

Markus Holopainen

Paikkatieto luonnonvarojen hallinnassa

Johdanto

Metsiin liittyvä päätöksenteko muuttuu kaiken aikaa yhä vaikeammaksi monien, usein vastakkaisen, tavoitteiden vuoksi. Toisaalta kaikkialla vaaditaan taloudellisesti mahdollisimman tehokasta toimintaa ja toisaalta ympäristönäkökohdat tulisi huomioida entistä paremmin. Esimerkiksi metsien sertifiointi ja luonnon monimuotoisuuden vaaliminen asettavat uusia vaatimuksia metsäsuunnittelulle sekä suunnittelun tukena oleville tietojärjestelmille.

Päätöksentekoa voidaan helpottaa paikkaan sidotun mittaus- ja kartoitustiedon avulla, joka voi perustua useista tietolähteistä peräisin olevien tietojen suhteisiin ja yhdistelmiin. Tätä paikkatietoa kerätään, hallitaan ja analysoidaan paikkatietojärjestelmällä. Suomessa metsätalouden organisaatiot ovat aktiivisesti kehittäneet ja ottaneet käyttöön paikkatietojärjestelmiä 1980-luvulta lähtien. Kehitys lähti liikkeelle kaukokartoituksen hyödyntämisestä metsien inventoinnin tukena ja sai myöhemmin jatkoa metsätalouden suunnittelun apuvälineiksi kehitetyistä karttaohjelmistoista. Nykyisin keskeinen metsien inventoinnin ja suunnittelun teema on olemassa olevan tiedon päivitys. Perinteisistä kertainventoinneista pyritään siirtymään tietokantojen päivittämiseen toteutuneiden toimenpiteiden, kaukokartoituksen ja kasvumallien avulla. Tutkimuksessa paikkatietojärjestelmät ovat avanneet uusia mahdollisuuksia ympäristön monimutkaisten vuorovaikutussuhteiden ymmärtämiseen ja niiden mallintamiseen.

Numeerista paikkaan sidottua tietoa on Suomen metsistä runsaasti. Keskeisinä ongelmina ovat kuitenkin paikkatietoaineistojen saatavuus, tuotantokustannukset ja laatu. Tärkeitä kysymyksiä metsätalouden paikkatietosovelluksissa ovat kuinka monilähteistä, moniresoluutioista ja moniaikaista tietoa voidaan yhdistää tehokkaasti, kuinka aineistoja voitaisiin käyttää mahdollisimman laajasti ja mikä kunkin aineiston tarkkuus on.

Paikkatiedon hankinta muodostaa suunnittelussa käytettävän metsätietojärjestelmän suurimman kustannuserän. Tämä on seurausta maastossa suoritettavien mittaus- ja kartoitustietojen kalleudesta. Toisaalta paikkatiedon tarkkuus ja laatu ratkaisee hyvin pitkälle aineiston avulla tehtävien analyysien onnistumisen. Näin ollen paikkatiedon hankintamenetelmien kehittäminen on alan tutkimukselle keskeinen haaste. Kaukokartoitus on yksi paikkatiedon tuottamisen menetelmistä. Kaukokartoitusteknologian uusia sovelluskohteita ovat esimerkiksi luonnon monimuotoisuuden arviointi ja seuranta, osallistava ympäristön suunnittelu sekä metsien sertifiointi. Myös perinteinen metsätalous kaipaa yhä tarkempaa ja reaaliaikaisempaa tietoa metsistä. Digitaalitekniikan kehittymisen myötä ympäristön inventointiin käytettävissä oleva kaukokartoitusmateriaali lisääntyy kiihtyvällä tahdilla. Viimeisintä lentokonemittausteknologiaa edustavat numeeriset ilma-, video-, spektrometri- ja tutkakuvat ovat saamassa kilpailijoikseen kymmeniä uusia, entistä tarkempia satelliittikuvia. Nykyteknologia mahdollistaa myös maastossa suoritettavien

mittausten automatisoinnin. Esimerkiksi lasermittalaitteella sekä video- tai digitaalikameran avulla on mahdollista tehdä tarkkoja puustomittauksia ja tuottaa puukarttaa lähes automaattisesti. Satelliittipaikannus (GPS) on puolestaan parantanut metsässä tehtävien mittausten paikannustarkkuutta.

Vuonna 1998 Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksella käynnistyi Metsät paikkatietojärjestelmissä -tutkijakoulu, jossa aloitti ensi vaiheessa 15 tutkijaa. Tutkijakoulun päärahoittajana on Metsämiesten Säätiö. Muita rahoittajia ovat Suomen akatemia sekä maa- ja metsätalousministeriö. Jatkotutkimus voi suorittaa Helsingin yliopistossa, Joensuun yliopistossa tai Teknillisessä korkeakoulussa. Tällä hetkellä tutkijakoulun rahoittamana työskentelee 12 tutkijaa. Tutkijakoulussa kehitetään metsätiedon hankintaa, hallintaa ja analysointia metsäsunnittelussa käyttäen paikkatietojärjestelmiä sekä uusia mittaus-, kartoitus- ja visualisointimenetelmiä. Samalla tuotetaan menetelmiä sekä asiantuntijoita tutkimuksen, opetuksen ja käytännön tarpeisiin. Seuraavassa esitellään tutkijoiden itsensä kirjoittamat tiivistelmät aiheista, jotka liittyvät metsäsunnittelun kehittämiseen. Mukaan on otettu myös muut metsävarojen käytön laitoksella meneillään olevat hankkeet.

Monilähdeinventoinnin luotettavuuden arviointi

Matti Katila, Metla

Rahoitus: Metsät paikkatietojärjestelmissä -tutkijakoulu, Metla

Kahdeksannesta valtakunnan metsien inventoinnista (VMI) lähtien metsävaratuloksia on laskettu koko maassa yhdistämällä maastomittauksia, satelliittikuvia ja karttatietoa. Monilähdeinventoinnilla (MVMI) voidaan laskea inventointituloksia halutuille maastomuuttujille mielivaltaisen kokoiselle alueelle. Tulokset on esitetty numeerisina teemakarttoina ja taulukkomuodossa pienalueille, esim. kunnille. Meneillään olevassa työssä keskitytään MVMI:ssa käytetyn k:n lähimmän naapurin (k-NN) estimointimenetelmän luotettavuuden arviointiin ja virhelähteisiin. Tavoitteena on saada käsitys tärkeimpien puustotunnusten estimaattien luotettavuudesta kuva-alkiotasolla ja pienalueilla. MVMI:n estimaat-

tien kokonaisvirhettä kontrolloidaan estimoinnissa käytettyjen parametrien avulla.

Näiden parametrien valintaa tutkittiin usealla testialueella. Erityisesti selvitettiin opetusaineiston, VMI-koealat, maantieteellisen rajauksen sekä kasvupaikkaa kuvaavan karttatiedon avulla tapahtuvan satelliittikuvan ja koealojen osittamisen vaikutusta estimaattien luotettavuuteen. VMI9:n otantatiheydellä 40–50 km:n maantieteellinen hakusäde opetusaineistolle kivennäismaasitteella ja 60–90 km:n hakusäde suo-ositteella osoittautuivat sopivimmiksi. Estimoitavan alueen osittaminen kivennäismaihin ja soihin vähensi tilavuusestimaattien harhaa kummassakin ositteessa.

Metsätalouden maa rajataan MVMI:ssa numeerisen karttatiedon avulla. Karttatieto yliarvioi usein metsätalouden maan alaa, se voi olla vanhentunutta ja sijainniltaan virheellistä. ”Karttavirheen” korjaamiseen MVMI:n pienaluetuloksissa on esitetty kaksi menetelmää: tilastollinen kalibrintimenetelmä ja MVMI estimointi karttaositteittain. Kalibrintimenetelmä perustuu karttavirheen estimointiin suuralueelta. Jos karttavirheen oletetaan jakautuvan tasaisesti karttaositteiden sisällä, voidaan suuralueelta saaduilla kalibrintikertoimilla korjata pienalueiden MVMI estimaatteja. Ositetussa MVMI:ssa, joka on edellistä menetelmää yksinkertaisempi, k-NN-estimointi tehdään itsenäisesti jokaiselle muodostetulle karttaositteelle käyttäen kaikkia ositteeseen kuuluvia VMI-koealoja, myös muita kuin metsätalouden koealoja. Molemmat menetelmät korjaavat karttavirheen MVMI:ssa aiheuttamaa metsätalouden yliarviointia ja kasvattavat kunnittaisia keskitilavuuksia.

Kuvan segmentointi monilähteisessä metsien inventoinnissa

Anssi Pekkarinen, Metla

Rahoitus: Metsät paikkatietojärjestelmissä -tutkijakoulu, Metla

Pekkarisen valmisteilla oleva väitöskirjatyö kuuluu metsänarvioimistieteen alaan. Tutkimuksessa on kehitetty metsien monilähteiseen inventointiin soveltuvia kaukokartoituskuvioiden segmentointimenetelmiä ja testattu niitä puustotunnusten estimoinnissa ja metsässä tapahtuneiden muutosten tulkinnessa.

Kuvan segmentoinnilla tarkoitetaan kuvan jakamista spektrisesti homogeenisiin ja spatiaalisesti jatkuviin osa-alueisiin. Esimerkkeinä segmentoinnin metsätaloudellisista sovelluksista voidaan mainita automaattinen metsikkökuviointi, yksittäisten puiden latvusten tunnistaminen sekä yleisemmin kuvan tulkinta- ja piirreirrotusyksiköiden rajaus.

Segmenteittäin tuotettujen spektristen piirteiden soveltuvuutta puustotunnusten estimointiin tutkitaan koelatasolla. Estimoinnissa käytettiin Landsat TM -satelliittikuvia, Suomessa VTT:n ja Karensilvan yhteistyössä kehittämän lentokonekäyttöisen kuvaavan spektrometrin (AISA) kuvia, sekä valtakunnan metsien inventoinnissa (VMI) kerättyä maastoaineistoa.

Väitöskirjatyössä esiteltävä muutostunnistusmenetelmä perustuu puolestaan kahden eri ajankohdan numeeristen korkeailmakuvien segmenttipohjaiseen radiometriseen kalibrointiin ja muutosten tulkintaan menetelmällä kalibroituja kuvien avulla.

Pekkarisen työhön kuuluvissa osajulkaisuissa todetaan, ettei segmenttipohjaisten kuvapiirteiden käyttö merkittävästi paranna puustoestimaatteja koelatasolla. Syy tähän on valmisteilla olevan väitöskirjan mukaan se, ettei segmentti ole kuvantulkintayksikkönä yhteensopiva maastotiedon keruussa käytettyjen koelajojen kanssa. Työssä päätellään, että monilähteinen segmenttipohjainen puustotunnusten estimointi edellyttäisi segmenttitasolla edustavan maastotiedon keruuta. Tekijä ehdottaakin jatkotutkimusta tällä tavoin toteutetun, numeerisia ilmakuvia hyödyntävän, menetelmän soveltuvuudesta metsäsuunnittelussa tarvittavan inventointitiedon tuottamiseen.

Uudistushakkuiden tulkintaan segmenttipohjainen lähestymistapa soveltuu hyvin. Segmentoinnin avulla kahden eri ajankohdan kuvilta voidaan paikallisen muunnoksen avulla kalibroida radiometrisesti yhteismitallisiksi. Esitettävällä menetelmällä kalibroituja kuvien vertaamiseen perustuva muutostulkintamenetelmä on osoittautunut lupaavaksi työkaluksi esimerkiksi uudistushakkuiden paikallistamisessa ja VMI:n tulosten ajantasaistamisessa.

Viimeistelyvaiheessa olevan väitöskirjatyön osana tehdyn sovellus- ja kehitystyön tuloksia on raportoitu sekä useissa tieteellisissä julkaisuissa että esitelmissä kotimaassa ja ulkomailla. Lisäksi väitös-

kirjatyön aikana kehitettyjä menetelmiä on hyödynnetty myös useissa muissa perus- ja jatkotutkintoihin tähtäävissä opinnäytetöissä. Valmisteilla on myös useita tämän väitöskirjatyön aikana kehitettyihin menetelmiin ja ajatuksiin pohjautuvia jatkotutkimuksia, jotka tähtäävät mm. metsätalouden suunnittelun tiedonkeruun tehostamiseen.

Erittäin korkean resoluution satelliittikuvien käyttö kuvantulkintatuloksen parantamiseksi

Anssi Lohi, Kuusamon kaupunki

Rahoitus: Metsät paikkatietojärjestelmissä -tutkijakoulu

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää kuvantulkinnan luotettavuutta metsävarojen arvioinnissa. Tutkimuksessa yhdistetään eri resoluution kuva-aineistoja ja kuvista laskettuja tunnuksia. Kvantulkinnassa käytetään hyväksi kuvan spektrisiä ominaisuuksia ja kuvista laskettuja tekstuuritunnuksia. Eri tyyppiset kuvatunnukset (spektriset tunnuksiset ja tekstuuritunnukset) yhdistetään kuvantulkinnassa hierarkisesti siten, että ensimmäisessä vaiheessa hyödynnetään kuvien spektrisiä tunnuksia ja toisessa vaiheessa tekstuuritunnuksia. Tutkimuksen tuloksena odotetaan saavutettavan nykyistä parempi luotettavuus metsikkötunnusten estimoinnissa metsikkökuvioitasolla.

ESAR-tutkakuvat metsän kartoituksessa

Markus Holopainen, Timo Tokola, Teppo Hujala, Sakari Tuominen, Anssi Pekkarinen, Juha Hyyppä
Rahoitus: Tekes (Geodeettinen laitos)

Tutkakuvien keskeisenä etuna optisen alueen kaukokartoituskuviin verrattuna on niiden saatavuus (temporaalinen resoluutio) kaikissa kuvaolosuhteissa. Optisen alueen satelliittikuvia ei nimittäin Suomen pilvisissä olosuhteissa välttämättä saada haluttuna hetkenä. Näin ollen tutkakuvauus on mielenkiintoinen vaihtoehto myös metsän kartoituksessa, mikäli sen tarkkuus on riittävä yksityiskohtaisen (koelakuviotasoa) tiedon estimointiin.

Tähänastinen satelliittitutkien kehitys on paljolti kulkenut globaalin kartoituksen päämäärien mu-

kaisesti. Niinpä järjestelmät ovat tarjonneet tietoa metsäalueilta hyvin laajasti, mutta yksityiskohtainen tieto on puuttunut. Sen sijaan lentokonetutkien avulla on päästy metsän mittauksessa jopa hämmästyttävän hyviin tuloksiin. Tällä hetkellä tarkin kaukokartoitusaineisto metsien mittaukseen on lentokonekäyttöinen laserkeilain, jolla on mahdollista mitata digitaalinen 3-ulotteinen malli maanpinnasta tai muista kohteista kuten metsästä. Laserkeilainta optisiin satelliitti- ja ilmakuviin verrattaessa osoitautui, että keilaava laser oli selvästi tarkin kaukokartoitusaineisto puuston inventointiin. Ongelmana menetelmässä on sen suuret kustannukset. Laserkeilaimella tuotetaan kohteesta yleensä muutama sata metriä leveä kaistale. Haluttaessa peittää laaja alue joudutaan lentämään useita rinnakkaisia linjoja, joiden paikantaminen on ongelmallista. Kehitettäessä käytännön menetelmiä metsien kartoitukseen, olisi tärkeää, että kuvaus tapahtuisi korkeammalta, jolloin kuvan ala olisi suurempi ja kustannukset pintalalyksikköä kohden pienet.

Tulevaisuudessa myös satelliittitutkat tuottavat entistä yksityiskohtaisempaa tietoa, sillä suunnitteilla on useita järjestelmiä, joiden spatiaalinen erotuskyky on 1–3 m. Näitä järjestelmiä ovat Cosmo-skymed, TerraSAR, Radar-1, Discoverer ja Radarsat-2. Esimerkiksi TerraSAR mahdollistaa 1 m:n resoluution ja täydellisen polarimetrian (polarisaatio = värähtelysuunta), Seuraavan 5 vuoden aikana satelliittitekniikan suurin kehitys kaukokartoituksessa tuleekin tapahtumaan satelliitti-SAR-kuvien myötä. Ristipolarisaatio, korkea erotuskyky (1 m), usean taajuuden käyttäminen, SAR interferometria ja polarimetria tulevat tarjoamaan aivan uusia mahdollisuuksia SAR-kuvien tulkinnassa. Samalla C-taajuusalueen tutkat syrjäytettäneen L- ja X-alueen tutkilla, joista toinen näkee kasvillisuuden pinnan (sirottajana lehdet, neulaset yms.) ja toinen tunkeutuu varsin hyvin kasvillisuuden lävitse (sirottajana rungot ja oksat). Tällä hetkellä tulevia satelliittimissioita simuloidaan tutkimalla tulevia satelliittisensoreita lentokoneesta tapahtuvien mitausten avulla. Yksi näihin tutkimuksiin liittyvistä aineistoista on Saksan avaruustutkimuskeskuksen omistama ESAR-tutka.

Tutkakuvien spatiaalinen resoluutio ei ole tähän asti ollut riittävä yksityiskohtaisen metsätiedon hankintaan. ESAR-kuvat ja jatkossa satelliiteista otet-

tavat TerraSAR-kuvat tulevat muuttamaan tämän tilanteen. Parantunut resoluutio sekä polarimetrian ja interferometrian hyödyntäminen avaavat uusia mahdollisuuksia myös metsien inventointiin, kartoitukseen ja seurantaan. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää ESAR-tutkakuvien käyttökelpoisuutta metsän tunnusten estimoinnissa. Tutkimuksen alussa keskitytään perinteisiin jatkuviin koela-/metsikkötason puustotunnuksiin (puuston keskipituus, ikä, pohjapinta-ala ja puulajikohtaiset tilavuudet). Jatkossa menetelmää hyödynnetään myös elinympäristöluokkien ja arvokkaiden elinympäristöjen (avainbiotooppien) kartoituksessa. ESAR-tutkakuvaestimaatteja verrataan numeeristen ilmakuvien estimointitulokseen.

Numeeristen ilmakuvien radiometriset korjaukset

Markus Holopainen, Teppo Hujala, Petri Pellikka, Mikael Holm, Juha Hyypä
Rahoitus: haettu Akatemiasta

Numeeriset ilmakuvat ovat parhaillaan tulossa operationaaliseen metsäsuunnitteluun ja metsien inventointiin. Kehityksen ensimmäinen vaihe on numeeristen ilmakuvien käyttö pohjamateriaalina kartta- ja GIS-sovelluksissa sekä kuvaruudulla tapahtuvassa visuaalisessa tulkinnassa. Seuraava, huomattavasti vaativampi kehitysaskel olisi numeeristen ilmakuvien hyödyntäminen automaattisessa tai puoliautomaattisessa numeerisessa tulkinnassa.

Numeerista ilmakuvatulkintaa ovat jarruttaneet niihin liittyvät radiometriset ongelmat. Ilmakehät, ilmakuvan keskusprojektiivisuudesta, auringosta, topografiasta, filmistä ja optiikasta aiheutuvat tekijät saavat aikaan bidirektionaalaisia heijastusvaikutuksia, joiden vuoksi kaksi samanlaista kohdetta kuvan eri osissa näyttävät erilaisilta ja saavat erilaisia sävy- ja tekstuuripiirteiden arvoja. Tämä ilmiö on harmillinen jo ilmakuvien visuaalisessa tulkinnassa, mutta erityisen merkittävän ongelman se muodostaa ilmakuvien numeerisessa tulkinnassa, joka yleensä perustuu kuvapiirteiden ryhmittelyyn mahdollisimman homogeenisiin luokkiin tai ositteisiin.

Bidirektionaalisen heijastuksen vaikutukset voidaan korjata analyttisesti BRDF-malleilla (bidirectional reflectance), joissa ilmiötä selitetään ympä-

ristön fysikaalisilla, rakenteellisilla ja fysiologisilla tekijöillä sekä kuvaus- ja valaistusgeometrialla. Menetelmiä ei ole kuitenkaan juurikaan käytetty numeerisilla ilmakuvilla niiden monimutkaisuuden vuoksi. Sen sijaan empiirisia ja semiempiirisia BRDF-korjauksia on käytetty menestyksekkäästi myös numeerisilla ilmakuvilla, videokuvilla ja spektrometrikuvilla.

BRDF-ilmiön tärkeä ominaisuus on, että se vaihtelee erilaisissa kohteissa, kuten erilaisissa kasvilisuuksityypeissä. Tätä ongelmaa on pyritty ratkaisemaan hyödyntämällä korjauksessa alueelta saatavissa olevaa ennakkotietoa tai kaukokartoitusaineiston avulla tehtyä esiklusterointia. Ennakkotiedon tarve kuitenkin lisää huomattavasti menetelmän kustannuksia, joten tähänastiset menetelmät eivät ole käytökelppoisia operationaalisessa toiminnassa.

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää menetelmä numeeristen ilmakuvien radiometrian korjaamiseksi elinympäristöluokittain. Tutkimus toteutetaan yhteistyössä Geodeettisen laitoksen koordinoiman TEKES-hankkeen ”BRDF measurements, models and signatures applied to image calibration and remote sensing of land cover characteristics Sciences” kanssa.

Metsiköihin ja paikannettuihin koeloihin perustuvan kuvioittaisen metsänarvioinnin tarkkuus

Jyrki Koivuniemi, Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos

Rahoitus: Metsät paikkatietojärjestelmissä -tutkijakoulu

Metsänhoitotöiden ja hakkuiden pitkän aikavälin suunnittelu perustuu lähes poikkeuksetta kasvupaikoiltaan ja puustoltaan mahdollisimman tasaisten hakkuu- ja metsänhoitotyökohteeksi sopivan kokoisten ja muotoisten kuvioiden maastoarviointiin. Kuvioittainen arviointi on usein myös metsäkiinteistöjen arvonmäärittäytksen perusta. Kuviolta arvioitujen puustotunnusten (esim. puuston runkotilavuus) tarkkuus riippuu paljon suunnittelijan ammattitaidosta, koska muutamista koelamittauksista huolimatta tulokset perustuvat huomattavalta osalta silmävaraisiin arvioihin. Jos kuvion puusto ei ole kuvion eri osissa täysin samanlaista, kuvioittaisen

arvioinnin tulokset eivät kuvaa suurehkon kuvion eri osien puustoa tarkasti.

Kuvioittaisen arvioinnin ongelmia voidaan poistaa nykyaikaisen mittaus- ja tietojenkäsittelytekniikan keinoin. Jos mittaajalla on maastossa käytössään maastotietokone ja satelliittipaikannin, suunnittelija saa tietokoneen näytölle ilmakuvan ja maastokartan lisäksi kaikki kuviorajat, mittaamiensa koelajien sijainnin ja oman sijaintinsa. Maastossa kuvion rajat voidaan paikantaa satelliittipaikantimella sekä laseretäisyysmittarilla ja digitaalisella kompassilla. Koelajoilla puiden läpimittojen mittaus ei edellytä käyntiä jokaisen puun luona, jos kehitteillä olevasta puiden mittauslaitteesta saadaan riittävän nopea ja helppokäyttöinen. Kehitteillä olevaa puiden mittauslaitetta lukuun ottamatta muita laitteita tutkimuksessa on onnistuneesti kokeiltu.

Kuviorajojen ja koelajien paikannuksen lisäksi laitteistolla voidaan paikantaa kuvion sisäisiä pienialaisia muusta kuviosta puustoltaan ja kasvupaikaltaan selvästi poikkeavia metsiköitä, jotka ovat liian pieniä hakkuukuvioksi. Tällaisia kohteita ovat esim. pienet kalliot, kosteikot ja suot, harvinaisimpien puulajien puuryhmät ja mahdollisesti yksittäiset puutkin. Saatujen tulosten mukaan kuvion puustotunnusten arviointitarkkuutta voidaan parantaa erottamalla kuvion sisällä olevat poikkeavat kuvion osat omiksi ositteikseen. Kuvion puustotunnusten vaihtelua kuvion sisällä ei voi selittää koelajien sijaintiin perustuvilla malleilla niin hyvin, että kuvion puustotunnusten keskiarvot muodostuisivat tarkemmiksi kuin kuvion osittamiseen perustuvilla menetelmillä lasketut puustotunnusten arvot.

Koelamittausten määrä voidaan säätää inventoinnin tarkkuusvaatimusten mukaiseksi, kun maastomittauksissa tarvittava laitteisto ja tietokoneohjelmistot saadaan riittävän helppokäyttöisiksi. Esim. uudistuskypsissä metsissä ja runsaspuustoisilla kuviolla tarkkuusvaatimus ja siten mitattavien koelajien määrä on yleensä suurempi kuin vähäpuustoisilla kuviolla, joilta hakkuutuloja saadaan vähän. Ulkoilalueilla ja arvokkaita luontokohteita sisältävillä alueilla metsiä voidaan hoitaa luonnonmukaisemmin, kun metsiköt rajataan pienipiirteisemmin.

Puustotietojen seuranta koneellisen korjuun yhteydessä

Timo Melkas, Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos

Rahoitus: TEKES, MMM, UPM-Kymmene, Metsämiesten Säätiö

Hakkuukoneiden mittalaitteella saadaan luotettavaa ja erittäin tarkkaa mittatietoa poistettavasta puustosta. Tämä tarkka puuvaratieto on mahdollista kytkeä paikkaan satelliittipaikannusta hyödyntäen. Teknologia tällä alalla on viime aikoina kehittynyt ja laitteiden tarkkuus parantunut. Tällä hetkellä GPS-laitteet ovat arkipäivää puunhankinnan kuljetuksissa ja logistiikassa sekä pääosassa hakkuukoneita.

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää menetelmä paikkaan sidotun puustotiedon tuottamiseksi hakkuukoneen toiminnan yhteydessä sekä luoda menetelmät näin kerätyn tiedon hyödyntämiseksi. Puuvaratieto saadaan hyödyntäen hakkuukoneen mittalaitteen tuottamaa rungoittaista puiden tilavuustietoa ja sijaintitieto hakkuukoneessa olevan GPS-paikantimen avulla. Tutkimuksen keskeisimmät tavoitteet ovat seuraavat:

- 1) kehittää menetelmä paikkaan sidotun metsävaratiedon keräämiseksi hakkuukoneella
- 2) Oracle 9i -pohjaisen referenssietopankin luominen, ylläpito ja hyödyntäminen kaukokartoituksessa
- 3) metsävarojen vienti paikkatieto-ohjelmistoihin ja niiden päivitysmenetelmän kehittäminen.

Hankkeessa kerätään hakkuukoneen ja kehitettävän mittalaitteen (prototyyppi) avulla paikkaan sidottua metsävaratietoa ja luodaan tietopankki, jota voidaan hyödyntää kaukokartoituksen referenssiaineistona sekä metsävaratietojen päivityksessä. Tuloksena saadaan aineisto, jonka avulla voidaan estimoida mm. hehtaarikohtainen puuston tilavuus (pikseleitäin) halutulle alueelle. Kaukokartoitusmateriaalina voidaan käyttää satelliitti- tai ilmakuvia. Samassa yhteydessä kehitetään hakkuun aikana kerättyyn sijaintitietoon perustuva menetelmä kuviorajojen päivittämiseksi. Aineistoa on kerätty noin sadan leimikon alueelta Ruovedeltä, Ristiinasta ja Tuomarniemeltä. Tietojen tallennusta varten on luotu Oracle 9i -olio-relaatiotietokantaan perustuva tietopankki yhteistyössä ”Aika-paikkatieto metsätaloudessa” -hankkeen kanssa. Tietopankki tulee sisältä-

mään tietoa neljällä eri tasolla: puutavaralajeittaista, puu-, työpiste- ja leimikkokohtaista tietoa. Lisäksi hankkeessa tutkitaan yhteistyössä Tuomarniemen metsäoppilaitoksen kanssa jäljelle jäävän puuston kuviotietojen päivittämistä hakkuukoneen keräämään poistumatietoon perustuen.

Tutkimuksessa kehitettävää metsävarojen päivitysmenetelmää voidaan hyödyntää metsävaratietojen päivityksessä, potentiaalisten hakkuukohteiden kartoituksessa, metsien uudistumisen seurannassa ja lähikuljetuksen optimoinnissa (ECOWOOD, Mervi Kokkila). Yhteistyösopuolia tutkimuksessa ovat UPM-Kymmene Oyj, Metsähallitus, Plus-tech Oyj, Ponsse Oyj, Masser Oy, Metsäteho Oy ja Tuomarniemen metsäoppilaitos (Seinäjoen AMK) sekä ECOWOOD-hanke (MMM Mervi Kokkila). Hanke liittyy läheisesti metsävarojen käytön laitoksella käynnissä oleviin tutkimusprojekteihin Aika-paikkatieto metsätaloudessa (MMM Jussi Rasinmäki) ja Paikannettuihin koaloihin perustuvan metsiköittäisen puuston arvioinnin tarkkuus (MML Jyrki Koivuniemi) sekä Metsänmittauksen tehostaminen -hankkeeseen (TEKES). Tutkimusta ovat rahoittaneet Teknologian kehittämiskeskus, maa- ja metsätalousministeriö, Metsämiesten Säätiö ja UPM-Kymmene Oyj.

Puiden kolmiulotteinen paikantaminen digitaalisia ilmakuvia käyttäen

Ilkka Korpela, Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos

Rahoitus: MMM, MMS, SMS

Tutkimuksessa testataan uuden ilmakuvapohjaisen metsänmittausmenetelmän luotettavuutta. Kolmiulotteinen yhteensovitus tarjoaa uuden tavan käyttää ilmakuvia metsän mittaamiseen. Menetelmässä paikannetaan puiden latvat ja maaston korkeusmallin avulla saadaan johdettua puille pituus. Täten puuston mittaus voidaan perustaa kaikkien puiden mittaamiseen. Luotettavuuden arvioimiseksi tarvitaan tietoa ilmakuvien määrän, laadun ja kuvausmittakaavan vaikutuksesta. Ne vaikuttavat myös tulkin-takustannuksiin. Koejärjestelyin pyritään lisäksi saamaan selvyys menetelmän soveltuvuudesta rakenteeltaan erityyppisten metsien mittaamiseen.

Metsänuudistamiseen liittyvät toiminnot ja tietotarpeet. Kuvaus yksityismetsien metsänuudistamistoiminnoista

Raili Hokajärvi, Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Rahoitus: Metsät paikkatietojärjestelmissä -tutkijakoulu

Tutkimuksen kohteena oli metsänuudistamiseen liittyvä tiedon kulku yksityismetsätalouden organisaatioissa. Tutkimuksessa kuvattiin metsänuudistamisen toimintoja, erityisesti tiedon käyttöä ja tuottamista, yksittäisen työntekijän (toimihenkilön) näkökulmasta. Kuvaamisen lisäksi analysoidtiin tiedon saatavuuteen ja laatuun liittyviä ongelmakohtia ja niiden syitä.

Epäilyt metsänuudistamisen laadusta, metsänuudistamisvelvoitteen noudattamisesta sekä seurannan puutteellisuudet ovat olleet syynä tutkimuksen toteuttamiseen. Tutkimuksesta saatava hyöty liittyy ensisijaisesti organisaatioiden välisen tiedonkulun kehittämiseen.

Tutkimusmenetelmän rungon muodostivat Contextual Design -menetelmän kolme ensimmäistä vaihetta: ensimmäinen vaihe sisälsi aineiston hankinnan eli haastattelut, toinen vaihe oli yksittäisten haastattelujen analysointi ja kolmannessa vaiheessa tehtiin yhteenveto koko aineistosta yhdistettyjen mallien ja sanomien analysoinnin avulla. Contextual Design on käyttäjakeskeisen systeemisuunnittelun työvälineeksi kehitetty menetelmäkokonaisuus, jossa painotetaan tietojärjestelmien käyttäjän näkemystä ja toimintaympäristöä suunnittelun lähtökohtana.

Tutkimus osoitti selvästi, että organisaatioiden välisen tiedonvaihdon tehostamiselle on tarvetta. Lakisääteiset ilmoitukset toimitettiin metsäkeskukseen ja puukauppaa tehtäessä tieto kulki osapuolten välillä. Mutta tietoja kysyttiin myös epämuodollisesti ja oli havaittavissa, että hakkuun ja uudistamistöiden toteutusta koskevaa tietoa kyseltiin säännöllisesti. Kukin organisaatio tuotti toteutustietoa omiin tarpeisiinsa, se oli kuitenkin vain organisaation sisäisessä käytössä. Ongelmia oli tila- ja omistajatietojen sekä metsäkeskusten metsänuudistamisen rekistereiden ajantasaisuudessa. Metsäyhtiöiden ja metsänhoitoyhdistysten välillä oli yhteistyön lisäksi havaittavissa kilpailua sekä puukaupassa että uudistamistöiden toteutuksessa

Tutkimusta on tarkoitus jatkaa. Tämä tutkimus tuotti kuvauksen ja toi esille ongelmakohtia yksittäisen toimihenkilön näkökulmasta. Ennen jatkoa tulee selvittää organisaatioiden tarve ja kiinnostus lähteä kehittämään metsänuudistamiseen liittyvää tiedon kulkua. Tämän tutkimuksen pohjalta jatkossa voitaisiin keskittyä toimenpiteiden toteutusta koskevaan tietoon. Mahdollista olisi myös toteuttaa vastaava tutkimus esimerkiksi metsäsuunnittelun osalta.

Aika, paikka ja hierarkisuus metsävaratiedon ominaisuuksina

Jussi Rasinmäki, Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos

Rahoitus: Metsät paikkatietojärjestelmissä -tutkijakoulu, Tekes, Metsämannut, Metsähallitus

Tutkimushankkeen tavoitteena on tutkia kolmen mainitun tekijän vaikutusta metsävaratietojen hallinnassa ja hyödyntämisessä. Nykyiset metsävaratietojen hallintajärjestelmät ovat yksilolotteisia siinä mielessä, että niiden tiedot kattavat vain metsien nykytilanteen siinä mittakaavassa, joka on arvioitu metsätalouden kannalta käyttökelpoisimmaksi. Hankkeen pyrkimyksenä on tuoda tiedonhallintaan ja hyödyntämiseen useampia ulottuvuuksia sekä ajan että mittakaavan suhteen. Hankkeessa on kehitetty tietomalli, jonka toteuttavaan tietokantaan voidaan tallettaa samanaikaisesti nykytilanteen kanssa tietoa metsän kehityksestä useassa eri mittakaavassa.

Lappajärvi Life -hankkeen paikkatietojärjestelmä. Paikkatietojärjestelmien hyödyntäminen vesiensuojeluhankkeessa

Juha-Matti Markkola, Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos

Rahoitus: Helsingin yliopisto ja Lappajärvi Life -projekti

Tutkimushanke on ollut liitettynä laajempaan Lappajärvi Life -hankkeeseen (www.vyh.fi/ympsu/projekti/lifelsu/lappaj/lappaas.htm), jonka käytännön tavoitteena on ollut löytää keinot Lappajärven rehevöitymisen hidastamiselle ja järven kunnostamiselle ulkoisen ja sisäisen kuormituksen määrää

pienentämällä. Metsävarojen käytön laitoksen tutkimushankkeessa on ollut tavoitteena luoda järvi- en kunnostuksen integroidun hallintajärjestelmän tietojärjestelmä. Lähtökohtana on ollut hyödyntää paikkatietoteknologiaa tietojen ylläpidossa ja prosessoinnissa. Metsävarojen käytön laitoksen hanke on päättymässä kesäkuussa 2002.

Tutkimushankkeessa on selvitetty, millaista paikkatietoa on kohdealueelta jo olemassa ja miten olemassa oleva paikkatieto soveltuu ympäristön parantamishankkeen käyttöön, josta esimerkkinä on Lappajärvi Life -hanke. Valmista paikkatietoa on olemassa paljon. Sen hyväksikäyttö ei kuitenkaan ole ongelmatonta. Tietosuoja, hallinnolliset esteet ja paikkatiedon kallis hinta ovat merkittäviä haittoja olemassa olevien paikkatietojen hyödyntämiselle. Lisäksi eri organisaatioiden välisessä yhteistyössä on paljon kehittämistä. Tietojen integrointi ja tietoja käsittelevän järjestelmän luominen ovat olleet perustana eri lähteistä tulevan tiedon ja hankkeen itsensä tuottaman tiedon yhdistämisessä ja hyväksikäytössä.

Tutkimuksessa otettiin lähtökohdaksi valuma-aluekohtainen tarkastelu, joka ei pohjaudu mihinkään hallinnollisiin rajoihin. Luotu paikkatietojärjestelmä on palvellut Lappajärvi Life -hankkeen tietohallinnointia, suunnittelua sekä tehtyjen toimenpiteiden seurantaa, analyysiä ja raportointia. Hankkeen kautta on myös saatu käsitys paikkatietojärjestelmien hyödyntämismahdollisuuksista ympäristötiedon hallinnassa maakunnallisella ja kunnallisella tasolla. Pienten kuntien mahdollisuudet kehittää paikkatietolähteisiä toimintamuotoja ovat heikot. Kuntien taloudelliset ja henkilöstöresurssit eivät luo mahdollisuuksia uusien teknologioiden nopeaan käyttöön ottoon. Tarvitaan seutu- ja maakunnallista yhteistyötä, jotta paikkatiedon hyväksikäyttöä saadaan lisättyä kuntatasolla. Paikkatietojärjestelmät ovat kuntien kannalta tärkeä työväline, mutta uusien toimintatapojen kehittämiseen vaaditaan resursseja.

Hanketyön yksi ongelmakohdista on hankkeissa saatujen tulosten ja tietojen helppo saatavuus ja käytettävyys myös hankkeiden loputtua. Paikkatietoon pohjautuvan lähestymistavan avulla on pyritty vaikuttamaan tähän. Lappajärvi Life -hankkeen tulokset ja toimenpiteen on tallennettu paikkatietona. Se takaa tietojen helpon käytettävyyden myös tulevaisuudessa. Toinen tärkeä asia on tietojen säilytyspaikka; kuinka tietoista kiinnostuneet pääsevät tietoihin käsiksi? Metsävarojen käytön laitoksen hankkeessa on pyritty löytämään ratkaisu tähän ongelmaan. Hankkeessa luodaan karttapalvelin, joka mahdollistaa paikkatiedon levittämisen Internetin välityksellä. Käytännössä kaikki hankkeen toimesta luotu paikkatieto on yhdessä tietokannassa. Karttapalvelimen avulla paikkatieto siirretään hankkeen www-sivuilla. Karttapalvelin mahdollistaa karttapohjaisen tavan esittää, mitä Lappajärvi Life on tehnyt, missä toiminta tapahtunut, mitä ovat toiminnan tulokset ja suositukset tulevaisuuden toimenpiteistä. Karttapalvelin mahdollistaa myös paikkatiedon jakelun Internetin välityksellä sitä tarvitseville ja siitä kiinnostuneille.

- MMT, DI Markus Holopainen, Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos
Sähköposti markus.holopainen@helsinki.fi