
Paikkatietoportaali case TähtiRanta

Paikkatieto ympäristö- ja infra-alalla



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Visamäki, kevät 2014

Tero Mäkinen



VISAMÄKI
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristöjohtaminen

Tekijä	Tero Mäkinen	Vuosi 2014
Työn nimi	Paikkatietoportaali case TähtiRanta	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa TähtiRanta Infra Oy:n sekä TähtiRanta Ympäristö Oy:n tarpeisiin soveltuva, ympäristö- ja infra-alalle räätälöity, avoimen lähdekoodin paikkatietoportaali. Paikkatietoportaalin tarkoitus on kerätä eri järjestelmissä oleva paikkatieto yhteen järjestelmään.

Paikkatietoportaali toteutettiin käyttämällä avoimeen lähdekoodiin perustuvaa paikkatietojärjestelmää. Järjestelmään toteutettiin kartta- ja peruskäyttöliittymät, tietokannat, dokumenttien hallinta, sekä niitä yhdistävät rajapinnat. Portaalissa lähtöaineistona käytettiin toimeksiantajan ja Inspire-direktiivin kuvailemaa paikkatietoaineistoa.

Opinnäytetyö muodostuu teoriaosuudesta sekä paikkatietoportaalin toteutuksesta. Teoriaosuus antaa oleelliset tiedot paikkatiedon perusteista sekä paikkatiedon hyödyntämisestä. Toteutusosa loi perustan paikkatietoportaalin mahdolliselle tuotteistamiselle ja case osuudessa käydään esimerkkitaustan avulla läpi portaalin toteutusta ja toiminnallisuutta.

Julkisen hallinnon paikkatietoaineistot ovat helposti saavutettavissa ja niiden käyttö on yksinkertaista. Organisaatiokohtaisen ja avoimen kartta- ja paikkatiedon yhdistäminen vaatii usein aineiston muokkausta.

Tulevaisuudessa paikkatieto-ala tulee kasvamaan merkittävästi. Valtaosa paikkatiedolla saavutettavista eduista on edelleen hyödyntämättä, ja paikkatieto-alan liikevaihto on lähes pelialan liikevaihdon suuruinen. Paikkatiedon yhteiskäytöllä, sekä avoimen lähdekoodin paikkatietoportaalilla voidaan saavuttaa luotettava ja kustannustehokas paikkatietojärjestelmä yrityksen tarpeisiin. Paikkatiedon laadulla on ratkaiseva merkitys paikkatiedon käytettävyydelle ja portaalin tuotteistusvaiheessa myös organisaation sisäisen paikkatiedon laatuun tulee kiinnittää enemmän huomiota.

Avainsanat paikkatietojärjestelmät, paikkatiedot, avoin lähdekoodi, maa-aineksen otto

Sivut 48 s.

Visamäki
Degree programme in Environmental Technology
Environmental Management

Author	Tero Mäkinen	Year 2014
Subject of Bachelor's thesis	Case TähtiRanta GIS portal	

ABSTRACT

The aim of this thesis work was to implement a custom made open source GIS portal for TähtiRanta Infra and TähtiRanta Ympäristö that can be utilized in the environmental and infrastructure sectors. The purpose of a spatial data portal is to integrate spatial data from different sources into a single system.

The spatial data portal was designed using the open-source -based GIS platform. The implementation of the project included the design work of map- and basic -user interfaces with an integration of the database and document management interfaces. The portal utilised source material of the commissioner and spatial data described by INSPIRE directive.

This thesis consists of a theoretical part and a part with geographic information system portal. The implementation of the portal provided the foundation for a potential future productization. The theoretical part provided relevant information on the basics of geographic - and spatial -data utilization. Conducted case studies examined the implementation and functionality of the portal.

Public administration spatial data sets are easily accessible for everyone and their use is straightforward. Combining organization-specific and publicly available map and location information often requires data editing.

In the future, the spatial data industry will face significant growth. In 2011 the revenues of spatial data industry were almost equal to the game industry. A shared use of geographic information, as well as the open source code can provide a reliable and cost-effective geographic information system for various business needs. Spatial data quality plays a vital role in geographic information and during the implementation phase of the portal the company internal spatial data quality should pay more attention to.

Keywords GIS, geographic information, open source, gravel extraction

Pages 48 p.



SANASTO

Ad hoc -testaus	Valmistelematon testaus, jossa testaus suoritetaan ilman testaustapausten määrittelyä.
Avoin lähdekoodi	Open source. Vapaasti muokattava tietokoneohjelmiston lähdekoodi.
Datumi	Parametrit, jotka kiinnittävät koordinaatiston tarkastelun kohteena olevaan kokonaisuuteen.
DEM	Digital Elevation Model. Korkeusmalli.
ESA	Euroopan avaruusjärjestö.
ETRS89	ETRS89-järjestelmä on paikkatiedon keräämistä, varastointia ja analysointia varten luotu yleiseurooppalainen geodeettinen datumi.
EUREF-FIN	ETRS89-koordinaattijärjestelmän suomalainen realisaatio.
ETRS-TM35FIN	Suomalaisissa maastokartoissa käytettävä karttaprojektio sekä siihen liittyvä tasokoordinaatisto.
ETRS-GK	Paikallisesti käytettävä tasokoordinaatisto.
FDO	Feature Data Objects. Autodesk:n kehittämä ohjelmistokomponentti paikkatiedon käsittelyyn.
Galileo	Euroopan unionin ja Euroopan avaruusjärjestön yhteinen hanke satelliittipaikannusjärjestelmästä.
Geopotentiali	Maan painovoimakentän potentiaali. Painovoima, joka on pyörivän Maan pinnalla vallitsevan gravitaation ja Maan pyörähdysliikkeen yhteisvaikutus.
GIS	Geographical Information Systems. Paikkatietojärjestelmä.
GK	Gauss-Krüger-projektio on oikeakulmainen lieriöprojektio.
GLONASS	GPS:n kaltainen Venäjän puolustusministeriön hallinnoima satelliittipaikannusjärjestelmä.
GNSS	Global Navigation Satellite System. Yleisnimitys kaikille satelliittipaikannusjärjestelmille.
GPS	Global Positioning System. Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä satelliittipaikannusjärjestelmä.
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardisointijärjestö.

KKJ	Kartastokoordinaattijärjestelmä.
Korkeusdatumi	Määrittelee sen korkeuden, josta kaikki muut korkeudet lasketaan.
Metatieto	Paikkatietoaineiston yhteyteen talletettu, aineistoa itseään kuvaava tieto.
N43 / N60	Suomessa vuosien 1935–1955 vaaituksen perusteella määritetty korkeusjärjestelmä ja sen seuraaja N60.
N2000	Suomessa vuosina 1978-2006 suoritettun vaaituksen perusteella määritetty korkeusjärjestelmä.
Solmupiste	Node. Suoran alku- ja loppupiste tai piste suoralla johon voi liittyä toinen suora.
Paikkatietoportaali	Paikkatietojärjestelmän, paikkatietoaineiston, tietokantojen, käyttöliittymien ja rajapintojen muodostamaa ohjelmistokonaisuus.
Paikkatieto	Geographic information, spatial data. Paikkatieto on tietoa kohteista, joiden paikka Maan suhteen tunnetaan.
Projektio	Pallomaisen pinnan kuvaaminen tasolla.
Palvelurajapinta	Ks. rajapinta.
OSI	Open Source Initiative. Voittoa tavoittelematon yhteisö, joka edistää avoimen lähdekoodin yleistymistä.
Rajapinta	Rajapinta tarkoittaa määritelmää, jonka mukaan eri tietokoneohjelmat välittävät tietoa toistensa välillä.
Resoluutio	Erotuskyky, tarkkuus.
Spatiaalinen analyysi	Paikkatietoanalyysi.
DTM	Digital Terrain Model. Maastomalli.
Topologia	Kuvaa tapaa, jolla kohteet on yhteydessä toisiinsa.
UTM	Universal Transverse Mercator. Leikkaava lieriöprojektio.
WMS	Web Map Service. Rajapintapalvelu, jolla voidaan jakaa kartta- ja paikkatietoa.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄ	3
2.1	Karttaprojektiot ja koordinaattijärjestelmät	5
2.2	Suomessa käytössä olevat koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät	6
2.3	Koordinaatistojen väliset muutokset	8
3	PAIKKATIETO.....	9
3.1	Sijaintitieto	10
3.2	Geometriatieto	10
3.2.1	Rasterimuoto	11
3.2.2	Vektorimuoto	13
3.3	Topologiatieto	15
3.4	Ominaisuustieto.....	15
3.5	Paikkatiedon laatu	16
3.5.1	Hyödynnettävyys.....	17
3.5.2	Sijaintitarkkuus.....	17
3.5.3	Kattavuus, resoluutio ja ikä.....	17
4	PAIKKATIEDON HYÖDYNTÄMINEN	18
4.1	Paikkatiedon yhteiskäyttö	18
4.2	Paikkatiedon analysointi	19
4.3	Paikkatietojärjestelmän analyysimenetelmiä	20
5	ESIMERKKITAPAUKSET	23
5.1	Maa-aineksen ottotoiminnan velvoitteiden seuranta.....	23
5.2	Ylijäämämaa-ainespankki	24
6	CASE: TÄHTIRANTA	27
6.1	Vaatimusmäärittely ja työtavat.....	28
6.2	Portaalissa käytetyt kartta- ja paikkatietoaineistot	28
6.3	Kartta-aineiston määrittely ja hallinta	29
6.4	Käyttöliittymät, toiminnot ja käytettävyys.....	33
6.5	Ohjelmointi ja menetelmät	38
7	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	41
7.1	Paikkatieto	41
7.2	Portaalin toteutus.....	44
7.3	Projektin toteutus.....	45
7.4	Paikkatiedon ja paikkatietoportaalin tulevaisuus	46
7.5	Oman työn arviointi	47
	LÄHTEET	48

1 JOHDANTO

TähtiRanta konserniin kuuluvat TähtiRanta Infra Oy, sekä TähtiRanta Ympäristö Oy ovat hämeenlinnalaisia infra- ja ympäristö-alan palveluihin erikoistuneita konsulttitoimistoja. Yritysten toimialaan kuuluvat infra-suunnittelun ja rakennuttamisen lisäksi ympäristöön liittyvät tekniset suunnitelmat ja tutkimukset.

TähtiRanta Infra Oy on erikoistunut perinteisen alue-, katu-, tie-, ja vesi-huoltosuunnittelun ohella myös tietomallipohjaiseen suunnitteluun, kone-ohjaukseen ja koordinoitumallintamiseen. TähtiRanta Ympäristö Oy erikoisosaamista ovat ympäristölupa-asiat, ympäristövaikutusten tarkkailu sekä laboratoriotoiminta.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä on tapaustutkimus, jossa tutkitaan toimeksiantajan paikkatiedon hyödynnettävyyttä ja yhdistettävyyttä kolmannen osapuolen kartta- ja paikkatietoaineistoon. Tutkimuksen tarkoituksena on yhdistää useasta lähteestä kerätty paikkatieto, yhteen helppokäyttöiseen järjestelmään, sekä selvittää paikkatietojärjestelmän soveltuvuutta infra- ja ympäristötekniikan eri osa-alueilla.

Lähtöaineistona työhön kerättiin materiaalia paikkatiedosta, kartoista, koordinaattijärjestelmistä sekä Suomen että EU:n ympäristölainsäädännöstä. Yleistä ympäristö- ja infra-alan tietoa hankittiin perehtymällä TähtiRanta Infra Oy:n ja TähtiRanta Ympäristö Oy:n asiantuntijoiden työtapoihin ja menetelmiin. Käyttöliittymäsuunnittelua varten haastateltiin kuutta maanrakennus- ja IT-alalla työskentelevää henkilöä. Haastelluista nimensä julkaistavaksi tässä opinnäytetyössä antoivat system analyst Matias Kallio, Accenture Finland sekä työnjohtaja Tero Salmi, Maanrakennus Mikko Tiensuu Oy.

Opinnäytetyön teoriaosuus käsittelee paikkatiedon ja paikkatietojärjestelmän käsitteitä, pallomaisen pinnan kuvaamista tasolla, sekä suomessa käytössä olevia koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä. Teoriaosuuden toisessa, paikkatiedon yhteiskäyttöä ja analysointia käsittelevässä, osuudessa käydään läpi Euroopan Unionin toimia paikkatietojen käytön tehostamiseksi, sekä paikkatietoanalysoinnin periaatteet.

Case- osuudessa paikkatietoportaalin käyttötarvetta pohditaan mahdollisten esimerkkitapausten ja lainsäädännön näkökulmasta, sekä toteutetaan ympäristö- ja infra-alalle räätälöity paikkatietoportaali.

Työn tavoitteena on tutkia avointa paikkatietoa, yhdistää avoin- ja organisaatiokohtainen kartta- ja paikkatieto, sekä toteuttaa toimeksiantajalle räätälöity paikkatieto-ohjelmiston esittelyversio. Paikkatietoportaalin toteutuksessa hyödynnettiin kirjoittajan aikaisempaa ohjelmistotekniikan ammattitaitoa sekä ympäristöalan opintoja.

Portaalin toteutuksen ensisijaisena tarkoituksena on tutkia avoimen ja organisaatiokohtaisen paikkatiedon yhteiskäyttöä sekä tutkia paikkatietojärjestelmän soveltuvuutta ympäristö- ja infra-alalle. Työssä on myös tarkoituksena soveltaa ketterien menetelmien käyttöä ympäristötekniikan opinnäytetöissä ja pohtia mahdollisuuksia uudelle liiketoiminnalle.

Paikkatietojärjestelmän soveltuvuutta ympäristö- ja infra-alalle tutkittiin valitsemalla kaksi erilaista käyttötarvetta suunnittelun lähtökohdaksi:

1. Ylijäämämaa-ainesten sijoitussuunnittelusta (ylijäämämaa-ainespankki) kunnan tai kaupungin alueella toteutettiin toiminnallisuuskuvaukset.
2. Maa-aineksen ottoalueen velvoitetarkkailusta toteutettiin toiminnallisuuskuvaukset sekä kerättyä aineistoa hyödynnettiin paikkatietoportaalisissa.

Paikkatietoportaalista toteutettiin versio, jonka avulla paikkatietojärjestelmän hyödyllisyyttä esiteltiin toimeksiantajalle sekä toimeksiantajan yhteistyökumppaneille. Portaali on tarkoitettu tuotteistamaan myöhemmin, jolloin hyödynnetään opinnäytetyöprojektissa hankittua tietoa paikkatietoportaalien vaatimuksista sekä teknisestä toteuttamisesta.

Paikkatietoportaalisissa käytetyt ohjelmistot, käyttöjärjestelmät, laitteistot, tietokannan rakenne, toteutetut ohjelmointirajapinnat ja käyttöliittymäkomponentit kuuluvat toimeksiantajan liikesalaisuuden piiriin. Niiden yksityiskohtainen kuvaus opinnäytetyössä aiheuttaa haittaa toimeksiantajan liiketoiminnalle, joten niiden tekninen kuvaus jätettiin pois julkaistavasta opinnäytetyöstä.

2 PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄ

Paikkatietojärjestelmä (Geographical Information Systems, GIS) on tietojärjestelmä, jolla voidaan tallentaa, varastoida, analysoida ja visualisoida reaalimaailmaa kuvaavaa paikkatietoa. Se sisältää paikkatiedon lisäksi laitteistot ja ohjelmistot paikkatiedon esittämiseen, muokkaamiseen ja analysointiin. (Sanastokeskus 2011, 17; Bartelme 2012, 148–149.)

”Paikkatietojärjestelmät voidaan jakaa käyttötarkoituksen perusteella tapahtuma- ja tiedonhallintapainotteisiin tietojärjestelmiin sekä analyysipainotteisiin päätöksenteon tukijärjestelmiin” (Sanastokeskus 2011, 17).

Useat internetistä löytyvät karttapalvelut ovat tapahtuma- ja tiedonhallintapainotteisia järjestelmiä, joita käytetään paikkatiedon visuaaliseen esittämiseen kartalla. Karttapalveluilla on mahdollista suorittaa vain yksinkertaisia paikkatietoon liittyviä analyysejä. Yksinkertaisessa paikkatietoanalyysissä voidaan esimerkiksi määrittellä lyhin reitti pisteestä A pisteeseen B. Analyysipainotteisilla paikkatietojärjestelmillä voidaan tuottaa uutta tietoa yhdistelemällä olemassa olevaa paikkatietoa (Bartelme 2012, 150).

Paikkatietojärjestelmä koostuu neljästä pääosasta:

- tiedonhankinta
- tiedonhallinta
- paikkatiedon analysointi
- paikkatiedon esittäminen (Bartelme 2012, 150).

Paikkatietojärjestelmää varten tarvitaan paikkatietoa (engl. geographic information, spatial data). Paikkatieto kuvaa kohteen tietoja, jonka paikka Maan suhteen tunnetaan (Sanastokeskus 2011, 21).

Paikkatiedon hankinta on yksi haasteellisimmista tehtävistä ja luotettavan paikkatiedon hankintaan on useita erilaisia menetelmiä. Laserkeilauksessa mittalaitteella lähetetään lasersäde, joka osuessaan kohteeseen heijastuu takaisin laitteeseen ja tallentuu pisteeksi. Laserkeilaus soveltuu esimerkiksi maastonpinnan mallintamiseen lentokoneesta. Maanmittauslaitos kerää ja hallinnoi kattavaa laserkeilausaineistoa eteläisestä Suomesta. Vanhat paperikartat ja ilmakuvat voidaan muuntaa digitaaliseen muotoon joko digitoimalla tai skannaamalla (Tokola, Soimasuo, Turkia, Talkari, Store & Kangas 1994, 22).

Satelliittimittaukseen perustuva keräystapa on yksi käyttökelpoisimmista paikkatiedon keräystavoista, jolla paikkatietoa voidaan tallettaa helposti ja nopeasti. Satelliittimittauksen etuna moneen muuhun järjestelmän on, että satelliittitallentimet orientoivat, eli määrittävät sijaintinsa automaattisesti maata kiertävien satelliittien avulla. Satelliittimittauksesta käytetään perinteisesti termiä GPS-mittaus (Global Positioning System), joka viittaa Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämään satelliittipaikannusjärjestelmään.

Nykyaikaiset satelliittitallentimet pystyvät hyödyntämään useita muitakin satelliittipaikannusjärjestelmiä, kuin GPS-järjestelmää. Yleisesti käytössä olevia satelliittipaikannusjärjestelmiä ovat Euroopan unionin ja Euroopan avaruusjärjestön (ESA) toteuttama Galileo, sekä Venäjän puolustusministeriön hallinnoima GLONASS. Satelliittipaikannusjärjestelmien runsauden vuoksi satelliittimittauksesta voidaan käyttää myös termiä GNSS-mittaus (Global Navigation Satellite System) (Maanmittauslaitos n.di).

Satelliittimittauksen tarkkuuteen vaikuttavat mm. käytössä olevien satelliittien lukumäärä sekä valitsevat sääolot. Ympäristö- ja infra-alalle satelliittimittauksen tarkkuus on usein riittävä, jolloin esimerkiksi pohjavedenputken sijainti voidaan määrittää muutaman senttimetrin tarkkuudella.

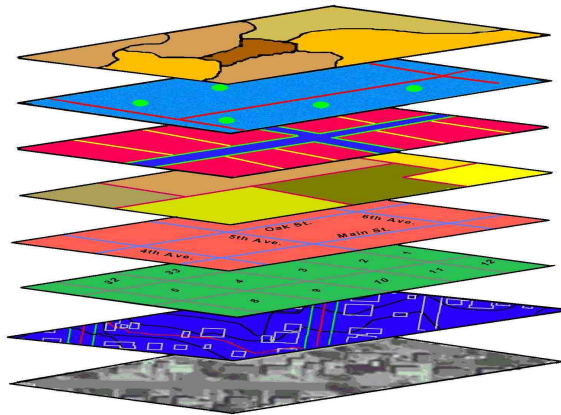
Erilaisilla maastotallentimilla voidaan ominaisuustietoja tallentaa suoraan digitaaliseen muotoon (Tokola ym. 1994, 23). Satelliittipaikannuslaitteiden kehityksen johdosta, erillisistä maastotallentimista on käytännössä luovuttu.

Tiedonhallinnassa paikkatiedon sijainti- ja ominaisuustiedot muutetaan käyttökelpoiseen muotoon (Tokola ym. 1994, 23; Ervasti 1998). Paikkatietoaineistossa voi olla, keräystavasta riippuen, joko sijainti tai ominaisuustietovirheitä. Tiedonhallinta sisältää myös paikkatietoaineiston virheiden korjauksen, joka tulee tehdä ennen tietojen tallentamista tietovarastoon. Tiedonhallinta sisältää myös tietovaraston ohjelmointirajapinnan määrittämisen ja toteuttamisen. Rajapintojen avulla järjestelmän eri osat alueet pystyvät hyödyntämään tietovarastoon talletettua paikkatietoa (Tokola ym. 1994, 23).

Paikkatietojen tallennukseen voidaan käyttää lähes mitä tahansa tiedostomuotoa tai ohjelmaa, mutta käytännössä paikkatiedon tietovarastona käytetään tietokantaa. Ennen kuin tietokantaan tallennettuja tietoja voidaan hyödyntää, ne tulee normalisoida. Tietokannan normalisointi tarkoittaa tietokannan tietojen järjestämistä siten, että yksittäinen tieto esiintyy tietokannassa vain yhdessä paikkassa. Normalisoinnilla parannetaan paikkatietojen päivitettävyyttä ja laajennettavuutta.

Paikkatietoanalyysien avulla voidaan tutkia erilaisten alueellisten kohteiden yhteyksiä tai päällekkäisyyksiä (Bartelme 2012, 150). Analyysien avulla voidaan yhdistää kartta- ja taulukkomuotoista aineistoa ja analyysit voidaan ulottaa useisiin eri paikkatietovarastoihin. Paikkatietovarastoja voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi perustettavan talousmetsän sijainnin valinnassa. Valintaprosessissa voidaan hyödyntää alueen maaperätietoja, hyönteisten ja tuhoeläinten esiintyvyyttä sekä alueen keskimääräistä sadantaa. Näiden tietojen perusteella paikkatietoanalyysillä voidaan tunnistaa ne mahdolliset sijainnit, jotka soveltuvat parhaiten talousmetsän kasvattamiseen.

Paikkatietojärjestelmille on ominaista **tietojen esittäminen** omilla tasoiltaan. Paikkatietojärjestelmän tasojenhallinnan avulla tasoja voidaan avata, sammuttaa tai tulostaa toisistaan riippumatta. Tasot ovat itsenäisiä kokonaisuuksia, jolloin yhteen tasoon kohdistuvat toimenpiteet vaikuttavat vain kohteena olevaan tasoon. (Blomqvist & Johansson 2004, 32.)



Kuva 1. Paikkatietojärjestelmän tasorakenne, jossa eri tiedot esitetään eri tasoilla (Hemby n.d).

2.1 Karttaprojektiot ja koordinaattijärjestelmät

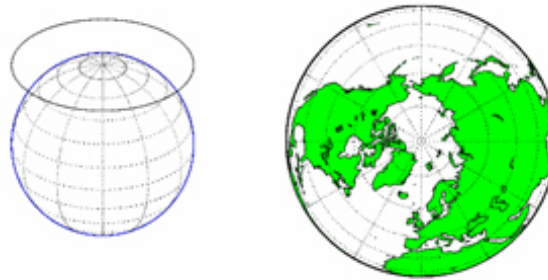
Kartta- ja paikkatietojärjestelmässä maapallon pallomainen pinta täytyy kuvata tasokuvana eli projektiona. Karttaprojektio on menetelmä, jossa maanpinta tai sen osa projisoidaan eli kuvataan tasolle. (Tokola ym. 1994, 3)

Koordinaattitieto määrittää kohteen täsmällisen sijainnin kartalla. Suomessa on vielä osittain käytössä kansallinen 1970-luvulla käyttöönotettu Kartastokoordinaattijärjestelmä (KKJ), sekä useita paikallisia koordinaattijärjestelmiä (Häkli, Puupponen, Koivula & Poutanen 2009, 1).

Inspire-direktiivin vaatimukset sekä Maanmittauslaitoksen päätös luopua KKJ:stä ja siirtyä yhtenäiseen koordinaattijärjestelmään on vauhdittanut vanhojen koordinaattijärjestelmien korvaamista yleiseurooppalaisella koordinaattijärjestelmällä. Yhtenäinen koordinaattijärjestelmä parantaa kansainvälistä yhteistyötä ja yhteiskäyttöä paikkatiedon tuotannossa ja soveltamisessa. (Häkli, Puupponen, Koivula & Poutanen 2009, 1; Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008a, 1; Mäkinen 2013.)

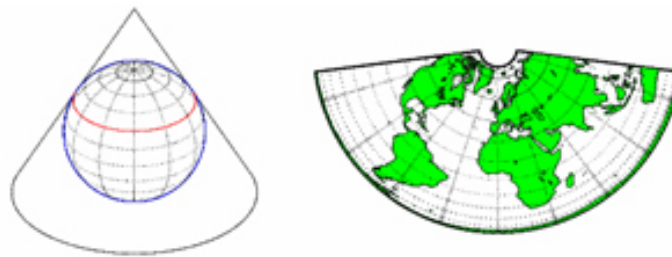
Pallomaisen pinnan projisointi tasopinnalle aiheuttaa aina vääristymiä välimatkoihin, suuntaan, pinta-alaan tai muotoihin. Vääristymiä ja virheitä pyritään hallitsemaan valitsemalla kartan projektio käyttötarpeen mukaan. Tavallisesti pallomainen pinta projisoidaan suoraan tasolle tai käytetään apuna karttion tai lieriön pintaa. (Löytönen, Toivonen & Kankaanrinta 2003, 28–29.)

Tasoprojektiossa pallomainen pinta kuvataan suoraan tasolle, jolloin pinta-ala kartan eri osissa vastaa maapinta-alaa (Tokola ym. 1994, 4).



Kuva 2. Tasoprojektiossa pallomainen pinta kuvataan suoraan tasolle (The Three Main Families of Map Projections 2013).

Kartioprojektiossa pallomainen pinta kuvataan kartion pinnalle, joka siirretään tasolle (Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008a, 3).



Kuva 3. Kartioprojektiossa kartion vaippa leikataan auki ja siirretään tasolle. (The Three Main Families of Map Projections 2013).

Suomessa käytetään yleisesti lieriöprojektiota, jotka soveltuvat pitkien pohjois-etelä -suuntaisten alueiden kuvaamiseen. Lieriöprojektiiossa pallomainen pinta kuvataan sitä sivuavalle tai leikkaavalle lieriölle, joka siirretään tasolle. (Häkli ym. 2009, 7; Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008a, 3.)



Kuva 4. Lieriöprojektiiossa lieriön vaippa leikataan auki ja siirretään tasolle. (The Three Main Families of Map Projections 2013).

2.2 Suomessa käytössä olevat koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät

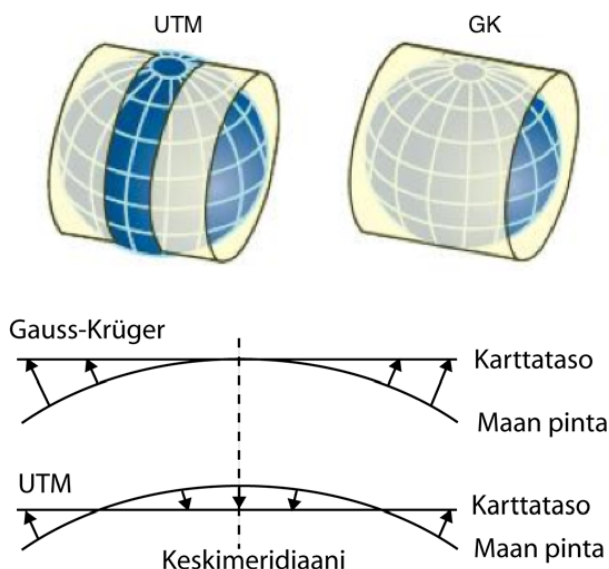
Julkisen hallinnon suositus (JHS) 153 määrittelee Suomessa käytettäväksi eurooppalaisen ETRS89-järjestelmän mukaisen EUREF-FIN –koordinaatiston ja JHS 154 määrittelee EUREF-FIN –koordinaatistossa käytettävät projektiot, tasokoordinaatistot, karttalehtijaon sekä koordinaat-

timuunnokset (Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008a, 1).

Suomessa käytettävät EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmät nimetään käytettävän projektion ja projektiokaistan tai keskimeridiaanin mukaan esimerkiksi ETRS-TM35FIN ja ETRS-GK27. Tasokoordinaatistojen nimissä *ETRS* viittaa yleiseurooppalaiseen ETRS89-koordinaattijärjestelmään sekä *TM*- ja *GK*-karttaprojektion tyyppiin. Numerot ilmaisevat, joko kaistan numeroa (35) tai keskimeridiaanin arvoa asteina (27) sekä *FIN* ilmaisee sen, että projektion kaistan leveys poikkeaa standardista. (Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008a, 7.)

EUREF-FIN -koordinaatisto on Suomen ensimmäinen kansallinen koordinaatisto, joka perustuu avaruusgeodeettisiin mittauksiin ja kansainväliseen ETRS89 -koordinaattijärjestelmään. EUREF-FIN ei aseta rajoituksia käytettävälle karttaprojektioille, mutta JHS:n mukaan EUREF-FIN -koordinaatisto tulisi muodostaa käyttäen Universal Transverse Mercator (UTM) tai Gauss-Krüger (GK) -projektiota. (Häkli ym. 2009, 19; Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008a, 5.)

UTM- ja GK -projektiot ovat molemmat lieriöprojektiota. Projektioiden merkittävin ero on se, että UTM-projektiio leikkaa maanpinnan projektiokaistan keskimeridiaanin, eli maapallon napojen kautta kulkevan pituuspiirin, kun taas GK-projektiio sivuaa maanpintaa. (Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008a, 6.)



Kuva 5. GK- ja UTM -projektioiden periaate (European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) 2013; Häkli ym. 2009, 8).

Paikallisessa kartoituksessa vaaditaan suurta mittatarkkuutta, joten kuntien ja kaupunkien tasokoordinaatistot perustuvat yleensä GK-projektiioon, jonka tarkkuus suppeilla alueilla ja keskimeridiaanin läheisyydessä on suurempi kuin UTM-projektion tarkkuus. Koordinaatteja voidaan muuttaa näiden kahden projektion välillä käyttämällä matemaattisia muunnoskaavoja. (Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008a, 1; Häkli ym. 2009, 8.)

Jääkauden vaikutuksesta Suomen maanpinta painui ja vähitellen se kohoaa alkuperäiseen muotoonsa. Maanpinnan kohoamista ja kohoamisnopeutta on seurattu tarkkavaaituksilla, joiden perusteella on laadittu malleja maanpinnan kohoamisesta. (Maanmittauslaitos, Merenkulkulaitos & Merentutkimuslaitos 2007.)

Kunnissa ja kaupungeissa on edelleen käytössä omia korkeusjärjestelmiä, tai ne voivat perustua vuonna 1935 aloitettuun tarkkavaaituksen mukaiseen N43-korkeusjärjestelmään ja sitä seuranneeseen koko maan kattavaan N60-järjestelmään. N60-korkeusjärjestelmä huomioi täsmällisen maannousun ja painovoiman vaikutuksen korkeuteen ja vertailupintana siinä käytetään teoreettista Helsingin keskiveden pintaa vuoden 1960 alussa. (Bilker-Koivula & Ollikainen 2009, 3–4.)

Paikkatiedon yhteiskäytön edistämisen tavoitteena on myös luoda yhteinen korkeusjärjestelmä Eurooppaan. JHS 163 suosittelee Suomessa käytettäväksi korkeusjärjestelmäksi N2000-korkeusjärjestelmää. N2000-järjestelmä perustuu kolmanteen valtakunnalliseen tarkkavaaitukseen, jossa korkeus lasketaan kohteen ja korkeusdatumin nollatason välisestä geopotentialierosta (normaalikorkeus). Korkeusdatumi määrittelee sen korkeuden, josta kaikki muut korkeudet lasketaan. N2000-korkeusjärjestelmän lähtötaso on Kirkkonummella sijaitseva kiintopiste PP2000. (Sanastokeskus 2011; Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008b, 2.)

Korkeusjärjestelmä vaikuttaa esimerkiksi rakentamiseen ja maankäytön suunnitteluun. Korkeusjärjestelmäksi tulee aina valita kaupungin tai kunnan käyttämä korkeusjärjestelmä. Esimerkiksi Vantaan kaupunki siirtyi vuonna 2012 N43-korkeusjärjestelmästä N2000-korkeusjärjestelmään. Korkeusjärjestelmän muutos muutti Vantaan kaupungin korkeuskiintopisteiden korkeusarvoa noin 0.30 metriä. Useat kaupungit ja kunnat tarjoavat muunnoskaavoja, joilla voidaan laskea paikkakuntaakohtaisia korkeusjärjestelmän välisiä muutoksia. (Vantaa n.d.)

2.3 Koordinaatistojen väliset muutokset

Koordinaattimuunnoksia joudutaan tekemään silloin, kun uusi paikkatieto on eri koordinaatistossa kuin olemassa oleva aineisto. Koordinaatiston muutoksella tarkoitetaan koordinaatiston sijainnin, orientoinnin ja mittakaavan muuttamista siten, että käytetty koordinaattijärjestelmä yhtyy tavoiteltuun koordinaattijärjestelmään. Koordinaatiston muutoksia käytetään esimerkiksi muutettaessa KKJ tai paikallisessa koordinaatistossa oleva aineisto ETRS-TM35FIN-koordinaatistoon. Koordinaatiston muunnos ei muuta pistejoukon kuviota, eikä korjaa mahdollisia mittausvirheitä tai niistä aiheutuvia vääristymiä. (Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2008a, 10–11.)

Koordinaatistojen väliset muutokset jaetaan koordinaattimuunnokseen, sekä koordinaattikonversioon. Koordinaattimuunnoksessa koordinaatti muunnetaan koordinaattijärjestelmästä toiseen. Koordinaattimuunnoksen tarkkuuteen vaikuttavat muunnosmenetelmä, käytettyjen pisteiden laatu ja

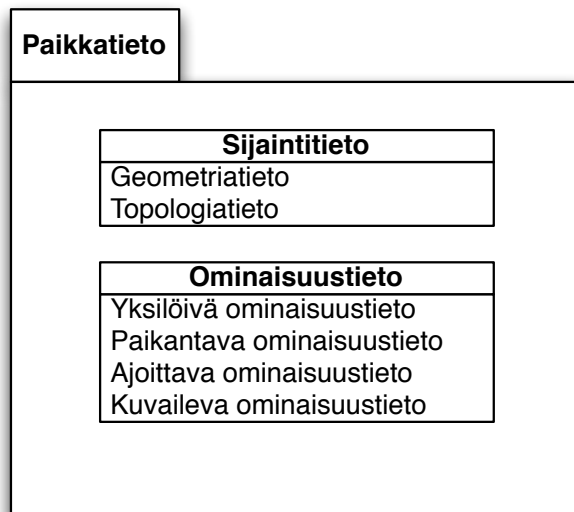
muunnosalueen koko. Koordinaattikonversiossa koordinaattien esitystapaa muutetaan saman koordinaattijärjestelmän sisällä, jolloin koordinaattien laskentatarkkuus vaikuttaa muunnosvirheisiin. (Maanmittauslaitos n.da.) Koordinaattimuunnoksia ja –konversioita voidaan tehdä esimerkiksi suunnitteluohjelmilla, Maanmittauslaitoksen ohjelmilla tai Geodeettisen laitoksen muunnospalvelun avulla (Maanmittauslaitos n.da).

3 PAIKKATIETO

Paikkatieto sisältää viittauksen tiettyyn paikkaan tai maantieteelliseen alueeseen. Paikkatietoaineisto kuvaa usein luonnon tai rakennetun ympäristön kohteita, mutta paikkatiedolla voidaan kuvata mitä tahansa toimintaa tai ilmiötä, jonka sijainti tunnetaan. (Sanastokeskus 2011, 21.)

Perinteinen karttatieto on kaksiulotteista, jolle määritellään koordinaatit x- ja y-tasossa. Paikkatiedolla voi olla myös kolmas ja neljäs ulottuvuus. Kolmas ulottuvuus ilmaisee paikkatiedon korkeutta (z-akseli) ja neljännen, aika-ulottuvuuden, avulla voidaan tutkia sellaisia ilmiöitä ja tapahtumia, jotka ovat riippuvaisia tietyn ajanhetken jälkeen tapahtuneista muutoksista. Ympäristöteknologiassa aika-ulottuvuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi haitallisen aineen kulkeutumisen mallintamiseen. (CSC – Tieteen tietotekniikan keskus n.d.)

Paikkatieto koostuu sijaintitiedosta sekä attribuutti- eli ominaisuustiedosta. Sijaintitieto sisältää aina kohteen paikannukseen tarvittavan tiedon, sekä se voi sisältää tietoa kohteen geometriasta tai topologiasta. Ominaisuustieto kuvaa tai luonnehtii paikkatietoa (Sanastokeskus 2011, 27).



Kuva 6. Paikkatieto on kohteen paikkaa ja ominaisuuksia kuvaava kokonaisuus (Blomqvist ym. 2004, 32).

3.1 Sijaintitieto

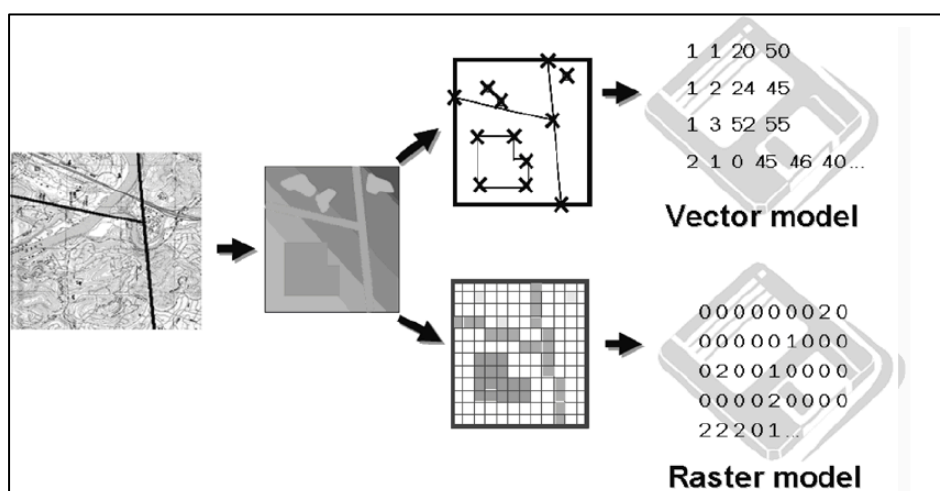
Sijaintitieto ilmaisee kohteen paikan (Sanastokeskus 2011, 9). Paikkaa kuvaava sijainti voidaan ilmoittaa joko suoran, tai epäsuoran sijainnin avulla. Suorassa sijainnissa kohteen sijainti ilmoitetaan koordinaattijärjestelmän ja sen mukaisten koordinaattien avulla. Epäsuorassa tavassa kohteen sijainti voidaan ilmoittaa paikantavan tunnuksen, osoitteen tai muun vastaavan yksikäsitteisen tiedon perusteella. (Käyhkö 2013.)

Opinnäytetyön toimeksiantajan Hämeenlinnan toimipisteen sijaintiin voidaan viitata suoraan ETRS-TM35FIN-järjestelmän mukaisilla koordinaateilla (N 6764766, E 364072), tai vaihtoehtoisesti epäsuorasti osoitteella Vanajantie 10 B, 13110 Hämeenlinna. Epäsuorassa tavassa osoitetieto täytyy muuntaa jonkin toisen tietojärjestelmän avulla koordinaattitiedoksi. Yksinkertaisin tapa selvittää koordinaatit toimipisteen osoitteen perusteella, on käyttää internetistä löytyviä kartta- ja paikkatietopalveluja.

3.2 Geometriatieto

Geometriatieto kuvaa paikkatietokohteen muotoa ja visuaalista esitystapaa (Sanastokeskus 2011, 17; Fazal 2008, 108). Paikkatietoaineistossa voi olla kymmeniä tuhansia eri paikkatietokohteita, joten paikkatietokohdetta kuvattaessa joudutaan tekemään yleistyksiä. Yksinkertaisessa tietokonegraafiikassa objekteja kuvataan tavallisesti alueilla tai geometrisillä yksilötyypeillä (viiva, piste tai alue). Yksinkertaistuksen määrä riippuu paikkatiedon käyttökohteesta ja kohteen kuvaamistarpeesta (Ervasti 1998).

Kohteiden ja niiden toiminnan kuvaukseen käytetään tietomallia, joka sisältää kohteen identiteetin, geometrian, ominaisuudet sekä suhteet muihin kohteisiin. Yleisimmät tietorakenteet geometrian kuvaamiseen ovat rasteri- ja vektorimuoto. Rasterimuoto kuvaa objektia säännöllisen muotoisella ja tasasuuruisella alueella eli solulla. Vektorimuoto kuvaa objektia pisteellä tai tiettyjen pisteiden välillä olevilla viivoilla. (Fazal 2008, 108.)



Kuva 7. Rasteri- ja vektorimuotoinen esitystapa (Fazal 2008, 108).

3.2.1 Rasterimuoto

Rasterimuoto on rakenteellisesti yksinkertainen, joka soveltuu vähittäin muuttuvan maantieteellisen aineiston kuvaamiseen. Esimerkiksi rantaviivaa voidaan kuvata rasterimuodolla. Rasterimuodossa alue- sekä ominaisuustiedot kuvataan matriisin avulla. Matriisin jokaisella solulla, eli pikselillä, on arvo, jonka ominaisuudet perustuvat solun asemaan matriisissa (Fazal 2008, 108).

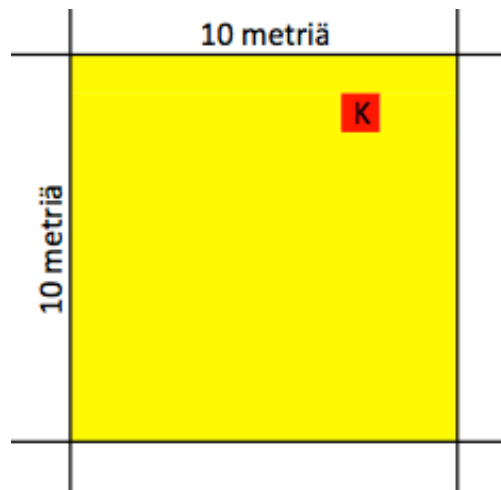
Solun koko määrää rasteriaineiston tarkkuuden ja solun väri ominaisuustiedon (Blomqvist ym. 2004, 21). Solun koko vaikuttaa aineiston erottelukykyyn, eli resoluutioon. Resoluutio on sitä tarkempi, mitä pienempi solun koko on. Resoluution merkitys kasvaa sitä mukaa mitä pienempiä yksityiskohtia paikkatietojärjestelmällä halutaan kuvata.



Kuva 8. Esimerkki rasterimuotoisesta aineistosta (Huhtinen, Riikonen, Trast & Viitala 2003a).

Solu jonka resoluutio on 10 (10 x 10 metriä), soveltuu kuvaamaan laajoja metsä- tai peltoalueita, mutta sillä ei voida kuvata luotettavasti esimerkiksi kaivoa, jonka pinta-ala on yksi neliömetri.

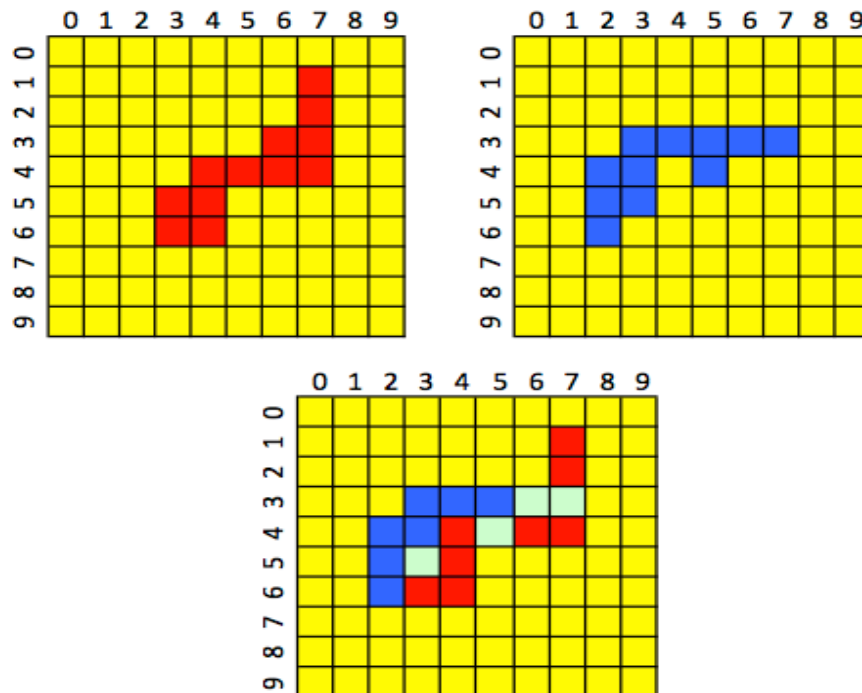
Kuvassa (kuva 9) on kuvattuna solu, jonka resoluutio on 10 (100 neliömetriä). Punaisella värillä on kuvattu pinta-alaltaan yhden neliömetrin kokoista kaivoa, jonka sijainti vastaa todellista sijaintia. Matalasta resoluutiosta johtuen kaivo jouduttaisiin kuvaamaan rasterimuotoisessa aineistossa koko solun kokoisena (keltainen alue).



Kuva 9. Resoluutiolla 10 kuvattu solu.

Matriisissa kohteen sijainti esitetään rivien ja sarakkeiden avulla, jolloin päällekkäisten matriisien, eli karttatasojen, väliset analyysit voidaan laskea soluittain. Rasterimuodon analysointi soveltuu parhaiten korkeusmallin tai kustannuspinnan avulla tehtäviin analyysihin, joita ovat esimerkiksi valuma-alueanalyysi tai nk. halvimman polun määrittäminen. (Tokola ym. 1994, 10–11; Fazal 2008, 108; Blomqvist ym. 2004, 20.)

Kuvassa (kuva 10) on kuvattu rasterimuotoista analyysiä, jolla tutkitaan kahden eri matriisin solujen arvoja. Analyysin tarkoituksena on selvittää kuinka monta sinistä solua yhtyy punaisten solujen kanssa. Analyysissä matriisit asetetaan päällekkäin, jolloin analyysitulokseksi saadaan päällekkäisten kuvioiden lukumäärä (4), sekä rivi ja sarakenumerot (3,6; 3,7; 4,5; 5,3).



Kuva 10. Päällekkäisten solujen analysointi matriisin avulla.

Rasterimuotoa käytetään esimerkiksi

- satelliitti- ja ilmakuvissa
- skannatuissa paperikartoissa
- taustakartoissa
- korkeusmalleissa
- kustannustehokkaissa ratkaisuissa (Fazal 2008, 110; Blomqvist ym. 2004, 20).

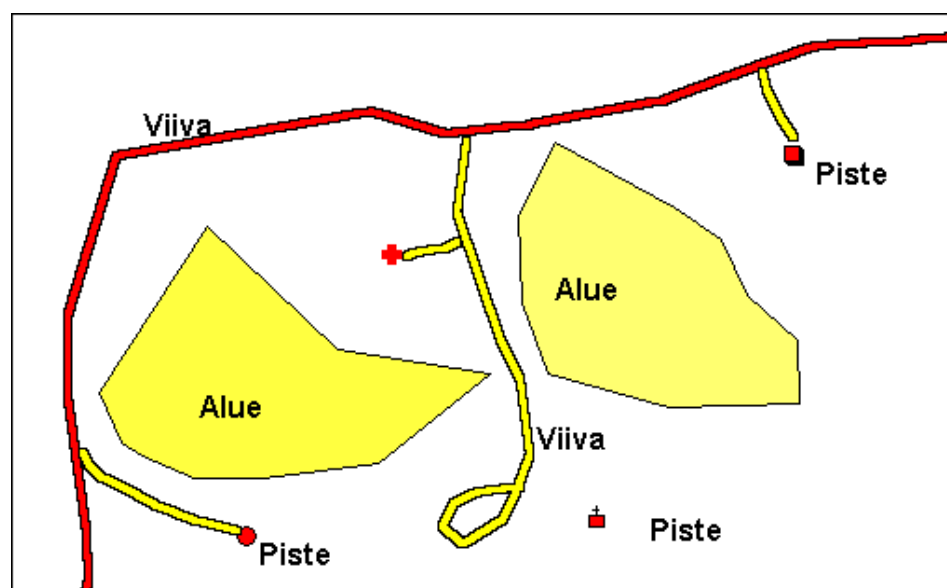
3.2.2 Vektorimuoto

Vektorimuoto muistuttaa perinteistä karttaa ja se soveltuu jyrkkärajaisten ja viivamaisten kohteiden kuvaamiseen. Vektorimuodossa kohteet esitetään solujen sijaan pisteinä. Jokaiselle pisteelle määritetään sijaintia osoittava koordinaattitieto (x,y tai x,y,z) sekä tieto pisteiden välisistä suhteista. (Tokola ym. 1994, 8; Fazal 2008, 112.)

Pisteiden välisiä suhteita ovat esimerkiksi viivat, joilla sidotaan kaksi tai useampi piste toisiinsa. Vektorimuotoiseen esitystapaan kuuluvat nk. solmupisteet (engl. nodes), joilla kuvataan viivan alkua ja loppua sekä viivojen risteyskohtia. Solmupisteet ovat erityispisteitä, joilla muodostetaan vektorikartan topologia (Huhtinen, Riikonen, Trast & Viitala 2003; Tokola ym. 1994, 9). Ilman solmupisteitä on mahdotonta määrittää esimerkiksi kahden risteävän tien välistä suhdetta siten, että viivat leikkaavat toisensa ja muodostavat risteuksen.

Vektorimuotoisessa kuvauksessa kohteiden kuvaukseen käytetään geometrisia yksilötyyppejä esimerkiksi

- Kivet, puut ja mittauspisteet esitetään pisteenä
- tiet, ojat ja alueiden rajat esitetään viivana
- pellot, metsät ja pohjavesi- ja maanottoalueet esitetään rajaviivojen rajaamina alueina. (Tokola ym. 1994, 8; Fazal 2008, 112.)



Kuva 11. Vektorimuotoinen esitystapa (Huhtinen ym. 2003a)

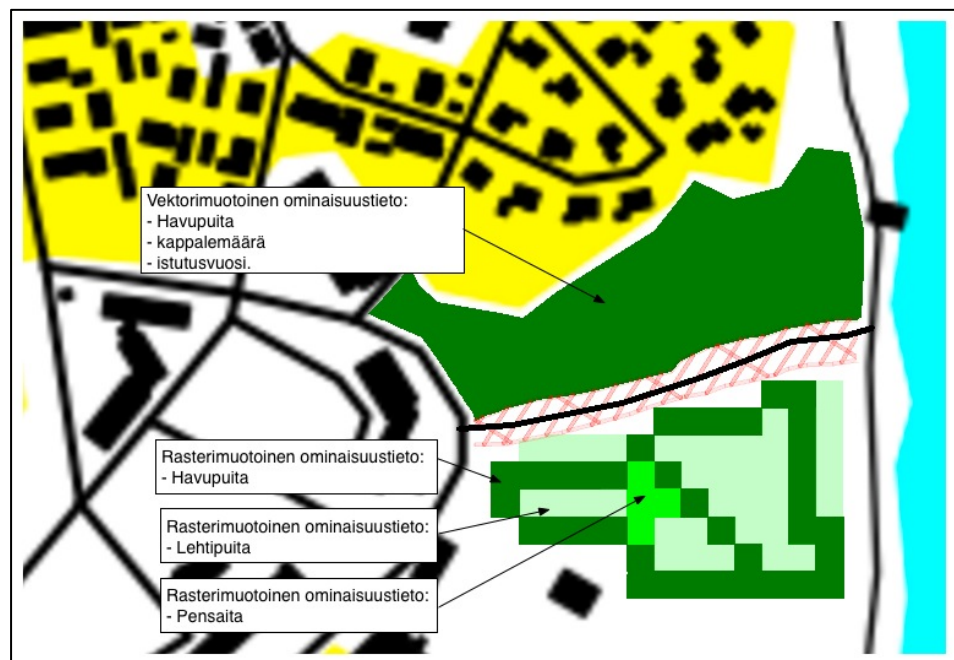
Vektorimuotoiselle karttaobjektille voidaan antaa useita yksittäisiä ominaisuustietoja (Huhtinen ym. 2003; Tokola ym. 1994, 9). Pistemäisellä karttaobjektilla voidaan kuvata esimerkiksi puuta, jolle annetaan ominaisuustietoina lajike sekä istutuspäivämäärä. Rajaviivojen rajaamalle vektorimuotoiselle alueelle voidaan myös antaa useita ominaisuustietoja, mutta alueen sisäistä vaihtelua ei voida havainnollistaa (Tokola ym. 1994, 9).

Vektorimuoto soveltuu:

- Erittäin tarkkoihin karttoihin
- yksittäisten kohteiden analysointiin
- kuvailevan ominaisuustiedon tallentamiseen (Fazal 2008, 112–113).

Vektorimuotoa kutsutaan vektorimenetelmäksi tai vektoritietomalliksi ja sen sisältämää informaatiota vektoritiedoiksi. Vektoritiedot on aina järjestetty teemoittain eri tasoille (Fazal 2008, 113.) Vektoriaineistosta voidaan luoda helposti karttatasoja esimerkiksi maaperän, kasvipeitteen, maankäytön, pohjavesialueiden tai hydrologian perusteella.

Kuvassa (kuva 12) on havainnollistettu vektori- ja rasterimuodon eroa alueellisen vaihtelun kuvauksessa. Rasterimuodossa alueellista vaihtelua voidaan kuvata ominaisuustiedossa olevalla värillä, kun taas vektorimuotoisessa aineistossa sisäistä vaihtelua ei voida kuvata.



Kuva 12. Alueellisen vaihtelun kuvaaminen vektori ja rasterimuotoisessa tietorakenteessa.

Useat paikkatietojärjestelmät ovat nk. hybridijärjestelmiä, jolloin niillä voidaan käsitellä sekä rasteri- että vektorimuotoista tietoa. Järjestelmät mahdollistavat myös tiedon muuttamisen sekä analysoinnin rasteri- ja vektorimuotoisten tietojen välillä. (Tokola ym. 1994, 13.)

3.3 Topologiatieto

Topologiatieto kuvaa paikkatietokohteiden tai niiden osien välisiä sijaintisuhteita (Sanastokeskus 2011, 17). Paikkatietokohteiden välisessä topologiassa tarkastellaan kahden eri paikkatietokohteen suhdetta toisiinsa, ja sisäinen topologia tarkastelee kohteen sisäiseen geometriaan liittyviä seikkoja (Blomqvist ym. 2004, 32).

Kohteiden välisellä topologialla voidaan esimerkiksi määrittää kahden rinnakkaisen viivan suhde toisiinsa. Viivojen välisellä suhteen määrittämisellä varmistetaan, etteivät esimerkiksi viivat leikkaa koskaan toisiaan. Sisäinen topologia pitää huolen siitä, että esimerkiksi sulkeutuvan viivan eli viivan, jonka alku ja loppupiste on sama (mm. ympyräviiva), sisälle jäävän alueen geometriset suhteet ja muodot pysyvät muuttumattomina.

3.4 Ominaisuustieto

Ominaisuustieto voidaan jakaa yksilöivään, paikantavaan, ajoittavaan ja kuvailevaan ominaisuustietoon (Blomqvist ym. 2004, 32; Ervasti 1998).

Sijaintiedon tarkkuudesta riippuen, usealla eri kohteella voi olla sama maantieteellinen sijainti. Tällöin kohteen identifiointiin tarvitaan **yksilöivää ominaisuustietoa**. Yksilöivää ominaisuustietoa voidaan käyttää myös määrittämään yksikäsitteisesti jokin kohde esimerkiksi pohjavesiputki tai jätevesikaivo.

Paikkatietokohteella ei välttämättä tarvitse olla maantieteelliseen koordinaatistoon perustuvaa sijaintitietoa, vaan kohde voidaan paikantaa käytämällä **paikantavaa ominaisuustietoa** (Sanastokeskus 2011, 27). Kohteen koordinaatit voidaan selvittää esimerkiksi ominaisuustietona olevan katuosoitteen perusteella.

Rakennettu ympäristö on jatkuvassa muutostilassa. Kaupunkiympäristössä kerätty paikkatietoaineisto voi muuttua nopeasti, jolloin aineistossa voi olla suuriakin eroavaisuuksia. **Ajoittavalla ominaisuustiedolla** paikkatieto pystytään ajoittamaan tiettyyn hetkeen tai aikajaksoon (Sanastokeskus 2011, 27; Blomqvist ym. 2004, 32; Ervasti 1998).

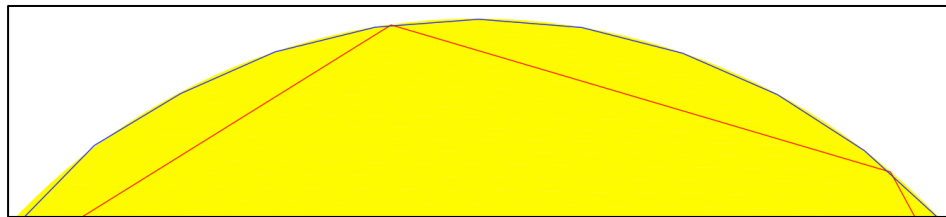
Kuvaileva ominaisuustieto käsittää kaikki muut kohdetta kuvaavat tiedot, jonka avulla käyttäjälle voidaan antaa lisätietoja kohteesta. Kohdetta kuvaavina ominaisuustietoina voidaan käyttää esimerkiksi käyttötarkoitusta, puulajia tai työttömyysastetta (Huhtinen ym. 2003; Blomqvist ym. 2004, 32; Ervasti 1998).

3.5 Paikkatiedon laatu

Paikkatiedon tarkkuuden ja oikeellisuuden vaatimukset riippuvat käyttötarkoituksesta sekä tarkastelumittakaavasta (Huhtinen ym. 2003). Paikkatiedon laadun käsitettä voidaan verrata nk. rantaviivaparadoksiin, jonka mukaan rantaviivalle ei voida antaa yksikäsitteistä pituutta. Paradoksin mukaan tarkastelumittakaavan kasvaessa, rantaviivasta paljastuu aina uusia yksityiskohtia, jolloin rantaviivan pituus riippuu mittaustavasta sekä mittauksen tarkkuudesta. (Gillet 2007, 4.)

Käytännössä mittaus suoritetaan kuvitteellisen suoran viivan avulla. Viivan pituudesta riippuu se, että kuinka paljon esimerkiksi maa-aineksen ottoalueen muodoista jää kartoittamatta. Suoran pituudeksi voidaan valita kymmenen metriä, jolloin jokaisen mittauspisteen väli on kymmenen metriä. Kymmenen metrin tarkkuudella suoritettulla mittauksella päästään erittäin hyvään arvioon alueen muodosta. Mittaustarkkuutta suurennettaessa yhteen metriin, saavutetaan laadullisesti parempi mittaustulos, mutta samalla mittauspisteiden lukumäärä kymmenkertaistuu.

Kuva (kuva 13) havainnollistaa keltaisen alueen reunan kartoitusta. Kymmenen metrin suoraa käyttäen (punainen viiva) suurin osa alueen reunasta jää kartoittamatta. Sinisellä yhden metrin pituisella viivalla saavutetaan huomattavasti tarkempi ja laadukkaampi kartoitustulos.



Kuva 13. Alueen reunan kartoitus käyttämällä yhden ja kymmenen metrin pituisia suoraa viivaa.

Laatu maksaa ja laadun parantaminen tuo kustannuksia paikkatiedon tuottajalle. Pinnantasaussuunnitelmaa laadittaessa kartoituksen tarkkuudeksi riittää muutama metri, mutta mittaustarkkuus ei ole riittävä rakennuksen paikan määrittämiseen.

Huonommalla tarkkuudella mitattua aineistoa ei näin ollen voida hyödyntää kuin siihen tarkoitukseen mihin se on kerätty. Valitettavan usein kuitenkin oletetaan aineiston tarkkuuden riittävän, myös suurempaa tarkkuutta vaativiin suunnittelutehtäviin. Huonolaatuisen aineiston käyttäminen lisää suunnitteluvirheitä ja suunnittelun välillisiä kustannuksia.

Paikkatieto-ohjelmistot eivät sisällä laadunvarmistustoimintoja, joten virheelliset paikka- tai ominaisuustiedot vääristävät analyysituloksia sekä vaikuttavat mallinnuksen ennusteisiin. Paikkatietoaineistosta tulee olla oikeat ja tarkat tiedot, jotta aineiston käytettävyyttä voidaan luotettavasti arvioida. (Huhtinen ym. 2003; Ervasti 1998.)

3.5.1 Hyödynnettävyys

Paikkatietoaineiston hyödynnettävyyttä voidaan arvioida nk. metatiedolla. Metatieto kuvailee paikkatiedon sisältöä ja rakennetta, laatua, saatavuutta ja sijaintietoon liittyviä ominaispiirteitä (Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta 2012, 2).

Metatieto auttaa saamaan käsityksen alkuperäisen paikkatietoaineiston laadusta, sekä sen perusteella on mahdollista vertailla ja valita käyttötarkoitukseen sopiva aineisto. Tietojen käsittely ja muokkaus vaikuttavat paikkatiedon laatuun, jolloin väistämättä joudutaan sellaiseen tilanteeseen, jossa paikkatietojen paikkansapitävyyttä on mahdotonta tarkistaa.

Paikkatiedon käyttötarkoituksesta riippuen, tiedon tarkkuudelle ja luotettavuudelle määritellään erilaisia vaatimuksia. Tärkeimpiä paikkatiedon laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat mm. sijainti- ja ominaisuustietojen tarkkuus, tiedon kattavuus ja resoluutio sekä tiedon ikä (Huhtinen ym. 2003; Ervasti 1998; Tokola ym. 1994, 37).

3.5.2 Sijaintitarkkuus

Sijaintitarkkuudella tarkoitetaan sitä, miten hyvin karttatason objektien koordinaatit vastaavat niiden koordinaatteja maastossa (Huhtinen ym. 2003; Ervasti 1998). Sijaintitarkkuuteen vaikuttavat kartoittajan huolellisuuden lisäksi myös lähtöaineisto ja digitointi, sekä koordinaattimuunnokset. Tiedon käsittely huonontaa yleensä sijaintitarkkuutta, jolloin esimerkiksi vektoriaineistoa muunnettaessa rasteriaineistoksi, sijaintitarkkuuden määrää rasteriaineiston solun koko (Huhtinen ym. 2003).

3.5.3 Kattavuus, resoluutio ja ikä

Tiedon kattavuudella ja resoluutiolla tarkoitetaan kuinka täydellisesti ja millaisella tarkkuudella kohteet on tallennettu (Huhtinen ym. 2003; Ervasti 1998). Tiedon kattavuuden tulisi olla sellainen, että koko kartoitettava alue on tallennettu lähtöaineistoksi sekä tarkkuuden tulisi olla riittävä. Tiedon iällä on merkitystä arvioitaessa aineiston käyttökelpoisuutta. Käyttökelpoisuutta arvioitaessa joudutaan pohtimaan, vastaako vanhan aineiston sijainti- ja ominaisuustiedot nykytilannetta.

4 PAIKKATIEDON HYÖDYNTÄMINEN

Euroopan Unionin Inspire-direktiivin myötä monet paikkatietoaineistot tulevat saataville kaikissa EU:n jäsenmaissa. Direktiivi tähtää paikkatietojen käytön tehostamiseen, viranomaisten yhteistyön lisäämiseen, sekä edesauttaa monipuolisten kansalaispalveluiden syntymistä. Laki (421/2009) ja asetus paikkatietoinfrastruktuurista (725/2009) luettelee ja määrittää velvoitteet niille viranomaisille, jotka ylläpitävät direktiivin piiriin kuuluvaa paikkatietoa.

Paikkatietoteknologian hyödyntämisen tarpeellisuus on havaittu kansallisella ja kansainvälisellä tasolla. EU:ssa on menossa yhteishankkeita, joilla pyritään edistämään ja kehittämään alan koulutusta ja tutkimista. Suomessa paikkatietoteknologian hyödyntäminen on kasvanut merkittävästi viimeisen vuosikymmenen aikana. (Geographical Information Systems International Group n.d.)

Paikkatietoalan kasvua kuvaa vuonna 2012 Maanmittauslaitoksen Paikkatietomarkkinoille osallistuneiden yli 50 näytteilleasettajan, sekä alan palveluluettelossa esiintyvien yritysten yhteenlaskettu liikevaihto paikkatietoalalta. Yritysten liikevaihdon kasvu vuodesta 2010 vuoteen 2011 oli noin 16 %, liikevaihdon ollessa noin 131 milj. euroa. (Saarentaus & Viitasari 2013.)

4.1 Paikkatiedon yhteiskäyttö

Suomessa julkisen sektorin avointa paikkatietoa tarjoavat mm. Maanmittauslaitos, Ympäristöhallinto, Museovirasto sekä Metsätutkimuslaitos. Direktiivin mukaiselle julkisen sektorin avoimelle paikkatiedolle ei ole määritelty täsmällisiä kriteerejä. Lähtökohtaisesti paikkatietoaineiston tulee olla maksutonta, sekä julkaiseminen sallittua osana paikkatietojärjestelmää tai palvelua. Lisäksi aineistoa saa käyttää yhdistettynä toisten aineistojen kanssa. Aineiston tulee olla ladattavissa tunnetussa ja tuetussa tiedostoformaattissa. (Maanmittauslaitos n.dd.)

Yksityisen sektorin tarjoamat paikkatietoaineistot ovat lisääntymässä ja tulevaisuudessa siitä on kehittymässä toinen merkittävä aineistontarjoaja (Rainio 2012; Ervasti 1998).

Palvelurajapinta-standardien kehittyminen ja viranomaissääntely luo edellytykset verkkopalveluympäristön yhteisistä käytännöistä. Esimerkiksi Geodeettisen laitoksen yhteiskäyttöön liittyvän projektin tavoitteena on ollut edistää paikkatietoalan keskeisten organisaatioiden valmiuksia tuottaa paikkatietoihin perustuvia sisältöpalveluja. Hankkeessa Geodeettinen laitos vastasi kartta- ja paikkatietopalvelujen toteutuksesta ja hankkeen muut osallistajat, mm. Merenkululaitos, Suomen ympäristökeskus ja Ilmatieteen laitos paikkatietoaineiston toimittamisesta. Yhteiskäyttöä pyrittiin parantamaan kehittämällä palvelujen integrointia, sekä selvittämällä avoimen lähdekoodin ohjelmistojen soveltuvuutta paikkatiedon esittämisessä. (Geodeettinen laitos n.d.)

Paikkatiedon keskeisin standardi karttapalveluiden osalta on Open Geospatial Consortium:n (OGC) toimesta kehitetty WMS (Web Map Service) – rajapintamääritys. WMS standardisoi tietoverkossa toteutetun karttapalvelurajapinnan, jonka tehtävänä on tuottaa visuaalinen esitys paikkatiedosta sekä tarjota paikkatieto-ohjelmistoille mahdollisuutta hakea karttoja standardin mukaisista verkkopalveluista. (Geodeettinen laitos n.d.)

4.2 Paikkatiedon analysointi

Analyysien avulla pyritään tuottamaan tietoa ja ymmärrystä ilmiöiden alueellisesta jakautumisesta ja niiden vaihtelusta. Paikkatietoanalyysillä, eli spatiaalisella analyysillä, tutkitaan, jonkin ilmiön maantieteellistä levinneisyyttä, tilajärjestystä sekä sen riippuvuutta, jonkin toisen ilmiön levinneisyyteen (Huhtinen ym. 2003; Blomqvist ym. 2004, 42).

Paikkatietoanalyysillä voidaan esimerkiksi tutkia vesijohtoverkkoon pääseen haitallisen aineen leviämisen ja pitoisuuden riippuvuutta sairastuneiden sijaintiin. Haitallinen aine leviää vesijohtoverkostossa, jolloin se laimenee, eli sen tilajärjestys muuttuu. Pitoisuuden muutos vaikuttaa sairastumisherkkyyteen ja sitä kautta suoraan sairastuneiden määrään. Analysoinnin perusteella korjaavat toimenpiteet voidaan kohdentaa maantieteellisesti strategisiin paikkoihin.

Paikkatietoanalyysi sisältää menetelmiä, joilla tietoa voidaan etsiä, luokitella, yleistää tai yhdistää, sekä tutkia erilaisten kohteiden päällekkäisyyksiä tai yhteyksiä. Paikkatietoanalysoinnin tavoitteena on muuntaa paikkatieto hyödylliseksi tiedoksi, jota ei muuten huomattaisi tai ymmärrettäisi käyttää päätösten tukena. Paikkatietoanalyysit jaetaan tavallisesti kyselyihin, sekä visuaalisiin ja laskennallisiin analyyseihin (Fazal 2008, 226; PaikkaOppi n.d.)

Paikkatietokannasta tehtävillä **kyselyillä** voidaan etsiä kohteita, jotka täyttävät annetut hakuehdot. Hakuehtoina voidaan käyttää, joko sijainti- tai ominaisuustietoa, sekä niiden yhdistelmiä. Kyselyllä voidaan esimerkiksi luoda laajasta aineistosta uusia suppeampia osa-aineistoja.

Tyypillisiä sijainti- tai ominaisuustietoihin perustuvia kyselyjä ovat:

- Sijaintitietoihin perustuvat kyselyt: ”Hae Hämeenlinnan sijainti?”
- Ominaisuustietoihin perustuvat kyselyt: ”Hae kaikki jätevesikaivot?”
- Sijainti- ja ominaisuustietoihin perustuvat kyselyt: ”Hae kaikki Hämeenlinnassa sijaitsevat jätevesikaivot?”

Kyselyn tulokset voidaan esittää paikkatietojärjestelmässä joko kartta- tai taulukkomuotoisena. (Blomqvist ym. 2004, 42; PaikkaOppi n.d.) Esitystavan valinta on riippuvainen kyselyn tuloksista. Jätevesikaivoja koskevan haun tulokset voidaan esittää myös taulukkomuotoisena, jolloin paikkatietojärjestelmä esittää kaivosta esimerkiksi koordinaattitiedot sekä kaivon halkaisijan.

Visuaalisessa eli näköaistiin perustuvassa paikkatietoanalyysissä havainnot voidaan tehdä nopeasti ja intuitiivisesti (PaikkaOppi n.d). Visuaalisella analyysillä voidaan esimerkiksi tutkia tontille perustettavan imeytyskentän kokoa ja sijaintia. Lähtöaineistot, kuten ilmakuva, asemapiirros sekä talon pohjapiirros, asetetaan päällekkäin ja niiden muodostamasta kartasta määritellään imeytyskentän sijainti ja koko.

Laskennalliset paikkatietoanalyysit perustuvat paikkatieto-ohjelmistoissa suoritettaviin laskennallisiin analyysihin. Paikkatietojärjestelmien analyysityökalut vaihtelevat ohjelmistoittain ja tavallisimmat laskennalliset analyysit ovat leikkaus- ja vaikutusalueanalyysit, luokittelu, pinta-alan, viivan pituuden ja pisteiden välisten etäisyyksien laskenta, korkeusmallin hallinta ja yhdistettävyyssanalyysit. (PaikkaOppi n.d; Tokola ym. 1994, 28.)

4.3 Paikkatietojärjestelmän analyysimenetelmiä

Päällekkäisanalyysillä (leikkausanalyysi) vertaillaan ja yhdistellään päällekkäisten karttatasojen kohteita tai alueita (Blomqvist ym. 2004, 48; Tokola ym. 1994, 28). Päällekkäisanalyysin tuloksena syntyy uusia kartta-kohteita, joista voidaan kerätä tietoja esimerkiksi kohteen muodosta tai ominaisuuksista.

Kuvassa (kuva 14) päällekkäisanalyysiä on käytetty rakennettavan väylän puuston määrän arviointiin. Analysointi suoritetaan maasto- tai metsikkökuvion ja väyläsuunnitelman avulla siten, että saadaan muodostettua väylän rajojen sisäpuolelle jäävä metsikköalueen pinta-ala. Pinta-alan perusteella voidaan arvioida tai laskea puuston määrä.



Kuva 14. Väyläsuunnitelma asetettuna maastokuvion päälle, jolloin rakennettavalta väylältä poistettava puusto näkyy rasteroituna punaisella värillä.

Vaikutusalueanalyysillä eli naapuruusanalyysillä, tarkoitetaan puskurivyöhykkeen määrittämistä tutkittavien kohteiden ympärille. Puskurivyöhykkeitä voidaan käyttää esimerkiksi päällekkäisyysanalyysin kohdealueena tai niillä voidaan tutkia kohteiden välisiä puskurietäisyyksiä muihin kohteisiin. Vaikutusalueanalyysiä voidaan käyttää mm. ilmaan päässeiden haitallisten aineiden leviämisen ennustamiseen tai liikenteen meluvyöhykkeiden määrittämiseen. (Blomqvist ym. 2004, 52; Tokola ym. 1994, 31.)

Kuvassa (kuva 15) on kuvattu Hämeen ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan laboratoriossa tapahtuvan onnettomuuden vaikutusalueita. Onnettomuudessa haitallista ainetta pääsee ilmaan ja vaaraa aiheuttava puskurivyöhyke voidaan määrittää, kun tunnetaan aineen pitoisuuden laimeneminen etäisyyden funktiona.



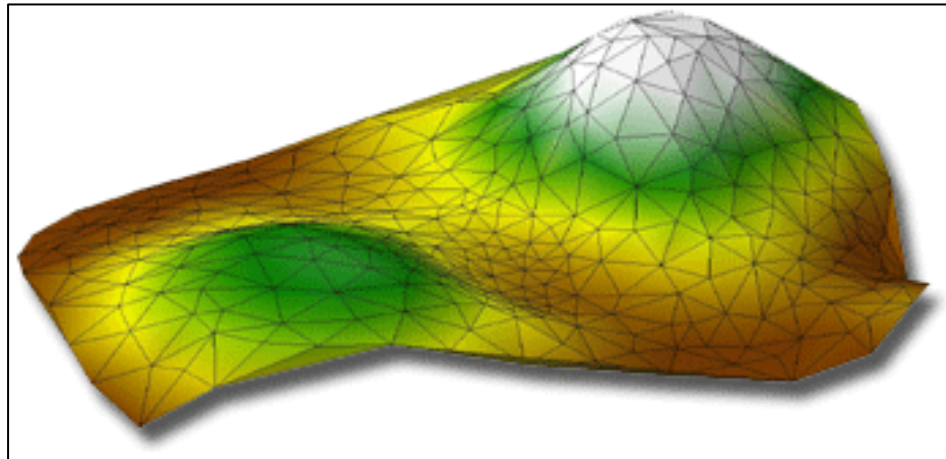
Kuva 15. Vaikutusalueanalyysi ympäristölaboratoriossa tapahtuvan onnettomuuden sattuessa.

Luokittelulla tarkoitetaan monimutkaisten asioiden yleistämistä. Luokittelu auttaa ymmärtämään monimutkaisia riippuvuussuhteita. Paikkatieto luokitellaan yleisimmin standardien perusteella, aineistokohtaisesti tai laskennallisesti. (Tokola ym. 1994, 32.)

Maanmittauslaitos käyttää luokittelua korkeusmallin tuotannossa. Laserkeilausaineistosta luokitellaan maanpinnan korkeutta kuvaavat pisteet muista, esimerkiksi matalaa kasvillisuutta kuvaavista korkeuspisteistä (Maanmittauslaitos n.dh). Luokittelua voidaan käyttää myös esimerkiksi maaperän pilaantuneisuuden kunnostustarpeen arviointiin määrittelemällä maa-alue puhdistusta vaativaan tai puhtaaseen luokkaan.

Pinta-alan, pituuden ja etäisyyden määrittämistä voidaan hyödyntää esimerkiksi laskettaessa jätteenkäsittelykeskuksen ja siihen liittyvän jätteen sijoituspaikan pinta-alaa tai etäisyyttä lähimmästä asutuksesta, vesistöistä tai virkistysalueesta.

Korkeusmalli (engl. Digital Elevation Model, DEM) kuvaa maanpinnan muotoa korkeuspisteiden avulla. Suunnittelutyössä korkeusmalli yleensä korvataan maastomallilla. Maastomalli (Digital Terrain Model, DTM) on korkeusmallista laskettu maanpinnan muotoa kuvaava malli, joka sisältää korkeustiedon lisäksi myös tietoa maanpinnan peitteestä, rinteiden kaltevuuksista ja viettosuunnista. Korkeusmalleja pidetään erittäin merkittävinä niiden monikäyttöisyyden vuoksi. Korkeus- ja maastomallit soveltuvat mm. tie- ja väyläsuunnitteluun, tulvariskianalyysiin sekä suunnittelun tueksi esimerkiksi kustannuslaskelmiin. (Geodeettinen laitos n.da.)



Kuva 16. Kolmioimalla muodostettu maanpinnan maastomalli (Aquaveo n.d).

Yhdistettävyyssanalyysseissa tarkastellaan erilaisia jakelu- ja kulkuverkostoja, kuten teitä sekä vesi- ja viemäriinjoja. Analyysien avulla voidaan verkostoista laskea tuottavuuksia sekä optimoida kuljetuksia ja reitityksiä. Verkostohallinnan avulla voidaan esimerkiksi vesi- ja viemäriverkostoista määrittää vikatilanteessa sulkukohta, joka aiheuttaa mahdollisimman vähäistä haittaa verkoston muille käyttäjille. (PaikkaOppi n.d; Tokola ym. 1994, 34.)

Paikkatietoanalysoinnin tulokset esitetään mahdollisimman havainnollisessa muodossa esimerkiksi karttana, johon määritellään näytettävät karttatasot, karttatasojen kohteet sekä kartografiset elementit (Tokola ym. 1994, 35–36).

5 ESIMERKKITAPAUKSET

Esimerkkitapausten valinta suoritettiin realististen toteutusmahdollisuuksiin sekä toimeksiantajan aineiston perusteella. Toimeksiantajan aineiston avulla oli helpompi havainnollistaa pohdinnan ja toteutuksen vaikutusta järjestelmän toimivuuteen ja käytettävyyteen. Lisäksi ohjelmistojen toiminnallisuus haluttiin varmistaa käyttämällä yleisesti käytössä olevia paikkatietoaineiston tiedostomuotoja. Molemmat esimerkit perustuvat tarpeeseen, jolla myötävaikutetaan velvoitteiden noudattamista sekä parannetaan tiedon saatavuutta ja analysointia.

5.1 Maa-aineksen ottotoiminnan velvoitteiden seuranta

Maa-aineksen ottotoimintaa säätelevät ympäristönsuojelulaki ja maa-aineslaki asetuksineen. Maa-aineksen ottamiselle tarvitaan maa-aineslain mukainen maa-aineksen ottolupa ja maa-ainesten jalostamiselle ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupa. Luvinna voidaan antaa määräyksiä esimerkiksi toiminnan laajuudesta, tarkkailuista, raportoinnista ja päästöistä sekä niiden vähentämisestä. (YSL 2.1. §; YSA 1.1, 7 §; MaL 1.1. §.)

Maa-aineksen ottolupaa haettaessa on esitettävä ottamissuunnitelma. Ottamissuunnitelman tulee sisältää tiedot mm. otettavan maa-aineksen laadusta, kokonaismäärästä, käyttötarkoituksesta, sekä kaivausten ja leikkausten syvyydestä ja muodosta. Lisäksi suunnitelmassa tulee selvittää ottamisalueen ja sen ympäristön pohjavesiolosuhteet, pohjavedenhavaintopaikat sekä tiedot alueen talousvesikaivoista ja niiden suojavyöhykkeistä. Lisäksi ottosuunnitelmaan tulee liittää suunnitelmakartat ja leikkauspiirrokset, joista ilmenee ottamisalueen nykytilanne ja tuleva lopputilanne. (MaL 5.1. §; MaA 1.3, 6 §; MaA 2.3, 2 §; MaA 2.4. §.)

Hakemukseen on myös liitettävä ajantasaiset yleis- ja ottamisalueen kartat. Kartoista tulee ilmetä kaavoitustilanne, ottamisalueen sijainti ja rajat sekä ottamisalueeseen rajoittuvat kiinteistöt (MaA 1.3, 3 §).

Maa-aineksen ottolupa myönnetään aina määräajaksi ja siihen liitetään määräyksiä. Ympäristölupa myönnetään toistaiseksi tai määräajaksi. Lupamääräyksillä määritellään ottamisen velvoitetarkkailu, eli ottamistoiminnasta mahdollisesti aiheutuvien vaikutusten tarkkailu. Ympäristövaikutusten velvoitetarkkailu voi koskea vesi-, vesistö-, maaperä-, tärinä-, melu- ja pölyvaikutuksia ja esimerkiksi jätehuoltoa. (MaL 10.1. §; MaL 11.1. §; YSA 19 §.)

Maa-aineksen ottamistoiminnan vaarana voi olla pohja- ja pintaveden pilaantuminen. Maa-aineksen ottolupaa varten täytyy yleensä laatia pohja- ja pintaveden tarkkailusuunnitelma. Tarkkailusuunnitelmassa selvitetään pohjaveden pinnankorkeuden ja laadun sekä tarvittaessa pintaveden virtaamien ja laadun tarkkailun käytännöt. Lupaviranomainen määrittelee pohjavedestä tutkittavat ominaisuudet ja haitta-aineet, mittauspaikat ja -tiheyden, sekä raportoinnin valvontaviranomaiselle. (Jokinen 2013.)

Usein velvoitetarkkailu kohdistuu etenkin otto- ja jalostustoiminnan pohjavesivaikutusten seurantaan. Käytännössä pohjaveden pinnankorkeutta seurataan neljä kertaa vuodessa ja sen laatu tutkitaan vuosittain. Pohjavedenpinnan korkeudenmittaus tulisi suorittaa normaalin pohjaveden pinnankorkeuden muutosten mukaan silloin, kun pohjavedenpinnan korkeus on korkeimmillaan ja alimmillaan. Veden laatu tutkitaan laboratoriossa ja siitä voidaan analysoida esimerkiksi sähkönjohtavuus, liukoisen raudan pitoisuus, kloridi sekä KMnO_4 -permanganaattiluku, joka ilmoittaa luonnossa hajoavien orgaanisten aineiden määrän vedessä (Jokinen 2013).

Vastuu maa-aineksen ottoalueen lupahakemuksesta, velvoitetarkkailusta ja muista lupaehtojen täyttämisestä on luvanhaltijalla. Hakemuksia ja velvoitetarkkailua varten laaditaan erilaisia selvityksiä, suunnitelmia ja asiakirjoja. Maa-aineksen ottoon liittyvät dokumentit tulee arkistoida joko paperisena tai sähköisenä.

Luvanhaltijalla voi olla useita maa-aineksen ottoalueita, joiden velvoitetarkkailun hoitaa ulkopuolinen toimija. Luvanhaltijan vastuulla on valvoa, että ulkopuolinen toimija suorittaa annetut velvoitteet ja raportoinnit ajallaan.

Paikkatietoportaalien tarkoituksena on kerätä yhteen maa-aineksen ottoalueen dokumentit, sekä ajantasaistaa ja selkeyttää keinot velvoitteiden täyttämiseksi. Portaali voi sisältää esimerkiksi maa-aineksen ottoalueen ympäristöluvut, pohja- ja pintavesien mittaustulokset, maa- ja vesinäytteiden analyysitulokset sekä muuta velvoitetarkkailussa tarvittavaa tietoa. Paikkatietoa voidaan käyttää sellaisenaan portaalien karttanäkymässä tai siitä voidaan muodostaa erillisiä raportteja ja selvityksiä.

Velvoitetarkkailun helpottamiseksi portaaliin voidaan eri tehtäville asettaa erilaisia toimintoja, muistutuksia ja hälytysrajoja. Toimintojen avulla esimerkiksi työtehtävä voidaan merkitä suoritetuksi ja muistutukset helpottavat aikataulujen noudattamista. Värien avulla voidaan ilmaista asian tärkeyttä, esimerkiksi punaisella värillä ilmoitetaan välitöntä toimintaa vaativat tehtävät.

5.2 Ylijäämämaa-ainespankki

Maankaatopaikalla on oltava ympäristösuojelulain ja -asetuksen mukainen ympäristölupa (YSL 2.1. §; YSA 1.1, 13 §). Maa-aineksen läjitys- tai varastointipaikan löytäminen kaupunkialueella on usein haastavaa ja kallista. Paikkatietoportaalien avulla saadaan reaaliaikaista tietoa kunnan tai kaupungin hankkeiden tarvitsemasta maa-aineksesta, jolloin ylijäämämaa-ainesta voidaan kuljettaa ja sijoittaa ilman läjitystä tai varastointia.

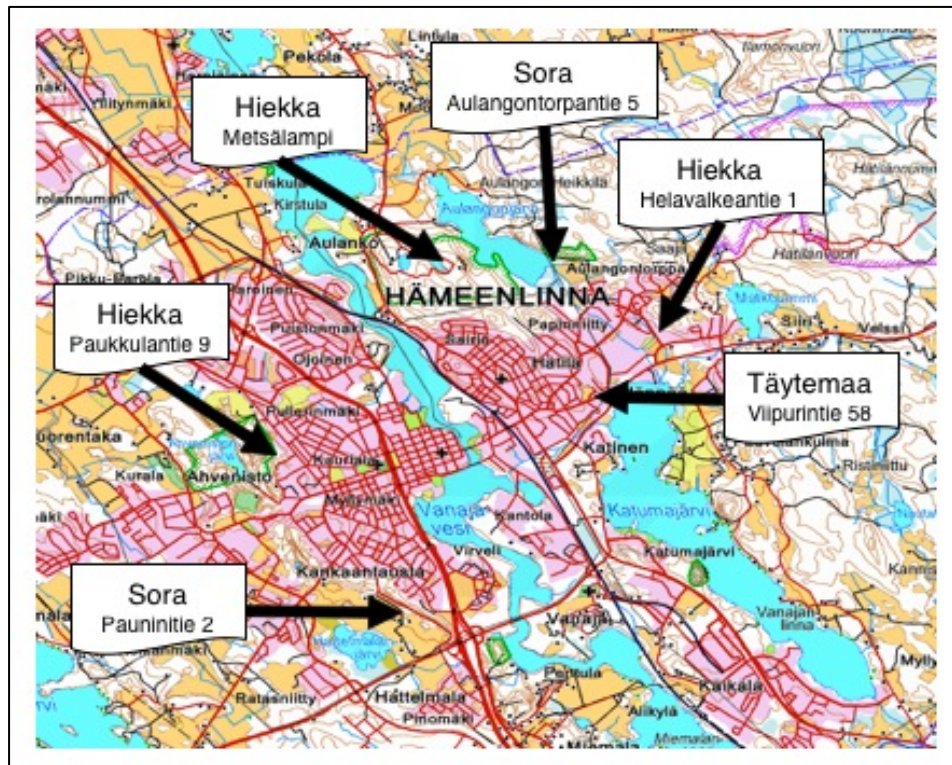
Ylijäämämaa-ainespankilla on tarkoitus lisätä puhtaan ylijäämämaa-aineksen hyötykäyttöä esimerkiksi katualuerakentamisessa, kaatopaikkarakenteissa ja maisemoinnissa. Maa-aineksen organisoitu hyötykäyttö vähentää kokonaiskustannuksia sekä tiivistää hankkeiden aikatauluja.

Vastuu ylijäämämaa-aineksesta on maa-aineksen omistajalla tai haltijalla. Ylijäämämaa-ainespankin avulla käyttäjä voi ilmoittaa ylimääräisestä tai tarvittavasta maa-aineksesta. Jätteen määrittelyn perusteella ylijäämämaan jätestatus voidaan poistaa maa-ainespankkiin liitettävällä ennakkosuunnittelulla. (JL 5 §, Ympäristöministeriö 2013.)

Maa-aineksen tarvitsija syöttää ylijäämämaa-ainespankin kautta tarvekuvauksen maa-aineksesta. Tarvekuvaukseen liitetään yhteyshenkilön tiedot, osoite sekä tarvittavan maa-aineksen laatu ja määrä.

Maa-aineksen omistaja voi ylijäämämaa-ainespankin avulla tarkistaa, onko muilla käyttäjillä tarvetta maa-ainekselle, tai lisätä tuotekuvauksen järjestelmään. Tuotekuvauksessa maa-aineksen omistaja ilmoittaa tarjottavan maa-aineksen lisäksi yhteystiedot sekä maa-aineksen sijainnin.

Tarve- ja tuotekuvauksen perusteella paikkatietojärjestelmä asettaa ilmoituksen kartalle, josta selviää maa-aineksen tiedot ja sijainti (kuva 17).



Kuva 17. Ylijäämämaa-ainespankin viestilaput karttanäkymässä.

Ylijäämämaa-ainespankista voidaan tuottaa erilaisia raportteja ja selvityksiä, sekä käyttää erilaisia muistutuksia tai värikoodeja. Raportoinnilla voidaan esimerkiksi jälkikäteen tarkistaa mistä ja mihin maa-ainesta on viety ja muistutusten avulla tarvitsija voi ennakoida tulevaa maa-aineksen tarvetta. Värikoodien avulla voidaan informoida tarpeen kriittisyydestä.

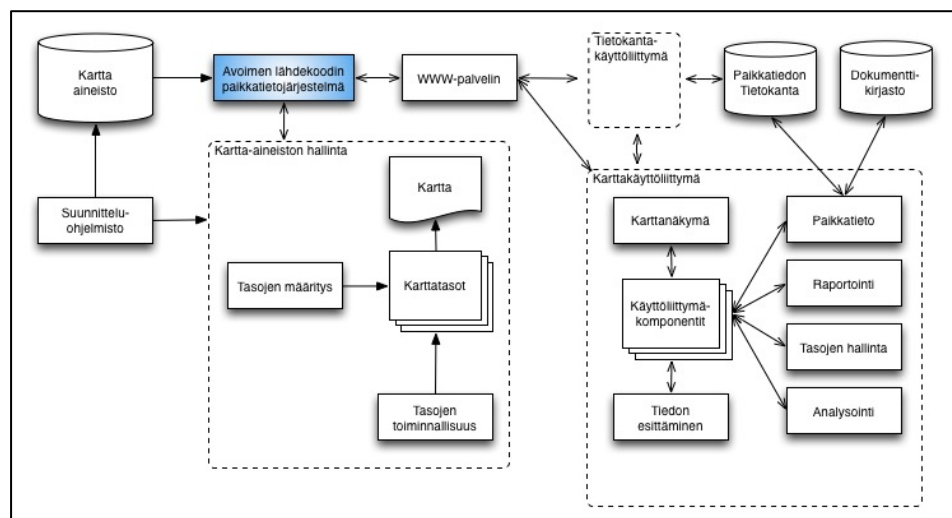
Yhtenäinen järjestelmä auttaa logistiikan suunnittelussa, sekä raporttien avulla kaupunki tai kunta saa ajantasaista tietoa syntyvien maa-ainesten hyödynnettävyydestä, laadusta ja määrästä.

Järjestelmää on mahdollista laajentaa koskemaan myös yksityisessä omistuksessa olevaa maa-ainesta, jolloin esimerkiksi maa-aineksen hintavertailu helpottuu.

6 CASE: TÄHTIRANTA

Paikkatietoportaalista pyrittiin luomaan käyttäjäystävällinen, visuaalisesti yhtenäinen kokonaisuus, jossa paikkatietoa hyödynnetään useasta eri lähteestä. Paikkatietoportaalin toteutuksessa haluttiin antaa loppukäyttäjälle sellainen vaikutus, että hän kokisi käyttävänsä vain yhtä tietojärjestelmää. Portaalin toteutuksessa käytettiin avoimia kartta-aineistoja Hämeenlinna, Oulusta ja Karkkilasta.

Tässä opinnäytetyössä paikkatietoportaalilla tarkoitetaan paikkatietojärjestelmän, paikkatietoaineiston, tietokantojen, käyttöliittymien ja rajapintojen muodostamaa ohjelmistokokonaisuutta.



Kuva 18. Paikkatietoportaalien ohjelmistokokonaisuuden eri osa-alueita.

Valittu paikkatietojärjestelmä kuuluu toimeksiantajan liikesalaisuuden piiriin ja siitä käytetään tässä opinnäytetyössä nimitystä ”avoimen lähdekoodin paikkatietojärjestelmä”.

Paikkatietoportaalien ydin on avoimen lähdekoodin (engl. open source) paikkatietojärjestelmä, jonka ympärille toteutettiin erilaisia toimintoja kartta- ja paikkatiedon hallintaa, tallentamista, analysointia ja esittämistä varten.

Opinnäytetyössä avoin kartta-aineisto rajattiin koskemaan vain tiedostomuotoista kartta-aineistoa, jolloin kartta-aineiston standardinmukainen jakaminen muihin paikkatietojärjestelmiin ei ole mahdollista. Paikkatietoportaalien sisältämää paikkatietoa voidaan kuitenkin hyödyntää toteutettujen rajapintojen avulla mistä muusta tietojärjestelmästä tahansa.

6.1 Vaatimusmäärittely ja työtavat

Portaalin toteutus aloitettiin vaatimusmäärittelyllä, jonka tehtävänä oli selvittää toteutettava järjestelmä. Vaatimusmäärittely aloitettiin aloituspalaverissa, jossa toimeksiantajan edustaja selvensi portaalin käyttötarkoitusta sekä aikataulua. Alustavalla vaatimusmäärittelyllä luotiin opinnäytetyön toteutuksen reunaehdot, kuten käytettävä palvelinympäristö sekä aineistot ja työtavat.

Työtavaksi valitun ketterän menetelmän mukaan, täydellistä vaatimusmäärittelyä ei suoritettu opinnäyteprojektin alussa, vaan vaatimuksia tarkennettiin projektin edetessä. Tärkeimpiä ketterien menetelmien ominaispiirteitä ovat:

- Toimiva tuote on edistymisen mittari. Ensimmäinen toimiva versio portaalista oli nähtävillä jo opinnäytetyön aloituspalaverissa
- tiheiden ja säännöllisten esittelyjen avulla, toimeksiantajalta saatiin jatkuvasti palautetta
- palautteen avulla projektia pystyttiin ohjaamaan haluttuun suuntaan, jolloin lopputuloksena syntyy tarpeita vastaava järjestelmä.

6.2 Portaalissa käytetyt kartta- ja paikkatietoaineistot

Peruskartta-aineistona käytettiin Maanmittauslaitoksen (MML) avoimia kartta-aineistoja: maastotietokanta, maastokartta, maastokarttarasteri, sekä pohjavesi- ja maaperäaineistoa Ympäristöhallinnon (OIVA) paikkatietopalvelusta.

Maastotietokanta (1:10 000) on maastoa kuvaava vektorimuotoinen paikkatietoaineisto, jota käytetään karttatuotteiden raaka-aineena. Se soveltuu käytettäväksi erilaisissa GPS-paikannusta hyödyntävissä sovelluksissa, kaavoituksessa ja ympäristöön liittyvissä tutkimuksissa ja seurannoissa. Maastotietokanta sisältää mm. seuraavat osaelementit: liikenneverkko, tiestö osoitteilla, rakennukset, johtoyhteydet, korkeussuhteet, nimistö, kalliot, pellot, suot ja vedet. (Maanmittauslaitos n.db; Maanmittauslaitos n.dc.)

Liikenneverkko -osaelementti sisältää mm. ajokelpoiset tiet, kadut, kevyen liikenteen väylät noin 5 metrin tarkkuudella (Maanmittauslaitos n.dc).

Tiestö osoitteella -osaelementti sisältää kaikki liikenneverkko -osaelementin tiedot, sekä ominaisuustietona teiden ja katujen nimiä sekä osoitenumerot (Maanmittauslaitos n.dc).

Rakennukset -osaelementti sisältää mm. rakennukset, vesitornit, mastot ja näkötornit (Maanmittauslaitos n.dc).

Johtoyhteydet -osaelementti sisältää mm. sähkölinjat, muuntajat, muuntoasemat, suurjännitelinjojen pylväät, merkittävät maakaasu- ja vesiputket, sekä taajamissa ilmajohdot (Maanmittauslaitos n.dc).

Korkeussuhteet -osaelementin korkeuskäyrien tarkkuus on noin 2 metriä ja se sisältää korkeuskäyrät 5 metrin välein (Maanmittauslaitos n.dc).

Nimistö -osaelementti sisältää kaikki Maastotietokantaan kerätyt asutus-, maasto-, ja yksittäisten kohteiden nimet sekä nimien kartografiset tiedot (Maanmittauslaitos n.dc).

Kallio-, pelto-, suo-, ja vedet -osaelementit sisältävät mm. kalliot, jyrkänneet, sorakuopat, pinta-alaltaan vähintään 1000 m² olevat suot sekä järvet, joet ja lähteet (Maanmittauslaitos n.dc).

Maastokarttaa (1:100 000) käytetään lähestymiskarttana sekä suunnittelun pohjakarttana. Se sisältää Maastotietokannasta yleistetyt osaelementit: liikenneverkko, johtoyhteydet, rakennukset, nimistö, hallintorajat, korkeussuhteet, suojelukohteet sekä vedet ja pellot. (Maanmittauslaitos n.de.)

Maastokarttarasteri (1:100 000) soveltuu sekä maankäytön suunnitteluun että lähestymiskartaksi. Maastokarttarasterin tietosisältö vastaa maastokartan sisältöä, pois lukien esimerkiksi muuntoasemat ja voimalaitokset, maanpinnalla olevat kaasujohdot, retkeilyalueet ja suojametsän rajat. (Maanmittauslaitos n.df.)

Pohjavesiaineisto sisältää vesiputedirektiivin mukaiset Ympäristöhallinnon kartoittamat ja luokittelemat tärkeät vedenkäyttöön soveltuvat pohjavesialueet (Valtion ympäristöhallinnon virastot 2013).

Maanmittauslaitoksen aineisto on jaoteltu pääosin nykyisen karttalehtijaon mukaan (TMS₃₅-lehtijako) ja Ympäristöhallinnon aineisto on jaoteltu mm. kaupungin tai kunnan perusteella. Paikkatietojärjestelmässä käytetyn peruskartta-aineiston valinta suoritettiin käyttötarkoituksen, sijainnin sekä tiedostokoon perusteella. (Maanmittauslaitos n.dg; Valtion ympäristöhallinnon virastot 2013.)

Organisaatiokohtaisena paikkatietoaineistona portaalissa käytettiin, Lemminkäinen Oy:n suostumuksella, Lemminkäinen Oy:n Karkkilan maa-aineiden ottoalueen pohjavedentarkastusputkien sijaintietoa, pohjavedenpinnan mittaustuloksia, maa-aineiden otto-suunnitelmaa, valokuvia, ympäristölupahakemusta liitteineen, sekä toimeksiantajan omistamia ympäristö- ja infra-alan suunnitelmia ja dokumentteja.

6.3 Kartta-aineiston määrittäminen ja hallinta

Täydellisen kartta-aineiston tiedostokoko vaihteli muutamasta kilotavusta aina kymmeneen megatavuun. Aineistosta valittiin vain tarpeelliset osaelementit, jolla haluttiin varmistaa järjestelmän paras mahdollinen suorituskyky. Osaelementeistä tehtiin karttatasoja, joista muodostettiin paikkatietoportaalissa käytetty pohjakartta.

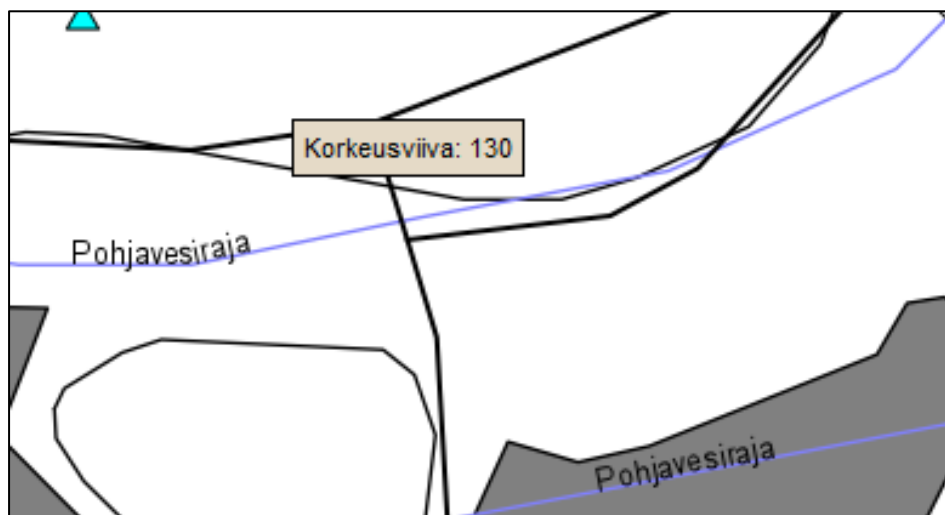
Maastonkohteiden luonnetta havainnollistettiin määrittelemällä osaelementille väri, viivan leveys, selite ja karttavihje. Pohjakartan värit noudattaa yleisesti käytössä olevaa maastokartan väritystä, jossa esimerkiksi

vesialueet kuvataan sinisellä, peltoalueet keltaisella sekä ajotiet ja rakennukset mustalla värillä.

Selitteen ja karttavihjeen tarkoitus on helpottaa kartta-elementtien tulkin-
taa. Selitettä käytetään kuvaamaan kartan tärkeitä kohteita, kuten pohja-
vesialueen rajoja, ja karttavihjeet tarjoavat tarvittaessa yksityiskohtaista
tietoa kartta-objektista.

Karttavihjeet näytetään automaattisesti, kun hiiren osoitin pysäytetään
kartta-objektin päälle. Karttavihjeenä käytetään joko lähtöaineiston muka-
na tulevaa ominaisuustietoa, tai ominaisuustiedon ja muualta haetun tie-
don yhdistelmää.

Selitteen ja karttavihjeen visuaalinen ulkoasu määriteltiin jokaiselle ele-
menttityypille erikseen ja kuvassa (kuva 19) selitteellä kuvataan pohja-
vesirajan sijaintia, sekä karttavihjeellä korkeusviivan ominaisuustietoa.

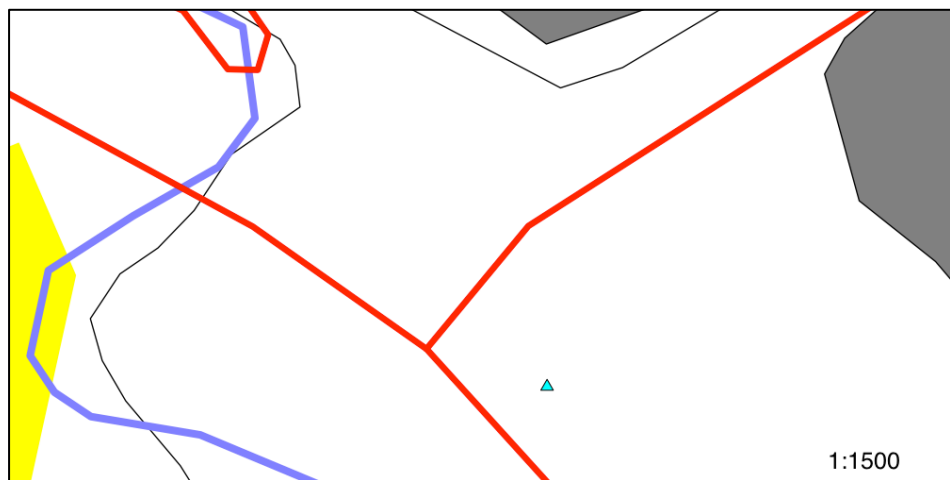


Kuva 19. Korkeusviivan karttavihje ja pohjavesirajan selite.

Karttatasojen havainnollisuutta parannettiin mukauttamalla osaelementtien
visuaalista ulkoasua. Selitteen näkyvyyttä sekä viivan väriä ja leveyttä so-
vitettiin käytössä olevaan mittakaavaan siten, että valtatiet, ajotiet, polut ja
muut viivat ovat selkeästi erotettavissa toisistaan. Mittakaavassa 1:3000 ja
sitä pienempimittakaavaisessa karttanäkymässä pohjavesirajan selite on
näkyvissä ja tie kuvataan mustalla värillä. Suurempimittakaavaisessa
(1:1500) karttanäkymässä selite on piilotettu ja tien havainnoitavuutta lisä-
tään kuvaamalla sitä punaisella värillä.



Kuva 20. Mittakaavassa 1:3000 tiet kuvataan mustalla värillä



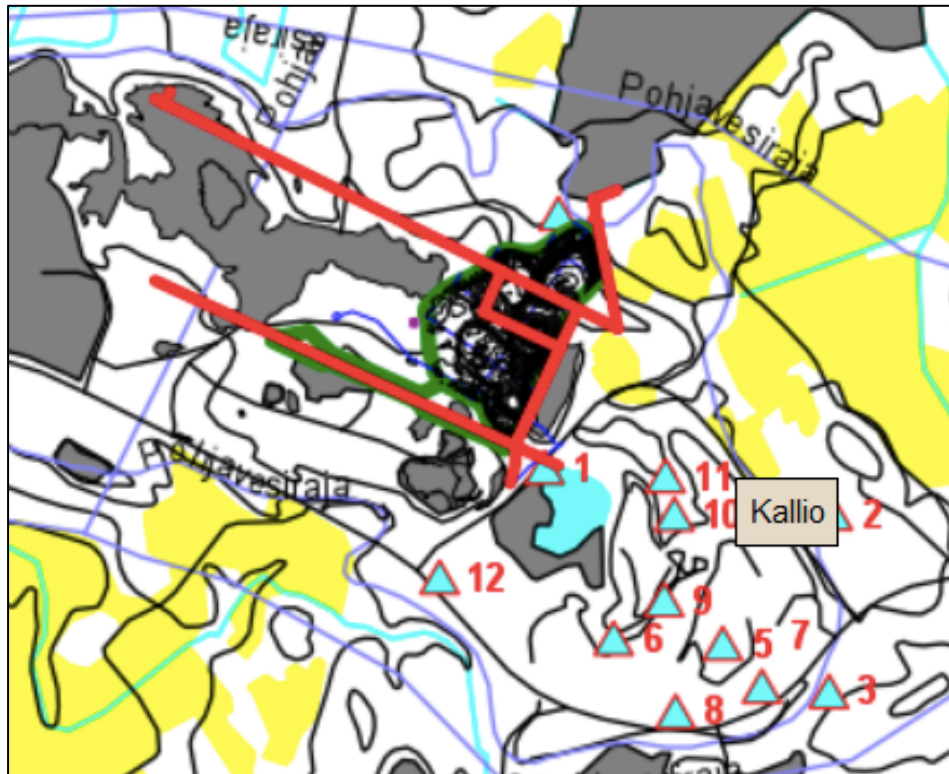
Kuva 21. Mittakaavassa 1:1500 tiet kuvataan punaisella värillä

Pohjakartta muodostettiin määrittämällä jokaiselle karttatasolle nimi ja korkeusasema. Karttatason korkeusasema noudattaa reaali maailman korkeusasemaa siten, että esimerkiksi rakennukset näytetään maanpinnan yläpuolella.



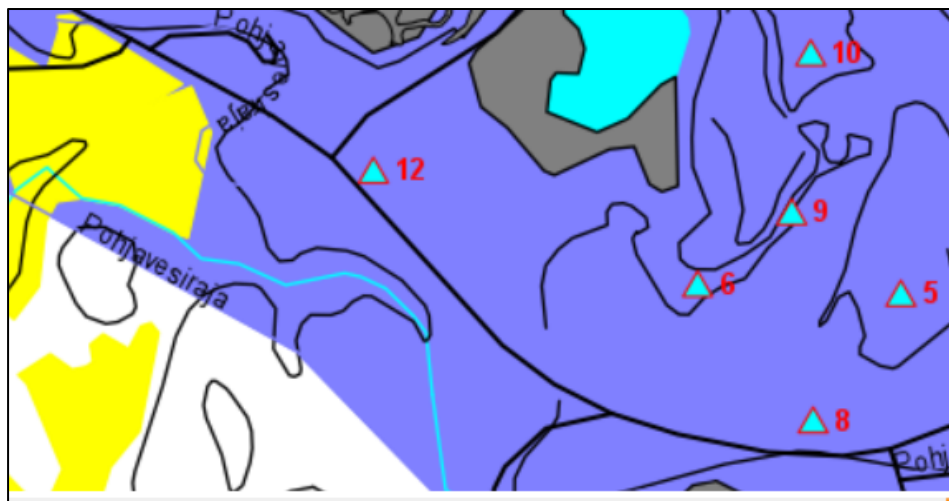
Kuva 22. Karttatason järjestys mukaillee reaali maailman korkeusasemaa

Toimeksiantajan kartta-aineisto yhdistettiin pohjakartta-aineistoon määrittelemällä se korkeusasemaltaan päällimmäiseksi.



Kuva 23. Toimeksiantajan kartta-aineisto yhdistettynä pohjakartta-aineistoon.

Peruskartan yksittäisiä karttatasoja voidaan korostaa vaihtamalla karttatason korkeusasemaa. Paikkatietoportaalissa pohjavesialueet määriteltiin korkeusasemaltaan korkeammalle kuin maanpinta, jolloin pohjavesialueiden tarkastelu on yksinkertaisempaa.

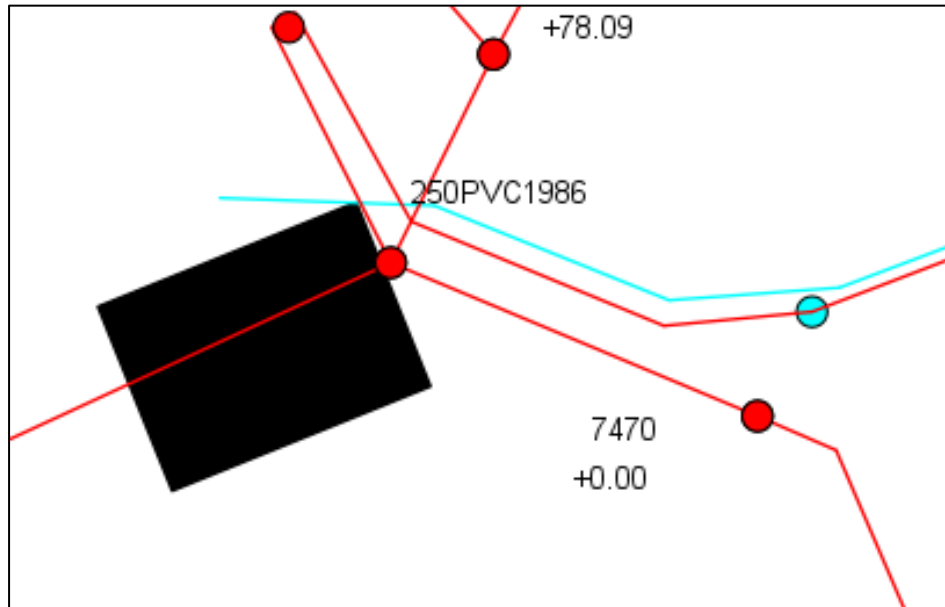


Kuva 24. Pohjavesialueet karttataso on korkeusasemaltaan korkeammalla kuin pelto-karttataso.

Toimeksiantajan paikkatietoa käytettiin kolmesta eri lähteestä: relaatiotietokanta, dokumenttiarkisto ja objektin ominaisuustieto. Relaatiotietokantaa käytettiin tietovarastona muuttuvalle ja analysoitavalle tekstimuotoiselle paikkatiedolle ja dokumenttiarkistoa tiedostomuotoisen paikkatiedon käsittelyyn ja hallintaan.

Suunnitteluohjelmalla luotujen objektien ominaisuustiedot esitettiin portaalissa osana objektia. Ominaisuustietoja voidaan näyttää tai piilottaa tarpeen mukaan, mutta niiden sisältö säilyy muuttumattomana. Portaalin karttanäkymässä objektin ominaisuustiedolle määriteltiin käytettävä kirjasintyyppi, koko ja väri.

Esimerkiksi kuvassa (kuva 25) jätevesijohdon ominaisuustiedoista putken väri näytettiin punaisella ja teksti Arial-kirjasintyyppillä (250PVC1986).



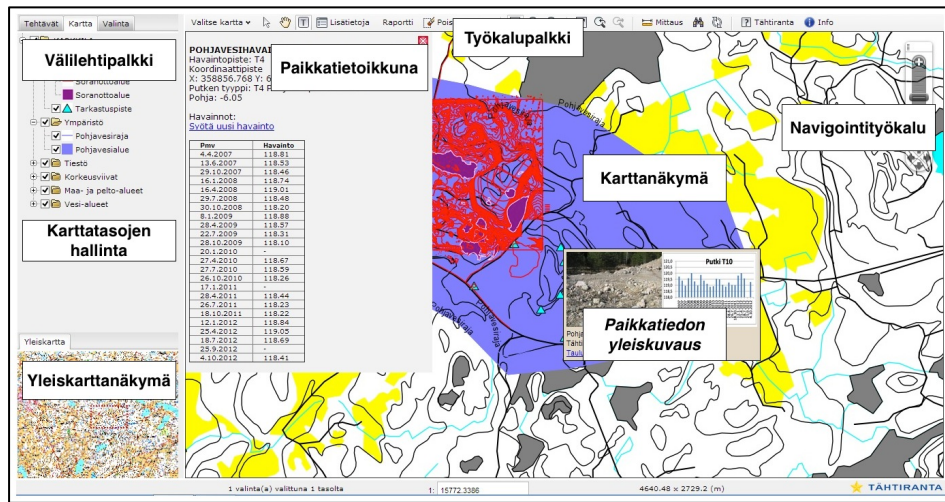
Kuva 25. Objektin ominaisuustieto karttanäkymässä.

6.4 Käyttöliittymät, toiminnot ja käytettävyys

Ohjelmistojen ja käyttöliittymien suunnittelussa on tärkeää, että ihmiset, joille ohjelmisto tehdään, otetaan huomioon. Toteutetulla paikkatietoportaalilla on erilaisia käyttötarpeita ja tilanteita, joita varten toteutettiin erilaiset käyttöliittymät kartan käyttöä, tiedon syöttämistä ja raportointia varten.

Karttakäyttöliittymän visuaalista ulkoasua varten haastateltiin maanrakennus- ja IT-alalla työskenteleviä henkilöitä. Haastattelujen tarkoituksena oli saada käsitys siitä, mitä toimintoja ja millaista ulkoasua käyttäjät toivovat paikkatietoportaalilta.

Haastattelujen sekä toimeksiantajan toiveiden perusteella käyttöliittymän toiminnallisuus ja ulkoasu räätälöitiin vastaamaan oletettujen käyttäjien tarpeita. Haasteltavat pitivät erittäin tärkeänä, että eri toimintojen kuvaamiseen käytetään tietotekniikka- sekä ympäristö- ja infra-alalla vakiintunutta suomenkielistä sanastoa.



Kuva 26. Karttakäyttöliittymän ohjelmistokomponentit

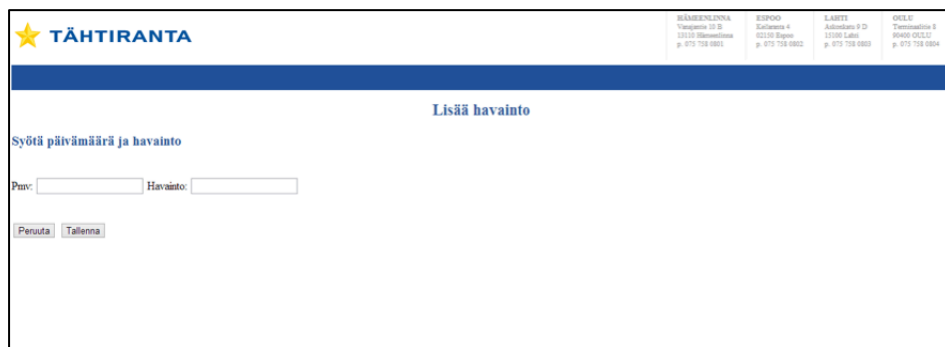
Karttanäkymä (kuva 26) on paikkatietoportaalin päänäkymä. Sen tehtävänä on esittää pohjakartta sekä tiivistelmä paikkatiedosta. Karttakäyttöliittymä koostuu useista eri ohjelmistokomponenteista, joista tärkeimmät ovat karttanäkymä, välilehti- ja työkalupalkki, paikkatietoikkuna, paikkatiedon yleiskuvaus, sekä yleiskarttanäkymä.

Välilehtipalkki sisältää kartta-aineiston hallinta- ja analysointityökalut, joiden avulla voidaan mm. näyttää ja piilottaa karttatasoja, suorittaa kyselyjä kartta-aineistosta, sekä mitata etäisyyksiä ja pinta-aloja.

Objektin paikkatieto näytetään paikkatietoikkunassa. Erikseen avautuvassa paikkatietoikkunassa olevat tiedot kerätään ominaisuustiedosta, tietokannasta sekä dokumenttiarkistosta, jotka yhdistetään loogiseksi paikkatietokokonaisuudeksi. Paikkatiedon yleiskuvaus on räätälöity karttavihje, jossa paikkatieto esitetään mahdollisimman visuaalisessa ja yksinkertaisessa muodossa.

Karttakäyttöliittymän avulla voidaan luoda tulostettavia tai sähköisessä muodossa olevia raportteja.

Paikkatiedon tuottajan ensisijainen käyttöliittymä on **peruskäyttöliittymä** (kuva 27). Käyttöliittymäsuunnittelun lähtökohtana oli toteuttaa selkeä ja helppokäyttöinen käyttöliittymä, joka mahdollistaa tietojen kyselyn, syöttämisen ja selailun ilman karttanäkymää. Peruskäyttöliittymän ulkoasu noudattaa toimeksiantajan www-sivujen ulkoasua.



Kuva 27. Pohjavedenpinnan korkeuden tallentaminen peruskäyttöliittymällä.

Peruskäyttöliittymää hyödynnettiin myös dokumenttikirjaston käyttöliittymänä (kuva 28). Dokumenttikirjasto sisältää maa-aineksen ottoalueen ympäristöluvat, -valitukset, soranottosuunnitelmat sekä muut ympäristövelvoitteiden toteuttamiseen tarvittavat asiakirjat.

Lupahakemus		Selite	Laastija	Päivämäärä
Hakemus	Hakemus		Insinööritoimisto Matti Jokinen	10.2.2013
Läite 1	Selostus		Insinööritoimisto Matti Jokinen	10.2.2013
Läite 2	Kiinteistötiedot		Maanmittauslaitos	7.2.2013
Läite 3	Suunnitelmapäiirustukset		Insinööritoimisto Matti Jokinen	10.2.2013
Läite 4	Selvitys kaivannaisjätteistä		Insinööritoimisto Matti Jokinen	10.2.2013
Läite 5	Tiedot pohjaviesialueesta		Ympäristöhallinto	24.1.2013
Läite 6	Tukitoiminta-alue		Insinööritoimisto Matti Jokinen	10.2.2013
Läite 7	Pohjaveden tarkkailusuunnitelma		Envimetria Oy	15.1.2013

Kuva 28. Dokumenttikirjaston päänäkyvä.

Raporttinäkymän (kuva 29) ulkoasu noudattaa peruskäyttöliittymän ulkoasua. Raportoinnin lähtökohtana oli toteuttaa selkeä ja yksityiskohtainen dokumentti, joka sisältää paikkatiedon lisäksi karttanäkymän alueesta sekä muuta tarpeellista tietoa.

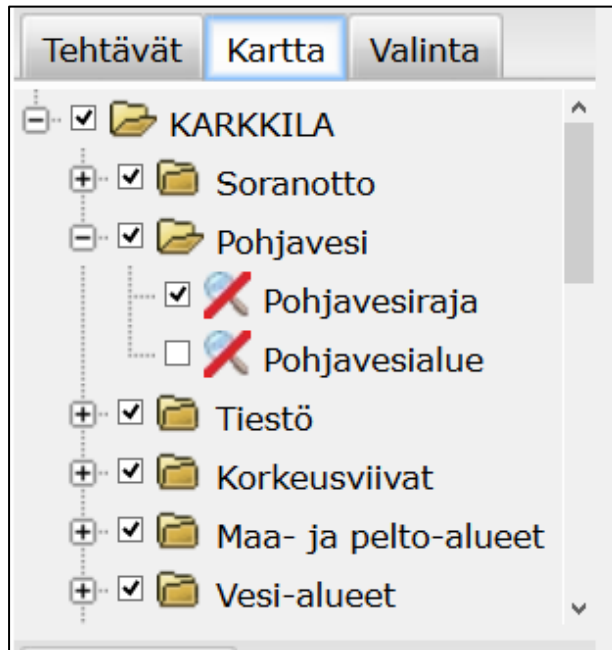
Keskispisteen koordinaatit	
X: 359243.618	Y: 6711339.034

Objektin tiedot	
BLOCKNAME	*E9
CENTER	359243.6180,6711339.0340,127.2700

Kuva 29. Raportti pohjavedenmittauspisteestä.

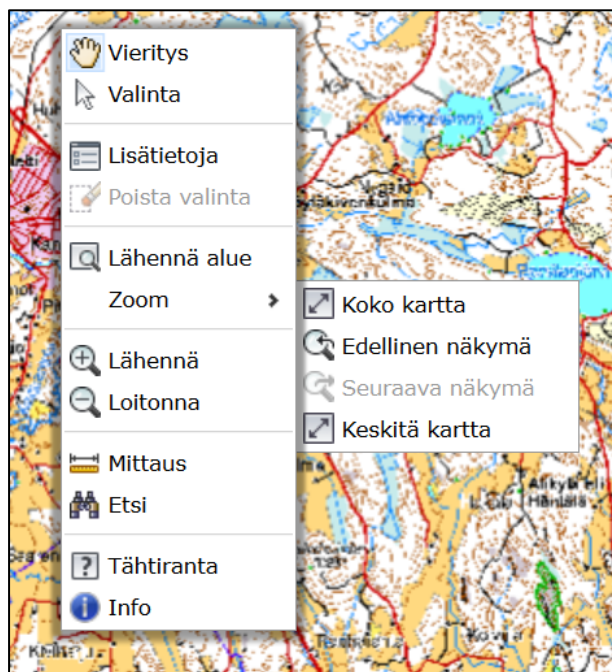
Karttakäyttöliittymän avulla voidaan suorittaa erilaisia **toimintoja**. Tärkeimmät toiminnot on ryhmitelty työkalu- ja välilehtipalkkiin. Työkalupalkin avulla voidaan valita haluttu kartta, tulostaa raportteja, sekä muuttaa kartan mittakaavaa lähentämällä tai loitontamalla karttanäkymää.

Välilehtipalkin (kuva 30) avulla voidaan näyttää tai piilottaa karttatasoja, saada lisätietoja valitusta objektista tai suorittaa yksinkertaisia paikkatietoanalyyssejä.



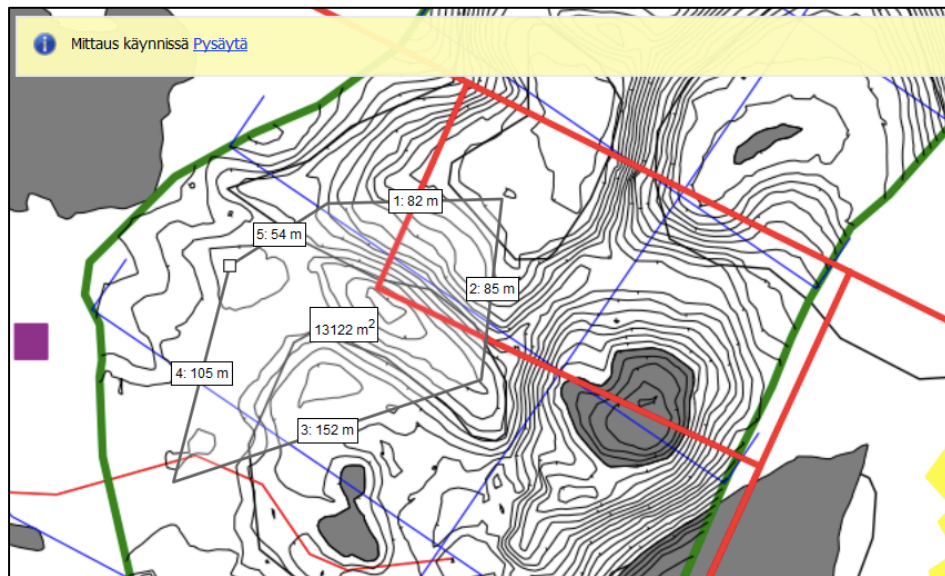
Kuva 30. Karttakäyttöliittymän välilehtipalkki

Paikkatietoportaaliin toteutettiin myös muita hyödyllisiä toimintoja. Navigoinnin helpottamiseksi osa työkalupalkin toiminnoista sijoitettiin hiiren oikealla näppäimellä avautuvaan työkaluvalintaan (kuva 31).



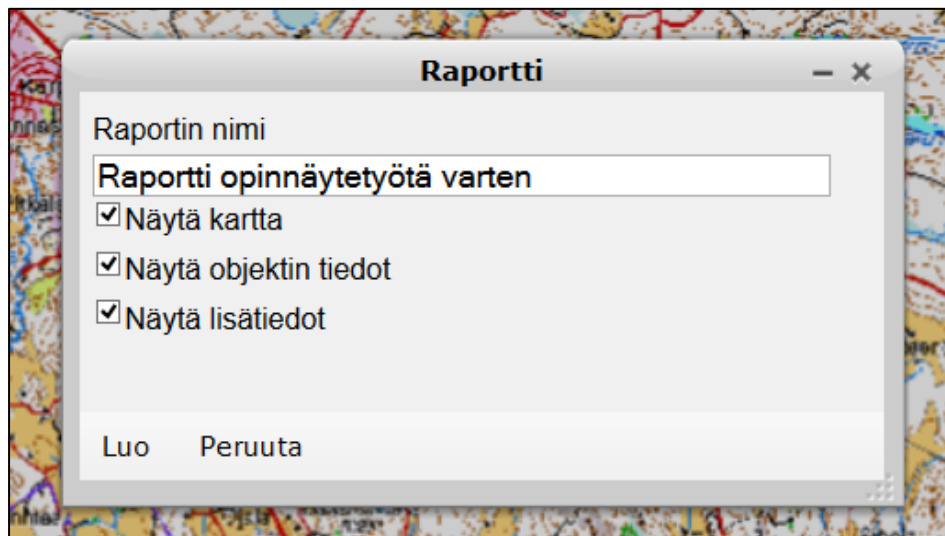
Kuva 31. Työkaluvalinta.

Pituuden ja pinta-alan mittauksella voidaan laskea objektien etäisyyksiä sekä suorittaa yksinkertaisia paikkatietoanalyysyjä (kuva 34).



Kuva 34. Paikkatiedon analysointi mittaamalla.

Paikkatietoportaalista tuotettuja raportteja voidaan muokata eri käyttötärpeisiin. Raportissa näytettävät tiedot voidaan valita raportin luontivaiheessa (kuva 35).



Kuva 35. Raportin sisällön määrittäminen.

6.5 Ohjelmointi ja menetelmät

Avoimella lähdekoodilla tarkoitetaan tapaa kehittää ja jakaa tietokoneohjelmistoja. Avoin lähdekoodin periaatteisiin kuuluu vapaus käyttää, kopioida, muokata ja levittää sekä alkuperäistä että muokattua versiota ohjelmasta. (Suomen avoimien tietojärjestelmien keskus n.d.)

Yleensä avoimen lähdekoodin ohjelmiston kehitystä hallinnoi maailmanlaajuinen yrityksistä ja yksityishenkilöistä koostuva kehittäjäyhteisö. Ke-

hittäjäyhteisön tavoitteena on, että uudet ideat ja toteutukset ovat kaikkien hyödynnettävissä.

Avoimen lähdekoodin ohjelmalla ei ole standardoitua määritelmää ja JHS 166 määrittelee avoimen lähdekoodin ohjelmiston Open Source Iniativen (OSI) määrittelyn mukaan:

- Ohjelman täytyy olla vapaasti levitettävissä ja välitettävissä.
- Lähdekoodin täytyy tulla ohjelman mukana tai olla vapaasti saatavissa.
- Myös johdettujen teosten luominen ja levitys pitää sallia.
- Lisenssi voi rajoittaa muokatun lähdekoodin levittämistä vain siinä tapauksessa, että lisenssi sallii korjaustiedostojen ja niiden lähdekoodin levittämisen. Voidaan myös vaatia, ettei johdettua teosta levitetä samalla nimellä tai versionumerolla kuin lähtöteosta.
- Yksilöitä tai ihmisryhmiä ei saa asettaa eriarvoiseen asemaan.
- Käyttötarkoituksia ei saa rajoittaa.
- Kaikilla ohjelman käsiinsä saaneilla on samat oikeudet.
- Lisenssi ei saa olla riippuvainen laajemmasta ohjelmistokokonaisuudesta, jonka osana ohjelmaa levitetään, vaan ohjelmaan liittyvät oikeudet säilyvät, vaikka se irrotettaisiin kokonaisuudesta.
- Lisenssi ei voi asettaa ehtoja muille ohjelmille. Ohjelmaa saa levittää myös yhdessä sellaisten ohjelmien kanssa, joiden lähdekoodi ei ole avointa.
- Lisenssin sisällön pitää olla riippumaton teknisestä toteutuksesta. Oikeuksiin ei saa liittää varaumia jakelutavan tai käyttöliittymän varjolla. (Suomen avoimien tietojärjestelmien keskus n.d.)

Paikkatietojärjestelmää valittaessa, eri vaihtoehtoja punnittiin niiden teknisten ominaisuuksien sekä käytettävyyden perusteella. Paikkatietojärjestelmän teknisistä ominaisuuksista tärkeimmät olivat sopivuus eri sovellusalueille, tuki vektori- ja rasterimuotoiselle paikkatietoaineistolle, sekä mahdollisuus käyttää internetin välityksellä toimivia paikkatietoaineistoja.

Käytettävyydestä tärkein ominaisuus oli lokalisointi. Lokalisoinnilla paikkatietoportaali pystyttiin mukauttamaan Suomen kielialueen käytäntöihin, kulttuuriin ja lainsäädäntöön.

Avoimen lähdekoodin ohjelmisto on täysin ohjelmistosuunnittelijoiden muokattavissa, jolloin siitä voidaan toteuttaa organisaation tarpeita vastaava järjestelmä. Opinnäytetyössä käytetty avoimen lähdekoodin paikkatietojärjestelmä ei soveltunut sellaisenaan portaaliin, vaan se räätälöitiin vastaamaan toimeksiantajan tarpeita.

Paikkatietoportaalin toteutuksessa käytettiin kuutta eri ohjelmointi-, komentosarja- tai kuvauskieltä (JavaScript, XML, HTML, CSS, PHP, SQL), joilla toteutettiin käyttöliittymäkomponentteja, ohjelmistorajapintoja sekä sisäistä toiminnallisuutta.

Avointa paikkatietoa käytettiin Autodesk:n toteuttaman Feature Data Objects (FDO) ohjelmistokomponenttien avulla. FDO mahdollistaa salatun yhteyden lähes mihin tahansa paikkatietomuotoiseen tietokantaan tai tiedostoon. FDO on käyttäjärjestelmäriippumaton ja tarpeen mukaan laajennettavissa oleva rajapintamäärittäjä.

Peruskäyttöliittymä integroitiin paikkatietojärjestelmään siten, että käyttöliittymäkomponentteja ja ulkoasua voidaan muokata helposti ja nopeasti.

Tietokanta toteutettiin riippumattomaksi sen fyysisestä sijainnista ja tietokantaa käytetään opinnäytetyössä toteutettujen ohjelmistorajapintojen kautta. Rajapintojen avulla tietokantaan voidaan suorittaa erilaisia kyselyjä, lisäyksiä tai muutoksia. Relaatiotietokanta muodostettiin tietokantatauluista, joiden välille luotiin suhteita ja suhteiden perusteella taulujen tiedot yhdistetään paikkatiedoksi.

Testauksesta ei tehty testaussuunnitelmaa, vaan toiminnallisuutta testattiin toteutuksen aikana ad hoc -testauksena. Ad hoc -testauksen tarkoituksena oli löytää kriittiset ohjelmointivirheet. Säännölliset esittelyt, joissa toimeksiantajan edustajat käyttivät portaalia, auttoivat varmistamaan opinnäytetyön rajauksen mukaisen teknisen toteutuksen tason.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa toimeksiantajan tarpeita vastaava avoimen lähdekoodin paikkatietoportaali.

Työn tuloksena toteutettiin paikkatietoportaali, jossa yhdistettiin eri lähteistä hankittua paikkaan sidottua tietoa. Työ toteutettiin sovituksessa aikataulussa ja laajuudessa, sekä paikkatietoportaalin laatu vastasi toimeksiantajan asettamia laatutavoitteita. Paikkatietoportaalilla on esitelty menestyksekkäästi useille toimeksiantajan yhteistyökumppaneille.

7.1 Paikkatieto

Ennen opinnäytetyöprosessia, oli paikkatieto käsitteenä opinnäytetyöntekijälle hieman epäselvä. Teoriaosuutta tutkiessa selvisi hyvin nopeasti, että paikkatieto on paljon muutakin kuin pelkkä paikkaa osoittava koordinaattitieto. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan lähinnä paikkatiedon hyödyntämistä, joten näin jälkepäin ajatellen, kaikista mielenkiintoisin paikkatietoon liittyvä teoreettinen osuus jätettiin pois. Paikkatiedon käsittelyn ja tietorakenteiden syvällisempi (oliomaisuus) tutkimus oli pakko jättää tulevaisuuden harrastukseksi tai seuraavan opinnäytetyön aiheeksi.

Pallomaisen pinnan kuvaamista tasomuodossa käsiteltiin ympäristötekniologian opintojaksoilla, mutta kuvaamisen vaikeus selvisi vasta opinnäytetyötä tehdessä. Julkisen hallinnon suosituksen mukaan koordinaattijärjestelmien yksinkertaistaminen on tarpeellista. Kunnat ja kaupungit eivät ole reagoineet koordinaattijärjestelmän muutostarpeeseen riittävän nopeasti. Koordinaatistojen erilaisuus haittaa niin pientalorakentajia kuin kunnan tai kaupungin sisäisiä toimintoja.

Mikäli kahden vierekkäisen kunnan tai kaupungin käyttämät koordinaattitot ovat erilaiset, niin kunnan tai kaupungin rajan läheisyydessä kartoitusta suoritetaan luultavasti molempien kuntien toimesta. Kahteen kertaan suoritettu kartointi on turhaa, kallista ja tehotonta.

Paikkatietoa tutkittaessa huomattiin selvä yhteys olio-pohjaiseen suunnitteluun ja ajattelutapaan. ISO-standardin lähtökohdaksi on otettu periaate paikkatietojen mallintamisesta yksittäisinä paikkatietokohteina, eli olioina (objekti). Abstraktilla tasolla paikkatietokohde määritellään kohdeluokkana, joka voidaan asettaa nk. kantaluokaksi. Kantaluokkaan liittyvät luokat perivät ominaisuustietoja kantaluokalta ja täydentävät ominaisuustietoja niillä tiedoilla, joita ne tarvitsevat.

Edellä mainittu tarkempi paikkatiedon abstrakti tutkimus rajattiin pois opinnäytetyöstä, mutta se auttoi ymmärtämään paikkatiedon rakennetta ja riippuvuussuhteita. Samalla huomattiin riippuvuussuhteiden vaikutus paikkatiedon laatuun. Paikkatiedon laatuun liittyy olennaisesti myös nk. kantaluokan määritykset. Kantaluokalle annetut virheelliset parametrit voivat vaikuttaa koko paikkatietohierarkian objekteihin, jolloin aineistosta voi tulla käyttökeltotonta.

Koordinaattimuunnoksia ja –konversioita tulisi välttää paikkatiedon käsittelyssä. Paikkatietoa tuotetaan useissa eri koordinaatti ja korkeusjärjestelmissä, jolloin muunnos vaikuttaa paikkatiedon laatuun. Paikkatietoaineisto tulisi tallentaa siinä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä, jossa sitä aiotaan hyödyntää paikkatietoportaalissa. Paikkatiedon laatu on avainasemassa pohdittaessa paikkatiedon hyödynnettävyyttä.

Euroopan unionin Inspire-direktiivi on askel oikeaan suuntaan paikkatiedon hyödynnettävyyden lisäämiseksi. Direktiivin mukaisen paikkatietopalvelujen toteuttaminen vaatii valtiolta ja kunnilta sekä rahallista että ajallista panostusta. Panostus hyödyttää jokaista EU:n jäsenmaata, niin kansallisesti kuin koko EU:n mittakaavassa.

Avointa paikkatietoa tutkittaessa todettiin, että julkisen hallinnon paikkatietoaineistot ovat helposti saavutettavissa ja niiden käyttö on yksinkertaista. Tiedostomuotoinen aineisto sisältää meta-tiedoissa kerrotut osakomponentit. Meta-tietojen perusteella oli helppoa valita portaalissa käytetty lähtöaineisto.

Maanmittauslaitos tarjoaa myös mahdollisuuden käyttää avoimia aineistoja rajapintapalveluiden kautta. Rajapintapalvelun kautta pystyy käyttämään avointa aineistoa, mutta palvelu on käyttäjämäärältään rajoitettu ja osa sen sisällöstä on maksullista. Tärkeimpänä syynä käyttää vain tiedostomuotoista aineistoa oli se, ettei Maanmittauslaitoksen rajapintapalvelua ole vielä tuotteistettu. Tuotteistamattoman palvelun laatutaso heijastuu suoraan portaalin toimintaan ja laatuun. Portaalin laatutaso pidettiin korkealla, joten tiedostomuotoinen tapa oli ainoa järkevä vaihtoehto avoimen kartta-aineiston käsittelyyn.

FDO (Feature Data Objects) -komponentteja hyödynnettiin myös testamalla ulkomaisia karttapalveluiden rajapintapalveluja. Testaus suoritettiin oppinäytetyönä toteutetun portaalin luovutuksen jälkeen ja kokemukset ulkomaisista rajapintapalveluista olivat rohkaisevia. Kartan päivitysnopeudessa ei huomattu mainittavampaa eroa, käytettiinkö paikallista tiedostomuotoista vai internetin välityksellä haettua kartta-aineistoa.

Tulevaisuudessa valinta internetin välityksellä haetun ja paikallisen kartta-aineiston väliltä on haastavaa. Internetistä saatava aineisto on ajantasaista, mutta sen saatavuuteen ei voi luottaa. Tavoitteena tulee olla, että paikkatietoportaali on toiminnassa vuoden jokaisena päivänä, mihin kellon aikaan tahansa. Esimerkiksi katkokset tietoliikenneyhteyksissä tai laiterikot paikkatietopalveluja tuottavan tahon järjestelmissä, lamaannuttaisivat myös TähtiRannan paikkatietoportaalin. Paikkatietoportaalin tuotteistuksessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että portaalin käyttäjät saavat tarvitsemansa tiedon silloin, kun he sitä tarvitsevat.

Paikkatietotarjonnan lisääntymisellä ja yhteiskäytöllä on tärkeä rooli tulevaisuudessa. Yhteiskäyttö lisää paikkatietoimijoita ja -tarjontaa, joka parantaa paikkatietoanalysoinnin tarkkuutta sekä paikkatiedon hyödynnettävyyttä päätöksenteossa. Paikkatiedon jakamista pitäisi laajentaa entisestään.

Suunnittelutoimistoilla on käytössä paikkatiedon yhteiskäyttöön liittyen nk. herrasmiehsopimus. Sopimuksen mukaan suunnittelutoimisto voi pyytää asiakkaan aineistoja toiselta suunnittelutoimistolta. Herrasmiehsopimus perustuu siihen ideologiaan, että suunnitelmien lähtöaineistona käytetään mahdollisimman ajantasaista paikkatietoa. Paikkatiedon yhteiskäyttö perustuu siihen luottamukseen ja tapaan, että suunnittelutoimistot haluavat palvella asiakasta mahdollisimman hyvin. Aineiston luovuttamiseen täytyy aina olla asiakkaan suostumus, koska osa aineistosta voi olla salassa pidettävää esimerkiksi maamme turvallisuuden vuoksi.

Paikkatietojen yhteiskäyttöä voidaan parantaa ottamalla käyttöön tietokoneohjelmia varten kehitetyt lisenssit. Erilaiset Open Source -lisenssit ovat mahdollistaneet jo vuosia tietokoneohjelmistojen vapaan jakamisen, muokkaamisen ja käytön. Paikkatiedon vapaa jakaminen ja käyttö vaatisi kuitenkin suuren yrityksen tai yhteisön kiinnostuksen paikkatiedosta. Kaiken paikkatiedon ei välttämättä tarvitse olla julkista kaikille, vaan esimerkiksi voittoa tavoittelematon yritys tai yhteisö voisi kerätä kaiken mahdollisen paikkatiedon ja koota siitä eri tarkoituksiin hyödynnettävää paikkatietoa.

Suomessa valtio ja kunnat hyötyisivät siitä, että heillä olisi kaikki mahdollinen paikkatieto käytettävissään, jolloin turhat kartoitukset ja selvitykset vähenisivät huomattavasti. Maansiirtourakoitsijat saisivat tiedot maakaapeleiden sijainnista yhdestä paikasta, riippumatta siitä kuka kaapelin omistaa. Nykyään urakoitsijoiden tulee selvittää erikseen paikallisilta sähkö- ja puhelin-yhtiöiltä sekä viranomaisilta, onko alueella heidän omistamia kaapeleita ja missä ne sijaitsevat.

Paikkatiedon jakaminen ja yhteiskäyttö ei tapahdu heti. Tarvitaan lainsäädännön ja ennen kaikkea asenteen muutosta. Paikkatietoa tulisi ajatella samanlaisena yleishyödyllisenä asiana, kuin esimerkiksi oikopolkua metsässä. Polkua ei omista kukaan ja kaikki ne, jotka tietävät polun sijainnin hyötyvät siitä.

Avoimen- ja organisaatiokohtaisen paikkatiedon yhdistämistä vaikeuttivat koordinaattijärjestelmien ja tiedostomuotojen erilaisuus. Suunnitteluohjelmilla tuotetut kartta- ja paikkatieto-aineistot jouduttiin muuntamaan paikkatietoportaalin käyttämään koordinaatistoon ja tiedostomuotoon. Käytettyjen suunnitteluohjelmistojen tuki paikkatietojärjestelmässä käytettäville tiedostomuodoille oli olematonta. Organisaatiokohtaisen aineiston käyttöönottoa vaikeutti se, että aineistoa pystyttiin muuntamaan vain tietyllä suunnitteluohjelmiston tuoteperheen tuotteella.

Aineistosta pystyttiin luomaan yksittäisiä karttatasoja suhteellisen luotettavasti, mutta koko aineiston automaattinen muuntaminen esimerkiksi ESRI Shape -tiedostomuotoon ei välttämättä onnistunut. Aineistojen laadukas muuntaminen käyttökelpoiseen muotoon oli portaalin käyttöönotossa yksi haastavimmista tehtävistä.

Haastavuutta lisäsi se, että kahden samaa tyyppiä olevan aineiston muuntamiseen tarvittiin tilanteesta riippuen erilaiset toimintatavat. Koskaan ei voinut olla varma, onnistuiko muunnos täydellisesti vai osittain. Ongelmat johtuvat luultavasti siitä, että ohjelmistosta oli käytössä viimeisin saatavilla oleva ohjelmistoversio. Suunnitteluohjelmiston valmistaja kehittää kaupallista paikkatietojärjestelmää, ja sen käyttämät tiedostonmuokkaus- ja siirtotavat on tuettu hyvin suunnitteluohjelmistossa.

7.2 Portaalin toteutus

Paikkatietoportaalin käyttötarvetta ja soveltuvuutta käsiteltiin esimerkkitapausten avulla. Opinnäytetyön kirjoitusvaiheessa kerättiin lisää tietoa paikkatietoportaalin soveltuvuudesta ympäristö- ja infra-alalle. Käyttäjien keskustelujen ja tiedonhaun perusteella, paikkatietoportaalityyppiselle ratkaisulle on selvä käyttötarve ja paikkatietopalveluille sekä paikkatietojärjestelmille löytyy yhtä paljon käyttötarpeita, kuin on käyttäjiäkin.

Opinnäytetyössä toteutettu paikkatietoportaali on herättänyt kiinnostusta toimeksiantajan yhteistyökumppaneissa. Yhteistyökumppanit arvostavat paikkatietoportaalin tapaa selkeyttää dokumenttien hallintaa sekä tiedon helppoa saatavuutta.

Portaalin toteutuksessa käytetty avoimen lähdekoodin ohjelmisto eroaa kaupallisista ohjelmista toiminnallisuuden ja muokattavuuden osalta. Kaupalliset paikkatietojärjestelmät ovat monipuolisia ja niiden käyttöönotto ja optimointi on helppoa. Yleisesti kaupallisten ohjelmistojen ongelmana on niiden rajoittuneisuus, jolloin varsinaista räätälöintiä on vaikea tai jopa mahdotonta toteuttaa. Avoimen lähdekoodin ohjelmistot ovat täysin ohjelmistosuunnittelijan muokattavissa ja ohjelmointikokemuksesta riippuen, niihin voidaan toteuttaa lähes mitä toiminnallisuutta tahansa.

Avoimen lähdekoodin ohjelmiston edullisuus, muokattavuus ja lisenssiehdot puolsivat avoimeen lähdekoodiin perustuvan portaalin toteutusta. Avoimen lähdekoodin ohjelmistojen käyttäminen on lyhyellä aikajänteellä tarkasteltuna huomattavasti edullisempaa, kuin kaupallisten ohjelmistojen. Avoimen lähdekoodin sovellusten käyttökustannuksia nostavat erilaiset piilokulut, kuten lisätoiminnallisuuksien toteutus.

Toiminnallisuuden toteuttaminen ja testaaminen vaatii resursseja. Kaikkea toiminnallisuutta ei välttämättä tarvitse toteuttaa heti, vaan ohjelmistoa voidaan muokata vähitellen käyttötarpeen mukaan. Ohjelmointikielestä riippuen tekninen toteutus vaihtelee, mutta usein eri ohjelmistojen perustoiminnallisuus ja käyttöliittymäkomponentit ovat toteutettu samalla peruskaavalla. Silti uuden toiminnallisuuden lisääminen sellaiseen järjestelmään, jonka toimintaa ei tunneta, voi olla usein haastavaa ja hidasta.

Kaupalliset ohjelmat tarjoavat eriasteisia tukipalveluja käyttäjien ongelmatilanteisiin ja yleensä ne toimivat erittäin hyvin. Avoimen lähdekoodin ohjelmistoprojekteja syntyy ja loppuu jatkuvasti. Projekteja voidaan yhdistää toisiin projekteihin, jolloin ei voida olla varmoja, kuinka pitkäikäinen valittu järjestelmä todellisuudessa on.

Avoimen lähdekoodin ohjelmiston tukitoiminnot perustuvat käytännössä muiden ohjelmistosuunnittelijoiden vapaaehtoiseen toimintaan. Vapaaehtoistyön loppuminen merkitsee sitä, että yrityksellä tai yksittäisellä käyttäjällä ei ole muuta mahdollisuutta kuin yrittää korjata tilanne itse.

Valintaa avoimen ja kaupallisen ohjelmiston välillä tulisi tarkastella ensisijaisesti käyttötarpeen ja kustannusten perusteella. Avoimella ohjelmistolla toteutettu järjestelmä eroaa kaupallisista ohjelmista persoonallisuudellaan ja siihen voidaan toteuttaa käyttäjän haluamia toiminnallisuuksia, jotka lisäävät kustannuksia.

Paikkatietoportaalin toteutus vaati useiden eri ohjelmointitapojen tuntemista. Uusien toteutustapojen yhdistäminen ympäristöteknologiaan teki työstä mielenkiintoisen. Portaalin toteuttamista vaikeutti sekä ohjelmointikielten lukumäärä että tiedon puute paikkatietojärjestelmän sisäisestä toiminnasta.

7.3 Projektin toteutus

Opinnäytetyöprosessin tulee noudattaa tiettyä ennalta määrättyä prosessikuvausta. Tässä opinnäytetyössä **ketterää menetelmää** käytettiin portaalin teknisessä toteutuksessa.

Opinnäytetyön alussa ei pystytty tunnistamaan kaikkia projektin menestyksekkääseen hoitamiseen vaadittavia avaintekijöitä. Ketterien menetelmien käyttäminen mahdollisti nopean reagoinnin vaatimusten muutoksiin, jolloin pystyttiin hallitsemaan projektin riskejä. Portaalin toiminnallisuus ja oikea-aikainen valmistuminen olivat työn toimeksiantajalle erittäin tärkeitä.

Toteutusvaiheen aikana järjestettiin viisi tapaamista, joissa toimeksiantajan edustaja, ohjaava opettaja, sekä opinnäytetyöntekijä kävivät läpi portaalin toteutuksen tilannetta. Jokaisessa tapaamisessa opinnäytetyöntekijä esitteli valmista, toimivaa ja testattua toiminnallisuutta, jonka perusteella toimeksiantajan edustaja ja ohjaava opettaja antoivat palautetta.

Projektin onnistumisen kannalta palautteella oli oleellinen merkitys tulevan toiminnan suunnittelussa sekä riskien hallinnassa. Tulevaa toimintaa ohjattiin parhaan mahdollisen tiedon pohjalta ja riskit pyrittiin minimoimaan toteuttamalla riskipitoisimmat toiminnallisuudet ensin.

Ketterät menetelmät mahdollistivat projektin ennustettavuuden ja läpinäkyvyyden. Jokaisella projektiin liittyvällä taholla oli aina todelliseen tietoon perustuva näkemys opinnäytetyöprojektin tilasta. Ennustettavuus-

den ja läpinäkyvyyden ansiosta sekä opinnäytetyöntekijän että toimeksiantajan kiinnostus projektin onnistumiseen kasvoi, ja sitoutuminen työn tuloksiin ja laatuun paranivat.

Ketterät menetelmät soveltuvat hyvin ympäristötekniikan projekteihin. Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin monia ohjelmistoalalta tuttuja työtapoja ja menetelmiä, mutta samat työtavat soveltuvat myös esimerkiksi järven kunnostusprojekteihin. Jatkuvalle priorisoinnilla voidaan järven kunnostusprojektissa toteuttaa tärkeimmät kunnostusvaiheet ensimmäisenä. Vaiheen päätyttyä arvioidaan tulokset, joiden mukaan toimintaa ohjataan oikeaan suuntaan.

Opinnäytetyön toteutus ajoittui keskelle kesäloma-aikaa, jolloin haastavinta oli sovittaa aikataulut siten, että kaikki pääsivät osallistumaan tapaamisiin. Jälkeenpäin tarkasteltuna portaalin toteutus onnistui hämmästyttävän helposti.

Suurin osa opinnäytetyössä toteutetuista asioista oli opinnäytetyöntekijälle sekä toimeksiantajan edustajalle uusia. Työn suorituksen aikana törmättiin sellaisiin tilanteisiin, joissa tekniset tiedot ja taidot olivat loppua kesken. Haastavinta portaalin toteutuksessa oli internet palvelinohjelmiston vaihtuminen toiseen ohjelmistoon. Uuden palvelinohjelmiston asentaminen ja ohjelmistokomponenttien uudelleen määrittäminen vei noin 20 % portaalin toteutukseen kulutetusta ajasta.

7.4 Paikkatiedon ja paikkatietoportaalin tulevaisuus

Paikkatietoon liittyvä liiketoiminta tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Uusia paikkatietoon liittyviä innovaatioita syntyy jatkuvasti ja vuoden 2013 Paikkatietomarkkinoiden perusteella yritykset ovat valmiit investoimaan ja kehittämään paikkatietopalveluja.

Paikkatietoalan kasvua kuvastaa hyvin Tekniikka & Talous -lehden artikkeli, jossa verrataan paikkatietoalaa pelialaan (Saarentaus & Viitasaari 2013). Suomessa peliala työllisti vuonna 2011 noin 250 henkeä enemmän, kuin paikkatietoala, ja liikevaihdollisesti tarkasteltuna paikkatietoala hävisi peliteollisuudelle noin 34 milj. euroa. Paikkatietoalan noin 16 % liikevaihdon (liikevoitto 5,1 %) kasvu on erinomainen suoritus, varsinkin kun tarkastellaan talouden yleistä kehitystä ja opinnäytetyön kirjoitushetkellä olevaa talouden taantumaa.

Uuden liiketoiminnan kehittäminen paikkatiedosta ja paikkatiedon saavutettavuudesta vaatii paikkatiedon tunnettavuuden lisäämistä. Alan messuilla käy vain asiaan vihkiytyneitä asiantuntijoita, jolloin vaarana on, että yritysten päättäjät eivät koskaan saa tietoa paikkatiedon mahdollisuuksista. Paikkatietopalveluja tarjoavien yritysten tulisi kehittää sellaisia paikkatietopalveluja, joita asiakasyritykset tarvitsevat.

Yhtenä lähtökohtana palvelujen ja liiketoiminnan kehittämiseen tulisi olla räätälöityjen ohjelmistodemojen toteuttaminen ja niiden esittely mahdollisille asiakkaille. Esittelytilanteen jälkeen asiakkaat luultavasti huomaavat

tarvitsevansa paikkatietoa hyödyntäviä palveluja tehostaakseen omaa ydinliiketoimintaansa. Näin menetellen pienillä ja keskisuurilla yrityksillä on mahdollista saada omaan alaansa liittyviä paikkatietohankkeita.

Harvalla yrityksellä on varaa rahoittaa sellaisia hankkeita, joiden toteutuminen on epävarmaa. Paikkatietoala kuuluu Tekniikka & Talous -lehden mukaan kasvaviin teknologian aloihin ja valtion tulisi rahoittaa kasvavia teknologian aloja tehokkaammin. Tulevaisuus näyttää jatkuuko paikkatietoalan kasvu yhtä hyvänä. Luultavasti muutaman vuoden kuluttua se ohittaa pelialan ja siitä kehittyy yksi varteenotettava teknologia-ala Suomessa.

Opinnäytetyössä toteutettu **paikkatietoportaali pitäisi tulevaisuudessa tuotteistaa**. Sekä samalla tulisi tutkia kaupallisten järjestelmien soveltuvuutta toimeksiantajan tarpeisiin. Tuotteistuksessa tulisi ottaa huomioon portaalin mahdollisimman monipuolinen hyödyntäminen ja olemassa olevan toteutuksen yksinkertaistaminen siten, että se soveltuisi mahdollisimman pienillä muutoksilla useille asiakkaille.

Toimeksiantajan paikkatietoaineistolle tulee määritellä laatuksiteerit. Kaikki laatuksiteerit täyttävä aineisto tulisi sisällyttää järjestelmään, jolloin saadaan tietoa esimerkiksi laitteiston ja paikkatietoportaalin suorituskyvystä.

Kaupallisten järjestelmien vertailu avoimen lähdekoodin järjestelmiin tulisi suorittaa siten, että verrataan avoimen lähdekoodin järjestelmien vaatimaa työmäärää siihen saavutettuun hyötyyn, mitä kaupalliset järjestelmät tarjoavat. Vertailulla saadaan varmuus siitä, että kuinka järkevää ja taloudellisesti kannattavaa on käyttää avoimen lähdekoodin ohjelmistoja.

Tulevaisuudessa tulisi tutkia tarkemmin kartta-aineiston suoraa lataamista internetin välityksellä sekä sitä onko tiedosto- ja internetpohjaisen kartta-aineiston käyttäminen rinnakkain mahdollista. Vertailulla saadaan tärkeää tietoa mm. järjestelmän toimivuudesta silloin, kun karttapalveluiden tarjoaja ei pysty toimittamaan kartta-aineistoa.

Kehitysehdotusten toteuttamisella varmistutaan siitä, että portaali täyttää toimeksiantajan määrittelemät laatuksia ja toiminnallisuutta koskevat vaatimukset.

7.5 Oman työn arviointi

Opinnäytetyön toteutus tapahtui ammattimaisesti annettujen reunaehtojen puitteissa. Opinnäytetyöntekijänä kykenin omaksumaan hyvin ympäristö- ja infra-alalla yleisesti olevia käytäntöjä työtavoista ja menetelmistä.

LÄHTEET

- Aquaveo. n.d. Water Modeling Solutions. GMS 6.5 details. Viitattu 12.1.2014. <http://www.ems-i.com/GMS/gms.html>.
- Bartelme, N. 2012. Geographic Information Systems. Teoksessa Danko, K. (toim) Springer Handbook of Geographic Information. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, 145–174. ISBN: 978-3-540-72678-4 e-ISBN: 978-3-540-72680-7.
- Bilker-Koivula, M. Ollikainen, M. 2009. Suomen geoidimallit ja niiden käyttäminen korkeuden muunnoksissa. Geodeettinen laitos tiedote 29. ISBN-13: 978-951-711-259-8. ISSN: 0787-9172. ISBN: 978-951-711-260-4.
- Blomqvist, I & Johansson, T. 2004. Paikkatiedon tukimateriaali lukion maantieteen opettajille. Pdf-tiedosto. Viitattu 9.2.2014. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/paikkatieto.pdf>
- CSC – Tieteen tietotekniikan keskus. n.d. CSC tutuksi. Paikkatietojärjestelmät. Viitattu 9.2.2014. http://www.csc.fi/csc/tieteen_tietotekniikka_old/tieteen_sovelluksia/paikkatietojarjestelma/index_html.
- Ervasti, E. 1998. Organisaation paikkatietojen yhteiskäyttö. Helsingin yliopisto. Kulttuurimaantiede. Maantieteen laitos. Pro gradu –tutkielma.
- European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89). 2013. Bezirksregierung Köln. Viitattu 28.9.2013. http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/organisation/abteilung07/dezernat_71/raumbezugspunktfeld/bezugssysteme/lage/index.html.
- Fazal, S. 2008. GIS Basics. New Delhi: New Age International Publishers. Viitattu 2.9.2013. ISBN: 9788122423761.
- Geodeettinen laitos. n.d. Paikkatietojen yhteiskäyttö. Viitattu 25.9.2013. <http://www.fgi.fi/fgi/fi/teemat/paikkatietojen-yhteiskaytto>.
- Geodeettinen laitos. n.d. Korkeusmallit. Viitattu 23.2.2014. <http://www.fgi.fi/fgi/fi/teemat/paikkatietojen-yhteiskaytto>.
- Geographical Information Systems International Group. n.d. Projects. Viitattu 12.1.2014. <http://www.gisig.it/index.php/projects>.
- Gillet, A. 2007. Phase transitions in Bak-Sneppen avalanches and in a continuum percolation model. Pdf-tiedosto. Viitattu 16.2.2014. Vrije Universiteit. ISBN: 9789086591305

Huhtinen, M. Riikonen, T. Trast, I. Viitala, R. 2003. Paikkatietojärjestelmän perusteet. Virtuaali AMK.
<http://kronos.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/PaikkatietoWWW/perusteet/perusteindex.htm>

Huhtinen, M. Riikonen, T. Trast, I. Viitala, R. 2003a. Paikkatietojärjestelmän perusteet. Virtuaali AMK.
<http://kronos.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/PaikkatietoWWW/perusteet/vekras.htm>

Häkli, P. Puupponen, J. Koivula, H. Poutanen, M. 2009. Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muunnokset. Geodeettinen laitos tiedote 30. ISBN 978-951-711-273-4. ISBN-978-951-711-274-1. ISSN: 0787-9172.

Jokinen, M. 2013. Pohjavesien tarkkailusuunnitelma. Viiskivenharjun sora-alue. Pdf-tiedosto. Viitattu 15.10.2013.
http://www.askola.fi/uploads/files/destia_pv_tarkkailusuunnitelma.pdf.

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. 2008a. JHS 154 ETRS89-järjestelmään liittyvät karttaprojektiot, tasokoordinaatisto ja karttalehtijako. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta JUHTA. Pdf-dokumentti. <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs154>.

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. 2008b. JHS 163 Suomen korkeusjärjestelmä N2000. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta JUHTA. Pdf-dokumentti. <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS163/JHS163.pdf>.

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. 2012. JHS 158 Paikkatiedon metatiedot. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta JUHTA. Pdf-dokumentti. <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS158/JHS158.pdf>.

JL, Jätelaki. 17.6.2011/646

Käyhkö, N. 2013. Geoinformatiikka ja paikkatiedot. Tutkimuksen tietoa-ineistot (TTA)-työpaja. Pdf-dokumentti.
http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDcQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.csc.fi%2Fesc%2Fkurssit%2Farkisto%2Fta_tyopaja_turku%2Fgeoinformatiikka&ei=hwf5Uq34MMHOyg-PY3oHoDQ&usg=AFQjCNE1TInaZOGU1wa06qOPElp2XBeT0w&bvm=bv.60983673,d.bGQ

Löytönen, M. Toivonen, T. & Kankaanrinta, I. 2003. Globus GIS Paikkatietojärjestelmä. Porvoo: Werner Söderström Oy. ISBN: 951-0-260-89-4.

MaA, Valtioneuvoston asetus maa-ainesten ottamisesta nro 926/2005. 24.11.2005.

Maanmittauslaitos. n.da. Koordinaatit. Muunnokset. Viitattu 12.9.2013.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/koordinaatit/muunnokset>.

Maanmittauslaitos. n.db. Digitaaliset tuotteet. Maastotietokanta. Viitattu 12.9.2013. <http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/maastotietokanta>.

Maanmittauslaitos. n.dc. Digitaaliset tuotteet. Maastotietokannan osaelementit. Viitattu 12.9.2013.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/maastotietokannan-osaelementit>.

Maanmittauslaitos. n.dd. Paikkatietoikkuna. Avoin paikkatieto. Viitattu 23.9.2013. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/avoin-paikkatieto>.

Maanmittauslaitos. n.de. Digitaaliset tuotteet. Maastokartta. Viitattu 23.9.2013. <http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/maastokartta-1100-000>.

Maanmittauslaitos. n.df. Digitaaliset tuotteet. Maastokarttarasteri. Viitattu 23.9.2013.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/maastokarttarasteri-1100-000>.

Maanmittauslaitos. n.dg. Digitaaliset tuotteet. Jakelussa käytettävät karttalehti- jaot. Viitattu 23.9.2013.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/aineistot-palvelut/digitaaliset-tuotteet/ilmaiset-aineistot/jakelussa-kaytettavat-karttalehti-jaot>.

Maanmittauslaitos. n.dh. Kartotus. Laserkeilausaineisto. Viitattu 15.4.2014.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/laserkeilausaineisto>.

Maanmittauslaitos. n.di. Kartotus. Satelliittimittaus. Viitattu 15.4.2014.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/gps-mittaus>.

Maanmittauslaitos, Merenkululaitos & Merentutkimuslaitos. 2007. N2000 valtakunnallinen korkeusjärjestelmä. Pdf-tiedosto. Viitattu 6.1.2014.
http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/N2000_Valtakunnallinen_korkeusjarjestelma.pdf.

MaL, Maa-aineslaki. 24.7.1981/555.

Mäkinen, K. 2013. Pääkaupunkiseutu siirtyi yhteiseen koordinaattijärjestelmään. Pdf-tiedosto. Viitattu 31.3.2014.
https://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document_library/get_file?uuid=c8d9f488-8f4f-45ab-bc62-a8327f2068e2&groupId=108478

PaikkaOppi. n.d. Paikkatiedon hyödyntäminen ja paikkatietoanalyysit. Paikkatietoanalyysit tuottavat uutta tietoa. Viitattu 15.10.2013.
http://www.paikkaoppi.fi/Oppitunnit_ja_projektimallit/Oppituntikokonaisuudet/2.4.

Rainio, A. 2012. Paikkatiedon avaaminen Suomessa. Maanmittauslaitos. Helsinki: Maanmittauslaitos, pdf-tiedosto. Viitattu 24.9.2013. AvoinPaikkatieto_Rainio20121024Final.pdf.

<http://www.paikkatietoikkuna.fi/documents/108478/f6d6a02a-fb16-4a8c-aab0-8299e4fc98a6>.

Saarentaus, J & Viitasaari, J. 2013. Paikkatieto-osaaminen — suomalainen kasvuala. Viitattu 12.1.2014.

<http://www.teknologiateollisuus.fi/fi/uutishuone/tiedotteet/2013-11/paikkatieto-osaaminen-suomalainen-kasvuala>.

Sanastokeskus. 2011. Geoinformatiikan sanasto. Sanastokeskuksen julkaisu. Helsinki. Sanastokeskus TSK ry. Pdf-tiedosto. Viitattu 6.1.2014. ISBN 978-952-9794-28-7.

<http://www.tsk.fi/tiedostot/pdf/GeoinformatiikanSanasto.pdf>.

Suomen avoimien tietojärjestelmien keskus. n.d. Avoin lähdekoodi. Viitattu 12.1.2014. <http://coss.fi/avoimuus/avoin-lahdekoodi/>.

The Three Main Families of Map Projections. 2013. MathWorks. Viitattu 25.9.2013. <http://www.mathworks.se/help/map/the-three-main-families-of-map-projections.html>.

Tokola, T. Soimasuo, J. Turkia, A. Talkkari, A. Store, R. & Kangas, A. 1994. Paikkatieto ja paikkatietojärjestelmät. Joensuun yliopisto Metsätieteellinen tiedekunta. Silva Carelia. ISBN: 951-708-225-X.

Valtion ympäristöhallinnon virastot. 2013. Pohjavesialueet Viitattu 23.9.2013.

<http://metatieto.ymparisto.fi:8080/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid={F8321822-0A0D-4AC4-81E3-B9E3BE6386A2}>.

Vantaa. n.d. Karttakoordinaatisto. Korkeusjärjestelmä. Viitattu 6.1.2014.

http://www.vantaa.fi/fi/asuminen_ja_rakentaminen/maanmittauspalvelut/kartat_ja_ilmakuvat/karttakoordinaatisto/prime101_fi.aspx.

Ympäristöministeriö. 2013. Muualta tuodun pilaantumattoman kiviaineksen jätelunne ja murskaus luvanvaraisuus jätteen käsittelytoimintana. YM6/42/2013.

YSL, Ympäristönsuojelulaki. 4.2.2000/86.

YSA, Ympäristönsuojeluasetus. 18.2.2000/169.

Hemby, J E. n.d. Geographic Information Systems. Winston-Salem State University. Viitattu 23.1.2014.

http://computing.ornl.gov/internships/rams/archive/rams05/websites05/j_hemby/index.html