

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond

Carmen Maria Miller 164781IABB

**ELEKTRITÕUKERATASTE KASUTUSHARJUMUSTE
ANALÜÜS ETTEVÕTTE BOLT TECHNOLOGY OÜ
NÄITEL**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Ants Torim
PhD

Tallinn 2020

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Carmen Maria Miller

22.05.2020

Annotatsioon

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on Bolt Technology OÜ andmetel analüüsida elektritõukerataste kasutajate kasutusharjumusi ning anda ülevaade sõitude volüümist ning keskmistest kiirustest Tallinna erinevates piirkondades.

Elektritõukerataste jõudmine Tallinna tänavatele näitas üsna peagi, et tegu on populaarse sõiduvahendiga. Töö keskne probleem on aga vähene informatsioon antud sõiduvahendite kasutusharjumustest, mis annaks ülevaate, kas Tallinna kergliiklusteede infrastruktuur toetab elektritõukerataste arvukuse kasvu Tallinnas. Palju räägitakse autostumisest ning sellega kaasnevatest probleemidest ja proovitakse leida alternatiive erasõidukitele. Sealjuures on tähtis ka erinevate alternatiivide analüüsimine ning võimaluste kaardistamine. Just seetõttu analüüsitakse töö käigus elektritõukerataste enim kasutatavaid marsruute ning kõrvutatakse neid Tallinnas eksisteerivate kergliiklusteedega, et pakkuda võimalusi olude parendamiseks.

Antud töö käigus antakse ülevaade vaadeldava probleemi taustast, analüüsi võimaldavatest tehnoloogiatest ning viimaks töödeldakse ja analüüsitakse Tallinna linnas 2019. aasta juulikuul jooksul kasutatud elektritõukerataste andmeid. Andmete töötlemise tulemusena luuakse andmeid visualiseerivad mudelid. Loodud mudelitelt leitud marsruute võrreldakse seejärel olemasolevate kergliiklusteedega, et selgeks määrata weakohad ning teha järeldusi kergliiklusteede infrastruktuuri kohta üldiselt.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 48 leheküljel, 5 peatükki, 30 joonist, 0 tabelit.

Abstract

Analysis of electrical scooters' usage habits based on Bolt Technology OÜ

The aim of this bachelor's thesis is to analyze the usage patterns of electric scooters' users, based on the data of Bolt Technology OÜ, and give an overview of the number of rides and the average speed in different districts of Tallinn.

The arrival of electric scooters to Tallinn proved them to be a popular means of transport. The thesis looks into the lack of information related to the usage patterns of electric scooters, which could give an understanding whether the current infrastructure of Tallinn's bike lanes supports the increasing number of electric scooters on the streets. There is a lot of discussion surrounding the high number of cars, and the problems that come with it, and we seek for alternatives to private cars. Thus it is important that we look into, and analyze, different alternatives and map out different options of transportation. For this exact reason, in this thesis the most popular routes are analyzed and compared to the already existing bike lanes to be able to offer ways to improve the current situation.

The paper first gives an overview of the problem in question, the technology that made this analysis possible and then processes and analyzes the data of electric scooters used in Tallinn, in July of the year 2019. As a result, models visualising the data are created. The created models are then compared to the already existing bike lanes in order to point out the weak spots of those lanes and to present a conclusion of the current situation in the infrastructure of the city's bike lanes.

The thesis is in Estonian and contains 48 pages of text, 5 chapters, 30 figures, 0 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

Admin	Bolt Technology OÜ's kasutatav firmasisene andmehaldusplatvorm
Asukohapunkt	Kahest koordinaadist (pikkus- ja laiuskraad) tekkinud punkt kaardil
GPS	Global Positioning System ehk globaalne navigatsioonisüsteem
Heatmap	Andmete visualiseerimistehnika, mis visualiseerib teatud suuruse erinevaid väärtusi värvi ja/või intensiivsuse abil
JSON	JavaScript Object Notation – andmevahetusvorming, mis pärineb JavaScript programmeerimiskeelest
Kaardi polügonid	Kaardil asuvad kindla suurusega alad, milles asuvad asukohapunkte loendatakse, et luua <i>heatmap</i>
QGIS	Geograafilise infosüsteemi rakendus georuumiliste andmete kuvamiseks, muutmiseks ning analüüsimiseks

Sisukord

1 Sissejuhatus	9
1.1 Taust ja probleem	9
1.2 Ülesande püstitus	10
1.3 Ülevaade tööst	10
2 Töö teoreetilised alused	11
2.1 Andmevalimi määramine	12
2.2 Andmete pärimine	12
2.3 GPS	12
2.4 Internet of things (IOT)	13
2.5 Vahetatavad akud	14
2.6 Tallinna jalgrattateed	16
3 Metoodika	17
3.1 MongoDB	17
3.2 QGIS	19
3.3 Sõitude tiheduse ning keskmise kiiruse leidmine	20
3.4 <i>Heatmapi</i> värvipaletid	20
4 Loodud mudelite analüüs	23
4.1 Kalamaja asum	28
4.2 Pelgulinna asum	30
4.3 Õismäe ja Mustamäe asumid	32
4.4 Kristiine asum	36
4.5 Ülemiste City	37
4.6 Lasnamäe asum	40
4.7 Pirita piirkond	41
4.8 Tallinna kesklinn	42
5 Kokkuvõte	46
Kasutatud kirjandus	47

Jooniste loetelu

Joonis 1. GPS tööpõhimõte	13
Joonis 2. Tallinna elektritõukerataste parkimistsoon ning keelualad	15
Joonis 3. Tallinna jalgrattateede võrgustik	16
Joonis 4. Käsk andmete importimiseks andmebaasi	18
Joonis 5. Elektritõukerataste andmed andmebaasis kuvatuna	18
Joonis 6. Käsk andmete eksportimiseks andmebaasist.....	19
Joonis 7. Näited eristavatest värvipalettidest.....	21
Joonis 8. Näited järjestikustest värvipalettidest.....	21
Joonis 9. Värvipalettide näited	22
Joonis 10. Asukohta punktidel põhinev linnamudel.....	23
Joonis 11. Kogu Tallinna sõitude tihedus.....	24
Joonis 12. Marsruutide mudel koos jalgrattateedega.....	26
Joonis 13. Jalgrattatee märgistus kaardil	27
Joonis 14. Kogu Tallinna keskmiste kiiruste kaart.....	27
Joonis 15. Kalamaja asumis sõitude tihedus	29
Joonis 16. Keskmised kiirused Kalamaja asumis	30
Joonis 17. Pelgulinna asumis sõitude tihedus	31
Joonis 18. Keskmised kiirused Pelgulinna asumis	32
Joonis 19. Õismäe asumis sõitude tihedus	33
Joonis 20. Keskmised kiirused Õismäe asumis	34
Joonis 21. Mustamäe asumis sõitude tihedus.....	35
Joonis 22. Kristiine asumis sõitude tihedus	36
Joonis 23. Keskmised kiirused Kristiine asumis	37
Joonis 24. Ülemiste City sõitude tihedus	38
Joonis 25. Keskmised kiirused Ülemiste piirkonnas	39
Joonis 26. Ülemiste City.....	40
Joonis 27. Lasnamäe asumis alguse sõitude tihedus.....	41
Joonis 28. Keskmised kiirused Pirita teel	42

Joonis 29. Kesklinna sõitude tihedus.....	43
Joonis 30. Lähivõtte kesklinna tänavatest	44

1 Sissejuhatus

Tallinnas räägitakse kõrgest autostumisest ning sellega kaasnevatest probleemidest, nagu ummikud, reostus ja teede kulumine, ning proovitakse olukorrale lahendust leida. Samal ajal koguvad populaarsust nii ühiskasutatavad, ning tihti elektrilised, jalgrattad kui ka elektritõukerattad. Ühiskasutatavate sõiduvahendite eesmärk on muuseas juhtida tähelepanu eraautode alternatiividele, mis aitaks vähendada liiklust linnas, sellega kaasnevat müra- ja õhureostust ning ruumipuudust.

Elektriliste sõiduvahendite efektiivseks ning ohutuks kasutamiseks tuleks aga tutvuda iga linna võimalustega, et uued sõiduvahendid ei tooks endaga omakorda kaasa uusi probleeme. Üheks võimaluseks sealjuures on uurida elektriliste sõiduvahendite kasutajate kasutusharjumusi, mis annab ülevaate kuidas tuleviku linnaplaani planeerida nii, et kõigil liiklejalatel oleks seal turvaline, kiire ning mugav liigelda.

1.1 Taust ja probleem

Tarkvaraettevõtte Bolt Technology OÜ sai 2013. aastal tuntuks platvormina, mis lubas rakenduse kaudu broneerida taksot, ilma, et sõidu broneerimiseks oleks tarvis helistada dispetšerile. Edasi liiguti juba suunas kus eraisikud, kes ei kuulu ametlikult ühegi taksofirma alla, said pakkuda sõidujagamisteenust. Kuulsust koguski Bolt, toona veel Taxify, eelkõige just sõidujagamisteenust pakkuva rakendusena ning hiljem, 2019. aasta juunis, hakati esimesena Eestis pakkuma ka ühiskasutatavate elektritõukerataste laenutamise võimalust. Uus teenus osutus samuti populaarseks ning ainuüksi esimese kahe nädalaga tehti Tallinnas üle 5000 sõidu.

Ühelt poolt on elektritõukeratas kiire vahend ühest punktist teise jõudmiseks ning niiöelda "esimese ja viimase kilomeetri läbimiseks". Efektiivseimaks osutuvad need tihti just tippunni ajal või piirkondades, kus autoga liikumine on piiratud või ühistranspordist jääb vajaka. Mugavaks teeb nende kasutamise ka asjaolu, et sõidu lõppedes pole vaja aega kulutada parkimiskoha otsimiseks. Teisalt aga, kuna tegu on uute sõiduvahenditega Eestis, puuduvad uuringud elektritõukerataste kasutajate sõiduharjumuste, üldise mugavuse ning ohutuse kohta. Sellised uuringud aitaksid anda ülevaate, kus on Tallinna linnas kergliiklusteede infrastruktuuri

kitsaskohad. Just elektritõukeratastes kasutatav tehnoloogia kujutab endast põhjaliku allikat, mille andmete põhjal analüüsida elektritõukerataste kasutamisharjumusi.

Kogu sõidu vältel kogutakse detailset informatsiooni sõidu ja sõiduvahendi kohta. Andmeid saab seejärel kasutada selgitamiseks välja näiteks milline on keskmine sõidu pikkus, mis piirkondades on sõidutihedus suurem, mis ajal päevast tehakse enim sõite ning palju muud. Antud andmete põhjal saab omakorda teha ettepanekuid linnaplaneeringu parendamiseks ning samaaegselt lisavad need väärtust ka ettevõttele endale, sest strateegiline sõiduvahendite paigutamine võib märgatavalt tõsta elektritõukerataste kasutust.

1.2 Ülesande püstitus

Töö eesmärgiks on analüüsida elektritõukerataste kasutajate kasutamisharjumusi ning läbitavaid marsruute Tallinna näitel. Analüüsitud andmete põhjal luuakse mudelid, mis läbitud marsruute kuvavad ning mida saab omakorda olemasolevate kergliiklusteedega kõrvutada, et analüüsida mil määral ühtivad leitud marsruudid Tallinnas juba eksisteerivate kergliiklusteedega.

Töö ülesanneteks on seega:

- 1) Analüüsida 2019. aasta elektritõukerataste kasutajate asukoha andmeid juulikuu sõitude vältel
- 2) Luua kogutud andmetest visualiseerivad mudelid
- 3) Andmete põhjal loodud mudeleid ning tulemusi analüüsida, tuues välja kitsaskohad ning hästi toimivad piirkonnad
- 4) Sõnastada ettepanekud Tallinna kergliiklusteede infrastruktuuri parendamiseks

1.3 Ülevaade tööst

Töö jaguneb viieks osaks: sissejuhatus, töö teoreetilised alused, meetodika, analüüs ja kokkuvõte. Sissejuhatuses antakse ülevaade töö kesksest probleemist ning selle taustast. Töö teoreetiliste aluste peatükis antakse ülevaade elektritõukerataste minevikust, nende populaarsusest ning seotud probleemidest. Meetodika peatükis tutvustatakse kasutatud tarkvara ning kuidas antud töö jaoks andmetöötlus toimus. Neljandas ehk analüüsi peatükis antakse ülevaade leitud andmetest, esitatakse visualiseerivad mudelid ning kirjutatakse lahti kergliiklusteede infrastruktuuri tugevused ning weakohad, millele järgneb töö kokkuvõte ehk viimane, viies peatükk.

2 Töö teoreetilised alused

Viimastel aastatel on elektritõukerataste populaarsus teinud hüppelise arengu üle kogu maailma. Üks esimesena turule tulnud elektritõukerataste jagamise teenusepakkuja oli USA ettevõtte Bird, kes alustas teenuse pakkumisega 2017. aasta septembris ning ainuüksi esimese 14 kuuga tehti üle 10 miljoni sõidu[1].

Järgmisel, 2018. aastal, oli kõigi mikromobiilsete vahenditega, ehk nii elektrijalgrataste- kui ka elektritõukerataste, tehtud sõitude koguarv juba 84 miljonit. See tähistas üle kahekordset kasvu võrreldes eelneva aastaga. Kusjuures tasub märkida, et eelnevatel aastatel oli kõigi mikromobiilsete sõiduvahenditega tehtud sõitude koguarvus elektritõukeratastel küllaltki väike osakaal, kuid 2018. aastal moodustasid need juba 45.8% kõigist sõitudest, ehk elektritõukeratastega tehti kokku 38.5 miljonit sõitu[2].

Ka Eestis on elektritõukerattad populaarsust kogunud, pakkudes mugavat, kiiret ning taskukohast võimalust linnas liigelda. Samuti saab elektritõukerattaid saab üle linna praktiliselt igale poole jätta, mis lahendab parkimisega seotud mured. Esimesena hakkas 2019. aasta juunis Tallinnas antud teenust pakkuma just Bolt ning samal kuul tuli turule ka CityBee enda elektritõukeratastega. Elektritõukerataste uudsuse tõttu leidub neid käsitlevaid uuringuid võrdlemisi vähe. Seni on inimeste rännet ning liikumisharjumusi valdavalt uuritud mobiilsidemastidelt saadud informatsiooni põhjal. Näiteks jälgiti 2013. aastal ilmunud eestlaste tehtud uuringus Eesti näitel inimeste pendelrände mustreid, kasutades selleks telefonide positsioneerimist [3]. Töö eesmärgiks oli pendelrändevoogude kaardistamiseks pakkuda alternatiivi rahvaloendustele, mis toimuvad võrdlemisi pika perioodi tagant. Saadud tulemusi saab kasutada näiteks ühistranspordi marsruutide ning linnaplaneerimisel.

Suur hulk avalike uuringuid, mis uurivad inimese asukohaga seotud käitumist (näiteks kodu ning töökoha vaheliste marsruutide analüüsid), põhinevad just mobiilsidemastidelt saadud andmetel. Seda põhjusel, et telefon on alati ühendatud mõne mobiilsidemasti levipiirkonda kuid telefonis ei pruugi tingimata töötada mõni rakendus, mis asukohta jälgiks. Masti levipiirkondi uurides aga on andmed küllaltki ebatäpsed, sest mobiilsidemastide leviala on suur, mistõttu ei saa kasutaja/kliendi/inimese asukohta määrata nii täpselt, kui GPS andmeid kasutades.

Elektritõukerattad seevastu kasutavad GPS tehnoloogiat, mis lubab sõiduvahendi asukohta määrata keskmiselt meetrise täpsusega.

Lisaks tehnoloogia erinevusele on antud analüüs ajendatud sellest, et üldiselt ei ole elektritõukerattaid Eestis väga analüüsitud. Tegu on uute sõiduvahenditega tänavatel, mis kombivad piire kergliiklusvahendite ning mootorsõidukite vahel ja panevad proovile seadusega sätestatud piirangud. Kasutajaharjumuste uurimine ning kaardistamine võib aidata kaasa Tallinna tänavate mugavamaks ning ohutumaks muutmisele nii jalakäijatele kui mikromobiilsete sõiduvahendite kasutajatele.

2.1 Andmevalimi määramine

Esialgne plaan oli analüüs rajada kogu hooaja, ehk nelja kuu, andmetele. Peagi aga sai selgeks, et valim on liiga suur, sest iga elektritõukeratta kohta kogutakse asukoha koordinaate iga 2 sekundi tagant, mis tähendab, et ainuüksi ühe päeva kohta tuli üle 100 000 sissekande ning ühe kuu kohta oli andmebaasi kirjeid üle kolme miljoni. Seega oli vaja andmevalimit kitsendada ning rajada analüüs vaid ühe kuu andmetele. Valituks osutus juulikuu, mis oli sõitude poolest kõige aktiivsem.

2.2 Andmete pärimine

Bolt rakendusega tehtud sõitude andmeid kuvatakse ettevõttes kasutatavas siseportaalis Admin. Portaalist on võimalik näha informatsiooni sõidu teinud kasutajast, algus- ja lõpp-punktist, kulunud ajast, maksumusest ja läbitud marsruudist. Ühtlasi kuvatakse sõidu jooksul läbitud marsruut kaardil. Teavet tõukeratta koordinaatide kohta salvestatakse otse andmebaasi, seega pole neid Admini portaalis näha.

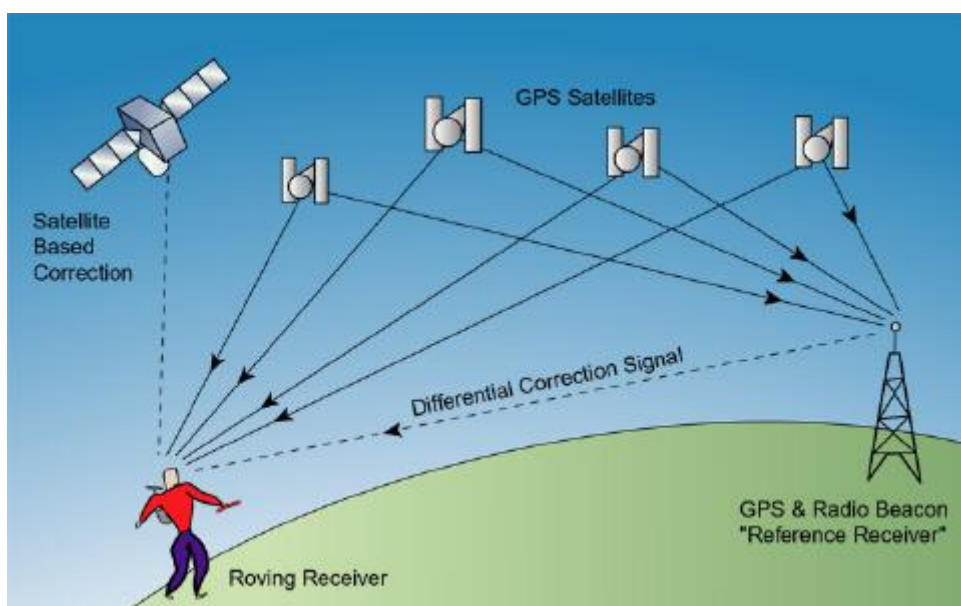
Asukoha koordinaadid talletatakse andmebaasis JSON tüüpi failiformaadis. Failis on andmed elektritõukeratta seisundi kohta igal ajahetkel (seisund näitab, kas mõni kasutaja on antud transpordivahendiga sõitu alustanud või on see ooteseisundis), liikumiskiirus igal ajahetkel, aku laetustase ning muud informatsiooni, mis antud töö kontekstis jäi skoobist välja.

2.3 GPS

Käesoleva töö puhul ei saa mainimata jätta tehnoloogiat, millel see uurimus põhineb ning mis selliste analüüside tegemise üldse võimalikuks teeb – GPS. Positsioneerimistehnoloogiaid on

maailmas muidugi veelgi ning põhiliselt varieeruvad need just regioniti. Näiteks on Venemaal enimlevinud tehnoloogia GLONASS ehk Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema. 2002. aastal otsustasid Euroopa liit ning Euroopa Kosmoseagentuur, et loovad uue GPSi alternatiivi, Galileo, mis peaks avalikuse ette jõudma 2020. aasta jooksul [4]. Bolt Technology OÜ aga kasutab nii sõidujagamis- kui ka elektritõukerataste sõitude jälgimiseks GPSi, mis loodi USA poolt juba 1978. aastal, esialgu USA enda sõjaväe tarbeks, ning on avalikusele kasutamiseks 1994. aastast alates [5].

GPSi tehnoloogia loogika seisneb selles, et ca 19 000 kilomeetri kõrgusel tiirlevad 27 satelliiti, millest 24 on pidevalt töös ning 3 tagavara satelliiti on juhtudeks kui peaks esinema rikkeid. Igal ajahetkel on igast punktist Maal vähemalt 4 satelliiti "nähtaval". Satelliitsignaali abil määravad GPS signaali vastuvõtjad seadme asukoha. Lihtsalt öeldes määratakse asukoht selle põhjal, kui kaua läheb informatsioonil aega, et jõuda satelliidist signaali vastuvõtjani [6].



Joonis 1. GPS tööpõhimõte

Allikas: <http://bezhare.blogspot.com/2011/04/bezhare-things-to-consider-before.html>

2.4 Internet of things (IOT)

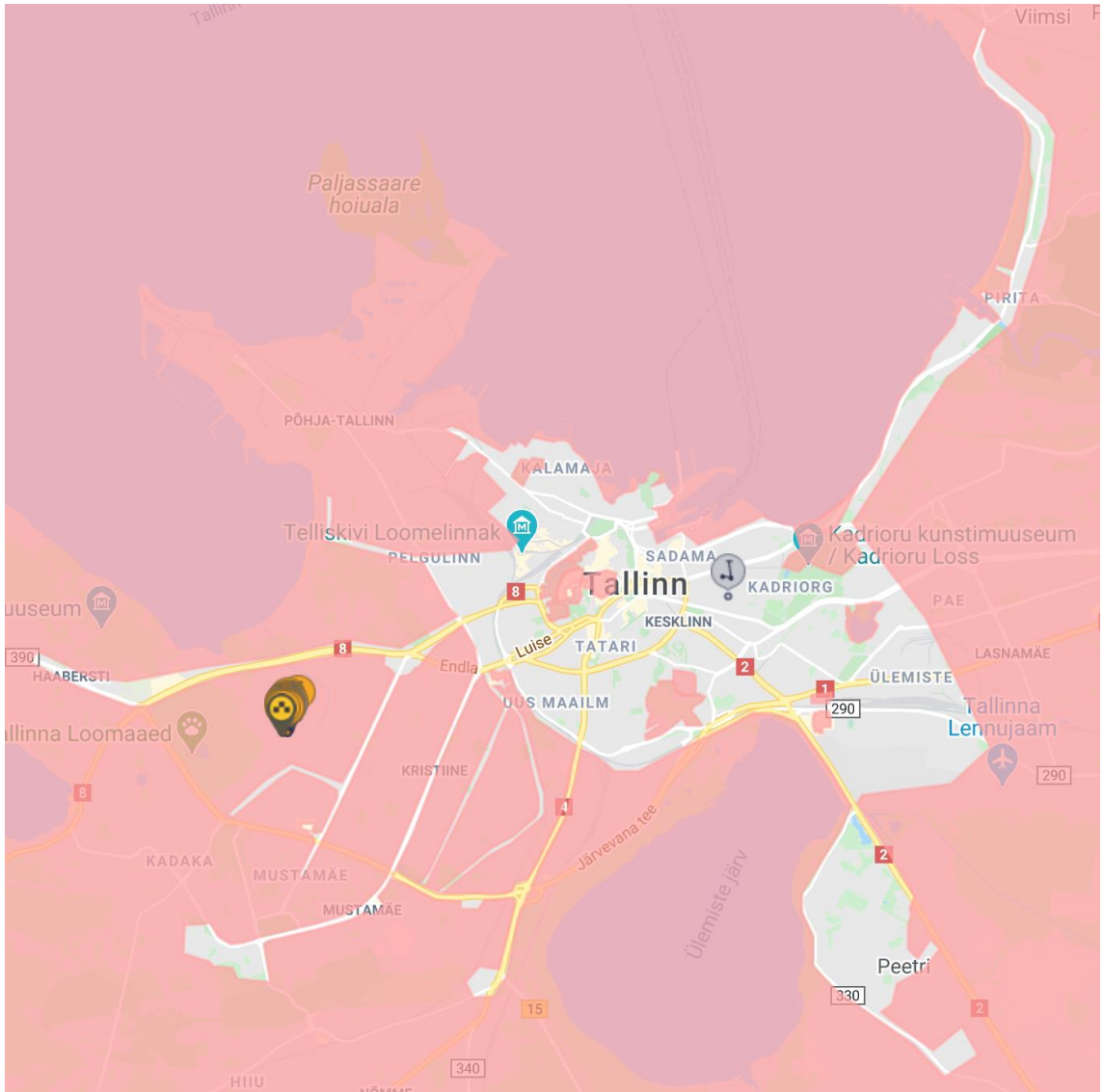
"Internet of things" ehk IOT tähendab süsteemi või võrgustikku, millesse on korruga ühendatud mitu seadet, mis omavahel suhtlevad. Süsteemis asuvad seadmed on ühenduses omavahel ja samal ajal ühendatud ka internetti. Kõik võrkku ühendatud seadmed koguvad ning jagavad seadet puudutavat informatsiooni, mis võib tootjale või kasutajale kasulik olla [7].

Ka elektritõukerattad kasutavad IOT mooduleid. Tõukerataste IOT moodulisse kuuluvad näiteks kõlarid, mis annavad märguannet kui elektritõukeratast liigutatakse samal ajal kui see on lukustatud, ja GPS moodul, mis jagab informatsiooni sõiduvahendi asukohast. Muuhulgas on seal seadmed, mis annavad ülevaate aku seisundist ja laetustasemest või määravad, kas sõiduvahendit loetakse varastatuks.

2.5 Vahetatavad akud

Siiani ei ole elektritõukeratastel kasutatud vahetatavaid akusid. See tähendab, et tühjaks saanud tõukeratas oli vaja viia laadimispunkti, kus sõiduvahend jäeti ööseks laadima, ning seejärel viidi hommikul taas tänavale. Selle jaoks oli eraldatud tiim, kes õhtuti tänavatelt elektritõukerattad kokku kogus ning laadima viis. Antud tiimi töö hõlpsustamiseks loodi limiteeritud parkimistsoon, mis määras selgeks piirid, kust alates enam sõitu lõpetada ei võinud. Parkimistsoonist välja jäävates alades oli lubatud sooritada sõite kuid sõit ei tohtinud nendes alades lõppeda ehk tõukeratast ei tohtinud jäädavalt parkida. Parkimistsoon piirnes (Joonis 2) Pirita tee, Ülemiste ning Peetri, Pärnu maantee, Nõmme tee, Sõpruse puistee, Paldiski maantee ja Kolde puisteelega. Lisaks olid suurema parkimistsooni sees veel mõned erandid, näiteks vanalinna piirkond, kus parkida ei tohtinud.

Vahetatavad akud tähendaks, et õhtul sõiduvahendite kokku korjamise asemel vahetataks elektritõukeratastel päeva jooksul akusid, mistõttu saaks tõukerattad jätta ööseks tänavale. See omakorda tähendaks, et parkimistsooni saaks muuta leebemaks, sest nüüd ei oleks enam tarvis kõiki elektritõukerattaid kokku korjata ning väiksemad meeskonnad saaks piirkondade kaupa akusid vahetada ning seejärel sõiduvahendi samasse kohta jätta. Samuti saaks tänu vahetatavatele akudele linnast just õhtutundidel liikuda kaugemale. Eelmine hooaeg näitas, et õhtupoolikul oli suuremal osal sõiduvahenditest aku liiga tühi, et rohkem sõita sooritada. See tähendas, et linnast koju liikuvad teiste asumite elanikud ei saanud koju sõitmiseks linnas leiduvaid elektritõukerattaid kasutada. Vahetatavad akud lubaks ka sõite teha vahemikus 22:00-10:00, mis enne polnud võimalik, sest sel ajal olid tõukerattad laohoones.



Joonis 2. Tallinna elektritõukerataste parkimistsoon ning keelualad

2.6 Tallinna jalgrattateed



Joonis 3. Tallinna jalgrattateede võrgustik

Kaart kujutab jalgrattateede võrgustiku 04.03.2019 seisuga ning pärineb Tallinna kodulehelt. Ametlikult pole sellest ajast saadik jalgrattateede võrgustiku andmeid uuendatud. Ülalolev kaart ongi antud töö analüüsi aluseks. Analüüsi käigus uuritakse, kas ja mis mahus ühtivad elektritõukerataste kasutajate marsruudid kaardil nähtavate jalgrattateedega.

Tallinna kodulehe andmetel oli 2018. aasta oktoobri seisuga kogu Tallinna piirkonnas kokku 281482 meetrit ehk ligikaudu 28 kilomeetrit jalgrattateid kuid antud informatsiooni poleb samuti uuendatud [8]. Kodulehelt allalaetav Exceli fail annab ülevaate jalgrattateedest linnaosade kaupa, kusjuures näidatakse ära ka näiteks ehitusaasta.

3 Metoodika

Elektritõukerataste puhul on tegemist ettevõttele väärtusliku varaga, mistõttu jälgitakse ning salvestatakse põhjalikult andmeid nende seisundi ning asukoha kohta. Tänu detailsetele andmetele pakub elektritõukerataste uurimine väga mitmekülgset informatsiooni. Näiteks saab uurida väliste tegurite, nagu ilm, ehitustööd või üritused, mõju inimeste valitud marsruutidel või sõidupikkusele. Samuti saab jälgida, kuidas muutuvad marsruudid erinevatel ajaperioodidel või kellaaegadel. Sealjuures on tegu ohutu andmete käitlemisega, sest andmeid vaadatakse elektritõukeratta tasemelt ning antud töö raames on informatsioon anonüümistatud ning sõite pole võimalik siduda konkreetse kasutajaga.

Analüüsi tehes nägi üldine metoodika ette, et kõigepealt määras autor andmevalimi, mida töö käigus vaadelda ning andmebaasist pärida. Seejärel importis autor andmed MongoDB andmebaasi, et seal andmetest parem ülevaade saada. Andmebaasis sai rakendada ka filtrit, sest antud töö raames oli tähtis vaid osa informatsiooni ning teatud andmed jäid skoobist välja. Järgmiseks tuli filtreeritud andmed eksportida formaadis, mida geograafilise infosüsteemi rakendus toetaks. Viimaseks sammuks oligi saadud andmete visualiseerimine tarkvaraprogrammi QGIS abil ning saadud mudelite analüüsimine.

3.1 MongoDB

Info elektritõukeratta detailidega talletatakse andmebaasis, kust need eksporditakse JSON tüüpi failiformaadis. Andmepäringuid töö autor ise ei teinud, vaid sai vajalikud andmed andmeanalüütikutelt. Selleks, et andmeid kuvada, oli vaja kasutada andmebaasi, mis suudaks seda tüüpi faile lugeda. Varasemalt oli autor enim kokku puutunud MS Accessi nimelise programmiga, mis kahjuks JSON tüüpi faile ei aktsepteeri. Seega võeti antud töö jaoks kasutusele MongoDB, mis kujutab endast dokument-orienteeritud NoSQL andmebaasi.

NoSQL ehk "not only SQL" (öeldakse ka "no SQL") andmebaasid kasutavad teistsugust andmesalvestust, kui relatsioonilised ehk SQL andmebaasid. Relatsioonilistel andmebaasidel on ette määratud kindel, tabelipõhine, struktuur. NoSQL andmebaasidel seevastu ei ole nii kindlat struktuuri määratud ning seal ei kasutata klassikalist tabelite loogikat, kus on fikseeritud tulbad ja read [9]. Paljud kasutajad leiavad, et seetõttu on andmete seoseid kergem luua ning hallata. Selline arhitektuur muudab NoSQL andmebaasid agiilsemaks ning lubab andmete kordumist, mis

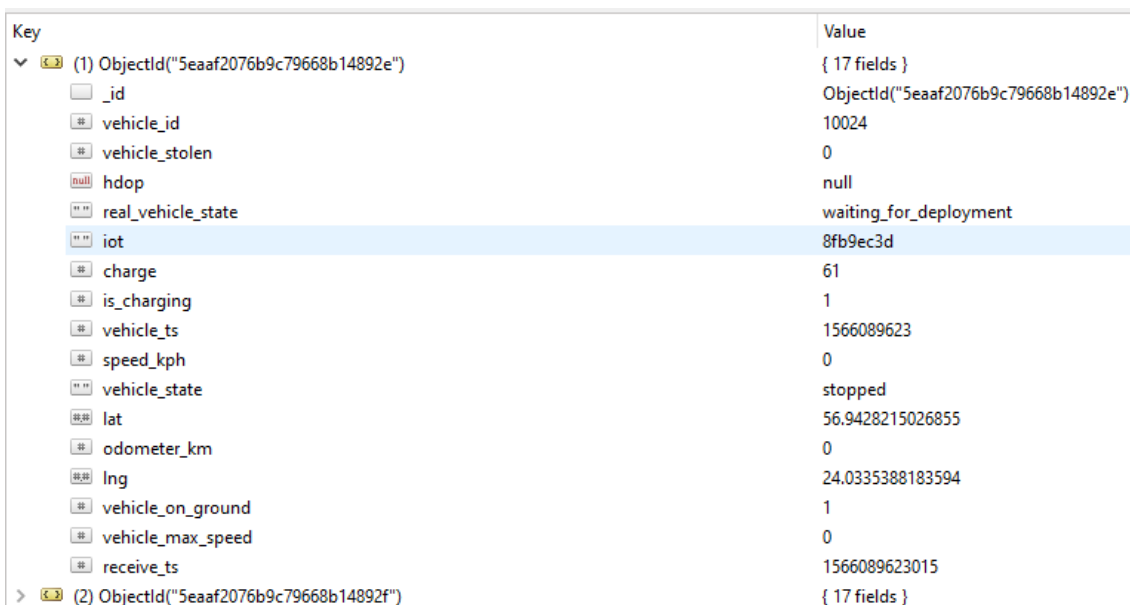
tähendab, et andmebaaside planeerimisele võib kulutada vähem aega ja ressursse. NoSQL tüüpi andmebaaside tugevuseks loetakse võimet hallata suuri andmemahte ning mitmeid kasutajaid korraga [10].

MongoDB andmebaasil ei ole ühte ja ainsat kasutajaliidest, vaid loodud on erinevaid variante. Kõiki andmetega seotud päringuid saab teha ka läbi käsurea ent kasutajaliidese kasutamine muudab andmete haldamise mugavamaks. Kaks levinud varianti on Studio 3T ning Robo 3T, neist esimene on tasuline ning teine tasuta tarkvara. Tasuline variant pakub tasuta programmiga võrreldes rohkem funktsionaalsust, tehes andmete töötlemise mugavamaks, sest lubab muuseas näiteks mugavalt andmeid eksportida ja importida ilma, et oleks vajadus kasutada käsuriida. Antud töö raames kasutati tasuta tarkvara Robo 3T. Nagu eelnevalt mainitud, siis Robo 3T tarkvara ei paku kõiki mugavusi, mida pakub näiteks Studio 3T. Seega oli andmete MongoDB andmebaasi importimiseks vaja kasutada käsuriida.

```
for /d %j in (C:\Users\f1erc3\Desktop\Lõputöö\TallinnData\TallinnJuly\Tallinn\*) do (for %i in (%j\*) do mongoimport --file %i --type json --db QGIS4 --collection scooters --jsonArray)
```

Joonis 4. Käsk andmete importimiseks andmebaasi

Andmed sai töö autor formaadis, kus iga päeva jaoks oli eraldi kaust, milles asusid JSON failid tole päeva andmetega. Allpool esitatud pilt demonstreerib juba andmebaasi importitud detailseid andmeid elektritõukerataste kohta, kasutades Robo 3T programmi.



Key	Value
(1) ObjectId("5eaaf2076b9c79668b14892e")	{ 17 fields }
_id	ObjectId("5eaaf2076b9c79668b14892e")
vehicle_id	10024
vehicle_stolen	0
hdop	null
real_vehicle_state	waiting_for_deployment
iot	8fb9ec3d
charge	61
is_charging	1
vehicle_ts	1566089623
speed_kph	0
vehicle_state	stopped
lat	56.9428215026855
odometer_km	0
lng	24.0335388183594
vehicle_on_ground	1
vehicle_max_speed	0
receive_ts	1566089623015
(2) ObjectId("5eaaf2076b9c79668b14892f")	{ 17 fields }

Joonis 5. Elektritõukerataste andmed andmebaasis kuvatuna

Kõigist importitud andmetest oli vaja välja filtreerida edasiseks tööks vajalikud väljad, nagu elektritõukeratta ID, laius- ja pikkuskraad ning kiirus, mida salvestatakse kahesekundilise intervalliga. Muud andmed antud töö raames lisaväärtust ei andnud ning jäid seega välja.

Sarnaselt importimisele oli ka eksportimiseks vajalik käsurea kasutamine, sest antud funktsionaalsus puudub samuti Robo 3T programmis. Andmebaasis olid andmed kõigi valitud päevadel tänavatele jõudnud elektritõukerataste kohta, ükskõik millises seisundis. Analüüsi jaoks aga oli tarvis andmeid vaid nendel hetkedel, kus elektritõukeratas ei seisnud, ehk oli liikumises, seega lisati eksporditud andmetele filter. Filtri eesmärk oli välja filtreerida ning eksportida vaid elektritõukerattad, mille kiirus oli üle 0 km/h, ehk mis olid liikumises.

```
mongoexport --db ScooterDB --collection scooters --type=csv --query="{\"speed_kph\":{\"$gt\":0, \"$lte\":25}, \"vehicle_state\": \"started\"}"  
|--fields _id,lat,lng,speed_kph --out=C:\\Users\\f1erc3\\Desktop\\Lõputöö\\TallinnData\\ScooterSpeedExportFull.csv
```

Joonis 6. Käsk andmete eksportimiseks andmebaasist

3.2 QGIS

Pärast andmete filtreerimist oli tarvis saadud andmed viia programmi, mis võimaldaks asukoha koordinaatide abil kujutada sõitude marsruute ning visualiseerida näiteks keskmisi kiirusi linnapiires või kõrgema läbitavusega piirkondi. Tarkvara valides oli selge, et valitav programm peab suutma hallata suuri andmemahte, sest eksporditud failis oli üle 3 miljoni kirje. Samuti pidi kasutatav programm olema piisavalt paindlik, et võimaldada detailsete kaartide loomist. Lõpuks osutus kõige kompetentsemaks Gary Shermani loodud programm nimega QGIS, mis jõudis avalikuse ette esmakordselt 2002. aastal [11].

QGIS on tasuta alla laetav geograafilise infosüsteemi rakendus, mis pakub väga suurel hulgal erinevaid viise andmete visualiseerimiseks. Näiteks võib juba olemasolevaid kaarte alla laadida ning sinna enda andmeid lisada. Samas võib kasutaja ka täiesti algusest lõpuni enda andmetega uue kaardikihi luua, mis visualiseerib mistahes sisendiks antud andmeid. Antud töö raames visuaaliseeriti asukoha punktide abil marsruute ning keskmiste kiiruste ja sõitude tiheduse põhjal loodi *heatmapid* ehk teatud suuruse muutumist visualiseerivad kaardid.

3.3 Sõitude tiheduse ning keskmise kiiruse leidmine

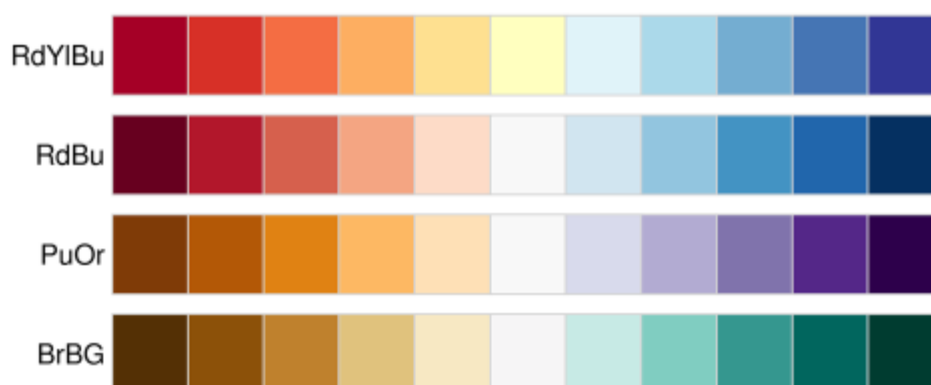
Linna piires sõitude tiheduse ning keskmiste kiiruste arvutamiseks oli kõigepealt vaja uuritav piirkond jagada polügonideks, mille põhjal andmeid arvutama hakata. See tähendab, et kõigepealt tuli kindlaks määrata uuritav piirkond, ehk Tallinna linna piirid, ning sellele luua *grid* ehk ruudustik. *Grid* koosneb paljudest väikestest nõndanimetatud polügonidest, mille suuruse valib mudeli looja ise. Suurema täpsuse jaoks kasutatakse väiksemaid polügone ning vastupidi. Näiteks võib üks polügon kujutada vahemaad, mis reaalses elus vastab viiele meetrile või kahekümne viiele meetrile. Viie meetrise diameetriga polügon pakub analüüsiks suuremat täpsust, sest hõlmab väiksemat ala.

Polügonide sisse langevad asukohapunktid, mida saab seejärel kokku loendada. Näiteks võib ühes polügonis olla 5 asukohapunkti, kui tegu on madala aktiivsusega piirkonnaga, ning mõnes teises polügonis võib asukohapunkte olla üle tuhande. Just neid suurusi arvesse võttes saabki luua *heatmapi*, mis siis antud suuruste hulgad kokku arvutavad ning volüüme polügonides visualiseerivad. Keskmise kiiruse jaoks oli esimene samm, ehk asukohapunktide kokku lugemine, täpselt sama. Seejärel oli tarvis ühe polügoni sees liita kokku selle polügoni kiirused ning jagada kiiruste kogusumma asukohapunktide kogusummaga, et leida polügoni raames keskmine kiirus.

3.4 Heatmapi värvipaletid

Mingi mõõdetud suuruse muutumist visualiseeriva kaardi ehk *heatmapi* loomiseks kasutatakse üldiselt kahte värvipaletti ehk suuruste eristamise viisi - järjestikune ehk "sequenatial" ning eristav ehk "diverging". Järjestikune värvipalett tähendab, et kasutatakse ühe värvi erinevaid toone, mis progresseeruvad heledamast tumedamaks. Heledamad toonid esindavad madalamaid muutuja väärtusi ning tumedamad toonid kõrgemaid muutuja suurusi. Eristav värvipalett tähendab, et kõigepealt on skaalal ühe värvi erinevad toonid, mis muutuvad heledamaks, ning keskel paikneb neutraalne toon. Pärast keskpunkti progresseeruvad toonid taas tumedamaks, kusjuures kasutatakse teist värvi [12].

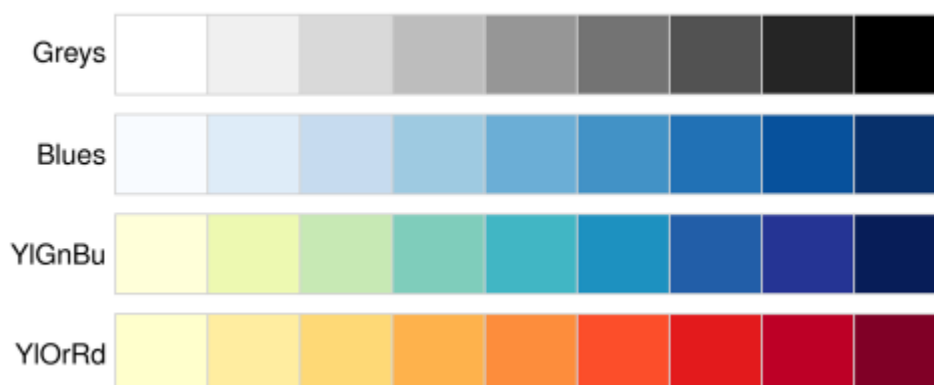
Diverging palettes



Joonis 7. Näited eristavatest värvipalettidest

Allikas: <https://betterfigures.org/2015/06/23/picking-a-colour-scale-for-scientific-graphics/>

Sequential palettes



Joonis 8. Näited järjestikustest värvipalettidest

Allikas: <https://betterfigures.org/2015/06/23/picking-a-colour-scale-for-scientific-graphics/>

Käesolevas töö visualisatsioonide aluseks on järjestikune värvipalett, kuigi sellel eksisteerivad erinevad värvid. Palette, kus kasutatakse eri värve, mis progresseeruvad ühest skaala otsast teise, loetakse samuti järjestikusteks palettideks. Töös kasutatakse sarnast lähenemist nagu on näha Joonis 9, skaala Viridis [13]. Suuruste eristamiseks on värvid roheline, kollane, oranž ja punane, et ka kaugelt kaarti vaadates oleks lihtsam värve eristada, kui lihtsalt ühe värvi erinevaid toone.



Joonis 9. Värvipalettide näited

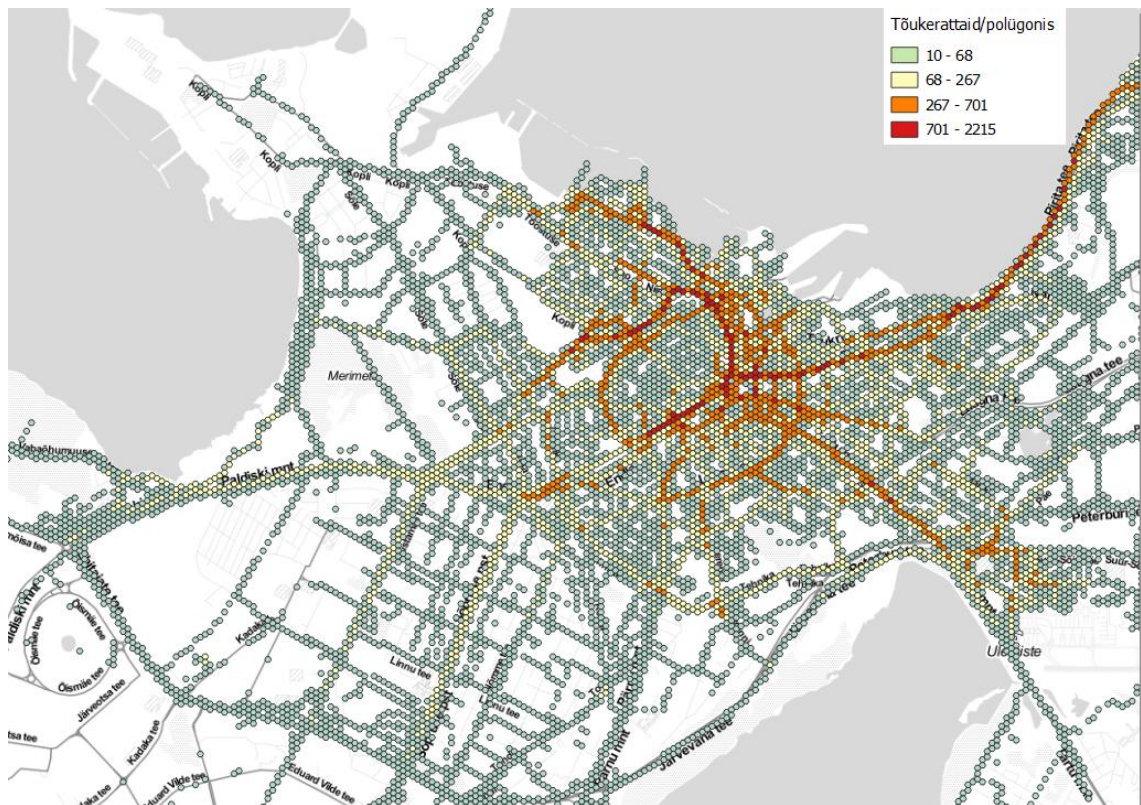
Allikas: <https://blog.bioturing.com/wp-content/uploads/2018/11/color-brewer-300x126.png>

4 Loodud mudelite analüüs

Allolev joonis kujutab kõigi andmete QGIS'esse importimise järel tekkinud üldist, ilma vormistuseta niiõelda "blank" mudelit. Antud mudel on saadud importides kõik koordinaatide paarid, mis omakorda moodustavad ühe punkti kaardil. Seega on tumedamad kohad suurema sõidutihedusega ning heledamatel aladel on sõite vähem.



Joonis 10. Asukohta punktidel põhinev linnamudel



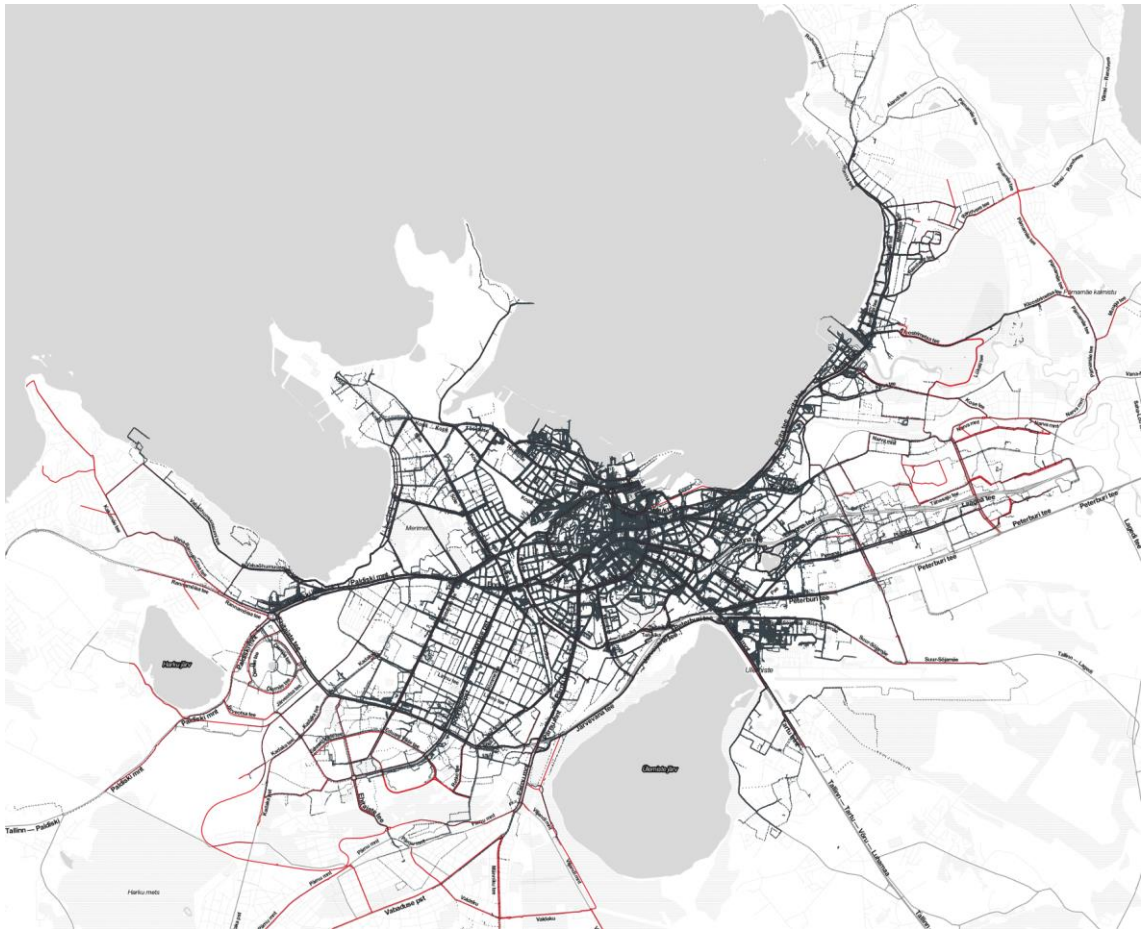
Joonis 11. Kogu Tallinna sõitude tihedus

Joonis 11 on Joonis 10 edasiarendus, ehk välja on arvutatud keskmine sõitude tihedus kogu linna piires. Saadud kaardilt on näha, et kõige tihedamalt läbitakse Tallinna kesklinna, sadama ja Kalamaja piirkonda ning suuremaid teid nagu Paldiski ja Tartu maantee ning Pirita tee ja Tammsaare tee. See on ka oodatav tulemus, sest kesklinna ja sadama piirkonnas on keskmisest rohkem turiste, kes sõitude arvukust tõstavad kasutades sõiduvahendeid linnaga tutvumiseks aga ka konkreetsest punktist A punkti B saamine (näiteks sadamast hotelli). Samuti on elektritõukerattad just kesklinna oludes efektiivsed liikumisvahendid, sest võimaldavad valida lühemaid marsruute, kui autoga, pakkudes samal ajal kiiremat alternatiivi jala kõndimisele. Lisaks eelmainitule asuvad ka paljud kontorihooned ning töökohad kesklinnas, mis tõstab linnas sooritavate sõitude arvu veelgi. Nagu eelnevalt mainitud, kasutatakse elektritõukerattaid tihtipeale just viimase vahemaa läbimiseks ühistranspordi peatusest sihtkohani. Samuti on kesklinna piirkonnas sõiduvahendeid enamasti enim saadaval, mis mängib sõitude tihedusel suurt rolli.

Kogu Tallinna sõitude üldine trend näitab, et mida kaugemale liikuda kesklinna ning Kalamaja piirkonnast, seda madalam on sõidutihedus. Seetõttu on sarnaselt Pelgulinna ja Kopli, Õismäe,

Mustamäe ning Peterburi maantee alguses valdavalt keskmine tihedus 10-68 elektritõukerast polügoni kohta. Eranditeks on suuremad teed nagu Paldiski maantee, Mustamäe tee, Sõpruse puiestee, Tehnika tänav ning piirkondadest Kalamaja, kesklinn ning Ülemiste city, kus valdavalt on tihedus 267-701 elektritõukerast polügoni kohta. Kõige aktiivsemad piirkonnad on vanalinna ümbrus, sadama piirkond ning Pirita tee.

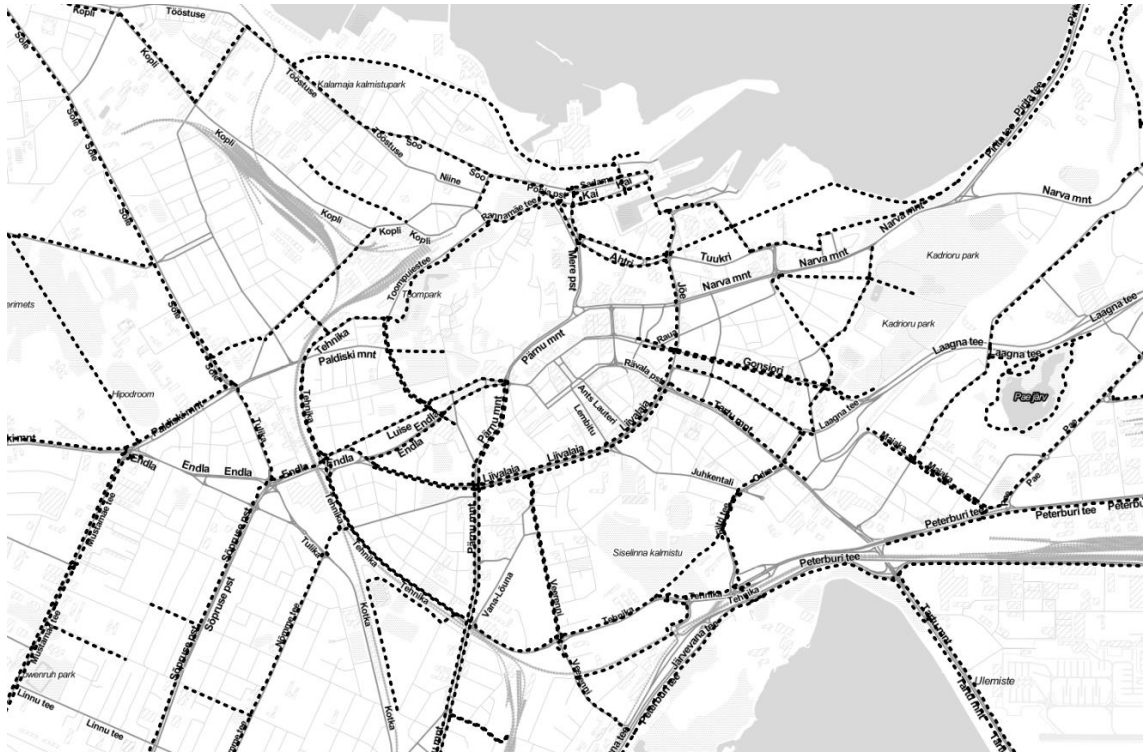
Kalamajast on saanud Tallinna üks populaarsemaid ja elavamaid piirkondi, kus 2020. aasta seisuga elab umbes 12 000 inimest ning see piirkond pakub ühtlasi tööd tuhandetele [14]. Pirita tee ja Tammsaare tee aga kujutavad suurimat ühendust vastavalt marsruutidel kesklinn-Pirita ning kesklinn-Mustamäe, pakkudes seejuures peaaegu kogupikkuses ka laia kergliiklusteed, mis teeb elektritõukerattaga antud vahemaade läbimise võrdlemisi mugavaks. Lisaks eelmainitud piirkondadele on tihedus suurem ka Ülemiste City piirkonnas, mille kodulehe andmetel töötas seal 2018. aastal natukene üle 10 000 inimese, hilisemate aastate kohta puudub praegu informatsioon kuid tõenäoliselt on see number pidevas kasvujärgus [15].



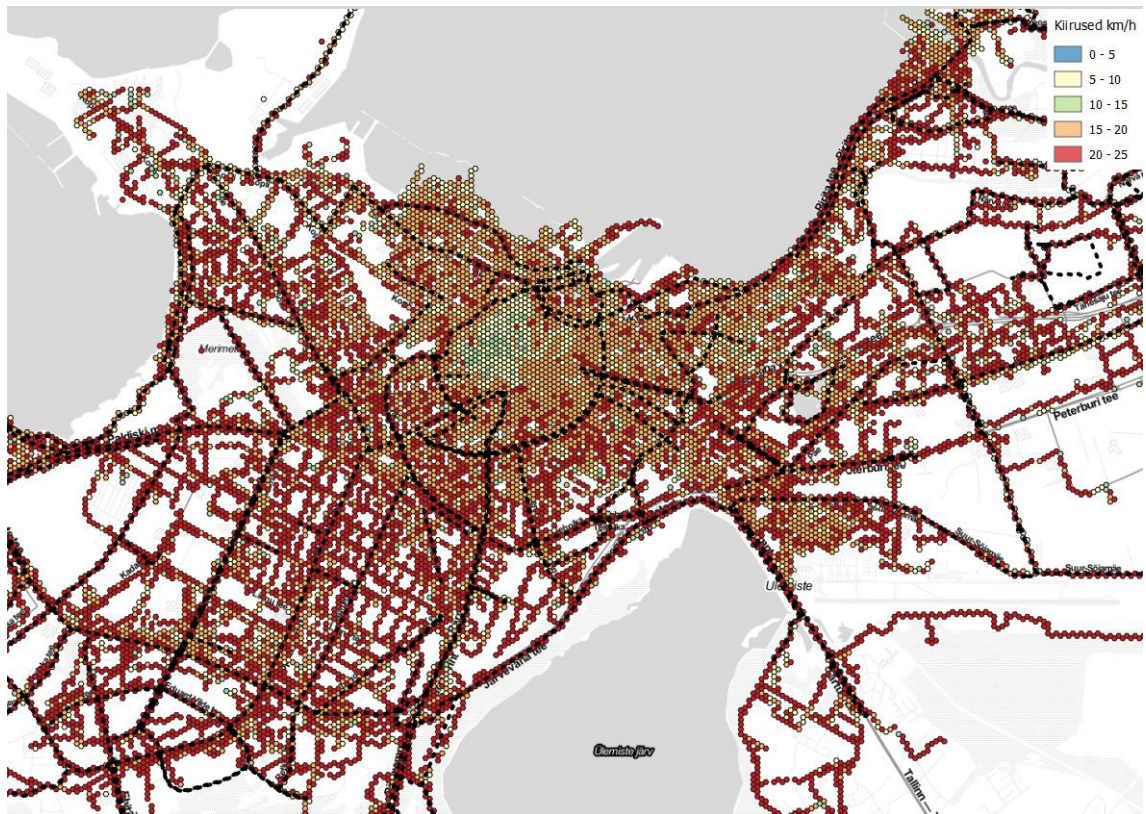
Joonis 12. Marsruutide mudel koos jalgrattateedega

Joonis 12 esitab sama mudelit, mis Joonis 10 kuid sellele on lisatud ka Tallinna kodulehelt alla laetud jalgrattateede kaart [16]. Sama kaardikihti kasutatakse antud töös läbivalt. Joonis 11 on jalgrattateed kaardil kuvatud pideva punase joonega, hilisemas töös kasutatakse musta punktiirjoont, nagu võib näha Joonis 13.

Joonis 14 demonstreerib sarnast *heatmapi* nagu Joonis 11 kuid seekord on mõõdetav suurus keskmine kiirus, mitte sõitude tihedus. Hiljem analüüsitakse ka antud kaarti asumite kaupa ning antakse detailsem ülevaade keskmistest kiirustest erinevate asumite lõikes.



Joonis 13. Jalgrattatee märgistus kaardil



Joonis 14. Kogu Tallinna keskmiste kiiruste kaart

4.1 Kalamaja asum

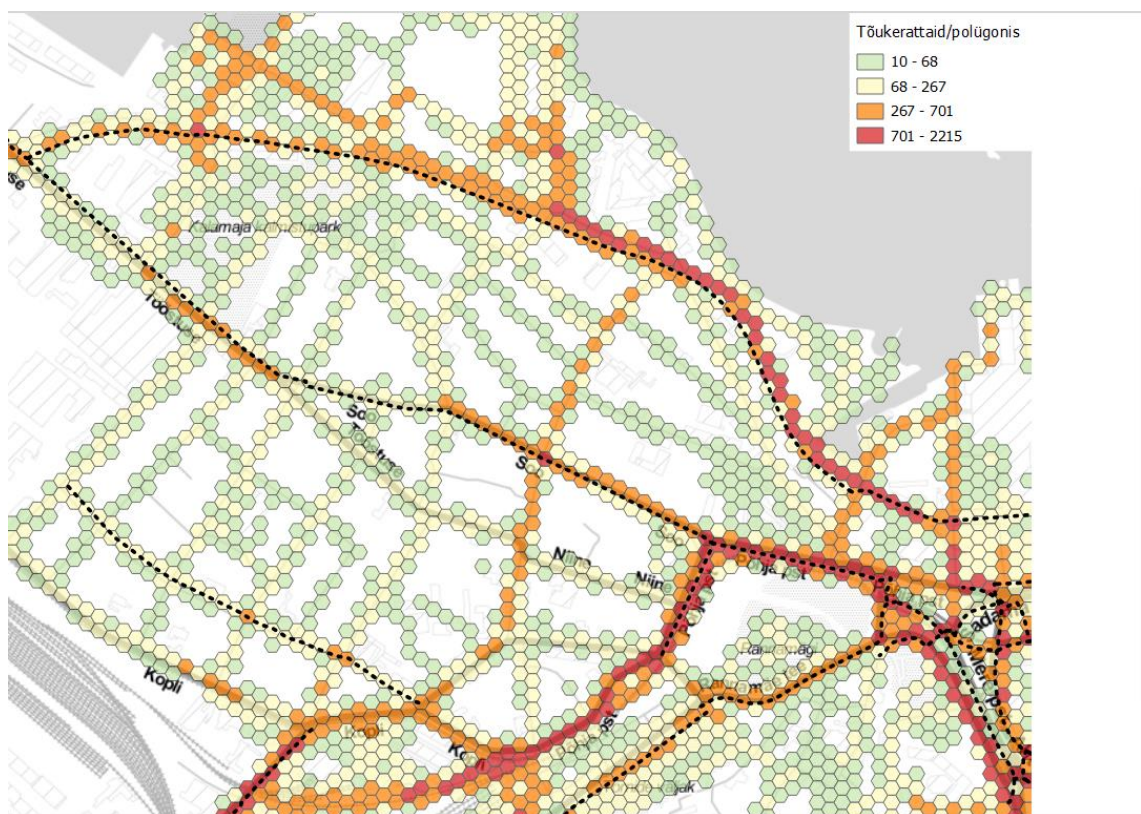
Kalamaja on koduks ca 12 000 elanikule ning lisaks käib sinna igapäevaselt tööle suur hulk inimesi. Asumi tihedale külastusele aitavad kaasa mitmed seal asuvad edukad restoranid nagu Boheem, Rohe kohvik ja Sesoon. Kohvikute tihe asustus tähendab, et lisaks vaba aja veetmisele on tõenäoline, et ka piirkonnas töötavad inimesed valivad lõunapausil liikumiseks just elektritõukeratta. Kalamajja on rajatud ka Lennusadam, mis on populaarne sihtkoht nii kohalike kui ka turistide hulgas. Lennusadama viimaste aastate külastajate kohta ei ole detailset statistikat, ent Postimehe andmetel külastas vahemikus 2013. aasta novembrist kuni 2014. aasta märtsini Titanicu näituse raames muuseumit 220 000 külastajat ning Kultuuriministeeriumi andmetel külastas 2015. aastal Lennusadamat 190 371 inimest [17]. Selline statistika annab aimu, milline on Lennusadama külastajate volüüm ning, nagu kaardilt näha, liigutakse võimaluse korral antud piirkonda hea meelega elektritõukeratastel.

Kalamaja uurides selgub, et asumit läbivad vaid kolm ametlikku jalgrattateed. Esimene neist kulgeb mööda mererannikut (piki Kalaranda), teine ühendab Soo ja Tööstuse tänavat, ja suundub siis Koplisse, ning viimane neist on rajatud Vabriku tänava pikkuses.

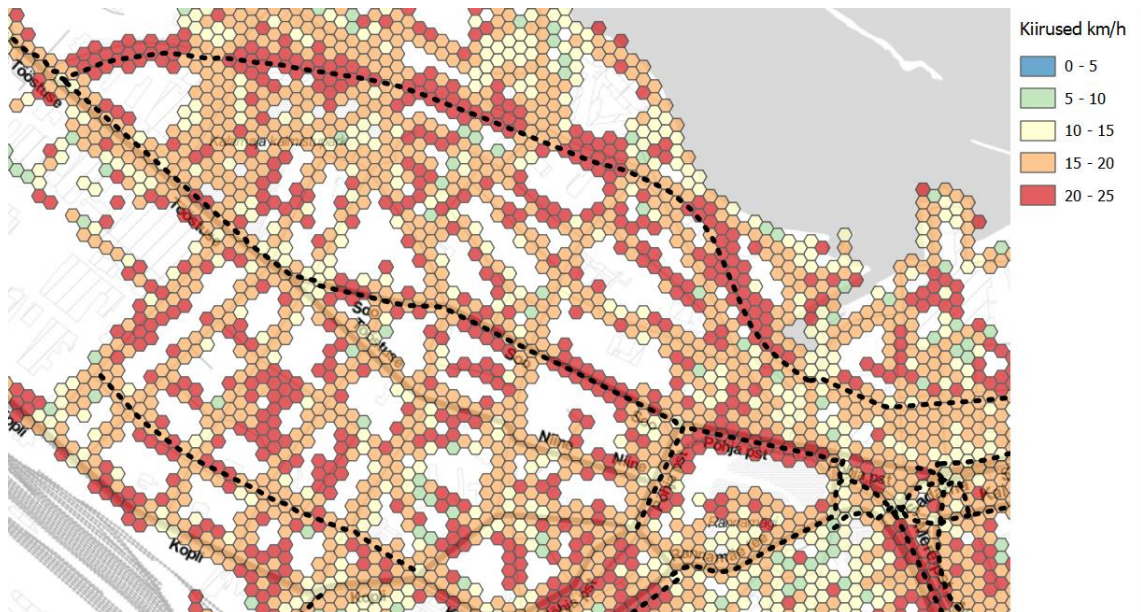
Kaarti lähemalt uurides on näha, et jalgrattateedel, mis kulgevad mööda suuremaid teid, on sõitjate tihedus kõrgem kui väikestel kõrvaltänavatel, mis on oodatav tulemus. Samas paistab muuhulgas silma, et marsruudil Kopli tänav – Kotzebue tänav – Vana Kalamaja tänav on keskmisest kõrgem sõidutihedus kuid seal ei eksisteeri jalgrattateed. Kui kõrvutada sõidutiheduse kaarti keskmise kiiruse kaardiga samal marsruudilt, siis selgub, et keskmine kiirus on samal lõigul vahemikus 15-20 km/h. Arvestades, et elektritõukerataste maksimumkiirus on 25 km/h, võib järeldada, et tegelikult võiks selsamal lõigul olla keskmine kiirus 25 km/h, sarnaselt Kalaranna tänava jalgrattatee keskmisele kiirusele või Telliskivi teele, mis Pelgulinna piirkonnast Kalamaja poole suundub. Antud teelõiku uurides selgub, et suures osas tee pikkusest on tegelikult küll just jalakäijate tee autotee ääres olemas ent, Kalamajale omaselt, on see võrdlemisi kitsas. Seetõttu on seal jalakäijate ning elektrisõiduvahendite kasutajate koos liikumine raskendatud. Küll aga on suuremas osas sellel lõigul jalakäijate tee kahel pool sõiduteed. Seega annaks siin rakendada märgistusi, mis näeks ette, et üks teepool on eelkõige suunatud jalakäijatele ning teine teepool kergliiklusvahenditele.

Kitsaskoht tundub olevat ka Põhja puistee ning Kotzebue tänava rist, kus äkitselt lõppeb ära jalgrattatee. Seega ei ole kuni Põhja puistee üleminekuni Kopli tänavaks kogu tänava pikkuses enam jalgrattateed kuid mudelilt on näha, et antud lõigul on sõidutihedus kõrge. Lõigu täiendamine lubaks liiklejal Kalarannast ohutult liigelda kuni Pelgurannani välja, möödudes Balti jaamast ning jätkates mööda Telliskivi tänavat. Olukorda leevendab asjaolu, et samale marsuudile jääb EKA uus, 2018. aastal valminud hoone, mille ümbruses on korda tehtud jalakäijate tee, mistõttu saab seal liigelda ohutult ka kõrgetel kiirustel.

Suuremas plaanis on näha, et Kalamajas on keskmine kiirus suurematel tänavatel siiski keskmiselt 20-25 km/h. Trend on, et ristmikute lähistel kukub keskmine kiirus vahemikku 15-20 km/h ent see on oodatav, sest Kalamaja asumis on enamik ristmike võrdsed ristmikud, mis tähendab, et liikleja on, vaatama sõiduvahendile, kohustatud igal juhul hoogu maha võtma.



Joonis 15. Kalamaja asumis sõitude tihedus



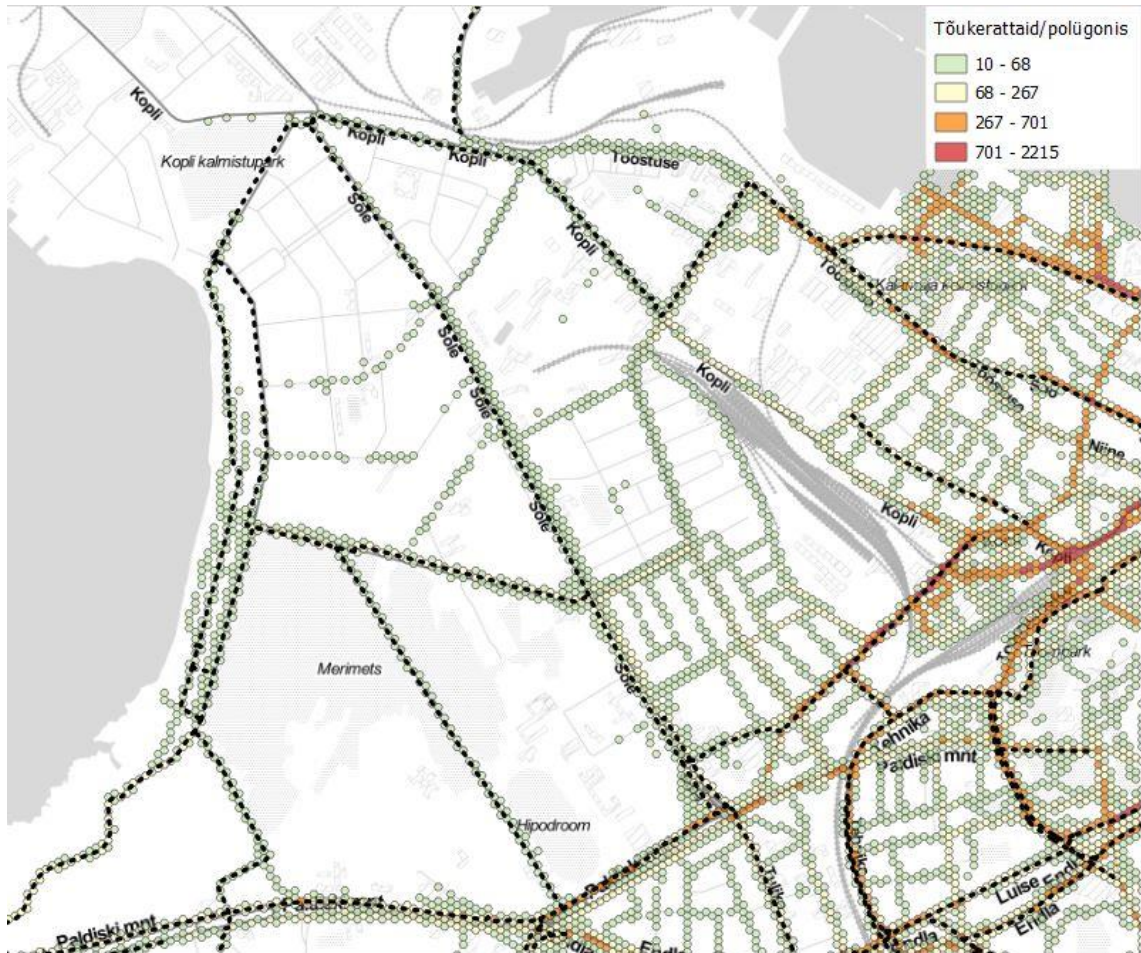
Joonis 16. Keskmised kiirused Kalamaja asumis

4.2 Pelgulinna asum

Ühendus Kalamaja ning Pelgulinna piirkondade vahel on võrdlemisi hea, sest Kopli tänav jõuab üles Kopli poolsaare tippu ning antud tänava lõpus liituvad Kopli tänav ja Tööstuse tänav üheks. Samuti ühendab kahte asumit mööda Telliskivi tänavat kulgev jalgrattatee, mis on omakorda ühenduses Sõle tänavaga. Kogu Sõle tänava pikkuses, kuni Kopli kalmistupargini, eksisteerib jalgrattatee. Seega on Kalamajast Pelgulinna saamiseks kaks marsruuti, mille kogupikkuses on võimalik kasutada jalgrattateed. Kopli kalmistupark märgib ühtlasi elektritõukerataste teeninduspiirkonna lõppu ehk lõppu alale, kuhu võib elektritõukerataid sõidu lõppedes jätta. Seetõttu on ka piirkonnas, mis jääb sellest piirist välja, üldiselt sõite vähem (kuigi sõitude tegemine on lubatud) ning andmeid analüüsimiseks on minimaalselt.

Nagu mainitud on Pelgulinna ühendus kõrvalasuvate asumitega võrdlemisi hea. Samuti läbib Pelgulinna mööda Sõle tänavat kulgev jalgrattatee ent peale selle ei ole Pelgulinna asumis praktiliselt ühtegi jalgrattateed. Näiteks puuduvad ametlikud jalgrattateed piirkonnas, kus asuvad Kolde puiestee ning Aarde, Preesi, Roo, Ristiku, Pebre, Nabra ning Härjapea tänavad, ehk Pelgulinna asumi alguses. Sama kehtib ka Heina tänavale, mis ühendab eelmainitud piirkonda Kopli tänavaga, kust saaks mugavalt liikuda Kalamajja. Lähemal uurimisel selgub aga, et vaatamata ametlike jalgrattateede puudumisele on antud piirkonnas olud võrdlemisi head. Paljudel tänavatel on sätestatud kiiruspiirang 40 km/h ning tänava ääres pargivad autod, mis muudab tänava

kitsaks ja toob autode kiirust veelgi alla. Samal ajal kulgevad enamus tänavate kõrval jalakäijate teed mõlemal pool, sarnaselt Kalamaja tänavatele. Seega saab jällegi ohutuse tagamiseks proovida eraldada jalakäijaid ning elektrisõiduvahendeid.

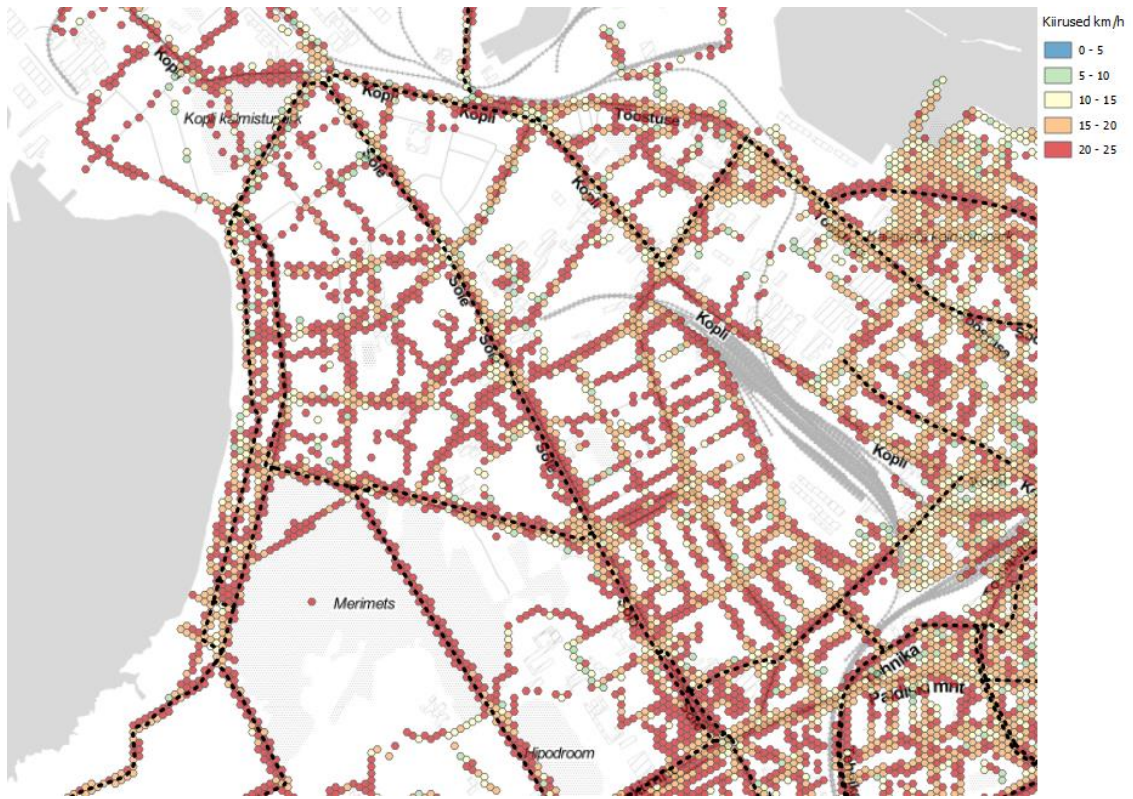


Joonis 17. Pelgulinna asumis sõitude tihedus

Kogu Pelgulinna asumis sooritatud sõitude keskmine arv on pigem madal. Täpset põhjust sellele trendile on ilma lisaandmeteta keeruline määrata. Tõenäoliselt mängib siin aga rolli fakt, et Pelgulinnas on võrreldes näiteks kesklinna ning Kalamaja piirkonnaga vähem töökohti, seega toimub migreerumine pigem Pelgulinnast välja. Samuti ei ole asum eriti tihedalt asustatud restoranide ning meelelahutusasutustega.

Pelgulinna keskmisi kiirusi analüüsidest aga oli üllatav, et kaart oli valdavalt tumepunane, mis märgib keskmist kiirust 20-25 km/h. Siin aga ilmselt võib põhjust otsida kasutatud meetodikas. Kuna andmeid on võrreldes teiste piirkondadega vähem, on ka tulemused ebatäpsemad. Vaadeldes näiteks polügoni, kus on vaid üks asukohapunkt ning sellele vastav kiirus 25 km/h, tuleb kogu

polügoni keskmiseks kiiruseks 25 km/h. Kui aga polügonis oleks veel vähemalt üks asukohapunkt, mille kiirus oleks 7 km/h, tuleks kogu polügoni keskmiseks kiiruseks 16 km/h.



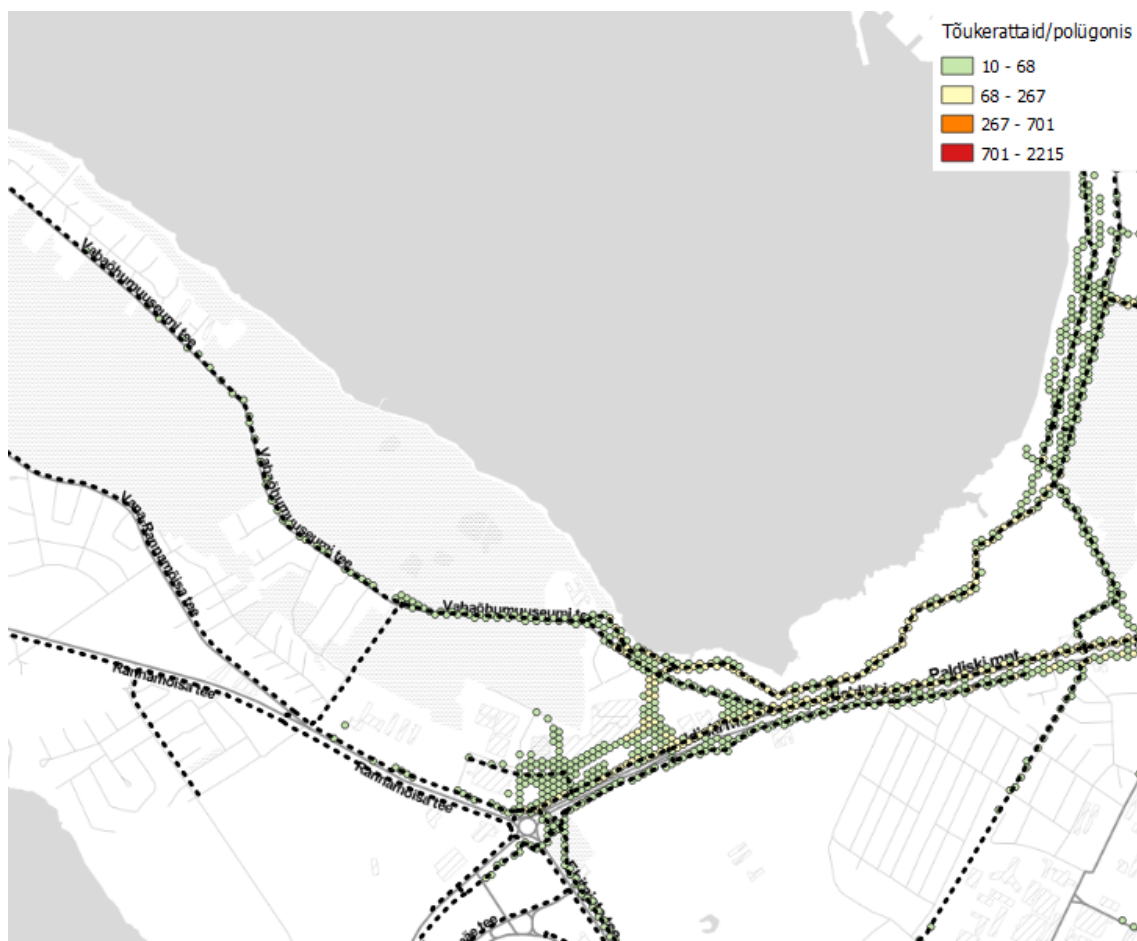
Joonis 18. Keskmised kiirused Pelgulinna asumis

4.3 Õismäe ja Mustamäe asumid

Õismae piirkonna kaarti vaadates selgub, et sarnasel Pelgulinnale ümbritseb asumit jalgrattatee, mis algab Vana-Rannamõisa teest, väikese lõigu moodustab Kakumäe tee ning ülejäänud ring moodustub Vabaõhumuuseumi teest, mis jõuab omakorda tagasi Paldiski maanteele. Õismäe puhul tasub kindlasti ära märkida, et ühendus Kopluga, ning seeläbi ka kesklinnaga, on tegelikult väga hea. Mööda mererannikut kulgeb 2,5 kilomeetri pikkune Rocca Al Mare promenaad, mis algab Stroomi rannast ning lõpeb Rocca Al Mare kooli juures [18]. Lisak promenaadile kulgeb mööda Paldiski maanteed jalgrattatee, mis jõuab välja Telliskivi tänavani ning pakub seetõttu liiklejale mugavat võimalust jõuda Kalamajja või vanalinna.

Vaatamata jalgrattateede heale ühendusele, on sõidutihedus piirkonnas valdavalt madal, jäädes 10-68 sõidu kanti polügoni kohta. Tihedamalt läbitaksegi eelmainitud Rocca Al Mare promenaadi ning Rocca Al Mare keskuse parklat ning selle ümbrust. Samuti on tihedus suurem Paldiski

maantel, mis viib Kristiine keskuse ning kesklinnani. Huvitaval kombel ei ole peaaegu mitte mingit aktiivsust Vabaõhumuuseumi teel ning Vana-Rannamõisa teel. Taaskord on järeltõlge ilma lisaandmeteta keeruline teha. Põhjust võib otsida sellest, et tegu on linnast võrdlemisi kaugel asuva piirkonnaga, kus on see-eest tihed asustus, seega on seal suur kaal erasõidukitel, eelkõige autodel.



Joonis 19. Õismäe asumis sõitude tihedus

Õismäe puhul torkab silma, et valdavalt on keskmine kiirus, sarnaselt Pelgulinna asumile, 20-25 km/h. Kõrgemad kiirused on võimalikud tänu sellele, et nii uus Rocca Al Mare promenaad kui ka mööda Sõpruse puiesteed kulgev jalgrattatee on heas korras ning jalakäijaid liigub seal vähem, kui näiteks linnale lähemal asuvates piirkondades. Promenaadil on küll jalakäijaid rohkem, ent seal aitab ohutust tagada tee laius. Rocca Al Mare keskuse parklas ning selle ümbruses on keskmised kiirused madalamad, jäädes valdavalt 15-20 km/h vahemikku.



Joonis 20. Keskmised kiirused Öismäe asumis

Mustamäe asumis on üldiselt sõitude tihedus väga madal, jäädes peamiselt vahemikku 10-68 sõitu polügoni kohta. Tehtud sõidud aga kulgevad suuresti mööda jalgrattateid. Silma jääb lõik, mis algab Sõpruse puiestee ning J. Sütiste tänava ristmikuga ja jätkub mööda Sõpruse puiesteed TalTechi poole. Männi pargi poolisel Sõpruse puiestee küljel on kogu pikkuses jalgrattatee kuid sõidud on kulgenud just teisel pool Sõpruse puiesteed, kus ametlikult jalgrattatee puudub. Google Maps'iga antud piirkonda uurides selgub aga, et tegelikult on seal korralik lai kergliiklustee, sarnaselt teisele tee poolele. Kusjuures pole see lõik ainuke, kus ametlike andmete kohaselt ei eksisteeri jalgrattateed ent reaalsuses on kergliiklusvahendiga sõitmiseks sobilik tee täiesti olemas. On ka piirkond kus valitseb vastupidine olukord – ametlike andmete järgi on jalgrattatee olemas ent reaalsuses ei ole kergliiklusvahendite eraldatud ala olemas. See toob välja fundamentaalse probleemi, kus jalgrattateed ei ole üheselt defineeritud ega dokumenteeritud.



Joonis 21. Mustamäe asumis sõitude tihedus

Üldiselt võib öelda, et Mustamäe puhul on tegu linnaosaga, kus madala sõidutiheduse taga peituv tegur ei ole mitte ainuks jalgrattateed või nende puudumine, vaid põhjusi tuleb otsida ka mujalt. Eelmise hooaja jooksul oli Bolt'il Mustamäel vaid üks *deployment spot* ehk koht, kuhu hommikuti elektritõukerattad viidi, mis oli tol hetkel sätestatud kohaliku omavalitsuse poolt. See tähendas aga, et sõiduvahendite arvukus Mustamäel oli väga piiratud, mis viis ka vähemate sõitudeni. Eelmisel hooajal ei kasutatud ka vahetatavaid akusid, mis aitaksid sõitude arvukust tõsta.

Nõnda nagu Õismäe ja Mustamäe, saaks ka Peetri asum palju kasu vahetatavatest akudest ning leebemast parkimistsoonist. Eelmisel hooajal võis Peetri asumis jätta elektritõukerattaid vaid Tartu Maantee ning Peetri tee äärde.

4.4 Kristiine asum



Joonis 22. Kristiine asumis sõitude tihedus

Kristiine on asum, kus, võrreldes teiste asumitega, ühtivad tehtud sõitude marsruudid ning jalgrattateed omavahel kõige suuremal määral. Kõige suurem osa tehtud sõite asuvadki just Mustamäe teel, Sõpruse puiesteel ning Nõmme teel, kus sõitude tihedus jääb valdavalt vahemikku 68 – 267 sõitu polügoni kohta. Sõidud, mis jäävad nendest aladest välja, kulgevad enamasti mööda väiksemaid kõrvaltänavaid nagu Mehaanika, Mooni ja Tedre tänav. Antud tänavaid lähemalt uurides selgub, et tegelikult puufub seal paljudel lõikudel igasugune kergliiklustee. Samas on seal ka autodel väga kitsad tingimused, mistõttu on ka piirkiirus paljudel tänavatel 30 km/h. Üldine aeglasem liiklusvoog on ohutum nii autojuhtidele, jalakäijatele kui ka kergliiklusvahendite kasutajatele. Antud piirkonnas oleks tegelikult autode ning teiste liiklejate eraldamine raskendatud, sest ruumipuudus ning majade tihe paiknemine seab väga konkreetsed piirangud. Vaatamata kitsastele oludele on Kristiine asumis keskmisi kiirusi vaadates kaart valdavalt punane, mis vastab keskmisele kiirusele 20-25 km/h. Selline statistika annab mõista, et ehkki teatud aladel puuduvad jalgrattateed, on teolud ikkagi piisavalt head, et maksimumkiirusel sõita.



Joonis 23. Keskmised kiirused Kristiine asumis

4.5 Ülemiste City

Ülemistesse käib Ülemiste City kodulehe andmetel igapäevaselt tööle üle 10 000 inimese. Lisaks asuvad seal näiteks hambakliinik, kolm lasteaeda, kaks rahvusvahelist kooli, restoranid, spordiklubid ja palju muud, mis kõik panustab Ülemiste Citysse sisse suunduvasse ning sealt välja liikuvasse liiklusesse [15].

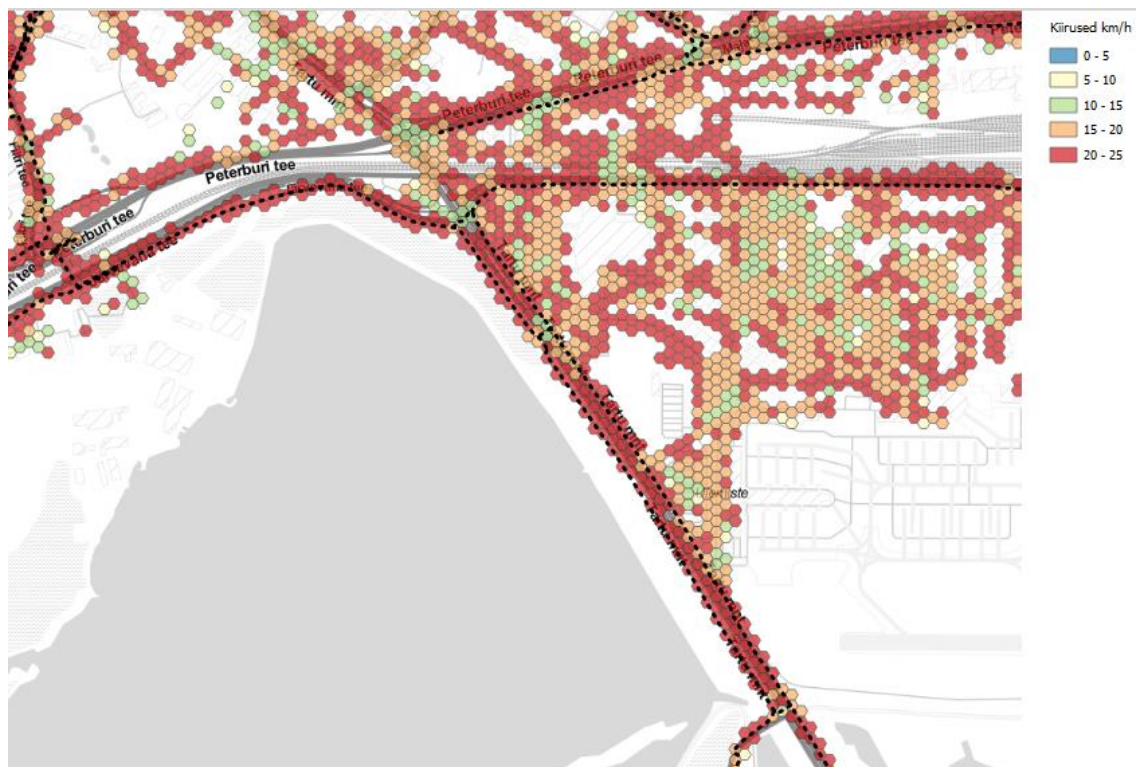
Suures pildis on Ülemiste Cityl väga hea ühendus ülejäänud linnaosadega – laiad jalgrattateed kulgevad nii Peetri poolt kui ka mööda Järvevana teed, mis ühendab Ülemiste City vanalinna ning Kalamajaga. Kõige aktiivsem tegevus antud piirkonna lähistel on aga lõigul, kus ametlikult üldse jalgrattateed ei eksisteeri ehk lõigul, mis kulgeb mööda Tartu maanteed ja jääb Ülemiste ristmiku ning Bussijaama vahele. Kaardilt selgub, et sellel lõigul on kohati tihedus lausa 701-2215 sõitu polügoni kohta, mis on skaala kõrgeim näitaja. Tegu on kiireima teega Ülemiste Cityst kesklinnani ent ametlike jalgrattateid järgides peaks selle lõigu asemel elektritõukeratta kasutaja sõitma hoopis mööda Järvevana teed, suunduma seejärel Filtri teele, mis viimaks jõuab bussijaamani. See

tähendab, et ca 800 meetri asemel tuleb läbida ca 2 kilomeetrit, mis on nii ajaliselt kui rahaliselt kulukam. Samuti käib see kogu mikromobiilsuse põhimõtte vastu, mis peaks kasutajal lubama kiirelt ning mugavalt läbida ka kohti, kuhu näiteks autoga ei pääse.



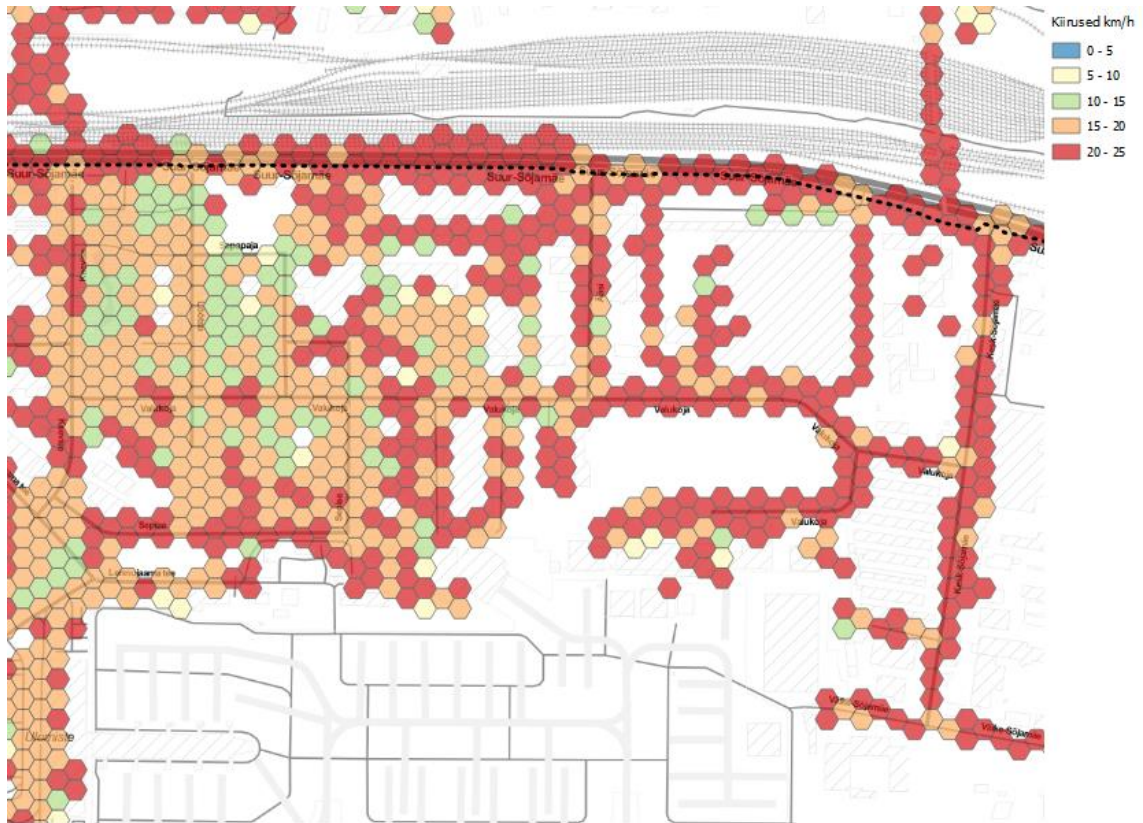
Joonis 24. Ülemiste City sõitude tihedus

Antud piirkonna keskmiste kiiruste kaart toob sama veakoha välja. Valdavalt on piirkonnas keskmine kiirus 20-25 km/h, eriti just suurematel teedel nagu Tartu maante ja Järvevana tee. Küll aga on eelmainitud probleemsel lõigul kiirused madalad, mis tähendab, et lõigu läbimine on probleemne. Ühe olusid veelgi raskendava faktorina võib välja tuua Ülemiste viadukti, mille alt läbi saamiseks on vaja läbida kitsas teejupp.



Joonis 25. Keskmised kiirused Ülemiste piirkonnas

Ülemiste piirkonna puhul peaks veel välja tooma, et jalgrattatee kulgeb küll mööda Suur-Sõjamäe teed kuid ametlikult ei ole Ülemiste City's sees mitte ühtegi jalgrattateed. Samuti on piirkonna piirkiiruseks 50 km/h, mis teeb autoteel liikumise ohtlikumaks kui näiteks Kalamajas või Kristiine asumisisestel tänavatel, kus valdavalt on piirkiirus 30 km/h. Jalgrattatee rajamist võiks kaaluda näiteks Valukoja ning Kesk-Sõjamäe teedele, mis on kaks suurt Ülemiste City't läbivat teed, kus on ka kõrge sõidutihedus ning keskmine kiirus.



Joonis 26. Ülemiste City

4.6 Lasnamäe asum

Antud asumis puhul piirnevad sõidud J. Smuuli teega, mistõttu vaatleme täpsemalt vaid asumis alguse osa. Lasnamäe, sarnaselt Õismäele, on ümbritsetud jalgrattateedest kuid see-eest pole asumis sees jalgrattateid, vaatamata kõrgele sõidutihedusele. Näiteks on aktiivsed Pallasti, Lasnamäe, Kivimurru ning Katusepapi tänavad kuid ühelgi neist ei eksisteeri jalgrattateid, kuigi sõidutihedus on seal valdavalt 68-287 sõitu polügoni kohta. Samuti tasub märkida, et antud tänavad on seotud Tartu maantee lõiguga, millest oli juttu Ülemiste City asumis juures, kus ei eksisteeri jalgrattateid. Seega pole Lasnamäe algusest Ülemistesse ning vastupidi liikumiseks ühtset jalgrattateede infrastruktuuri.



Joonis 27. Lasnamäe asumis alguse sõitude tihedus

4.7 Pirita piirkond

Pirita tee on suvisel ajal väga populaarne piirkond, kus keskmine sõidutihedus on Pirita tee ääres kulgeval kergliiklusteel suuremas osas 701-2215 sõitu polügoni kohta, ehk skaala kõrgeim. Kergliiklusteelt kõrvale jäävatel aladel, näiteks Pirita TOPi ümbruses, on samuti suur sõidutihedus, vaatamata jalgrattate puudumisele. Antud piirkonnas aga ei kujuta see otseselt probleemi, sest tegu on autodele praktiliselt ligipääsmatu piirkonnaga, mistõttu on seal kergliiklusvahenditega liiklemine ohutu. Samuti on piirkonnas piisavalt ruumi, et jalakäijad ning kergliiklusvahendite kasutajad saaksid üksteisest ohutut vahe hoida.

On aga kaks lõiku, kus on kõrge sõidutihedus ent ametliku kaardi järgi jalgrattateed ei eksisteeri – Pirita tee algus, kus tee lahkneb ning üks haru läheb üle Narva maanteeks, ning Merivälja tee. Kui aga vaadata Merivälja teed Google Maps'ist, siis on näha, et tegelikuses kulgeb piki autoteed piisavalt lai kergliiklustee, mis võiks mahutada nii jalakäija kui elektritõukeratta kasutaja. Narva maantee alguses on kergliiklusteed küll kitsad, ent kulgevad mõlemal pool autoteed kogu pikkuses. Seega saaks rakendada sarnast strateegiat nagu marsruudil marsruudil Kopli tänav – Kotzebue

tänav – Vana Kalamaja tänav, ehk pühendada üks tee pool jalakäijatele ning teine tee pool kergliiklusvahenditele.



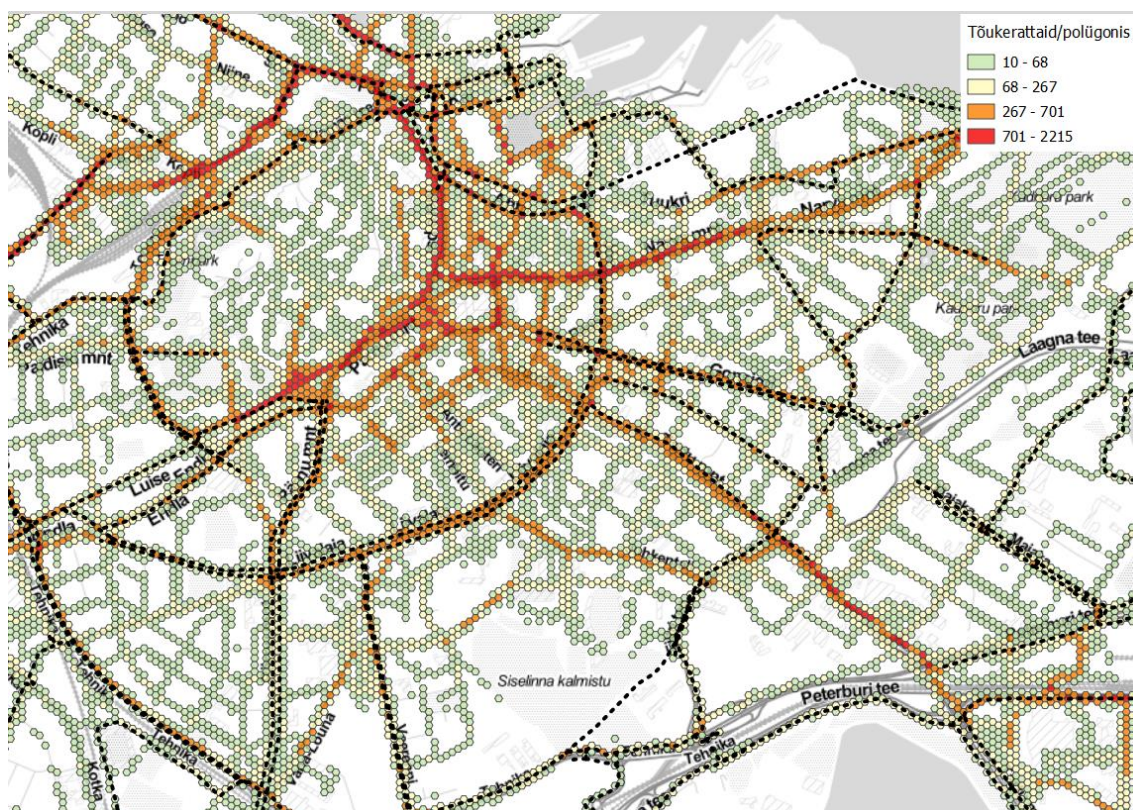
Joonis 28. Keskmiised kiirused Pirita teel

4.8 Tallinna kesklinn

Tallinna kesklinn on vaieldamatult kõigist asumitest kõige keerukama infrastruktuuriga, mistõttu on ka raskem läbi viia analüüsi ning teha konkreetseid ettepanekuid olude parendamiseks. Antud asumis tehti juulikuu jooksul enim sõite, seega on ka andmeid rohkem kui teiste ülalmainitud asumite kohta. See aga tähendab, et andmed on ka täpsemad, mis on antud kontekstis kasulik.

Kesklinnas elab 1. mai seisuga 63 152 elanikku [20] kuid sõitude koguarvule annavad lisaks kohalikele panuse nii teiste asumite elanikud kui ka turistid. Ainuüksi 2019. aasta esimese 6 kuuga külastas Tallinnat ca 2 miljonit inimest, sarnaselt nagu aasta varem [20]. Antud analüüsi edasiarenduses oleks huvitav teha statistika, mis hulk sõite on tehtud turistide poolt ning palju sõite tegid Eesti elanikud, eristades kasutajaid näiteks telefoninumbri alusel. Antud analüüsis aga kasutajaid ei eristada ning andmed käsitlevad nii kohalike kui ka turiste.

Kesklinna piirkonda vaadates on raske mööda vaadata vanalinnast. Ometigi on tegu väga keeruka piirkonnaga, kus ühtset lihtsat lahendust ei eksisteeri. Ühelt poolt oleks turismile, ning ka kohalikele, kasulik kui vanalinna läbiksid samuti jalgrattateed. See vähendaks ka elektritõukeratastele tehtavat kahju, mida tekitavad ebatasased pinnad ning kõrged äärekiivid, mida vanalinnas kohtab. Teisalt aga on vanalinn miljööväärtuslik piirkond, mida peaks säilitama võimalikult algsel kujul. Lisaks on seal ruumi poolest väga selged limiidid, mida ei saa nihutada. Antud kompleksuse tõttu jääb vanalinna piirkond suuresti analüüsist välja.



Joonis 29. Kesklinna sõitude tihedus

Kesklinna piirkonnas on eelnevate asumitega võrreldes kaart aktiivsem, ehk sõite on kogu kaardi ulatuses palju rohkem. Linna sisse sõidab mitmeid teid, kus eksisteerib jalgrattateed, näiteks Veerenni tänav, üks osa Pärnu maanteed, Gonsiori tänav, Luise tänav ning muud. Ometi ei ole piirkonnas, mis jääb Liivalaia tänavast, Toompuiestest ning Ahtri tänavast moodustuvast ringist sissepoole, praktiliselt ühtegi jalgrattateed. Eriti kerkivad esile Liivalaia tänav, Toompuiestee, Pärnu maantee, Narva maantee, Mere puiestee, Estonia puiestee ja Rävalla puiestee (vt. Joonis 30).



Joonis 30. Lähivõtte kesklinna tänavatest

Jalgrattateede võrgustik suur puudus ilmneb just lõigul Pärnu maantee – Mere puiestee. Kui kasutaja valib kesklinna ning vanalinna piirkonda suundumiseks Luise tänava, Endla tänava või Pärnu maantee, siis ei ole mugavat jalgrattateede ühendust, et sõita näiteks sadama piirkonda või Piritale. Just need kaks sihtkohta aga on väga kõrge sõitudihedusega. Sarnaselt eelmainitule ei ole ühtset teed suundudes näiteks mööda Gonsiori tänavat kesklinna poole. Liivalaia ristudes kaob mööda Gonsiori tänavat kulgev jalgrattatee ning Gonsiori tänava üleminekul Estonia puiesteeks enam jalgrattateed ei eksisteeri. Seega peab liikleja jalgrattatee kasutamiseks liikuma mööda Liivalaia tänavat. Seega, kui liikleja suundub Ülemiste poolt linna, tuleks teoorias Vabaduse väljaku piirkonda jõudmiseks läbida 1 kilomeetrise lõigu asemel (Gonsiori tänav – Estonia puiestee) läbida ca 2,5 kilomeetrine marsruut (Liivalaia tänav – Pärnu maantee).

Kaardilt selgub, et tegelikult on palju liiklust ka seal, kus tänavaid ametlikult ei eksisteeri ent tegelikult on läbitavus hea, näiteks lõik Pärnu maantee ja Kaarli puiestee vahel, mis ületab Vabaduse väljakut. See toob välja, et alati ei ole mugavaks ning ohutuks liiklemiseks vaja tingimata jalgrattateed, vaid piisavalt laia ning tasast pinda ja õiget sõidukiirust. Elektriõukerattad on ühtlasi võrdlemisi uus nähtus Eestis, mistõttu ei ole senine jalgrattate- ning kergliiklusteede

võrgustik just neile kohandatud. Elektritõukerattaga võib teatud kohtades olla sõitmine raskem kui rattaga, näiteks kohtades kus on ebatasane pinnas või kõrged ja pidevad äärekivid. Seega peaks potentsiaalseid kergliiklusteid rajades mõtlema ka elektritõukerataste omadustele ja iseärasustele, mis teevad teatud olukordades liikumise mugavamaks ent võivad seada ka piiranguid.

5 Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärgiks oli 2019. aasta juulikuu andmete põhjal anda ülevaade ettevõtte Bolt Technology OÜ elektritõukeratastega tehtavate sõitude marsruutidest ning keskmistest kiirustest Tallinna linnas. Täna sel päeval on Eestis puudu just elektrisõiduvahendeid puudutavaid uuringuid, mis aitaks kaasa nende efektiivsemale tarbimisele ning autostumisega seotud probleemide vähendamisele. Kasutusharjumuse analüüsimine linnapildis aitab paremini mõista, mil määral toetab Tallinna linnaplaneering mikromobiilsete sõiduvahendite populaarsuse kasvu.

Töö raames anti kõigepealt ülevaade tehnoloogiast, mis selliste analüüside tegemise üldse võimalikuks teevad ning meetodikast, mida töö tegemisel järgiti. Samuti räägiti probleemi taustast, millest antud analüüs ajendatud oli. Töö praktilises osas filtreeriti välja ning töödeldi töö läbi viimiseks vajalikud andmed, mille põhjal loodi QGIS tarkvara kasutades kasutusharjumusi visualiseerivad mudelid. Seejärel analüüsis autor loodud mudeleid elektritõukerataste teeninduspiirkonda jäävate Tallinna asumite tasemel, mida on kokku üheksa. Analüüsi käigus toodi välja suurimad puudused aga keskenduti ka kohtadele, kus teede struktuur toetab mikromobiilsete vahenditega liiklemist.

Antud bakalaureusetöö raames keskenduti tarkvaraliste piirangute tõttu vaid ühe kuu andmete analüüsimisele. Töö edasiarendus aga võiks hõlmata juba palju suuremaid andmevalimit, näiteks tervet hooaega, mis aitaks veelgi täpsemaid tulemusi saada. Edasiarenduse käigus peaks samuti veel enam süvitsi minema juba olemasolevate teede uurimisega, et aktuaalne olukord paremini kajastuks. Saadud tulemused võiksid olla hea alustala, et teha väga konkreetseid ning kaalutletud ettepanekuid reaalseteks muutusteks jalgrattateede infrastruktuuris, mis tooks kasu kõigile linnas liiklejatele ning toetaks ühiskasutatavate elektrisõidukite kasutamist erasõidukite asemel.

Kasutatud kirjandus

- [1] L. Bliss, “When Will the Electric Scooters Take Over?,” *CityLab*.
<https://www.citylab.com/transportation/2019/04/electric-scooter-micromobility-transportation-revolution/587440/> (02.05.2020)
- [2] A. J. Hawkins, “The electric scooter craze is officially one year old — what’s next?,” *The Verge*, Sep. 20, 2018. <https://www.theverge.com/2018/9/20/17878676/electric-scooter-bird-lime-uber-lyft> (02.05.2020)
- [3] J. Novak, R. Ahas, A. Aasa, and S. Silm, “Application of mobile phone location data in mapping of commuting patterns and functional regionalization: a pilot study of Estonia,” *J. Maps*, vol. 9, no. 1, pp. 10–15, Mar. 2013, doi: 10.1080/17445647.2012.762331.
- [4] “Satellite navigation,” *Wikipedia*. Apr. 23, 2020, [Online]. Available:
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Satellite_navigation&oldid=952633589
(04.05.2020)
- [5] “What is a GPS? How does it work?,” *Library of Congress, Washington, D.C. 20540 USA*.
<https://www.loc.gov/item/what-is-gps-how-does-it-work/> (12.05.2020)
- [6] “How GPS Receivers Work,” *HowStuffWorks*, Sep. 25, 2006.
<https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/travel/gps.htm> (03.05.2020)
- [7] “What is the Internet of Things, and how does it work?,” *Business Operations*, Nov. 17, 2016. <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/what-is-the-iot/> (07.05.2020)
- [8] “Jalgrattateede rajamine Tallinnas.” <https://www.tallinn.ee:443/est/Jalgrattateede-rajamine-Tallinnas> (03.05.2020)
- [9] “NoSQL vs Relational Databases,” *MongoDB*. <https://www.mongodb.com/scale/nosql-vs-relational-databases> (09.05.2020)
- [10] “NoSQL Databases Explained,” *MongoDB*. <https://www.mongodb.com/nosql-explained>
(05.05.2020)
- [11] “Founder of QGIS: Gary Sherman,” *xyHt*, Sep. 03, 2018. <https://www.xyht.com/spatial-itgis/godfather-of-qgis/> (02.05.2020)
- [12] “How to Choose Right Heatmap Colors Palette [2020]?,” *Blog*, Feb. 05, 2020.
<https://vwo.com/blog/heatmap-colors/> (18.05.2020)

- [13] “Dos and don’ts for a heatmap color scale,” *BioTuring’s Blog*, Sep. 24, 2018.
<https://blog.bioturing.com/2018/09/24/heatmap-color-scale/> (19.05.2020)
- [14] “Kalamaja,” *Vikipeedia*. May 05, 2020, [Online]. Available:
<https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Kalamaja&oldid=5623474> (12.05.2020)
- [15] “Ülemiste City.” <https://www.ulemistecity.ee/> (12.05.2020)
- [16] “Spatial data.” <https://www.tallinn.ee:443/eng/geoportal/Spatial-data> (16.05.2020)
- [17] “Titanicu näituse külastatavus purustas Eesti muuseumide rekordi,” *Kultuur*, Apr. 02, 2014.
<https://kultuur.postimees.ee/2747940/titanicu-naituse-kulastatavus-purustas-eesti-muuseumide-rekordi> (13.05.2020)
- [18] “Rocca al Mare promenaad,” *Vikipeedia*. Apr. 08, 2019, [Online]. Available:
https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Rocca_al_Mare_promenaad&oldid=5271032
(16.05.2020)
- [19] “Tallinna elanike arv.” <https://www.tallinn.ee:443/est/Tallinna-elanike-arv> (20.05.2020)
- [20] “Tallinna turism 2019. a. I poolaastal > Ettevõtjale > Tallinn.”
<https://www.tallinn.ee:443/est/ettevotjale/Uudis-Tallinna-turism-2019.-a.-I-poolaastal>
(20.05.2020)