12–13): 1723–1732.
- Yoon, S., Song, B., Phillips, R. L. et al. 2019.** Ecological and physiological implications of nitrogen oxide reduction pathways on greenhouse gas emissions in agroecosystems. *FEMS Microbiology Ecology* 95(6): fiz066.
- Zehr, J. P., Jenkins, B. D., Short, S. M. et al. 2003.** Nitrogenase gene diversity and microbial community structure: a cross-system comparison. *Environmental Microbiology* 5(7): 539–554.

## Microbial nitrogen cycle and N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions in tropical peatlands

Mikk Espenberg<sup>1</sup>, Jaan Pärn<sup>1</sup>, Kuno Kasak<sup>1,2</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup> University of California, Berkeley, CA, USA

### Summary

Recent studies suggest that probably even three times more peat exists in the tropics than previously estimated. Hence, tropical peatlands have great importance in carbon cycle, but also in nitrogen cycle as management of nitrogen is more and more environmentally, ecologically and economically critical. Quantity and distribution of nitrogen is controlled through biogeochemical processes, however, the lack of knowledge regarding microbial processes governing nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions is hindering climate-change impact estimations of tropical peatlands.

The purpose of this study was to assess the abundances of soil bacteria and archaea and their potential to perform different N transformation processes in natural and managed tropical peatlands, and link these changes to N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions from the peat. The peat sampling was carried out in years 2013 to 2017 at natural and drained peatland sites of seven tropical regions (Myanmar, Borneo, Taiwan, Uganda, Florida, Pantanal, and French Guiana). A total of 188 peat samples were collected from top soil (0–10 cm). Peat pH<sub>KCl</sub>, total C, organic matter content, total N, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, total P, Ca, Mg and K values were determined. Quantitative PCR was applied to evaluate bacterial and archaeal community size by quantifying abundance of bacterial and archaeal specific 16S rRNA genes, respectively. Genetic potential of nitrogen transformation processes was evaluated by targeting the following functional genes: *nirS*, *nirK*, *nosZ* clade I and *nosZ* clade II (denitrification); *nifH* (N<sub>2</sub> fixation); *nrfA* (dissimilatory nitrate reduction to ammonium, DNRA); bacterial and archaeal *amoA* (nitrification); and ANAMMOX-specific 16S rRNA genes (anaerobic ammonium oxidation). During the peat sampling, in situ N<sub>2</sub>O emission measurements were conducted using a closed

chamber technique. In addition, potential N<sub>2</sub> emissions were measured from the soil using helium-atmosphere soil incubation technique in the laboratory.

*Proteobacteria* and *Acidobacteria* were the most dominant bacterial phyla in most sites, but differed in proportions. The most abundant archaeal classes were *Thermoplasmata*, *Methanobacteria* and *Methanomicrobia* in natural sites and *Thermoplasmata*, *Thaumarchaeota* Group 1.1c archaea and *Nitrososphaeria* in managed sites. The management of tropical peatlands changed abundances of *nirK*, *nosZI*, *nrfA*, *nifH* and bacterial *amoA* gene-possessing microbial communities. The main reducers of N<sub>2</sub>O at the managed sites were microbes harbouring *nosZ* clade II genes while the main reducers of N<sub>2</sub>O at natural sites were microbes possessing *nosZ* clade I genes. The management reduced the denitrification and N<sub>2</sub>-fixing potential in tropical peatlands. The *nrfA* gene-possessing microbes (DNRA) play an important role and ANAMMOX process plays a minor role in tropical peatlands. The potential for N<sub>2</sub> emission were lower and the N<sub>2</sub>O flux was higher at the managed sites compared to the natural sites in tropical peatlands.

## Kasvuhoonegaaside mõõtmine Amasoonia soodes

Jaan Pärn<sup>1</sup>, Kaido Soosaar<sup>1</sup>, Thomas Schindler<sup>1</sup>,  
Kateřina Macháčová<sup>2</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Tšehhi Teaduste Akadeemia, CzechGlobe

### 1. Sissejuhatus

Sood hoiavad endas pinnaühiku kohta erakordselt suurt süsiniku ja lämmastiku hulka, mis looduslike ja inimtekkeliste häiringute tagajärjel võivad paiskuda kasvuhoonegaasidena atmosfääri ja reostada veekogusid (Lähteenoja *et al.*, 2009; Page *et al.*, 2011; Scharlemann *et al.*, 2014; Gumbrecht *et al.*, 2017). Häiringutele eriti aldis on troopilised sood, kuna nendes puudub talvine puhkeaeg ning pidev palavus ja niiskus käitab aineringeid aasta läbi. Ligi pool troopilistest soodest paikneb Amasoonia madalikul (Lähteenoja *et al.*, 2009; Leifeld, Menichetti, 2018). Suurem osa sellest on küll tänapäevasele metsa- ja kuivendustehnikale ligipääsmatu ja seetõttu inimtegevusest puutumata.



**Joonis 1.** Troopilise palmisoometsa panoraam Quistococha vaatlustornist. Foto: Uno Andreas Tavast

**Figure 1.** Skyline of tropical swamp forest from the Quistococha eddy tower

Troopilisi vihmametsi peetakse maakera kopsudeks. Vana vihmamets tõepoolest toodab fotosünteesi käigus süsihappegaasist (CO<sub>2</sub>) hapnikku, ladustades süsinikku puude biomassi. Toodetuga võrdse hapnikuhulga kulutab mets aga hingamisele, eriti kõdunemisele. Teine olukord on soometsas, mis võib küll sajandeid rikastada atmosfääri hapnikuga ja ladustada süsinikku kõrge veetasemega ja seetõttu hapnikuta turbasse (Lähteenoja *et al.*, 2009; Jauhiainen *et al.*, 2012). Hapnikuta biomassi lagunemisel tekib aga metaan (CH<sub>4</sub>), mis on kasvuhoonegaasina süsihappegaasist 28 korda tugevam. Häirimata soometsas aga kaalub turba juurdekasvus salvestatav süsinik üles biomassi lagunemisel tekkivad kasvuhoonegaasid (Hergoualc'h, Verchot, 2011; Mitsch *et al.*, 2013; Hoyos-Santillan *et al.*, 2015; Jauhiainen *et al.*, 2016). Häirimata soomets seega jahutab kliimat.

Keerulisem kasvuhoonegaaside bilanss on looduslikult või inimtegevusest häiritud soometsas. Amasoonias on see tüüpiliselt palmi enamusega (van Lent *et al.*, 2019). Kõikuv veetase võib põhjustada turba intensiivset mittetäielikku lagunemist. Seejuures turba hapnikurikastes osakestes tekib CO<sub>2</sub>, hapnikuta osades CH<sub>4</sub> (Teh *et al.*, 2005, 2017; van Lent *et al.*, 2019) ja vahelduva hapnikusaldusega turbas naerugaas N<sub>2</sub>O (Rubol *et al.*, 2012; Pärn *et al.*, 2018). N<sub>2</sub>O (naerugaas) on süsihappegaasist 265 korda tugevam kasvuhoonegaas (IPCC, 2013) ja peamine inimtekkeline stratosfääri osoonikihi lõhkuja (Ravishankara *et al.*, 2009). Näiteks Pangala ja kolleegid (2017) ning Figueiredo ja kolleegid (2019) mõõtsid Amasoonia lammimetsade alt maapinnalt ja puutüvedest ülisuuri metaani ja naerugaasi heitmeid. Nende tekke mehhanism on aga selgusetu.

## 2. Eesmärk

Eesmärgiga selgitada kasvuhoonegaaside bilanssi Amasoonia soodes, reisisid Tartu Ülikooli geograafid 2019. aasta septembris Peruu Amasoonia pealinna Iquitosesse. Koostöös Peruu Amasoonia Ülikooli ja Peruu Amasoonia Instituudi teadlastega võrdlesime kolme häiritusega uurimisala:

- 1) looduslike üleujutuste ja aastaajalise pinnase pealekandega võnk-buritipalmi (*Mauritia flexuosa*) enamusega soomets, kus turba paksus on mitu meetrit (S3,8344°; W73,3189°) (joonised 1, 2);
- 2) mahajäetud karjamaast ja banaaniistandusest 12 aastaga kujunenud liigirikas nõlvasoomets, turvast 0...10 cm (S3,8362°; W73,3625°);
- 3) kütisega rajatud maniokipõld, turvast 0...10 cm (S3,8504°; W73,3769°) (joonis 3).

Maapinnalt pimekambriga ja puutüvelt läbipaistva kambriga kolmel kõrgusel (juurekaelal, 1 m ja 2 m) mõõtsime kolmel ülal nimetatud alal kasvuhoonegaaside emissioone. Taustaks mõõtsime põhjaveetaset, 8 cm sügavuse mulla niiskust (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), mullatemperatuuri, vee ja 10 cm sügavuse mulla hapnikusaldust (O<sub>2</sub>) ning pH väärtust.





**Joonis 2.** Kollaaž kasvuhoonegaaside kogumisest loodusliku häiritusega palmisoometsas. Foto: Ülo Mander

**Figure 2.** Photomontage of greenhouse gas sampling in the naturally disturbed palm swamp forest

### 3. Tulemused ja arutelu

Suurim pimekambriga mõõdetud  $\text{CO}_2$  ehk sisuliselt mulla hingamine toimus nõlvasoos: jalamil  $80 \text{ mg CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  ja ülemises osas  $150 \text{ mg CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Looduslik soomuld hingas  $99 \text{ mg CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  ja kuiva turbapinnaga põld  $88 \text{ mg CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Seega süsihappegaasi vood olid märkimisväärsed, kuid aladevaheline erinevus polnud suur. Samuti selgus, et mulla hingamine ei seostunud mulla hapnikusisaldusega. Võimalik, et aladevahelised erinevused tulenesid hoopis süsiniku ja lämmastiku kättesaadavusest (Jauhiainen *et al.*, 2016). Samuti ei arvestanud meie mõõtmised puude fotosünteesi ja hingamist, mis on oluline osa kogu metsa  $\text{CO}_2$ -bilansist.

Metaani emissioon oli suurem märgadel aladel, see teadmine on leidnud kinnitust ka varasemates uuringutes (Teh *et al.*, 2005, 2017; Pangala *et al.*, 2017; van Lent *et al.*, 2019). Nii paiskus nõlvasoo jalami mullast atmosfääri  $3900 \text{ } \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , loodusliku soometsa palmide alt mullast  $2100 \text{ } \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  ja kluusialiste sugukonna lehtpuu *Symphonia globulifera* alt maapinnast  $1100 \text{ } \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Palmitüved



**Joonis 3.** Kasvuhoonegaaside proovivõtuvaramus ja mulla O<sub>2</sub>-andur nõlvasoole kütisega rajatud maniikipõllul. Foto: Uno Andreas Tavast

**Figure 3.** Greenhouse gas sampling equipment and soil O<sub>2</sub> sensor at the slash-and-burn cassava field

ise eritasid 1400 µg CH<sub>4</sub>-C tüve m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, samal ajal kui *Symphonia* tüved eritasid vaid 6,1 µg CH<sub>4</sub>-C tüve m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Kuiv maniikipõld samal ajal sidus 53 µg CH<sub>4</sub>-C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.

Naerugaasi emissioon oli ootuspäraselt suur looduslikus soometsas (Figueiredo *et al.*, 2019) – palmide alt maapinnalt paiskus atmosfääri 310 µg N<sub>2</sub>O-N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ja *Symphonia*-puude alt 130 µg N<sub>2</sub>O-N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Need on TÜ geograafia osakonna uuritud maailma soode ühed suuremad naerugaasi vood (Pärn *et al.*, 2018). Mullanäitajates aga, erinevalt varasemast, ei viidanud miski häiringule, mis teoreetiliselt peaks olema N<sub>2</sub>O heitme vältimatu eeldus (Rubol *et al.*, 2012; Pärn *et al.*, 2018): veetase oli –12...–3 cm, mullaniiskus 81–85% ja mulla O<sub>2</sub> vaid kuni 0,5% küllastunud. Võimalik, et suurem osa naerugaasist toodeti maapinna lähedal mõne sentimeetri sügavuse piires, kus me mullanäitajaid ei mõõtnud. Samal ajal põhjavesi oli hapnikuga küllastunud (100%). Puutüvede N<sub>2</sub>O heide oli praktiliselt 0. Enam häiritud aladel toodeti N<sub>2</sub>O küll arvestatavas koguses, kuid looduslikust soost kümnekordselt vähem: nõlvasoos (veetase –9...–70 cm, mullaniiskus 18...83%, muld O<sub>2</sub> 1,0...88% küllastunud, põhjavesi 100% O<sub>2</sub> küllastunud) 29 µg N<sub>2</sub>O-N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> ja põllul (veetase –600 cm, mullaniiskus 15...24% ja mulla O<sub>2</sub> 85...87% küllastunud) 37 µg N<sub>2</sub>O-N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.



#### 4. Järeldus

Meie andmetel paiskas 2019. aasta septembris üllatuslikult enim CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O õhku looduslik palmisoomets. Suure CH<sub>4</sub> heitme põhjus oli kõrge veetase ja sellest tekkinud mulla hapnikupuudus. Suure N<sub>2</sub>O heitme põhjusi aitavad tõlgendada veel laboris analüüsimisel olevad mullaproovid ja edaspidi Peruu kolleegide tehtavad kasvuhoonegaaside ja taustaandmete vaatlused. Kuivõrd puude fotosünteesis salvestuv ja pealekantav süsinik ning puuvõrades tarbitav CH<sub>4</sub> ületab muud kasvuhoonegaasivood, selgitavad käesoleva artikli esiautori poolt puutüvedest puuritid juurdekasvuproovid (aastarõngad) ning metsa kohal tornitipus paikneva IIAP mõõtejaama andmed.



Joonis 4. Ekspeditsioonil osalejate rühmapilt. Autor: Ülo Mander

Figure 4. Group photo of expedition participants

#### Tänuavaldus

Käesolevat tööd rahastasid Euroopa Regionaalarengu Fond (MOBERC20 ERC granditaotlemise toetus, ENVIRONi ja EcolChange'i tippkeskused ning MOBTP101 tagasipöörduva teadlase toetus) ja Eesti Teadusagentuur (grandid IUT2-16 ja

PUTJD618). Välitöid aitasid korraldada ja löid neil kaasa Rodil Tello Espinoza, Lizardo Manuel Fachín Malaverri, Tedi Pacheco Gomez, Robinson I. Negron-Juarez, Waldemar Alegría, Jose David Urquiza Muñoz, Alar Teemusk, Jhon Ever Rengifo Marin, Uno Andreas Tavast, José Luis Jibaja Aspajo, Danika Journeth Garay Dinis, Edgar Peas Garcia, Ronal Huaje Wampuch ja Adriana Gabriela Arista Oversluijs.

## Kirjandus

- Figueiredo, V., Pangala, S. R., Peacock, M. et al. 2019.** Contribution of trees to the N<sub>2</sub>O budget of Amazon floodplain forest. *Geophysical Research Abstracts* 21: EGU2019-18212.
- Gumbricht, T., Roman-Cuesta, R. M., Verchot, L. et al. 2017.** An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor. *Global Change Biology* 23: 3581–3599.
- Hergoualc’h, K., Verchot, L. V. 2011.** Greenhouse gas emission factors for land use and land-use change in Southeast Asian peatlands. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 6: 789–807.
- Hoyos-Santillan, J., Lomax, B. H., Large, D. et al. 2015.** Getting to the root of the problem: litter decomposition and peat formation in lowland Neotropical peatlands. *Biogeochemistry* 126: 115–129.
- IPCC 2013.** Climate change 2013: The physical science basis. Cambridge University Press, 1522 lk.
- Jauhiainen, J., Hooijer, A., Page, S. E. 2012.** The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Biogeosciences* 9: 617–630.
- Jauhiainen, J., Silvennoinen, H., Könönen, M. et al. 2016.** Management driven changes in carbon mineralization dynamics of tropical peat. *Biogeochemistry* 119: 115–132.
- Leifeld, J., Menichetti, L. 2018.** The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nature Communications* 9: 1071.
- van Lent, J., Hergoualc’h, K., Verchot, L. et al. 2019.** Greenhouse gas emissions along a peat swamp forest degradation gradient in the Peruvian Amazon: soil moisture and palm roots effects. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 24: 625–643.
- Lähteenoja, O., Ruokolainen, K., Schulman, L. et al. 2009.** Amazonian peatlands: an ignored C sink and potential source. *Global Change Biology* 15: 2311–2320.
- Mitsch, W. J., Bernal, B., Nahlik, A. M. et al. 2013.** Wetlands, carbon, and climate change. *Landscape Ecology* 28: 583–597.
- Page, S. E., Rieley, J. O., Banks, C. J. 2011.** Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology* 17: 798–818.
- Pangala, S. R., Enrich-Prast, A. Basso, L. S. et al. 2017.** Large emissions from floodplain trees close the Amazon methane budget. *Nature* 552: 230–234.
- Pärn, J., Verhoeven, J., Butterbach-Bahl, K. et al. 2018.** Nitrogen-rich organic soils under warm well-drained conditions are global nitrous oxide emission hotspots. *Nature Communications* 9: 1135.
- Ravishankara, A. R., Daniel, J. S., Portmann, R.W. 2009.** Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O): the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *Science* 326: 123–125.

- Rubol, S., Silver, W. L., Bellin, A. 2012. Hydrologic control on redox and nitrogen dynamics in a peatland soil. *Science of the Total Environment* 432: 37–46.
- Scharlemann, J. P. W., Tanner, E. V. J., Hiederer, R. *et al.* 2014. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management* 5: 81–91.
- Teh, Y. A., Silver, W. L., Conrad, M. E. 2005. Oxygen effects on methane production and oxidation in humid tropical forest soils. *Global Change Biology* 11: 1283–1297.
- Teh, Y. A., Murphy, W. A., Berrio, J.-C. *et al.* 2017. Seasonal variability in methane and nitrous oxide fluxes from tropical peatlands in the western Amazon basin. *Biogeosciences* 14: 3669–3683.

## Greenhouse gas measurement in Amazonian peatlands

Jaan Pärn<sup>1</sup>, Kaido Soosaar<sup>1</sup>, Thomas Schindler<sup>1</sup>, Kateřina Macháčová<sup>2</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup> CzechGlobe, Czech Academy of Sciences

### Summary

Peatlands are an enormous sink of carbon and nitrogen. Natural and human disturbances may release them as greenhouse gases or water pollutants. Tropical peatlands have especially intensive matter cycling. Amazonia holds almost a half of tropical peatlands. Most of it is inaccessible to current forestry and drainage machinery and thus untouched by man. Tropical rainforest has been labelled 'lungs of the Earth'. While photosynthesis in mature forests does sequester carbon in biomass, they respire an equal amount of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). Only swamp forests may sequester carbon in wet anoxic peat for centuries. However, anoxic decomposition of peat yields methane (CH<sub>4</sub>) and suboxic denitrification releases nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), which have a high global warming potential per molecule. In undisturbed peatlands, carbon sequestration outweighs greenhouse gas emissions. Greenhouse gas budgets are more complicated in disturbed peatlands. With an objective to clarify the greenhouse gas budget of tropical peatlands, the Department of Geography, UT held a measurement campaign in Iquitos, Peruvian Amazon in September 2019. We compared the greenhouse gas budgets, using opaque chambers, and measured their potential environmental factors in three sites under different disturbance histories: 1) a *Mauritia flexuosa* palm dominated natural swamp forest disturbed by annual floods, 2) slope swamp forest grown in 12 years on fallow pasture and banana plantation, and 3) slash-and-burn cassava field. The slope swamp respired the most CO<sub>2</sub> while site differences were not large and may have been offset by photosynthesis (which we did not measure). Wet swamp forest sites, especially palm trunks, emitted large quantities of CH<sub>4</sub>. Surprisingly the natural swamp forest floor emitted huge amounts of N<sub>2</sub>O which we could not link to any direct physical or chemical measure of disturbance. The top few centimeters of peat, where we lacked environmental measurements, might have produced the N<sub>2</sub>O. Analyses of peat chemistry, tree increment and eddy-covariance data will further clarify the greenhouse gas budgets. Our Peruvian colleagues will keep on monitoring the sites.

## Põllumajandusliku hajukoormuse vähendamine avaveelise tehismärgala abil

Keit Kill<sup>1</sup>, Rauno Lust<sup>1</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>, Kuno Kasak<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> California ülikool, USA

### 1. Sissejuhatus

Kasvava inimkonna aina suurenev vajadus ja nõudlus toidu järele mõjutab oluliselt põllumajandust ja muudatusi maakasutuses. Suurema ja parema saagi saamiseks muudetakse aina uusi maid põllumaadeks ning kasutatakse väetisi, mis omakorda mõjutab ka veekogudesse jõudvate taimetoitainete ja kemikaalide hulka (Pärn *et al.*, 2018). Toitainete suurenenud ärakanne haritavatelt maadelt põhjustab vee kvaliteedi halvenemist, veetaimede vohamist, elurikkuse vähenemist ja muid eutrofeerumisega kaasnevaid probleeme (Ronnberg, Bonsdorff, 2004; Bouraoui, Grizzetti, 2011). Hajukoormuse päritolu ja levikut maastikus on keeruline avastada ja kontrollida nende suure ulatuse ja hajusa iseloomu tõttu. Samuti mõjutab ilmastik ja inimtegevus hajukoormuse levikut (Borin, Tocchetto, 2007), mistõttu on väga oluline hajukoormust ennetada. Sätestatud ja välja töötatud on küll mitu regulatsiooni ja meetmekava (veeseadus, 2019; ELi nõukogu direktiiv 91/676/EMÜ; veemajanduskavad, hea põllumajandustava), kuid toitained jõuavad endiselt veekogudesse ning on oluline kasutada efektiivseid meetmeid hajukoormuse vähendamiseks, näiteks rajada avaveelise tehismärgalad ning muuta nende rajamine maaomanikele ja põllumeestele atraktiivsemaks.

Tehismärgalad suudavad efektiivselt vähendada toitainete sisaldust veekogudes ning parandada veekogude kvaliteeti looduslike protsesside kaudu, milleks peamiselt on settimine, taimedepoolne toitainete omastamine, mikrobioloogilised protsessid ja filtratsioon (Kadlec, Wallace, 2009; Mitsch, Gosselink, 2015). Peale selle on tehismärgaladel teisi tähtsaid omadusi, näiteks nad suurendavad elurikkust, loovad elupaiku kahepaiksetele, lindudele ja loomadele, neid saab kasutada vee reservuaarina põuaperioodil ning nad aitavad puhverdada tugevaid sadusid (Kadlec, Wallace, 2009; Mitsch, Gosselink, 2015).

Olenevalt märgala asukohast jõe või oja suhtes, kust märgalasse vesi tuleb, eristatakse kahte rajamisviisi: voolusängi rajatud ja voolusängi kõrvale rajatud märgalad. Vooluveekogu kõrvale rajatud tehismärgalasse juhitakse vaid umbes 30% jõe või oja veest (Mander *et al.*, 2017; Tournebize *et al.*, 2017), kuid otse voolusängile

rajatud märgala läbib kogu oja või jõe vesi ning erinevad toitained vähendavad puhastusprotsessid saavad parandada kogu veekogu kvaliteeti selles lõigus (Bendoricchio *et al.*, 2000; Darwiche-Criado *et al.*, 2017; Dal Ferro *et al.*, 2018). Kuigi voolusäangi rajatud märgalad aitavad vähendada hajukoormust kogu veekogus, pole need sellegipoolest väga levinud. Voolusäangi rajatud tehismärgala vooluhulk ja seetõttu ka toitainete puhastusefektiivsus on muutlikum kui voolusäangi kõrvale rajatud märgala puhul, kuid tänu suuremale vooluhulgale suudavad need paremini puhverdada tormivett (Braskerud, 2002a; Braskerud, 2002b; Tanner, Kadlec, 2013; Arheimer, Pers, 2017). Voolusäangi rajatud avaveelised tehismärgalad on tugevalt mõjutatud ilmastikust ja vooluhulgast ning toitainete eemaldamise efektiivsus on seotud märgala/valgala pindala suhtega, mis peaks olema vähemalt 0,5%, et soodustada piisavat vee viibeaga süsteemis, mille jooksul erinevad puhastusprotsessid saavad toimuda (Koskiaho *et al.*, 2003; Koskiaho, Puustinen, 2005).

Varasemate uuringute kohaselt on avaveelised tehismärgalad olnud võrdlemisi efektiivsed põllumajandusest tulenevate toitainete, eriti lämmastiku ja fosfori, vähendamisel (Diaz *et al.*, 2012; Johannesson *et al.*, 2017; Tonderski *et al.*, 2005; Kynkaanniemi *et al.*, 2013; Grinberga, Lagzdins, 2017). Sellegipoolest võivad need efektiivsused mitmete parameetrite tõttu suuresti kõikuda, näiteks peamised faktorid, mis puhastusefektiivsust mõjutavad, on vooluhulk, märgala/valgala suhe, taimestik ja temperatuur (Tanner, Kadlec, 2013; Tonderski *et al.*, 2005). Üldfosfori puhastusefektiivsus on kõikunud erinevates uuringutes 3–80% (Koskiaho *et al.*, 2003; Diaz *et al.*, 2012; Johannesson *et al.*, 2017; Tonderski *et al.*, 2005; Kynkaanniemi *et al.*, 2013; Grinberga, Lagzdins, 2017). Üldlämmastiku ja nitraatlämmastiku puhastusefektiivsused on küündinud kuni 36% ja 50%-ni (Koskiaho *et al.*, 2003; Tournebize *et al.*, 2015), kuid on saadud ka palju madalamaid tulemusi, vaid 3–15% (Braskerud, 2002a).

Üks lisafaktor, mis mõjutab märgala võimekust eemaldada veest toitained, on toitainetega reostunud põhjavee sissetung märgalasse. See suurendab vooluhulka märgalas (Tanner *et al.*, 2005), mis omakorda vähendab vee viibeaga süsteemis ja puhastusprotsesside toimimisaega. Lisaks võib põhjavesi suurendada toitainete hulka märgalas, kui põhjavesi sisaldab eelnevalt suuremaskontsentratsioonid toitained. Põhjavesi sisaldab enamasti mõnda iooni, mis pole pinnaveele iseloomulikud, ning nende ionide tõttu on põhjavee elektrijuhtivus enamasti suurem (Eser, Rosen, 1999; Cirpka *et al.*, 2007). Seega põhjavee sissetung märgalasse võib olla märgatav suurenenud elektrijuhtivuse ning nende ionide kontsentratsioonide suurenemise kaudu. Lisaks on põhjavesi madalama temperatuuriga kui pinnavesi ning märgalasse jõudes võib jahutada ka märgalas olevat vett, mis pärsib mikroorganismide aktiivsust ja puhastusprotsesse.

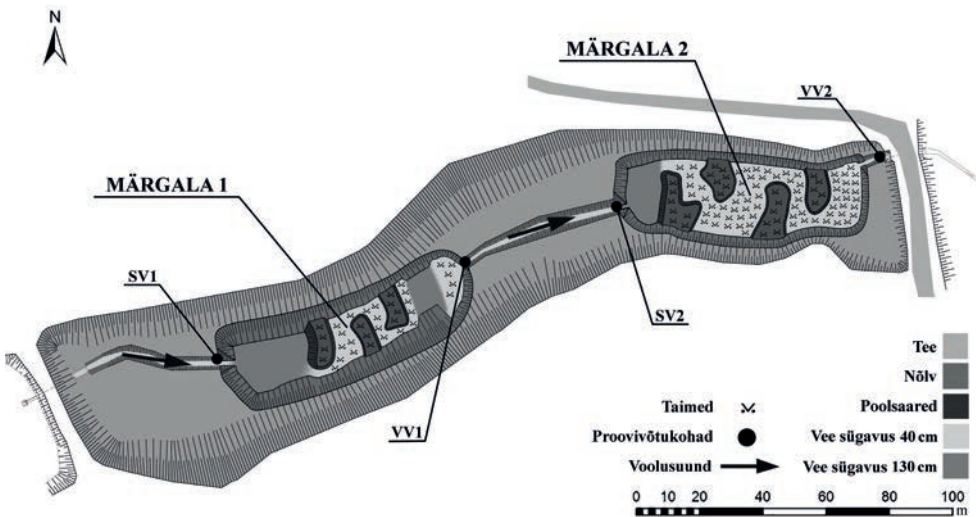
Käesoleva uuringu eesmärk on hinnata voolusäangile rajatud avaveelise tehismärgala efektiivsust põllumajandusliku hajukoormuse vähendamiseks.

## 2. Materjal ja meetoodika

### 2.1. Uuringuala kirjeldus

Vända avaveeline tehismärgala (58° 17' N, 26° 43' E) asub Lõuna-Eestis 258 km<sup>2</sup> suurusega Põrijõe valgjalal. Vända märgala valgala on sellest 2,2 km<sup>2</sup>. Ligikaudu 62% Vända alamvalgjalast on pidevalt haritav põllumaa, 32% on looduslikud alad ning 8% aladest on muu kasutusega. Vända märgala asub parasvöötmes kliimas, kus vegetatsiooniperiood kestab aprilli lõpust septembrini. Lähedal asuva Tartu observatooriumi kohaselt on keskmine aastane õhutemperatuur 6,3 °C ja keskmine aastane sajuhulk 726 mm. Antud piirkonnas on põllumajandusel suur osakaal ning seeläbi pinnaveekogud ja põhjavesi on aastakümneid olnud mõjutatud toitainete ärakandest ümbritsevatelt põldudest (Pärn *et al.*, 2018; Mander, Muring, 1997; Mander, Järvet, 1998). 2015. aastal rajati Vända tehismärgala, et vähendada põllumajandusest tulevat hajukoormust, mis oli esimene omalaadne veekaitsemeede Eestis (Kill *et al.*, 2018; Kasak *et al.*, 2018).

Vända avaveeline tehismärgala süsteem koosneb kahest madalaveelisest märgalast, mille kogupindala on umbes 4500 m<sup>2</sup> (joonis 1), mis moodustab ligikaudu 0,5% valgjalast. Pärast märgalade rajamist istutati esimesele märgalale laialehise hundinuia (*Typha latifolia*) ja hariliku pilliroo (*Phragmites australis*) taimed ning teine märgala jäeti looduslikult taimestumata. Pärast nelja aastat on märgalad näidanud olulist taimestatuse suurenemist ning praeguseks on esimene märgala taimedega kaetud 66,3% ulatuses ning teine märgala 49,5% ulatuses. Samas kui kolmandal aastal oli



Joonis 1. Vända avaveelise tehismärgala süsteemi skeem

Figure 1. Layout of the Vända free water surface constructed wetland system



märgalade taimestatus alles vastavalt 51% ja 10,5%, seega on looduslikult taimes-tama jäetud märgalal taimede levik järsku kasvanud. Keskmine päevane vooluhulk märgalas on tugevalt mõjutatud aastaajast ja vihmasadudest, mistõttu kõigub see 5–1250 m<sup>3</sup> vahel, millest tulenevalt on veeviibeag süsteemis mõnest minutist (suur-vee ajal) kuni 5 päevani. Tulenevalt oma asukoha eripärast –, märgala asub orus –, on see mõjutatud ka põhjavee sissevoolust, kuna ühtegi spetsiifilist isolatsioonimaterjali, nagu geomembraan või savi, ei kasutatud.

## 2.2. Veeproovide kogumine ja analüüs

Veeproove on Vända tehismärgalalt kogutud alates 2017. aasta märtsist kokku 230 proovi. Igal korral võeti proove mõlema märgala sisse- ja väljavoolust (vastavalt SV1, SV2 ja VV1, VV2). Kaasaskantavat seadet (YSI ProDSS) (YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA) kasutati, et mõõta kohapeal kuute parameetrit, milleks on pH, hägusus (alates 2018. aasta kevadest), temperatuur, hapniku kontsentratsioon, redokspotentiaal ja elektrijuhtivus. Vee voolukiiruse mõõtmiseks kasutati SonTek FlowTrackeri seadet (YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA). Laboris määratakse veeproovidest üld-lämmastik (N<sub>üld</sub>), üldorgaaniline süsinik (TOC), üldsüsinik (TC) ja üldanorgaaniline süsinik (TIC) Vario TOC cube'i (Elementar GmbH, Langenselbold, Saksamaa) abil. Spektrofotomeetria kasutati, et analüüsida üldfosfori (P<sub>üld</sub>) ja fosfaadi (PO<sub>4</sub>-P) kontsentratsioone ning ionokromatograafiat kasutati nitraadi (NO<sub>3</sub>-N), sulfaat- (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) ja klooriioonide (Cl<sup>-</sup>) kontsentratsioonide määramiseks. Analüüsid teostati vastavalt standardmeetoditele (APHA-AWWA-WEF, 2005). Toitainete ja süsiniku puhastus-efektiivsused (PE) arvutati sissevoolu ja väljavoolu proovipunktides mõõdetud kontsentratsioonide vahele, põhinedes järgneval valemil

$$PE (\%) = \frac{(C_s - C_v)}{C_s} \times 100\%,$$

kus C<sub>s</sub> – sissevoolu kontsentratsioon (mg/l); C<sub>v</sub> – väljavoolu kontsentratsioon (mg/l).

## 2.3. Statistiline analüüs

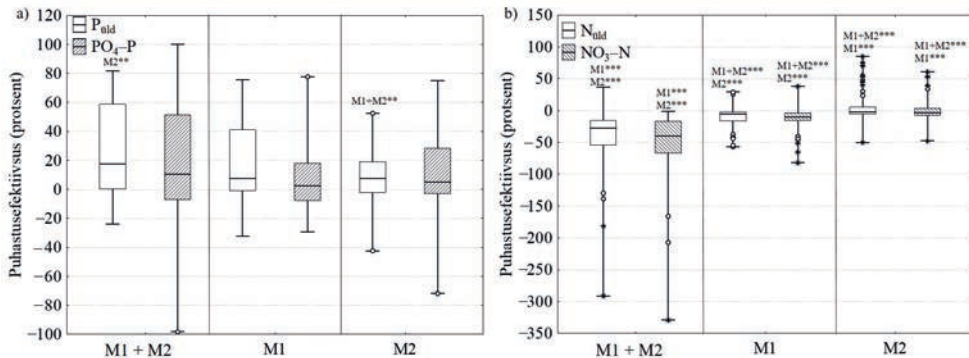
Muutujate normaaljaotuse kontrolliks kasutati Shapiro-Wilki teste. Kuna andmete jaotus erines normaaljaotusest, kasutati mitteparameetrilist Manni-Whitney U-testi ja Spearmani astakkorrelatsiooni, et võrrelda mõlema märgala sisse- ja väljavoolude kontsentratsioone. Spearmani astakkorrelatsiooni kasutati, et leida seoseid erinevate mõõdetud veeparameetrite vahel. Analüüsid tehti, kasutades Statistica 10.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA) ja R tarkvara (versioon 3.4.4., R Core Team, Viin, Austria). Kõikidel juhtudel aktsepteeriti olulisuse taset kui p < 0,05.

### 3. Tulemused ja arutelu

#### 3.1. Vee kvaliteedi muutused

##### 3.1.1. Fosfor

Keskmine  $P_{\text{üld}}$  kontsentratsioon vähenes 0,16 mg/l-st kuni 0,11 mg/l-ni kogu märgalasüsteemis, kuid peamiselt toimus fosfori kontsentratsiooni vähenemine esimeses märgalas, kus see kahanes 0,16 mg/l-st 0,12 mg/l-ni. Selle tulemusel on  $P_{\text{üld}}$  keskmine puhastusefektiivsus esimeses märgalas 19,0% ja teises märgalas 7,8%, kuid kogu süsteemi keskmine puhastusefektiivsus on kogu uuringuperioodi vältel olnud 28,3% (joonis 2a). Fosfori suurim vähenemine vees toimub suvisel perioodil, kui keskmine puhastusefektiivsus  $P_{\text{üld}}$  puhul oli 51,2%. Need tulemused sarnanevad mõnede varasemate uuringutega (Braskerud, 2002b; Diaz *et al.*, 2012; Tonderski *et al.*, 2005; Grinberga, Lagzdins, 2017). Siiski on varasemate uuringute tulemused on olnud väga varieeruvad, 3% kuni 62%-ni, mis näitab, et fosfori vähenemine on väga tugevalt mõjutatud mitmetest parameetritest, näiteks märgala/valgala suhtest, vee viibeajast süsteemis ja vooluhulgast (Koskiaho *et al.*, 2003; Diaz *et al.*, 2012; Johansson *et al.*, 2017; Kynkaanniemi *et al.*, 2013). Mõnel juhul, kui vooluhulk on järskude



**Joonis 2.** Vända tehismärgala esimese märgala (M1), teise märgala (M2) ja nende kombinatsiooni ehk kogu süsteemi (M1 + M2) puhastusefektiivsused (protsent) uuringuperioodi jooksul a) üldfosfori ( $P_{\text{üld}}$ ) ja fosfaadi ( $PO_4\text{-P}$ ) ning b) üldlämmastiku ( $N_{\text{üld}}$ ) ja nitraadi ( $NO_3\text{-N}$ ) kohta. Mediaan, min/maks, 25% ja 75% kvartiili väärtused on esitatud. Tärnid koos tähtedega tähistavad statistiliselt olulist erinevust esimese märgala (M1), teise märgala (M2) ja kogu süsteemi (M1 + M2) puhastusefektiivsuste vahel Manni-Whitney U-testi järgi: \*\*\* p < 0,001, \*\* p < 0,01, \* p < 0,05

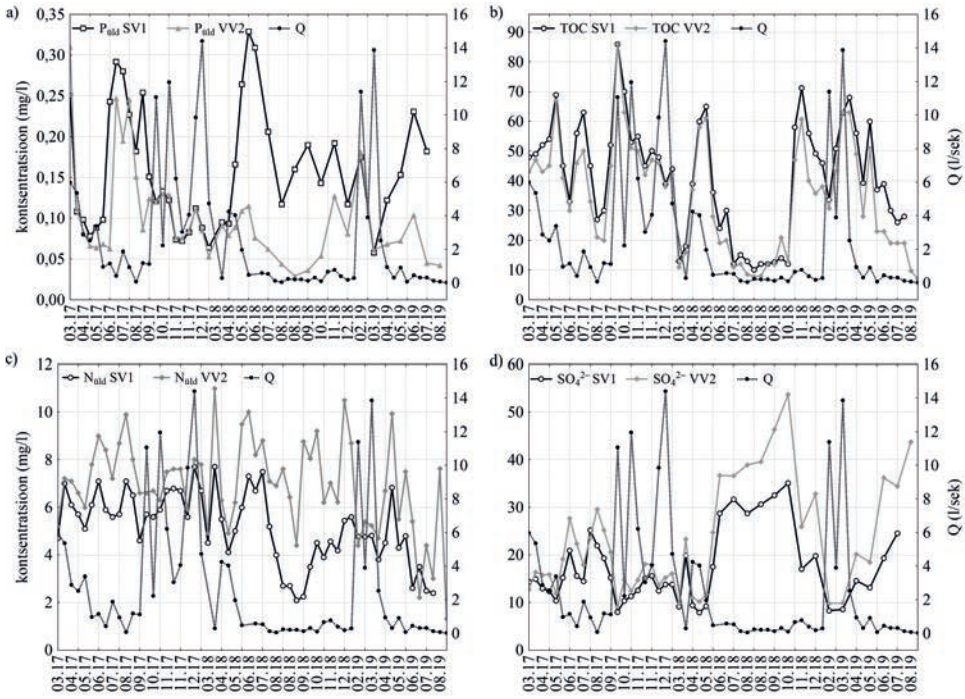
**Figure 2.** Removal efficiencies (%) of first wetland (M1), second wetland (M2) and their combination (M1 + M2) during the study period for (a) total phosphorus ( $P_{\text{üld}}$ ) and phosphate ( $PO_4\text{-P}$ ), (b) total nitrogen ( $N_{\text{üld}}$ ) and nitrate ( $NO_3\text{-N}$ ). Median, min/max, 25% and 75% quartile values are presented. Asterisks with letters denote statistically significant differences between first wetland (M1), second wetland (M2) and their combination together (M1 + M2), according to the Mann-Whitney U test: \*\*\* p < 0.001, \*\* p < 0.01, \* p < 0.05

vihmasadude või sulavee tõttu suur, on märgalad muutunud fosfori allikateks ning turbulentsse voolu tõttu on põhjasetetest fosfor uuesti vette vabanenud (Johannesson *et al.*, 2017). Dal Ferro oma kolleegidega (2018) kirjeldas samuti olukorda, kus märgala väljavoolus fosfori kontsentratsioon suurenes ilmselt taimede suremise ja lagunemise käigus vabanenud toitainete tõttu või mikroobsete protsesside tõttu.

Vända tehismärgalas vähenes  $\text{PO}_4\text{-P}$  kontsentratsioon 0,051 mg/l-st 0,043 mg/l-ni, ning suurem vähenemine toimus teises märgalas. Puhastusefektiivsus oli esimeses ja teises märgalas  $\text{PO}_4\text{-P}$  puhul vastavalt 5,1% ja 14,9%. Kuigi kogu süsteemi keskmine puhastusefektiivsus kogu uuringuperioodi vältel oli 19,7%, suutis Vända tehismärgala suvisel ajal  $\text{PO}_4\text{-P}$  kontsentratsiooni vähendada 54,1% (joonis 2a). Nii  $P_{\text{üld}}$  kui ka  $\text{PO}_4\text{-P}$  puhul näitab see, et suvisel perioodil, kui sademete vähesuse tõttu on ka vooluhulk väiksem ja vee viibeag pikem, soodustavad sellised tingimused fosfori vähenemist märgalast, sest fosfori kontsentratsiooni vähenemine toimub peamiselt settimise ja filtratsiooni teel (Kadlec, Wallace, 2009).  $\text{PO}_4\text{-P}$  suurem puhastusefektiivsus suvel on mõjutatud ka vee temperatuurist ja hapnikusisaldusest, kuna tegemist on fosfori lahustunud vormiga, mida kasutavad ka taimed ja mikroobid oma elutegevuseks (Lu *et al.*, 2009; Kjaergaard *et al.*, 2012).  $\text{PO}_4\text{-P}$  puhastusefektiivsus korreleerus hästi vee temperatuuriga ( $r^2 = 0,53$ ,  $p < 0,001$ ), mis näitab, et kõrgem temperatuur soodustab taimede kasvu, toitainete omastamist makrofüütide poolt ja mikroobide tegevust, mis on samuti olulised protsessid fosfori veest eemaldamisel. Sarnaseid tulemusi Vända tehismärgalaga on leitud teisteski uuringutes (Koskiaho *et al.*, 2003; Koskiaho, Puustinen, 2005; Lu *et al.*, 2009).

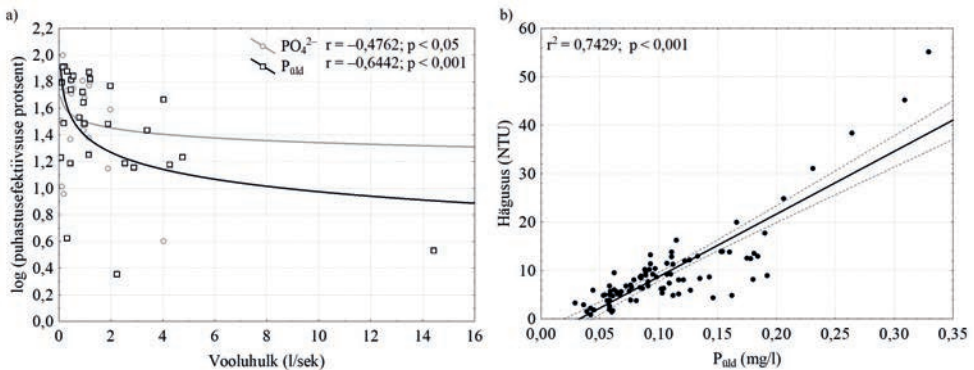
$P_{\text{üld}}$  ja  $\text{PO}_4\text{-P}$  kontsentratsioonid on märgala sissevoolus kuivemal perioodil tavaliselt väiksemad, kuid vihmastel perioodidel ning lume sulamise ajal on sissevoolus kontsentratsioonid tunduvalt suuremad. Kevadel on fosfori kontsentratsioon sissevoolus suurem peamiselt väetiste kasutamise tõttu, mille ärakanne põldudelt kraavidesse ja suurematesse veekogudesse toimub vihmastõttu. Suvisel perioodil, kui vooluhulk on väike, väheneb fosfori kontsentratsioon vees oluliselt (joonis 3a). Üks peamisi fosfori kontsentratsiooni suurenemise põhjuseid pinnaveekogudes on taimede poolt omastamata jäänud toitainete ärakanne põldudelt vihma või sulavee tõttu (Pionke *et al.*, 2000). Fosfori ärakanne põldudelt toimub tihti koos tahkete osakestega erosiooni teel, mida ilmestab tugev lineaarne seos  $P_{\text{üld}}$  kontsentratsiooni ja vee hädususe vahel ( $r^2 = 0,74$ ,  $p < 0,001$ ) (joonis 4b). Selle põhjal võib väita, et osa fosforist jõuab veekogudesse koos tahkete osakestega (Grayson *et al.*, 1996), ning hädususe näitaja põhjal võib hinnata umbkaudselt  $P_{\text{üld}}$  kontsentratsiooni vees.

Vända tehismärgala puhul leiti tugev logaritmiline seos  $\text{PO}_4\text{-P}$  ja  $P_{\text{üld}}$  logaritmitud puhastusefektiivsuse ja vooluhulga vahel (vastavalt  $r_s = 0,48$ ,  $r_s = 0,64$ ,  $p < 0,05$ ) (joonis 4a). Väiksem vooluhulk soodustab suuremat puhastusefektiivsust tänu pikemale vee viibeajale süsteemis, mis jätab erinevatele puhastusprotsessidele rohkem aega toimumiseks, eelkõige just osakeste settimiseks. Puhastusefektiivsus oli suurim, kui vooluhulk ei ületanud 5 l/sek.



**Joonis 3.** Vända tehismärgala vooluhulga (Q, l/sek) dünaamika ning sisse- (SV1) ja väljavoolu (VV2) kontsentratsioonid (mg/l) a) üldfosfori ( $P_{\text{üld}}$ ), b) üldorgaanilise süsiniku (TOC), c) üldlämmastiku ( $N_{\text{üld}}$ ) ja, d) sulfaatiooni ( $SO_4^{2-}$ ) kohta perioodil märts 2017 kuni august 2019

**Figure 3.** Flow rate (l/sek) changes during the study period. Inlet (SV1) and outlet (VV2) concentrations (mg/l) of (a) total phosphorus ( $P_{\text{üld}}$ ), (b) total organic carbon (TOC), (c) total nitrogen ( $N_{\text{üld}}$ ), (d) sulphate ( $SO_4^{2-}$ ) from March 2017 until August 2019



**Joonis 4.** a) Logaritmiline seos üldfosfori ( $P_{\text{üld}}$ ) ja fosfaadi ( $PO_4\text{-P}$ ) logaritmilise puhastus-efektiivsuse ja vooluhulga vahel. b) Lineaarne seos üldfosfori ( $P_{\text{üld}}$ ) kontsentratsiooni (mg/l) ja hägususe (NTU) vahel. Punktiirjooned tähistavad 95% usaldusvahemikku

**Figure 4.** (a) Logarithmic correlation between flow rate (l/sek) and removal efficiency of total phosphorus ( $P_{\text{üld}}$ ) and phosphate phosphorus ( $PO_4\text{-P}$ ). (b) Linear correlation between phosphate ( $PO_4\text{-P}$ ) concentration (mg/l) and turbidity (NTU). Dashed lines represent 95% confidence interval

### 3.1.2. Süsinik

Üldorgaanilise süsiniku (TOC) keskmine sisaldus vees vähenes 41,5 mg/l-st kuni 34,8 mg/l-ni, kuid üldanorgaanilise süsiniku (TIC) keskmine kontsentratsioon märgalas kasvas 28,8 mg/l-st kuni 34,1 mg/l-ni. Seega on TOC keskmine puhastusefektiivsus märgalas kogu uuringuperioodi vältel olnud 14,4% ja sarnaselt fosforile on see suurem suvisel perioodil (25,8%). Samal ajal on TIC keskmine kontsentratsioon märgala väljavoolus 18,9% suurem kui sissevoolus. Kovacic oma kolleegidega (2006) on leidnud TOC puhastusefektiivsuse vahemikus 2–17%, mis sarnaneb Vända märgala tulemustega.

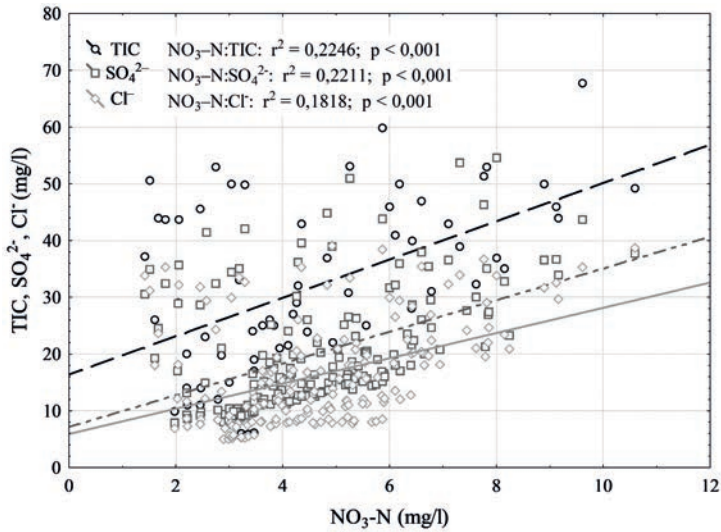
Süsiniku eemaldamine märgalas toimub peamiselt settimise ja taimse massi suremise teel, kuid ka keemilise sadenemise ja mikroobide elutegevuse kaudu, mis kõik on mõjutatud ka vooluhulga muutustest, sest suurenenud vooluhulk vähendab vee viibeaega süsteemis, mis inhibeerib puhastusprotsesse (Koskiaho *et al.*, 2003). TOC kontsentratsioon oli tugevas seoses vooluhulgaga: mida suurem oli vooluhulk, seda suurem oli ka TOC kontsentratsioon sissevoolus (joonis 3b). Kuid vastupidi TOC-le, oli TIC kontsentratsiooni ja vooluhulga vahel negatiivne seos ehk mida väiksem oli vooluhulk, seda suurem oli TIC kontsentratsioon, mis tuli paremini esile suvisel perioodil, mis viitab põhjavee sissevoolule märgalasse peamiselt just madala veetasemega ajal, mil põhjavee suurenenud osakaal märgalas on märgatavam. Põhjavesi sisaldab erinevaid ioone ja aineid, nagu TIC, mis näitab karbonaatide kontsentratsiooni vees, mis pole iseloomulik pinnaveele ning seega selgitabki põhjavee sissetung märgalasse TIC suureneva kontsentratsiooni (Jarvie *et al.*, 2017).

### 3.1.3. Lämmastik

Vastupidi ootustele, Vända tehismärgalas  $N_{\text{üld}}$  ja  $\text{NO}_3\text{-N}$  kontsentratsioonid suurenevad väljavoolu suunas.  $N_{\text{üld}}$  keskmine kontsentratsioon suurenes 5,2 mg/l-lt kuni 6,9 mg/l-ni ning  $\text{NO}_3\text{-N}$  puhul suurenes keskmine kontsentratsioon 3,68 mg/l-lt kuni 5,33 mg/l-ni. Seega oli keskmine  $N_{\text{üld}}$  kontsentratsioon märgala väljavoolus 43,9% suurem kui sissevoolus ning  $\text{NO}_3\text{-N}$  puhul suurenes keskmine kontsentratsioon vastavalt 55,9% (joonis 2b). Mõlema puhul oli märgata lämmastiku keskmise kontsentratsiooni suurenemist rohkem suvisel perioodil (vastavalt 52,4% ja 88,2%), kui kraavist tuli märgalasse vett minimaalselt juurde, mis viitab mujalt lisanduvale lämmastikurikkale veele. Kuigi kogu süsteemis oli märgata lämmastiku kontsentratsiooni suurenemist, siis märgalasad eraldi vaadates oli näha kontsentratsiooni vähenemist just teises märgalas.  $N_{\text{üld}}$  puhul suurenes keskmine kontsentratsioon 9,4%, kuid teise märgala puhul  $N_{\text{üld}}$  keskmine kontsentratsioon vähenes 16,9%.  $\text{NO}_3\text{-N}$  puhul esimeses märgalas keskmine kontsentratsioon suurenes 14,8%, kuid teises märgalas keskmine kontsentratsioon vähenes 0,5%. Seega suudab Vända tehismärgala vähendada lämmastiku kontsentratsiooni vees just teises märgalatiigis ning

vähendab lämmastikuühendeid mitte ainult pinnaveest, vaid ka lisanduvast lämmastikurikkast põhjaveest, kui see on märgalasüsteemi jõudnud. Sellegipoolest olid tulemused üllatavad ja vastupidised oodatule, kuna varasemad uuringud on näidanud palju suuremaid efektiivsuseid lämmastiku vähendamisel (Borin, Tocchetto, 2007; Koskiaho, Puustinen, 2005), kuid leidub selliseidki uuringuid, mille puhul on üldlämmastiku puhastusefektiivsus külmemas kliimas olnud väike (Braskerud, 2002a; Grinberga, Lagzdins, 2017). Nagu näha jooniselt 3c, esinevad lämmastikuühendite suuremad kontsentratsioonid peamiselt kevadel ja suvel. Kevadel on kontsentratsioonid suuremad eeldatavasti suurenenud toitainete ärakande tõttu põldudel, kuid suvised suured kontsentratsioonid ilmestavad häireid märgalasüsteemis. Lämmastiku eemaldamine märgalast sõltub mitmest faktorist. Näiteks, temperatuur, süsiniku ja lahustunud hapniku sisaldus vees ja vee viibeag märgalas on peamised faktorid, mis toetavad või häirivad lämmastikku vähendavaid protsesse, nagu nitrifikatsioon, denitrifikatsioon, ammonifikatsioon, taimedepoolne toitainete omastamine ja lendumine (Mitsch, Gosselink, 2015). Enamik neist protsessidest on suurema efektiga soojemal perioodil, kui vooluhulk on väike, ja seeläbi aitavad vähendada ka suuremaid lämmastikuühendite koormuseid (O'Geen *et al.*, 2010).

Uuringuperioodi vältel pidevalt suuremad lämmastikuühendite kontsentratsioonid märgala väljavoolus ning neile lisaks ka sulfaatiooni ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ja klooriiooni ( $\text{Cl}^-$ ) kontsentratsioonid, mis väljavoolu suunas kasvavad, näitavad selgelt põhjavee sissetungi poolt tekitatud häiringut süsteemis. Põhjavee sissevool mõjutas tugevalt nii  $\text{N}_{\text{üld}}$  kui ka  $\text{NO}_3\text{-N}$  puhastusefektiivsust märgalas. Suuremad lämmastikuühendite kontsentratsioonid olid peamiselt nähtavad suvel väikese vooluhulga korral (joonis 3c), mis viitab sellele, et lämmastikuühendite kontsentratsioonide suurenemine märgala väljavoolus oli tingitud suure lämmastikusisaldusega põhjavee sissetungist märgalasse. Lisaks lämmastikuühenditele oli näha teistegi saasteainete, nagu  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  ja TIC kontsentratsioonide suurenemine märgalas väljavoolu suunas, mis samuti näitab põhjavee sissevoolu märgalasse. Sarnaselt lämmastikuühenditele olid ka  $\text{SO}_4^{2-}$  ja  $\text{Cl}^-$  puhul suuremad sisse- ja väljavoolu kontsentratsioonid märgatavad peamiselt suvel, kui vooluhulk oli väike (joonis 3d). TIC näitab karbonaatide sisaldust vees, mis on iseloomulikud põhjaveele, seega on TIC kontsentratsiooni kasv märgalas seotud põhjavee sissevooluga (Jarvie *et al.*, 2017). Joonis 5 näitab tugevat olulist seost  $\text{NO}_3\text{-N}$  kontsentratsiooni ja TIC,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  kontsentratsioonide vahel kogu uuringuperioodi vältel. Kuna me teame, et nii TIC,  $\text{SO}_4^{2-}$  kui ka  $\text{Cl}^-$  kontsentratsioonid suurenevad märgalas põhjavee sissevoolamise tõttu, teame ka, et põhjavesi on lisanduvate lämmastikuühendite allikas. Seega mõjub nitraadirikka põhjavee sissevool pärssivalt lämmastikuühendite puhastusefektiivsusele ning märgala võib kohati muutuda lämmastikuallikaks. Siiski, vaadates märgalaid eraldi, oli näha, et pikemas perspektiivis suudab teine märgala lämmastikuühendeid vees vähendada ja seeläbi puhastada nii pinna- kui ka põhjavett.



**Joonis 5.** Lineaarne seos nitraadi ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) kontsentratsiooni (mg/l) ja üldanorgaanilise süsiniku (TIC), sulfaatiooni ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ning klooriiooni ( $\text{Cl}^-$ ) vahel kogu uuringuperioodi kohta

**Figure 5.** Linear correlation between nitrate ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) concentration (mg/l) and total inorganic carbon (TIC), sulphate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), chlorine ( $\text{Cl}^-$ ) concentrations during study period

$\text{SO}_4^{2-}$  ja  $\text{Cl}^-$  keskmine kontsentratsioon märgalas kasvas vastavalt 27,2% ja 17,2% uuringuperioodi vältel, kuid enam oli kontsentratsiooni suurenemist märgata madala vooluhulgaga ajal (vastavalt, 36,1% ja 24,7%), ning klooriiooni kontsentratsioon suurenes rohkem teises märgalas, mis viitab suuremale põhjavee sissevoolule just teise märgalasse. Lisaks on  $\text{SO}_4^{2-}$  ja  $\text{Cl}^-$  kontsentratsioonide vahel tugev seos, mis viitab nende samale allikale. Suur  $\text{NO}_3\text{-N}$  kontsentratsioon põhjavees on olnud selles piirkonnas varasemaltki probleemiks, eriti nõukogude ajal, kui väetiste kasutamine põldudel oli intensiivsem (Mander, Järvet, 1998), samuti asus seal läheduses hoidla, kust toitained võisid pinnasesse ja vette jõuda suuremas koguses. Seega on lämmastiku kontsentratsiooni suurenemine märgalas tingitud peamiselt põhjavee sissevoolust. Meie tulemused kinnitavad, et väetised, mida ümbritsevatele põldudele laotatakse, mõjutavad nii põhja- kui ka pinnavee kvaliteeti ning reostunud põhjavesi võib oluliselt mõjutada üldist tehismärgala efektiivsust vähendada toitaineid veest.

#### 4. Kokkuvõte

Vända voolusängile rajatud avaveelise tehismärgala puhastusefektiivsus kõikus vastavalt hooajalisele dünaamikale ning sõltus tugevalt toitude ärakandest ümbritsevatest põldudest, väetamisest, põhjavee sissevoolust, vihasadudest ja lume sulamisest. Üldine  $\text{P}_{\text{üld}}$  ja  $\text{PO}_4\text{-P}$  puhastusefektiivsus oli 28,3% ja 19,7%, mis kahekordistusid

suvisel perioodil. Fosfori puhastusefektiivsus oli tugevalt seotud vooluhulgaga ja suure vooluhulga korral oli fosfori vähenemine pärsitud. Põld kontsentratsioon oli tugevas positiivses lineaarses seoses hägususega. TOC keskmine kontsentratsioon vähenes 14,4%, kuid TIC keskmine kontsentratsioon suurenes 18,9% põhjavee sissevoolu tõttu.  $N_{\text{üld}}$  ja  $NO_3\text{-N}$  keskmised kontsentratsioonid suurenesid märgalas vastavalt 43,9% ja 55,9% ning kontsentratsioon suurenes suvisel perioodil veelgi enam. Lämmastikuühendite suurenemise põhjuseks oli põhjavee sissevool märgalasse. Põhjavee sissevoolu kinnitas  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  ja TIC kontsentratsioonide suurenemine, mis oli tugevas seoses ka  $NO_3\text{-N}$  kontsentratsiooniga. Meie uuring näitas, et põhjavee sissevool võib tugevalt mõjutada märgala puhastusefektiivsust, mida saaks vältida, kui rajamise käigus kasutatakse isolatsioonikihti, mida Vända tehismärgala puhul ei tehtud. Siiski oli ka näha, et teine märgala suutis vähendada põhjavee tõttu suurenenud lämmastiku kontsentratsiooni, mis annab märgalale ka lisafunktsiooni, s.o vähendada toitaineid lisaks pinnaveest ka põhjaveest. Täpsemate tulemuste jaoks on vaja uuringuid jätkata, et suurendada märgala puhastusefektiivsust eemaldada toitaineid nii pinna- kui ka põhjaveest.

## 5. Tänu

Uurimust toetas Eesti Teadusagentuur (PUTJD715 ja IUT20-13). Vända tehismärgala rajamist toetasid Eestimaa Looduse Fond ning Maailma Looduse Fondi (WWF) Rootsi tütarorganisatsioon.

## Kirjandus

- APHA-AWWA-WEF. 2005.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th ed. *American Public Health Association*: Washington, DC, USA.
- Arheimer, B., Pers, B. C. 2017.** Lessons learned? Effects of nutrient reductions from constructing wetlands in 1996–2006 across Sweden. *Ecol. Eng.* 103: 404–414.
- Bendoricchio, G., Cin, L. D., Persson, J. 2000.** Guidelines for free water surface wetland design. *EcoSys* 8: 51–91.
- Borin, M., Tocchetto, D. 2007.** Five year water and nitrogen balance for a constructed surface flow wetland treating agricultural drainage waters. *Sci. Total Environ.* 380: 38–47.
- Bouraoui, F., Grizzetti, B. 2011.** Long term change of nutrient concentrations of rivers discharging in European seas. *Sci. Total Environ.* 409: 4899–4916.
- Braskerud, B. C. 2002a.** Factors affecting nitrogen retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecol. Eng.* 18: 351–370.
- Braskerud, B. C. 2002b.** Factors affecting phosphorus retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecol. Eng.* 19: 41–61.



- Cirpka, O. A., Fienen, M. N., Hofer, M. *et al.* 2007. Analyzing Bank Filtration by Deconvoluting Time Series of Electric Conductivity. *Ground Water* 3(45): 318–328.
- Dal Ferro, N., Ibrahim, H. M. S., Borin, M. 2018. Newly-established free water-surface constructed wetland to treat agricultural waters in the low-lying Venetian plain: Performance on nitrogen and phosphorus removal. *Sci. Total Environ.* 639: 852–859.
- Darwiche-Criado, N., Comin, F. A., Masip, A. *et al.* 2017. Effects of wetland restoration on nitrate removal in an irrigated agricultural area: The role of in-stream and off-stream wetlands. *Ecol. Eng.* 103: 426–435.
- Diaz, F. J., O'Geen, A. T., Dahlgren, R. A. 2012. Agricultural pollutant removal by constructed wetlands: Implications for water management and design. *Agric. Water Manag.* 104: 171–183.
- Eser, P., Rosen, M. R. 1999. The influence of groundwater hydrology and stratigraphy on the hydrochemistry of Stump Bay, South Taupo Wetland, New Zealand. *J. Hydrol.* 220: 27–47.
- Euroopa Liidu Nõukogu direktiiv (91/676/EMÜ), veekogude kaitsmise kohta põllumajandusest lähtuva nitraadireostuse eest. *Euroopa Liidu Teataja* 2008.
- Grayson, R. B., Finlayson, B. L., Gippel, C. J. *et al.* 1996. The potential of field turbidity measurements for the computation of total phosphorus and suspended solids loads. *J. Environ. Manag.* 47: 257–267.
- Grinberga, L., Lagzdins, A. 2017. Nutrient removal by subsurface flow constructed wetland in the farm Mezaciruli. *Res. Rural Dev.* 160–165.
- Jarvie, H. P., King, S. M., Neal, C. 2017. Inorganic carbon dominates total dissolved carbon concentrations and fluxes in British rivers: Application of the THINCARB model—Thermodynamic modelling of inorganic carbon in freshwaters. *Sci. Total Environ.* 575: 496–512.
- Johannesson, K. M., Tonderski, K. S., Ehde, P. M. *et al.* 2017. Temporal phosphorus dynamics affecting retention estimates in agricultural constructed wetlands. *Ecol. Eng.* 103, 436–445.
- Kadlec, R. H., Wallace, S. D. 2009. *Treatment Wetlands*, 2nd ed., CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Kasak, K., Kill, K., Pärn, J. *et al.* 2018. Efficiency of a newly established in-stream constructed wetland treating diffuse agricultural pollution. *Ecol. Eng.* 119: 1–7.
- Kill, K., Pärn, J., Lust, R. *et al.* 2018. Treatment Efficiency of Diffuse Agricultural Pollution in a Constructed Wetland Impacted by Groundwater Seepage. *Water* 10: 1601.
- Koskiaho, J., Ekholm, P., Raty, M. *et al.* 2003. Retaining agricultural nutrients in constructed wetlands—Experiences under boreal conditions. *Ecol. Eng.* 20: 89–103.
- Koskiaho, J., Puustinen, M. 2005. Function and potential of constructed wetlands for the control of N and P transport from agriculture and peat production in boreal climate. *J. Environ. Sci. Health Part A* 40: 1265–1279.
- Kovacic, D. A., Twait, R. M., Wallace, M. P. *et al.* 2006. Use of created wetlands to improve water quality in the Midwest—Lake Bloomington case study. *Ecol. Eng.* 28: 258–270.
- Kynkaanniemi, P., Ulen, B., Torstensson, G. *et al.* 2013. Phosphorus retention in a newly constructed wetland receiving agricultural tile drainage water. *J. Environ. Qual.* 42: 596–605.
- Lu, S. Y., Wu, F. C., Lu, Y. *et al.* 2009. Phosphorus removal from agricultural runoff by constructed wetland. *Ecol. Eng.* 35: 402–409.
- Lääne-Eesti veemajanduskava. 2009. *Keskkonnaministeerium*.
- Mander, Ü., Järvet, A. 1998. Buffering role of small reservoirs in agricultural catchments. *Int. Rev. Hydrobiol.* 83: 639–646.
- Mander, Ü., Mauring, T. 1997. Constructed wetlands for wastewater treatment in Estonia. *Water Sci. Technol.* 35: 323–330.

- Mander, Ü., Tournebize, J., Tonderski, K. *et al.* 2017. Planning and establishment principles for constructed wetlands and riparian buffer zones in agricultural catchments. *Ecol. Eng.* 103: 296–300.
- Mitsch, W. J., Gosselink, J. G. 2015. Wetlands, 5th ed., *John Wiley and Sons*: Hoboken, NJ, USA.
- O’Geen, A. T., Budd, R., Gan, J. *et al.* 2010. Mitigating nonpoint source pollution in agriculture with constructed and restored wetlands. *Adv. Agron.* 108: 1–76.
- Pärn, J., Henine, H., Kasak, K. *et al.* 2018. Nitrogen and phosphorus discharge from small agricultural catchments predicted from land use and hydroclimate. *Land Use Policy* 75: 260–268.
- Pionke, H. B., Gburek, W. J., Sharpley, A. N. 2000. Critical source area controls on water quality in an agricultural watershed located in the Chesapeake Basin. *Ecol. Eng.* 14: 325–335.
- Rooma, L., Penu, P., Metsur, M. *et al.* 2007. Hea põllumajandustava. *Põllumajandusministeerium*.
- Ronnberg, C., Bonsdorff, E. 2004. Baltic Sea eutrophication: Area-specific ecological consequences. *Hydrobiologia* 514: 227–241.
- Tanner, C. C., Kadlec, R. H. 2013. Influence of hydrological regime on wetland attenuation of diffuse agricultural nitrate losses. *Ecol. Eng.* 56: 79–88.
- Tanner, C. C., Nguyen, M. L., Sukias, J. P. S. 2005. Nutrient removal by a constructed wetland treating subsurface drainage from grazed dairy pasture. *Agric. Ecosyst. Environ.* 105: 145–162.
- Tonderski, K. S., Arheimer, B., Pers, C. B. 2005. Modeling the impact of potential wetlands on phosphorus retention in a Swedish catchment. *Ambio.* 34: 544–551.
- Tournebize, J., Chaumont, C., Fesneau, C. *et al.* 2015. Long-term nitrate removal in a buffering pond-reservoir system receiving water from an agricultural drained catchment. *Ecol. Eng.* 80: 32–45.
- Tournebize, J., Chaumont, C., Mander, Ü. 2015. Implications for constructed wetlands to mitigate nitrate and pesticide pollution in agricultural drained watersheds. *Ecol. Eng.* 103: 415–425.
- Veeseadus (RT I, 22.02.2019, 32). *Riigi Teataja*.

## Reducing diffuse agricultural pollution with free-water surface constructed wetland

Keit Kill<sup>1</sup>, Rauno Lust<sup>1</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>, Kuno Kasak<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup>University of California, Berkeley, CA, USA

### Summary

Diffuse agricultural pollution degrades water quality and is one of the main causes of eutrophication. Vända constructed wetland (CW) was established in order to remove nutrients from stream that flows into river Porijõgi. We studied treatment efficiency of the in-stream free-water surface flow (FSW) Vända CW in southern Estonia from March 2017 until August 2019. The CW consists of two shallow-water parts planted with cattail (*Typha latifolia*). According to our analyses, nutrient removal efficiency fluctuated according to seasonal dynamics and was dependent of nutrient runoff from surrounding fields, fertilization, groundwater seepage, rain and snow melt. The overall removal efficiency of total phosphorus ( $P_{\text{tid}}$ ) and phosphate

(PO<sub>4</sub>-P) was 28.3% and 19.7% respectively, which doubled in the summer. The removal efficiency of phosphorus was strongly influenced by the flow rate and the decrease of phosphorus was inhibited during peak flow events and high flow rates. Phosphorus concentration has strong positive linear correlation with turbidity. Average total organic carbon (TOC) concentration decreased by 14.4%, but average total inorganic carbon (TIC) concentration increased by 18.9% due to groundwater seepage to the wetland. The average outlet concentrations of total nitrogen and nitrate (NO<sub>3</sub>-N) were higher than inlet concentrations by 43.9% and 55.9%, respectively, and the concentration increase was even higher during summer. The increase in nitrogen compounds was caused by the groundwater seepage into the wetland, which was confirmed by increases of sulphate, chlorine and TIC concentrations, which were also strongly correlated with NO<sub>3</sub>-N concentration. Our study showed that the efficiency of the CW could be seriously affected by groundwater, which can be avoided if an impermeable layer is used during construction works, that was not done on the Vända constructed wetland. On the other hand, it was also seen that the second wetland was able to reduce some of the nitrogen originating from the groundwater, which gives these systems additional function. Further studies are however needed to investigate the total amount of pollutants entering to the wetland via groundwater and how to increase the efficiency of the wetland to reduce the groundwater pollution.

# Veetaseme mõju kasvuhoonegaaside emissioonile energiaheina *Phalaris arundinaceae* katsealal Keressaare jääksoos

Martin Maddison<sup>1</sup>, Järvi Järveoja<sup>1,2</sup>, Alar Teemusk<sup>1</sup>,  
Birgit Viru<sup>1</sup>, Raili Torga<sup>1</sup>, Ivika Ostonen<sup>1</sup>, Ülo Mander<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Rootsli Põllumajandusteaduste Ülikool

## 1. Sissejuhatus

Lõpuni ammendamata ja mahajäetud turbatootmisaladest võib kujuneda oluline kasvuhoonegaaside (KHG) emissiooni allikas (Maljanen *et al.*, 2010), sest taimedeta alal ei toimu süsihappegaasi (CO<sub>2</sub>) sidumist ning õhu käes olev turvas hakkab lagunema ja atmosfääri lendub CO<sub>2</sub>. Metaani (CH<sub>4</sub>) emissioon neist soodest on suurem kui looduslikest soodest (Tuittila *et al.*, 2000). Naerugaasi (N<sub>2</sub>O) vood sõltuvad turba lämmastikusisaldusest, veetasemest ja taimestiku iseloomust (Mander *et al.*, 2012). Mahajäetud kaevandusaladel tuleks turvas lõpuni kaevandada või korrastada alad viisil, mis KHG emissiooni vähendaks. Korrastamisviisideks on alade metsastamine (Salm *et al.*, 2009), põllumaana kasutamine või akrotelmi ehk turbatekkekihiga alade taastamine (Järveoja *et al.*, 2016). Ühe korrastamise võimalusena on esile tõusnud energiakultuuride, näiteks päideroo (*Phalaris arundinacea*), kasvatamine (Shurpali *et al.*, 2008, Järveoja *et al.*, 2014).

Käesoleva töö eesmärk oli uurida veetaseme mõju kasvuhoonegaaside emissioonile päideroo (*Phalaris arundinaceae*) kasvatamise katsealal Keressaare turbatootmise jääkalal ehk jääksoos.

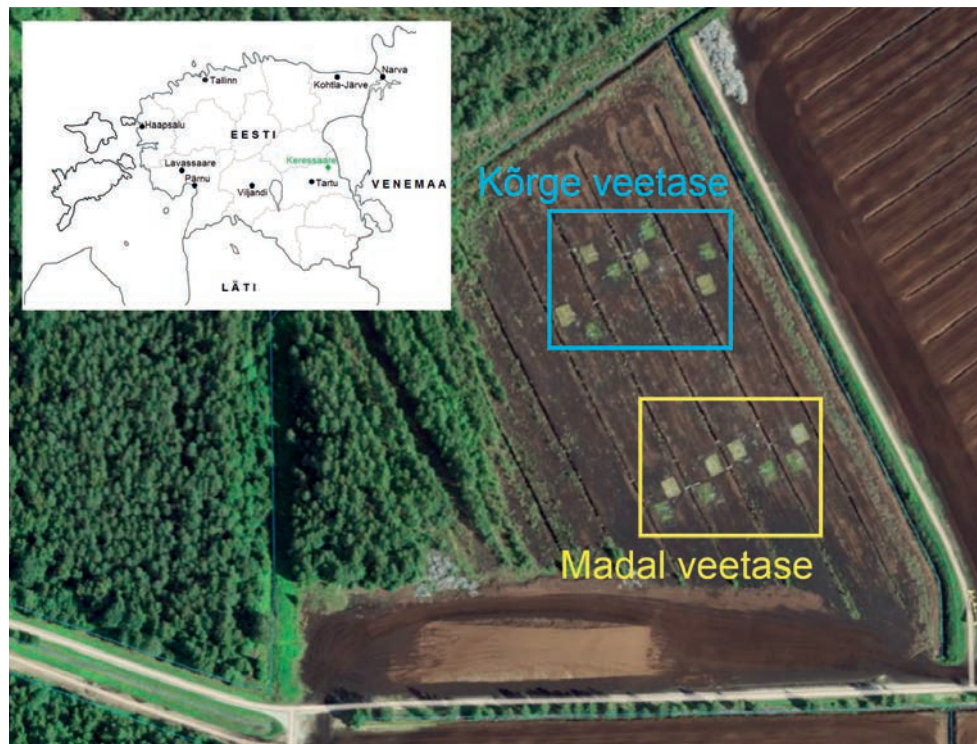
## 2. Materjal ja meetodika

### 2.1. Uurimisala kirjeldus

Turbatootmisest kõrvale jäänud ala päiderooga taimestamise eksperiment tehti Keressaare turbatootmisalal. Keressaare soo paikneb Kagu-Eesti lavamaa põhjaosas lainjal moreentasandikul. Turba lamamis leidub kohati järvemuda, mis on settinud jääjärvelisele liivale ja saviliivale (Ramst *et al.*, 2006).

KHG mõõtmistega alustati aprillis 2015. Päideroo külvamine ning ala lupjamine ja väetamine (N22P25K53) toimusid juulis 2015. Eksperimendi jaoks rajati 16 proovilappi (4 väetatud ja väetamata proovilappi kõrge ja madala veetasemega alal; pindala 48 m<sup>2</sup>) ning võrdluseks 2 prooviala freesturbal.

Uurimisalade paiknemine Keressaare turbatootmisalal on toodud joonisel 1.



**Joonis 1.** Uurimisalade paiknemine Keressaare turbatootmisalal

**Figure 1.** Location of study sites within the Keressaare peat extraction area

Märtsis 2016 ehitati veetaseme reguleerimiseks katsealade kraavidele tammid. Proovilappide lupjamine ja väetamine korrati aprillis 2016 ja mais 2017. Teisel ja kolmandal aastal pandud väetise kogus oli vastavalt N45P11K45 ja N100P25K100. 2017. aasta aprillist augusti lõpuni pumbati vett madala veetasemega katselappide juures olevatest kraavidest kõrgema veetasemega katselappidele, et suurendada kõrge ja madala veetaseme erinevust ning vähendada kõrgema veetasemega lappidel veetaseme kõikumist.

## 2.2. Kasvuhoonegaaside voogude mõõtmine

Kasvuhoonegaaside (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O) voogude mõõtmisteks kasutati suletud staatilist pimekambri meetodit (Järveoja *et al.*, 2014). KHG mõõtmised toimusid lumeval perioodil iga kahe nädala tagant ning lumega nelja nädala tagant. Kuu aega pärast väetamist toimusid mõõtmised kord nädalas. Kokku oli eksperimendi jooksul 59 KHG mõõtmiskorda.

Mullahingamise mõõtmiseks paigaldati katsealadel eraldi rõngad (∅ 17,5 cm), mille seest eemaldati maapealne ja -alune biomass. Rõngaste peale hermeetiliselt paigaldatud tüvikoonuse kujulistest PVC kambritest võeti 5 korda (0, 15, 30, 45 ja 60 minuti tagant) gaasiproovid, milles määrati Shimadzu GC-2014 gaaskromatograafi abil TÕ geograafia osakonna laboris CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O kontsentratsioonid ning arvutati nende vood. Mullahingamise mõõtmiseks kasutati suletud dünaamilist kambrimeetodit (kambri ruumala 0,065 l), kus CO<sub>2</sub> kontsentratsioon mõõdeti infra-punasensoriga varustatud analüsaatoriga PP Systems EGM-4.

Mullahingamise aastane voog arvutati mõõdetud mullahingamise seosest mulla-temperatuuri ja mullaniiskusega (Lloyd, Taylor, 1994; Drösler, 2008):

$$Rh = R_{ref} \times e^{E_o \left( \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_0} \right) - 1 / \left( \frac{1}{T_{muld}} - \frac{1}{T_0} \right)} \times (a \times \theta_{muld}^2 + b \times \theta_{muld} + c),$$

kus Rh on mullahingamine [CO<sub>2</sub>-C mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>]; R<sub>ref</sub> on mullahingamine võrdlus-temperatuuril [CO<sub>2</sub>-C mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>]; E<sub>o</sub> on aktiveerumise energia [K]; T<sub>ref</sub> on võrdlus-temperatuur: 283,15 [K]; T<sub>0</sub> on bioloogiliste protsesside käivitumiseks temperatuur: 227,13 [K]; T<sub>muld</sub> on kindlal sügavusel mõõdetud mullatemperatuur, millel oli parim seos mõõdetud mullahingamisega [K]; θ<sub>muld</sub> on mullaniiskus [m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>]; a, b, c on ruut-pölvinoomi funktsiooni parameetrid.

Mullahingamise mudeli jaoks arvutatud parameetrid on toodud tabelis 2.

**Tabel 1.** Mullahingamise mudeli parameetrid

**Table 1.** Parameters for soil respiration model

Ala	Statistiline olulisus	Mõõtmiste arv	R <sup>2</sup>	E <sub>o</sub>	R <sub>10</sub>	A	b	c	Q <sub>10</sub>
Päiderooga taimestatud ala	p < 0,001	24	0,5	246,2	57,0	-15,3	20,3	-5,5	1,94
Freesturbaala		35	0,75	333,0	24,7	-11,1	12,8	-2,4	2,46

## 2.3. Biomassi produktsiooni mõõtmised

Maapealse biomassi proovid koguti igalt taimestatud katselapilt 0,25 × 0,25 m suurustelt prooviruutudelt kolmes korduses 2016. ja 2017. aasta sügisel ja kevadel.

Maa-alune biomass võeti 100 mm diameetriga ja kuni 0,20 m sügavuselt mulla-kehana samadelt prooviruutudelt samadel aegadel.

Süsinikubilansi arvutamiseks võeti süsiniku sisaldus päideroos varem Lavassaares korraldatud sarnase eksperimendi tulemustest (Järveoja *et al.*, 2015). Bilanss on koostatud aasta kohta algusega 3.5.2017 ja lõpuga 2.5.2018. Vegetatsiooniperiood kestis 3. maist 19. oktoobrini.

## 2.4. Toetavad mõõtmised

KHG mõõtmiste ajal mõõdeti portatiivsete seadmetega mullatemperatuur neljal sügavusel (10, 20, 30, 40 cm), mullaniiskus (0–5 cm), veekvaliteet (lahustunud hapnik, redoks potentsiaal (ORP), veetemperatuur, pH, elektrijuhtivus). Nii kõrge kui ka madala veetasemega taimestatud katselappidele ja kontrollaladele paigaldatud sensoritega mõõdeti pidevalt mullatemperatuuri (5 cm ja 10 cm sügavusel) ja -niiskust (10 cm sügavusel), taimedele omastatavat vee kättesaadavust (veepotentsiaal; 10 cm sügavusel) ning veetaset.

Olulisemad uurimisasid kirjeldavad keskkonnanäitajad on toodud tabelis 1.

**Tabel 2.** Peamised uurimisasid kirjeldavad parameetrid Keressaare turbatootmisalal

**Table 2.** Site characteristics of the study sites in the Lavassaare peat extraction area

	Kõrge veetase		Madal veetase	
	Päideroo ala	Frees-turbaala	Päideroo ala	Frees-turbaala
Mulla pH <sub>(KCL)</sub> (0–10 cm)	4,8	3,0	5,2	3,1
Mulla C-sisaldus (0–20 cm) (protsent)	47	49	45	52
Mulla N-sisaldus (0–20 cm) (mg kg <sup>-1</sup> )	11 000	11 000	11 333	10 000
Mulla C- ja N-sisalduse suhe (0–10 cm)	43	44	40	52
Keskmine veetase 2017. a vegetatsiooniperioodil (cm)	–28	–20	–37	–36
Aastane keskmine veetase (cm)	–28	–21	–34	–33

Katselappidele paigaldatud veetaseme vaatluskaevudest koguti veeproovid, millest määrati TÜ geograafia osakonna veelaboris üldlämmastik ja orgaaniline üldsüsinik (kokku 13 korral) ning Keskkonna Uuringute Keskuse (EKUK) laboris lämmastikuühendid (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N), fosforiühendid (üld-P, PO<sub>4</sub>-P), väävel (SO<sub>4</sub>), kaltsium, magneesium, kloor ja üldraud (kokku 6 korral). Turbaproovid koguti eksperimendi jooksul 7 korral ning määrati EKUKi laboris järgmised näitajad: pH, kuivaine, lämmastikuühendid (üldN,NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N), üldsüsinik, üldfosfor, kaalium, kaltsium, väävel, üldraud.

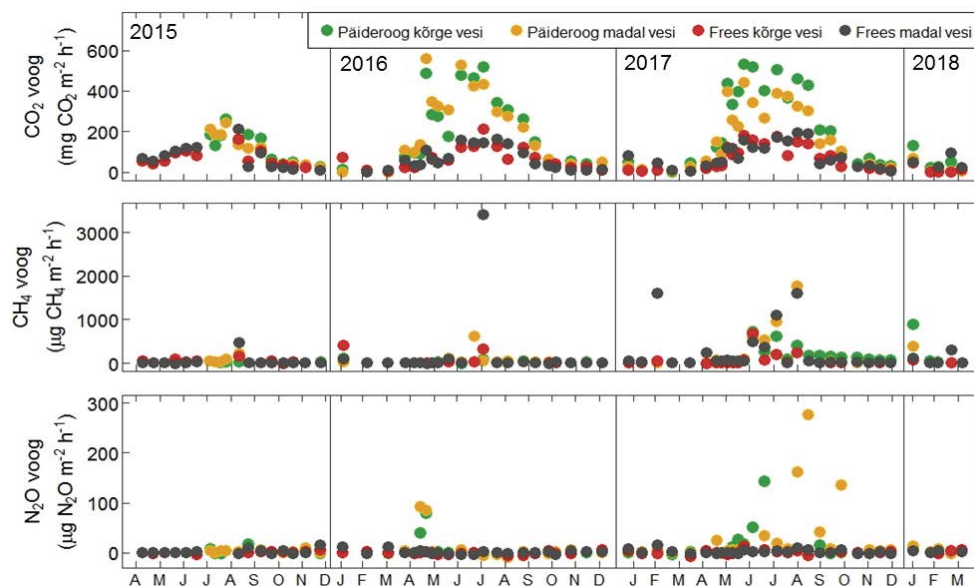
## 2.5. Andmeanalüüs

Statistiliseks andmeanalüüsiks kasutati Statistica 7 (Statsoft Inc.) programmi. Muutujate normaaljaotuse kontrollimiseks kasutati Kolmogorovi-Smirnovi, Lillieforsi ja Shapiro-Wilki teste. KHG emissioonide ja veetaseme andmete jaotus ei vastanud normaalsele, seega kasutati mitteparameetrilisi meetodeid. Keskmiste erinevuse kontrollimiseks kasutati Friedmani testi.

## 3. Tulemused ja arutelu

### 3.1. Gaasivoogude ajaline dünaamika

2017. aasta vegetatsiooniperioodi keskmine CO<sub>2</sub> emissioon päiderooga taimestatud ning maha jäetud freesturba kõrge ja madala veetasemega uurimisaladelt oli vastavalt 341, 262, 103 ja 110 mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Jooniselt 3 võib näha CO<sub>2</sub> vood järgivad selget aastaajalist dünaamikat – emissioonid suurenesid vegetatsiooniperioodi alguses pärast lume- ja jääkatte alt vabanemist ning kahanesid taas mullatemperatuuri langedes kasvuperioodi lõpul. 2017. aasta vegetatsiooniperioodil oli veetase kõrge ja madala veetasemega uurimisaladel usaldusväärselt erinev.



**Joonis 3.** Kasvuhoonegaaside (CO<sub>2</sub>(ökosüsteemi hingamine), CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O) ajaline varieeruvus Keressaare uurimisala päideroo kasvatamise eksperimendil aprillist 2015 kuni märtsini 2018

**Figure 3.** Temporal dynamics of greenhouse gas fluxes (CO<sub>2</sub>(ecosystem respiration), CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) of reed canary grass cultivation experiment in Keressaare from April 2015 to March 2018

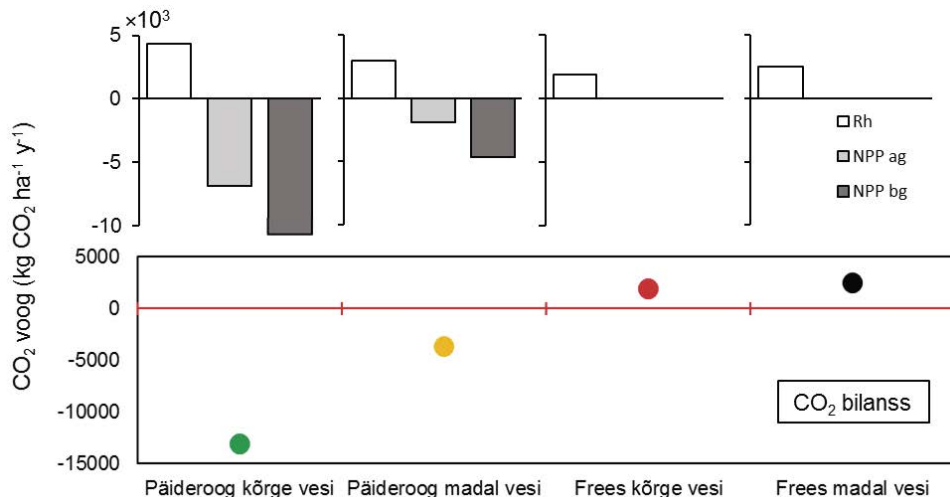


2017. aasta vegetatsiooniperioodi keskmine CH<sub>4</sub> voog kõrge ja madala veetasemega päideroo aladelt ning mahajäetud turbakaevandusalalt oli vastavalt 13, 35, 0,6 ja 1,3 µg CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Mõõtmistulemused jäid kõigil aladel väga väikseks, demonstreerides nii sidumist kui ka emissiooni.

Keskmine N<sub>2</sub>O emissioon kõrge ja madala veetasemega päideroo uurimisaladelt ning mahajäetud turbakaevandusalalt oli vastavalt 217, 321, 98 ja 307 µg N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Suur N<sub>2</sub>O voog päiderooga taimestatud väetatud alalt on tingitud mineraalse väetise lisamisest, mis tõi kaasa dilämmastikoksiidi tekkeks vajalike lämmastikuühendite sisalduse kasvu ning kiirendas nitrifikatsiooni-denitrifikatsiooni.

### 3.1. CO<sub>2</sub> bilanss

Aastane (maist 2017 maini 2018) süsinikdioksiidi bilanss kõrge ja madala veetasemega päideroo aladelt ning freesturbaalalt oli vastavalt -13 096, -3659, 1920 ja 2517 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Jooniselt 4 on näha, et kui heterotroofne hingamine päideroo kasvualadelt oli suurem kui freesturbaalalt, siis tasakaalustub see CO<sub>2</sub> sidumisega maapealsesse ja maa-alusesse biomassi. Kõrge ja madala veetasemega päideroo alade maapealne primaarproduktsoon (NPP) oli -6916 ja -1908 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ning maa-alune NPP vastavalt -10 482 ja -4686 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.



**Joonis 4.** Maapealne (NPPag) ja maa-alune (NPPbg) CO<sub>2</sub> sidumine ning heterotroofne hingamine (Rh) kõrge ja madala veetasemega päiderooga taimestatud alal ning freesturbaalal 2017. aastal. Aastane süsinikubilanss (kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>) on toodud joonise alaosas

**Figure 4.** Aboveground (NEEag) and belowground (NEEbg) CO<sub>2</sub> uptake by plant biomass and heterotrophic respiration (Rh) of study sites in 2017. The annual CO<sub>2</sub> balance (kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>) of the study is shown in the lower part of the figure

Negatiivne CO<sub>2</sub> bilanss päiderooga taimestatud aladel tähendab seda, et aladel toimus süsiniku sidumine atmosfäärist biosfääri. Mahajäetud turbakaevandusaladel on taimestiku puudumise tõttu süsiniku sidumine lakanud ning toimub vaid orgaanilise aine mineraliseerumine.

### 3.2. Globaalse soojenemise potentsiaal

Arvestades CO<sub>2</sub> bilansile lisaks ka metaani ja naerugaasi emissioone CO<sub>2</sub> ekvivalentidesse ümberarvutatuna (1 kg CH<sub>4</sub> = 34 kg CO<sub>2</sub> ekv, 1 kg N<sub>2</sub>O = 298 kg CO<sub>2</sub> ekv; IPCC, 2013) näeme, et kõrge ja madala veetasemega päiderooga taimestatud alade ning freesturbaalade summaarsed kasvuhoonegaaside bilansid oli vastavalt -12 191, -1873, 2118 ja 3065 kg CO<sub>2</sub> ekv ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Tabelist 3 võib näha, et madala veetasemega päideroo kasvuala puhul oli kogu bilansis märkimisväärne osa N<sub>2</sub>O emissioonil. Teistel uurimisaladel oli CH<sub>4</sub> osakaal N<sub>2</sub>O osakaalust suurem.

**Tabel 3.** Uurimisalade kasvuhoonegaaside bilanss globaalse soojenemise potentsiaalina (GWP; kg CO<sub>2</sub> ekv ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) väljendatult 2017. aastal. CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O vood on teisendatud süsinikdioksiidi ekvivalentidesse (CO<sub>2</sub> ekv): 1 kg CO<sub>2</sub> = 1 kg CO<sub>2</sub> ekv, 1 kg CH<sub>4</sub> = 34 kg CO<sub>2</sub> ekv ja 1 kg N<sub>2</sub>O = 298 kg CO<sub>2</sub> ekv (IPCC, 2013)

**Table 3.** Greenhouse gas balance of study sites expressed as global warming potential (GWP; kg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) in 2017. CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O have been converted into CO<sub>2</sub> equivalents (CO<sub>2</sub> eq): 1 kg CO<sub>2</sub> = 1 kg CO<sub>2</sub> eq, 1 kg CH<sub>4</sub> = 34 kg CO<sub>2</sub> eq and 1 kg N<sub>2</sub>O = 298 CO<sub>2</sub> eq (IPCC, 2013)

Uurimisala		CO <sub>2</sub> bilanss	CH <sub>4</sub> voog	N <sub>2</sub> O voog	GWP <sub>tot</sub>
Kõrge veetase	Päideroo ala	-13 096	507	398	-12 191
	Freesturbaala	1920	162	37	2118
Madal veetase	Päideroo ala	-3659	592	1194	-1873
	Freesturbaala	2517	513	35	3065

Päiderooga taimestamine alandas mahajäetud freesturbaväljade KHG bilanssi, mis tähendab, et nende alade summaarne kasvuhooneefekti tekitav mõju on väiksem kui mahajäetud turbakaevandusaladel. Täpsema hinnangu saamiseks peaks KHG bilansis lisama ka kuivenduskraavidega aladelt ära kantava lahustunud orgaanilise süsiniku (DOC) koguse ning tuuleerosiooniga lenduva turba (TOC) kao, sest ka need võivad turbatootmisalade puhul olla olulised.

## 4. Kokkuvõte

Turbaalad katavad vaid väikese osa maakera pindalast, kuid mängivad suurt rolli biosfääri ja atmosfääri vahelises CO<sub>2</sub> vahetuses. Lõpuni ammendamata ja mahajäetud

turbatootmisaladest võib kujuneda oluline kasvuhoonegaaside emissiooni allikas. Ühe korrastamise võimalusena on esile tõusnud päideroo (*Phalaris arundinacea*) kui energiakultuuri kasvatamine. Käesoleva töö eesmärk oli uurida veetaseme mõju kasvuhoonegaaside emissioonile päideroo kui energiakultuuri kasvatamise katsealal Keressaare turbatootmise jääksoos.

Kõigi kasvuhoonegaaside emissioon Keressaare jääkturbasoo katsealal oli väike. Naerugaasi emissioon suurenes lühiajaliselt pärast väetamist, kuid aastases bilansis jäi see siiski väga väikeseks.

Kõrge ja madala veetasemega päiderooga taimestatud aladel oli CO<sub>2</sub> bilanss freesturbaalaga võrrelduna väiksem – vastavalt –13 096, –3659, 1920 ja 2517 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Kõrge ja madala veetasemega päideroo alade maapealne NPP oli –6916 ja –1908 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, samal ajal kui maa-alune NPP oli vastavalt –10 482 ja –4686 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Metaani ja naerugaasi voogusid arvesse võttes vähendas päiderooga taimestamine võrreldes taimestamata aladega mahajäetud turbatootmisalade kasvuhoonegaaside emissiooni.

Hoolimata süsiniku sidumisest päiderooga taimestatud aladel ei ole väga happelistel (pH < 3,0) jääksoomuldadel päideroo kasvatamine energia-biomassi tootmise eesmärgil suurte lisakulude (lupjamine, väetamine) ning vähese saagi tõttu väga perspektiivne.

## Tänu sõnad

Käesolev uurimistöö on valminud Euroopa Liidu FACCE-ERA-Net+ projekti „Kliimateadlik maaviljelus soomuldadel“ („Climate Smart Agriculture on Organic Soils-CAOS“), institutsionaalse uurimisteema IUT2-16, samuti teaduse tippkeskuse EcolChange'i rahalisel toetusel.

## Kirjandus

- Drösler, M. 2008.** Trace Gas exchange and Climatic Relevance of Bog Ecosystems, Southern Germany. Doktoritöö. München.
- IPCC, 2013.** The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G-K. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Järveoja, J., Maddison, M., Teemusk, A. et al. 2014.** Kasvuhoonegaaside emissiooni kahandamine Lavassaare jääkturbasoo energiaheina *Phalaris arundinaceae* kasvatamise abil. *Publications Instituti Geographici Universitatis Tartuensis* 111: 342–351.
- Järveoja, J., Peichl, M., Maddison, M. et al. 2015.** Full carbon and greenhouse gas balances of fertilized and nonfertilized reed canary grass cultivations on an abandoned peat extraction area in a dry year. *Global Change Biology – Bioenergy* 8(5): 952–968.

- Järveoja, J., Peichl, M., Maddison, M. *et al.* 2016. Impact of water table level on annual carbon and greenhouse gas balances of a restored peat extraction area. *Biogeosciences* 13: 2637–2651.
- Lloyd, J., Taylor, A. 1994. On the Temperature Dependence of Soil Respiration. *Functional Ecology* 8: 315–323.
- Maljanen, M., Sigurdsson, B. D., Guomundsson, J. *et al.* 2010. Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps. *Biogeosciences* 7: 2711–2738.
- Mander, Ü., Järveoja, J., Maddison, M. *et al.* 2012. Reed canary grass cultivation mitigates greenhouse gas emissions from abandoned peat extraction areas. *Global Change Biology – Bioenergy* 4: 462–474.
- Ramst, R., Orru, M., Salo, V. *et al.* 2006. Eesti mahajäetud turbatootmisalade revisjon. 2. etapp. Ida-Viru, Lääne-Viru, Jõgeva, Järva ja Tartu maakond. Tallinn: OÜ Eesti Geoloogiakeskus.
- Salm, J-O., Kimmel, K., Uri, V. *et al.* 2009. Global warming potential of drained and undrained peatlands in Estonia: a synthesis. *Wetlands* 29: 1081–1092.
- Shurpali, N. J., Hyvönen, N. P., Huttunen, J. T. *et al.* 2008. Bare soil and reed canary grass ecosystem respiration in peat extraction sites in Eastern Finland. *Tellus B* 60: 200–209.
- Tuittila, E. S., Komulainen, V. M., Vasander, H. *et al.* 2000. Methane dynamics of a restored cut-away peatland. *Global Change Biology* 6: 569–581.

## Impact of water management on reed canary grass (*Phalaris arundinacea*) cultivation in Keressaare abandoned peat extraction area

Martin Maddison<sup>1</sup>, Järvi Järveoja<sup>1,2</sup>, Alar Teemusk<sup>1</sup>, Birgit Viru<sup>1</sup>, Raili Torga<sup>1</sup>,

Ivika Ostonen<sup>1</sup> ja Ülo Mander<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup> Swedish University of Agricultural Sciences

### Summary

Reed canary grass (RCG) cultivation in former peat extraction areas is a potential after-use option that provides a source of renewable energy while mitigating climate change through enhanced carbon (C) sequestration. Climate change scenarios indicate increasing precipitation in northern Europe. We investigated the impact of water regime on the RCG cultivation in an abandoned peat extraction area with very low soil pH located in Estonia.

RCG was sown in July 2015. Eight experimental plots (6x8 m), four replicates with high (H) and four with low (L) ground water level (GWL) were established. At the beginning of the experiment, all plots received 22 kg N, 25 kg phosphorus (P), and 53 kg potassium (K) of mineral fertilizer per hectare. Fertilization rate in the second and third year was N45P11K45 and N100P25K100, respectively. Liming (8 t ha<sup>-1</sup>) was carried out in all plots each year. That increased pH from the initial 2.7 up to 5.0 after the third liming event. We analyzed above- and belowground biomass and its nutrient content, soil and water samples for physico-chemical parameters, and measured fluxes of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>, net ecosystem

exchange, ecosystem and heterotrophic respiration), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) using opaque static and dynamic chambers.

Average GWL during the growing season in 2017 was –28 cm in the RCG H-GWL plots and –20 cm in the bare peat (BP) H-GWL plots, whereas the respective values for L-GWL RCG and BP plots were –37 cm and –36 cm.

Mean aboveground biomass on H-GWL plots was 181.5 g m<sup>-2</sup> in 2016 and 388 g m<sup>-2</sup> in 2017. Respective values for L-GWL plots were 158.8 g m<sup>-2</sup> and 136.5 g m<sup>-2</sup>. Despite of low biomass production and due to low soil respiration in all RCG sites NEE was negative, i.e. fluxes of C assimilated by vegetation were higher than ecosystem respiration and the RCG cultivation area functioned as a C sink. Bare peat plots were C source.

Both CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes were relatively low in the growing season. N<sub>2</sub>O fluxes peaked after fertilization being also higher in the H-GWL plots (–6 to 79 µg N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> in 2016 and –3 to 335 µg N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> in 2017) than those in the L-GWL plots (–13 to 117 and –6 to 511 µg N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>).

Reed canary grass cultivation on abandoned peat extraction areas with very low pH value does not have any environmental nor economic benefits due to the low biomass production.

## **Geograafid koos zooloogidega metsas ehk Mida uut oleme teada saanud Kose-Mäo põtrade liikumisuuringust?**

Maris Kruuse<sup>1</sup>, Ragne Oja<sup>2</sup>, Peeter Anijalg<sup>2</sup>,  
Urmas Saarma<sup>2</sup>, Harri Valdmann<sup>2</sup>, Tõnu Oja<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tartu Ülikooli geograafia osakond

<sup>2</sup> Tartu Ülikooli zooloogia osakond

### **1. Sissejuhatus**

Metsa mineku põhjus oli Maanteeameti vajadus hankida teavet põtrade kui Eesti kogukaimate ehk kõige suuremat potentsiaalset liiklusohtu kujutavate ulukite liikumise kohta Tallinna-Tartu tiheda liiklusega põhimaantee neljarajaliseks ehitatava Kose-Mäo lõigu piirkonnas. Küsimusi oli arvukalt: kui sageli ja millal käivad põdrad üle olemasoleva maantee? Kus on nende eelistatud teeületuskohad? Kuidas mõjutab nende majesteetlike loomade liikumist uue teetrassi ehitus? Kas põtradel on välja kujunenud lemmikkohad ka juba lagedaks raiutud uue trassi ületamiseks? Kui suurel alal põdrad Eestis üldse liiguvad? Kas juttudel põtrade (sesoonsete) rännete kohta on tõepõhi all? Töö tulemuste põhjal analüüsitakse Kose-Mäo suurulukimeetmete asukohtade ja lahenduste sobivust ning antakse soovitusi leevendusmeetmete tehnilisele projekteerimisele Ardu-Mäo lõigul.

### **2. Mida tehti**

Et püüda nendele küsimustele vastata, tekkis plaan varustada 10 põtra GPSi saatjaga, mis fikseerivad iga 30 minuti tagant looma asukoha. Kohe pärast lepingu sõlmimist 2015. aasta alguses teavitasime projektist uuringualale jäävate jahipiirkondade kasutajaid – Kose Jahiseltsi (Kose jahipiirkond), Harju Jahindusklubi (Ida-Harju jahipiirkond), Riigimetsa Majandamise Keskust (Väätsa jahipiirkond) ja Järvamaa Jahindusklubi (Anna jahipiirkond). Alustasime põtrade jälgimiseks ja tabamiseks vajaliku varustuse hankimisega. Ühtlasi saime Keskkonnaametilt põtrade märgistamiseks vajaliku loa.

2015. aasta kevadel käisime uurimisrühmaga projektialaga iseseisvalt tutvumas, suvel olime trassil Kose, Kõue, Ardu ja Anna jahiseltside esindajatega. Jahimehed andsid ülevaate põtrade arvukusest, küttimisest ja liikumisteedest jahipiirkondades,

koos vaatasime üle olemasolevad jahipukid ja soolakud, hankisime lisakontakte ning rääkisime läbi edasise tegevuse suhtes. Valisime välja sobivates asukohtades paiknevad varitsuspaigad. Enamik soolakuid on juba aastaid tagasi rajatud ja põtrade poolt omaks võetud. Esialgne plaan nägi ette põtrade varitsemist enim kasutatavate soolakute juures. Valitud varitsuskohtades põtrade liikumise tuvastamiseks paigaldasime rajakaamerad. Oktoobris saime kätte põtradele sobivad GPSi/GSMi jälgimisseadmed ning asukohapunktide vastuvõtja. Kaelused tellisime silmatorkavalt erkoranži värvusega, et kaelustatud loomi eksikombel ei kütitaks. Geograafia osakonnas seati üles, installeeriti ja käivitati andmeid koguv keskjaam. Kontrolliti andmevoo jõudmist kaelusest keskjaama ning sealt ülekanndmist andmebaasi. Selleks ajaks olid hangitud ka kõik muud vajaminevad tarvikud ning uinutid.

Vahetult pärast kaeluste katsetamise lõppemist (2015. aasta talve hakul) algasid varitsused soolakutel. 2016. aasta jaanuaris ja veebruaris käisid loomad soolakutel suhteliselt sageli, ent ebaregulaarselt, ning varitsused ei andnud soovitud tulemust. Ühel ööl õnnestus kahte isendit (põdralehma ja vasikat) näha ning ühte (arvatavalt pulli) kuulda, ent mitte lasta. Üldjuhul põdrad varitsusöödel ei lähenenud, kuigi rajakaamerate saadetavatelt piltidelt oli näha, et muul ajal külastasid nad jälgitavaid soolakuid sageli.

2016. aasta kevadel katsetasime Skandinaavia maades, Soomes, Kanadas ja USA põhjapoolsetes osariikides efektiivset ja seetõttu laialt kasutatavat kopterilt jälitamist, mis paraku ei osutunud Eesti tingimustes (vähemalt Kose-Mäo metsases piirkonnas) sobivaks. Õnnestus leida põhjapõtrade ajamise kogemusega piloot säärasteks ettevõtmisteks sobiva kahekohalise helikopteriga. Paraku liikusid kõik põdrad lähenevat kopterit märgates tihedamasse metsa ning uinutipüssi kasutada ei olnud võimalik.

2016. aasta sügisel oli võimalik tellida kontsentreeritum uinutisegu, mis võimaldas kasutada väiksemaid süstlaid ja sellega suurendada laskedistantsi 50–70 meetrini, mis andis määrava eelise. Samal ajal elavnes koostöö jahimeestega, kellele pakkus uurimisprojekt suurt huvi ning kes lahkelt oma abi pakkusid. Jahimehed soovitasid lisaks seni jälgimise all olnud soolakutele lisavaritsuskohti (soolakuid ning oktoobris, külmade saabudes, ka rapsi- ja söödakapsapõlde) ning võtsid ka ise varitsustest aktiivselt osa. Lisaks rõhutasid põtrade uinutamise kogemustega kolleegid, et varitseda tasub autost, kuna loomad on autodega harjunud ega seosta neid ilmselt otsest inimestega (ohuga). Teeäärsetel raiesmikel loomade märkamiseks kasutasime lisaks taskulampidele soojuskaameraid. Soojus- ehk termokaamera näitab objektide infrapunakiirgust, mis on paljale silmale nähtamatu. Soojuskaamerad osutusid eriti tõhusateks, kuna võimaldasid loomi jälgida neid endid häirimata. Hoogsate välitööde tulemusena õnnestuski 2016/2017. talve jooksul 10 põtra (2 lehma ning 8 pulli) tabada ja jälgimisseadmetega varustada. Kümme looma õnnestus jälgida peaaegu aasta.

Hetkeseisuga (oktoober 2019) koguvad asukohapunkte veel 6 põtra: lehmad Mari ja Kertu ning pullid Rambo, Maru, Janar ning Flegmar. Projektis esimesena jälgimiseadme kaela saanud pull Nustik lasti eksikombel maha 2017. aasta novembris. Mõni nädal varem (2017. aasta novembri alguses) lõpetas teise pulli, Jüri kaelus asukohapunktide edastamise. Jüri ise jäi 2019. aasta juunis Tallinna-Tartu maantee ületusel paraku auto alla. Septembri keskpaigast pole asukohapunkte laekunud enam Vägult ja Priidult, tõenäoliselt on nende kaelused töö lõpetanud, ent loomad ise loodetavasti elu ja tervise juures. Kokkuvõttes on kogutud andmestik, kus kõige lühemad aegread on umbes aasta ja kaheksa aegrida üle kahe aasta. Oktoobri lõpuks 2019 on talletatud pea 400 000 asukohta ja pooltunniteekonda.

### 3. Tulemusi

Esitame siinkohal valitud väljavõtteid uuringu lõpparuandest (Oja *et al.*, 2018).

#### 3.1. Kodupiirkond

Elupaiga valikutes domineerivad okas- ja segametsad, märkimisväärne on ka viibimine tihnikutes. Kodupiirkond on ala, mida loom kasutab oma normaalseks elutegevuseks: toitumiseks, paaritumiseks, järglaste kasvatamiseks jms. Kodupiirkonna suurust mõjutavad liigi bioloogiast ning ümbritsevast keskkonnast tulenevad tegurid. Selle „mõõtmine“ sõltub ka kasutatavast meetodist.

Kodupiirkond moodustatakse enamasti kui hulknurk, mis hõlmab mingi osa teadaolevatest looma asukohapunktidest. Võib kasutada kõiki punkte (100%), siis saame maksimaalse kodupiirkonna, ent võib kasutada ka vaid osa punkte (nt 95%, mille puhul 5% äärmiselt harva külastatud punkte jäetakse välja). Kui kasutada 95% arvutust, on 2017–2018 mõõdetud kodupiirkond suurim Nustikul – 12 721 ha, ja väikseim Maril – 2377 ha. Mari puhul võib rolli mängida ka asjaolu, et mõlemal aastal olid tal kaksikud vasikad. Kui võrrelda 95% ja 100% asukohapunktidega leitud kodupiirkondi, ilmneb, et näiteks Nustiku kõigi punktide põhine ala on vaid 25% võrra suurem 95% alast, samal ajal kui Priidul on 95% ala 7049 ha ja 100% ala sellest kolm korda suurem – 21 492 ha. Ehk siis Priit tegi oluliselt rohkem ühekordseid tuumalast kaugele ulatuvaid rännakuud, samal ajal kui Nustik oli tuumalas liikuvam.

Kaheosaline kodupiirkond (eraldi talvine ja suvine liikumisala) ilmnis vaadeldud loomadest vaid Kertul, kes liikus kevadel suhteliselt kiiresti ühest piirkonnast teise ja sügisel tagasi (vt joonis). Talvine ja suvine kodupiirkond paiknesid teine teisel pool Tallinna-Tartu maanteed, seega kaasnes piirkonna vahetusega ka maantee ületamine. Oli juhtum, kus ta korraks käis veel kord suvilas. Teiste loomade puhul seda kirjan-duses varem täheldatud nähtust ei esinenud.



Pärast tee-ehituse algust Kose-Ardu lõigul 2017. aasta lõpus on põder nimega Priit hakanud vältima oma kodupiirkonna Kose-poolset osa ning eelistab liikuda pigem lõuna/kagu pool. Samal ajal Mari, kes on jälgitavatest põtradest paikseim ja elutseb samas, on jäänud senisele alale trassi lähistel.

### 3.2. Liikuvus

Kui vaadelda loomade pooltunniteekondade statistikas peegelduvat liikuvust, näeme Marul suurima maksimumina 3,29 km läbimist, vähim on maksimaalne pooltunniteekond Välgul – 1,76 km. Mediaanteekonnad on siiski paarikümne meetri pikkused ehk samas suurusjärgus asukohatäpsuse mõõtmise veaga. Seega, poole ajast on kõik loomad lihtsalt paigal. Summeerides järjestikuste pooltunniteekondade jooksul läbitud vahemaad, on nt Mari ja Priidu puhul tuvastatud, et mõlemal esineb kuni 6 tunni pikkuseid paigalseise. Ööpäeva keskmine teekond on põdralehm Maril 2,05 km, mediaan 1,88 km ja pikim teekond 8,35 km. Põdrapull Priidul aga on keskmine ööpäeva liikumisteekond 3,15 km, mediaan 2,59 km ja pikim päevateekond 27,74 km. Keskmised ööpäevateekonnad olid kõige suuremad suvel, järgneb sügis, vähim liikuvus iseloomustab talve.

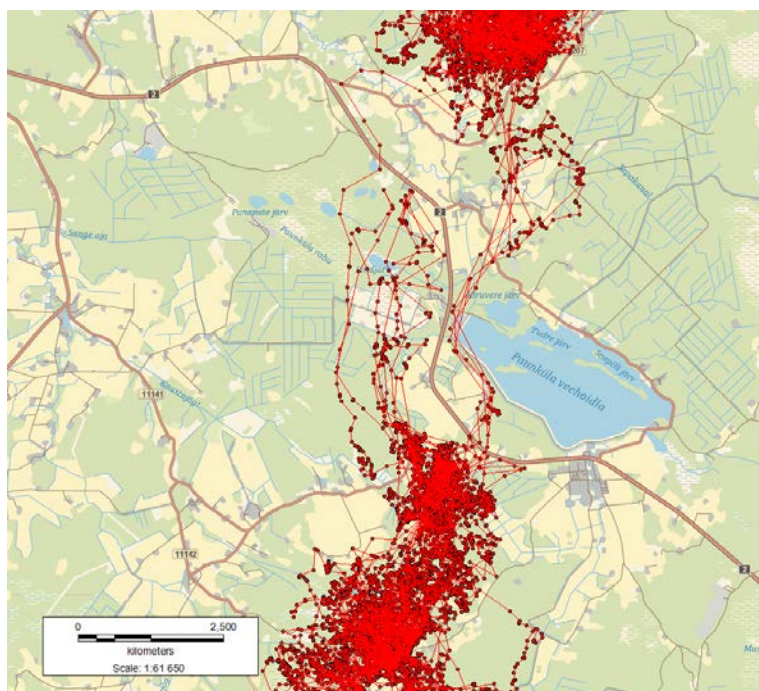
Liikumine laiemas plaanis – kogu vaatlusperioodi jooksul ükski loom piirkonnast ei lahkunud, seega müüdid loomade valdavast rändest (lääne/loode suunas) selles uuringus kinnitust ei leidnud, loomad on mitu aastat järjest paiksed, sõltumata vanuseklassist ja soost.

Uut teetrassi, mis loomade jaoks oli võsastuv raiesmik, ületasid loomad korduvalt, sage oli ka liikumine piki trassi – ala kujutas mitte takistust, vaid pigem sobilikku toidubaasi. Mingeid barjääriefekti ennustavaid järeldusi uue trassikoridori ületamise põhjal teha ei saa.

Olemasoleva Tallinna-Tartu maantee ületamisel ilmneb selge barjääriefekt. Alates esimese põdra kaelustamisest 2016. aasta oktoobri keskpaigas kuni 2018. aasta novembri lõpuni tuvastati 78 teeületust 6 erineva isendi poolt, sealjuures pullid ületasid tee 72 korda ja lehm 6 korda, sh Väk – 28, Maru – 16, Jüri – 14, Janar – 12, Kertu – 6 ning Priit – 2 korda. Ülekaalukalt kõige rohkem ületusi leidis aset septembris – 27, need olid kõik pullid. Kõige sagedamini ületasid loomad tee öösel ning varahommikul.

Loomade teekondade analüüs näitab ilmekalt, kuidas juhul, kus suure liiklus-sagedusega maantee lõikab põdra kodupiirkonda, on loomad tee lähitsoonist (umbes 50–100 m) eemale hoidnud, ent aeg-ajalt tee siiski ületanud. Üldiselt on igal loomal välja kujunenud kindel eelistatud lõik, kust üle tee minna. Samal ajal esineb üksikuid teeületusi ka harjumuspärasest kohast eemal. Põdralehm Kertu on Tallinna-Tartu maantee ületamise ette võtnud vaid talvisest elupaigast suvisesse siirdumisel ning vastupidi (vt joonis 1). Karl Hendrik Holsti magistritöös (Holst, 2018) hinnati

teebarjääri mõju põtrade liikumisele. Teebarjääri tugevus leiti põtrade tegelike liikumisandmete põhjal genereeritud juhuteekondade ja tegelike teeületuste võrdlemisel. Selgus, et nii väikse kui ka suure liiklussagedusega teid ületati tegelikkuses oluliselt vähem kui juhuteekondades, keskmiselt vastavalt 3,5 ja 7,62 korda. Isendite vaheline erinevus barjääri tugevuse avaldumisel on suur. Lisaks ilmnes, et barjääri-efekt suureneb oluliselt liiklustiheduse kasvuga.



**Joonis 1.** Kertu talvine (lõuna pool maanteed) ning suvine kodupiirkond. Ühest elupaigast teise liikudes ületas Kertu tee 5 juhul 6-st umbes 400 m pikkusel lõigul (aluskaart Maa-amet)

**Figure 1.** Kertu's winter (south of the road) and summer home range. Moving from one habitat to another, Kertu crossed the road mostly on the same place

### 3.3. Reageeringud jahile

Uurimisperioodi jooksul viidi läbi ajujahti ka kaelustatud põtradele, kuid kokkuleppe kohaselt kaelustatud isendeid säästeti. Lisaks ühisjahtidele tehti mõnele põdrale ka imiteeritud ajujahti koeraga, mis on olemuselt võrdväärne tavapärase koeraga ajamisega, siiski, põdra lahkumist ei takistatud. Mitte ükski põder ei lahkunud jahti tagajärjel oma tavapärasest kodupiirkonnast, kuigi olenevalt olukorrast võis põder (ajutiselt) lahkuda metsatükist, kus jahti peeti. Kaelustatud põdrapullid demonstreerisid väga erinevat ohutunnetust ning valisid küttide vältimiseks sõltuvalt olukorrast nii varjumis- kui ka põgenemisstrateegiat.

#### 4. Vastused küsimustele

*Kui sageli ja millal käivad põdrad üle olemasoleva maantee?*

Käivad üle tee küll, aga märgatavalt harvemini, kui barjäärivaba keskkonna eeldusel genereeritud juhuteekondade põhjal võiks arvata. Enamasti on ületused öösel ja varahommikul, ent üks jälgitud loom suutis tee ületada ka nädalalõpu õhtuse tipp-tunni ajal.

*Kus on nende eelistatud teeületuskohad?*

Enamasti on igal loomal välja kujunenud „harjumuspärased“ ja „tuttavad“ ületuskohad oma kodupiirkonna piires, ent üksikjuhtudel võidakse tee ületada ka kusagil mujal.

*Kuidas mõjutab nende majesteetlike loomade liikumist uue teetrassi ehitus?*

Nii ja naa, ehituse algus tundub, et peletas ühe loomadest, kelle kodupiirkonda ehitus jäi, sealtkandist eemale, teine loom ei ole ära läinud.

*Kas põtradel on välja kujunenud lemmikkohad ka juba lagedaks raiutud uue trassi ületamiseks?*

Uue trassi koridor ei ole barjäär vaid pigem toitumisala, sellel liikumise alusel ei saa mingeid järeldusi tee valmimise ja liikluseks avamise järgse loomade võimaliku liikumise kohta teha.

*Kui suurel alal põdrad Eestis üldse liiguvad? Kas juttudel põtrade (sesoonsete) rännete kohta on tõepõhi all?*

Käesolev uuring ei kinnita loomade ulatuslikku liikuvust või pikki rändeid üle Eesti. Sesoonne ränne kahe kodupiirkonna vahel tuvastati ühel vaadeldud loomadest.

#### 5. Järeldusi

Lõpparuandes on esitatud mitu järeldust ja soovitus arvestamiseks maantee rajamisel. Uuring andis kinnitust, et maantee, kus aasta keskmine ööpäevane liiklusegatus läheneb 10 000 sõidukini, kujutab endast põtrade jaoks olulist barjääri. Isendid, kelle kodupiirkonda olemasolev Tallinna-Tartu maantee lõikab, on maantee lähiümbruses liikunud märgatavalt vähem kui teest eemale jäävates kodupiirkonna osades. Uus maanteetrass, mis uuringu ajal on olnud valdavalt metsast lagedaks raiutud ning kattunud võsaga, on põtrade jaoks ligitõmbav piirkond ning kindlasti nad ei väldi hetkel seda ala. Kindlasti on vajalikud suurulukite teeületust võimaldavad läbipääsud, eelistada tuleks eritasandilisi lahendusi.

Tulemusi on tutvustatud Eesti terioloogide konverentsil ja teoreetilise bioloogia kevadkoolis (Kruuse *et al.*, 2019), Eesti Jahimeeste Seltsi kodulehel, televisioonis ja raadios ning artiklitenä Eesti Jahimehes, päevalehtedes jm. Lõpparuanne on kättesaadav maanteeameti kodulehelt<sup>1</sup>, samuti on võimalik vaadata animatsioone Kertu<sup>2</sup> ja Maru<sup>3</sup> liikumistest.

## Tänuavaldused

Projekt sai teoks tänu paljude inimeste abile ja koostööle. Oleme väga tänulikud Kose, Kõue, Ardu, Anna, Väätsa, Kõrvemaa ja Alliku jahipiirkondade jahimeestele. Eriline tänu kuulub Jaanus Erimäele Anna jahtkonnast ja Jüri Valdmale Kõue jahiseltsist, kes veetsid meiega loendamatu tunde metsas põtru varitsedes. Täname Mattias Olssonit, Christer Moe Rolandseni ja Marko Kübarseppa kasulike nõuannete eest põtrade tabamisel. Andmete ettevalmistamisse panustas oluliselt geoinformaatika spetsialist Edgar Sepp. Projekti tellis ja rahastas Maanteeamet (teadus- ja arendustöö „Põtrade raadiokaelustamine liikumisuuringu eesmärgil E263 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa põhimaantee Kose-Mäo (km 40,0–85,0) lõigu piirkonnas“, töövõtuleping nr 15-00242/001 perioodiks 15.02.2015–30.11.2018).

## Kirjandus

- Holst, K. H. 2018.** Maantee barjääriefekti mõju põtrade liikumisele ja selle tugevuse sõltuvus liiklustihedusest. Bakalaureusetöö geograafias. Tartu Ülikool.
- Kruuse, M., Oja, T., Oja, R. et al. 2019.** Kaelustatud põtrade liikumisuuring Tallinn–Tartu maantee Kose–Mäo lõigus. *Schola Biotheoretica* XLV: 55–68.
- Oja, T., Valdmann, H., Saarma, U. et al. 2018.** Põtrade liikumisuuring GPS/GSM kaelustega riigi põhimaantee 2 Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa Kose–Mäo (km 40,0–85,0) lõigu piirkonnas. Lõpparuanne. Tartu Ülikool.

---

<sup>1</sup> [https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/toovotuleping\\_15-00242\\_001\\_15.02.2015\\_lopparuanne\\_2018\\_taiendatud.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/toovotuleping_15-00242_001_15.02.2015_lopparuanne_2018_taiendatud.pdf).

<sup>2</sup> <https://youtu.be/zkzy6Mh1dvg>.

<sup>3</sup> <https://youtu.be/LSUZP8v-oNo>.

## **Geographers with zoologists in forest or what have we learned from the moose movability study in the Kose-Mäo region?**

Maris Kruuse<sup>1</sup>, Ragne Oja<sup>2</sup>, Peeter Anijalg<sup>2</sup>, Urmas Saarma<sup>2</sup>, Harri Valdmann<sup>2</sup>, Tõnu Oja<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, University of Tartu

<sup>2</sup> Department of Zoology, University of Tartu

### **Summary**

Ten moose were equipped with GPS/GSM collars in 2016–2017 in the region of Tallinn – Tartu highway reconstruction. The collars provide location of the moose every 30 minutes. Data analysis demonstrated that the size of the home region (95% kernel) varied between 2377 and 12721 ha. Only one of the moose uses home region consisting of separate winter and summertime regions. The longest half hour distance between different animals varies from 1.76 to 3.29 km, median 24 hour travels are around 2–3 km and half of the time the animals are not moving around. The longest 24 hour travel exceeded 27 km. None of the animals left the study area. Actual and simulated road crossings differed significantly for both high and low traffic volume roads. Roads with low traffic were crossed 3.5 times less than predicted by simulations and the respective value for high traffic roads was 7.62. Hunting events did not scare the animals far away from the home region although temporary departure from the hunting region happened.

## Autorite indeks

- Aasa, A. 168, 186  
Anijalg, P. 354  
Anniste, K. 106  
Burdun, I. 97  
Espenberg, M. 308  
Jaagus, J. 264, 274  
Järveoja, J. 344  
Kalm, K. 215  
Kamenjuk, P. 168  
Kangur, K. 106  
Kasak, K. 330, 308  
Kaup, A. 248  
Kill, K. 330  
Krasnov, D. 274  
Krasnova, A. 274  
Kruuse, M. 354  
Lakson, M. 283  
Leetmaa, K. 233  
Lust, R. 330  
Lõhmus, K. 299  
Macháčová, K. 323  
Maddison, M. 344  
Mander, Ü. 11, 274, 299, 308, 323, 330, 344  
Mooses, V. 148  
Mõisja, K. 65  
Noe, S. 274  
Oja, R. 354  
Oja, T. 11, 354  
Ostonen, I. 299, 344  
Pae, T. 21  
Palo, A. 32, 97  
Poom, A. 204  
Post, P. 283  
Pärn, J. 308, 323  
Raun, J. 168, 186  
Remm, J. 32  
Roosaare, J. 51, 83  
Rõivas, T. 248  
Saarma, U. 354  
Sagris, V. 97  
Saluveer, E. 168, 186  
Schindler, T. 323  
Sepp, M. 283  
Silm, S. 129, 148, 186  
Soosaar, K. 274, 323  
Tammaru, T. 11, 106  
Tammiksaar, E. 21  
Teemusk, A. 344  
Telve, K. 129  
Tiru, M. 186  
Torga, R. 344  
Uri, V. 274  
Valdmann, H. 354  
Vill, K. 129  
Virro, H. 83  
Viru, B. 344

## Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis

Varasem numeratsioon (1–82) on toodud Ott Kursi koostatud raamatus *Geography in Estonia 17<sup>th</sup>–20<sup>th</sup> Centuries* (nr 83, 1999). 83–94 on esitatud 2004. aastal Ülo Manderi ja Ott Kursi toimetamisel ilmunud juubelikogumikus (nr 89, 2004). Väljaanded numbriga 95, 96 ja 98 on ilmunud.

97. **Jaak Jaagus (toim)**. *Carl Kalk 200: ajaloolise klimatoloogia sümpoosion*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 2005, 110 lk.
99. **Antti Roose (toim)**. *Keskkonnasäästlik planeerimine ja ehitus 1*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 2005, 122 lk.
100. **Antti Roose (toim)**. *Keskkonnasäästlik planeerimine ja ehitus 2*. 2006, 66 lk.
101. **Antti Roose (ed)**. *Managing Drought and Water Scarcity in Vulnerable Environments: proceedings of the 10<sup>th</sup> European Seminar on the Geography of Water*. 2006, 224 lk.
102. **Jaak Jaagus (toim)**. *Uurimusi Eesti kliimast*. 2007, 153 lk.
103. **Ott Kurs (koost)**. *Kool ja maastik [Jakob Kents]*. 2007, 201 lk.
104. **Ülo Mander, Margit Kõiv, Christina Vohla (eds)**. *2<sup>nd</sup> International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control: WETPOL 2007*. Vol. 1–2. 2007, 568 p.
105. **Taavi Pae, Ülo Mander (koost)**. *Kodumaa tundmine (pühendatud Jaan Eilarti 75. sünniaastapäevale)*. 2008, 147 lk.
106. **Ülo Mander (ed)**. *Wetlands and climate change: new challenges for wetland research: extended abstracts: 3rd annual meeting of the European Chapter of the Society of Wetland Scientists (EWS)*. 2008, 108 p.
107. **Jüri Roosaare, Ülo Mander (eds)**. *Estonia. Geographical studies 10*. 2008, 160 p.
108. **Ülo Mander, Evelyn Uemaa, Taavi Pae (toim)**. *Uurimusi eestikeelse geograafia 90. aastapäeval*. 2009, 472 lk.
109. **Jaak Jaagus (toim)**. *Uurimusi Eesti kliimast*. 2012, 241 lk.
110. **Antti Roose (ed)**. *Progress in water geography: Pan-European discourses, methods and practices of spatial water research*. 2014, 160 p.
111. **Erki Tammiksaar, Taavi Pae, Ülo Mander (toim)**. *Uurimusi eestikeelse geograafia 95. aastapäeval*. 2014, 383 lk.
112. **Antti Roose**. *Kliimamuutustega kohanemine Eestis – valmis vääramatuks jõuks?* 2015, 149 lk.



ISSN 1406–3069

ISBN 978-9949-03-241-9