

**LASERKEILATUN JA MAASTOMITATUN PUUSTOTIEDON  
VERTAILU KEMIJÄRVEN NATURA 2000 -ALUEILLA**

Javarustunturi ja Ottavaara

Henrik Pesonen, Sami Ukkonen

Opinnäytetyö  
Luonnonvara- ja ympäristöala  
Metsätalouden koulutusohjelma  
Metsätalousinsinööri (AMK)

2015

Luonnonvara- ja ympäristöala  
Metsätalouden koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Henrik Pesonen, Sami Ukkonen	<b>Vuosi</b>	2015
<b>Ohjaaja</b>	Sirkka Jokela		
<b>Toimeksiantaja</b>	Metsähallitus, Lapin luontopalvelut		
<b>Työn nimi</b>	Laserkeilatun ja maastomitatun puustotiedon vertailu Kemijärven Natura 2000 -alueilla		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	57 + 3		

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella laserkeilatun puustotiedon käytökelpoisuutta Natura 2000 -luontotyypeillä Pohjois-Suomessa. Metsätalouden puolella laserkeilaus on jo yleisessä ja laajassa käytössä oleva, luotettavaksi todettu tapa tuottaa puustotietoa. Mikäli menetelmää kyettäisiin hyödyntämään myös suojelualueiden monimuotoisemman ja erirakenteisen puuston inventoinnissa, olisi potentiaalisena hyötynä maastotöiden yksinkertaistuminen ja väheneminen. Tämän seurauksena luonnonsuojelun resursseja voitaisiin tehokkaammin ohjata muille suojelun osa-alueille.

Tutkimus toteutettiin aineistovertailuna. Vertailut aineistot koostuivat Metsähallituksen luontokartoittajien mittaamista inventointitiedoista vuodelta 2012 sekä samana vuonna toteutetun laserkeilaushankkeen pohjalta tulkituista puustotiedoista. Vertailussa keskityttiin kuviokohtaisiin puuston keskitilavuuksiin eri kehitysluokissa sekä puulajisuhteiden vastaavuuksiin. Tutkimusalue kattoi Kemijärven alueella sijaitsevat Javarustunturin ja Ottavaaran luonnonsuojelualueet.

Vertailun tuloksena havaittiin, että kuviotasolla toimiessa erot kahdessa aineistossa vaihtelivat hyvin pienistä hyvin suuriin. Vertailukohteiden pinta-alan kasvaessa ja puuston varttuessa keskitilavuudet vastasivat toisiaan paremmin. Pinta-alan pienentyessä ja puuston harventuessa myös yhteneväisyydet aineistojen välillä vähenivät. Puulajisuhteiden vastaavuudelle merkittävin tekijä oli pääpuulaji. Mäntyvaltaisen Ottavaaran metsissä aineistojen väliset puulajisuhteet vastasivat toisiaan huomattavan paljon paremmin kuin kuusivaltaisella Javarustunturilla.

Johtopäätöksenä vertailusta voitiin todeta, että laserkeilaus tuottaa laajoja kokonaisuuksia tarkastellessa kohtalaisen hyvän arvion myös luonnontilaisten metsien tilavuuksista. Luonnonsuojelun tarpeita ajatellen nykyinen tulkintamenetelmä on kuitenkin aivan liian suurpiirteinen, eikä sen avulla kyetä tarvittavissa määrin havainnoimaan metsien yksittäisiä erityispiirteitä. Tällaisenaan laserkeilatun puustotiedon hyöty suojelualueilla lienee pääasiallisesti tausta-aineistona.

Avainsanat

natura 2000, luontotyypit, laserkeilaus

School of Forestry and Rural industries Forestry Programme

---

<b>Author</b>	Henrik Pesonen, Sami Ukkonen	<b>Year</b>	2015
<b>Supervisor(s)</b>	Sirkka Jokela		
<b>Commissioned by</b>	Metsähallitus, Parks and Wildlife Finland		
<b>Subject of thesis</b>	Comparison of airborne laser scanning data and traditional forest inventory in the Natura 2000 areas of Kemijärvi region		
<b>Number of pages</b>	57 + 3		

---

The objective of this thesis is to examine the feasibility of forest inventory by airborne laser scanning on Natura 2000 habitat types in Northern Finland. In forestry laser scanning is already a common, established and trusted way of producing forest inventory. If it could also be applied for the inventory of the more diverse and differently structured forests of conservation areas, the potential benefit would be less work in the forest. As a result the resources of nature protection could be more effectively steered towards other fields of conservation.

The study was made as a comparison of data sets. The data sets compared consisted of forest inventory gathered by nature surveyors of Metsähallitus in 2012 and another forest inventory produced via airborne laser scanning the same year. The comparison was focused on the average tree volume of forest plots in different development classes and the correlations in the tree species distribution. The area of the study included the nature conservation areas of Javarustunturi and Ottavaara from the Kemijärvi region.

As a result of the comparison it was observed that on the level of forest plots the differences between two data sets ranged from very small to very large. As the area of compared subjects increased and as the forests in question matured, the better the average tree volumes equaled each other. As the area grew smaller and forests became sparser, the similarities between the data sets also decreased. For tree species distribution the most significant factor was the most prevalent species. In the forests of the pine-dominated Ottavaara the tree species distribution between two sets of data matched each other much better than in spruce-dominated Javarustunturi.

As conclusion from the comparison it was established that when working on larger scale, airborne laser scanning provides an adequately accurate estimate of tree volume also in untouched natural forests. However for the needs of nature conservation the current method is too approximate and with it is not possible to properly observe the singular special characteristics of forests. As such forest inventory by laser scanning could mainly be utilized in conservation areas as background material.

**Key words** natura 2000, biotopes, laser scanning

## SISÄLLYS

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 NATURA 2000 .....	10
2.1 Natura 2000 yleisesti .....	10
2.2 Natura 2000 Suomessa .....	10
2.3 Natura 2000 Lapissa.....	12
2.3.1 Boreaaliset luonnonmetsät.....	12
2.3.2 Aapasuot.....	13
2.3.3 Javarustunturin suojelualue.....	14
2.3.4 Ottavaaran suojelualue .....	15
2.4 Metsien käsittely Natura 2000 -alueilla .....	15
3 LUONTOTYYPPIEN INVENTOINTI .....	16
3.1 Inventointimenetelmät.....	16
3.2 Luontotyyppien seuranta.....	18
4 LASERKEILAUS.....	20
4.1 Laserkeilauksen perusteita .....	20
4.2 Laserkeilauksen ongelmat .....	20
4.3 Laserkeilauksen ja tulkinnan kehittyminen .....	22
5 AINEISTO JA TYÖMENETELMÄT .....	24
5.1 Aineiston kuvaus.....	24
5.1.1 Maastoinventointiaineisto .....	24
5.1.2 Laserkeilausaineisto.....	25
5.2 Aineiston käsittely .....	27
5.3 Työmenetelmät .....	29
6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	32
6.1 Javarustunturi .....	32
6.1.1 Kehitysluokka 00 tai ei kehitysluokkaa .....	32
6.1.2 Kehitysluokat 20 ja 30 .....	33
6.1.3 Kehitysluokka 40 .....	34
6.1.4 Kehitysluokka 80 .....	36
6.2 Ottavaara .....	37
6.2.1 Kehitysluokka 00 tai ei kehitysluokkaa .....	37

6.2.2	Kehitysluokka 20 .....	41
6.2.3	Kehitysluokka 40 .....	42
6.2.4	Kehitysluokka 60 .....	44
6.2.5	Kehitysluokka 80 .....	45
6.3	Johtopäätökset.....	47
7	POHDINTA .....	51
	LÄHTEET .....	54
	LIITTEET.....	57

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Javarustunturin keilausalue.....	26
Kuvio 2. Javarustunturin kehitysluokkakartta .....	27
Kuvio 3. Ottavaaran kehitysluokkakartta .....	27
Kuvio 4. Hilat ja kuviorajat.....	29
Kuvio 5. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Javarustunturi kehitysluokka 00.....	32
Kuvio 6. Puulajijakauma, Javarustunturi kehitysluokka 00.....	33
Kuvio 7. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Javarustunturi kehitysluokat 20 ja 30.....	33
Kuvio 8. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Javarustunturi kehitysluokka 40.....	35
Kuvio 9. Puulajijakauma, Javarustunturi kehitysluokka 40.....	35
Kuvio 10. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Javarustunturi kehitysluokka 80.....	36
Kuvio 11. Puulajijakauma, Javarustunturi kehitysluokka 80 .....	37
Kuvio 12. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Ottavaara luonnonmetsät 00 .....	38
Kuvio 13. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Ottavaara, aapasuot kehitysluokka 00.....	39
Kuvio 13. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Ottavaara, aapasuot kehitysluokka 00.....	39
Kuvio 14. Puulajisuhteet, Ottavaara kehitysluokka 00 .....	40
Kuvio 15. Puulajijakauma, Ottavaara, luonnontilaiset metsät 00.....	40
Kuvio 16. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Ottavaara, kehitysluokka 20 .....	41
Kuvio 17. Puulajijakauma, Ottavaara kehitysluokka 20.....	42
Kuvio 19. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Ottavaara, kehitysluokka 40 .....	43
Kuvio 19. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Ottavaara, kehitysluokka 40 .....	43
Kuvio 20. Puulajijakauma, Ottavaara kehitysluokka 40.....	44
Kuvio 21. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Ottavaara kehitysluokka 60 .....	44
Kuvio 22. Puulajijakauma, Ottavaara kehitysluokka 60.....	45
Kuvio 23. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Ottavaara, kehitysluokka 80 .....	46
Kuvio 23. Puuston tilavuus (m <sup>3</sup> /ha), Ottavaara, kehitysluokka 80 .....	46
Kuvio 24. Puulajijakauma, Ottavaara kehitysluokka 80.....	47
Kuvio 25. Ottavaaran puulajijakauma .....	48
Kuvio 26. Javarustunturin puulajijakauma.....	48
Taulukko 1. Osa kehitysluokkakohtaisesta taulukosta .....	30

## 1 JOHDANTO

Kemijärven pohjoinen ja monin paikoin koskematon luonto voidaan nähdä monimuotoisten metsien ja soiden muodostamana mosaiikkina. Vaarat ja tunturit ympäröivät järvi- ja jokimaisemaa tehden alueesta jopa maailmanlaajuisesti katsottuna arvokkaan luontoalueen. Seutu lukeutuu pohjoisboreaaliseen kasvilisuusvyöhykkeeseen tarkoittaen esimerkiksi havumetsävaltaisuutta ja metsien hidasta kasvua, puuston keskimäärin matalampaa ja harvempaa profiilia sekä havupuiden siementen itävyyttä vain edullisina kesinä. (Pro Kemijärvi Oy 2012; Ilmatieteenlaitos 2014.)

Yksi Euroopan Unionin tärkeimmistä keinoista pyrkiä säilyttämään luonnon monimuotoisuus alueellaan on Natura 2000 -verkosto. Verkostolla pyritään turvaamaan ja suojelemaan EU:n luontodirektiivien määrittelemiä luontotyyppisiä ja lajien elinympäristöjä. Luontotyypeillä tarkoitetaan opinnäytetyömme yhteydessä Euroopan Unionin luontodirektiivissä määriteltyjä suojelukohteita. Suomessa Natura 2000 -verkosto kattaa noin viisi miljoonaa hehtaaria, eli 15 prosenttia Suomen kokonaispinta-alasta. Suojelualueista lähes 80 prosenttia on valtion omistamia, eli Metsähallituksen hallinnassa. (Metsähallitus 2014b.)

Kemijärven kaupungin tai osittain sen alueella sijaitsee 10 laajaa yhtenäistä Natura 2000 -suojelualueita, joista opinnäytetyössämme käsittelemme kahta: Javarustunturia (Natura 2000 -tunnus: FI1300405) ja Ottavaaraa (FI1300406). Javarustunturi on tärkeä vanhojen metsien, vaara- ja suoluonnon kokonaisuus. Se on puustoltaan pääasiassa yli 200-vuotiaita luonnontilaisia kuusikoita. Ottavaaraa kuvaavat vaarojen rinteillä kasvavat yli 200-vuotiaat männiköt. (Ympäristöministeriö 2014a, Lapin ELY-keskus 2013a, Lapin ELY-keskus 2013b.)

Metsähallitus on valtion liikelaitos, joka harjoittaa sekä liiketoimintaa että julkisia hallintotehtäviä hallitsemillaan noin 12 miljoonan hehtaarin valtion maa- ja vesialueilla. Luontopalvelut on Metsähallituksen tulosalue, jonka vastuuna on hoitaa julkiset hallintotehtävät. Luontopalveluiden tehtävänä on siis muun muassa luonnonsuojeluun ja retkeilyyn varattujen valtion maiden hoito- ja retkeilypalveluiden tuottaminen, uhanalaisten eläinlajien ja luontotyyppien suojelutoimet se-

kä metsästyksen ja kalastukseen liittyvät julkiset hallintotehtävät. (Metsähallitus 2014a.)

Laserkeilaukseen perustuvan puustotiedon hankinta on metsätalouden puolella jo perustoimintaa, mutta luontopalvelut ei vielä toistaiseksi ole ollut siinä aktiivisesti mukana. Vuonna 2012 Lapin luontopalveluiden yksikkö lähti mukaan Metsähallituksen, Suomen metsäkeskuksen ja Maanmittauslaitoksen yhteishankkeeseen, jonka tavoitteena oli Kemijärven alueen metsävaratiedon keruu laserkeilamalla. Varsinaisen puustotulkinnan, eli referenssikoealat ja mikrokuvioinnin hankkeeseen teki Terratec Oy. Luontopalveluiden tavoitteena oli saada aineistoa laserkeilauksen testaamiseksi etenkin Pohjois-Suomen luontotyypeillä, sillä menetelmää oli aiemmin testailtu vain Etelä-Suomessa. Aineisto saatiin hankkeen seurauksena Pyhätunturin, Javarustunturin ja Ottavaaran suojelualueilta, mutta sitä ei sittemmin ehditty luontopalveluiden omasta puolesta tarkastella. (Pääkkö 2014.)

Opinnäytetyömme tutkimusongelmana on perinteisiä maastoinventointiaineistoja sekä laserkeilausaineistoja vertaillen selvittää laserkeilaten mitatun puustotiedon käyttökelpoisuutta luonnontilaisilla pohjoisilla luontotyypeillä. Tutkimusongelmaa lähestyäksemme jaoinme sen kahteen eri puustotiedon tarkastelun pääkohteeseen:

1. Kuinka kahden eri aineiston ilmoittamat kuviokohtaiset puuston keskitilavuudet vastaavat toisiaan?
2. Kuinka kahden eri aineiston ilmoittamat puulajikohtaiset tilavuudet vastaavat toisiaan?

Nykyisellä teknologialla ja osaamisella laserkeilaus soveltuu talousmetsien puustoinventointikäyttöön jo hyvin, mutta työmme pohjalta pyrimme tarkastelemaan ja arvioimaan sen käyttömahdollisuuksia myös suojelualueilla. Potentiaalisena hyötynä voisi olla luontotyyppi-inventointitöiden väheneminen puustoisilla luontotyypeillä ja täten kustannustehokkuuden kasvu.



Rajasimme työn käsittämään Javarustunturin ja Ottavaaran suojelualueet ja niillä esiintyvät pääasiallisesti puustoiset luontotyyppikohteet, sillä kyse on ensisijaisesti puustovertailusta. Pyhätunturin aineistoa emme ottaneet vertailuun mukaan sen laajuuden ja alueen kansallispuiston erityisluonteen vuoksi. Työnjakoa suunnitellessa päätimme Ukkosen perehtyvän viitekehyksen Natura 2000- ja luontotyyppiosuuksiin, sekä suorittavan työvaiheessa Javarustunturin aineiston käsittelyn. Pesonen kirjoitti viitekehyksen laserkeilausosion, sekä suoritti Ottavaaran alueen aineiston käsittelyn. Aineiston työvaihetta edeltävä muotoilu sekä tulosten raportointi toteutettiin yhdessä.

## 2 NATURA 2000

### 2.1 Natura 2000 yleisesti

Natura 2000 on kansainvälinen luonnonsuojeluverkosto. Se sai alkunsa vuonna 1992 Euroopan Unionin laatiman ja hyväksymän luontodirektiivin yhdistyessä aiemmin jo vuonna 1979 voimaan tulleen lintudirektiivin kanssa. Verkoston tavoitteeksi asetettiin luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen harvinaisten luontotyyppien ja lajien suojelun avulla. (Airaksinen & Karttunen 2001, 5.)

Luontodirektiivin voimaantulo velvoitti EU:n vanhat ja uudet jäsenmaat sekä sellaisiksi myöhemmin halunneet esittämään suojeluverkostoon luettelon potentiaalisista suojelukohteistaan. Esityksien pohjalta kerättiin sittemmin kattavaa ja yhdenmukaista luontotyyppi- ja lajitietoa yhteiseen tietokantaan. Luetteloiden arviointi toteutetaan yhteistyössä jäsenmaan, Euroopan komission sekä Euroopan ympäristökeskuksen luontokeskuksen kanssa ja suoritetaan erikseen kullekin luonnonmaatihteelliselle vyöhykkeelle. Tämän yhteisen tietokannan tarkoituksena ja tavoitteena on ollut kyetä paremmin valvomaan suojelukohteiden määrää, edustavuutta ja luonnontilaisuutta sekä pyrkiä pitämään alueiden ja lajien suojelutaso suotuisana. (Airaksinen & Karttunen 2001, 5-6.)

Nykyään Natura 2000 suojelee yli 750 000 neliökilometriä maa-alaa, eli yhteensä jopa noin 18 prosenttia koko Euroopan Unionin jäsenmaiden yhteispinta-alasta. Erilaisia suojeltuja luontotyypppejä on Euroopassa noin 200 ja lajeja noin 700 kappaletta. (European Commission 2014; Ympäristöministeriö 2014.)

### 2.2 Natura 2000 Suomessa

Luontodirektiivin voimaantultua ja Suomen liittyttyä Euroopan Unioniin vuonna 1995 direktiivin ja Naturan olennaisimmat kohdat sisällytettiin EU:n käytäntöjen mukaan suoraan maan omaan ympäristö- ja luonnonsuojelulainsäädäntöön. Kirjoitushetkellä Suomessa on Natura-alueita viimeisimmän päivityksen jälkeen 1857 kappaletta ja niiden yhteispinta-ala on noin 50 000 neliökilometriä. Kaikista Natura 2000 -alueista Suomen osuus on pinta-alaltaan noin viisi

prosenttia. (Ympäristöministeriö 2014a.) Pääasiallisesti Naturaan liitetyt alueet olivat jo entisestään muun muassa luonnonsuojelualueita, erämaa-alueita sekä muun suojelun, kuten soidensuojelu- tai vanhojen metsien suojeleuhjelmien kohteita. Esimerkiksi Lapissa uusia, ennestään suojelemattomia alueita verkostoon lisätystä alueista oli vain noin yksi prosentti. (Metsähallitus 2014b.)

Verkostoon on yleisesti Suomessa otettu sellaista luontoa, joka aiemmin on ollut heikosti suojeltua, kuten järviä, suuria jokia, kallioita ja kulttuuriympäristöjä (Metsähallitus 2014b). Suomen Natura 2000 -verkoston voidaan kokonaisuudessaan sanoa olevan lähes valmis, sillä Euroopan komissio on tähän asti hyväksynyt Suomen aikanaan ehdottamat alueet sekä myöhemminä vuosina ehdotetut täydennykset ja lisäykset suojelualueiksi. Vuoden 2014 alussa aloitettiin uusimmat päivitys- ja täydennystoimet, joista päätökset on tarkoitus tehdä vuonna 2015. (Lindqvist & Posio 2005, 19; Ympäristöministeriö 2014b.)

Euroopan Unionin Natura varten laatiman luontotyyppioppaan sisältämät kuvaukset suojeltavista kohteista koettiin Suomen poikkeavissa oloissa haastavaksi käyttää suoraan työssä. Erityisesti ongelmia esiintyi luontotyyppiä tunnistaessa sekä tietokantaan vaadittujen tietojen keräämisessä. Tästä johtuen luonnonsuojeluviranomaisten ja muiden Natura-hankkeen parissa työskentelevien tueksi tuotettiin vuonna 2001 Suomen Ympäristökeskuksen toimesta kattava Natura 2000 -luontotyyppiopas. (Airaksinen & Karttunen 2001, 5.)

Natura-alueiden suojelu Suomessa on perustunut pääasiassa lainsäädännöllisiin seikkoihin, hallinnollisiin määräyksiin ja jonkin verran myös vapaaehtoihin sopimuksiin. Natura-säädökset sallivat suojelualueilla toiminnan, kunhan se ei vaaranna tai heikennä alueen suojeluperusteita, eli sen merkittäviä luonnonarvoja. Mikäli olisi odotettavissa, että jonkinlaista heikentymistä tapahtuu, tulee hankkeiden ympäristövaikutukset ja niiden merkitykset aina arvioida. Merkittävyyden arviointi on aina tapauskohtaista ja siihen vaikuttaa esimerkiksi kyseessä olevien lajien tai luontotyyppien uhanalaisuudesta. Merkittävyyden arvioon vaikuttaa myös potentiaalisten

muutosten laaja-alaisuus suhteutettuna suojelualueen kokoon ja luontoarvojen merkittävyyteen sekä sijoittumiseen. (Metsähallitus 2014b; Lindqvist & Posio 2005, 22.)

### 2.3 Natura 2000 Lapissa

Lapin sijainti tekee sen ympäristö- ja luonnonolosuhteiltaan lähestulkoon ainutlaatuiseksi verratessa aluetta muuhun Eurooppaan. Alue jakaantuu kahteen eri luonnonmaantieteelliseen vyöhykkeeseen – pohjoisin Lappi kuuluu alpiniiniseen ja muu Lappi boreaaliseen vyöhykkeeseen. Alpiniinista vyöhykettä leimaavat laajat suo-alueet, tunturikoivikot ja tuntureiden paljakka-alueet, boreaalista puolestaan havupuumetsät ja puustoiset suot. Lapin pohjoisissa oloissa lajistoa on vähän ja niiden ravintoketjut lyhyitä. Nämä yhdistettyinä lyhyisiin ja nopeasti eteneviin kasvukausiin tekevät seudun ekosysteemeistä ja ekologisista verkoista erityisen haavoittuvia ja ulkopuolisille vaikutuksille herkkiä. (Lindqvist & Posio 2005, 8.)

Syyskuussa vuonna 2005 Lapin läänissä oli Natura 2000 -verkostoon kuuluvia suojelualueita yhteensä 161 kappaletta yhteispinta-alaltaan 3,2 miljoonaa hehtaaria. Pinta-alallisesti tämä tarkoittaa runsasta 60 prosenttia kaikista Suomen Natura-alueista. Yhteensä Lapissa esiintyy 46 eri Natura-luontotyyppiä, mutta pinta-alaltaan boreaaliset luonnonmetsät, aapasuot ja tunturikoivikot kattavat alueista noin 70 prosenttia. (Lindqvist & Posio 2005, 23.)

#### 2.3.1 Boreaaliset luonnonmetsät

Tutkimusalueidemme metsien luonteen huomioiden opinnäytetyömme pääasiallisena tarkasteltavana luontotyyppinä ovat boreaaliset luonnonmetsät. Suomella ja Ruotsilla on niiden suojelussa erityisvastuu Euroopan Unionissa sekä Natura 2000 -verkostossa luontotyyppin esiintyessä vain kyseisten valtioiden alueella. Vaikka boreaalisten luonnonmetsien pinta-alaksi arvioidaan nykyään Natura 2000 -alueilla noin 750 000 hehtaaria, on niitä Fennoskandian alueella jäljellä vain murto-osa alkuperäisestä. Voimaperäinen metsätalous ja kehittynyt palotorjunta ovat vähentäneet esiintymien määrää sekä muuttaneet

niiden rakennetta ja toimintaa merkittävästi. Suomessa luonnonmetsäalueita esiintyy kuitenkin vielä lähes koko maassa kaikkein pohjoisimpia tunturialueita lukuun ottamatta. Edustavimmat ja laajimmat esiintymät ovat nykyään pääosin Itä- ja Pohjois-Suomessa. (Lindqvist & Posio 2005, 24; Suomen Ympäristökeskus 2015a.)

Luonnonmetsien määritelmä on vaihteleva johtuen siitä, että ne ovat usein jatkuvassa muutoksessa satunnaisten tekijöiden, kuten metsäpalojen, hyönteistuhojen ja myrskyjen vaikutuksesta. Yleisesti luonnonmetsiin luetaan kuuluvaksi vanhat luonnontilaiset metsät ja paloalat sekä palojen jälkeen syntyneet ja kehittyneet luonnontilaiset nuoret metsät. Tärkeimpinä luontotyyppin määrittävinä ominaisuuksina pidetään kuolleen lahopuun runsasta määrää, luontaisista häiriöistä johtuvia puuston satunnaista alueellista jakaantumista ja elävän puuston suuria ikä- ja kokovaihteluita. Luonnonmetsän kriteerit voivat täytyä, kun jokin näistä piirteistä on selkeästi havaittavissa. (Lindqvist & Posio 2005, 24.)

Samalla luonnonmetsät toimivat monesti ainoina elinympäristöinä useille uhanalaisille sienille, jäkälille, sammalille ja hyönteisille. Näiden uhanalaisten lajien ja eliöiden selviytymiselle on tärkeää luonnonmetsien lahopuujuoksumo, jolloin metsiköissä on jatkuvasti eri-ikäistä ja -kokoista lahopuuta. (Suomen Ympäristökeskus 2015a, 24; Meriluoto & Soininen 2002, 13.)

### 2.3.2 Aapasuot

Aapasuot ovat pinta-alaltaan Lapin Natura-alueiden yleisin luontotyyppi niiden kattaessa noin 800 000 hehtaarin pinta-alan. Esiintymien verkosto on kuitenkin nykyaikana merkittävästi harventunut, pinta-ala pienentynyt ja luonnontilaisuus heikentynyt alkuperäiseen verrattuna. Pääsyytä tälle ovat olleet muun muassa ojitukset metsätalouden tarpeisiin, pellonraivaukset, turpeenotto, kaivostoiminta sekä soiden puustoisten osien hakkuut. Aapasuot ovat erityisen herkkiä etenkin vesitalouden muutoksille, jolloin kauempanakin toteutetun maankäytön etävaikutukset voivat heijastua niille vahingollisina. Nykyisten suojelutoimenpiteiden ja toiminnan muutoksen seurauksena aapasoiden pinta-

alat ja laatu eivät enää pienene samoissa määrin kuin ennen, mutta eritoten kaivostoiminta Pohjois-Suomessa aiheuttaa vielä uhan luontotyypille. (Suomen Ympäristökeskus 2015b.)

Aapasuot määritellään laajoina, monesti useiden suotyyppien muodostamina suokokonaisuuksina ja -yhdistyminä. Aapasoille tavallisesti luonteenomainen piirre on kovera muoto, jolloin suon keskikohta on reunoja alempana lisäten kevättulvien merkitystä alueen vesitaloudelle. Alueet useimmiten koostuvat keskialueen puuttomista soista, kuten nevoista ja letoista sekä reuna-alueiden kuusi- ja mäntyvaltaisista korvista ja rämeistä. Luonnontilaisuutta arvioidessa aapasoilla keskeisimmät tekijät ovat suo yhdistelmien rakenteellinen eheys, luontainen vesitalous ja turpeenmuodostus, mätäs- ja märkäpintojen vaihtelu, suokasvillisuuden vallitsevuus sekä puuston luonnontilaisuus. (Lindqvist & Posio 2005, 24; Suomen Ympäristökeskus 2015b.)

Usein soiden keskiosilla ja reunoilla esiintyvillä pienillä kivennäismaasaarekkeilla on merkitystä erityisesti lintujen pesimis- ja levähdyspaikkoina. Tämän vuoksi aapasuot ovat ensisijaisesti suojeltuja luontotyyppikohteita ja ne ovat usein erityisesti linnuston kannalta arvokkaita alueita. (Lindqvist & Posio 2005, 24.)

### 2.3.3 Javarustunturin suojelualue

Javarustunturin suojelualue kattaa pinta-alaltaan noin 1400 hehtaaria. Laajimmat Natura-verkoston johtaneet luontodirektiivin luontotyypit ovat luonnontilaiset kuusivaltaiset vanhat metsät, eli boreaaliset luonnonmetsät, ja aapasuot. Nämä luontotyypit peittävät molemmat noin yhden kolmanneksen suojelualueen pinta-alasta. Loppu pinta-alasta koostuu laajasta pienempien luontotyyppien kirjosta. Luontodirektiivissä määritettyjä suojeltavia lajeja alueella ovat karhut ja saukot, lintudirektiivissä mainituista kohteista muun muassa metso, palokärki ja helmipöllö. Alueen metsien yleiskuvaan kuuluvat yli 200-vuotiaat luonnontilaiset kuusikot ja paikoittaiset mäntyaihkut. Javaruksen rinteillä esiintyy myös runsaasti raitoja ja siellä täällä haaparyhmiä. Lahopuun määrä on suuri. (Lapin ELY-keskus 2013a.)

#### 2.3.4 Ottavaaran suojelualue

Ottavaaran Natura 2000 -suojelualue on pinta-alaltaan 820 hehtaaria ja se kuuluu kokonaisuudessaan vanhojen metsien suojeluohjelman piiriin. Myös Ottavaarassa boreaaliset metsät ovat merkittävin ja laajin luontodirektiivissä määritetty luontotyyppi kattaen jopa 85 prosenttia alueen pinta-alasta. Noin kymmenen prosenttia alueesta koostuu puustoisista aapasosta, joka kuuluu tärkeisiin luontotyypeihin. (Lapin ELY-keskus 2013b.)

Ottavaaran metsiä edustavat pääasiassa jyrkän ja kivisen vaaran rinteillä kasvavat yli 200-vuotiaat männiköt. Lehtipuita alueella on hyvin niukasti, mutta keloja ja maapuuta runsaasti. Paikoitellen Ottavaaralla on havaittavissa jälkiä vanhoista poimintahakkuista. (Lapin ELY-keskus 2013b.)

#### 2.4 Metsien käsittely Natura 2000 -alueilla

Lapissa Natura 2000 -alueilla ei käytännössä katsoen harjoiteta metsätaloutta. Suojelun ja käytön yhteensovittamiseen on kuitenkin tarvetta, kun metsätaloutta harjoitetaan Natura-alueen rajoilla. Tällöin vaikutusten arviointi voi olla jopa yhtä tärkeää kuin se olisi varsinaisella suojelualueella toimittaessa. (Lindqvist & Posio 2005, 32.)

Harjoittaessa metsätaloutta Natura-alueilla tai niiden lähialueilla on hakkuut ja muut toimenpiteet suoritettava suojeluperusteet turvaten. Opinnäytetyömme pääasiallinen tutkimuskohde, boreaalisten metsien luontotyyppi on Naturassa ensisijaisesti suojeltava tyyppi. Vanhojen metsien suojeluohjelma sekä soidensuojeluohjelma käytännössä takaavat alueiden metsätaloudellisen koskemattomuuden tulevaisuudessa. Aina asia ei ole ollut näin, kuten nähdään Ottavaaran vanhoista poimintahakkuiden jäljistä. Myös Javarustunturin suojelualueen rajoja myöten on 1970-luvulla hakattu laajoja aukkoja, mutta näiden toimenpiteiden mahdollisia vaikutuksia alueeseen ja sen ekosysteemiin on jälkikäteen vaikeaa enää arvioida. (Lindqvist & Posio 2005, 32.)

### 3 LUONTOTYYPPIEN INVENTOINTI

Metsävaratiedon keruuta, eli metsien inventointia on jo vuosikymmeniä käytetty metsien eri käyttötarkoitusten suunnittelua varten. Luontopalveluiden inventoima kuviotietosisältö oli 2000-luvun alkuun pitkälti samankaltaista kuin metsätalouden puolella, jolloin se ei kattavasti vastannut luontotyyppien todellisia tarpeita. Natura 2000 -hankkeen ja sitä myöten Metsähallituksen luonnonsuojelutoiminnan lisääntyessä tarve inventoida ja kartoittaa tarkemmin sekä seurata monimuotoisuudelle tärkeitä luontotyyppisiä kasvoi. Tarvetta vastaamaan on Suomessa kehitetty alueiden inventointiin omaa inventointimenetelmää, jonka avulla kyettäisiin tehokkaammin keräämään yhdenmukaista paikkatietoa Natura 2000 -alueista sekä kohteiden ominaisuuksista. (Metsähallitus luontopalvelut 2010.)

Metsähallituksen lähes 20 vuotta kestäneen luontotyyppien inventointihankkeen aikana on inventoitu ja kartoitettu lähestulkoon koko luontopalveluiden hallinnassa olevat 3,9 miljoonan hehtaarin maa-alueet. Luonnon jatkuvassa, joskin hitaassa muutoksessa myös hankkeen alkuaikoina inventoidut alueet ovat jo päivityksien ja lisätutkimuksien tarpeessa. Etelä-Suomessa luontotyyppien inventoinnit on tehty käytännössä kokonaan maastokäynneillä, mutta pohjoisessa esimerkiksi valtavia soiden suojelualueita on käsitelty myös vain ilmakuvilta tulkiten. (Autonen 2014; Metsähallitus 2015.)

Inventoinnilla hankittua ja paikkatietojärjestelmiin tallennettua tietoa hyödynnetään Natura 2000 -alueiden seurannassa sekä hoito-, ennallistamis- ja käyttösuunnitelmissa. Kerättyä tietoa käytetään tausta-aineistona ja sen avulla rajataan herkkiä alueita retkeilykäytöltä, tietoa käytetään myös yliopistojen ja eri tutkimuslaitoksien toimesta. (Raunio, Schulman & Kontula 2008, 9; Metsähallitus 2015.)

#### 3.1 Inventointimenetelmät

Kaiken edellä mainitun tietosisällön mukaisten tunnusten määrittäminen edellyttää perinteistä maastossa tehtävää inventointia. Käytännössä tämä ei kuiten-



kaan ole ollut mahdollista, minkä vuoksi merkittävä osa luontotyyppitiedoista on kerätty myös kokonaan tai osittain visuaalisena kaukokartoituksena. Vaikka maastotyön osuus inventoinnista on vielä pysynyt merkittävänä, ovat kaukokartoitustulkinnat nousseet niiden ohi jo käytetyimmäksi inventointimenetelmäksi. (Metsähallitus luontopalvelut 2010.)

Kaukokartoitus tässä tapauksessa on toistaiseksi merkinnyt monilähdeinventointia, eli vanhojen kuviotietojen, ilmakuvioiden, maastosta haettujen tulkinta-avaimien, peruskarttojen ja maaperäkartojen hyödyntämistä. Tällaisilla menetelmillä kerätyn aineiston laatua ei luonnollisesti voida pitää maastotyön veroisena. Yleisesti ottaen kaukokartoitusinventoinnin tuloksena muun muassa kuviointitarkkuus on varsin suurpiirteistä ja luontotyyppiä kuvaavia tunnuksia voidaan määrittää vain rajallisesti. (Metsähallitus luontopalvelut 2010.)

Maastoinventoinnissa luontotyypeiltä kerättävän tiedon minimitaso kattaa normaalisti vähintään kohteen biotooppitietojen ja kasvillisuustyyppien selvityksen sekä mahdolliset toimenpidetarpeet ja niiden tavoitteet. Biotooppitiedot voivat sisältää esimerkiksi tietoa alueen inventointiluokasta, ravinteisuudesta, Natura-kelpoisuudesta, topografiasta, geomorfologiasta ja edustavuudesta. Kasvillisuustyyppien määrittäminen on ensiarvoisen tärkeää eritoten lehto- ja suokuviolla sekä perinnebiotooppikohteilla. (Metsähallitus luontopalvelut 2010.)

Kohteesta riippuen maastoinventoinnissa olennaista selvitettävää ovat usein myös elävän puun ja lahoppuun määrien selvittäminen. Elävää puustoa arvioitaessa pyritään kuvaamaan vähintään kaikki kohteen puulajit ja puusto-ositteet sekä puuston latvuspeittävyys. Lahoppuun määrän ollessa merkittävä (yli 5 m<sup>3</sup>/ha) myös kuvion lahoppuutiedot mitataan puulajeittain ja ositteittain. (Metsähallitus luontopalvelut 2010.)

Tulevaisuudessa haasteena luontotyyppi-inventoinnissa voidaan nähdä vanhentuvien kuviotietojen päivittäminen ja kustannustehokkuuden parantaminen laadun pysyessä hyvällä tasolla. Teknologian kehittyessä numeerisiin kaukokartoituskeinoihin, eli pääasiallisesti laserkeilaukseen pohjautuvien inventointimene-

telmien voidaan olettaa kasvattavan merkitystään, kuten metsätalouden puolella on jo tapahtunut.

### 3.2 Luontotyyppien seuranta

Inventointityön jatkoksi lisätyötä aiheuttaa luontodirektiivin velvoittama kaikkien direktiivin liitteen I luontotyyppien seuranta. Kerran inventoitujen luontotyyppien seuranta antaa tietoa niiden tilan kehityksestä. Tavoitteena on lisätä tietoa luontotyyppien kokonaispinta-alan, levinneisyyden ja sijaintien kehityksestä sekä kohteiden rakenteen, toiminnan ja lajiston muutoksista. (Suomen ympäristökeskus 2013.)

Valtakunnallinen seuranta on toistaiseksi ollut hyvin vähäistä, mutta tarve kattavamman seurannan aloittamiseen on pikainen. Luontodirektiivin liitteen I eri luontotyyppinä esiintyy Suomessa 69, mutta resurssien ja suojelutavoitteiden kannalta on nähty perustelluksi kohdentaa seurantaa eri tavoin eri tyypeihin. Tärkeimmiksi katsottujen luontotyyppien seurantaan on todettu siis olevan perusteltua käyttää enemmän resursseja. Tämän vuoksi Suomessa esiintyvät luontotyypit on asetettu suuntaa-antavaan järjestykseen sen perusteella, miten tärkeäksi seuranta katsotaan. (Liukko & Raunio 2008, 44.)

Kriteerit luontotyyppien seurantarpeen priorisoinnille on kehittänyt Suomen ympäristökeskus. Priorisoinnin pääpainotus on niin sanotusti luonnontieteellisissä kriteereissä, joilla pyritään kuvaamaan luontotyyppien ekologinen merkitys, tila ja uhat. Tällöin seurantarve painottuu erityisesti luontotyypeille, joiden esiintymät Suomessa ovat merkittävät koko Euroopan mittakaavassa ja joita kuvataan myös kansainvälisen vastuuluontotyyppien -käsitteellä. Seurantarvetta luontotyyppille voivat lisätä myös juuri kyseiseen elinympäristöön sitoutuneet uhanalaiset lajit, luontotyyppien heikko tila tai siihen kohdistuvat merkittävät uhat. (Liukko & Raunio 2008, 44.)

Luonnontieteellisten kriteerien lisäksi seurantarvetta arvioidessa otetaan huomioon hallinnolliset kriteerit, jotka kattavat kansainvälisessä lainsäädännössä ja kriteereissä asetetut velvoitteet. Luontotyypeillä hallinnollisia kriteerejä

ovat luonto- ja lintudirektiivin sekä luonnonsuojelu-, metsä- ja vesilain velvoitteet. Seurantatarve siis kasvaa, mikäli luontotyyppi on esimerkiksi luontodirektiivissä ensisijaisesti suojeltavaksi määritelty, jos se vastaa metsälain erityisen tärkeää elinympäristöä tai luonnonsuojelulain suojelemaa tyyppiä. (Liukko & Raunio 2008, 46.)

Luonnontieteellisille ja hallinnollisille kriteereille on luotu pisteytysjärjestelmä helpottamaan priorisointijärjestyksen kokonaisuuden hahmottamista ja jotta luontotyyppijoukkoa voidaan paremmin järjestää eri tekijöiden perusteella. Kriteerien arviot ja pisteytykset perustuvat asiantuntija-arvioihin ja luonnontieteellisillä kriteereillä on seurantatarpeen arvioinnissa ensisijainen painoarvo. (Liukko & Raunio 2008, 46) Pisteytysjärjestelmä sekä sen kriteerit selviävät tarkemmin liitteestä 1, joka on peräisin Suomen ympäristökeskuksen julkaisusta ”Luontotyyppien ja lajien seuranta luonto- ja lintudirektiiveissä” (Liite 1).

Luontotyyppien seurantatarpeen havainnollistamisen helpottamiseksi tyypit on jaettu neljään priorisointiluokkaan A, B, C ja D niiden yhteispisteiden perusteella siten, että joka luokassa on neljännes luokiteltujen tyyppien kokonaismäärästä. Opinnäytetyössämme keskeiset boreaaliset luonnonmetsät sekä aapasuot kuuluvat pisteytysjärjestelmän mukaan priorisointiluokkaan A, joten niiden seurantatarpeen katsotaan olevan erityisen tärkeää ja siihen katsotaan perustelluksi käyttää enemmän resursseja. (Liukko & Raunio 2008, 47.)

## 4 LASERKEILAUUS

### 4.1 Laserkeilauksen perusteita

Laserkeilauksessa käytetään hyväksi sähkömagneettista säteilyä, jonka keilattavasta kohteesta heijastuvaa paluusignaalia tulkitsemalla voidaan tuottaa tietoa kohteesta. Keilauksesta saatava tieto on käytännössä keilaimen ja keilauskohdan välinen etäisyys. Keilaimen sijainti saadaan GPS-järjestelmästä. Näillä tiedoilla voidaan muodostaa malli pinnasta, eli latvuserroksesta ja maasta niiltä kohdin, missä keilauspiste on osunut maahan. (Kangas, Päivinen, Holopainen & Maltamo 2011, 138.)

Mitä tiheämpää pulssia käytetään, sitä tarkempaa tietoa keilattavasta alueesta saadaan ja malleista tulee tarkempia. Metsätaloudessa käytetään harvapulssista keilainta, jonka lähetystiheys on 0,5-2 pulssia/m<sup>2</sup>. Harvapulssisen keilaimen pulssitiheys ei riitä vielä yksittäisten puiden mallintamiseen. Pulssitiheysongelman välttämiseksi tulkinnoissa hyödynnetään referenssikoealoja. Referenssikoealoilta mitataan metsätalouden toimien suunnittelussa tarpeelliset puustotunnukset, joita käytetään tulkinta-avainten muodostamiseen. Tulkinta-avainten avulla voidaan puustotunnuksia yleistää aineistossa toisiaan muistuttaville paikoille. (Kangas ym. 2011, 138–139.)

### 4.2 Laserkeilauksen ongelmat

Laserkeilaus ei ole täysin ongelmaton menetelmä mitä tulee metsikön erilaisten puustotunnusten mittaamiseen. Harvapulssisella keilaimella tuotettu aineisto tuottaa epätarkempaa tietoa, kuin tiheäpulssinen keilain. Hintojen laskun ja tekniikan kehittyminen saattaa kuitenkin tulevaisuudessa mahdollistaa tiheäpulssisen keilaimen käytön. (Holopainen, Hyyppä, Vastaranta & Hyyppä 2011; 129, 138.)

Puuston ikää ei ole onnistuttu vielä eri menetelmien yhdistelmälläkään tuottamaan luotettavasti ilman maastokäyntiä tai aikaisempaa maastoinventointitietoa (Maltamo, Packalén, Uuttera, Ärölä, & Heikkilä 2008, 304). Voidaan kuitenkin

pohtia onko ikätiedon tuottamismenetelmien kehittäminen kannattavaa, koska yhä suurempi osa metsistä tulee käsittelyyn. Käsittelyn myötä niiden ikä tulee selväksi ja ne viimeistään liitetään viimeistään tunnetun metsävaratiedon piiriin.

Puulajien tunnistaminen kaukokartoitusmenetelmin ilman ihmissilmää on edelleen ongelmallista. Tuotetun tiedon tarkkuutta on mitattu tutkimuksissa ja tulkitsemisen menetelmiä on pyritty kehittämään saadun tiedon myötä. Ilmakuvien ja harvapulssisen laserkeila-aineiston sisältämää tietoa yhdistelemällä on päästy metsikön rakenteesta riippuen erilaisiin tarkkuuksiin. Kuviotasolla tilavuuden suhteelliseksi keskivirheeksi on saatu männyllä 28,08 prosenttia ja kuusella 32,64 prosenttia, lehtipuiden osalta virhe oli 63,33 prosenttia (Packalén ja Maltamo 2006, 618). Tiheäpulssisesta keilausaineistosta on pystytty erottelemaan ilmakuvia ja laserintensiteettiä hyödyntäen puulajit 96 prosentin tarkkuudella. (Holopainen ym. 2011, 133.)

Puulajisuhteiden ennustaminen on myös osoittautunut vaikeaksi. Puulajisuhteen ennustaminen onnistuu nyky menetelmässä parhaiten pääpuulajin osalta. Yleensä talousmetsistä tulee varsin vähän koealoja, joissa olisi pääpuulajina lehtipuu. Aineisto jää siten vajaaksi tarkan ennustamisen toteutumiseksi, samasta syystä ei koivua ole mahdollista erotella muista lehtipuista. (Packalén & Maltamo 2006, 618.)

Uusia sovelluksia voi tulevaisuudessa syntyä tutkimuksen edetessä muillakin kuin metsätieteellisellä alalla. Tästä esimerkkinä käy vuonna 2012 Helsingin Yliopistolle valmistunut Eetu Puttosen fysiikan väitöskirja *Tree Species Classification With Multiple Source Remote Sensing Data*. Väitöskirjassa pyrittiin selvittämään yksittäisten puiden tunnistamismahdollisuudet eri tavoin kerätystä kaukokartoitusaineistosta hyödyntäen puustoa kuvaavia muotopiirteitä ja spektrivastetta. Spektrivasteet tutkimuksessa kerättiin kameroilla tai spektrometrillä. Metsätaloudessa on ilmakuvatiedon ohessa kerätty ja hyödynnetty vastaavankaltaista tietoa esimerkiksi väärävärικuvien muodossa. Tutkimuksen johtopäätöksenä todettiin aktiivisten useaa aallonpituutta samanaikaisesti mittaavien kaukokartoituslaitteistojen kehitystarve. Puttonen uskoo jo muutaman sovelluksen parantavan puuston lajitulkintaa huomattavasti. Kvantitunnistus- ja lasken-

tamenetelmiä kehitetään jatkuvasti myös metsätalouden tarpeisiin ja vain tulevaisuus näyttää kuinka tarkkaan lajitunnistukseen kaukokartoituksen menetelmien voimme päästä kustannusten nousematta liian suuriksi. (Puttonen 2012; 1–3, 53–55.)

Alle 1,5 metrin taimikoille laserkeilaus ei tule sopimaan tulevaisuudessakaan. Maanpinnan epätasaisuudet aiheuttavat liikaa tulkintavirhettä näin pienillä pituuksilla. eikä luotettavaa tulosta ole mahdollista muodostaa. (Närhi, Maltamo, Packalén, Peltola & Soimasuo 2008, 15.)

#### 4.3 Laserkeilauksen ja tulkinnan kehittyminen

Laserkeilauksen puustotulkinnan kehittämiseen on Suomessa panostettu voimakkaasti ja valtio on rahoittanut useita sitä koskevia projekteja. Merkittävänä esimerkkinä mainittakoon TEKESin rahoittama ja Metlan toteuttama ”Laserkeilauksen käyttö metsävarojen tarkassa inventoinnissa” vuosina 2005 -2007 (Metsälaser), jossa oli mukana lisäksi Arbonaut, UPM Kymmene, TAPIO, Metsähallitus, Ponsse sekä Metsämannut. Projektissa tavoitteena oli kehittää menetelmä puulajikohtaisten puustotunnusten ennustamiseksi kuviotasolla hyödyntäen laserkeilaustietoa. Projektissa hyödynnettiin ilmakehän aineistoa ja maastossa tarkasti mitattuja koealoja. Koealojen tuottama tarkka puustotieto voitiin yhdistää ilmakehän sävyarvo- ja tekstuuritunnusten avulla tiettyihin puulajeihin. Laserkeila-aineisto tuotti tietoa puuston korkeudesta ja määrästä. K:n lähimmän naapurin menetelmällä voitiin lopulta etsiä vastaavuuksia ilmakehän koealoista ja laserkeila-aineistosta. Puuston kokonaistilavuuden osalta suhteellinen keskivirhe oli yleensä noin 10 ja pääpuulajin osalta 20 prosenttia. (Maltamo ym. 2008, 304–306.)

Nykyään taimikoiden inventointi tehdään maastotyönä ja yksi kehittämisen painopiste onkin laserkeilausaineiston tulkinnassa. Taimikoista kerättävä puustotieto ei ole riittävän tarkkaa, jotta sitä nykyisellään voitaisiin tulkita luotettavasti. (Moliis 2011.) Aihetta on tutkittu jo ainakin vuonna 2008 alustavasti yli kahden metrin taimikoilla. Tutkimuksessa pyrittiin inventoimaan kuusen taimikoita ja määrittämään hoidon kiireellisyyttä laserkeilauksen ja metsäsuunnitelmatietojen

avulla. Laserpisteaineiston tunnuksilla alkuperäisen suunnitelman tiedoilla pyrittiin ennustamaan koelaitteiden puuston keskipituutta ja tiheyttä. Taimikonhoidon kiireellisyysluokittelu onnistui 71,8 prosenttisesti ja tulokset antavat viitteitä, että laserkeilausta voidaan hyödyntää taimikoiden inventoinnissa tarkemman tiedon ollessa saatavilla. (Närhi ym. 2008, 1.)

### 3.3 Laserkeilauksen merkitys metsätaloudelle

Metsätaloudessa laserkeilauksen avulla tuotetaan puustotietoja nopeasti suurilta aloilta, millä on merkittävä vaikutus metsätalouden kustannuksiin ja tehokkuuteen (Holopainen ym. 2011; 129, 138). Suuret metsäalan yritykset ovat ottaneet laserkeilauksen avosylin vastaan. Metsäomaisuutta omistavat yritykset ovat keilauttaneet ahkerasti omia metsävarantojaan, esimerkiksi UPM on vuodesta 2008 lähtien kerännyt metsävaratiedot pääosin laserkeilauksen avulla. Alun perin toimivaa mallia on lähdetty kehittämään jo 1990-luvun lopulta alkaen erilaisilla pilottihankkeilla. UPM Metsä kerää vuosittain metsävaratietoja 150 000 hehtaarin alueelta ja metsäsuunnittelupäällikön arvion mukaan vuonna 2014 koko yhtiön metsäpinta-ala olisi ollut keilattu. Laserkeilauksen tuottaman tiedon avulla toimintaa voidaan tehostaa huomattavasti. Laajojen alueiden inventointi ja käsittely nopeutuu merkittävästi hehtaarikohtaisten kustannusten pudotessa alle puoleen vanhoihin menetelmiin verrattuna. (Moliis 2011.)

## 5 AINEISTO JA TYÖMENETELMÄT

### 5.1 Aineiston kuvaus

#### 5.1.1 Maastoinventointiaineisto

Opinnäytetyössämme käytetty maastoinventointiaineisto Javarustunturilta ja Ottavaarasta on kerätty luontopalveluiden luontokartoittajien toimesta vuonna 2012. Inventointihanke toteutettiin silmälläpitäen tulevaa laserkeilauskokeilua, jonka vuoksi nimenomaan puustotietojen mittaustarkkuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota. Aineiston luotettavuuden kannalta inventointiajankohta sijoittui otollisesti syksylle lumettomaan aikaan.

Inventointiohjeena hankkeessa käytettiin luontopalveluiden luontotyyppiinventoinnin maastotyöohjetta vuodelta 2010. Ohjeessa on seikkaperäisesti ja tarkkaan selvitetty luontotyyppien maastoinventoinnin eri vaiheet, kerättävät tiedot ja menetelmät. Elävän puuston arvioinnin osalta ohjeet ovat pitkälti perinteisten metsätalouden inventointiperiaatteiden mukaiset, mutta joitain eroavaisuuksiakin löytyy.

Maastoinventoinnilla kerätyt tiedot on osoitettu kuviokohtaisesti ilmakuvioiden ja maastotyön pohjalta rajatuille luontotyyppikuvioiden. Kuviotietojen puusto-osioon on kuvattu vain elävä puusto, kuollut puusto on kirjattu omaan osioonsa. Maastotöiden aikana puu- ja metsätunnukset on mitattu ja arvioitu puusto-ositteittain, eli pyritty muodostamaan samaa puulajia olevien sekä samankokoisten ja -ikäisten puiden joukkoja. Myöhemmässä laskentavaiheessa mittaustulokset on yhdistetty koko kuviota koskeviksi metsikkötunnuksiksi. Mitattavat ja arvioitavat tunnuksot elävästä puustosta ovat puuston eri jaksot, puulajit, synty tapa, pohjapinta-ala ja runkoluku, keskiläpimitta ja -pituus, kokonaisikä sekä kokonaislatvuspeittävyys. Myös kitu- ja joutomaiksi luokiteltaville kuvioiden on merkitty puustotiedot, mikäli niillä on mainittavaa puustoa. Näissä tapauksissa ositteille on merkitty vähintään jakso, puulaji, synty tapa, pohjapinta-ala tai vaihtoehtoisesti runkoluku sekä keskipituus.



Opinnäytetyötämme varten olennaisimmat maastomittaustiedot ovat pohjapinta-  
alat, runkoluvut ja keskipituudet. Tulemme pääasiallisesti keskittymään vertai-  
luissamme keskitilavuuksiin ja puulajikohtaisiin tilavuuksiin, metsän hehtaari-  
kohtaiset keskitilavuudet arvioidaan näiden tunnuksien avulla.

Maasto-ohjeen mukaisesti pohjapinta-ala on mitattu relaskoopikoealoilla niille  
metsämaan ositteille, joissa puuston keskiläpimitta ylittää 5 senttimetriä. Taimi-  
koista ja nuorista kasvatusmetsistä on mitattu pohjapinta-alan sijasta runkoluku  
käyttäen joko 3,99 tai 5,64 metrin säteen ympyräkoealaa. Ositteiden keskipituu-  
det on määritetty pohjapinta-alalla painotetun mediaanipuun pituudesta. Jos  
pohjapinta-alaa ei ole mitattu, on keskipituus määritetty runkolukuun luettujen  
puiden keskipituudesta. Keskipituudet on arvioitu metrin tarkkuudella. Keskilä-  
pimitaltaan alle 5 senttimetrin puusto-ositteille tilavuudet on laskettu runkoluvun  
mukaan, suuremman keskiläpimitan puusto-ositteilla laskenta pohjautuu pohja-  
pinta-alaan.

Mitattujen koealojen määrästä kuviota kohden emme saaneet tarkkaa tietoa,  
mutta tavallisesti niiden määrä riippuu kuvion pinta-alasta, metsän tasaisuudes-  
ta ja tilarakenteesta. Eli oletettavaa on, että mitä suurempi kuvio ja mitä epäta-  
saisempi tai tilarakenteeltaan vaihteleva puusto, sitä enemmän koealoja on mi-  
tattu tarkempaa arviota varten. Kohdealueillamme näiden tekijöiden vaihtelu on  
laajaa metsien ja soiden luonnontilaisuudesta johtuen.

### 5.1.2 Laserkeilausaineisto

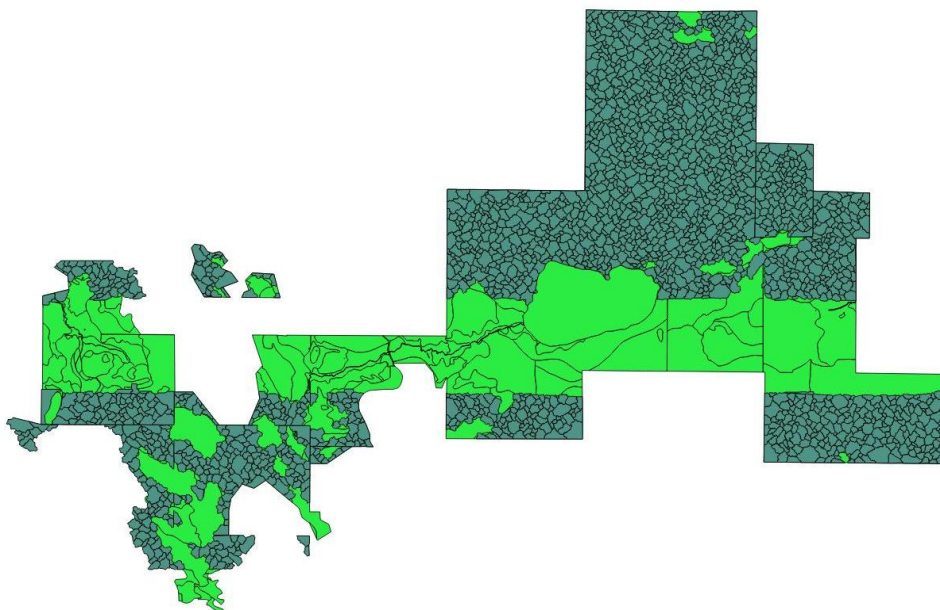
Vertailussa käytettävä laserkeilausaineisto on Metsäkeskuksen, Maanmittaus-  
laitoksen Ilmakuvakeskuksen ja Metsähallituksen Itä-Lapin alueen yhteisestä  
laserkeilaushankkeesta vuodelta 2012. Aineiston tuottaja on Suomessa vuodes-  
ta 2009 toiminut TerraTec Oy, joka on norjalaisen TerraTec AS:n tytäryhtiö (Ter-  
raTec Oy 2015). Opinnäytetyötämme varten saatu aineisto kattaa käytännössä  
kaiken laserkeilauksen tuottaman ja siitä käsitellyn tiedon. Alkuperäisen piste-  
pilven lisäksi käytettävissämme on myös TerraTecin tuottama hila-aineisto ja  
siihen perustuva mikrokuviointi. Laserkeilaushanke toteutettiin yhteensä 5292

neliökilometrin alalla Kemijärven alueella kesällä 2012 ja luovutettiin tilaajalle saman vuoden lopussa.

Hila-aineisto koostuu 16 x 16 metrin ruuduista, joille puuston tulkinta on tehty hyödyntäen maastosta otettuja referenssikoealoja. Koealoilta on mitattu yleisimmät puustotunnukset, kuten pituus, läpimitta ja pohjapinta-ala. Hila-aineistolta selviää myös maalaji, ojitustilanne, lämpösumma, ikä ja käsittelyehdotus.

Aineistoja tutkiessamme totesimme opinnäytetyömme vertailun kannalta hila-aineiston mikrokuviointia käytännöllisemmäksi. Puustomäärien vertailussa on pyrittävä saamaan vertailtava tieto maantieteellisesti samoilta paikoilta. Päätimme pohjata vertailun Metsähallituksen kuviointiin, jolloin kykenimme paikkatieto-ohjelman avulla valitsemaan kuvion sisäiset hilat. Mikrokuvioinnin rajat noudattelevat Metsähallituksen kuviorajoja varsin satunnaisesti, joten vertailu niiden pohjalta olisi ollut epäkäytännöllisempää kuin hila-aineiston käyttö.

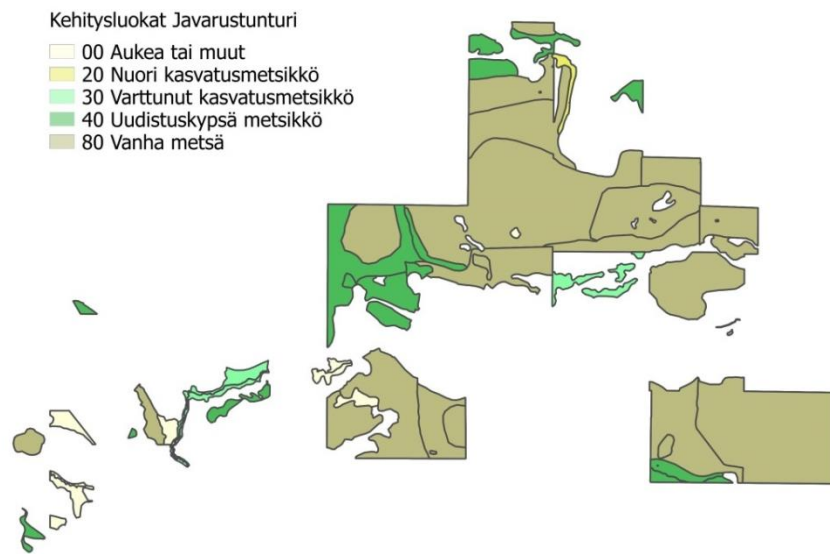
Javarustunturin alueella laserkeilaus oli osittain epäonnistunut. Alueen keskelle jäi laaja sivuttaissuuntainen kaistale ilman hilatietoja, eikä sen sisään jääneitä kuvioita voitu vertailussa siten hyödyntää. Kartalla näkyy kirkkaanvihreänä puutuva keilausaineisto (Kuvio 1).



Kuvio 1. Javarustunturin keilausalue

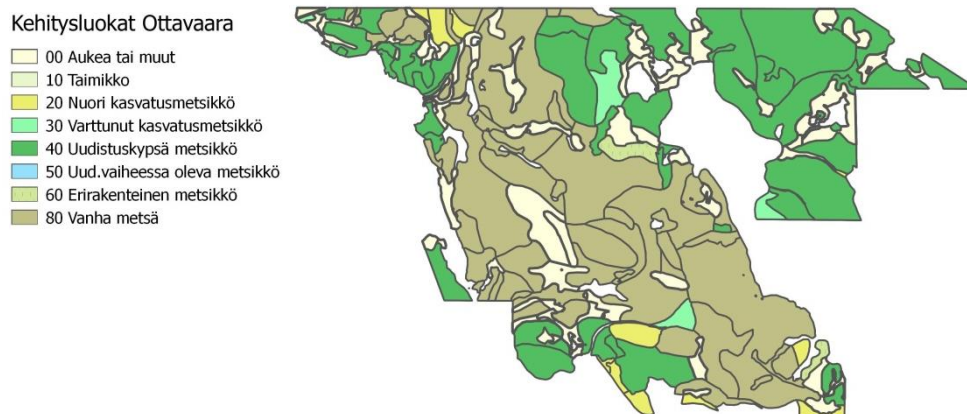
## 5.2 Aineiston käsittely

Kokonaisuudessaan Javarustunturin alueella on SutiGis-biotooppikuvioita 261 kappaletta ja Ottavaarassa 282 kappaletta. Javarustunturin keilaamisen osittaisesta epäonnistumisesta johtuen, ja osan biotooppikohteista ollessa täysin puuttomia tai erittäin vähäpuustoisia tutkimukseen tulevien kuvioiden määrä väheni (Kuvio 2).



Kuvio 2. Javarustunturin kehitysluokkakartta

Kuvioiden lukumäärään vaikutti myös alueiden kuvioiden pinta-ala, Javarustunturilla on paljon pieniä kuvioita (Kuvio 3), toisin kuin Ottavaarassa. Lopulliseen vertailuun Javarustunturilta tuli mukaan 42 kuviota ja Ottavaarasta 183.



Kuvio 3. Ottavaaran kehitysluokkakartta

Aineistosta poistettiin ennen työvaihetta suoraan ne biotooppikuviot, joilla ei ollut puustoa lainkaan. Tällaisia biotooppeja olivat pääasiassa vesistöt, lähteet ja lähdesuot sekä avosuotyypit. Myös vähäpuustoisimmat kohteet, kuten silikaattikalliot, louhikot, vaihettumissuot ja osa aapasoista jäivät vertailun ulkopuolelle, sillä niillä puiden määrä oli liian vähäinen tarkoituksenmukaiseen vertailuun. Käytäessä läpi kuvioden puustotunnuksia päädyttiin valitsemaan mukaan sellaiset kuviot, joilla joko maastomitattu pohjapinta-ala oli yhteensä vähintään neljä tai runkoluku vähintään tuhat runkoa hehtaarilla. Tätä pienemmän tai harvemman puuston omaavilla kuvioilla keskitilavuudet jäivät pieniksi, jolloin prosentuaalinen ero olisi kasvanut liian suureksi ollakseen käytännöllinen vertailussa.

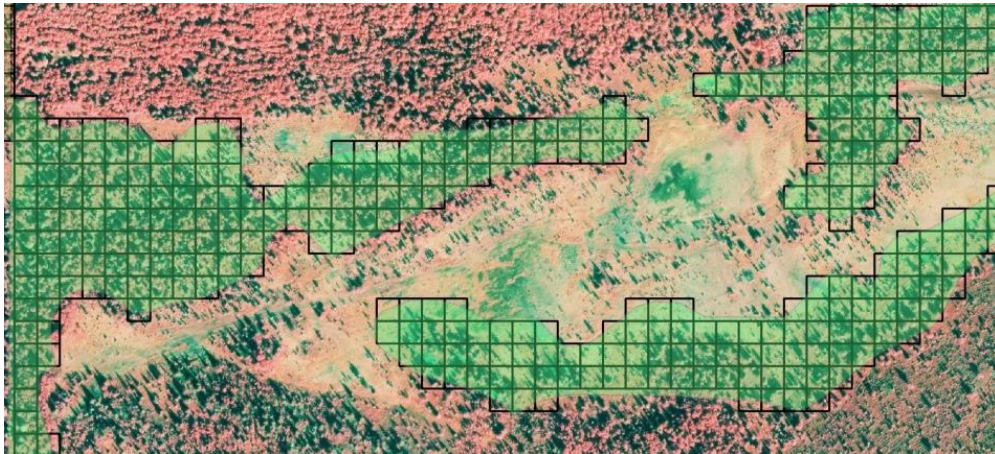
Aineiston alkukäsittelyn eri työvaiheet suoritettiin QGIS-paikkatieto-ohjelmalla. Ohjelma ei ollut ennestään meille tuttu, joten sen toiminta piti pääosin opetella alusta asti. Tässä auttoi aiempi kokemus vastaavista paikkatieto-ohjelmista, kuten MapInfosta. QGIS osoittautui kuitenkin monipuolisemmaksi sekä käyttäjäystävällisemmäksi, ja internetistä löytyvien ohjeiden, sekä kysy ja vastaa -palstojen avulla ongelmat ratkesivat nopeasti.

Ohjelmalla muodostettiin molemmista suojelualueista erilliset työtilat, jolloin aineistoa kyettiin käsittelemään kontrolloidusti ja jakamaan yhä pienempiin käsittelytasoihin. Expression-kyselytoiminnon avulla kyettiin nopeasti ja tarkasti hakemaan tarkoituksenmukaiset ja sen hetkisen työvaiheen kriteerit täyttävät kuviot.

Luontopalveluilta saatu aineisto käytti kahta eri koordinaatistoa. SutiGisistä irrotettu vektoriaineisto käytti KKJ-koordinaatistoa ilmakuvioiden ja hila-aineiston käytäessä EUREF-FIN -koordinaatistoa. Luontopalveluiden vektoriaineisto siirrettiin EUREF-koordinaatistoon hyödyntämällä QGISin On The Fly CRS Transformaation -toimintoa, jolloin saatiin työtilojen aineistot vertailua varten kohdilleen ja samaan koordinaattijärjestelmään.

Luontopalveluiden kuviotietoaineisto toimitettiin kolmessa eri Shapefile-tiedostossa, jotka sisälsivät joka kuviolle puusto-, biotooppi- ja perustiedot. Tiedostoista luotiin kuviokohtaisen tunnistenumeron (IDPERKUV) avulla yhdistäen yksi yhtenäinen kokonaisuus, joka sisälsi kaikki opinnäytetyössä tarvittavat tiedot kuvioista. Taulukoiden yhdistämisen yhteydessä työn kannalta turhia sarakkeita poistettiin työskentelyn nopeuttamiseksi ja selkeyttämiseksi.

Hila-aineisto toimitettiin pistemuodossa, jossa jokaista 16 x 16 metrin hilaa edusti yksi piste puustotietoineen. Hilapisteet muutettiin teemoitustoiminnolla ruudukoiksi, jolloin niiden edustavuutta kuvion pinta-alasta voitiin paremmin tarkastella työstön yhteydessä (Kuvio 4).



Kuvio 4. Hilat ja kuviorajat

### 5.3 Työmenetelmät

Puustotietojen vertailun suorittamiseksi ja tulosten taulukoinnissa käytettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. Aluksi tarvittavat puustotiedot tuotiin QGISistä kehitysluokittain ja kuvioittain Exceliin, jolla suoritettiin ensimmäiset laskennat (Taulukko 1). Excelissä kehitysluokakohtaiset taulukot muotoiltiin siten, että tiedot voidaan tarvittaessa siirtää suoraan SPSSään.

102	Javarus kehitysluokka 4	m3/ha	m3/ha					
103	IDPERKUV	SutiGIS	Hila	Prosentuaalinen ero		SutiGIS	Hila	Prosentuaalinen ero
104					Mänty	0,00	39,72	#DIV/0!
105	213003301	118	110,6	-6,26	Kuusi	93,00	60,97	-34,44
106					Muut lehtipuut	25,00	9,92	-60,32
107								
108					Mänty	0,00	32,87	#DIV/0!
109	213003302	84	95,3	13,48	Kuusi	65,00	54,48	-16,18
110					Muut lehtipuut	19,00	7,97	-58,05
111								

Taulukko 1. Osa kehitysluokkakohtaisesta taulukosta

Taulukkoon tuotiin luontopalveluiden maastoinventointitiedoista kuvion tunnistenumero ja puulajikohtaiset puustotilavuudet hehtaarilla. Tunnistenumeron avulla kuvat voitiin tarvittaessa helposti paikantaa jälkeenpäin, esimerkiksi tulosten tarkastelun yhteydessä. Hila-aineiston keskiarvojen selvittämiseksi valittiin SutiGis-kuviorajojen sisälle jäävät hilat QGISin Select by Location -toiminnolla. Toiminto asetettiin valitsemaan kaikki käsiteltävää kuviota koskettavat hilapistet, eli käytännössä sekä kuvion sisällä, että rajoilla sijaitsevat pisteet. Näin valittujen hilojen puulajikohtaiset keskiarvot saatiin laskettua Basic Statistics -komennolla. Select by Location -toiminnolla valittujen hilojen vaikutusalue voi olla myös osittain kuviorajan ulkopuolella, koska hilapiste sijaitsee hilaruudun keskellä. Keskusteltuamme asiasta matematiikan ja paikkatiedon opettajiemme kanssa totesimme kuitenkin, ettei tällä olisi merkittävää vaikutusta tuloksiin.

Vertailua varten luotu Excel-taulukko laskee puuston keskitilavuudet hehtaarilla suoraan siihen syötetyistä ositteista, joten keskitilavuutta ei tarvitse tuoda taulukkoon erikseen. Ilmoitetut prosentuaaliset erot kertovat, kuinka monta prosenttia hila-aineistosta laskettu tilavuus poikkeaa luontopalvelujen maastossa mittaamista tilavuustiedoista. Kaikki maastoinventointitiedoissa ilmoitetut lehtipuuden tilavuudet on laskettu taulukkoon yhteen Muut lehtipuut -sarakeeseen johtuen siitä, ettei laserkeilaus myöskään erottele eri lehtipuulajeja toisistaan.

Keskitilavuuksien vertailu aineistojen välillä esitetään kuviokohtaisesti kehitysluokittain pylväsdiagrammien avulla. Diagrammeissa on kuvattu kuviokohtaisilla pylväspareilla sekä maastoinventointi- että laserkeilausaineistoista saatu kuutio-tilavuus hehtaarilla. Pylväsparit on järjestetty maastoinventoidun keskitilavuuden mukaan nousevassa järjestyksessä. Havainnot tulosten prosentuaalisista

eroista, kuten minimi, maksimi ja keskiarvo kehitysluokassa on esitetty diagrammeja selventävissä tekstiosuuksissa.

Puulajikohtaiset tilavuusvertailut esitetään koko kehitysluokkia kuvaten, sillä kuviotasolla toimiessa erojen suuri vaihteluväli ja pylväiden liiallinen määrä aiheuttaisivat epäselvyyttä. Käytetty esitysmuoto on prosentuaalisesti esitetty pylväskaavio, josta ilmenevät puulajikohtaisten prosentuaalisten tilavuuksien määrät kahdessa aineistossa.

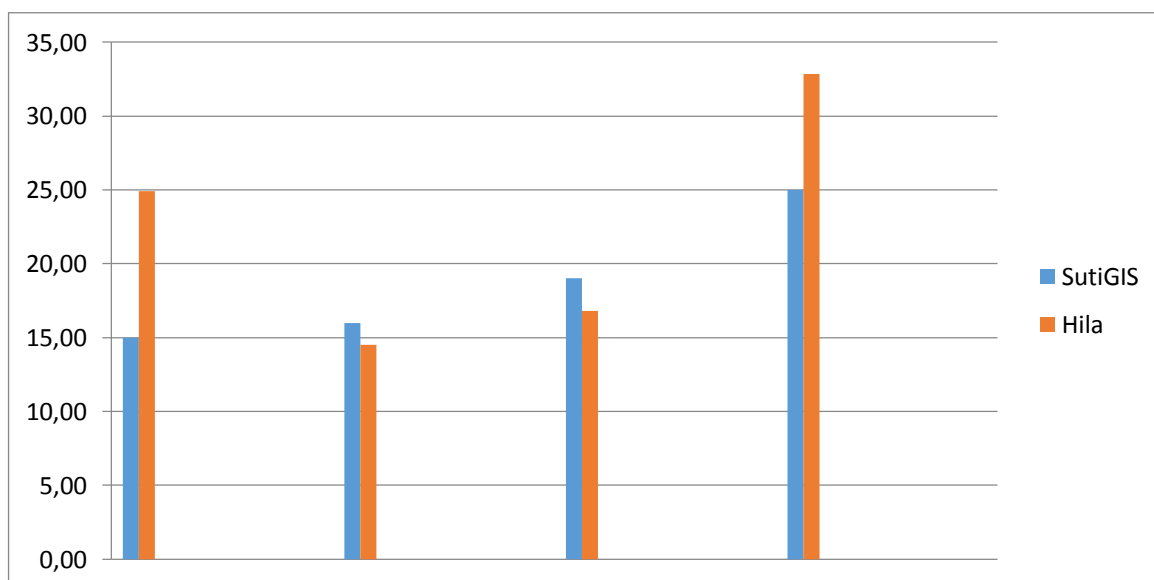
## 6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 6.1 Javarustunturi

#### 6.1.1 Kehitysluokka 00 tai ei kehitysluokkaa

Javarustunturilla kehitysluokkaan 00 (Aukea) kuuluvia tai ilman kehitysluokkamäärittystä olevia kuviota tuli vertailuun mukaan neljä (4) kappaletta. Kuviosta kolme on määritetty luontotyyplitään aapasuoksi ja yksi boreaaliseksi luonnonmetsäksi, jonka kasvualustana on kuitenkin kalliokko.

Keskimäärin tässä luokassa kuvioiden puustotilavuus hehtaarilla on pieni ja puusto hyvin harvaa. Siitä huolimatta maastoinventoinnin ja laserkeilauksen ilmoittamat tilavuudet ovat sekä kuutiomääräisesti, että myös prosentuaalisesti kohtalaisen hyvin toisiaan vastaavat. Keskiarvoltaan laserkeilaamalla saadut tilavuudet olivat maastoinventointitulavuuksia 19,19 prosenttia suuremmat, mutta otannan ja kuutiomäärien ollessa näin pienet, prosentuaalinen ero ei ole kovin kertova tieto. Onnistuneimmalla kuviolla tilavuuksien ero on vain 9,19 prosenttia ja kuutiomääräisesti kyse on tällöin vain 1,5 kuutiosta hehtaarilla (Kuvio 5).

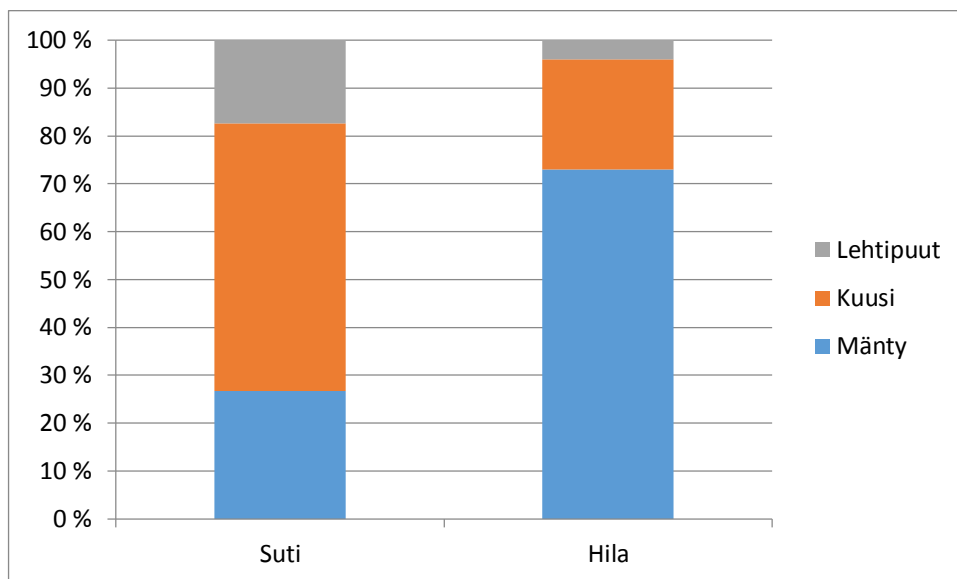


Kuvio 5. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Javarustunturi kehitysluokka 00

Puulajisuhteet eivät laserkeilaustiedossa vastaa maastomittauksia kovinkaan hyvin. Lehtipuiden määrä on molemmissa pieni, mutta laserkeilauksessa on



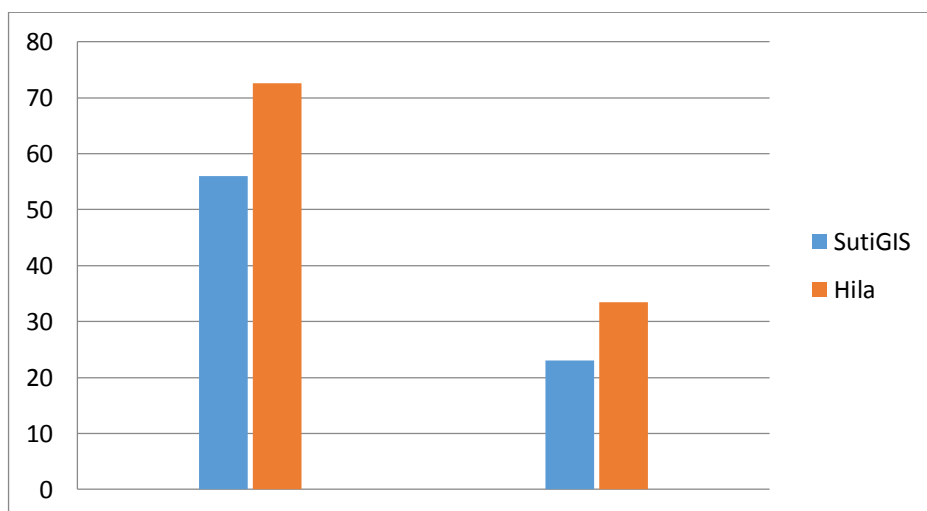
kuusi selkeästi tulkittu virheellisesti männyksi (kuvio 6). Yhdellä neljästä kuviosta myös lehtipuuta oli tulkittu männyiksi.



Kuvio 6. Puulajijakauma, Javarustunturi kehitysluokka 00

### 6.1.2 Kehitysluokat 20 ja 30

Javarustunturilla vertailukelpoista tietoa kehitysluokista 20 (nuori kasvatusmetsikkö) ja 30 (varttunut kasvatusmetsikkö) oli vain yhdellä kuviolla molemmissa kehitysluokissa. Kehitysluokan 20 kuvio on luontotyyppiltään boreaalinen luonnonmetsä ja kehitysluokan 30 kuvio aapasuo, mistä johtuen suuremmassa kehitysluokassa oli kuitenkin pienempi tilavuus (Kuvio 7).



Kuvio 7. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Javarustunturi kehitysluokat 20 ja 30

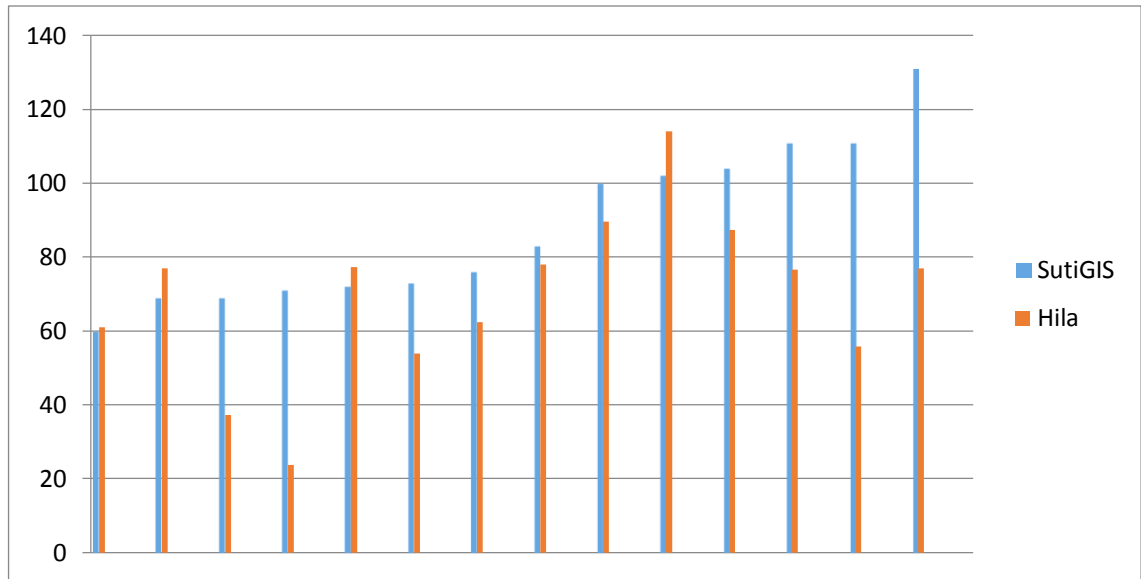
Ensimmäisten pylväiden kuvaamassa kehitysluokassa 20 laserkeilauksen ilmoittama tilavuus on maastoinventointia tilavuutta 29,69 prosenttia suurempi. Toisen pylväsparin kuvaamassa kehitysluokassa 30 vastaava ero on 45,71 prosenttia. Kuutiomääräisesti ero on kehitysluokassa 30 pienempi, mutta prosentuaalisen eron suuruus johtuu pienestä kuutioiden kokonaismäärästä.

Kyseessä ollessa vain yksi kuvio kehitysluokkaa kohden näistä tuloksista ei varsinaisesti voida vetää mitään johtopäätöksiä. Kuviot ovat myös muodoiltaan epäsuotuisat käytettäessä hila-aineistoa toisena vertailukohtana. Kehitysluokan 20 kuvio on pitkulainen ja kapea, jolloin useat hiloista osuivat sille huonosti ja naapurikuvioiden reunavaikutus oli suuri. Kehitysluokan 30 kuvio puolestaan kattaa aapasuokokonaisuuden metsäiset reunaosiot, jolloin on mahdollista että reunavaikutus suokokonaisuuden puuttomilta alueilta on vaikuttanut lopputulokseen. Molemmille kuviolle suoritettiin myös puulajikohtainen tilavuusvertailu, mutta niissä aineistojen välillä ei havaittu minkäänlaista mainittavaa yhteneväisyyttä.

### 6.1.3 Kehitysluokka 40

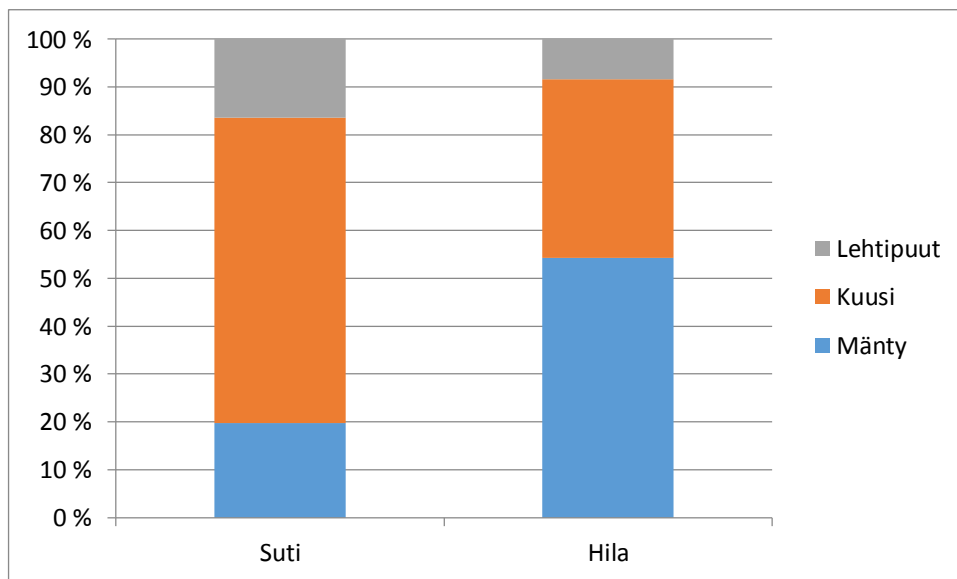
Vertailukelpoisia kehitysluokkaan 40 (uudistuskypsä metsikkö) kuuluvia kuvioita oli Javarustunturilla 14 kappaletta. Kuvioista jokainen edustaa luontotyyppiltään boreaalista luonnonmetsää.

Kehitysluokassa 40 otannan, puuston sekä kuvioiden koon kasvaessa ja kuvioiden muotojen ollessa suotuisampia hiloille vertailun tulokset ovat myös käyttökelpoisempia (Kuvio 8). Maastoinventoinnin ilmoittama keskitilavuus oli keskiarvoltaan vain 19,92 prosenttia laserkeilattua tietoa suurempi. Ero olisi voinut olla pienempikin, sillä tulokseen vaikuttavat negatiivisesti muutamalta kuviolta tulleet huomattavan suuret erot. Yli puolilla kehitysluokan kuvioista vertailun prosentuaalinen ero on selkeästi alle 20, ja vähimmillään vain 1,58 prosenttia. Kuitenkin neljällä kuviolla laserkeilauksen ilmoittama tulos on jopa 40–65 prosenttia pienempi, joka luonnollisesti nostaa myös keskiarvollista eroa.



Kuvio 8. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Javarustunturi kehitysluokka 40

Kehitysluokassa 40 pääpuulaji koko alueella on kuusi. Lehtipuiden määrä on muutaman prosentin pienempi kuin mäntyjen (Kuvio 9).



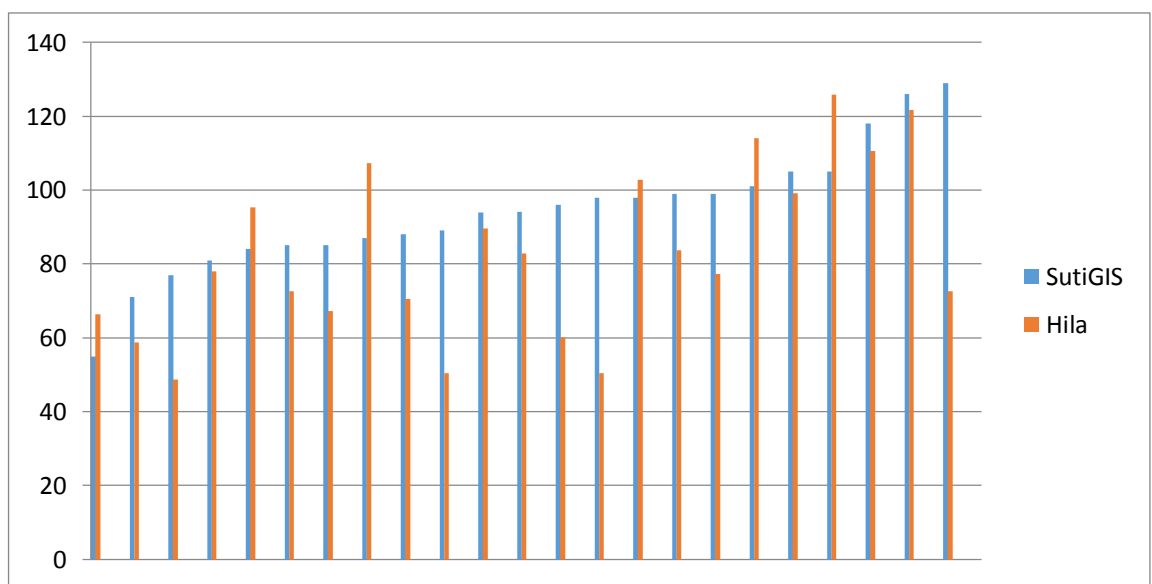
Kuvio 9. Puulajijakauma, Javarustunturi kehitysluokka 40

Mäntyjä on kehitysluokassa noin 20 prosenttia. Yhdeksällä neljästätoista kuviosta kuusta ja lehtipuita molempia oli selkeästi tulkittu männyksi. Tuloksista huomattiin, että kaikilla näillä kuvioilla laserkeilaus ilmoittaa keskitilavuuden maastoinventointia pienemmäksi (vaihteluväli -66,52 – -6,04 prosenttia).

#### 6.1.4 Kehitysluokka 80

Vertailukelpoisia, kehitysluokkaan 80 (vanha metsä) kuuluvia kuvioita oli Javarustunturilla 22 kappaletta. Kuvioista jokainen edustaa luontotyypiltään boreaalista luonnonmetsää.

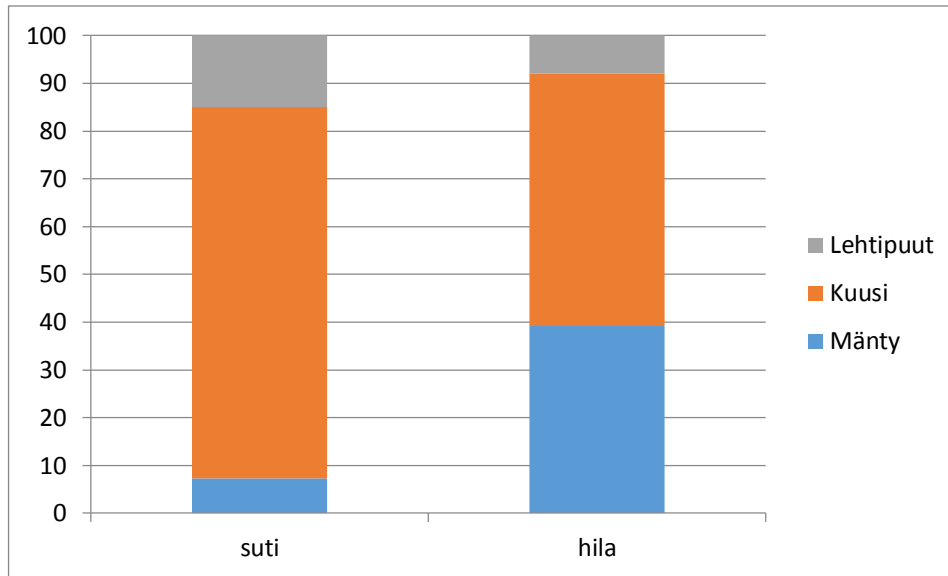
Kehitysluokassa 80 on myös huomattavissa, kuinka otannan ja kuvioiden koon kasvaessa, sekä selkeämpien kuviomuotojen kanssa vertailulla saatavat tulokset alkavat korreloida paremmin keskenään (Kuvio 10).



Kuvio 10. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Javarustunturi kehitysluokka 80

Tässä kehitysluokassa maastoinventointitiedoista laskettu keskitilavuus on keskiarvoltaan enää vain 11,30 prosenttia laserkeilaamalla saatua tulosta suurempi, lähimmillään päästään jopa vain 3,37 prosentin eroon. Suurimmillaan tilavuus on laserkeilauksessa 48,54 prosenttia suurempi kuin maastossa mitattu.

Vanhoissa metsissä vaikuttaisi toistuvan sama ongelma kuin kehitysluokassa 04. Laserkeilausaineistossa männyn määrä on selkeästi suurempi, kuin maastomittausaineistossa (Kuvio 11). Puulajisuhteissa kuusi on selkeästi muuttunut männynksi ja lehtipuille vaikuttaa tulosten perusteella käyneen saman.



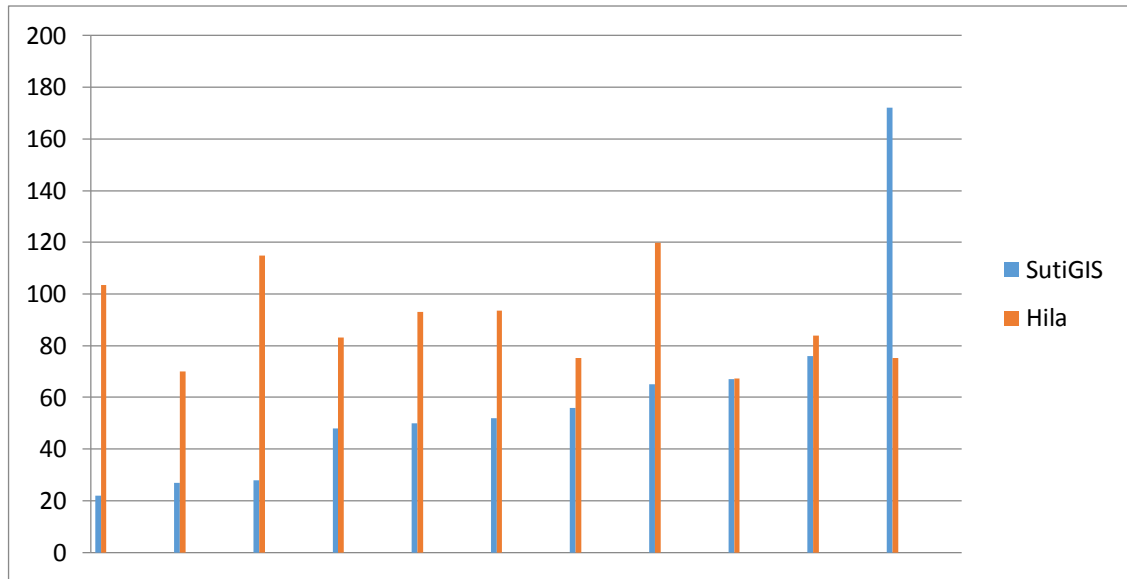
Kuvio 11. Puulajijakauma, Javarustunturi kehitysluokka 80

## 6.2 Ottavaara

### 6.2.1 Kehitysluokka 00 tai ei kehitysluokkaa

Ottavaarassa kehitysluokkaan 00 tai ilman kehitysluokkaa oleviin kuvioihin kuuluu 69 kuviota, joista 12 on luontotyybiltään boreaalisia luonnonmetsiä ja loput aapasoiden ja puustoisten soiden yhdistelmätyyppejä. Suuren joukon esittämisen helpottamiseksi ja selkeyden vuoksi metsäkuviot ovat kuvattuna omassa pylväsdiagrammissaan ja suokuviot kahdessa erillisessä diagrammissa.

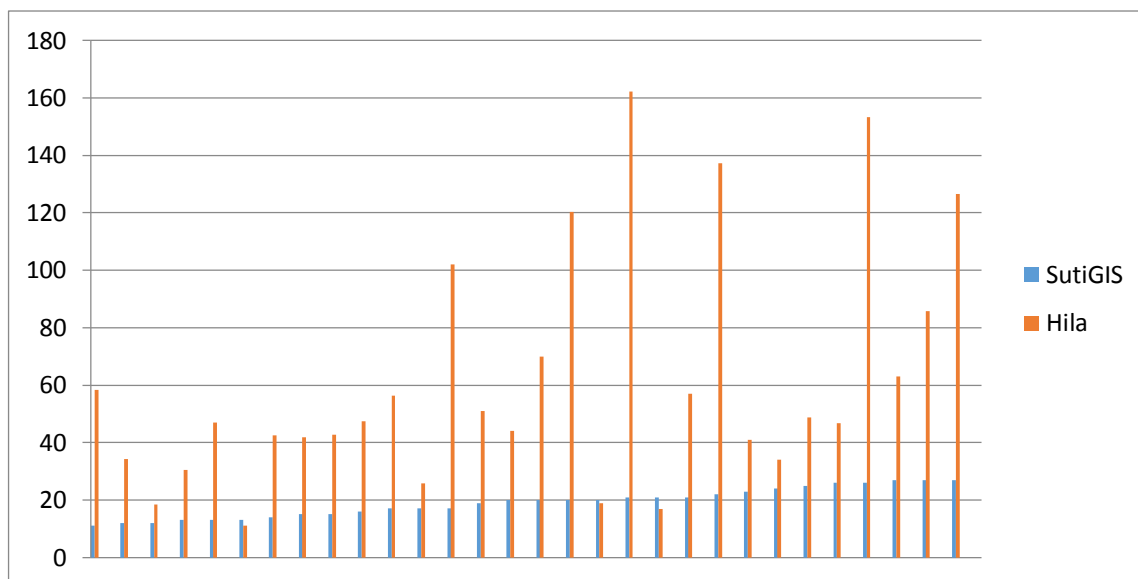
Pääosa kehitysluokkaan 00 merkityistä luonnonmetsistä on kasvualustaltaan kalliikkoja tai muuten vaan heikon kasvumaaperän omaavia alueita. Kun tarkastellaan sekä aineistojen tilavuuksien suuria eroja että ilmakuvia, on havaittavissa kuinka kehitysluokan kapeille, pienille ja kivikkoisille kuvioille on laserkeilaamalla saatua huomattavan paljon suurempia tilavuuksia (Kuvio 12). Erittäin todennäköisestä on, että tämä johtuu pääasiassa viereisten, järeämpien metsien vaikutuksesta tulokseen. Vaikka parhaimmillaan yhdellä kuviolla aineistojen ilmoittamat tilavuudet eroavat toisistaan vain 0,61 prosenttia, kokonaisuutena kehitysluokan tilavuudet eivät ole vertailukelpoisia. Kehitysluokan luonnonmetsien osalta laserkeilauksesta laskettu tilavuus on keskiarvoltaan jopa 108,29 prosenttia maastossa arvioitua suurempi.



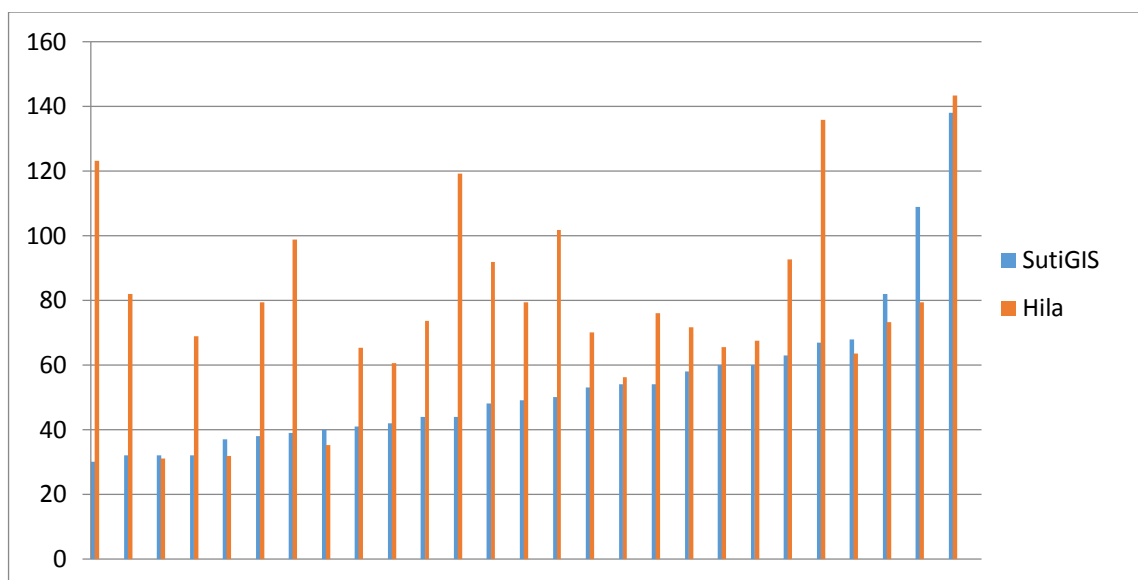
Kuvio 12. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Ottavaara luonnonmetsät kehitysluokka 00

Kuten luonnonmetsien osalta, ei myöskään kehitysluokan 00 suokuvionlta saatu vertailussa erityisen käyttökelpoisia tuloksia. Pääosin syyt lienevät samat kuin metsäkuviolla, kuvioden kapeat ja pienet muodot ovat vähentäneet niille todellisuudessa osuneiden hilojen määrää. Tällöin viereisten, isompien ja metsäisten kuvioden reunavaikutus on nostanut laserkeilauksesta laskettuja tilavuuksia merkittävästi. Siellä täällä yksittäisillä kuvioilla aineistojen tilavuudet ovat yhteneviä ja ilmakuvia tutkiessa havaittiinkin näissä tapauksissa ympäröivissä metsissä selkeää samankaltaisuutta kohdekuvion kanssa. Tällöin siis laserkeilauksen tilavuuksiin eivät ole reunametsät vaikuttaneet ja tulokset vastaavat todellisuutta paremmin. Tämä ilmenee hyvin kehitysluokan diagrammista, joka on suuren kuviomäärän vuoksi jaettu kahteen osaan (Kuvio 13).

Lähimmäs aineistojen yhteneväisyydessä päästiin kuviolla, jossa laserkeilauksesta laskettu tilavuus on vain 0,61 prosenttia maastossa arvioitua suurempi. Kuitenkin koko kehitysluokan suoalueita tarkastellessa laserkeilauksen tilavuudet ovat keskiarvoltaan 136,73 prosenttia maastoarvioitua suurempia, joten menetelmää ei voida tässä tapauksessa pitää kovin käyttökelpoisena.

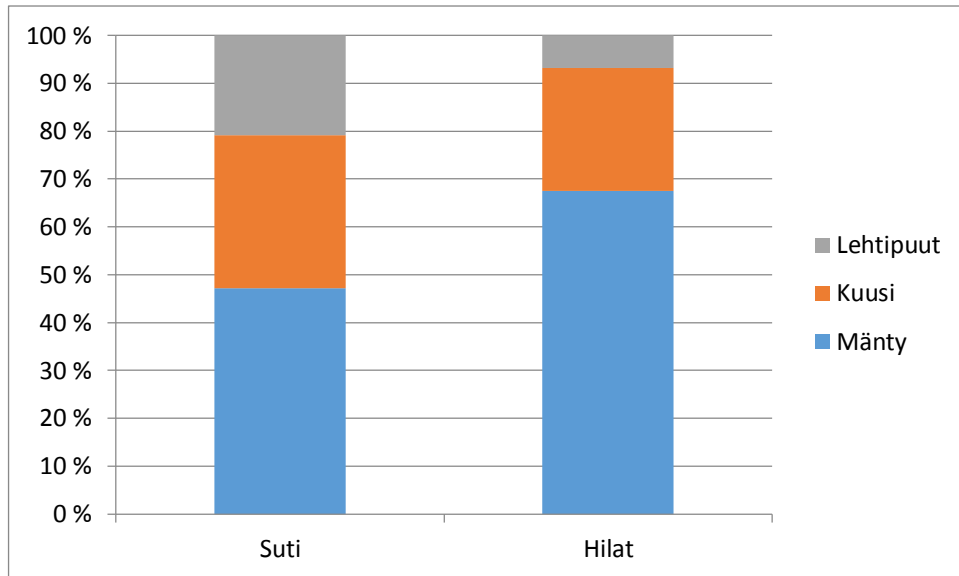


Kuvio 13. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Ottavaara, aapasuot kehitysluokka 00



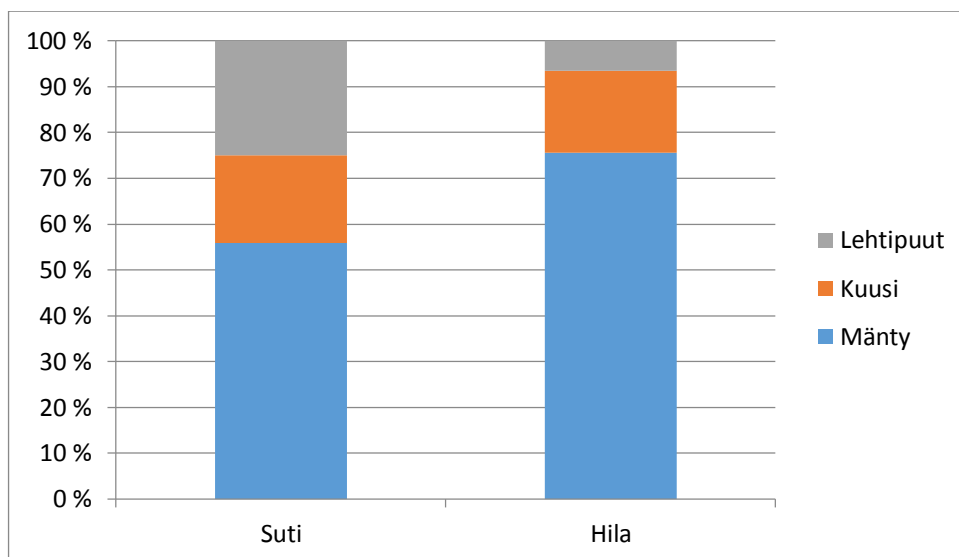
Kuvio 13. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Ottavaara, aapasuot kehitysluokka 00

Ottavaarassa kehitysluokan 00 ja kehitysluokattomien kuvioiden laserkeilauksen antamat puulajisuhteet vastaavat tilavuudenheitosta huolimatta kokonaisuutena yllättävän hyvin maastoinventointitietoa (Kuvio 14). Yksittäisillä kuviolla puulajisuhteet eivät kuitenkaan ole totuudenmukaisia. Tuloksia tasoittaa tulkin-tojen tasainen heittäminen, esimerkiksi kuviolla 2105017483 kuusta on laserkeilauksaineistossa 1607 prosenttia enemmän kuin maastoinventointiaineistossa, mutta kuviolla 213015787 mäntyä on vastaavasti 1444 prosenttia enemmän.



Kuvio 14. Puulajisuhteet, Ottavaara kehitysluokka 00

Luonnontilaisten metsien kuvioilla kuusten määrä osuu hyvin yhteen; molemmilla mittausmenetelmillä osuudeksi saadaan noin 20 prosenttia (Kuvio 15). Laserkeilaus on kuitenkin näilläkin kuvioilla tulkinut eritoten lehtipuita männyiksi.



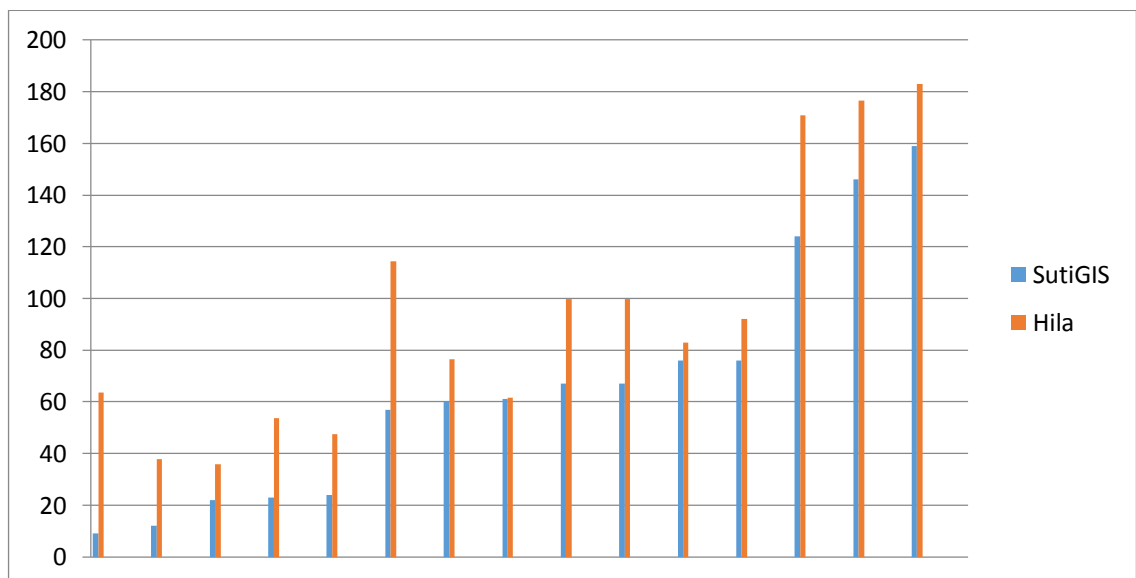
Kuvio 15. Puulajijakauma, Ottavaara, luonnontilaiset metsät kehitysluokka 00



### 6.2.2 Kehitysluokka 20

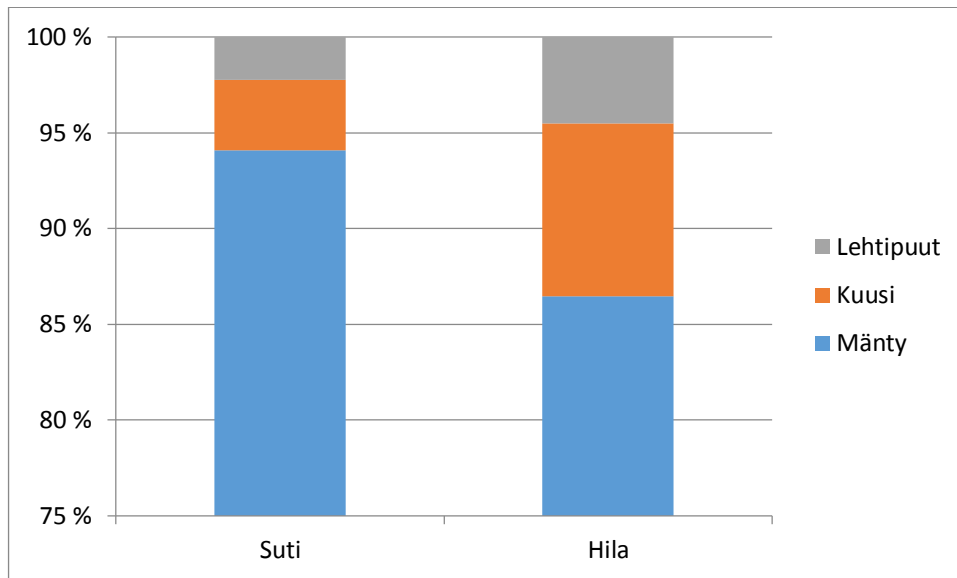
Kehitysluokkaan 20 kuuluvia kuvioita on Ottavaarassa yhteensä 13 kappaletta. Erityistä huomioitavaa tässä kehitysluokassa on suuri vaihtelu kuviokohtaisissa tilavuuksissa. Mukana on muutamia kuvioita, joiden vallitseva jakso on kooltaan jo lähes seuraavaa kehitysluokkaa vastaavaa ja ylispuustona kasvaa huomattavan järeeää vanhempaa puustoa. Toisaalla on samaan kehitysluokkaan kuuluvia, mutta puustoltaan hyvin paljon pienempiä ja harvempia, osa juuri taimikkovaiheen ohittaneita kuvioita.

Nuorissa kasvatusmetsissä laserkeilaamalla saatu tilavuus on poikkeuksetta maastoinventointitulosta suurempi (Kuvio 16). Keskimääräisesti kahden aineiston tilavuudet ovat lähempänä toisiaan kuvioilla, joissa puusto on jo hieman varttuneempaa ja parhaiten onnistuneella kuviolla ilmoitettujen keskitilavuuksien erotus onkin vain 0,6 kuutiometriä, eli 0,98 prosenttia. Pääasiassa laserkeilauksen tilavuudet ovat kuitenkin huomattavan paljon suurempia ja eritoten pienimpien puustojen kuvioilla korrelaatiot kahden aineiston väliltä katoavat lähes täysin. Kaikkein vähäpuustoisimmalla kuviolla, joka on juuri taimikkovaiheen ylittänyt, laserkeilauksen ilmoittama keskitilavuus on peräti 607,89 prosenttia maastossa ilmoitettua suurempi.



Kuvio 16. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Ottavaara, kehitysluokka 20

Ottavaaran kehitysluokassa 20 laserkeilaus on tunnistanut pääpuulajin oikein männyksi, mutta iso osa männyistä on myös tulkittu kuusiksi (Kuvio 17) ja kuviokohtaisen tarkastelun perusteella myös lehtipuita on päätynyt männyiksi. Kuvioilla, joilla tilavuuksien ero aineistojen välillä on pieni, ovat myös puulajisuhteet samankaltaisimmat tässä kehitysluokassa.



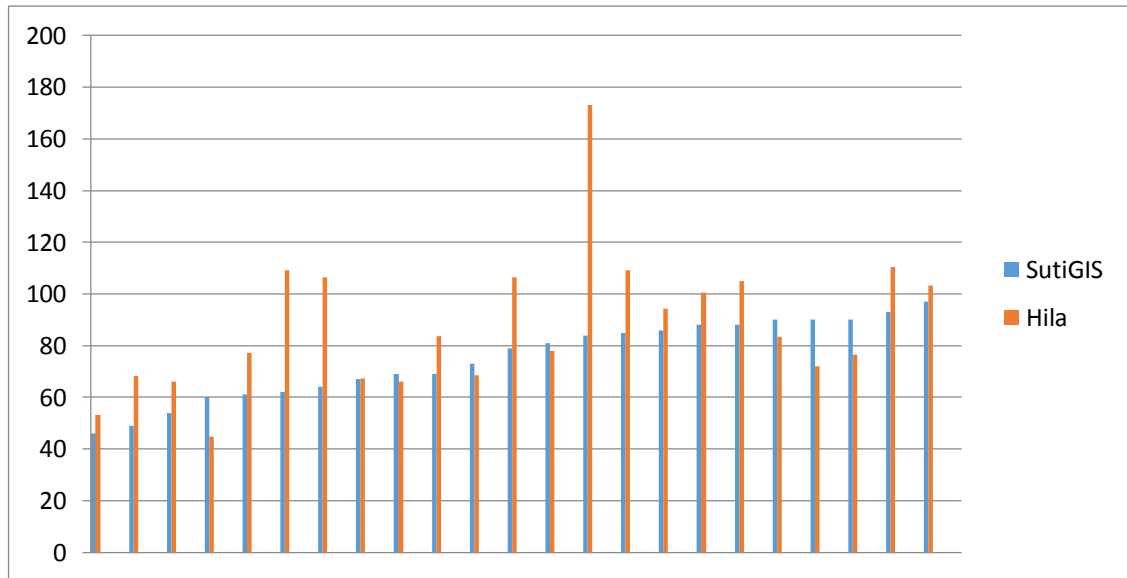
Kuvio 17. Puulajijakauma, Ottavaara kehitysluokka 20

### 6.2.3 Kehitysluokka 40

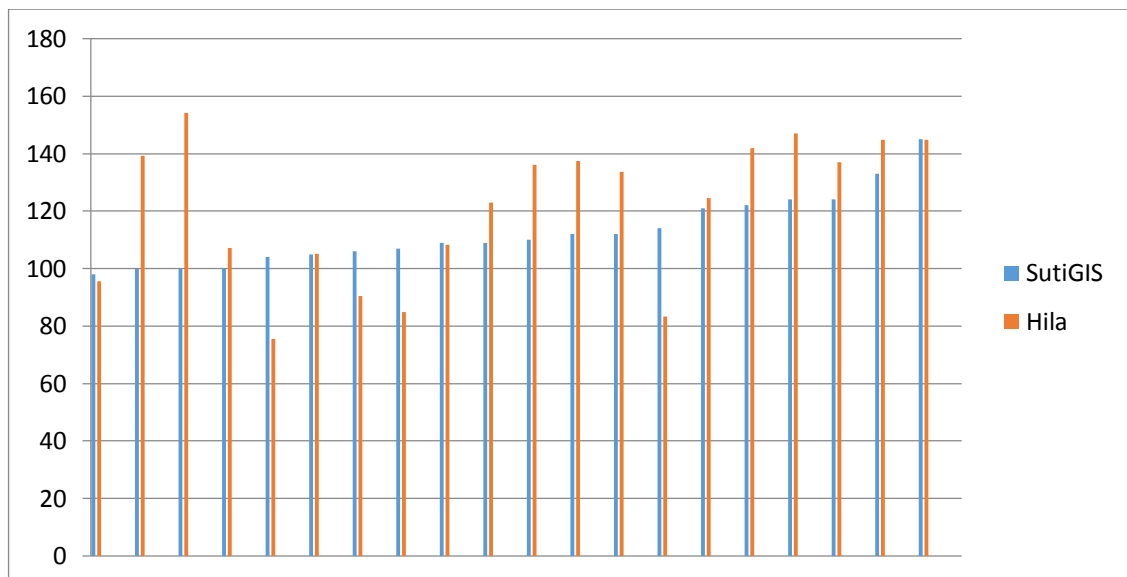
Ottavaarassa kehitysluokkaan 40 (uudistuskypsä metsikkö) luokiteltuja kuvioita oli yhteensä 43 kappaletta, joten selkeyden vuoksi myös ne esitetään kahdessa diagrammissa. Uudistuskypsistä metsiköistä kaikki kohteet olivat luontotyyppiltään luonnontilaisia metsiä.

Kehitysluokassa 40 tilavuuksien ero prosentuaalisesti vaihtelee pääosin 5 – 20 prosentin välillä, joten aineistoja voidaan pitää tämän ikäisissä kohteissa kohtalaisen hyvin korreloivina (Kuvio 19). Suurimmillaan ero on laserkeilauksen ilmoittaessa jopa kaksinkertaisen tilavuuden määrän (105,94 prosenttia), mutta kyseessä on vain yksi kuvio koko joukosta. Jopa neljällä kuviolla päästään alle prosentin eroon kahden aineiston ilmoittaman tilavuuden välillä. Parhaan tuloksen antaneella kuviolla erotus on mitättömät 0,2 m<sup>3</sup>/ha, eli vain 0,16 prosenttia suurempi maastossa mitattu tilavuus. Maastoinventoinnin mukaan kyseessä on

täysin mäntyvaltainen kuvio, kun taas laserkeilaus on huomionnut myös ilmaku-  
viltta havaittavissa olevat yksittäiset kuuset ja lehtipuut. Keskiarvillisesti koko  
kehitysluokassa laserkeilaamalla saatu tilavuus on vain 13,17 prosenttia maas-  
toinventoitua tilavuutta suurempi.



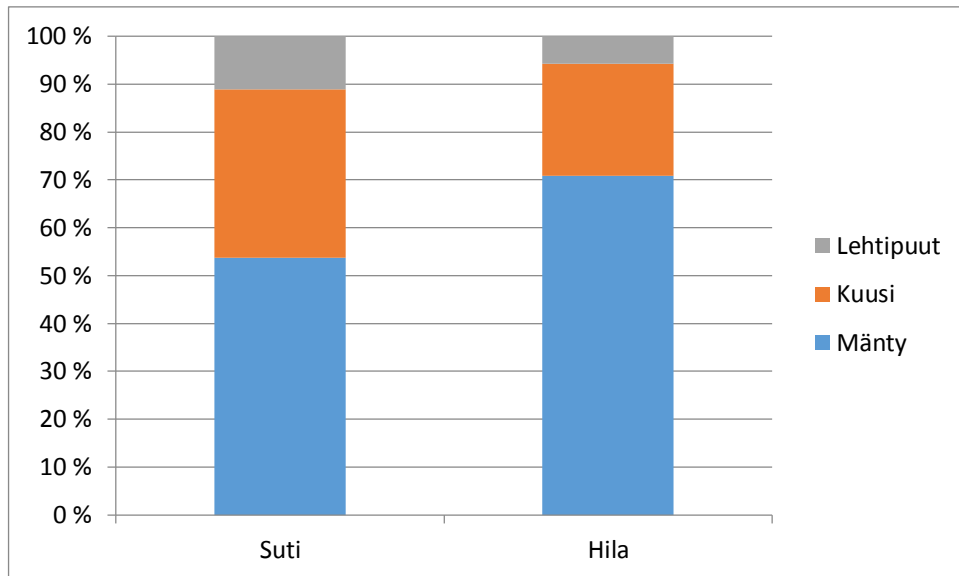
Kuvio 19. Puuston tilavuus (m³/ha), Ottavaara, kehitysluokka 40



Kuvio 19. Puuston tilavuus (m³/ha), Ottavaara, kehitysluokka 40

Laserkeilaus on tunnistanut uudistuskypsissä metsiköissä pääpuulajin oikein ja  
lehtipuiden määräkin on suhteellisen tarkka (Kuvio 20). Kuuset ovat tulkinnessa  
muuttuneet osittain männyiksi, kuten monessa aiemmassakin kehitysluokassa.

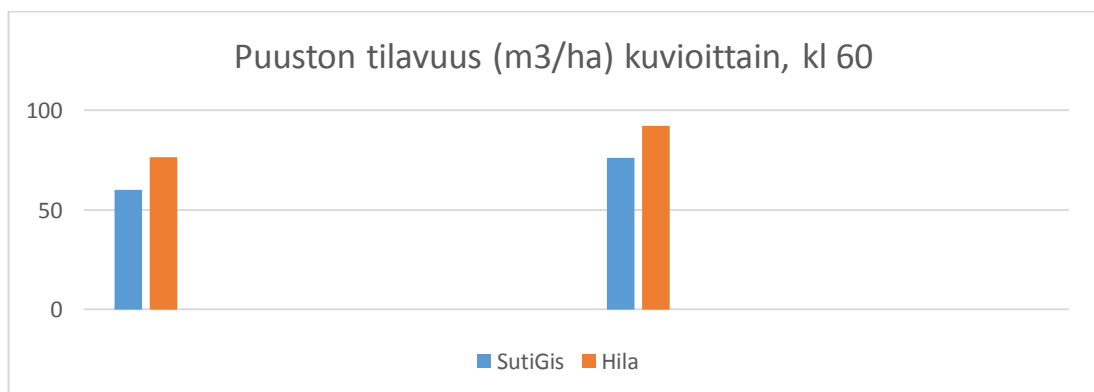
Osassa kuvioista on kuusta laserkeilauksessa huomattavasti enemmän kuin maastoinventoinnissa, tasoittaen kehitysluokan puustojakaumaa kokonaisuutena.



Kuvio 20. Puulajijakauma, Ottavaara kehitysluokka 40

#### 6.2.4 Kehitysluokka 60

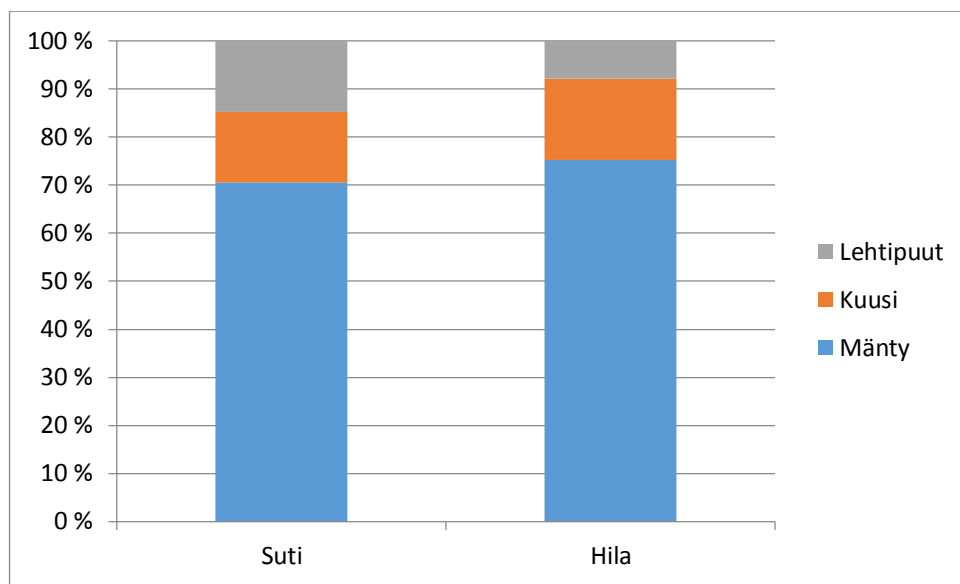
Ottavaarassa kehitysluokkaan 60 (erirakenteinen metsä) oli luokiteltu vain kaksi kuviota. Kehitysluokan puustolle kuvaavaa ovat useisiin eri jaksoihin kuuluvat, eri-ikäiset ja monen kokoiset puusto-ositteet. Tutkimusta ajatellen erityisesti tällaisen puuston vertailu olisi ollut erityisen otollista, minkä vuoksi kuvioiden vähäinen määrä onkin valitettava (Kuvio 21).



Kuvio 21. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Ottavaara kehitysluokka 60

Vaihtelevasta puuston koosta ja erirakenteisten metsäkuvioiden pienuudesta huolimatta tilavuuksien ero aineistojen välillä oli suhteellisen pieni, keskiarvoltaan laserkeilaamalla saatu tilavuus oli 24,38 prosenttia suurempi.

Kehitysluokan molemmilla kuvioilla oli laserkeilauksessa tulkittu liikaa mäntyä (Kuvio 22). Molemmilla kuvioilla keilaus on ilmoittanut suuremmat tilavuudet, kuin maastossa on mitattuna, mikä viittaa siihen, että puulajit eivät ole sekoittuneet toisiinsa, vaan hila-aineiston ylimääräinen mänty on peräisin muusta lähteestä, kuten ympäröiviltä kuvioilta, tulkinta- tai mittausvirheestä.



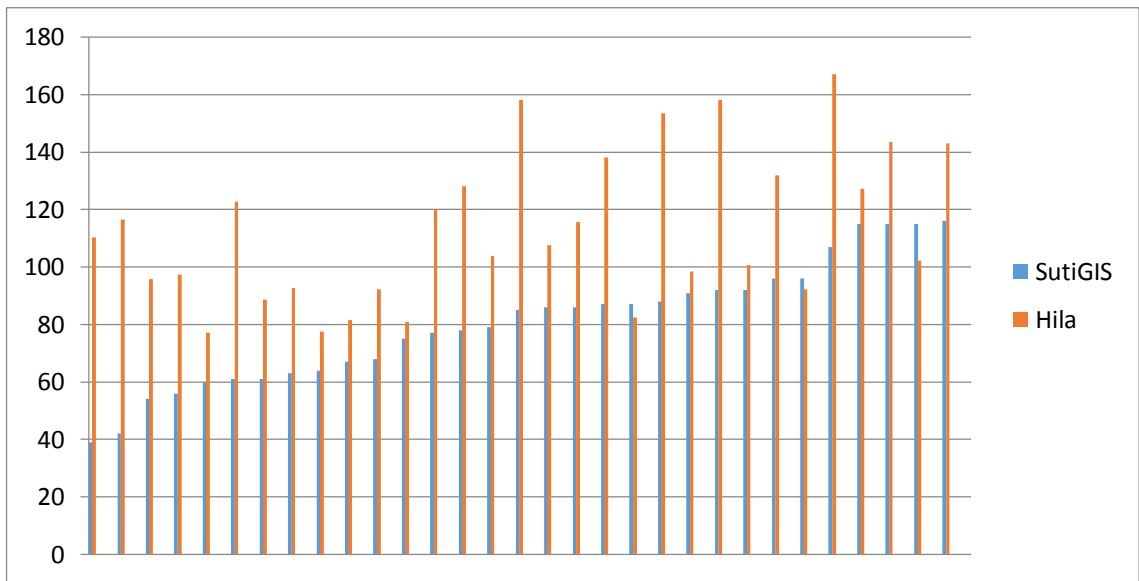
Kuvio 22. Puulajijakauma, Ottavaara kehitysluokka 60

#### 6.2.5 Kehitysluokka 80

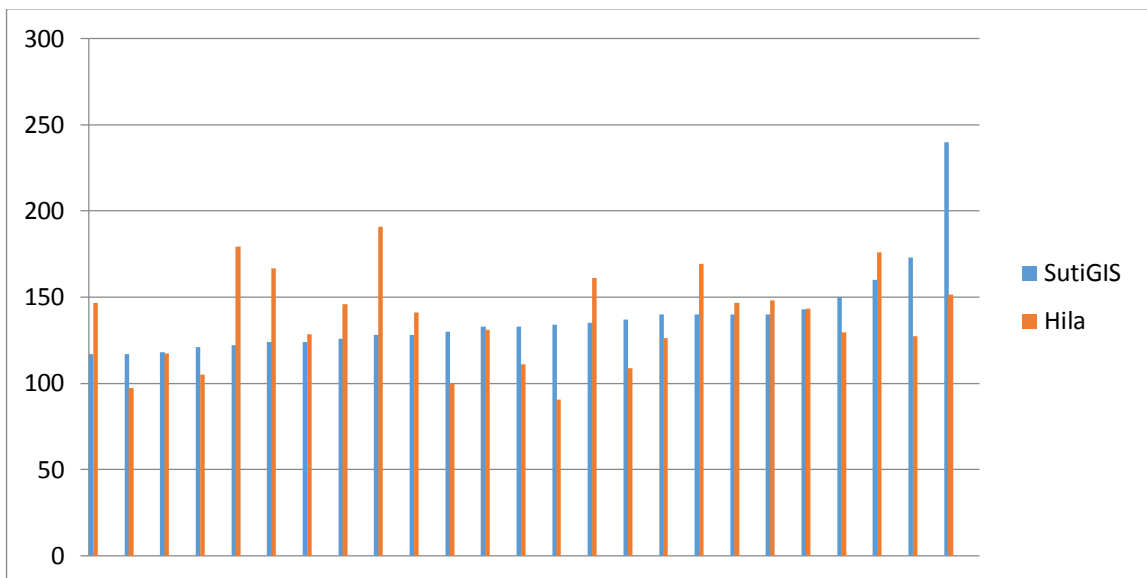
Ottavaarassa kehitysluokkaan 80 (vanha metsä) kuului yhteensä 56 kuviota, joten jälleen selkeyden vuoksi ne on esitetty kahdessa diagrammissa (Kuvio 23). Kaikki kehitysluokkaan kuuluvat kuviot ovat luontotyypiltään boreaalisia luonnonmetsiä.

Vanhojen metsien vertailussa Ottavaarassa ilmeni hyvin, kuinka laserkeilaamisesta yleisesti puhutaan suurempien alueiden käsittelyyn parhaiten soveltuvana menetelmänä. Kuviotasolla tarkastellessa kahden aineiston tilavuuksien eroilla oli suhteellisen suuri vaihteluväli. Parhaiten onnistuneilla kuviolla erot olivat vain

0,59 ja 0,31 prosentin kokoisia, kun taas selkeästi epäonnistuneimmalla kuviolla laserkeilaten saatu tilavuus oli jopa 182,79 prosenttia suurempi. Kuitenkin koko kehitysluokkaa kokonaisuutena tarkastellessa laserkeilaten mitattu tilavuus oli lopulta vain 26,93 prosenttia suurempi. Erityisen suuria eroavaisuuksia vaikutti syntyvän pääasiassa pienemmillä ja harvapuustoisemmillä kuvioilla, jolloin myös ympäröivien järeämpien kuvioiden reunavaikutusta voidaan epäillä syyksi heikompiin vertailutuloksiin.

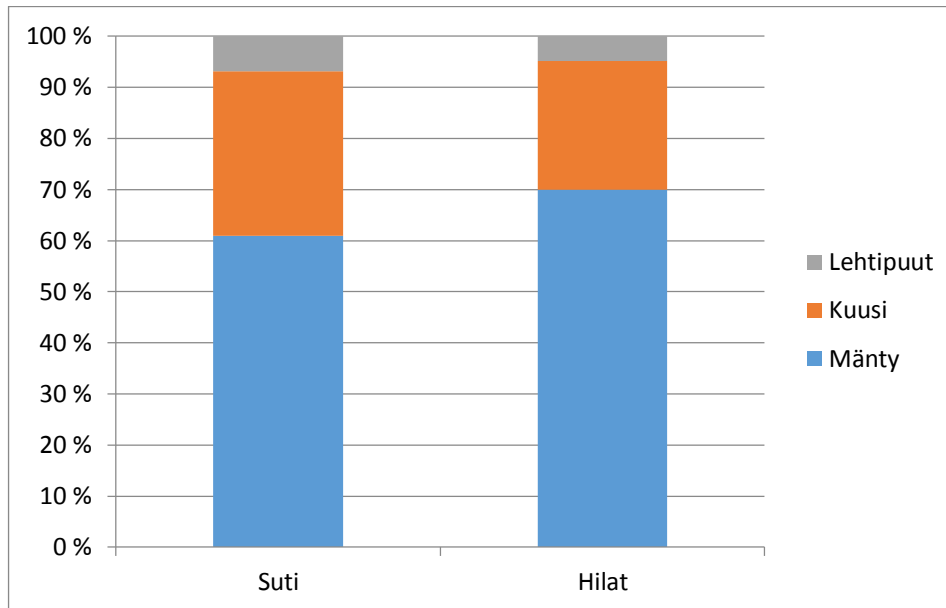


Kuvio 23. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Ottavaara, kehitysluokka 80



Kuvio 23. Puuston tilavuus (m<sup>3</sup>/ha), Ottavaara, kehitysluokka 80

Tässä Ottavaaran kehitysluokassa laserkeilauksen tuottama puulajijakauma vastaa parhaiten maastoinventointia koko otannassa. Tuloksia tarkastellessa kuvioittain on jälleen havaittavissa kuusen muuttuminen männyksi tulkinnessa (Kuvio 24). Muutamalla yksittäisillä kuvioilla laserkeilauksen antama kuusten määrä oli huomattavan suuri todelliseen verrattuna, joka toisaalta tasoittaa puulajijakauman todenmukaiseksi.

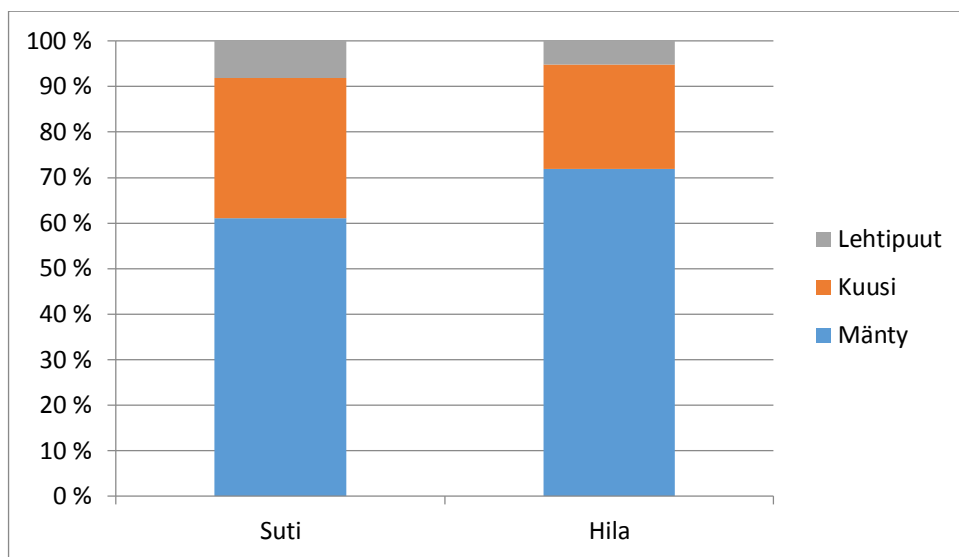


Kuvio 24. Puulajijakauma, Ottavaara kehitysluokka 80

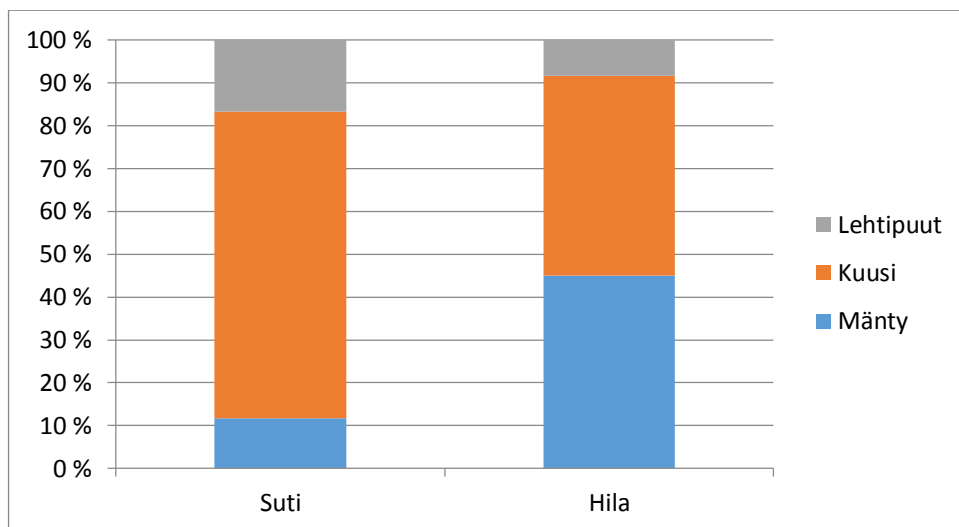
### 6.3 Johtopäätökset

Lähtökohtaisesti ajatellen oli tiedossa, että nykyteknologialla laserkeilaus tavallisesti toimii parhaiten suuria alueita käsitellessä, mutta kuviokohtaisesti voi vielä olla ongelmassa. Vertailun tuloksia tarkastellessa voitiinkin huomata, että laaja-alaisimpien kehitysluokkien ja suojelualueiden kokonaisuuksia verratessa eri aineistojen ilmoittamat tilavuudet vastaavat toisiaan kohtalaisen hyvin. Sen sijaan kuviotasolla vertaillen ja toimiessa erot vaihtelevat hyvin pienestä hyvin suureen. Suurialaisilla kuvioilla, joiden muodot ovat yksinkertaisia tai muuten tasarakenteisilla alueilla, laserkeilaus vaikuttaisi tuottavan puustomäärällisesti ja jopa puulajeittain tarkkaa tietoa. Vastaavasti pienillä kuvioilla, erityisesti niillä, joita ympäröi kuvioista poikkeavaa puustoa, tulokset heittelevät ja pääasiassa laserkeilaus tuottaa todellisuutta suurempia kuutiomääriä. Puulajisuhteisiin kuvion koolla ei kuitenkaan ilmennyt tarkastelussa merkittävää vaikutusta.

Selkeästi mäntyvaltaisilla kuvioilla ja alueilla, joissa myös ympäröivä metsä on samankaltaista, tilavuudet ja puulajisuhteet vastasivat toisiaan parhaiten kahden aineiston välillä. Kuusivaltaisissa metsissä laserkeilauksen puulajisuhteet sekoittuivat mäntyvaltaista helpommin ja Ottavaaran nuoria kasvatusmetsiä lukuun ottamatta lehtipuiden osuus jäi lähes poikkeuksetta aliedustetuksi. Yleisesti ottaen laserkeilaus vaikuttaisi olevan tarkempi mänty- kuin kuusivaltaisissa metsissä, mikä oli hyvin havaittavissa verratessa molempien suojelualueiden puulajitilavuuksien suhteita kokonaisuudessaan (Kuviot 25 ja 26).



Kuvio 25. Ottavaaran puulajijakauma



Kuvio 26. Javarustunturin puulajijakauma



Kuusivaltaisen Javarustunturin puulajijakaumien erot aineistoissa olivat paljon suuremmat verrattuna mäntyvaltaisen Ottavaaran tuloksiin.

Järeimmissä kehitysluokissa tilavuuden poikkeaman keskiarvo vaihteli noin 10–20 prosentin välillä. Poikkeamaa voidaan pitää suhteellisen hyväksyttävänä, kun vertailukohtana on maastoinventointi. Erityisesti järeissä, tilarakenteeltaan epätasaisissa metsissä on maastossa helppoa ali- tai yliarvioida puuston keskitilavuutta. Tätä voitiin havainnollistaa verrattaessa kehitysluokkien 40 ja 80 kuviokohtaista keskitilavuutta kuutioina (Liitteet 2 ja 3). Javarustunturilla erotus oli 40 kehitysluokassa 18,7 m<sup>3</sup>/ha ja kehitysluokassa 80 10,7 m<sup>3</sup>/ha. Ottavaarassa vastaavat erotukset olivat 10,6 ja 17,8 m<sup>3</sup>/ha. Mielenkiintoista oli etenkin huomioda, että erojen pysyessä suhteellisen samoina molempien alueiden välillä Javarustunturilla maastoinventoidut tilavuudet olivat keskiarvillisesti suurempia, kun taas Ottavaarassa tilanne oli päinvastainen.

Vertasimme työvaiheen loppupuolella myös aineistojen vastaavuutta koko suojelualueiden tasolla. Maastoinventoinnin hehtaariohaiset puustomäärät yleistettiin kuvioille ja niiden perusteella laskettiin kokonaistilavuus tutkimusalueellemme. Hila-aineiston tilavuuden keskiarvosta laskettiin koko alueen puustomäärä. Tällöin Javarustunturilla laserkeilaus tuotti 33,95 prosenttia suuremman kuutiomäärän kuin maastoinventointi. Ottavaarassa laserkeilauksen ilmoittama puustomäärä oli 13,5 prosenttia maastoinventoinnin tulosta suurempi. Ottavaarassa kokonaistilavuuden prosentuaalinen ero laski vain -0,59 prosenttiin, kun vertailu tehtiin vain 20, 40, 60 ja 80 kehitysluokissa.

Kaikkiaan laserkeilaten ja hilaruuduittain tehty puustotulkinta vaikuttaisi olevan liian yleisellä tasolla tehtävä tulkinta, jotta sen varsinainen hyöty ainakaan nykyisellään olisi merkittävä luontopalveluille. Vaikka aluepohjaisella tulkinnalla sinänsä saadaan kohtalaisen hyvä arvio puuston määrästä, jota esimerkiksi metsätaloudessa voitaisiin hyödyntää, ei tämä kuitenkaan ole luontopalveluiden tavoitteita ajatellen olennaisinta.

Suurissa laserkeilaushankkeissa käytettävät pulssitiheydet ovat toistaiseksi keskimäärin aivan liian harvoja, jotta niiden avulla kyettäisiin havainnoimaan

metsän tai puuston erityispiirteitä tarkemmin. Luontopalveluiden ja luonnonsuojelun kannalta mielenkiintoisia asioita, kuten alikasvosta tai lahon ja kuolleen puun määrää on tällaisella tulkinnalla saaduista tiedoista mahdoton ainakaan luotettavasti tulkita. Liian harvan pulssitiheyden vuoksi myöskään lehtipuita ei voida tunnistaa toisistaan ja ne jäävät valtaosan ajasta aliarvostetuksi puulajisuhteissa. Luontopalveluiden tavoitteita ajatellen nämä ovat merkittäviä puutteita

Opinnäytetyössä käsiteltyjen luontotyyppien, boreaalisten luonnonmetsien ja aapasoiden näkökulmasta olisi otollisinta, mikäli laserkeilauksen kehittämisen suunnat olisivat nykyistä yksityiskohtaisemman tiedon tuottamisessa. Boreaalisten luonnonmetsien inventoinnin kannalta juuri lahoppuuhun liittyvät arviot ja lehtipuulajien toisistaan erottaminen olisivat merkittävimmät tarpeet. Aapasoille tärkeimpiä tunnusmerkkejä ei laserkeilausaineistosta juurikaan voida tulkita. Puustomääriä alueilta voidaan arvioida, mutta tarkkojen tulosten saaminen vaatisi tulkinnan virittämistä aapasoiden talousmetsistä poikkeavalle puustolle.

Tulevaisuudessa teknologian ja tulkintamenetelmien kehittyessä, sekä mikäli yleisesti käytetyt pulssitiheydet kasvavat, on mahdollista että laserkeilausta voidaan todella hyödyntää luontopalveluiden toiminnassa. Nykytilanteessa kuitenkin vaikuttaisi, että luontopalveluille laserkeilattujen puustotulkintojen hankinta lähinnä tausta-aineistoksi on pääasiassa perusteltua yhteistyöhankkeissa, kun viereisiä metsätalousalueita keilataan.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyömme päälinnainen tutkimusongelma oli selvittää laserkeilaamalla tuotetun puustotulkinnan käyttökelpoisuutta luontopalveluille, pääasiassa pohjoisilla boreaalisten luonnonmetsien ja aapasoiden luontotyypeillä. Tutkimusongelmaan vastausta lähdettiin hakemaan jakamalla se kahteen eri tarkastelun pääkohteeseen. Molemmat apukysymykset kulkivat loogisesti mukana koko työvaiheen teon ajan ja niiden pohjalta muodostetuista tilastoista ja tuloksista kyettiin myös muodostamaan pääasialliseen tutkimuskysymykseen vastaavia tai kantaa ottavia johtopäätöksiä.

Työssä käytettyjen menetelmien ja saatujen tuloksien luotettavuutta arvioidessa on muutamia huomioon otettavia asioita. Ensisijaisesti tärkeimmät huomiot ovat molempien aineistojen laadussa. Maastoinventointitieto on aina arviopohjaista sekä laajoilla kuvioilla ja erityisesti erirakenteisissa luonnontilaisissa metsissä haastavaa. Laserkeilatun aineiston laatua puolestaan emme voineet itse arvioida, koska meillä ei ollut tarkempaa tietoa esimerkiksi referenssikoealojen kattavuudesta tai tulkinnan tarkkuudesta.

Toinen luotettavuutta arvioidessa huomioitava tekijä on Javarustunturin osittain epäonnistunut laserkeilaus. Vaikka puuttuvalla alueella ei tiettävästi ollut vaikutusta onnistuneiden alueiden tuloksiin, vähäisemmät vertailunkohteet laskevat kokonaisuuden luotettavuutta. Suuremmalla vertailujoukolla keskiarvot olisivat voineet tasoittua toisiaan paremmin vastaaviksi.

Suuria aineistoja ja useita eri tilastoja yhtäaikaaisesti käsitellessä täytyy luotettavuuden kannalta huomioida myös inhimillisten virheiden mahdollisuus. Tässä tapauksessa siis pääasiassa näppäily-, pyöristys- tai taulukointivirheet, mutta toisaalta pyrimme olemaan kaikkien näiden osalta erityisen tarkkoja sekä tarkistamaan tekemistämme mahdollisimman usein.

Luontopalveluilta saadun aineiston ja heidän toiveidensa pohjalta idean kehittyä toteutuskelpoiseksi opinnäytetyöaiheeksi oli pitkä prosessi. Alkusyksystä 2014 saadun aineiston sisällöstä ja kannattavasta työmenetelmästä oli pitkän

aikaa epäselvyyttä. Ongelmat ja epäselvyydet alkoivat viimein purkautua myöhään loppuvuodesta, kun aineistoa tarpeeksi pyöriteltyämme ja tavattuamme Metsähallituksen paikkatietoasiantuntijoita saimme paremman käsityksen aineistojen sisällöstä sekä käyttökelpoisista työmenetelmistä. Näihin aikoihin myös päätimme ohjaavaan opettajan kanssa työn olevan sopivampi kahdelle ihmiselle aineistojen laajuuden vuoksi. Päätös osoittautui työvaihetta tehdessä oikeaksi, sillä käsiteltävää aineistoa ja tilastoja olikin paljon.

Kun lopulta pääsimme aloittamaan kirjoitusprosessin, viitekehyksen tuottaminen sujui nopealla aikataululla. Viitekehystä kirjoittaessa, eritoten Natura 2000:een ja luontotyyppiteoriaan perehtyessä oli paljon uutta opittavaa. Aiempien opintojemme osana niiden merkitys ei ole välttämättä ollut niin kattava kuin metsätalousinsinööriltä voisi toivoa, joten kirjoittamiseen käytetty aika ei varmasti mennyt hukkaan.

Varsinainen työvaihe suunniteltiin alun perin tehtävän käyttäen MapInfo ja ArcGis paikkatieto-ohjelmia, mikä alustavasti huoletti meitä ohjelmien ajoittaisen kankeuden vuoksi. Työvaihetta aloitellessamme tutustuimme kuitenkin hieman sattumalta vapaan lähdekoodin Quantum GIS- paikkatieto-ohjelmaan, jonka lyhyen tutustumisen jälkeen totesimme palvelevan tarkoituspärimme työsämme muita ohjelmia paremmin. Alkukankeuden jälkeen myös työvaihe alkoi edetä nopeaa tahtia ja toisaalta vähiin käyvät opinnot motivoivat hyvin tiiviiseen ja jokapäiväiseen työtahtiin.

Työvaiheen aikana oli mielenkiintoista huomata, kuinka omat ennakko-oletukset ja -tieto laserkeilaamisesta vaikuttivat omiin odotuksiin tuloksista. Pohjalla olivat ajatukset laserkeilauksen käytöstä metsätalouden puolella ja kuinka tarkkaa ja käyttökelpoista tuotettu aineisto siellä tavallisesti on. Tästä johtuen alussa aiheutti hieman sisäistä hämmennystä, kun vertailun tulokset eivät niin tarkkaan vastanneetkaan toisiaan vaikkapa puulajisuhteiden osalta. Omat ennakkoasenteet tulivatkin nopeasti hylätyiksi.

Tämän tyyppinen paikkatietoaineistojen käsittelyyn ja tilastotieteeseen pohjautuva työ sopi meille molemmille hyvin, sillä eritoten laserkeilaamisen merkitys

metsäalalla nyt ja tulevaisuudessa ei ole kummallekaan epäselvä. Oman oppimisen kannalta työn ehdottomasti parasta antia oli tarve tutustua ja oppia käyttämään meille kokonaan uutta QGIS paikkatieto-ohjelmaa. Vaikka ohjelman opettelu ja varsinkin alkuvaiheessa tehdyt virheet lisäsivät työvaiheen tunteja merkittävästi, ei tämä varsinkaan parina työskennellessä aiheuttanut turhautumista, vaan pikemminkin positiivisia virheistä oppimisen tunteita. Paikkatietoaineiston pyörittely auttoi ymmärtämään paremmin laserkeilaukseen ja erityisesti sen tulkintaan liittyviä tekijöitä. Aineistojen avaaminen työssä vaadittavalla tavalla laajensi ymmärrystä aineistojen rakenteesta ja toiminnasta, sekä mahdollisuuksista, joita niiden käsittelyyn eri ohjelmilla ja työkaluilla liittyy.

Opinnäytetyötämme ja sen antamia tuloksia ei mielestämme kannata tarkastella vain yhden työn ja sen tuottaman hyödyn näkökulmasta. Yksittäisenä tutkimuksena tarkastellessa saadut tulokset ja niistä vedetyt johtopäätökset koskettavat vain hyvin rajattua joukkoa sekä aluetta. Ne eivät siten ole laajalti yleistettävissä, vaan lähinnä suuntaa antavia. Mikäli laserkeilauksen menetelmiä tahdotaan tulevaisuudessa kehittää myös luontopalveluiden kannalta käyttökelpoisemmiksi, on otollisempaa ajatella työtämme osana aihepiiristä jo tehtyjen sekä tulevaisuudessa tehtävien tutkimuksien joukkoa. Vain jatkamalla tutkimuksia monenlaisista ympäristöistä, menetelmiä ja tuloksia vertailemalla sekä yhdistelemällä, voidaan ajan myötä koota luotettavaa ja oikeasti yleistettävissä olevaa tietopohjaa uusien käytäntöjen hyödyntämiseksi.

## LÄHTEET

- Airaksinen O. & Karttunen K. 2001. Natura 2000 -luontotyyppiopas, 2. painos. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus.
- Autonen, O. 2014. Luontotyyppien inventointi loppusuoralla. Metsä.fi 4/2014. 12–13.
- European Commission 2014. Nature & Biodiversity. Viitattu 28.1.2015  
[http://ec.europa.eu/environment/nature/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/index_en.htm).
- Holopainen M., Hyyppä J., Vastaranta M., & Hyyppä, H. 2011. Laserkeilaus metsävarojen hallinnassa. The Photogrammetric Journal of Finland 3/2011. 128–149.
- Ilmatieteen laitos 2014. Suomen ilmastovyöhykkeet. Viitattu 27.1.2015  
<http://ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ilmastovyohykkeet>.
- Kangas A., Päivinen R., Holopainen M. & Maltamo M. 2011. Metsän mittaus ja kartoitus. 3. uudistettu painos. Joensuu: Itä-Suomen Yliopisto.
- Lapin ELY-keskus 2013a. Javarustunturi. Viitattu 27.1.2015  
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura\\_2000\\_alueet/Javarustunturi\(6221\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Javarustunturi(6221)).
- Lapin ELY-keskus 2013b. Ottavaara. Viitattu 27.1.2015  
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura\\_2000\\_alueet/Ottavaara\(5309\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Ottavaara(5309)).
- Lindqvist E. & Posio P. 2005. Lapin Natura-opas. Rovaniemi: Lapin Ympäristökeskus.
- Liukko, U-M & Raunio, A. 2008. Luontotyyppien ja lajien seuranta luonto- ja lintudirektiiveissä. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus.
- Maltamo, M., Packalén, P., Uuttera, J. Ärölä, E. & Heikkilä, J., 2008. Laserkeilaustulkinnan hyödyntäminen metsäsuunnittelun tietolähteenä. Metsätieteen aikakauskirja 4/2008. Helsinki: Suomen Metsätieteellinen Seura.
- Meriluoto, M. & Soininen T. 2002. Metsäluonnon arvokkaat elinympäristöt. Helsinki: Metsälehti Kustannus.
- Metsähallitus 2014a. Metsähallitus lyhyesti. Viitattu 28.1.2015  
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Konserni/Metsahallituslyhyesti/Sivut/Metsahallituslyhyesti.aspx>.
- Metsähallitus 2014b. Natura 2000 -alueilla suojellaan luontotyyppisiä ja lajeja. Viitattu 27.1.2015  
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Luonnonsuojelu/Suojelualueet/Natura2000alueet/Sivut/Natura2000alueillasuojellaanluontotyyppisjalajeja.aspx>.

- Metsähallitus 2015. Perustiedot talteen suojelualueiden luontotyypeiltä. Viitattu 12.2.2015.  
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/luonnonsuojelu/lajitjaluontotyypit/Luontotyypitietojenkeruu/Sivut/Perustiedotluonnonsuojelualueidenluontotyypeista.aspx>.
- Metsähallitus luontopalvelut 2010. Suojelualueiden luontotyyppi-inventointi dia-sarja. Viitattu 20.2.2015.  
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/ajankohtaista/seminaarit/Ltiseminaari/Documents/silvennoinen.pdf>.
- Moliis, P., Laserkeilaus mittaa puuvarat. Metsän Henki 1/2011. 26–27.
- Närhi, M., Maltamo, M., Packalén, P., Peltola, H. & Soimasuo, J. 2008. Kuusen taimikoiden inventointi ja taimikonhoidon kiireellisyyden määrittäminen laserkeilauksen ja metsäsuunnitelmätietojen avulla. Metsätieteen aikakauskirja 1/2008. Helsinki: Suomen Metsätieteellinen Seura.
- Packalén, P., Maltamo, M. 2006. Predicting the Plot Volume by Tree Species Using Airborne Laser Scanning and Aerial Photographs. Dissertations Forestales 77. Joensuu: Finnish Society of Forest Science.
- Pro Kemijärvi Oy 2012. Kemijärven seudun luonto ja luontoarvot – vertaansa vailla maailmanlaajuisestikin. Viitattu 28.1.2015  
<http://prokemijarvi.suntuubi.com/?cat=13>.
- Puttonen, E. 2012. Tree Species Classification with Multiple Source Remote Sensing Data. Helsingin yliopisto. Fysiikan laitos. Väitöskirja.
- Pääkkö E., Metsähallitus. Erikoissuunnittelija. Opinnäytetyön ohjaus- ja keskustelutapaaminen. 18.9.2014.
- Raunio A., Schulman A. & Kontula T. 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 1. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus.
- Suomen Ympäristökeskus 2013. Luontotyyppien seuranta. Viitattu 16.2.2015  
[http://www.ymparisto.fi/fiFI/Luonto/Luontotyypit/Luontotyyppien\\_seuranta](http://www.ymparisto.fi/fiFI/Luonto/Luontotyypit/Luontotyyppien_seuranta).
- Suomen Ympäristökeskus 2015a. Luontotyyppiesittelyt; Boreaaliset luonnonsuonmetsät. Viitattu 2.3.2015. <http://www.ymparisto.fi/luontotyyppiesittelyt>
- Suomen Ympäristökeskus 2015b. Luontotyyppiesittelyt; Aapasuot. Viitattu 2.3.2015. <http://www.ymparisto.fi/luontotyyppiesittelyt>.
- TerraTec Oy:n nettisivut. Viitattu 27.1.2014. <http://www.terratec.fi/yritys>.
- Ympäristöministeriö 2014a. Natura 2000 -verkosto turvaa monimuotoisuutta. Viitattu 27.1.2015. <http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Luonto/Luonnonsuojelualueet/Naturaalueet>.

Ympäristöministeriö 2014b. Natura 2000 -verkostoa täydennetään ja -tietokanta päivitetään. Viitattu 28.1.2015. [http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Natura\\_2000\\_verkosta\\_taydennetaan\\_ja\\_ti\(28096\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Natura_2000_verkosta_taydennetaan_ja_ti(28096)).



## LIITTEET

- Liite 1. Luontotyyppien seurantarpeen priorisoinnin kriteerit ja niiden pisteytys
- Liite 2. Javarustunturin kehitysluokkien 40 ja 80 kuviokohtaiset tilavuusvertailut
- Liite 3. Ottavaaran kehitysluokkien 40 ja 80 kuviokohtaiset tilavuusvertailut

## Luontotyyppien seurantarapteen priorisoinnin kriteerit ja niiden pisteytys

Taulukko 1. Luontotyyppien seurantarapteen priorisoinnin kriteerit ja niiden pisteytys. Luonnontieteellisten ja hallinnollisten tekijöiden yhteispistemäärä voi olla korkeintaan 19.

A. Luonnontieteelliset kriteerit	yht. max 13 p.
<b>1) Vastuuluontotyyppi</b> Luontotyyppiä voidaan pitää Euroopassa Suomen vastuuluontotyyppinä, koska sillä on Suomessa merkittävästi edustavia esiintymiä ja	max 3 p.
a) luontotyypin esiintymisen painopiste on luontaisesti boreaalisella tai Fennoskandian alpiinisella alueella tai	0–3 p.
b) luontotyypillä on ekologialtaan selvästi erilaistunut alatyppi boreaalisella tai Fennoskandian alpiinisella alueella tai	0–2 p.
c) luontotyyppi on vähentynyt tai laadultaan heikentynyt muualla huomattavasti enemmän kuin Suomessa.	0–1 p.
a)-kriteeri tuottaa eniten pisteitä, koska se ilmaisee Suomen luontaiset vastuuluontotyypit. Näillä merkittävä osa luontotyypin luontaisesta vaihtelusta ja edustavista esiintymistä Euroopassa voidaan säilyttää Suomen esiintymien avulla. b)-kriteerissä Suomen vastuu kohdistuu luontotyypin alatyypisiin, jolloin sen avulla säilytetään pienempi osa luontotyypin luontaisesta vaihtelusta ja edustavista esiintymistä. c)-kriteerissä Suomen vastuu perustuu siihen, että ihmisen toiminta on jo huomattavasti hävittänyt tai heikentänyt luontotyyppiä muualla.  Luontotyyppi voi saada pisteitä joko a)-, b)- tai c)-kriteeristä, ei useammasta samaan aikaan. Mikäli a)-kriteeri ei täyty, siirrytään tarkastelemaan b):tä, ja mikäli sekään ei täyty, siirrytään c):hen. Koska kriteerien täyttymisessä on aste-eroja eri luontotyyppien kesken, pisteitä voi saada esimerkiksi a)-kriteerin perusteella 0-3 sen mukaan, kuinka vahvasti luontotyypin esiintyminen ja edustavuus ovat painottuneet nimenomaan Suomeen.	
<b>2) Uhanalaisten ja silmälläpidettävien lajien elinympäristö</b> Luontotyyppi on tärkeä elinympäristö useille Suomessa uhanalaisille ja silmälläpidettäville lajeille.	max 3 p.
Suunta-antavana rajana 3 pisteelle voidaan pitää noin 30 lajia. Lajimäärä ei kuitenkaan yksin ratkaise, vaan sellainen luontotyyppi, jonka uhanalaislajisto koostuu pääasiassa juuri tämän luontotyypin specialisteista saa enemmän pisteitä kuin sellainen luontotyyppi, jonka lajit esiintyvät myös muilla luontotyypeillä.	
<b>3) Suojelutaso</b> Luontotyypin suojelutaso Suomessa on heikko (alustava arvio). Tarkasteltavat kriteerit:	max 5 p.
a) levinneisyysalueen laajuus ja sen muutokset sekä esiintymien määrä ja verkosto	0–2 p.
b) luontotyypin rakenne ja toiminta	0–2 p.
c) luontotyypille ominaisten lajien suojelutaso.	0–1 p.
Tarkasteltavat kriteerit ovat luontodirektiivin I artiklan e)-kohdan mukaiset. Maksimipistemäärä edellyttää, että luontotyypin levinneisyysalue on ihmisen toiminnan vuoksi selvästi supistunut Suomessa, pelkkä esiintymien väheneminen ei riitä. Esiintymien väheneminen tarkoittaa esiintymien häviämistä tai muuttumista niin olennaisesti, ettei niitä enää voi pitää ko. luontotyyppiin kuuluvina. Pelkkä luonnontilan heikentyminen ei riitä a)-kriteeriin, vaan sitä arvioidaan lähinnä b)-kriteerillä.  Tässä käytetään arviota koko maan keskimääräisestä tilanteesta siinäkin tapauksessa, että luontotyypin suojelutaso vaihtelee huomattavasti Suomen eri osissa. Maan eri osien erilainen tilanne voidaan kuitenkin ottaa huomioon seurantaehdotuksessa esim. suosittamalla, että seuranta kohdistetaan erityisesti sinne, missä luontotyypin suojelutaso on heikompi kuin muualla.	
<b>4) Uhkat</b> Luontotyypin esiintymät ovat Suomessa uhattuna, koska luontotyyppiä hyödynnetään taloudellisesti tai siihen kohdistuu muita merkittäviä uhkia.	max 2 p.
Usein 1 piste voidaan antaa siitä, että luontotyyppiin kohdistuu selviä laaja-alaisia uhkia, esim. tietyillä tunturiluontotyypeillä porojen ylilaidunnus, meriluontotyypeillä Itämeren rehevöityminen, suotyypeillä vanhojen ojitusten aiheuttama kuivuminen, palsaosilla ilmastonmuutos, niirtyluontotyypeillä hoidon puute jne. Jotta pisteitä tulisi 2, tämän perusuhkan täytyy olla vaikutuksiltaan kriittinen valtaosalle ko. luontotyypin esiintymiä, tai sen lisäksi ainakin osaan esiintymiä kohdistuu myös voimakkaita maankäyttöisiä uhkia. Uhkaa voi vähentää esim. se, että luontotyyppi on nykyisin luonnonsuojelulain tai metsälain suojaama tai merkittävä osa sen esiintymistä kuuluu Natura 2000 -alueisiin.	
<b>B. Hallinnolliset kriteerit</b>	yht. max 6 p.
<b>5) EU:n priorisoitu luontotyyppi</b> Luontotyyppi on luontodirektiivin I artiklan d)-kohdan mukaan ensisijaisesti suojeltava luontotyyppi. Nämä luontotyypit on osoitettu luontodirektiivin liitteessä I tähdellä(*).	2 p.
<b>6) Luontodirektiivin lajien elinympäristö</b> Luontotyyppi on tärkeä elinympäristö vähintään viidelle luontodirektiivin liitteen II lajille. Tässä ei oteta huomioon lajeja, joista Suomella on liitteessä II varaus, eli joiden osalta Suomen ei tarvitse toteuttaa liitteen II edellyttämiä suojelutoimia.	½ p.
<b>7) Lintudirektiivin lajien elinympäristö</b> Luontotyyppi on tärkeä elinympäristö vähintään viidelle lintudirektiivin liitteen I lajille.	½ p.

## Javarustunturin kehitysluokkien 40 ja 80 kuviokohtaiset tilavuusvertailut

IDPERKUV	SutiGis	Hila	Erotus (m3)
213003188	111	76,5	34,5
2105074371	111	55,7	55,3
213003191	76	62,4	13,6
213003190	72	77,3	-5,3
2104984609	102	114,0	-12,0
213003193	71	23,8	47,2
213003292	69	77,0	-8,0
213003299	83	78,0	5,0
213003297	131	76,9	54,1
2105042364	104	87,3	16,7
213003181	100	89,6	10,4
2104957457	60	61,0	-1,0
2104957537	73	53,9	19,1
2101430287	69	37,3	31,7
	1232	970,7	18,7

IDPERKUV	SutiGis	Hila	Erotus (m3)
213056297	88	70,5	17,5
2104957539	96	60,1	35,9
213003199	98	50,4	47,6
2105074202	87	107,2	-20,2
213003203	89	50,4	38,6
2105042358	71	58,7	12,4
213003182	129	72,6	56,4
2105038698	126	121,8	4,3
213003179	77,00	48,8	28,2
2105072436	81	78,0	3,0
213003296	98	102,8	-4,8
213003301	118	110,6	7,4
213003302	84	95,3	-11,3
213003312	85	72,6	12,4
213003210	105	99,1	5,9
2105067105	105	125,8	-20,8
213003314	101	114,1	-13,1
213003166	55	66,3	-11,3
213003168	99	83,7	15,3
	1792	1588,6	10,7

## Ottavaaran kehitysluokkien 40 ja 80 kuviokohtaiset tilavuusvertailut

IDPERKUV	SutiGis	Hila	Erotus (m3)
213015753	79	106,3	-27,3
213015755	121	124,5	-3,5
213015752	110	136,2	-26,2
213015751	84	173,0	-89,0
2105017513	85	109,1	-24,1
213015758	93	110,4	-17,4
213015759	124	147,1	-23,1
2105017510	100	139,2	-39,2
2105066908	124	137,1	-13,1
2105017509	100	154,3	-54,3
213015772	112	137,4	-25,4
2105017505	122	141,9	-19,9
213015677	100	107,1	-7,1
2105017432	97	103,2	-6,2
2105017431	81	78,0	3,0
2105017433	73	68,7	4,4
213015686	90	83,4	6,7
2105017447	67	67,4	-0,4
213015689	98	95,5	2,5
2105017438	54	66,0	-12,0
213015679	61	77,2	-16,2
213015671	86	94,3	-8,3
2105017424	106	90,5	15,6
2105017448	114	83,4	30,6
213015693	104	75,4	28,6
2105017451	107	84,8	22,2
2105017455	46	53,2	-7,2
213015699	105	105,2	-0,2
213015701	60	44,9	15,1
2105017459	69	66,1	2,9
2105065572	90	71,9	18,1
213015708	90	76,4	13,6
2105017468	69	83,7	-14,7
2105057687	49	68,3	-19,3
213015776	109	108,3	0,7
2104996975	133	144,8	-11,8
2104996992	109	122,9	-13,9
213015789	112	133,7	-21,7
213015786	145	144,8	0,2
2105017470	62	109,1	-47,1
213015791	64	106,4	-42,4
2105057689	88	100,4	-12,4
213015968	88	105,0	-17,0
	3980	44360	-10,6

## Liite 3 2(2)

IDPERKUV	SutiGis	Hila	Erotus (m3)
213015754	240	151,6	88,4
2105066808	128	190,8	-62,8
2105017500	128	141,3	-13,3
2105017514	133	131,1	1,9
2105017517	96	131,8	-35,8
213015756	107	167,1	-60,1
213015757	39	110,3	-71,3
2105017519	88	153,6	-65,6
2104996891	124	166,6	-42,6
213015762	122	179,3	-57,3
213015764	117	146,6	-29,6
213015683	67	81,6	-14,6
213015684	130	99,9	30,1
2104996896	126	145,9	-19,9
213015765	143	143,5	-0,4
2105017474	85	158,2	-73,2
2104996898	135	161,3	-26,3
2105017497	87	138,2	-51,2
213015770	115	127,2	-12,2
2105017506	56	97,4	-41,4
2105066721	115	143,5	-28,5
2105017473	61	122,8	-61,8
213015657	86	107,5	-21,5
213015658	140	126,3	13,7
213015675	137	108,8	28,2
213015662	68	92,2	-24,2
213015664	64	77,4	-13,4
213015669	115	102,2	12,8
213015667	96	92,2	3,8
213015774	78	128,1	-50,1
2105066426	140	169,2	-29,2
2105017487	54	95,9	-41,9
213015779	140	146,7	-6,7
2105066425	140	148,1	-8,1
2105017486	92	158,1	-66,1
2105017485	160	176,1	-16,1
2105017484	42	116,6	-74,6
213015781	116	143,1	-27,1
213015783	124	128,6	-4,6
213015782	150	129,7	20,3
213015660	121	105,0	16,0
213015661	133	111,1	21,9
2105017440	118	117,3	0,7
2105017441	77	120,1	-43,1
2104997019	117	97,2	19,8
213015665	60	77,2	-17,2
213015666	92	100,8	-8,8

213015670	61	88,8	-27,8
213015652	134	90,7	43,3
2105017443	91	98,5	-7,5
213015647	87	82,4	4,6
213015648	79	103,8	-24,8
213015649	75	81,0	-6,0
2104997017	63	92,7	-29,7
2104997010	86	115,7	-29,7
2104996897	173	127,2	45,8
	5951,0	6945,2	-17,8