



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tuomas Tiainen

Selainpohjaisen vektorimaastokartan toteuttaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinööriytyö

31.5.2019

Tekijä Otsikko	Tuomas Tiainen Selainpohjaisen vektorimaastokartan toteuttaminen
Sivumäärä Aika	23 sivua + 1 liite 31.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Jussi Laari
<p>Kartat ovat olleet ihmiskunnan käytössä paikkatiedon visuaalisena esitystapana vuosituhsia. Digitalisaatio on tuonut mobiililaitteilla toimivat kartat kaikkien saataville. Tässä insinööriyössä käsiteltiin maastokarttaa, jonka on tarkoitus kuvata maaston erityispiirteitä hyvin yksityiskohtaisella tasolla järvistä ja meristä aina siirtolohkareisiin sekä pieniin polkuihin asti.</p> <p>Käytännössä kaikki digitaaliset karttapalvelut, joita käytämme tänä päivänä, esittävät tarjoamansa karttatasot rasterikuvamuodossa. Tekniikan ja laitteistojen kehittymisen myötä myös vaihtoehtoiset kartan piirtotavat ovat tulleet mahdollisiksi. Yhtenä esimerkkinä näistä on tätä insinööriyötä varten kehitetty vektorikartta, joka ei eroa visuaalisesti rasterikartasta mutta hyödyntää vektorigrafiikkaa kartan piirtämisessä.</p> <p>Koska vektorikartta piirretään vasta käyttäjän laitteen päällä, se mahdollistaa dynaamisia ominaisuuksia, jotka eivät ole toteutettavissa perinteisille rasterikartoille. Esimerkkejä tällaisista ominaisuuksista ovat tarpeettomana pidetyn karttamerkin piirtämättä jättäminen tai polun pituuden laskeminen suoraan elementin tietojen avulla. Rasterikartoista tutut merkkien selitteet voidaan vektorikartassa korvata interaktiivisella tavalla siten, että karttamerkkiä osoittamalla saa esiin sen tiedot.</p> <p>Tiedot maastokartan elementeistä ja niiden sijainneista vektorikartan piirtämistä varten saatiin Maanmittauslaitoksen avoimen datan maastotietokannasta. Näiden automaattiseen käsittelyyn kehitettiin ohjelma, joka ottaa vastaan maastotietokannan karttaruudun ja tuottaa siitä vektorikartan piirtämiseen tarvittavan Javascript-koodin.</p> <p>Työn tuloksia voidaan käyttää apuna vektoripohjaisia karttasovelluksia kehitettäessä. Työstä on myös hyötyä, mikäli haluaa syvällistä analyysiä Maanmittauslaitoksen maastotietokannan määrittelyistä ja näiden jatkokäsittelystä. Työn ohessa toteutettu vektorikarttademo on laajennettavissa täysimääräiseksi koko Suomea koskevaksi karttapalveluksi.</p>	
Avainsanat	kartta, vektori, Maanmittauslaitos, avoin data, maastotietokanta

Author Title	Tuomas Tiainen Implementing a Vector Map for Web Browsers
Number of Pages Date	23 pages + 1 appendix 31 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Jussi Laari, Senior Lecturer
<p>This bachelor's thesis intended to analyse online topographic maps, their data structure and rendering methods, as well as to document the development of Vector Map, a web-based application for rendering a topographic map using vector graphics.</p> <p>The topographic elements and position data used in this thesis were obtained from an open database for topographic data. To automate the processing of the data, a program was developed to receive the topographic database map tile and output the code required by the Vector Map application for drawing a vector map.</p> <p>The thesis established that online maps utilizing vector graphics are still at their infancy since they require considerable processing power from the user end. To solve the problem, the processing power of average consumer hardware should improve.</p> <p>The results of this bachelor's thesis can be used to develop vector-based map applications. Furthermore, the thesis offers an in-depth understanding of the National Land Survey of Finland's database definitions and further processing of its data. The Vector Map application can also be expanded to a comprehensive online map service covering the whole Finland.</p>	
Keywords	map, vector, National Land Survey of Finland, open data, topographic database

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Avoin data	2
2.1	Yleistietoa	2
2.2	Avoin data Maanmittauslaitoksessa	3
3	Maastotietokanta	3
3.1	Yleistietoa	3
3.2	Tiedon jäsentely maastotietokannassa	4
3.2.1	Yksilöinti tiedostopäätteen avulla	4
3.2.2	Yksilöinti tiedostonimen avulla	5
3.2.3	Yksilöinti metatietojen perusteella	8
3.3	Maastokartta	10
4	Vector Map	11
4.1	Yleistä	11
4.2	Piirtotavat	12
4.3	Maastotiedon uudelleen jäsentely	15
4.4	Vektorikartan toiminnallisuus	18
4.5	Kehittämismahdollisuuksista	19
5	Yhteenveto	21
	Lähteet	22
	Liitteet	
	Liite 1. Luokitukset	

Lyhenteet

7-Zip	Tiedoston pakkaus- ja arkistointiohjelma Windowsille. 7-Zip toimii joko komentorivin kautta tai käyttäen Windowsin graafista käyttöliittymää.
Autohotkey	Pythonin tai Javan tapainen tulkattava ohjelmointikieli. Pääasiallinen ominaisuus on mahdollistaa käyttäjäkomentojen yksinkertainen simulointi, mutta soveltuu myös moneen muuhun käyttötarkoitukseen.
Batch	Skriptitiedosto Windowsin komentokehötteen kautta ajettavia komentoja varten.
D3.js	Data-Driven Documents. Javascript-kirjasto datan visualisointiin.
DOM	Document Object Model. HTML-syntaksin standardi, joka määrittelee HTML-elementit objekteina, joilla voi olla ominaisuuksia, metodeja ja tapahtumia.
GeoJSON	JSON-merkintäkieleen perustuva, pääasiassa topografista dataa kuvaava merkintäkieli.
HTML	HyperText Markup Language. Verkkosivujen toteuttamiseen tarkoitettu merkkaukieli, joka määrittelee, mitä käyttäjän verkkoselain piirtää ruudulle.
Javascript	Koodauskieli, jota käytetään usein verkkosivujen yhteydessä. Sen määrittelyt suoritetaan käyttäjän päässä selaimella.
JSON	JavaScript Object Notation. Merkintäkieli, joka määrittelee tiedon ja metatiedon syntaksin.

Mapshaper	Javascriptillä kirjoitettu ohjelma karttatiedostojen formaatin muuttamiseen. Tarjoaa toiminnallisuuden sekä verkkosivun että komentokehötteen kautta.
Metatieto	Tietoa tiedosta. Kuvailevaa ja määrittelevää tietoa. Esimerkiksi digitaaliset valokuvat sisältävät usein metatietona kameran tiedot, joilla kuva on otettu.
QGIS	Ohjelma paikkatiedon datan visualisointiin, tarkasteluun sekä muokkaamiseen.
Rasterigrafiikka	Pikseleistä koostuva kuvan esitystapa, jossa jokaiselle pikselille on määritetty tietty väriarvo.
SVG	Scalable Vector Graphics. XML-tietomalliin pohjautuva vektorigrafiikan tiedostomuoto.
Vektorigrafiikka	Koordinaatistoon sidotuista polygoneista, ympyröistä, kaarista, viivoista tai pisteistä koostuvan grafiikan esitystapa.
WCS	Web Coverage Service. Rajapinta moniulotteisen tiedon tarjoamiseen. Sisältää yleensä rasteritason lisäksi muita tasoja, kuten korkeustietoja tai aikaulottuvuuden tietoja.
WMS	Web Map Service. Rajapinta rasterikartan lataamiseen verkon kautta.
WMTS	Web Map Tile Service. Rajapinta rasterikartan lataamiseen verkon kautta. Lataa palvelimen määrittelemän kokoisen palasen karttaa kerrallaan.
XML	Extensible Markup Language. Korkean tason merkintäkieli, joka määrittelee tiedon ja metatiedon syntaksin.

1 Johdanto

Maastokartta on nimitys kartalle, joka sisältää yksityiskohtaista tietoa ympäristöstä. Maastokarttoja on digitaalisesti saatavilla monen eri jakelukanavan kautta, mutta yleensä tavalla tai toisella vain rasterikuvamuodossa. Tekniikan kehittymisen myötä karttojen tekeminen ja jakaminen muiden kanssa vektorigrafiikkaa käyttäen on vähitellen tullut mahdolliseksi. Vektorigrafiikalla verkossa toteutettuja karttapalveluita on kuitenkin käytössä vielä melko vähän.

Vektorigrafiikkaa käyttäviin karttoihin liittyy monia etuja, jos niitä verrataan perinteisiin rasterikarttoihin. Vektorikartoissa kaikki karttamerkit ovat objekteja, joilla on metatietoja, kuten vaikkapa merkin selite, koordinaatit tai viivan pituus. Näitä metatietoja voidaan hyödyntää palvelua kehitettäessä. Niiden avulla voidaan esimerkiksi tehdä tarpeettomaksi karttoihin usein liittyvä merkkien selite tai niiden avulla voidaan laskea matkan pituus polkuja pitkin suoraan viivan tietojen perusteella.

Tämän insinööriyön tavoitteena on geometrisiin viivoihin ja pisteisiin perustuvan vektorimaastokartan suunnittelu ja toteuttaminen käyttäen lähtöaineistona Maanmittauslaitoksen avoimen datan maastotietokantaa. Lisäksi työssä tutustuttiin avoimen datan hyötyihin ja haittoihin sekä sen käyttöön Maanmittauslaitoksen tasolla. Tämän jälkeen työssä perehdytään maastotietokantaan ja analysoidaan sen määrittelyjä sekä tietorakenteita.

Vektorigraafisen maastokartan toteuttaminen vaatii tutustumista maastokartan elementtien eli karttamerkkien ominaisuuksiin, lähtöaineiston rakenteen uudelleen määrittelyä, piirtotavan toteuttamista sekä verkkosivukokonaisuuden hallintaa.

2 Avoin data

2.1 Yleistietoa

Avoimella datalla tarkoitetaan julkisen tai yksityisen sektorin tuottamaa tietoa, joka on avattu rakenteisessa muodossa maksutta kaikkien hyödynnettäväksi. (1) Tiedon ja datan ero tulee sen rakenteisuudesta ja tarkoittaa tässä sitä, että ollakseen avointa dataa, tiedon täytyy olla jossain helposti koneluettavassa muodossa, esim. XML, JSON tai jokin avoin rajapinta. Muita ehtoja avoimelle datalle ovat sen julkisuus, uudelleenkäytön sallivat lisenssiehdot sekä maksuttomuus. (1)

Romppainen pohtii tutkielmassaan ”Miksi avointa dataa?” (2, s. 13) avoimen datan hyötyjä. Hän viittaa tutkimuksiin, joiden mielestä julkisen ja yksityisen sektorin informaatioyhteistyöllä voidaan saada tehokkaasti hyötyjä molemmille osapuolille. Avoimen datan tuomiin hyötyihin nähden sen avaaminen on halpaa. Yksityinen taho voi saada avoimesta datasta taloudellista voittoa, kun taas yhteiskunnallinen hyöty on virheratkaisujen välttäminen. Veropohjaisella rahoituksella tuotetulla datalla on myös moraalinen velvollisuus olla avointa. Dataa verrannollistetaan tutkielmassa raaka-aineeseen, joka on osa ekosysteemiä. (2, s. 13–14)

Vaikka tiedon avoimuus on pääasiassa positiivinen tavoite, julkishallinnolla ja yrityksillä on myös paljon dataa, jota ei lähtökohtaisesti voida asettaa avoimeksi. Tällaisen tiedon voi karkeasti jakaa kahteen eri kategoriaan: yksityisyyden suojan alainen tieto sekä vaikeasti saataville tuotettava tieto.

Yksityisyyden suojan alaista tietoa ovat mm. henkilötietolaissa sekä julkisuuslaissa säädetty tieto. Tällaisia ovat esim. luonnollisten henkilöiden henkilötunnukset ja ylipäätään sellainen toisen ihmisen yksityiselämää koskevan tiedon saattaminen toisten saataville, josta voi aiheutua hänelle vahinkoa tai kärsimystä. Yksityisyyden suojan lisäksi yleinen turvallisuus ja yritysten liikesalaisuudet ovat tietoa, jota ei voida asettaa avoimeksi.

Vaikeasti saataville tuotettavaa tietoa on sellainen data, joka joistain teknisistä syistä on vaikea saada julkiseen jakoon. Se saattaa esimerkiksi olla useissa eri organisaatioiden

tietokannoissa erilaisissa muodoissa. Joskus datakokonaisuudet ovat niin isoja, että niiden saattaminen ladattavaksi osoittautuu mahdottomaksi.

2.2 Avoin data Maanmittauslaitoksessa

Maanmittauslaitos tarjoaa useita erilaisia kartta- ja paikkatietopaketteja sen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta (3). Tällaisia ovat mm. laserkeilausaineisto, erilaiset karttarasterit, ilmakuvat sekä korkeusmallit. Nämä aineistot ovat jaettu tiedostopalvelussa aineistosta riippuen erikokoisiin karttalehtiin, joista voi valita ja ladata haluamansa. Monet aineistoista ovat tarjolla useissa eri jakelumuodoissa, joista voi valita haluamansa ennen lataustilauksen tekemistä. Latauksista tehdään tilaus, johon voi valita maksimissaan 100 karttalehteä aineistoa kohden. Lataustilauksen lähetettyä aineiston latauslinkki tarjotaan latauksen pyytäjän sähköpostiin. Riippuen aineistosta niiden ajankohtaisuus vaihtelee ajantasa-aineistosta kerran vuodessa päivitettävään.

3 Maastotietokanta

3.1 Yleistietoa

Maastotietokanta on yksi Maanmittauslaitoksen tarjoamista avoimen datan paikkatietokokonaisuuksista. Se on koko Suomen kattava maastoa kuvaava aineisto ja sisältää tietoa liikenneverkoista, rakennuksista, maankäytöstä, vesistöistä, korkeussuhteista sekä hallinnollisista jaoista. (4)

Maanmittauslaitoksen maastotietokanta on ainoa koko maan kattava ja jatkuvasti ajantasaistettava paikkatietoaineisto. Kaikki Maanmittauslaitoksen kartat, sähköiset karttapalvelut sekä rajapinnat tuotetaan maastotietokannasta. (5)

Maastotietokannan ylläpitoon käytetään ilmakuvia, laserkeilausaineistoja ja muiden tiedontuottajien aineistoja. Tällaisia tiedontuottajia ovat mm. kunnat, Tielaitos (nyk. Liikenneviraston alainen Tieosasto), VR, Suomen Ympäristokeskus, Merenkululaitos, Metsähallitus ja Puolustusvoimat. Ylläpito on liikenneväylien ja näiden nimistön kohdalla

jatkuvaa, hallintorajojen ja rakennusten kohdalla vuosittaista. Muut kohteet päivitetään karttalehdittäin ajantasaistusprosessin yhteydessä 5–10 vuoden välein.

Maastotietokanta koostuu vektori- sekä pistemuotoisesta datasta, jotka sisältävät elementtien metatietoina esim. nimiä, korkeustietoa ja suhteita muihin elementteihin. (4)

3.2 Tiedon jäsentely maastotietokannassa

Jakelumuodosta riippumatta Maanmittauslaitoksen maastotietokanta on jaettu monin eri tavoin. Nämä tavat voidaan jakaa kerroksiin sen mukaan, millä tavoin jako on toteutettu. Tämä jako on eritelty maastotietokannan kohdemallissa. (6) Tästä eteenpäin keskitytään ESRI Shapefile -formaatin osaan kohdemallista.

3.2.1 Yksilöinti tiedostopäätteen avulla

Ensimmäisenä kerroksena on tiedostopäätteellä eritelty jako. Tämä on ESRI:n määrittelemä Shapefile-formaatin jako. (7)

Päätiedostona on shp-päätteinen tiedosto, joka sisältää geometriadatan. Se määrittelee spatiaalisen vektoritiedon, kuten pisteiden, viivojen sekä polygonien sijainnin ja muodon. Tämä tiedosto on binäärimuotoinen, eli sen lukemiseen tarvitaan erillinen siihen tarkoitettu ohjelma. Tiedoston binäärimäärittelyyn voi tutustua Shapefilen *white paperista*. (8)

Shx-päätteinen tiedosto sisältää geometrian indeksit. Se on tarkoitettu tiedon hakemisen helpottamiseksi, jolloin monin kerroin suurempaa shp-tiedostoa ei tarvitse käydä läpi indeksin löytämiseksi. Shx on shp:n tapaan myös binäärimuodossa.

Dbf-päätteinen tiedosto sisältää metadatan, kuten attribuuttien tiedot. Nämä attribuutit on eritelty maastotietokannan kohdemallissa välilehdillä pisteiden yhteisiin attribuutteihin, viivojen yhteisiin attribuutteihin, tekstien yhteisiin attribuutteihin sekä alueiden yhteisiin attribuutteihin. Geometriatiedon laadusta riippuen attribuutteja on 5–28 kappaletta. Vähiten attribuutteja on alueita kuvaavalla datalla, eniten tieviivoja

kuvaavalla datalla. Esimerkkinä attribuuteista on mm. aineiston lähdekoodi (AINLAHDE), joka kertoo, mistä lähteestä (kunnat, valtion liikelaitokset yms.) tieto on lähtöisin. Dbf-tiedostot ovat binäärimuotoisia, mutta kyseessä ei ole ESRI:n kehittämä formaatti, vaan 80-luvulla kehitetty dBASE-tietokantaformaatti. Täten nämä tiedostot ovat luettavissa olemassa olevilla tietokantojen lukuohjelmilla, kuten Microsoft Access tai Microsoft Excel.

Prj-päätteinen tiedosto on XML-muotoinen tekstitiedosto, joka sisältää dataa käytetystä koordinaattijärjestelmästä, korkeusmallista, projektiosta ja mittayksiköstä.

Cpg-päätteinen tiedosto on tekstimuotoinen tiedosto, joka sisältää datan käytetystä merkistökoodauksesta. Tässä tapauksessa merkistökoodauksena on UTF-8.

Vaikka ESRI Shapefile -formaatti sallii näiden lisäksi useita muita tarkentavia tiedostoja, Maanmittauslaitoksen maastotietokanta ei käytä yllä kuvattujen tiedostojen lisäksi muita määritteitä.

3.2.2 Yksilöinti tiedostonimen avulla

Tiedostonimi sisältää kolmiosaisen yksilöivän tunnistein, joka on määritelty maastotietokannan kohdemallissa. Nämä tunnisteet on erotettu toisistaan alaviivalla. (6) Mikäli jokin tiedostopaketti ei sisällä yhtään tunnistein mukaista elementtiä, sitä vastaava tiedosto on jätetty pois. Esimerkki kokonaisesta tiedostonimen tunnisteesta on m_L4132L_p, joka sisältää polygonimuotoista maastodataa karttaruudusta L4132L.

3.2.2.1 Kohderyhmä

Ensimmäinen tiedostonimen tunnistein osa on yksittäinen kirjain, joka löyhästi kuvaa elementin kohderyhmää tai kategoriaa. Taulukko 1 sisältää kaikki Maanmittauslaitoksen käyttämät kategoriat.

Taulukko 1. Kohderyhmän taulukko

Tunniste	Selitys
e	Eryityskäyttöalueet
h	Hallinnollinen jaotus
j	Johtoyhteydet
k	Korkeussuhteet
l	Liikenneverkot
m	Maasto/1
n	Maasto/2
r	Rakennukset
s	Suojelukohteet
u	Taajaan rakennettu alue

Eryityskäyttöalueita on vain kaksi erilaista, suoja-alue sekä ampuma-alue. Hallinnolliseen jaotukseen kuuluu paljon erilaisia rajoja, kuten Suomen ulkorajat, sekä maan sisäiset hallinnolliset jaotukset, kuten kuntarajat ja maakuntarajat. Johtoyhteydet sisältävät tietoa erilaisista energian siirtotavoista, kuten vesi-, sähkö- ja maakaasuputket sekä näiden infrastruktuurista. Korkeussuhteet ovat pääasiassa korkeus- ja syvyyskäyriä sekä niihin liittyviä numeerisia arvoja.

Liikenneverkot kattavat kaikki erilaiset liikenneväylät, kuten erityyppiset autotiet, kevyen liikenteen väylät sekä polut. Myös eläinten ja hyönteisten, kuten muurahaisten, muodostamat polut kuuluvat tämän määrittelyn mukaisiin liikenneverkkoihin.

Maasto/1 on laaja kohderyhmä, joka pitää sisällään lähes kaikki maaston luonnolliset muodostumat kuten siirtolohkareet, avokalliot sekä järvet. Näiden lisäksi tämä kohderyhmä sisältää myös suuren osan ihmisen muokkaamista maaston erityispiirteistä kuten pellot, padot sekä kaatopaikat. Maasto/2 on ensimmäisen kohderyhmän jatke, mitään järjestelmällistä eroa näillä kahdella ei ole. Niissä on kuitenkin eri sisältö. Maasto/2 sisältää mm. kosket, varastoalueet ja vesikivet eli karit.

Rakennukset pitävät sisällään suurimman osan rakennetusta ympäristöstä. Tällaisia ovat luonnollisesti erityyppiset talot, kuten vaikkapa asuinrakennukset, lomarakennukset tai liike- ja julkiset rakennukset. Kaikki eri rakennustyypit on jaettu kolmeen luokkaan: 1-2-kerroksisiin, yli 3-kerroksisiin sekä rakennuksiin, joissa on tuntematon määrä

kerroksia. Rakennukset-kohderyhmään kuuluu myös paljon muuta rakennettua ympäristöä, kuten aidat, altaat ja tuulivoimalat.

Suojelukohteet ovat erilaisia suojelun alaisia kohteita, kuten luonnonsuojelualueita, kansallispuistoja ja muinaisjäännöksiä. Taajaan rakennettu alue sisältää alumuotoista tietoa rakennetusta ympäristöstä. Maastokartalla se näkyy yleensä vain, kun karttaa on loitonnettu tarpeeksi niin, että yksittäiset rakennukset eivät piirry.

3.2.2.2 Karttalehti

Toinen tiedostonimen tunniste on karttalehden numero. Koska tiedostot jaetaan Maanmittauslaitoksen avoimen datan jakelupalvelusta karttalehdittäin paketteina, yksi paketti sisältää aina vain yhden karttalehden tiedostoja.

Karttalehtijako noudattaa julkisen hallinnon suositusta JHS 197. (9) Tämä suositus määrittelee EUREF-FIN-datumin kanssa käytettävän karttalehtijaon. JHS 197:n liitteessä 8 Suomen maa- ja merialueet on jaettu kolmeenkymmeneenviiteen 96 km x 192 km:n ruutuun. Nämä ruudut on nimetty JHS 197:n liitteen 8 kartan mukaisella kaksimerkkisellä koodauksella, joista ensimmäinen on juokseva kirjain ja jälkimmäinen juokseva numero.

Yllä kuvatut ruudut on jaettu neljään samankokoiseen ruutuun, joista koodauksen perään lisätään yksi numero. Tätä kaavaa tositetaan vielä kerran. Tämän jälkeen liitteen 9 mukaisesti suorakulmaiset ruudut jaetaan oikeaan (R) ja vasempaan (L) karttalehteen ja koodauksen perään lisätään tämä kirjain. Näin saadaan viisimerkkinen koodi, joka on tiedostonimen toinen tunniste. L4132L on esimerkki tällaisesta tunnisteesta.

3.2.2.3 Kohdetyyppi

Taulukon 2 viimeinen tiedostonimen tunniste kertoo, minkä tyyppisestä kohteesta on kyse. Näitä on neljää erilaista, ja jokaista vastaa yhden kirjaimen mittainen koodaus.

Taulukko 2. Kohdetyypin taulukko

Tunniste	Selitys
v	viivat
s	pisteet (symboli)
t	tekstit
p	polygonit

Viivat sisältävät vektorimuotoista dataa. Kyseessä voi olla kahden pisteen välinen viiva tai usean pisteen muodostama murtoviiva. Esimerkkejä viivamuotoisesta datasta on mm. korkeuskäyrät, tiet ja alueiden reunaviivat.

Pisteet sisältävät vain yhden koordinaatin, joka määrittelee symbolin sijainnin. Joskus symbolit esiintyvät itsenäisinä, jolloin ne orientoidaan karttapohjoisen mukaan. Tällaisia ovat mm. sekametsä tai lähde. Toisinaan ne esiintyvät ainoastaan viivojen yhteydessä, jolloin orientointi tapahtuu viivan suuntaisesti. Esimerkkejä näistä on mm. puomi tai sähkölinjan tunnus.

Tekstit ovat datan puolesta samanlaisia kuin pisteet, ja sisältävät vain yhden koordinaatin. Symbolin sijaan ne kuitenkin sisältävät tekstiä. Elementin metadatan saattaa tekstien kohdalla olla poikkeama-arvoja, jolloin itse tekstielementin koordinaatti on yhdessä paikassa, mutta teksti toisaalla. Samoin kuin pisteiden kohdalla, tekstit voidaan myös orientoida joko itsenäisinä objekteina tai viivojen suuntaisesti.

Polygonit määrittävät alueita, joiden sisältö täytetään mutta äärioviiva jätetään piirtämättä. Suurin osa täytöistä on yksiväritäyttöjä, mutta joukossa on myös viivatäyttöjä tai alueita, jotka täytetään erinäisillä symboleilla. Esimerkkejä polygoneista ovat järvet, avokalliot tai asuintalot.

3.2.3 Yksilöinti metatietojen perusteella

Metatiedot löytyvät ESRI Shapefile -formaatin dbf-tiedostosta. Ne on kuvattu maastotietokannan kohdemallissa. (6) Maastokartan piirtämistä varten relevantteja metatietoja ovat pääasiassa kaikille kohdetyypeille yhteiset kohderyhmä (RYHMA) sekä kohdeluokka (LUOKKA). Kohderyhmä on kaksinumeroinen tunniste, kohdeluokka taas

viisinumeroinen. Yhdessä nämä luovat yksikäsitteisen tunnusteen jokaista karttamerkkiä varten.

Joissain tapauksissa karttamerkit on jaettu osiin ja piirretään eri tavalla. Tällöin on aina olemassa jokin metatieto, joka erottelee eri piirtotavat. Seuraavassa on lueteltu erilaiset piirtotavat, jotka erotetaan metatietojen perusteella.

Korkeuskäyrien korkeusarvon (KORARV) jaollisuus määrittää, onko kyseessä johtokäyrä, välikäyrä vai apukäyrä. Johtokäyrä on jaollinen 20:llä, välikäyrä 5:llä muttei 20:llä ja apukäyrä 2.5:lla muttei 5:llä eikä 20:llä. Johtokäyrä piirretään paksumpana kuin muut viivat, ja apukäyrä kuvataan katkoviivana.

Polku sisältää metatiedon päällysteestä (PAALLY). Tämä tieto voi olla 0 (tuntematon), 1 (päällystämätön) tai 2 (päällystetty). 0 tai 1 piirretään katkoviivalla, 2 piirretään katkoviivalla, jossa on kohtisuoraan polun kulkusuuntaan nähden meneviä poikkiviivoja. Päällysteellä tarkoitetaan tässä tapauksessa esim. portaita tai pitkospuita; pelkkä kivimurska tai muu vastaava ei riitä päällysteeksi. On myös huomattavaa, että koska päällysteen arvo on 2 sekä portaiden että pitkospuiden kohdalla, näiden karttamerkit ovat samat eikä niitä voi erottaa kartalla toisistaan muuten kuin ympäröivää maastoa tarkastelemalla. Esimerkiksi pitkospuut ovat usein suolla, kun taas portaita esiintyy jyrkkien mäkien kohdalla.

Virtavesien, eli jokien, purojen tai ojien kohdalla esiintyy metatieto vertikaalisuhde (VERSUH). Tämän arvo voi olla -1 (pinnan alla), 0 (pinnalla), 1 (pinnan yllä) tai 10 (määrittelemätön). Tavallisesti virtavedet piirretään viivana, jonka paksuus määrittää niiden leveyden, mutta vertikaalisuhteen ollessa -1 ne piirretään katkoviivalla. Pinnan alla kulkevan virtaveden osuuden tulee olla melko pitkä, esim. tien alittavaa siltarumpua ei usein erotella erikseen pinnan alla kulkevaksi. Esimerkkinä pinnan alla kulkevasta virtavedestä on vaikkapa peltojen salaojitus.

Näiden lisäksi metatiedot sisältävät lukuisia muita attribuutteja, kuten luvussa 3.2.1 kerrottiin. Suurin osa näistä on kuitenkin tyhjiä tai muuten merkityksettömiä maastokartan piirtämisen kannalta.

3.3 Maastokartta

Maastokartta (kuva 1) on maastotietokannan visuaalinen esitystapa. Se on sovituin värein ja symbolein piirretty kartta, joka kertoo maastosta ja muusta ympäristöstä. Karttamerkit eivät ole kansainvälisiä, koska maasto eri paikoissa maailmaa on hyvin erilaista.



Kuva 1. Esimerkkikuva maastokartasta

Maastokarttoja on saatavilla monessa eri jakeluformaattissa. Paperille, kankaalle tai vastaavalle materiaalille tulostettuja karttoja voi ostaa joko suoraan Maanmittauslaitokselta tai monelta yksityiseltä toimijalta. Useat internetin karttapalvelut tarjoavat maastokarttarasterin osana tasovalikoimaansa.

Maanmittauslaitos tarjoaa avoimen datan palvelussaan maastotietokannan lisäksi myös valmiiksi renderöityä rasteria PNG-kuvamuodossa. Se tarjoaa myös mahdollisuuden

käyttää erilaisia rajapintapalveluja, joiden avulla voidaan hakea aina päivitettyt maastokarttarasterit. Rajapinnoista on tarjolla kolmea erilaista tuotetta: sopimuskäyttö, avoin rajapintakäyttö sekä BETA-rajapintakäyttö. (10)

Sopimuskäyttö edellyttää sopimuksen tekemistä maanmittauslaitoksen kanssa, ja siihen sisältyy tuotetuki sekä tae hyvästä suorituskyvystä. Palvelu tarjotaan WMS-, WMTS- tai WCS-rajapintaa käyttäen. Sopimuskäyttö on maksullinen palvelu ja vaatii kirjautumista ennen palvelun käyttöä.

Avoin rajapintakäyttö on tarkoitettu testaamiseen ja pienimuotoiseen käyttöön. Sitä voi käyttää vapaasti ilman tunnuksia eikä sille ole käyttömäärärajoituksia. Palvelu tukee vain WMTS-rajapintaa. Tukea palveluun ei sisälly. Kyseessä on ilmainen palvelu.

BETA-rajapintakäyttö on Maanmittauslaitoksen kokeellisten palvelujen rajapinta. Sen määrittelyt saattavat muuttua nopeallakin tahdilla, eikä sitä ole tarkoitettu olemassa olevien palvelujen käyttöön. Tästä rajapinnasta on tarjolla kolmea palvelua: WMS, WCS sekä vektoritiilit. WCS-palvelu tarjoaa ainoana rajapintana korkeusmallia. Vektoritiilit tarjoavat taustakarttaa palasina vektorimuodossa.

4 Vector Map

4.1 Yleistä

Vector Map on tätä insinööriyötä varten kehittämäni maastokarttasovellus, jonka toiminta perustuu rasterigrafiikan sijaan vektorigrafiikkaan. Se käyttää Maanmittauslaitoksen maastotietokannan paikkatietoa sekä metadataa tuottamaan maastokartan, joka vastaa visuaalisesti useita verkossa olevia vastaavia rasterimaastokarttapalveluja. Koska kartan piirtäminen tapahtuu käyttäjän tietokoneella, sovellus vaatii käyttäjän laitteistolta huomattavasti enemmän resursseja kuin tavalliset rasterigrafiikkaan perustuvat maastokartat.

Tätä opinnäytetyötä varten toteutettu demoversio (kuva 2) sisältää yhden maastokarttaruudun, mutta se on helposti laajennettavissa vaikka koko Suomen

kattavaksi. Siitä puuttuu myös osa karttamerkeistä, ja niiden piirtotapa saattaa poiketa hieman standardista.



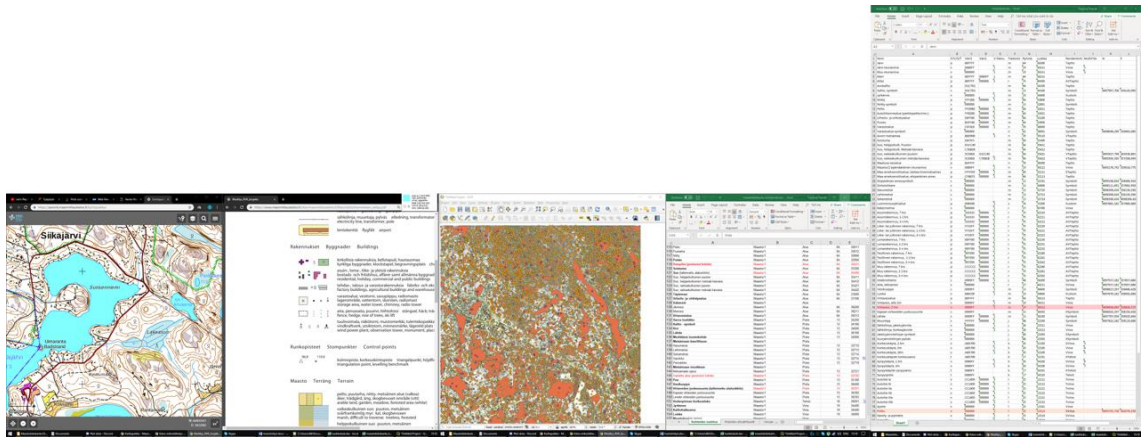
Kuva 2. Kuvakaappaus vektorikartan demoversiosta

4.2 Piirtotavat

Suomessa on olemassa vakiintunut standardi maastokartan piirtämistä varten. Maanmittauslaitoksella on jonkin verran tätä standardia koskevaa aineistoa, esimerkiksi hieman vanhentunut karttamerkkien selite. (11) Selitteessä käydään läpi suurin osa karttamerkeistä, joskin niiden piirtoväri on väärä tämänhetkisiin standardeihin verrattuna.

Jotta voimme toteuttaa vektorikartan, tarvitsemme tietoa karttamerkeistä, niiden piirtotavoista sekä maastotietokannan vastaavien objektien metatiedoista. Loin tätä

prosessia varten kolmelle näytölle jakautuvan ikkunanäkymän (kuva 3), josta voi poimia kaiken tarvittavan informaation.



Kuva 3. Työskentely-ympäristö piirtotapojen selvitykseen

Vasemmalla näytöllä on kaksi verkkoselainikkunaa. Näistä vasemmanpuoleinen on Maanmittauslaitoksen Karttapaikan maastokarttataso, joka piirtää maastokarttarastereita. Tätä tarvitaan karttamerkkien ja etenkin niiden värien analysointiin sekä tallentamiseen. Tähän tarkoitukseen olennaisena on erillinen ohjelma Pixie (12), jolla ei ole omaa ikkunaa kuvakaappauksessa. Pixien avulla on kätevää tallentaa kursorin alla olevan karttamerkin HTML-värikoodi leikepöydälle, jolloin se saadaan otettua talteen myöhempää käyttöä varten.

Vasemman näytön toinen verkkoselainikkuna on Maanmittauslaitoksen karttamerkkien selite (11). Siitä voi katsoa, minkälainen piirtotapa kullakin karttamerkillä on. Sen avulla ei voi kuitenkaan arvioida värejä, koska ne eivät vastaa Maanmittauslaitoksen rasterien väriarvoja.

Keskimmäisen näytön vasemmalla puolella on QGIS-ohjelmisto, johon on avattu Maanmittauslaitoksen maastotietokanta GeoJSON-muodossa. QGIS:n avulla pystytään lukemaan ja kopioimaan kaikkien objektien metatiedot sekä tiedostonimi, jossa karttamerkin tiedot ovat.

Keskimmäisen näytön oikealla puolella on Maanmittauslaitoksen tarjoama maastotietokannan kohdemalli. (6) Siitä voi katsoa, mitä merkkiä mikäkin metatiedon kohderyhmä sekä kohdeluokka vastaavat.

Oikealla näytöllä on Luokitukset-niminen excel-tiedosto (liite 1), johon tallennetaan kaikki yllä kuvatulla prosessilla saatu data. Tämä tiedosto on myös se, mitä myöhemmin luetaan koneellisesti.

Prosessi alkaa valitsemalla karttamerkkien selitteestä tarkasteltava karttamerkki ja kirjoittamalla sen nimi Luokituksiin. Nimen lisäksi annetaan vastaava englanninkielinen nimi, joka tallennetaan tunnisteeksi. Lisäksi Luokituksiin kirjoitetaan, onko kyseessä alue, viiva, symboli vai teksti. Tämän jälkeen kyseinen karttamerkki pitää löytää Maanmittauslaitoksen Karttapaikkapalvelun avulla rasterikartasta. Jos tarkastelussa on yleinen karttamerkki, sen löytäminen on hyvin yksinkertaista eikä tarvitse erityisempiä toimenpiteitä. Joidenkin harvinaisten karttamerkkien löytämiseen kannattaa kuitenkin käyttää QGIS:n hakutoimintoa. Kun karttamerkki on löydetty, sen pääasiallinen väriarvo sekä mahdolliset muut väriarvot voidaan tallentaa Luokituksiin. Samalla arvioidaan merkin viivan paksuutta silmämääräisesti ja tallennetaan tämä arvio Luokituksiin. Viivan paksuutta arvioidessa ohuin viiva merkitään numerolla 1, ja kaikki tätä paksummat viivat aina yhtä korkeammalla numerolla.

Nyt karttamerkin voi avata tarkasteltavaksi QGIS-ohjelmistossa, ellei näin ole jo tehty. Sieltä karttamerkille saadaan kohderyhmä, luokka sekä muut mahdolliset metatiedot, jotka tallennetaan Luokituksiin. Mikäli merkin piirtotapaa ei voida yksilöidä kohderyhmän ja kohdeluokan avulla, merkitään MultiFile-kenttään juokseva numero. Tätä tarvitaan myöhemmin yksilöimään karttamerkkiä. Tämän jälkeen arvioidaan merkin piirtotapaa, eli onko kyseessä esim. yksinkertainen väritäyttö vai jokin monimutkaisempi täyttötapa.

Lopuksi, mikäli karttamerkki on harvinainen ja sen löytäminen maastokartasta on kovan työn takana, tallennetaan Luokituksiin Karttapaikan antamat koordinaatit esimerkkitapaukselle, jossa karttamerkki sijaitsee. Tämä tehdään puhtaasti sitä varten, että myöhemmin piirtotapaa määritettäessä voidaan analysoida esimerkkitapausta. Viimeisenä on lisätiedot-kenttä mahdollisia muistiinpanoja varten.

4.3 Maastotiedon uudelleen jäsentely

Maanmittauslaitoksen tarjoaman maastotietokannan jäsentely, joka on kuvattu tarkemmin aiemmassa luvussa 3.2, on tämän kartan piirtämistä varten lähes täysin käyttökelvoton. Tieto pitää jäsentää uudelleen siten, että eri piirtotavoilla kuvattavat tiedot erotetaan toisistaan. Alun perin ESRI Shapefile -formaattissa olevat tiedostot pitää myös saada sellaiseen muotoon, että niiden piirtäminen onnistuu verkkoselainta käyttäen.

Valitsin lopulliseksi tiedostoformaattiksi SVG:n. Se on hyvin vakiintunut vektorigrafiikkaa esittävä tiedostoformaatti, jota kaikki selaimet tukevat oletuksena. Toisena vaihtoehtona olisi ollut GeoJSON-tiedostojen käyttö kääntäen ne ajon aikana SVG-tiedostoiksi Javascriptillä asiaan tarkoitettulla kirjastolla, mutta tämä prosessi olisi ollut huomattavasti monimutkaisempi ja hitaampi kuin nyt käytössä oleva.

Piirtoelementtiä valitessa oli kaksi pääasiallista vaihtoehtoa: Canvas ja SVG. Canvas on melko uusi HTML5-standardi, joka on tarkoitettu erilaisten renderöitävien elementtien alustaksi. Sen suurin hyöty on nopea piirtämisen käsittely etenkin liikkuvien elementtien kohdalla. Canvas-elementin haittapuolena SVG-elementtiin nähden on kuitenkin se, että canvas-elementin sisällä olevat objektit eivät näy selaimelle erillisinä objekteina, joten niiden attribuuttien dynaaminen käsittely on hyvin työlästä. Tämän vuoksi valitsin piirtoelementiksi SVG:n, joka soveltuu muutenkin paremmin staattisten kohteiden piirtämiseen.

SVG-määrittelyn tietoja ei voida tuoda ulkoisesta lähteestä, kuten erillisestä SVG-päätteisestä tiedostosta, käyttäen esim. HTML-määrittelyn `` tai `<object>` merkintöjä. Mikäli näin tehdään, HTML:n sisäinen tiedostorakennemalli DOM ei sisältäisi SVG:n ominaisuustietoja, joten näiden ominaisuustietojen tyylien dynaaminen muuttaminen esim. Javascriptillä olisi mahdotonta. Jotta piirtotapaa voidaan muuttaa jälkikäteen, tarvitsemme yhden neljästä tavasta upottaa SVG:n sisältö osaksi HTML-koodia.

Helpoin keino on liittää SVG:n sisältö suoraan HTML-tiedostoon `<svg>` määritteen sisälle. Tätä käytetään usein vaikkapa silloin, kun tarvitaan sisällyttää jokin

yksinkertainen SVG-elementti osaksi sivua. Tämän tavan ongelmana on, että HTML-tiedoston koko kasvaisi kymmeniin tuhansiin riveihin jo yhden karttaruudun kanssa, ja kaikki mahdolliset muokkaukset HTML-tiedostoon käyvät täten hyvin raskaiksi. Tätä tapaa on myös lähes mahdotonta skaalata useamman karttaruudun kattavaksi.

Toinen tapa on upottaa ulkoisen SVG-tiedoston sisältö osaksi HTML-koodia automaattisesti jonkin asiaan tarkoitetun kirjaston avulla. Esimerkkinä tällaisesta kirjastosta on vaikkapa `svg-inject`. (15) Sen avulla itse sivuston HTML-koodi säilyy lyhyenä ja helposti muokattavana. Tällaisen kirjaston käyttö on hyvin yksinkertaista, joskin sen muokkaaminen omiin tarpeisiin sopivaksi voi käydä haastavaksi. Lisäksi kirjaston käyttö ei ole nopein keino, ja se aiheuttaa elementeissä vilkkumista niiden latautuessa.

Kolmas keino on ladata SVG:n sisältö php:lla `file_get_contents()` -funktion avulla. Tämä lataa koko SVG:n sisällön tekstimuuttuun, joka voidaan myöhemmin upottaa osaksi sivun koodia. Php on Javascriptistä poiketen serverin päässä ajettava kieli, joten se vaatii serveriltä tuen php:lle, tosin tämä tuki on käytännössä kaikissa verkkosivujen vuokrauspalveluissa.

Viimeisenä käydään läpi tapa, jolla itse päätin toteuttaa SVG:n upotuksen osaksi sivustoa: luodaan kaikki tarvittava HTML- ja Javascript-koodi itse ilman tarkoitukseen luotuja kirjastoja tai muita edellä kuvattuja tapoja. Tällöin saadaan parhaiten muokattavissa oleva ympäristö, jonka hallinta, optimointi ja jatkokehitys ovat täysin omissa käsissä.

Seuraavaksi on ratkaistava ongelma, kuinka tuottaa valtavasta määrästä SVG-dataa toimiva Javascript-upotus. On keksittävä ratkaisu, joka automatisoi tämän prosessin niin hyvin, että se on tarvittaessa laajennettavissa koko Suomen maastotietokannan, eli yli tuhannen karttaruudun, kääntämiseen SVG:stä Javascriptiksi. Tähän ongelmaan otin ratkaisuksi Autohotkey-ohjelmointikielen.

Autohotkeyn avulla tuotin NLSDDataConversion-ohjelman, jonka toiminta jakautuu eri tarkoituksia varten kirjoitettuihin funktioihin. Ohjelma vaatii toimiakseen kaksi ulkopuolista ohjelmaa, joita ajetaan sen suorituksen aikana. Ensimmäinen näistä on

7-Zip (13), joka on ilmainen tiedostonpakkaus- ja arkistointiohjelma. Toinen on mapshaper (14), joka on Javascriptillä kirjoitettu ohjelma karttatiedostojen formaatin muuttamiseen. Molemmat ohjelmat tulee olla asennettuna ennen NLSDataConversion-työkalun ajamista, muuten ohjelma ei toimi tarkoitetulla tavalla. Käytämme näitä molempia ohjelmia komentokehotteen kautta etukäteen kirjoittamillani batch-tiedostoilla. Seuraavassa esitellään NLSDataConversion-ohjelman funktioiden käyttöä ja tarkoitusta siinä järjestyksessä, missä ohjelma niitä ajaa.

ConvertSHAPEtoJson() purkaa Maanmittauslaitoksen avointen aineistojen latauspalvelun tarjoaman paketin 7-Zip-ohjelmalla ja kääntää binäärimuotoiset ESRI Shapefile -tiedostot tekstimuotoisiksi GeoJson-tiedostoiksi mapshaper-työkalulla, jotta niiden automaattinen lukeminen olisi helpompaa. Se ei muuta tiedostojen varsinaista sisältöä millään tavalla, eli topografia sekä metatiedot säilyvät entisellään.

ExportFromExcel() lukee luvun 4.2 kuvaamalla tavalla muodostettua Luokitukset-tiedostoa (liite 1) silmukan sisällä niin kauan, kunnes kohtaa tyhjän rivin. Se tallentaa jokaisen tarvittavan solun arvon objektiin, joka lähetetään funktion paluuarvona. Nämä paluuarvo-objektit tallennetaan Classifications-nimiseen taulukkomuuttuun. Tällä tavalla saamme muodostettua yksinkertaisen tavan kutsua Excelin arvoja ohjelmallisesti. Geneerisesti arvojen kutsuminen tapahtuu Classifications[x].attrName -komennolla, jossa hakusulkeiden sisälle x:n paikalle tulee halutun rivin numero vähennettynä yhdellä ja pisteen jälkeen olevan attrNamen paikalle sen sarakkeen nimi, josta haluamme arvon. Esimerkiksi jos haluaisimme lukea kuudennen rivin kolmannen sarakkeen (piirtoväriin heksadesimaali) arvon, saamme sen komennolla Classifications[5].colorHex.

ExtractDataFromJson() poimii ensimmäisessä funktiossa muodostetuista GeoJson-tiedostoista datan sen perusteella, millä piirtotavalla se on tarkoitus piirtää. Se siis määrittää uudenlaisen jäsenyyksen olemassa oleville tiedoille käyttäen yllä kuvatun taulukkomuuttujan objektien tietoja. Tämä funktio tuottaa jokaiselle piirtotavalle oman tiedostonsa, jonka tiedostonimenä käytetään luvussa 3.2.3 kuvattua yksikäsitteistä tunnustetta, joka muodostetaan kohderyhmän ja kohdeluokan yhteisarvosta. Joissain tapauksissa tiedoston loppuun lisätään vielä multiFile-kenttään tallennettu juokseva numero, mikäli se on pakollinen piirtotavan yksilöintiä varten.

Maastotietokannassa on myös paljon dataa, jota ei syystä tai toisesta piirretä maastokarttaan, jolloin `ExtractDataFromJson()` -funktio on vaihe, jossa tämä data putoaa pois. Tällaisia tietoja on kahdenlaista: tarpeetonta ja liiallista. Tarpeeton tieto on dataa, joka jostain syystä on osana maastotietokantaa, mutta sitä ei lainkaan käytetä maastokarttaa piirrettäessä, esimerkiksi lukuisat poistetut kohteet. Liiallista tietoa taas on data, joka on esitetty maastotietokannassa ja piirretään kartalle, mutta sen erillinen piirtäminen SVG-toteutuksessa on turhaa erilaisen tekniikan käytön takia. Esimerkiksi rakennukset on maastotietokannassa määritetty sekä alueen että niiden ääriviivan mukaan, mutta SVG:ssä voidaan ottaa vain toinen näistä, jolle määritetään sekä täyttöarvo että ääriviivan piirtotapa. Liiallista tietoa poistamalla pystymme tehostamaan kartan piirtämistä, koska se vähentää piirtoalueella olevien elementtien määrää.

`ConvertJsonToSvg()` lukee sisään ne GeoJson-tiedostot, jotka muodostetaan edellisessä funktiossa, ja kääntää nämä SVG-tiedostoiksi mapshaper-työkalun avulla. Koska SVG-tiedostot sisältävät vain topografian, kaikki metadata häviää tässä vaiheessa.

`GenerateJs()` luo muodostetuista SVG-tiedostoista Javascript-tiedostoja, joiden sisältönä on D3.js-kirjaston määrittelyjen mukaisia HTML DOM -muokkauskomentoja. Nämä Javascript-tiedostot ladataan sivuston kutsun yhteydessä. Ne upottavat SVG-elementit osaksi HTML-koodia, jonka selain lopulta piirtää. Topografian lisäksi määritellään jokaiselle elementille piirtotyyli `Classifications`-taulukon objektin `renderStyle`-arvon mukaisesti. Mikäli piirtotyyli on yksinkertainen, se määritellään tässä funktiossa. Monimutkaiset piirtotyylit ovat määritetty erikseen osana `common.js`-tiedostoa, ja niihin lisätään tässä funktiossa vain viittaus.

4.4 Vektorikartan toiminnallisuus

Vektorikartan toiminnallisuus määritellään pitkälti `common.js`-tiedoston kautta. Tällä hetkellä toiminnallisuuksiin kuuluu mm. laahaus sekä lähennys ja loitonnuks. Nämä toimivat sekä hiirtä käyttäen että kosketusnäytöltä sormen avulla. Näiden lisäksi tässä tiedostossa käsitellään piirtotyylit monimutkaisille piirtotavoille.

Lähennykseen ja loitonnukseseen on sisällytetty myös ominaisuus, joka piilottaa ja näyttää elementtejä sitä mukaa, miten kaukaa karttaa katsellaan. Tällä hetkellä tämä ominaisuus on toteutettu rakennuksille, taajaan rakennetuille alueille sekä korkeuskäyrille.

4.5 Kehittämismahdollisuuksista

Vektorikartasta on tällä hetkellä saatavissa demo-versio, jossa ei ole suurinta osaa suunnitelluista ominaisuuksista. Tämä karttasovellus on kuitenkin kehitetty siten, että sen laajentaminen jälkikäteen on helppoa. Seuraavassa luetellaan ominaisuuksia, jotka parantaisivat sovelluksen käyttöä.

Piste- ja tekstimuotoisten karttamerkkien sisällytys vaatisi paljon työtä. Ne pitäisi määrittellä Autohotkey-tiedostossa. Pistemuotoiset karttamerkit ovat aina symboleja, joten kaikki nämä symbolit pitäisi piirtää erikseen etukäteen jollain vektorin piirtämiseen tarkoitettulla sovelluksella, kuten Inkscape tai Adobe Illustrator, minkä jälkeen symbolin tekstimuotoinen määrittely voidaan kopioida osaksi koodia. Tekstimuotoisten karttamerkkien teksti on osana metadataa, joka nykyisellä mallilla hävitetään, kun tiedosto muutetaan SVG:ksi, mutta toisin kuin kaikissa muissa tapauksissa, tämä metadata on tärkeää, jotta tiedetään, mikä teksti kartalle piirretään. SVG kuitenkin on tiedostomuoto, joka ei salli metatietoa, joten tekstin sisältö pitäisi tallentaa erikseen johonkin muuttujaan tai vastaavaan, josta se haetaan karttaa renderöitäessä. Tekstielementit sisältävät myös muista elementeistä poiketen ns. poikkeamamäärittelyn, jossa metadatatassa on x- ja y-poikkeama, joka pitää ottaa huomioon tekstin lopullista sijoituspaikkaa määritettäessä.

Joitakin suunnitelluista piirtotavoista ei ole tällä hetkellä toteutettuna. Monet näistä piirtotavoista ovat helposti sisällytettävissä, mutta osa on hyvin hankalia. Esimerkkeinä hankalista, mutta kuitenkin yleisistä karttamerkeistä, voidaan ottaa vaikkapa luonnonsuojelualue sekä jyrkänne. Luonnonsuojelualue piirretään vihreällä katkoviivalla, josta alueelle sisäänpäin lähtee viivoja, jotka loppuvat lyhyen matkan päässä. Alueen piirtäminen voisi tapahtua vaikka siten, että määritellään luonnonsuojelualueen sisään viivatäyttö koko alueelle. Sitten asetetaan toinen identtinen elementti, jota skaalataan hieman pienemmäksi ja laitetaan se poistamaan viivatäytön piirto omalta alueeltaan. Jyrkänne olisi helppo toteuttaa, jos siinä voisi käyttää ns. marker-pattern-määrittelyä

(16), jossa viivan varrelle voidaan asettaa elementtejä käyttäjän määrittämälle etäisyydelle toisistaan. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, koska mikään selain ei vielä tue sitä. Siksi jyrkänne pitäisi toteuttaa käyttäen olemassa olevia marker-start-, marker-mid- ja marker-end-määritteitä ja pilkkoa elementti osiin Javascriptin avulla, mikä on melko hankalaa, kun otetaan huomioon, kuinka erimittaisia jyrkänneet voivat olla.

Vektorikartan elementit piirtyvät sen mukaan, missä järjestyksessä ne on listattu excel-tiedostossa Luokitukset (liite 1). Tämä piirtojärjestys on monin paikoin väärä, ja sen oikeaksi saattaminen vaatisi verrokkikartan piirtojärjestyksen analysointia sekä Luokitusten uudelleen järjestelyä piirtojärjestyksen mukaiseksi.

Lähennyksen ja loitonnuksen suhteen päivittyvä mittakaavapalkki on melko työläs toteuttaa, mutta parantaisi kartan käytettävyyttä huomattavasti. Sen voisi toteuttaa kahdella eri tavalla. Ensimmäinen keino olisi kirjoittaa zoomausfunktio uusiksi niin, että lähennys ja loitonnuks tapahtuu ennalta määritettyjen kokonaislukujen kautta, jolloin ennalta määritetyn mittakaavapalkkielementin voisi piirtää haluttuun paikkaan sen kokoisena, mikä vastaa skaalausta. Toinen keino olisi säilyttää nykyinen käyttäjän vieritysasetukseen perustuva zoomaus ja luoda mittakaavapalkkielementti dynaamisesti joka kerta, kun käyttäjä zoomaa.

Koska vektorikartan elementit ovat SVG-määritteitä, niiden avulla pystytään muodostamaan interaktiivisia karttoja, joissa käyttäjän hiiren klikkaukset ja cursorin liikkeet vuorovaikuttavat elementtien kanssa. Tällä voidaan toteuttaa monia ominaisuuksia, esimerkiksi karttamerkit eivät tarvitsisi enää selitteitä, koska käyttäjä voi karttamerkkiä klikkaamalla saada niistä tietoa. Toinen esimerkki voisi olla polku, josta valitaan kaksi pistettä, jolloin näiden välimatka voidaan laskea suoraan elementin tietojen perusteella. Näiden interaktiivisten ominaisuuksien toteuttaminen on hieman hankalaa siksi, koska kartta piirtää lukuisia eri elementtejä päällekkäin, jolloin pitää olla hyvin tarkkana, mitä elementtiä käyttäjä tarkoittaa klikatessa. Polun pituutta laskettaessa ongelmaksi muodostuu myös se, että usein polut muodostuvat monista erillisistä elementeistä.

5 Yhteenveto

Tässä työssä esiteltiin vektorigraafisen karttasovelluksen toteuttamista, analysoitiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannan tietorakenteita sekä tutustuttiin tiedon uudelleen jäsentämiseen. Myös avoimen tiedon hyötyjä ja haittoja pohdittiin. Työ antaa kattavan kuvauksen Maanmittauslaitoksen maastotietokannan määrittelyistä sekä ESRI Shapefile -tiedostorakenteesta helpottaen näitä materiaaleja käyttävien sovellusten suunnittelua sekä toteutusta.

Tämän insinööriyön sovelluksen käytännön kokemusten yhteydessä havaittiin vektorigrafiikan suhteellinen raskaus rasterigrafiikkaan nähden. Vaikka tämä on ongelma, joka vähenee tulevaisuudessa laitteiston tehojen kasvaessa, se on selvä merkki syystä, miksi vektorigrafiikkaa käyttäviä selainpohjaisia karttasovelluksia ei ole vielä markkinoilla merkittävässä määrin. Vektorigrafiikan skaalautuvuus suurennettaessa, sen interaktiivisuus sekä rasteritasojen turhaksi tekeminen antavat sille kuitenkin etulyöntiaseman rasterigrafiikkaan verrattuna.

Tämän työn tekemisessä oli suuresti hyödyksi aiemmat suorittamani opinnot, joiden kautta olin tutustunut suurimpaan osaan käytetyistä ohjelmointiympäristöistä. Myös graafisen suunnittelun osaaminen ja vektori- sekä rasterigrafiikan tekniikan tunteminen oli eduksi. Partioharrastuksestani oli myös paljon hyötyä maastokarttojen ja karttamerkkien tuntemisessa. Vaikka näistä on selitteitä ja ohjeita, niiden intuitiivinen tunteminen nopeutti ehdottomasti työn tekemistä.

Insinööriyön demo on käytettävissä Metropolian käyttäjien kotisivupalvelun kautta (17). Demon lähdekoodi kokonaisuudessaan, mukaan lukien Maanmittauslaitoksen pakettien purkuohjelma sekä kaikki sivuston lähdekoodi, on vapaasti ladattavissa ja tarkasteltavissa projektin Github-sivulla (18).

Lähteet

- 1 Mitä on avoin data? 2017. Verkkoaineisto. Helsinki Region Infoshare. <<https://hri.fi/fi/ohjeet/mita-on-avoin-data>>. Luettu 5.1.2019.
- 2 Romppainen, Heidi. 2015. Miksi avointa dataa? Verkkoaineisto. Oulun yliopisto. <<http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201510152088.pdf>>. Luettu 3.12.2018.
- 3 Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>>. Luettu 3.12.2018.
- 4 Maastotietokanta. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/maastotietokanta-0>>. Luettu 3.12.2018.
- 5 Maastotietokanta on karttojen perusta. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/kartat/maastotietokanta-karttojen-perusta>>. Luettu 4.3.2019.
- 6 Maastotietokannan kohdemalli. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2018/10/maastotietokanta_kohdemalli.xlsx>. Luettu 3.12.2018.
- 7 Shapefile file extensions. 2008. Verkkoaineisto. Environmental Systems Research Institute, Inc. <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Shapefile_file_extensions>. Luettu 5.3.2019.
- 8 ESRI Shapefile Technical Description. 1998. White paper. Verkkoaineisto. Environmental Systems Research Institute, Inc. <<https://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>>. Luettu 5.3.2019.
- 9 JHS 197 EUREF-FIN -koordinaattijärjestelmät, niihin liittyvät muunnokset ja karttalehtijako. 2016. Verkkoaineisto. JUHTA - julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. <<http://jhs-suositukset.fi/web/guest/jhs/recommendations/197>>. Luettu 18.1.2019.
- 10 Karttakuvapalvelu. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/karttakuvapalvelu>>. Luettu 7.3.2019.
- 11 Karttamerkkien selite. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/old/karttamerkkien_selitys.pdf>. Luettu 18.1.2019.

- 12 Pixie. Verkkoaineisto. Nattyware. <<http://www.nattyware.com/pixie.php>>. Luettu 4.1.2019.
- 13 Pavlov, Igor. 7-Zip. Verkkoaineisto. <<https://www.7-zip.org>>. Luettu 15.3.2019.
- 14 Bloch, Matthew. Mapshaper-sovelluksen Github. Verkkoaineisto. <<https://github.com/mbloch/mapshaper>>. Luettu 5.2.2019.
- 15 Svg-inject. Verkkoaineisto. INCORS. <<https://github.com/iconfu/svg-inject>>. Luettu 11.3.2019.
- 16 SVG Markers. 2015. Verkkoaineisto. Mozilla Corporation. <<https://www.w3.org/TR/svg-markers/#MarkerPatternProperty>>. Luettu 14.3.2019
- 17 Tiainen, Tuomas. Vector Map. Verkkoaineisto. <<http://users.metropolia.fi/~tuomati>>. Luettu 15.3.2019.
- 18 Tiainen, Tuomas. Vectormap-sovelluksen Github. Verkkoaineisto. <<https://github.com/alhoon/vectormap>>. Luettu 15.3.2019.

Liite 1. Luokitukset

Oheinen taulukko sisältää työssä käytetyn Luokitukset-taulukon sisällön siltä osin, kun se on relevanttia työn havainnollistamista varten. Siitä puuttuu kentät toiselle väriarvolle, multiFile-määrittelylle, esimerkkikoordinaateille sekä lisätiedoille. Kentät on poistettu, että taulukko on saatu mahtumaan liitteeksi. Lisäksi joitain otsikkotietoja on lyhennetty seuraavalla tavalla.

- E-sarakkeen koko nimi on jsonEnd
- t-sarakkeen koko nimi on thickness
- S-sarakkeen koko nimi on jsonStart
- grp-sarakkeen koko nimi on group

Kokonaisuudessaan Luokitukset-taulukko löytyy GitHubista (18).

name	id	E	color	t	S	grp	class	style
Järvi	lake	p	80FFFF		m	64	36200	fill
Järvi reunaline	lake_outline	v	0080FF	1	m	19	30211	line
Muu reunaline	other_outline	v	000000	1	m	19	30211	line
Meri	sea	p	80FFFF	1	m	64	36211	fill
Allas	pool	p	80FFFF	1	r	75	44300	b_fill
Avokallio	outcrop	p	D1C7D1		m	64	34100	fill
Kallio, symbol	outcrop_symbol	s	D1C7D1		m	13	34100	symbol
Jyrkäne	cliff	v	000000	1	m	19	34400	custom
Niitty	meadow	p	FFF266	1	m	64	32800	fill
Niitty symbol	meadow_symbol	s	000000		m	13	32891	symbol
Pelto	field	p	FFD980	1	m	64	32611	fill
Autoliikennealue (parkkipaikka tmv.)	parking	p	FFB280	1	m	64	32421	fill
Urheilu- ja virkistysalue	recreational_area	p	E6FF80	1	m	64	33100	fill
Puisto	park	p	B3FF66	1	m	64	32900	fill
Varastoalue	storage_area	p	F3F3E6	1	n	70	38900	fill
Varastoalue symbol	storage_area_symbol	s	000000		n	42	38991	symbol
Avoin metsämaa	open_woodland	p	B8D900	2	n	70	39110	l_fill
Soistuma	bog	p	E6F5F5		m	64	35300	fill

Suo, helppokulk. Puuton	swamp_open_treeless	p	D1CC40		m	64	35411	fill
Suo, helppokulk. Metsää kasvava	swamp_open_trees	p	C7EBE B		m	64	35412	fill
Suo, vaikeakulkuinen puuton	swamp_close_d_treeless	p	5CE6E6		m	64	35421	l_fill
Suo, vaikeakulkuinen metsää kasvava	swamp_close_d_trees	p	5CE6E6	2	m	64	35422	l_fill
Maatuvaa vesialue	peatland	p	B3FFFF		n	70	38300	fill
Maasto/2 epämääräinen reunaline	terrain_indefinite_outline	v	0080FF	1	n	19	30212	line
Maa-aineksenottoalue, karkea kivennäisaines	soil_extraction_rough	p	FFFFD9	1	m	64	32111	s_fill
Maa-aineksenottoalue, eloperäinen aines	soil_extraction_organic	p	CFB873	1	m	64	32113	fill
Eloperäinen ainessymbol	organic_symbol	s	000000		m	13	32191	symbol
Siirtolohkare	erratic	s	000000		m	13	34600	symbol
Havumetsä	coniferous_forest	s	000000		m	13	32710	symbol
Lehtimetsä	deciduous_forest	s	000000		m	13	32713	symbol
Sekametsä	mixed_forest	s	000000		m	13	32714	symbol
Luonnonsuojelualue	nature_reserve	p	00B300	2	s	74	72200	custom
Rakennelma	construction	v	000000	1	r	27	45700	line
Asuinrakennus, ? Krs	residential_building	p	333333	1	r	75	42210	b_fill
Asuinrakennus, 1-2 krs	residential_building	p	333333	1	r	75	42211	b_fill
Asuinrakennus, 3-n krs	residential_building	p	333333	1	r	75	42212	b_fill
Liike- tai julkinen rakennus, ? Krs	public_building	p	FF33FF	1	r	75	42220	b_fill
Liike- tai julkinen rakennus, 1-2 krs	public_building	p	FF33FF	1	r	75	42221	b_fill
Liike- tai julkinen rakennus, 3-n krs	public_building	p	FF33FF	1	r	75	42222	b_fill
Lomarakennus, ? Krs	vacation_building	p	00FF80	1	r	75	42230	b_fill
Lomarakennus, 1-2 krs	vacation_building	p	00FF80	1	r	75	42231	b_fill
Lomarakennus, 3-n krs	vacation_building	p	00FF80	1	r	75	42232	b_fill
Teollinen rakennus, ? Krs	industrial_building	p	997399	1	r	75	42240	b_fill

Teollinen rakennus, 1-2 krs	industrial_building	p	997399	1	r	75	42241	b_fill
Teollinen rakennus, 3-n krs	industrial_building	p	997399	1	r	75	42242	b_fill
Muu rakennus, ? Krs	other_building	p	CCCCC C	1	r	75	42260	b_fill
Muu rakennus, 1-2 krs	other_building	p	CCCCC C	1	r	75	42261	b_fill
Muu rakennus, 3-n krs	other_building	p	CCCCC C	1	r	75	42262	b_fill
Vedenottamo	water_abstractor	s	0099FF	1	j	48	26200	symbol
Aita, tekoaines	fence	v	000000	1	r	27	44211	seg_line
Vesikuoppa	well	s	0099FF	1	m	13	36400	symbol
Luiska	ramp	v	660C00	1	m	19	34800	custom
Virtavesialue	river	p	80FFFF		m	64	36313	fill
Virtavesi, alle 2m	river	v	0099FF	1	m	19	36311	line
Virtavesi, 2-5m	river	v	0099FF	2	m	19	36312	line
Kapean virtaveden juoksusuunta	river_flow	s	0099FF		m	13	36392	c_symbol
Lähde	spring	s	0099FF	1	m	13	36100	symbol
Muuntaja	transformer	s	FFFFFF	1	j	48	22100	symbol
Sähkölinja, jakelujännite	powerline_low	v	000000	1	j	28	22311	line
Sähkölinja, korkeajännite	powerline_high	v	000000	2	j	28	22312	line
Jakelujännitelinjan symbol	powerline_symbol	s	000000		j	48	22395	c_symbol
Suurjännitelinjan pylvä	powerline_pylon	s	000000		j	48	22392	c_symbol
Korkeuskäyrä, 2.5m	contour	v	AB5700	1	k	20	52100	seg_line
Korkeuskäyrä, 5m	contour	v	AB5700	1	k	20	52100	line
Korkeuskäyrä, 20m	contour	v	AB5700	2	k	20	52100	line
Korkeuskäyrän korkeusarvo	contour_value	t	AB5700		k	17	52191	c_text
Syvyyskäyrä, 1.5m	submerged_contour	v	0080FF	1	k	20	54100	seg_line
Syvyyskäyrä, 3m	submerged_contour	v	0080FF	1	k	20	54100	seg_line
Syvyyskäyrän syvyyсарvo	submerged_contour_value	t	0080FF		k	17	54191	c_text
Syvyyspiste	depth_value	t	0080FF		k	17	54210	Teksti
Autotie Ia	road_1a	v	CC1400	3	l	25	12111	r_line
Autotie Ib	road_1b	v	CC1400	3	l	25	12112	r_line
Autotie IIa	road_2a	v	CC1400	3	l	25	12121	r_line
Autotie IIb	road_2b	v	CC1400	3	l	25	12122	r_line
Autotie IIIa	road_3a	v	CC1400	3	l	25	12131	r_line
Autotie IIIb	road_3b	v	CC1400	2	l	25	12132	r_line

Ajotie	driveway	v	000000	2	l	25	12141	line
Polku	path	v	000000	1	l	25	12313	seg_line
Kävely- ja pyörätie	pavement	v	000000	2	l	25	12314	seg_line
Ajopolku	ride	v	000000	2	l	25	12316	seg_line
Rautatie, sähköistämätön	railway_nonel ectric	v	FFFFFF F	2	l	25	14112	r_line
Esterakennelma (puomi)	boom	s	000000 0		l	45	12200	c_symb ol
Hietikko	sand	p	FFFF66		m	64	34300	s_fill
Louhos	quarry	p	FFFFD9		m	64	32500	s_fill
Kaatopaikka	landfill	p	FFFFD9		m	64	32300	l_fill
Taajaan asuttu alue	agglomeration	p	F2CEF2		u	82	40200	custom