

Epistemologinen ongelma: arkeologisen tiedon käsittely tietojärjestelmissä. Esimerkkinä ajoitustiedon käsittely paikkatietojärjestelmässä (GIS)

Tuija Kirkinen

Johdanto

Tässä kirjoituksessa tavoitteenani on pohtia sitä, miten atk-pohjaiset tietojärjestelmät kuten paikkatietojärjestelmät (GIS) soveltuvat epätarkkarajaisen tai epävarmuutta sisältävän tiedon kuvaamiseen ja käsittelyyn. Huomion kohteeksi on valittu aikaa kuvaava tieto, joka on yksi keskeisimmistä arkeologisissa tietokannoissa esiintyvistä muuttujista. Ajoitustiedolla on myös monia kiinnostavia ominaispiirteitä riippuen mm. vallitsevasta aikakäsituksesta, kuvattavan ilmiön luonteesta sekä tiedon käyttötarkoituksesta. Artikkelini on jäsenely siten, että kirjoituksen alussa käsitellään aikaa kuvaavan tiedon mallintamisen perusteita ja lopuksi esitetään Etelä-Savon ja –Karjalan rautakautisia kohteita esimerkkinä käyttäen, miten ajoitustiedon erilaiset luokittelutavat vaikuttavat aineistosta muodostuvaan kokonaiskuvaan.

Tietotekniikan käytön voimakas yleistyminen 1980/1990 -lukujen taitteesta lähtien on vaikuttanut merkittävästi arkeologisessa tutkimuksessa keskeisiin dokumentointi-, arkistointi- ja tiedonkäsittelyprosesseihin. Samalla on tiedon digitalisoimisesta tullut käytännössä osa arkeologista tutkimusprosessia. Keskeisyydestään huolimatta ei tätä tutkimuksen osaluuetta ole juurikaan problematisoitu, vaan se on nähty puhtaasti mekaanisena ja sellaisenaan ehkä epäkiinnostavana tapahtumana (vrt. esim. Hodder 1999:117-128, 149, 179-183).

Hieman provosoivasti voidaan väittää, että tutkijan ammattitaitoon kuuluu omien tiedonkäsittelytapojen tiedostaminen, mutta että atk:t ei aina mielletä osaksi tätä prosessia.

Tietokantoja hyödynnettäessä on oleellista havaita, että digitaalinen tiedonkäsittely poikkeaa merkittävästi ihmisen analogisesta tavasta käsitellä tietoa (ks. esim. Burrough 1996:14-15, 17; Burrough & Frank 1996: xi; Curry 1998:11-13). Seurauksena on, että käyttäessään digitaalisia tiedonkäsittelymenetelmiä arkeologit eivät useinkaan pysty hyödyntämään aineistoa koskevaa ymmärrystään kuin osittain. Konkreettinen esimerkki tästä on rautakautisten kohteiden levintäkarta, jossa kaikki — myös ajoitukseltaan epävarmat — kohteet on esitetty samanarvoisina. Koska kaksiarvoluokitteluun (*binääri*) pohjautuva tiedonkäsittely soveltuu huonosti tiedon epävarmuutta ilmaisevien käsitteiden kuten mahdollinen ja epävarma esittämiseen, luokitellaan epävarmat kohteet joko varmoiksi tai ne jätetään kokonaan tutkimuksen ulkopuolelle. Molemmat ratkaisut vaikuttavat datasta tehtäviin päätelmiin esimerkiksi rautakautisen asutuksen alueenkäyttöä tutkittaessa. Numeeristamisen yhteydessä tapahtuvan tiedon luokittelun tavoitteena on yleistää tietoa analysointia varten, mutta samalla vaarana on oleellisen tiedon häviäminen, osittain myös sen muuntuminen.

Osaltaan kysymys tiedon laadusta kytkeytyy käsitykseen siitä, mitä tieto on ja miten se muodostuu. Jos ajatellaan, että on mahdollista

hankkia objektiivista ja varmaa tietoa, ei tarveta epävarmuuden kuvaamiseen ole. Epävarmuus nähdään tällöin virheenä, jonka korjaamiseen voidaan pyrkiä mm. tutkimusmenetelmiä kehittämällä. Postprosessualistisessa tutkimuksessa on tutkijan ja objektin välisen jyrkän eron kyseenalaistaminen johtanut käsitykseen tietoon sisältyvästä subjektiivisesta komponentista, joka puolestaan on johtanut epävarmuuden hyväksymiseen. Digitaalisessa tiedonkäsitelyssä ongelmana on kuitenkin ollut se, että vaikka dataan sisältyvä epävarmuus on tunnistettu, ovat keinot tämän epävarmuuden kuvaamiseen ja käsittelemiseen olleet vaillinaisia (ks. esim. Kempainen 1997:12; Heuvelink 1998:5, 89-90, 107-108. Epävarmuuden käsittely GIS:ssä, ks. esim. Burrough 1987: 103-135; Burrough & Frank 1996; Kempainen 1997; Burrough & McDonnell 1998:220-264; Heuvelink 1998; Zhang & Goodchild 2002). Käytännössä tutkija joutuu usein perustamaan päätelmänsä aineistoon, jonka hän tietää vastaavan omaa asiantuntemustaan vain osittain. Onkin ilmeistä, että tietoon sisältyvä epävarmuus tulisi ottaa huomioon kaikissa tiedonkäsittelyn vaiheissa, ei vasta tuloksia tulkittaessa esille tulevana lähdekriittisenä ongelmana.

Aikaa kuvaavan tiedon mallintaminen

Aikaa kuvaavan tiedon mallintaminen ja esittäminen on yleisesti todettu vaikeaksi tehtäväksi (esim. Raper 2000:85; arkeologiassa mm. Hodder 1999:130). Paikkatietojärjestelmien taustalla vaikuttavasta perinteisestä kartografiasta on sanottu, että se perustuu ”ajattoman tilan” käsitteeseen (*timeless space*) ollen perusluonteeltaan hyvin staattinen (mm. Shepherd 1995:169; Raper 2000:85, 124-128, 133). Karttaesityksissä aika on yleisimmin käsitetty kohteen ominaisuustiedoksi (esim. viikinkiaikainen) ja kuvattu symboleiden avulla. Symboleita on käytetty myös liikkeen ja muutoksen kuvaamiseen (esim. nuolisymbolit kuvaamassa asutuksen leviämisen suuntaa). Pääasiallisesti muutosta on kuvattu toisiaan seuraavista aikatasoista muodostettujen aika-

sarjojen (*snapshots, time slices*; esim. saman alueen merovingi-, viikinki- ja ristiretkiaikaisia kohteita esittävät karttatason) sekä muutosta kuvaavien karttojen (*difference maps*; esim. uusia kohteita esittävä kartta) avulla. (esim. Johnson 1999: luku 2.6.1; Ott & Swiaczny 2001:62.) Kuten edellä esitetyistä esimerkeistäkin käy ilmi, myös arkeologit käyttävät yleisesti kartografiassa ja maantieteessä kehitettyjä menetelmiä aikaa ja muutosta kuvatessaan. Itse asiassa, karttoja voidaan pitää yhtenä keskeisimmistä arkeologien hyödyntämistä tavoista käsitellä aikatietoa. Ian Hodder (1999:130) onkin todennut, että arkeologiassa ”...*time has been treated as space*”.

Aikatiedon käsittelystä paikkatietojärjestelmissä on julkaistu sekä laajoja tutkimuksia (Langran 1992; Egenhofer & Golledge 1998; Raper 2000; Ott & Swiaczny 2001) että kehitetty aikatiedon käsittelyyn erikoistuneita nk. TGIS-ohjelmistoja (*Temporal GIS*: Claramunt, Thériault & Parent 1998:128-129; Raper 2000:163-165; ks. myös Johnson 1999: luvut 1.2.1-1.2.2. Arkeologiassa TimeMap [mm. Johnson 1997; 1999; 2002; Johnson & Wilson 2000; ACL 2003). Huolimatta siitä, että aikaa kuvaavan tiedon käsittely on merkittävä GIS-tutkimuksen osa-alue, hyödyntää pääosa paikkatiedon käyttäjistä edelleen edellä kuvattuja, perinteisestä kartografiasta omaksuttuja toimintoja.

Paikkatietojärjestelmien yhteydessä aikatieto käsitetään sekä aikaulottuvuutena (*time dimension*) että kohteen ominaisuustietona. Aikaulottuvuudesta puhuttaessa aika on ”ns. neljäs ulottuvuus, joka paikkatietojen hallinnassa ottaa huomioon kohteen sijainnin, muodon tai ominaisuuksien muuttumisen ajassa” (MML 1999; ks. myös esim. Raper 2000:168-169; Johnson 1999: luku 1.2.1). Paikkatietosovelluksissa tätä neljättä ulottuvuutta kuvataan yleensä liikkeen avulla; TV:n sääkartaanimaatiot lienevät tästä tutuin esimerkki. Kohteen ajoittava ominaisuustieto puolestaan on paikkatietotekniikan sanaston mukaan ”tieto, jonka perusteella kohteeseen liittyvä tapahtuma voidaan sijoittaa aika-akselille. Tapahtuma on esim. kohteen syntyminen,

Aikaa kuvaavan tiedon käsitteellistäminen	Aika arkeologiassa	Aikatiedon käsittely GISissä
jatkuva aika	radiohiiliajoitus	Virtual Reality (VR), animaatiot (aikaulottuvuus)
diskreetti aika	periodit	ominaisuustieto
lineaarinen aika	aikajana	lineaarinen aika (käsitellään ominaisuus-tiedon avulla)
syklinen aika	vuotuiskierto	sykliä käsitellään lineaarisena aikana
peräkkäinen aika	peräkkäinen aika	peräkkäinen aika (käsitellään ominaisuus-tiedon avulla)
haaroittuva aika	vaihtoehtoiset mallit, alueelliset erot	simulointi vaihtoehtoja kuvaavat karttatasot
voimassa oleva aika	tietty aikataso	karttataso
siirtymäaika	muutos	aikasarjat, muutoskartat (karttatasojen avulla)

Kuva 1. Keskeisimpien aikaa kuvaavien käsitteiden (1. pystysarake; Frank 1998; ks. myös Raper 2000: 129; Ott & Swiaczny 2001: 57-59) suhde arkeologiseen tutkimukseen (2. pystysarake) ja GISin tiedonkäsitelyssä noudatettaviin käytäntöihin (3. pystysarake). Kaupallisten GIS-ohjelmistojen tukemat tavat käsitellä aikatietoa on kursivoitu.

kohteen ominaisuuden havaitseminen tai kohteen lakkaaminen”. (MML 1999; Laurini & Thompson 1992:104-106.) Aikaa kuvaava muuttuja tallennetaan kohteen ominaisuustiedoksi joko tietokantaan (vektoripohjainen GIS) tai rasteripisteen arvoksi (rasteripohjainen GIS).

Aikaa kuvaavan tiedon käsitteellistäminen aikaulottuvuudeksi tai kohteen ajoittavaksi ominaisuustiedoksi tapahtuu yleensä GIS-ohjelmistojen käyttämiä tietorakenteita (mm. sijainti- ja ominaisuustieto, akselit / ulottuvuudet) hyödyntäen. Seuraavassa taulukossa (kuva 1) lähtökohdaksi on tietorakenteiden sijasta otettu aikaa ja sen ominaisuuksia koskevat käsitykset. Taulukon tavoitteena on hahmottaa, miten paikkatietojärjestelmät soveltuvat erilaisten aikakäsitysten kuvaamiseen. Kuten taulukon ensimmäisestä pystysarakkeesta — *Aikaa kuvaavan tiedon käsitteellis-*

täminen — voidaan havaita, aika ei ole yksiselitteinen käsite. Tässä esityksessä ajan ominaispiirteitä kuvataan Frankin (1998) hahmotamien neljän toisilleen vastakkaisen käsitteparin avulla (ks. myös Raper 2000:129; Ott & Swiaczny 2001:57-59). Taulukon keskimäisessä pystysarakkeessa — *Aika arkeologiassa* — on hahmotettu esimerkinomaisesti erilaisten aikakäsitysten ilmenemiä arkeologisessa tutkimuksessa. Taulukon kolmannessa pystysarakkeessa — *Aikatiedon käsittely GISissä* — on esitetty miten kuhunkin aikakäsitykseen perustuvaa tietoa on yleisimmin käsitelty paikkatietojärjestelmissä.

Taulukosta havaitaan, että erilaiset tavat hahmottaa aikaa ovat yleisiä myös arkeologisessa tutkimuksessa. Ensimmäisessä käsitteparissa — jatkuva aika ja diskreetti aika — kiinnitetään huomiota siihen, nähdäänkö aika kvantitatiivisena vai kvalitatiivisena muuttu-

jana. Pääosa paikkatietojärjestelmistä pystyy käsittelemään diskreettiä aikatietoa esittämällä ajan kohteen ominaisuustietona. Aika voidaan tällöin jakaa metrisesti — tarkasteltavasta ilmiöstä riippuen — esim. sekunteihin tai vuosiin, tai, kuten mm. geologiassa ja arkeologiassa, periodeihin. Ajan jatkuvuutta voidaan puolestaan esittää esim. matemaattisena funktiona. (Raper 2000:126-127, 129; Ott & Swiaczny 2001:59.) Paikkatietojärjestelmissä jatkuvaa aikaa ajatellaan voitavan esittää VR-mallinnoksen (esim. sovelluksessa mahdollista ”liikkuva” muinaismaisemassa; ks. esim. HKM 2003) tai animaation avulla (esim. Nunez *et al.* 1997); kyse on tällöin tiedon visualisoinnista ja visuaalisesta analyysistä, ei GISin laskennallisten analyysitoimintojen hyödyntämisestä.

Taulukon seuraavassa kolmessa käsitteparissa käsitellään keskeisiä ajan ominaispiirteitä kuten lineaarista ja syklistä aikaa, peräkkäistä ja haaroittuvaa aikaa sekä voimassa olevaa ja siirtymäaikaa. Toisessa käsitteparissa — lineaarinen ja syklinen aika — tehdään ero toisaalta ajan ainutkertaisuuden, toisaalta ajan toistuvien ominaisuuksien välillä (Ott & Swiaczny 2001: 57-58). Arkeologiassa molemmat lähestymistavat ovat yleisesti käytössä mm. aikajanan ja vuotuiskierron käsitteiden muodossa. Taulukon kolmannessa käsitteparissa kiinnitetään huomiota siihen, että peräkkäisen ajan (*sequential ordered time*) sijasta voidaan laatia useita vaihtoehtoisia tulevaisuutta ennustavia malleja tai menneisyyttä kuvaavia rekonstruktioita (Ott & Swiaczny 2001:58-59). Arkeologiassa tämä lähestymistapa lienee niin yleinen, ettei sitä ole edes hahmotettu erilliseksi ajan ominaispiirteeksi. Viimeisessä käsitteparissa — voimassa oleva aika ja siirtymäaika — erotetaan toisistaan stabiili, tietyn tarkasteluajankohdan tilanne ja muutosprosessia hahmottava, kahden aikatason välinen siirtymäaika (Raper 2000:129). Arkeologiassa ensimmäistä vaihtoehtoa voisi kuvata esimerkiksi tietyn ajankohdan asutusta kuvaavan karttatason avulla, jälkimmäistä taas muutosprosessiin kuten alueen asuttamiseen kohdistuvan tutkimuksen avulla.

Paikkatietojärjestelmien tiedonkäsittely tukee edellä esitetyistä vaihtoehtoista diskreetin, lineaarisen, peräkkäin järjestetyn ja voimassa olevan aikatiedon käsittelyä, mutta on kykenemätön sofistikoituneempaan tiedonkäsittelyyn (Raper 2000:129). Vaihtoehtoisten aikakäsitysten käsittelyä varten paikkatietojärjestelmissä on kehitetty atk-pohjaisia sovelluksia kuten Virtual Reality GIS (VRGIS) ja animaatiot jatkuvan ajan kuvaamiseen sekä simuloinnit (mm. Real-time GIS) haaroittuvan ajan kuvaamiseen (ks. Raper 2000:173-202). Pääosin ratkaisut kuitenkin perustuvat perinteisen kartografian piirissä kehitettyjen menetelmien automatisointiin; selkein esimerkki tästä lienee siirtymäajan tutkiminen aikasarjojen avulla, esim. ympäristömuutoksen tutkiminen eri ajankohtina otettuja satelliittikuvia vertaamalla. Arkeologian alalla kehitetyistä sovellusohjelmista voidaan tässä yhteydessä mainita Ian Johnsonin kehittämä TimeMap-ohjelmisto, joka käsittelee siirtymäaikaa interpoloimalla tunnettujen aikatasojen väliin uusia aikatasoja (Johnson 1997; 1999; 2002; Johnson & Wilson 2000; ACL 2003), esimerkiksi 1300-luvun asutuksen kun tunnetaan 1000-luvun muinaisjäännösten levintä ja 1600-luvun maatilat. Karttatason interpoloinnin voidaankin ajatella soveltuvan luonnonilmiöiden kuten vedenpinnan korkeusmuutosten tai kasvilajien levinnän rekonstruointiin, mutta ihmisen kulttuurisen toiminnan tutkimiseen käytettynä menetelmä sisältää monia ongelmia. Esimerkiksi 1700-luvun maankäyttöä ei voida rekonstruoida interpoloimalla 1600- ja 1800-luvun karttojen peltoalueita, sillä ihmisen tapoittaa maata käyttöönsä esim. viljelytarkoitukseen ei ole lineaarinen muutosprosessi, vaan tiettyyn — tässä tapauksessa tuntemattomaan — ajanhetkeen sijoittuva tapahtuma.

Yhteenvetona edellä esitettyyn voidaan todeta, että paikkatietojärjestelmät eivät ole VR-mallinnusta ja animaatiota lukuun ottamatta juurikaan pystyneet ratkaisemaan jo perinteisen kartografian piirissä havaittuja aikatiedon käsittelyyn liittyviä ongelmia. Nk. Temporal GIS (TGIS) -ohjelmistojen kehitys on yksi

GIS-tutkimuksen keskeisiä osa-alueita, ja tältä saralta voidaan odottaa vielä kiinnostavia tuloksia niin sovellusohjelmien kuin teoreettisten ratkaisujenkin osalta. Kehitys alalla voi olla nopeaakin, josta ovat osoituksena edellä mainitut VR-mallinnokset: vielä aivan viimevuosiin asti on nk. 4D-sovellusten esteenä ollut tietokoneiden laskennallisen kapasiteetin riittämättömyys (Raper 2000: 168, 170). Edellä esitetyistä ongelmista huolimatta on todettava, että GIS on toimintojen automatisoinnin kautta mahdollistanut täysin uudenlaisten tietomassojen käsittelyn aiempaan, manuaaliseen karttatiedon käsittelyyn verrattuna ja on tätä kautta lisännyt ymmärrystämme monista ajassa tapahtuvista muutosprosesseista.

Savon alueen rautakautiset kohteet esimerkkinä ajoitustiedon käsittelyyn liittyvistä ongelmista

Seuraavassa, Etelä-Savon ja –Karjalan rautakautisia kohteita käsittelevässä esimerkissä ensisijaisena tavoitteena on käsitellä ajoitustietoa siten, että se vastaa mahdollisimman hyvin arkeologisista kohteista saatavaa tietoa sekä tiedon luotettavuuden (epävarmuuden huomioiminen) että tiedon resoluution osalta. Tavoitteena ei siis ole puuttuvan tiedon mallintaminen, vaan olemassa olevan tiedon hyödyntäminen. Tiedon käsittely on haluttu toteuttaa erityisten TGIS-ohjelmistojen sijasta tavallisimpia paikkatieto- ja tietokantaohjelmistoja (MapInfo, Access) hyödyntäen.

Etelä-Savon ja –Karjalan alueelta tunnetaan runsaat sata kiinteää muinaisjäännettä ja löytöä, jotka voidaan varmuudella ajoittaa nuoremmalle rautakaudelle. Mainittujen kohteiden lisäksi tutkimusaineistoon kuuluu kolmisenkymmentä yleisemmin rautakaudelle / historialliselle ajalle ajoitettavaa kohdetta (mm. linnavuoret, osa irtolöydöistä), joista pääosa lienee ollut käytössä viimeistään ristiretkiajalla. Huomattava osa tutkimusalueen kohteista (79 %) on ajoitettu yksinomaan arkeologisen löytömaterialin — pääasiassa korujen sekä kei-

hään-, nuolenkärkien ja kirveiden — perusteella. Rahalöydöt tuovat lisäinformaatiota keskimäärin joka 15. kohteen ajoitukseen (7 % kohteista). Kaiken kaikkiaan esineistöön perustuvaa ajoitustietoa on hyödynnetty lähes kaikissa (91 %) kohteissa. Kuten tunnettua, kohteiden löytömaterialiin perustuvaan ajoitukseen sisältyy monia lähdekriittisiä ongelmia johtuen mm. yksittäisten esineiden käyttöaikaa koskevan tiedon epävarmuudesta tai metallin mahdollisesta uusiokäytöstä (ks. esim. Taavitsainen 1990: 33-45; 1992) sekä siitä, että koska tyyppien kriteereitä ei aina ole täsmällisesti kuvattu, voi samastakin esineestä syntyä erilaisia luokituksia. Myös samasta esineryhmästä voi olla olemassa erilaisia luokituksia. (Ks. Uino 1997:353.) On myös esineitä, jotka eivät sinällään sovi mihinkään olemassa olevista luokista.

Luonnontieteellisten ajoitusmenetelmien osuus on Etelä-Savon ja –Karjalan kohteiden osalta vaatimaton, sillä menetelmistä on hyödynnetty ainoastaan ¹⁴C-ajoitusta ja sitäkin kohteen rautakautisen/keskiaikaisen käyttövaiheen osalta vain yhdeksässä kohteessa (6 % kohteista). Juvan Remojärven Kappelinpellon löydöttömän ruumiskalmiston ajoittamisessa on hyödynnetty ¹⁴C-ajoituksen ohella myös muinaisjäänneksen rakenteellisista ominaisuuksista (hautausuunnat) saatavaa tietoa. Tutkimusaineistoon sisältyy myös kohteita, joista ei ole kertynyt lainkaan ajoitettavaa arkeologista löytömaterialia (9 % kohteista). Pääosa mainituista kohteista on linnavuoria, joiden osalta on tyydyttävä muinaisjäänneöstyyppin antamaan melko yleiseen ajoitustietoon. Lopuksi on syytä mainita myös Etelä-Savon ja Karjalan runsaat 100 kuppikiveä ja –kalliota, jotka yleisesti mainitaan alueen rautakautta käsittelevissä tutkimuksissa mutta joiden mahdollisesta esihistoriallisuudesta ei ole olemassa sen tarkempaa tietoa.

Kuten edellä esitetystä käy ilmi, sisältyy pääosaan Etelä-Savon ja –Karjalan rautakautisten kohteiden ajoituksista paljon epävarmuustekijöitä. Tämän epävarmuuden hallitsemiseksi on kohteiden ajoitusta koskevan tiedon luokit-

telu tehty kahdella tavalla käyttäen perinteisen periodiluokittelun lisäksi myös tiedon epävarmuuden huomioonottavaa, tässä possibility-luokitteluksi kutsuttua jakoa. Periodiluokittelu noudattelee yleisesti arkeologisissa tietokannoissa käytettyä luokittelua, jossa kohteen ajoitus on pyritty ilmoittamaan periodin (esim. viikinkiaika) tarkkuudella. Periodit vastaavat rautakauden osalta melko tyydyttävästi sitä tiedon tarkkuutta (200-250 vuotta), joka on liitettävissä suureen osaan esineajoituksista, se antaa myös mahdollisuuden yleispiirteiseen ajallisen muutosprosessin hahmottamiseen. Monista hyvistä puolistaan huolimatta periodiluokitteluun sisältyy myös ongelmia, jotka tulevat esiin nimenomaan digitaalisessa tiedonkäsittelyssä. Periodiluokittelussa on kyse diskreetistä aikatiedon käsittelystä, jossa jatkuva-luontoinen ilmiö (aika) on jaettu erillisiin järjestysasteikollisiin luokkiin. Tiedonkäsittelyn kannalta tilannetta voidaan verrata siihen, että maantieteellisesti jatkuvaa tilaa käsitellään koordinaattien ja metrijärjestelmän sijasta

mään kuuluvat mm. kohteet, joilta ei ole kertynyt ajoittavaa löytömateriaalia (linnavuoret, löydöttömät ruumishautaukset) sekä kohteet, joiden löytömateriaali koostuu pitkään käytössä olleista / vähän tutkituista esinemuodoista (esim. väärtinänpyörät, rautakaudentyypin keramiikka). Myös periodien vaihettumisajkaan (1000-luku) ajoitettavien kohteiden luokittelu joko viikinki- tai ristiretkiaikaisiksi on hankalaa (ks. mm. Talvio 2002:15, 17; Hiekkänen 2003:478-479). Tämän ryhmän osalta kohteista onkin periodien sijasta käytettävä joko yleisemmällä tasolla olevaa luokittelua (nuorempi rautakausi, rautakausi / historiallinen aika) tai merkittävä ajoitustieto puuttuvaksi. Vaikkakin jälkimmäinen tapa olisi tietokannan eheyden kannalta looginen ratkaisu, haluaa tiedon käyttäjä yleensä hyödyntää kohteesta saatavan tarkimman mahdollisen ajoitustiedon huolimatta siitä, että eritasoisten luokittelujen käyttö johtaa päällekkäiseen luokitteluun (ks. kuva 2). Vaikkakin tällainen luokittelu sisältää arkeologeille yksiselitteisessä

rautakausi			
keskinen rautakausi		nuorempi rautakausi	
kans.vaellusaika	merovingiaika	viikinkiaika	ristiretkiaika

Kuva 2. Periodiluokittelun 3-tasoinen tietomalli.

kunnittain. Molemmissa tapauksissa diskreetti tieto soveltuu hyvin listauksiin ja teemakarttojen laadintaan, mutta samalla keskeisten tietojen kuten tapahtumien ja kohteiden lähekkäisyyden tai ilmiön jatkuvuuden ja keston ilmaiseminen on vaikeaa.

Keskinen periodiluokitteluun liittyvä ongelma on myös se, että käytännössä periodeittain tapahtuva luokittelu on monen kohteen osalta liian tarkka verrattuna kohteesta saatavissa olevaan tietoon. Esimerkiksi Etelä-Savon ja –Karjalan rautakautisista kohteista puolet (51 %) on mahdollista ajoittaa periodilleen, mutta toisesta puolikkaasta (49 %) vastaavaa tietoa ei ole käytettävissä. Jälkimmäiseen ryh-

muodossa tiedon tarkimmasta mahdollisesta varmasta ajoituksesta esim. luettelointia varten, saattaa päällekkäinen luokittelu aiheuttaa ongelmia tietoa analysoitaessa.

Periodiajoitukseen sisältyvät ongelmat on toki havaittu aiemminkin. Jussi-Pekka Taavitsainen on rautakautista aineistoa käsitellessään ratkaissut ongelman siten, että pitkään käytössä olleet muinaisjäännökset ja irtolöydöt on jaettu tasan mahdollisten periodien kesken (Taavitsainen 1988:219; 1990:57; Taavitsainen *et al.* 1998:213). Timo Jussilan Varhain Pohjoisessa -projektille suunnittelemassa NILI-tietokannassa ajoitusluokitus on hierarkkinen koostuen pääluokista (esim. rautakausi [80]),

joita on mahdollista täydentää periodiajoituksilla (esim. merovingi [83]). Tämän lisäksi ajoitusluokissa esiintyvä epävarmuus on otettu huomioon kahden ajoitusluokan yhdistävällä luokituksella: ajoitusluokkien rautakausi [80] ja historiallinen aika [100] välissä on luokka rautakausi tai historiallinen [90]; *joko/tai, ei tiedetä kumpi*. (Jussila 1998:65-67; Carpelan & Jussila 2000:27-29, 32.) Tässä tapauksessa ratkaisu tyydyttää monenlaista tiedonhakua, mutta ei ratkaise analyysivaiheessa esiintyviä ongelmia: periodiajoitusta on vaikea käyttää hyväksi analyyseissä, koska osasta kohteita tieto puuttuu. Yhdistettyjen luokkien ongelmana toistuu aiemmin kritisoitu päällekkäisen luokittelun ongelma.

Possibility-luokittelussa aikaa käsitellään periodien sijasta numeerisena intervalliasiteollisena muuttujana, joka on löytömaterialista saatavan tiedon tarkkuuden perusteella jaettu sadan vuoden jaksoihin (esim. 800-luku). Vaihtoehtona periodiluokittelussa noudatettavalle Boolean-luokittelulle sovelletaan possibility-luokittelussa sumeaan logiikkaan perustuvaa jakoa, joka operoi luokkaan kuulumisen sijasta luokkaan kuulumisen asteen käsitteellä (GIS ja sumea logiikka, ks. esim. Kempainen 1997:40-41; Burrough & McDonnell 1998: 265-291; Zhang & Goodchild 2002:91-92, 167-179, 183-190). Kustakin kohteesta on arvioitu jokaisen 600-1400 -lukujen väliin sijoittuvan vuosisadan osalta, miten mahdollisena (*possibility*) kohteen käyttöä kyseisellä sataluvulla pidetään (ks. myös Kempainen 1997: 33 ja siinä mainittu kirjallisuus; Feng & Flowerdew 1998).

Luokkaan kuulumisen aste on ilmaistun siten, että arvolla 0 kohde ei ole ollut käytössä kyseisellä vuosisadalla ja arvolla 1 kohde on ollut käytössä kyseisellä vuosisadalla. Luokkaan kuulumisen nähdään jatkuvana muuttujana, jolloin epävarmojen kohteiden luokkaan kuulumisen aste ilmaistaan arvojen 0 ja 1 väliin asettuvilla arvoilla [$0 < x < 1$]. Seuraavat väliarvojen kuvaukset luonnehtivat asteikon yleistä periaatetta:

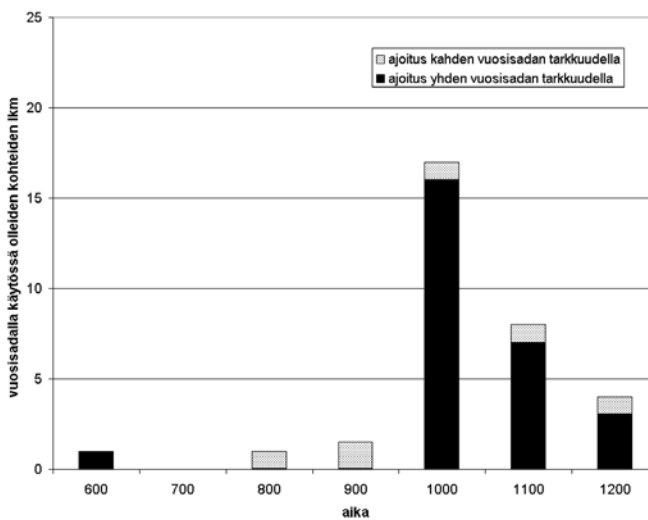
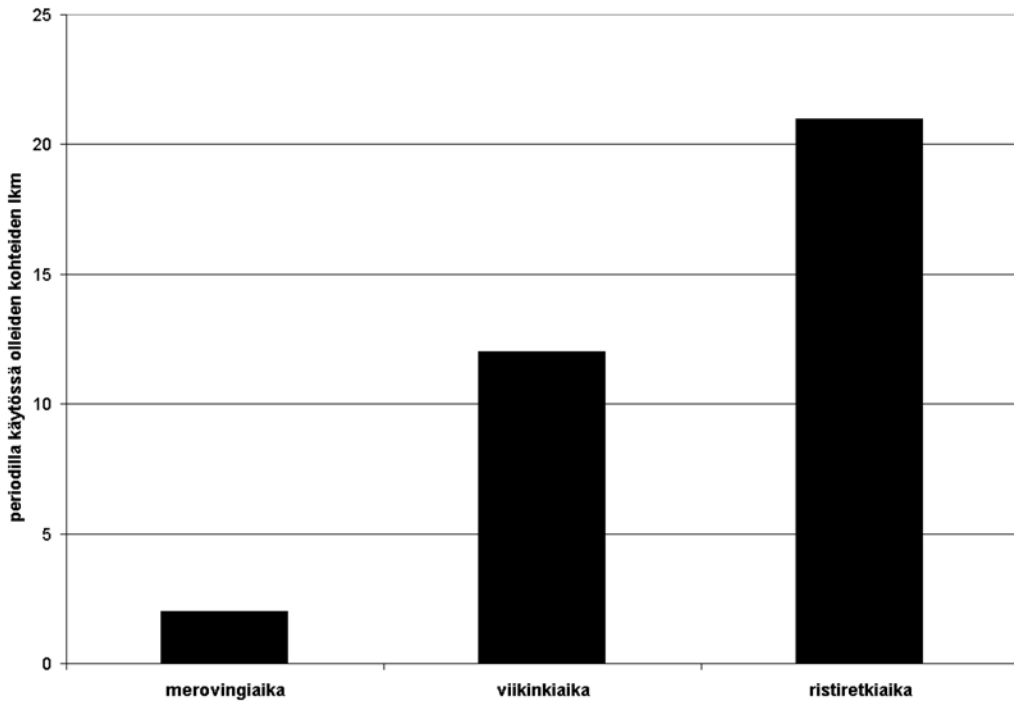
Arvolla 0.1 kohteen kuuluminen luokkaan

on mahdollista, mutta hyvin epätodennäköistä. Arvolla 0.3 kohde saattaa kuulua kyseiseen luokkaan. Arvolla 0.5 kohteen kuuluminen kyseiseen luokkaan on yhtä todennäköistä¹ kuin että se ei kuulu luokkaan. Arvolla 0.7 kohteen kuuluminen luokkaan on todennäköistä. Arvolla 0.9 kohde kuuluu luokkaan lähes varmasti.

Tässä esitellyn luokittelun etuna on, että se mahdollistaa hyvinkin heterogeenisen aineiston yhdistämisen ja vertailun ilman päällekkäisen luokittelun ongelmaa. Esimerkiksi 900-1000 -luvuilla käytössä ollut esinemuoto, joka periodeihin pohjautuvassa luokittelussa kirjattaisiin viikinki-/ristiretkiajalle tai nuoremmalle rautakaudelle, koodattaisiin tässä arvolla 0.5 mainittujen vuosisatojen (900- ja 1000-luvut) kohdalle. Toisin sanoen, on yhtä mahdollista tai todennäköistä, että esine on peräisin 900-luvulta kuin 1000-luvulta. Possibility-luokittelussa epävarmuuden huomioiminen mahdollistaa vuosisatoihin liittyvän ajoitustiedon hyödyntämisen ja tätä kautta huomattava osa (n. 70 %) tutkimusalueiden kohteista on mahdollista ajoittaa tarkemmin kuin periodiluokittelun avulla. Jäljelle jäävällä osalla (n. 30 % kohteista) vuosisataluokitteluun perustuva ajoitus vastaa tarkkuudeltaan periodien antamaa informaatiota.

Lähemmin tarkasteltuna possibility-luokittelun ja perinteisen periodiluokittelun subjektiivisuudella on vain aste-ero: possibility-luokittelussakin on varmaa tietoa, joka ilmoitetaan antamalla luokkaan kuulumisen arvoksi 1 tai 0. Periodiluokittelussa operoidaan ainoastaan arvoilla 0 ja 1; *tosi/epätosi, kuuluu luokkaan/ei kuulu luokkaan*. Luokittelija tekee tällöin paljon subjektiivisia ratkaisuja päättäessään, millaisen riskin olla väärässä hän hyväksyy valitessaan tiedon hierarkian tason: luokitellaanko hyvin todennäköinen ristiretkiaikainen kohde ristiretkiaikaiseksi vai nuoremmalle rautakaudelle kuuluvaksi?

Esimerkiksi tässä tutkimuksessa varman positiivisen evidenssin (arvo 1) osuus on melko vähäinen. Varmaa negatiivista tietoa (arvo 0) on luonnollisesti enemmän, joskin arkeologiassa negatiiviseen evidenssiin on suhtaudut-

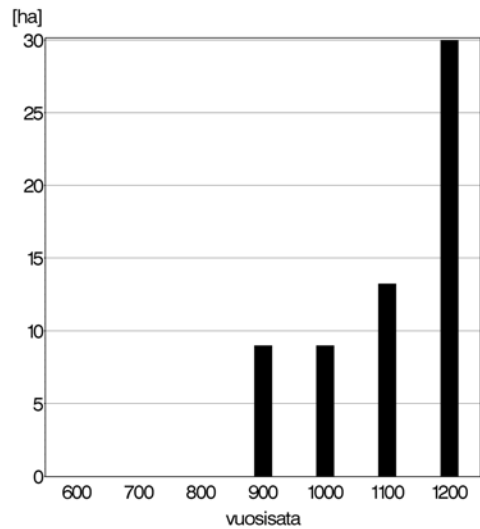
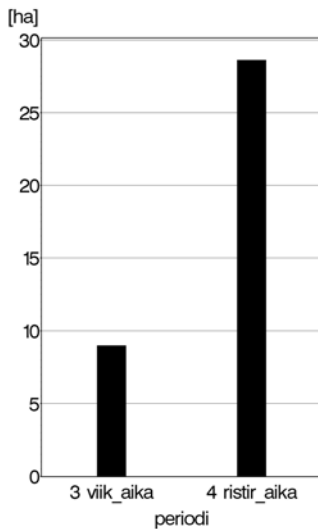


Kuva 3. Mikkelin rautakautiset kohteet a) periodiluokittelun (kattaa 60 % kohteista) ja b) possibility-luokittelun (kattaa 68 % kohteista) mukaan.

tava varauksella ja käsitettävä se selkeästi tämänhetkiseksi asiaa koskevaksi tiedoksi, joka voi myöhemmin uusien löytöjen myötä muuttua. Merkittävin ero luokittelumenetelmien välillä onkin se, että possibility-luokittelussa tiedon luotettavuus pyritään arvioimaan ja ottamaan analyysissä huomioon: tiedon luot-

tavuuden tasoksi voidaan asettaa esimerkiksi edellä mainittu 0.5 tai pitäytyä varmana pidettyyn tietoon (arvo 1). Possibility-luokittelussa tutkija muuntaa senhetkisen asiaa koskevan ymmärryksensä digitaaliseen muotoon aineiston jatkokäsittelyä varten.

Eri luokittelutapojen vaikutus aineistoon ja



Kuva 4. Mikkelin rautakautisten asuinpaikkojen suhde rantamuodostumien lajittuneisiin hiekka- ja hietamaihin a) periodiluokittelun ja b) possibility-luokittelun mukaan.

sen pohjalta tehtäviin päätelmiin on selkeästi nähtävissä kuvassa 3, jossa on esitetty yhteenveto Savon rautakautisen keskusalueen Mikkelin kohteista sekä periodi- että possibility-luokittelua käyttäen. Periodi-luokitellun aineiston pohjalta muodostuu kuva merovingiajan pioneerivaiheen jälkeisestä toiminnan intensivoitumisesta ja viikinkiajalta ristiretkiajalle tapahtuvasta tasaisesta ja vakaasta väestön- ja/tai toiminnan lisääntymisestä (kuva 3a; vrt. Taavitsainen 1990:71; Taavitsainen *et al.* 1998: 217).

Possibility-luokiteltua aineistoa käyttäen (kuva 3b) kuva muotoutuu melko lailla toisentyypiseksi. Tässä versiossa keskisellä rautakaudella alkunsa saanut pioneerivaihe kestää merovingiajalta aina viikinkiajan puoliväliin asti, jonka jälkeen löytömäärät lisääntyvät 1000-luvulla dramaattisesti. Tämä intensiivisen toiminnan vaihe jää kuitenkin lyhytaikaiseksi löytömäärien taas vähetessä 1100-1200-luvuilla, jonka jälkeen toiminta ilmeisestikin vakiintuu tullakseen näkyviin 1500-1600-lukujen historiallisissa lähteissä. Possibility-luokiteltu aineisto ei siis tue kuvaa hitaasta ja tasaisesta muutoksesta, vaan se tuntuu kertovan dynaamisista ja nopeistakin muutoksista ja tapahtumista. Possibility-luokitteluun perustu-

vaa histogrammia arvioitaessa voidaan todeta, että se vastaa — erityisesti viikinkiajan osalta — huomattavasti paremmin arkeologista aineistoa tarkastelemalla syntyvää käsitystä kuin perinteiseen periodiluokitteluun perustuva esitys (ks. esim. Taavitsainen 1990: 72, 112-114; Hiekkänen 2003: 482-484). Savon 1000-luvun nousukausi on tullut esille rahalöytöjä (Mikkola & Talvio 2000; Talvio 2002:12) ja loistoesineitä² (Lehtosalo-Hilander 1988a: 192; 1988b: 29) sekä alueen muinaisjäännöskantaa (Taavitsainen 1990:72) käsittelevien tutkimusten yhteydessä — 1000-luvun merkitystä on siis pohdittu aiemmissa tutkimuksissa, mutta kyseistä ajanjaksoa ei ole mahdollista havaita periodiluokitteluun perustuvassa tiedonkäsitelyssä. Viikinkiajan lopun kehitys on myös jäänyt arkeologeilta Mikkelin runsaslöytöisten ristiretkiaikaisten kalmistojen tutkimuksen varjoon (ks. Lehtosalo-Hilander 1988a:192; 1988b; Hiekkänen 2003:496).

Ajoitustiedon resoluutiota tarkentamalla — ottaen huomioon tietoon sisältyvän epävarmuuden — voi siis olla mahdollista saada esille tapahtumia ja tarkentaa muutosprosessien kulkua. Toinen esimerkki tästä on esitetty kuvassa 4, jossa on vertailtu Mikkelin alueen rautakautisten asuinpaikkojen suhdetta ranta-

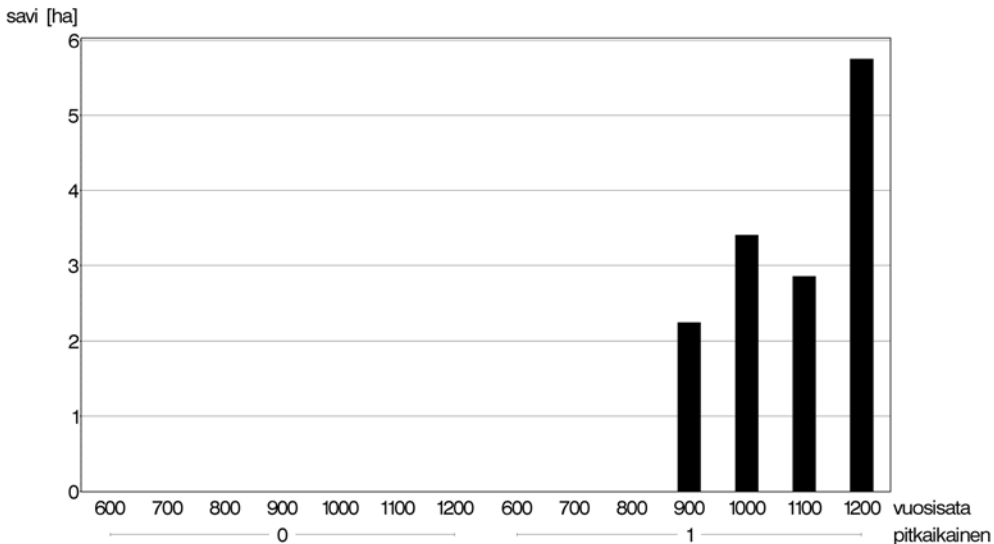
muodostumien lajittuneisiin hienoihin hiekka- ja hietamaihin. Kuten kuvasta 4a on havaittavissa, ovat ristiretkiajalla käytössä olleet kohteet sijainneet keskimäärin huomattavasti laajempien rantamuodostumaesiintymien läheisyydessä kuin viikinkiajalla käytössä olleet kohteet. Possibility-luokittelua käyttäen (kuva 4b) vaikuttaa siltä, että viikinkiajan ja ristiretkiajan alun alueenkäyttö on ollut melko lailla samankaltaista, mutta että 1200-luvulla toiminnassa on mahdollisesti tapahtunut jokin muutos (vrt. Simola *et al.* 1988:22-23).

Possibility-luokittelu soveltuu resoluutionsa puolesta myös toiminnan keston ja jatkuvuuden tutkimiseen. Kuvassa 5 on verrattu toisiinsa Mikkelin lyhytikäisten (kohde käytössä vain yhdellä vuosisadalla) ja pitkään käytössä olleiden (kohde käytössä vähintään kolmella peräkkäisellä vuosisadalla) muinaisjäännösten suhdetta savimaahan. Taustatiedoksi on kerrottava, että saviesiintymien osuus Mikkelissä — ja Etelä-Savossa yleensäkin — on hyvin vähäinen, ainoastaan 0,2 % rautakauden maapinta-alasta. Vaikkakin savimaan suhteellinen osuus kohteiden läheisyydessä on huomattavasti suurempi kuin alueella keskimäärin, muodostuu tämä keskiarvoon perustuva

suhdeluku lähinnä yksittäisistä, eri-ikäisistä ja eri muinaisjäännöstyyppihin kuuluvista kohteista. Havaintojen suuri hajonta herättääkin epäilyä siitä, että savi on ollut alueenvalinnan kannalta sekundäärinen ominaisuus. Tässä tapauksessa onkin kiinnostavaa, että vertaamalla lyhytikäisiä ja pitkään, vähintään kolmella peräkkäisellä vuosisadalla käytössä olleita kohteita keskenään vaikuttaa siltä, että nimenomaan pitkään käytössä olleet kohteet ovat hakeutuneet savimaiden läheisyyteen. Mikkelin alueelle on syntynyt — esimerkiksi kauppaan liittyen — melko runsaastikin lyhytaikaiseksi jäänyttä toimintaa mm. edellä mainitulla 1000-luvulla (ks. esim. Taavitsainen 1990: 112-113), jota toimintaa ei ilmeisesti ole suunniteltukaan pitkäkestoiseksi ja joka suunnitelmallisuus kuvastuu myös alueenvalinnassa.

Lopuksi

Tässä artikkelissa tavoitteenani on ollut pohtia sitä, miten arkeologisia tietokantoja varten tehtävä tiedon — tässä tapauksessa ajoitustiedon — luokittelu vaikuttaa aineistosta saataviin tuloksiin sekä vastaavatko nämä tulokset arkeo-



Kuva 5. Mikkelin lyhytikäisten (0) ja pitkään käytössä olleiden (1) rautakautisten kohteiden suhde savimaahan (saven pinta-ala [ha] 500 metrin säteellä kohteesta).

login asiantuntijuuteen perustuvia käsityksiä.

Yhteenvetona voidaan todeta, että aikaa kuvaavan tiedon mallintaminen on ongelmallista: ajoitustiedon käsittely tapahtuu GISissä edelleenkin pääasiassa perinteisen kartografian piirissä muotoutuneita ratkaisuja soveltaen. Arkeologia ei näiltä osin poikkea muista GISiä hyödyntävistä tieteenaloista. Eri lähteistä saatavan kohdetta ajoittavan tiedon mahdollisimman tarkka hyödyntäminen on kuitenkin oleellista paitsi yksittäistä muinaisjäännöstä analysoidessa, myös muinaisjäännöstietokantoihin perustuvissa alueellisissa tutkimuksissa. Tätä varten arkeologian onkin kehitettävä omaan aineistoonsa soveltuvia tiedonkäsittelytapoja, jotka pystyvät yhdistämään laadultaan heterogeenista tietoa sekä ottamaan huomioon tietoon sisältyvän epävarmuuden jo analyysivaiheessa, ei vasta tuloksia tulkittaessa esiin tulevana lähdekriittisenä ongelmana.

Mitä vaikutuksia digitaalisessa muodossa olevien aineistojen laadulla on, riippuu täysin siitä, mihin tietoa halutaan käyttää. Jos esimerkiksi muinaisjäännöstietokantaa käytetään linkkinä tarkemman tiedon lähteille, ei ongelmia juurikaan synny. Jos sen sijaan dataa käytetään monimuotoisten analyysien lähdemateriaalina, ovat tiedon laadulle asetettavat vaatimukset korkeammat. Arkeologiassa ongelmana onkin ollut se, että tiedon luokittelussa on noudatettu sekä arkistoinnissa, tutkimuksessa että hallinnossa samankaltaisia ratkaisuja huolimatta täysin erityyppisistä tiedonkäyttötarpeista. Eri luokittelutavoilla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa: tässä artikkelissa esitelty possibility-luokittelu esimerkiksi ei sovellu yhteiskäytössä olevien hallinnollisten muinaisjäännöstietokantojen käyttöön johtuen siitä, että se ei ole yhtä yksiselitteinen kuin periodeihin perustuva luokittelu — eri tutkijat epäilemättä koodaisivat tietoa eri tavalla, mikä vaikeuttaisi tiedon jatkokäsittelyä. Sen sijaan tutkimuskäyttöön tehtyihin tietokantoihin tällaiset ratkaisut soveltunevat hyvin.

Kirjallisuus

- ACL 2003 = Archaeological Computing Laboratory, University of Sydney 2003: *TimeMap*. [www-dokumentti]. <http://www.timemap.net/> (Luettu 18.4.2003).
- Burrough, P. A. 1987: *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. 2. korjattu painos. Oxford.
- Burrough, P. A. 1996: Natural Objects with Indeterminate Boundaries. *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries. GISDATA II*. Burrough, P. A. & Frank, A. U. (toim.). Basingstoke, 3-28
- Burrough, P. A. & Frank, A. U. (toim.) 1996: *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries. GISDATA II*. Basingstoke.
- Burrough, P. A. & McDonnell, R. A. 1998: *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford.
- Carpelan, C. & Jussila, T. (toim.) 2000: SOAR/WIN & NILI käsikirja. *Helsinki Papers in Archaeology* 12. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.fi/hum/arla/nili.pdf) <http://www.helsinki.fi/hum/arla/nili.pdf>
- Claramunt, C., Thériault, M. & Parent, C. 1998: A qualitative representation of evolving spatial entities in two-dimensional topological spaces. *Innovations in GIS* 5. Carver, S. (toim.). London, 128-138.
- Curry, M. 1998: *Digital Places. Living with Geographic Information Technologies*. London.
- Egenhofer, Max & Golledge, Reginald (toim.) 1998: *Spatial and temporal reasoning in geographic information systems*. New York.
- Feng, Zhiaqiang & Flowerdew, Robin 1998: Fuzzy geodemographics: a contribution from fuzzy clustering methods. *Innovations in GIS* 5. Carver, S. (toim.). London, 119-127.
- Frank, A. U. 1998: Different types of "times" in GIS. *Spatial and temporal reasoning in geographic information systems*. Egenhofer, M. & Golledge, R. (toim.). New York, 40-62.
- Heuvelink, Gerard 1998: *Error Propagation in Environmental Modelling with GIS*. London.
- Hiekkanen, Markus 2003: Viipurin lääni — rautakaudesta keskiaikaan. *Karjalan synty. Viipurin läänin historia* 1. Jyväskylä, 475-504.
- HKM 2003 = Helsingin kaupunginmuseo 2003:

- Virma. Historiallinen virtuaalikaupunki.* [www-dokumentti]. <http://www.virtualhelsinki.net/museum/virma/>. (Luettu 3.1.2004)
- Hodder, Ian 1999: *The Archaeological Process. An Introduction.* Oxford.
- Johnson, Ian 1997: *Mapping the fourth dimension: the TimeMap project.* [www-dokumentti]. http://www.timemap.net/documents/publications/1997_caa_birmingham. (Päiväty 22.9.1997).
- Johnson, Ian 1999: Mapping the fourth dimension: the TimeMap project. *Archaeology in the Age of the Internet. BAR International Series* 750. Dingwall, L., Exon, S., Gaffney, V., Laflin, S. & van Leusen, M. (toim.). CD-ROM.
- Johnson, Ian 2002: Contextualising Archaeological Information Through Interactive Maps. *Internet Archaeology* 12. [www-dokumentti]. http://intarch.ac.uk/journal/issue12/johnson_index.html. (Luettu 9.3.2003).
- Johnson, Ian & Wilson, Andrew 2000: The TimeMap project: developing time-based GIS display for cultural data. *Journal of GIS in Archaeology* Vol. 1. [www-dokumentti]. http://www.timemap.net/documents/publications/2000_j_gis_arch_esri/timemap_article/index.html. (Luettu 9.3.2003).
- Jussila, Timo 1998: Nili: Varhain Pohjoisessa – hankkeen arkeologinen tietokanta. *Varhain Pohjoisessa: Johdanto. Helsinki Papers in Archaeology* 11. Schulz, E.-L. & Carpelan, C. (toim.). 61-81.
- Kemppainen, Hanna 1997: Yhteenveto paikkatiedon laadun ja epävarmuuden mallintamisesta. *Geodeettinen laitos tiedote* 15.
- Langran, G. 1992. *Time in Geographic Information Systems.* London.
- Laurini, Robert & Thompson, Derek 1992: *Fundamentals of Spatial Information Systems.* London.
- Lehtosalo-Hilander, Pirkko-Liisa 1988a: Esihistorian vuosituhannet Savon alueella. *Savon historia* 1. Kuopio, 11-264.
- Lehtosalo-Hilander, Pirkko-Liisa 1988b: Suur-Savon suuruuden alkua — uusi sukellus hopeasolkien salaisuuksiin. *Baskerilinja. Unto Salo 60 vuotta.* Vammala, 15-30.
- Mikkola, Esa & Talvio, Tuukka 2000: A Silver Coin Hoard from Orijärvi, Kihlinpelto in Mikkeli Rural Commune, Province of Savo, Eastern Finland. *FA* XVII, 129-138.
- MML 1999 = Maanmittauslaitos 1999: *Paikkatietotekniikan sanasto.* [www-dokumentti]. <http://www.nls.fi/ptk/pyk-kasikirja/sanasto/hakemisto.html>. (Luettu 21.4.2003).
- Nuñez, Milton, Okkonen, Jari, Frachetti, Michael & Daly, Patrick 1997: GIS Where Altitude is a Function of Time. *Archaeological Applications of GIS. Proceedings of Colloquium II, UISPP XIIIth Congress, Forli, Italy, September 1996.* Johnson, I. & North, M. (toim.). *Sydney University Archaeological Methods Series* 5. CD-ROM.
- Ott, Thomas & Swiaczny, Frank 2001: *Time-Integrative Geographic Information Systems — Management and Analysis of Spatio-Temporal Data.* Berlin.
- Raper, Jonathan 2000: *Multidimensional Geographic Information Science.* London.
- Shepherd, I. 1995: Putting time on the map: dynamic displays in data visualization and GIS. *Innovations in GIS* 2. Fisher, P. (toim.). London, 169-187.
- Simola, Heikki, Grönlund, Elisabeth & Uimonen-Simola, Pirjo 1988: Etelä-Savon asutushistorian paleoekologinen tutkimus. *Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisu* 84.
- Taavitsainen, Jussi-Pekka 1988: Wide-range hunting and swidden cultivation as prerequisites of Iron Age colonization in Finland. *Suomen antropologi* 4/1987, 213-233.
- Taavitsainen, Jussi-Pekka 1990: Ancient Hillforts of Finland. Problems of Analysis, Chronology and Interpretation with Special Reference to the Hillfort of Kuhmoinen. *SMYA* 94.
- Taavitsainen, Jussi-Pekka 1992: Cemeteries or refuse heaps? Archaeological formation processes and the interpretation of sites and antiquities. *SM* 1991, 5-14.
- Taavitsainen, Jussi-Pekka, Simola, Heikki & Grönlund, Elisabeth 1998: Cultivation History Beyond the Periphery: Early Agriculture in the North European Boreal Forests. *Journal of World Prehistory*, Vol. 12, No 2, 199-253.
- Talvio, Tuukka 2002: Coins and Coin Finds in Finland AD 800-1200. *Iskos* 12.
- Uino, Pirjo 1997: Ancient Karelia. Archaeological studies. *SMYA* 104.
- Zhang, Jingxiang & Goodchild, Michael 2002: *Uncertainty in Geographical Information.* London.

Lyhenteet:

FA Fennoscandia archaeologica
SM Suomen Museo
SMYA Suomen Muinaismuistoyhdistyksen
Aikakauskirja

1 Todennäköisyys-termiä ei käytetä tässä tilastollisessa merkityksessä.

2 Pirkko-Liisa Lehtosalo-Hilander on esittänyt Mikkelin polttokalmistojen hopeasolkifragmenttien perusteella Savon alueen ”kukoistuskauden” saaneen alkunsa jo viikinkiajan lopussa 1000-luvulla aiemmissä tutkimuksissa painotetun ristiretkiajan sijaan.