



**Kaukokartoituksen käyttö
keskijännitteisten ilmajohtojen hallinnassa**

24.6.2013

Sisällys

Tiivistelmä	3
Laserkeilaus metsien kaukokartoituksessa	4
Kaukokartoitusaineiston keskeiset funktiot verkkoyhtiön kannalta	6
Johtokomponenttien kuntotarkastus	7
Johtokadun raivaustarpeen analysointi	8
Linja-alueen vierimetsän riskipuiden havainnointi	8
Olemassa oleva aineisto	8
johtoalueille suunnattu kaukokartoitus	12
Kaukokartoitusaineiston hankinnan tärkeitä kysymyksiä	13
mikä on kaukokartoituksen lopputuote?	13
Miten lopputuote toimitetaan tilaajalle?	13
Miten lopputuotetta tulkitaan?	13
Kuinka lopputuote välitetään töiden toteuttajalle?	13
Onko olemassa open source sovelluksia?	14
Muiden riskikohteiden (rakennukset yms.) havainnointi	14
Asiakaspalvelutehtävät	14
Verkkoyhtiön kaukokartoituksen tietovirrat	15
Ratkaisuehdotus	16
Tulevaisuuden visiointia	18
Hybridimalli:	18
Satelliittitutkakuvaus:	18
Metlan monilähdeinventointi:	18
Aineistot ja it-sovellukset:	19
metsätalouden toimenpiteet	20
Lopuksi	20

Tiivistelmä

Tässä raportissa analysoidaan mahdollisuuksia vastata sähkönjakeluyhtiöiden toiminnan tietotarpeisiin kaukokartoitusmenetelmillä, esitellään lyhyesti nykyistä kaukokartoituksen valtamenetelmää, eli ilmasta suoritettua laserkeilausta sekä tarkastellaan mahdollisia tulevaisuuden kehitysvaihtoehtoja.

Verkkoyhtiöillä on hyvin monia tietotarpeita, joihin voidaan soveltaa kaukokartoitustekniikkaa tai jo olemassa olevia kaukokartoitusaineistoja. Menetelmät ja aineistot tukevat parhaimmillaan verkon ylläpidon suunnittelua, maastotöiden tekemistä sekä päivittäistä operationaalista toimintaa.

Parhaimpaan tulokseen voidaan tällä hetkellä katsoa päästävän helikopteri-ilmakuvauksella, johon yhdistetään laserkeilaus (ALS, Airborne Laser Scanning). ALS:n etuna voidaan pitää menetelmän perusluonnetta; se tuottaa hyvin tarkkaa tietoa kohteensa pinnanmuodoista ilman maastomittauksia. Pinnanmuodoista voidaan johtaa automaattisilla menetelmillä luokituksia (kuten puuston pituus), jotka ovat hyvin hyödyllisiä verkkoyhtiöiden näkökulmasta. Ilmakuvien etuna on aineiston visuaalisen tulkinnan helppous. Tarkoilta ilmakuvilta on mahdollista havainnoida verkon eri komponenttien kuntoa sekä verkon läheisyydessä olevia kohteita.

Laserkeilauksen voi lähtökohtaisesti katsoa soveltuvan hyvin sähkölinjojen johtokatuja ja vierimetsien analysointiin. Tästä on jo olemassa useita käytännön toteutuksia. Aineiston tarkkuus- ja laatuvaatimusten osalta eri verkkoyhtiöt eivät varmaan eroa toisistaan; sekä isolle että pienelle yhtiölle on tärkeää, että tuotettu aineisto on tarkkaa ja laadultaan luotettavaa. Tämä vastaavasti asettaa haasteita aineiston hankinnalle kustannusmielessä, koska tarkan aineiston hankkiminen maksaa luonnollisesti enemmän. Kustannusten alentamiseksi kannattaa pyrkiä eri toimijoiden välisten yhteisprojektien järjestämiseen. Metsävarojen inventoinnissa yhteisprojektien läpivieminen kaukokartoituksessa on ollut viime vuosina yleistä ja kartoitusoperaattorit ovat sopeuttaneet oman toimintansa tähän.

Tämän raportin keskeisenä tarkoituksena oli kuvata miten kaukokartoitus soveltuu keskijännitteisten ilmajohtojen vierimetsien riskikohteita paikallistamiseen. Jo työn aikaisessa vaiheessa kävi ilmeiseksi, että pelkkä vierimetsän puiden pituuden selvittäminen ei riitä riskikohteiden tunnistamiseen. Keskijännitteistä sähkölinjaa kulkee metsässä koko maassa noin 72 000 kilometriä (60 % prosenttia koko johtopituudesta) joista yli 13 pituisessa metsässä noin 27 000 kilometriä. Siten linjojen lähetyvillä on paljon puustoa, joka kaatuessaan yltyisi vaurioittamaan sähköjohtimia. Koska vain pieni osa näistä puista muodostaa sähkönjakelulle akuutin riskin, tarvitaan hienostuneempia menetelmiä kohteiden priorisointiin ja operationaalisen työn allokointiin.

Sähkönjakelun varmuuden parantaminen maakaapeloinnilla ja siirtämällä linjoja teiden varsille lisää lyhyellä aikavälillä kaukokartoituksen käyttöä suunnittelutehtävissä. Maakaapelointi painottuu, ainakin alkuvaiheessa, taajamiin ja niiden läheisyyteen. Näiden alueiden osalta kaukokartoitusaineiston käytön tarve linjojen kunnon seuraamiseksi käytännössä häviää kaapeloinnin toteuduttua. Haja-asutusalueilla, joissa sähkönjakelu tulee vielä pitkään perustumaan ilmajohtoihin, kaukokartoitusmenetelmien käyttö säilyttää vahvan asemansa.

Tosin linjojen siirtäminen teiden varsiin parantaa maastotyönä tehtävän linjojen tarkastamisen kilpailukykyä.

Laserkeilaus metsien kaukokartoituksessa

Laserkeilaus metsävarojen inventointimenetelmänä on lisääntynyt Suomessa 2000-luvun puolivälistä alkaen. Menetelmä on ollut Suomen metsäkeskuksen pääasiallinen metsävaratiedon inventointimenetelmä vuodesta 2012 lähtien. Laserkeilauksen menetelmäkehityksessä Suomi on kansainvälisesti ollut kärkijoukkoa yhdessä Ruotsin ja etenkin menetelmän pioneerimaana pidettävän Norjan ohella. Suomi on ollut edelläkävijä laserkeilausperusteisessa valtakunnallisen tason maaston korkeusmallin ja metsien inventointitietojen tuottamisessa.

Laserkeilaus on ns. aktiivinen kaukokartoitusmenetelmä jossa kartoituslaite (keilain) vastaanottaa lähettämäänsä säteilyä, eli laserpulsseja. Toinen aktiivinen menetelmä on tutkakuvaus, joka perustuu mikroaaltojen lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Passiivisissa kaukokartoitusmenetelmissä, kuten ilma- tai satelliittikuvauksessa havainnoidaan kohteen itsensä emittoimaa säteilyä. Laserkeilaus tuottaa kohdealueestaan 3D-tietoja, jotka metsällisissä kohteissa kuvaavat suoraan metsikön pituutta ja tiheyttä. Metsäsektorilla laserkeilausta tehdään pääasiassa lentokoneesta. Maastolaserin (TLS, Terrain Laser Scanning) sovellutukset ovat vielä harvinaisia, lähinnä tutkimustarkoituksiin ja erillisinventointeihin suunniteltuja.

Metsäperusteisessa laserkeilauksessa inventoinnin kohteena voi olla joko suhteellisen pienialaisen maastokohteen (metsikön) puustotieto tai yksittäiset puut. Ensin mainittu ns. aluepohjainen menetelmä on metsäsovellusten peruslähtökohta. Siinä alueelle, joka on joko ennalta rajattu tai muodostetaan automaattisesti tulkinnan myötä, yleistetään maastokoealoilta mitattu puustotieto tavallisesti ei-parametrisillä menetelmillä. Käytettäessä ennalta rajattua aluetta tulkintayksikkönä, määritellään alue yleisemmin ns. hilaruudukkona, jonka jokaiselle kuva-alkiolle puustotieto tuotetaan. Suomen metsäkeskuksen käyttämässä menetelmässä hilaruudukon koko on 16x16 metriä. Ennalta rajattuna tulkintayksikkönä voidaan käyttää myös vanhan metsäsuunnitelman metsikkökuviorajoja. Menetelmässä, jossa tulkintayksikön alue muodostetaan automaattisesti epäsäännöllistä rajausta noudattaen, kuviointi perustuu keilausaineistosta ja ilmakuvilta löytyviin piirteisiin. Kaukokartoituksen lopputuotteena muodostuu tällöin ns. mikrokuviointia, joille puustotietojen tulkintatulokset yleistetään.

Laserkeilauksen etuna voidaan pitää puustotunnusten tulkinnan objektiivisuutta ja tarkkuutta. Sen tuottamat tulokset eivät ole virheittämiä, mutta toisaalta ne eivät vaihtelevat arvioinnin suorittajan välillä kuten perinteisessä maastoinventoinnissa. Luotettavimpia tunnuksia tutkimusten mukaan ovat puuston kokonaistilavuus ja pituus. Etenkin pituuden luotettavaa arviota voidaan pitää merkittävänä etuna vierimetsien riskikohteiden kartoituksessa. Suomen metsäkeskuksen tavoitetaso metsikön keskipituuden määrittämisen tarkkuudelle on, että 80 % tapauksista pituus määritellään +/- 2 metrin osumatarkkuudella. Keskitilavuuden osumatarkkuuden tavoitetaso on 80 % tapauksista +/- 20% oikeasta tilavuudesta. Menetelmän tämän hetkisenä heikkoutena on taimikkovaiheessa olevien metsiköiden metsänhoidollisen tarpeen määrittäminen. Käytännössä näiden ominaisuustietojen ei saada luotettavasti tulkittua, joten ainakin Suomen metsäkeskuksen inventointiprosessissa ne joudutaan aina tarkastamaan

maastossa. Lisäksi menetelmän heikkoutena voidaan mainita puulajien tulkintavaikkeudet etenkin lehtipuiden osalta. Estimointimenetelmästä johtuen käy lisäksi usein niin, että selkeästi yhden puulajin metsiin ennustetaan sivupuulajeja.

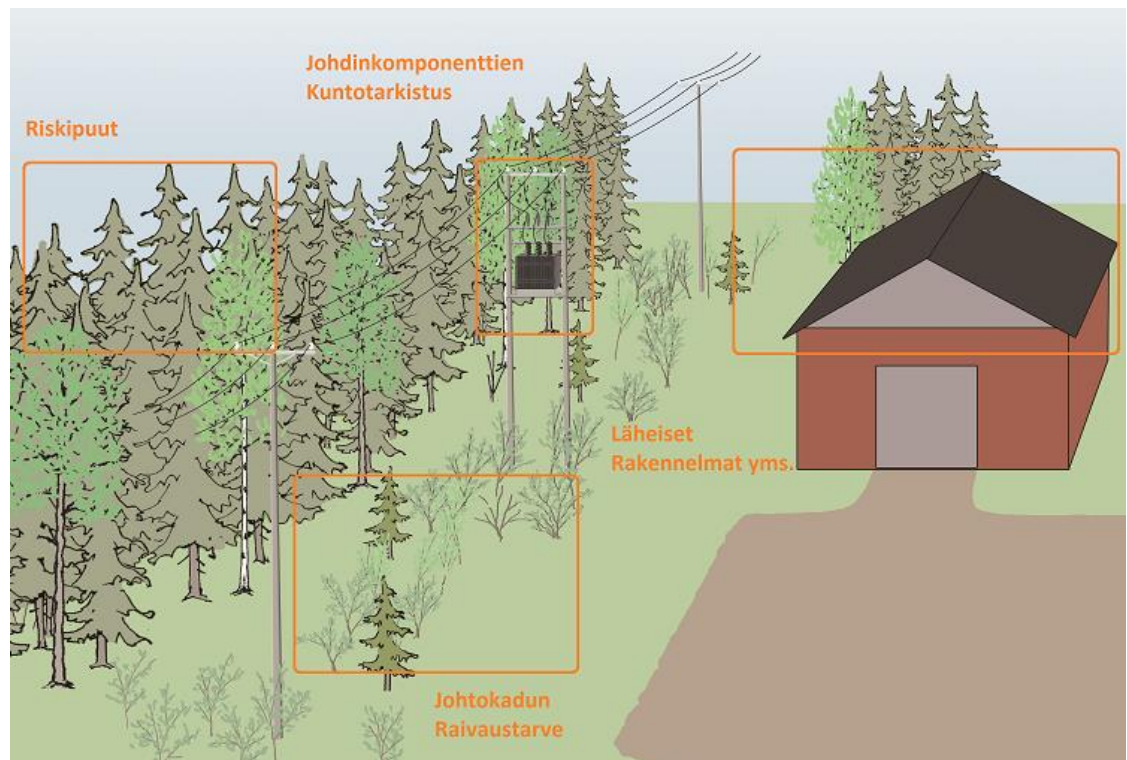
Suomalaisessa metsäsuunnittelussa ei yleisesti olla kiinnostuneita yksittäisen puun tunnuksista. Perustiedot kerätään ja tallennetaan metsikkökohtaisina keskitunnuksina. Näin ollen metsäpohjaisissa laserkeilausmenetelmissäkään ei pyritä tunnistamaan yksittäisiä puita, vaan nimenomaan estimoimaan inventointiyksikön keskitunnukset. Menetelmä ei todennäköisesti ainakaan lähitulevaisuudessa kehitetä siten, että yksittäisiä puita pyritäisiin tunnistamaan. Tähän vaikuttavat juuri metsäsuunnittelun traditio, kustannukset (keilaukset pitäisi suorittaa nykyistä matalammalta) sekä tulkinnan luotettavuus. Kaikkia puita ei kuitenkaan saada laseraineistosta tunnistettua, joten on tarkoituksenmukaisempaa ennustaa keskitunnuksia.

Toisaalta laserkeilausta pyritään hyödyntämään tulevaisuudessa myös operatiivisen puunhankinnan tarpeisiin, jolloin kiinnostuksen kohteena on myös metsiköiden runkolukusarjan (läpimitta- tai pituusluokittaiset lukumäärät) empiirinen estimointi. Tällainen tieto auttaisi metsävaratiedon hyväksikäyttöä myös sähkölinjaa uhkaavien puiden tunnistamisessa.

Kaukokartoitusaineiston keskeiset funktiot verkkoyhtiön kannalta

Verkkoyhtiön tietotarpeet kaukokartoitusaineistolle voidaan tiivistää seuraavasti:

- Johtokomponenttien kuntotarkastus
- Johtokadun raivaustarpeen analysointi
- Linja-alueen vierimetsän riskipuiden havainnointi
- Muiden riskikohteiden (rakennukset yms.) havainnointi
- Asiakaspalvelutehtävät



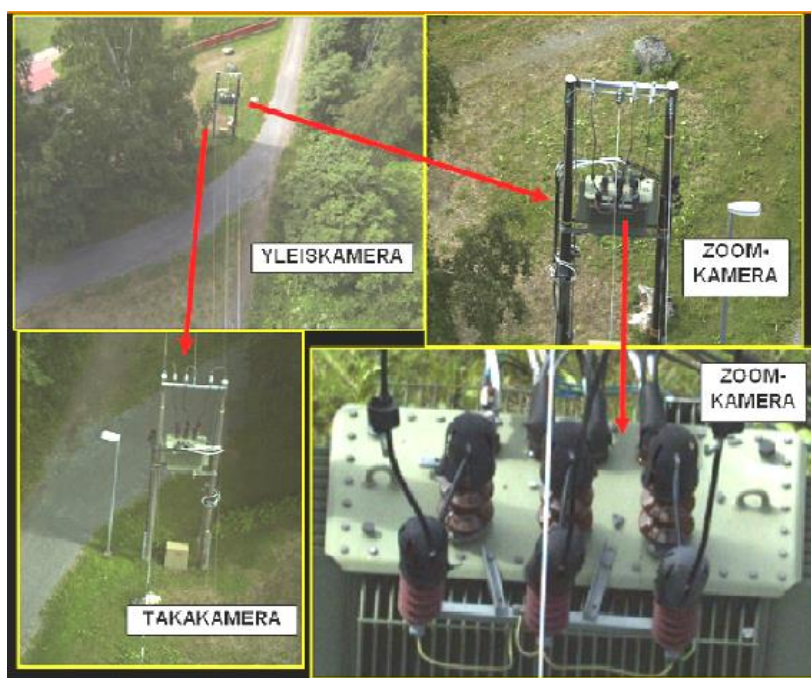
1 Havannekuva: verkkoyhtiöiden tietotarpeet kaukokartoitukselle

Johtokomponenttien kuntotarkastus

Verkkoyhtiöiden on tarkistettava johtokomponenttien kunto säännöllisesti. Tämä voidaan tehdä manuaalisesti ilmakuvilta tulkittuna, mikäli käytössä on resoluutioltaan riittävän tarkkoja ilmakuvia sekä tehtävään soveltuva paikkatietosovellus jossa kuvia voidaan tarkastella. Tällöin erottelukyvyn tulee olla n. 5 senttimetrin luokkaa, mikä tarkoittaa käytännössä että yhtiön on hankittava juuri tähän tarkoitukseen suunniteltu ilmakuvauus.

Käytännössä ilmakuvauus suoritetaan tällöin helikopterista suhteellisen matalalta lennettynä. Helikopterissa on useita kameroita, esim. kolme 2D-kameraa ja 3D-kamera. Lisäksi samassa yhteydessä suoritetaan laserkeilaus.

Kuntotarkastuksen suorittaa sähköalan ammattilainen sisätyönä ja yhtiöt käyttävät myös urakoitsijoita tähän tarkoitukseen. Ilmakuvilta tulkitaan mm. rikkiäiset komponentit, oikaistavat pylväät ja puuttuvat hengenvaara-kyltit ja muut merkinäpuutteet. Analyysin lopputulos on paikkatietorekisteri, johon tarkastuksen havainnot tallennetaan.



2 Esimerkkikuva (copy Elenia): Johtokomponenttien kuntotarkastus

Johtokadun raivaustarpeen analysointi

Verkkoyhtiöillä on velvollisuus ja oikeus hoitaa johtokatua siten, että sillä oleva kasvusto ei uhkaa johdon toimintavarmuutta.

Verkkoyhtiöt voivat hoitaa raivauksen niin, että johtokadut käydään lävitse säännöllisin väliajoin. Tällöin suunnitteluun riittää tieto ainoastaan siitä milloin edellinen raivaus on tehty. Tällaisessa toimintamallissa ei ole tarve erilliselle tulkitulle kaukokartoitusaineistolle.

Mikäli halutaan kohdentaa raivauksia niille johtokaduille, joissa on enemmän raivaustarvetta, tarvitaan joko manuaalisesti tai automaattisesti tulkittua kaukokartoitusaineistoa. Manuaalisesti raivaustarve voidaan tulkita tarkoilta ilmakuvilta ja automaattisesti laserkeilausaineistosta ja/tai ilmakuvilta. Laserkeilausaineistoon pohjautuva tulkinta on todennäköisesti tarkempaa, sillä aineistosta saadaan tulkittua maaston ja kasvillisuuden pintamalli automaattisesti jolloin puiden pituusestimaattina käytetään näiden erotusta.

Linja-alueen vierimetsän riskipuiden havainnointi

Lähtökohtana voidaan pitää, että linja-alueen vierimetsän riskipuut voidaan tunnistaa luotettavasti laserkeilausaineistosta, mikäli riskinaiheuttajana pidetään puuston pituutta siten, että se kaatuessaan ylittää johtimeen. Analyysissä tarvitaan tieto johtimen sijainnista, puuston pituudesta sekä maaston tarkka korkeusmalli.

Keskijännitteiselle ilmajohdolle riskialteimman luokan muodostavat nuoret kasvatusmetsät, jotka ovat metsänhoidollisten puutteiden vuoksi päässeet riukuuntumaan. Aluepohjaisilla, metsätaloudessa käytetyillä, tulkintamenetelmillä nuoret kasvatusmetsät saadaan kyllä paikannettua, mutta riukuuntuneisuuden luotettava määrittäminen ei ole yksiselitteistä. Lisäksi ongelmana on havupuumetsissä pieninä osuuksina esiintyvien lehtipuiden määrittämisen epävarmuus sekä puhtaiden lehtipuumetsien luotettava tunnistaminen. Metsätaloudelle tehdyillä laserkeilausaineistolla on tutkimusten mukaan kuitenkin mahdollista luokitella ensiharvennuksen tarpeessa olevia pieniä metsikköjä luotettavasti (oikeinluokitus yli 97 %) ilman erillistä maastoaineistoa (Räsänen 2010).

Riskipuiden havainnoinnin lähtöaineistona voidaan käyttää olemassa olevia keilausaineistoja tai johtoalueille voidaan suunnata oma kaukokartoitus. Seuraavassa esitellään näiden vaihtoehtojen piirteitä:

OLEMASSA OLEVA AINEISTO

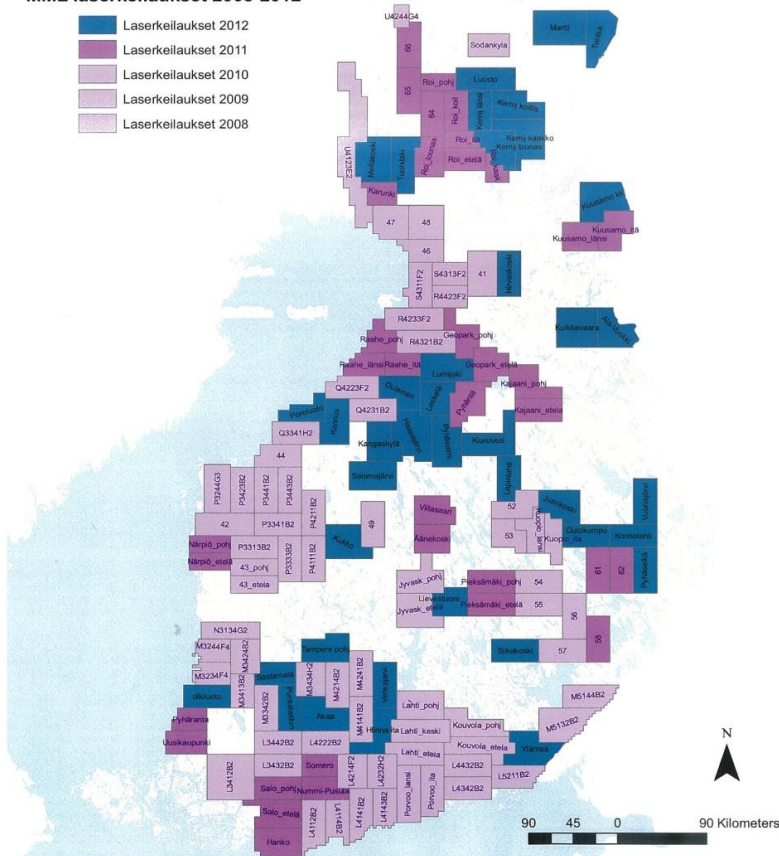
Tällä hetkellä laserkeilausta tehdään Suomessa usealla eri taholla. Suurimmat aineiston tilaajat pinta-aloissa mitattuna ovat Maanmittauslaitos, Suomen metsäkeskus ja suuret metsänomistajatahot (Metsähallitus ja eri metsäyhtiöt). Lisäksi eri toimijat toteuttavat aineistohankintaa yhteistilauksina. Maanmittauslaitoksen tavoitteena on laatia valtakunnallinen kahden metrin korkeusmalli laserkeilausaineiston pohjalta. Suomen metsäkeskus ja metsänomistajaorganisaatiot tilaavat laserkeilauksia metsävarojen inventointeja varten. Menetelmä on aluepohjainen, eli metsävaratunnukset tuotetaan joko ennalta määritetyille

alueelle (esim. hila tai metsikkökuvio) tai alue muodostuu inventoinnin yhteydessä. Yksittäisiä puita ei kartoituksella pyritä havainnoimaan.

Keilaukset suoritetaan lentokoneella, lentokorkeus on noin kaksi kilometriä ja pulssitiheys kohteessa on noin 0,5-1,5 neliömetrillä (eli kyseessä on ns. harvapulssinen menetelmä). Keilausta tehdään n. 5 miljoonaa ha / v ja tällä hetkellä n. 50% Suomen pinta-alasta on keilattu (kts. alla oleva kuva). Koko Suomi pitäisi olla keilattuna 3-4 vuoden kuluttua.

MML laserkeilaukset 2008-2012

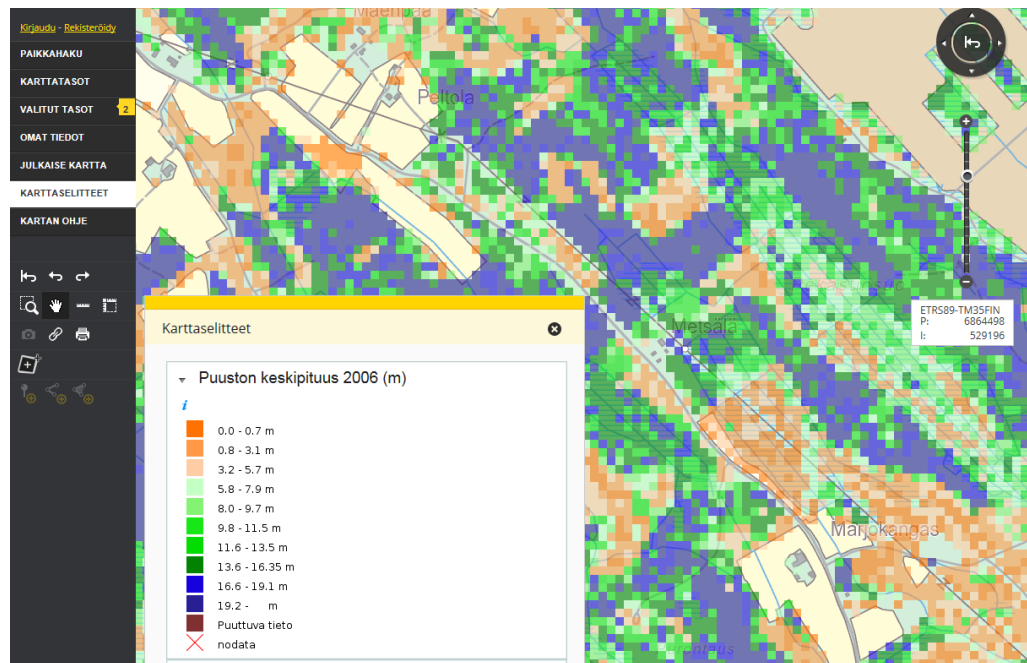
- Laserkeilaukset 2012
- Laserkeilaukset 2011
- Laserkeilaukset 2010
- Laserkeilaukset 2009
- Laserkeilaukset 2008



Metsäntutkimuslaitos on jo vuodesta 1990 (kahdeksas valtakunnan metsien inventointi) lähtien tehnyt maastokoealoja, satelliittikuvia ja muita digitaalisia paikkatietoaineistoja (esim. numeerista maastomallia) hyödyntävää monilähdeinventointia. Sen lopputuloksena saadaan metsävararasterikartta, jonka tietosisältönä on yli 40 metsällistä tunnusta. Menetelmässä maastokoealat yleistetään eri aputietojen (Landsat TM –satelliittikuvat ja digitaaliset maastomallit) avulla 20x20 metrin resoluution rasterikuviin. Kyseessä on siis ns. passiivinen kaukokartoitusmenetelmä.

Vierimetsien osalta aineiston kiinnostavat tunnukset ovat rasterin keskipituus ja lehtipuuosuus. Aineistoon pääsee tutustumaan osoitteessa www.paikkatietoikkuna.fi ja se on ladattavissa kokonaisuudessaan osoitteessa <http://kartta.metla.fi/>.

Metlan aineiston etuna voidaan pitää sen kattavuutta ja päivitystiheyttä. Sitä on saatavilla lähestulkoon kattavasti koko maasta sekä tulevaisuudessa todennäköisesti vuosittain päivitettynä. Selkeät heikkoudet ovat aineiston tarkkuudessa. Yksittäisen kuva-alkion tulkintatulos voi olla huomattavan epäluotettava ja riskipuiden havainnoinnin kannalta oleellinen pituustieto on aktiivisia kaukokartoitusaineistojen tuottamaa tietoa epäluotettavampaa. Yksittäisiä puita aineistosta on suuren maastoresoluution takia mahdotonta havaita ja keskipituusestimaatitkin ovat yksittäisen kuva-alkion tasolla epäluotettavia.



3 Kuvaruutukaappaus paikkatietoikkuna.fi –sivustolta: Metlan monilähdeVMI

Taulukossa 1 on kuvattu Maanmittauslaitoksen ja Suomen metsäkeskuksen käyttämän laserkeilausaineistojen vahvuuksia ja heikkouksia tarkastelun kohteena olevan aiheen kannalta. Myös muiden metsäorganisaatioiden käyttämät laserkeilausaineistot ovat vastaavan kaltaisia joten analyysiä voidaan käyttää myös niiden arvioimiseen.

Taulukko 1: MML:n ja SMK:n laserkeilausaineistojen vahvuudet ja heikkoudet verkkoyhtiöiden kannalta

Vahvuudet:	Heikkoudet:
Kattavuus: viimeistään vuonna 2017 sama aineisto kattaa koko Suomen.	Maanmittauslaitos ja Suomen metsäkeskus: Linjan johtimien ja pylväiden tunnistaminen Harvapulssiselta laserkeilausaineistolta epävarmaa, eli näiden sijaintitieto on epätarkkaa. Tämä johtaa käytännössä vaikeuksiin ympäröivän puuston etäisyysanalyyseissä. Aineiston ikä Aineisto voi olla paikallisesti jopa 10 vuotta vanhaa, joten päivitystarvetta kasvumalleilla ja toimenpiteillä. Tämä tuo yksittäisiin metsiköihin epävarmuutta..
Hinta: edullista Suomen metsäkeskus: Laserkeilausdatan hinta noin 0,3-0,5 euroa / hehtaari Tulkittu puustotieto maastokoealoineen hinta noin 3-5 euroa / hehtaari Maanmittauslaitos Laserkeilausdata ilmaiseksi saatavilla	Maanmittauslaitos: Laserkeilausta ei välttämättä uusita samalla alueella. http://www.maanmittauslaitos.fi/laserkeilausindeksi_t Saadaan ainoastaan raaka laserkeilausdata, tulkinnan tekemiseen joudutaan todennäköisesti ostamaan konsulttityötä. Suomen metsäkeskus: Eteneminen SMK:n keräys etenee suuralueittain, tavoitteena on keilata noin 1,5 miljoonaa hehtaaria vuosittain jolloin inventointikierto on 10 vuotta. Edistymistä voi seurata osoitteessa http://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=16dd47bbfd084dbe951e1f908e219c8c

Taulukko 2: Metlan monilähdeinventoinnin vahvuudet ja heikkoudet verkkoyhtiöiden kannalta

Vahvuudet	Heikkoudet
Kattavuus: kattaa tälläkin hetkellä koko Suomen	Tarkkuus: yksittäisen rasterin pituusarvio saattaa olla hyvin epäluotettava (keskivirhe 30-40%)
Päivitystiheys: tulevaisuudessa päivittyy todennäköisesti joka vuosi	
Valmiiksi tulkitut puustotunnukset. Visuaalinen tarkastelu internet-sovelluksessa mahdollista.	
Hinta: ilmaiseksi jaossa internetissä	

JOHTOALUEILLE SUUNNATTU KAUKOKARTOITUS

Jos kaukokartoitus tehdään yksinomaan johtoalueelle, on mahdollista kerätä samanaikaisesti tarkat ilmakuvat ja tiheäpulsinen laserkeilausaineisto. (Tiheäpulsisella aineistolla tarkoitetaan perinteisesti aineistoa, jossa pistetiheys neliömetrillä on 5 tai enemmän). Tällaisella menetelmällä pystytään vastaamaan kaikkiin verkkoyhtiön kaukokartoitukselle asettamiin tavoitteisiin. Tiheäpulsinen aineisto mahdollistaa myös automatisoidut analyysit johtokadun raivaustarpeesta ja vierimetsän riskipuiden sekä muiden riskikohteiden havainnoinnin. Lentokalustona käytetään nykyisin helikopteria, mutta myös lentokoneesta tehtävä keilaus voi tulla tulevaisuudessa kyseeseen. Miehittämättömiä lennokkeja ei voitane pitää mahdollisina johtoalueiden kaukokartoitukseen, sillä nykysäännöksillä lennokkien tulee olla koko lennon ajan operaattorin näkyvissä.

Taulukko 3: Johtoalueille suunnatun kaukokartoituksen vahvuudet ja heikkoudet

Vahvuudet	Heikkoudet
Tarkkuus: pystytään tunnistamaan yksittäiset riskipuut	Hinta: Kallista
Kokonaisuus: Vastaa muihinkin tarpeisiin kuten johtokadun raivaustarpeen määrittämiseen	Keilaus pitää tehdä suhteellisen matalalta (jotta saadaan tarkkoja ilmakuvia) tällöin vierimetsästä ei välttämättä kerry laserkeilausdataa tarpeeksi leveältä alueelta.
	Datan määrä ja analysointitarve: tarvitaan paljon tallennustilaa ja automaattisia työkaluja

Kaukokartoitusaineiston hankinnan tärkeitä kysymyksiä

Kaukokartoitusta tilaavan tahon on mietittävä paitsi menetelmällä ja sen tuottamalla aineistolla saavutettavia tavoitteita, myös muita hankintaan liittyviä keskeisiä kysymyksiä.

MIKÄ ON KAUKOKARTOITUKSEN LOPPUTUOTE?

Kaukokartoituksen lopputuote on paikkaan sidottu tieto metsävaroista.

Paikkatietona voi olla joko

- alue (polygoni), joka sisältää määrätyt ominaisuustiedot tai
- yksittäinen puu (piste), jolle on määritelty ominaisuustiedot.

MITEN LOPPUTUOTE TOIMITETAAN TILAAJALLE?

Laserkeilauksen lopputuote voidaan toimittaa asiakkaalle monella tavoin. Tulkitsija voi esimerkiksi tallentaa tiedot tiedostoiksi, jotka saadaan avattua asiakkaan paikkatietosovellukseen tai luettua suoraan paikkatietokantaan. Lopputuotteen jakelukanava voi myös olla esim. WMS tai WFS –rajapinta¹, jonka toimittaja tarjoaa asiakkaan käyttöön. Tällöin analyysin data sijaitsee toimittajan paikkatietopalvelimella, josta se aukaistaan rajapintaa hyväksikäyttäen asiakkaan sovellukseen tai internetselaimella. Joidenkin toimittajien palveluun sisältyy myös varsinainen paikkatietosovellus, jolla aineistoa voi tarkastella ja käyttää.

MITEN LOPPUTUOTETTA TULKITAAN?

Kaukokartoituksen lopputuotteena saatu aineisto voidaan tulkita automaattisesti tai manuaalisesti. Lopputuotteena voi olla paikkatietorekisteri johtokomponenttien tarkastuksesta, paikkatietorekisteri tai valmiimpi suunnitelma raivaustarpeesta pylväsväleittäin, paikkatietorekisteri riskipuista ja muista riskikohteista.

KUINKA LOPPUTUOTE VÄLITETÄÄN TÖIDEN TOTEUTTAJALLE?

Töiden toteuttajat (kuten metsänhoitoyhdistykset tai metsäpalveluita tarjoavat yritykset) voivat avata paikkatietoanalyysien lopputuloksena syntyviä karttatasoja omiin karttasovelluksiinsa. Metsäalalla yleisimmin käytössä olevat sovellukset ovat joko MapInfo tai ESRI pohjaisia eli tiedostojen tulisi olla näissä muodoissa (MID- ja MIF-tiedostot Mapinfoille ja shp.tiedostot ESRI:n tuotteille). Tiedostojen vaihdosta on jo kokemuksia verkkoyhtiön ja Länsi-Uudenmaan metsänhoitoyhdistyksen välillä ja tulokset ovat olleet rohkaisevia.

WMS (Web Map Service) on protokolla jolla karttasovellukseen voi avata karttatasoja internetin yli palveluntarjoajalta. WFS (Web Feature Service) on protokolla jonka avulla kartta-aineistoja voi avata, analysoida ja editoida internetin yli palveluntarjoajan palvelusta.

ONKO OLEMASSA OPEN SOURCE SOVELLUKSIA?

Laserkeilausaineistot ovat datamäärältään suuria ja raakadata sisältää lähinnä pistepilven x,y,z – koordinaatteja joten aineiston käsittelyyn ja visuaaliseen tarkasteluun tarvitaan räätälöityjä ohjelmia. Maksullisia ohjelmistoja on luonnollisesti tarjolla lukuisia, mutta internetistä on saatavilla myös maksuttomia sovelluksia, esimerkiksi Yhdysvaltojen maatalousviraston metsäosaston tekemä Fusion. Tällä ohjelmalla on mahdollista tehdä moninaisia visualisointeja pisteparvesta, sekä mallintaa automaattisesti maaston ja kasvillisuuden korkeutta. Toinen esimerkki vapaasti ladattavasta ohjelmasta on Fugro ViewerTM, joka on keilauksia suorittavan Fugro N.V. yhtiön tekemä sovellus.

Muiden riskikohteiden (rakennukset yms.) havainnointi

Sähköturvallisuuden vuoksi rakennelmia yms. ei saa tehdä liian lähelle ilmajohtoa. Kaukokartoituksen näkökulmasta tämä asettaa haasteen kohteiden luokittelulle sekä luokiteltujen kohteiden ja ilmajohtojen välisen etäisyyden määrittämiselle. Automaattisesti laseraineistosta saadaan luokiteltua tavanomaisimmat kohteet (esim. talot), mutta kaikkien kohteiden täydellinen luokittaminen oikein ei ole mahdollista. Laserkeilauksen suoritushetkellä kohdealueella on saattanut olla mitä moninaisimpia väliaikaisia kohteita (esim. telttä, ajoneuvo), joita automaattiset algoritmit eivät pysty tulkitsemaan. Kohteen ja ilmajohdon välinen etäisyys edellyttää luonnollisesti ilmajohdon tarkkaa paikantamista.

Käytännössä kaikkien uhkaavien rakenteiden määrittäminen vaatii tarkkaresoluutioisen ilmakuvan ja paikkatieto-ohjelmiston, jolla rakenteen ja ilmajohdon välinen etäisyys voidaan mitata työasemalta.

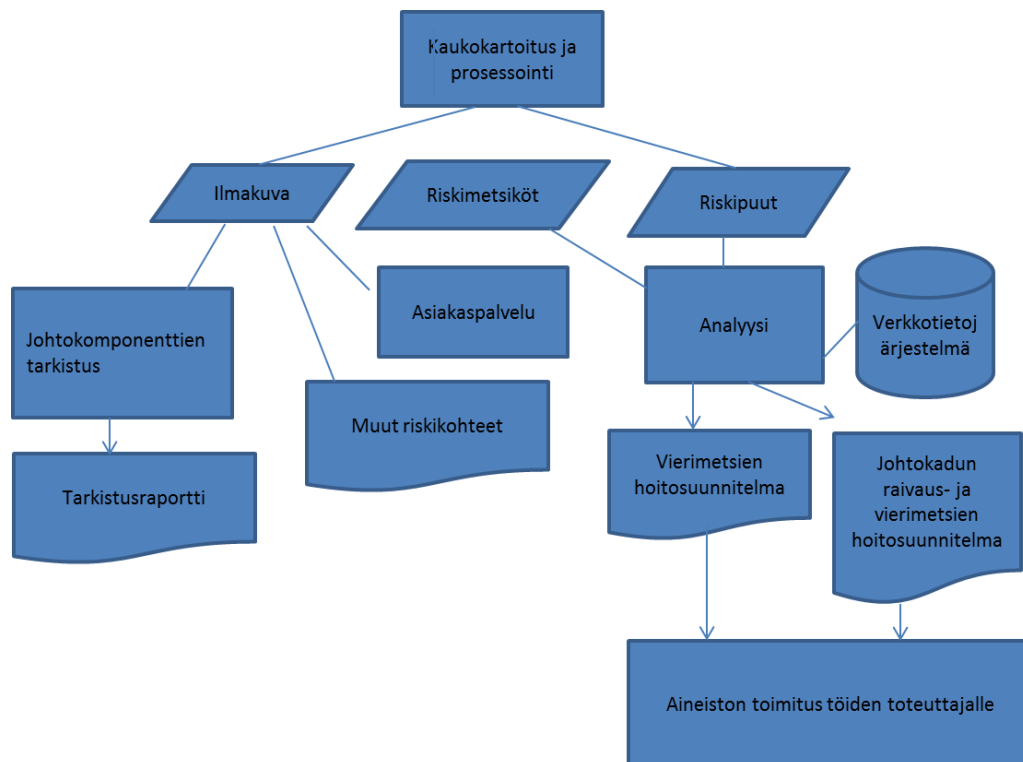
Asiakaspalvelutehtävät

Tällä funktiolla tarkoitetaan verkkoyhtiölle tuleviin reklamaatioihin ja tiedusteluihin aputietona käytettävää paikkatietoaineistoa. Usein asiakaspalvelutilanteessa voi olla suurta apua lähinnä tarkoista ilmakuvista, joiden avulla asiakkaan tilannetta voidaan tarkastella työasemalta ilman että paikan päälle tarvitsee välttämättä mennä.

Verkkoyhtiön kaukokartoituksen tietovirrat

Oheisessa kaaviokuvassa on hahmoteltu tietovirtoja ja lopputuotoksia verkkoyhtiön kannalta.

Kaukokartoitusprosessin lopputuotteena ovat ilmakuvat sekä paikkatietorekisteri riskimetsiköistä tai riskipuista. Ilmakuvilta voidaan tehdä johtokomponenttien tarkistus sekä asiakaspalvelutehtäviä. Johtokomponenttien tarkistuksen lopputuotteena on tarkistusraportti. Riskimetsikkö- tai riskipuurekisteristä ja verkkotietojärjestelmästä saadaan lähtötiedot analyysiin jonka lopputuotteena saadaan vierimetsien ja raivaussuunnitelmat. Suunnitelmat voidaan tehdä automaattisesti tai manuaalisesti ja ne voidaan toimittaa edelleen sähköisesti töiden toteuttajille esimerkiksi karttatasoina.



Ratkaisuehdotus

Kaiken tyyppisille verkkoyhtiöille sopivaa yhtä ratkaisumallia kaukokartoituksen osalta on mahdotonta määritellä johtuen yhtiöiden välisistä eroista. Yhtiöiden on luonnollisesti itse päätettävä, minkälaiset tarpeet kaukokartoituksella tulisi heidän osaltaan pystyä ratkaisemaan ja mitkä ovat tähän käytettävissä olevat resurssit. Tarkempi kaukokartoitusaineisto tulee aina kalliimmaksi, johtuen sen tuottamisen korkeammista kustannuksista, tarvittavasta it -ratkaisusta ja tiedonvarastoinnista.

Tiheäpulssisen laserkeilausaineiston hankintakustannukset ovat aina tapauskohtaisia. Niihin vaikuttavat kartoitettavan alueen laajuus ja pistetiheys, jolla aineisto tuotetaan – käytännössä kuinka matalalla lennetään. Lisäksi mittauslaitteiden tekninen kehitys on nopeaa. Todennäköisesti jo lähitulevaisuudessa keilainten pulssitiheyden kasvaessa lentokorkeutta voidaan nostaa. Metsällisissä kaukokartoituksissa tiheäpulssista aineistoa on Suomessa hankittu lähinnä tutkimustarkoituksiin eikä operatiivisen tason hintatietoa ole saatavissa. Tutkimustarkoituksiin hankitun aineiston hinta on ollut noin 5 € / hehtaari inventointialueen ollessa suhteellisen suuri, noin 100 km². Eräältä aineistotoimittajalta saatujen karkeiden arvioiden perusteella tiheäpulssinen linjoille suunnattu laserkeilaus maksaisi noin 3-5 € / hehtaari.

Seuraavan sivun taulukkoon on koottu keskeiset verkkoyhtiöiden tarpeet sekä vertailtu eri aineistolähteiden soveltuvuutta näihin. Taulukossa on myös esitelty minkä tyyppisille yhtiöille lähestymistapa soveltuu.

Taulukko 4: Keskeisten tarpeiden ja aineiston/menetelmien vertailua:

Funktio	Aineisto/Menetelmä				Metlan monilähde inventointi
	Tiheäpulssinen laserkeilaus helikopterista	Ilmakuvaus helikopterista	Harvapulssinen laserkeilaus	Normaalit ilmakuvat	
Johtokomponenttien tarkastus	Ei sovellu	Mahdollista ainoastaan tällä aineistolla	Ei sovellu	Ei sovellu	Ei sovellu
Johtokadun raivaustarve	Mahdollistaa automaattisen tulkin.	Mahdollistaa manuaalisen analyysin.	Soveltuu jossain määrin, matala kasvusto suodatetaan yleensä pois	Ei sovellu	Ei sovellu
Linja-alueen vierimetsän riskipuiden havainnointi	Mahdollistaa yksittäisten puiden tunnistamisen automaattisesti. Ongelmana on kerätä laserkeilausaineistoa riittävän leveältä linjan vierestä.	Mahdollistaa puiden havaitsemisen manuaalisesti.	Soveltuu kohtalaisesti, mahdollista erottaa uhkaavia puuryhmiä. Ongelmana on linjan sijaintitiedon epätarkkuus.	Mahdollistaa visuaalisen tarkastelun.	Visuaalinen havainnointi esimerkiksi pituus ja lehtipuu kuva- alkioista
Muiden riskikohteiden (rakennukset yms.) havainnointi	Mahdollistaa rakennelmien tunnistamisen (yleisimmät luokittelut) ja automaattisen etäisyyden laskennan.	Mahdollistaa manuaalisen analyysin kuvaruudulta ja etäisyyden mittaamisen	Rakennelmien tunnistaminen mahdollista. Ongelmana etäisyyden laskeminen automaattisesti, koska linjan sijainti on epätarkka.	Mahdollistaa manuaalisen analyysin kuvaruudulta ja etäisyyden mittaamisen	Ei sovellu
Asiakaspalvelutehtävät	Ei sovellu	Mahdollistaa asiakaspalvelutehtävään liittyvien asioiden tarkistamisen kuvaruudulta.	Ei sovellu	Mahdollistaa asiakaspalvelutehtävään liittyvien asioiden tarkistamisen kuvaruudulta.	Ei sovellu
Minkä tyyppiselle verkkoyhtiölle soveltuu?	Isolle toimijalle, jolla on hallittavanaan laajat verkkoalueet ja resurssia panostaa: 1. aineisto hankintaan 2. it-kehitykseen aineiston analyysissä Lisäksi mikäli tavoitteena on: 1. automaattinen johtokadun raivaus ja vierimetsien hoitosuunnitelma 2. komponenttitarkistusten teko ilmakuvilta		Keskisuurelle toimijalle jolle ei ole resursseja aineiston hankintaan tai it-kehitykseen. Kiinnitettävä huomioita siihen miten analyysin tulos toimitetaan verkkoyhtiölle: palveluna vai aineistona?		Pienille yhtiöille, joille riittää olemassa olevan verkkopalvelun visuaalinen tarkistelu.

Tulevaisuuden visiointia

HYBRIDIMALLI:

Mallissa yhdistettäisiin johtoalueelle suunnatun keilauksen (tiheäpulssinen laserkeilaus, josta saadaan johtoprofiilin tarkka sijainti) ja korkealta keilatun harvapulssisen laserkeilauksen (MML, SMK) datat. Tällöin harvapulssisella laserkeilausaineistolla täydennettäisiin leveämmältä kaistalta tiheäpulssisen aineiston tietoa, joilta usein pystytään havaitsemaan vain johdinkadun lähimmät reunapuut. Näin ”uhkaavien metsiköiden” tunnistamiseen saataisiin tukea laajemmalla alueella kuin pelkästään helikopterista tehdyllä laserkeilausaineistolla olisi mahdollista.

SATELLIITTITUTKAKUVAUS:

SAR-satelliittikaukokartoituksella tarkoitetaan satelliitista suoritettavaa mikroaaltoihin perustuvaa tutkakuvausta. SAR-nimitys tulee sanoista Synthetic Aperture Radar. Menetelmässä pystytään tuottamaan kuva, jolla on lentoradan suuntaisesti hyvä maastoresoluutio. Toisaalta satelliittikuvauksia tehdään erittäin korkealta (600-900 km kiertoradalta), joka heikentää resoluutiota verrattuna ilma-aluksista tehtäviin kuvauksiin.

Satelliittikuvauksineiden hinta laajoilla alueilla on selkeästi halvempaa kuin matalalta tehty laserkeilaus. Satelliittikuvien spatiaalinen resoluutio on nykyisellään noin metrin luokkaa ja siitä voidaan tuottaa tarkkaa 3D-tietoa maastokohteista. Tutka-aineiston suuri käytännön etu on siinä että mikroaallot läpäisevät pilviä. Aineiston hankinta ei ole riippuvainen sääolosuhteista. Euroopan avaruusjärjestö ESA laukaisee todennäköisesti vuonna 2013 Sentinel-satelliitin joka ilmeisesti tuottaa SAR-dataa ilmaiseksi viikoittain. Viikoittain kerätyistä aineistohavainnoista voitaisiin tuottaa tiheämpää materiaalia havaintoja yhdistelemällä.

SAR-kuvauksiin perustuvassa analyysissä puuston pituusarviot ovat kuitenkin epätarkempia kuin laserkeilaukseen perustuvissa. Lisäksi satelliittikartoitus tarvitsee tuekseen aina tarkan maastomallin, joka Suomessa on valtakunnallisesti valmiina vasta vuonna 2017. Toistaiseksi satelliittiaineiston käytön voidaan katsoa olevan tutkimusasteella, eikä operatiiviselle tasolle päästä aivan lähivuosina.

METLAN MONILÄHDEINVENTOINTI:

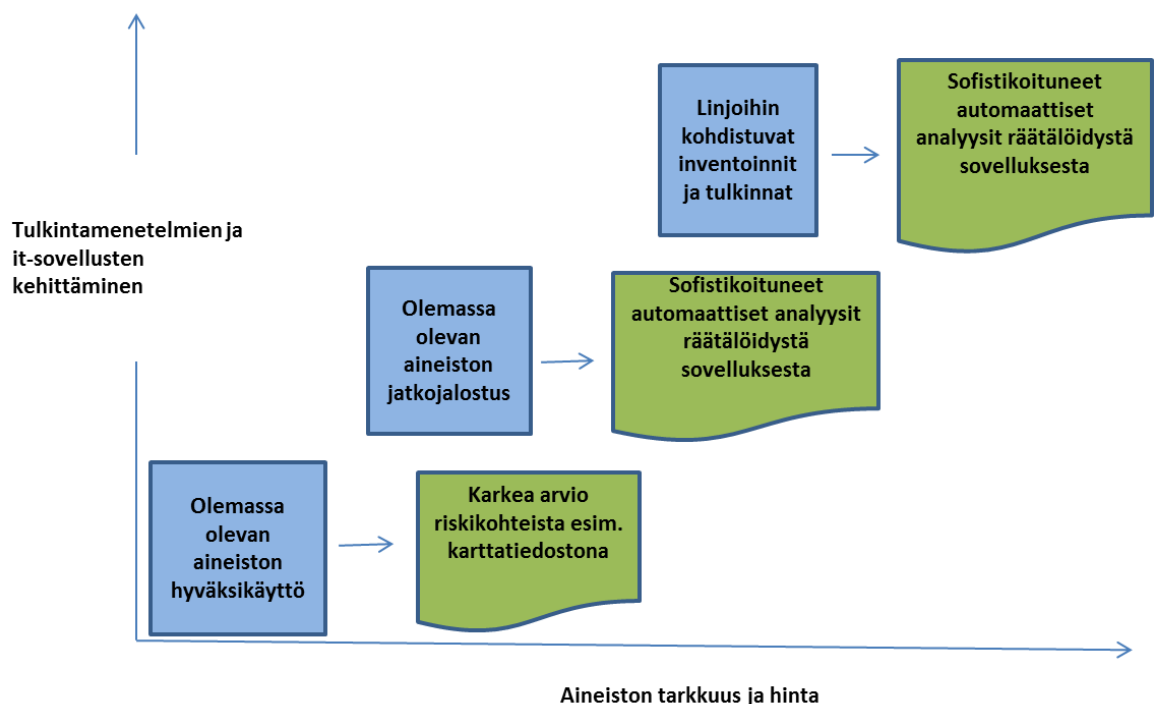
Tulevaisuudessa Metlan monilähdeinventoinnin apuainestona voidaan käyttää aktiivisen kaukokartoituksen kuten laserkeilauksen aineistoja. Tämä tarkoittaisi etenkin Metlan tuottamien metsävarakarttojen pituustietojen luotettavuutta.

AINEISTOT JA IT-SOVELLUKSET:

Sähköjakeluyhtiöt ovat toimintaympäristöltään hyvin erilaisia mikä vaikuttaa optimaalisimman kaukokartoitusmenetelmän valintaan. Pienelle yhtiölle ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista panostaa laajaan kaukokartoitusaineiston ja välineistön hankintaan. Toisaalta hankittavan tiedon on aina oltava luotettavan tarkkaa ja hyödyllistä. Tällöin kysymykseen tulevat olemassa olevaa aineistoa hyödyntävät ratkaisut ja kevyet tiedon jakelukanavat. Alun perin muuta tarkoitusta varten hankittu kaukokartoitusaineisto (Suomen metsäkeskus tai maanmittauslaitos) voitaisiin jalostaa uudelleen riskikohteiden tunnistusta varten ja jaella yhtiökohtaisesti suhteellisen yksinkertaiselta paikkatietopalvelimelta verkkoyhtiöiden katseltavaksi.

Toisen äärilaidan voi hahmotella olevan verkkoyhtiön, jonka toimintaympäristöön sopii tarkan laserkeilausaineiston tuottaminen ja sen edelleen jalostaminen. Lopputuotteena voisi tällöin olla paikkatietoaineistoon perustuva johtokatu kohtainen raivaussuunnitelma, jota yhtiö voi käyttää resurssiensa allokoinnissa.

Tällaiseen sofistikoituneeseen sovellukseen olisi mahdollista lisätä vielä aikaulottuvuus. Kun analyysijä ja toteumia on tehty eri ajanjaksoina, voidaan järjestelmää opettaa tuntemaan paremmin riskipuut.



METSÄTALOUDEN TOIMENPITEET

Metsän hakkuutoimenpiteet aiheuttavat toteutuksen jälkeen kasvaneen riskin hakkuualueen vieressä olevalle puustolle. Vieressä sijaitsevien metsiköiden tuuliolot muuttuvat varsinkin avohakkuun mutta myös harvennusten vuoksi. Puiden juuret eivät ole välttämättä tottuneet niin kovaan tuulirasitukseen ja riski niiden kaatumiselle kasvaa. Lisäksi hakkuissa voi helposti muodostua kiilamaisia tai epämääräisen muotoisia kapeita metsiköitä joiden tuuliriski kasvaa pysyvästi.

Verkkoyhtiöiden toiminnan kannalta olisi hyvä mikäli tiedot tehtävistä hakkuista saataisiin joko ennen toimenpidettä tai heti tehdyn toimenpiteen jälkeen. Metsälain mukaan tehtävistä hakkuista on annettava metsänkäyttöilmoitus, jossa tehtävä hakkuutoimenpide rajoineen on yksilöity. Metsänkäyttöilmoitukset ovat julkista tietoa, mutta toistaiseksi Suomen metsäkeskus ei jakele niitä sähköisesti vaan ilmoituksiin voi päästä tutustumaan vain metsäkeskuksen toimipisteessä. Tulevaisuudessa olisi hyvä mikäli sähköverkkoyhtiöille tarjottaisiin mahdollisuus saada tiedot metsänkäyttöilmoituksista esimerkiksi wms-rajapinnan avulla.

Lopuksi

Kaukokartoituksella tuotettavan aineiston voi katsoa tuottavan ilmeisiä hyötyjä keskijännitteisen sähköverkon ylläpitäjälle. Etenkin laserkeilausaineistolla on erityisen hyödyllisiä ominaisuuksia, joilla verkkoyhtiöt voivat parantaa suunnittelutyötään ja riskien hallintaa. Toisaalta yhtiöiltä vaaditaan suhteellisen suuria panostuksia aineiston ja niitä hyödyntävien sovellusten hankintaan jollei tyydytä olemassa oleviin aineistoihin ja valmiisiin sovelluksiin. Kustannustasoa voidaan myös jonkin verran hillitä yhteisprojekteilla, joilla aineistohankinnan yksikkökuluja saadaan laskettua.

Tarkka ja laaja kaukokartoitusaineisto vaatii tuekseen tehokkaat analysointityökalut. Laserkeilaus tuottaa äärettömän paljon tietoa kohteestaan. Harvapulssisella menetelmällä tuotetun keilausaineiston yhden karttalehden kokoinen alue vaatii yli 200 megatavua tallennustilaa. Näin suuren datamäärän manuaalinen tarkastelu ei ole mielekästä vaan on panostettava ohjelmistoihin, jotka laskevat nopeasti ja tehokkaasti tarvittavat analyysit – kuten raivaussuunnitelmat – kyseisestä aineistosta. Ilman analyysityökaluja suurin osa hankitun aineiston hyödyistä saattaa jäädä realisoitumatta.

Kirjallisuutta

Räsänen, I., 2010. Determining the need for first thinning and the spatial pattern of trees based on laser scanning. University of Eastern Finland, Faculty of Science and Forestry, Master Thesis in Forest Sciences, 59 s.