

# **Maamerkit mobiilisuunnistuksen apuna**

Pekka Kallioniemi

Tampereen yliopisto  
Informaatiotieteen yksikkö  
Vuorovaikutteinen teknologia  
Pro gradu -tutkielma  
Ohjaaja: Markku Turunen  
Maaliskuu 2012

Tampereen yliopisto

Informaatiotieteen yksikkö

Vuorovaikutteinen teknologia

Kallioniemi, Pekka: Maamerkit mobiilisuunnistuksen apuna

Pro gradu –tutkielma, 66 sivua, 1 liite

Maaliskuu 2012

---

Mobiililaitteiden avulla tapahtuva suunnistus on lähivuosina yleistynyt valtavasti ja nykypäivänä reittioppaita käyttävät myös jalankulkijat. Reittioppaat ovat kuitenkin kehitetty hyvin pitkälti autoilijoiden ehdoilla ja niiden ohjeistukset ovat varsin rajoitteisia. Tässä tutkielmassa on tutkittu maamerkkien käyttöä mobiilisuunnistuksen apuna. Tutkielmaa varten kehitettiin malli, joka korostaa maamerkkejä niiden huomattavuuden mukaan. Huomattavuus määritellään maamerkin strukturaalisilla, semanttisilla ja visuaalisilla ominaisuuksilla. Mallia varten toteutettiin sovellus joka korostaa maamerkkejä risteysalueilla.

Mallia evaluoitiin myös käyttäjätesteillä jossa testihenkilöille näytettiin kuvia risteysalueilta. Testihenkilö valitsi kuvien maamerkeistä mielestään huomattavimmat ja näitä tuloksia verrattiin mallin korostamiin maamerkkeihin. Tutkielman tavoitteena oli testata mallin toimivuutta korostettavien maamerkkien valitsemiseen ihmisiin verrattuna. Testien tulokset antoivat viitteitä mallin toimivuudesta. Mallin korostamat maamerkit ja testihenkilöiden mielestä huomattavimmat maamerkit vastasivat hyvin toisiaan.

Avainsanat: paikkatietoiset palvelut, maamerkit, mobiilinavigointi

# Sisältö

<b>1 Johdanto .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Paikkatieto.....</b>	<b>3</b>
2.1 Mistä paikkatieto koostuu? .....	3
2.1.1 Sijaintitieto .....	3
2.1.2 Ominaisuustieto .....	4
2.1.3 Paikkatiedon visualisoiminen .....	5
2.2 Paikkatietojärjestelmät.....	6
2.2.1 Paikkatietojärjestelmät ja metatieto.....	7
2.2.2 Vektori- ja rasteritasot .....	7
2.3 Koordinaattijärjestelmät ja paikkatieto.....	10
2.3.1 Karttaprojektio ja tarkistuspiste.....	10
2.3.2 Geokoodaus .....	11
<b>3 Mobiilit karttapalvelut .....</b>	<b>14</b>
3.1 Yleistä karttapalveluista .....	14
3.2 Karttapalvelut mobiiliympäristössä.....	17
3.2.1 Teknologiset haasteet .....	18
3.2.2 Ympäristölliset ja sosiaaliset haasteet .....	20
3.3 Paikkatietoiset palvelut.....	20
<b>4 Mobiilinavigointi ja maamerkit .....</b>	<b>23</b>
4.1 Navigointi mobiileissa karttapalveluissa .....	24
4.2 Maamerkit suunnistuksen apuna .....	25
<b>5 Formaali malli maamerkkien korostamiseen .....</b>	<b>29</b>
5.1 Maamerkkien attraktiivisuuden mittaaminen .....	29
5.1.1 Visuaalinen attraktio.....	29
5.1.2 Semanttinen attraktio .....	30

5.1.3	Strukturaalinen attraktio .....	31
5.2.4	Kokonaisattraktion laskenta .....	32
5.2.5	Näkyvyys .....	33
5.2	Mallin jatkokehitys .....	34
5.2.1	Näkyvyys 3D-avaruudessa .....	35
5.2.2	Visuaalisen, semanttisen ja strukturaalisen attraktion arviointi .....	37
5.2.3	Maamerkkien erottuminen ympäristöstä ja niiden korostus .....	38
<b>6</b>	<b>Maamerkkejä korostava karttasovellus ja sen testaus .....</b>	<b>41</b>
6.1	Sovellusarkkitehtuuri .....	41
6.2	Sovelluksen tehtävät .....	43
6.3	Maamerkkejä korostavan mallin evaluointi .....	47
6.3.1	Risteys 1 - Aurorankatu / Nervanderinkatu .....	48
6.3.2	Risteys 2 - Fredrikinkatu / Malminrinne / Urho Kekkosen katu .....	49
6.3.3	Tulokset .....	51
<b>7</b>	<b>Yhteenveto .....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>Viitteet .....</b>	<b>57</b>
<b>Liitteet</b>	<b>.....</b>	<b>63</b>
Liite 1:	Kyselylomake .....	63

# 1 Johdanto

Mobiililaitteiden ja Internetin kehitys ovat muokanneet valtavasti tapaamme kommunikoida jokapäiväisessä elämässämme. Langattomat verkot mahdollistavat ensimmäisen kerran sisällöntuotannon ja -siirron missä ja minne tahansa. Lisäksi langattomien verkkojen avulla sisältöä voidaan tuottaa myös täysin uudella tavalla, käyttäjän kontekstista riippuvalla tavalla. Tämä on tarjonnut sovelluskehittäjille mahdollisuuden luoda täysin uudenlaisia palveluita. Näissä palveluissa voidaan hyödyntää esimerkiksi GPS:n avulla paikannettua loppukäyttäjän sijaintia tai paikkatietojärjestelmistä saatuja paikkatietoja. Tällaisia sovelluksia kutsutaan paikkatietoisiksi palveluiksi ja niitä kehitetään erityisesti mobiiliympäristöjä ajatellen.

Paikkatietoon perustuva mobiilikehitys ja siihen liittyvä kauppa on viime vuosina kasvanut valtaviin mittoihin, eikä kaupan taantumisesta näy merkkejä. Tutkimusyriety Gartner listasi vuonna 2009 kymmenen merkittävintä kuluttajan mobiilisovellusta vuodelle 2012. Näistä paikkatietoa hyödyntävät sovellukset olivat sijalla 2. Paikkatietoa hyödyntävien käyttäjien määrän uskotaan kasvavan yli viiteensataan miljoonaan. Vuonna 2009 käyttäjiä oli Gartnerin mukaan n. 96 miljoonaa (Gartner Inc., 2009).

Yksi käytetyimmistä paikkatietoa hyödyntävistä sovellusaloista ovat erilaiset karttapalvelut. Näistä erityisen suosittuja ovat erilaiset reittioppaat kuten Google Maps ja Bing Maps. Alunperin reittioppaita kehitettiin autoihin ja niitä käytettiin erillisissä autonavigaattorilaitteissa, mutta nykyään ne löytyvät integroituna myös älypuhelimien ja tablet-laitteisiin. Näiden laitteiden mobiiliuden vuoksi sovellukset soveltuvat nykyisin myös jalankulkijoiden käyttöön.

Jalankulkijat käyttävät hyvin usein suunnistuksen apuna erilaisia maamerkkejä, kuten risteykset ja rakennukset. Sama pätee myös karttoihin ja paikkatietojärjestelmiin: jos kartalla on tuttuja maamerkkejä, löytää käyttäjä sijaintinsa kartalla huomattavasti nopeammin (Haklay, 2010, s. 31). Maamerkkien tärkeys suunnistuksessa onkin todistettu useissa tutkimuksissa (Pick ja muut 1995, Burnett 2000, Gunzelmann ja muut 2004, Peebles ja muut 2007). Tämä korostuu varsinkin jalankulkijoiden navigoinnissa, sillä

navigointi kävellessä on huomattavasti autonavigointia vapaampaa ja jalankulkijalla on enemmän aikaa tarkkailla ympäristöä ja reagoida yllättäviin tilanteisiin. Maamerkkien käytöstä on paljon hyötyä reittioppaissa - ne auttavat organisoimaan tilaa ja toimivat referenssipisteinä ympäristössä. May ja muut (2003, s. 331-338) tutkivat maamerkkien käyttöä kaupunkiympäristöissä ja tutkimuksessaan he totesivat että ne ovat jalankulkijan tärkeimpiä navigointipisteitä ja että niiden käyttöä tulisi korostaa erilaisissa reitti- ja karttapalveluissa.

Reittioppaiden ohjeissa ei kuitenkaan juurikaan huomioida maamerkkejä. Tässä tutkielmassa lähdettiin kehittämään Raubalin ja Winterin luomaan malliin pohjautuvaa mallia, jossa reitin varrella olevia, huomattavia ja suunnistuksen kannalta relevantteja maamerkkejä korostetaan karttapalveluiden reiteillä. Korostettavat maamerkit valikoidaan laskemalla maamerkeille ns. kokonaisattraktioarvo, eli sen huomattavuus reitin kontekstissa. Kokonaisattraktioarvo muodostuu maamerkin visuaalisesta, semanttisesta ja strukturaalisesta attraktioarvosta. Tämän lisäksi maamerkeille lasketaan näkyvyys, jolloin mallista voidaan jättää pois ne maamerkit, jotka eivät ole suunnistajalle näkyvissä. Tämän jälkeen mallin saamia tuloksia verrataan testihenkilöiden tekemiin arvioihin maamerkkien näkyvyyksistä. Tavoitteena on selvittää, eroavatko testihenkilöiden ja mallin valitsemat maamerkit toisistaan ja voisiko tällainen malli valikoida ja korostaa maamerkkejä samalla tavalla kuin reitillä suunnistava jalankulkija.

Tutkielma rakentuu seuraavalla tavalla: Luvussa 2 esitellään paikkatiedon käsite sekä paikkatieto- ja koordinaattijärjestelmät. Luvussa 3 käydään läpi mobiilien karttapalveluiden peruskäsitteet ja niiden teknologiset, ympäristölliset ja sosiaaliset haasteet sekä paikkatietoisten palveluiden perusteet. Luvussa 4 kerrotaan mobiilinavigoinnista ja maamerkeistä mobiilinavigoinnin apuna. Luvussa 5 esitellään Winterin ja Raubalin (2002) malli maamerkkien attraktioarvon määrittelystä ja sen jatkokehityksestä. Luvussa 6 kerrotaan tutkielmaa varten kehitetystä mallista ja sen testauksesta. Luvussa 7 esitetään yhteenveto tutkielmasta ja ehdotus mahdollisesta jatkotutkimuksesta aiheeseen liittyen.

## **2 Paikkatieto**

Paikkatieto on tietoa, johon liittyy maantieteellinen sijainti (Ahonen ja muut, 2005, s. 9). Se on paikannettua kohdetta tai ilmiötä kuvaavan sijaintitiedon ja ominaisuustiedon muodostama looginen tietokokonaisuus (Rainio 1988, s. 64). Paikkatietoja yhdistävän eli paikantavan tekijän avulla eri lähteistä olevia paikkatietoja voidaan yhdistää, niille voidaan tehdä maantieteellisiä analyysejä sekä tuottaa havainnollisia karttoja kuvaamaan erilaisia kohteita ja ilmiöitä (Ervasti, 1998, s. 31).

Paikkatieto voi olla niin luonnon- tai kulttuuriympäristön osa kuin aineeton ilmiö tai toiminto. Paikkatiedot ovat tietokonemuotoisia kartta- ja rekisteritietoja, jotka kuvaavat mm. luonnonvaroja, maankäyttöä ja maankäytön suunnitelmia, maanomistusta, asutusta ja elinkeinotoimintaa, liikenneverkkoja ja yhdyskuntahuollon verkkoja sekä ympäristön tilaa (PYK, 1996, s. 1). Paikkatietoaineistoksi aineiston tekee se, että kuvatut kohteet ja ilmiöt on paikannettu suoraan koordinaatein tai viitaten yksikäsitteisin tunnuksin toisiin koordinaatein paikannettuihin kohteisiin (PYRY, 1996, s. 14). Paikkatietoaineistoja käytetään yleensä paikkatietojärjestelmien avulla.

### **2.1 Mistä paikkatieto koostuu?**

Paikkatieto on tietoa, jolle voidaan osoittaa maantieteellinen sijainti. Paikkatieto voidaan osoittaa vain, jos sen sijainti maan suhteen tunnetaan. Kohteen sijainti tiedetään useimmiten lähiosoitteena, postinumerona tai paikkakuntana. Paikkatietoelementit koostuvat aina sijaintitiedosta (missä jotakin on) ja ominaisuustiedosta (mitä jossakin on). Perinteisen kaksi- ja kolmiulotteisen näkökannan lisäksi useita paikkatietoaineistoja voidaan tarkastella myös neljännen ulottuvuuden avulla. Neljäs ulottuvuus eli aika tuo lisämahdollisuuksia erilaisten ilmiöiden tutkimiseen ja esittämiseen. Ajan merkitys ei ole siis enää pelkkä ominaisuus, vaan sitä voidaan käyttää neljäntenä kohdetta ilmentävänä ulottuvuutena. Tätä voidaan käyttää esimerkiksi spatiaalisen diffuusion mallintamisessa. (Ervasti, 1998, s. 31)

#### **2.1.1 Sijaintitieto**

Sijaintitieto ilmoittaa paikkatiedon maantieteellisen sijainnin, eli sen koordinaatit. Sijaintitiedon avulla ilmoittaa myös paikkatiedon muoto – piste, viiva tai alue – sekä sen suhde muihin kohteisiin. Yhdessä nämä paikkatiedot muodostavat geometrisiä rakenteita

kuten pisteistö, verkosto, aluejako ja ruudusto. Luonnossa kohteilla on vähintään kaksi ulottuvuutta. Paikkatiedon osalta joudutaan tekemään yleistyksiä, jolloin esimerkiksi kaivo kuvataan pisteenä ja tie viivana (Ervasti, 1998, s. 37). Paikkatiedon sijaintia osoittavan ominaisuuden ei tarvitse olla mihinkään koordinaattijärjestelmään lukeutuva tieto, vaan sijainti voidaan ilmoittaa myös tunnusviittauksella tai sijaintiyhteyttä käyttäen eli viittaamalla joihinkin toisessa järjestelmässä oleviin tietoihin (Rainio, 1988, s. 11). Viittaus tulee kuitenkin lopulta osoittaa johonkin koordinaattitietoon.

Koordinaattien ja muodon lisäksi sijaintitietoon voidaan liittää myös topologiatietoa. Topologiatieto kuvaa kohteen suhdetta toisiin geometrisiin kohteisiin (Blom, 1995, s. 4). Se on paikkatiedon tärkeä ominaisuus, sillä sen avulla voidaan toteuttaa kohteiden suhteita kartoittavia maantieteellisiä analyysejä. Topologiatietojen informaation kohteiden väliset suhteet siis mahdollistavat analyyseiden tekemisen ilman erillisiä koordinaattitietoja. Paikkansapitävän topologian luonti kuitenkin vaatii hyvät ja paikkansapitävät koordinaattitiedot.

### **2.1.2 Ominaisuustieto**

Usein paikkatietoon liittyy myös ei-spatiaalista eli ominaisuustietoa. Ominaisuustieto on kohteen yksilöivien, paikantavien, ajoittavien ja kuvailevien tietojen kokonaisuus (Blom, 1995, s. 4). Ominaisuustieto voi olla luonteeltaan esimerkiksi kuvailevaa eli laadullista, määrällistä, ajoittavaa tai paikantavaa. Ominaisuustieto voidaan siis jakaa kvalitatiiviseen tai kvantitatiiviseen. Kvantitatiiviset ominaisuustiedot voivat olla esimerkiksi BKT alueittain ja kvalitatiivinen tieto voi olla esimerkiksi mielipide tai henkilökohtainen kokemus. Näin voidaan laatia karttanäkymiä esimerkiksi poliittisten mielipiteiden jakautumisesta tietyllä alueella (Kraak & Ormeling, 1998, s. 5). Paikkatietojärjestelmissä ominaisuustiedot kerätään ominaisuustietotaulukoihin (Taulukko 1). Näissä taulukoissa kukin rivi vastaa yhtä paikkatieto-objektia ja sille on määritelty myös sijaintitieto.



Sija	Vuori	Korkeus (m)	Koordinaatit
1	Mount Everest/Sagarmatha /Chomolungma	8,848	27°59'17"N 86°55'31"E
2	K2/Qogir/Godwin Austen	8,611	35°52'57"N 76°30'48"E
3	Kangchenjunga	8,586	27°42'09"N 88°08'49"E
4	Lhotse	8,516	27°57'42"N 86°55'59"E
5	Makalu	8,485	27°53'21"N 87°05'19"E

*Taulukko 1: Ominaisuustaulukko korkeimmista vuorista (muokattu lähteestä Wikipedia, 2010).*

Paikkatietoelementeistä, joilla on jokin yhteinen tekijä (esimerkiksi sijainti tietyllä alueella), voidaan koota paikkatietoaineisto. Paikkatietoaineisto voi sisältää esimerkiksi tietyn kaupungin kaikkien moottoriteiden sijainnit ja niihin liitettynä ominaisuustietona vaikkapa tien päivittäisen liikennemäärän.

### 2.1.3 Paikkatiedon visualisointi

Paikkatieto on luonteeltaan yleensä numeerista. Visualisoinnin avulla numeerisesta paikkatiedosta tehdään käyttäjälle helpommin ymmärrettävää. Tapoja ja välineitä visualisointiin on useita, mutta lopputuloksena on aina jonkinlainen kartta. Paikkatietodatan mallinnus (pisteet, viivat ja alueet) tapahtuu koordinaattien avulla ja mallin siirtäminen päätelaitteen näytölle vaatii muunnoksen alkuperäisestä koordinaattiavaruudesta näytön pikselikoordinaatistoon. Paikkatietojen visualisointiprosessi voidaan jakaa viiteen osaan:

- Paikkatietojen kerääminen
- paikkatietomallin muodostaminen ja tallennus
- visualisoitavan aineiston valinta
- muunnos mallista kuvaksi
- kuvan piirto näytölle

Paikkatietojen kerääminen ja paikkatietomallin muodostaminen suoritetaan yleensä tavallisesti esikäsittelyvaiheessa. Tämän jälkeen paikkatietomalli tallennetaan esimerkiksi tietokantaan. Paikkatietoa käsittelevät tietojärjestelmät tallentavat yleensä spatiaalisen sijaintitiedon lisäksi myös ominaisuustietoa. Nykyisissä tietokannoissa onkin sisäänrakennettu tuki spatiaalisen tiedon käsittelyyn ja niihin on lisätty mm. tuki

vektorimuotoisille tietoalkioille (piste, viiva, alue), spatiaalisia hakukielen laajennuksia, algoritmeja spatiaalisille haulle ja tuki spatiaalisille indekseille (Ravada, 2003). Visualisointitavasta riippuen aineiston valinta ja muunnos kuvaksi suoritetaan joko esikäsittelyvaiheessa tai ajon aikana. Ajon aikana tapahtuva muunnos suoritetaan joko palvelimella tai asiakaslaitteella.

Jos käytettävä paikkatieto on vektorimuodossa ja kohdelaitteen suoritusteho on riittävä, kannattaa kartat piirtää suoraan laitteella, jolloin niiden käsittelystä saadaan dynaamisempaa (Ravada, 2003). Vektorimalli voi olla joko binäärinen tai tekstipohjainen. Binäärimuotoista vektoridataa tarjoaa esimerkiksi ESRI:n Shapefile ja tekstimuotoista dataa XML:n perustuva SVG (Scalable Vector Graphics). Jos mobiililaitteella tehtävä laskenta halutaan minimoida, voidaan karttojen piirto suorittaa myös palvelimella. Tällöin kartta lähetetään mobiililaitteelle yleensä kompressoituna kuvatiedostona. Tämä luonnollisesti vähentää kartan dynaamisuutta. Kartan piirto voidaan myös jakaa mobiililaitteen ja palvelimen välille esimerkiksi niin, että kartan pohjat piirretään palvelimella ja reittitiedot lasketaan ja piirretään mobiililaitteessa (Aittola, 2003, s.33).

## **2.2 Paikkatietojärjestelmät**

Paikkatietojärjestelmä (Geographic Information System, eli GIS) on järjestelmä jonka avulla tuotetaan, tallennetaan, hallinnoidaan, analysoidaan ja esitetään maantieteellistä informaatiota. Paikkatietojärjestelmä koostuu laitteistoista, ohjelmista, paikkatietoaineistoista, käyttäjistä ja käytänteistä. Yleensä paikkatietojärjestelmät jaetaan käyttötarkoituksen mukaan kahteen luokkaan: tapahtuma- ja tiedonhallintapainotteisiin tietojärjestelmiin sekä analyysipainotteisiin päätöksenteon tukijärjestelmiin (Ahonen ja muut, 2005, s. 9). Paikkatietojärjestelmien kehitys jatkuu edelleen, ja niiden avulla on ratkaistu useita paikkatietoon liittyviä ongelmia. Esimerkiksi suuren informaatiomäärän sisältäviä karttoja on vaikea käsitellä, varastoida ja kopioida. Paikkatietojärjestelmät helpottavat tällaisten karttojen käsittelyä ja samalla keskittävät kaiken karttaan liittyvän tiedon yhteen paikkaan (Goodchild, 1997, s.390).

Paikkatietojärjestelmässä paikkatiedot tallennetaan tietokantoihin, joissa sijaintitieto ja ominaisuustieto on yhdistetty kokonaisuudeksi. Näin tietoa voidaan tarkastella esimerkiksi taulukkomuodossa tai visuaalisena karttaesityksenä. Paikkatietojärjestelmät mahdollistavat

useiden erilaisten aineistojen samanaikaisen ja joustavan tarkastelun. Näin paikkatietoaineistot, kuten tiet, rakennukset tai korkeuserot voidaan kuvata päällekkäin asetettuina omina tasoinaan, jolloin erilaisten alueellisten ilmiöiden välisiä suhteita voidaan tarkastella selkeästi ja havainnollisesti

### **2.2.1 Paikkatietojärjestelmät ja metatieto**

Paikkatietoaineistoon liittyy usein sitä kuvailevaa tietoa, jota kutsutaan metatiedoksi. Metatieto on tietoa tiedosta, sisällöstä tai dokumentin osista. Metatietoa voidaan tallentaa monessa formaatissa, esimerkiksi tekstitiedostona, XML-dokumenttina tai tietokannan osana. Metatieto on hyödyllistä varsinkin paikkatietoaineiston käyttäjille, sillä se sisältää paljon sellaista tietoa, joka ei välttämättä itse aineistoa katselemalla selviä. Metatiedon tulisi sisältää yksityiskohtaiset vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

1. Mikä taho on kerännyt alkuperäisen materiaalin ja kuka on siitä vastuussa?
2. Mikä on materiaalin tarkoitus?
3. Mitä materiaali sisältää?
4. Mitkä materiaalin tiedot ovat pakollisia ja mitkä vaihtoehtoisia?
5. Mitä terminologiaa ja mittakaavaa materiaalissa on käytetty?
6. Kuinka käyttäjät pääsevät käsiksi materiaaliin?
7. Minkä maantieteellisen alueen materiaali kattaa?
8. Mitä protokollia materiaalin käsittelyyn tarvitaan?

(Tschangho, 1999, s. 173)

Paikkatietojärjestelmien metatiedolle käytetään yleensä ISO 19115-standardia. ISO 19139-standardi taas määrittää metatiedon sisältävän XML-dokumentin rakenteen.

### **2.2.2 Vektori- ja rasteritasot**

Paikkatietoa käytetään yhteiskunnassa lähes jokaisella sektorilla, joten sitä myös tuotetaan paljon. Kaupunkien ja kuntien kehitys ja kaavoitus vaatii uuden paikkatiedon tuottamista. Erilaiset kartoitustyöt – liittyvät ne sitten uuden moottoritien tai luonnonsuojelualueen suunnitteluun – tuottavat jatkuvasti uusia paikkatietoaineistoja ja luonnollisesti vaativat myös vanhan paikkatiedon päivitystä. Tutkimusaloilla taas erilaiset ilma- ja satelliittikuvat tuovat jatkuvasti uutta paikkaan sidottua tietoa tutkijoiden ja muiden ammattilaisten

käyttöön. Teknisesti tietokonepohjaisissa paikkatietojärjestelmissä paikkatieto jaetaan tyypillisesti kahteen erilaiseen muotoon: rasteri- ja vektorimuotoiseen paikkatietoaineistoon (Kuvio 1). Usein rasteri- ja vektoriaineistoja käytetään samanaikaisesti yhdessä, mutta ne soveltuvat eri tavoin erilaisten ilmiöiden kuvaamiseen (Fazal, 2008, s. 108-109).



*Kuvio 1: Paikkatietojärjestelmä koostuu useista vektori- ja rasteritasoista.*

Rasterimuotoinen paikkatietoaineisto on kuvamuotoista paikkatietoaineistoa joka koostuu pikseleistä. Rasteriaineiston yksi pikseli on kuvan pienin yksikkö ja kuvaa tiettyä aluetta, esimerkiksi yhtä neliökilometriä maastossa. Mitä pienemmän alueen rasteriaineiston yksi pikseli kuvaa, sitä tarkempi aineiston resoluutio on. Rasteriaineistossa pikselit siis muodostavat kuvatiedoston. Sijainti- ja ominaisuustieto rasteriaineistossa tallennetaan jokaiselle pikselille erikseen. Pikselin sijaintitieto määräytyy sen mukaan, missä pikseli sijaitsee kuvan ruudukossa. Pikselille määritetty värisävy tai kirkkausarvo puolestaan kuvaa pikselin tiettyä ominaisuutta.

Tavallisinta rasterimuotoista paikkatietoaineistoa ovat mm. erilaiset ilma- ja satelliittikuvat (Fazal, 2008, s. 110). Paikkatietoaineistoiksi kuvat muuttuvat siinä vaiheessa, kun ne sidotaan tiettyyn koordinaattijärjestelmään, jolloin jokaiselle pikselille annetaan oma sijaintitieto. Ilma- ja satelliittikuvia voidaan käyttää paikkatietoanalyysissä sellaisenaan, jolloin kuvista voidaan määrittää esimerkiksi erilaisia maankäyttöalueita tutkimalla pikseleiden saamia heijastusarvoja.

Vektorimuotoisessa paikkatietoaineistossa kohteet voidaan kuvata geometrisina pisteinä, viivoina tai alueina. Kullekin kuvattavalle pisteelle määritellään x- ja y-koordinaatit (kolmiulotteisissa aineistoissa myös z-koordinaatit) jonka jälkeen syötetään pisteen ominaisuustiedot. Tämän jälkeen ne tallennetaan paikkatietokantaan. Yhden pisteen

kuvaamiseen tarvitaan pisteen koordinaattitiedot. Suoran viivan kuvaaminen vaatii puolestaan sen lähtö- ja päätepisteen koordinaatit. Alueet kuvautuvat alueen rajan pisteinä ja niiden sisään jäävänä alueena.

Tyypillisimpiä vektoriaineistoja ovat esimerkiksi digitoinnin avulla tuotetut kartta-aineistot. Digitoitaessa esimerkiksi ilmakuvia, niiden vektorimuotoiset kohteet jäljennetään ilmakuvan päälle. Näin rasterikuvasta voidaan tehdä esitys, jossa erilaiset maankäyttötyypit digitoidaan aluemaisiksi segmenteiksi. Vektoriaineistoista on hyvä kuvata myös viivamaiset kohteet kuten tiet ja joet. Esimerkiksi autonavigaattoreissa tielinjat ja GPS-vastaanottimella määritellyt reitit ovat vektorimuotoisia aineistoja.

Rasteri- ja vektoriaineistot ovat sisällöltään ja käyttötarkoituksiltaan erilaisia, mutta niillä kummallakin on omat sovellusmahdollisuutensa paikkatietojärjestelmissä. Molemmilla aineistotyypeillä on myös omat rajoituksensa. Rasteriaineistojen huono puoli on niiden laajuus - koska rasteriaineistot ovat usein resoluutioltaan tarkkoja kuvatiedostoja, ovat ne yleensä myös tiedostokooltaan isoja. Tästä syystä rasteriaineistojen prosessointi paikkatieto-ohjelmistoissa tai siirto tietoverkkoja pitkin saattaa olla erittäin hidasta. Tämä ongelma korostuu varsinkin mobiilipuolella, jossa verkkokapasiteetti on huomattavasti perinteisiä verkkoja pienempi. Vektoriaineistot taas ovat tiedostokooltaan hyvin pieniä, jolloin niiden lataus verkossa on nopeaa ja prosessointi vaivatonta.

Vektoriaineistoja on myös huomattavasti helpompi käsitellä. Yksittäisen pisteen, viivan tai alueen sijaintia ja sen ominaisuustietoja voidaan muokata helposti ja kohteille tallennettuja ominaisuustietoja voidaan etsiä paikkatietokannasta erittäin nopeasti. Rasteriaineistossa tämä taas vaatisi koko aineistokuvan käsittelyä. Lisäksi vektoriaineistoilla on mahdollista kuvata kohteiden luonnollisia muotoja tarkemmin kuin rasteriaineistoilla. Vektorialue voi mukailla esimerkiksi järven reunoja sen ”oikeiden” muotojen mukaisesti, kun taas rasteriaineistossa järvi esitetään pikselielementtien kautta.

Näiden aineistojen erot tulevat selkeimmin esille, kun niitä tarkastellaan lähempää. Zoomatessa rasteriaineistoa se pikselöityy, eli sen nelikulmainen pikselirakenne tulee esille ja aineiston selkeys ja tarkkuus kärsii. Vektorimuotoinen aineisto sen sijaan skaalautuu vapaasti ja sen luettavuus ei rasteriaineistojen tavoin kärsi suurentamisesta.

Rasteriaineistot ovat puutteistaan huolimatta käyttökelpoisia monissa paikkatietoa käyttävissä sovelluksissa. Koska rasteriaineistot koostuvat ainoastaan kuvista, on niiden tuottaminen suhteellisen yksinkertaista ja edullista. Niiden merkittävä hyöty on myös mahdollisuus esittää niin kutsuttuja jatkuvia ilmiöitä. Tällaisia ilmiöitä ovat esimerkiksi korkeuserojen kuvaukset - korkeita alueita voidaan kuvata tummemmilla sävyillä ja matalalla sijaitsevia alueita vaaleammilla sävyillä.

## **2.3 Koordinaattijärjestelmät ja paikkatieto**

Koordinaatistot ovat tärkeässä osassa kun paikkatietoa käsitellään. Kaksi- tai kolmiulotteisten koordinaatistojen käsittelyä tarvitaan aina, kun käytettävä sijaintitietomalli on edes osittain geometrinen. Koordinaattijärjestelmään tallennetaan mm. järjestelmän tarkka määrittely, koordinaatiston geometrinen muoto ja suuntautuneisuus. Koordinaattijärjestelmät ovat matemaattisia abstrakteja ja jotta niitä voitaisiin soveltaa reaali maailman tilanteisiin, ne täytyy sitoa joihinkin reaali maailman pisteisiin. Tätä realisaatiota kutsutaan koordinaatistiksi. (Poutanen, 1998, 272 s.)

### **2.3.1 Karttaprojektio ja tarkistuspiste**

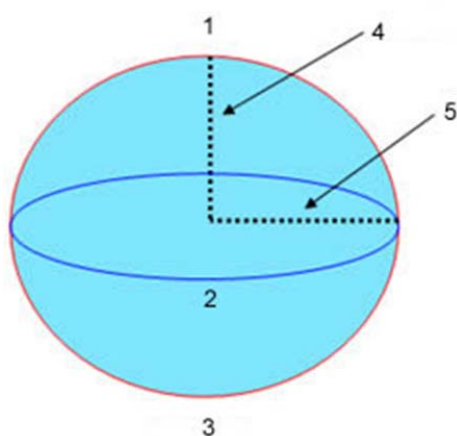
”Karttaprojektio on matemaattinen ilmaisutapa, jota käytetään kuvaamaan maan pyöreää ja kolmiulotteista pintaa litteällä kaksiulotteisella kartalla” (Google, 2011). Prosessin aikana syntyy aina vääristymiä (esimerkiksi mittakaavassa, muodossa tai suunnassa) minkä vuoksi on kehitetty erilaisia projektioita. Näin kartan jokainen tietty ominaisuus voidaan esittää tarkasti ja sovittaa paremmin tiettyntyyppisille kartoille. Väärinkäsitysten ja paikannusvirheiden, kuten myös yhdistettävyyden takia tulee tarkkaan tietää paikkatiedossa käytetty koordinaattijärjestelmä sekä muunnosvaatimukset ja -tavat. Tässä tutkielmassa käytettävä Google Maps-karttapalvelu käyttää Lat/Lon WGS84-projektiota. ”Se on yksinkertainen karttaprojektio, jossa pituus- ja leveyspiirit ovat tasavälisiä suoria viivoja, ja leikkaavat toisensa suorassa kulmassa.” (Google, 2011)

Projektio vaatii myös ns. tarkistuspisteen. Koska maa ei ole täysin pyöreä vaan ellipsoidin muotoinen, tarvitaan tarkistuspiste maan todellisen muodon esittämiseen matemaattisin termein (Kuvio 2). Se määrittää myös leveys ja pituusasteiden koordinaattien suhteen maan pinnan pisteisiin ja antaa pohjan maan korkeuserojen mittaamiseen. Myös tarkistuspisteissä ja maan muodon esittämisessä on olemassa monenlaisia muotoja. Alla olevassa taulukossa

(Taulukko 2) näkyvät yleisimmät järjestelmät ja niiden isoakselin ja pikkuakselin puolikkaan sijainnit.

Koordinaattijärjestelmä	Isoakselin puolikas	Pikkuakselin puolikas
NAD83	6 378 137,0	6 356 752,3141
WGS84	6 378 137,0	6 356 752,3142
Clark 1866	6 378 206,4	6 356 583,8
Airy 1830	6 377 563,4	6 356 256,9

Taulukko 2: Yleisimmät koordinaattijärjestelmät ja niiden iso- ja pikkuakselin puolikkaat. (Google, 2011)



Kuvio 2: Tarkistuspisteen määrittäminen iso- ja pikkuakselin puolikkailla. 1. Pohjoisnapa 2. Päiväntasaaja 3. Etelänapa 4. Pikkuakselin puolikas tai napasäde 5. Isoakselin puolikas tai päiväntasaajan säde (Google, 2011).

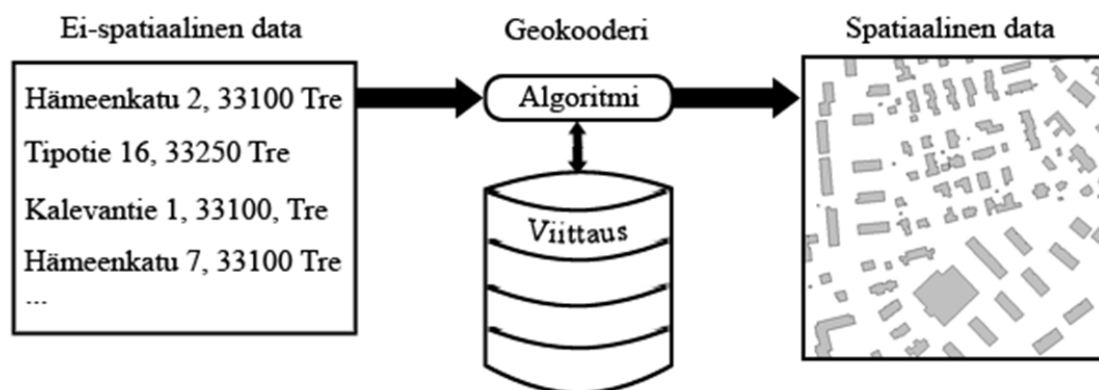
### 2.3.2 Geokoodaus

Fyysiset sijainnit ja paikat ilmoitetaan yleensä ihmisille helpoimmassa muodossa eli tekstuaalisena. Suomessa osoite sisältää yleensä kadunnimen ja numeron, postinumeron ja paikkakunnan. Tietokoneille tällaisten tietojen käsitteleminen on kuitenkin hankalaa – ne selviävät helpommin diskreetistä ja selkeästä maantieteellisestä informaatiosta (Goldberg, 2008, s. 3). Geokoodaus on prosessi jossa osoitteita muutetaan maantieteellisiksi koordinaateiksi. Nämä maantieteelliset koordinaatit esitetään yleensä leveys- ja

pituusasteina. Koordinaatiston nollapisteenä toimivat Greenwichin nollameridiaani ja päiväntasaaja.

Leveyspiiri ilmoittaa pisteen koordinaatin pohjois-etelä-suunnassa. Maantieteellinen leveyspiiri määritellään päiväntasaajan tason ja ellipsoidinpinnan normaalin välisenä kulmana. Leveyspiiri kulma ilmoitetaan asteina ja sen eteen lisätään joko +/N tai -/S riippuen siitä, onko piste päiväntasaajan pohjois- vai eteläpuolella. Pituuspiiri ilmoittaa pisteen koordinaatin itä-länsi-suunnassa. Sen arvo on Greenwichin meridiaaniin yhtyvän tason ja pisteen kautta kulkevan meridiaanin välinen kulma. Myös pituuspiirin arvo ilmoitetaan asteina ja eteen lisätään +/W tai -/E merkitsemään Greenwichin länsi- tai itäpuolta. (Poutanen, 1998, s. 275)

Esimerkiksi fyysinen osoite Pispalan valtatie 43, 33250, Tampere voitaisiin esittää koordinaatteina muodossa 61.50501 leveysastetta ja 23.711414 pituusastetta. Käänteiseksi geokoodaukseksi sanotaan prosessia, jossa tietyn kartan pisteen leveys- ja pituusaste halutaan muuttaa fyysiseksi osoitteeksi. Geokoodauksen avulla voidaan siis paikallistaa tietty piste kartalta. Yleisellä tasolla geokoodaus jakaantuu kolmeen tasoon: syötetty tieto (esimerkiksi katuosoitteista koostuva tietokanta), koodauksen suorittava sovellus ja geokoodattu spatiaalinen informaatio. Koodauksen suorittava sovellus sisältää geokoodaukseen tarvittavan algoritmin (mm. tiedot käytettävästä koordinaattijärjestelmästä) sekä jonkinlaisen tietojärjestelmän johon geokoodattu informaatio tallennetaan (Kuvio 3). (Goldberg, 2008, s. 26)



Kuvio 3. Geokoodauksen perustasot. (Goldberg, 2008, s.26)



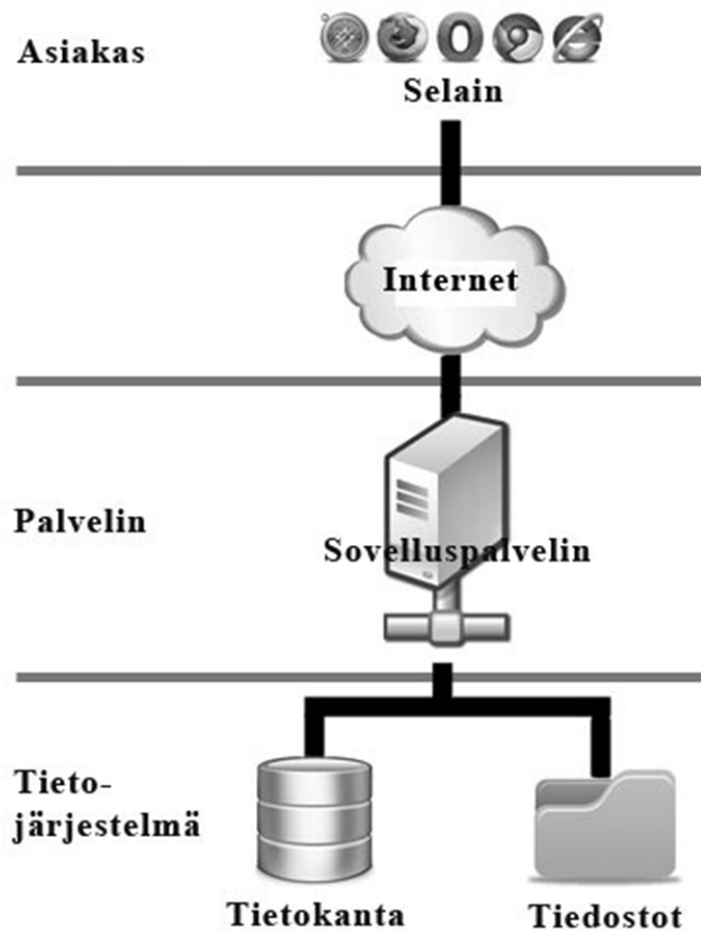
Geokoodauksen yleisin käyttökohde ovat karttapalveluiden käyttämät ohjelmointirajapinnat eli API:t. Ne ovat käyttöliittymiä, joiden välillä eri ohjelmistot voivat tehdä pyyntöjä ja vaihtaa tietoa, eli keskustella keskenään. Geokoodauksessa tämä keskustelu tapahtuu yleensä HTTP-kutsujen avulla. Ennen näiden rajapintojen ilmestymistä geokoodausta tehtiin lähinnä raskailla verkkopohjaisilla karttapalveluilla kuten MapServer ja ArcIMS. Näiden sovellusten käyttö vaatii kuitenkin ohjelmointiosaamista ja palvelinpuolen hallintaa (Haklay ja muut, 2008, s. 2020). Lisäksi ohjelmointirajapinnat tarjoavat käyttäjille suuret määrät valmista, korkealaatuista maantieteellistä materiaalia kuten karttoja, satelliittidataa ja maamerkkien sijainteja. Nykyiset ohjelmistorajapinnat kykenevät tehokkaasti esittämään sekä rasteri- että vektoridataa (Chow, 2008, s. 179). Vaikka ohjelmistorajapinnat ovatkin löytäneet suuren yleisön, niiden roolista paikkatietojärjestelmien ja geokoodauksen kehittämisessä on kirjoitettu suhteellisen vähän (Chow, 2008, s. 180–181). Oman ohjelmointirajapinnan sisältäviä, geokoodaukseen perustuvia palveluita ovat Internetissä esimerkiksi Google Maps ja OpenStreetMaps.

### **3 Mobiilit karttapalvelut**

Karttasuunnittelu on kognitiivinen prosessi, jossa maantieteellisiä objekteja ja niiden suhteita esitetään (yleensä kaksiulotteisilla) näyttöpinnalla (Meng ja muut, 2008, s. 12). Kartan lukijan täytyy sovittaa kartassa esitetty tieto reaali maailmaan ja karsia siitä paikannuksen ja suunnistuksen kannalta irrelevantti tieto. Varsinkin suunnistustilanteissa relevantti informaatio täytyy yleensä saada nopeasti, jolloin karttojen käytettävyys nousee erityisen tärkeään asemaan. Tämä pätee varsinkin mobiileissa ympäristöissä, joissa karttojen näyttöpinnat ovat pienempiä ja joissa kerralla näkyvää maantieteellistä informaatiota on huomattavasti vähemmän. Koska tätä informaatiota on valtavat määrät, ovat ne usein keskitettyinä karttapalveluihin kuten Google Maps ja Bing Maps. Tässä luvussa kerrotaan yleisesti karttapalveluista sekä niiden keskeisistä funktioista (3.1), karttapalveluista mobiiliympäristössä sekä niiden haasteista (3.2) ja paikkatietoista palveluista.

#### **3.1 Yleistä karttapalveluista**

Karttapalvelut ovat verkkopalveluita, jotka sisältävät digitaalisessa muodossa olevia karttoja tietyiltä alueilta. Yleisemmin karttapalveluiksi kutsutaan sivustoja, jotka sisältävät paikkatietomuotoista kartta-aineistoa. Aineisto voi olla joko dynaamisessa muodossa, eli sitä voi esimerkiksi zoomata ja paneroida, tai staattisina kuvatiedostoina. Karttapalveluihin on kehitetty myös standardi protokolla, WMS (Web Map Service). Sen kehitti ja julkaisi Open Geospatial Consortium vuonna 1999. Kuviossa 4 on esitetty tyypillinen karttapalvelun arkkitehtuuri. Asiakas käyttää palvelua selaimella Internetin kautta. Sovelluspalvelimelta löytyvä tietojärjestelmä sisältää kaiken tarvittavan tiedon karttojen piirtämiseen ja esittämiseen käyttäjän selaimessa. Monet karttajärjestelmät hakevat tietoa useasta tietokannasta ja ne voidaan hajauttaa usealle eri palvelimelle.



Kuvio 4: Tyypillinen karttapalvelun arkkitehtuuri. (Lan ja muut, 2009, s. 1433-1443).

Alla on lueteltu joitakin karttapalveluiden keskeisimpiä funktioita:

**Sijaintien etsiminen** – Sijaintien etsiminen on karttapalveluiden tärkein ja keskeisin ominaisuus. Käytännössä tämä tarkoittaa yleensä sitä, että käyttäjä syöttää haluamansa osoitteen ja karttapalvelu palauttaa kyseisen alueen kartan. Lisäksi käyttäjä voi hakea esimerkiksi hotellien ja ravintoloiden sijainteja. Karttapalveluiden hakualgoritmit ovat kehittyneet huomattavasti ja ne löytävät varsin hyvin oikeita tuloksia myös epätarkoista hakulauseista (Steinmann ja muut, 2005, s. 4).

**Kartan selaus** – Kartan selauksella tarkoitetaan mahdollisuutta liikutella, zoomata ja kääntää karttaa. Selaus voidaan suorittaa eri modaliteeteilla, esimerkiksi näppäimistöllä,

kosketusnäytöllä tai puheella. Karttapalveluiden käyttöliittymä voi olla myös multimodaalinen (Jacobson & Sam, 2006). Kartan zoomaus vaikuttaa usein myös ruudulla näkyvien yksityiskohtien määrään – mitä kauemmas zoomataan, sitä vähemmän yksityiskohtia yksittäisistä kohteista näytetään.

**Reittinavigointi** – Reittinavigointi etsii lähtö ja – määränpääpisteiden välille sopivia reittejä. Reittihakuja on tehty sekä autoilijoille että jalankulkijoille. Jalankulkijoille tarkoitettuja reittioppaita on ollut vasta vähän aikaa ja mm. Google Maps-sovelluksen kävelyreittiopas on Beta-vaiheessa. Reittihaku voidaan sijoittaa myös aikaan jolloin se soveltuu esimerkiksi julkisen liikenteen aikataulujen hakemiseen.

**Karttojen tulostus ja jakaminen** – Useimmissa karttapalveluissa karttoja pystyy myös tulostamaan ja jakamaan. Suosituimmat karttapalvelut kuten Bing ja Google Maps mahdollistavat karttojen jakamisen sosiaalisessa mediassa (Facebook, Twitter, yms.) ja sähköpostilla.

**Karttojen luominen** – Ohjelmointirajapintojen avulla käyttäjät voivat luoda myös omia karttoja. Mm. Google Maps ja Bing tarjoavat oman ohjelmointirajapinnan omien karttojen luontiin. Näihin karttoihin voi sisällyttää myös kuvia, videoita ja HTML-koodia. Rajapinnat tarjoavat myös useita tulosteprotokollia (SOAP, JSON, XML yms.).

Raskaisiin ohjelmistopohjaisiin karttatietojärjestelmiin verrattuna verkkopohjaiset karttapalvelut ovat helpottaneet karttojen muokkausta, luontia ja käsittelyä huomattavasti. Samalla ne ovat tuoneet karttapalvelut ilmaiseksi kaikkien saataville (Shaig, 2001). Lisäksi ne ovat helppokäyttöisiä ja noudattavat yleensä uusimpia standardeja. Koska suurin osa karttapalveluista on selainpohjaisia ja toimivat verkossa, ne eivät vaadi käyttäjää asentamaan mitään ohjelmistoja. Useissa karttapalveluissa myös käyttäjät voivat luoda ja lähettää sisältöä. Esimerkiksi OpenStreetMap-palvelussa käyttäjät voivat lähettää rakennuksia ja muita ominaisuustietoja järjestelmään. Google Earth-palvelussa käyttäjät voivat luoda rakennuksista 3D-malleja Googlen omalla SketchUp-ohjelmalla.

Verkkopohjaisten karttapalveluiden suurimmat rajoitukset liittyvät nimenomaan niiden verkkopohjaisuuteen. Verkkoyhteyden, asiakkaan laitteen ja palvelimen nopeus vaikuttavat sovelluksen toimivuuteen oleellisesti ja ne ovat rajattuja ainoastaan Internet-yhteyden

omaaville. Tarkat rasteripohjaiset karttamateriaalit ovat usein suurikokoisia ja niiden lataaminen voi kestää kauan, varsinkin mobiiliympäristöissä joissa nopeus on usein rajatumpi.

### **3.2 Karttapalvelut mobiiliympäristössä**

Mobiililaitteiden (PDA:t ja matkapuhelimet) yleistymisen myötä myös niiden sovelluskehitys on kasvanut huimaa tahtia. Mobiiliympäristöissä spatiaalista informaatiota tarjoavista palveluista ja sovelluksista karttapalvelut ovat kaikkein suosituimpia (Anand, Ware ja Taylor 2004 s. 54-60) ja niiden käytettävyyttä onkin tutkittu paljon. Aiemmin listatut paikkatietoisten palveluiden rajoitukset pätevät myös karttapalveluihin, mutta näiden lisäksi kehityksessä on monia muita, ei-teknisiä rajoituksia kuten aikarajoitteisuus ja jatkuvasti muuttuvat ympäristö. Mengin ja muiden (2008) mukaan suurimmat haasteet mobiilikarttoja kehittäessä ovat:

1. relevantin tiedon selvittäminen,
2. sen siirtäminen käyttäjälle
3. ja tiedon esittäminen niin, että käyttäjä ymmärtää sen nopeasti.

Mobiilien karttapalveluiden toiminallisuus voidaan jakaa kahteen päätehtävään: a) liikkuminen paikasta toiseen, ja b) pysyminen paikallaan ja ympärille katselu. Näitä kahta tehtävää suoritetaan yleensä useaan kertaan, jolloin niistä muodostuu esimerkiksi kokonaisuus jossa mobiili reittiopas neuvoo käyttäjänsä pisteestä A pisteeseen B. Nykyisissä mobiileissa karttapalveluissa on paljon ominaisuuksia, jotka helpottavat näitä toimintoja. Tyypillisimpiä ominaisuuksia ovat mm. käyttäjän paikantaminen esimerkiksi GPS:n avulla, käyttäjälle relevanttien objektien tai ihmisten paikantaminen, reitin suunnittelu ja maamerkkien paikannus (Meng ja muut, 2008, s. 3).

Tietokoneisiin verrattuna mobiililaitteiden suoritusteho on yleensä huomattavasti vaatimattomampi ja langattomien yhteyksien laatu, luotettavuus ja nopeus vaihtelevat huomattavasti esimerkiksi sijainnin mukaan. Lisäksi tietoturvaongelmat korostuvat langattomia tekniikoita käytettäessä. Mobiililaitteiden akut ovat tehottomia ja paikannukseen liittyvät prosessit vievät usein paljon virtaa. Myös näyttöjen pienet koot ja resoluutiot asettavat haasteita mm. visualisoinnille. Monissa tapauksissa karttapalveluiden

käytettävyyssratkaisut häiritsevät käyttäjää sen sijaan että ne auttaisivat tätä esimerkiksi reittisuunnittelussa tai paikannuksessa. Lisäksi palveluiden käyttökonteksti voi muuttua jatkuvasti ja käyttäjä voi esimerkiksi istua, kävellä, seisoa tai juosta käytön aikana. Kaikki ylimääräinen toiminta vaikuttaa käyttäjän kognitiiviseen kuormaan. Gorlenko ja Merrick (2003) jakavat mobiililaitteiden käytettävyysongelmat teknologisiin, sosiaalisiin ja ympäristöllisiin ongelmiin.

### **3.2.1 Teknologiset haasteet**

Teknologisiin ongelmiin kehitetään jatkuvasti ratkaisuja mobiililaitteiden valmistajien taholta, mutta esimerkiksi näyttöjen kokoa ei voida loputtomasti kasvattaa, ellei haluta tinkiä laitteen mobiiliudesta. Cookin ja Dasin (2007, s. 53–73) mukaan perinteiset työpöytäsovelluksiin tarkoitetut käyttöliittymäsuunnittelua koskevat säännöt eivät päde mobiiliympäristössä ja työpöytäympäristöihin suunnitellut työkalut eivät sovellu mobiililaitteisiin ja niiden käyttötarkoituksiin. Nämä seikat täytyykin ottaa huomioon karttasovelluksia suunnitellessa. Mobiilikarttojen käytettävyyteen vaikuttaa keskeisesti interaktio kartan ja mobiililaitteen kanssa sekä karttatietojen visualisointi. Näitä suunnitellessa täytyy ottaa huomioon mobiililaitteiden rajoitukset: näytön koko, interaktion rajoitukset (pienet näppäimet, kosketusnäyttö, puhe, haptiikka yms.) ja langattomien yhteyksien laatu. Verkko-yhteyden nopeus ja laatu voivat koitua erityisesti pullonkaulaksi kun toimitaan asiakas-palvelin-pohjaisissa karttapalveluissa. Ongelmaa voidaan helpottaa esimerkiksi ennustamalla käyttäjän tarvitsemaa tietoa ja lataamalla se etukäteen tai näyttämällä käyttäjälle vain oleellisimpia tietoja.

Mobiileista karttapalveluista käyttäjä pystyy yleensä suorittamaan perustoimintoja kuten zoomaus ja ruudulla näkyvän alueen siirto eli pannaus. Yksi tärkeimmistä seikoista mobiilisovellusten suunnittelussa on kuitenkin tiedon visualisointi. Käyttäjän tulisi ymmärtää ruudulla oleva kartta nopealla vilkaisulla ja kaikkea tarpeellista tietoa ei välttämättä voida näyttää pienellä näytöllä. Ylimääräinen informaatio vaikuttaa aina käyttäjän interaktioon ja vaikeuttaa tehtävästä suoriutumista (Baudisch & Rosenholtz, 2003). Lisäksi tiedon määrän kasvaessa relevantti informaatio hukkuu usein ympärillä olevaan ”sotkuun”. Tätä ”sotkua” voidaan vähentää poistamalla ruudulta irrelevantti informaatio ja korostamalla relevanttia informaatiota.

Yksi hyvä tapa vaikuttaa karttapalveluiden visualisointiin ja käytettävyyteen on säätää yksityiskohtien määrää. Pienelle näytölle sopii vain vähän tietoa ja yksityiskohtia täytyy olla juuri oikea määrä että käyttäjä saa ruudulta nopeasti selville relevantin informaation. Esimerkiksi kuvatekstit ovat usein piilotettuina karttaruudulta ja tapauksissa joissa kartan symbolit ovat itsestään selviä, niitä ei ole ollenkaan. Luonnollisesti jälkimmäinen tilanne olisi ideaali (Sarjakoski & Nivala, 2005), mutta monimutkaisemmissa kartoissa se ei aina ole mahdollista.

Usein käyttöliittymissä käytetään hyväksi ns. pop out-efektiä, jossa ärsykkeet ikään kuin ”pomppaavat” esiin taustasta. Käyttäjä huomioi nämä efektit yleensä varsin tehokkaasti jos niiden väri, kirkkaus, liike yms. erot ovat erityisen huomiota herättäviä (Julesz, 1984 ja Treisman, 1998). Koolla ei sen sijaan ole suurta vaikutusta huomattavuuteen (Baldassi & Burr, 2004). Leen, Forlizzin ja Hudsonin (2006) mukaan pop out-efekteistä nopeimmin huomiota herättivät semanttinen teksti, seuraavaksi nopeimmin huomattiin semanttiset numerot jonka jälkeen huomattiin yksinkertaiset ja monimutkaiset symbolit. Samassa tutkimuksessa väri havaittiin tehokkaaksi huomion herättäjäksi. Tutkimuksen mukaan pop out-efektien hillitty käyttö parantaa sovellusten käytettävyyttä. Looije, Te Brake ja Neerincx (2007) muistuttavat, että esimerkiksi väreillä voi olla erilainen merkitys eri kulttuureissa. Esimerkiksi punainen mielletään länsimaissa merkiksi vaarasta, mutta Kiinassa samainen väri tarkoittaa iloa (Zipf, 2002).

Myös kolmiulotteisia karttoja ja niiden hyötyjä perinteiseen kaksiulotteiseen karttaan verrattuna on tutkittu ja esimerkiksi Rakkolainen ja Vainio (2001) huomasivat, että paikkatietoisien informaation visualisointi toimii kaksiulotteisia karttoja paremmin realistisessa 3D-ympäristössä. Laakso, Gjesdal ja Sulebak (2003) saivat samankaltaisia tuloksia, mutta totesivat myös että saavutettu etu on minimaalinen kun kyseessä ovat kokeneet kaksiulotteisten karttojen käyttäjät. Kolmiulotteisten karttojen hyödyt voidaan siis ainakin toistaiseksi kyseenalaistaa mobiilissa ympäristössä: ne soveltuvat huonosti pienelle näytölle, lisäävät käyttäjän kognitiivista kuormaa ja lisäävät tiedonsiirron määrää. 3D-näyttöjen ja niitä tukevien mobiililaitteiden (esimerkiksi tablet-tietokoneiden) yleistymisen kuitenkin lisää tutkimuksen tarvetta myös tällä alalla.

### **3.2.2 Ympäristölliset ja sosiaaliset haasteet**

Ympäristöllisiä haasteita on paljon ja ne ovat usein hyvin erilaatuisia. Esimerkiksi lämpötila, valon määrä, melu, liikenne ja käyttäjän liike ovat usein toimintaa rajoittavia tekijöitä ja ne täytyy ottaa huomioon karttapalveluita suunnitellessa. Tämä on erittäin haastavaa sillä mobiililaitteiden kohdalla toimintaympäristö ja konteksti voi muuttua jatkuvasti. On oleellista sovelluksen toiminnan kannalta, että se osaa adaptoitua uusiin ympäristöihin käyttötilanteissa. Jotkut karttasovellukset kääntävät kartan kompassin avulla niin, että kartta osoittaa aina menosuuntaan ja toisissa kartta osoittaa aina pohjoiseen. Darkenin ja Cevikin (1999) mukaan kumpaakaan ratkaisua ei voi sanoa toista toimivammaksi vaan käytettävyys riippuu täysin käyttökontekstista ja käyttäjästä. Tällaisia, ympäristöön sopeutuvia sovelluksia kutsutaan kontekstittietoisiksi sovelluksiksi. Yksi tällainen kontekstittietoinen sovellus voisi olla esimerkiksi reittiopas joka korostaa tietynlaisia, attraktiivisia maamerkkejä jolloin ne helpottavat navigointia.

Sosiaalisia haasteita ovat mm. yksityisyys ja personointi. Yksityisyys on yksi kiistellyimmistä aiheista mobiileissa karttapalveluissa, johtuen lähinnä suurten puhelinvalmistajien toteuttamista paikannustietojen tallentamisista yritysten käyttöön. Personointi tarkoittaa palveluiden räätälöimistä yksittäisten käyttäjien tarpeiden mukaiseksi. Personointi suoritetaan joko automaattisesti tai käyttäjän toimesta. Sosiaalisia ja ympäristöllisiä haasteita voidaan vähentää ns. adaptiivisilla käyttöliittymillä. Adaptiivisissa käyttöliittymissä laite sopeutuu muuttuviin ympäristöihin ja olosuhteisiin.

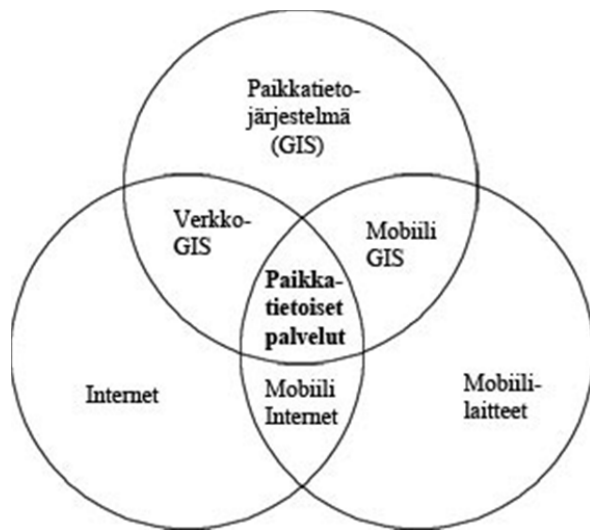
### **3.3 Paikkatietoiset palvelut**

Mobiililaitteiden ja Internetin kehitys ovat muokanneet valtavasti tapamme kommunikoida jokapäiväisessä elämässämme. Langattomat verkot mahdollistavat ensimmäisen kerran sisällöntuotannon ja -siirron missä ja minne tahansa. Lisäksi langattomien verkkojen avulla sisältöä voidaan tuottaa myös täysin uudella tavalla käyttäjän kontekstista riippuvalla tavalla. Paikannusanastossa paikkaperustaiset palvelut (Location-Based Service, LBS) määritellään lisäarvopalveluiksi, joissa hyödynnetään sijaintitietoa (Paikannusanasto, 2002, s.48). Tyypillinen paikkaperustainen palvelu on esimerkiksi sovellus joka ilmoittaa käyttäjää lähistöllä olevista ravintoloista. Sovelluksia jotka jotka muuttavat muotoaan ja sisältöään käyttäjän sijainnin mukaan kutsutaan paikkatietoisiksi (location-aware)



palveluiksi (Paikannusanasto, 2002, s.48). Barkhuus & Day (2003 sekä Junglas & Watson (2008) jakavat paikkaperustaiset palvelut paikkatietoiisiin palveluihin sekä paikannuspalveluihin (location-tracking services). Paikannuspalveluissa eroavat paikkatietoisista palveluista siinä, että niissä paikannusta ei suorita mobiililaitteen käyttäjä, vaan joku ulkopuolinen tah.

Paikannusmenetelmät voi jakaa manuaaliseen menetelmään, jossa käyttäjä syöttää paikan ohjelmistolle ja automaattiseen jossa paikka määräytyy laitteen sijainnin mukaan. Automaattiset palvelut voidaan jakaa edelleen push- palveluihin, joissa käyttäjä saa automaattisesti tietoa päätelaitteeseensa ja pull- palveluihin, joissa käyttäjä tilaa jokaisen tiedon erikseen (GSM Association, 2003, s. 12). Mobiilit karttatietojärjestelmät tarjoavat työkalut ja palvelut työkalut tähän tarkoitukseen, ja ne ovat myös erittäin hyvä alusta paikkatietoisille palveluille. Paikkatietoiset palvelut rakentuvat usean teknologian varaan. Ne käyttävät hyödykseen paikkatietojärjestelmästä saatavaa aineistoa, Internetiä sekä mobiililaitetta (Kuvio 2).



*Kuvio 5: Paikkatietoiset palvelut koostuvat useasta teknologiasta. (Brimicombe 2002).*

Paikkatietoisien palveluiden arkkitehtuuri on usein heterogeenistä siinä mielessä, että ne koostuvat useista aliarkkitehtuureista kuten langattomat verkkoyhteydet, GPS ja Internet.

Jokaiseen paikkatietoiseen palveluun tarvitaan kuitenkin toiminnan kannalta seuraavia tärkeitä pääkomponentteja:

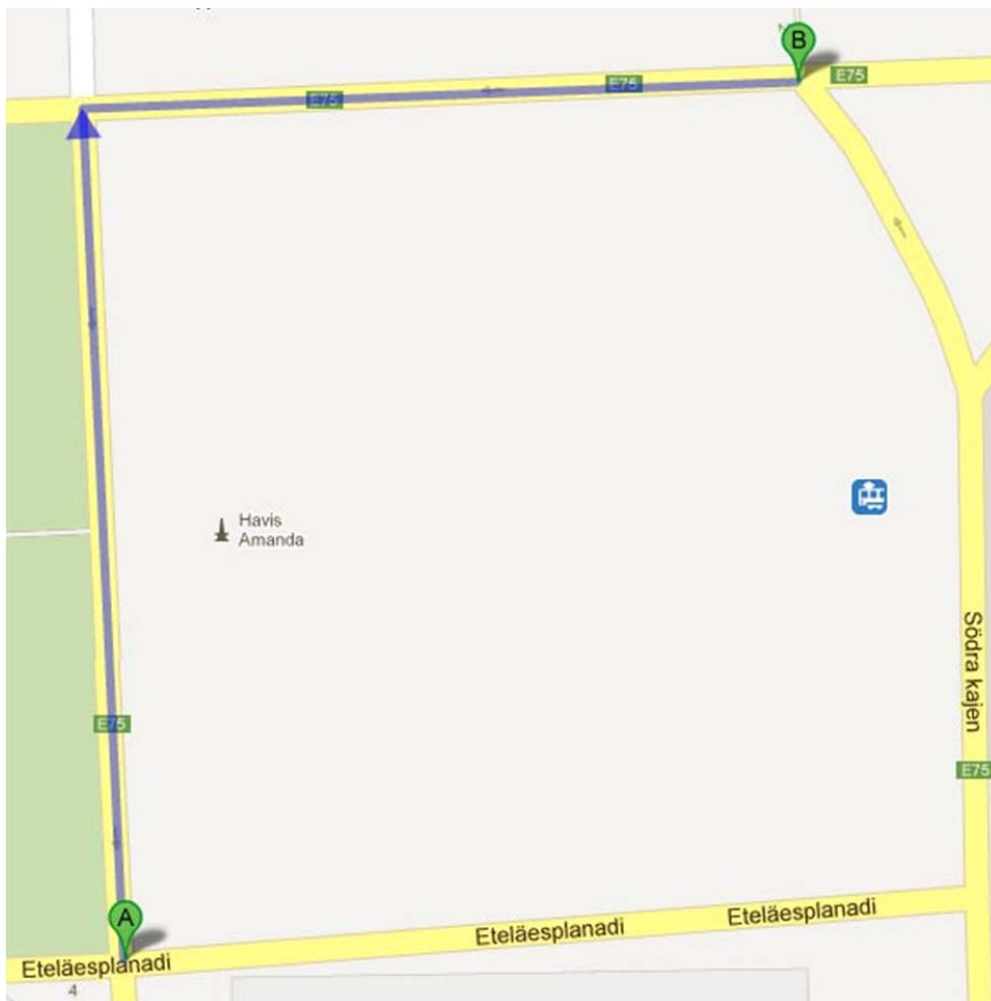
- Tietoa reaali maailmasta jossa käyttäjä sijaitsee. Tieto voi sijaita esimerkiksi paikkatietojärjestelmissä ja sitä voidaan muokata käyttökontekstin mukaisesti,
- aktiivisesti (esimerkiksi laitteeseen rakennettu GPS-paikannin) tai passiivisesti (esimerkiksi käytettävän verkon suorittama paikannus) paikantava mobiililaite jossa sovellusta suoritetaan,
- langaton verkko (esimerkiksi 3G tai WLAN) jolla käyttäjän laite voi kommunikoida paikkatietopalvelun kanssa sekä
- paikkatietopalvelun tarjoaja. (Brimicombe 2002)

Paikkatietoiisiin palveluihin ei kuitenkaan aina tarvitse liittyä karttoihin. Tällaisten palveluiden käyttö on viime vuosina lisääntynyt erityisesti sosiaalisen median puolella. Palvelut kuten foursquare, Facebook ja Google Places tarjoavat ihmisille mahdollisuuden ilmoittaa sijaintinsa ja esimerkiksi ilmoittaa heidän saapumisestaan liikkeeseen tai ravintolaan. Myös sosiaalisen median ns. tilapäivitykset sidotaan entistä useammin paikkaan. Luonnollisesti nämä tiedot voidaan sitoa ominaisuustietona koordinaatistoon ja tämän myötä visualisoida karttapalveluihin. Nykypäivänä on myös palveluita jotka mahdollistavat kuvien yhdistämisen sijaintiin. Tätä prosessia kutsutaan geotaggaukseksi ja esimerkiksi Google Maps tarjoaa oman ohjelmointirajapintansa geotagattujen kuvien esittämiseen Panoramio-palvelun kautta. Nykyiset älypuhelimet käyttävät käyttäjän paikantamiseen joko Googlen Latitude-palvelua (toimii kaikissa uusimmissa älypuhelinmalleissa) tai Applen Find My Friends-palvelua (toimii ainoastaan iOS-käyttöjärjestelmää käyttävissä älypuhelinmalleissa).

## 4 Mobiilinavigointi ja maamerkit

Kun ihmiset suunnistavat esimerkiksi kaupungissa, he kiinnittävät huomiota tiettyihin yksityiskohtiin kuten suuriin risteyksiin ja nähtävyyksiin. Sama pätee myös karttoihin ja paikkatietojärjestelmiin: jos kartalla on tuttuja maamerkkejä, löytää käyttäjä sijaintinsa kartalla huomattavasti nopeammin (Haklay, 2010, s. 31). Maamerkkien tärkeys suunnistuksessa onkin todistettu useissa tutkimuksissa (Pick ja muut 1995, Burnett 2000, Gunzelmann ja muut 2004, Peebles ja muut 2007). Tämän lisäksi on myös huomattu, että kartan ollessa käyttäjän menosuuntaan, on suunnistus helpompaa ja nopeampaa (Levine 1982 ja Gunzelmann ja muut 2004). Maamerkkien tärkeys suunnistuksessa korostuu varsinkin jalankulkijoiden navigoinnissa. Navigointi kävellessä on huomattavasti autonavigointia vapaampaa ja jalankulkijalla on enemmän aikaa tarkkailla ympäristöä ja reagoida yllättäviin tilanteisiin. Jalankulkija ehtii esimerkiksi lukea paremmin kylttejä ja mainostauluja sekä kiinnittää huomiota myös pienempiin maamerkkeihin tai yksityiskohtiin maamerkeissä.

Suunnistus reittiohjeiden avulla voidaan jakaa kahteen kategoriaan: verbaalisiin reittiohjeisiin ja kuvaukseen perustuvaan suunnistukseen (esimerkiksi reittikartta). Tverskyn ja Leen (1999) tutkimusten mukaan molempien metodien rakenne ja semanttinen sisältö ovat samankaltaisia: ne koostuvat maamerkeistä, suunnista ja toiminnoista. Esimerkiksi lause ”Käänny patsaan jälkeen oikealle” sisältää maamerkin (”patsas”), suunnan (”oikealle”) ja toiminnan (”käänny”). Tämä sama tieto on esitetty graafisena



Kuva 1: Graafinen esitys tekstuaalisesta reittiohjeesta.

#### 4.1 Navigointi mobiileissa karttapalveluissa

Mobiili navigointi on yleistynyt kämmentietokoneiden, älypuhelimien ja muiden prosessointiteholtaan perinteisiä mobiililaitteita parempien laitteiden yleistyttyä. Nykyään lähes kaikissa uusissa kämmentietokoneissa on GPS-paikannin ja verkkoyhteys (3G, WLAN, yms.) jotka tarjoavat navigointiin täysin uusia ulottuvuuksia mm. navigoijan paikallistamisen ja verkon yli ladattavien karttojen muodossa. Aiemmin mainitut teknologiset, ympäristölliset ja sosiaaliset haasteet pätevät myös karttapalveluihin. Mobiilikarttojen avulla navigointia ja niiden käytettävyyttä on tutkittu monesta näkökulmasta, ja yksi tutkituimmista alueista on maamerkkien käyttö suunnistuksen apuna.

Kuvien käyttöä navigoinnin tukena on tutkittu paljon (mm. Cheverst ja muut (2000), s. 20-31, Goodman ja muut (2004), s. 38-48, Miyazaki & Kamiya (2006) s. 102-108), mutta tässäkin on huonot puolensa – käyttäjän kognitiivinen kuorma ja interaktion määrä kasvaa, mikä taas johtaa siihen, että navigointi hidastuu. Myös Augmented Reality-teknologiaa (AR) navigoinnin apuna on tutkittu. Kähärin ja Murphyn toteuttamassa MARA-projektissa (Greene, 2006) demonstroitettiin AR:ää mobiiliympäristössä ja Reitmayr ja Schmalstieg (2004) toteuttivat mobiilin turistioppaan. Näiden tutkimusten mukaan AR on tehokas apuväline jalankulkijan navigoinnissa koska ne tarjoavat reittiohjeet käyttäjän visuaaliseen kontekstiin. Molemmat toteutukset vaativat kuitenkin erillistä laitteistoa (MARA-projektissa käytettiin ulkoista GPS-vastaanotinta ja kiihdytysantureita ja turistioppaassa kannettavaa tietokonetta, GPS-vastaanotinta, kiihdytysantureita ja kameralla varustettua kypärää).

#### **4.2 Maamerkit suunnistuksen apuna**

Maamerkkien käytöstä on paljon hyötyä reittioppaissa - ne auttavat organisoimaan tilaa ja toimivat referenssipisteinä ympäristössä. May ja muut (2003, s. 331-338) tutkivat maamerkkien käyttöä kaupunkiympäristöissä ja tutkimuksessaan he totesivat että ne ovat jalankulkijan tärkeimpiä navigointipisteitä ja että niiden käyttöä tulisi korostaa erilaisissa reitti- ja karttapalveluissa. Danielin ja Denisin (1998, s. 45–52) tutkimuksen mukaan ainoastaan 15 % reittiohjeista ei liity maamerkkeihin. Snowdon ja Kray (2009, s. 8-9) ovat tutkineet maamerkkejä myös luonnollisissa ympäristöissä ja tutkimuksen mukaan maamerkit olivat toiseksi suosituin tapa sekä navigoidessa että annettaessa verbaalisia reittiohjeita. Goodmanin ja muiden (2004, s. 38-48) tutkimusten mukaan maamerkkeihin perustuva suunnistus toimii erittäin hyvin myös mobiiliympäristöissä ja tulosten mukaan navigointi nopeutui maamerkkejä korostettaessa. Myös eksymisen riski ja kognitiivinen kuorma pienenevät.

Varhaisimman mallin maamerkeistä teki Lynch (1960). Hän tutki ihmisten antamia kuvauksia omista kotikaupungeista ja niissä liikkumisesta. Näiden kuvausten pohjalta Lynch jaotteli kaupungin osat viiteen kategoriaan: polut (reitit joilla ihmiset liikkuvat), reunat (lineaariset linjat jotka eivät kuitenkaan ole polkuja, esimerkiksi muurit ja aidat), alueet (kaupunginosat ja alueet), risteyskohdat (tienristeykset tai muut keskeiset alueet

joista eroaa useita polkuja) sekä maamerkit. Lynchin määritelmän mukaan maamerkit ovat fyysisiä kokonaisuuksia jotka toimivat usein referenssipisteinä. Nykyterminä maamerkki on kuitenkin huomattavasti laajempi ja se voi kattaa kaikki Lynchin mainitsemat kategoriat (Golledge, 1999). Esimerkiksi vilkas risteysalue voi olla maamerkki siinä missä pilvenpiirtäjäkin.

Maamerkit toimivat usein myös pisteinä joissa navigoijan täytyy tehdä reittiin liittyviä päätöksiä (Golledge 1999). Sorrows'n ja Hirtlen (1999) mukaan maamerkillä tarkoitetaan ympäristössä sijaitsevaa keskeistä objektia joka helpottaa käyttäjän navigointia ja tilan ymmärrystä. Heidän mukaan maamerkit voidaan jakaa kolmeen kategoriaan:

- visuaaliset maamerkit, eli maamerkit jotka erottuvat visuaalisilta ominaisuuksiltaan,
- semanttiset maamerkit, eli maamerkit jotka eroavat käyttötavallaan tai merkityksellään ja
- strukturaaliset maamerkit, eli maamerkit jotka erottuvat rakenteeltaan ja/tai sijainniltaan muista ympäröivistä rakennuksista.

Nämä kategoriat eivät sulje toisiaan pois, sillä maamerkki voi olla esimerkiksi muodoltaan huomattava ja kulttuurillisesti merkittävä. Maamerkit joiden visuaalinen, semanttinen ja strukturaalinen attraktio eroavat merkittävästi muista lähiympäristön maamerkeistä huomataan yleensä huomattavasti helpommin. Lovelace ja muut (1999) ovat tutkineet edelleen Sorrows'n ja Hirtlen kategorioiden pohjalta maamerkkien tyyppejä ja sijainteja ja jakaneet ne neljään ryhmään:

- valintapisteet (pisteet joissa navigoijan täytyy tehdä reittiin liittyviä päätöksiä)
- potentiaaliset valintapisteet (maamerkit joissa navigoija voi tehdä valinnan kahden reitin välillä)
- reitillä olevat maamerkit (reitillä varrella sijaitsevat maamerkit)
- maamerkit jotka eivät ole reitillä (kaukaiset mutta reitille näkyvät maamerkit)

Michonin ja Deniksen (2001) mukaan maamerkkejä tarvitaan kolmeen tehtävään: ilmoittaa navigoijalle milloin hänen täytyy toimia ympäristössä, luoda yhteys seuraavaan pisteeseen reitillä ja ilmoittaa navigoijalle että tämä ei ole eksynyt reitiltä. Samassa tutkimuksessa

huomattiin myös, että urbaaneissa ympäristöissä maamerkit sijaitsevat yleensä valintapisteissä ja potentiaalisissa valintapisteissä.

Maamerkkien tunnistamiseen on kehitetty useita malleja jotka voidaan sijoittaa kolmeen kategoriaan:

**Julkisivun visuaalinen, semanttinen ja strukturaalinen attraktio** - Raubal ja Winters (2002) sekä Nothegger ja muut (2004) laajensivat Sorrows'n ja Hirtlen topologiaa ja kehittivät mallin jolla pystyy laskemaan paikallisten maamerkkien attraktiivisuuden ja huomattavuuden. Mallin mukaan visuaalinen attraktio voidaan laskea maamerkin julkisivun alan, muodon, värin ja näkyvyyden avulla. Semanttisen attraktion laskemiseen käytetään rakennuksen kulttuurillista ja historiallista merkitystä ja strukturaalinen attraktio saadaan laskettua risteyskohtien ja rajojen avulla. Strukturaalisella attraktiolla voidaan tarkoittaa esimerkiksi keskeisellä risteyspaikalla olevaa rakennusta. Malli laskee maamerkkien eroja muuhun ympäristöön ja maamerkkeihin verrattuna ja vertailee näitä keskenään. Malli vaatii tuekseen tietojärjestelmän josta on saatavilla alueen tiedot (mm. rakennusten korkeudet ja leveydet sekä niiden muodot) ja tieverkosto. Rakennuksen kokonaisattraktio ( $S_f$ ) saadaan laskemalla yhteen painotettu ( $W_{vis}$ ) visuaalinen attraktio ( $S_{vis}$ ), painotettu ( $W_{sem}$ ) semanttinen attraktio ( $S_{sem}$ ) ja painotettu ( $W_{str}$ ) strukturaalinen attraktio ( $S_{str}$ ):

$$S_f = S_{vis} * W_{vis} + S_{sem} * W_{sem} + S_{str} * W_{str}$$

Visuaalisen, semanttisen ja strukturaalisen attraktion ominaisuuksiin voidaan myös antaa erilaisia painoarvoja jolloin ne soveltuvat myös erilaisiin konteksteihin. Tätä voidaan käyttää esimerkiksi tilanteissa joissa on pimeää tai näkyvyys on muuten huono. Pimeässä väri-ominaisuuden painoarvoa voidaan laskea ja koon painoarvoa kasvattaa. Klippel ja Winter (2005) ovat laajentaneet mallin ottamaan huomioon myös julkisivun näkyvyyden.

**Informaatio-teoreettinen malli maamerkkien tunnistamiseen** – Kolben (2002, 2004) kehittämä malli laskee maamerkkien huomattavuuden informaatio-teoreettista mallia. Mallin ideana on laskea rakennusten julkisivujen eroavuuksia toisista ympäröivistä rakennuksista. Mallissa lasketaan rakennuksille entropia-arvo – rakennuksen entropia-arvo on 0 silloin kun sen todennäköisyys alueella on 1, eli kun kaikki rakennukset ovat samanlaisia kuin se. Rakennuksen eroavuus muusta ympäristöstä nostaa entropia-arvoa ja ne rakennukset, joilla on suurin entropia-arvo, luokitellaan näkyvimmitseksi maamerkeiksi.

**Kiinnostavien rakennusten luokittelu ID3-algoritmilla** - Kolmas malli maamerkkien tunnistukseen on Eliaksen (2003) kehittämä malli. Se pyrkii tunnistamaan mielenkiintoiset rakennukset ja kohteet ID3-algoritmin (Quinlan, 1986) avulla. Malli ottaa huomioon mm. rakennuksen kategorian, koon, korkeuden ja etäisyyden tiestä. Maamerkit ryhmitellään hierarkisesti jonka jälkeen ryhmistä erotellaan potentiaaliset, huomattavat maamerkit. Mallissa maamerkkien huomattavuus lasketaan ryhmän sisällä niitä keskenään vertaillen.



## **5 Formaali malli maamerkkien korostamiseen**

Tämän tutkimuksen tavoitteena on jatkokehittää Raubalin ja Winterin (2002) luomaa mallia paikallisten maamerkkien attraktiivisuuden arviointiin. Malli valittiin tutkielman pohjaksi koska sitä on jatkokehitetty (Winter 2003) ja testattu (Nothegger 2003, Nothegger ja muut 2004). Lisäksi siinä on paljon elementtejä jotka soveltuvat pienten muutosten jälkeen implementoitaviksi jo olemassa oleviin karttapalveluihin. Alkuperäinen malli tarjoaa tekstipohjaisia reittiohjeita ja niiden luomiseen on käytetty perinteisiä digitaalisia karttoja joita on täydennetty mm. kuvilla ja rakennustietokannoilla. Paikkatietoisten palveluiden ja mobiilien karttapalveluiden myötä malli on vanhentunut. Se on kuitenkin erinomainen pohja maamerkkien attraktiivisuutta mitattaessa ja muutoksien jälkeen se soveltuu myös käytettäväksi nykyaikaisissa karttapalveluissa. Kappaleessa 5.1 esitellään alkuperäinen malli ja siihen liittyvät attraktion mittaukset. Kappaleessa 5.2 esitellään malliin ehdotetut muutokset (näkyvyyden mittaaminen sekä primääristen ja sekundaaristen maamerkkien korostaminen).

### **5.1 Maamerkkien attraktiivisuuden mittaaminen**

Raubalin ja Winterin alkuperäinen malli tarjoaa laskukaavat maamerkin attraktiivisuuden mittaamiseen. Tätä varten jokaiselle attraktiotyypille on määritelty ominaisuudet ja niiden mittaamiseen kaava. Lopuksi näitä ominaisuuksia voi painottaa tietyllä painokertoimella.

#### **5.1.1 Visuaalinen attraktio**

Maamerkit ovat visuaalisesti attraktiivisia jos ne sisältävät tiettyjä ulkoisia piirteitä kuten selkeä erottuvuus muista rakennuksista tai keskeinen sijainti (Raubal ja Winter, 2002). Tämän tutkimuksen mallissa visuaalista attraktiota mittaavat ominaisuudet ovat julkisivun ala, muoto, väri ja näkyvyys. Muoto jaetaan edelleen korkeus-leveys suhteeseen sekä eroavuuteen nelikulmiosta ja näkyvyys näkyvyysalaan ja näkyvyyteen katsomispisteestä. Taulukossa 3 esitetään jokaisesta ominaisuudesta esimerkki ja tapa jolla se mitataan. Kyseistä menetelmää sovelletaan kaikkiin reitillä tai sen lähistöllä oleviin rakennuksiin jolloin saamme vertailuarvon maamerkin visuaalisesta attraktiosta.

Ominaisuus	Esimerkki	Mittaaminen
Julkisivun ala	$\alpha = 25\text{m} * 15\text{m} = 375\text{m}^2$	$\alpha = \int x \mid x \in \text{julkisivu}$
Muoto		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Korkeus-leveys suhde</li> <li>Eroavuus nelikulmiosta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\beta_1 = 15\text{m} / 25\text{m} = 0.6</math></li> <li><math>\beta_2 = (375\text{m}^2 - 295\text{m}^2) / 375\text{m}^2 = 21\%</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\beta_1 = \text{korkeus} / \text{leveys}</math></li> <li><math>\beta_2 = (\text{pienin ympäröivä nelikulmio} - \alpha) / \text{pienin ympäröivä nelikulmio}</math></li> </ul>
Väri	$\gamma = [255, 0, 0] = \text{punainen}$	$\gamma = [R, G, B]$

*Taulukko 3: Visuaalisen attraktion ominaisuudet ja niiden mittaaminen (Raubal & Winter, 2002).*

**Julkisivun ala** – Julkisivun ala on tärkeä ominaisuus laskettaessa maamerkkien attraktiota, sillä ihmiset huomaavat yleensä paremmin rakennukset joiden näkyvä osa on joko huomattavasti suurempi tai pienempi kuin muiden ympäröivien rakennusten. Julkisivun ala mitataan kertomalla sen leveys korkeudella.

**Muoto** – Myös rakennuksen muoto vaikuttaa rakennuksen huomattavuuteen. Erikoiset muodot huomataan helpommin, varsinkin jos ne eroavat muusta ympärillä olevasta arkkitehtuurista. Tässä mallissa laskemme muodolle kaksi arvoa: korkeus-leveys – suhteen ja eroavuuden nelikulmiosta. Korkeus-leveys –suhde voi kertoa paljon rakennuksen näkyvyydestä. Pilvenpiirtäjillä on korkea korkeus-leveys –suhde jolloin ne ovat huomattavampia kuin esimerkiksi matalat, pitkät rakennukset.

**Väri** – Maamerkin väri voi erottaa sen muista ympäröivistä rakennuksista selvästi.

### 5.1.2 Semanttinen attraktio

Semanttisen attraktion arviointiin käytetään kahta ominaisuutta: kulttuurillinen ja historiallinen merkitys sekä erikoinen arkkitehtuuri. Semanttisuudella arvioidaan siis rakennuksen merkitystä navigoijalle. Semanttisen attraktion mittaamiseen vaadittavat ominaisuudet on listattu Taulukkoon 4.

Ominaisuus	Esimerkki	Mittaaminen
Kulttuurillinen historiallinen merkitys	ja $\varepsilon = 1$ (erittäin kuuluisa ja historiallisesti merkittävä rakennus)	T $\varepsilon \in \{T, F\}$ $\varepsilon \in \{1,2,3,4,5\}$ Asteikko: 1 (korkea) – 5 (matala)
Eksplisiittiset ominaisuudet	$\zeta = T$ Esimerkiksi mainoskyltit, valotaulut, yms.	$\zeta = \{T, F\}$

*Taulukko 4: Semanttisen attraktion ominaisuudet ja niiden mittaaminen (Raubal & Winter 2002).*

**Kulttuurillinen ja historiallinen merkitys** – Kulttuurillisesti ja/tai historiallisesti merkittävillä maamerkeillä on semanttista arvoa ja ne huomataan usein paremmin kuin tavalliset maamerkit. Esimerkiksi Eduskuntatalo on kulttuurillisesti ja historiallisesti merkittävä maamerkki Helsingissä ja se huomataan ympäristössään helposti. Alkuperäisessä mallissa käytettiin erillistä aineistoa (Kulturgüterkataster) maamerkkien kulttuurillisen ja historiallisen merkityksen määrittelyyn. Maamerkeille annettiin ensin tosi/epätosi-arvo sen mukaan kuuluuko se aineistoon ja jos maamerkki saa tosi-arvon, määritellään sille merkitys arvolla väliltä 1-5.

**Eksplisiittiset ominaisuudet** – Kyltit, mainostaulut yms. tarjoavat usein navigoijalle eksplisiittistä tietoa maamerkistä. Eksplisiittiset ominaisuudet voivat saada epätosi/tosi-arvon.

### 5.1.3 Strukturaalinen attraktio

Maamerkki on strukturaalisesti attraktiivinen jos sen sijainti ympäristössä on keskeinen. Esimerkiksi risteysalueilla ja aukoiden keskellä olevat rakennukset ovat strukturaalisesti attraktiivisia. Strukturaalisen attraktion mittaamiseen vaadittavat ominaisuudet on listattu Taulukkoon 5.

Ominaisuus	Esimerkki	Mittaaminen
Reitit	$\eta = (4*2+4*2)$ Saapuvia reittejä on 4. Reitit ovat katuja jolloin niiden painoarvo on 2.	$\eta = (i+o)$ Saapuvat reitit (i) ja lähtevät reitit (o) risteykseen
Rajat	$\theta = 2500$	$\theta = \text{solun koko} * \text{maamerkin pinta-ala}$

*Taulukko 5: Strukturaalisen attraktion ominaisuudet ja niiden mittaaminen (Raubal & Winter, 2002).*

**Reitit** – Reiteillä tarkoitetaan maamerkin läheisyydessä olevia kulkureittejä kuten auto- ja kävelytiet. Reitit painotetaan asteikolla yhdestä (kävelypolut) viiteen (valtatiet).

**Rajat** – Mallin mukaan maamerkit jotka ovat kahden reitin välillä estäen helpon pääsyn reitiltä toiselle ovat strukturaalisesti attraktiivisempia kuin reitit jotka eivät estä tai hidasta reitiltä toiselle siirtymistä. Esimerkkinä tällaisesta reitistä toimii esimerkiksi junarata jonka ohi pääsee vain alikulkutunnelista tai sillalta Rata ei varsinaisesti ole suuri maamerkki mutta se on kuitenkin merkittävä reittisuunnittelun kannalta, ja täten yleensä myös strukturaalisesti merkittävä.

#### 5.2.4 Kokonaisattraktion laskenta

Kun maamerkille on laskettu visuaalinen, semanttinen ja strukturaalinen attraktio, voidaan sille laskea kokonaisattraktioarvo. Ominaisuudet voidaan kertoa mahdollisella painoarvolla jolloin jokaiselle ominaisuudelle saadaan painotettu merkitsevyys. Nämä arvot yhteenlaskemalla saadaan maamerkin kokonaisattraktioarvo (Taulukko 6).

Mittari	Ominaisuus	Arvo	Merkitsevyys (ominaisuus)	Merkitsevyys (Mittari)	Painoarvo	Painotettu merkitsevyys	Yhteensä
Visuaalinen attraktio	$\alpha$	...	$S_\alpha$	$S_{vis} = (S_\alpha + S_{\beta1} + S_{\beta2} + S_\gamma + S_\delta) / 5$	$W_{vis}$	$S_{vis} * W_{vis}$	$S_{vis} * W_{vis} + S_{sem} * W_{sem} + S_{str} * W_{str}$
	$\beta1$	...	$S_{\beta1}$				
	$\beta2$	...	$S_{\beta2}$				
	$\gamma$	...	$S_\gamma$				
Semanttinen attraktio	$\delta$	...	$S_\delta$	$S_{sem} = (S_\epsilon + S_\zeta) / 2$	$W_{sem}$	$S_{sem} * W_{sem}$	
	$\epsilon$	...	$S_\epsilon$				
Strukturaalinen attraktio	$\zeta$	...	$S_\zeta$	$S_{str} = (S_\eta + S_\theta) / 2$	$W_{str}$	$S_{str} * W_{str}$	
	$\eta$	...	$S_\eta$				
	$\theta$	...	$S_\theta$				

Taulukko 6: Maamerkin kokonaisattraktioarvo saadaan laskemalla yhteen sen visuaalinen attraktio, semanttinen attraktio ja strukturaalinen attraktio (Raubal & Winter 2002).

### 5.2.5 Näkyvyys

Winter (2003) esitteli kehittyneen näkyvyyden formalin määrittelyn lisänä aiemmalle mallille. Mallissa on määritelty laskukaava rakennusten näkyvyydelle navigointipisteestä kaksiulotteisessa avaruudessa. Malli on rajoitettu valintapisteisiin, eli tilanteisiin joissa navigoijan täytyy valita reitti vähintään kahdesta vaihtoehdosta. Winterin laskennassa huomioon otetaan ainoastaan valintapisteen välitömässä läheisyydessä olevat maamerkit, eikä esimerkiksi niitä jotka sijaitsevat kauempana valintapisteestä, mutta jotka ovat kuitenkin navigoijan näkyvissä. Laskenta perustuu rakennusten julkisivujen näkyvyyteen katselupisteestä, jolloin myös rakennusten julkisivujen sijainnit rakennuksessa täytyy tietää (tässä tapauksessa ne määriteltiin manuaalisesti).

Mallissa maamerkin näkyvyys lasketaan kahden muuttujan avulla. Ensimmäinen on peittyvyys, eli se alue, joka maamerkistä on näkyvillä katselupisteeseen. Peittyvyys  $c$  saadaan laskemalla:

$$c = \frac{p_i p_e}{p_s p_e}$$

jossa  $p_s$  on tulevan reittisegmentin aloituspiste ja  $p_e$  sen lopetuspiste ja  $p_i$  sen risteyskohta näkyvyysrajoineen.  $p_i$  voidaan laskea esimerkiksi käyttämällä pyyhkäisyalgoritmia joka jäljittää reittisegmentillä olevien rakennusten näkyvyyden.

Toinen muuttuja on orientaatio. Jos navigointipisteelle lasketaan pelkästään näkyvyys, otetaan huomioon kaikki ympärillä olevat rakennukset. Navigoija kuitenkin harvoin katselee reitillä takaisin päin, jolloin on järkevämpää ottaa huomioon ainoastaan reitissä edellä olevat maamerkit. Mallissa orientaatio  $o$  saadaan laskemalla:

$$o = \frac{|d_f - d_r|}{180}$$

jossa  $d_f$  on katselupisteestä lähtevän normaalivektorin suunta ja  $d_r$  seuraavan reittipisteen suunta. Optimaalisessa tilanteessa viivat leikkaavat toisensa jolloin  $o = 1$ . Jos viivat ovat samansuuntaisia niin  $o = 0$ . Lopullinen näkyvyys saadaan laskettua kaavalla:

$$v = c \cdot o.$$

## 5.2 Mallin jatkokehitys

Tämän tutkimuksen hypoteesin pohjalta reittinavigoinnille voidaan ehdottaa seuraavaa muunnosta Raubalin ja Winterin (2002) formaalista mallista:

- Reitti koostuu risteyskohdista sekä lähtö- ja päätepisteestä.
- Risteyskohdissa käyttäjä tarvitsee tiedon siitä, tuleeko hänen jatkaa kulkemaansa reittiä vai kääntyä. Tässä mallissa näitä risteyskohtia kutsutaan valintapisteiksi. Valintapisteissä navigoijan orientaatio voi muuttua (käänny oikealle tai vasemmalle) tai pysyä samana (jatka eteenpäin).
- Valintapisteissä korostetaan ainakin yhtä maamerkkiä.
- Maamerkkejä voidaan korostaa myös valintapisteiden ulkopuolella (esimerkiksi suoraa reittiä kulkiessa). Tällä voidaan varmistaa navigoijan pysymistä oikealla reitillä.
- Maamerkit jaetaan ensisijaisiin ja toissijaisiin maamerkkeihin. Maamerkkien primäärisyys määräytyy sen huomattavuuden mukaan.

Suurin ongelma alkuperäisessä mallissa on se, että sitä ei ole varsinaisesti suunniteltu karttapalveluihin ja siitä puuttuu ne automaattiset prosessit, joilla se voitaisiin näihin palveluihin integroida. Mallissa maamerkkien visuaaliset, semanttiset ja struktuuralliset attraktioarvot määritellään etukäteen manuaalisesti, jolloin niiden toteutus valtavasti karttapalveluihin on mahdotonta. Jos malli halutaan integroida nykyisiin karttapalveluihin, täytyy attraktioarvojen määrittämiseen kehittää automatisoitu malli jossa käytetään palvelussa valmiina olevia aineistoja ja täydennetään niitä ulkoisilla aineistoilla. Seuraavaksi listataan malliin tehtäviä muutoksia ja samalla myös perustellaan syitä, miksi mallin tietyt alkuperäiset ominaisuudet eivät enää sovellu nykyisiin kartta- ja reittipalveluihin.

### 5.2.1 Näkyvyys 3D-avaruudessa

Raubalin ja Winterin (2002) mallissa maamerkkien näkyvyys rajoittuu sille kadulle, jolla navigoija on. Tämä on varsin toimiva ratkaisu tekstipohjaisissa reittioppaissa, mutta graafisessa muodossa esittämissä karttapalveluissa tämä rajoittaa maamerkkien määrää liiaksi. Koska myös viereisellä kadulla tai muualla lähiseudulla olevat maamerkit voivat olla navigoinnin kannalta attraktiivisia, kannattaa ne ottaa mallissa huomioon. Tästä syystä näkyvyys on jaettu kahteen ominaisuuteen: näkyvyysalaan ja näkyvyyteen katsomispisteestä.

Näkyvyysala on se maamerkin alue prosentteina, joka on näkyvissä navigoijalle. Jos maamerkin edessä on esimerkiksi toinen rakennus, voi se estää näkyvyyden maamerkkiin. Vain vähän näkyvillä olevaa maamerkkiä (< 20 %) ei kannata korostaa karttapalvelussa ja sen Näkyvyys katsomispisteestä-ominaisuusarvoksi voidaan antaa epätosi.

Näkyvyys voidaan laskea käyttämällä pyyhkäisyalgoritmia jossa tarkastellaan janojen avulla näkyvyyttä katselupisteestä näkyvyysalueen. Algoritmilla selvitetään leikkaavatko janat  $s_1$  ja  $s_2$ . Jos ne leikkaavat, täytyy selvittää myös niiden risteämiskohta koordinaatistossa. Janat voivat olla keskenään seuraavissa tiloissa:

- Janat eivät ole samansuuntaisia
- Janat ovat samansuuntaisia mutta eivät leikkaa keskenään
- Janat ovat samalla suoralla mutta eivät leikkaa keskenään

- Janat ovat samalla suoralla ja leikkaavat keskenään

Ensimmäinen jana voidaan määrittellä seuraavasti:

$$s_1 = p + t \cdot r$$

jossa  $0 \leq t \leq 1$  ja  $p, r$  ovat kaksiulotteisia vektoreita sekä toinen jana seuraavasti:

$$s_2 = q + u \cdot s$$

jossa  $0 \leq u \leq 1$  ja  $q, s$  ovat kaksiulotteisia vektoreita. Leikkauspisteet saadaan laskemalla kaksiulotteinen ristitulo  $p_1 \times p_2$  seuraavasti:

$$\det \begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{pmatrix} = x_1 y_2 - x_2 y_1 = -p_2 \times p_1.$$

Jos ristitulo on 0, janat ovat samansuuntaisia ja osoittavat joko samaan tai eri suuntaan. Suorat leikkaavat kun  $p + t \cdot r = q + u \cdot s$ . Seuraavaksi voimme ottaa ristitulon  $s$  molemmilta puolilta:

$$(p + t \cdot r) \times s = (q + u \cdot s) \times s = q \times s + u \cdot s \times s = q \times s.$$

Tästä voidaan ratkaista  $t$ :

$$t = \frac{(q-p) \times s}{r \times s}.$$

ja  $u$ :

$$u = \frac{(q-p) \times r}{r \times s}.$$

Jos molemmat  $t$  ja  $u$  saavat arvon väliltä 0 ja 1, janat leikkaavat ja kohtaamispiste saadaan laskemalla  $p + t \cdot r$  johon  $t$ :n arvo saadaan aiemmasta laskutoimituksesta. Muissa tapauksissa janat eivät leikkaa keskenään. Tilanteissa joissa  $r \times s = 0$  ja vektorit  $r$  ja  $s$  ovat samansuuntaisia ja  $t$ :tä ja  $u$ :ta ei voida ratkaista. Tällöin janat ovat samansuuntaisia. Jos taas  $(p - q) \times r \neq 0$  niin janat ovat samansuuntaisia mutta eivät ole samalla suoralla, ts. ne eivät leikkaa keskenään.



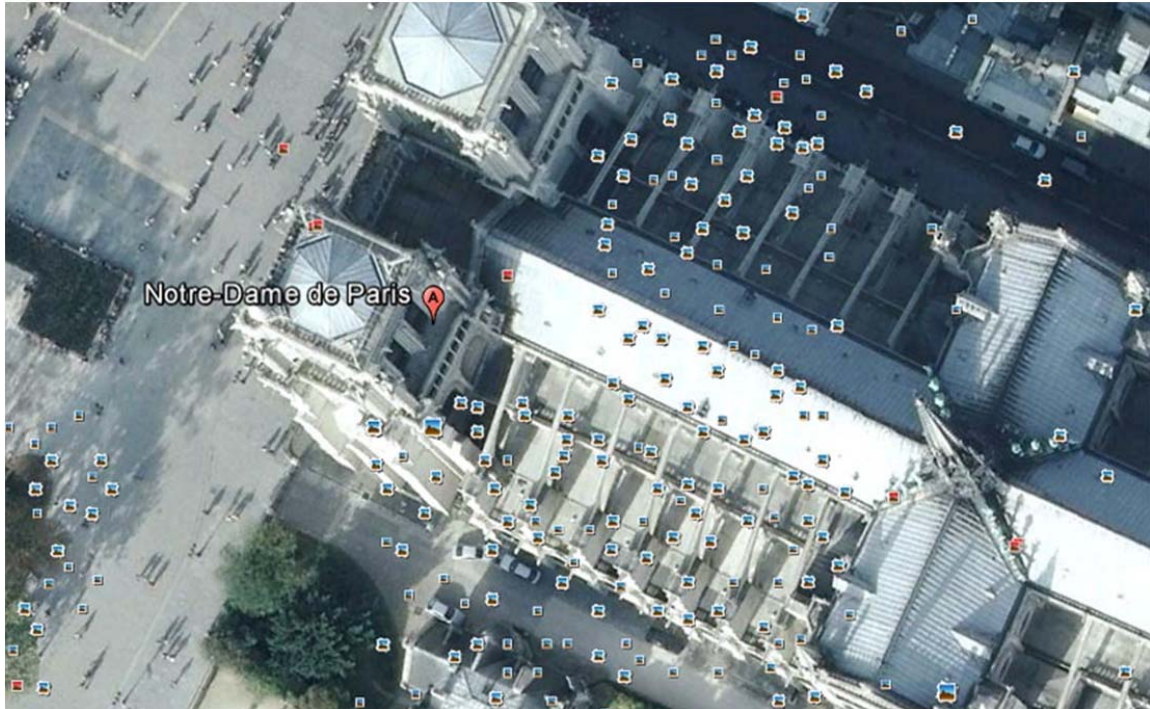
### 5.2.2 Visuaalisen, semanttisen ja strukturaalisen attraktion arviointi

Koska julkisivun automaattinen määrittäminen karttapalveluissa on hankalaa, visuaalisen attraktion laskeminen ei onnistu Raubalin ja Winterin mallin mukaisesti. Mallissa julkisivu määritelläänkin manuaalisesti kuvien perusteella ja jatkokehityksessä käytettävässä aineistossa ei ole määritelty julkisivun koordinaatteja. Visuaaliseen attraktioon voidaan kuitenkin käyttää aineistosta saatavia ominaisuustietoja kuten rakennusvuosi, julkisivun materiaali ja kerrosten lukumäärä. Lisäksi näkyvyyden laskemisen ohella voidaan laskea se alue, joka on navigoijalle näkyvillä katselupisteessä.

Alkuperäisessä mallissa myös jokaisen maamerkin semanttinen attraktio lasketaan manuaalisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että mallin toteuttajat määrittävät jokaiselle maamerkille erikseen semanttisen arvon, eli mm. sen, onko rakennuksella kulttuurillista ja historiallista merkitystä tai että onko maamerkin arkkitehtuuri ympäristöstä poikkeava. Nykyiset karttapalvelut kuten Google Maps ja Bing Maps tunnistavat kyllä kulttuurilliset ja historialliset maamerkit, mutta ne eivät arvota näitä millään asteikolla. Tätä kulttuurillista arvoa voitaisiin mitata esimerkiksi rakennukseen geotagatuilla kuvilla. Geotagatut kuvat ovat kuvia joille on määritelty sijainti koordinaatistossa, eli ne ovat sidottuina siihen alueelliseen kontekstiin jossa kuva on otettu (Kuva 2). Laskemalla alueella olevien kuvien määrän ja karsimalla joukosta maamerkkiin kuulumattomat kuvat esimerkiksi tagien avulla saataisiin jonkinlainen arvio siitä, kuinka merkityksellinen maamerkki on historiallisesti ja kulttuurillisesti. Tämä arvio perustuisi siihen, että tällaisia maamerkkejä kuvataan huomattavasti useammin kuin esimerkiksi tavallisia asuintaloja. Maamerkkejä arvioidaan asteikolla 1-5 (Taulukko 7).

Kuvien lukumäärä	Kulttuurillinen ja historiallinen merkitys
0	1
1-10	2
11-30	3
31-60	4
yli 60	5

*Taulukko 7: Geotagattujen kuvien vaikutus maamerkin kulttuurillisen ja historiallisen merkityksen arviointiin.*



*Kuva 2: Osa Pariisin Notre Dameen geotagatuista kuvista.*

Myös strukturaalisen attraktion laskentaan tehdään uudessa mallissa muutoksia. Ympäröivät reitit voidaan määritellä ominaisuustiedoksi, mutta erilaisille kaduille (polut, valtatie) ei anneta erillistä painoarvoa. Myöskään rajojen laskemisella ei uudessa mallissa saavuteta minkäänlaista hyötyä, joten se korvataan maamerkin monikulmion pisteiden laskemisella. Uudessa mallissa tehdään oletus, että mitä useammasta monikulmion pisteestä maamerkki koostuu, sitä monimutkaisempi sen arkkitehtuuri on. Poikkeuksena on kuitenkin kolmesta pisteestä koostuvat rakennukset, jotka luokitellaan myös erikoisen arkkitehtuurin omaavaksi maamerkiksi. Lisäksi strukturaaliseen attraktioon vaikuttaa maamerkin etäisyys navigoijan katselupisteestä. Toisin sanoen, mitä lähempänä maamerkki on katselijaa, niin sitä suurempi painoarvo sille annetaan mallissa.

### **5.2.3 Maamerkkien erottuminen ympäristöstä ja niiden korostus**

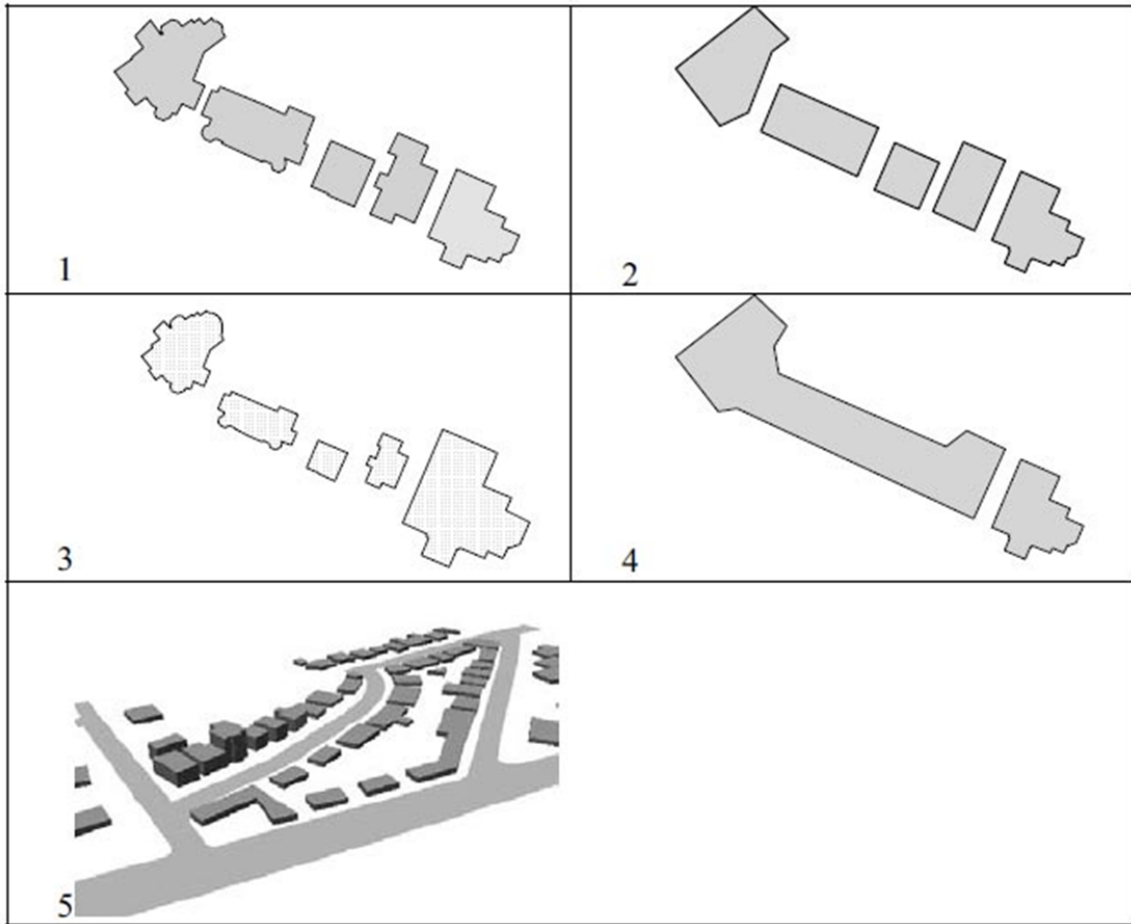
Kolben (2002, 2004) informaatio-teoreettisen mallia mukailleen maamerkkien erottuvuutta ympäristöstä voidaan mitata vertailemalla niitä muihin ympäröiviin maamerkkeihin. Alla on lueteltu muutamia esimerkkejä selkeästä erottuvuudesta:

- elokuvateatteri toimistorakennusten ympäröimänä

- vanha puurakennus betoni- tai kivimateriaalista rakennettujen maamerkkien ympäröimänä
- korkea maamerkki matalien maamerkkien ympäröimänä

Erottuvuutta voidaan Raubalin ja Winterin mallin kontekstissa tarkastella vertailemalla maamerkin ominaisuustietoja ympäröivien maamerkkien ominaisuuksiin. Alkuperäisessä mallissa mm. rakennuksen väri ja julkisivun muoto vaikuttivat visuaaliseen attraktioon, mutta myöskään näiden mittaamiseen ei käytetty minkäänlaisia automatisoituja toimintoja vaan ne määriteltiin manuaalisesti. Prosessin automatisoimiseksi meidän täytyy tarkastella erillisestä aineistosta saatuja maamerkkien ominaisuustietoja. Visuaalisen attraktion laskennan kannalta merkittäviä tietoja voivat olla esimerkiksi julkisivun materiaali, rakennusvuosi ja kerrosten lukumäärä. Muutetussa mallissa alueen rakennuksien ominaisuuksista voidaan laskea keskiarvo ja verrata jokaista maamerkkiä keskiarvoon. Jos rakennus eroaa huomattavasti keskiarvosta, se todennäköisesti eroaa myös ulkonäöltään muusta lähiympäristöstä.

Maamerkkejä korostetaan värittämällä niiden monikulmio huomiotaherättävällä värillä. Korostusta kutsutaan pop out –efektiksi joista väri on Leen, Forlizzin ja Hudsonin (2006) tutkimuksen mukaan tehokas. Monikulmiomallia voidaan yksinkertaistaa Reichenbacherin (2004) mallia käyttäen (Kuvio 6), jolloin sen laskenta on nopeampaa. Monikulmiot väritetään maamerkin attraktiivisuuden mukaan, eli kaikista huomattavin maamerkki väritetään kirkkaimmalla värillä ja mahdolliset muut maamerkit vaaleammalla.



*Kuvio 6: Reichenbacherin (2004) mallin mukainen yksinkertaistaminen rakennukselle.*

Korostuksen tulisi nopeuttaa navigoijan valintapisteissä toimimista ja oikean vaihtoehdon valitsemista. Siksi onkin tärkeää, että malli osaa tunnistaa huomattavimmat maamerkit ja että sovellus piirtää korostukset ilman viivettä. Jotta maamerkkien korostuksesta olisi hyötyä navigoinnissa, tulee käyttäjän havaita nopeasti karttasovelluksessa korostettu monikulmio ja kyetä yhdistämään se reaali maailmassa olevaan maamerkkiin.

## 6 Maamerkkejä korostava karttasovellus ja sen testaus

Tätä tutkielmaa ja mallin testausta varten kehitettiin Javascript-pohjainen sovellus Googlen ohjelmointirajapintojen avulla. Lisäksi mallin tuloksia verrattiin käyttäjätesteissä saatuihin tuloksiin. Tässä luvussa esitellään kyseisen sovelluksen arkkitehtuuri, sovelluksen tehtävät ja käyttäjätestien tulokset.

### 6.1 Sovellusarkkitehtuuri

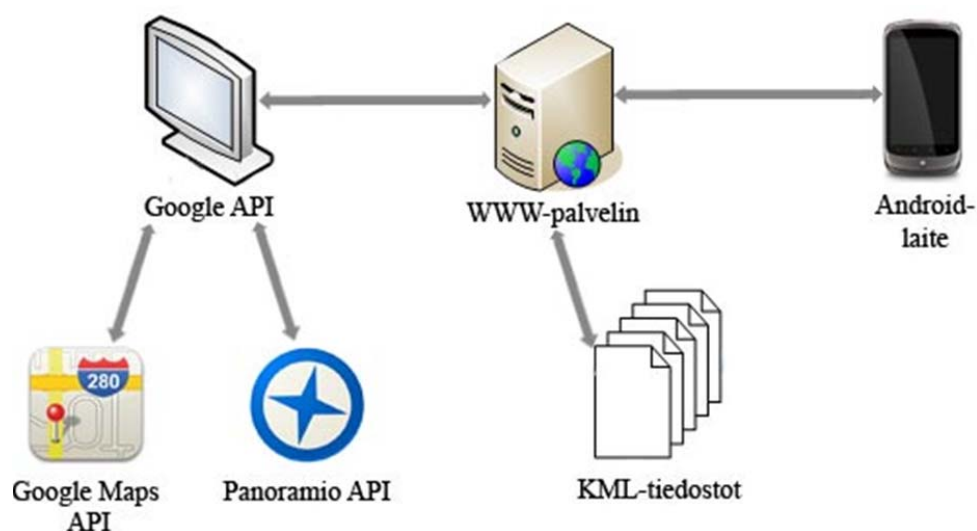
Jotta mallia voitaisiin arvioida, siitä täytyy tehdä sovellus. Sovellus on toteutettu Google Maps Javascript API V3:lla ja se toimii nimensä mukaisesti Javascript-pohjaisena. API mahdollistaa omien karttapalveluiden luomisen ulkopuolisille verkkosivuille sekä tarjoaa mahdollisuuden muokata jo olemassa olevia karttoja. API:n käyttö on ilmaista ja ainakaan tällä hetkellä se ei sisällä käyttäjälle esitettyjä mainoksia. Google kuitenkin varaa oikeuden näyttää mainoksia tulevaisuudessa (Google Maps/Earth Terms of Use, 2012) Google Maps-karttasovelluksella on valmiiksi laaja käyttäjäkunta ja API V3 on suunniteltu erityisesti mobiililaitteita ajatellen. Nivalan ja muiden (2008, s. 131) evaluaation mukaan Google Maps on myös vähiten altis käytönaikaisille virheille.

Tutkielman aineistona käytetään Helsingin kaupungin Kiinteistöviraston kaupunkimittausosastolta saatua aineistoa joka kattaa noin 1 neliökilometrin alueen Helsingin ydinkeskustasta ja jonka keskipisteenä toimii Aurorankadun ja Nervanderinkadun risteys. Aineisto sisältää kaksi- ja kolmiulotteiset rakennusmallit em. alueelta, näiden rakennusten Facta-kuntarekisterin ominaisuustiedot MapInfo-tietokantana sekä alueella olevat kadut kaksiulotteisena mallina. Aineiston ominaisuustietoja voidaan käyttää vertaillessa maamerkkien kokonaisattraktiota. Kaksi- ja kolmiulotteiset rakennusmallit sekä kadut ovat MicroStationin spatiaalista aineistoa tukevassa DGN-formaatissa.

Aineisto täytyi muuttaa Google Mapsissa (työpöytä- sekä mobiiliympäristössä) toimivaan KML-formaattiin, joka on XML:ään perustuva tagipohjainen tiedostomuoto. KML tukee kaikkia Google Maps API:ssa olevia ominaisuuksia kuten virtuaalisia nuppineuloja ja tasoja sekä piirtoelementtejä kuten polkuja ja monikulmioita. KML-tiedoston ominaisuustietoihin pystyy tallentamaan pituus- ja leveyspiirin lisäksi myös korkeustietoja,

joka helpottaa mm. näkyvyyden laskemista navigointipisteestä rakennuksiin. Lisäksi piirrettyihin grafiikkaelementteihin pystyy liittämään ominaisuustietoja kuten tietoja rakennuksista ja maamerkeistä.

Maamerkkien kulttuurillinen ja historiallinen merkitys saadaan hakemalla Google Mapsin tukemasta Panoramio API:sta tarkasteltavien maamerkkien sisältämät geotagatut kuvat. Koska kuvat sijaitsevat usein myös rakennusten ulkona (koska kuvat usein otetaan rakennusten ulkopuolelta ja tagataan sijaintiin josta kuva on otettu) täytyy tarkasteltavaa aluetta laajentaa hieman rakennuksen monikulmiota suuremmaksi. Sovelluksen kokonaisarkkitehtuuri on esitetty kuviossa 7.



*Kuvio 7: Karttasovelluksen arkkitehtuuri.*

Itse sovellus on toteutettu Android 2.2-alustalle, eli se toimii lähes kaikissa vuoden 2010 aikana tai jälkeen julkaistuissa Android-laitteissa. Sovellus käyttää ns. Webview-näkymää jolla sovelluksissa voidaan näyttää Internetissä sijaitsevaa sisältöä. Sovellus on toteutettu HTML-sivustona johon on upotettu Google Maps-näkymä. Rakennusten koordinaatit ja niiden ominaisuustiedot luetaan KML-tiedostosta PHP-ohjelmointikieltä käyttäen. Sovellus sisältää ainoastaan kaksi risteysaluetta, alueen rakennukset ja niiden ominaisuustiedot Helsingin ydinkeskustan alueelta. Tämä johtuu testiaineiston rajallisuudesta ja siitä, että sovelluksen evaluointi onnistuu myös pienellä otoksella. Sovelluksessa on mahdollisuus

piilottaa käyttöliittymän tasoja kuten näkyvyysalue, kaikki alueen maamerkit tai korostetut maamerkit.

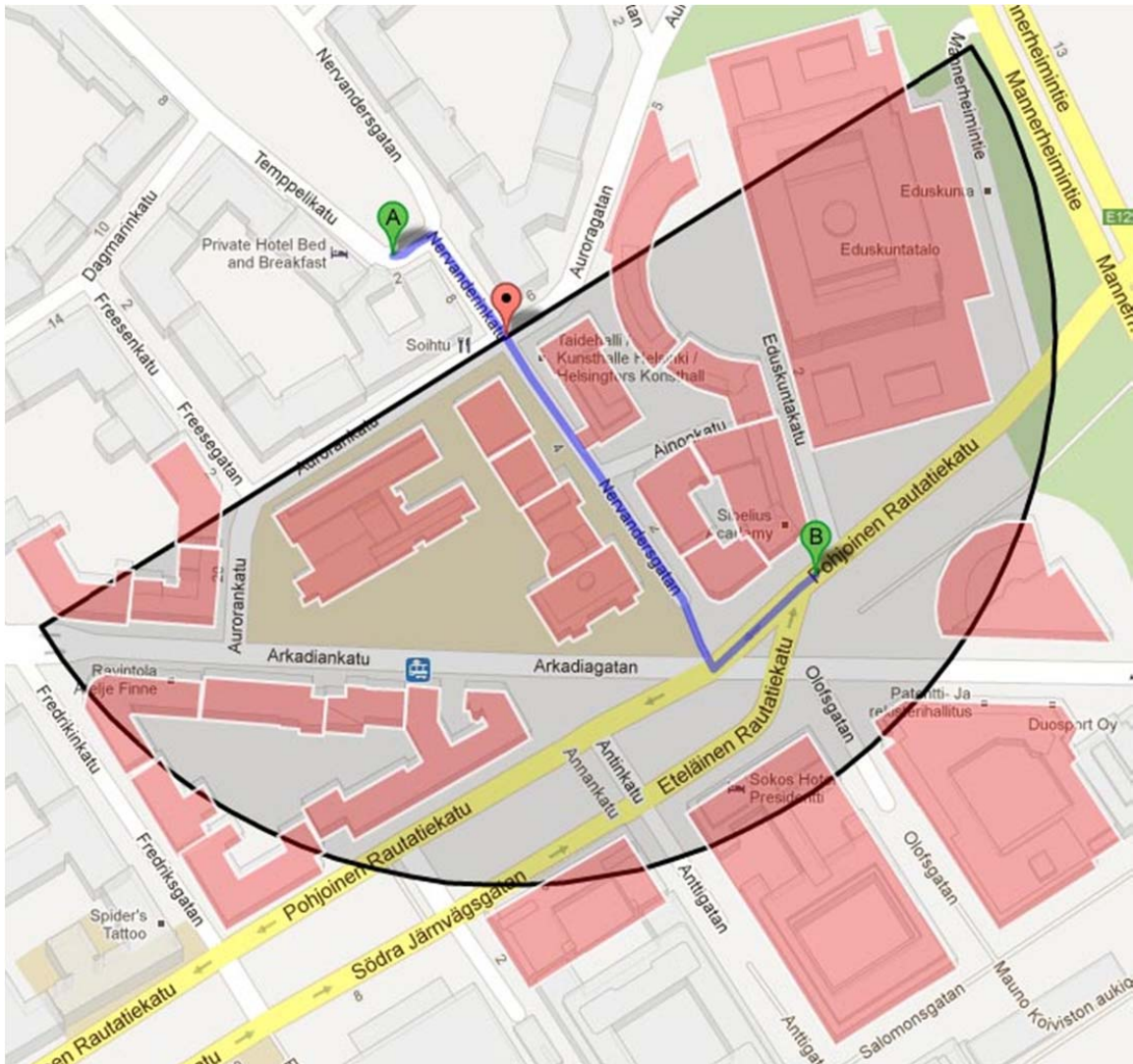
Kuvat haetaan Panoramio API:n avulla ja hakuihin käytetään JSONP-tekniikkaa (JavaScript Object Notation with Padding). JSONP on JSON:sta (JavaScript Object Notation) kehittyneempi versio joka palauttaa JSON-notaation sijaan Javascript-koodia. Normaalisti verkkosivustot eivät voi kommunikoida eri sivustolla tai palvelimella sijaitsevan palvelun kanssa, mutta JSONP mahdollistaa tämän lisäämällä käytettävän skriptin lähdekoodin dynaamisesti sivustolle jolloin selain hyväksyy palvelimien välisen kommunikoinnin. Panoramion oma API ei (vielä) päästä käyttäjää käsiksi kuvien tietoihin suoraan API:n avulla, mutta JSONP-kutsuilla haetut oliot sisältävät kuitenkin tarvittavan tiedon. Näiden tietojen haku on kuitenkin asynkronista, joten niiden reaaliaikainen käyttö hidastaisi sovellusta huomattavasti, varsinkin kun maamerkkien määrä kasvaa suureksi. Siksi kuvien määrät kannattaa hakea jo ennen sovelluksen suorittamista ja kirjoittaa muitakin ominaisuustietoja sisältävään KML-tiedostoon.

## 6.2 Sovelluksen tehtävät

**Kartan lataus ja zoomaus reitille** – Karttasovellus käynnistetään parametreilla jotka määrittävät reitin lähtöpisteen, sen määränpään ja navigoijan olinpaikan reitillä. Kartta zoomataan alueelle jolta maamerkkejä tarkastellaan ja korostetaan. Näin vältetään tilanteet, joissa korostetut maamerkit ovat kartan ulkopuolella, sillä tämä aiheuttaisi lisätoimia käyttäjältä ja näin ollen hidastaisi navigointia. Testitilanteissa navigoijan olinpaikka sijaitsee aina valintapisteissä, koska nämä ovat yleisimpiä tilanteita joissa navigoijan täytyy tehdä valintoja reitin suhteen. Sovelluksessa on valikko joista voi valita valmiita reittejä.

**Maamerkkien koordinaattien rajaus** – Kun reitti ja navigoijan olinpaikka on valittu ja kartta piirretty, sovellus määrittää miltä alueelta maamerkkejä haetaan. Maamerkkien attraktion laskeminen on palvelinpuolella varsin raskas toimenpide, joten maamerkkien hakuun käytettävät koordinaatit rajataan 200 metrin säteelle navigoijan olinpaikasta. Näin voidaan jättää pois kaukana olevia, navigoinnin kannalta luultavasti merkityksettömiä maamerkkejä ja saadaan laskettua suurin osa navigoijalle näkyvistä maamerkeistä nopeasti. Sovellus laskee näkyvyyden säteen ja piirtää näkyvyydestä 180 asteen puolipyörän reitin





*Kuva 3: Kaikki näkyvyysalueella olevat maamerkit korostettuina. Näkyvyysalue näkyy kuvassa mustana puoliympyränä.*

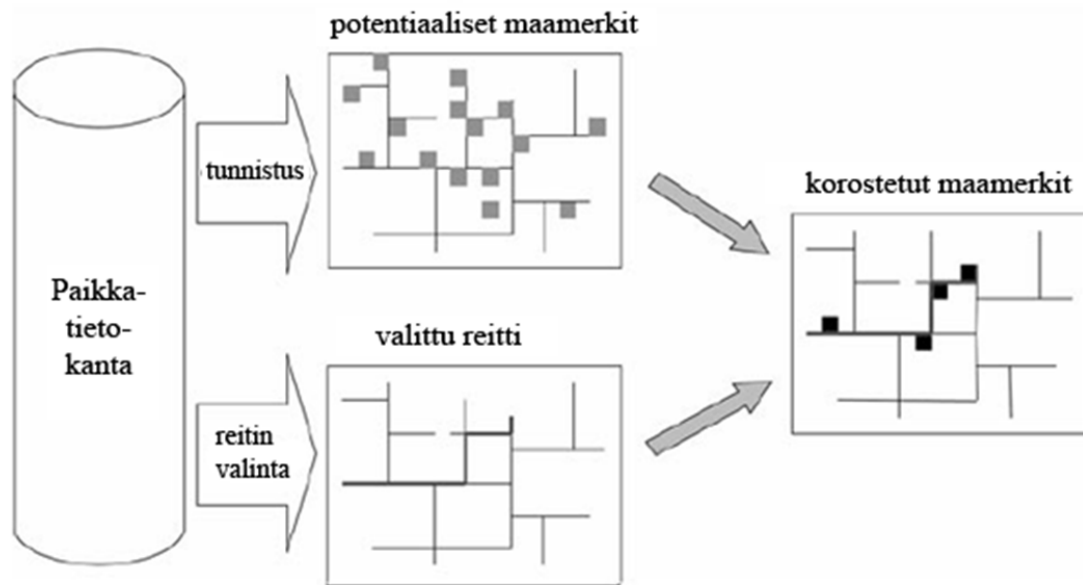
**Hae alueen rakennukset tietokannasta** – Sovelluksen määritettyä koordinaattirajat haettaville maamerkeille suoritetaan haku KML-tiedostosta. Potentiaalisia maamerkkejä haetaan valitun reitin ja navigoijan olinpaikan perusteella (Kuvio 8). Haussa haetaan jokaisen maamerkin paikka- ja ominaisuustiedot jotka tarvitaan maamerkkien vertailuun. Tilanteissa jossa maamerkkejä ei löydy (esimerkiksi metsässä navigoidessa) sovellus



palauttaa

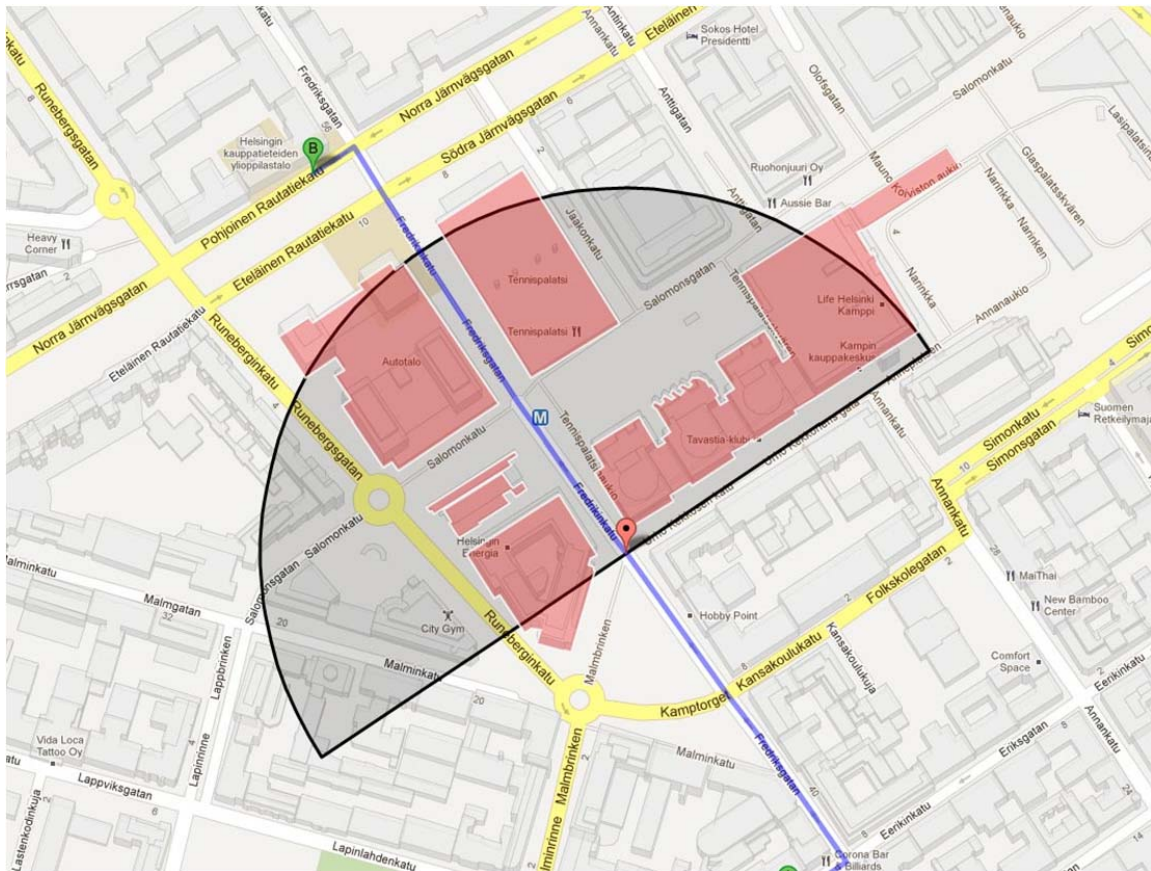
normaalisti

reitit.



*Kuvio 8: Korostettavat maamerkit valitaan reitin perusteella.*

**Arvioi maamerkkien attraktiivisuus** – Kun reitillä olevat maamerkit on haettu, suoritetaan niiden välinen vertailu kehitetyn mallin mukaisesti. Laskenta suoritetaan Javascript-kielen avulla palvelimella. Ensimmäiseksi arvioidaan jokaisen potentiaalisen maamerkin näkyvyys navigoijan katselupisteeseen (Kuva 4). Tämän jälkeen poistetaan reitillä jo ohitetut maamerkit, sillä näistä on harvoin hyötyä navigoinnissa. Tämä tapahtuu tarkastelemalla reitin menosuuntaa. Jos rakennus ei näy tarpeeksi, hylätään se mallissa korostettavien maamerkkien joukosta. Tämän jälkeen lasketaan maamerkin visuaalinen, semanttinen ja strukturaalinen attraktio ja määritellään tälle attraktion kokonaisarvo (0-1, jossa 0 ei lainkaan huomattava ja 1 erittäin huomattava) jolla maamerkit priorisoidaan. Jos kaikki alueen maamerkit ovat hyvin samankaltaisia ja yksikään niistä ei varsinaisesti erotu joukosta, ei maamerkkejä korosteta lainkaan.



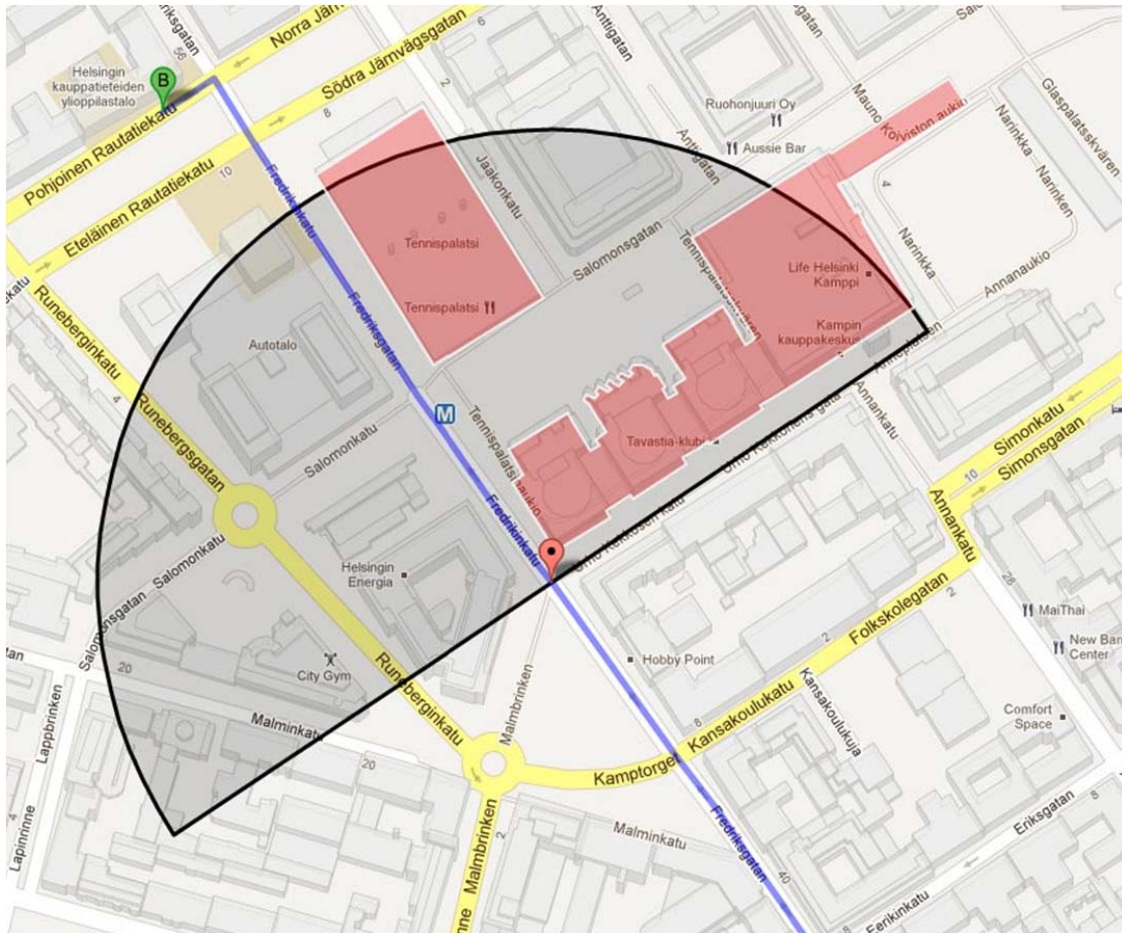
*Kuva 4: Näkyvyys navigoijan katselupisteestä. Maamerkeille on laskettu näkyvyys ja ainoastaan katselupisteeseen näkyvät maamerkit ovat korostettuina.*

**Näytä korostetut maamerkit kartalla** – Maamerkkien korostaminen tapahtuu piirtämällä rakennuksen muotoinen monikulmio ja värittämällä se. Väriytyksen asetuksiin laitetaan kuitenkin jonkin verran läpinäkyvyyttä, jotta alkuperäinen rakennuksen malli ja siinä mahdollisesti sijaitsevat muut kohteet näkyisivät taustalla. Korostettuja maamerkkejä on 0-3, eli jos maamerkkien attraktioarvot ovat hyvin lähellä toisiaan, voidaan korostaa useampaa maamerkkiä. Jos attraktiivisia maamerkkejä ei alueelta löydy, näytetään reitti normaalisti ilman korostuksia. Kuvassa 5 näkyy kartta johon on korostettu

attraktiivisimmat

maamerkit

näkyvyysalueella.



Kuva 5: Attraktiivisimpien maamerkkien korostus kartalla.

### 6.3 Maamerkkejä korostavan mallin evaluointi

Testitilanteessa koehenkilöille esitettiin kuvia risteysalueilta joilla sijaitsee paljon maamerkeiksi kelpaavia rakennuksia. Yksi kuva kattaa noin 180 asteen alueen reitin menosuuntaan päin, tavoitteena simuloida oikeasti reitillä kulkevan navigoijan näkökenttää. Koehenkilöt valitsivat reitiltä 3-5 heidän mielestään huomattavinta ja helppoiten reitillä etenemistä auttavaa maamerkkiä ja asettivat nämä huomattavuusjärjestykseen. Koetilanteessa koehenkilölle annettiin puhelin jossa näkyy reitti ja navigoijan sijainti reitillä. Sijainti on sama kuin kuvassa näkyvä risteysalue. Koehenkilöille korostettiin, että he eivät voi valita ns. väliaikaisia maamerkkejä, kuten esimerkiksi työmaa-wc:tä tai parkkeerattua ajoneuvoa.

Valinnan jälkeen vastauksia verrattiin mallin tuottamaan järjestykseen alueen maamerkeistä. Vertailun avulla saimme viitteitä siitä, onko mallin valitsemat maamerkit samoja kuin ihmisten valitsemat. Lisäksi koehenkilölle tehdään lyhyt haastattelu jossa pyydetään perusteluita valituille maamerkeille. Näiden lisäksi jokaiselta koehenkilöltä kysyttiin perustiedot kuten ikäryhmä ja sukupuoli.

Testitilanne pilotoitiin TAUCHI-yksikön laboratoriossa. Risteysalueet näytettiin pimennetyssä huoneessa projektorilla seinälle. Pilotin aikana testilomakkeessa havaittiin huomattavia puutteita: esimerkiksi testin ohjeistus puuttui kokonaan. Alunperin tämä suunniteltiin tehtäväksi suullisesti, mutta suullisesti annetuissa ohjeissa on se riski, että ohjeita ei toisteta jokaisella testikerralla samalla tavalla ja jotain testin kannalta oleellista saattaa helposti unohtua. Lisäksi lomakkeella olevien risteysalueiden nimeäminen kadunnimien mukaan todettiin sekavaksi ja risteysalueiden nimet muutettiin Risteys 1:ksi ja Risteys 2:ksi. Risteysalueiden kuviin lisättiin myös sininen viiva indikoimaan puhelimessa näytettävää reittiä.

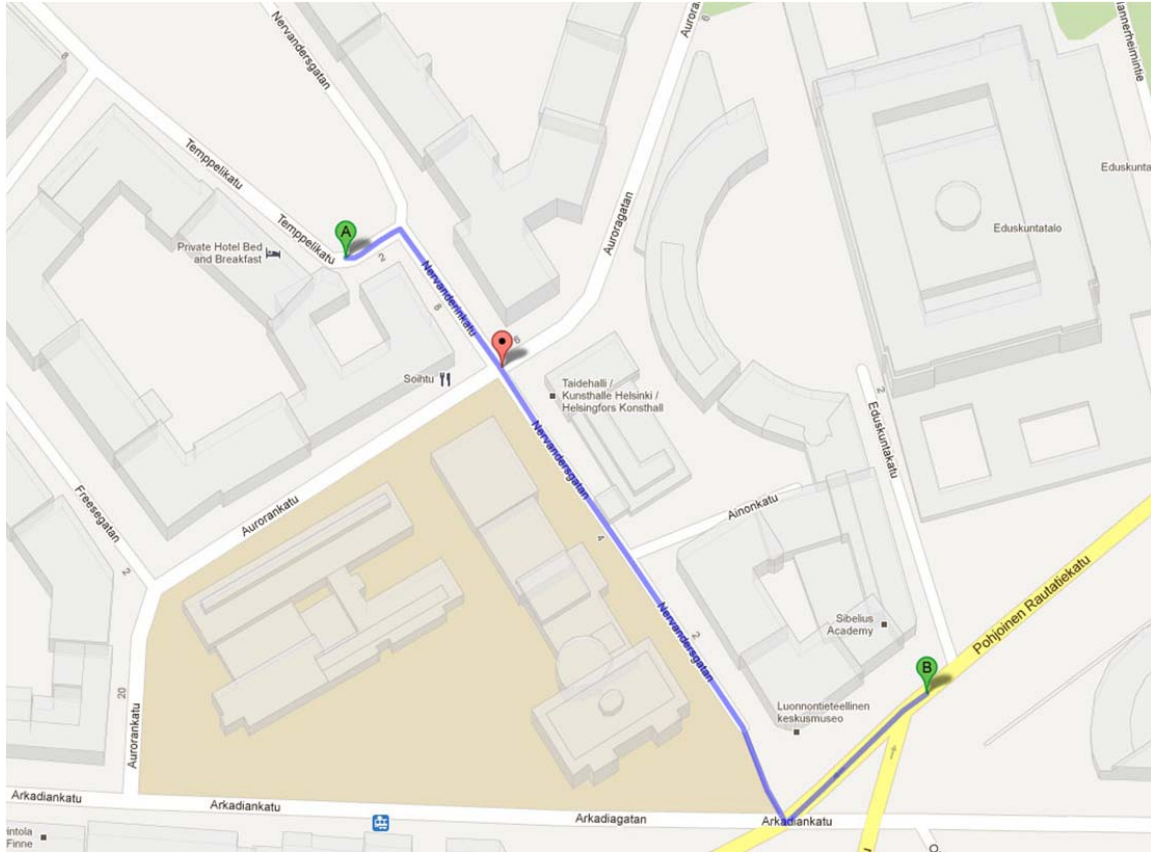
Tämän lisäksi palautetta tuli toisen risteysalueen maamerkkien määrän vähydestä. Risteysalueelta ei kuitenkaan lähdetty muuttamaan, koska Helsingin kaupungin Kiinteistöviraston kaupunkimittausosastolta saatu aineisto kattaa vain pienen alueen Helsingin keskustasta ja tältä alueelta ei löytynyt testiin sopivampaa risteystä. Testi päätettiin siirtää myös paperilomakkeelta tietokoneella tehtäväksi sähköiseksi lomakkeeksi. Sähköinen lomake helpottaa tulosten syöttämistä ja näin saadaan vähennettyä esimerkiksi huonosta käsialasta johtuvia vastauslomakkeiden hylkäämisiä. Lisäksi tesin aineisto on helppo tallentaa CSV-muotoon ja siitä edelleen tarkasteltavaksi Exceliin jatkokäsittelyä varten. Lomakkeen sähköistäminen vähentää myös käytettävän paperin määrää toimistokäytössä. Kokeen tulostettava kyselylomake löytyy Liitteestä 1 ja sähköinen lomake osoitteesta <http://www.planet-ogo.net/map/kysely.php>.

### **6.3.1 Risteys 1 - Aurorankatu / Nervanderinkatu**

Risteys on reitillä Tempelinaukion kirkko – Helsingin luonnontieteellinen keskusmuseo. Se sijaitsee keskeisellä paikalla Helsingin keskustaa ja lähistöllä on yksi kaupungin tunnetuimpia maamerkkejä: eduskuntatalo. Rakennus ei ole kuitenkaan tässä risteyksessä näkyvissä, jolloin navigoijan on valinnoissaan tyytyminen muihin, tuntemattomampiin



maamerkkeihin. Lisäksi risteys sisältää paljon eri vuosikymmenellä rakennettuja maamerkkejä.



*Kuva 6: Aurorankadun ja Nervanderinkadun risteys Google Mapsissa esitettynä (Google Maps, 2011).*

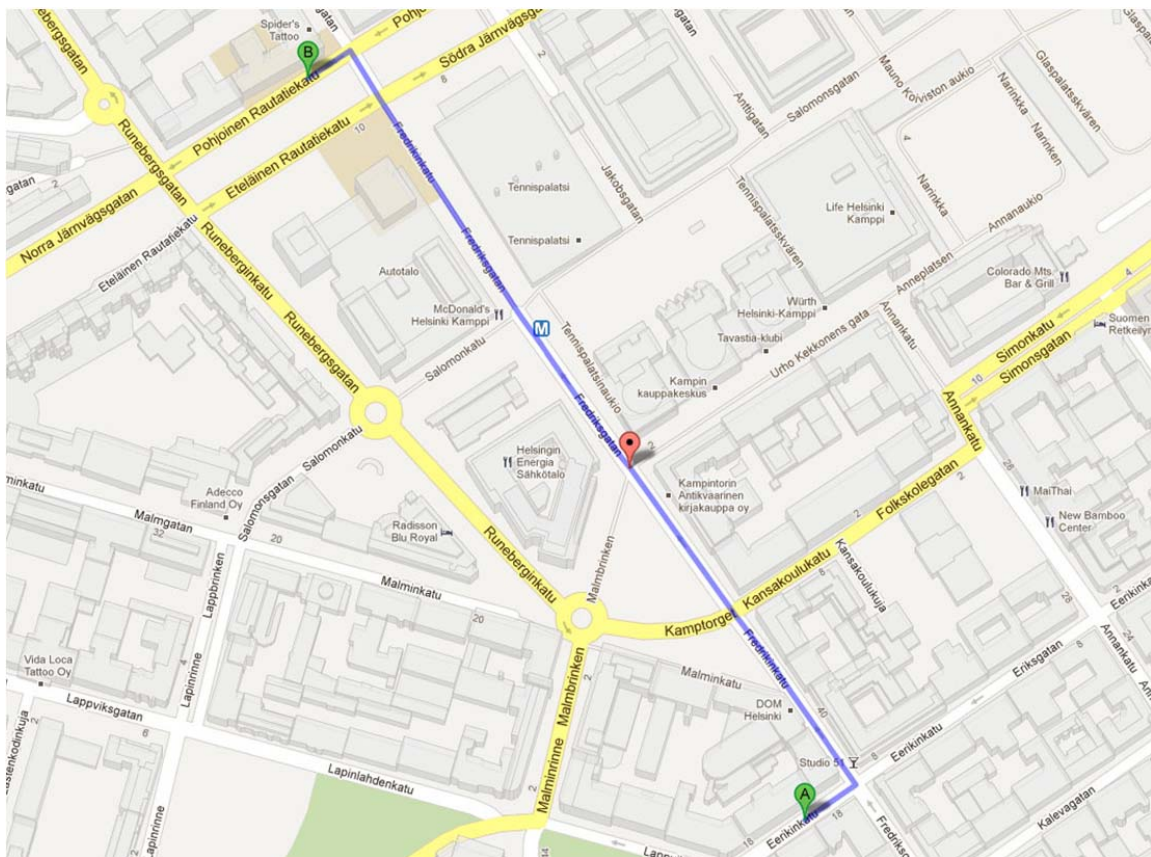


*Kuva 7: Ensimmäisen risteysalueen tarkastelukuva.*

### **6.3.2 Risteys 2 - Fredrikinkatu / Malminrinne / Urho Kekkosen katu**

Risteys on reitillä Elokuvateatteri Orion – Helsingin kauppatieteiden ylioppilastalo. Fredrikinkadun, Malminrinteen ja Urho Kekkosen kadun risteys sisältää huomattavasti vähemmän maamerkkejä kuin aiemmin esitelty Aurorankadun ja Nervanderinkadun risteys.

Risteys valittiin evaluointiin sen generisyytensä vuoksi: maamerkkien ominaisuustiedot ovat hyvin samankaltaisia ja yksikään niistä ei ole erityisen silmäänpistävä. Tällä valinnalla haluttiin testata mallia tilanteissa, joissa ympäristöstä ei erotu yhtään yksittäistä, erittäin näkyvää maamerkkiä. Useat virhevalinnat reitillä tapahtuvat yleensä juuri alueilla, joissa maamerkit ovat hyvin samankaltaisia. Vastaavia alueita löytyy usein erityisesti kaupunkien pienemmillä teillä (esimerkiksi Helsingissä Kalevankadun ja Annankadun risteys sekä Fredrikinkadun ja Lönnotinkadun risteys).



Kuva 8: Fredrikinkadun, Malminrinteen ja Urho Kekkosen kadun risteys Google Mapsissa esitettyinä. (Google Maps, 2011).



Kuva 9: Toisen risteysalueen tarkastelukuva.

### 6.3.3 Tulokset

Testiin osallistui 20 henkilöä joiden perustiedot löytyvät Taulukosta 8. Testit pidettiin Tauchi-yksikön laboratoriossa seuraavalla testiasetelmalla: risteysalueet näytettiin pimennetyssä huoneessa projektorilla seinälle. Koehenkilö istui tuolilla sopivalla etäisyydellä kuvasta ja täytti sähköisen testilomakkeen. Testihenkilöllä oli tuloste jossa näkyivät molempien risteysten kuvat. Perustietojen täyttämisen jälkeen testihenkilö arvotti risteysalueilla olevat maamerkit jonka jälkeen täytettiin vielä lyhyt testiosuus jossa perusteltiin maamerkkien valintaa. Lopuksi koehenkilöt voivat kommentoida testiä.

Sukupuoli		Ikäryhmä		
mies	nainen	19-25	26-38	39+
13	7	2	16	2

*Taulukko 8: Koehenkilöiden perustiedot (N = 20).*

Vapaista vastauksista selvisi paljon seikkoja joihin ihmiset kiinnittävät huomionsa maamerkkejä tarkastellessa. Mainituista ominaisuuksista yleisimpiä olivat rakennuksen muoto, sijainti reitillä (suoraan reitin varrella olevia maamerkkejä valittiin useammin), maamerkin väri sekä rakennuksen semanttinen merkitys. Risteys 1 –alue oli testihenkilöille huomattavasti tuntemattomampi, mutta Risteys 2 –alueella useat testihenkilöt olivat maininneet rakennuksia nimiltä (mm. Tennispalatsi ja Kampin ostoskeskus). Osassa vastauksissa painotettiin selvästi reittiä kontekstina ja näin ollen maamerkitkin arvioitiin reitin mukaan (ts. sen varrelle). Osassa vastauksista huomio kiinnittyi enemmän rakennusten ulkoasuun ja erottuvuuteen muusta ympäristöstä. Risteys 1 oli tuttu kolmelle testihenkilölle ja Risteys 2 jopa viidelletoista. Tässä mielessä risteysalueet oli valikoitu hyvin – Risteys 2:n vastauksissa tuttujen rakennusten semanttista arvoa korostettiin huomattavasti ensimmäistä risteystä enemmän.

Mallissa attraktioarvo laskettiin maamerkkien ominaisuustiedoilla ja niiden painoarvoilla. Etäisyyden ja maamerkin monikulmion pisteiden merkitystä vähennettiin lopullisessa attraktioarvossa, sillä kaikki 200 metrin alueella olevat maamerkit näkyvät yleensä varsin hyvin ja matalat ja huonommin havaittavat maamerkit saavat muutenkin heikomman attraktioarvon tarkasteltaessa maanpäällisten kerrosten lukumäärää. Lopullinen

attraktioarvo koostuu siis seuraavista ominaisuustiedoista: kerrosten lukumäärä, rakennusvuosi, käyttötarkoitus, geotagattujen valokuvien määrä, läheisten kulkureittien määrä, etäisyys katselupisteestä sekä maamerkin monikulmioiden pisteiden määrä. Jokainen ominaisuus arvotettiin välillä 0-5 ja näiden yhteentulema laskettiin keskiarvo joka oli kyseisen maamerkin kokonaisattraktioarvo.

Testissä testihenkilöt arvottivat maamerkkejä niiden huomattavuuden mukaan sijoittaen ne huomattavuutensa mukaisesti sijoille 1-5. Keskiarvo testissä olleisiin maamerkkeihin saatiin laskemalla pisteytys väliltä 0-100 jokaiselle maamerkille niin, että ensimmäinen sija oli viiden pisteen arvoinen, toinen neljän, jne. Jos testihenkilö ei sijoittanut maamerkkiä lainkaan, oli pistemäärä 0. Tämä pistemäärä jaettiin osallistujien määrällä jolloin saatiin keskiarvo väliltä 0-5. Testin ja mallin saamat tulokset löytyvät molempien risteyksien osalta Taulukoista 9 ja 10. Kuvissa 10 ja 11 näkyvät reiteillä korostetut maamerkit ja maamerkkien numeroinnit.

### Risteys 1

Maamerkki	Huomattavuus					Keskiarvo testissä	Attraktioarvo mallissa	Sijoitus testissä	Sijoitus mallissa
	1	2	3	4	5				
<b>1</b>	5	4	1	2	4	2,6	2,5	4	6
<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3,4</b>	<b>4,33</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	0	1	4	3	2	1,2	2,33	5	7
<b>4</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3,2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2,9</b>	<b>4,33</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>6</b>	0	0	2	2	3	0,65	3,33	6	4
<b>7</b>	0	0	0	0	1	0,05	2,67	7	5

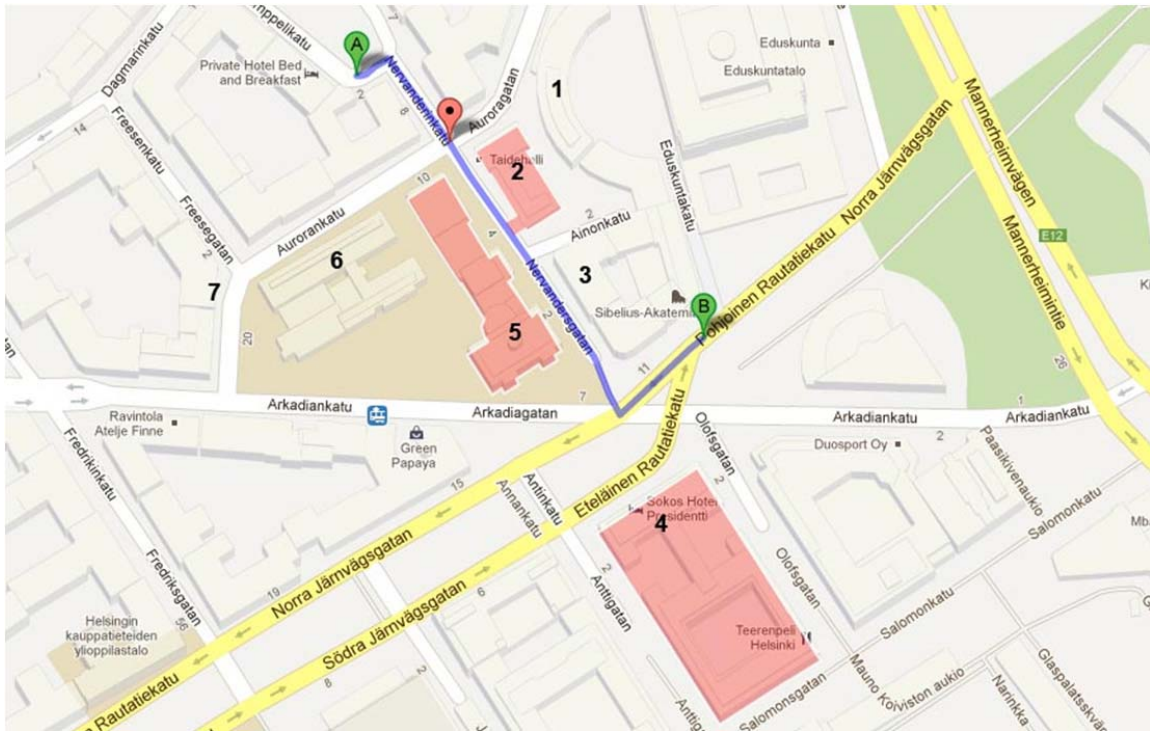
*Taulukko 9: Ensimmäisen risteysalueen testitulokset ja mallin laskema attraktioarvo. Keskiarvo ja attraktioarvo voivat saada arvon väliltä 0-5. Taulukkoon on lihavoitu mallissa korostettavat maamerkit.*



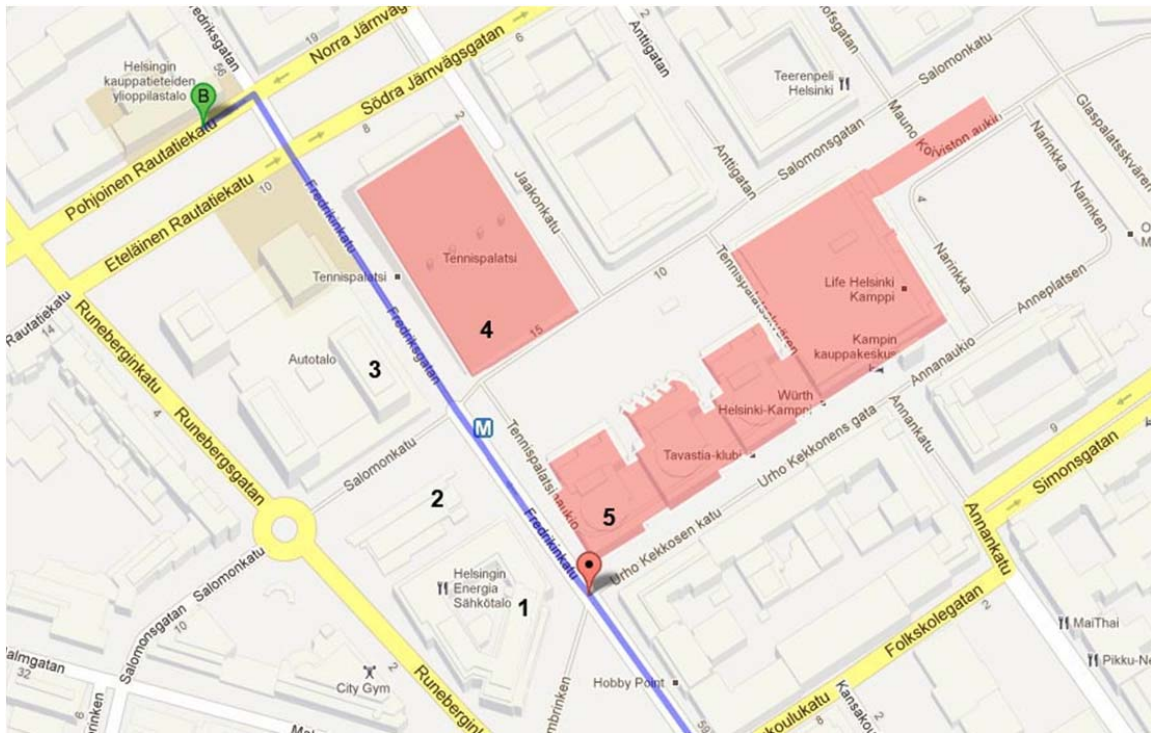
## Risteys 2

Maamerkki	Huomattavuus					Keskiarvo testissä	Attraktioarvo mallissa	Sijoitus testissä	Sijoitus mallissa
	1	2	3	4	5				
1	1	5	8	4	0	3,25	4,17	3	3
2	0	3	1	3	8	1,45	2,33	5	5
3	2	0	3	5	2	1,55	4	4	4
4	13	3	2	2	0	4,35	4,5	1	2
5	4	9	6	0	1	3,75	4,83	2	1

Taulukko 10: Toisen risteysalueen testitulokset ja mallin laskema attraktioarvo. Keskiarvo ja attraktioarvo voivat saada arvon väliltä 0-5. Taulukkoon on lihavoitu mallissa korostettavat maamerkit.



Kuva 10: Risteysalueen 1 maamerkit numeroituna Taulukon 9 mukaisesti. Punaisella mallissa korostetut maamerkit.



*Kuva 11: Risteysalueen 2 maamerkit numeroituna Taulukon 10 mukaisesti. Punaisella mallissa korostetut maamerkit.*

Tuloksien perusteella mallin valitsemat maamerkit ja testihenkilöiden valitsemat maamerkit vastasivat melko hyvin toisiaan. Molemmissa testiskenarioissa mallin maamerkkien parhaat keskiarvot vastasivat testin vastaavia keskiarvoja. Varsinkin toisessa risteysalueessa keskiarvot testissä ja mallissa olivat lähes samassa järjestyksessä. Tämä voi tosin johtua osittain testissä valitun risteysalueen maamerkkien vähyydestä ja kahden maamerkin huonosta näkyvyydestä risteysalueen kuvassa. Mallia tulisi kuitenkin vielä testata monipuolisemmin erilaisilla risteysalueilla ja tilanteissa, joissa maamerkkejä on todella paljon ja todella vähän. Tämän tutkielman puitteissa voidaan kuitenkin tehdä johtopäätös, että mallissa on potentiaalia jatkokehitykseen.

## 7 Yhteenveto

Tässä tutkielmassa on käsitelty maamerkkejä ja niiden huomattavuutta ja potentiaalia mobiilisuunnistuksen apuna. Alussa käsiteltiin mobiilisuunnistukseen liittyviä perustermejä kuten paikkatietoa, paikkatieto- ja koordinaattijärjestelmiä. Tämän jälkeen käytiin läpi karttapalveluita, mobiilinavigoinnin perusteita ja haasteita sekä navigointia erilaisissa mobiileissa karttapalveluissa. Tutkielman pohjana toimi Raubalin ja Winterin (2003) kehittämä malli jossa maamerkeille lasketaan kokonaisattraktio ja joita voidaan tämän saadun arvon avulla järjestellä huomattavuusjärjestykseen.

Malli ei kuitenkaan soveltunut nykyisiin karttajärjestelmiin, joten sitä piti jatkokehittää. Kehitysalustaksi valittiin Google Maps jonka ohjelmointirajapinnan avulla rakennettiin sovellus joka korostaa mallin valitsemia, korkeimman attraktioarvon omaavia maamerkkejä. Sovelluksessa maamerkeille laskettiin näkyvyys navigointipisteestä. Jos maamerkki oli näkyvässä, voitiin sille laskea ominaisuustietojen kuten kerrosten lukumäärä, rakennusvuosi ja geotagattujen valokuvien määrä avulla kokonaisattraktioarvo. Malli vertasi näitä arvoja muiden maamerkkien attraktioarvoon ja korosti korkeimman keskiarvon saaneita maamerkkejä.

Tämän jälkeen järjestettiin käyttäjätetit jossa arvioitiin maamerkkien huomattavuutta risteysalueilla. Kontekstina tässä testissä toimi mobiililaitteeseen tallennettu reitti. Testeissä selvisi, että malli suoriutui maamerkkien valinnasta varsin hyvin. Kaikki mallin valitsemat maamerkit olivat myös testihenkilöiden eniten huomaamia maamerkkejä, kuitenkin hieman eri järjestyksessä.

Molemmista, sekä mallissa että testitulanteesta on huomattava jatkotutkimuspotentiaali. Testitulanne oli melko yksinkertainen ja siinä ei otettu huomioon esimerkiksi päivänaikaa – iltaisin rakennukset voivat olla huomaamattomampia tai joissain tapauksessa näkyvämpiä ja huomiota herättävämpiä (esimerkiksi iltavalaistus). Lisäksi mallista saisi huomattavasti toimivamman jos maamerkkien julkisivut voisi jollain tavalla tunnistaa. Periaatteessa tämä voisi toimia niin, että rakennuksesta otetaan se alue, joka on lähimpänä tietä. Mutta on myös tapauksia, joissa rakennus on teiden ympäröimä jolloin julkisivun tunnistus on vaikeaa.

Semanttista attraktiota voisi kehittää edelleen Google Places –ohjelmointirajapinnan avulla. Rajapinnan avulla voitaisiin hakea rakennuksissa sijaitsevien liikkeiden tai muiden tilojen nimiä ja näiden nimien avulla voitaisiin määrittää rakennuksen historiallista tai kulttuurillista arvoa. Hakua voisi tarkentaa entisestään esimerkiksi hakemalla Wikipedia-artikkeleita tilan nimellä. Jos tilasta (esimerkiksi Eduskuntatalo) löytyy Wikipedia-artikkeli, voidaan olettaa sen olevan semanttisesti kiinnostava maamerkki.

Myös kolmiulotteisen näkyvyyden implementointi nykyisiin karttapalveluihin aiheuttaisi ongelmia, sillä yksikään nykyinen karttapalvelu ei tarjoa kolmiulotteisia malleja kehittäjien käyttöön. Ainakin Google Maps on siirtymässä MapsGL-tekniikan käyttöön ja ainakin nopean selvittelyn mukaan nämä saisi myös Google Mapsin seuraavaan ohjelmistorajapinnan versioon. Nämä aineistot eivät kuitenkaan kata läheskään kaikkia alueita ja kaupunkia jolloin monilla alueilla näkyvyyden laskemisessa täytyisi luultavasti jatkossakin tukeutua kaksiulotteisten rakennusten näkyvyyden laskentaan.

Saadut tulokset tehdyn testin puitteissa olivat kuitenkin positiivisia ja mallissa on potentiaalia jatkokehitykseen.

## 8 Viitteet

Ahonen P, Henriksson R, Ingberg K, Lehto L, Sarjakoski T, Tiainen E, Tokola T, Jolkkonen L & Junkkari M (2005). *Geoinformatiikan sanasto*. Sanastokeskus TSK, Helsinki.

Anand S., Ware J.M. & Taylor G.E. (2004). *Map generalization for OSMasterMap data in location based services & mobile GIS applications*. Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics. University of Gävle, Gävle. S. 54-60.

Baldassi S & Burr D.C (2004). "*Pop-out*" of targets modulated in luminance or colour: the effect of intrinsic and extrinsic uncertainty. *Vision Research* 44. Università di Firenze, Firenze. S. 1227-1233.

Baudisch P & Rosenholtz R (2003). *Halo: A Technique for Visualizing Off-Screen Locations*. Proc.CHI 2003. Fort Lauderdale, Florida. S. 481-488.

Blom T (1995). *Paikkatietojärjestelmien perusteet*. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen opetusmonisteita no. 37. Yliopistopaino, Helsinki.

Brimicombe A.J. (2002). *GIS - Where are the frontiers now?*. Proceedings GIS 2002., Bahrain. University of East London, Lontoo. S. 33-45.

Chow T (2008). *The Potential of Maps APIs for Internet GIS Applications*. Transactions in GIS. University of Michigan, Ann Arbor. S. 179-191.

Cook D & Das S (2007). *How smart are our environments? An updated look at state-of-the-art*. *Pervasive and Mobile Computing* 3(2). The University of Texas, Arlington. S. 53-73.

Daniel M.P. & Denis M (1998). *Spatial descriptions as navigational aids: A cognitive analysis of route directions*. *Kognitionswissenschaft* vol. 7. Université de Paris-Sud, F-Orsay. S. 45-52.

Darken R. P & Cevik H (1999). *Map Usage in Virtual Environments: Orientation Issues*. Proceedings of IEEE. Monterey, Kalifornia. S. 133-140.

- Elias, B. (2003). *Extracting Landmarks with Data Mining Methods*. Spatial Information Theory, volume 2825 of Lecture Notes in Computer Science. Springer, Berlin. S. 398-412.
- Ervasti E (1998). *Organisaation paikkatietojen yhteiskäyttö*. Helsingin Yliopisto, Helsinki.
- Fazal S (2008). *GIS Basics*. New Age International, New Delhi.
- Gartner Inc. (2009). *Gartner Identifies the Top 10 Consumer Mobile Applications for 2012*. Viitattu 23.11.2010. <<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1230413>>
- Goldberg D (2008). *A geocoding Best Practice Guide*. University of Southern California, Los Angeles.
- Golledge R. D. (1999). *Wayfinding Behavior- cognitive mapping and other spatial processes*. John Hopkins Press, Baltimore.
- Goodchild M.F (1997). *Towards a Geography of Geographic Information in a Digital World*. Computers, Environment and Urban Systems, 21(6). University of California, Santa Barbara. S. 377-391.
- Goodman J, Gray P, Khammampad K, Brewster S (2004). *Using Landmarks to Support Older People in Navigation*. Proceedings of Mobile HCI 2004. University of Glasgow, Glasgow. S. 38-48.
- Google (2011). *Tietoja matemaattisista malleista ja projektioista – Google Earth ohjeet*. Viitattu 14.9.2011. <<http://earth.google.com/support/bin/static.py?page=guide.cs&guide=22373&topic=23750>>
- Google (2012). *Google Earth/Maps Terms of Use*. Viitattu 21.1.2012. <<http://code.google.com/intl/fi-FI/apis/maps/terms.html>>
- Gorlenko L. & Merrick, R. (2003). *No wires attached: Usability challenges in the connected mobile world*. IBM Systems Journal, 42. S. 639-651.
- Greene K (2006). *Hyperlinking Reality via Phones*. MIT Technology Review. Viitattu 4.9.2011 <<http://www.technologyreview.com/Biztech/17807/>>

GSM Association (2003). *Location Based Services*. GSM MoU Association.

Hill L (2006). *GIS Support in DRL*. Viitattu 12.11.2010.  
<<http://ssnds.uwo.ca/sscnetworkupdate/2006winter/gissupport.html>>

Julesz B (1984). *A brief outline of the texton theory of human vision*. Trends in Neuroscience 7. AT&T Bell Laboratories, New Jersey. S. 41-45.

Kolbe T. H. (2002). *Fugängernavigation und Routenplanung in Innenstädten und Gebäuden mit Videos und Panoramen*. Institut für Geoinformatik, Universität Münster, Münster.

Kolbe T. H. (2004). *Augmented videos and panoramas for pedestrian navigation*. Second Symposium on Location-Based Services and TeleCartography 2004. Technical University Vienna, Vienna.

Kraak M.J. & Ormeling F.J. (1998). *Cartography: Visualization of Spatial Data*. Addison Wesley Longman Limited, Singapore.

Laakso K, Gjesdal O & Sulebak J. R (2003). *Tourist information and navigation support by using 3D maps displayed on mobile devices*. Proceedings of HCI in Mobile Guides, Udine. S. 3-8.

Lan H.X. et al. (2009). *A web-based GIS for managing and assessing landslide data for the town of Peace River, Canada*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9(4). S. 1433-1443.

Lee J, Forlizzi J, & Hudson S. E (2006). *Iterative Design of MOVE: A Situationally Appropriate Vehicle Navigation System*. International Journal of Human-Computer Studies. S. 198-215.

Longley P, Goodchild M, Maguire D & Rhind D (2005). *Geographic information systems and science*. John Wiley & Sons, Inc. West Sussex, England.

Looije R, Te Brake G.M, Neerincx, M.A (2007). *Usability Engineering for Mobile Maps*. Mobility Conference 2007, Singapore. S. 532-539.

- Lovelace K, Hegarty M & Montello D (1999). *Elements of Good Route Directions in Familiar and Unfamiliar Environments*. Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science, Springer Verlag. S. 65-82.
- Lynch K (1960). *The Image of the City*. MIT Press, Cambridge.
- May A.J, Ross T, Bayer S.H & Tarkiainen M.J (2003). *Pedestrian Navigation Aids: Information Requirements and Design Implications*. Personal Ubiquitous Computing 7. S. 331-338.
- Meng L, Zipf A & Winter S (2008). *Map-based Mobile Services - Design, Interaction and Usability*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Michon P.E & Denis M (2001). *When and why are visual landmarks used in giving directions?* Spatial Information Theory. Springer, Berlin. S. 292–305.
- Miyazaki Y & Kamiya T (2006). *Pedestrian Navigation System for Mobile Phones using Panoramic Landscape Images*. SAINT '06: Proceedings of the International Symposium on Applications on Internet. S. 102-108.
- Nivala A-M, Brewster S & Sarjakoski T (2008). *Usability evaluation of Web Mapping Sites*. The British Cartographic Society, London.
- Nothegger C (2003). *Automatic Selection of Landmarks for Pedestrian Guidance*. Diploma thesis, Vienna University of Technology, Vienna.
- Nothegger C, Winter S, and Raubal M (2004). *Computation of the Saliency of Features*. Spatial Cognition and Computation, 4(2). S. 113–136.
- Palosuo E (1996). *PYK = Paikkatietojen yhteiskäytön käsikirja 2.0*. Päivitettävä kansio. Maanmittauslaitos, Helsinki.
- Patterson CA, Muntz RR & Pancake CM (2003). *Challenges in location-aware computing*. IEEE Pervasive Computing 2(2).
- Pérez M & Curtis K (2003). *Healthy People 2010: A 2003 Profile of Health Status in the Central San Joaquin Valley*. California State University, Fresno. Viitattu 19.11.2010.



<[http://www.csufresno.edu/ccchhs/documents/publications/healthy\\_people\\_2010\\_2003.pdf](http://www.csufresno.edu/ccchhs/documents/publications/healthy_people_2010_2003.pdf)>  
>

PYRY (paikkatietojen yhteiskäytön yhteistyöryhmä) (1996). *Loppuraportti*. Maanmittauslaitoksen julkaisuja nro 80. Oy Edita Ab, Helsinki

Quinlan J. R (1986). *Induction of Decision Trees*. Machine Learning, 1(1). S. 81–106.

Rainio A (1988). *Paikkatietojen yhteiskäyttö Suomessa*. Maanmittaushallituksen julkaisu nro 60. Valtion painatuskeskus, Helsinki.

Rakkolainen I & Vainio T (2001). *A 3D City Info for mobile users*. Computers & Graphics 25. S. 619-625.

Raubal M & Winter S (2002). *Enriching Wayfinding Instructions with Local Landmarks*. Geographic Information Science. Springer Verlag. S. 243-259

Ravada S (2003). *Spatial database services for location-aware applications*. Oracle Corporation. Viitattu 5.2.2011. <<http://www.gisdevelopment.net/technology/lbs/techlbs004pf.htm>>

Reichenbacher T (2004). *Mobile Cartography - Adaptive Visualisation of Geographic Information on Mobile Devices*. Dissertation, Department of Cartography, Technische Universität München, München.

Reitmayr G & Schmalstieg D (2004). *Scalable Techniques for Collaborative Outdoor Augmented Reality*. ISMAR '04: Proceedings of the Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'04). S. 392-396.

Shaig A (2001). *An Overview of Web based Geographic Information Systems*. SIRC 2001.

Snowdon C & Kray C (2009). *Exploring the Use of Landmarks for Mobile Navigation Support in Natural Environments*. Mobile HCI 2009, Bonn. Artikkelin no. 13.

Sorrows M & Hirtle S (1999). *The Nature of Landmarks for Real and Electronic Spaces*. Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science, Springer Verlag. S. 37-50.

Steinmann R, Krek A & Blaschke T (2005). *Can Online Map-Based Applications Improve Citizen Participation?* E-Government: Towards Electronic Democracy. S. 25-35.

Tekniikan Sanastokeskus (2002). *Paikannussanasto (TSK 30)*. Tekniikan sanastokeskus, Helsinki.

Treisman A (1998). *The perception of features and objects*. New York: Oxford University Press. S. 26-54.

Tschango J.K (1999). *Metadata for Geo-spatial Data Sharing: A Comparative Analysis*. University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois.

Tversky B & Lee P (1999). *Pictorial and Verbal Tools for Conveying Routes*. Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science, Springer Verlag. S. 51-64.

Wikipedia (2010). *List of Highest Mountains*. Viitattu 27.11.2010. <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_highest\\_mountains](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_highest_mountains)>

Winter S (2003). *Route Adaptive Selection of Salient Features*. Technical University of Vienna, Vienna.

Winter S, Raubal M, and Nothegger C (2005). *Focalizing measures of salience for wayfinding*. Map-based Mobile Services – Theories, Methods and Implementations. Springer Geosciences, Berlin. S. 127-142.

Zipf A (2002). *User-Adaptive Maps for Location-Based Services (LBS) for Tourism*. Proceedings of ENTER, Springer Computer Science.

## **Liitteet**

### **Liite 1: Kyselylomake**

#### **Maamerkkien huomattavuus – Testilomake**

Tässä testissä tutkitaan maamerkkejä ja niiden huomattavuutta. Testeistä saatuja tuloksia testataan maamerkkejä korostavan mallin saamiin tuloksiin ja niiden avulla saadaan viitteitä siitä, voisiko mobiiliympäristöissä tapahtuvassa suunnistuksessa maamerkkien korostaminen helpottaa reitillä etenemistä. Testi on osa pro gradu-tutkielmaa.

Testi on jaettu kahteen osaan: ensimmäisessä osiossa testihenkilölle näytetään kuvia risteysalueilta. Lisäksi testihenkilölle annetaan puhelin, jossa näkyy kuljettava reitti (sininen viiva) sekä navigoijan sijainti (punainen ympyrä) kyseisellä reitillä. Puhelinta saa testin aikana käännettä ja pyöritellä, mutta näyttöön koskeminen on kielletty. Kuljettava reitti näkyy myös risteysalueen kuvissa sinisenä nuolena. Testihenkilön tehtävänä on valita 3-5 mielestään huomattavinta ja parhaiten reitillä kulkemista edistävää maamerkkiä ja sijoittaa ne huomattavuusjärjestykseen. Maamerkit on merkitty kuviin numeroin.

Toisessa osiossa testihenkilö vastaa risteysalueisiin ja maamerkkeihin liittyviin lisäkysymyksiin. Tässä vaiheessa testihenkilö voi myös pyytää risteysalueiden kuvia uudelleen näytettäväksi ja tarkasteltaviksi. Lisäksi testihenkilöllä on käytössään molempien risteysalueiden kuvat erillisellä paperilla.

Voit halutessasi kysyä testinvetäjältä epäselvistä asioista tässä vaiheessa tai milloin tahansa testin aikana.

#### **Perustiedot**

Sukupuoli                      Mies                       Nainen

Ikä                                      \_\_\_\_\_ vuotta

**Valitse kuvasta mielestäsi 3-5 huomattavinta ja parhaiten reitillä kulkemista edistävää maamerkkiä ja sijoita ne huomattavuusjärjestykseen (1 = huomattavin, 5 = huomaamattomin) merkitsemällä rakennuksen numero valitsemallesi sijalle.**

Risteys 1:

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_

Risteys 2:

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_

---

**Olivatko risteysalueet sinulle ennestään tuttuja?**

Risteys 1: Kyllä  Ei

Risteys 2: Kyllä  Ei

**Miksi valitsit juuri kyseiset maamerkit? Vastaa molempien risteysten tapauksessa.**

Risteys 1: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Risteys 2: \_\_\_\_\_

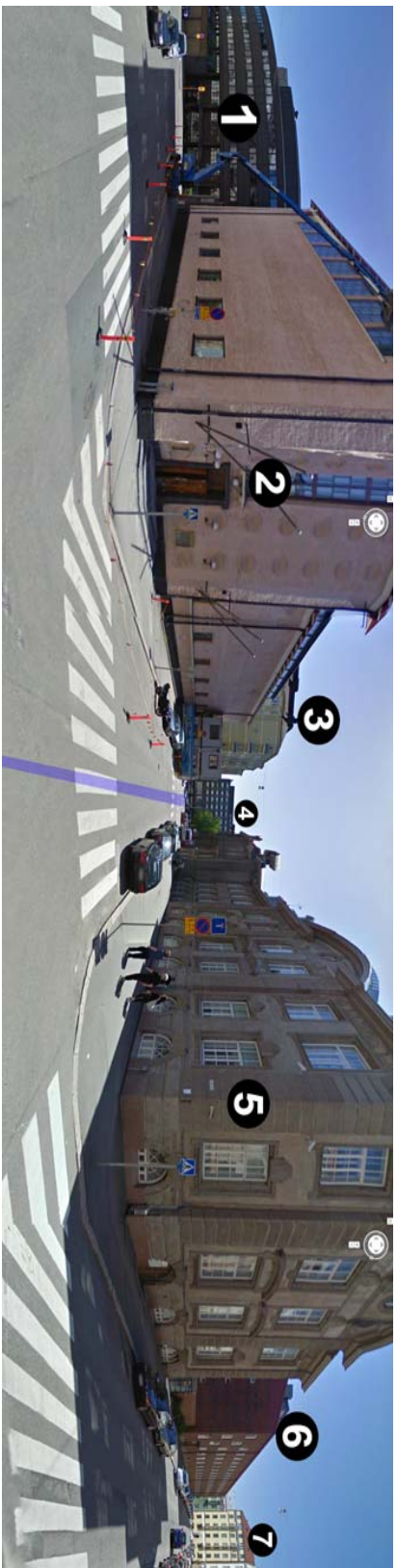
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Muuta kommentoitavaa? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Kiitos osallistumisesta!**

Risteyks 1



Risteyks 2

