

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Ökoloogia ja maateaduste instituut

Geograafia osakond

Magistritöö geoinformaatikas ja kartograafias (30 EAP)

## **Veebialuskaartide koostamine ETAKi andmete põhjal**

Joonatan Kama

Juhendaja: PhD Alexander Kmoch

Kaasjuhendaja: PhD Raivo Aunap

Tartu 2023

## **Infoleht**

### **Veebialuskaartide koostamine ETAKi andmete põhjal**

Käesoleva töö eesmärk on uurida veebikaartide praktilise ülesehitamise lahendusi ning koostada saadud teadmiste põhjal Eesti jaoks mõned erinevad praktilised ja stilistiliselt põhjendatud veebialuskaardid. Kaartide koostamise alusena kasutatakse ETAKi andmeid ning kahte erinevat tehnoloogilist lahendust. Oluline osa tööst on veebialuskaartide olemuse ja meetodika tutvustus ning hetkel laialt kasutuses olevate veebikaarditeenuste analüüs. Lõpptulemusena koostatakse neli erinevas stiilis veebikaarti, millest kolm toimivad WMS- ja üks vektorpaanidel põhineva teenusena.

Märksõnad: kartograafia, veebikaardid, Eesti

CERCS kood: P510 - Füüsiline geograafia, geomorfoloogia, mullateadus, kartograafia, klimatoloogia

## **Abstract**

### **Creating online base maps based on ETAK data**

The aim of this thesis is to study the practical solutions of web mapping and based on these findings, create various practical and stylishly justified web basemaps for Estonia. Data from ETAK is used as the basis for the preparation of the maps and the maps will be published using two different technological solutions. An important part of the work is the introduction of the nature and methodology of online base maps and the analysis of existing popular online map services. The end result is four different styled web maps of which three are provided as WMS- and one as vector tile based services.

Keywords: cartography, web maps, Estonia

CERCS code: P510 - Physical geography, geomorphology, pedology, cartography, climatology

# Sisukord

<b>SISSEJUHATUS .....</b>	<b>5</b>
<b>1. TEOREETILINE ÜLEVAADE .....</b>	<b>6</b>
1.1. Veebikaartide ajalugu .....	6
1.2. Aluskaardid .....	6
1.2.1. Temaatilised kaardid ja kartograafilised kujutusviisid.....	10
1.3. Stiil .....	12
1.3.1. Värvid .....	12
1.3.2. Kaardielemendid .....	14
1.3.3. Generaliseerimine.....	16
1.3.4. Projektsioon .....	17
1.4. Veebikaartide avaldamise tehnoloogiad .....	19
1.4.1. Eelrenderdatud rasterandmed.....	19
1.4.2. Vektorandmed .....	22
1.5. Veebikaartide tarkvara.....	25
1.5.1. Ruumiandmebaasid .....	25
1.5.2. Andme-, kaardi- ja töötlemisserverid .....	25
1.5.3. Veebikaardistamise teegid .....	26
1.6. Erinevad veebikaardid .....	27
1.6.1. Google Maps .....	27
1.6.2. Maa-ameti kaart .....	28
1.6.3. OpenStreetMap .....	29
1.6.4. Mapbox .....	30
1.6.5. Bing Maps.....	31
1.6.6. ESRI .....	32
1.6.7. Carto .....	33
1.6.8. Veebikaartide võrdlus.....	34
<b>2. MATERJAL JA METOODIKA .....</b>	<b>36</b>
2.1. Andmed.....	36
2.2. Kaardikihtide kujundamine.....	37
2.2.1. Stiil .....	37
2.2.2. Kaardikihtide nähtavus .....	39
2.3. Tarkvara .....	39

2.4. Kaartide veebis avaldamine .....	41
<b>3. TULEMUSED.....</b>	<b>43</b>
3.1. Valminud kaardid.....	43
3.1.1. OSM stiil.....	45
3.1.2. Tume stiil.....	46
3.1.3. Hele stiil.....	47
3.1.4. MVT vektorpaanidel põhinev kaart .....	48
3.2. Kaardirakendus ja –teenus .....	49
<b>4. ARUTELU .....</b>	<b>50</b>
4.1. Metoodilised lahendused ja andmestikust tulenevad eripärad.....	50
4.2. WMS ja MVT kujundamise metoodilised erinevused .....	52
4.3. Aluskaartide arendamise perspektiivid.....	52
<b>5. KOKKUVÕTE.....</b>	<b>54</b>
<b>Summary.....</b>	<b>55</b>
<b>TÄNUAVALDUSED .....</b>	<b>56</b>
<b>KIRJANDUSE LOETELU .....</b>	<b>57</b>
<b>Lisad.....</b>	<b>65</b>
Lisa 1. Kaardistiilide kujundamise testialad .....	65
Lisa 2. Kaardikihtide nähtavuse legend.....	67
Lisa 3. Kujundustabel .....	68
Lisa 4. Loodud kaartide võrdlus neile aluseks olnud populaarsete aluskaartidega .....	69
Lisa 5. Teenuste kasutusjuhend.....	71

## SISSEJUHATUS

Veebialuskaardid on stiliseeritud ruumiandmete kogumid, mida kasutatakse enamasti mõne teise ruumilise andmestiku esitamisel taustakihina. Kuna taustainfo ja ruumiline kontekst on ruumianalüüsis ja -modelleerimises väga oluline, sisaldab peaaegu iga kaart visuaalse taustana aluskaarti. Tänapäeval esitatakse üha enam ruumiandmeid veebi/veebiteenuste kaudu ning veebialuskaartide valik on väga lai – kaarte koostavad nii suurettevõtted ja avalikud institutsioonid kui ka väiksemad iseseisvad arendajad. Veebialuskaarte kasutatakse tänapäeval pea kõikides eluvaldkondades alates ülemaailmsetest organisatsioonidest kuni hobikartograafideni.

Sellest hoolimata napib hetkel Eesti kohta riiklikest allikatest pärinevatel andmetel põhinevaid aluskaarte, mis esitaks tulemusi eesti keeles ning mida oleks võimalik kasutada erinevates stiilides. Vähe pakutakse ka veebialuskaarte, kus oleks võimalik teenust kasutades märgiste kihti sisse-välja lülitada. Olemasolevatele veebikaarditeenustele alternatiivi loomine pakub kasutajatele rohkem valikuid oma andmete esitamiseks.

Käesoleva töö eesmärk on uurida veebialuskaarte ja nende olemust ning koostada saadud teadmiste põhjal praktilised ja stiilsed veebialuskaardid Eesti jaoks, kasutades Eesti topograafilise andmekogu (ETAK) andmeid. Kaartide veebis avaldamiseks kasutatakse kahte erinevat tehnoloogilist lahendust. Töö põhirõhk on praktilise ja hästi kasutatava väljundi loomisel. Seoses sellega on suurendatud tähelepanu ka kartograafilisel kujundusel ja sellekohasel analüüsil ning kaartide veebis avaldamisega seotud tehnoloogilistel lahendustel. Lisaks moodustab olulise osa tööst hetkel laialt kasutuses olevate teenuste analüüs ning enim kasutatavate aluskaartide võrdlus. Teoreetiliste aluste põhjal seatakse tehnilised kriteeriumid, millest kaartide koostamisel lähtuda ning mille kaudu oleks võimalik hinnata saadud tulemuste kvaliteeti ja kasutatavust.

# 1. TEOREETILINE ÜLEVAADE

## 1.1. Veebikaartide ajalugu

Veebikaardid on olnud kasvavalt populaarsed nende loomisest saati ca 30 aastat tagasi. 1991. aastal loodi nüüd igapäevaselt kasutatav World Wide Web ning juba 1993. aastal ka esimene veebibrauser Mosaic (Peterson, 2021). Sellest ajast hakkas veeb seninägematul kiirusel arenema ning esimese brauseri juurde loodi ka esimene veebikaardi rakendus Mosaic Map Viewer (Putz, 1993).

Kolm aastat pärast Mosaici, aastal 1996, avaldati esimene teedevõrku kujutav veebikaart MapQuest (Peterson, 2021). MapQuest oli üks esimesi veebis kättesaadavaid teekaarte, mis osutus laialt populaarseks ning toimib tänaseni. Aastal 2009 võttis populaarseima kaardirakenduse koha üle Google Maps. Google'i populaarsuse kiirele kasvule aitas kindlasti kaasa ka nende poolt kasutusele võetud *tile*- ehk paanidel põhinev meetoodika, mida kasutades saab võrreldes varasemate meetoditega kaarti oluliselt kiiremini ekraanile kuvada.

Kiire arengu tulemusena oleme jõudnud tänaseks olukorda, kus veebikaardid on enamikes eluvaldkondades paberkaardid pea täielikult asendanud. Veebikaartide funktsioonid ja andmemahud pakuvad võimalusi, milleni klassikalised paberkaardid iial ei jõuaks.

## 1.2. Aluskaardid

Aluskaart on ruumiandmete kogum, mis moodustab mõne teise andmestiku jaoks taustakihi (McPherson, 2016). Aluskaarte on loodud paljudes erinevates vormides ja stiilides ning seega on sõltuvalt vajadusest võimalik valida nende seast sobivaim. Enim levinud aluskaartide stiilid on lõuend (*canvas*, vähendatud sisuga monokromaatiline kaart), topograafiline kaart, tänavakaart, reljeefkaart, satelliit/ortokaart jne. (McPherson, 2016). Aluskaardi valikul tuleb kindlasti lähtuda põhimõttest, et lisaks visuaalsele ilule peab see olema ka funktsionaalne (Robinson et al., 1995).

Aluskaarte kasutatakse enamasti rakenduste ja asukohaandmete visualiseerimise taustana. Tüüpilised veebialuskaartide kasutajad on:

- rakenduste arendajad/pakkujad, kes vajavad aluskaarte: näiteks kullerteenused, takso- ja sõidujagamisteenused, ilmarakendused, matkarakendused jne.;
- andmete ja nende visualiseerimisega tegelevad asutused (näiteks era-, akadeemilised, teadus-, valitsus-, ettevõtted), kes soovivad kuvada oma andmeid ruumilises kontekstis;

- tüüpiline ühe aadressi/asukoha marker igal "digitaalse visiitkaardiga" veebisaidil;
- kaardi kujundaja/kartograaf -> tööriistad aluskaardi koostamiseks.

Eesti keeles tuleb olla hoolikas kasutades sõnu „aluskaart“, „baaskaart“ ja „põhikaart“, kuna nad omavad vastavalt kontekstile erinevaid tähendusi ning vasted eesti ja inglise keeles võivad sisulistest erinevustest hoolimata kõlada eksitavalt sarnaselt. Aluskaart on veebis kaardirakendustes ja -teenustes kasutatav kaart, millel kuvatavad andmed võivad olla pärit erinevatest andmestikest. Maa-ameti Eesti Baaskaart on üheksakümnendatel aastatel loodud 1:50 000 mõõtkavale vastav kaart, millel kujutatakse „baasinfot“ (Maa-amet, 2023a). Põhikaardiks nimetatakse Maa-ameti suuremõõtkavalist (1:10 000) topograafilist kaarti, mida toodetakse Eesti topograafia andmekogu (ETAK) andmetest (Maa-amet, 2022). Tabelis 1 on välja toodud Maa-ametis kasutatavad kaartidega seotud terminid ning nende ingliskeelsed vasted.

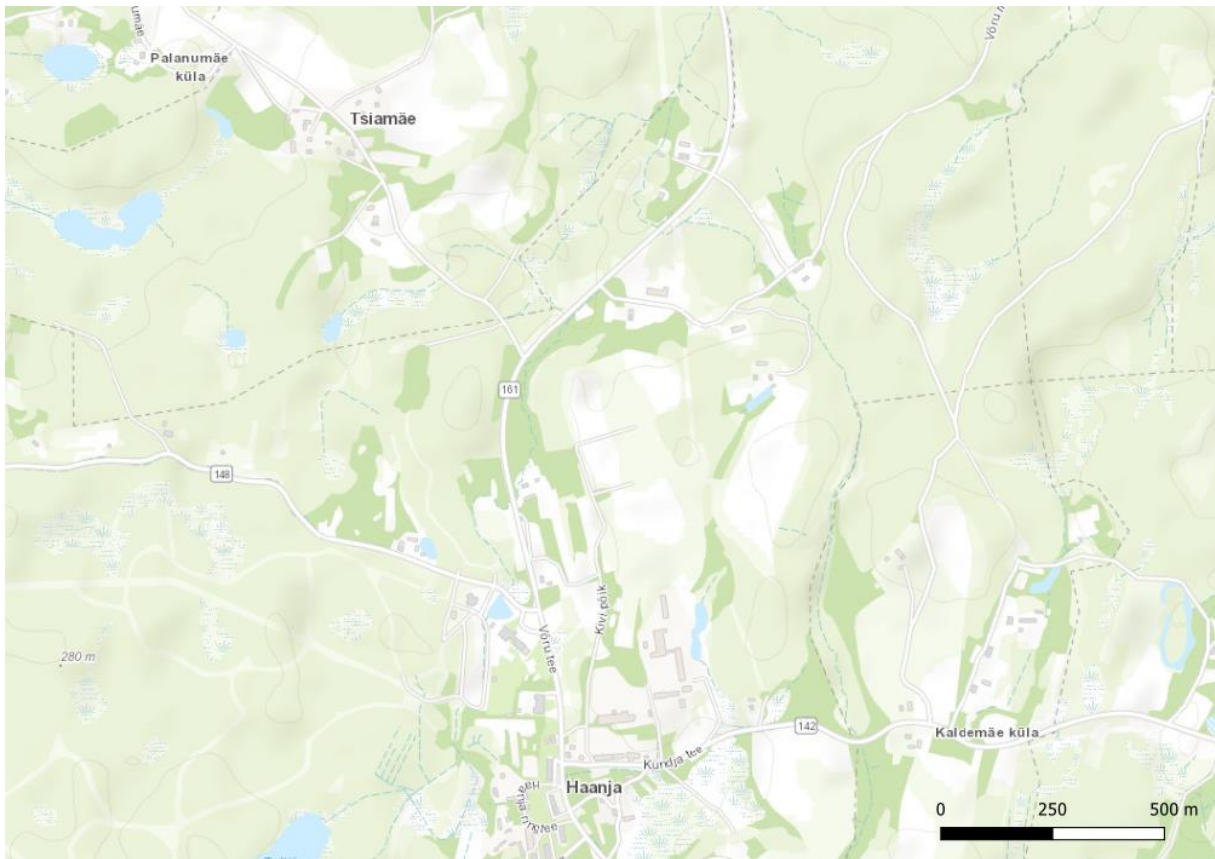
Tabel 1. Maa-ametis kasutatavate sarnaste kaartidega seotud terminite eesti-inglise vastavused.

<b>Eesti keel</b>	<b>Inglise keel</b>
Aluskaart	<i>Basemap</i>
Baaskaart	<i>Base Map</i>
Põhikaart	<i>Basic Map</i>

Aluskaardid jagunevad kahte suuremasse kategooriasse – vektorkaardid ning rastripõhised aero- või satelliidifotod (Cimbura, 2016). Laialt kasutatakse ka hübriidkaarte, mis on kahe mainitud kategooria kombinatsioon.

Vektoraluskaardid koostatakse enamjaolt just aero- või satelliidipiltide digiteerimise käigus ning need koosnevad punktidest, joontest ja polügoonidest, mis on talletatud geoandmebaasi (McPherson, 2016). Vektoraluskaartide puhul on võimalik otsustada, milliseid objekte kaardil kujutatakse, kuidas need välja näevad ning rõhutada neid vastavalt kaardi kasutaja vajadustele (Kraak & Ormeling, 2021). Samuti on lihtsam kujundada kaardi visuaalset hierarhiat ning vektorkujul andmeid on võrreldes rasterandmetega ka oluliselt lihtsam generaliseerida (McMaster & Shea, 1992). Sellest tulenevalt on aga vektorkaardid subjektiivsed, kuna kujutavad maapinda konkreetselt kaardi autori nägemuse järgi (Imhof, 1982; Kraak & Ormeling, 2021).

Vektorpõhistel aluskaartidel võib olla erinevaid eesmärke. Näiteks tänavate aluskaardid kujutavad transpordivõrke, liialdades tihti teede suuruse, kontrasti ja siltidega (Cimbura, 2016). Sellised omadused muudavad tänavate aluskaardid väga lihtsasti kasutatavaks just transpordiga seotud teabe edastamiseks (Laur, 2021). Topograafilised aluskaardid rõhutavad looduslikke tunnuseid (st mägesid, järvi ja taimestikku) ning võivad kõrguse muutuste näitamiseks kasutada kontuurjooni (Kraak & Ormeling, 2021). Sellest tulenevalt on topograafilised aluskaardid kasulikud maastikul navigeerimiseks (joonis 1).



Joonis 1. Näide ESRI topograafilisest aluskaardist (ESRI, 2023).

Lõuendi (*canvas*) tüüpi aluskaartidel on üldiselt vähem sisu (st vähem põhikaardi funktsioone ja visuaalseid muutujaid) ning tihti kasutatakse seal monokromaatilist värviskeemi (tavaliselt halle toone) (Akella & Field, 2011; joonis 2). Lõuendi tüüpi aluskaarte on hea kasutada, kui kaardi autorid soovivad vähendada visuaalseid segajaid ja tõsta esile aluskaardi kohale kuvatud temaatilisi andmeid (Akella & Field, 2011; Laur, 2021).



Joonis 2. Näide Carto Positron lõuendi tüüpi aluskaardist (Carto, 2023).

Hea aluskaardi puhul on selgelt tuntav, et kontrast aluskaardi ning sellele hiljem asetatud temaatiliste kihtide vahel on paremini eristatav kui aluskaardi enda elementide vaheline kontrast (Buckley, 2012; Laur, 2021). Üldiselt pakub iga aluskaart erinevaid kunstilisi ja funktsionaalseid võimalusi (McPherson, 2016).

Rastripõhised aluskaardid koostatakse peamiselt lennukitel olevate kaamerate ja andurite või kaugseire satelliitide piltide põhjal (Longley et al., 2011; McPherson, 2016; joonis 3.). Aero- ja satelliitpildidel põhinevate aluskaartide tugevus seisneb selles, et nad näitavad tegeliku maailma kõiki üksikasju teatud ajahetkel ja kindla ühese eraldusvõimega (Cimbura, 2016). Tänu sellele on sellised kaardid eriti kasulikud maakasutuse ja -katte muutuste jälgimiseks, samuti ka looduskatastroofide mõjude hindamiseks ja kinnisvaraga seotud teabe omandamiseks (McPherson, 2016). Rastripõhiste aluskaartide puuduseks on aga see, et tihti puuduvad võimalused kaarti piisavalt generaliseerida ning see võib vähendada kasutaja kaardi tõlgendamise selgust (Peterson, 2009; McPherson, 2016). Näiteks võib aero- ja satelliitpildidel olla vektorkaardist keerukam loetavate siltide ja muude temaatiliste andmete kuvamine (Imhof, 1982; Peterson, 2009).



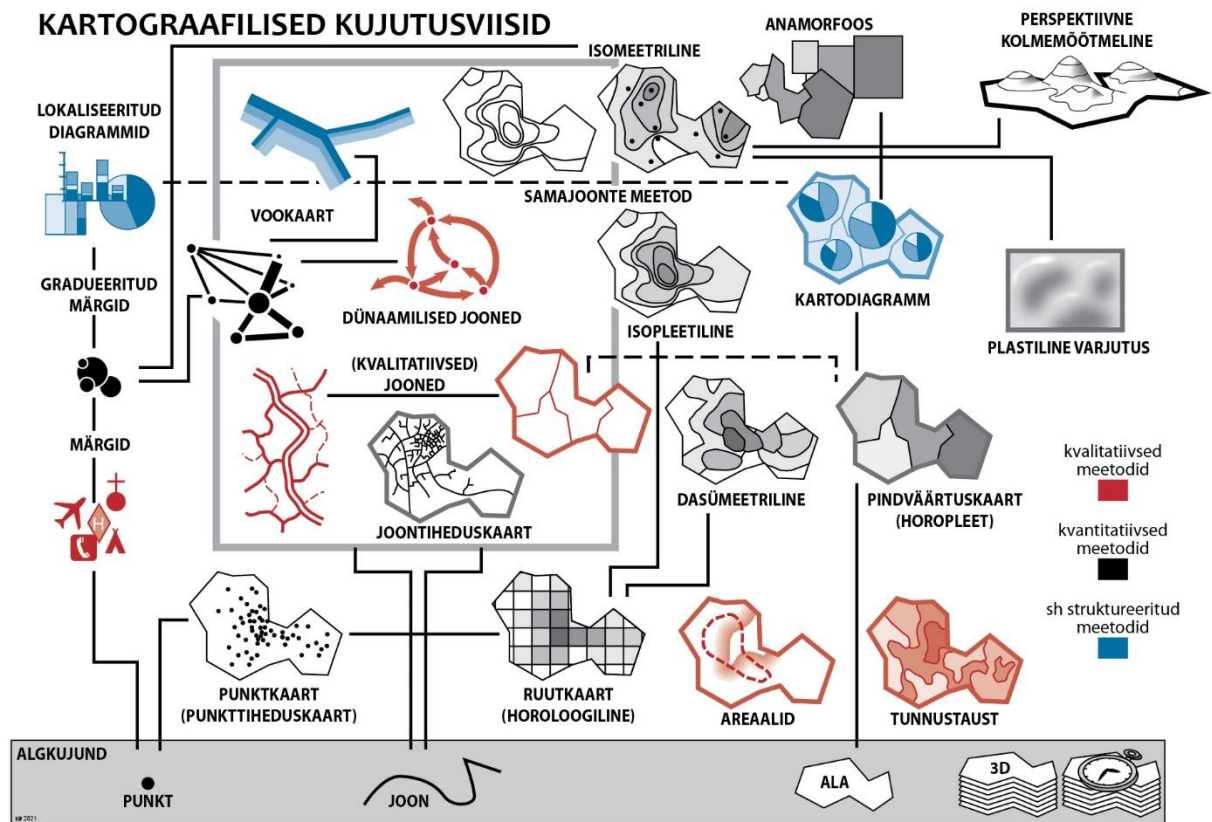
Joonis 3. Näide ESRI satelliidipõhisest rastertüüpi aluskaardist (ESRI, 2023).

Omavahel võrreldes kasutatakse vektoraluskaarte rohkem kui õhu-/satelliitpiltide põhiseid aluskaarte (Longley et al., 2016). Aluskaarte tekib pidevalt juurde ning ka tehnilised võimalused laienevad, mis tähendab, et autorid saavad kaartide eeliseid ja puudusi võrreldes valida kaardi eesmärgi ja kasutajate vajaduste jaoks just kõige sobivama aluskaardi.

### **1.2.1. Temaatilised kaardid ja kartograafilised kujutusviisid**

Kuna aluskaart esindab alati reaalsuse kuju mingis kindlas temaatikas, võib aluskaarti käsitleda ka kui temaatilist kaarti.

Olenevalt kaardil kujutatavate nähtuste geomeetria tüübist ja esitusviisist saab eristada kartograafilisi kujutusviise ehk -meetodeid (Mõisja & Aunap, 2019). Kujutusviise saab jagada vastavalt nähtuste omadustele kolme geomeetria tüübi järgi: punktid, jooned ja pinnad, mis jagunevad omakorda edasi veel spetsiifilisemateks kujutusviisideks (joonis 4).



Joonis 4. Nähtuste kujutusviisid (Aunap, 2019).

Tasub aga mainida, et selline liigitus sobib rohkem staatilistele kaartidele ning dünaamiliste kaartide puhul võib esineda ka uusi, ebatraditsioonilisi kujutusviise (Mõisja & Aunap, 2019).

### 1.3. Stiil

Juba paberkaartide ajast on paljude kartograafide seas kujunenud välja ühtne arusaam, et head kaardid ei sisalda liigset informatsiooni ning peaksid olema selge, olulisust rõhutava hierarhiaga (Kraak, 2011).

Kaartide koostamisel kasutatakse paljusid erinevaid kujunduspõhimõtteid. Nii näiteks on Buckley (2012) järgi viis peamist kujundusprintsipi loetavus, visuaalne kontrastsus, kujundi ja maa seotus, hierarhiline korraldus ja tasakaal. Beconyè (2011) järgi on kartograafiliste elementide stiili kvaliteedi olulisteks omadusteks lihtsus, selgus, nähtavus, järjepidevus, eristatavus ja esteetiline atraktiivsus. Kujutatavate nähtuste semantilised omadused on seotud peamiselt sümboli sisuga ning nende hulka kuuluvad konkreetsus, semantiline lähedus, familiaarsus ja vastuvõetavus. Sellised printsüübid, üksteist täiendades ja koos toimides, moodustavad süsteemi, mille abil näha ja mõista sisu suhtelist tähtsust kaardil (Buckley, 2012). Ilma nendeta ebaõnnestub kaardipõhine suhtlus.

Veebikartograafia stiililiste elementide hindamisel tuleb mõista vahet, kas kaart on aluseks ruumiandmete töötlejale või otseseks kasutamiseks primaarse infoallikana ruumis navigeerimisel.

#### 1.3.1. Värvid

Värvide õige kasutusega saab suurendada kaardi loetavust ja informatiivsust (Mõisja, 2019a). Lisaks käsitletakse värvi ühe olulisima kaardi esteetikat kujundava omadusena (Fabrikant et al., 2012; Peterson, 2009). On leitud, et semantiliselt õiged värvid köidavad kasutajaid paremini. Nii on näiteks hea kasutada taimestiku kujutamiseks rohelisi toone, vete kujutamiseks siniseid jne (Peterson, 2009). Inimesed on omandanud erinevate värvidega nii psühholoogilisi kui subjektiivseid seoseid, mis mõjutavad ka nende eelistusi kaartide kasutamisel (Karssen, 1980). Subjektiivsed seosed ning erinev värvitaju tähendab aga ka seda, et üksikisikud võivad värve erinevalt mõista, mis mõjutab ka arusaama kaardi esteetikast (Karssen, 1980).

Walton (2019) järgi on sõltuvalt kaardi kujunduse keerukusest kogu värvipaleti jaoks üsna standardne kasutada 10–12 värvi. Sealjuures tuleb arvestada ka, asjaoluga et olulisel osal elanikkonnast ning seega tõenäoliselt ka kaardi kasutajaskonnast on piiratud värvinägemine, mistõttu võib olla vajalik mõningate toonide vältimine. Värvide hulga piiramine aitab kaasa ka visuaalsele harmooniale. Näiteks on *MapBox Streets* kaartidel paljudel navigeerimise ja transpordiga seotud funktsioonidel sama toon: raudteesildid, maanteed kilbid,

parvlaevamarsruudid ja isegi selleks otstarbeks mõeldud teekatted on kõik kujutatud sama sinise tooniga (Walton, 2019). Värvide abil saab hästi eristada ja näidata kaardiobjektide tähtsuse hierarhiat. *Mapbox Streets* kaardil eristatakse sama joonelaiuse kasutamisel teedevõrke hierarhia näitamiseks värvide järgi. Kiirteed on kujundatud oranžiks, suuremad teed kollaseks ja ülejäänud põhiteed on valged, säilitades samas ühtse joone laiuse. Veel madalamal tasemel teed on kujundatud juba peenema laiuse ja vähem erksa valgega ning taanduvad seega rohkem tagaplaanile.

Kaardi elavust ja loetavust mõjutab lisaks värvitoonile ka selle kontrastsus. Kui värvid on liiga summutatud, võivad need hakata omavahel segunema, samas liigne kontrast võib näida liialt silmakarjavana (Robinson et al., 1995).

Imhof (1982) on välja toonud kuus olulist suunist reljeefikaartide autoritele efektiivse värvikasutuse osas, millest nelja võiks kehtestada ka veebialuskaartidele:

- Liialt intensiivsete värvide vale kasutus võib omada kaardi terviku suhtes negatiivset efekti.
- Teineteisega külgnevaid nõrku ja kirkaid toone nähakse sageli ebameeldivana.
- Taustal olevad värvid on efektiivsemad, kui nad on summutatud või neutraalse tooniga.
- Kaardi terviklikkus on parim, kui kogu kaardil on kasutatud sama värvipaletti.

Veebikaartidel on värvide kujundamise osas vähem tehnilisi piiranguid kui paberkaartidel. Näiteks ei pea digitaalsetel kaartidel arvestama värvide valikul trükipiirangutega. See tähendab, et kasutada saab rohkem erinevaid värve. Digitaalsete kaartide kujundamiseks kasutatakse valdavalt pea kogu meile teadaolevat värvispektrit võimaldavat RGB-värvimudelit, kui paberkaartidel kasutatakse nelja põhivärvi kombineerivat CMYK-mudelit (Mõisja, 2019a).

Ent digitaalkaartide puhul tuleb arvestada ka teatud erisuste ja piirangutega, mida paberkaartidel ei esine. Kuna iga ekraani seadistus ja omadused on teineteisest veidi erinevad, ei tohiks kasutada kaartidel liialt keerukaid värvikombinatsioone, vaid arvestada tuleks, et kaart oleks sama loetav ka ekraani minimaalse konfiguratsiooni ja madalaimate sätete korral (Kraak & Ormeling, 2021). Digitaalsete kaartide loomise algusaegadel oli värvide kasutus väga piiratud, kuna arvestada tuli must-valgete monitoridega. Tänapäeval ei ole see probleem enam aktuaalne.

## **1.3.2. Kaardielemendid**

### **1.3.2.1. Leppemärgid**

Leppemärgid on olulised kaardielemendid, mille abil edastatakse kaardil asukohapõhist informatsiooni. Eristada saab joon-, punkt- ja pindleppemärke (Mõisja, 2019a).

Sarnaselt värvidele on leppemärkide lugemise ja tõlgendamise protsess keeruline ning kehvasti kujundatud leppemärgid ei pruugi alati soovitud sõnumit edastada. Korpi ja Ahonen-Rainio (2015) selgitasid välja kümme omadust, mida tuleks silmas pidada, et kujundada häid leppemärke. Need omadused võib jagada kahte gruppi – graafilised ja semantilised omadused. Graafilised omadused on seotud sümboli visuaalse väljanägemisega ning nende hulka kuuluvad lihtsus, selgus, nähtavus, järjepidevus, eristusvõime ja esteetilisus. Semantilised omadused on seotud sümboli semantilise sisuga ning hõlmavad konkreetset, semantilist lähedust, tuttavust ja vastuvõetavust (Korpi & Ahonen-Rainio, 2015).

### **1.3.2.2. Kaardikirjad**

Kaardikirjad on ükskõik millist laadi tähe- või numbrimärgid, mis on seotud kaardi sisu või vormiga (Mõisja, 2019a). Neist suurima osa moodustavad kohanimed. Walton (2019) on välja toonud kolm olulist punkti, kuidas kohanimede kaardikirjad mõjutavad kaardi loetavust.

- Tekstide temaatiline mitmekesisus. On oluline nähtuste klassifikatsiooni ja omaduste eristamiseks. Näiteks peaksid kohasiltide erinevuste läbi olema eristatavad linnad, alevid, külad ja linnaosad.
- Tekstide värvide mitmekesisus. Toimib eelkõige huvipunktide (POI) kujundamisel, eristades punktide kategooriaid (näiteks kohvikud või koolid), millele omistatakse erinevad värvid. Seda saab ka tagasihoidlikumalt jõustada, muutes sama värvitooni küllastust.
- Tähtede vahe suurus. Tähevahe reguleerib tekstiosa kõigi tähtede vahelist vahet. See võib aidata muuta kaardikirjad avatumaks. Tihti muudetakse pisike kirjapilt loetavamaks, avades veidi tähevahesid. Samas tuleb jälgida, et vahed ei läheks liialt suureks, kuna nii võib väheneda kirjade loetavus.

Kaardikirjad võivad olla nii staatilised kui dünaamilised. Veebikaartidel muutub kaardikirjade paigutus ja suurus tihti koos kaardi suurendusastmega – nende täpne asukoht ei ole paika pandud käsitsi, vaid on defineeritud soovitud reeglite järgi automaatselt.

Reeglina soovitatakse vältida ühel kaardil liiga mitmete erinevate kirjastiilide kasutamist. Hea tava on aga kasutada näiteks inim- ja loodustekkeliste objektide eristamiseks erinevaid kirjastiile (Mõisja, 2019a). Klassikalises kartograafias kuvatakse üldiselt inimtekkelistele objektidele viitavad kaardikirjad šeriifideta kirjatüübis ning looduslikele objektidele viitavad kirjad šeriifidega kirjatüübis. Kasutades kaardiülelset vaid ühte kirjastiili, eristatakse tihti loodustekkelised objektid inimtekkelistest kasutades kursiivkirja (Robinson et al., 1995).

Kaardikirjade paremaks eristamiseks taustaelementidest kasutatakse tihti tekstihalosid, mis toovad need visuaalselt esiplaanile ning aitavad vältida tekstide taustaelementidesse hajumist.

### **1.3.2.3. Kaardielementide paigutus**

Nagu paberkaartidel, on ka veebis põhineva kaardirakenduse puhul oluline kaardielementide paigutus ja esitatava informatsiooni visuaalne hierarhia. Visuaalne hierarhia on tunnuste eristamise ja nende suhtelise tähtsuse tajumise aluseks ning hästi korraldatud kujutus aitab kaardi kasutajatel tajuda seal kujutatava asetust ja prioriteetsust (Buckley & Field, 2011).

Buckley ja Field (2011) järgi tuleks hea visuaalse hierarhia saavutamiseks paigutada kõige alumisele tasandile maastiku, hüdrograafia ja muud looduskeskkonnaga seotud kihid, järgmiseks tasandiks antropogeensed kihid nagu piirid ja maa-alad, ning kõige kõrgemale tasandile kaardi põhiteavet esitav temaatiline sümboolika.

Veebikaarte esitavates brauserirakendustes on võrreldes paberkaartidega kaardiaknas tihti lisaks traditsioonilistele kaardielementidele ka navigeerimiseks vajalikke lisaelemente (suurendusnupud, otsinguriba jne.), mis moodustavad kaardil täiesti eraldiseisva, igas vaateasendis ja suurendusastmes nähtava kihi. Neid kujundades peab arvestama, et veebikaartide kuvamiseks võidakse kasutada erinevaid seadmeid. Kaardielementide parima paigutuse ja efektse visuaalse hierarhia struktuuri väljaselgitamiseks digitaalsetel kaartidel on kasutatud *eye-tracking* meetodit. Selle meetodi abil on selgitatud välja esmaselt ja kõige paremini silma jäävad piirkonnad ekraanil.

Horbinski et al. (2021) selgitasid välja erinevused veebikaartide elementide paigutuses, võrreldes samu kaarte arvuti- ja mobiilivaates. Selgus, et tulenevalt ekraanide suuruse ja orientatsiooni erinevustest on inimsilma fookuspunktid arvuti ja mobiili ekraanidel erinevates kohtades ning kasutajaliidese loomisel elemente paigutades oleks hea nende erinevustega arvestada.

Popelka et al. (2019) uurisid sarnasel meetodil kasutajate töötamist ilmakaartidega ning leidsid, et algajad kasutajad ei olnud huvitatud veebikaardi funktsionaalsusest, vaid neid huvitab

eelkõige kaardi sisu ja see, mida nad kaardil näha saavad. Kogenumad kasutajad olid rohkem huvitatud veebikaardi täiendavate funktsioonide uurimisest (kuvamisvõimalused, temaatilised kihid, kaardipildi suurendamine/vähendamine, ajaraamistiku muutmine jne.) Seetõttu peaksid kaartide loojad kaardi kujundamisel arvestama, et kui kaart on mõeldud laiemale avalikkusele, sh algajad kasutajatele, peaks sisu edastamine toimuma võimalikult lihtsalt, ning kui kaart on mõeldud peamiselt asjatundjatele, on võimalik sisu avardamiseks lisada ka keerukamaid elemente (Popelka et al., 2019).

### **1.3.3. Generaliseerimine**

Generaliseerimine ehk kartograafiline üldistamine on vastavalt kaardi eesmärgile sellelt liigsete objektide eemaldamine ja oluliste rõhutamine kaardi parima loetavuse eesmärgil (Mõisja, 2019b). Teisisõnu on generaliseerimine reaalsuse üldistatud esitusena meetod, mida kasutatakse kaardi optimaalse kasutatavuse tagamiseks kindla skaala jaoks (McMaster & Shea, 1992). Generaliseerimise abil saab rõhutada kaardil olulist (McMaster & Shea, 1992). Absoluutselt kõik kaardid on mingil määral generaliseeritud ning generaliseerimist kasutatakse kaarditootmise igas etapis (Mõisja, 2019b; João, 1998).

Kaardi mõõtkava vähendades jääb piirkonna geograafiliste tunnuste esitamiseks vähem füüsilist ruumi ning selle protsessi jätkudes tuleb mõningate atribuutide suurusega liialdada, et need oleksid väiksemal mõõtkaval eristatavad. Kuna geograafilised objektid "võitlevad" esindatuse eest vähendatud kaardiruumis, tuleb kaardi mõõtkava ja eesmärgi seisukohast vähem olulised objektid kõrvaldada ja allesjäänuid võib veelgi lihtsustada, siluda, nihutada, koondada või täiustada (João, 1998; Mackaness, 2020). See mõjutab aga omakorda ka kaardi kasutatavust (McMaster & Shea, 1992).

Tänapäeval on väga kiiresti arenemas automatiseeritud generaliseerimise võtted, mille kaudu on võimalik suuremõõtkavalistest kõrge detailsusega kaartidest vähest inimressurssi kasutades üldistada väiksema mõõtkavaga ülevaatlikke kaarte (Stoter et al., 2014).

Klassikalised paberkaartidele rakendatavad generaliseerimise põhimõtted kehtivad üldiselt ka veebialuskaartide puhul. Arvestada tuleb asjaoluga, et veebialuskaardid on enamasti dünaamilised ning generaliseerimine toimub pea igas suurendusastmes. Arvutuslike piirangute ja mahtude tõttu ei ole aga hetkel veel võimalik kõiki generaliseerimise võtteid dünaamilistel kaartidel jooksvalt rakendada.

Tüüpiliselt on veebikaartide koostajad loonud andmete nähtavuse kirjeldamiseks läbi erinevate mõõtkavade kaardikihtide nähtavuse legendi (Brewer et al., 2007-2013). Raster- või vektorpaanide puhul on defineeritud paanide ulatus ning elementide nähtavus vastavalt suurendusastmele, kus suurendusastmete arv jääb tavaliselt vahemikku 20-24. Nii kasutavad näiteks Google Maps, OpenStreetMap ja Mapbox kogu maailma kuvamiseks 23 kindlalt piiritletud suurendusastet (MapTiler, 2023; OpenStreetMap, 2023b; Mapbox, 2023c). ESRI kasutab oma kaartidel 24 suurendusastet (ESRI, 2023c).

#### **1.3.4. Projektsioon**

Enamus globaalset skaalat kujutavad veebikaardid kasutavad Web Mercator projektsiooni. Kuigi ei ole täpselt dateeritav, millal ja kus Web Mercatori projektsioon tekkis, näib selle kasutamise populaarsus olevat seotud Google Mapsi loomisega aastal 2005 (Battersby et al., 2014). Seetõttu kutsutakse mõningatel juhtudel projektsiooni ka „Google Mercatoriks“. Enamasti kasutatakse siiski terminit „Web Mercator“, täpsustavalt „Pseudo-Mercator“, „WGS 84 Web Mercator“, „WGS 1984 Web Mercator (Auxiliary Sphere)“ või „EPSG:3857“ (National Geospatial-Intelligence Agency, 2014). Täna kasutavad Web Mercatorit kõik suurimad veebipõhised kaardirakendused ning sellest on saanud veebikaartide *de facto* standard (Battersby et al., 2014).

Standardiseeritud projektsioon globaalse ulatusega veebialuskaartidel on vajalik, kuna projektsiooni vahetades võivad kaartidel tekkida moonutused. Jooniselt 5 on näha, et Web Mercator projektsioonis loodud rasterpaanidel põhineva Google Mapsi aluskaardi L-EST97 projektsiooni transformeerimisel moonduvad tekstid ning hägustuvad kaardielementide servad. Sarnased moonutused tekivad ka näiteks vastupidiselt, kui transformeerida L-EST97 projektsioonis loodud Maa-ameti aluskaart Web Mercator projektsioonile vastavaks.



Joonis 5. Google Mapi aluskaart transformeerituna EPSG:3301 (L-EST97) projektsiooni (Google, 2023).

Kui ajalooliselt töötati Mercatori projektsioon välja sfäärilise Maa mudeli alusel, siis hiljem hakati seda rakendama ka ellipsoidil põhinevalt. Mercatori projektsiooni teostused tuginevad tavaliselt primal saadaoleval Maa ellipsoidil, seevastu Web Mercator kasutab alati sfäärilist Maad, mille raadius on võrdne selle pöördeellipsoidi poolsuurteljega (Battersby et al., 2014). See põhjustab erinevusi laiuskraadi funktsioonides. Kui globaalse temaatilise kaardistamise jaoks soovitatakse sageli õigepindseid projektsioone, on see veebikaartide puhul ebapraktiline, kuna nurkmoonutused võivad asukohati erineda või projektsiooni tuleks vastavalt suurenduse ja asukoha põhjal pidevalt jooksvalt ümber arvutada (Battersby et al., 2014). Õigenurkne projektsioon aitab kasutajale tõepärasemalt kujutada suuremõõtmelisi korrapäraseid inimtekkelisi objekte, nagu näiteks riigipiir või sirgjoonelise tänavavõrgustikuga linnaplaan, mis on eriti levinud Ameerika maailmajaos. Web Mercatori eeliseks tavapärase Mercatori projektsiooni ees on asjaolu, et selle koordinaatsüsteemi alusel saab pärast polaaralade eemaldamist kuvada kogu maailma ruudukujulisena.

Web Mercator on kasutusel mitte ainult veebikaartidel, vaid tänapäeval kasutatakse süsteemide ühilduvuseks seda lisaks kaartidele ka kõigis enimlevinud navigatsioonisüsteemides ja geodeetilistes rakenduses (National Geospatial-Intelligence Agency, 2014). Ühilduvuse teiste enimlevinud projektsioonidega tagab WGS 84 ellipsoidi kasutamine.

## 1.4. Veebikaartide avaldamise tehnoloogiad

Veebikaartide avaldamiseks on mitmeid mooduseid. Sealjuures igal meetodil on oma eelised ja murekohad. Veebikaartide esitamise tehnoloogiad saab sarnaselt kaartide sisule jagada kaheks: rastro- ja vektorpõhised, ent kaartide vorm neid avaldades ei pruugi alati olla sama, mis kaardi koostamisel. See tähendab, et mõningatel juhtudel viiakse esmase struktuuri poolest vektorkaartid avaldamise käigus rasterkujule.

### 1.4.1. Eelrenderdatud rasterandmed

Eelrenderdatud (*pre-rendered*) ehk enne avaldamist lõpuni valmis viimistletud rasterandmeid esitavad aluskaardid kujutavad endas teenust, kus kaardiväljund tuuakse kasutajani rasterkujul eelnevalt fikseeritud suuruse ja vormiga pildipaanidena. See tähendab, et kogu ekraanil kuvatav kaart on jaotatud osadeks, millest igaüks on omaette rasterpilt. Algselt vektorkujul loodud kaardid selle protsessi käigus rasteriseeritakse.

#### 1.4.1.1. WMS

OGC Web Mapping Service (WMS), on üks vanimaid ja enim levinumaid veebikaardistamise standardeid (OGC: Web Map Service, 2023).

WMS pakub HTTP-liidest kaardipiltide taotlemiseks ühest või mitmest ruumiandmebaasist (OGC: Web Map Service, 2023). Kaardid esitatakse piltidena, mis on kohandatud vastavalt kasutaja nõudmistele. See teeb WMS-teenuse stiililiste nõudmiste osas väga paindlikuks.

Lihtsalt öeldes kujutab WMS endas teenust, mille abil saab jagada rasterformaadis ruumiandmeid (Qian et al., 2004). WMS-i päringut tehes saab kasutaja määratleda kaardi ulatuse, kaardil kuvatavad andmekihid, nende järjestuse ja ka mõningaid kihi stiililisi aspekte (Scharl & Tochtermann, 2007). Päringu vastusena saab kasutaja georegistreeritud kaardipildid (tüüpiliselt JPEG- või PNG-vormingus), mida saab kuvada brauserirakenduses või kaarditarkvaras. Liides toetab ka võimalust määrata piltide läbipaistvust, et mitme serveri kihte saaks vajadusel kombineerida (OGC: Web Map Service, 2023). Kuigi WMS-päringu järgselt kuvatakse kaardi visuaalsed komponendid, ei jõua kasutajani kaardikihtide aluseks olev andmemudel.

Kaardikihtide stiililiste omaduste saamiseks sisaldavad WMS-i päringud tavaliselt stiilikihi kirjelduse SLD-dokumendi või vähemalt viitavad selle asukohale. SLD (*Style Layer Descriptor*) on OGC poolt määratletud XML-dokumendil põhinev standard, mis defineerib stiilireeglid

WMS-teenuse jaoks (Scharl & Tochtermann, 2007). Stiilireegleid saab rakendada kõigile kaardil kujutatavatele nähtustele, kasutades sarnaselt kaarditöötlustarkvaradele nähtuste atribuutide vahelisi erinevusi. Näiteks saab selliste reeglite abil määrata teede joonte laiust ja värvi vastavalt sõiduridade arvule (Scharl & Tochtermann, 2007).

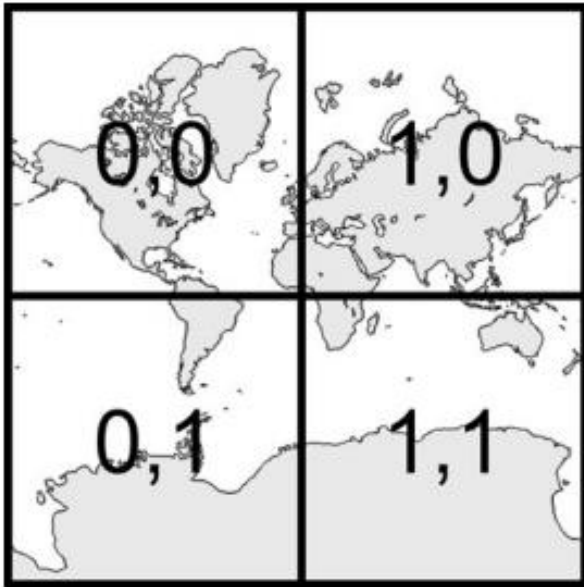
#### 1.4.1.2. TMS/XYZ

Nagu eelnevalt välja toodud, kasutavad tänapäeval enimlevinud globaalsed veebikaardid Web Mercatori koordinaatsüsteemi. Seda just põhjusel, et TMS (*Tile Map Service*)/XYZ teenused põhinevad ruudukujulistel rasterpaanidel. Sellised teenused pakuvad juurdepääsu eelrenderdatud fikseeritud mõõtkavaga kartograafilistele kaartidele ning mitte otsest juurdepääsu algandmetele. Selliste rasterkaartide puuduseks on asjaolu, et iga kord kui tekib soov muuta andmete geomeetriat või stiili, tuleb kõik paanid uuesti genereerida, kuna kaardi leppemärkide kujundus on loodud enne paanide genereerimist (Netek et al., 2020).

TMS/XYZ teenuste puhul kasutatakse erinevaid suurendusastmeid, kus iga suurendusastme jaoks on genereeritud eraldi paanid. Rasterpaanide null-suurendusastme paanina kasutataksegi Web Mercatori projektsioonis terve Maa ruudukujulist kujutist (Netek et al., 2020). Iga järgnev suurendustase luuakse eelmise paani jagamisel neljaks uueks paaniks. Kõige sagedamini kasutavad veebiteenused paani suurust 256x256 pikslit. Kasutusel on ka vähem levinud paanide suurused 64x64px ja 512x512px (Sample & Ioup, 2010).

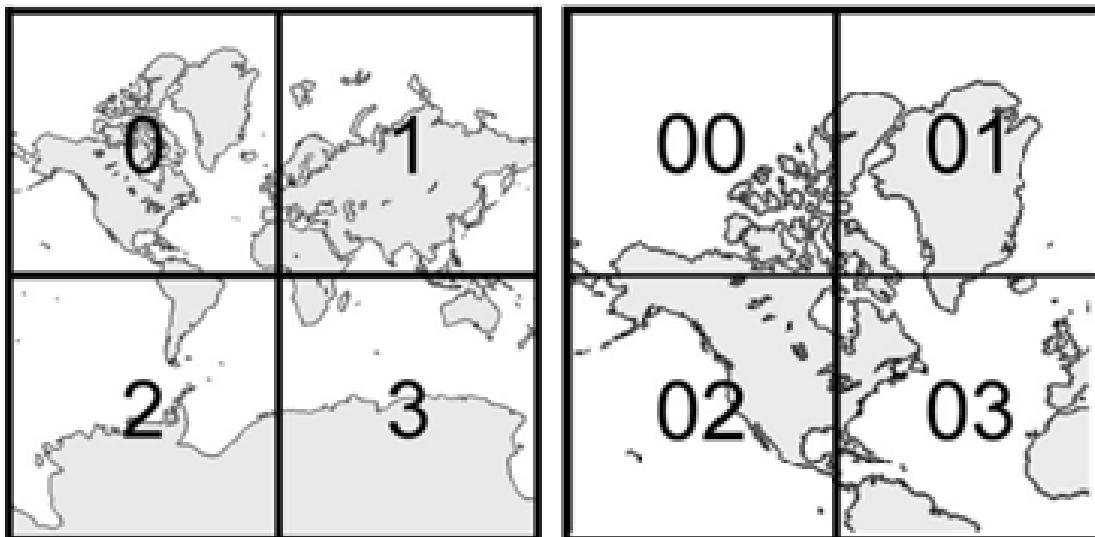
Peterson (2012) hindas, et keskmine mäluvajadus ühe 256x256 piksli suuruse kaardipaani salvestamiseks on umbes 15 kB. Kuna rasterpaanid tuleb genereerida iga suurendusastme jaoks eraldi ning paanide arv suureneb igal tasemel neli korda, tähendab see, et 20 suurendustaset kasutavate paanide koguarv terve maailma kohta on umbes üks triljon. Selline hulk paane kujutab endas aga ligikaudu 20 480 TB andmeid (Peterson, 2021).

TMS/XYZ paanide omadusi võib mõjutada koordinaatsüsteem ja paanide nummerdamise loogika. Näiteks Google Maps nimetab oma paane X- ja Y-koordinaatide paaride kaudu, sealjuures nummerdamine algab ülemisest vasakust nurgast (Sample & Ioup, 2010). Valitud paani saamiseks peavad olema teada lisaks selle koordinaatidele ka suurenduse tase, kuna iga täiendav suurendustase algab paaniga, mille koordinaadid on 0,0 (joonis 6).



Joonis 6. Google Mapi paanide nummerdus esimesel suurendusastmel (Sample & Ioup, 2010).

Teine kõige sagedamini kasutatav paanide nummerdamise süsteem, mida rakendatakse näiteks Bing Mapi puhul, paigutab samuti igasse vastavasse ruutu seal asuva punkti päritolu, kuid kasutab iga paani nimetamiseks kvadropuu (*Quadtree*) algoritmi (Sample & Ioup, 2010). Iga uus suurendusaste säilitab seal eelneva taseme paani numbri ning lisab sellele juurde uue numbri vahemikus 0–3. Esimese suurendusastme paani tähistatakse numbriga 0 ja nelja järgmise suurendustaseme paani vastavalt 00, 01, 02 ja 03 (joonis 7).



Joonis 7. Bing Mapi paanide nummerdus esimesel ja teisel suurendusastmel (Sample & Ioup, 2010).

TMS/XYZ renderdamiseks saab kasutada erinevaid tööriistu. Neist populaarseim on Mapnik, mida kasutavad näiteks OSM ja ka paljud teised avatud lähtekoodiga teenused, mis koostavad aluskaarte (Mapbox, Stamen, Map Tiler, CartoDB jpt.) (Pavlenko, 2018). Mapnikut kasutades on loodud ka EstSoil kaardirakenduse TMS kihid (Kmoch & Matsibora, 2021). Mapnikuga kaartide loomiseks on veebis saadaval mitmeid stiililehti (*stylesheets*), millele kaardielemente kujundades tugineda (Carto contributors, 2017; OpenStreetMap, 2013).

#### **1.4.1.3. WMTS**

Open Geospatial Consortium (OGC) määratleb rasterpaanide jaoks *Web Map Tile Service* (WMTS) standardi, mis sätestab täpsed parameetrid paanidel põhinevate veebikaartide rakendamiseks (Open Geospatial Consortium, 2010). WMTS on olemuselt väga sarnane TMS/XYZ teenusele, ent erinevusena on WMTSi puhul tutvustatud kindlaid standardeid. Selle peamiseks eesmärgiks on hõlbustada erinevatest WMTS-teenustest pärinevate kihtide kombineerimist ja muuta seeläbi rasterpaanidel põhinevaid rakendusi lihtsamaks.

#### **1.4.2. Vektorandmed**

Vektorandmeid esitavad aluskaardid kujutavad endas teenust, kus kaardiväljund tuuakse kasutajani vektorkujul. See tähendab, et edastatakse vaid kaardi geomeetrilised omadused ning andmetele stiili määramine toimub otse kasutajakeskkonnas.

Vektorkujul kaardistamisel võib tekitada probleeme liiga üksikasjalike andmete kasutamine. Lahendus on andmeid generaliseerida ning pakkuda igale suurendustasemele vastava detailsusega vektorandmeid (Gaffuri, 2012). Kui suurendusaste muutub, esitatakse päring uute vektorandmete kohta, millel on just selle suurendusaste jaoks sobiv detailsus. Selleks on aga nõutav mitmemõõtmeline vektorandmebaas, mis pakuks andmeid erinevates detailsusastmetes (Gaffuri, 2012).

##### **1.4.2.1. WFS**

*Web Feature Service* (WFS) on klassikaline OGC poolt standardiseeritud vektorandmete juurdepääsuteenus (OGC: Web Feature Service, 2023). WFSi ajalooline versioon kasutab andmete edastamiseks *Extensible Markup Language* 'il (XML) põhinevat *Geography Markup Language* (GML) formaati. Tänapäeval esitatakse WFS-andmeid ka GeoJSONina, mida peetakse võrreldes GMLiga arendajasõbralikumaks.

GML on XMLil põhinev formaat ruumiandmete ja nende geomeetria kirjeldamiseks (OGC: Geography Markup Language, 2023). GML on OGC poolt standardiseeritud ning pideva arendustööga on loodud mitu versiooni. See on olnud ajalooliselt peamine andmevorming OGC-põhiste standardiseeritud ruumiandmete jaoks.

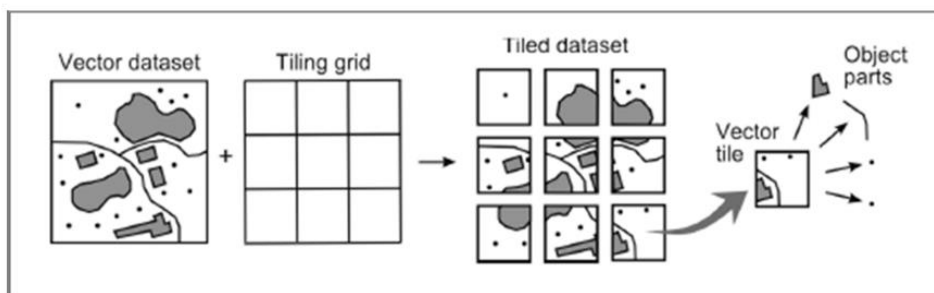
GeoJSON on JSONil (*JavaScript Object Notation*) põhinev andmevahetuse formaat geograafiliste tunnuste kirjeldamiseks. See määratleb mitut tüüpi JSON-objekte ja nende kombineerimise viisi geograafiliste tunnuste, nende omaduste ja ruumilise ulatuse andmete esitamiseks. GeoJSON on standardiseeritud IETF-i poolt (Butler, et al., 2016).

#### 1.4.2.2. Vektorpaanid

Kuigi tänapäeval on rasterpaanide kasutamine enimlevinud lahendus, muutub aina populaarsemaks eelrenderdatud vektorpaanide kasutamine (Netek et al., 2020).

Raster- ja vektorpaanide põhiline erinevus seisneb selles, et kui rasterpaanide puhul on kogu kaart juba algallikas valmis loodud, siis vektorpaanide puhul on serveris ainult geomeetria ja atribuudid ning kogu leppemärkide kujundus ja suurendusastmed luuakse kasutajakeskkonnas (Netek et al., 2020). Selle eeliseks on võimalus kasutajal ise stiili muuta. Kaardikihtide kujundamine toimub CSSiga brauseris (eelnevalt loodud CSS või serveripõhine rakendus). Samuti on võimalik algandmeid paremini analüüsida, sest nad on esitatud vektorkujul. Kuigi vektorpaanide esituskiirus on aeglasem kui TMS/XYZ rasterpaanidel, on see siiski märgatavalt kiirem kui näiteks WMS teenus, kuna sisaldab vähem andmeid (Garashov, 2022).

Juhul kui vektorobjektid kuuluvad mitmesse paani, lõigatakse need objektid tükkideks ja iga tükk määratakse vastavale paanile (joonis 8). Serveris avaldatakse ainult paanid (tavaliselt üks fail iga paani kohta) ning klient küsib, salvestab ja renderdab ainult sobivaid paanid olenevalt oma vaatest ja suurendustasemest. Vaateväliseid kasutuid andmeid ei hangita, mis võimaldab parandada jõudlust. Selle meetodi puuduseks on vajadus objektid kliendi poolel uuesti kokku panna. (Gaffuri, 2012)



Joonis 8. Vektorpaanidel põhineva veebikaardi teenuse struktuur (Gaffuri, 2012).

Enim levinud vektorpaanide vorming on MVT (*Mapbox Vector Tiles*), mis on MapBoxi poolt loodud Google'i protokollipuhvrite andmespetsifikatsioonil põhinev binaarne vektorandmete vorming (Mapbox, 2023d). See tagab vektorandmete juurdepääsu XYZ/TMS paanide fikseeritud ruudustiku skeemiga, mis on GML-i ja GeoJSONiga võrreldes väga tõhus ja väiksemahuline andmestik. Kaasaegsetes brauserites on olemas ka WebGL-i (*Web Graphics Library*) tugi, mis võimaldab kuvada palju rohkem funktsioone kui GeoJSON või GML. MVT andmestike täpsemaks kirjeldamiseks on loodud avatud TileJSON standard, mille kaudu saab geomeetria omistada metaandmeid (Käfer et al., 2022). MapBoxi poolt on välja töötatud ka style.JSON formaat, mis ühendab kihtide TileJSON formaadis kirjeldused terviklikuks kaardi stiilidokumendiks (Mapbox, 2022).

Netek et al. (2020) kirjeldasid oma artiklis katset nii vektor- kui ka rasterpaanide meetodite testimiseks. Kaheksa pilootuuringu põhjal viidi läbi koormusmõõdikute uuring, kus testiti laadimisaja, andmete suuruse ja päringute arvu jõudlust. Testimine näitas, et enamikel juhtudel oli vektorpaanide laadimisaeg kiirem. Suurendusastet pidevalt muutes on vektorpaanide eeliseks see, et neid ei pea uuesti alla laadima ja kliendipoolne rakendus peab muutma vaid kuvatavate andmete eraldusvõimet. Kuigi vektorpaanid ei pruugi sobida igat tüüpi andmete jaoks, on nende peamised eelised rastertehnoloogiate ees väiksem serveri koormus ja allalaetavate andmete hulk ning kasutajasõbralikuma kogemuse pakkumine kaardirakenduste sirvimisel. Samas sirvides kaarti suurendusastet muutmata, laetakse rasterpaane kasutades alla mahult vähem andmeid. Seega võivad rasterpaanid võivad olla sobivamad rakenduste jaoks, kus kasutatakse vaid mõnda üksikut suurendusastet või juurdepääsu eeldatakse aeglase Internetiühendusega saitidelt.

Sarnaste järeldusteni jõudis ka Garashov (2022), kes viis oma magistritöös läbi erinevate tehnoloogiate laadimiskiiruste ja visualiseerimise võrdlused, kasutades selleks Eesti mullakaarti ja ETAKi andmeid. Ka tema jõudis järelduseni, et kui andmestik on mahukas ja sisaldab sadu tuhandeid funktsioone, näitab parimat jõudlust eelgenereeritud vektorpaanidel põhinev andmete juurdepääs ja visualiseerimine. WMSi võrdles ta oma töös WFSiga, millest esimene saavutas märgatavalt paremaid tulemusi nii andmestiku mahu ja kiiruse osas.

Uudse lahendusena asukohaandmete veebis esitamiseks pakub OGC standardiseeritud rakendusliideseid (API), et lihtsustada veebis georuumiliste andmete esitamist ja kasutamist ning nende andmete integreerimist mis tahes muud tüüpi teabega. Need standardid põhinevad küll OGC poolt varasemalt kirjeldatud veebiteenuse standarditel (WMS, WMTS, WFS jne.), kuid defineerivad omakorda liideseid, mis kasutavad ära tänapäevaste veebiarendusmeetodite

eeliseid (Open Geospatial Consortium, 2023). OGC APIde kasutamist toetavad juba mitmed iseseisvad serveritarkvarad. Nii näiteks on Pygeoapi Pythoni koodikeele põhiste API serverite loomist toetav avatud lähtekoodiga serveritugi, mis ühildub OGC API järgmise põlvkonna standarditega (Kralidis, 2023).

## **1.5. Veebikaartide tarkvara**

Selleks, et kaarte oleks võimalik veebis avaldada, tuleb kasutada erinevaid tööriistu. Andmete talletamiseks on vajalikud andmebaasid, andmete haldamiseks ja avaldamiseks serverid ning viimaks kaardi kasutajale kuvamiseks veebikaardistamise teegid.

### **1.5.1. Ruumiandmebaasid**

Kõige enim kasutatav avatud lähtekoodiga ruumiandmebaasi lahendus on PostgreSQL koos sellele rakendatava PostGISi lahendusega. PostgreSQL on pika ajalooga usaldusväärne andmebaasihaldussüsteem, mis pakub laia valikut funktsioone ja ühildub hästi ka ruumiandmetega (PostgreSQL Global Development Group, 2023). PostGIS on PostgreSQLi laiendus, mis avardab PostgreSQLi võimekust, lisades andmebaasile geograafilise ja geomeetrilise funktsionaalsuse (PostGIS PSC & OSGeo, 2023).

Oma ruumiandmete serveritarkvara pakub ka ESRI. Nende poolt arendatud ArcSDE on kasutusel kogu ESRI tootepere üleselt ning pakub võimalust salvestada ja hallata ruumiandmeid suurtes andmebaasides, sealhulgas ka Microsofti SQL Serveris (ESRI, 2004). Microsoft SQL Server on omakorda üks juhtivaid kommertslikke andmebaasihaldussüsteeme, mida kasutatakse laialdaselt erinevates valdkondades (Microsoft, 2023).

### **1.5.2. Andme-, kaardi- ja töötlemisserverid**

Üks populaarsem avatud lähtekoodiga Java koodikeelel põhinev serveritarkvara on GeoServer, mida kasutatakse georuumiliste andmete haldamiseks ja avaldamiseks (Open Source Geospatial Foundation, 2023). GeoServeri kaudu on võimalik koostada ja avaldada veebikaarte erinevatest ruumiandmete allikatest. GeoServer kasutab WMS, WFS, WCS ja teisi OGC standardeid, mis tähendab, et kasutajad saavad andmeid vaadata, alla laadida ja analüüsida erinevate GIS tarkvarade ja veebibrauserite abil (Open Source Geospatial Foundation, 2023). GeoServeri

peamised eelised on selle avatus, kohandatavus, lai valik andmetüüpe ja formaate ning võime integreeruda erinevate andmeallikatega.

Mapserver on sarnaselt GeoServeriga üks enam kasutatavaid avatud lähtekoodiga kaardiservereid. MapServer on C/C++ suure jõudlusega veebikaardistamise server, mis töötati algselt välja 1990. aastate keskel Minnesota ülikoolis (MapServer, 2023).

Enim tuntud kommertslik ruumiandmete serveritarkvara on ArcGIS Server. ArcGIS Server toetab patenteeritud ESRI REST protokollid ning OGC WMS-i ja WFS-i andmetele juurdepääsu ja on tihedalt integreeritud laialt kasutatava ESRI GIS-i tarkvara süsteemiperega (ESRI, 2022). ESRI pakub ka pilvepõhist kaardistamis- ja analüüsilahendust ArcGIS Online, mille eelisteks traditsioonilise serveritarkvara ees on hea integreeritus veebiga ning väiksem koormus kasutaja kohalikule serverile, kuna andmed asuvad pilveteenuses (ESRI, 2023a).

MVT vektorpaanidel põhinevate kaartide esitamiseks ei kasutata enamasti eelnevalt kirjeldatud traditsioonilisi serverilahendusi, vaid eraldiseisvaid avatud lähtekoodiga just MVT paanide jaoks arendatud servereid. Populaarseimate näidetena sellistest hästi arendatud serveritest saab eraldi välja tuua Martini, Tegola ja T-Rexi nimelised MVT serverid (MapLibre, 2023b; Go Spatial, 2023; Kalberer, 2021).

### **1.5.3. Veebikaardistamise teegid**

Kaardistusteeik (*mapping library*) on vahend, mille kaudu ruumiandmeid veebikaardi rakendusena esitada. Populaarseim ja kõige laiema funktsionaalsusega veebikaartide avaldamiseks kasutatav vahend on OpenLayers. OpenLayersi kasutamine on täiesti tasuta ning selle taga on aastatepikkune järjepidev arendustöö. Lisaks toetab OpenLayers kõiki OGC ja teisi ruumiandmete standardeid ja formaate, mis teeb sellest väga hea kaardistusvahendi (OpenLayers, 2023).

Teine väga populaarne kaardistusteeik on Leaflet. Võrreldes OpenLayersiga on Leaflet väga lihtne ja väikesemahuline vahend kaartide kujutamiseks. Leafleti eeliseks on laialdased võimalused selle funktsionaalsust lisadega laiendada (Leaflet, 2023).

Vektorpaanidel põhinevate kaartide avaldamiseks on populaarseim ja kõige rohkemate võimalustega JavaScriptil põhinev Mapbox GL JS tööriist. Mapbox GL JS kasutab Mapboxi enda vektorpaane ja style.JSON stiilikirjeldusi ning kaartide kiiremaks kuvamiseks riistvaraliselt kiirendatud graafikat (WebGL) (Mapbox, 2023a). Kui alguses oli Mapbox GL JS

avatud lähtekoodiga, siis uuema versiooni (v2) avaldamisega muudeti tarkvara tasutaiseks. Algselt, avatud koodiga tarkvarast on välja arendatud eraldiseisev tööriist nimega MapLibre GL JS, mille edasiarendused toimuvad iseseisvalt, ent mille algne versioon ühildub täielikult olemasolevate Mapbox GL JS v1 lahendustega (MapLibre, 2023a).

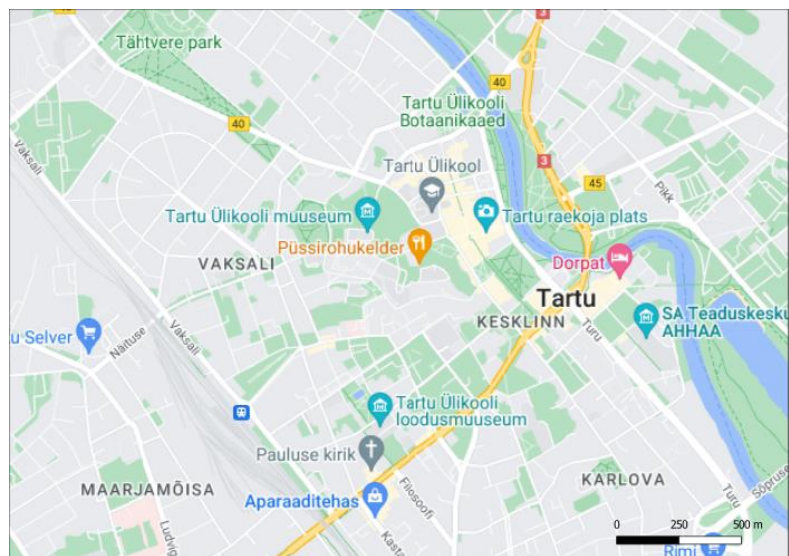
## 1.6. Erinevad veebikaardid

Käesolevas töös võrreldakse erinevaid enim levinud veebialuskaarte, tuues välja omavahelises võrdluses nii nende eeliseid kui ka puuduseid. Võrreldavate aluskaartide valik tehti subjektiivselt nende populaarsust ja kättesaadavust hinnates.

### 1.6.1. Google Maps

Google Maps on eraldiseisva kaardirakendusena tõenäoliselt kõige populaarsem aluskaart maailmas. Google Maps on kõige populaarsem kaardirakendus ka mobiilsetes seadmetes. Google Play rakendustepoe andmetel on Google Mapsi mobiilirakendust alla laetud üle 10 miljardi korra.

Aluskaardina on see kasutuses XYZ teenusena. Valikus on teede kaart (joonis 9), reljeefkaart, satelliitkaart ning eelnevalt mainitud kombineerivad variandid. Google Mapsi kaartide ruumikuju on kokku pandud enam kui tuhandest kolmanda osapoole allikast, mis hõlmab nii rahvuslikke institutsioone kui väiksemaid panustajaid (Google, 2019).



Joonis 9. Tartu Kesklinna piirkond, Google Maps (Google, 2023).

Kuna Google'i kaartide põhiliseks kasutusala on ruumis navigeerimine, sisaldavad nad palju infot ja funktsioone, mis aluskaardil muude andmete taustal oleks üleliigne. Näiteks on sealsele kaardile lisatud punktadena huviobjektid/ettevõtted jne, millele Google'i enda rakendust

kasutades klikates saab kuvada lisainformatsiooni, arvustusi, fotosid jpm. XYZ teenust kasutades ilmuvad need punktid kaardile pealtnäha küllalt juhuslikult ning tekitavad kaardil palju müra. See seostub ka teise probleemiga – Google'i kaartidel kuvatavad punktobjektid ja nende andmed põhinevad suuresti ühisloomel (*crowd-sourced*) ehk kaartidel võib esineda puudusi sisu õigsuses (Google, 2023a). Kuna andmestik on ülimahukas ning ülemaailmne, on aimatav, et kõik andmed ei ole autoriseeritud andmete põhjal üle kontrollitud.

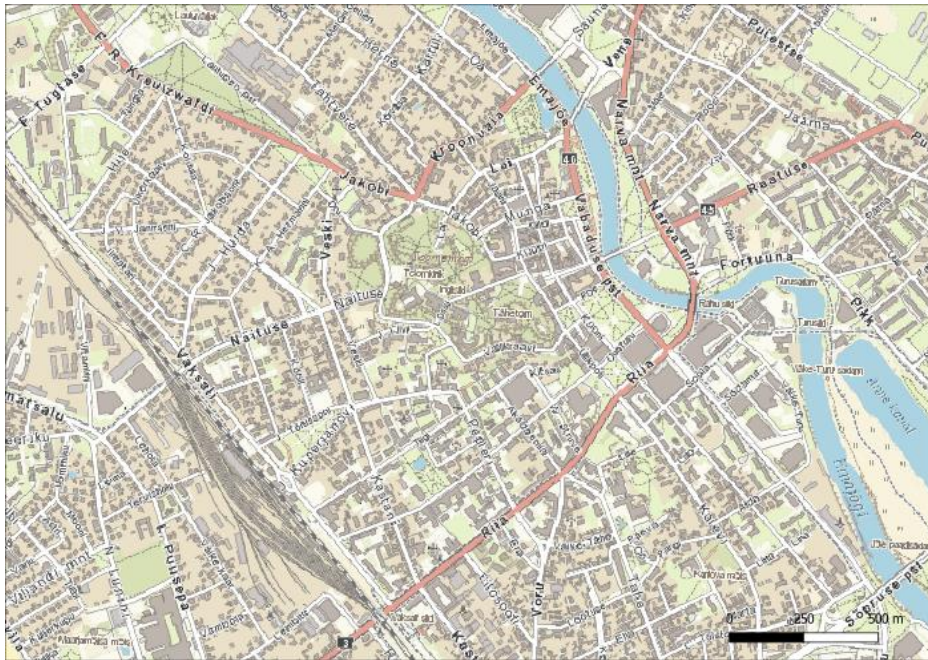
Google Mapi põhjal on arendajad loonud erinevaid aluskaardi redigeerimise tööriistu, mille kaudu saavad kasutajad luua uusi stiile. Sellist võimalust pakub nii Google ise kui ka eraettevõtjad tasuliste teenustena (Google, 2023b; Krogh, 2023).

### **1.6.2. Maa-ameti kaart**

Maa-amet on Eesti valitsusasutus, mis haldab riiklikke ruumiandmeid. Nende andmete põhjal koostatakse ka WMS-teenusena kättesaadavat veebialuskaarti, mis katab Eesti alasid. Kaardi koostamiseks on koondatud andmeid Eesti topograafia andmekogust (ETAK), maakatastri katastrikaardilt, kohanimeregistrist ning väiksemates mõõtkavades ETAKi andmekogu põhjal generaliseeritud andmekogust (Maa-amet, 2020). Sellest tulenevalt on Maa-ameti kaart väga detailne ning muutusi kaardikihtides on näha igas suurendusastmes. Kaarti uuendatakse regulaarselt.

Maa-amet on loonud aluskaardist ka mõningad teisendid kasutajale sobivaima valiku pakkumiseks (Maa-amet, 2020):

- Kaart (joonis 10);
- Kaart (valgete teedega);
- Kaart heledates toonides;
- Halltoonides kaart;
- Reljeefivarjutusega kaart.

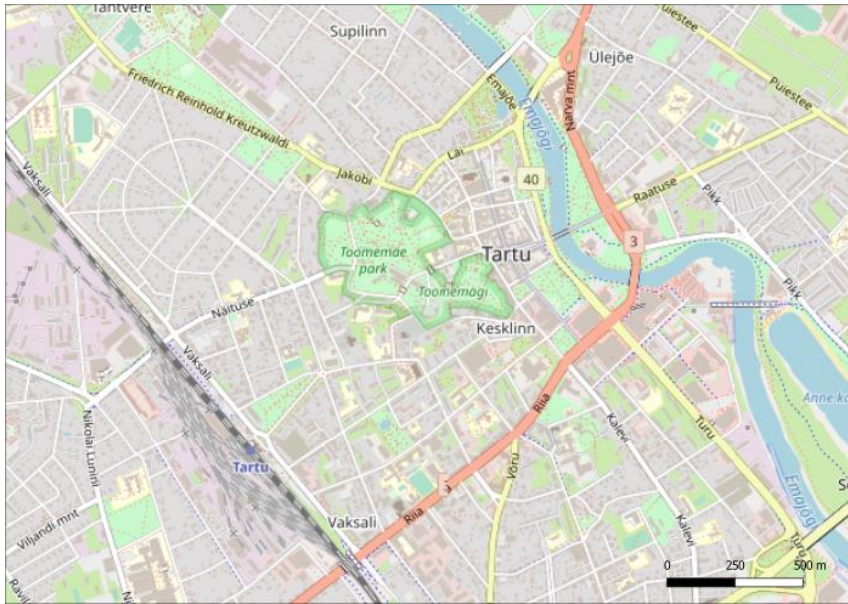


Joonis 10. Tartu Kesklinna piirkond, Maa-ameti kaart (Maa-amet, 2023).

Maa-ameti aluskaart sobib hästi ruumis navigeerimiseks. Tegu on ilmselt täpseima kaardiga Eesti kohta. Aluskaardina teiste ruumiandmete taustale paigutades võib see kohati olla aga liiga suure detailsusastmega – taustaandmed hakkavad segama põhilist sisu, mida kaardil kuvada soovitakse.

### 1.6.3. OpenStreetMap

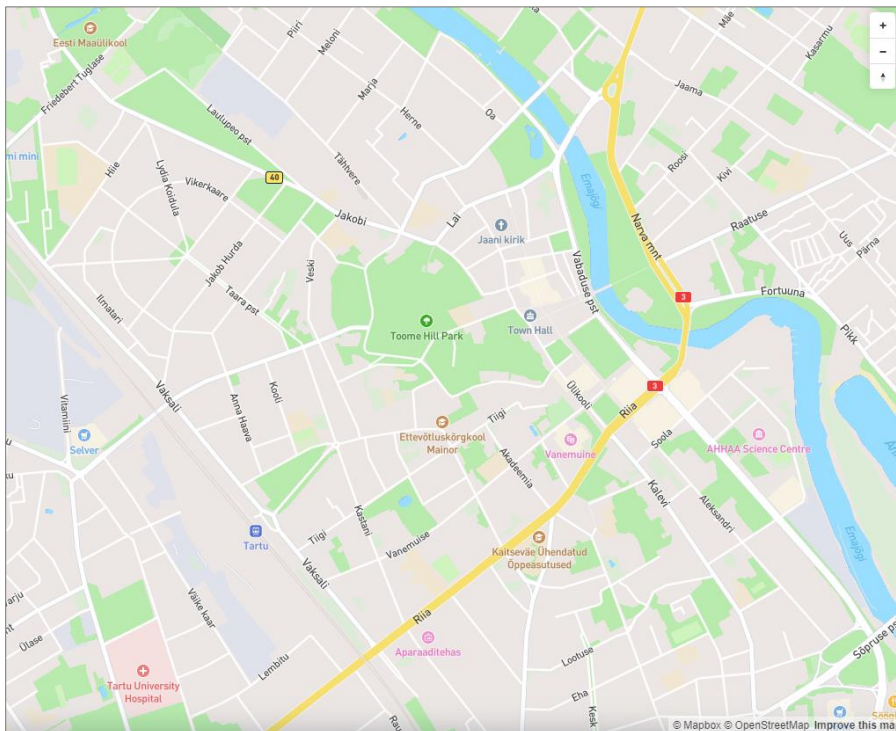
OpenStreetMap (edaspidi OSM) on kogukonnaprojekt, mille peamine väljund on tänavavõrku kujutav kaart (joonis 11). OSMi aluskaart on väga populaarne ja laia kasutusega. Kui Google võtab vastu kasutajate soovitusi, siis OSMis on võimalik muudatusi avaldada igapähele. Kuigi ka OSMi on võimalik lisada informatsiooni ettevõtete ja muude huviväärsete objektide kohta, on nende kujutusviis Google'i kaartidest palju tagasihoidlikum ning ei tekita taolist müra. Rohkem on keskendunud ruumikuju täpsusele. OSMi andmetele põhinevad sajad teised kaarditeenused ning kuna tegemist on avatud lähtekoodiga teenusega, on võimalusi lõputult (OpenStreetMap, 2023a). OSMi kaarte saab aluskaardina kasutada pea kõikides tehnilistes variatsioonides (WMS, WFS, TMS/XYZ jne). Kõik OSMi andmed on vabalt allalaetavad ning lisaks on loodud QGISile laiendus, mille abil saab OSMi kihte ükshaaval kaardile laadida ja neid vastavalt oma soovidele ja vajadustele modifitseerida (QGIS, 2023).



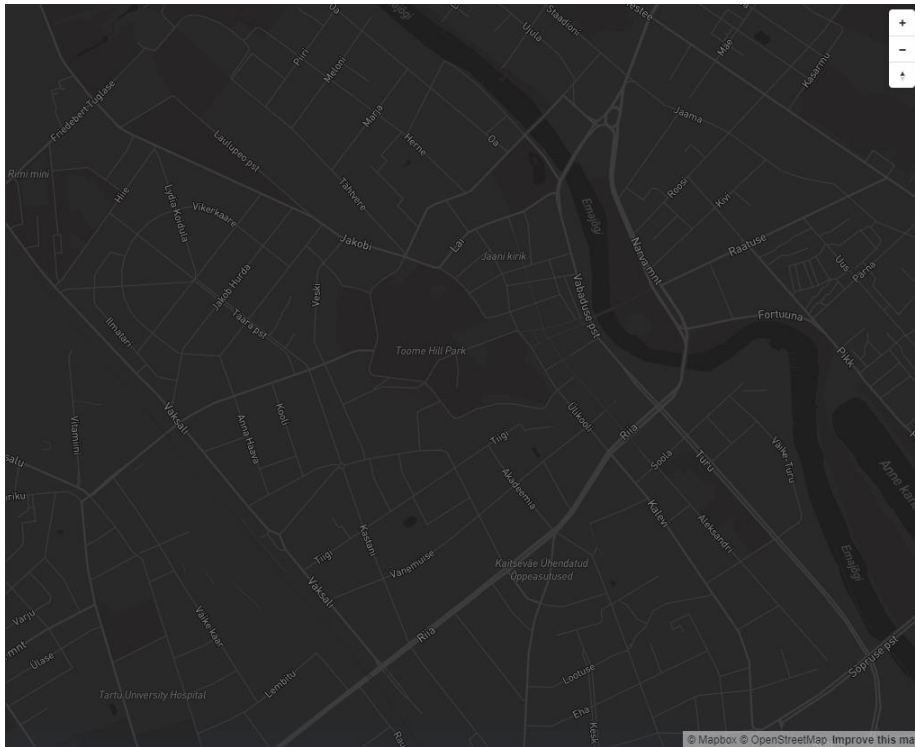
Joonis 11. Tartu Kesklinna piirkond, OpenStreetMap (OpenStreetMap, 2023).

#### 1.6.4. Mapbox

Mapbox on populaarne veebipõhine kaardistamisplatvorm, mis pakub erinevaid võimalusi aluskaartide kujundamiseks ja veebis rakendamiseks. Nende aluskaarte kasutatakse laialdaselt nende kohandatava ja visuaalselt atraktiivse kartograafilise kujunduse tõttu. Populaarsed Mapboxi aluskaardid on näiteks Streets (joonis 12) ja Dark (joonis 13).



Joonis 12. Tartu Kesklinna piirkond, Mapbox Streets (Mapbox, 2023).



Joonis 13. Tartu Kesklinna piirkond, *Mapbox Dark* (Mapbox, 2023).

Üks peamisi eeliseid konkurentide ees on võimalus otse Mapbox Studio keskkonnas kaarte kohandada. Aluskaarte saab isikupärastada, kohandades värve, silte ja muid visuaalseid elemente, seega Mapbox ei paku ainult kaarte, vaid ka töötlus- ja avaldamisvõimalusi. Lisaks töötab Mapbox selle nimel, et nende aluskaardid oleksid optimeeritud kiireks laadimiseks ja sujuvaks kasutamiseks. Teenuste kasutamine eeldab registreerimist ning on tasuta kuni määratud andmemahtude ületamiseni. (Mapbox, 2023b)

### 1.6.5. Bing Maps

Bing Maps on Microsofti kaarditeenus. Bing Mapsi aluskaardid on saadaval paljudes erinevates stiilides, ent nende põhiline tänavavõrku kujutav kaart on suhteliselt primitiivne ning mingil määral sarnane Google'i omale (joonis 14). Google'i kaartidest erinev on hoonestuse kujutamine – Bingi kaardil on hoonestust kujutatud ruumilisena. Sarnaselt Google'ile on kaartide veebirakenduses lisatud informatsioon punktobjektide kohta, ent aluskaardina kasutades ilmuvad need näiliselt veel juhuslikemate siltide sisu ja paigutusega kui Google'i kaartidel. Hea täiendusena pakub Microsoft kasutajale võimalust Bingi kaartide JSON stiilikirjeldust täiendada ning seeläbi muuta kaardiaknas kuvatavate kaardikihtide parameetreid (Microsoft, 2022).



ESRI pakub kasutajatele võimalust kaarte vastavalt vajadusele kohandada. Võimalik on reguleerida erinevatel skaaladel kuvatavat detailsuse taset ja lisada oma andmekihte (Robinson et al., 2015). Lisaks pakub ESRI võimalust oma aluskaarti redigeerida tööriistaga Vector Tile Style Editor (ESRI, 2023b).

### 1.6.7. Carto

Carto on OSMi põhine teenus, mis pakub valdavalt ruumianalüüsiga seotud teenuseid, aga ka veebialuskaarte (Carto, 2023). Siinses võrdluses on Carto kaardid, sest nende Positron ja Dark Matter stiilid on aluskaartidena väga laialt levinud. Positron on heledates toonides tagasihoidlik kaart ning Dark Matter vastupidine tume (joonis 16). Nendele kaartidele on väga hea oma andmeid peale kuvada, kuna on stiililiselt väga tagasihoidlikud ning ei hakka teisi kihte segama. Miinuseks on see, et mõnel ekraanil võib olla spektri otstes asuvaid toone raske näha. Carto kaartide puhul on väga hea see, et neid saab TMS teenusena laadides valida ka ilma siltideta, mis on on tihti aluskaartide puhul soovitatav, aga näiteks Google'i või OSMi originaalkaarte kasutades pole tehtav.

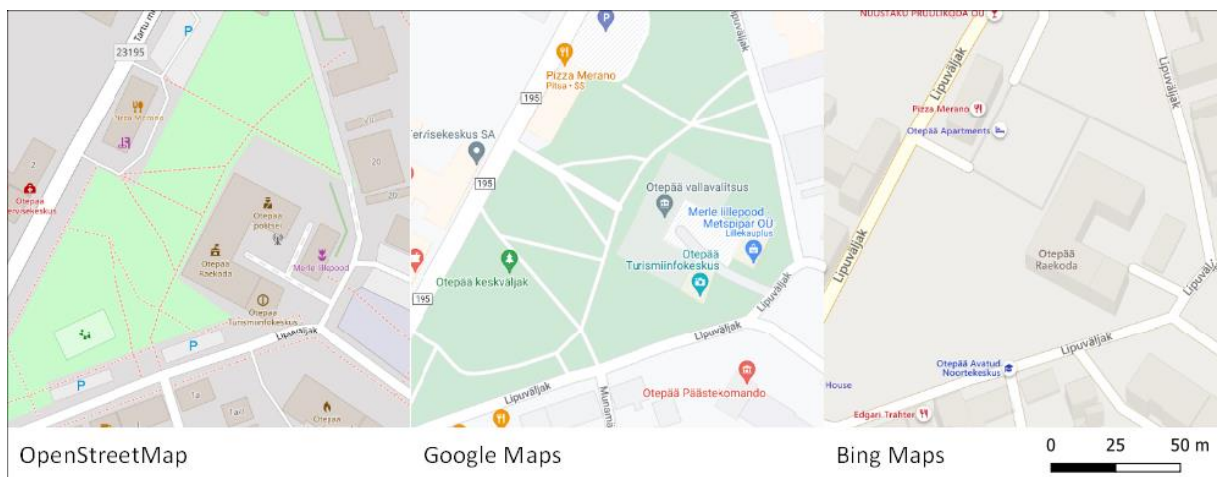


Joonis 16. Tartu Kesklinna piirkond, Carto Positron ja Dark Matter (Carto, 2023).

### 1.6.8. Veebikaartide võrdlus

Kokkuvõtvalt sõltub aluskaardi valik kasutaja poolt seatud konkreetsetest vajadustest ja piirangutest. Eelnevalt nimetatud aluskaartidel on kõigil oma plussid ja miinused. Populaarseimad valikud – Google Maps ja OpenStreetMap - on tasuta ja laialdaselt saadaval, kuid nende täpsus ja täielikkus võivad olla piiratud. Maa-ameti aluskaart on väga põhjalik andmestik, ent seda on võimalik kasutada töötades ainult Eesti kohta käivate andmetega. Carto aluskaardid on visuaalselt atraktiivsed, kohandatavad ja pakuvad mitmeid erinevaid stiile, kuid nende detailsus ei pruugi alati olla piisav. ESRI baaskaardid on tuntud oma kõrge detailsuse ja asukohatäpsuse poolest, kuid nende kasutamine on tasuline ja ei ole seetõttu kõigile kättesaadav. Bingi kaarte värskendatakse regulaarselt ja need on väga kohandatavad, kuid nende täpsus ja täielikkus võib teiste allikatega võrreldes olla piiratud.

Andmete täpsuse mõttes on käesolevas töös võrreldavad kaardid küllalt erinevad. Google'i ja Bingi kaardid on küllalt üldised, näiteks puuduvad seal kõnniteed (joonis 17). Ruumilise täituvuse mõttes on kõige täielikumad OSMi põhised kaardid. Mõningatel juhtudel, näiteks liikuvusanalüüside läbi viimiseks, on OSMi kaardid isegi täpsemad ja ruumiliselt paremini organiseeritud kui Maa-ameti omad, ent silmas tuleb pidada, et sealsed andmed ei ole autoriseeritud ega kontrollitud (Haamer, 2022).



Joonis 17. Kõnniteid kujutava ala võrdlus OSMi, Google'i ja Bingi kaartide vahel

Samas tuleb aluskaarte võrreldes silmas pidada, et kõik need kaardid ei pruugi täita sama eesmärki ning primitiivsemad andmed võivad mingites kontekstides paremini ja lihtsamini mõjuda kui liigne täpsus. Lõpuks tuleb valida aluskaart, mis vastab kõige paremini kasutaja vajadustele ja võimalustele. Hetkel saadaolevate veebialuskaartide üheks puuduseks on veel

asjaolu, et vaid vähesed aluskaartide pakkujad on oma kaartidesse integreerinud võimaluse lülitada sisse-välja kaardikirjade kihti.

Käesoleva tööga sarnase analüüsi erinevate veebikaartide võrdlemises on on läbi viinud Nivala, Brewster, & Sarjakoski (2008), kes võrdlesid Google Mapi, MSN Mapi, MapQuesti ja Multimapi. Tõsi, viidatud töös võrreldi pigem kaartide kasutatavuse aspekti ja erinevate kaardielementide paigutust kui stiili. Jõuti järelduseni, et igal kaardil esineb paratamatult probleeme, mille esile tõusmine on põhjustatud nii kasutajate kogemusest ja kasutusvaldkonnast. Seega ei ole võimalik väita, et on olemas üks ja õige kõige parem kaart. Kaardid, mida on kauem arendatud ning mille arendajad on saanud rohkem sellekohast tagasisidet, on reeglina parema funktsionaalsusega (Nivala et al., 2008).

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1. Andmed

Käesolevas töös kasutatakse peamiselt Eesti topograafilise andmekogu (ETAK) andmeid (Maa-amet, 2023b). Täiendavalt on väiksema skaalaga kaardi jaoks kasutatud üldistatud topoandmeid skaalas 1:250 000 ning andmesiltide jaoks Maa-ameti haldus- ja asutusjaotuse andmestiku maakonna, omavalitsuse ja asustusüksuse kaardikihte (Maa-amet, 2023c).

ETAK on riigi infosüsteemi kuuluv Maa-ameti poolt hallatav andmekogu, mis sisaldab Eesti territooriumi topograafilisi andmeid. Andmekogu haldab Maa-amet ning see koosneb erinevatest kaardikihtidest, mis kajastavad maastiku reljeefi, hüdrograafiat, teid, ehitisi ja muid olulisi objekte. Andmekogu kasutatakse ruumiliste analüüside tegemiseks ning kaardistamiseks erinevates valdkondades, nagu näiteks planeerimine, ehitus, keskkonnakaitse ja turism. ETAKi andmeid kasutatakse laialdaselt ka navigatsioonisüsteemides ning neid võib leida nii paberil kui ka digitaalsel kujul. Andmekogu uuendatakse ja täiendatakse pidevalt, et tagada selle täpsus ja ajakohasus. (Maa-amet, 2006)

Käesolevas töös kasutatakse ETAKi andmeid, sest nad on parimad ametlikud ruumiandmed Eesti kohta, mis on lihtsasti töödeldavad, kõikehõlmavad ja täpsed. Loodavatelt kaartidel jäid ETAKi kihtidest välja kivi, nõlv, pinnavorm, kõrgrajatis, piire, siht, tehnopaigaldis, torujuhe, kaldajoon, hüdrotehniline rajatis, maa-alune hoone, truup, sest need ei oma aluskaardi eeldatavat funktsiooni arvestades sisulist olulisust. Maakondade, valdade, asulate ja linnaosade nimed lisati kaardile Maa-ameti haldus- ja asutusjaotuse kaardikihtidest (asustusüksus, omavalitsus, maakond) (Maa-amet, 2023c).

ETAK-i kaardikihid laeti alla *Geopackage* formaadis (GPKG) Maa-Ameti Geoportaalist (Maa-amet, 2023b). ETAKi kaardikihtide kogumaht oli 1,4 GB. Üldistatud topoandmed ning haldusjaotuse kihid laeti alla samuti Maa-Ameti Geoportaalist *shapefile* formaadis (SHP) (Maa-amet, 2023c). Üldistatud topoandmete ja asustusüksuste kaardikihti kogumaht oli 42,7 MB.

## 2.2. Kaardikihtide kujundamine

### 2.2.1. Stiil

Käesolevas töös koostati veebialuskaardi jaoks kolm erinevat stiili. Eesmärgiks seati luua üks põhiline nn „tänavate“ stiil ning tagasihoidlikest toonides tume ja hele stiil. Mainitud stiilid valiti algselt püstitatud töö eesmärgi võimalikult tõhusaks täitmiseks. „Tänavate“ stiilis kaart esitab andmeid kõige mitmekülgsemalt ja on seega loodud stiilidest universaalseim. Tume ja hele stiil sobivad hästi aluskaartidena kasutamiseks, kui eesmärk on vältida liigset kontrasti kasutaja poolt aluskaardile kuvatavate teemakihtide ja aluskaardi enda vahel.

„Tänavate“ stiilis kaardi loomisel võeti kujunduslikuks eeskujuks OSMi (joonis 11) ja Mapboxi (joonis 12) kaardid. Tumeda ja heleda stiili koostamisel võeti eeskujuks Mapbox Dark (joonis 13) ja ja Carto Positron (joonis 16) kaardid. Kuna näitena välja toodud aluskaardid on kasutajate poolt saanud positiivset tagasisidet ning kujunduslikult tuttavad, on nende aluseks võtmine eesmärgi täitmise kontekstis kindlam, kui täiesti uute stiilide loomine, mille esteetilisus sõltuks ainult autori subjektiivsest nägemusest.

Kaartide loomisele eelnevalt püstitati kriteeriumid, millest stiilide kujundamisel kinni pidada ning mille põhjal hiljem valminud tulemuste kvaliteeti hinnata. Püstitatud kriteeriumid on peamiselt seotud kaardielementide värvide ja geomeetriliste omaduste, aga ka kartograafilise üldistamise võtetega.

Värvide valikul seati eesmärgiks taotleda sarnasust eelnevalt mainitud juba eksisteerivate populaarsete aluskaartidega ning järgida põhimõtet mitte kasutada ühel kaardil rohkem kui 10-12 erinevat värvitooni (Walton, 2019). Mõnede leppemärkide kujundamisel tehti eeskujuks valitud kaartidega võrreldes värvitoonides pisimuudatusi, et tagada parem nähtavus ning viia kujunduslikud põhimõtted vastavusse eelnevalt teooria peatükis kirjeldatuga. Värvitoone valides püüti silmas pidada ka asjaolu, et kaart mõjuks efektsena nii tihe- kui hajaasutus piirkondades.

Joonobjektide laiuste määratlemisel võeti eesmärgiks saavutada parim esitus eri mõõtkavade vaheliste dünaamiliste muutuste kaudu. Selleks prooviti määratleda teede ja raudteede kihtidel joonte laiused nii, et väikese mõõtkavaga vaates oleks need piisavalt hästi nähtavad ning kaardikuva suurendades hakkaksid üha täpsemini esitama objekti reaalselt laiust.

Kirjastiilide valikul lähtuti põhimõttest kasutada inimtekkelistel objektidel seriifideta ja looduslikel seriifidega kaardikirjasid. Seega on antropogeenilistel objektidel valitud kirjastiiliks

Arial ning looduslikel Times New Roman. Lisaks hinnati mõningatel juhtudel vajadust kasutada paremaks loetavuseks tekstihalosid.

Kaardikihtide kujundusega seotud otsuste tegemiseks valiti viis testiala erinevates mõõtkavades ja asukohtades, et loodavate stiilide toimivust võrdsetel alustel katsetada ja omavahel võrrelda. Kombineeritud väljavõtted testialadest töö tulemusena loodud stiilidega on esitatud lisa 1.

Testialad on:

1. Linnaline keskkond lähivaates, mõõtkava 1:10 000 (lisa 1, joonis 1);
2. Linnaline keskkond üldisemas vaates, mõõtkava 1:70 000 (lisa 1, joonis 2);
3. Erinevaid kõlvikuid kujutav maapiirkond, mõõtkava 1:20 000 (lisa 1, joonis 3);
4. Maakonna ülene vaade, mõõtkava 1:1 000 000 (lisa 1, joonis 4);
5. Kogu Eesti maismaa, mõõtkava 1:5 000 000 (lisa 1, joonis 5).

### 2.2.2. Kaardikihtide nähtavus

Kihtide nähtavuse astmestiku koostamisel lähtuti varasemalt kirjeldatud aluskaartidest, mille põhjal seati vastavad nähtavuspiirid ja –kriteeriumid (lisa 2). Hiljem, kui kaart oli terviklikult kokku pandud, tehti visuaalse hinnangu põhjal pisemaid korrekture.

Paljudel kihtide puhul tuli suurendusastmete muutudes andmeid üldistada valiku/elimineerimise meetodi kaudu. Nii on näiteks teede kaardikiht kõige komplekssema ülesehitusega – liigse andmemüra vähendamiseks kaovad kaardilt mõõtkava vähenedes väiksemad tänavad ja rajad. Sarnaselt on nähtavusastmed määratud ka kõrval- ja tugimaanteedele ning kogu riiki kaardiaknas kuvades jäävad kaardile alles ainult põhimaanteed. Sarnane loogika seati ka raudteede kihile.

Mõõtkavast 1:100 000 ja vähem, kasutatakse kõlvikute kujutamiseks üldistatud topoandmeid. See parandab kaardi laadimiskiirust ja loetavust.

Paanidel põhinevatel aluskaartidel on 24 suurendusastet (*zoom levels*) (lisa 2). Kaardikihtide nähtavus teisendati traditsioonilistest mõõtkavalistest suurustest suurendusastmetele vastavaks, kasutades selleks loodud ESRI teisendustööriista (ESRI, 2023c).

### 2.3. Tarkvara

Loodavate veebialuskaartide serveritarkvarana WMS-teenuste jaoks kasutatakse GeoServerit. See meetoodika valiti lähtuvalt varasemast kasutuskogemusest ning tehnilisest võimekusest.

WMS-kaardikihtide stiililiseks kujundamiseks kasutati tarkvara QGIS, kuna see on vabalt kättesaadav ja pakub palju võimalusi stiilide loomiseks. QGIS on avatud lähtekoodiga ruumiandmete töötlemiseks mõeldud GIS-tarkvara, mida kasutatakse andmete kogumiseks, haldamiseks, analüüsimiseks ja visualiseerimiseks (QGIS project, 2023). QGISi on võimalik integreerida erinevaid andmeallikaid, sealhulgas ka avatud andmeid, nagu näiteks OpenStreetMap ning teiste enimlevinud GIS-tarkvarade loodud faile. Lisaks sellele pakub QGIS palju funktsioone ja laiendusi, nagu erinevad pluginid, mis muudavad selle üheks kõige mitmekülgsemaks GIS-tarkvaraks. Seega on ka käesoleva töö kontekstis QGISi tugevusteks selle avatus, paindlikkus ja kohandatavus.

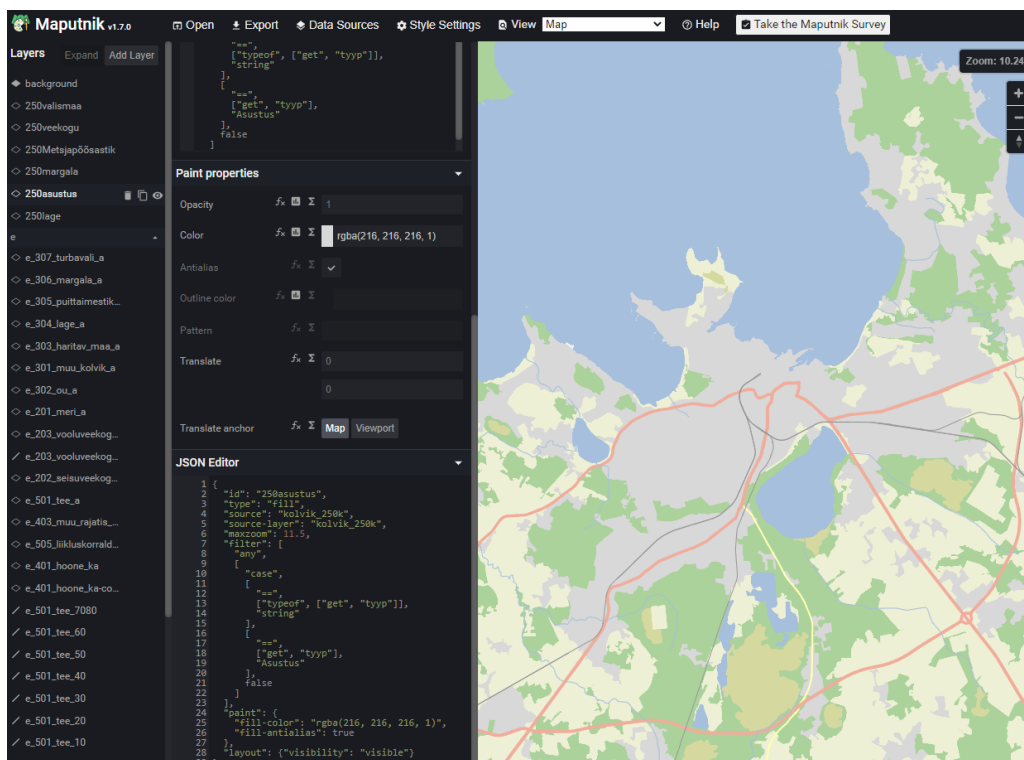
Stiilid liigutati QGISist GeoServerisse, salvestades QGISis loodud stiilid lokaalselt SLD-failidena ning sisestades need GeoServeri *Style Editor* aknasse (joonis 18). Iga kaardikihi kohta loodi seega eraldiseisev stiilifail. Alternatiivina QGISile saaks kaardikihtide kujundamiseks

kasutada ka tarkvara ArcGIS, kuid käesolevas töös otsustati QGISi kasuks lähtuvalt varasemast kasutajakogemusest ning asjaolust, et tegemist on vabavaralise tarkvaraga.

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld" version="1.1.0"
3   xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:se="http://www.opengis.net/se"
4   xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
5     http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
6   xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink">
7   <NamedLayer>
8     <se:Name>E_401_hoone_ka</se:Name>
9     <UserStyle>
10      <se:Name>E_401_hoone_ka</se:Name>
11      <se:FeatureTypeStyle>
12        <se:Rule>
13          <se:Name></se:Name>
14          <se:MaxScaleDenominator>20000</se:MaxScaleDenominator>
15          <se:PolygonSymbolizer>
16            <se:Fill>
17              <se:SvgParameter name="fill">#dadada</se:SvgParameter>
18            </se:Fill>
19            <se:Stroke>
20              <se:SvgParameter name="stroke">#b2b2b2</se:SvgParameter>
21              <se:SvgParameter name="stroke-width">0.5</se:SvgParameter>
22              <se:SvgParameter name="stroke-linejoin">bevel</se:SvgParameter>
23            </se:Stroke>
24          </se:PolygonSymbolizer>
25        </se:Rule>
26        <se:Rule>
27          <se:Name></se:Name>
28          <se:MinScaleDenominator>20000</se:MinScaleDenominator>
29          <se:MaxScaleDenominator>50000</se:MaxScaleDenominator>
30          <se:PolygonSymbolizer>
31            <se:Fill>
32              <se:SvgParameter name="fill">#d9d9d9</se:SvgParameter>
33            </se:Fill>
34          </se:PolygonSymbolizer>
35        </se:Rule>
36      </se:FeatureTypeStyle>
37    </UserStyle>
38  </NamedLayer>
39 </StyledLayerDescriptor>
```

Joonis 18. Näide GeoServeri Style Editor SLD sisestusaknast (hoonete kiht OSM stiili jaoks).

Vektorpaanidel põhineva kaardi kujundamiseks kasutati Maputnik Editor veebipõhist redigeerimistööriista (joonis 19) (Maputnik, 2023). Kaardikihtide kujundused loodi võimalikult samaväärsed QGISis koostatutele.



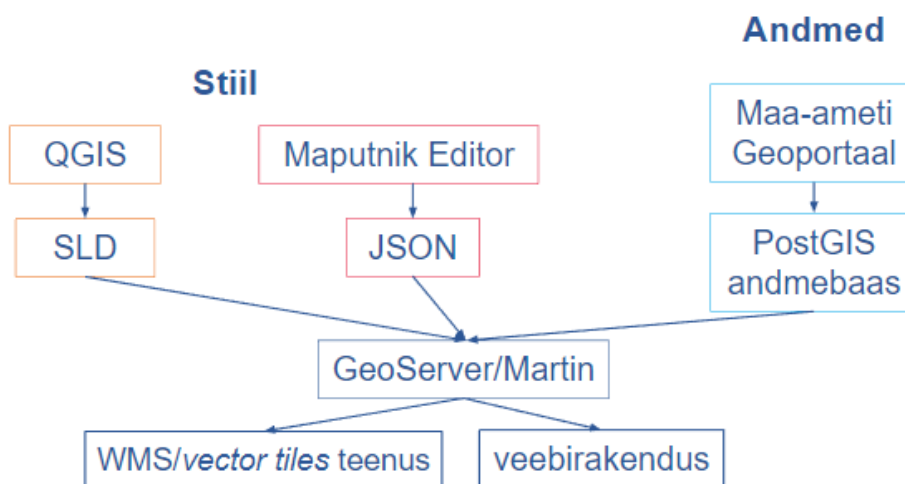
Joonis 19. Maputnik Editori kasutajaliides (Maputnik, 2023).

Maputnik on avatud lähtekoodiga tarkvara, mis võimaldab kasutajatel luua ja kohandada vektorpaanide tehnoloogiat kasutades interaktiivseid kaarte, rakendusi ja visuaalseid liideseid. Maputnik võimaldab kasutada erinevaid andmeallikaid, nagu näiteks OpenStreetMap, Mapbox ja Google Maps ning andmeid analüüsida, visualiseerida ja jagada (Maputnik, 2023). Maputnik pakub palju erinevaid funktsioone, sealhulgas kaardikihtide kuvamist, andmete filtreerimist, andmete eksportimist, interaktiivseid funktsioone jne. ning see on saadaval mitmel erineval platvormil, sealhulgas veebis, eraldi töölauarakendusena ja mobiilirakendusena.

Kujundamise järel eksporditi Maputnik Editorist stiili omadusi kirjeldav JSON-fail ning laeti üles GitHubi kausta, mis on ühendatud Martini serveriga, mille kaudu MVT kaart avalikustatakse. GitHubi kaudu loodud ühendus teeb mugavamaks kaartide uuendamise – nii saab vajadusel JSON-koodi kaudu kirjeldatud stiile operatiivselt uuendada ilma, et peaks neid alati käsitsi otse kaardiserverisse üles laadima.

#### 2.4. Kaartide veebis avaldamine

Kaardi kujundamise ja veebis avaldamise vahel on mitu etappi. Lihtsustatud töövooskeem on esitatud joonisel 20.



Joonis 20. Töövooskeem lihtsustatud skeem.

Nagu eelnevalt mainitud, laeti andmed alla GPKG formaadis Maa-Ameti Geoportaalist. Seejärel laeti andmed PostgreSQL v14 PostGIS laienduse versiooniga 3.2 andmebaasi, skeemi nimega „sourcedata1“. Sellest tulenevalt on andmebaasis rohkem kui 20 tabelit, millest igaüks on üks ETAK-i kiht talle vastava nimetusega (näiteks „e\_501\_tee\_a“).

WMSi jaoks paigaldati GeoServeri versioon 2.22.2, loodi tööruum (*workspace*) ja seadistati ühendus andmebaasiga. Kõik ETAK-i kihid avaldati seejärel WMS-i kihtidena.

Aluskaardi kujundamisel oli fookuses 20 kaardikihti. Iga eraldiseisva kihi jaoks töötati välja mitu SLD stiili: OSM, hele ja tume. Nt. „e\_501\_tee\_a\_osm“, „e\_501\_tee\_a\_light“ ja „e\_501\_tee\_a\_dark“. Need 20 kihti on koondatud 3 eraldi kihirühma – ETAK\_OSM, ETAK\_light ja ETAK\_dark. Kihirühmades on iga kihiga seotud konkreetseid stiilid, nt. kihirühmas ETAK\_light on kiht „e\_501\_tee\_a“ seadistatud renderdama stiiliga „e\_501\_tee\_a\_light“. GeoServer pakub sisseehitatud tuge taasprojitseerimiseks. Kõik kihid on salvestatud andmebaasi EPSG:3301 (L-EST97) projektsioonis, kuid veebikaardistamise eesmärgil reprojitseerib GeoServer need jooksvalt EPSG:3875 (Web Mercator) projektsiooni.

WMSi-võimekusega kliendirakendustes, aga ka töölaua GIS-i tööriistas saab kihirühmi laadida iseseisvate kihtidena, mis täidavad aluskaardil eraldi taustakaardi ja kaardikirjade kihi.

Testimiseks kaaluti mitmeid MVT serverilahendusi, kuid kuna töö eesmärk ei ole serverite jõudluspõhine võrdlus, siis valiti lahendus lähtuvalt varasemast kasutuskogemusest. Selles seadistuses kasutatakse Martini serverit, mis on konfigureeritud sama ülalmainitud andmebaasiga. Martin kasutab võimaluse korral PostGISi funktsioone, sealhulgas taasprojitseerimiseks. Kuna kõik kihid on andmebaasis salvestatud EPSG:3301 (L-EST97) projektsioonis, annab Martin veebikaardistamise eesmärgil andmebaasile korralduse käigupealt ümber projitseerida EPSG:3875-le (Web Mercator).

TÜ HPC keskuses on peamiseks veebiserveriks 4 protsessori, 16 GB muutmälu ja 100 GB kettaruumiga virtuaalserver, mis töötab Ubuntu 22.04.2 LTS Linux operatsioonisüsteemil, kuhu on paigaldatud kõik komponendid. Apache HTTP-server (v2.4.52) toimib keskse veebipuhverserverina Geoserveri, Martini serveri ja Javascripti demoveebi kaardistamise failide jaoks.

### 3. TULEMUSED

Käesoleva töö tulemusena loodi kaardirakendus, mis toimib WMS- ja vektorpaanidel põhineva teenusena. Lisaks on kaartide kohta võimalik esitada WMS-päring ning kasutada neid alusena kaarditöötlustarkvarades. Töö erineb varasemalt loodust, kuna vektorpaanidel põhinevat ETAKi põhise aluskaarti pole varem tehtud.

WMS serveriga saab kaarditöötlustarkvarades ühenduda aadressil <https://maps.landscape-geoinformatics.org/geoserver/geodb/wms>. Nii WMS- kui ka MVT-teenuse QGISis kasutamise juhend asub lisas 5. Kaardid on mõeldud kasutamiseks EPSG:3857 (Web Mercator) projektsioonis.

Vektorpaanide põhise kaardi jaoks koostati üks JSON-stiilifail, mis sisaldab sama ruumikuju, mis WMS kaartidel ning kaardikirjasid teede, veekogude ja hoonete aadresside kohta. Kaardikirjade vähendatud valik on tingitud asjaolust, et paanimeetodiga omistatakse kaardikiri igale paanile mitte igale kaardielemendile. Sellisel juhul võib tekkida olukord, kus kaardivaade on täidetud üleliigsete kaardikirjadega. Selle vältimiseks tuleks luua iga soovitud kaardikirja jaoks punktobjekt vastava soovitud väärtusega, ent siis ei oleks kaardikiri enam suurendusastmeid vahetades dünaamiline, vaid fikseeritud kindlasse geograafilisse punkti.

#### 3.1. Valminud kaardid

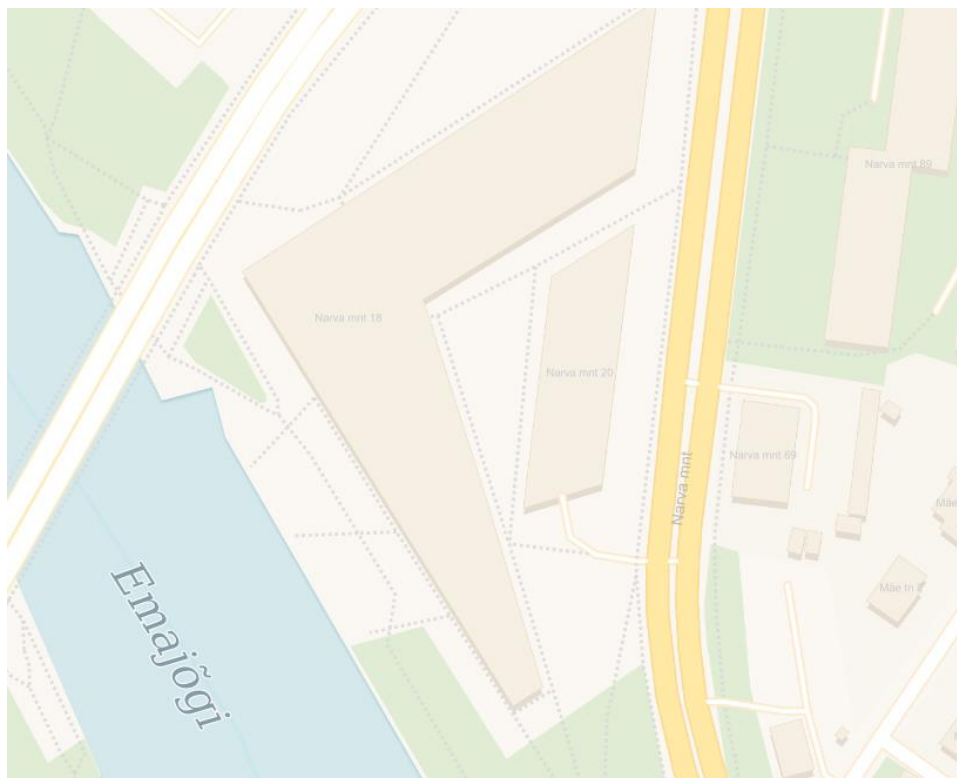
Käesoleva töö käigus koostati kolmes erinevas stiilis WMS-põhist aluskaarti ning üks MVT vektorpaanidel põhinev aluskaart. Ülevaatlik stiilide kujunduslikke valikuid esitav tabel on välja toodud lisas 3.

Iga WMS-stiili kohta koostati GeoServeris kaks kihigrupi (*layer group*), millest üks koosneb ilma kaardikirjadeta ruumikujust ning teine vaid kaardikirjadest (joonis 21). Valminud kaardirakenduses on stiilid esitatud nende kahe kombinatsioonina ning WMS-päringut tehes saab kaarditöötlustarkvaras kaardikirjasid vastavalt soovile sisse-välja lülitada.

ID	Nimi	Pealkiri
0		GeoServer Web ...
1	ETAK_OSM	ETAK_OSM
3	ETAK_OSM_labels	ETAK_OSM_labels
5	ETAK_dark	ETAK_dark
7	ETAK_dark_labels	ETAK_dark_labels
9	ETAK_light	ETAK_light
11	ETAK_light_labels	ETAK_light_labels

Joonis 21. Pakutavate kihtide valik QGISi WMS-teenuse lisamise aknas.

Vajadusel saab esitada päringu ka vaid kaardikirjade kihi kohta, et seda eraldi teiste andmete peal kuvada. Seega töötavad loodud aluskaartide funktsioonid soovi korral koos teiste aluskaartidega (joonis 22). Seda võimalust on hea kasutada näiteks siis, kui eesmärgiks on kujutada välismaisel aluskaardil eestikeelseid kaardikirjasid.

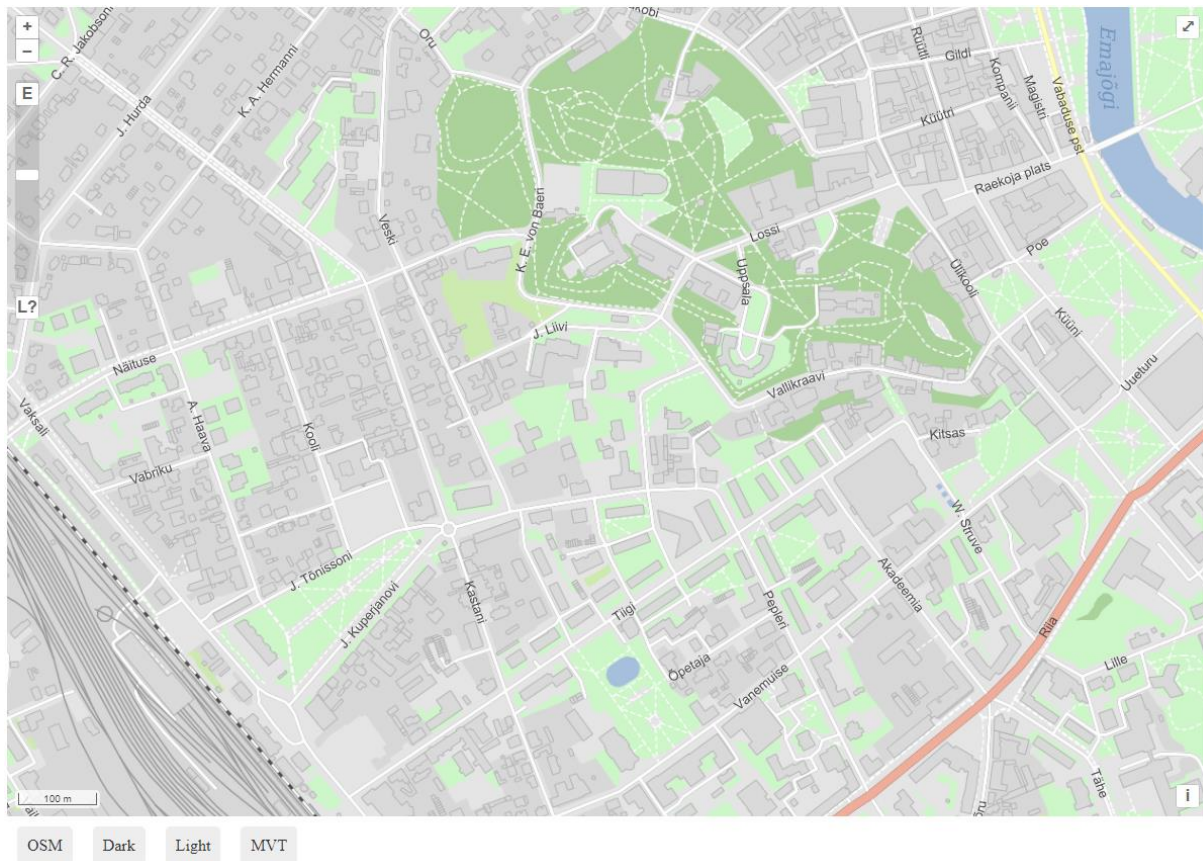


Joonis 22. Väljavõte *Carto Voyager* aluskaardist, millele on lisatud töö käigus loodud heleda stiili kaardikirjad.

### 3.1.1. OSM stiil

„OSM“ stiilis üldine kaart valmis, saades inspiratsiooni OSMi ja MapBoxi tänavavõrke kujutavatest kaartidest (joonis 23). Tegemist on loodud kaartidest kõige universaalsema ja ülevaatlikuma stiiliga. Erinevalt teistest stiilidest, on siin värvidega eristatud erinevad teede liigid ning erinevat värvust omavad ka kõik kõlvikute liigid.

Kaarti näeb veebis aadressil <https://maps.landscape-geoinformatics.org/joonatan/#/>.

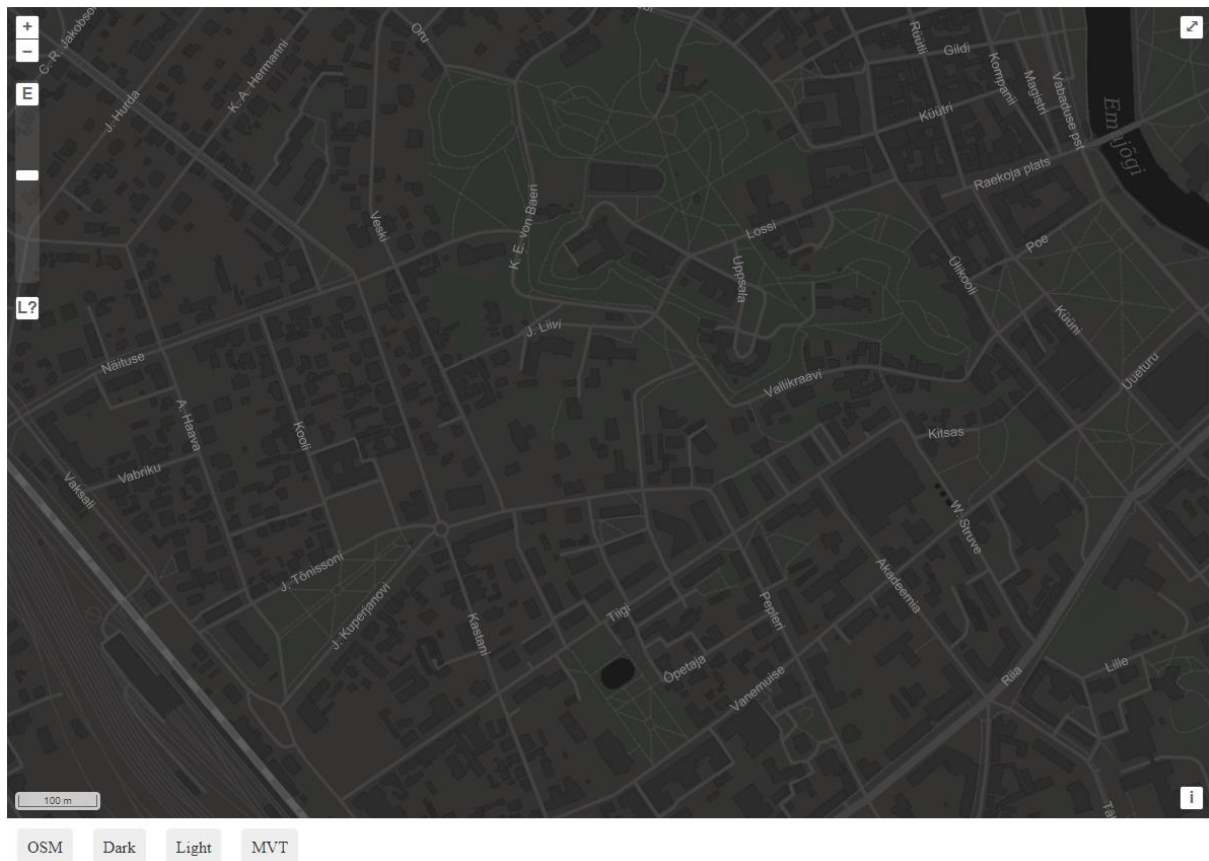


Joonis 23. Näide OSM stiilis kaardist kaardirakenduses.

### 3.1.2. Tume stiil

Tumedas stiilis kaart oli esimene valminud kaart (joonis 24). Tegemist on tagasihoidliku väga tumedates toonides kaardiga. Kaardi kõige heledam element on kõigest 27% valge. Tume stiil on inspireeritud Mapbox Dark kaardist ning kaardi loomisel on kasutatud suuresti ka sama värvipaletti.

Kaarti näeb veebis aadressil <https://maps.landscape-geoinformatics.org/joonatan/#/dark>.

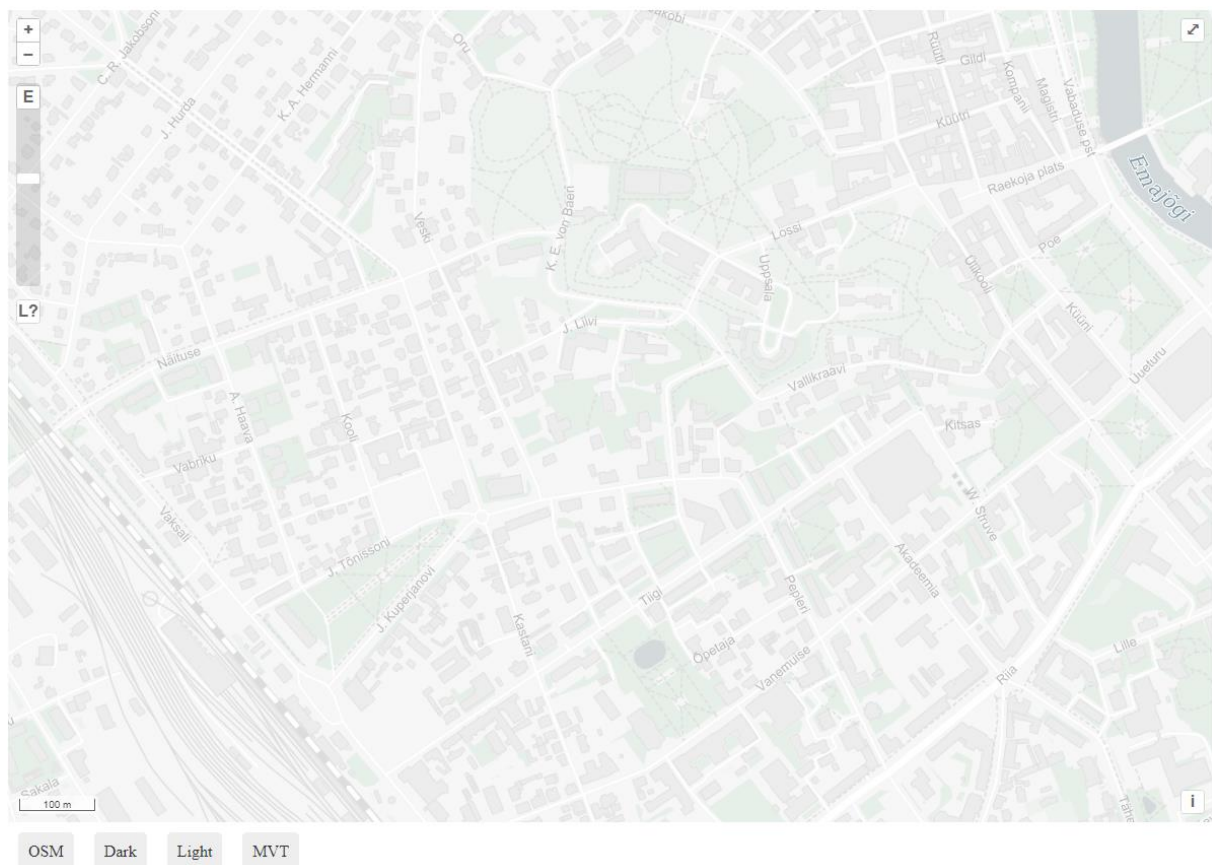


Joonis 24. Näide tumeda stiiliga kaardist kaardirakenduses.

### 3.1.3. Hele stiil

Heledas stiilis kaart valmis vastandina tumedale (joonis 25). See on lihtne hele stiil, mida saab hästi kasutada muude andmete taustal, ilma et see hakkaks liigselt teemakihtidega konkureerima. Värvide valikul on saadud inspiratsiooni Carto Positron kaardistiilist. Sarnaselt tumedale teemale, on ka heledal stiilil puittaimestiku jaoks kasutatud kerget väga heledat rohelist tooni. Kõige tumedam element kogu stiilis on 85% valge.

Kaarti näeb veebis aadressil <https://maps.landscape-geoinformatics.org/joonatan/#/light>.

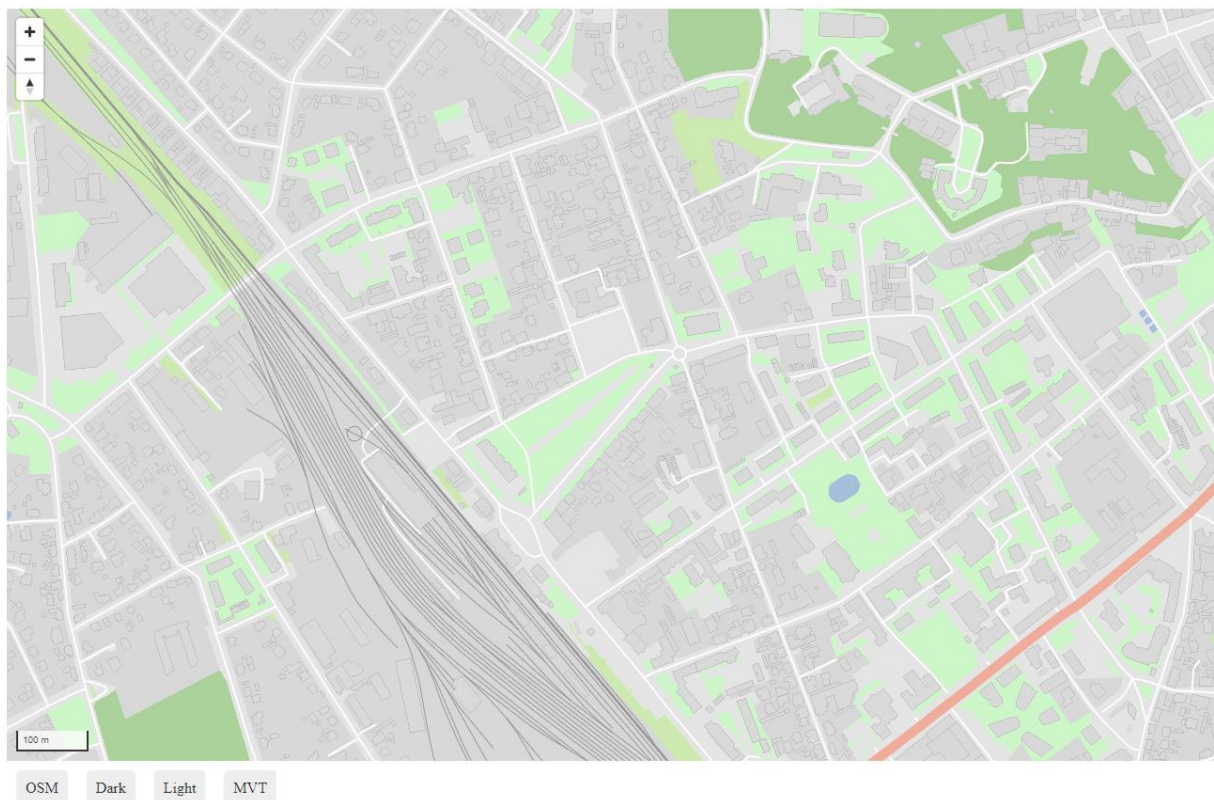


Joonis 25. Näide heleda stiiliga kaardist kaardirakenduses.

### 3.1.4. MVT vektorpaanidel põhinev kaart

MVT vektorpaanidel põhineva kaardi loomisel on kasutatud sama värvpaletti nagu OSM stiilis kaardil (joonis 26). Võrreldes WMS-teenuse OSM stiilis kaardiga, on MVT kaardil väikesed erinevused joonte stiili kujunduses – tehniliste piirangute tõttu puuduvad seal keerukamad kriipsjoontest kombineeritud joonestiilid (raudtee, rada) ning kaardikirjad on esitatud vaid tänavate, hoonete ja veekogude kohta.

Kaarti näeb veebis aadressil <https://maps.landscape-geoinformatics.org/joonatan/#/mvt>.



Joonis 26. Näide MVT kaardist kaardirakenduses.

### 3.2. Kaardirakendus ja –teenus

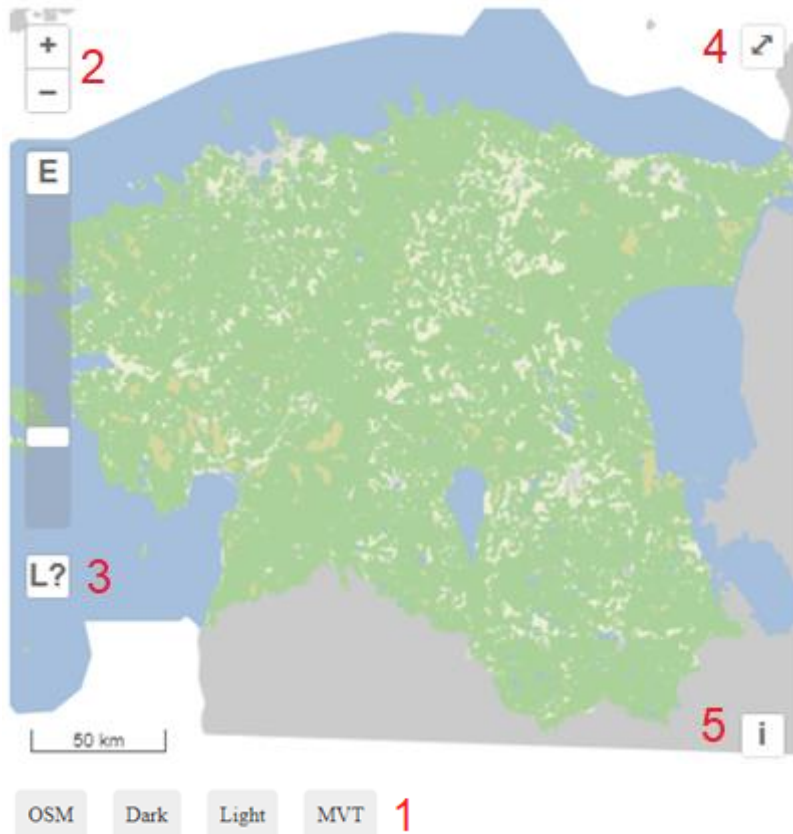
Kõiki loodud kaarte esitav demorakendus töötab aadressil <https://maps.landscape-geoinformatics.org/joonatan/>. Selle rakenduse kaudu saab loodud kaartidega lihtsasti tutvuda.

Rakenduse loomiseks kasutati:

- OpenLayers 7.3.0 WMS-i jaoks,
- Maplibre GL JS v2.4.0 MVT ja style.json jaoks,
- Vue JS v3.2.47 ühelehelise rakenduse komponentide raamistiku jaoks.

Rakenduses on lisaks aluskaardile endale esitatud ka kaardi vaatamist lihtsustavad lisaelemendid, mida on kirjeldatud joonisel 27:

- 1) aluskaardi valik;
- 2) suurendusnupud;
- 3) nupp (L) lülitamiseks sisse/välja kaardikirjasid;
- 4) kaardi täisekraanil kuvamise nupp
- 5) infonupp andmete allikaga, kuhu peale vajutades suunatakse kasutaja Maa-ameti geoportaali ETAKi andmestiku lehele.



Joonis 27. Kaardiaken OSM stiilis WMS-kaardiga.

## 4. ARUTELU

Käesoleva töö tulemustena loodi neli erinevas stiilis veebialuskaarti ning kaardirakendus nende brauseris kuvamiseks. Kolm kaarti toimivad WMS- ja üks kaart vektorpaanidel põhineva teenusena. Võrreldes varasemalt loodud aluskaartidega, on nüüd saadaval mitu erinevat stiili, mis on loodud ETAKi andmete põhjal. Lisas 4 on esitatud töö käigus loodud kaardid võrdluses neile aluseks olnud populaarsete aluskaartidega. Loodud kaardid pakuvad head funktsionaalsust ja interaktiivset kasutatavust ka eraldi loodud kaardirakenduse näol. Suure eelise varasemalt loodud kaartide ees annab ka võimalus kaardikirjasid sisse-välja lülitada.

Loodud aluskaartidest võiks kasu saada aluskaartide kasutajad igas valdkonnas. Kaarte kasutades tuleb silmas pidada, et käesoleva töö käigus loodud kaardid on mõeldud pigem aluskaartideks ruumiandmete töötlejale kui kasutamiseks ruumis navigeerimisel. Töö käigus kogutud materjalid ja nende põhjal tehtud järeldused võivad olla tulevikus heaks lähtepunktiks teistele veebialuskaarte käsitlevatele töödele.

### 4.1. Metoodilised lahendused ja andmestikust tulenevad eripärad

Metoodiliselt avaldus töö käigus mõningaid kitsaskohti. Stiilide kujundamisel selgus, et QGISist SLD-faili eksportides ei salvestu üksüheselt kõik programmis kujundatud stiililised elemendid. QGIS pakub stiililiste reeglite kujundamisel väga laia valikut funktsioone, mis ei ole SLD märgistuskeelde teisendamisel alati üheselt rakendatavad. Nii ei tule kaasa näiteks QGISis seatud tekstide orientatsiooni reegel, mida tuleb SLD-failis GeoServerile sobivalt käsitsi korrigeerida. Kaardikirjade seadmisel oli ka soov eemaldada asustusüksuse kaardikihis esinev kohanime järgne teksiväli „linn“, „alev“, „küla“ jne, mida saab teha QGISis, ent SLD eksport sellist filtreerimise võimalust ei toeta. Probleeme oli ka teede laiuse ühikute määratlemisega. QGISis fikseeritud laiused meetrites ei avaldu SLD-failis üheselt ning neid peab eraldi koodirea kaudu täpsustama. Edasi ei kandu ka QGISis kaardikirjadele seatud tähevahed.

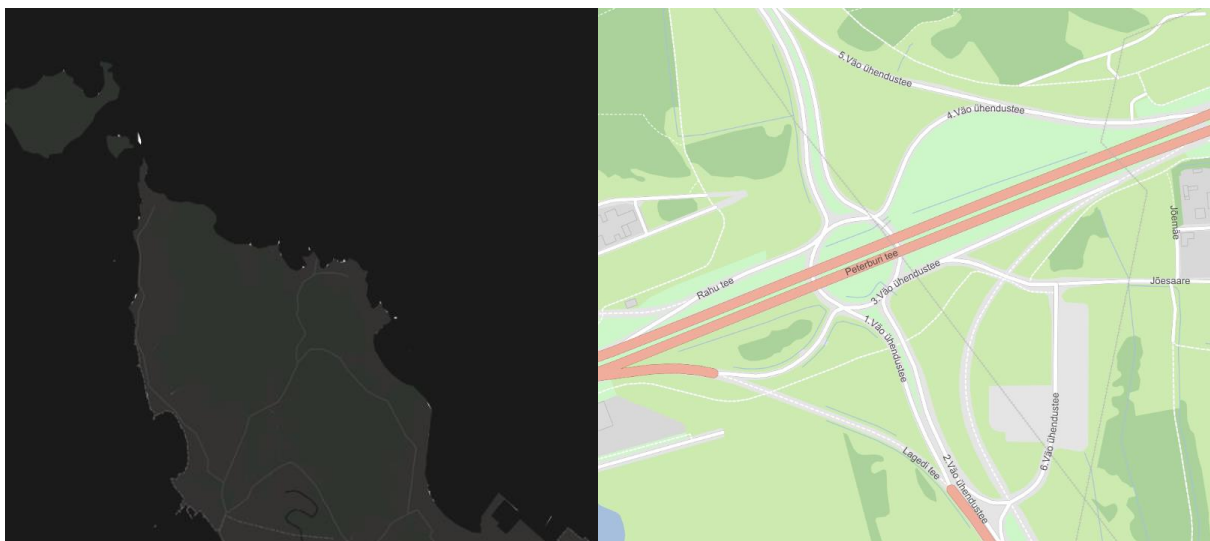
Algne soov oli kaardikirjasid rakendada ka vektorpaanidel põhinevatel kaartidel, ent paanimeetodi eripärast sõltuvalt tekivad sõltuvalt suurendusastmele kaardiaknasse üleliigsed kaardikirjad (joonis 28). Tulevikus sama meetodikaga kaarte luues tuleks iga soovitud kaardikirja kihi jaoks genereerida eraldi punktobjektidega kihid, et iga märgis omaks kindlat geograafilist punktkoordinaati. Käesoleva töö raames seda liigse töömahu tõttu ei tehtud.



Joonis 28. Soovimatult suur hulk märgiseid MVT kaardil.

Kui töö algul sõnastati eesmärgiks luua veebialuskaardid puhtalt ETAKi andmestiku põhjal, siis hiljem selgusid mõningad puudujäägid, mis seda teha ei võimaldanud. Lisaks ETAKile tuli kasutada ka üldistatud topoandmeid väiksemõõtmelise vaate jaoks ning eraldiseisvaid haldusjaotust kujutavaid kaardikihte asukohasiltide jaoks.

Selgusid ka mõned spetsiifilised puudujäägid andmestikes. Näiteks selgus, et kuna üldistatud topoandmete andmestikus puudub mereala kaardikiht, jääb merealade jaoks ETAKi kihte kasutades väiksemas mõõtkavas rannajoone erinevustest tingituna rannikualadele tühimikke (joonis 29.1). Valgete alade katmiseks suurendati ETAKi andmestiku mereala tunnuste äärejoone laiust. Samuti avaldus riigiteede liigituse erinevuste tõttu mõningates kohtades teede „katkemise“ efekt, kus viaduktil põhimaanteid siduvad ühendusteel on andmestikus liigitatud kui rajad või tänavad (joonis 29.2).



Joonis 29.1. ja 29.2. Valged laigud ja tee „katkemine“ kaardil tingituna andmestike eripäradest.

Suure andmemahu tõttu märgati, et WMS on laadimiskiiruse poolest aeglasem kui vektorpaanid, mistõttu tulevikus võiks eelistada paanipõhiseid meetodeid. Käesolevas töös küll XYZ/TMS stiili ja eelrenderdamist ei testitud, ent ka see võiks olla tulevikus kaalutud lahendus.

#### **4.2. WMS ja MVT kujundamise metoodilised erinevused**

WMS ja MVT kaardikihtide kujundamine toimus erinevates rakendustes (QGIS ja Maputnik Editor), mille ülesehitus ja süstemaatilisus ei ole üheselt sarnased. Küll aga on mõlemas rakenduses stiilide kujundamisega lihtne tutvavaks saada, kuna rakenduste ülesehitus on loogiline ja veebis on palju vastavaid abimaterjale.

Üks meelepärane eelis Maputnik Editoris loodavatel JSON-failidel, mida SLD stiilikirjeldused sellisel kujul ei toeta, on võimalus lisada ühele kihile erinevates suurendusastmetes vastavad joonte laiuste parameetrid, mille transformeerumise teiseks rakendus ise vastavalt mõõtkava muutumisele sujuvalt ümber.

Tulenevalt mainitud metoodilistest erinevustest, erinevad ka loodud WMS ja MVT kaardid omavahelises võrdluses visuaalselt pisut.

#### **4.3. Aluskaartide arendamise perspektiivid**

Kui soovida tulevikus luua sarnaseid kaarte just ainult ühe andmeallika (näiteks ETAKi) põhjal, võiks proovida automatiseerida kihtide generaliseerimist. See eeldab aga ka töötlusserveri sellekohast võimekust. Lisaks võiks enne automaatset üldistamist analüüsida selle efektiivsust ja mõju arvutuskiiirusele. Vektorpaanide puhul pakuvad GeoServer ja Martin mõningaid lihtsustamise ja üldistamise funktsioone tuginedes PostGIS-i andmebaasi funktsionaalsusele, kuid see ei ole kindlasti samaväärse kvaliteediga generaliseerimine, kui oleks inimsilma läbi hinnatud strateegiline generaliseerimine.

Käesoleva töö tulemusena loodud kaartidel esitatud ruumiandmed on ajakohased seisuga märts-aprill 2023. Tulevikus võiks ka andmete uuendamine olla automatiseeritud (näiteks igal nädalal). Tuleb silmas pidada, et seda tüüpi automaatika töötab ainult siis, kui kaardil esitatavaid geomeetriaid pole vaja käsitsi redigeerida. Seetõttu välditi ka käesolevas töös andmete käsitsi muutmist ning kasutati masinloetavaid ametlikke andmeid.

Kaarditeenuse töös hoidmise administratsiooni/serveri kulusid ei ole käesoleva töö raames kvantitatiivselt mõõdetud, ent varasema kirjanduse põhjal on MVT-teenuse ülalpidamine

võrreldes WMS-teenusega serveri vaatest kergem, sest WMS renderdatakse serveris peaaegu alati nõudmisel iga konkreetse päringu vaateakna jaoks ning on seetõttu ka mahukam. Alternatiiviks sellele oleks eelrenderdus, kus TMS/XYZ või WMTS rasterpaanid genereeritakse ühekordselt ning esitatakse seejärel kasutajani lihtsa veebiserveri kaudu ilma rakendusserveri vajaduseta. Selle lahenduse kitsaskohaks on vajadus baasandmeid värskendades kõike uuesti renderdada, mis on väga arvutusmahukas. Samamoodi võivad ka MVT paanid olla eelrenderdatud, kuid MVT saadab kasutajani ainult väikseid vektorandmepakette, millele genereeritakse stiilid kasutajakeskkonnas, mistõttu ei oleks seal uuendused niivõrd suureks probleemiks. Sellest tulenevalt saab soovitada ka tulevikus jätkata tööd vektorpaanide tehnoloogial põhinevate kaartide arenduse ja katsetustega.

## 5. KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärk oli uurida veebialuskaarte ja nende olemust ning koostada saadud teadmiste põhjal praktilised ja stilistiliselt põhjendatud veebialuskaardid Eesti jaoks, kasutades Eesti topograafilise andmekogu (ETAK) andmeid.

Teoreetilise ülevaate osas kirjeldati erialase kirjanduse põhjal veebikaartide mõistet ning anti ülevaade kaartide kujundamise põhireeglitest. Samuti kirjeldati veebialuskaartide loomis- ja avaldamisprotsessi jaoks vajalikke tehnoloogiaid ning tarkvaralisi lahendusi. Peatüki lõpus tutvustati erinevaid olemasolevaid veebialuskaarte ning võrreldi neid omavahel.

Töös kasutati Maa-ameti andmeid. Põhilise andmekogu moodustasid ETAKi andmeid, millele lisati juurde üldistatud topoandmed ning Maa-ameti asustusüksuste kaardikiht. Kaardikihtide kujundamine toimus tarkvaraga QGIS ja Maputnik Editor, millest eksporditud SLD- ja JSON-failid laeti eelnevalt üles seatud veebikaartidele GeoServeri ja Martini kaudu.

Tulemusena koostati kolmes erinevas stiilis WMS-põhist aluskaarti ning üks MVT vektorpaanidel põhinev aluskaart. Kaartide lihtsaks kuvamiseks veebis valmis kaardirakendus, mis toimib nii WMS kui ka vektorpaanidel põhineva teenusena. Kaartide kohta on võimalik esitada ka WMS- või *Vector Tiles* päring ning kasutada neid alusena kaarditöötlustarkvarades.

Töö tulemusena loodud kaardid võiksid potentsiaalselt huvi pakkuda laiale kasutajaskonnale. Kaartide kujundamise käigus selgusid ka mõningaid puudused kasutatud andmestikes ja meetodikas. Tehnoloogia arenedes tekib digitaalse kartograafiaga seotud võimalusi aina rohkem ning veebikaartide tehnoloogiate avastamist ja sarnaste kaarditeenusete arendamist võiks kindlasti jätkata ka tulevikus.

Kokkuvõtteks võib öelda, et käesoleva töö tulemusena valminud kaarditeenus on heaks täienduseks seni pakutud lahendustele. Eestis uudse meetodikana kasutusele võetud vektorpaanide põhise kaarditeenus loomine on heaks aluseks tulevastele sellealastele arendustele ja uurimistöodele.

# **Creating online basemaps based on ETAK data**

**Joonatan Kama**

## **Summary**

The aim of this thesis was to provide an overview of the current state of the art web basemaps and their nature, and based on the knowledge gained, to prepare practical and stylish basemaps for Estonia. Data from the Estonian Topographic Database (ETAK) was used for these maps.

As a part of the theoretical overview, the concept of online maps was described based on professional literature, and a theoretical overview of the basic rules of map design was given. The technologies and software solutions necessary for the process of creating and publishing web base maps were also described. At the end of the chapter, various existing web basemaps were presented as an example and compared with each other.

The data from the Estonian Land Board was used. ETAK data formed the main dataset, generalized topographic data and a map layer of the Land Board's settlement units were added. Map layers were designed using QGIS and Maputnik Editor software, from which the exported SLD and JSON files were added to previously uploaded web maps via GeoServer and Martin.

As a result, three WMS-based basemaps in different styles and one basemap based on MVT vector tiles were prepared. For easy display of maps on the web, a ready-made map application was created which functions as both a WMS and a service based on vector tiles. Maps can also be queried in WMS or Vector Tiles and used as a base in general mapping softwares.

The maps that were created as a result of this thesis could potentially be of interest to a wide range of users. During the design process of the maps, some shortcomings in the used datasets and methodology were also found. As technology develops, more and more opportunities related to digital cartography arise, and the discovery of online map technologies and the development of similar map services could certainly continue in the future.

In conclusion, it can be said that the map service created as a result of this work is a good addition to the solutions offered so far. The creation of a map service based on vector tiles, introduced as a new methodology in Estonia, is a good basis for future developments and research in this area.

## **TÄNUAVALDUSED**

Tänan oma juhendajaid Alexander Kmochi ja Raivo Aunapit töö tehnilise toimivuse võimaldamise ja konstruktiivse tagasiside eest. Lisaks tänan oma ema keeleliste nõuannete ja Kristelit moraalse toe eest. Ilma teieta ei oleks töö kindlasti sellisel kujul valminud.

## KIRJANDUSE LOETELU

- Akella, M., & Field, K. (2011). *Esri Canvas Maps part I: Author beautiful web maps with our new artisan basemap Sandwich*. Kasutamise kuupäev: 18. 04 2023. a., allikas ESRI ArcGIS Blog: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/mapping/mapping/esri-canvas-maps-part-i-author-beautiful-web-maps-with-our-new-artisan-basemap-sandwich/>
- Battersby, S., Finn, M. P., Usery, E. L., & Yamamoto, K. (2014). Implications of Web Mercator and Its Use in Online Mapping. *Cartographica The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 49(2), 85-101. doi:10.3138/carto.49.2.2313
- Beconyté, G. (2011). Cartographic styles: criteria and parameters. *25th International Cartographic Conference (ICC'11)*. Paris.
- Brewer, C., Battenfield, B., Stanislawski, L., Usery, L., & Frye, C. (2007-2013). *ScaleMaster Resources*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2023. a., allikas <http://personal.psu.edu/cab38/ScaleMaster/>
- Buckley, A. (2012). *Make Maps People Want to Look At: Five primary design principles for cartography*. ESRI. Allikas: <https://www.esri.com/news/arcuser/0112/make-maps-people-want-to-look-at.html>
- Buckley, A., & Field, K. (2011). *Making a Meaningful Map: A checklist for compiling more effective maps*. ESRI. Kasutamise kuupäev: 15. 05 2023. a., allikas <https://www.esri.com/news/arcuser/0911/files/mapchecklist.pdf>
- Butler, H., Daly, M., Doyle, A., Gillies, S., Hagen, S., & Schaub, T. (2016). *The GeoJSON Format*. Internet Engineering Task Force (IETF). Allikas: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7946>
- Carto. (2023). *Carto veebileht*. Kasutamise kuupäev: 14. 04 2023. a., allikas <https://carto.com/>
- Carto contributors. (2017). *CartoCSS*. Kasutamise kuupäev: 11. 05 2023. a., allikas Carto Docs: <https://cartocss.readthedocs.io/en/latest/index.html#>
- Cimbura, T. (2016). *The Basics of Basemaps*. Kasutamise kuupäev: 20. 02 2023. a., allikas LuminFire: <https://luminfire.com/2016/05/19/basics-of-basemaps/>

- Dong, W., Liao, H., Roth, R. E., & Wang, S. (2014). Eye Tracking to Explore the Potential of Enhanced Imagery Basemaps in Web Mapping. *The Cartographic Journal*, 51(4), 313-329. doi:10.1179/1743277413Y.0000000071
- ESRI. (2004). *Understanding ArcSDE*. Redlands: ESRI.
- ESRI. (2022). *What is ArcGIS Server?* Kasutamise kuupäev: 18. 04 2023. a., allikas ArcGIS Enterprise: <https://enterprise.arcgis.com/en/server/latest/get-started/windows/what-is-arcgis-for-server-.htm>
- ESRI. (2023a). *ArcGIS Online: Overview*. Kasutamise kuupäev: 04. 05 2023. a., allikas ESRI: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview>
- ESRI. (2023b). *ArcGIS Vectori paanilaadiredaktor*. Kasutamise kuupäev: 11. 04 2023. a., allikas ArcGIS: <https://www.arcgis.com/apps/vtseditor/et/#/>
- ESRI. (2023c). *Zoom levels and scale*. Kasutamise kuupäev: 04. 05 2023. a., allikas ArcGIS Developers: <https://developers.arcgis.com/documentation/mapping-apis-and-services/reference/zoom-levels-and-scale/>
- Fabrikant, S. I., Christophe, S., Papastefanou, G., & Maggi, S. (2012). Emotional response to map design aesthetics. *7th International Conference on Geographical Information Science, Columbus, Ohio*, (lk 18-21).
- Gaffuri, J. (2012). Toward Web Mapping with Vector Data. *Geographic Information Science, 7th International Conference, GIScience 2012, Columbus, OH, USA* (lk 87-101). Springer: Berlin/Heidelberg. Kasutamise kuupäev: 30. 03 2023. a., allikas [http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-33024-7\\_7](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-33024-7_7)
- Garashov, B. (2022). *Comparison of visualization and data access methods in a dynamic web mapping context for large geospatial vector datasets*. Tartu Ülikool: Geograafia osakond, magistritöö geoinformaatikas.
- Go Spatial. (2023). *Tegola*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2023. a., allikas <https://tegola.io/>
- Google. (2019). *Google Maps 101: how we map the world*. Kasutamise kuupäev: 31. 03 2023. a., allikas The Keyword, Google: <https://blog.google/products/maps/google-maps-101-how-we-map-world/>
- Google. (2023a). *Contribute to Google Maps & earn points*. Kasutamise kuupäev: 31. 03 2023. a., allikas Google Maps Help:

- <https://support.google.com/maps/answer/6304221?hl=en&co=GENIE.Platform%3DDesktop>
- Google. (2023b). *Styling Wizard: Google Maps APIs*. Kasutamise kuupäev: 04. 05 2023. a., allikas Google: <https://mapstyle.withgoogle.com/>
- Haamer, M. (2022). *Tallinna ühistranspordi ligipääsetavuse hindamine GPS-andmete põhjal*. Tartu Ülikool: Geograafia osakond, magistritöö inimgeograafias ja regionaalplaneerimises.
- Heitzler, M., Bär, H.-R., Schenkel, R., & Hurni, L. (2019). The Light Source Metaphor Revisited — Bringing an Old Concept for Teaching Map Projections to the Modern Web. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(162). doi:10.3390/ijgi8040162
- Horbiński, T., Cybulski, P., & Medyńska-Gulij, B. (2021). Web Map Effectiveness in the Responsive Context of the Graphical User Interface. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(134). doi:10.3390/ijgi10030134
- Imhof, E. (1982). The Theory of Colors. rmt: E. Imhof, *Cartographic Relief Presentation* (lk 72). Berliin: Walter de Gruyter.
- João, E. M. (1998). *Causes and Consequences of Map Generalisation*. New York: Taylor & Francis.
- Kalberer, P. (2021). *t-rex*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2023. a., allikas <https://t-rex.tileservers.ch/>
- Karssen, A. J. (1980). The Artistic Elements in Map Design. *The Cartographic Journal*, 17(2), 124-127. doi:10.1179/caj.1980.17.2.124
- Kmoch, A., & Matsibora, A. (2021). *About EstSoil-EH WebMap*. Kasutamise kuupäev: 19. 04 2023. a., allikas EstSoil: <https://estsoil-eh.web.app/>
- Korpi, J., & Ahonen-Rainio, P. (2015). Design guidelines for pictographic symbols: evidence from symbols designed by students. *1st ICA European Symposium on Cartography, ed. by G. Gartner and H. Huang, EuroCarto 2015*, (lk 1-19). Viin, Austria.
- Kraak, M.-J. (2011). Is There a Need for Neo-Cartography? *Cartography and Geographic Information Science*, 38(2), 73-78. doi:10.1559/1523040638273

- Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2021). *rmt: Cartography: Visualization of Geospatial Data*. Boca Raton: CRC Press.
- Kralidis, T. (2023). *Pygeoapi*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2023. a., allikas Pygeoapi: <https://pygeoapi.io/>
- Krogh, A. (2023). *Snazzy Maps*. Kasutamise kuupäev: 04. 05 2023. a., allikas Snazzy Maps: <https://snazzymaps.com/>
- Käfer, K., Hahn, Y., MacWright, T., Hansen, C., & Matthews, S. (2022). *TileJSON specifications*. Allikas: Mapbox github: <https://github.com/mapbox/tilejson-spec>
- Laur, K. (2021). *Positiumi kartograafilise stiiliraamat*. Tartu Ülikool: Geograafia osakond, magistritöö geoinformaatikas ja kartograafias.
- Leaflet. (2023). *Leaflet*. Kasutamise kuupäev: 19. 04 2023. a., allikas Leaflet: <https://leafletjs.com/>
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2011). *Geographic information systems and science*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Maa-amet. (2006). Ülevaade Eesti topograafilisest andmekogust. *Geoinformaatika osakond*. Allikas: [https://geoportaal.maaamet.ee/docs/ETAK/Ylevaade\\_Eesti\\_topograafilisest\\_andmekogust.pdf?t=20091211092207](https://geoportaal.maaamet.ee/docs/ETAK/Ylevaade_Eesti_topograafilisest_andmekogust.pdf?t=20091211092207)
- Maa-amet. (2020). *Kaart*. Kasutamise kuupäev: 03. 05 2023. a., allikas Maa-ameti Geoportaal: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Topokaardid-ja-aluskaardid/Kaart-p560.html>
- Maa-amet. (2022). *Eesti põhikaart 1:10 000*. Kasutamise kuupäev: 27. 05 2023. a., allikas Maa-ameti Geoportaal: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Topokaardid-ja-aluskaardid/Eesti-pohikaart-1-10000-p30.html>
- Maa-amet. (2023a). *Eesti Baaskaart 1:50 000*. Kasutamise kuupäev: 27. 05 2023. a., allikas Maa-ameti Geoportaal: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Topokaardid-ja-aluskaardid/Kartograafia-arhiiv/Eesti-Baaskaart-1-50000-p31.html>
- Maa-amet. (2023b). *Eesti topograafia andmekogu*. Kasutamise kuupäev: 12. 03 2023. a., allikas Maa-ameti Geoportaal: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Eesti-topograafia-andmekogu-p79.html>

- Maa-amet. (2023c). *Haldus- ja asustusjaotus*. Kasutamise kuupäev: 27. 04 2023. a., allikas Maa-ameti Geoportaal: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Haldus-ja-asustusjaotus-p119.html>
- Mackaness, W. A. (2020). Generalization. *International Encyclopedia of Human Geography*, 305-317. doi:10.1016/B978-0-08-102295-5.10542-6
- Mapbox. (2022). *Style Specification*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2023. a., allikas Mapbox Documentation: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/style-spec/>
- Mapbox. (2023a). *Mapbox GL JS*. Kasutamise kuupäev: 17. 05 2023. a., allikas Mapbox: <https://www.mapbox.com/mapbox-gljs>
- Mapbox. (2023b). *Maps*. Kasutamise kuupäev: 27. 05 2023. a., allikas Mapbox: <https://www.mapbox.com/maps>
- Mapbox. (2023c). *Zoom Level*. Kasutamise kuupäev: 11. 05 2023. a., allikas Mapbox Documentation: <https://docs.mapbox.com/help/glossary/zoom-level/>
- Mapbox. (2023d). *Vector tiles standards*. Kasutamise kuupäev: 11. 05 2023. a., allikas Mapbox Documentation: <https://docs.mapbox.com/data/tilesets/guides/vector-tiles-standards/>
- MapLibre. (2023a). *MapLibre GL JS*. Kasutamise kuupäev: 17. 05 2023. a., allikas MapLibre: <https://maplibre.org/projects/maplibre-gl-js/>
- MapLibre. (2023b). *Martin*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2023. a., allikas <https://martin.maplibre.org/>
- MapServer. (2023). *About MapServer*. Kasutamise kuupäev: 18. 04 2023. a., allikas MapServer: <https://mapserver.org/about.html>
- MapTiler. (2023). *Tiles à la Google Maps*. Kasutamise kuupäev: 04. 04 2023. a., allikas MapTiler: Maps for developers: <https://www.maptiler.com/google-maps-coordinates-tile-bounds-projection/>
- Maputnik. (2023). *Maputnik*. Allikas: Maputnik: <https://maputnik.github.io>
- McMaster, R. P., & Shea, K. S. (1992). *Generalization in Digital Cartography*. Washington D. C.: Association of American Geographers. Allikas: [http://portal.survey.ntua.gr/main/courses/geoinfo/admcarto/lecture\\_notes/generalisation/bibliography/mcmaster\\_shea\\_1992.pdf](http://portal.survey.ntua.gr/main/courses/geoinfo/admcarto/lecture_notes/generalisation/bibliography/mcmaster_shea_1992.pdf)

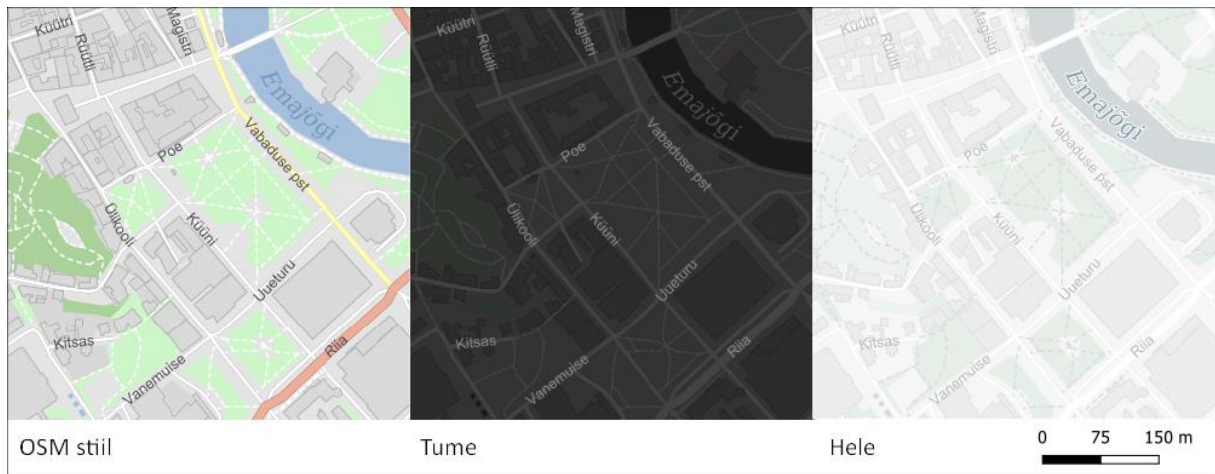
- McPherson, R. I. (2016). *A usability comparison of canvas, topographic and street base maps*. University of Canterbury: Master of Geographic Information Science.
- Microsoft. (2022). *Custom Map Styles in Bing Maps*. Kasutamise kuupäev: 21. 05 2023. a., allikas Microsoft Documentation: <https://learn.microsoft.com/en-us/bingmaps/articles/custom-map-styles-in-bing-maps>
- Microsoft. (2023). *SQL Server 2022*. Kasutamise kuupäev: 18. 05 2023. a., allikas Microsoft Data Platform: <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2022>
- Mõisja, K. (2019a). Kaardi kujundamine. rmt: *Geoinformaatika. Õpik kõrgkoolidele* (lk 584-613). Tartu Ülikooli kirjastus.
- Mõisja, K. (2019b). Kartograafiline üldistamine. rmt: *Geoinformaatika. Õpik kõrgkoolidele*. (lk 549-583). Tartu Ülikooli kirjastus.
- Mõisja, K., & Aunap, R. (2019). Nähtuste kujutusviisid. rmt: *Geoinformaatika. Õpik Kõrgkoolidele* (lk 614-629). Tartu Ülikooli kirjastus.
- National Geospatial-Intelligence Agency. (2014). *Implementation Practice Web Mercator Map Projection*. Office of Geomatics.
- Netek, R., Masopust, J., Pavlicek, F., & Pechanec, V. (2020). Performance Testing on Vector vs. Raster Map Tiles — Comparative Study on Load Metrics. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(2), 101. doi:10.3390/ijgi902010
- Nivala, A.-M., Brewster, S., & Sarjakoski, T. L. (2008). Usability Evaluation of Web Mapping Sites. *The Cartographic Journal*, 45(2), 129-138. doi:10.1179/174327708X305120
- OGC: *Geography Markup Language*. (2023). Kasutamise kuupäev: 17. 04 2023. a., allikas Open Geospatial Consortium: <https://www.ogc.org/standard/gml/>
- OGC: *Web Feature Service*. (2023). Kasutamise kuupäev: 17. 04 2023. a., allikas Open Geospatial Consortium: <https://www.ogc.org/standard/wfs/>
- OGC: *Web Map Service*. (2023). Kasutamise kuupäev: 10. 03 2023. a., allikas Open Geospatial Consortium: <https://www.ogc.org/standard/wms/>
- Open Geospatial Consortium. (2010). *OpenGIS® Web Map Tile Service Implementation Standard*. Kasutamise kuupäev: 13. 04 2023. a., allikas Open Geospatial Consortium: <https://www.ogc.org/standard/wmts/>

- Open Geospatial Consortium. (2023). *OGC APIs: Context*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2023. a., allikas OGC APIs: <https://ogcapi.ogc.org/#context>
- Open Source Geospatial Foundation. (2023). *GeoServer*. Allikas: <https://geoserver.org/about/>
- OpenLayers. (2023). *OpenLayers*. Kasutamise kuupäev: 19. 04 2023. a., allikas OpenLayers: <https://openlayers.org/>
- OpenStreetMap. (2013). *Mapnik Stylesheets*. Kasutamise kuupäev: 11. 05 2023. a., allikas OpenStreetMap github: <https://github.com/openstreetmap/mapnik-stylesheets>
- OpenStreetMap. (2023a). *List of OSM-based services*. Kasutamise kuupäev: 09. 03 2023. a., allikas OpenStreetMap Wiki: [https://wiki.openstreetmap.org/wiki/List\\_of\\_OSM-based\\_services](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/List_of_OSM-based_services)
- OpenStreetMap. (2023b). *Zoom Levels*. Kasutamise kuupäev: 11. 05 2023. a., allikas OpenStreetMap Wiki: [https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Zoom\\_levels](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Zoom_levels)
- Pavlenko, A. (2018). *Mapnik*. Kasutamise kuupäev: 19. 04 2023. a., allikas Mapnik: <https://mapnik.org/>
- Peterson, G. N. (2009). *GIS Cartography. A Guide to Effective Map Design*. Boca Raton: CRC Press.
- Peterson, M. P. (2012). *The Tile-Based Mapping Transition in Cartography*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Peterson, M. P. (2021). MapQuest and the beginnings of web cartography. *International Journal of Cartography*, 7(2), 275-281. doi:10.1080/23729333.2021.1925831
- Popelka, S., Vondrakova, A., & Hujnakova, P. (2019). Eye-tracking Evaluation of Weather Web Maps. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(6), 256. doi:10.3390/ijgi8060256
- PostGIS PSC & OSGeo. (2023). *About PostGIS*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2023. a., allikas PostGIS: <https://postgis.net/>
- PostgreSQL Global Development Group. (2023). *About PostgreSQL*. Kasutamise kuupäev: 16. 05 2023. a., allikas PostgreSQL: <https://www.postgresql.org/about/>
- Putz, S. (1993). *Experimental Map Browser WWW server at pubweb.parc.xerox.com. E-kiri saadetud kuupäeval 22.06.1993*. Allikas: Massachusetts Institute of Technology: <http://web.mit.edu/eichin/www/xerox-maps.html>

- QGIS. (2023). *QGIS Python Plugins Repository: QuickOSM*. Kasutamise kuupäev: 13. 04 2023. a., allikas QGIS plugins: <https://plugins.qgis.org/plugins/QuickOSM/>
- QGIS project. (26. 03 2023. a.). *QGIS User Guide*. Kasutamise kuupäev: 28. 03 2023. a., allikas QGIS Documentation: [https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user\\_manual/index.html](https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/index.html)
- Qian, Z., Wang, P., Zhang, L., & Yang, C. (2004). *OpenGIS WMS Implementation and Its Integrated Application Using ASP.NET*. Beijing, China: The State Key Laboratory of Remote Sensing Information Sciences, IRSA, CAS. doi:10.1109/IGARSS.2004.1370314
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of cartography. 6th ed.* New York: John Wiley & Sons.
- Sample, J. T., & Ioup, E. (2010). *Tile-Based Geospatial Information Systems: Principles and Practices*. New York: Springer. doi:10.1007/978-1-4419-7631-4
- Scharl, A., & Tochtermann, K. (2007). *The Geospatial Web: How Geobrowsers, Social Software and the Web 2.0 are Shaping the Network Society*. London: Springer. doi:ISBN: 978-1-84628-826-5
- Stoter, J., Post, M., van Altena, V., Nijhuis, R., & Bruns, B. (2014). Fully automated generalization of a 1:50k map from 1:10k data. *Cartography and Geographic Information Science*, 41(1), 1-13. doi:10.1080/15230406.2013.824637
- Walton, A. L. (2019). *The Guide to Map Design*. MapBox. Allikas: MapBox: <https://go.mapbox.com/rs/117-NXK-490/images/the-guide-to-map-design.pdf>

## Lisad

### Lisa 1. Kaardistiilide kujundamise testialad



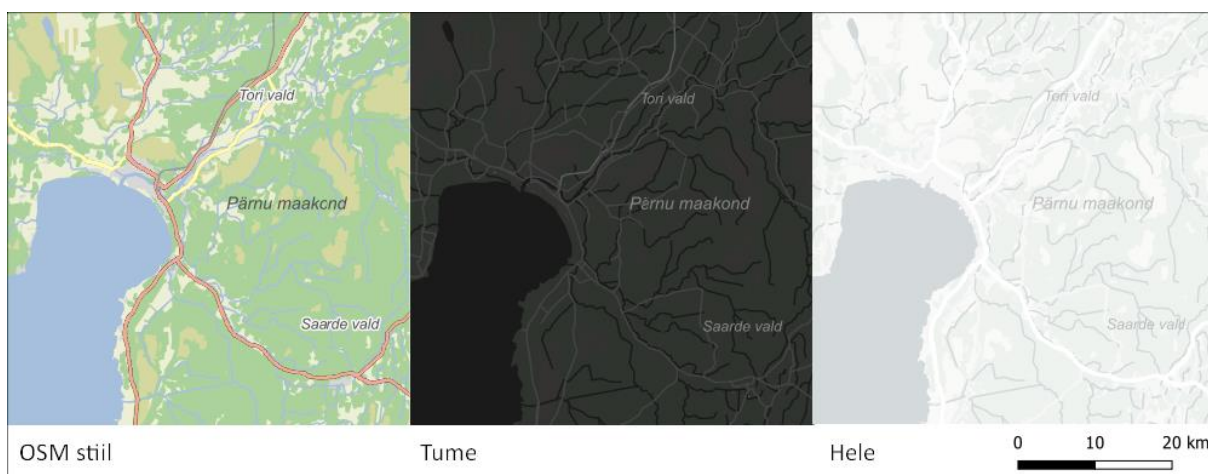
Joonis 1. Linnaline keskkond lähivaates (mõõtkava 1:10 000).



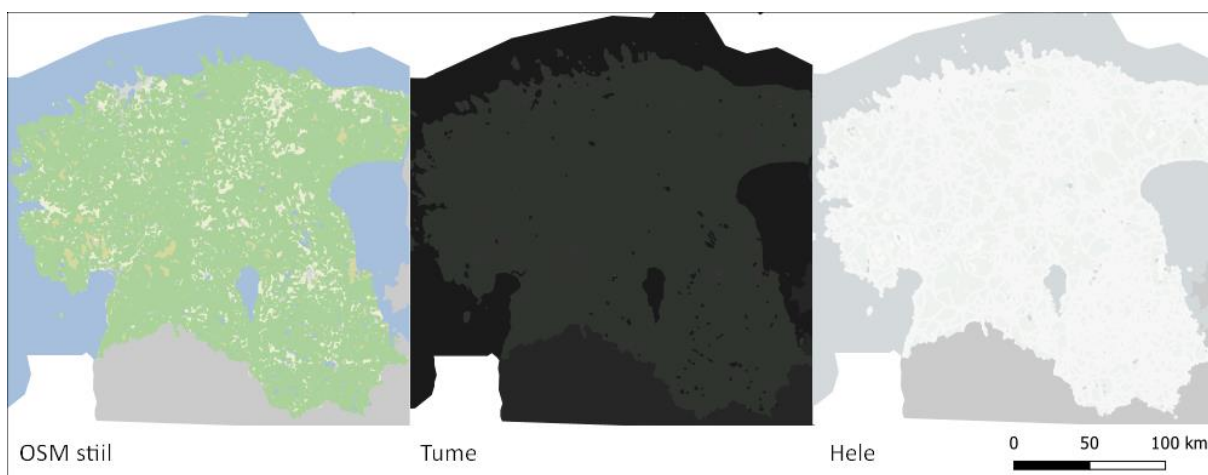
Joonis 2. Linnaline keskkond üldisemas vaates (mõõtkava 1:70 000).



Joonis 3. Erinevaid kõlvikuid kujutav maapiirkond (mõõtkava 1:20 000).



Joonis 4. Maakonna ülene vaade (mõõtkava 1:1 000 000).



Joonis 5. Kogu Eesti maismaa (mõõtkava 1:5 000 000).

## Lisa 2. Kaardikihtide nähtavuse legend

Kaartidel kujutatavate geomeetriakihtide nähtavus sõltuvalt suurendusastmest.

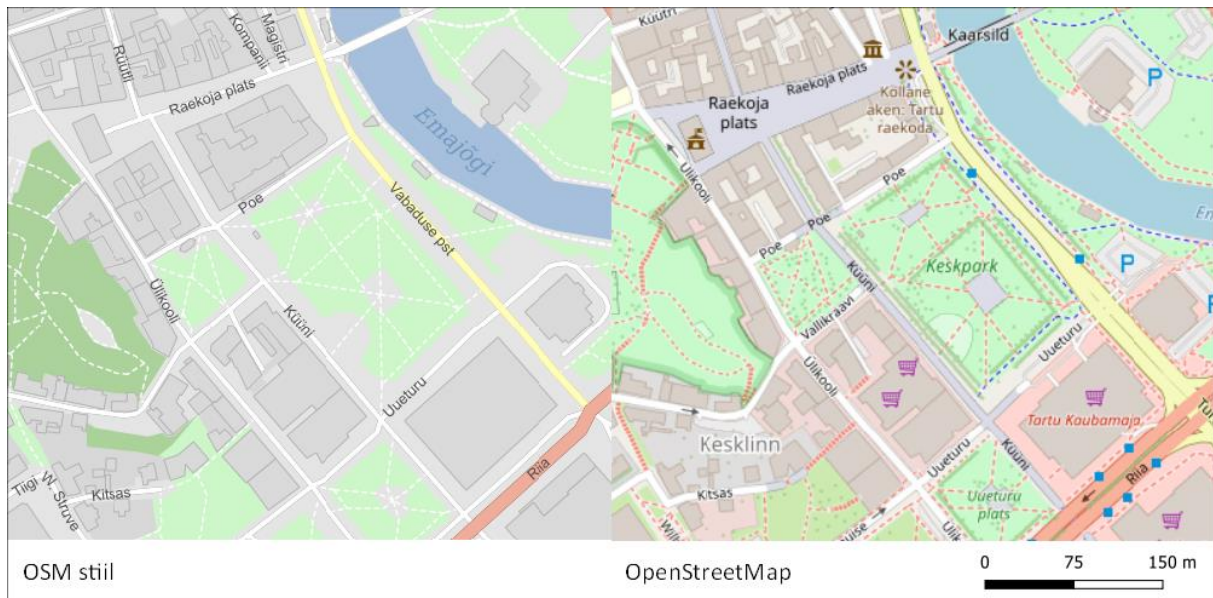
Kiht	WMS		MVT	
	Min. skaala	Maks. skaala	Min. <i>Zoom Layer</i>	Maks. <i>Zoom Layer</i>
<b>E_601_elektriliin_j</b>	1:10 000		15	24
<b>E_502_roobastee_j</b>				
kõrvalraudtee	1:25 000		14,5	24
põhitrass	1:2 000 000	1:25 000	7	24
<b>E_501_tee_j</b>				
põhimaantee	1:2 000 000		7	24
kõrvalmaantee	1:1 000 000		9	24
tugimaantee	1:100 000		11,5	24
tänav	1:70 000		13	24
rada	1:25 000		14,5	24
kergliiklus ja kõnnitee	1:15 000		15	24
<b>E_203_vooluveekogu_j</b>	1:25 000		14,5	24
<b>E_401_hoone_ka</b>	1:50 000		13,5	24
<b>E_505_liikluskorralduslik_rajatis_ka</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_403_muu_rajatis_ka</b>	1:20 000		14	24
<b>E_501_tee_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_202_seisuveekogu_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_203_vooluveekogu_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_302_ou_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_301_muu_kolvik_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_303_haritav_maa_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_304_lage_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_305_puittaimestik_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_306_margala_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_307_turbavali_a</b>	1:100 000		11,5	24
<b>E_201_meri_a</b>				
<b>vooluvesi_250k</b>	1:1 000 000	1:30 000	8	14,5
<b>kolvik_250k</b>		1:100 000	0	11,5

### Lisa 3. Kujundustabel

Kaarditel kujutatavad värvid

Nähtus	Geomeetria	HTML värvikood		
		OSM	Tume	Hele
<b>Elektriliin</b>	Joon	#b2b2b2	#555555	#dddddd
<b>Rööbastee</b>	Joon			
kõrvalraudtee		#989898	#404040	#dddddd
põhitrass		#989898	#5e5e5e	#dddddd
<b>Tee</b>	Joon		#444444	#ffffff
põhimaantee		#f1ad9c		
kõrvalmaantee		#ffffb3		
tugimaantee		#ffffff		
tänav		#ffffff		
rada		#ffffff		
kergliiklustee ja kõnnitee		#ffffff		
<b>Vooluveekogu</b>	Joon/Pind	#a5bfdd	#191a1a	#d4dadcd
<b>Hoone</b>	Pind	#dadada	#2c2c2b	#ededed
<b>Liikluskorralduslik rajatis</b>	Pind	#e6e6e6	#2c2c2b	#ededed
<b>Muu rajatis</b>	Pind	#d9d9d9	#2c2c2b	#ededed
<b>Tee</b>	Pind	#e5e5e5	#343332	#f7f7f7
<b>Seisuveekogu</b>	Pind	#a5bfdd	#191a1a	#d4dadcd
<b>Õu</b>	Pind	#d8d8d8	#343332	#f7f7f7
<b>Muu kõlvik</b>	Pind	#cdf7c9	#313431	#e7efe9
<b>Haritav maa</b>	Pind	#eef0d5	#313431	#fafaf8
<b>Legendik</b>	Pind	#cdebb0	#2f342f	#eef3ef
<b>Puittaimestik</b>	Pind	#acd29c	#2f342f	#eef3ef
<b>Märgala</b>	Pind	#d6d99f	#343332	#fafaf8
<b>Turbaväli</b>	Pind	#c4c2c2	#343332	#fafaf8
<b>Meri</b>	Pind	#a5bfdd	#191a1a	#d4dadcd
<b>Välismaa</b>	Pind	#cbcbcb	#262626	#cbcbcb
<b>Asustusüksus</b>	Tekst	#4d4d4d	#888888	#bbbbbb
<b>Omavalitsus</b>	Tekst	#4d4d4d	#888888	#bbbbbb
<b>Maakond</b>	Tekst	#4d4d4d	#888888	#bbbbbb
<b>Tee</b>	Tekst	#4d4d4d	#888888	#bbbbbb
<b>Veekogu</b>	Tekst	#7397bf	#4d4d4d	#839da7
<b>Hoone</b>	Tekst	#676767	#676767	#cccccc

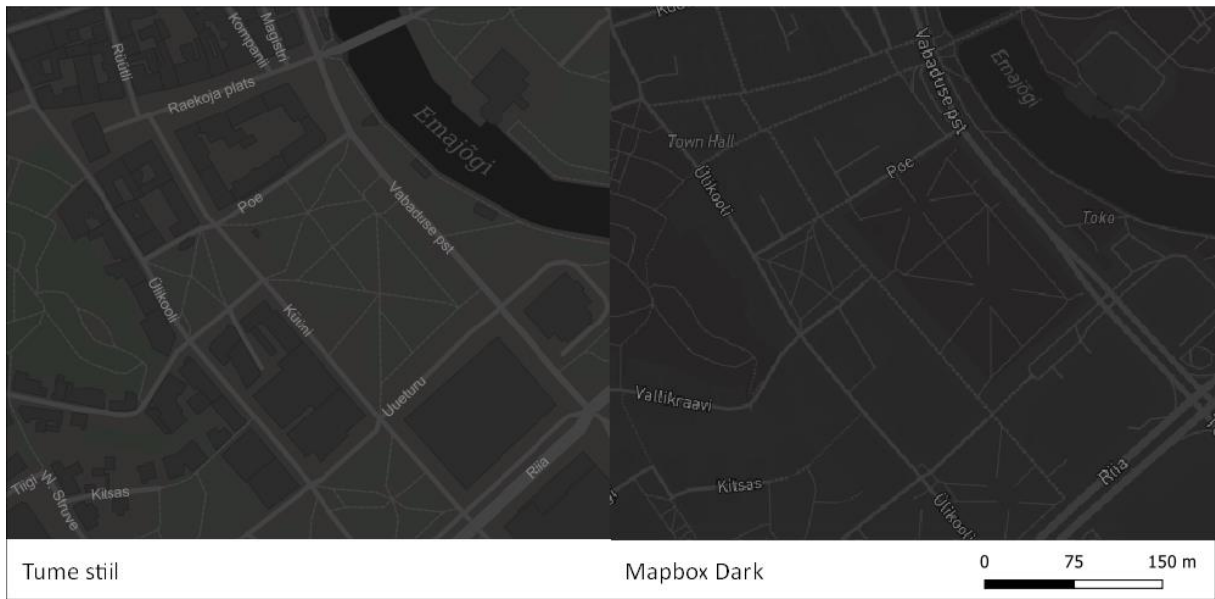
#### Lisa 4. Loodud kaartide võrdlus neile aluseks olnud populaarsete aluskaartidega



#### OSM stiil ja OpenStreetMap



#### Hele stiil ja Carto Positron

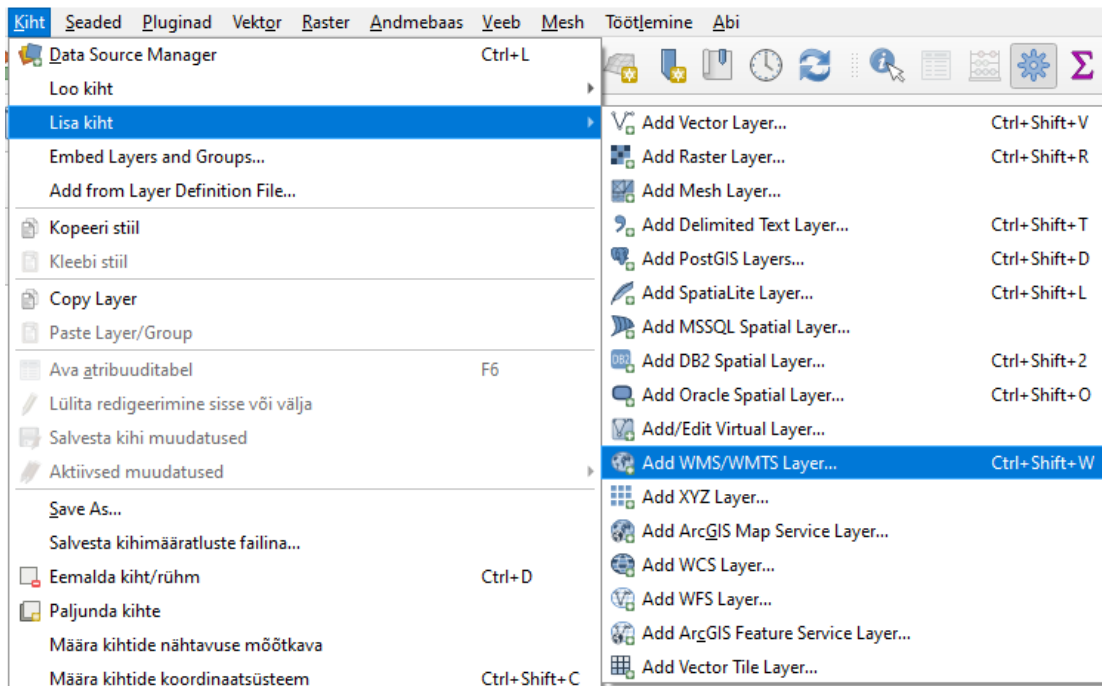


Tume stiil ja Mapbox Dark

## Lisa 5. Teenuste kasutusjuhend

### WMS-teenuse kasutamine QGISis

- Avada QGIS.
- Valida ülemiselt menüüribalt *Kiht* -> *Lisa kiht* -> *Add WMS/WMTS Layer* (joonis 1).



Joonis 1. WMS-kihi lisamine QGISis.

- Klõkkida nupul *Uus*, sisestada *URL* väljale aadress <https://maps.landscape-geoinformatics.org/geoserver/geodb/wms> ning sisestada *Nimi* väljale meelepärane nimi.
- *Ühenda*.
- Valida soovitud kihid -> *Lisa* (joonis 2).

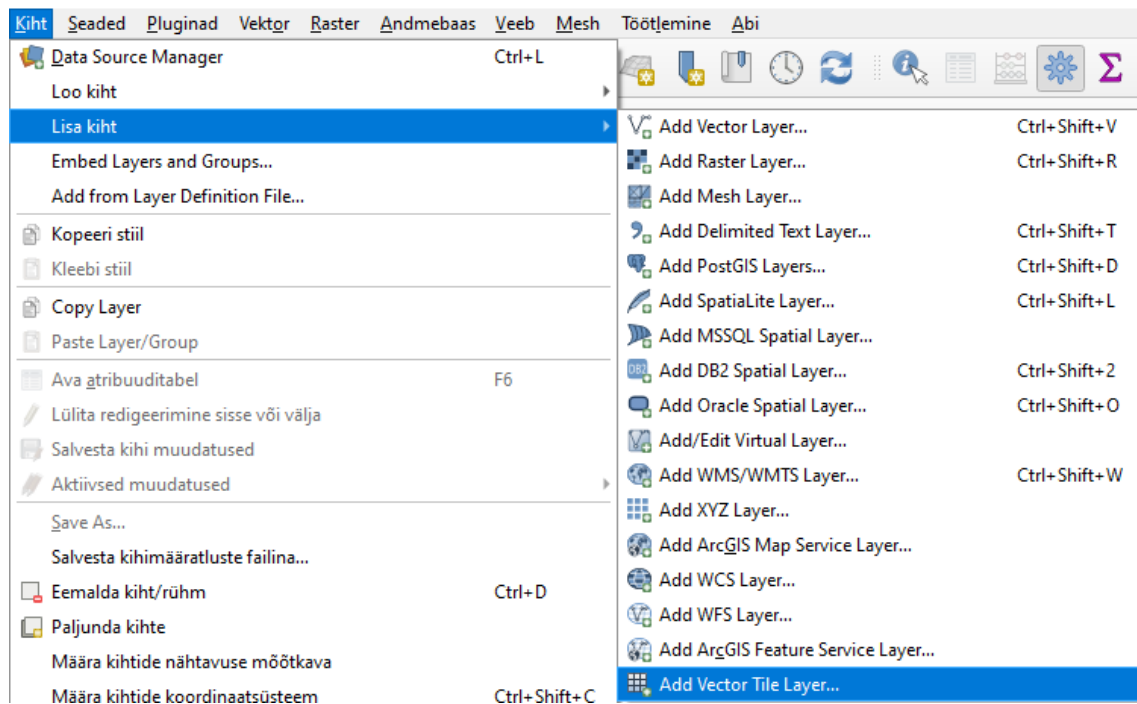
ID	Nimi	Pealkiri	Lühikirjeldus
0		GeoServer Web ...	A compliant impl
1	ETAK_OSM	ETAK_OSM	
3	ETAK_OSM_labels	ETAK_OSM_labels	
5	ETAK_dark	ETAK_dark	
7	ETAK_dark_labels	ETAK_dark_labels	
9	ETAK_light	ETAK_light	
11	ETAK_light_labels	ETAK_light_labels	
13	asustusyksus	asustusyksus	
15	e_101_kivi_p	e_101_kivi_p	
17	e_102_nolv_j	e_102_nolv_j	
19	e_103_pinnavor...	e_103_pinnavor...	
21	e_103_pinnavor...	e_103_pinnavor...	
23	e_201_meri_a	e_201_meri_a	
27	e_202_seisuveek...	e_202_seisuveek...	
31	e_202_seisuveek...	e_202_seisuveek...	
33	e_203_vooluvee...	e_203_vooluvee...	
37	e_203_vooluvee...	e_203_vooluvee...	
41	e_204_kaldajoon_j	e_204_kaldajoon_j	
43	e_205_hudroteh...	e_205_hudroteh...	
45	e_206_truup_j	e_206_truup_j	
47	e_301_muu_kol...	e_301_muu_kol...	
51	e_301_muu_kol...	e_301_muu_kol...	

Joonis 2. Saada olevate kihtide valik QGISi WMS-teenuse lisamise aknas.

- Aluskaart on kasutamiseks valmis.

## Vektorpaanide teenuse kasutamine QGISis

- Avada QGIS.
- Valida ülemiselt menüüribalt *Kiht -> Lisa kiht -> Add Vector Tile Layer* (joonis 3).



Joonis 3. *Vector Tiles* kihi lisamine QGISis.

NB! *Vector Tiles* kihte saab lisada ainult ühekaupa. Kihtide loetelu on saadaval aadressil <https://data-apps.landscape-geoinformatics.org/catalog>

- Klõkkida nupul *Uus* -> *New Generic Connection*, sisestada *URL* väljale aadress soovitava kihi nimega formaadis [https://data-apps.landscape-geoinformatics.org/\\*kihi\\_nimi\\*/{z}/{x}/{y}](https://data-apps.landscape-geoinformatics.org/*kihi_nimi*/{z}/{x}/{y})
- Sisestada *Nimi* väljale meelepärane nimi.
- Sisestada *Style URL* väljale aadress [https://raw.githubusercontent.com/joonatan40/MVTjson/main/mvt\\_joonatan.json](https://raw.githubusercontent.com/joonatan40/MVTjson/main/mvt_joonatan.json)
- *OK* -> *Lisa*
- Kaardikiht on kasutamiseks valmis. Soovi korral lisada veel kihte.

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

Mina, **Joonatan Kama**,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „**Veebialuskaartide koostamine ETAKi andmete põhjal**“, mille juhendajad on **Alexander Knoch** ja **Raivo Aunap**, 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 4.0, 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.

*Joonatan Kama*

**29.05.2023**