

SATELLIO-AINEISTON HYÖDYNNETTÄVYYS TAIMIKON- HOIDON SUUNNITTELUSSA

Kittilän Kumputunturin alue

Roope Nilivaara

Opinnäytetyö
Arktiset luonnonvarat ja talous
Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

2019

Arktiset luonnonvarat ja talous
Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijä	Roope Nilivaara	Vuosi	2019
Ohjaaja	Markus Korhonen		
Toimeksiantaja	Metsähallitus		
Työn nimi	Satellio-aineiston hyödynnettävyys taimikonhoidon suunnittelussa		
Sivu- ja liitesivumäärä	31 + 7		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Satellio-aineiston luotettavuutta taimikonhoidon suunnittelun apuvälineenä. Kehittämistyön tarkoituksena oli luoda suunnittelun tueksi uusi käytäntö, jolla pyritään vähentämään perinteisesti tehtävää taimikoninventointia. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Metsähallitus – Metsätalous Oy.

Perinteinen inventointi on hidasta ja kallista eikä siihen vielä ole keksitty luotettavaa tapaa tehdä sitä toisin. Kaukokartoituksen avulla siihen pyritään tekemään muutosta, mutta tutkimuksia aiheeseen kohdistuen on tehty vähän. Tietoperustassa olen käsitellyt muun muassa kaukokartoituksen haasteita liittyen taimikoiden inventointiin.

Metsähallitus haluaa uudistaa vanhaa inventointitapaa hyödyntämällä tuoreinta kaukokartoituksen tietoa. Satellio on tuottanut ohjelmallaan aineiston, joka kuvaa taimikoiden vesakkotiheyttä värisuurein. Värisuureelle kehitin myös luokkajaon, mikä helpottaa aineiston käyttöä. Metsähallitus antoi tehtäväksi tehdä taimikoiden inventointi Kittilän Kumputunturin pilottialueelle. Alue sisältää 34 taimikkokuviota, jotka sisältävät Satellio-aineiston antaman värisuureen vesakkotiheydestä.

Inventoinnissa mittasin yhteensä 312 koealaa ositetulla otannalla, jotta tutkimukseen saataisiin monipuolisia otoksia eri värisuureista. Mittaamisen haasteiksi muodostuivat ylitteävät taimikot. Inventointi tehtiin elokuussa 2018 eli lehtipuustovaltaiset taimikot vaikeuttivat runkoluvun laskentaa tiheän kasvillisuuden takia.

Aineiston ja taimikkoinventoinnin välillä on tämän tutkimuksen tarkastelun perusteella yhteys ja aineistossa olevaa värisuuretta voidaan käyttää taimikonhoidon suunnittelussa ilmakuvatulkinnan apuna. Tulosten ansiosta värisuurelle on nyt myös numeraalinen arvo, joka helpottaa tulevia taimikonhoitotoimenpiteitä. Ensimmäisen luokan runkolukumäärän ollessa 1400 runkoa hehtaarille ja neljännen luokan tiheyden ollessa 7200 runkoa hehtaarille voidaan sanoa, että tutkimuksella saatiin selvät erot ääripään luokille. Aineiston tullessa tutummaksi, värisuurella voitaisiin jatkossa korvata ilmakuvat kokonaan taimikonhoidon suunnittelun välineenä.

Avainsanat

kaukokartoitus, NDVI, taimikonhoito, taimikoninventointi

School of Arctic Natural Resources and Economy
Forestry Programme
Forestry Engineer

Author	Roope Nilivaara	Year	2019
Supervisor	Markus Korhonen		
Commissioned by	Metsähallitus		
Subject of thesis	Satellio-data recoverability in planning of seedling stand management		
Number of pages	31 + 7		

The main aim of this thesis was to study the reliability of Satellio-data as a tool of seedling stand management. The purpose of this development work was to create a new practice to support the planning and thus reduce the traditional seedling stand inventory method used. The commissioner of the study is Metsähallitus.

The traditional way to do the inventory is slow and expensive, and yet there is no other reliable way to do it otherwise. Remote sensing attempts to change it, but there is only few research related to the subject. The theoretical section of the thesis presents the challenges of seedling stand inventory when using remote sensing.

The aim of Metsähallitus is to renew the old inventory method by utilizing the latest remote sensing information. With its program, Satellio has produced material, which describes seedling stand coppice density by color variable. A grading was also developed for color variable, which facilitates the use of the material. Metsähallitus commissioned the seedling stand inventory at Kumpufell pilot area. The area contains 34 stands, including coppice density given by the Satellio-data.

In the inventory, a total of 312 test areas were measured with a split sample to provide a variety of different color variables. One of the challenges of measuring were the dense seedling stands. The inventory was carried out in August 2018, so leaf-based seedling stands made it difficult to calculate tree stand number, because of high dense vegetation.

Based on the examination of this study, there is a connection between the data and the inventory. Color variable is now ready for use in practical work alongside with the aerial view. Because of the results, color variable has now also a numerical value, which will help future seedling stand operations. In a first class tree stand number is 1400 trunks per hectare and same value in fourth class is 7200 trunks per hectare so it can be said that the study showed clear differences between the classes. As the data becomes more familiar, color variable could replace the aerial view entirely in the future as a tool of planning.

Key words NDVI, remote sensing, seedling stand inventory, seedling stand management

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 METSÄNHOITO	7
2.1 Kehitysluokat	7
2.2 Kasvupaikkaluokat	8
2.3 Varttuneen taimikon käsittely	8
2.4 Taimikoninventointi	10
3 KAUKOKARTOITUS.....	11
3.1 Visuaalinen ja numeerinen ilmakekuva	11
3.2 Laserkeilaus.....	12
3.3 Optisen aallonpituusalueen satelliittikuvat	14
3.4 Tutkakuvat	14
3.5 NDVI	15
4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	17
4.1 Tutkimuksen menetelmät.....	17
4.2 Taimikkoinventoinnissa kerättävät tiedot	18
4.3 Aineisto	20
5 TULOKSET.....	23
5.1 Luokkajako.....	23
5.2 Koealojen sijoittuminen väriluokkiin	24
5.3 Koivun runkoluku luokittain	25
5.4 Koivun pituus luokittain	26
5.5 Koivun läpimitta luokittain	27
6 POHDINTA	28
LÄHTEET.....	30
LIITTEET	32

1 JOHDANTO

Sain opinnäytetyöaiheeni kesällä 2018. Halusin tehdä työn, mikä käsittelee metsän kasvatusta ja pienen kyselyn jälkeen Metsähallitukselta löytyi mieleinen aihe. Työni on kehittämistyö, jonka tavoitteena on tuottaa uusi käytäntö taimikonhoidon suunnittelun tueksi.

Opinnäytetyössäni tutkin Satellion tuottamaa aineistoa, mikä käsittelee taimikoiden vesakon tiheyttä. Tämän aineiston ja tekemieni mittausten perusteella selvitan, onko Satellio-aineisto tarpeeksi luotettava käytettäväksi käytännön töissä. Tavoitteena on tehdä luotettava tutkimus, jonka jälkeen Metsähallitus voi verrata omia työtapojaan ja mahdollisesti muuttaa niitä tutkimuksen tehtyäni. Työn tarkoituksena on vähentää maastotöiden määrää taimikonhoidon suunnittelun osalta ja parantaa näin työajan tehokkuutta.

Työn saatuani Metsähallituksen suunnittelija Eric Raunio antoi omia näkemyksiään tutkimusta koskien sekä havainnollisti, mihin asioihin tutkimuksessa olisi hyvä keskittyä. Nykyään Metsähallitus käyttää taimikonhoidon suunnittelun apuna ilmakuvia, joten on tärkeää selvittää, voidaanko ilmakuvat jatkossa korvata Satellion tuottamalla aineistolla. Keskusteltuamme maastotöiden toteutuksesta tuli ilmi, että koivun runkoluvun mittaaminen täytyy tehdä todella huolellisesti. (Raunio 2018.)

Aineistoni sisältää 34 taimikkokuviota, jotka sijaitsevat Kittilän kunnassa. Tutkimukseni maastotyöosuus rajautuu näihin Satellion antamiin kuvioihin, jotka yhdessä muodostavat Kumputunturin pilottialueen. Viitekehys koostuu muun muassa metsänhoidosta ja kaukokartoituksesta. Pilottialue on pinta-alaltaan pieni, mutta se riittää tuomaan tuloksia, joita voidaan hyödyntää vähintään paikallisessa metsätaloudessa. Metsähallitus ei aikaisemmin ole käyttänyt tällaista suunnittelutapaa taimikonhoidon yhteydessä, joten tekemilläni mittauksilla on suuri merkitys onnistuneen tutkimuksen kannalta.

Opinnäytetyössäni käsittelen mittaamieni taimikoiden lisäksi kaukokartoituksen keinoja metsätaloudessa. Perehdyn tarkemmin tapaan, millä Satellio on tuottanut ohjelmansa, joka tutkii vesakoiden tiheyttä. Olen myös yhteydessä Satellion asiantuntijoihin kartuttaakseni omaa tietämystä taimikoiden satelliittitutkimuksessa.

Uskon, että saan heiltä tärkeää ja ajankohtaista tietoa nykypäivän kaukokartoituksesta metsätaloudessa.

Mielenkiintoani työn tekemiseen lisää aiheen ajankohtaisuus, koska kaukokartoituksessa on vielä paljon uusia mahdollisuuksia tulevaisuuden metsätaloudelle. Metsäalan kehittyessä, tutkimuksessa esillä olevat asiat ovat tärkeitä ominaisuuksia, jotka tulevaisuuden metsäammattilaisen on hyvä osata.

Tämän työn tavoitteena on luoda Metsähallitukselle uusi työväline metsänhoidon tueksi. Keskustelussamme toimeksiantajani kanssa tuli ilmi, että taimikonhoidon suunnitteluun olisi tarvetta uudelle työskentelytavalle. (Raunio 2018.)

2 METSÄNHOITO

Metsänhoidossa keskeisimpänä tavoitteena on säilyttää metsän kestävyys, ja suunnitella sen käyttö niin, että säilytetään metsäluonnon monimuotoisuus. Hoito pyritään suunnittelemaan niin, että se palvelee metsänomistajaa kaikkein parhaimmalla tavalla. Metsänhoidossa jokaisella toimenpiteellä on seurauksia metsikön tulevaisuuteen. Tekemällä metsänhoitotyöt oikea-aikaisesti, tehokkaasti ja huolellisesti johtavat ne automaattisesti kustannustehokkaaseen ratkaisuun, mikä on tärkeää nykypäivän metsätaloudessa. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 15 – 16.)

2.1 Kehitysluokat

Kehitysluokalla kuvaillaan sen hetkisen puuston metsänhoidollista ja puuntuotannollista tilannetta riippumatta monimuotoisuudesta tai muista arvoista. Kehitysluokka määritetään puustolle sen iän, rakenteen ja aiemmin tehdyn käsittelyn perusteella. Taimikoissa käytetään maanlaajuisesti kolmea eri kehitysluokkaa, joilla kuvataan taimikoiden kehitystilannetta. (Äijälä ym. 2014, 238.)

Pieniksi taimikoiksi (T1) luokitellaan kaikki taimikot, joiden kasvatettavien puulajien keskipituus on 1,3 metriä tai alle. Varttuneiden taimikoiden (T2) pääpuulajien keskipituus on yli 1,3 metriä. Keskiläpimitta täytyy olla alle 8 senttimetriä mitattuna rinnankorkeudelta. Puuston valtapituus on oltava kuusella ja männyllä alle 7 metriä ja koivulla alle 9 metriä. Viimeisimpänä luokituksena on ylispuustoinen taimikko (Y1), missä on kasvatuskelpoinen taimikko ja se täyttää metsälain asetamat velvoitteet. Siellä täytyy olla myös siemen-, suojus-, tai verhopuustoa ja näiden seuraava metsänhoidollinen toimenpide on ylispuuston poisto. Taimikon pituus- ja keskiläpimittarajat ovat samat kuin T2 luokan taimikossa. Yleisesti kuitenkin ylispuuston pituus on kaksi kertaa suurempi kuin taimikon pituus. (Äijälä ym. 2014, 238.)

2.2 Kasvupaikkaluokat

Suomessa metsämaat jaetaan kivennäis- ja turvemaihin. Kivennäismaissa käytetään kuuden eri metsätyyppin luokitusta, jotka jakaantuvat keskenään viljavuuden ja vesitalouden perusteella. Metsätypit menevät rehevimmästä karuimpaan seuraavasti: lehto, lehtomainen kangas, tuore kangas, kuivahko kangas, kuiva kangas ja karukko kangas. (Autere 2015, 5.)

Mitä rehevämmästä metsätyyppistä on kyse, sitä enemmän heinittymisen ja muun kasvillisuuden haitta taimikoissa lisääntyy. Näillä kohteilla taimikon varhaishoito tulee tarpeeseen jo muutaman vuoden kuluessa istutuksesta. Rehevillä mailla maanpintaan muodostunut lehtikarikerros voi myös haitata taimien kasvua alkuvaiheessa. Kun rehevyys vähentyy ja metsätyyppi muuttuu karummaksi, taimien kasvua voi haitata maanpinnalle kerrostunut kummita. (Autere 2015, 5.)

2.3 Varttuneen taimikon käsittely

Taimikoita, joiden kasvatettavien puiden keskipituus on yli 1,3 metriä, kutsutaan varttuneiksi taimikoiksi. Niihin kohdistuva metsänhoidollinen toimenpide on taimikonhoito. Taimikonhoidolla pyritään säätämään kohteen puulajijakaumaa sopivaksi, millä saadaan turvattua jäävän puuston elinmahdollisuus. Hoidossa poistetaan vialliset ja huonolaatuiset puut kasvavien tieltä. Taimikon tiheys pyritään jättämään tasaiseksi, jotta vältetään aukkoisuutta. Oikein tehdyllä harvennuksella saadaan lisää kasvutilaa, mikä johtaa puiden paksuuskasvuun. Puusta tulee elinvoimaisempia, mikä ehkäisee niiden sairastumista kasvitauteihin ja puuston kasvaessa ne pysyvät paremmin turvassa lumituhoilta. (Äijälä ym. 2014, 88.)

Taimikonhoidolla ei ole erikseen vaikutusta puuston pituuskasvuun, ellei puusto ole kärsinyt varjostuksesta tai kasvukilpailusta muiden puulajien kanssa. Kuuset toipuvat hyvin lehtipuuston aiheuttamasta varjostuksesta taimikonhoidon jälkeen. Yleensä ne lähtevät nopeaan kasvuun muutaman vuoden kuluessa haittaavan puuston poistuttua. Männyt sen sijaan ovat paljon herkempiä varjostuksen aiheuttamalle haitalle ja niiden toipuminen on epävarmempaa kuin kuusella. (Äijälä ym. 2014, 88.)

Taimikonhoito on kannattava ja järkevä sijoitus tulevaisuuteen puunmyynnin kannalta. Taimikonhoidossa puun määrä ei lisäännä, mutta hyöty tulee esiin jo ensiharvennuksessa. Ensimmäisessä hakkuussa on tärkeää saada paksua ja hyvälaatuista puuta, jotta ensiharvennuksen kustannukset pysyvät kohtuullisina. Ajallaan tehdyt toimenpiteet tuovat enemmän hakkuutuloja myös myöhemmissä harvennuksissa. Nopean kasvun myötä puunkierto aikaistuu, minkä ansiosta päätehakkuu on saavutettavissa normaalia aikaisemmin. (Äijälä ym. 2014, 88.)

Alla olevassa taulukossa käsitellään Metsähallituksen käyttämää, pituuteen verrannollista taimikonhoidon ajoitusta (Taulukko 1). Siitä saadaan myös selville tavoitetiheydet taimikonhoidon jälkeen. Kasvatustiheys kuitenkin voi vaihdella kasvupaikan tuotoskyvyn tai maantieteellisen sijainnin takia. Esimerkiksi pohjoisessa korkeilla ja karuilla alueilla voidaan käyttää pienempää tiheyttä, jotta varmistetaan jäävän puuston elinmahdollisuus. Etelässä voidaan suosia korkeampaa tiheyttä, koska kasvupaikat ja lämpöolosuhteet ovat paremmat. (Metsähallitus 2014, 24.)

Taulukko 1. Taimikonhoidon ajoitus ja tavoitetiheys (Metsähallitus 2014, 24)

Pääpuulaji	Pituus	Runkoluku
mänty	3-6 m	2200-1800 Pohjois-Suomi
mänty	3-6 m	2500-2000 Väli- ja Etelä-Suomi
kuusi	2-4 m	2000-1800
rauduskoivu	4-6 m	1800-1600
hieskoivu	3-6 m	2500-1600
lehtikuusi	4-6 m	1600-1300

Metsähallituksen harjoittamassa taimikonhoidossa havupuumetsiköiden kuvioille pyritään jättämään aina 10 – 30 prosentin lehtipuuosuus. Kasvatettaessa havupuita rehevien maiden taimikonhoidossa voidaan kuitenkin poistaa kaikki lehtipuut ensimmäisessä taimikonhoidossa. Lehtipuut saavuttavat joka tapauksessa havupuut nopeamman kasvun turvin. Metsähallitus säilyttää taimikonhoidossa pienialaisia tiheiköitä, jotka sijaitsevat kosteissa painanteissa tai kalliikoissa ja välttää näin turhaa raivaamista. Samalla saadaan sopivampaa kasvuympäristöä riistalle suojan ja ravinnon muodossa. (Metsähallitus 2016.)

Varttuneiden taimikoiden käsittelyssä on silti edelleen puutteita Luonnonvarakeskuksen tuottaman VMI-aineiston perusteella. Tutkimuksen mukaan Etelä-Suomen varttuneista taimikoista vain noin 35 prosenttia luokitellaan hyväkuntoisiksi.

Suurimpia syitä tähän ovat taimikon epätasaisuus, puuston harvuus ja hoitamattomuus. Lähes 15 prosenttia taimikoista puuston laadun heikentyminen voidaan selittää hoitamattomuudella. Tutkimuksen perusteella voidaan ajatella, että yhteensä 40 prosenttia taimikoista kärsii taimikonhoidon laiminlyönneistä ja ne muodostuvat perimmäisiksi syiksi laadun heikentymiseen. (Saksa 2015, 4, 6.)

2.4 Taimikoninventointi

Taimikoninventointi tehdään silloin, kun halutaan tietoa taimikon tiheydestä, puulajien runkolukujakaumasta tai hoitotarpeesta. Ensimmäinen inventointi tulee tarpeeseen, kun istutuksesta on kulunut kolme vuotta. Luontaisen uudistamisen inventointi voidaan tehdä muutama vuotta myöhemmin, kun taimikko on enemmän vakiintunut. Huolimatta laserkeilauksen edistymisestä, taimikoninventoinnit tehdään vielä maastokäynneillä, missä kartoitetaan pääasiassa taimikon tiheys ja hoitotoimenpiteet. (Autere 2015, 6.)

Yleisin taimikoninventointitapa on mitata ympyrä 3,99 metrin mittaisella kepillä tai mittanauhalla. Kepillä pyörähdetään ympyrä ja sen sisältä lasketaan kaikki kehityskelpoiset taimet puulajeittain. Yksi mukaan laskettu taimi vastaa 200 runkoa hehtaarille, esimerkiksi jos ympyrän sisältä lasketaan kymmenen runkoa yhteensä, se vastaa 2000 runkoa hehtaarille. Koealoja suositellaan otettavan monia eri paikoista, että voidaan määrittää runkoluvunkeskiarvo kuviolle. (Metsäkeskus 2014, 11.)

Metsähallitus käyttää omien taimikoiden inventointiin poikkeuksellisesti 5,64 metrin vapaa tai mittanauhaa. Toiminta ei eroa aikaisemmasta, mutta ympyrän säde laajenee, joten kerroin tippuu 100:aan. Esimerkiksi tämän ympyrän sisältä lasketut rungot kerrotaan sadalla, jotta saadaan hehtaarikohtainen runkolukumäärä. Tätä pidetään yleisesti tarkempänä kuin 3,99 metrin kepillä saatuja mittaustuloksia. (Raunio 2018.)

3 KAUKOKARTOITUS

Kaukokartoitus toimii sähkömagneettisen säteilyn avulla, millä voidaan tutkia ja kerätä tietoa tarvittavista kohteista satelliittien avulla ilman, että niihin kohdistuu fyysinen kosketus. Kaukokartoitus voidaan jakaa aktiiviseen ja passiiviseen muotoon. Aktiivisen kaukokartoitusjärjestelmän toiminta perustuu siihen, että säteilylähde valaisee kohteen. Tällä tavalla syntynyt energia on mittalaitteen lähettämää, mikä heijastuu takaisin mitattavasta kohteesta. Passiivisessa muodossa keskitytään käyttämään ainoastaan ilmaisimia, jotka ottavat talteen kohteiden heijastamaa tai lähettämää säteilyä. Kaukokartoituksen apuna käytetään muusta tiedostosta tai maastotöistä saatua referenssitietoa. Näitä tietoja tarvitaan saatujen tulkintatulosten varmistamiseksi. (Kangas, Päivinen, Holopainen & Maltamo 2011, 127.)

Kaukokartoitus on taloudellisesti paljon edullisempaa kuin normaalisti maastossa suoritettava metsäinventointi. Eduiksi voidaan lukea tiedon saaminen laajoilta alueilta yhtä aikaa ja kuvia pystytään ottamaan samalta alueelta eri aikaan, mikä helpottaa alueen tarkkailua huomattavasti. Tieto saadaan ilmasta käsin, mikä auttaa tutkimaan sellaisia kohteita, joihin on vaikea kulkea maaston kautta. Kaukokartoituksen ongelmat liittyvät ilmastoon, koska pilvinen sää vaikuttaa saatavan aineiston tarkkuuteen ja maaston geometriseen erotuskykyyn. (Kangas ym. 2011, 127.)

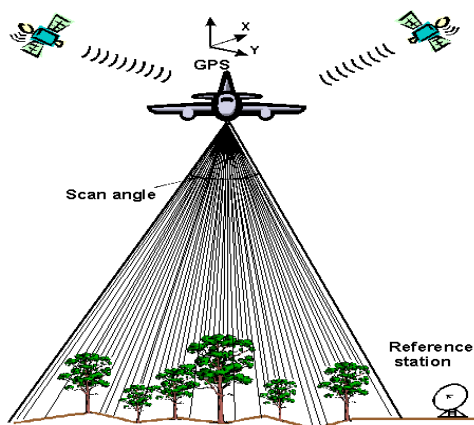
3.1 Visuaalinen ja numeerinen ilmakuva

Ilmakuva syntyy lentokoneesta otettavan kuvan kautta, missä hyödynnetään luonnonvaloa ja lisätään lähi-infran tuottamaa aallonpituusaluetta. Käytettäessä tätä aluetta voidaan käsitellä herkkää filmiä, jolloin saatava aineisto ei näyttäydy samanvärisenä ihmissilmälle. Tällaista aineistoa kutsutaan vääräväriseksi. Kuvatussa havu- ja lehtipuiden ominaissäteily on normaalissa valossa miltei samalaista, mutta lehtipuu säteilee merkittävästi enemmän lähi-infraa kuin havupuumetsä. Tällä tavalla vääräväriskuvan puusto saadaan erotettua, kun lehtipuumetsä erottuu kuvasta punertavana värinä. Metsätaloudessa tämä on suuri etu ja sitä onkin käytetty suunnittelun apuna jo 1980-luvulta lähtien. (Kangas ym. 2011, 134.)

Ilmakuvien kehitys on aikojen saatossa kehittynyt paljon ja aikaisemmin analogisista ilmakuvista on siirrytty jo 1990-luvun lopulla digitaalisiin eli numeerisiin aineistoihin. Nykypäivänä kuvat otetaan digitaalisella mittakameralla, jonka sensorina toimii CCD-ilmaisimatriisi (Charge Couple Device), mikä on myös monissa muissa keilaamattomissa satelliittisensoreissa. Tämä kehitys on mahdollistanut aikaisempaan verrattuna sen, että nykyään on mahdollista saada ilmakuvan kautta visuaalinen ja numeraalinen arvo kuvattavasta kohteesta metsikkö- tai puutasolla. Nykyään numeeriset ilmakuvat toimivat pohja-aineistona GIS-sovelluksissa laserkeilausaineiston kanssa. (Kangas ym. 2011, 134 – 135.)

3.2 Laserkeilaus

Laserkeilaus on mullistanut nykypäivän metsätalouden puustoinventoinnin. Viime vuosina kehitetty laserkeilaus hyödyntää lähi-infran aallonpituusalueita, mikä yhdistettynä lentokoneiden ja helikoptereiden laserkeilaimiin tuo täysin uuden työskentelytavan metsäsuunnitteluun. Lentokoneessa tai helikopterissa oleva lasertykki lähettää laserpulssin maahan, josta pulssi heijastuu takaisin koneelle (Kuvio 1). Lasertykin ja kohteen etäisyys voidaan määrittää pulssin kulkuajan perusteella. Kun tiedot ovat luotettavia, kohteen puustolle pystytään luomaan pituusmalli. (Kangas ym. 2011, 136.)



Kuvio 1. Laserkeilaimen toimintaperiaate (Mäkelä 2014, 3)

Laserkeilaus jaetaan yleisesti kahteen eri osa-alueeseen, aluepohjaiseen- ja yksinpuinmenetelmään. Aluepohjaisessa menetelmässä alue kuvataan harvapulsisella aineistolla, kun kyseessä on laajempi kohde ja siitä halutaan puusto- ja metsikkötunnuksia. Yksinpuinmenetelmä vaatii tiheäpulsisemmän aineiston,

koska siinä keskitytään tarkemmin metsikön tunnuksiin. Sen avulla voidaan selvittää puukohtaisesti sen laji, korkeus ja latvuksen koko. Nämä tiedot mahdollistavat vielä tarkempien tietojen saamisen, kuten tilavuuden ja rinnankorkeusläpimitan. (Kangas ym. 2011, 136.)

Laserkeilaamalla ei olla kuitenkaan vielä saatu tarpeeksi luotettavia metsävaratietoja taimikoista, vaan niistä joudutaan keräämään tiedot vielä perinteisesti kuvioittaisena arviointina. Kaukokartoitus muuttuu vaikeammaksi, mitä pienempään puustoon mennään. Tämän vuoksi kuviot on tarkistettava maastossa tai niitä on verrattava muuhun olemassa olevaan tietoon. Metsäkeskuksen tavoitteena on saada taimikoiden runkoluku 50 prosentin tarkkuudella oikein sekä niiden hoitoehdotukset on oltava metsänhoito-ohjeen mukaisia. (Metsäkeskus 2016, 7.)

Kaukokartoituksella ei saada tietoa alle 2 metrin taimikoista, vaan ne näkyvät aineistossa aukkoina. Varttuneemmissakaan taimikoissa puustotulkintaa ei voida pitää täysin luotettavana, koska sieltä ei saada luotettavia tuloksia taimikon laatu-kriteereistä. Kuten metsiköissä, myös taimikoissa puun pituus on luotettavin tunnus. Yleensä myös pääpuulaji pitää paikkansa, mutta ongelmat lisääntyvät runkoluvun määrittämisessä, mihin suurimmat virheet kohdistuvat. Pääpuulajin luotettavuus on myös tarkistettava maastossa, varsinkin hoitamattomissa vanhemmissa havupuutaimikoissa pääpuulaji voi luokittua lehtipuustoksi. Taimikotietoja käytetään kuitenkin julkaistussa metsävaratiedossa ja niiden tiedot on pääsääntöisesti kerätty kuvioittaisella arviointilla. Tieto voi olla vanhaakin, mutta käytössä olevat tiedot ovat enintään vuodelta 2004. (Metsäkeskus 2016, 7 – 8.)

Tulevaisuudessa on kuitenkin mahdollisuus saada tarkempaa tietoa laserkeilauksen avulla taimikonhoidon kiireellisyydestä. Metsätieteen aikakauskirjan julkaisemassa artikkelissa jo vuonna 2008 on saatu viitteitä siihen, että laserkeilaus on tulevaisuuden avain taimikoninventointiin. Kuitenkaan tietoa ei voida saada kuin varttuneista taimikoista, koska lyhyemmät taimikot sekoittuvat maaston olomuotoihin eikä niistä saada luotettavaa tietoa lähitulevaisuudessakaan. Ongelmaksi muodostuu puulajien tunnistettavuus harvapulssisella aineistolla eli puustotieto joudutaan keräämään muulla menetelmällä. (Närhi, Maltamo, Packalén, Peltola & Soimasuo 2008, 5, 12.)

3.3 Optisen aallonpituusalueen satelliittikuvat

Satelliittikuva koostuu osista, joiden koko pysyy vakiona maanpinnalla. Haluttu maastokohde heijastaa säteilyä, mikä otetaan talteen satelliitissa olevalla havaintolaitteella. Nykyään maata kiertäviä satelliitteja on lukuisia, jotka toimivat metsätalouden kaukokartoituksen apuna. Satelliitit on jaettu eri luokkiin niistä saatavan aineiston resoluution mukaan, luokkia ovat karkea-, keski- ja korkearesoluutio. (Holopainen ym. 2015, 35.)

Metsätaloudessa yleisesti käytössä ovat Landsat-satelliitit, joista viimeisin Landsat-8-satelliitti lähetettiin avaruuteen vuonna 2013. Landsat-ohjelma oli vuonna 1972 käynnistymisen jälkeen ainoa siihen mennessä pelkästään luonnonvarojen kartoitukseen keskittyvä satelliittiohjelma. Tarkoituksena on kerätä tietoa satelliittien kautta ja jakaa niitä kaikille lähes rajoituksetta. (Holopainen ym. 2015, 35.)

Tässä tutkimuksessa käytössä oleva Sentinel-2-satelliitti tuottaa korkealaatuisia optisia satelliittikuvia muun muassa metsätalouden alueista. Käyttö ei pelkästään rajoitu metsätalouteen, vaan sillä tarkastellaan myös rannikoita ja sisävesiä. Sentinel-2 missioon kuuluu kaksi satelliittia, joista ensimmäinen lähetettiin avaruuteen vuonna 2015 ja toinen 2017. Maapallon kiertoon kuluu aikaa vain sata minuuttia, joten päivän aikana satelliitit ehtivät kiertää maapallon 14,3 kertaa. Kahdella Sentinel-2-satelliitilla saataisiin viidessä päivässä kuvattua koko maapallo. (Huotari 2018, 13.)

Myös VTT:n tutkimusprofessori Tuomas Häme vahvistaa Sentinel-2-satelliitin olevan unelmalaitte metsien kartoitukseen ja seurantaan. Hänen mukaansa satelliitilla on riittävä erotuskyky metsätilojen kartoitukseen ja seurantaan. Kuvat ovat suuria ja satelliitti tuottaa tasalaatuisia tietoa sekä pystyy kuvaamaan samaa paikkaa vähintään kahden päivän välein. Suomen metsille erityisen tärkeää on kameran ilmaisimen herkkyys, koska se on tärkeää havumetsiä kuvattaessa. (Mäkinen 2015.)

3.4 Tutkakuvat

Tutkakuvien toiminta perustuu aktiiviseen kaukokartoitusmenetelmään eli kuvauksessa mitataan laitteen omaa lähettämää säteilyä. Havainnointilaitte lähettää

säteilyimpulsseja samalla taajuudella koko ajan, kun taas laitteessa oleva vastaanotin ottaa talteen takaisintulevia säteilyjä. Tästä saatu aineisto käsitellään myöhemmin tietokoneella ja muunnetaan kaksiuotteiseksi tutkakuvaksi. (Holopainen ym. 2015, 37.)

Tutkakuvien eduksi voidaan lukea sähkömagneettisen säteilyn mikroaaltoalueen hyödyntäminen. Tämän ansiosta sääolosuhteet tai ilmakehä eivät vaikuta kuvienlaatuun vaan päinvastoin, aineistoa voidaan kerätä jopa pimeällä tai pilvisellä säällä. Kuvien tarkkuuteen vaikuttavat ensinnäkin kohteen ominaisuudet, mutta myös tutkan ominaisuudet. Tutkasatelliiteilla voidaan lähiaikoina saada myös metsätalouden kannalta tärkeää ja arvokasta tietoa. (Holopainen ym. 2015, 37.)

3.5 NDVI

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) on kaukokartoituksen väline, millä mitataan kasvien heijastavuutta hyödyntäen lähi-infran aallonpituusalueella. Tutkijat tarvitsevat tätä halutessaan tietoa vihreän kasvillisuuden määrästä alueella. Toiminta perustuu auringonvaloon ja kasvin kyvystä heijastaa valoa takaisin. Kasvilehtien pigmentti, klorofylli imee itseensä todella paljon valoa, jota se tarvitsee fotosynteesin toteuttamiseen. Lehden solurakenne puolestaan heijastaa voimakkaasti lähi-infravaloa, joten mitä enemmän kasvilla on eläviä lehtiä ne heijastavat enemmän valoa lähi-infran aallonpituusalueella. (Nasa 2000.)

NDVI:n laskemiseen käytetään seuraavanlaista kaavaa

$$NDVI = (NIR - Red) \div (NIR + Red) \quad (1)$$

missä

NDVI on kasvillisuusindeksi

NIR on near-infrared, eli heijastunut lähi-infrapunasäteily

Red on näkyvän punaisen valon määrä.

Tällä kaavalla saatu tulos kulkee aina -1:n ja +1:n välillä. (Nasa 2000.)

NDVI:n mitta-asteikko kulkee aina -1:n ja +1:n välillä. Esimerkiksi kun arvo laskee lähelle -1 voidaan olettaa, että alue on veden peitossa. Kun taas arvo nousee lähelle +1, tutkimusalueella on paljon elinvoimaisia kasvinlehtiä. Kun NDVI on

lähellä nollaa, alueella ei ole vihreitä kasvinlehtiä ja alue voi olla myös kaupunkitaajamaa. Yhteenvetona sanottakoon, että NDVI on standardoitu tapa mitata terveellistä kasvillisuutta. Kun saadaan korkeat NDVI-arvot, alueella on terveellinen kasvillisuus. Matalat arvot taas kertovat vähäisestä tai kokonaan poissaolevasta kasvillisuudesta. (GISGeography 2018.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Tutkimuksen menetelmät

Tässä opinnäytetyössä tutkimuksen kohteena on Satellion tuottama aineisto, mikä kuvaa taimikonhoidon tarvetta kuviolla. Työn minulle tutkittavaksi antoi Metsähallitus, joka haluaa selvittää aineiston luotettavuuden metsäsuunnittelun apuvälineenä. Kehittämistyön tavoitteena on luoda Metsähallitukselle luotettava työkalu käytännön suunnittelun tueksi. Tutkimuksen käytännön työt kohdistuivat taimikkoinventointiin, missä kerättiin tarvittavat arvot puulajeista Metsähallituksen tavoitteiden mukaisesti. Inventoinnissa mittasin yhteensä 312 ympyräkoealaa pilttialueen taimikoista, joten saadut tiedot antavat vahvan viitteen Satellio-aineiston luotettavuudesta. Maastoinventoinnin tiedot käsittelin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla.

Metsähallituksen toiveesta inventoinnin pääpainoisuus pysyi koivun runkoluvun selvityksessä (Kuvio 2). Otin varmuuden vuoksi tiedot kaikista puulajeista, vaikka pyrinkin selvittämään ensisijaisesti koivun puustotiedot, että saisin mahdollisimman luotettavan tutkimuksen aikaiseksi. Satellion tuottama aineisto kuvaa väri-suureella vain vesakon tiheyttä, joten myöskään sen vuoksi en voi ottaa huomioon havupuulajien puustotietoja, että tutkimustulokseni eivät vääristyisi.



Kuvio 2. Maastonäkymää kuvioilta

Lauri Häme Satelliolta kertoo, että havu- ja lehtipuulajien runkolukusuhteilla on korrelaatiota, mutta se on niin pieni, ettei sillä pitäisi olla merkitystä tutkimuksen kannalta. Satellio hyödyntää aineistossaan NDVI-kasvillisuusindeksiä. (Häme 2019.) Maastotöiden toteutuksessa haasteellisinta oli laskea tarkka runkolukumäärä koivulle muuten tiheissä taimikoissa.

4.2 Taimikkoinventoinnissa kerättävät tiedot

Metsähallitukselta saamani 34 taimikkokuviota sisältävät Satellion tekemän aineiston, millä kuvataan taimikoiden vesakkotiheyttä. Nämä kuvat sijaitsevat Kittilässä Kumputunturin pilottialueella melko lähekkäin toisiaan. Maastotyöosuus kesti yhteensä yhdeksän päivää ja työpäivien pituudeksi tuli helposti yli yhdeksän tuntia. Suoritin työt mielestäni hyvässä aikataulussa ottaen huomioon, että automatkaa kertyi päivässä noin kaksi tuntia ja suurin osa kuvioista oli talviteiden päässä, joten pitkiä kävelymatkojakin kertyi.

Taimikkoinventoinnin tiedot kerättiin Metsähallituksen lomakkeelle (Kuvio 3), mikä helpotti tietojen ylösottamista ja myöhempää tarkastelua. Lomakkeessa on sarakkeet koealoille ja siihen pystytään ottamaan ylös puulajeittain runkoluku, pituus, läpimitta ja ikä. Runkoluvun mittaamisessa käytin 5,64 metrin pituista vapaa eli runkolukukertoimena toimi 100.

Taimikoiden pituus oli silmälläkin arvioitavissa, mutta varmistin mitan luddella. Puiden läpimitat mittasin taimipihdeillä, vaikka yleisesti mittauksissa oli mukana hyvin ohuita puita, vain muutaman sentin paksuisia. Puun ikä oli vaikein määriteltävä arvo, koska ainoa keino oli laskea oksakiehkuroiden määrä ja lisätä siihen ikälisäysmallin antama arvo. Iällä ei kuitenkaan tutkimuksen kannalta ole suurta merkitystä, koska tulevat taimikonhoitotoimenpiteet muokkautuvat enemmän tiheyden ja pituuden perusteella.

Luon- to- koh- teet	Kohde	Pinta-ala, ha	T- pid	Sää- dösp	Huomautus

Säästö/ kuullut puusto	Puu- lk.	Puu- laji	PPA, m ² /ha	Runkoluku, kpl/ha	Keski- pit, m	Keski- lpm, cm	Tuhon alh.	Lahoaste, %		
								I	II	III

Yksikkö	Piiri	Osasto	Kuvio	KOEALATULOKSIA

KOE- ALA	PPA			RUNKOL.			PITUUS			LÄPIMITTA			IKÄ		
	mä	ku	ko	mä	ku	ko	mä	ku	ko	mä	ku	ko	mä	ku	ko
1				4	7	36	3	1	3	5	2	4	11	7	8
2				22	7	32	2	1	3	4	2	4	11	7	8
3				14	5	39	2	1	3	4	2	4	11	7	8
4				7	1	16	2	1	3	4	2	4	11	7	8
5				1	8	25	2	2	3	3	3	4	11	7	8
6				9	9	15	2	2	3	3	3	4	11	7	8
7				5	1	21	2	2	3	3	3	4	11	7	8
8				6	1	27	2	2	3	3	3	4	11	7	8
9															
10															

Kuvio 3. Taimikkoinventoinnin tiedonkeruulomake

Inventoinnin ohella käytin Garmin GPSMAP 64- laitetta suunnistamiseen, mutta myös koealojen merkitsemiseen. Tiedonkeruun ohella otin jokaisesta 312 koealapistestä GPS-merkin, että tiedän tarkalleen mistä kohtaa kuviota koeala on otettu. Koealat merkitsin laitteeseen esimerkiksi "001001", mistä saadaan selville, mikä kuvio tai monesko koeala on kyseessä.

Laitte näyttää metrien tarkkuudella koealan sijainnin, mikä on tarpeeksi tarkka pitääkseen tutkimuksen luotettavana. Välttääkseni mielivaltaista koealojen sijoittelua maastossa, pyrin ottamaan koealat aina 50 metrin välein. Tämän avulla sain paljon koealoja kuvioilta ja laajempaa katselmusta tutkimusta varten. Kolme koealaa hylättiin, koska Satellio-aineisto ei antanut värisuuretta pisteiden kohdalle.

4.3 Aineisto

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 2) nähdään kaikkien koealojen yhteenlaskettu keskiarvoinen tiheys, pituus ja läpimitta riippumatta Satellio-aineistosta. Taulukossa on myös kuvioittain keskiarvoilliset tunnuksset. Siitä voidaan päätellä, että kuviot ovat lähtökohtaisesti vesakoituneita ja taimikonhoidolliset toimenpiteet ovat erittäin kiireellisiä osalla kuvioista.

Taulukko 2. Kuvioitten tunnuksset ilman Satellio-aineistoa

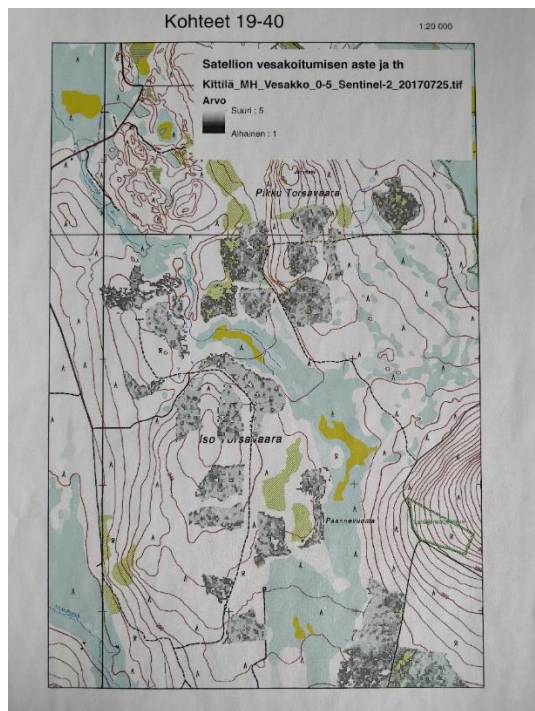
Kuviot yht.	Koealat yht.	RI yht.	Pituus yht.	Lpm yht.
34	312	3900	2	2
Kuvio	Koealoja	Runkoluku	Pituus	Läpimitta
1	8	2800	1	1
2	10	2300	1	1
3	9	2100	1	1
4	7	2400	1	1
5	5	2100	1	1
6	4	3600	1	1
7	7	3400	3	3
8	3	1400	1	1
9	17	2600	4	4
10	6	3400	3	4
11	3	1800	2	2
12	8	2700	3	4
13	8	2300	3	4
14	10	2700	3	3
15	4	2000	3	3
16	12	4600	3	4
17	4	4500	3	3

Toisesta taulukosta (Taulukko 3) nähdään loput kuviot ja niiden tunnuksset ilman Satellio-aineistoa. Näiden taulukkojen avulla voidaan selvittää kuviokohtaisesti vesakon määrä ja määrittää jokaiselle kuviolle taimikonhoitotarve. Myöhemmin nämä koealat jaan myös Satellion värisuureen mukaan, mistä saadaan vesakko-tiheys selville värin perusteella.

Taulukko 3. Kuvioiden tunnukset ilman Satellio-aineistoa

Kuvio	Koealoja	Runkoluku	Pituus	Läpimitta
18	12	6000	3	3
19	13	5100	3	2
20	8	8100	3	4
21	14	8900	3	2
22	14	6900	3	2
23	8	6500	3	2
24	7	6000	3	2
25	7	8600	3	2
26	13	800	1	1
27	8	2500	1	1
28	10	1100	1	2
29	8	1400	1	1
30	24	3300	2	2
31	9	9000	2	2
32	9	4300	1	2
33	10	1400	1	1
34	16	1600	1	1

Maastotyöt täytyi suorittaa kuitenkin niin, että koealoja tulee jokaiselta värisuurelta tarpeeksi. Koealat siis määräytyivät osittain aineiston mukaan, että tuloksia saataisiin monipuolisesti. Satunnaisotannan sijaan käytin inventoinnissa ositettua otantaa eli koealat jakautuivat aineiston perusteella ositteisiin, joilla parannetaan tutkimuksen edustavuutta (Tilastokeskus 2019). Työn haastavuutta lisäsi sähköisen aineiston puuttuminen. Sain Satellion tuottaman aineiston paperisena (Kuvio 4), mikä vaikeutti koealojen tarkastelua.



Kuvio 4. Satellion tuottama aineisto

Keino, millä sain koealatiedot oikein, oli katsoa GPS-laitteen antamaa sijaintipistettä ja verrata sitä kartassa näkyvään kohtaan. Tämä tapa oli hyvin paljon aikaa vievää, mutta sain lopulta sijoitettua koealojen puustotiedot oikeille värisuureille. Kuten kuvasta (Kuvio 4) nähdään, vesakkotiheys on määritelty värisuureella. Värisuure menee valkoisesta mustaan, missä valkoinen tarkoittaa todella tiheää runkolukua, kun taas musta tarkoittaa todella harvaa. Kaikki kuvat ja niissä oleva aineisto löytyvät opinnäytetyön lopusta (Liite 1, 2 & 3). Koska aineisto on paperisena, en saanut koealojen sijaintipisteiden pohja-aineistoksi muuta kuin ilmaku-
van alueesta (Liite 4, 5 & 6).

5 TULOKSET

Tämän opinnäytetyön tutkimuksen tuloksissa yhdistelen taimikkoinventoinnista saatuja havaintoja ja vertaan niitä Satellion antamaan värisuureeseen. Tuloksista saadaan viitteitä siihen, pitääkö aineiston antama tiheys paikkansa Kumputunturin pilottialueella. Tutkimuksessa keskitytään nimenomaan vesakon eli koivun runkolukutiheyksiin eri luokkien kohdalla. Käyn läpi myös koelaloilta saatuja koivun muita arvoja, muun muassa pituutta ja läpimittaa. Erilaisilla kuvaajilla pyrin kertomaan saatuja tuloksia ja helpottamaan lukijaa löytämään oleellisen tiedon helposti.

5.1 Luokkajako

Värisuureelle kehitin taimikkoinventoinnin avulla luokkajaon (Kuvio 5). Nyt jokaiselle värisuureelle saadaan numeraalinen arvo, mikä helpottaa jatkossa tehtäviä taimikonhoidon suunnitteluun liittyviä toimenpiteitä. Monipuolisemman tuloksen saamiseksi luokkajako jaettiin neljään eri luokkaan. Luokat kulkevat välillä 1 – 4, joista ensimmäinen on runkoluvultaan harvin luokka ja neljäs puolestaan tihein luokka.

	Luokka 4
	Luokka 3
	Luokka 2
	Luokka 1

Kuvio 5. Aineiston luokkajako

Laadin myös kirjallisen ohjeen jokaiselle luokalle, että olisi vielä helpompaa kar-
toittaa taimikonhoidon tarvetta. Ensimmäisessä eli vesakoltaan harvimmassa luokassa taimikonhoidolla ei ole kiirettä ja mahdolliset hoitotarpeet tulevat 5 – 10 vuoden sisällä. Toisessa luokassakin hoitotarpeet pysyvät pienenä ja taimikonhoito voi olla mahdollista 3 – 5 vuoden sisällä. Kolmannessa luokassa hoitotarve alkaa lisääntyä ja sitä voidaan pitää jo melko suurena. Taimikonhoito voi olla

ajankohtainen jo 1 – 3 vuoden sisällä. Neljännessä eli tiheimmässä luokassa taimikonhoitotarve on suuri ja se voi myös olla jo osittain myöhässä. Tarve on välitön, eli hoito tulisi tehdä 0 – 1 vuoden sisällä.

5.2 Koealojen sijoittuminen väriluokkiin

Ensimmäisestä kuvaajasta nähdään koealojen määrä eri luokkiin jaettuna (Kuvio 6). Vaikka koealat jakautuivatkin osittain ositetun otannan mukaan, jouduin silti noudattamaan 50 metrin koealaväliä, jotta otantaan ei tulisi ihmissilmällä valittuja kohteita. Koealoja kertyi yhteensä 312, joten tulokset ovat tarpeeksi kattavia ja luotettavia tätä tutkimusta varten.



Kuvio 6. Koealojen sijoitukset

Kuten kuvaajasta (Kuvio 6) voidaan päätellä, koealojen sijoittuminen keskittyi selvästi värisuureen keskivaiheille. Jopa 71 prosenttia koealoista esiintyy luokkien kaksi tai kolme alueella. Luokkajaon ääripäät eli luokat yksi ja neljä saivat yhteensä 91 koealamittausta. Näiden luokkien koealojen vähyys johtuu yksinkertaisesti liian vähästä kuvioiden määrästä. Liitteissä (Liite 1, 2 & 3) näkyy Satellion antamat värisuureet kuvioille, joista nähdään valkoisen ja mustan värisuureen vähyys. Aineistossa (Liite 3) nähdään monia kuvioita, joiden mukaan vesakkotiheys on suuri, mutta kuvioiden keskeltä voidaan havaita monia mustia palloja. Ne

ovat jätettyjä säästöpuuryhmiä ja vaikka aineisto niistä värisuureen antaakin, en ottanut niistä kohdista koealoja, vaikka etäisyys olisi edelliseen koealaan ollutkin 50 metriä.

5.3 Koivun runkoluku luokittain

Yksi tämän opinnäytetyön tutkimusongelmista oli saada luotettavan inventoinnin avulla runkolukumäärä vesakolle eli koivulle. Kuvaajasta (Kuvio 7) nähdään keskiarvoon perustuva koivun runkolukumäärä luokittain. Keskiarvon perusteella kuvaaja (Kuvio 7) on nouseva, mikä vahvistaa Satellio-aineiston luotettavuutta.



Kuvio 7. Keskiarvoon perustuva koivun runkoluku

Neljännän luokan selvästi suurempaan keskiarvoon on saattanut vaikuttaa koealojen vähäinen määrä. Eroa vahvistaa myös siitä luokasta mitattujen koealojen koivun runkoluvun tiheys, sillä muutamista koealoista runkoluvuksi sain yli 10 000 runkoa hehtaarille. Runkolukukertoimen ollessa 100, neljännän luokan keskiarvollinen tiheys on 7200 runkoa hehtaarille. Ensimmäisen luokan keskiarvollinen tiheys voi myös johtua vähäisistä koealamäärästä, sillä vain 25 koealaa osui sen luokan värisuureelle. Siitä luokasta saadut runkolukumäärät ovat vähäisiä, muutamissa koealoissa jäätin jopa alle tuhannen rungon hehtaarimäärälle. Vaikka koealamäärä ensimmäisessä luokassa on tutkimuksen pienin, tulokset antavat silti vahvan viitteen Satellio-aineiston pitävyydestä. Keskimmäiset luokat eli kaksi

ja kolme saivat eniten mitattuja koealoja, joten keskiarvollisessa tiheydessä ei syntynyt huomattavan suurta eroa. Aineistoa tutkiessani huomasin, että se antaa paljon enemmän värisuureita näiden luokkien kohdalle eikä taimikkoinventoinnin avulla saatu toivottua eroa luokkien välille.

5.4 Koivun pituus luokittain

Kuvaajassa (Kuvio 8) nähdään koealoista mitattujen koivujen pituuden keskiarvo luokittain. Tässäkin kuvaajassa pituus on kasvava, mikä kertoo aineistossa käytettävistä mittausvälineistä. Satellio käyttää vesakon tunnistamiseen NDVI-kasvillisuusindeksiä. NDVI toimii siten, että se antaa suuremman arvon mitä enemmän alueella on elinvoimaisia kasvinlehtiä. Tämän kuvaajan (Kuvio 8) perusteella aineisto antaa luotettavia lukemia, koska mitä pidempi puusto, sitä enemmän eläviä kasvinlehtiä ja näin korkeampi NDVI-arvo. NDVI oli tarpeellinen tutkimuksessa, koska taimikot olivat lähtökohtaisesti vesakoituneita.



Kuvio 8. Koivun pituuden keskiarvo luokittain

Pituudessa luokkien välille ei syntynyt suurta eroa, mutta siitä voidaan silti päätellä, että koivun tiheyden kasvaessa myös pituus nousee. Runkoluvun ja pituuden kuvaajat (Kuviot 7 & 8) kertovat aineiston toimivuudesta ja luotettavuudesta, vaikka välillä erot ovatkin pieniä.

5.5 Koivun läpimitta luokittain

Viimeisimpänä arvona käsittelen koivun läpimitan keskiarvoa luokittain (Kuvio 9). Kuvaaja antaa viitteitä siitä, että läpimitta kasvaa mitä tiheämpään luokkaan edetään. Tämä ei tuloksena yllätä, sillä esimerkiksi neljännen luokan koivun pituus on keskimääräisesti noin kolme metriä. Pituuden ollessa luokkien korkein voidaan pitää normaalina, että myös koivun läpimitta on korkein.



Kuvio 9. Koivun läpimitan keskiarvo luokittain

Käsiteltyäni koivun kaikki arvot mitatuista koealoista, voidaan päätellä, että taimikkoinventoinnilla ja Satellion tuottamalla aineistolla on yhteys. Runkoluku, pituus ja läpimitta noudattavat puun luonnollista kasvua, vaikka inventointi tehtiin Satellio-aineistoon perustuen. Huolimatta epätasaisesta koealajakaumasta, jokainen luokka edustaa niitä arvoja, mitä ennen tutkimusta aineiston oletettiin edustavan.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Metsähallitukselle luotettava tutkimus Satellion tuottamasta aineistosta. Tulosten perusteella aineistoa voidaan pitää luotettavana ja näin ollen sain tavoitteen täytettyä. Tulokset kohdistuvat pinta-alaltaan pienelle pilottialueelle, mutta tutkimusta voidaan hyödyntää vähintään paikallisessa metsätaloudessa. Tutkimukseni on hyödyllinen toimeksiantajalleni ja sen avulla he saavat näkemyksen, onko aineisto tarpeeksi käytännöllinen taimikonhoidon suunnittelun parissa.

Tutkimuksessa selkeästi vaikeinta oli selvittää koivun runkoluku siten, että saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina. Tähän vaikuttivat kuvioiden tiheä puusto, joka välillä vaikeutti jopa kulkuakin. Inventoinnissa käytin Metsähallituksen suosimaa 5,64 metrin vapaa, mutta mittaamista olisi saattanut helpottaa lyhyempi 3,99 metrin pituinen vapa. Koska tiheydet olivat suuria ja mittaus suoritettiin miesvoimalla, niissä ilmenee väkisinkin inhimillisiä laskuvirheitä ja huolimattomuuksia, mutta niitä pyrin vähentämään varaamalla tarpeeksi aikaa mittauksia varten. Koealapisteen väliä olisi voinut pidentää sataan metriin, ja ottaa enemmän kuvia tilalle. Tällä olisi voitu laajentaa pilottialuetta, mutta silti säästää ajassa pidentämällä koealaväliä.

Aineisto löytää mielestäni hyvin vesakoitumisen, vaikka muutamissa koealoissa oli selviä poikkeuksia luokan normaalista runkolukumäärästä. Koealojen perusteella sain selvitettyä luokille runkolukumäärän, mihin on hyvä perustaa jatkossa tehtäviä tutkimuksia. Metsähallitus halusi myös päätelmiä siitä, että voiko Satellio-aineistolla korvata jatkossa kokonaan ilmakuvat. Tällä hetkellä vesakoitumista arvioidaan ilmakuvista, mutta niistä ei saada tarkkoja arvoja vesakoitumisen suhteen. Tulosten perusteella aineisto voitaisiin ottaa ainakin aluksi suunnittelun tueksi ja myöhempien tutkimusten perusteella voidaan miettiä ilmakuvien korvaamista kokonaan.

Tutkimusta voisi edelleen kehittää laajentamalla pilottialuetta ja mitata kohteita maantieteellisesti katsottuna eri paikoista. Kohteita voisi tarkoituksellisesti jakaa rehevimmille alueille ja verrata aineiston vaikutusta eri kasvupaikoissa. Myös maanmuokkaustapaa ja sen tuomia vaikutuksia vesakon syntymiseen olisi syytä

tutkia. Alun perin tässä tutkimuksessa piti myös tutkia maanmuokkaustavan vaikutusta vesakon syntymiseen. Ongelmaksi muodostui puuston ikä eli maanmuokkauksesta oli kulunut niin paljon aikaa, ettei tapaa voitu varmasti tunnistaa. Jatkossa koealapisteidien jakaminen voitaisiin suorittaa ennen kuviolle menoa, jonka avulla saataisiin tasaisempi määrä koealoja jokaiselta värisuureelta. Jatko-tutkimuksena voisi olla myös kehittämieni väriluokkien tarkempi määritelmä. Tä-hän liittyisi myös väriluokkien runkoluvun tarkempi määrittely. Tätä tutkimusta voisi käyttää jatkossa tehtävien tutkimusten pohja-aineistona.

Kaukokartoituksen kehitys avaa paljon uusia keinoja taimikoninventoinnin avuksi. Vielä nykypäivänä aihetta on melko vähän tutkittu, mutta jo saaduilla tuloksilla voidaan todeta suunnan olevan oikea. Tulevaisuudessa metsän fyysinen arviointi vähenee, joten tulevan metsäammattilaisen on tärkeää osata hyödyntää kauko-kartoituksen välineitä ammatissaan.

Oma näkemys ja tiedonsaanti karttui valtavasti tutkimuksen aikana. Ennen työtä en juurikaan ollut perehtynyt tarkemmin kaukokartoituksen menetelmiin metsän-hoidossa. Tutkimuksen jälkeen ymmärrän paremmin kaukokartoituksen tarpeel-lisuuden, mutta myös sen käytön mukana tulevat haasteet. Tutkimuksen etene-mistä auttoi Satelliolta saamani apu, mikä samalla lisäsi omaa tietoisuutta kau-kokartoituksen välineitä kohtaan.

LÄHTEET

Autere, A. 2015. Taimikkokuvioiden inventointi nyt ja tulevaisuudessa. Hämeen ammattikorkeakoulu. Metsätalous. Opinnäytetyö.

GISGeography 2018. What is NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)? Viitattu 9.2.2019 <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/>.

Holopainen, M., Tokola, T., Vastaranta, M., Heikkilä, J., Huitu, H., Laamanen, R. & Alho, P. 2015. Geoinformatiikka luonnonvarojen hallinnassa. Helsingin yliopiston metsätieteiden laitoksen julkaisuja 7. Viitattu 16.1.2019 https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/166765/GIS_kirja_kansineen_netti.pdf?sequence=1.

Huotari, R. 2018. Puuston tilavuuden arvioiminen puulajeittain käyttäen avointa satelliittiaineistoa. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden korkeakoulu. Diplomityö.

Häme, L. 2019. Opinnäytetyö. Sähköposti roope.nilivaara@edu.lapinamk.fi 8.2.2019. Tulostettu 12.2.2019.

Kangas, A., Päivinen, R., Holopainen, M. & Maltamo, M. 2011. Metsän mittaus ja kartoitus. 3., uudistettu painos. Itä-Suomen yliopisto: Metsätieteiden osasto.

Metsähallitus 2014. Metsänhoito-ohje. Hyväksytty metsätalouden johtoryhmässä 16.6.2014.

Metsähallitus 2016. Taimikonhoito. Viitattu 31.1.2019 <http://www.metsa.fi/taimikonhoito>.

Metsäkeskus 2014. Näin saat hyvän taimikon. Viitattu 23.1.2019 https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/nain_saat_hyvan_taimikon_web.pdf.

Metsäkeskus 2016. Viitattu 22.1.2019 https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/metsavaratiedon_laatuseloste.pdf.

Mäkelä, J. 2014. SmartGeo Oy. Laserkeilaukseen perustuva 3D-tiedonkeruu – monipuolisia ratkaisuja käytännön tarpeisiin. PSK-BIM seminaari 9.5.2014. Viitattu 15.1.2019 <https://docplayer.fi/3260264-Laserkeilaukseen-perustuva-3d-tiedonkeruu-monipuolisia-ratkaisuja-kaytannon-tarpeisiin.html>.

Mäkinen, J. 2015. Kopernikuksen uusin aisti: Sentinel-2. Tiedetuubi 25.2.2015. Viitattu 7.2.2019 <https://www.tiedetuubi.fi/avaruus/kopernikuksen-uusin-aisti-sentinel-2>.

Nasa 2000. Measuring Vegetation (NDVI & EVI). Viitattu 8.2.2019 https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php.

Närhi, M., Maltamo, M., Packalén, P., Peltola, H. & Soimasuo, J. 2008. Kuusen taimikoiden inventointi ja taimikonhoidon kiireellisyyden määrittäminen laserkeilauksen ja metsäsuunnitelmatietojen avulla. Metsätieteen aikakauskirja 1/2008: 5–15. Viitattu 28.1.2019 <http://www.metsantutkimuslaitos.fi/aikakauskirja/full/ff08/ff081005.pdf>.

Raunio, E. 2018. Metsähallitus – Metsätalous Oy. Suunnittelijan haastattelu. 8.6.2018.

Saksa, T. 2015. Mikä on taimikonhoidon laadun taso? Suonenjoen toimipaikka. Viitattu 30.1.2019 <http://www.metsatieteellinenseura.fi/files/sms/MTP2015/MH-01-Saksa.pdf>.

Tilastokeskus 2019. Käsitteet. Ositettu otanta. Viitattu 12.2.2019 https://www.stat.fi/meta/kas/ositettu_otanta.html.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2014. Metsänhoito – Hyvän metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus.

LIITTEET

Liite 1. Kuviot 1 – 11

Liite 2. Kuviot 12 – 15

Liite 3. Kuviot 16 – 34

Liite 4. Kuvioden 1 – 11 koealojen sijaintipisteet

Liite 5. Kuvioden 12 – 15 koealojen sijaintipisteet

Liite 6. Kuvioden 16 – 34 koealojen sijaintipisteet

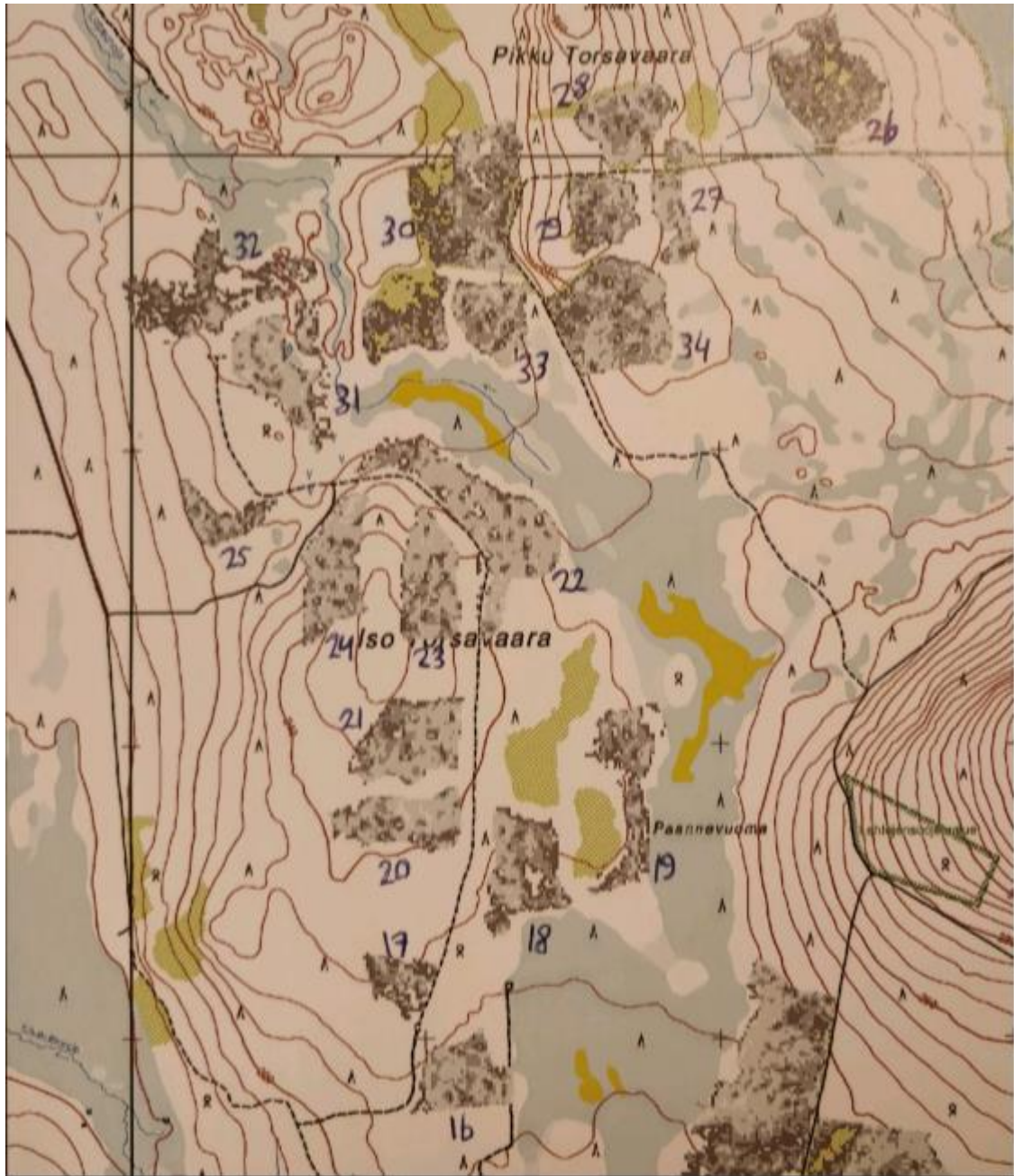
Liite 1 Kuviot 1 – 11



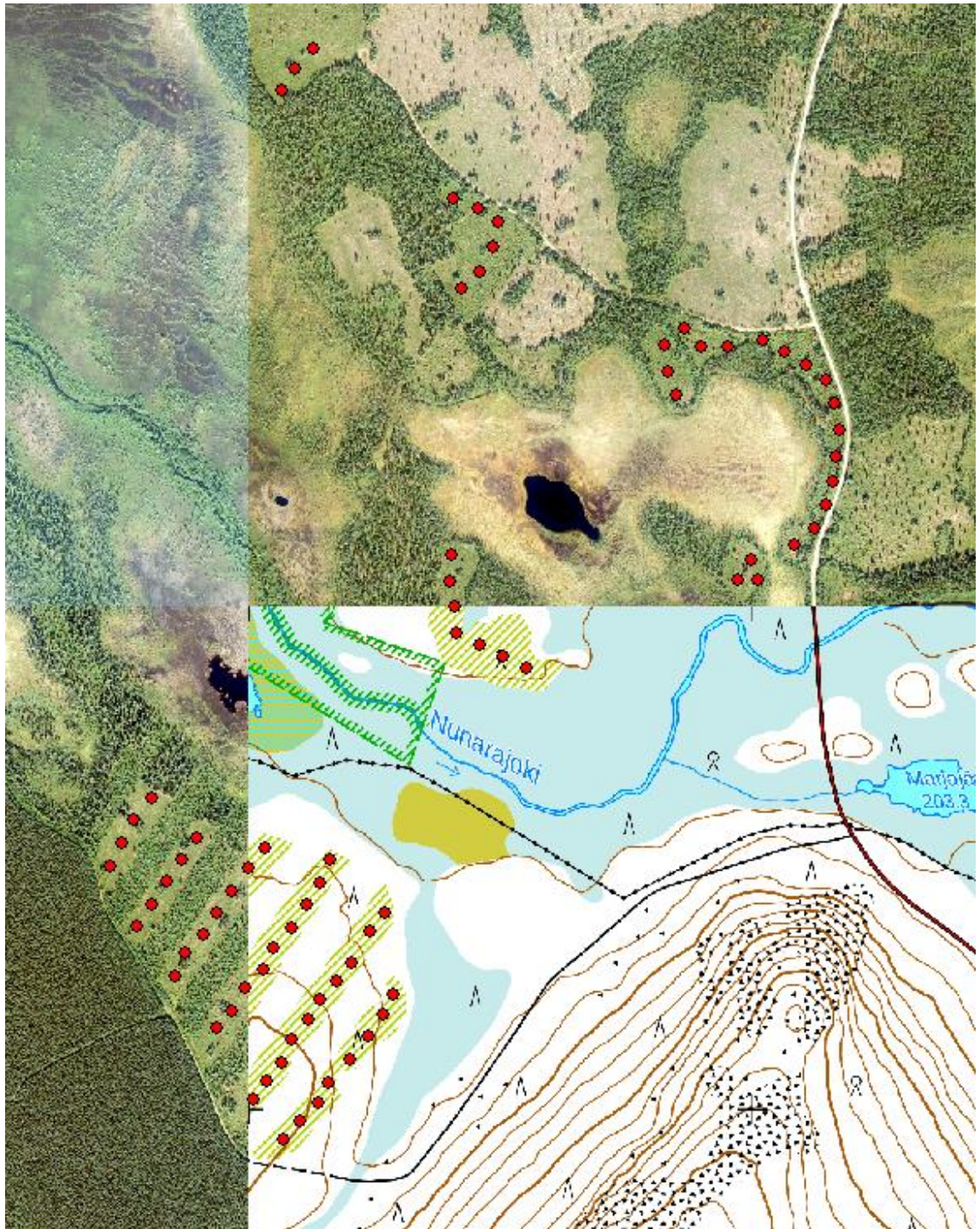
Liite 2 Kuviot 12 – 15



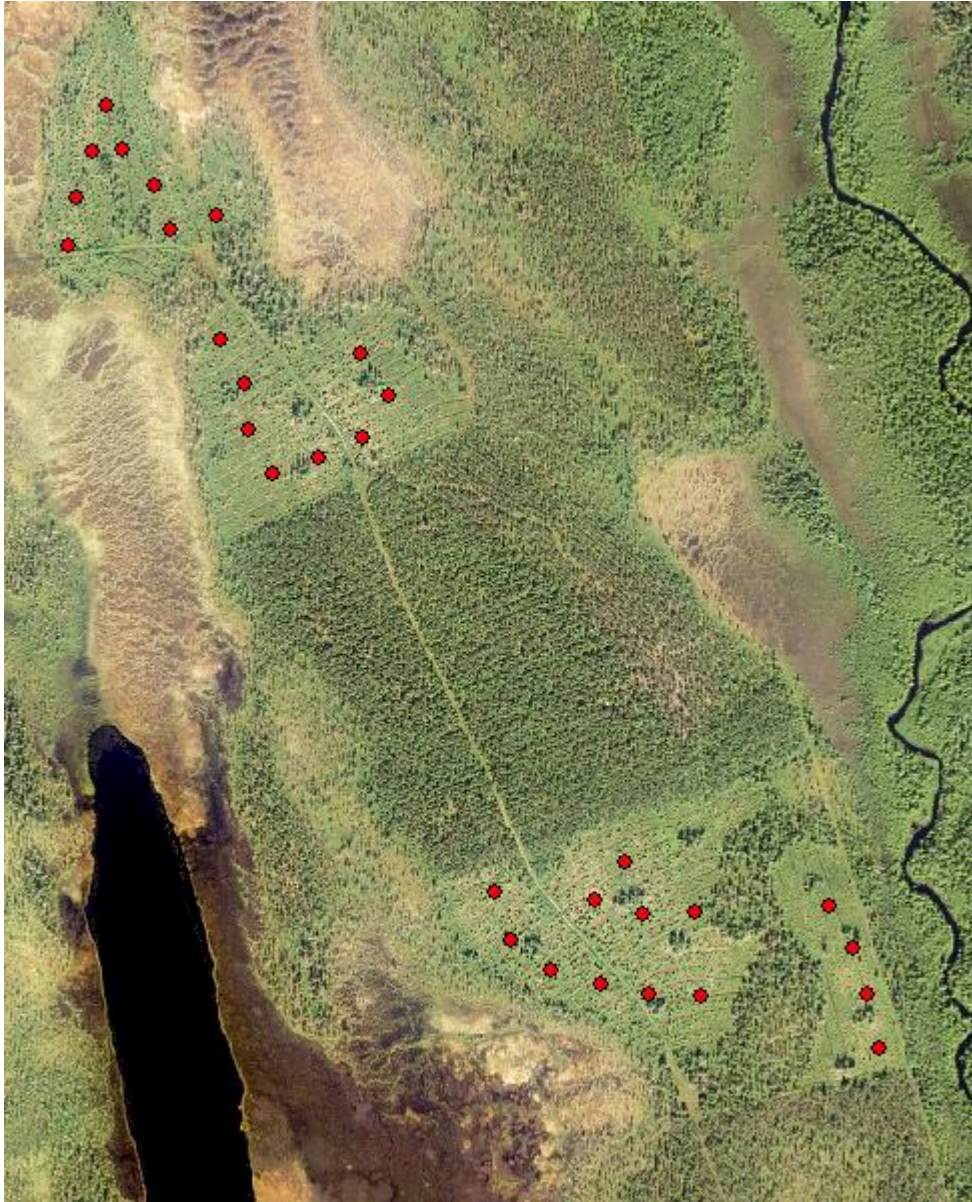
Liite 3 Kuviot 16 – 34



Liite 4 Kuvioden 1 – 11 koealojen sijaintipisteet



Liite 5 Kuvioden 12 – 15 koealojen sijaintipisteet



Liite 6 Kuvioden 16 – 34 koealojen sijaintipisteet

