

Tartu Ülikool  
Loodus- ja täppisteaduste valdkond  
Ökoloogia ja maateaduste instituut  
Geograafia osakond

Magistritöö inimgeograafias ja regionaalplaneerimises (30 EAP)

**Mobiilpositsioneerimise andmete rakendamine  
kriisireguleerimisel**

Ago Tominga

Juhendaja: kaasprofessor Siiri Silm

Tartu 2021

## **Annotatsioon**

### **Mobiilpositsioneerimise andmete rakendamine kriisireguleerimisel**

Mobiilpositsioneerimine pakub võimalusi hinnata rahvastiku paiknemist ja liikumist võrreldes varasemaga dünaamilisemalt ja mitmekesisemalt. Mobiilpositsioneerimise rakendamise erinevatest võimalustest on hakatud arutama ka kriisireguleerimises. On keeruline võtta kasutusele reaalaajalisi mobiilpositsioneerimise põhiseid lahendusi, mistõttu tuleb olukorras orienteerumiseks kasutada ajaloolisi andmeid. Uurimistöö eesmärk on anda hinnang ajaloolistele passiivse mobiilpositsioneerimise põhjal arvatud piirkondlike liikumisvoogude ja erinevate rahvastikutüüpide ajalisele ja ruumilisele varieeruvusele ning võrrelda tulemusi rahvastikuregistri põhise rahvaarvuga kui traditsioonilise rahvastikustatistika andmeallikaga. Uurimistöö tulemused kirjeldavad olulisemaid ajalisi ja ruumilisi erinevusi rahvastikustatistikute varieerumisel, nende erinevusel hetkel kasutusel olevatest paiknemisandmetest ning arutleb selle tähenduse ja võimaluste üle kriisireguleerimises.

CERCS: S230 Sotsiaalne geograafia

Märksõnad: inimgeograafia, mobiilpositsioneerimine, kriisijuhtimine

## **Abstract**

### **Using Mobile positioning based population statistics in crisis management**

Mobile positioning expands possibilities of evaluating spatial population distributions and mobility of people. Usability of mobile positioning data has also caught attention in crisis management. It is difficult to use real time passive mobile positioning data, therefore different ways of using historical data have to be discussed. The goal of the research is to evaluate temporal and spatial variability of spatial population statistics and mobility flows based on historical mobile positioning data. Results focus on most important temporal and spatial differences in variability of population statistics, their differences from population data use today and its possibilities in crises management.

CERCS: S230 Social geography

Keywords: human geography, mobile positioning, crisis management

## Sisukord

1. Sissejuhatus.....	5
2. Teoreetiline ülevaade.....	7
2.1. Kriisireguleerimise põhimõtted.....	7
2.2. Kriisireguleerimine Eestis.....	10
2.3. Rahvastiku paiknemise ja liikumise uurimise meetodikad.....	13
2.3.1. Rahvastiku paiknemise ja liikumise uurimiseks kasutatavad andmed.....	13
2.3.2. Rahvastiku paiknemis- ja liikumiskäitumist iseloomustavad näitajad.....	15
2.4. Rahvastikuandmete kasutamine kriisiolukordades.....	19
3. Andmed ja meetodika.....	23
3.1. Mobiilpositsioneerimise andmed.....	23
3.2. Kasutatud näitajad.....	25
3.2.1. Paiknemisandmed.....	25
3.2.2. Liikumismaatriksid.....	26
3.2.3. Võrdlus registriandmetega.....	28
3.3. Statistiline analüüs.....	28
4. Tulemused.....	30
4.1. Piirkondlike kogurahvastike ja liikumisvõrgustike ajaline varieeruvus.....	30
4.2. Piirkondliku kogurahvastiku ja liikumisvõrgustike ruumiline varieeruvus.....	33
4.3. Erinevate populatsioonitüüpide paiknemise varieeruvus.....	35
4.4. Kogurahvastiku erinevus registriandmetest.....	39
5. Arutelu.....	45
6. Kokkuvõte.....	50
Summary.....	52
Tänuavaldused.....	54
Kasutatud kirjandus.....	55
Lisad.....	65

Lisa 1. Kogurahvastiku paiknemise erinevus keskmisest üle omavalitsuste. ....	65
Lisa 2. Kogurahvastiku liikumiste SSIM erinevus keskmisest üle omavalitsuste. ....	65
Lisa 3. Regressioonianalüüsi tulemused omavalitsuste tasandil rahvastiku paiknemise ja keskmise SSIM kohta.....	66
Lisa 4. Kogurahvastiku paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest omavalitsustes. ..	67
Lisa 5. Liikuvuse (SSIM) keskmine erinevus aastakeskmistes omavalitsustes. ....	67
Lisa 6. Keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes üle kohalike omavalitsuste.....	68
Lisa 7. Paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes omavalitsustes I.....	68
Lisa 8. Paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes omavalitsustes II.....	69
Lisa 9. Keskmine erinevus kogurahvastikes registriandmete ja mobiilpositsioneerimise vahel omavalitsustes.....	70
Lisa 10. Keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes üle maakondade. 70	
Lisa 11. Kogurahvastiku paiknemise erinevus keskmisest üle maakondade. ....	71
Lisa 12. Kogurahvastiku liikumiste SSIM erinevus keskmisest üle maakondade. ....	71
Lisa 13. Regressioonianalüüsi tulemused maakondade tasandil rahvastiku paiknemise ja keskmise SSIM kohta.....	72
Lisa 14. Kogurahvastiku paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest maakondades. ..	73
Lisa 15. Liikuvuse (SSIM) keskmine erinevus aastakeskmistes maakondades.....	73
Lisa 16. Paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes maakondades I.....	74
Lisa 17. Paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes maakondades II. ....	74
Lisa 18. Keskmine erinevus kogurahvastikes registriandmete ja mobiilpositsioneerimise vahel maakondades. ....	75

## 1. Sissejuhatus

Hädaolukordades toimetuleku edukuse olulisim tegur on valmisolek hädaolukorra tekkeks. Puudulik ettevalmistus võib kriisis kaasa tuua nii suuremat majanduslikku mõju kui suuremaid kahjusid inimestele (Perry 2018). Kuigi COVID-19 pandeemia on tõstnud kriisireguleerimise üle maailma nii teadlaste kui avalikkuse fookusesse, on valmisolekut nõudvaid hädaolukordi teisi – seda ka Eestis. Näidetena olgu nimetatud Lõuna-Eesti torm 2019. aastal, Pronksiöö rahutused 2007. aastal, jaanuaritorm 2004. aastal, metanoolitragöödia 2001. aastal, ulatuslikud metsatulekahjud 1997. aastal või Estonia laevahukk 1994. aastal.

Et hädaolukordi reguleerivad organisatsioonid (olgu selleks Kaitseliit, Politsei- ja Piirivalveamet, Päästeamet või Keskkonnaamet või keegi muu) olukorras ressurside jaotamist paremini saaksid planeerida, on üheks oluliseks teadmiseks ohustatud inimeste hulk (Bengtsson et al. 2011). Kuigi iga-aastaseid geograafilisi rahvastikuandmeid on võimalik leida rahvastikuregistrist, võivad need andmed oluliselt erineda tegelikust olukorrast, sest paljud inimesed ei paikne suurel osal ajast seal, kuhu nad ennast elama on registreerinud (Järv et al. 2014). Lisaks ei ole võimalik rahvastikuregistri põhjal päästetööde ajal järeldada, kui palju inimesi kriisialasse lähiajal juurde liiguvad või sealt ära soovivad liikuda; kui palju on seal turiste; kui paljudel võiks tõenäoliselt olla võimalik kuhugi minna (ehk evakueeruda) ja kui paljudel mitte. Üheks parimaks võimaluseks hinnata inimeste tegelikku ruumilist jaotust erinevatel ajahetkedel peetakse passiivset mobiilpositsioneerimist (Panczak et al. 2020). Mobiilioperaatorite poolt arvete koostamise eesmärgil kogutavad andmed inimeste kõnetoimingute asukoha ja aja kohta võimaldavad anonüümselt toota rahvastikustatistikat.

Magistritöös on hinnatud mobiilpositsioneerimise võimalusi kriisireguleerimise arendamiseks Eestis. Töö tugineb Positium OÜ poolt projekti Building European Communities' Resilience and Social Capital (BuildERS) jaoks mobiilpositsioneerimise põhjal arvatud rahvastiku paiknemis- ja liikumisstatistika andmetele, mille alusel on loodud kaardirakenduse test-versioon hädaolukordadega tegelevatele organisatsioonidele eesotsas Päästeametiga. Interaktiivne kaardirakendus võimaldab teha kolme erineva lahutusvõimega ruumilisel tasandil (maakonnad, omavalitsused ja kandid) ja kahel ajalisel tasandil (päev ja tund) päringuid piirkondade vaheliste liikumisvoogude mahtude, erinevate rahvastikutüüpide arvu (näiteks elanikud, töötajad, siseturistid, välisturistid) ja tõenäolist teist kodu omavate inimeste arvu kohta.

Mobiilpositsioneerimisel põhinevate andmete kasutamiseks hädaolukordades on vaja täita mitmeid eeltingimusi. Esiteks tuleb tagada andmeid töötlevatele analüütikutele ligipääs

andmetele ja võimalus tulemusi jagada. Teiseks tuleb läbi mõelda otsustusprotsessid, mille juures täpsemaid rahvastikuandmeid kasutada. Kolmandaks tuleb hinnata võimalikku vea määra, mis on tingitud vigadest mobiilpositsioneerimise andmete interpoleerimisel halduspiiridel põhinevale alale (Aasa et al. 2021). Neljandaks on vaja hinnata paiknemis- ja liikumismustrite varieeruvust, et arvestada võimaliku erinevusega ajalooliste mobiilpositsioneerimise andmete ja teoreetilise olevikusituatsiooni vahel.

Magistritöö põhifookus on eelnevalt mainitud kolmandal ja neljandal punktil ja sellele tuginedes on töö eesmärgiks anda hinnang passiivse mobiilpositsioneerimise põhjal arvutatud piirkondlike liikumisvoogude ja erinevate rahvastikutüüpide ajalisele ja ruumilisele varieeruvusele ning võrrelda tulemusi rahvastikuregistri põhise rahvaarvuga kui traditsioonilise rahvastikustatistika andmeallikaga.

Eesmärgist lähtuvalt on magistritöös püstitatud neli uurimisküsimust.

- 1) Milline on rahvastiku liikumis- ja paiknemismustrite varieeruvus ajas?
- 2) Milline on rahvastiku liikumis- ja paiknemismustrite varieeruvus ruumiliselt?
- 3) Milline on erinevate rahvastikurühmade paiknemismustrite ajaline ja ruumiline varieeruvus?
- 4) Millised ajalised ja ruumilised erinevused on mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri põhise rahvastiku paiknemismustrites?

## 2. Teoreetiline ülevaade

### 2.1. Kriisireguleerimise põhimõtted

Hädaolukordade lahendamiseks on vajalik mitmete erinevate organisatsioonide ja laiema avalikkuse ühine jõupingutus. Erinevate osapoolte vahel peab informatsioon hästi levima, edukas kommunikatsioon on üks peamisi efektiivse kriisijuhtimise aluseid. Üheks eduka kommunikatsiooni aluseks on ühiselt kokku lepitud ja täpne sõnavara. Kahjuks on selleni jõudmine kriisijuhtimise juures olnud keeruline, sest kõiki kriisijuhtimisega seotud sõnu (näiteks hädaolukord, katastroof, kriis, haavatavus jne) kasutatakse ka igapäevaselt, sealjuures erinevates kontekstides (Perry 2018). Arusaamist raskendab ka asjaolu, et kuigi eesti keelde on mitmeid sõnu (nt katastroof, kriis) laenatud väljastpoolt, ei kasutata neid alati samas tähenduses nagu ingliskeelses teaduskirjanduses.

Kõige üldisemaks mõisteks on kriis – kollektiivse stressi periood, mis häirib igapäevaseid käitumismustreid, ohustab ühiskondlikke põhiväärtusi, struktuure ja sotsiaalseid süsteeme ootamatutel ja ettenägematutel viisidel (Rosenthal et al. 2001). Seega ei keskendu kriis oma definitsioonis sellele, kuidas reageerimist olukord päästjatel nõuab, vaid illustreerib üleüldist stabiilsuse puudumist (Rotanz 2007). Kriisi põhjustavaid sündmusi liigitatakse vastavalt kahjustuste ulatusele ja reguleerimisvajadusele hädajuhtumiteks (*emergency*), hädaolukordadeks (*disaster*) ja eriolukordadeks (*catastrophe*) (Rotanz 2007).

Hädajuhtum seisneb ohu realiseerumisel, mille tulemusena tekib oht inimestele või varadele, kuid olukord on lahendatav harjumuspärase jõududega. Hädajuhtumile reageerijatel on olemas vastavad kogemused ja teadmised ning sündmus saadakse kiiresti kontrolli alla (Rotanz 2007). Hädajuhtumitele reageerimine on päästetöötajate igapäevatöö.

Hädaolukord kujutab endast tõsist häiringut kogukonnas või ühiskonnas mistahes ruumilisel skaalal, olles tingitud ohtliku sündmuse toimumisel sellele sündmusele haavatava ühiskonnagrupi hulgas, tuues kaasa majanduslikke, keskkondlikke ja/või inimelulisi kaotusi (UNISDR 2019). Sarnaselt on see defineeritud ka Eestis (Hädaolukorra seadus §2 2017):

„Hädaolukord on sündmus või sündmuste ahel või elutähtsa teenuse katkestus, mis ohustab paljude inimeste elu või tervist, põhjustab suure varalise kahju, suure keskkonnakahju või tõsiseid ja ulatuslikke häireid elutähtsa teenuse toimepidevuses ning mille lahendamiseks on vajalik mitme asutuse või nende kaasatud isikute kiire koostöö tegevus, rakendada tavapärasest erinevat juhtimiskorraldust ning kaasata tavapärasest oluliselt rohkem isikuid ja vahendeid.“

Hädaolukord võib tuleneda loodusõnnetusest või olla inimtekkeline. Samas on oluline rõhutada hädaolukordade inimkesket vaadet: hädaolukord ei teki üksnes loodus- või inimtekkelise ohu (näiteks tormi või uputuse) realiseerumisest, vaid kujuneb selle mõjust inimestele (Perry 2018, Mayner & Arbon 2015, Alexander 2016). See, kas teatud ohu realiseerumine viib negatiivsete tagajärgedeni, sõltub ühiskonna valmisolekust vastavale ohule (Wisner et al. 2004). Näiteks ei pruugi nädal aega kestev talvine elektrikatkestus omada väga suurt mõju külakeskkonnas, kus inimeste vesi tuleb kaevust ja hooned on puitküttega, aga sama olukord võib kujuneda hädaolukorraks mistahes linnalises asulas, kus inimesed jääksid selle tulemusena sooja ja veeta. Hädaolukord pole kohalikult ja harjumuspäraste rutiinidega lahendatav, vaid vajab eriressursse ja erakordseid jõupingutusi (Rotanz 2007).

Riiklikest hädaolukordadest Eestis lähiajaloost on tuntuim Estonia laevahukk 1994. aastal, kuid hädaolukorra on tinginud ka näiteks ulatuslikud metsatulekahjud 1997. aastal, metanoolitragöödia 2001. aastal, jaanuaritorm 2005. aastal, Pronksiöö rahutused 2007. aastal (Otsla 2016).

Eriti rasket hädaolukorda nimetatakse eriolukorraks, millel on mõju kogu riigi toimimisele. Eestis kuulutatakse eriolukord välja siis, kui päästetööde edukaks läbiviimiseks on vajalik rakendada lisaseadusi, mis tavapärases olukorras ei kehti (Hädaolukorra seadus §19, 2017). Eriolukord võib rakendada suuremõõtmeliste loodusõnnetuste, katastroofide või nakkushaiguse leviku korral. Siinkohal tasuks pöörata tähelepanu „*catastrophe*“ erinevatele tähendustele erinevates keeltes – kui inglise keelt otse tõlkides võiks eriolukorra asemel kasutada sõna „katastroof“, siis eestikeelses õigusruumis mõistetakse katastroofi all hävingulise mõjuga inimtekkelist sündmust (Hädaolukorra seadus §19, 2017). Ainsaks korraks, mil Eestis on seni eriolukord välja kuulutatud, on 2020. aasta kevad seoses COVID-19 levikuga.

Kriisireguleerimise peamiseks eesmärgiks on kriisi negatiivseid mõjusid leevendada selleks ettenähtud ressursside võimalikult efektiivse jaotamise teel (Rosenthal et al. 2001). Edukat kriisile reageerimist võivad takistada nii üleüldine ressursside puudujääk, informatsiooni vähesus päästetöödel õigete otsuste vastuvõtmiseks kui ka oskuste puudujääk olemasoleva informatsiooni ja ressursside parimaks kasutamiseks (Wisner et al., 2004). Eduka kriisile reageerimise juures mängivad rolli nii kriisist mõjutatud elanikkonna kui ka päästeorganisatsioonide valmisolek olukorraks.

Hädaolukordades saab suurem osa olukorrast mõjutatud inimesi hakkama ise ega vaja päästetöötajate olulist abi. Tugevam tervis, parem materiaalne olukord ja suurem sotsiaalne kapital (inimese sidemed teda ümbritseva kogukonnaga, oskused informatsiooni otsida ja töödelda jne) võimaldavad inimestel kriisi akuutse faasiga suurema tõenäosusega üsna iseseisvalt toime tulla (Perry 2018). Päästetöötajate roll on eelkõige abistada neid, kes oma jõududega olukorraga toime ei tule ehk teisisõnu toetada neid, kes on vastavale kriisile kõige haavatavamad, informeerides samal ajal kogu kriisist mõjutatud kogukonda, et nemad iseseisvalt otsuseid vastu võtta saaks.

Haavatavust võib defineerida kui üksikindiviidide või gruppide olukorrapõhist suutlikkust pääseda piisavate ressursideni ja võimekust ette valmistuda, kohaneda, vastupanu osutada ja taastuda looduslike või inimtekkeliste kriiside mõjust (BuildERS 2020a). Hädaolukorra lahendamiseks ei piisa üksnes sellega kaasnevate ohtude mõistmisest, vaid teadmisi ohtudest tuleb rakendada sotsiaalsete süsteemide kontekstis: millist mõju avaldab vastav kriis poliitilistele ja majanduslikele süsteemidele ning füüsilistele infrastruktuuridele ja selle läbi erinevate inimgruppide tervisele ja turvalisusele (Wisner et al. 2004). Kuigi haavatavust saab siduda ka kindlate kohtade ja sotsiaalmajanduslike gruppidega (Adger 2006), võivad klassifitseeritud piirkonnad ja grupid erinevate kriiside jaoks olla liiga kunstlikud, et selliseid teadmisi ametlikes kriisiplaanides kasutada (BuildERS 2020b).

Reaalses olukorras selgub tagantjärele, kes kõige haavatavamateks osutusid. Kriisi ajal peavad päästeorganisatsioonid aga otsuste vastuvõtmiseks haavatavaid inimesi ja grupe ning nende asukohti prognoosima. Klassikaliselt saab seda teha hinnates ohust kõige rohkem kannatada saanud piirkonna ruumilist ulatust, suheldes omavalitsustega (kellel on olemas sotsiaalabi vajavate inimeste nimekirjad), ja reageerides päästeväljakutsetele.

Hädaolukorrale ei reageeri mitte üksnes päästetöötajad, vaid kogu ühiskond. Erinevatel organsatsioonidel – linna- või vallavalitsustel, Pääste-, Politsei- ja Piirivalve-, Tervise-, Keskkonnaametil, meditsiinasutustel, erinevatel ettevõtetel ning MTÜ-del jne – on hädaolukordade reguleerimisel erinevad rollid. Tänapäevani on kõige kasutatum tüpologia organsatsioonide rollide kohta hädaolukordade ajal Ameerika Ühendriikides Disaster Research Center poolt 1963. aastal kokkupanu (Provitolo et al. 2011), kuigi seda, kuidas tüüpe defineerida, on hiljem täiendatud (Tierney et al. 2001).

- I tüüp, kindlakskujunenud (*established*). Organisatsioonid, mis lähtuvad hädaolukorra ajal oma rutiinsetest ülesannetest ja organisatsioonilisest struktuurist, nt tuletõrje, haiglad, politsei.
- II tüüp, laienevad (*expanding*). Organisatsioonid, mis küll lähtuvad oma tavapärasest rutiinist, kuid peavad laiendama oma tavapärast struktuuri kaasates rohkem vabatahtlikke või muutma nende rolli, näiteks Salvation Army, Punane Rist, Kaitseliit.
- III tüüp, avarduvad (*extending*). Organisatsioonid, millel ei ole kriiside ajaks etteantud rolli ning mis säilitavad hädaolukorra ajal oma tavapärase struktuuri, kuid mis osalevad päästetöodes vastavalt oma spetsiifilistele oskustele ja võimetele, nt ehitusfirmad või teede korrashoiuga tegelevad ettevõtted, kelle oskusi ja masinaid saab kasutada hädaolukorrast tekitatud varemete eemaldamiseks ja taristute taastamiseks.
- IV tüüp, ilmuvad grupid (*emergent groups*). Väikesed inimgrupid, kellel pole küll ühtegi formaalset hädaolukorraga seotud rolli, kuid kes ilmuvad arvukalt kriisi ajal välja, näiteks et aidata, hoolitseda kannatanute eest.

## 2.2. Kriisireguleerimine Eestis

Eestis toimub hädaolukordadeks valmistumine läbi mitmete asutuste omavahelise koostöö (Hädaolukorra seadus, 2017). Kriiside reguleerimisel lähtutakse neljast põhimõttest (Maurer jt 2014):

- detsentraliseeritus (iga ministeerium vastutab oma valitsemisala tegevuste eest);
- ametkondadeülene koostöö;
- ülesannete jäävus;
- subsidiaarsus (ehk tegevuste elluviimise madalaimal võimalikul tasemel).

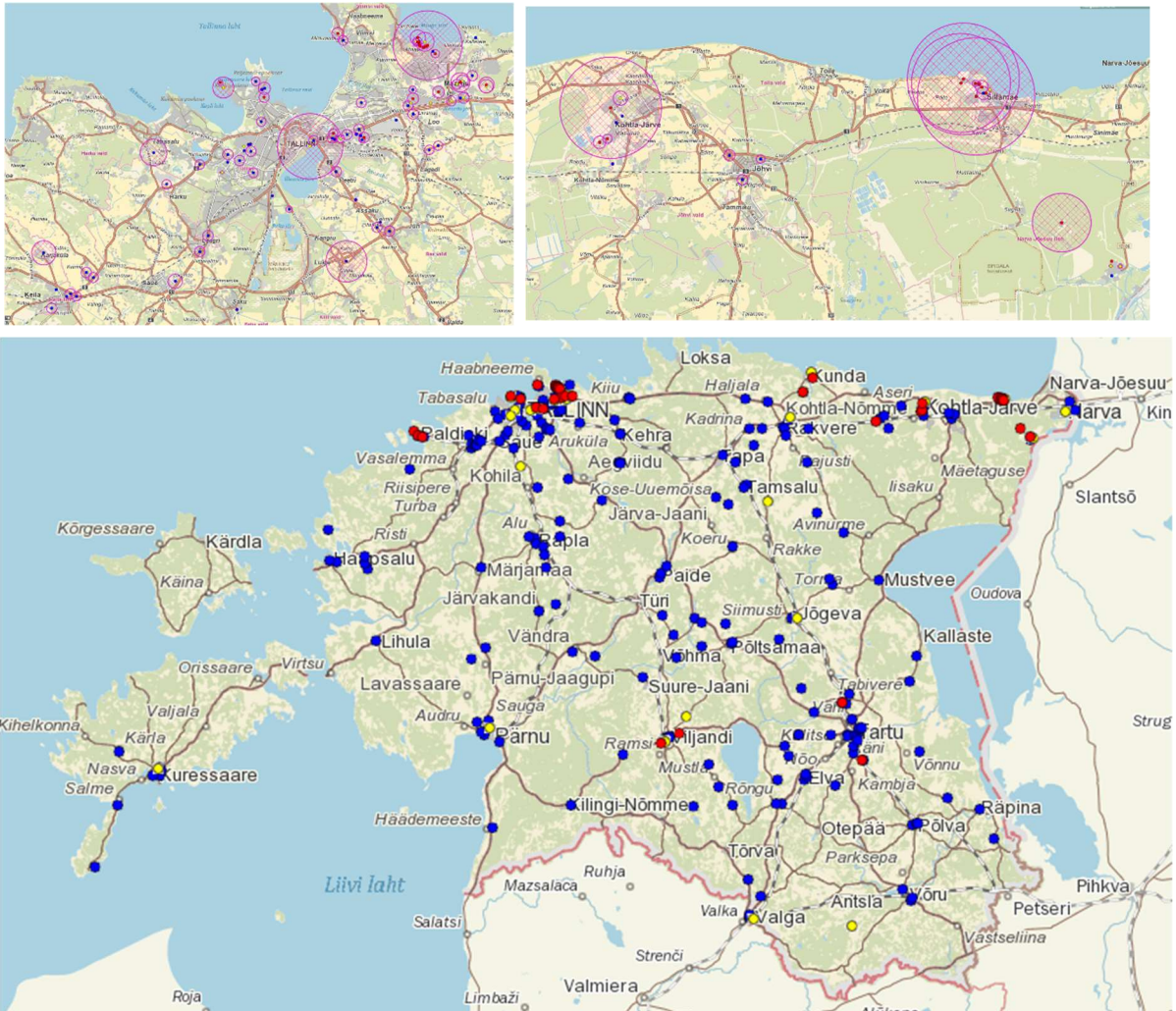
Erinevate hädaolukordade ohtude hindamiseks koostatakse riskimaatrikseid, millest viimane avaldati aastal 2013 ning seal kuuluvad kõige kõrgemasse riskirühma epideemia kõrval ulatuslikud mere- ja rannikureostused, raskete tagajärgedega laevaõnnetus ja massiline mürgistus (Siseministeerium 2013).

Erinevate organisatsioonide rollid kriisi ajal on lahti seletatud hädaolukorra ja eriolukorra seadustes. Sündmustele, mis võivad kaasa tuua hädaolukorra, koostatakse riskianalüüse

(Hädaolukorra seadus §9 2017). Sündmused ja nende kohta riskianalüüside tegemise eest vastutavad asutused on järgmised (Vabariigi valitsus 2021):

- 1) päästesündmus – tulekahjust, plahvatuses, varingust, transpordiõnnetusest, keskkonnareostusest, looduslikest põhjustest või muust sarnasest sündmusest tekkinud olukord maismaal ja siseveekogul, mis ohustab inimese elu, tervist, vara või keskkonda (vastutab Päästeamet);
- 2) politseisündmus – massilisest korratusest, põgenike massilisest sisserändest, massilisest piiririkumisest, rünnakust objektile, objekti hõivamisest või muust politsei pädevusse kuuluvast sündmusest tekkinud olukord maismaal, merel või piiriveekogul, mis ohustab inimese elu, tervist, vara või keskkonda (vastutab Politsei- ja Piirivalveamet);
- 3) küberintsident – arvutivõrgus toimuv turvaintsident, mis põhjustab kõrvalekaldeid küberruumi ettenähtud toimimisest või elutähtsate teenuste toimepidevusest või mis ohustab inimese elu, tervist, vara või keskkonda (vastutab Riigi Infosüsteemi Amet)
- 4) kiirgus- või tuumaõnnetus – kiirgus- või tuumaavarii tagajärjel kujunenud avariikiirituse olukord, mis ohustab inimese elu, tervist, vara või keskkonda (vastutab Keskkonnaamet);
- 5) tervishoiusündmus – sündmus, mis on põhjustanud või võib põhjustada paljude inimeste eluohtliku haigestumise, vigastuse või mürgistuse (vastutab Terviseamet);
- 6) loomataud – bioloogilise haigustekitaja põhjustatud loomahaigus, mis ohustab inimese elu, tervist, vara või keskkonda (vastutab Veterinaar- ja Toiduamet).

Päästesündmuste põhiste riskianalüüsidenä on kinnitatud doominoefektina õnnetus suurõnnetuse ohuga ettevõttes (Päästeamet 2020a) ja tormist põhjustatud üleujutus (Päästeamet 2020b). 2020. aasta septembrikuu seisuga oli suurõnnetuse ohuga ettevõtteid Eestis 67 ja ohtlikke ettevõtteid 226. Sündmuse riskiklassiks on 4A: selle tekkimise tõenäosus on väike, aga tagajärjed väga rasked. Sündmuse esinemise tõenäosus on kõige suurem Harju- ja Ida-Virumaal, kus asub enamik tiheasustusalade lähedal paiknevaid suurõnnetuse ohuga ettevõtteid (joonis 1, Päästeamet 2020a).



Joonis 1. Suurõnnetuse ohuga ettevõtted Eestis. A-kategooria ohtlikud ettevõtted kujutatud siniste täppidega, B-kategooria ohtlikud ettevõtted kollaste täppidega ja ohtlikud ettevõtted punaste täppidega. Allikas: Maa-amet 2021.

Ka tormist tingitud üleujutuse korral on piiritletud tiheasustusalad, mis üleujutusest tingituna kahjustada võivad saada, kuigi arvestamata on jäetud ulatuslike hajaasustuspriirkondadega väiksemate jõgede ääres (Päästeamet 2020b).

Politsei- ja piirivalveamet on viinud läbi riskianalüüsid põgenike massilise sisserände, äkkrünnaku, massilise korratuse, reisilaeva-tulekahju ja merereostusega kaasnevate tagajärgede kohta (Politsei- ja Piirivalveamet 2018).

Keskkonnaamet (2013) on koostanud riskianalüüsi piiriülese levikuga tuumaõnnetusele. Eestile lähimad tuumaelektrijaamad on Leningradi TEJ (79 km Narvast) ja Loviisa TEJ (103 km Kundast põhjasuunas). Kuigi tuumaõnnetuse ohtu peetakse väga väikeseks, oleks selle mõju väga suur, tähendades potentsiaalselt kogu Põhja-Eesti ranniku või Virumaa

evakueerimist. See, kui kiiresti radioaktiivne pilv alates õnnetusest kohale jõuab, sõltub ilmoludest. Hinnanguliselt oleks enne radioaktiivse pilve kohalejõudmist aega reageerida mõned tunnid. (Keskkonnaamet 2013)

Kuigi ohtlikele sündmustele on ette nähtud ka vastavad hädaolukorra lahendamise plaanid, milles pannakse paika kontaktisikud reageerivate organisatsioonide ja omavalitsuste poolt, on igas olukorras siiski vaja jooksvalt otsuseid vastu võtta. Hädaolukord tähendab juba oma olemuselt ootamatusi, milleks täielikult ette valmistuda pole võimalik. Hädaolukorrale reageerimine eeldab paljude osapoolte – päästeorganisatsioonid, omavalitsuste ametnikud, kannatada saanud elanikud jt – vahelist koostööd.

## **2.3. Rahvastiku paiknemise ja liikumise uurimise meetodikad**

### **2.3.1. Rahvastiku paiknemise ja liikumise uurimiseks kasutatavad andmed**

Üheks enimkasutatavaks rahvastiku paiknemise ja liikumise uurimise aluseks on rahvaloenduste andmed (Panczak et al. 2020). Rahvaloenduste eeliseks on see, et nende läbi saadakse andmeid kogu riigi rahvastiku kohta, kuid miinusteks andmete harv uuenemine ja vähesed võimalused rahvastiku paiknemise ja liikumise detailsemaks uurimiseks – näiteks päevase või aastase sesoonsuse hindamine.

Oluliselt detailsemat ülevaadet on võimalik saada küsitlusuuringute ja reispäevikutega, küsides uuringutes osalejatelt uurimisprobleemile sihitud küsimusi. Seda tüüpi uuringute läbiviimist on viimase kümne aasta jooksul soodustanud laialdane nutitelefonide kasutuselevõtt, mille kaudu saavad uuringus osalejad telefoniga oma trajektoore automaatselt salvestada ja pidevalt lisada informatsiooni oma liikumiste põhjuste kohta (Linnap & Rice 2014, Prelipcean et al. 2018 ). Samas on küsitlusuuringute läbiviimine kallid, mistõttu valimid on tihti väikesed, ja isegi väga suure valimi korral on uuringuga raske tabada haruldaste sündmuste mõju (Panczak et al. 2020).

Viimasel aastakümnel on enim tähelepanu andmeallikana tekitanud passiivne mobiilpositsioneerimine, mis võimaldab hinnata suurema osa rahvastiku paiknemist ja liikumist igapäevaselt hea ruumilise täpsusega ja sealjuures pika aja vältel (Ahas et al. 2010, Ratti et al. 2016). Mobiilpositsioneerimise andmete põhjal rahvastikunäitajate arvutamiseks on vajalik põhjalik eeltöö. Esmalt on vajalikud mobiilioperaatori ja andmete töötajate vahelised kokkulepped, millele järgneb telefonikasutuse alusel paiknevuse ja liikuvuse arvutamine, misjärel tuleb leida sobivad viisid tulemuste esitamiseks.

Oluliseks paiknemise- ja liikumise uurimiseks on veel transpordiloendused. Transpordiandmete kasutusvõimalusi on suurendanud transpordikaartide ja sõidujagamisteenuste (näiteks ühistranspordikaartide ja rattaringluse) kasutuselevõtt, tänu millele saab hinnata inimeste liikumisi varasemast suurema ruumilise ja ajalise täpsusega (Kim et al. 2018).

Lisaks on mõningatel juhtudel kasutatud rahvastiku paiknemise ja liikumise uurimiseks kommunaalteenuste andmeid. Nende andmete puhul eeldatakse, et teatava teenuse tarbimise ja selle piirkonna inimeste arvu vahel on seos – näiteks on proovitud elektri- või internetikasutuse intensiivsuse muutuse läbi hinnata muutusi leibkondade paiknemises (Anderson et al. 2017).

Kuigi kõneainet on tekitanud ka sotsiaalmeedia andmed, näiteks geograafilise asukohaga Twitteri-postitused, siis inimeste paiknemise ja liikumise uurimiseks on neid kasutatud vähe, sest sotsiaalmeedia kasutusaktiivsus pole geograafiliselt ega sotsiaalmajanduslike gruppide üleselt ühtlane (Crawford & Finn 2015). Sotsiaalmeediast pärinevaid andmeid on siiski kasutatud inimeste arvamuste ja reaktsioonide uurimiseks nii igapäevases käitumises kui ka reaktsioonina erinevatele sündmustele, sealhulgas kriisidele (Martin et al. 2017, Ahmouda et al. 2019).

Üsna sage on erinevate andmeallikate kombineerimine – näiteks kasutatakse rahvaloendusi alusandmetena ja hinnatakse päevase ja öise rahvastiku erinevust lähtudes transpordi- või telefonikasutuse andmetest. Lisaks kasutatakse dasümeetrilist modelleerimist ehk rahvastikuandmete kombineerimist maakasutuse, hoonestuse või mõne muu sarnase kihiga, et saavutada suuremat täpsust (Wright 1936, Ahola et al. 2007, Järv et al 2017).

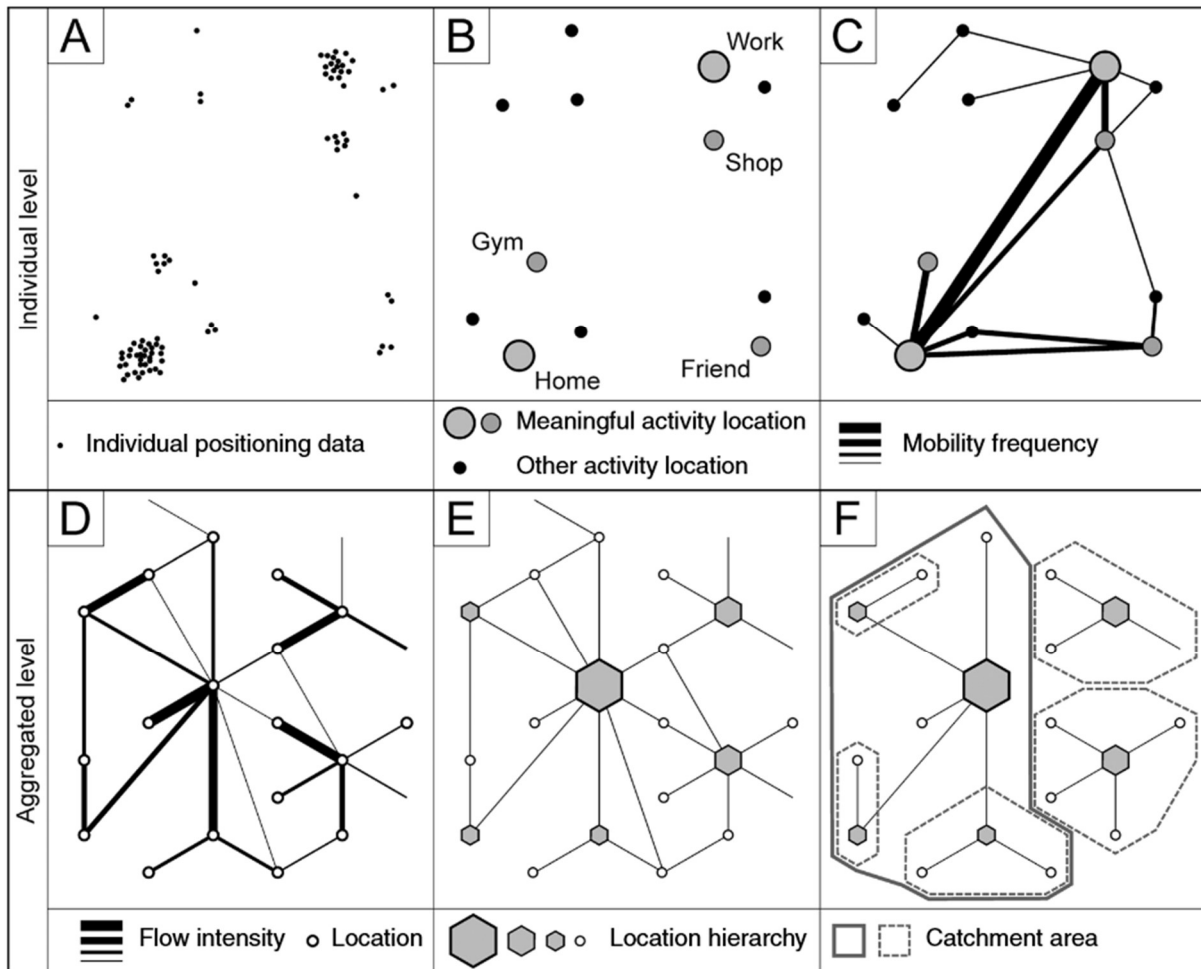
Vajadusest uurida inimeste liikumist ja paiknemist dünaamiliselt on hakatud otsima uusi andmeallikaid, mis on nii teaduslikku kui avalikku diskussiooni toonud suurandmete mõiste. Suurandmed on mahult väga suured, tekivad kiiresti ja peaaegu otseajas, on varieeruvad, s.t andmete hulgas on nii struktuuriga kui struktuurita andmeid; ulatuslikud, hõlmates peaaegu kogu populatsioone või süsteeme; nii detailsed kui võimalik; relatsioonilised, s.t andmed omavad kirjeid, läbi mille on erinevaid andmebaase võimalik ühildada; paindlikud ja skalaarsed (Kitchin 2013).

Suurandmete kasutamisega kaasnevad võimalused ja probleemid erinevad lähtudes andmete iseloomust. Kitchin (2013) jaotab suurandmed tekkemehhanismide alusel kolme kategooriasse: aktiivsed, automatiseeritud ja vabatahtlikud.

- Aktiivne (*directed*) – tehnoloogia kasutamine konkreetsete inimeste või kohtade seireks, nt satelliidifotode tegemine või droonikaadrid kriisipaigast. Satelliidifotosid on praeguseks edukalt kasutatud eelkõige hindamaks kriisi mõjude ruumilist ulatust ning lisaks sellele piirkondades, kus täpsed rahvastikuandmed puuduvad, läbi öiste fotode ulatuslikel aladel võrdlemisi täpsete populatsioonikaartide tegemiseks. Lisaks on satelliidifotosid kasutatud kriisiohu hindamiseks.
- Automatiseeritud (*automated*) – andmed tekivad automaatselt nende eesmärgipärase kasutamise tagamiseks vaja minevate kõrvalsaadustena, nt mobiilpositsioneerimise andmed, veebikasutuse ajalugu. Kõige laialdasem automatiseeritud andmete kasutusvaldkond kriisiolukordades on seni olnud ajutiste rahvastikuandmete loomine – seda nii mobiilpositsioneerimise kui georeferentseeritud sotsiaalmeediapostituste läbi (Bengtsson et al. 2011, Crawford & Finn 2015). Lisaks on sotsiaalmeediapostituste tekste analüüsid hinnatud kahjustuste mõju, et päästeorganisatsioonid saaksid oma ressursse paremini jaotada (Crawford & Finn 2015). Automatiseeritud andmete kasutamisega on kaasnenud mitmeid juriidilisi, meetodilisi ja eetilisi probleeme, mis on seotud sellega, et tihti sisaldavad taolisel viisil loodud andmed isiklikku informatsiooni, mis raskendab nende jagamist kolmandatele osapooltele (sealhulgas teadlastele) ning nende tootmise eesmärk ei ole seotud kriisidega (Maxmen 2019).
- Vabatahtlik (*volunteered*) – kasutajad „kingivad“ andmeid läbi sotsiaalmeedia- või ühisloomeplatvormide. Tuntud näide on OpenStreetMap. Hädaolukordade tarbeks on loodud kaardiplatvorm Ushahidi. Kuigi suurte kriiside korral on taolisi tarkvarasid kasutatud operatiivse informatsiooni saamiseks ja vahendamiseks (Meier 2015), toovad need kaasa lisaprobleeme: esiteks võib tekkida liigset infomüra, mille hulgast ei leia tõelisi abivajajaid üles, teiseks suunab see kriisiabi andma piirkondadesse, kus inimesed annavad abivajadusest veebi teel teada, kuid inimeste veebikasutus ei pruugi olla geograafiliselt ühtlane ja kõige suurema abi vajajatel ei pruugi internetikasutust enam olla (Crawford & Finn 2015). Kuigi ühisloomeplatvormid võivad vahendada informatsiooni abikutsete osas, ei saa neid hetkel kasutada hindamaks inimeste arvu.

### **2.3.2. Rahvastiku paiknemis- ja liikumiskäitumist iseloomustavad näitajad**

Sõltuvalt analüüsi lähtealuseks olevatest näitajatest jagunevad paiknemis- ja liikumisandmed individuaalseteks ja agregeeritud mustriteks, millele saab sõltuvalt kasutatud indikaatoritest ja üldistuste astmest erinevaid tähendusi omistada (joonis 2).



Joonis 2. Individuaalsete paiknemis- ja liikumisandmete alusel ajakasutusest lähtudes inimestele tähenduslike kohtade leidmine (A kuni C) ja agregeeritud näitajad (D kuni F). Allikas: Silm et al. 2020.

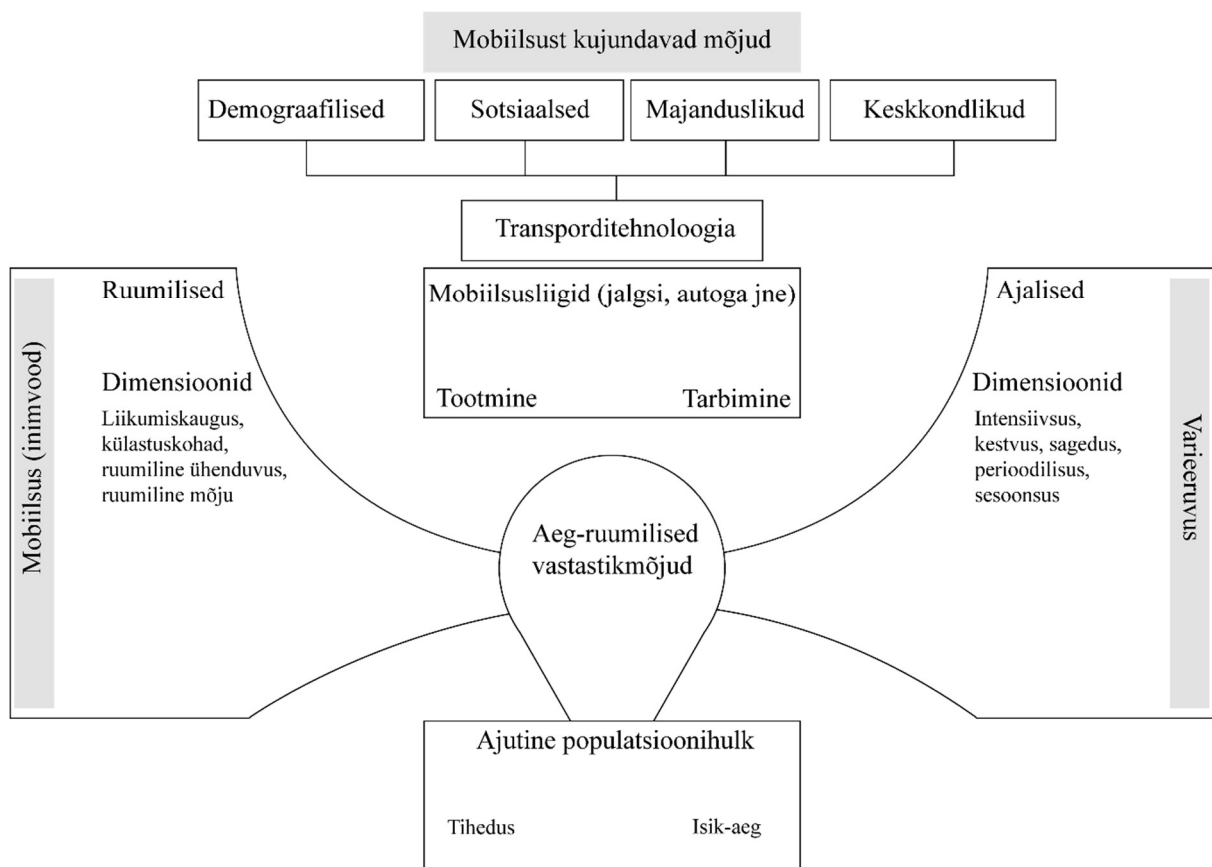
a) Individuaalsed mustrid kirjeldavad konkreetsete inimeste mobiilsuskäitumist – seeläbi on uuritud näiteks erinevate etniliste ja sotsiaalmajanduslike rühmade ruumikasutuse ja tegevuskohtade erinevusi (Silm & Ahas 2014, Xu et al. 2018), liikumiste mastaabiseadusi (González et al. 2008), on antud hinnanguid inimeste mobiilsuskäitumise ennustatavuse määrale nii tavaolukordades (Song et al. 2010) kui kriisis (Lu et al. 2012), ja seda, kui võrd stabiilne või mitmekesine on inimeste mobiilsuskäitumine erinevatel kuudel (Järv et al. 2014). Individuaalsete mustrite analüüsi aluseks on üksikindiviidi mobiilsust kirjeldavad näitajad – külastatud tegevuskohtade arv, läbitud teepikkus, tegevusruumi suurus vmt – mida seotakse mõne sotsiaalmajandusliku näitaja või ruumiliste kontekstandmetega.

b) Agregeeritud mustrid kirjeldavad ruumiliste piirkondadega seonduvat – seeläbi on uuritud näiteks tõmbekeskuste ja funktsionaalsete linnaregioonide moodustumist pendelrände (Novak et al. 2013) või suhtlusvõrgustike (Ratti et al. 2016) alusel, mobiilsusmustrite ruumilist ja ajalist

varieeruvust (Fang et al. 2017) ning rahvastiku paiknemise ajalisi rütme (Silm & Ahas 2010). Agregeeritud mustrite analüüsi aluseks on ruumilisi üksusi kirjeldavad näitajad – seal viibivate või seda külastavate inimeste arv, pendelrändevood teistesse ruumilistesse üksustesse vmt – mida seotakse sama ruumiüksust kirjeldavate sotsiaalmajanduslike andmetega, mõne ajanäitajaga või ruumiliste kontekstandmetega.

Individuaalseid mustreid saab agregeerida ja mõista selle abil üleüldisi inimeste liikumisi kirjeldavaid seaduspärasusi. Samas ei saa tuletada indiviidide liikumismustreid agregeeritud statistikutest (Yan et al. 2013). Piirkondade vahelised liikumisvood (ehk agregeeritud mustrid) moodustuvad üksikindiviidide liikumiste tulemustena, pakkudes mitmetel juhtudel alust paremaks ruumiliseks planeerimiseks, haiguste leviku modelleerimiseks või kriisist tingitud mõjude hindamiseks (Cinnamon et al. 2016). Enne konkreetsete tööriistade kasutuselevõttu on tarvis hinnata, milliseid kõrvalekaldumisi reaalsusest konkreetset andmetest informatsiooni tuletamise viisid kaasa toovad (Kitchin 2017).

Mobiilsusel ja paiknemisel on nii ruumilised kui ajalised dimensioonid, mille mõõtmiseks saab kasutada mitmesuguseid erinevaid indikaatoreid (joonis 3). Charles-Edwards et al. (2020) on täiendanud Bell (2004) tööd ja hinnanud erinevate ajutise liikumise tüüpide (näiteks sise- ja välisturism, tööalane pendelränne jm) mõju mobiilsuse ruumilistele (nt intensiivsus, ühenduvus, tsirkulaarsus, kaugus) ja ajalistele komponentidele (nt kestus, hooajalisus, sagedus ja perioodilisus). Empiirilistes uuringutes ja ametlikes andmebaasides üldjuhul kõiki mobiilsuse dimensioone ei kajastata, vaid lähtutakse konkreetsetest vajadustest või võimalustest, mida erinevad andmeallikad pakuvad (Charles-Edwards et al. 2020, Panczak et al. 2020).



Joonis 3. Mobiilsust kujundavad tegurid ja mobiilsuse ruumilised ja ajalised dimensioonid. Allikas: Charles-Edwards et al. 2020.

Kõige enamkasutatavaks rahvastiku paiknemist iseloomustavaks näitajaks nii tavaolukorras kui hädaolukordadele reageerimisel on piirkonnas viibivate inimeste hulk, mida hinnatakse eelkõige ametlike registrite põhjal, läbi mille leitakse näiteks piirkonnas elavate või seal töötavate inimeste hulk (Panczak et al. 2020).

Kõige laiemat tähelepanu rahvastikuandmete tootmiseks on viimastel aastatel pälvinud mobiilpositsioneerimine (Pacznak et al. 2020). Teadlastele jagatavad mobiilpositsioneerimise andmed koosnevad üldjuhul telefonikasutaja anonüümsest ID-st, telefoniga sooritatud toiminguga (telefonikõne, SMSi saatmine või mobiilside kasutamine) ajast ja mobiilimasti asukohast, millega telefon toiminguga tegemiseks ühendus. Teades mobiilimastide asukohti ning hinnates nende võimalikke levialasid on võimalik linnalistes asulates mõnesaja- ja maalistes piirkondades kuni mõnekilomeetrise täpsusega ennustada inimeste paiknemist (Aasa et al. 2021).

Tänapäevastele mobiilpositsioneerimist käsitlevate tööde metodoloogia arengule on aluse pannud Thorsten Hägerstrandi ajageograafilised ideed. Hägerstrand (1970) rõhutas, et valdav osa inimeste igapäevastest liikumistest on piiratud võrdlemisi kindlatel kellaaegadel toimuvate liikumiste poolt talle tähtsate asukohtade vahel – hommikul liigutakse tööle, külastatakse mõnda kohta veel ja õhtuks liigutakse tagasi koju, kus veedetakse öö. Geograafilisest ruumist, mille sees inimene regulaarselt liigub, kujuneb tema tegevusruum (Schönfelder & Axhausen 2010). Läbi telefonikasutuse asukohtade ruumilise mustri on võimalik inimeste tegevusruumi piiritleda ning leida telefonikasutajate kodu- ja tööaja ankrupunktid (Ahas et al. 2010). Et täpsustada mobiilpositsioneerimisel põhinevaid hinnanguid inimeste paiknemise osas on heaks praktikaks kasutada lisaandmeid hoonete ja teede asukohtade kohta (Järv et al. 2017, Aasa et al. 2021).

Erinevate mobiilpositsioneerimist käsitlevate tööde hulgas puudub ühtne metoodiline lähenemine sellele, kuidas arvutada telefonikasutuse andmed ümber liikumis- ja paiknemisandmeteks. Mobiilpositsioneerimise andmetel on hinnatud sise- ja välituristide hulkasid (Saluveer et al. 2020) ning ajutiselt mujale liikunud inimeste hulkasid (Bengtsson et al. 2011). Ebola- ja koroonakriisis on kasutatud mobiilpositsioneerimise andmeid, et hinnata mobiilsuspiirangute mõju inimeste liikumiste sagedusele (Peak et al. 2018, Kishore et al. 2021, Statistikaamet 2021) või piirkondade ja asukohtade külastatavusele (Chang et al. 2021). Üldiselt kirjeldatakse ka näitajate ajalist ja ruumilist varieeruvust uurimisel. Individuaalsete paiknemismustrite hindamiseks on kasutatud entroopiapõhiseid lähenemisi, mida on tõlgendatud kui individuaalse paiknemise ennustatavuse määra (Song et al. 2010, Lu et al. 2011).

#### **2.4. Rahvastikuandmete kasutamine kriisiolukordades**

Rahvastikuandmeid on kasutatud kriisiolukordades ressursside paremaks jaotamiseks pikalt. Ajalooliselt on lähtutud riiklikult kogutud andmetest (näiteks rahvaloendused või registriandmed), millele on lisatud kohapealsete päästetöötajate vaatluste põhjal tehtud prognoosisid. Viimase paarikümne aasta jooksul on seoses uute tehnoloogiate tekkega üha laiemalt hakatud otsima täpsemaid ja kiiremaid võimalusi ajutiste populatsioonide hulkade hindamiseks.

Paradigmat muutvaks loetakse siinkohal Haiti maavärinat 2010. aastal, mille päästetööde reguleerimisel kasutati mitmeid erinevaid informatsiooni- ja kommunikatsioonitehnoloogilisi

lahendusi (Meier 2015, Read 2016). Haiti maavärin oli ka üks esimesi kordi, mille ajal kasutati kogurahvastiku paiknemise täpsemaks hindamiseks mobiilpositsioneerimist (Bengtsson et al. 2011). Kriisi järel tõestati, et mobiilpositsioneerimise abil tehtud ennustused inimeste paiknemise osas ületasid oma täpsuselt teisi (nt rahvaloenduste ja vaatluste põhiseid) kriisiaegseid ennustusi (Bengtsson et al. 2011). Peatselt seejärel asutas Bengtsson organisatsiooni Flowminder, mis on jäänud seniajani olulisimaks kriisiolukordadele spetsialiseerunud mobiilpositsioneerimise andmeid rakendavaks organisatsiooniks, analüüsides kriise ka Bangladeshis, Nepaalis ja uuesti Haitis (2016. aasta orkaani järel).

Mobiilpositsioneerimise andmed saavad päästetöötajaid aidata otsuste vastu võtmisel kahel viisil: esiteks võimaldavad mobiilpositsioneerimise andmed anda varasemast täpsema hinnangu inimeste ajalis-ruumilise paiknemise kohta (nt Bengtsson et al. 2011, Lu et al. 2012, Bharti et al. 2014) ja teiseks, annavad päästetöötajatele uusi teadmisi, kuidas erinevad kriisid inimeste mobiilsuskäitumist ja telefonikasutust mõjutada võivad (Bagrow et al. 2011).

Praeguseks on leitud, et mobiilpositsioneerimise andmeid saab peaaegu reaalajas (mõnepäevase viivitusega) kasutada suureskaalaliste kriiside ajal senisest täpsemate rahvastiku- ja liikumisandmete tootmiseks (Bengtsson et al. 2011, Lu et al. 2012, Wesolowsky et al. 2014, Li et al. 2019).

Kuigi mobiilpositsioneerimisel põhinevaid lahendusi on välja töötatud mitmeid, on nende sisulise rakendamiseni jõutud harva (McDonald 2016, Maxmen 2019). Lahenduste väljatöötamise juures olnud L. Bengtsson nimetanud kaht peamist põhjust (Peace, 2018):

- Olulisemaks tõkkeks on olnud juriidilised piiranguid seoses privaatsusteadega, mille tõttu on andmete kättesaamine võtnud liiga kaua aega, et kriisiolukordade endi ajal otsuseid vastu võtta.
- Teiseks suureks väljakutseks on päästetöötajate vähene kogemus sedasorti andmetega – stressirohkes situatsioonis nagu kriis pole võimalik õppida kasutama uusi informatsiooniallikaid ja seetõttu peaks taoliste andmetega töötamisele eelnema ka ettevalmistav faas ajal, mil kriisi ei ole.

Andmepõhiste lahenduste laialdasem kasutuselevõtt on toomas kaasa suuri muutusi humanitaarabi ja kriisi juhtimise sektoris (Read et al. 2016, Fast 2017). See muutus on leidnud nii tugevaid toetajaid kui häälekaid vastaseid. Fast (2017) on kirjeldanud neid kui andmeentusiaste ja andmeskeptikuid. Mõlemad osapooled on ühel nõul selles, et mobiilpositsioneerimine pakub praegu saadaval olevaist andmeallikatest täpseimat ja

mitmekesisemat informatsiooni inimeste paiknemise ja mobiilsuse osas. Vastuseis seisneb küsimuses, kuivõrd on täienev informatsioon inimeste paiknemise ja mobiilsuse osas praegu hädaolukordades kasutatav (McDonald 2016).

Tekkinud vastuseisu üheks peamiseks põhjuseks võib pidada seda, et kriisidele reageerimise taristu pannakse tihti osaliselt paika näiteks valitsuse või vastavate õigustega ministeeriumi poolt, kes otseselt päästetegevustega kokku ei puutu ja kes tegelevad sellega nii-öelda strateegilisel tasandil (Sandvik & Raymond 2017). See võimaldab näiteks mobiilpositsioneerimise andmetel põhinevaid lahendusi pakkuvatel ettevõtetel anda üldsõnalisi lubadusi oma tegevuse efektiivsuse kohta (McDonald 2016, Maxmen 2019), kasutades „suurandmeid“ atraktiivse ja kvaliteedile viitava märksõnana (Kitchin 2014). Suurandmepõhisesse lahendusesse läbimõtlemtu investeerimine võib endaga tuua kaasa kahel viisil negatiivseid tagajärgi.

Esiteks on kriisidega tegelemiseks piiratud hulk ressursse ja panustamine mobiilpositsioneerimisel põhinevatele lahendustele ei pruugi olla oma kulu väärt (McDonald 2016, Maxmen 2019). Näiteks on mitmed arenguriigid kulutanud aega ja raha kriisi kõige akuutsemas faasis, et suhelda taolisi lahendusi pakkuvate ettevõtetega ning mobiiloperaatoritega ja töötada välja seadusi ja protokolle, mis andmete jagamisele eelnevalt vajalikud on (Maxmen 2019). Sealjuures on enamasti lahendusi pakkuvad ettevõtted olnud need, kes riikide valitsustega kontakteeruvad ja vajadusel ka läbi meedia oma toodet riikidele peale suruvad (McDonald 2016).

Teiseks ei ole praeguseks läbi mõeldud mitmed laiemad sotsiaalsed mõjud (nii positiivsed kui negatiivsed), mida pakutavad lahendused kaasa tuua võivad (Sandvik & Raymond 2017, Kitchin 2017). Näiteks kasutati ebola-puhangu ajal mitmetes Aafrika riikides mobiilsuspiiranguid, mis tuginesid mobiilpositsioneerimisel põhinevatele lahendustele (Peak et al. 2018), kuigi ebola on sellist tüüpi haigus, mille levimisel mobiilsus ei ole kuigi oluline faktor (McDonald 2016). Riikides, kus piirangud kehtestati, oli liikumispiirangute hinnanguline sotsiaalmajanduslik kahju suurem võrreldes prognoositud haiguse leviku mõjuga (UNDG 2015). Isegi juhul, kui haiguspuhangute (nt malaaria) kohta antakse mõistlikku informatsiooni, võib see tulla varasemalt humanitaarsektorile määratud ressursside arvelt, mistõttu võimekus haiguse levikut piirata väheneb (Maxmen 2019).

Seda, mis muudab uudsed tehnoloogiad päästetöötajatele vastuvõetavaks, on uuritud vähe. Weidinger (2018) on intervjuerinud tuletõrjujaid ja kirjeldanud nende hinnangut

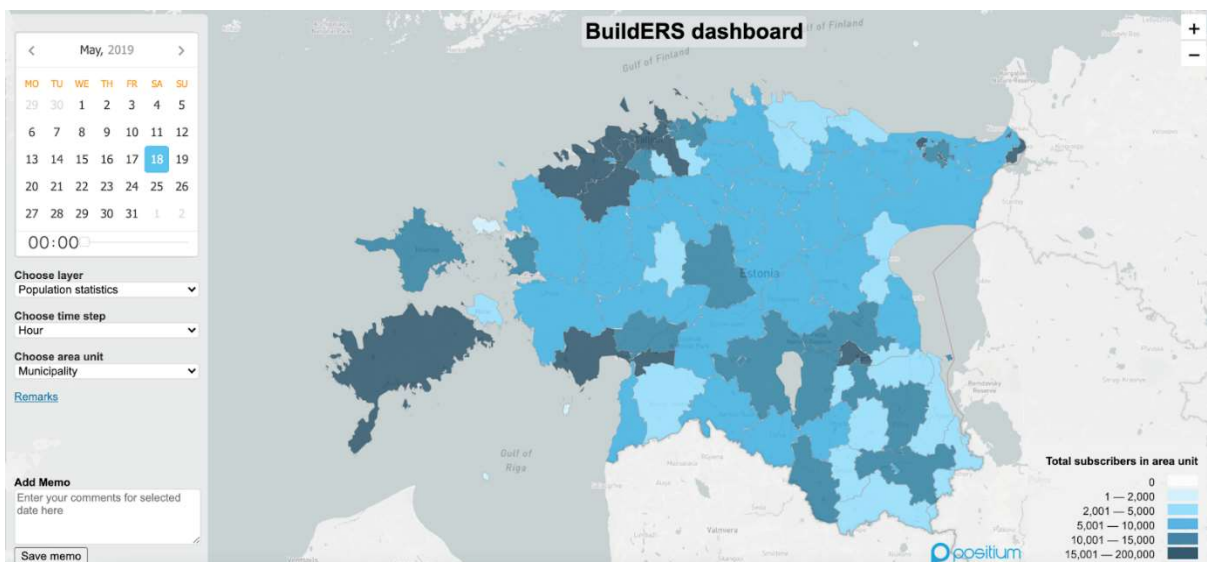
innovatsiooni kasutegurile päästetööde ajal. Kuigi interaktiivsed kaardid ja plaanid said enim positiivset tagasisidet (võrreldes näiteks liitreaalsusseadmetega, droonidega, lisapositioneerimisseadmetega jne), siis ei olnud positiivsete hinnangute aluseks mitte uudne informatsioon, vaid kompaktsus. Digikaardi kuvavaade on lihtsasti liigutatav ja kihte saab sisse-välja lülitada, tänu millele pole tarvis kaasas tassida raskeid kaardikogusid. Berse et al. (2011) on leidnud, et vähemalt arengumaades on vähesed kriisiplaneerijate kogemused kartograafilise informatsiooni töötlemisel üheks suurimaks takistuseks lahenduste rakendamisel.

### 3. Andmed ja metoodika

#### 3.1. Mobiilpositsioneerimise andmed

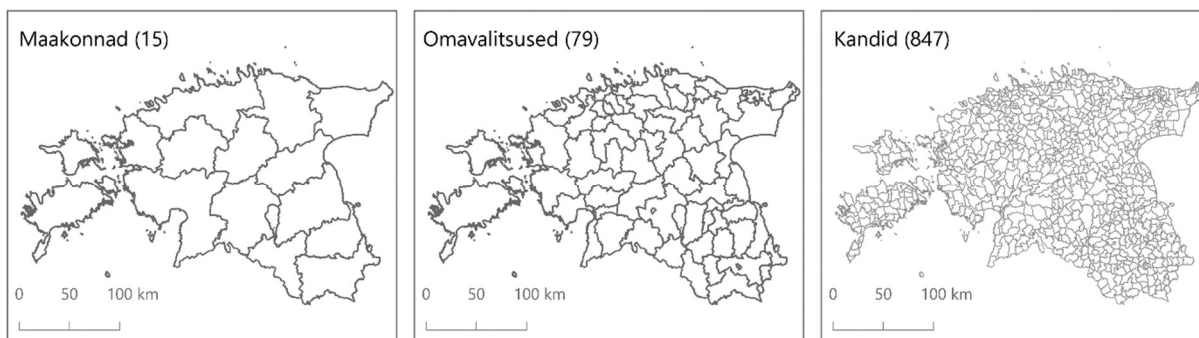
Magistritöö uurimuslikus osas on kasutatud Positium OÜ poolt ettevalmistatud 2019. a passiivse mobiilpositsioneerimise põhjal välja arvutatud paiknemis- ja liikumisandmeid. Andmed pärinevad ühelt Eesti mobiilioperaatorilt, kes kogub neid telefoniarvete koostamise eesmärgil ning on neid andnud kasutada anonüümsel kujul teaduslike eesmärkide jaoks. Andmestik sisaldab ligikaudu kolmandikku Eesti elanikest ja Eestit külastavatest inimestest.

Paiknemis- ja liikumisnäitajate aluseks on kõnetoimingute andmed (kõned, SMS-id, andmeside), mis koosnevad kõnetoimingu asukohast mobiilsidemasti täpsusel ning kõnetoimingute tegemise ajast. Andmete alusel on projekti BuildERS raames loodud interaktiivne kaardirakendus, mille kaudu on võimalik teha rahvastikustatistikute kohta ajalisi ja ruumilisi päringuid (joonis 4).



Joonis 4. Vaade BuildERSi interaktiivsele kaardirakendusele. Allikas: Positium OÜ 2021.

Nii lähteandmed kui kaardirakendus hõlmab kolme ruumilist lahutusvõimet (joonis 5): maakonnad (15), kohalikud omavalitsused (79) ja kandiid (847). Lisaks on andmeid kahe erineva ajalise taseme kohta: igatunnine vaade ja igapäevane vaade.



Joonis 5. Maakondade, omavalitsuste ja kantide ruumiline jaotumine.

Paiknemisandmetena on käsitletud mobiilpositsioneerimise põhjal arvatud inimeste arvu ruumiüksustes. Lähtudes ankrupunktide meetodist (Ahas et al. 2010), on esmalt leitud inimestele nende kodu- ja töötaja ankrupunktid, selle olemasolul ka tõenäoline teine kodu ja muud regulaarsed külastuskohad. Kui telefonikasutaja on külastanud mõnda piirkonda väga harva, siis määratakse ta külastuse kestuse alusel transiitkülastajaks või turistiks (vastavalt SIM-kaardi riigi koodi järgi kas sise- või välituristik). Esmalt on leitud rollid iga telefonikasutaja kohta, misjärel on näitajad agregeeritud ruumiüksustesse. Rahvastikuandmete arvutamisel on Positiumi poolt tulemusi koefitsiendiga korrutatud, et üldistada neid kogupopulatsioonile. Igas piirkonnas on käsitletud kaheksat rahvastikutüüpi: kogurahvastik, elanikud, töötajad, regulaarsed külastajad, ajutised elanikud, siseturistid, välituristid, transiitkülastajad.

Kui inimene on vastaval ajavahemikul (näiteks päev) veetnud aega mitmes erinevas asukohas või olnud mõnes piirkonnas mitmes erinevas rollis (näiteks nii elanik kui töötaja), siis on ta ka tolles ajavahemikus mitme inimesena arvesse võetud. Seega võib erinevate rahvastikutüüpide summa olla suurem ühel ajahetkel piirkonnas olevate inimeste koguarvust.

Liikumisandmetena on käsitletud kahe piirkonna vahel liikuvate inimeste arvu vastaval ajahetkel. Liikumisvoogude suunad on eristatud. Liikumise aeg on määratud vastavalt liikumise alustamise kellaajale või päevale. Seega näiteks inimene, kes alustab sõitu kell 10:05 Narvast Pärnu suunas ei kajastu ka järgnevatel tundidel Narva ja Pärnu vahelise liikujana, vaid üksnes esimesel tunnil.

Lähtudes ruumilisest lahutusvõimest kajastavad erinevad andmekihid erinevat hulka liikumisi, kui maakondade kihil on summeeritud üksnes need liikumised, kus on toimunud maakonnaülene piiriületus, siis kantide vahel kõik liikumised, kus on mindud ühest kandist teise, sealhulgas nendesse, mis on teistes maakondades. Arvestatud on üksnes

asukohavahetuste alg- ja lõpp-punkte, kui just kahe liikumise vahel pole toimunud vähemalt kahetunnist peatust.

Nii paiknemis- kui liikumisnäitajad on välja arvatud Positiumi poolt. Magistritöö autori panus seisneb andmeanalüüsiks sobiva meetodika otsimises ning andmete põhjal peatükides 3.2 ja 3.3 kirjeldatud arvutuste tegemises, kirjeldamises ja tõlgendamises.

## 3.2. Kasutatud näitajad

### 3.2.1. Paiknemisandmed

Hindamaks seda, kui võrd suurel määral varieerub vastava rahvastikugrupi hulk erinevates ruumiüksustes on leitud igale ruumiüksusele ja tunnile selle rahvastikugrupi **erinevus võrreldes sama nädalapäev-tunni aastakeskmisega protsentides**. Erinevuse leidmiseks on esmalt arvatud iga nädalapäeva ja tunni kohta selle rahvastikugrupi piirkonnas viibimise aritmeetiline keskmine – et nädalas on 168 tundi, siis on igal ruumilisel tasandil arvatud kõigile ruumiüksustele 8 rahvastikugrupi 168 keskmist väärtust. Protsentuaalne erinevus on arvatud järgnevalt:

$$v_{ij} = \frac{|x_{ij} - \mu_{xi}|}{\mu_{xi}} \times 100\%$$

Valemis tähistab  $x_{ij}$  konkreetse ruumiüksuse ja tunni vastava rahvastikugrupi rahvaarvu,  $\mu_{xi}$  sama ruumiüksuse ja nädalapäev-tunni aastakeskmist rahvaarvu ja  $v_{ij}$  konkreetse ruumiüksuse ja tunni vastava rahvastikugrupi protsentuaalset rahvaarvu erinevust võrreldes sama nädalapäev-tunni aastakeskmisega.

Niimoodi andmeid töödeldes on jäljendatud seda, kuidas kriisireguleerijad rakendust kasutada võivad: kui näiteks oleks teada väga tugeva tormi saabumine ligikaudsel päeval ja kellaajal, teeksid nad läbi kaardirakenduse mõne nädala vastavate nädalapäevade ja kellaegade kohta päringud.

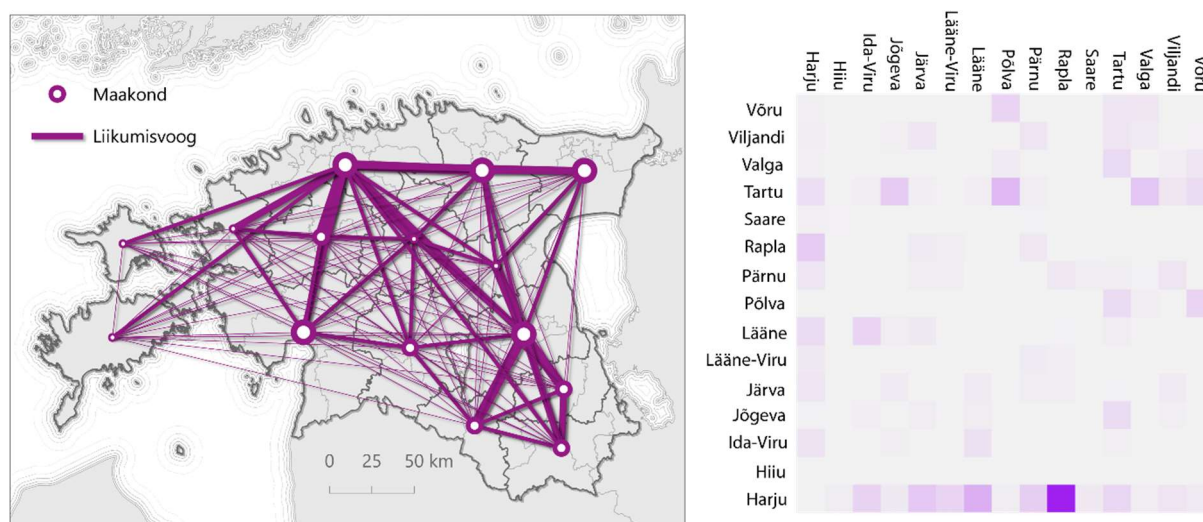
Hindamaks ajalisi erinevusi on arvatud keskmine paiknemisandmete protsentuaalne erinevus kõigi ruumiüksuste lõikes. Hindamaks ruumilisi erinevusi on arvatud keskmine paiknemisandmete protsentuaalne erinevus kõigi aasta tundide lõikes.

### 3.2.2. Liikumismaatriksid

Sarnaselt paiknemismustritele on ka liikumismustrite ajaliseks võrdlemiseks esmalt arvutatud kõigi ruumiüksuste vahel selle nädalapäev-tunni keskmine liikumisvoog. Seejärel on võrreldud konkreetseid liikumismaatrikseid vastavale nädalapäev-tunnile keskmise liikumismaatriksiga.

Liikumismaatriksite erinevuse määra hindamiseks on olemas mitmeid erinevaid meetodeid. Sama piirkonda kirjeldavad liikumismaatriksid võivad teineteisest erineda nii ühendatud piirkondade ruumilise jaotuse kui ühenduse tugevuse poolest. Siinses uurimistöös on kasutatud **keskmist struktuurse sarnasuse indeksit** (keskmine *structural similarity index*, edaspidi töös **keskmine SSIM**).

SSIM-meetodi pakkusid esmalt välja Wang et al. (2004) pildituvastusega seotud eesmärkidel. Selle sobilikkust liikumismaatriksitele kirjeldas laiemalt Djukic (2014), pärast mida on tekkinud laiem arutelu selles osas, kuidas indeksit kõige parem geograafilises võrgustikus rakendada oleks (van Vuren & Day-Pollard 2015, Behara et al. 2020). Et mõista SSIM arvutusmetoodikat, on hea visualiseerida geograafiline liikumisvõrgustik ruumilise võrena, mille iga rida ja tulp esindab ühte ruumilist asukohta ja maatriksi väärtused vastavate piirkondade vahel liikuvate inimeste arvu (joonis 6). Selles magistritöös on järgitud Ros-Roca et al. (2021) poolt arendatud metoodikat, kasutades väiksemate akendena ridu ja tulpasid, see tähendab konkreetseid geograafilisi asukohti.



Joonis 6. Liikumisvõrgustik maakondade vahel geograafilisel (vasakul) ja maatriksi (paremal) kujul, kus tumedam värvus tähistab kõrgemat liikumisvoogu kahe maakonna vahel.

SSIM koosneb kolmest komponendist.

1) üldise liikuvuse määra võrdlemine, kus  $\mu_x$  ja  $\mu_y$  on vastavalt ühe ja teise maatriksi keskmine liikumisvoo suurus:

$$l(x, y) = \frac{2\mu_x \times \mu_y + C_1}{\mu_x^2 \times \mu_y^2 + C_1}$$

2) standardhälvete võrdlus, mille üldkuju on sarnane keskmiste võrdlemisele, ainuke erinevus on see, et aritmeetiliste keskmiste asemel kasutatakse maatriksi liikumisvoogude standardhälvet:

$$d(x, y) = \frac{2\sigma_x \times \sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 \times \sigma_y^2 + C_2}$$

3) maatriksi struktuuri või korrelatsioonide võrdlemine – et maatriksite keskmiste liikuvustega on juba arvestatud, siis lahutatakse mõlema maatriksi kõikidelt liikmetelt enne korrelatsiooni arvutamist selle keskmine liikumisvoog:

$$s(x, y) = \frac{\frac{1}{N-1} \times \sum_{n=1}^N (x_n - \mu_x) \times (y_n - \mu_y) + C_3}{\sigma_x \times \sigma_y + C_3}$$

Nende kolme komponendi alusel arvutatakse SSIM järgmise algoritmi alusel:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x \times \mu_y + C_1)(2 \times s(x, y) + C_2)}{(\mu_x^2 \times \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 \times \sigma_y^2 + C_2)}$$

Lisaks kindlatele parameetritele on SSIM algoritmis sees ka lisakomponendid  $C_1$ ,  $C_2$  ja  $C_3$ , mille kohta puuduvad täpsed eeskirjad, kuidas neid määrata (Wang et al. 2004). Nende roll on liita tulemustele väike konstant, sest SSIM-algoritm käitub ebastabiilselt 0-le väga lähedaste arvude korral. Edasises andmeanalüüsis on kasutatud  $C_1 = C_2 = 0,1$  ja  $C_3 = 0,01$ .

Nii SSIM kui keskmine SSIM omab väärtust 0 ja 1 vahel, kus 0 on täielik erinevus ja 1 täielik sarnasus. Et erinevate näitajate vahelised tulemused oleks lihtsamalt võrreldavad, on tulemused esitatud **SSIM erinevusena protsentides**: 0% väljendab täielikku erinevuse puudumist ja 100% täielikku erinevust.

Hindamaks ajalisi erinevusi on arvatud keskmine SSIM erinevus protsentides kõigi ruumiüksuste lõikes. Hindamaks ruumilisi erinevusi, on arvatud keskmine SSIM erinevus protsentides kõigi aasta tundide lõikes.

### 3.2.3. Võrdlus registriandmetega

Registriandmetega võrdluseks on võrreldud erinevusi nii ruumiüksustes eraldi kui ka kogurahvastiku ajalist erinevust, sest erinevalt registriandmetest on mobiilpositsioneerimise alusel arvatud kogurahvastiku arv riigis pidevalt muutuv. Võrdlusandmetena on kasutatud 2019. aasta asulate kogurahvastikku, mida on agregeeritud vastavalt kantide, omavalitsuste ja maakondade tasandile (Statistikaamet 2019).

Üleriikliku kogurahvastiku ajalise varieeruvuse kirjeldamiseks on arvatud iga aasta tunni kohta **mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri üleriigilise rahvaarvu erinevus protsentides**. Selles näitajas ei ole arvesse võetud rahvastiku ruumiüksustesse jagunemise eripärasid, vaid on üksnes võrreldud riigi kogupopulatsioone mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri põhjal.

Et võrrelda mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri kogurahvastike ajalisi erinevusi ruumiüksustes on kasutatud kahte näitajat. Esiteks on arvatud iga tunni kohta **absoluutne summaarne erinevus rahvaarvude vahel kõigi ruumiüksuste lõikes** – selleks on arvatud igas ruumiüksuses mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri põhise kogurahvastiku absoluutne erinevus ja kõigi ruumiüksuste tulemused summeeritud. Teiseks on arvatud iga tunni kohta kõigi ruumiüksuste mobiilpositsioneerimise ülene ja rahvastikuregistri kümnend-logaritmitud kogurahvastike korrelatsioonikordaja (Pearsoni  $r$ ). Korrelatsioonikordaja arvutamisel on kasutatud kümnend-logaritmi, et vähendada üksikute väga kõrge rahvaarvuga ruumiüksuste mõju kordaja väärtusele.

Et kirjeldada mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri kogurahvastike ruumilisi erinevusi on arvatud iga ruumiüksuse kohta aastaülene keskmine erinevus mobiilpositsioneerimise põhise ja rahvastikuregistri kogurahvastike vahel.

### 3.3. Statistiline analüüs

Tulemuste esitamiseks on esiteks kasutatud kirjeldavat statistikat. Ajaliste erinevuste kirjeldamisel on joonistele lisatud mitmed olulised 2019. aasta sündmused ja tähtpäevad: koolivaheaegade toimumise ajad, võidupüha-jaanipäeva, üldlaulupeo, Rally Estonia, Metallica kontserdi ja Viljandi pärimusmuusika festivali toimumise ajad. Ruumiliste erinevuste illustreerimiseks on kirjeldustele lisatud teemakaarte.

Lisaks on ajaliste faktorite mõju kirjeldamiseks kasutatud mitmest lineaarset regressioonimudelit. Kõigil juhtudel on mitmese lineaarse regressioonimudeli sõltumatute

tunnustena kasutatud kellaajalisi vahemikke, nädalapäevi ja aastaegasid. Sõltumatud tunnused on esitatud nominaalsete tunnustena. Kellaajalised vahemikud on jaotatud öisteks (kell 23 – 6), hommikusteks (7 – 9), ennelõunasteks (10 – 12), lõunasteks (13 – 15), pärastlõunasteks (16 – 18) ja õhtusteks (19 – 22) aegadeks. Aastaajad on piiritletud kuu täpsusega: jaanuar, veebruar ja detsember on talv, märts kuni mai on kevad, juuni kuni august on suvi ja september kuni november on sügis.

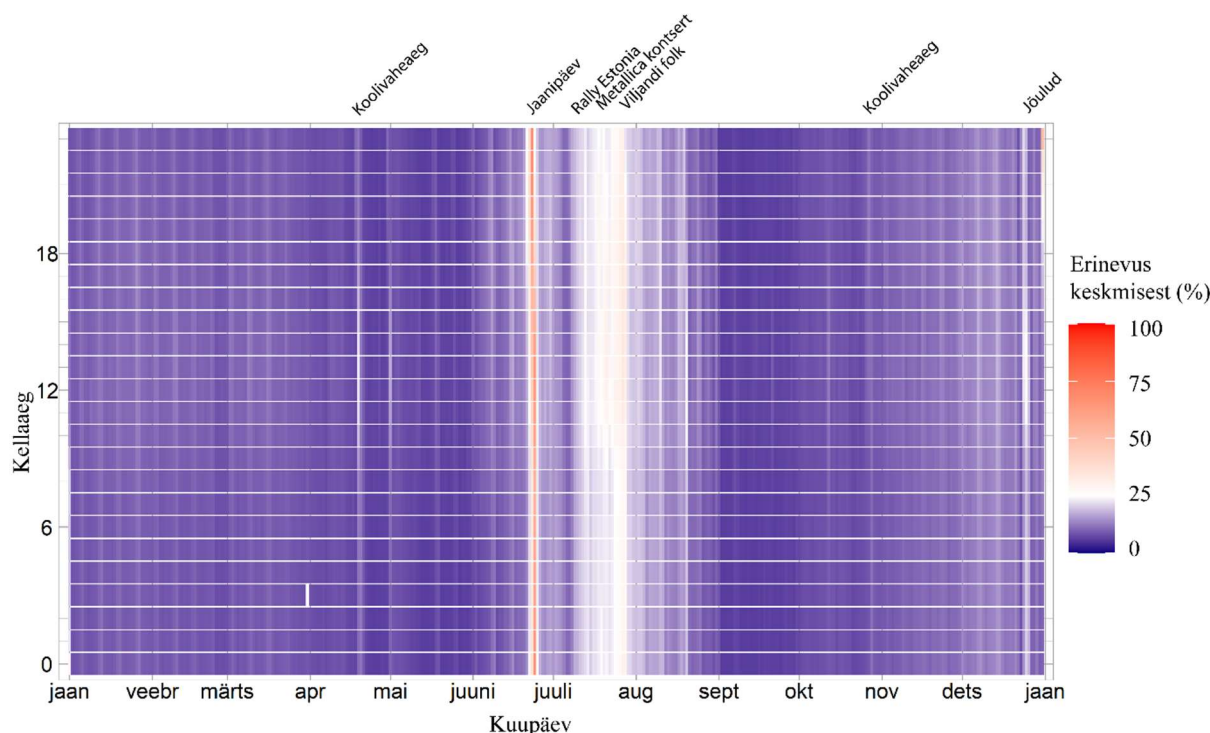
Sõltuvate tunnustena on esimeses mudelis kasutatud keskmist kogurahvastiku erinevust võrreldes sama nädalapäev-tunni aastakeskmisega kõigi ruumiüksuste lõikes, teises mudelis keskmist SSIM erinevust kõigi ruumiüksuste lõikes, kolmandas mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri põhiste rahvaarvude vahelist korrelatsioonikordajat.

Kogu andmeanalüüs on läbi viidud nii kantide, kohalike omavalitsuste kui maakondade tasemel. Tulemuste esitamisel on keskendutud kantide tasemele kui kriisijuhtimises perspektiivikaimale. Teiste ruumiliste tasemete kohta tehtud joonised ja tabelid on pandud lisadesse ja neile viidatakse tekstis jooksvalt, kui teistel tasanditel on võrreldes kantidega olulisi erinevusi või täiendusi (lisa 1 – lisa 18). Analüüsi ja jooniste tegemiseks on kasutatud tarkvara R ja selle erinevaid pakette ning QGISi. Aluskaartide lähteandmed pärinevad Maa-ameti avaandmete kogust (Maa-amet 2021).

## 4. Tulemused

### 4.1. Piirkondlike kogurahvastike ja liikumisvõrgustike ajaline varieeruvus

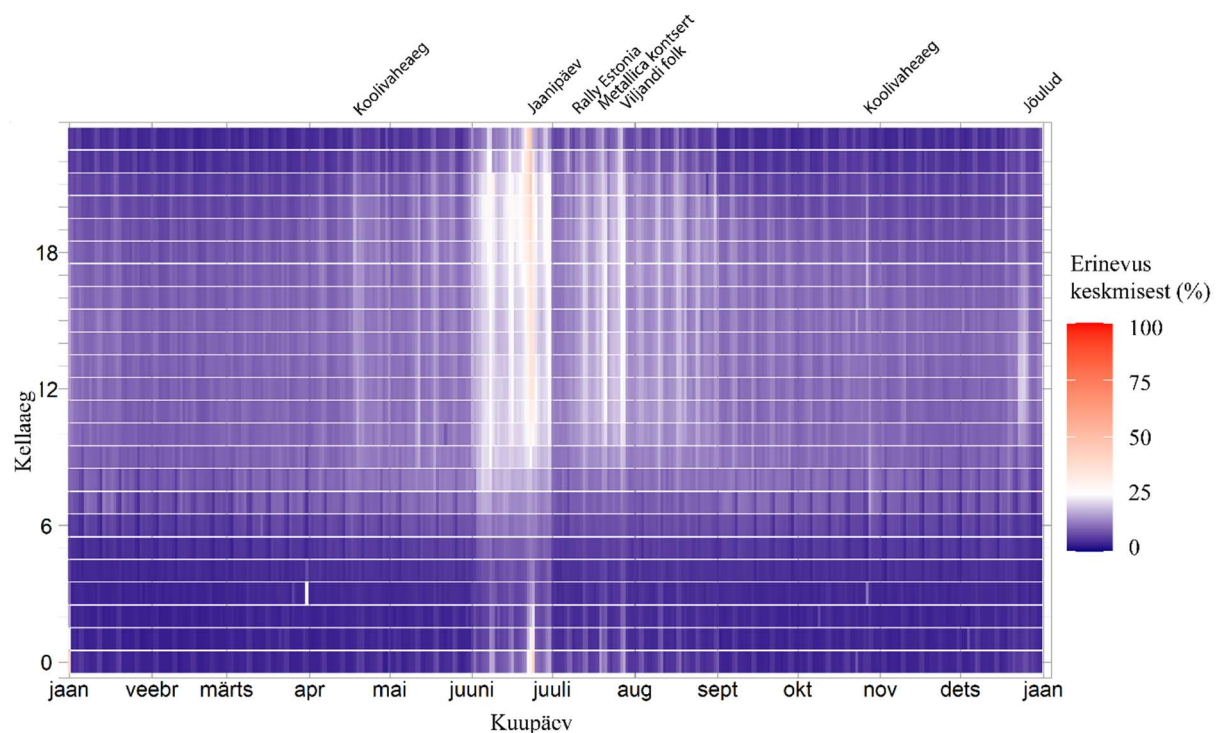
Keskmise kogurahvastiku erinevus on sama nädalapäev-tunni aastakeskmisest kõige suurem suvel. Erinevus on kõige suurem juulis (21,1%), juunis (15,7%) ja augustis (14,6%), mittedevekuudest detsembris (13,6%). Kõige väiksem on erinevus septembris (6,6%), mais (7,4%) ja aprillis (8,0%). Suuremal osal aastast joonistub välja keskmise erinevuse nädalane rütm – tööpäevadel on erinevus madalam ja nädalavahetustel suurem. Nädalavahetuste erinevus võrreldes ülejäänud aastaga on kõige väiksem mais ja septembrist novembrini (joonis 7).



Joonis 7. Keskmine kogurahvastiku ajaline erinevus aastakeskmisest kantides.

Suursündmused, rahvuslikud pühad ja koolivaheajad erinevad rahvastiku aastakeskmisest paiknemisest. Kõige kõrgemad on erinevused võidupühal ja jaanipäeval, kus kantide kogupopulatsioon erineb tavapärasest 50% kuni 70%, kulmineerudes Võidupühal kella 22 paiku (68,4%). Erinevused on kõrged (kuni 34%) ka 26.–28. juulil, mil lisaks Viljandi pärimusmuusika festivalile toimus Tallinna lauluväljakul retrofestival „We love the 90s“, Lätis muusikafestival Positivus ja oli aasta kõige soojem nädalavahetus. Metallica kontserdi ajal Tartus oli keskmine erinevus üle Eesti kuni 30%. Viljandi folgi paiku oli erinevus keskmisest kuni 26%. 4. – 7. juulil toimunud üldlaulupidu ja sellele eelnenud nädal oli rahvastiku paiknemise seisukohalt aastakeskmisele juuli ja augusti jooksul kõige sarnasemad.

Liikumisvõrgustike erinevus pikaajalisest keskmisest omab sarnaseid sesoonseid erinevusi kogurahvastikega, kuid omab lisaks tugevat ööpäevast rütmi (joonis 8). Keskmised erinevused on kõige kõrgemad juunis (18,3%), juulis (12,7%) ja augusti (11,4%), jäädes ülejäänud kuudel vahemikku 7,7% kuni 9,8%. Erinevus on kõrgeim võidupühal (kuni 46,5%), oli mõneks tunniks väga kõrge 6. juunil (kuni 40%), mil toimus küll Põhja-Iirimaa-Eesti jalgpallimatš, kuid ühtegi suuremat üritust mitte. Nii omavalitsuste (lisa 2) kui maakondade (lisa 12) tasemel näitab SSIM väärtus vastupidiselt kantidele kõrgemaid väärtusi päevasel ajal ja madalamaid öösel.



Joonis 8. SSIM põhjal arvatud keskmine liikumisvõrgustiku ajaline erinevus aastakeskmisest kantides.

Tabel 1 võtab kokku regressioonianalüüsi tulemused. Kogurahvastiku ja SSIM väärtuste keskmised erinevused sama nädala perioodi aastakeskmisest kantides on mõjutatud nii päevaste ajavahemike, nädalapäevade kui aastaegade poolt. Paiknemisandmete korral on mõju määr suurim aastaegadel: suviti on keskmine erinevus regressioonimudelil 8,8% ja talviti 2,9% võrra kõrgem kui kevadel. Sügiseti on erinevus väiksem 0,3% võrra. Kõik erinevused on statistiliselt olulised. Paiknemisandmete keskmine erinevus on töönädala lõikes sama, kuid ligi 1% võrra kõrgem nädalavahetuseti ja päevasel ajal ligi 1% võrra kõrgem kui öisetel aegadel. Keskmine SSIM on enim mõjutatud kellaaegade poolt, olles päevastel ajaperioodidel 4% kuni 8% võrra kõrgem kui öistel. Erinevalt paiknemisandmetest on talviti ja

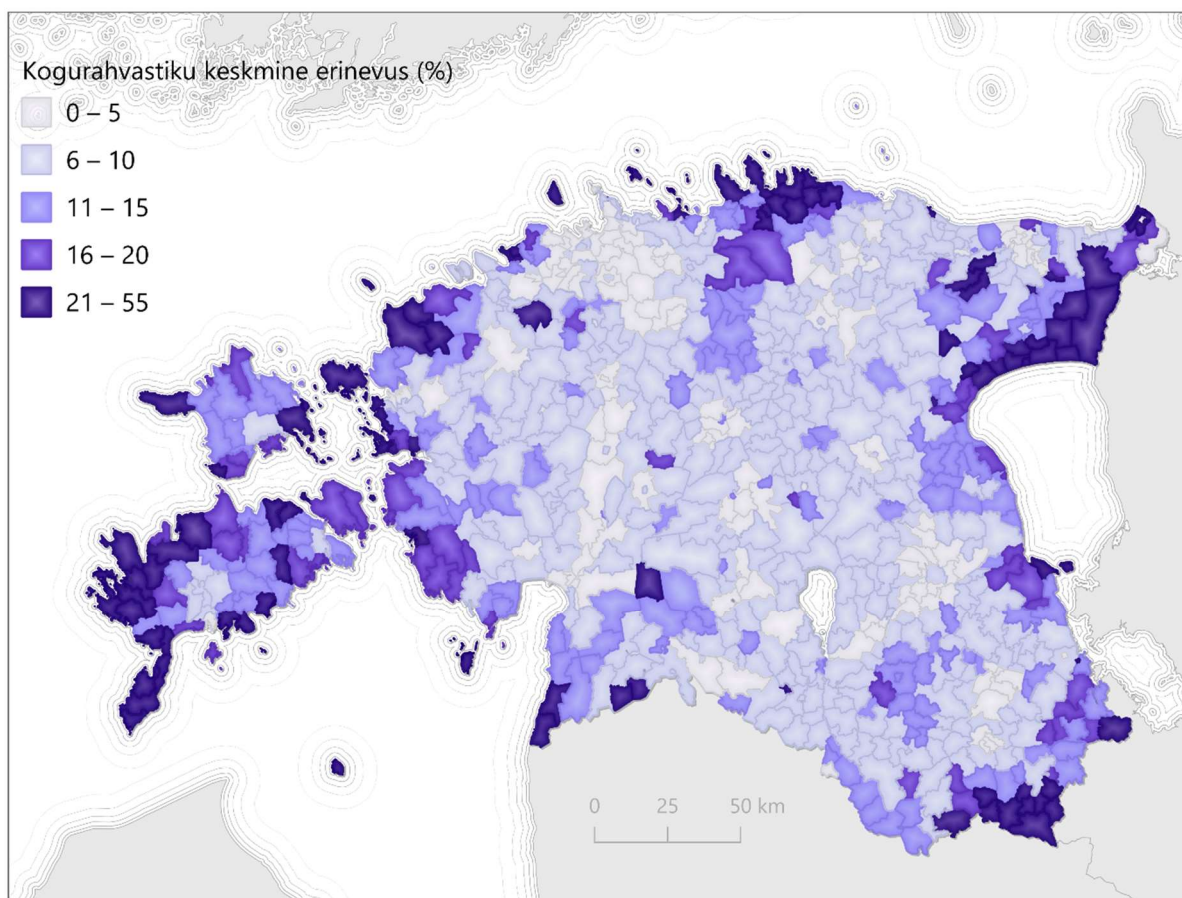
sügiseti SSIM erinevus madalam kui kevadel ligi 1% võrra, suvel 5% võrra kõrgem. Lisaks nädalavahetusele erineb liikumisandmete alusel ka reede, mil SSIM väärtus on ligi 1% võrra kõrgem. Kõik eelmainitud erinevused on statistiliselt olulised.

Tabel 1. Regressioonanalüüsi tulemused keskmise rahvastiku paiknemise ja keskmise SSIM erinevus protsentides võrreldes nädalapäev-kellaaaja aastakeskmisega.

	Rahvastiku paiknemine	Keskmine SSIM
	B	B
<i>Vabaliige</i>	7,61	4,10
<b>Ajavahemik</b>		
<i>23-6 (ref)</i>	0	0
7-9	0,34*	5,92**
10-12	1,15**	7,57**
13-15	1,03**	7,53**
16-18	0,95**	7,04**
19-22	0,58**	4,44**
<b>Nädalapäev</b>		
<i>Esmaspäev (ref)</i>	0	0
teisipäev	0,00	0,00
kolmapäev	0,00	0,00
neljapäev	0,00	0,00
reede	0,00	0,84**
laupäev	1,13**	1,38**
pühapäev	0,97**	0,86**
<b>Aastaaeg</b>		
<i>kevad (ref)</i>	0	0
suvi	8,80**	5,21**
sügis	0,29*	-0,54**
talv	2,88**	-1,09**
<i>R<sup>2</sup></i>	0,417	0,661
<i>Adj R<sup>2</sup></i>	0,416	0,660
**p < 0,01 *p < 0,05		

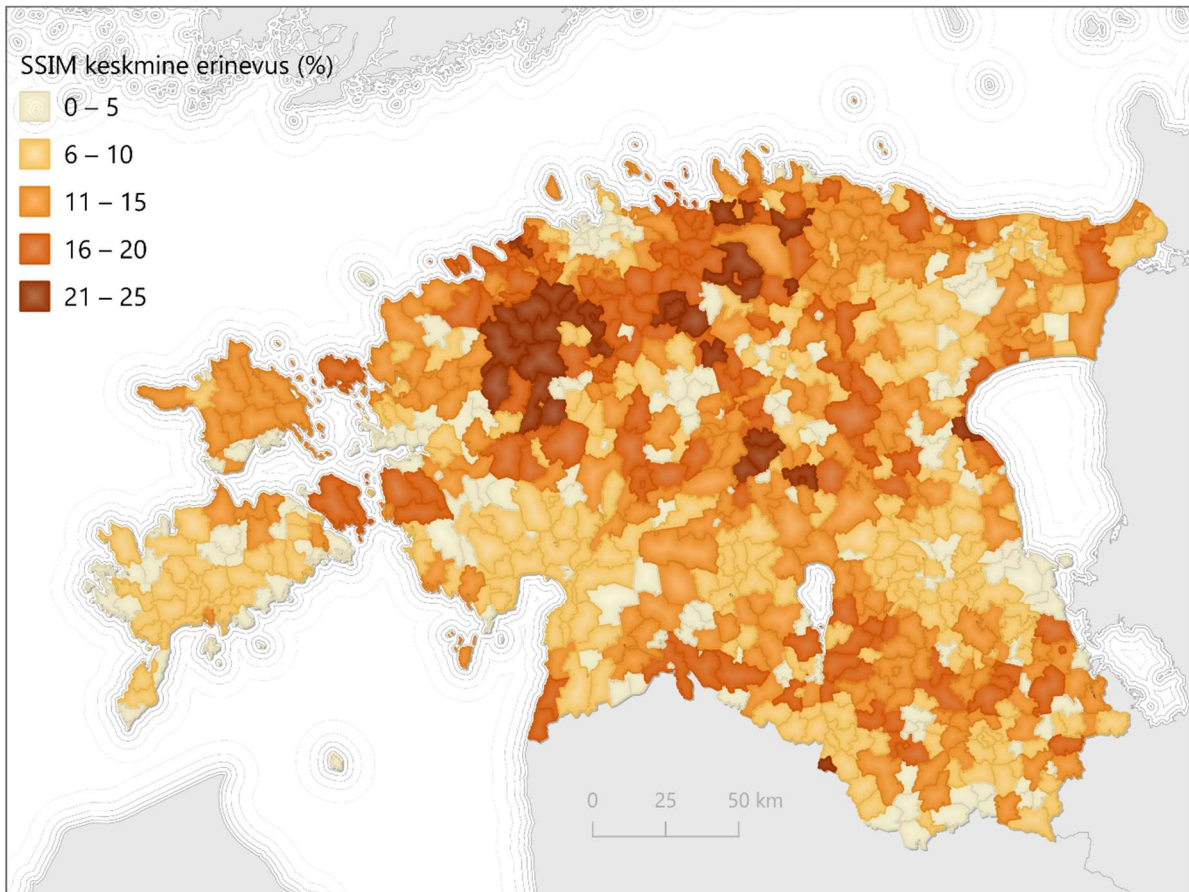
## 4.2. Piirkondliku kogurahvastiku ja liikumisvõrgustike ruumiline varieeruvus

Piirkondliku kogurahvastiku keskmistes erinevustes sama nädalapäev-kellaaja aastakeskmisega on märgatavaid geograafilisi erinevusi (joonis 9). Valdavalt on erinevused kuni 10%. Erinevused on kõrgemad kantides, mille rahvaarv on väga väike ja/või mis asuvad riigi äärealadel. Hajuvus on väiksem Maardus (2,3%), Viimsis (2,5%), Lohkva külas Tartumaal (2,6%), Lagedi alevikus Harjumaal (2,6%), Rakveres (2,7%) ja Raplas (2,8%). Nii suuremates linnades kui nende lähedal on keskmine erinevus kuni 5%. Nappideks eranditeks on esiteks Tartu linn (5,5%) ja teiseks Narva, mille sees on küll keskmine erinevus madal (4,5%), kuid seda ümbritsevates küldes ja asulates kohati 20% ja üle selle. Kõige kõrgem on keskmine erinevus Remniku ja Kuru küldes (63%), kus kõrge näitaja on suuresti tingitud väikesest rahvaarvust (ligi 100 inimest). Ainuke vähemalt 500 elanikuga kant, mille keskmine erinevus on üle 30% on Võsu (Lääne-Virumaal), vähemalt 1500 elanikuga kantidest on erinevused kõige suuremad Narva-Jõesuus (20,1%), Otepääl (11,4%), Aespea alevikus (15,8%) ja Vääna-Jõesuu külas (16,7%).



Joonis 9. Keskmine kogurahvastiku ruumiline erinevus aastakeskmisest kantides.

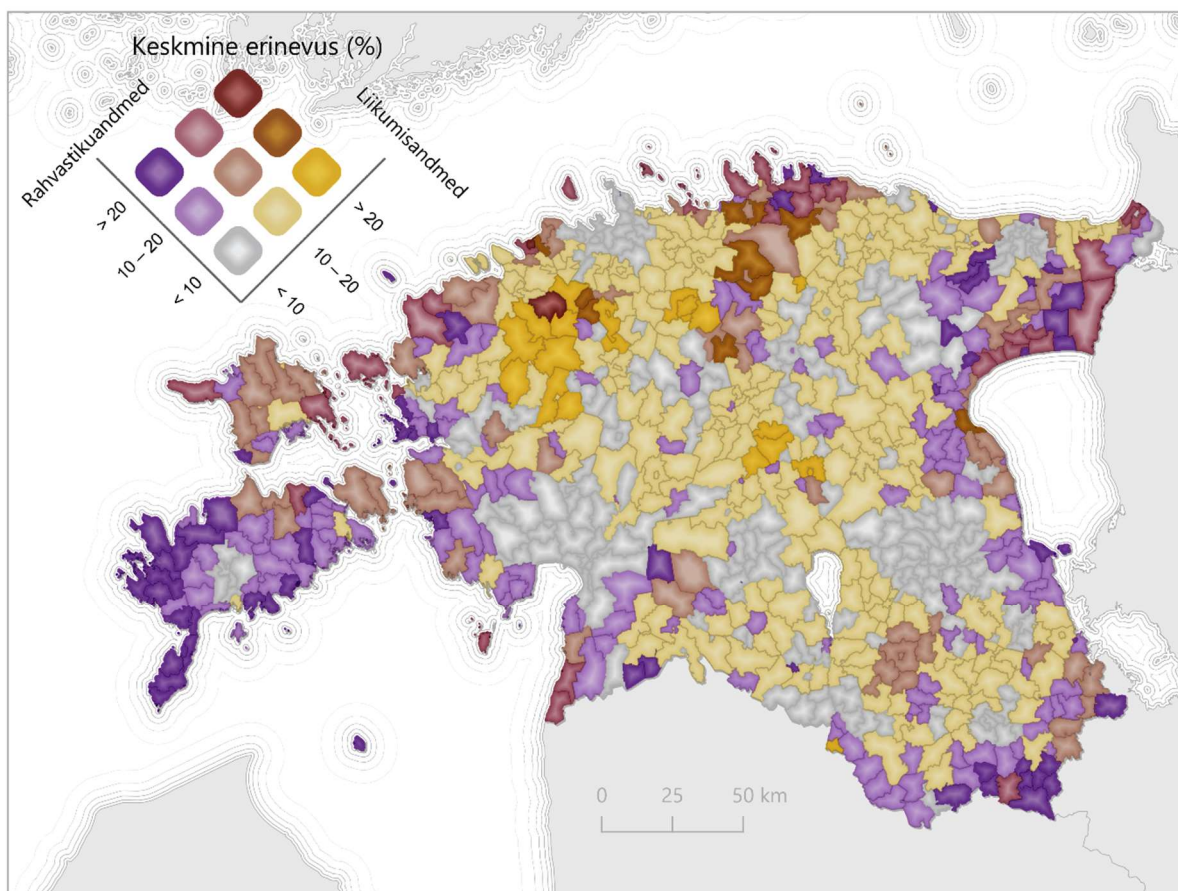
Liikumisvõrgustike hajuvus aastakeskmisest on eelkõige madal kõige tihedamalt ja hõredamalt asustatud kantides ja nende läheduses (joonis 10). Näiteks Võõpsus, Abrukal, Kalvi, Jäärja, Vilsandi külades jäi liikumisvõrgustike keskmine erinevus aastakeskmisest alla 0,05%. Veidi suurematest asulatest on erinevus kõige madalam Tootsis (0,06%) ja Ramsi alevikus (0,08%). Tallinna linnaosades on keskmine erinevus kuni 3%, Tartus 5,1%, Narvas 2,0% ja Pärnus 6,1%. Kõige kõrgem on keskmine erinevus Varbolas, Märjamaal, Tapas ja Turba alevikus – 24% kuni 25%.



Joonis 10. Keskmine SSIM väärtuse (liikumisvõrgustike) ruumiline erinevus aastakeskmisest kantides.

Kahemuutujaline kaart lubab visuaalselt seostada paiknemis- ja liikumisandmete hajuvuse omavahelisi ruumilisi seoseid (joonis 11). Üldiselt on nii Eesti suuremates linnades kui nende lähialadel keskmine kogurahvastiku paiknevus ja liikuvus võrreldes sama ajaperioodi pikaajalise keskmisega madal, kogurahvastike hajuvus on kõrgem riigi äärealadel ja liikumisvõrgustike hajuvus on kõrgem sisealadel. Mõlema muutuja väärtus on üle 20% ligi 1500 elanikuga Laitse-Ruila ja ligi 550 elanikuga Keila-Joa kandis. Hajuvused on kõrged

Alutaguse madalikul, Kõrvemaa põhjaosas ning sellest põhjas ja rannikul, kus on valdavalt võrdlemisi hõre asustus.

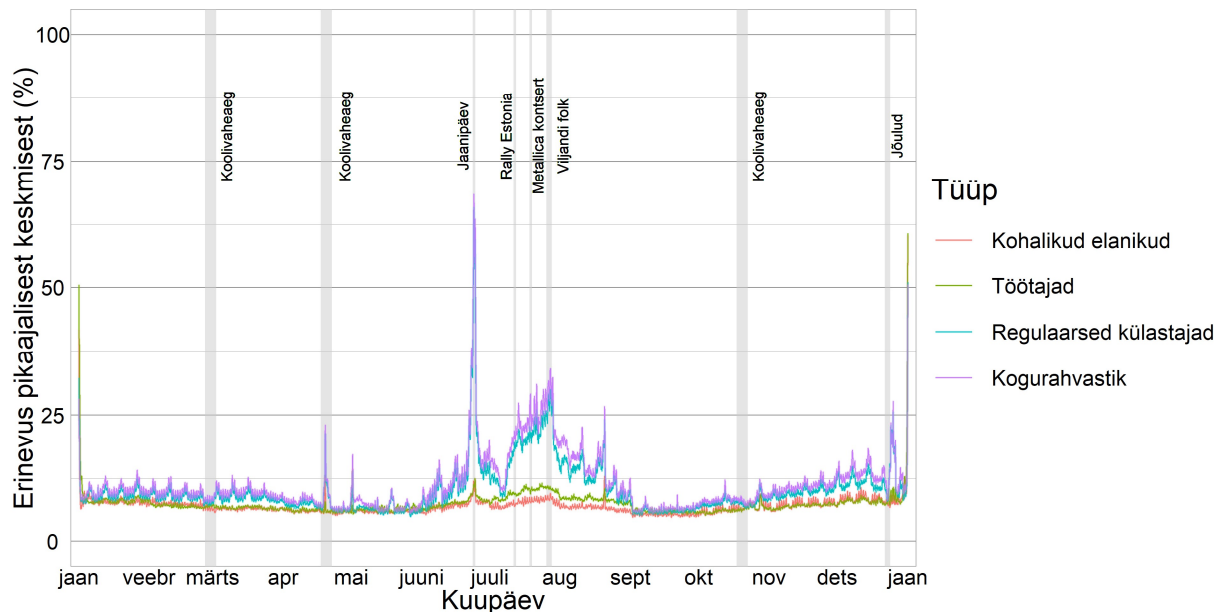


Joonis 11. Kahemuutujaline kaart keskmiste rahvastiku- ja liikumisandmete erinevustest aastakeskmistest. Hallide toonidega aladel on nii rahvastiku- kui liikumisvoogude erinevused väikesed ja punaste toonidega aladel kõrged. Lillakate toonidega alal on kõrged üksnes rahvastikuandmete põhised erinevused ja kollakate toonidega on kõrged liikumisandmete erinevused.

### 4.3. Erinevate populatsioonitüüpide paiknemise varieeruvus

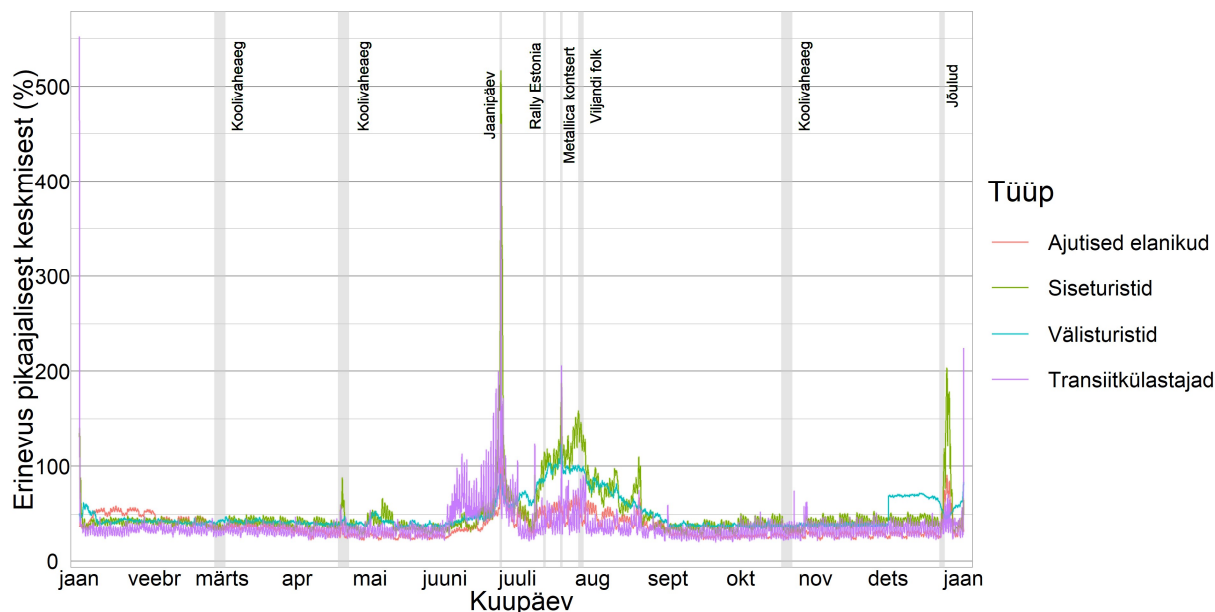
Erinevate populatsioonitüüpide vahel on varieeruvusel olulisi erisusi. Kõigi rahvastikugruppide hulgas on keskmised erinevused võrreldes sama nädalapäev-tunni aastakeskmisega suuremad suvisel ajal ja nädalavahetustel. Öisel ajal on erinevused väiksemad kui päevastel tundidel. Kui kogurahvastiku keskmine erinevus aasta lõikes kõikides kantides keskmiselt on 11%, siis kohalike elanike ja töötajate hulgas 7% ja regulaarsete küllastajate hulgas 10% (joonis 12). Kohalike elanike hulgas on erinevus kõige kõrgem aastavahetusel

(kuni 40%), 1. mail (kuni 14%) ja 19. aprillil (kuni 13%). Töötajate hulgas on erinevused kõige kõrgemad samuti aastavahetusel (kuni 20%) ja jaanipäeval (ligi 12%)



Joonis 12. Keskmise ajaline erinevus aastakeskmisest kantides erinevate rahvastikutüüpide lõikes – regulaarsed mobiilsused.

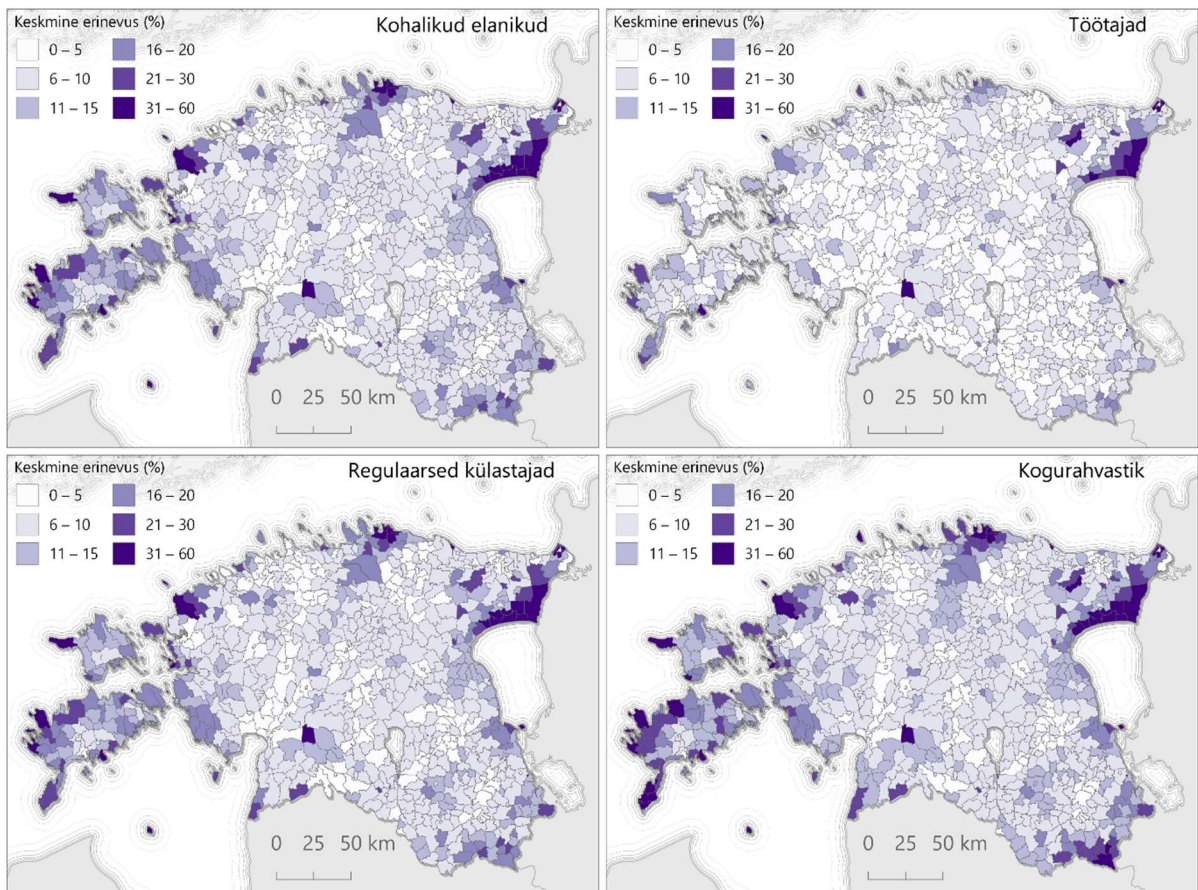
Nii-öelda ebaregulaarsete küllastuste näitajad on märgatavalt kõrgemad: ajutiste elanike (teiste kodude küllastuste) keskmine erinevus on 36%, transiit- ehk lühiajaliste küllastajate korral 37%, sise- ja välisturistide korral 51% (joonis 13). Suvel on samad väärtused püsivalt kõrgemad kui ülejäänud aastal, kuid kõrgemad asuvad erinevatel ajaperioodidel. Transiitküllastajate erinevus hakkab kiiresti kasvama juunikuus ja langeb juuliks ja augustiks. Sise- ja välisturistide paiknemise erinevus kantides kasvab sujuvalt kuni juuli lõpuni, mis tähendab seda, et kui veel juunikuus tehakse rohkelt lühiajalisi küllastusi ja püsivamalt viibitakse siiski kodupiirkonnas, siis alates juulist tehakse üha enam pikaajalisi viibimisi kodust eemal.



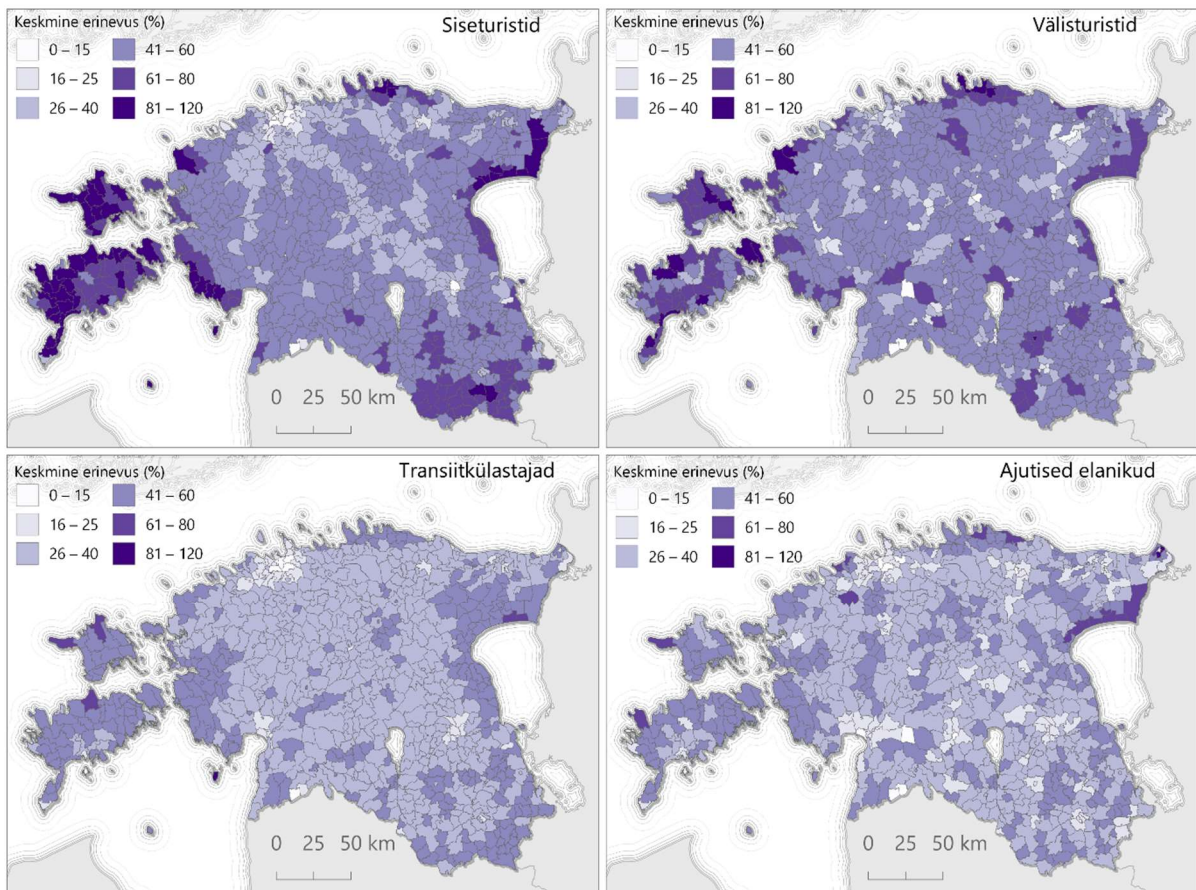
Joonis 13. Keskmine ajaline erinevus aastakeskmisest kantides erinevate rahvastikutüüpide lõikes – regulaarsed mobiilsused.

Kohalike elanike, töötajate ja regulaarsete külastajate paiknemise erinevus võrreldes sama nädalapäev-tunni aastakeskmisega on üle Eesti pigem madal – keskmine erinevus on valdavalt kuni 10%. Erinevus on kõrgem eelkõige kantides, kus vastavat populatsioonitüüpi vähe paikneb (joonis 14).

Sise- ja välisturistide, transiit- ning teiste kodude külastajate paiknemises kantides on erinevused üle Eesti suuremad (joonis 15). Siseturismi ja transiitkülastajate erinevuste ruumilisel jaotumisel paistab silma Tallinnas algavate ja lõppevate reiside mõju – suurema rahvaarvuga kantides ja neid ühendavate maanteed ääres on siseturistide ja transiitkülastajate erinevused võrreldes samade nädalapäev-tundide keskmisega madalamad kui mujal Eestis.



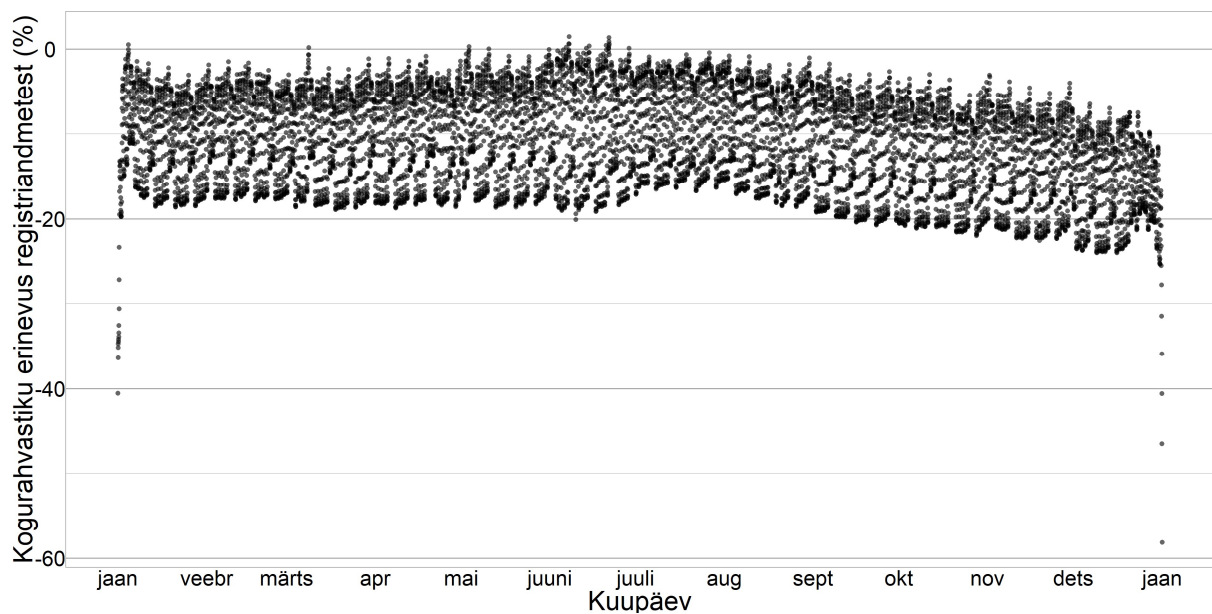
Joonis 14. Keskmine ruumiline erinevus aastakeskmisest kantides erinevate rahvastikutüüpide lõikes – regulaarsed mobiilsused.



Joonis 15. Keskmine ruumiline erinevus aastakeskmisest kantides erinevate rahvastikutüüpide lõikes – ebaregulaarsed mobiilsused.

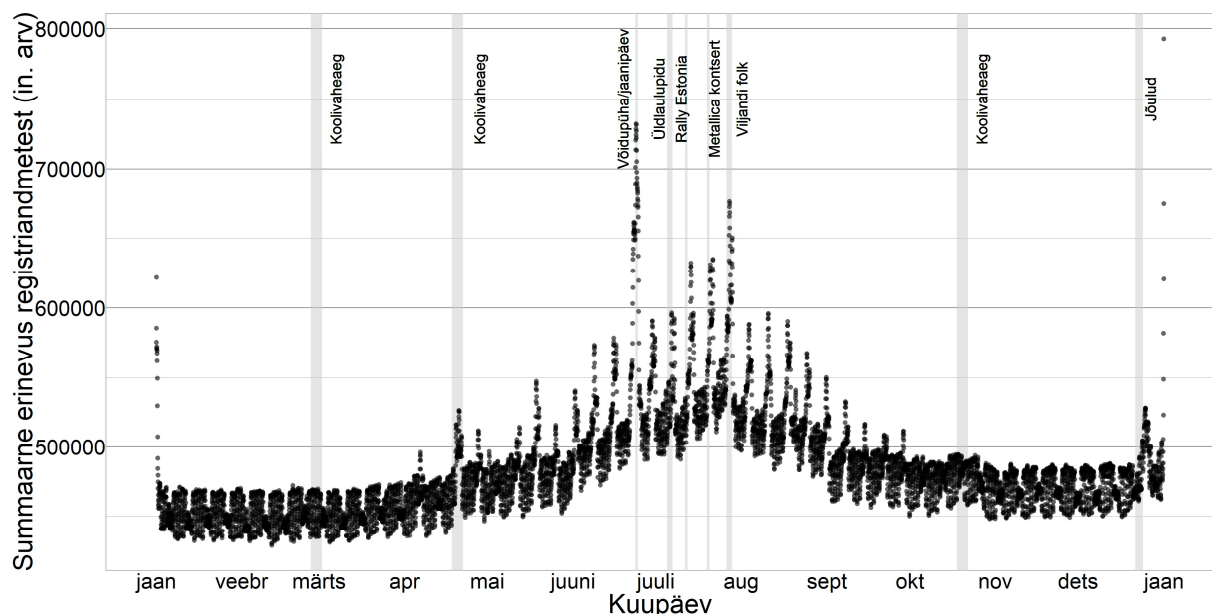
#### 4.4. Kogurahvastiku erinevus registriandmetest

Erinevalt registriandmetest esineb mobiilpositsioneerimise alusel ennustatud kogurahvastiku hulgas märkimisväärseid päevase ja nädalase tsükliga kõikumisi – öisel ajal on mobiilpositsioneerimise põhjal tehtud hinnang kogu riigis paiknevate inimeste kohta 10% kuni 15% madalam kui rahvastikuregistri põhine elanike arv (joonis 16). Päevasel ajal on erinevus väiksem. Nädalavahetustel on kõikumise amplituud väiksem. Lisaks, aasta esimestel ja viimastel tundidel on mobiilpositsioneerimise põhjal ennustatud inimeste arv 40% kuni 60% madalam rahvastikuregistris olevast.



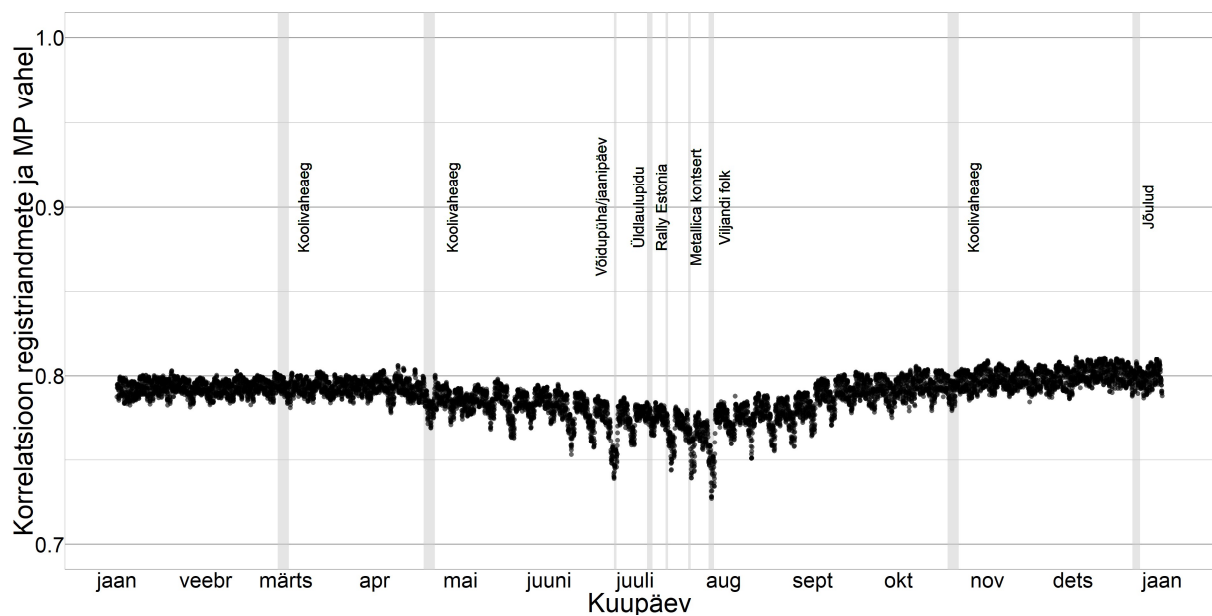
Joonis 16. Kogurahvastiku protsentuaalne erinevus mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri vahel.

Summaarselt üle kõigi kantide erinevad registriandmed ja mobiilpositsioneerimise põhjal arvutatud paiknemisandmed aasta keskmiselt ligi 484 000 inimese võrra, kusjuures erinevused on kõrgemad päeval ajal ja suviti (joonis 17). Suuremal osal aastast on erinevused madalamad nädalavahetustel, kuid alates aprilli keskpaigast kuni oktoobrini on erinevused nädalavahetustel kõrgemad. Erinevus on kõige kõrgem 23. juuni õhtul (ligi 732 000 inimest).



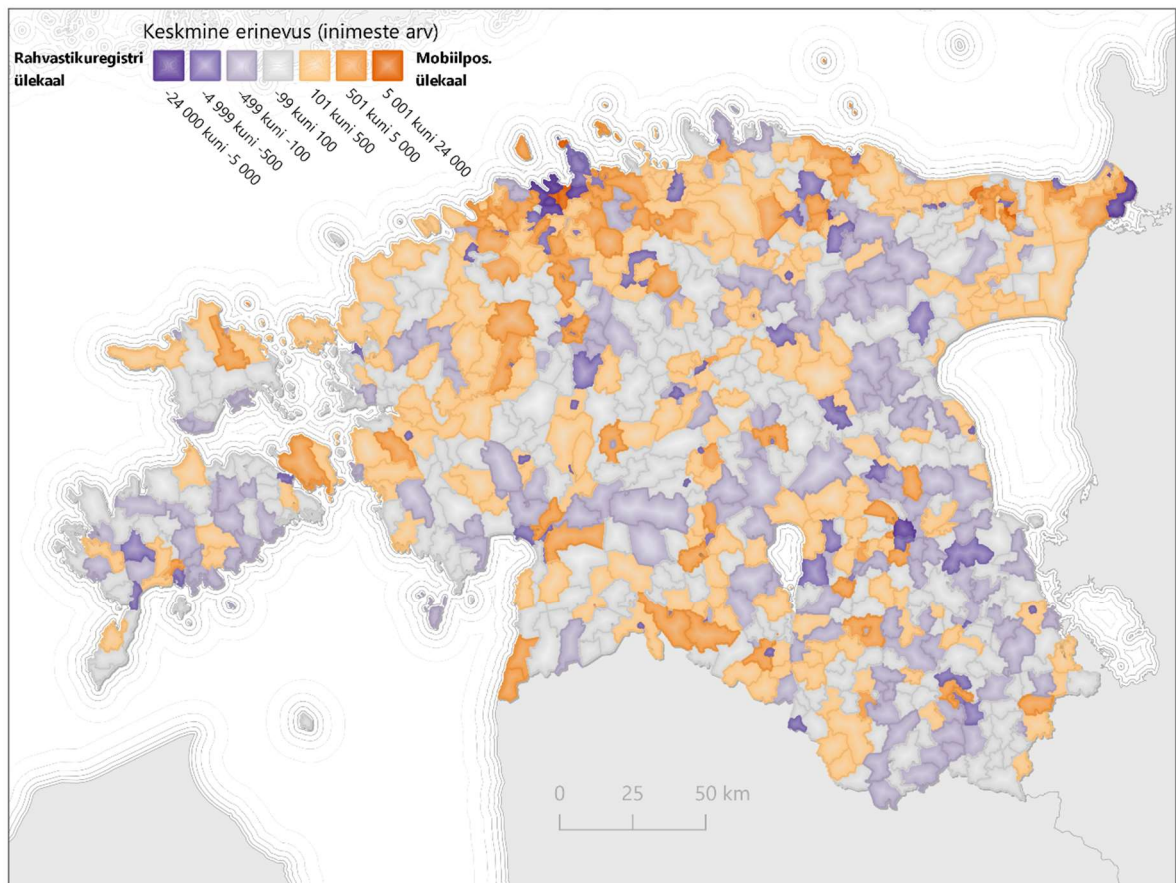
Joonis 17. Summaarne absoluutne erinevus registriandmete ja mobiilpositsioneerimise vahel üle kõigi kantide

Kantide kogurahvastik mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri põhjal on kogu aasta lõikes tugevas korrelatsioonis (joonis 18). Päeval ajal on korrelatsioonid ligi 0,01 võrra nõrgemad kui öösiti (tabel 2). Ka nädalapäevade ja aastaegade vahel ilmnevad regressioonanalüüsi põhjal statistiliselt olulised erinevused, kuigi ka need on väikesed – korrelatsioonid on madalamad nädalavahetusesti ja kõrgemad nädala sees. Kõige madalamad on korrelatsioonikoefitsiendid suvel ning kõrgemad sügisel ja talvel. Kõige suurem on erinevus Viljandi pärimusmuusika festivali ajal. Omavalitsuste ja maakondade tasemel on korrelatsioonikoefitsiendid keskmiselt oluliselt kõrgemad (tabel 2).



Joonis 18. Kümneendlogaritmitud registri- ja populatsioonandmete korrelatsioonikordaja (Pearsoni  $r$ ) ajalised erinevused.

Võrreldes registriandmetega on mobiilpositsioneerimise põhine aastakeskmine kogurahvastik mitmetel juhtudel kõrgem linnalisi asulaid ümbritsevates kantides ja madalam linnalistes asulates endis, kuigi mitte alati (joonis 19). Mobiilpositsioneerimisel põhinev keskmine rahvastiku arv on võrreldes registriga kõige kõrgem Tallinna kesklinnas (registril põhineva 59 600 asemel 82 700), Kohtla-Järvel (17 900 asemel 25 400) ja Tallinnas Kristiines (32 500 asemel 37 700). Väga kõrge (eriti osakaaluliselt) on erinevus ka Kohtla-Järve kõrval asuvas Peeri külas, kus rahvastikuregistri põhjal elas 2019. aastal 86 inimest, kuid mobiilpositsioneerimise alusel kõikus sealne populatsioon 1700 ja 2200 vahel.



Joonis 19. Keskmine erinevus kogurahvastikes registriandmete ja mobiilpositsioneerimise vahel kantides. Oranžid toonidega alal on kõrgemad mobiilpositsioneerimise andmetel leitud kogurahvastik, siniste toonidega alal on kõrgemad rahvastikuregistri andmed.

Kui omavalitsuste tasemel on mobiilpositsioneerimisel põhinev rahvaarv linnades tunduvalt madalam, kuid nii mõnelgi pool kõrgem kui registri põhjal (lisa 9), siis maakondade tasemel on peale Hiiumaa üle kogu Eesti mobiilpositsioneerimisel põhinevad keskmised rahvaarvud märgatavalt madalamad – suurema rahvaarvuga piirkondades on erinevus suurem (lisa 18).

Tabel 2. Mitmene lineaarne regressioonanalüüs, kus sõltuva tunnuseks on kasutatud korrelatsioonikoefitsiente mobiilpositsioneerimise põhjal arvutatud ja rahvastikuregistrist pärit kümnendlogaritmitud rahvaarvude vahel kantide, kohalike omavalitsuste ja maakondade tasandil.

	Kant	KOV	Maakond
	B	B	B
<i>Vabaliige</i>	0,79	0,97	0,99
<b>Ajavahemik</b>			
<i>23-6 (ref)</i>	0	0	0
7-9	-0,007**	-0,002**	0,000**
10-12	-0,010**	-0,003**	0,000**
13-15	-0,010**	-0,004**	0,001**
16-18	-0,06**	-0,003**	0,000**
19-22	-0,002**	-0,001**	0,000**
<b>Nädalapäev</b>			
<i>Esmaspäev (ref)</i>	0	0	0
teisipäev	0,000	0,000	0,000
kolmapäev	0,000	0,000	0,000
neljapäev	0,000	0,000	0,000
reede	-0,001**	0,000	0,000
laupäev	-0,004**	-0,001**	-0,000**
pühapäev	-0,007**	-0,005**	-0,000**
	-0,006**	-0,005**	-0,000**
<b>Aastaaeg</b>			
<i>kevad (ref)</i>	0	0	0
suvi	-0,015**	-0,018**	-0,002**
sügis	0,005**	0,000	0,000**
talv	0,006**	0,004**	-0,000**
$R^2$	0,736	0,694	0,453
<i>Adj R<sup>2</sup></i>	0,736	0,693	0,452
**p < 0,01 *p < 0,05			

Kõige madalamad on mobiilpositsioneerimise põhised näitajad võrreldes registriga mitmetes Tallinna linnaosadest (näiteks Lasnamäel on keskmine erinevus 34 200 ja Mustamäel 27 500 inimest), Tartus (erinevus 21 000 inimest) ja Narvas (erinevus 19 100 inimest). Sealjuures ei ulatu Lasnamäel, Mustamäel, Tartus või Narvas mobiilpositsioneerimise põhised rahvaarvud mitte ühelgi tunnil aastast registriandmete väärtusteni.

## 5. Arutelu

Magistritöö uurimistulemused näitavad, et ajaloolistel mobiilpositsioneerimise andmetel põhinevad rahvastikustatistikud on potentsiaalselt heaks täienduseks hetkel kasutatavatele staatilistele andmetele. Lisaks sellele, et üksikindiviidide mobiilsuskäitumine on regulaarne (Song et al. 2010), omavad ka piirkondlikud rahvaarvude muutused selgeid igapäevaseid ja iganädalasi rütme. Ajalooliste mobiilpositsioneerimise andmete põhjal on inimeste paiknemismustrid oluliselt ebaregulaarsemad suviti ja regulaarsus on mõnevõrra kõrgem öisel ajal töönädala jooksul. Suurüritustel on väga tugev ja üldjuhul üle-eestiline mõju inimeste paiknevusele.

Rahvastikustatistikute ajaline varieeruvus ei ole üle kogu Eesti ühtlane. Sellele võib pakkuda mitmeid põhjendusi. Esiteks hinnati uurimistöös erinevusi osakaaluliselt (protsentuaalselt), mistõttu väiksema rahvaarvuga kantide erinevused tulevad kergemini esile – kui mõnel ajahetkel on aastakeskmise 10 inimese asemel piirkonnas 20 inimest, on erinevus juba 100%. Teiseks on hajusama asustusega piirkondades ka vähem mobiilimaste, mis tähendab väiksemat ennustustäpsust. Kuigi andmetöötlusvõimaluste arenemisel on võimalik mobiilpositsioneerimisel põhinevaid rahvastikustatistikute täpsust suurendada (Aasa et al. 2021), kaasneb kõrge ajalise ja ruumilise ennustustäpsuse taotlemisega siiski paratamatult suurem vigade oht. Kolmandaks ongi tõenäoline, et osades piirkondades on sealse kogurahvastiku ajaline varieeruvus kõrgem – näiteks looduskaunites või mereäärsetes piirkondades, kus on kõrge hooajaline rahvaarvu sesoonsus seoses turistide ja suvilate omanike alale tulekuga. Sedasorti külastused sõltuvad ilmast, üritustest ja hulgast sotsiaalsetest teguritest, mida ajaloolised mobiilpositsioneerimise andmed ei kirjelda.

Ajaloolised mobiilpositsioneerimise andmed võimaldavad anda tõenäolisi hinnanguid teatud ajahetkedel piirkondi külastavate ajutiste külastajate hulkade kohta. Lisaks on võimalik vahet teha külastusliikide alusel lähtudes külastuse kestusest. Ajutiste külastajate viibimisel piirkondades puudub ühe aasta jooksul kindel ajaline regulaarsus. Enamasti on nende osakaal märgatavalt kõrgem suvel või mõnel teisel perioodil, näiteks toimus 2019. aastal talvisel ajal palju külastusi Haanja ja Otepää kõrgustiku lähisteles. Võib eeldada, et sedasorti külastused sõltuvad paljuski ilmast ja piirkonnas toimuvatest üritustest. Seega on lisaks tarvilik siduda ajaloolisi paiknemisandmeid ilma ja ürituste andmebaasidega. Lumevaesel talvel võib Otepää piirkonda külastavate inimeste arv olla märgatavalt madalam lumerikkast talvest.

Mobiilpositsioneerimise andmed pakuvad unikaalset vaadet piirkonnas viibivate rahvastikutüüpide kohta: kui palju on piirkonnas elavaid, töötavaid, seda tihti külastavaid, seal

teist kodu omavaid ja välismaalt või mujalt Eestist pärit turiste. Hädaolukorrad ei mõjuta kõiki alal viibivaid inimesi võrdselt. Kui seni on haavatavust kriisis hinnatud eelkõige piirkonna sotsiaalmajandusliku tausta ja seal elavate inimeste sotsiaalse kapitali kaudu – üldjuhul tähendab madalam sotsiaalne kapital ka raskendatud hakkamasaamist kriisis – siis mobiilpositsioneerimine võimaldab haavatavust analüüsida läbi inimeste ruumikasutuse ajaliste mustrite. Ajutiste küllastajatega, näiteks turistide või piirkonnas teist kodu omavate inimestega, on seni ametlike kriisiplaanide tegemisel vähe arvestatud. Turismisektoris takistavad kriisiplaanide tegemist nii puudused seadustes või nende täitmises kui vähesed oskused, teadmised ja ressursid ohtudega arvestamiseks (Becken et al. 2014). Turistid on tihti väiksemate teadmistega võimalikest ohtudest piirkonnas ega oska või pole huvitatud nendele reageerima, mis suurendab nende haavatavust ja raskendab päästjate tööd (Aznar-Crespo et al. 2020).

Mobiilpositsioneerimisel põhinevate rahvastikuhinnangute vajalikkus ja puudujäägid tulevad välja nende võrdlemisel rahvastikuregistri andmetega. Ühest küljest demonstreerivad töö tulemused hästi seda, kuivõrd suure osa inimeste asukohamuutustest registriandmed katmata jätavad. Teisalt on mobiilpositsioneerimise põhjal keeruline teha üldistusi kogu riigi populatsiooni kohta üle terve aasta. Seda isegi hoolimata sellest, et valim katab kolmandiku rahvastikust. Samas viitavad tugevad korrelatsioonid mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri vahel madalama ruumilise lahtusvõimega kihtidel sellele, et erinevusi saab lihtsasti vähendada, kui väikesel määral korrigeerida koefitsiente, millega osarahvastiku pealt kogu rahvastiku peale üldistusi tehakse.

Andmeanalüüs tõi esile seda, et mitmel pool Eestis võib tekkida süstemaatilisi vigu piirkondlike populatsioonide hindamisel. Kõige tugevam on mõju linnade läheduses, kus paistab, et mobiiltelefonid ühenduvad tihti linnade lähialadel paiknevate mobiilimastidega, mistõttu hinnatakse sealseid rahvaarve üle ja linnades jäävad näidud selle tulemusena väiksemaks. Hinnangute täpsust parandab küll väiksem ruumiline lahtusvõime, näiteks võib kantide asemel kasutada omavalitsusi, kuid väiksema ruumilise lahtusvõime korral pole võimalik päästetöid sedavõrd täpselt suunata. Kriisi reguleerimise seisukohalt on suurimaks ohuks mobiilpositsioneerimise põhised kogurahvastiku alahinnangud öisetel kellaaegadel – päästetöötajad võivad ekslikult lähtuda informatsioonist, nagu viibiks piirkonnas vähem inimesi kui tegelikkuses on.

Rahvaloendused, registrid ja mobiilpositsioneerimine on hetkel kõige paremad viisid hindamiseks kogurahvastiku ruumilist paiknemist (Panczak et al. 2020). Täiuslikumad

andmebaasid puuduvad. Seetõttu on keeruline tõlgendada, kas mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri rahva jaotumise erinevused eri paigus tulenevad sellest, et inimesed on seal, kuhu nad ennast elama registreerunud pole või sellest, et mobiilpositsioneerimise tulemuste interpoleerimine ei vasta reaalsusele. Võimalik on kahtesid rahvastiku paiknemise andmeid (mobiilpositsioneerimise ja registripõhiseid) võrrelda omavahel ning otsida erinevustele selgitusi kasutades kolmandaid andmekihte – näiteks eluhooneid.

Mobiilpositsioneerimise ebatäpsus võib tuleneda mitmest asjaolust. Esiteks võib juhtuda, et mobiilimastide asukohtadest inimeste hulkasid ruumiüksustesse (näiteks kantidesse või omavalitsustesse) interpoleerides tekib vigu. Selle uurimiseks võib pakkuda häid võimalusi nutitelefonipõhiste GPS-andmete ja passiivse mobiilpositsioneerimise andmete kõrvutamise. Võimalik on võrrelda mobiilpositsioneerimise põhjal arvutatud asukohta kõne tegemise ajal salvestatud GPS-punktidega ja vaadata, kas need jäävad samasse ruumiüksusesse. Näiteks Choi (2020) on võrrelnud mobiilpositsioneerimise ja GPS-i põhjal arvutatud individuaalsete tegevusruumi näitajate täpsust erinevatel ajahetkedel, kuid puuduvad põhjapanevad tööd sellest, kuivõrd suured on erinevused piirkonniti.

Rahvastiku paiknemise ajalise varieeruvuse ja selle perioodilisusega arvestamine aitab hädaolukordadele reageerimist parandada mitmel viisil. Esiteks, kriisile reageerivad organisatsioonid omavad nädalapäevale ja kellaajale vastavat täpsemat informatsiooni inimeste tõenäolise hulga ja selle varieeruvuse kohta ohualal. Teiseks, inimeste paiknemises esineb olulisi sesoonseid erisusi ning ajaloolistel mobiilpositsioneerimise andmetel põhinevad populatsioonihinnangud võimaldavad nendega arvestada. Siiski oleks vajalikud täiendada uuringud, et hinnata, kuivõrd stabiilsed on piirkondlikud paiknemisnäitajad ja liikumisvood üle mitme aasta. Kolmandaks, Lu et al (2012) analüüs Haiti maavärinale järgnenud reaktsioonis on näidanud, et tugeva mõjuga hädaolukorra järel lahkuvad kriisialalt paljud inimesed sinna, kus nad veedavad tähtsamaid pühi. Seega võivad Võidupüha- või jõuludeaegsed paiknemis- ja liikumismustrid anda informatsiooni inimeste paiknemisest ja liikumisest kriisi ajal või selle järel. See võib osutada tähtsaks analüüsivõimaluseks riikides nagu Eesti, kus olulise mõjuga kriise toimub harva, mistõttu otsuste vastuvõtmisel pole võimalik lähtuda mõnest varasemast kriisikogemusest.

Paljud kriisiolukordade tarbeks uute tehnoloogiate arendamist tutvustavad teaduslikud tööd toovad välja, et täpsemad teadmised inimeste paiknemisest ja liikumisest võimaldavad märgatavalt paremat reageerimist hädaolukordadele (Bengtsson et al. 2011, Lu et al. 2012, Tatem et al. 2014, UN Global Pulse 2014, Wesolowsky et al. 2014, Bengtsson et al. 2015, Li

et al. 2019). Samas ei kirjeldata kuigi täpselt seda, kuidas täienevaid andmeid kriisiolukordades kasutama peaks. Selle jaoks puudub andmepõhiseid lahendusi väljatöötavatel analüütikutel tihti ka kogemus. Teadlased-analüütikud, kes loovad uusi informatsiooniallikaid kriisis otsuste vastu võtmiseks, pole need, kes otsuseid vastu võtavad, otsustajateks on kriisitöötajad. Kriisile reageerimisel pole päästetöötajate tegevuse lähtepunktiks andmed ja informatsioon, vaid tegevusvõimalused, mille vahel orienteerumiseks kasutatakse õppustel omandatud kogemusi ja olukorrapõhist informatsiooni (McDonald 2016). Sealjuures võivad kõige piiravamaks saada ressursid, mitte informatsioon. Näiteks pole päästetöötajatel kasu teadmisest, kuidas kõige optimaalsemalt kustutada ulatuslikku metsatulekahju, kui neil puudub võimekus või vahendid seda kustutada.

Seega saavad lõpliku hinnangu informatsiooni kasulikkusele anda üksnes kriisitöötajad ise, sest nemad teavad, kas neil on vastavat informatsiooni võimalik kriisiolukorras ära kasutada. Paljud teadusartiklid, milles passiivsete mobiilpositsioneerimise andmete kasutamisel humanitaarsektoris skeptilisust väljendatakse (Sandvik et al. 2014, Burns 2018, McDonald 2016, Read et al. 2016, Fast 2017, Sandvik ja Raymond 2017, Jacobsen ja Fast 2019, Maxmen 2019, Roth ja Luczak-Roesch 2020), rõhutavad, et praegu pakutavad rahvastikustatistikud omavad vigu, mida teadlased hetkel ette näha ei oska või on teatud kriisiolukordade reguleerimiseks ebasobilikud.

Uute andmeallikate efektiivne kasutuselevõtt hädaolukordades on pikaajaline protsess ja vajab sisendit nii andmelahendusi pakkuvatelt analüütikutelt, humanitaarsektorilt kui päästetöötajatelt (Burns 2018, BuildERS 2020c). Pikaajalise koostöö jaoks on vajalik aga stabiilsus ja kindlus, et andmeanalüütilisi lahendusi pikaajaliselt kasutada saab. Kuigi teadlased on välja töötanud telefonikasutajate privaatsust tagavaid programme (de Montjoye et al. 2018), on mitmel pool maailmas, hetkel ka Eestis, mobiilpositsioneerimise andmete kasutamine teadlaste poolt juriidiliselt piiratud. Hädaolukordade juhtimise seisukohalt on see probleem eriti aktuaalne praegu, mil COVID-19 kriis on oluliselt inimeste mobiilsust mõjutanud ja muutnud (Chang et al. 2021), mistõttu oleks hetkeolukorra tõepärasemaks kirjeldamiseks vaja analüüsida ka kriisiaegseid muutusi inimeste mobiilsuses.

Mobiilsus on mitmekihiline nähtus, kus omavahel on seotud paiknemine, liikumine, selle jaoks kasutatavad vahendid (jalgratas, auto, ühistransport), eesmärgid ja harjumused (Charles-Edwards 2020). Uurimistöös kasutatud statistikud (keskmine paiknevuse erinevus võrreldes sama ajaperioodi aastakeskmisega ja SSIM) sobisid hästi üksikute mobiilsuse komponentide ülevaatlikuks hindamiseks erinevatel ruumilistel skaaladel ja ajalistel tasanditel ning vastasid

uurimistöö eesmärkidele. Kuigi mobiilpositsioneerimine suudabki kirjeldada vaid teatud osa mobiilsusest, keeruline on usaldusväärset tuvastada inimeste liikumisvahendeid, sotsiaalmajanduslikku staatust või täpseid liikumise eesmärke, on võimalik kitsamalt suunatud uurimisprobleemide abil edasistes uurimistöodes paremini mobiilsuse erinevaid komponente siduda. Näiteks võib ajalise ja ruumilise autokorrelatsiooniga arvestamine esile tuua võrreldes lihtsamate statistiliste meetoditega esialgu varjule jäävaid seaduspärasid (Gao et al. 2019) ja töös kasutatud agregeeritud liikumismustritele võrdlemine mõne individuaalse liikumisnäitajaga võib laiendada üldistatud näitajate tõlgendusvõimalusi.

Ajalooliste mobiilpositsioneerimise andmete kasutuselevõtt interaktiivse kaardirakenduse kujul omab pikaajalises plaanis suurt perspektiivi ja selle võimalused ei piirne üksnes siinses magistris töös käsitletutega. Lisaks uuematele ja potentsiaalselt täpsematele rahvastikuandmetele tekitab kaardirakenduse kasutamine õppustel ja reaalses kriisisituatsioonides potentsiaalseid olukordi, kus päästetöötajad saavad välja tuua spetsiifilisemaid lahendamist vajavaid probleeme, mis suunaks mobiilpositsioneerimisega tegelevaid inimesi välja töötama täpsemaid lahendusi ja sobivamaid rahvastiku-kategooriaid kriiside reguleerimiseks.

Seda sorti informatsiooni tuleks lisaks lühiajalistele kriisile reageerimise kavadele kasutada ka pikemaajaliste plaanide tegemiseks – hädaolukorrad toovad lisaks lühiajalistele hälvetele paiknemismustrites kaasa pikaajalisi elukohavahetusi ja nendega mitte arvestamine võib märgatavalt suurendada kriisi pikaajalisi sotsiaalmajanduslikke kahjulikke mõjusid (Levine et al. 2007). Oskuste arendamiseks ja praktikate juurutamiseks võiks ajaloolistel mobiilpositsioneerimise andmetel põhinevad rahvastikustatistikuid hakata esmajärjekorras kasutama seal, kus hädaolukordade lahendamise plaanide tegemine juba praegu kohustuslik on – näiteks ohtlike ja suurõnnetuse ohuga ettevõtete läheduses.

## 6. Kokkuvõte

Uusi infotehnoloogilisi vahendeid võetakse kasutusele eluvaldkondades. Lisandunud kommunikatsioonivõimalused ja andmeallikaid pakuvad ka lisavõimalusi toimetulekuks hädaolukordades. Üheks perspektiivikamaks uueks andmeallikaks kriiside reguleerimisel on mobiilpositsioneerimise andmed, mis ühest küljest pakuvad lisavõimalusi kriiside reguleerimisel suurendada olukorratundlikkust (Bengtsson et al. 2011, Cinnamon et al. 2016), kuid samas on mobiilpositsioneerimisel põhinevate lahenduste ootamatute vigade hulk ja andmete privaatsustundlikkus takistanud nende kasutuselevõttu (McDonald 2016, Maxmen 2019). Uurimistöo peamine eesmärk, milleks oli hinnata passiivse mobiilpositsioneerimise andmetel põhinevate rahvastikustatistikute ajalist ja ruumilist varieeruvust erinevate rahvastikutüüpide lõikes ning võrrelda kogurahvastiku arvu mobiilpositsioneerimise ja rahvastikuregistri põhisel, sai täidetud.

Ajaloolistel mobiilpositsioneerimise andmetel põhinevad rahvastikustatistikud varieeruvad rohkem suviti, nädalavahetuse ja päevastel aegadel. Hajuvus ei ole kogu Eesti ega erinevate rahvastikustatistikute lõikes ühtlane. Varieeruvus on suurem riigi äärealadel, kus on väiksem elanike hulk, paiknevad mitmed atraktiivsed suvituskohad, kuid ka mobiilsidevõrgud on hõredamalt (riigipiiri ja suurte veekogude ääres on mobiilimastid vaid ühel pool).

Ootuspäraselt on piirkonnas regulaarselt viibivate inimeste (elanike, töötajate ja igapäevaste küllastajate) osakaalud samade nädalapäev-kellaegade ajal aasta lõikes sarnased. Ebaregulaarsed külastused, turism ja lühiajalised külastused igapäevasest tegevusruumist väljapoole, erinevad nädalapäev-kellaegade lõikes oluliselt. Seetõttu piirkonda ajutiselt külastavate inimeste hulga prognoosimisel ajalooliste paiknemisandmete alusel tuleb olla ettevaatlik. Ajutiste paiknemiste ajalist hajuvust saab kindlamini määrata arvestades paiknemiste sesoonsust, mille jaoks oleks vaja mitmeaastase andmebaasi kasutamist.

Võrdlus rahvastikuregistri andmetega näitas, et rahvastiku paiknemine registriandmetel võib eriti päevastel aegadel ja suviti märgatavalt erineda reaalsusest. Samal ajal ei anna ka mobiilpositsioneerimine veel suurt ajalist ja ruumilist täpsust taotledes alati õigeid tulemusi. Mitmete Eesti linnade puhul tuleb esile, et vähemalt osa linna elanikest on mobiilpositsioneerimise põhjal ekslikult määratud linnade lähialadele. Tulevikus on võimalik mobiilpositsioneerimise alusel rahvastikustatistika arvutamise meetodikat uurimistulemuste alusel arendada.

Koostöö päästetöötajatega võib tulevikus aidata välja töötada kriisidele reguleerimiseks sobivamaid paiknemis- ja mobiilsusindikaatoreid, kuid selleks on vajalik tagada stabiilsed tingimused mobiilpositsioneerimiste andmete kasutamiseks, et päästetöötajad võiks olla kindlad rakenduse kasutuselevõttu ja ülal pidamist nõudvate investeeringute tasuvuses.

## **Using Mobile positioning based population statistics in crisis management**

Ago Tominga

### **Summary**

The level of preparedness is one of the most important factors to mitigate negative impacts of disasters. One of the ways to increase preparedness to disaster situations is to increase situational awareness of relief workers by evaluating the number of people in disaster area and/or the number of people most probably affected by crisis (Bengtsson et al. 2011). Throughout time and space people are in varying places and roles (Hägerstrand 1970, Charles-Edwards et al. 2020), which is why it is relevant to include dynamic mobility and temporary population change data into disaster management programmes.

The thesis discusses on the usability of historic mobile positioning data in disaster management. The goal of the thesis is to evaluate temporal and spatial variability of spatial population statistics and mobility flows based on historic mobile positioning data. The data was prepared in a project Building European Communities' Resilience and Social Capital (BuildERS) for a map application directed to Estonian Rescue Board and other relief workers by Positium OÜ. It includes numbers of total populations, local residents, temporary residents, workers, regular stayers, local and inbound tourists, short-time visits and mobility flows in three spatial levels – counties, municipalities, territorial neighbourhoods – with an hourly precision in 2019.

The thesis describes spatial and temporal differences of population statistics compared to yearly mean populations of the same weekday-hour and to population data from Estonian Statistical Board by using descriptive statistics, mean structural similarity index and multiple linear regression.

The results show that there are both temporal and spatial differences in population dynamics. Average population and movement difference compared to long-time mean is higher during night-hours and weekends and much higher during summertime. Differences are a little bit bigger in coastal areas and near national borders. The variability of population groups who are regulars in the area, such as workers and residents, have 4 to 10 times smaller variability than tourists or short-time visitors. There are also considerable spatial and temporal differences with population registry data, some of which are likely emerged because registry data is not temporally as dynamic and others, where there may be biases in mobile positioning data. The results provide an important contribution to start using historic mobile positioning data

practically, as rescue workers need to know the degree of precision historic mobile positioning data gives in evaluating present or future populations.

## **Tänuavaldused**

Täna oma juhendajat Siiri Silma heade nõuannete ja tähelepanekute eest. Lisaks täna projekti Building European Communities' Resilience and Social Capital kõiki liikmeid, kellega mul kahe aasta jooksul on olnud võimalus vestelda ja kellepoolne sissejuhatus hädaolukordade reguleerimisse on mind oluliselt aidanud ja ühtlasi täna Positiumit andmete ette valmistamise eest. Kõige suurem tänu Päästeametile eesotsas Margo Klausil ja Henrik Veenperega ning Kati Orrule ja Sten Hanssonile Tartu Ülikoolist, Positiumile eesotsas Eva-Johanna Võikiga, kelle organiseerimisel toimusid arutelud ja lauaõppused, millest magistritöösse palju mõtteainet sain.

## **Kasutatud kirjandus**

Aasa, A; Kamenjuk, P; Saluveer, E; Šimbera, J; Raun, J (2021). Spatial interpolation of mobile positioning data for population statistics. *Journal of Location Based Services*, DOI: 10.1080/17489725.2021.1917710

Ahas, R; Silm, S; Järv, O; Saluveer, E; Tiru, M (2010). Using Mobile Positioning Data to Model Locations Meaningful to Users of Mobile Phones. *Journal of Urban Technology*, 17 (1), 3–27.10.1080/10630731003597306

Anderson, B; Lin, S; Newing, A; Bahaj, A; James, P (2017). Electricity consumption and household characteristics: Implications for census-taking in a smart metered future, *Computers, Environment and Urban Systems*, Volume 63, Pages 58-67, ISSN 0198-9715, <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.06.003>

Ahmouda, A; Hochmair, H; Cvetojevic, S (2019). Using Twitter to Analyze the Effect of Hurricanes on Human Mobility Patterns. *Urban Science*. 3(3):87. <https://doi.org/10.3390/urbansci3030087>

Adger, W. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change* 16(3), 268–281

Ahola, T; Virrantaus, K; Krisp, J; Hunter, G (2007). A spatio-temporal population model to support risk assessment and damage analysis for decision-making. *International Journal of Geographical Information Science*, 21:8, 935-953, DOI: 10.1080/13658810701349078

Alexander, D. (2016). The Game Changes: „Disaster Prevention and Management“ after a quarter of a Century. *Disaster Prevention and Management: An International Journal* 25(1): 2-10

Aznar-Crespo, P; Aledo, A; Melgarejo-Moreno, J (2020). Social vulnerability to natural hazards in tourist destinations of developed regions, *Science of The Total Environment*, Volume 709, 135870, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135870>.

Bagrow, J; Wang, D; Barabási, A (2011). Collective response of human populations to large-scale emergencies. *PLoS ONE* 6(3):17680

Becken, S; Mahon, R; Rennie, H; Shakeela, A (2014). The Tourism Disaster Vulnerability Framework: An application to tourism in small island destinations. *Natural Hazards*, 71(1), 955-972.

Behara, K; Bhaskar, A; Chung, E (2020). Geographical window based structural similarity index for origin-destination matrices comparison. *Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1-22. 10.1080/15472450.2020.1795651.

Bell, M 2004. Measuring temporary mobility: dimensions and issues. *CautheConference*, 10 – 13 February, 2004, Brisbane, Australia: Council for Australasian Tourism and Hospitality Education

Bengtsson, L; Lu, X; Thorson, A; Garfield, R; von Schreeb, J (2011). Improved Response to Disasters and Outbreaks by Tracking Population Movements with Mobile Phone Network Data: A Post-Earthquake Geospatial Study in Haiti, *PLoS Medicine* 8(8): e1001083. doi:10.1371/journal.pmed.1001083

Bengtsson, L; Gaudart, J; Lu, X; Moore, S; Wetter, E; Sallah, K; Rebaudet, S; Piarroux, R (2015). Using Mobile Phone Data to Predict Spatial Spread of Cholera, *Scientific Reports* 5, DOI: 10.1038/srep08923

Bharti, N; Lu, X; Bengtsson, L; Wetter, E; Tatem, A (2014). Remotely measuring populations during a crisis by overlaying two data sources. *International Health* 7(2), pp 90-98, DOI: 10.1093/inthealth/ihv003

Berse, K; Bendimerad, F; Asami, Y (2011). Beyond geo-spatial technologies: promoting spatial thinking through local disaster management planning. *Proceida – Social and Behavioral Sciences* 21: 73-82, DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.07.037

BuildERS (2020a). BuildERS Deliverable 1.2 Final Report of The Unified Theoretical Framework on the Concepts of Risk Awareness, Social Capital , Vulnerability, Resilience and Their Interdependencies. Kasutatud 14.02.2021, <https://buildersproject.eu/assets/content/BuildERSD1.3%20final.pdf>

BuildERS 2020b. BuildERS Deliverable 1.3. Report on Segments of Vulnerability Country by Country Basis – Inside and Outside The Official Data. Kasutatud 14.01.2021, <https://buildersproject.eu/assets/content/BuildERSD1.3%20final.pdf>

BuildERS 2020c. BuildERS Deliverable 2.4. Catalogue of Tools; Technologies and Media Opportunities For Disaster Management. Kasutatud 14.01.2021, <https://buildersproject.eu/assets/content/BuildERSD1.3%20final.pdf>

Burns, R (2018). Datafying Disaster: Institutional Framings of Data Production Following Superstorm Sandy. *Annals of the American Association of Geographers*, 108:2, 569-578, DOI: 10.1080/24694452.2017.1402673

de Montjoye, A; Gams, S; Blondel, V; Canright, G; de Cordes, N; Deletaille, S; Engø-Monsen, K; Garcia-Herranz, M; Kendall, J; Kerry, C; Krings, G; Letouzé, E; Luengo-Oroz, M; Oliver, N; Rocher, L; Rutherford, A; Smoreda, Z; Steele, J; Wetter, E; Pentland, A; Bengtsson, L (2018). On the privacy-conscientious use of mobile phone data. *Scientific Data*. 5:180286 doi: 10.1038/sdata.2018.286

Djukic, T. (2014) Dynamic OD Demand Estimation and Prediction for Dynamic Traffic Management SETA Mobility View project. <https://doi.org/10.4233/uuid:ab12d7a7-e77b-424d-b478-d58657f94dd1>

Cinnamon, J; Jones, S; Adger, W (2016). Evidence and Future potential of mobile phone data for disease management. *Geoforum* 75: 253-264. DOI: 10.1016/j.geoforum.2016.07.019

Chang, S; Pierson, E; Koh, P et al (2021). Mobility network models of COVID-19 explain inequities and inform reopening. *Nature* 589, 82–87, <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2923-3>

Charles-Edwards, E; Bell, M; Panczak, R; Corcoran, J (2020). A Framework for Official Temporary Population Statistics. *Journal of Official Statistics*. 36. 1-24. 10.2478/jos-2020-0001.

Choi, J (2020). Comparison of CDR and GPS data for estimating the individual activity space. *Magistritöö, Tartu Ülikool, Geoinformatics for Urbanized Society*

Crawford, K; Finn, M (2015). The limits of crisis data: analytical and ethical challenges of using social and mobile data to understand disasters. *GeoJournal*. 80. 491-502. 10.1007/s10708-014-9597-z.

Fang, Z; Yang, X; Xu, Y; Shaw, S; Yin, L (2017). Spatiotemporal model for assessing the stability of urban human convergence and divergence patterns. *International Journal of Geographical Information Science*. 1-23. 10.1080/13658816.2017.1346256.

Fast, L (2017). Diverging Data: Exploring the Epistemologies of Data Collection and Use among Those Working on and in Conflict. *International Peacekeeping*, 24:5, 706-732, DOI: 10.1080/13533312.2017.1383562

- Gao, Y; Cheng, J; Meng, H; Liu, Y (2019). Measuring spatio-temporal autocorrelation in time series data of collective human mobility, *Geo-spatial Information Science*, 22:3, 166-173, DOI: 10.1080/10095020.2019.1643609
- González, M; Hidalgo, C; Barabási, A (2008) Understanding individual human mobility patterns. *Nature* 453, 779–782. <https://doi.org/10.1038/nature06958>
- Hädaolukorra seadus (2017). Riigi Teataja. Kasutatud 20.05.2021, <https://www.riigiteataja.ee/akt/117052020003>
- Hägerstrand, T (1970). What about people in Regional Science?. *Papers of the Regional Science Association* 24, 6–21 <https://doi.org/10.1007/BF01936872>
- Jacobsen, K; Fast, L (2019). Rethinking access: how humanitarian technology governance blurs control and care. *Disasters*, 43(S2): S151–S168, doi:10.1111/disa.12333
- Järv, O; Ahas, R; Witlox, F (2014). Understanding monthly variability in human activity spaces: A twelve-month study using mobile phone call detail records. *Transportation Research Part C Emerging Technologies*, 38, 122–135. DOI: 10.1016/j.trc.2013.11.003.
- 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, DOI: 10.1080/13658816.2017.1287369
- Keskkonnaamet (2013). Hädaolukordade riskianalüüs – ülepiirilise levikuga tuumaõnnetus. Kasutatud 13.02.2021, [https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/public/Hadaolukord/lisa\\_4-Riskianaluus\\_\\_tuumaonnetus-web.pdf](https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/public/Hadaolukord/lisa_4-Riskianaluus__tuumaonnetus-web.pdf)
- Kim, M; Kim, S; Sohn, H (2018). Relationship between Spatio-Temporal Travel Patterns Derived from Smart-Card Data and Local Environmental Characteristics of Seoul, Korea. *Sustainability*, 10(3):787. <https://doi.org/10.3390/su10030787>
- Kishore, N; Kahn, R; Martinez, P et al (2021). Lockdowns result in changes in human mobility which may impact the epidemiologic dynamics of SARS-CoV-2. *Sci Rep* 11, 6995, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86297-w>
- Kitchin, R (2013). Big data and human geography: Opportunities, challenges and risks. *Dialogues in Human Geography* 3(3): 262–267.

- Kitchin, R (2014) Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. *Big Data & Society* 1-12. DOI: 10.1177/2053951714528481
- Kitchin, R (2017). Thinking critically about and researching algorithms, *Information, Communication & Society*, 20:1, 14-29, DOI: 10.1080/1369118X.2016.1154087
- Maa-amet (2021). Eesti topograafia andmekogu, kasutatud 20.01.2021
- Mayner, L; Arbon, P (2015). Defining disaster. The need for harmonisation in terminology. *Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies*, 19
- Levine J; Esnard A-M; Sapat, A (2007). Population Displacement and Housing Dilemmas Due to Catastrophic Disasters. *Journal of Planning Literature*. 22(1):3-15. doi:10.1177/0885412207302277
- Li, T; Dejby, J; Albert, M; Bengtsson, L; Lefebvre, V (2019). Estimating the resilience to natural disasters by using call detail records to analyse the mobility of internally displaced persons. arXiv preprint arXiv:1908.02381
- Linnap, M; Rice, A (2014). Managed Participatory Sensing with YouSense. *Journal of Urban Technology*. 21. 10.1080/10630732.2014.888216.
- Lu, X; Bengtsson, L; Holme, P (2012). Predictability of population displacement after the 2010 haiti earthquake. *Proc Natl Acad Sci USA* 109, 11576–81
- Martín, Y; Li, Z; Cutter, S (2017). Leveraging Twitter to gauge evacuation compliance: Spatiotemporal analysis of Hurricane Matthew. *PLoS ONE* 12(7): e0181701. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181701>
- Maurer, K; Ross, M; Räm, T; Saar, P (2014). *Hädaolukorra seaduse käsiraamat*. Sisekaitseakadeemia. ISBN 978-9985-67-239-6
- Meier, P (2015). *Digital Humanitarians. How Big Data Is Changing the Face of Humanitarian Response*. Routledge
- McDonald, S (2016). *Ebola: A Big Data Disaster; Privacy, Property, and the Law of Disaster Experimentation*. CIS Paper Series, Vol. 1. Centre for Internet & Society, Bengaluru and Delhi. <http://cisindia.org/papers/ebola-a-big-data-disaster> (last accessed on 12.01.2021)
- Novak, J; Ahas, R; Aasa, A; Silm, S (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), 10–15.10.1080/17445647.2012.762331.

Otsla, J (2016). Erinevad hädaolukorrad Eestis. Pääste- ja kriisireguleerimispoliitika osakond, Siseministeerium. Kasutatud 23.05.2021, [https://kaitseministeerium.ee/sites/default/files/sisulehed/laiapohjaline/mis\\_on\\_hadaolukorrad\\_jaanis\\_otsla.pdf](https://kaitseministeerium.ee/sites/default/files/sisulehed/laiapohjaline/mis_on_hadaolukorrad_jaanis_otsla.pdf)

Panczak, R; Charles-Edwards, E; Corcoran, J (2020). Estimating temporary populations: a systematic review of the empirical literature. *Humanit Soc Sci Commun* 6, 87. <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0455-y>

Peace, F (2018). Mobile phone data could help speed up crucial aid to disaster victims. *APolitical*. Kasutatud 20.05.2021, [https://apolitical.co/en/solution\\_article/mobile-phone-data-could-help-speed-up-crucial-aid-to-disaster-victims](https://apolitical.co/en/solution_article/mobile-phone-data-could-help-speed-up-crucial-aid-to-disaster-victims)

Peak, C; Wesolowski, A; zu Erbach-Schoenberg E; Tatem, A; Wetter, E; Lu, X; Power, D; Weidman-Grunewald, E; Ramos, S; Moritz, S; Buckee, C; Bengtsson, L (2018). Population mobility reductions associated with travel restrictions during the Ebola epidemic in Sierra Leone: use of mobile phone data. *International Journal of Epidemiology*, Volume 47, Issue 5, Pages 1562–1570, <https://doi.org/10.1093/ije/dyy095>

Perry, R (2018). *Defining Disaster: An Evolving Concept*. Raamatupeatükk: *Handbook of Disaster Research. Handbooks of Sociology and Social Research*. Springer, New York, NY (pp 3-22) 10.1007/978-3-319-63254-4\_1.

Prelicean, A; Gid'ofalvi, G; Susilo, Y. (2018). MEILI: A TravelDiary Collection, Annotation and Automation System. *Computers, Environment and Urban Systems*, 1-11, found at <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.01.011>

Politsei- ja Piirivalveamet (2018). riskiankeet – politseisündmus. Kasutatud 10.02.2021, <https://www.politsei.ee/files/Anal%C3%BC%C3%BCs%20ja%20statistika/riskiankeet.pdf?554bbf0401>

Päästeamet (2020a). Riskiankeet – dominoefektiga õnnetus suurõnnetuse ohuga ettevõttes. Kasutatud 10.02.2021, <https://www.rescue.ee/et/haedaolukorra-riskide-hindamine>

Päästeamet (2020b). Riskiankeet – tormist põhjustatud üleujutus. Kasutatud 10.02.2021, <https://www.rescue.ee/et/haedaolukorra-riskide-hindamine>

Ratti, C; Sobolevsky, S; Calabrese, F; Andris, C; Reades, J; Martino, M; Claxton, R; Strogatz, S (2010). Redrawing the Map of Great Britain from a Network of Human Interactions. *PLoS ONE* 5(12): e14248. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014248>

- Read, R; Taithe B; Ginty, R (2016). Data hubris? Humanitarian information systems and the mirage of technology. *Third World Quarterly*, 37:8, 1314-1331, DOI: 10.1080/01436597.2015.1136208
- Ros-Roca, X; Montero, L; Barceló, J. (2021) Investigating the quality of Spiess-like and SPSA approaches for dynamic OD matrix estimation, *Transportmetrica A: Transport Science*, 17:3, 235-257, DOI: 10.1080/23249935.2020.1722282
- Rosenthal, U; Boin, A; Comfort, L (2001). The changing world of crises and crisis management. *Managing Crises: Threats, Dilemmas, Opportunities*. 5-27.
- Rotanz, R (2007). From Research to Praxis: The Relevance of Disaster Research for Emergency Management. *Handbook of Disaster Research*
- Roth, S; Luczak-Roesch, M (2020). Deconstructing the data lifecycle in digital humanitarianism. *Information, Communication & Society*, 23:4, 555-571, DOI: 10.1080/1369118X.2018.1521457
- Provitolo, D; Dubos-Paillard, E; Müller, J (2011). Emergent Human Behaviour During a Disaster: Thematic Versus Complex Systems Approaches. *Proceedings of EPNACS, Vienna, Austria*.
- Saluveer, E; Raun, J; Tiru, M; Altin, L; Kroon, J; Snitsarenko, T; Aasa, A; Silm, S (2020). Methodological framework for producing national tourism statistics from mobile positioning data. *Annals of Tourism Research*, 81. DOI: 10.1016/j.annals.2020.102895.
- Sandvik, K; Jumbert, M.G; Karlsrud, J; Kaufmann, M (2014). Humanitarian technology: a critical research agenda. *International Review of the Red Cross*, 96, 219-242.
- Sandvik, K; Raymond, N (2017). Beyond the Protective Effect: Towards a Theory of Harm for Information Communication Technologies in Mass Atrocity Response. *Genocide Studies and Prevention: An International Journal*: Vol.11: Iss. 1: 9-24. DOI:http://doi.org/10.5038/1911-9933.11.1.1454
- Schönfelder, Stefan & Axhausen, Kay. (2010). Urban rhythms and travel behaviour: Spatial and temporal phenomena of daily travel. *Urban Rhythms and Travel Behaviour: Spatial and Temporal Phenomena of Daily Travel*. 1-230.
- Schmid, B; Raju, E (2020). Humanitarian Crisis and Complex Emergencies – Burden of Disease, Response, and Opportunities for Global Health. In: Haring R., Kickbusch I., Ganten

D., Moeti M. (eds) Handbook of Global Health. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05325-3\\_128-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05325-3_128-1)

Schnore, L (1960). Three Sources of Data on Commuting: Problems and Possibilities. *Journal of the American Statistical Association*, 55(289), 8-22. doi:10.2307/2282176

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

Silm S, Järv O. and Masso A. (2020). Tracing human mobilities through mobile phones. In: Büschner M, Freudendal-Pedersen M, Kesselring S, Grauslund Kristensen N (eds) *Handbook of Research Methods and Applications for Mobilities*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, pp. 182–192

Song, C; Qu, Z; Blumm, N; Barabasi, A (2010). Limits of Predictability in Human Mobility. *Science (New York, N.Y.)*. 327. 1018-21. 10.1126/science.1177170.

Siseministerium (2013). 2013. aasta hädaolukordade riskianalüüside kokkuvõte. [https://www.siseministerium.ee/sites/default/files/dokumendid/riskianalyys\\_kokkuvote\\_2013.pdf](https://www.siseministerium.ee/sites/default/files/dokumendid/riskianalyys_kokkuvote_2013.pdf), kasutatud 21.05.2021

Statistikaamet (2019). Rahvastik soo, vanuserühma ja asustusüksuse järgi, 1. jaanuar 2019.

Statistikaamet (2021). Liikumisanalüüs. Kasutatud 23.05.2021, <https://liikumisanalyys.stat.ee/>

Tatem, A; Huang, Z; Narib, C; Kumar, U; Kandula, D; Pindolia, D; Smith, D; Cohen, J; Graupe, B; Uusiku, P; Lourenço, C (2014). Integrating rapid risk mapping and mobile phone call record data for strategic malaria elimination planning. *Malaria Journal* 13(1), DOI: 10.1186/1475-2875-13-52

Tierney, K; Lindell, M; Perry, R (2001). *Facing the Unexpected: Disaster Preparedness and Response in the United States*. Washington, DC: Joseph Henry Press. <https://doi.org/10.17226/9834>.

UN Global Pulse (2014). Using Mobile Phone Activity For Disaster Management During Floods. Global Pulse Project Series no.2.

UNISDR (2019). UNISDR Terminology for Disaster Risk Reduction. United Nations: Geneva. Internet:<https://www.unisdr.org/who-we-are/what-is-drr> (last access 10.05.20).

United Nations Development Group (2015). Socio-Economic Impact of Ebola Virus Disease in West African Countries. Kasutatud 20.11.2020, <https://www.undp.org/content/dam/rba/docs/Reports/ebola-west-africa.pdf>

Vabariigi valitsus (2021). Loetelu sündmustest, mis võivad põhjustada hädaolukorra ja mille kohta koostatakse riskianalüüs, ning hädaolukorra riskianalüüsi koostamist juhtivad asutused. Riigiteataja. Kasutatud 23.05.2021, <https://www.riigiteataja.ee/akt/106112020009>

van Vuren, Tom & Day-Pollard, Tim. (2015). 256 shades of grey – comparing OD matrices using image quality assessment techniques. Conference paper: Scottish Transport Applications and Research

Wang, Z; Bovik, A. C; Sheikh, H; Simoncelli, E (2004). Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4), 600–612. <https://doi.org/10.1109/TIP.2003.819861>

Weidinger, J. Schlauderer, S. Overhage, S (2018). Is the Frontier Shifting into the Right Direction? A Qualitative Analysis of Acceptance Factors for Novel Firefighter Information Technologies. *Information Systems Frontiers* 2020, 669-692

Wesolowski, A; Buckee, C; Bengtsson, L; Wetter, E; Lu, X; Tatem, A (2014). Commentary: Containing the Ebola Outbreak - the Potential and Challenge of Mobile Network Data. *PLoS Currents* 2014, DOI: 10.1371/currents.outbreaks.0177e7fcf52217b8b634376e2f3efc5e, URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4205120/>

Wisner, B; Blaikie, P; Cannon, T (2004). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. London u.a.: Routledge

Wright, J (1936). A Method of Mapping Densities of Population: With Cape Cod as an Example. *Geographical Review*, 26(1), 103-110. doi:10.2307/209467

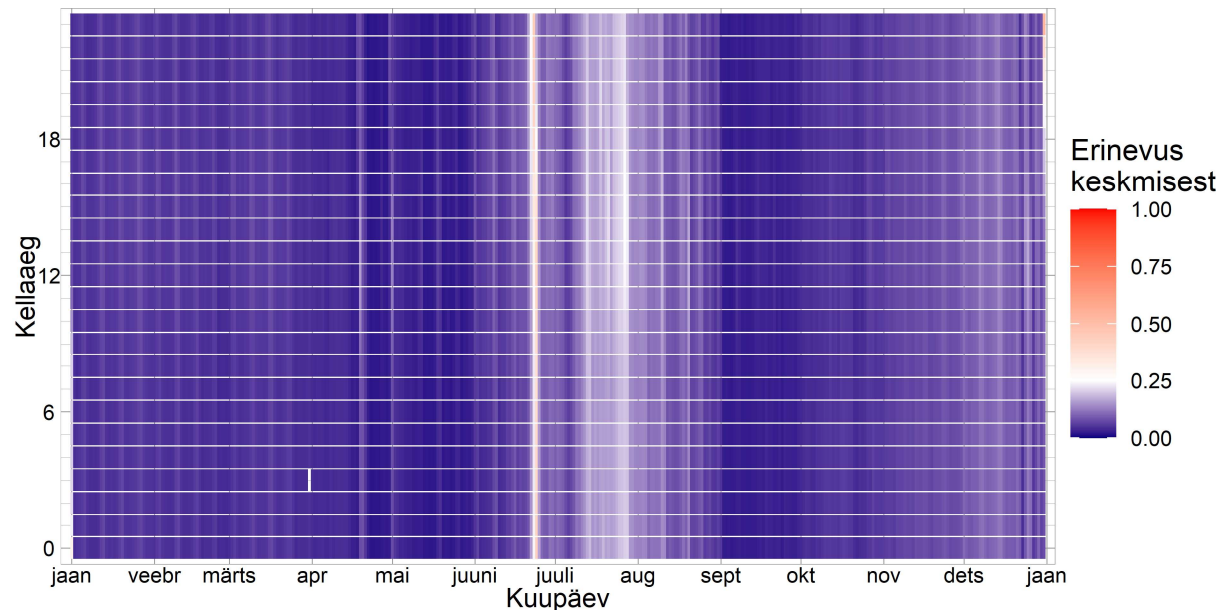
Xu, Y; Belyi, A; Bojic, I; Ratti, C (2018). Human mobility and socioeconomic status: Analysis of Singapore and Boston. *Computers, Environment and Urban Systems*, 72, 51-67. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.04.001>

Yan, X; Han, X; Wang, B; Zhou, T (2013) Diversity of individual mobility patterns and emergence of aggregated scaling laws. *Scientific Reports* 3, 2678. <https://doi.org/10.1038/srep02678>

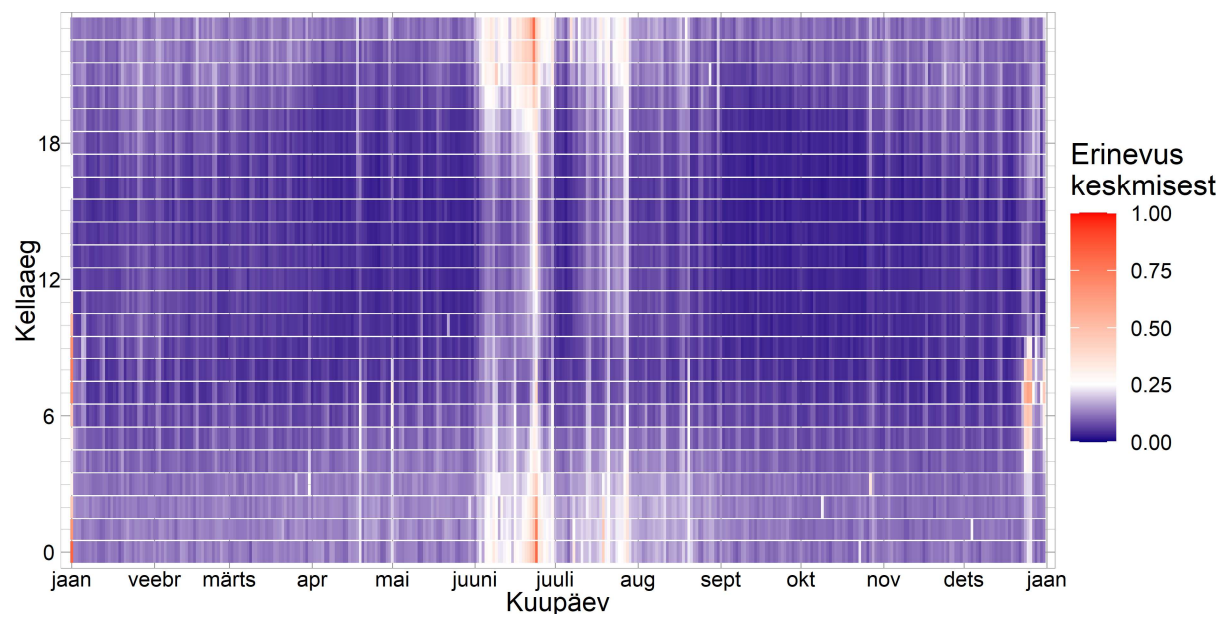


## Lisad

Lisa 1. Kogurahvastiku paiknemise erinevus keskmisest üle omavalitsuste.



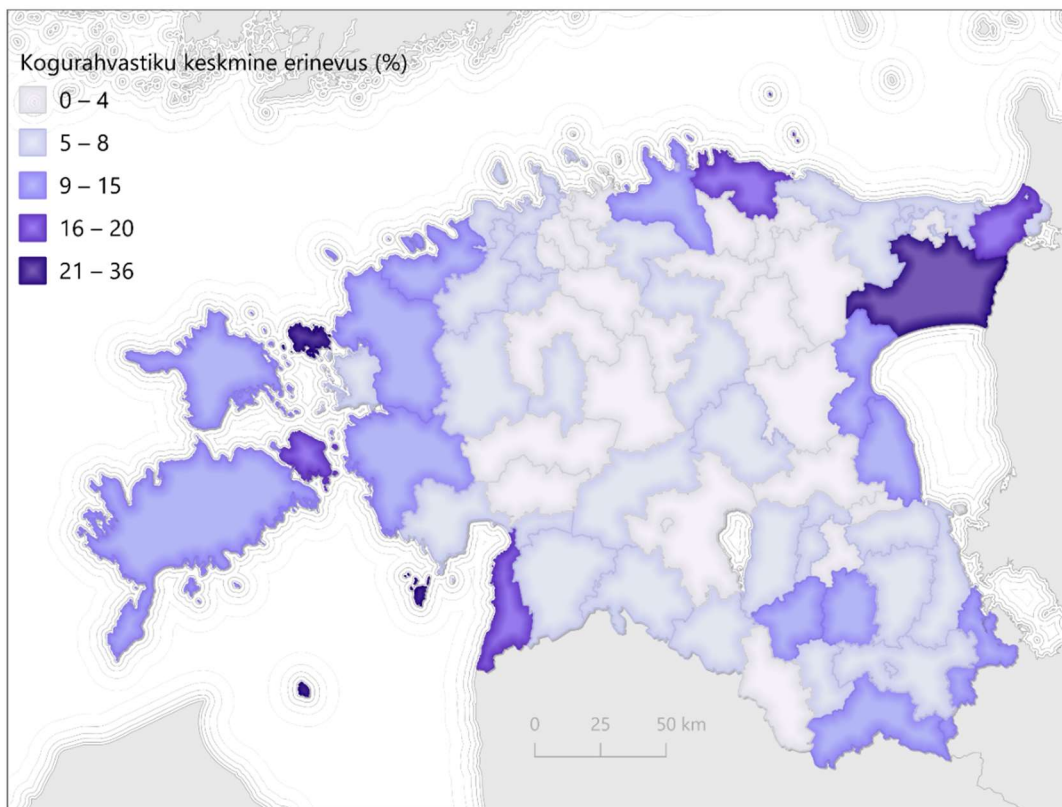
Lisa 2. Kogurahvastiku liikumiste SSIM erinevus keskmisest üle omavalitsuste.



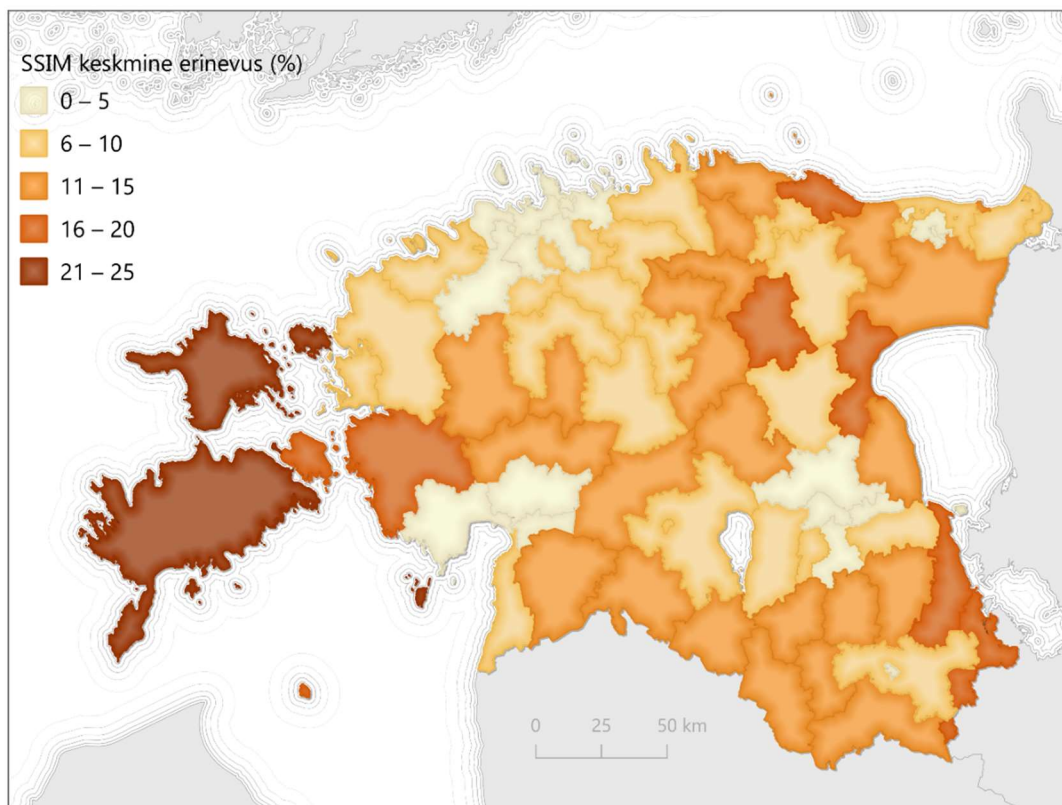
**Lisa 3. Regressioonianalüüsi tulemused omavalitsuste tasandil rahvastiku paiknemise ja keskmise SSIM kohta.** Keskmise rahvastiku paiknemise erinevus protsentides ja keskmise SSIM erinevus protsentides võrreldes nädalapäev-kellaaaja aastakeskmisega erinevatel ajaperioodidel.

	Rahvastiku paiknemine	Keskmine SSIM
	B	B
Baastase	3,54	11,20
Ajavahemik		
23-6 ( <i>ref</i> )	0	0
7-9	0,15	-5,79**
10-12	0,68**	-6,79**
13-15	0,64**	-7,39**
16-18	0,66**	-5,13**
19-22	0,46**	-0,78**
Nädalapäev		
<i>Esmaspäev (ref)</i>	0	0
teisipäev	0,10	0,43**
kolmapäev	-0,18	-0,09
neljapäev	-0,21	-0,17
reede	0,25*	-0,54**
laupäev	1,31**	1,33**
pühapäev	1,13**	2,47**
Aastaaeg		
<i>kevad (ref)</i>	0	0
suvi	7,35**	6,11**
sügis	1,04**	-1,00**
talv	2,99**	1,76**
$R^2$	0,421	0,437
$Adj R^2$	0,420	0,436
**p < 0,01 *p < 0,05		

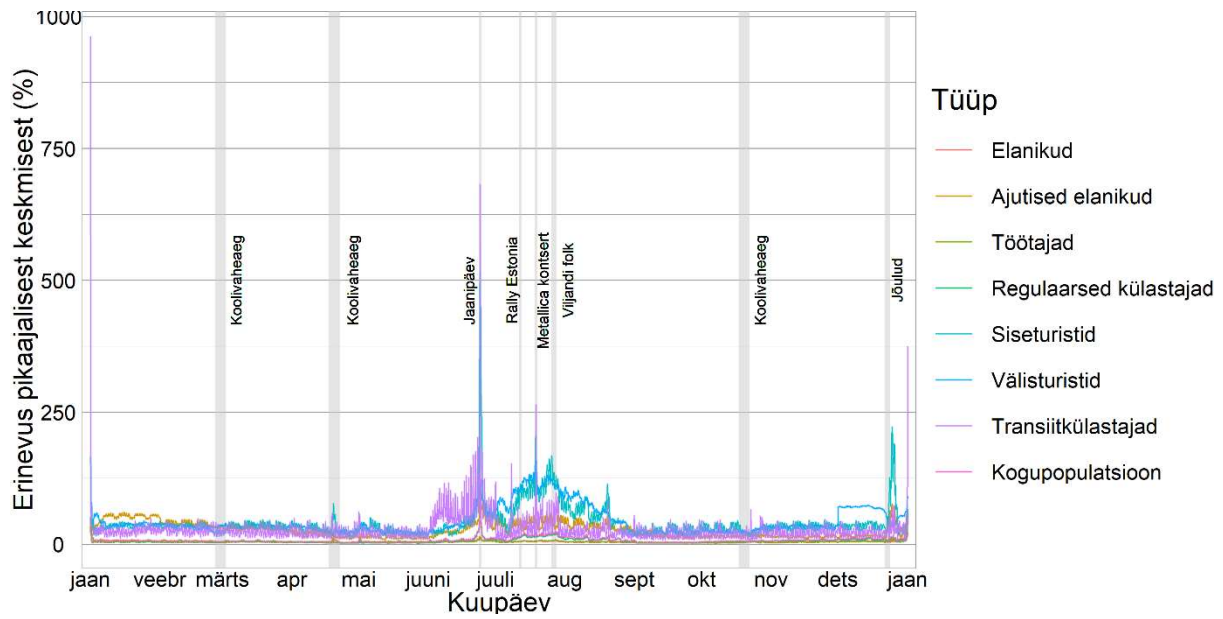
**Lisa 4. Kogurahvastiku paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest omavalitsustes.**



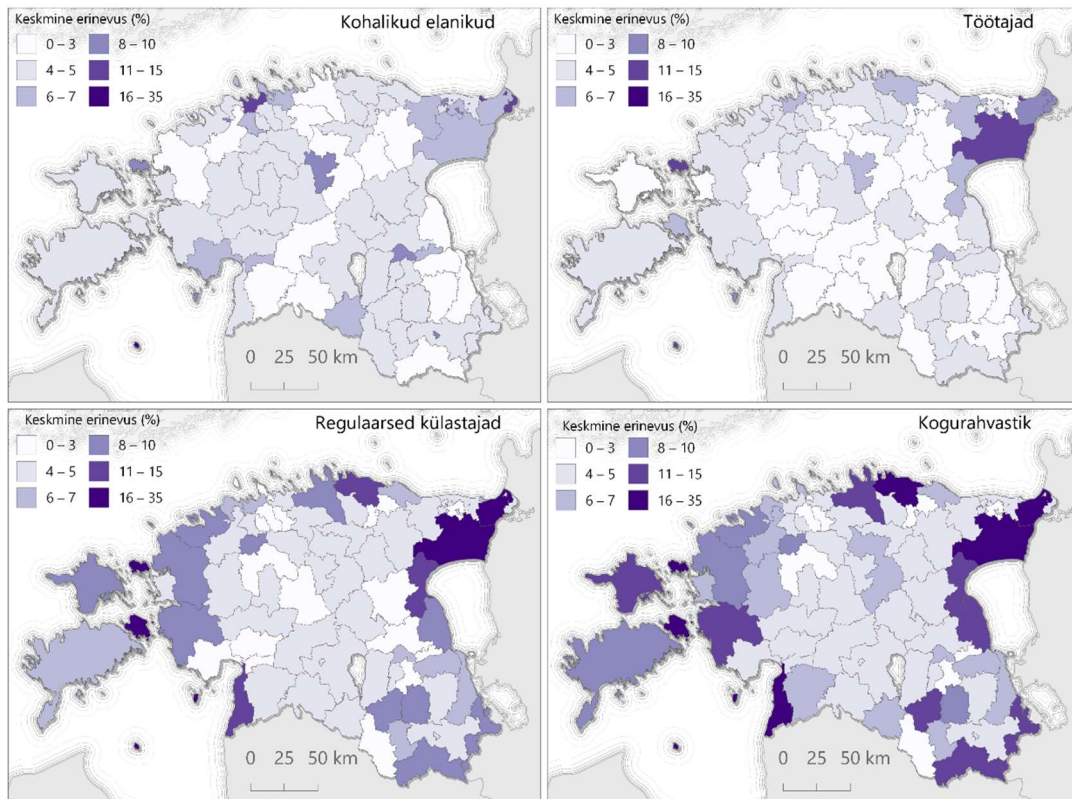
**Lisa 5. Liikuvuse (SSIM) keskmine erinevus aastakeskmistes omavalitsustes.**



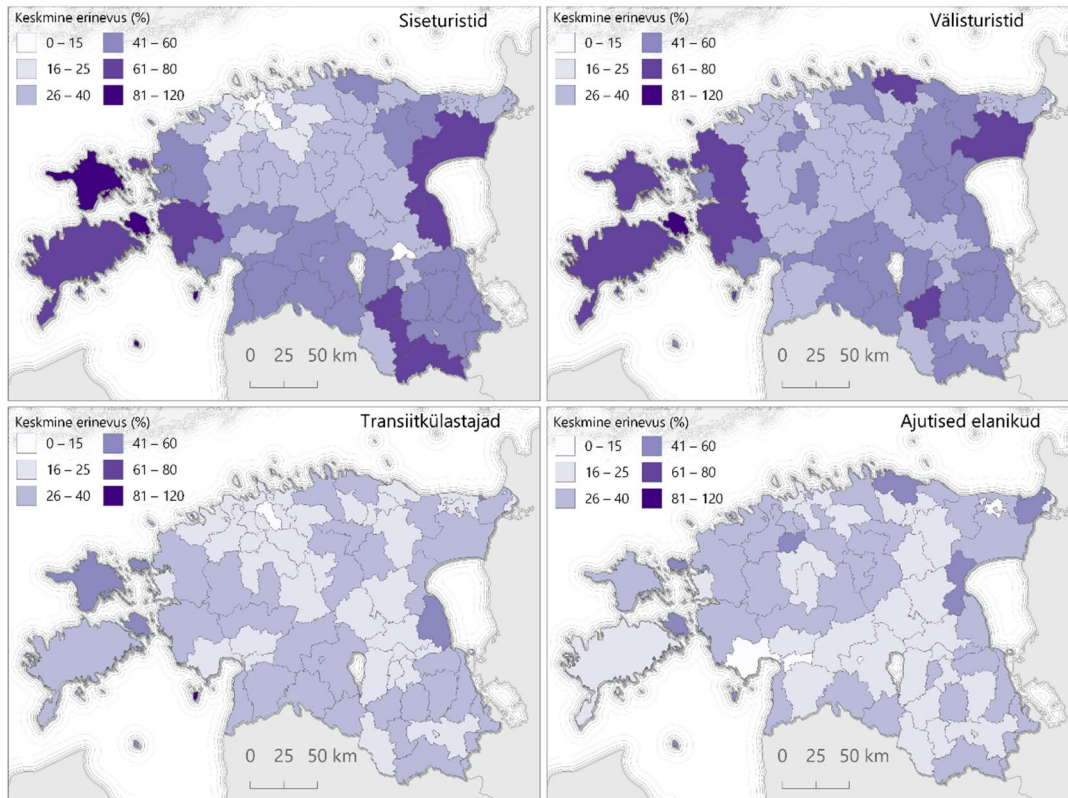
**Lisa 6. Keskmise erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes üle kohalike omavalitsuste.**



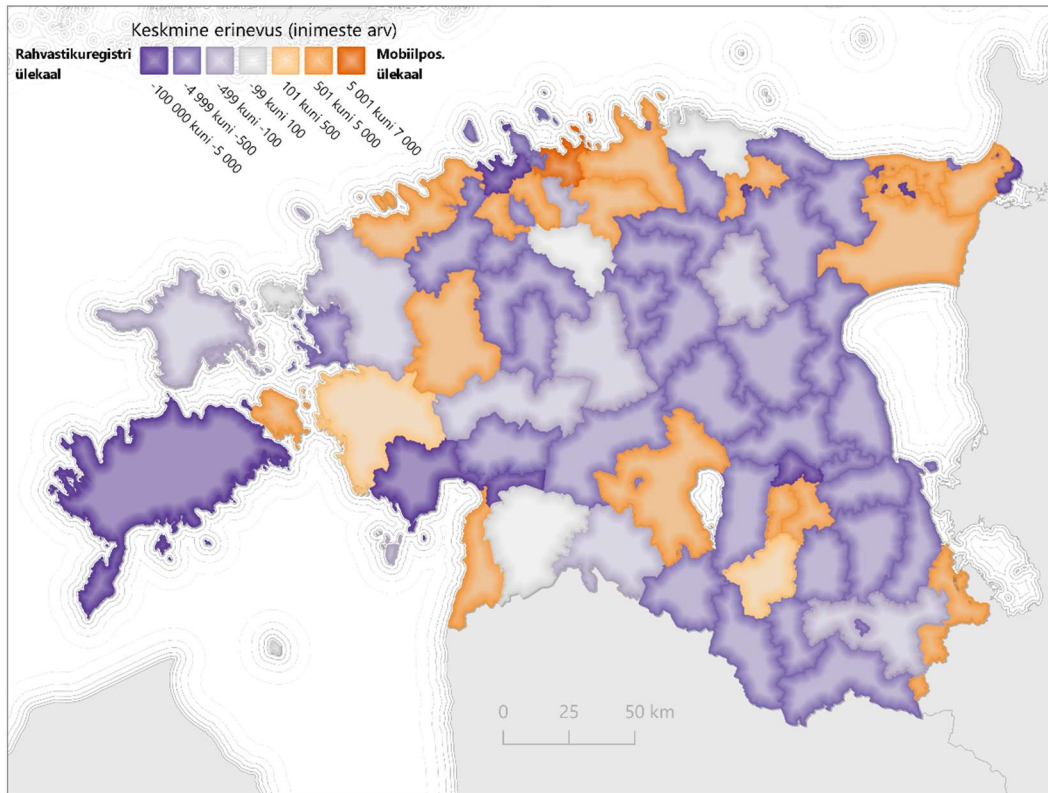
**Lisa 7. Paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes omavalitsustes I.**



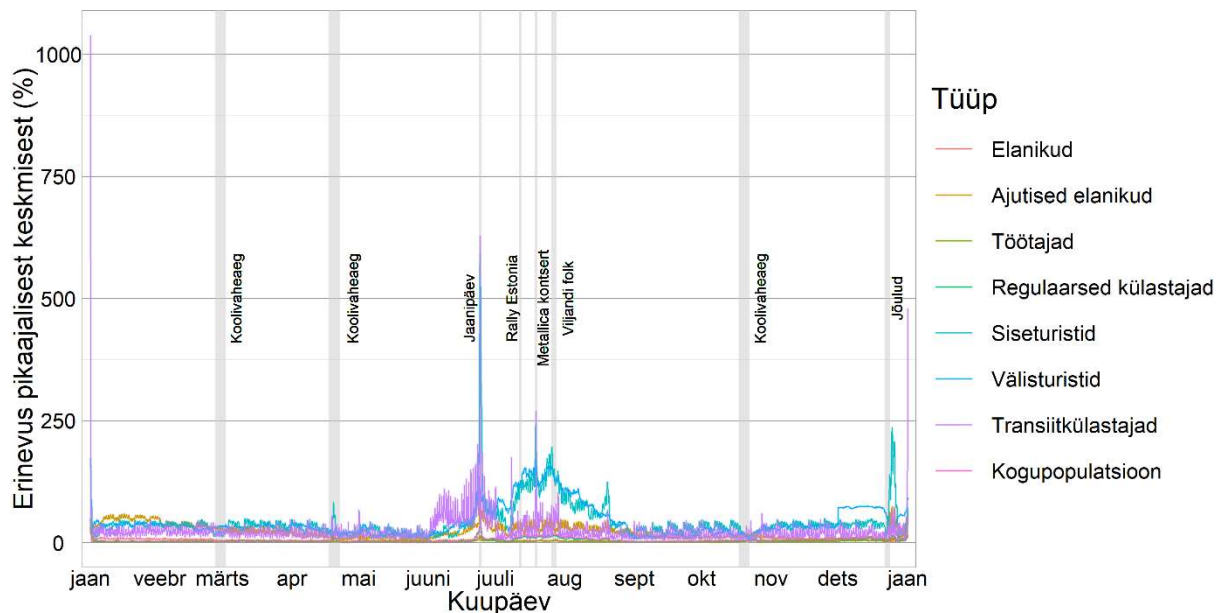
## Lisa 8. Paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes omavalitsustes II.



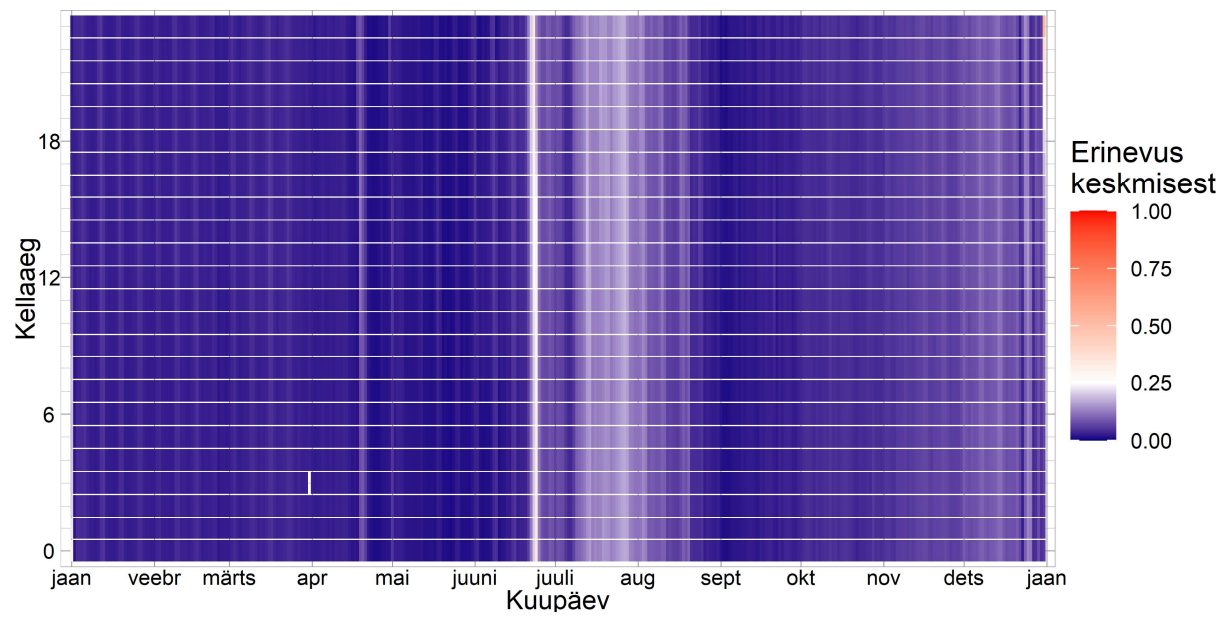
**Lisa 9. Keskmine erinevus kogurahvastikes registriandmete ja mobiilpositsioneerimise vahel omavalitsustes.**



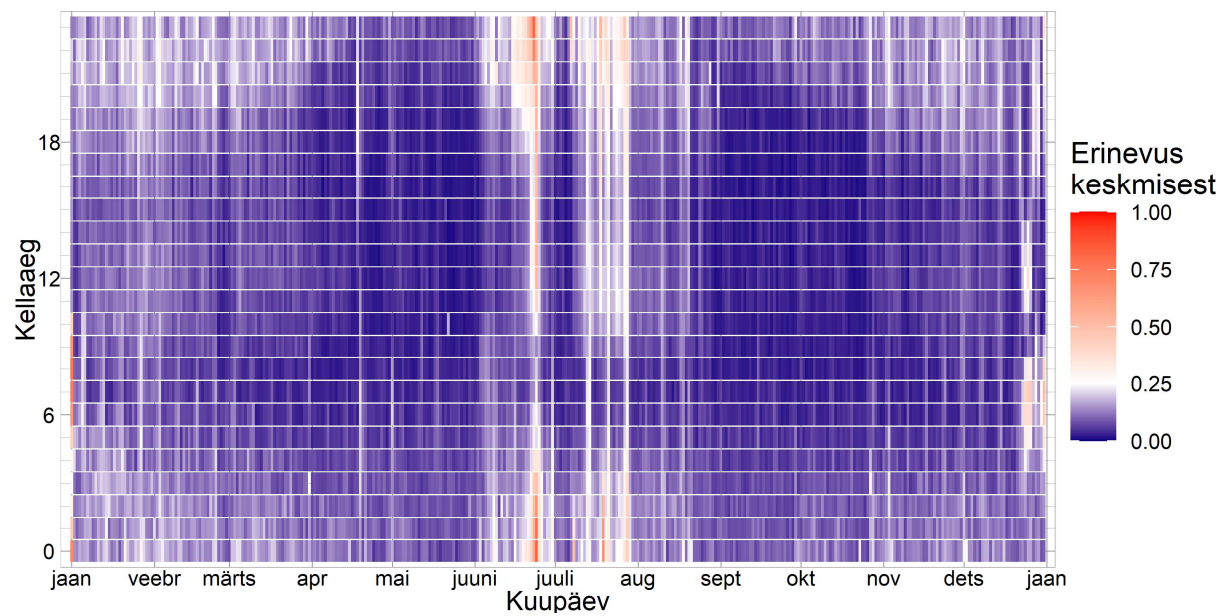
**Lisa 10. Keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes üle maakondade.**



**Lisa 11. Kogurahvastiku paiknemise erinevus keskmisest üle maakondade.**



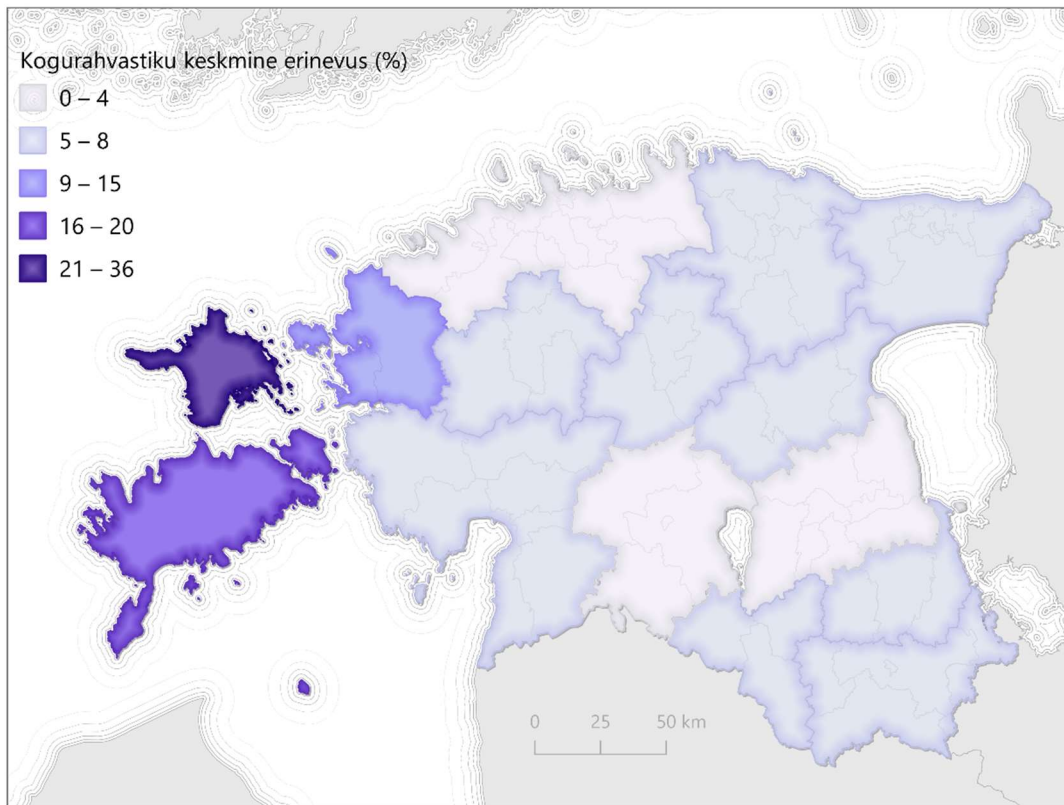
**Lisa 12. Kogurahvastiku liikumiste SSIM erinevus keskmisest üle maakondade.**



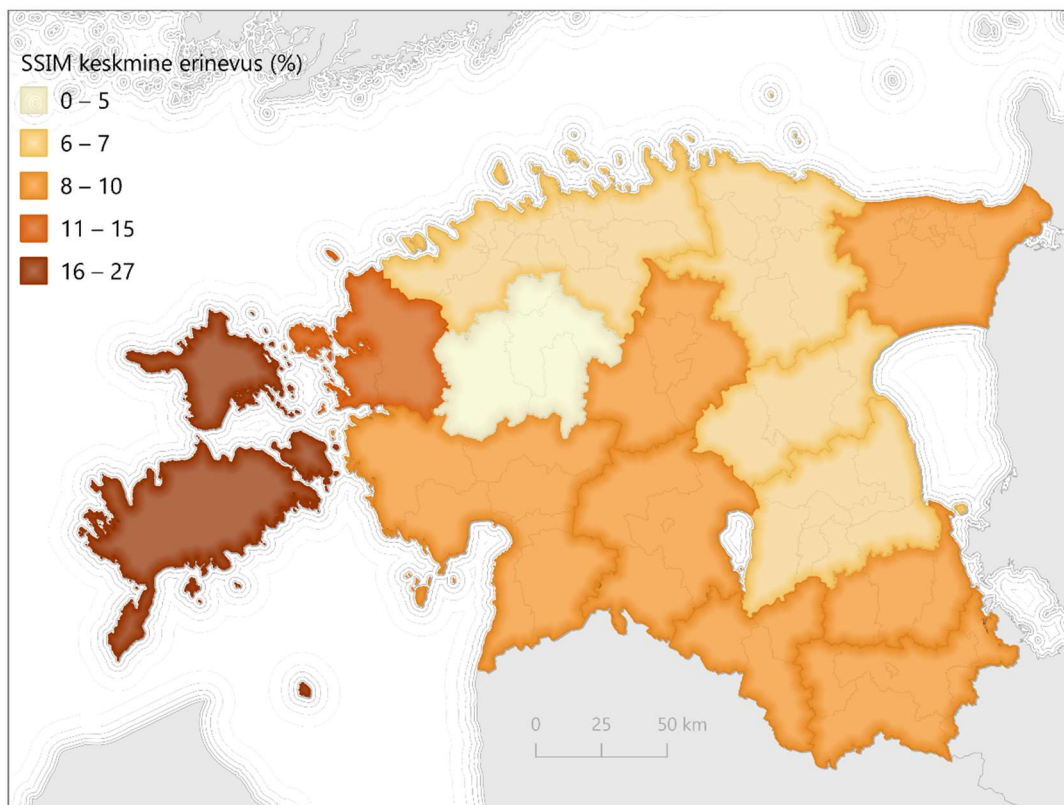
**Lisa 13. Regressioonianalüüsi tulemused maakondade tasandil rahvastiku paiknemise ja keskmise SSIM kohta.** Keskmise rahvastiku paiknemise erinevus protsentides ja keskmise SSIM erinevus protsentides võrreldes nädalapäev-kellaaaja aastakeskmisega erinevatel ajaperioodidel.

	Rahvastiku paiknemine	Keskmine SSIM
	B	B
<i>Vabaliige</i>	2,34	9,02
Ajavahemik		
<i>23-6 (ref)</i>	0	0
7-9	-0,06	-5,01**
10-12	0,22*	-4,29**
13-15	0,19	-5,16**
16-18	0,22*	-2,54**
19-22	0,24**	2,52**
Nädalapäev		
<i>Esmaspäev (ref)</i>	0	0
teisipäev	0,15	-0,09
kolmapäev	-0,17	-0,90**
neljapäev	-0,17	-0,54**
reede	0,32*	-1,09**
laupäev	1,19**	1,52**
pühapäev	0,86**	2,65**
Aastaaeg		
<i>kevad (ref)</i>	0	0
suvi	5,66**	6,50**
sügis	1,60**	-0,37**
talv	2,42**	5,31**
$R^2$	0,294	0,339
$Adj R^2$	0,293	0,338
**p < 0,01 *p < 0,05		

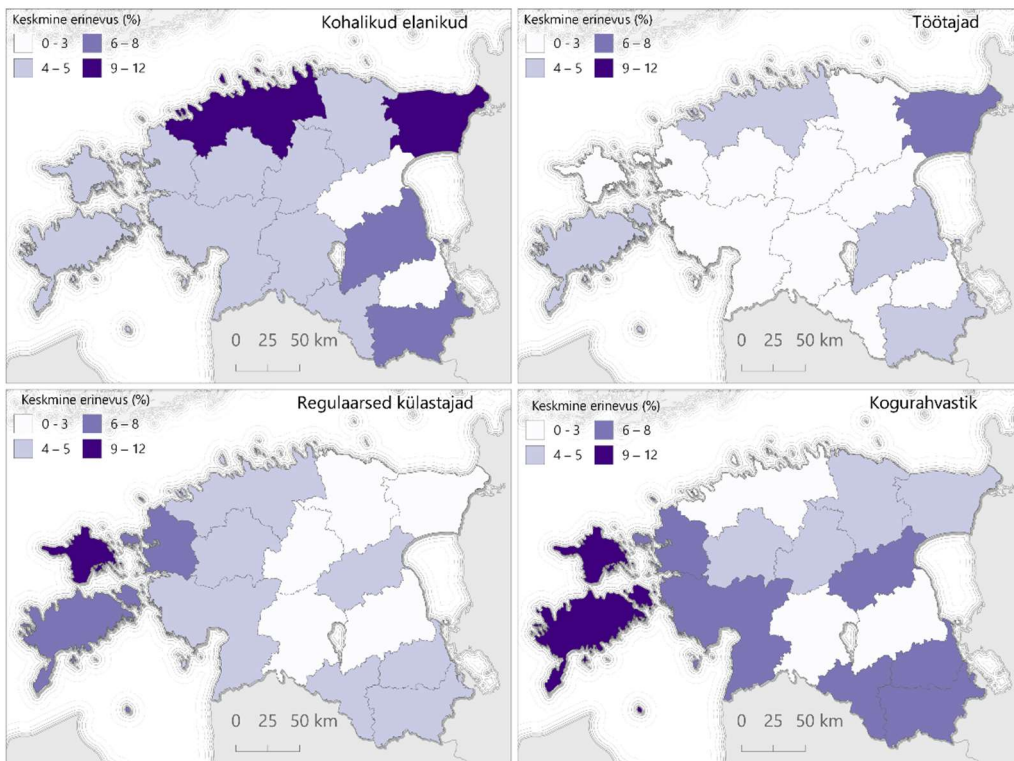
**Lisa 14. Kogurahvastiku paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest maakondades.**



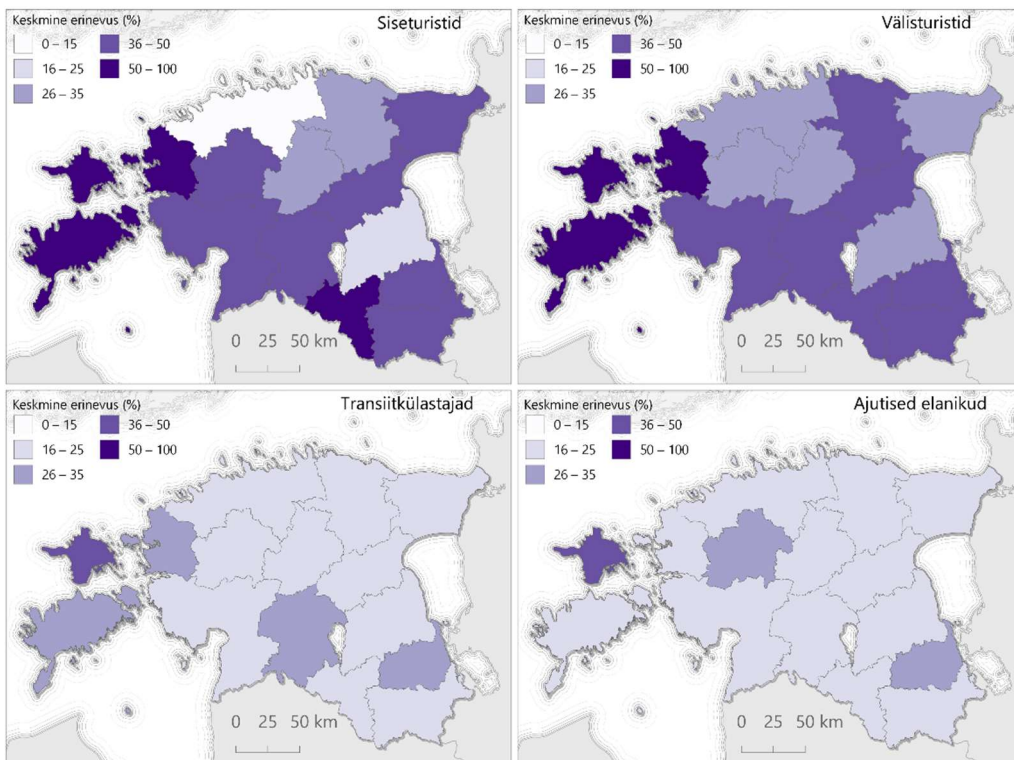
**Lisa 15. Liikuvuse (SSIM) keskmine erinevus aastakeskmistes maakondades.**



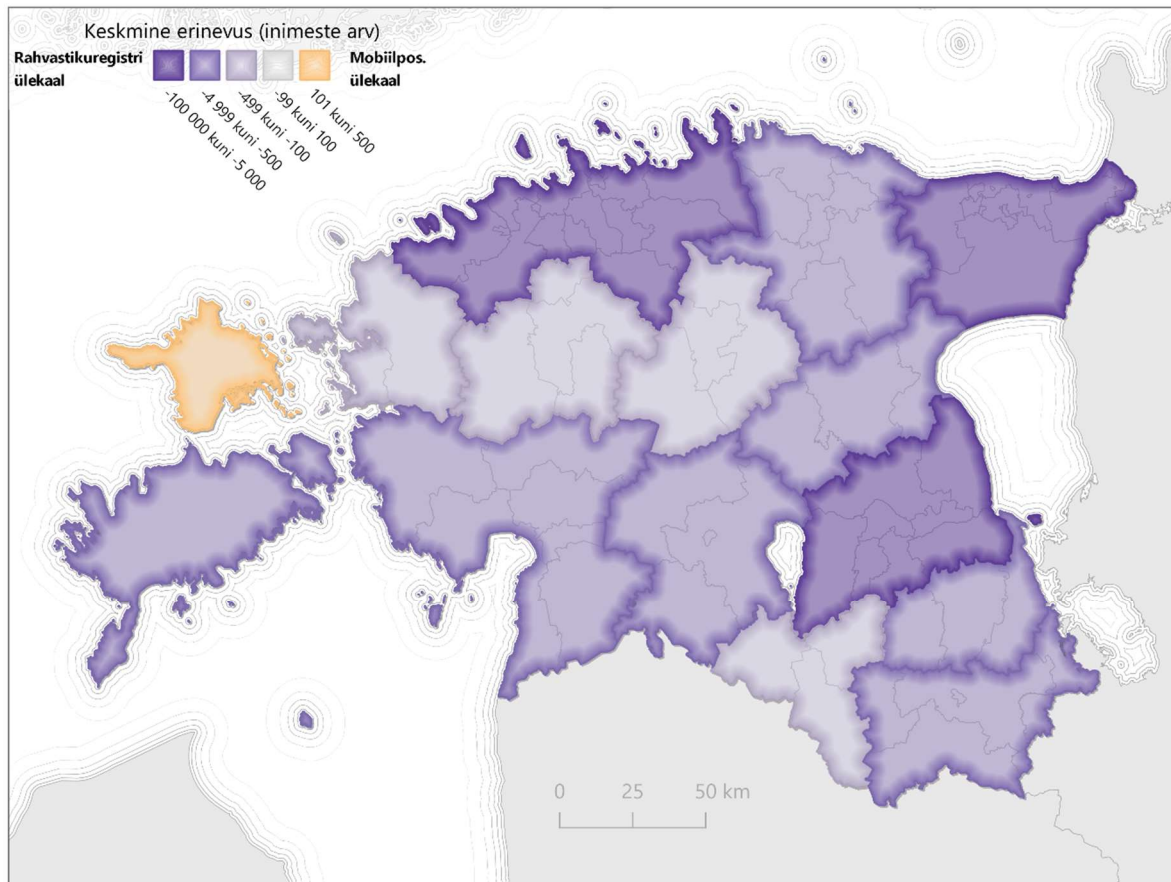
**Lisa 16. Paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes maakondades I.**



**Lisa 17. Paiknemise keskmine erinevus aastakeskmisest rahvastikugruppide lõikes maakondades II.**



**Lisa 18. Keskmine erinevus kogurahvastikes registriandmete ja mobiilpositsioneerimise vahel maakondades.**



## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, **Ago Tominga**,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose, „**Mobiilpositsioneerimise andmete rakendamine hädaolukordades**“, mille juhendaja on Siiri Silm,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Ago Tominga

24.05.2021