



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

*Luonnontieteiden ja
metsätieteiden tiedekunta
Faculty of Science and
Forestry*

Erirakenteishakkuiden voimakkuuden vaikutus aluskasvillisuuden rakenteeseen
korpikohteilla

Joni Haapakoski

METSÄTIETEEN PRO GRADU,
ERIKOISTUMISALA METSIEN HOITO JA METSÄEKOSYSTEEMIT

JOENSUU 2019

Joni Haapakoski. 2019. Eirakenteishakkuiden voimakkuuden vaikutus aluskasvillisuuden rakenteeseen korpikohteilla. Itä-Suomen yliopisto. Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, metsätieteiden osasto. Metsätieteen pro gradu, erikoistumisala metsien hoito ja metsäekosysteemit.

TIIVISTELMÄ

Jatkuvapeitteistä metsänkasvatusta on pidetty monesta syystä kiinnostavana vaihtoehtona avohakkuiden käyttöön perustuvalla metsänkasvatuksella erityisesti turvemilla. Jatkuvapeitteisen metsän puuston haihdutus voi riittää pitämään pohjaveden pinnan puuston kasvulle sopivalla tasolla, jolloin kunnostusojituksia ei tarvitse tehdä. Lisäksi turvemaat uudistuvat usein hyvin luontaisesti. Avohakkuiden käyttöön perustuva metsänkasvatus vaikuttaa myös aluskasvillisuuden rakenteeseen ja sen seurauksena erityisesti monet myöhäisen sukkessiovaiheen lajit voivat kärsiä.

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää ensimmäistä kertaa Suomessa lyhyellä aikavälillä tapahtuneita kasvillisuusmuutoksia korpikohteilla, metsän peitteisyyden säilyttävien erirakenteishakkuiden jälkeen. Inventoidut kohteet kuuluvat Luonnonvarakeskuksen SOMPA-hankkeeseen ja ne sijaitsevat maantieteellisesti suhteellisen samalla leveyspiirillä. Pääpaino tässä työssä oli lajien ja lajiryhmien peittävyysmuutoksissa, mutta myös muutoksia lajimäärissä tarkasteltiin. Tutkimuksen toisena tavoitteena oli mallintaa turvemaiden kasvilajien vasteita koeala- ja puustotunnuksiin, erityisesti puuston pohjapinta-alaan vuosien 1985-86 valtakunnan metsien inventointiaineiston (VMI) pohjalta. Lisäksi työssä testattiin VMI-aineiston avulla laadittujen mallien soveltuvuutta selittämään SOMPA-hankkeen kohteilla tapahtuneita kasvillisuusmuutoksia. Kasvillisuuden peittävyysmuutoksia analysoitiin parittaisten otosten t-testillä ja vastemallit tehtiin käyttäen yleistettyjä lineaarisia malleja.

Tämän tutkimuksen perusteella erityisesti sammalet kärsivät erirakenteishakkuista. Heinät ja sarat sekä ruohot taas runsastuivat nopeasti hakkuun jälkeen. Myös mustikka ja puolukka näyttivät hyötyvän erirakenteishakkuista sopivalla käsittelyn voimakkuudella. Työn tulokset vastaavat hyvin aiemmin kivennäismaiden tutkimuksissa saatuja tuloksia. Kasvilajien vastemallit selittivät havaittujen peittävyysmuutosten suuntaa pääosin hyvin, mutta peittävyysmuutosten tasoissa oli selvää vaihtelua. Lyhyen aikavälin tuloksissa esimerkiksi ajourien ja hakkuutähteiden vaikutus voi olla suuri, joten kasvillisuuden kehittymisen pidempiaikaista seurantaan tarvitaan kohteilla. Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää arvioitaessa eri hakkuutapojen vaikutuksia aluskasvillisuuden kehitykseen ja edelleen esimerkiksi metsän uudistumiseen ja kasvuun sekä kehitykseen. Tutkimus antaa myös alustavaa tietoa siitä, kuinka voimakas hakkuu voidaan tehdä, jos tavoitteena on esimerkiksi mustikan peittävyys säästäminen.

Avainsanat: aluskasvillisuus, erirakenteishakkuu, yläharvennus, jatkuva kasvatus, korpi, turvekangas, yleistetty lineaarinen malli

Haapakoski, Joni. 2019. Effects of intensity of uneven-aged cuttings on ground vegetation in Norway spruce mires. University of Eastern Finland, School of Forest Sciences, master's thesis in Forest Science, specialization Forest management and forest ecosystems.

ABSTRACT

Continuous cover forestry has been regarded for many reasons as an interesting alternative to clear-cut based forest management especially in peatlands. In continuous cover forests, remaining trees may evaporate enough to keep the groundwater level proper for tree growth, without ditching. Furthermore, peatlands often regenerate well naturally. Clear-felling based forestry affects also the composition of forest ground vegetation and decreases especially the proportion of late-successional species.

The main aim of this study was to investigate first time in Finland short-term changes in the composition of forest ground vegetation after uneven-aged cuttings in Norway spruce mires. Inventoried study sites belong to the SOMPA-project of the Natural Resources Institute Finland and they are located to relatively same latitude. The main research focus was on the changes in the coverage of the species and species groups, but also the changes in the number of the species were studied, respectively. The second aim of this study was to model the responses of ground vegetation species to site and stand characteristics, especially to tree basal area, based on the data of Finnish National Forest Inventory (NFI) in 1985-86. In addition, it was tested the feasibility of the coverage models to predict the changes in the vegetation coverage in SOMPA-sites. The changes in the coverage of the ground vegetation species were analyzed using paired samples t-test and the response models were done using generalized linear models (GLM).

Based on this study, especially mosses suffered from cuttings whereas the cover of the herbs and sedges increased rapidly after cuttings. Bilberry and cowberry tended also benefit from the cuttings with proper cutting intensity. The results are similar to earlier results from mineral soil forests. The response models predicted the trend of the change mainly well, but the levels of the coverage differed clearly from detected coverages. In short-term studies, the effect of logging residuals and strip roads may be significant, so long-term monitoring is needed on sites. The results of this study may be utilized to evaluate the effects of different cutting methods on development of ground vegetation, forest regeneration, growth and dynamics. This study also gives preliminary information on the proper cutting intensity when aiming at to preserve, for example, blueberry coverage.

Keywords: ground vegetation, uneven-aged cutting, thinning from above, continuous cover forestry, spruce mire, peatland, generalized linear model

ALKUSANAT

Tämä pro gradu- tutkielma tehtiin osana Luonnonvarakeskuksen SOMPA-hanketta, jossa kehitetään ekologisesti ja taloudellisesti kestävämpiä menetelmiä hoitaa suometsiä samalla ilmastonmuutosta hilliten (<https://www.luke.fi/sompa/>, 15.8.2019).

Haluan kiittää työni pääohjaajaa Luonnonvarakeskuksen tutkija Juha-Pekka Hotasta erittäin asiantuntevasta ja kärsivällisestä ohjauksesta. Yliopiston puolelta ohjaajanani toimi metsänhoitotieteen professori Heli Peltola, jolle kiitokset hyvistä kommentteista, ja kehitysideoista erityisesti työn viimeistelyvaiheessa. Kiitos myös Luonnonvarakeskuksen erikoistutkija Jari Miinalle hyvästä ja selkeästä ohjauksesta työn mallinnusosuudessa. Luonnonvarakeskuksen tutkimusprofessori Raisa Mäkipäätä haluan kiittää tämä gradutyön mahdollistamisesta, aiheen kehittelystä sekä neuvoista työn alkuvaiheessa. Työn taloudellisesta tukemisesta kiitokset Jouko Tuovolan säätiölle.

Kiitokset myös kumppanilleni Jutalle, vanhemmilleni, sisaruksilleni sekä ystävilleni tuestanne tämän graduprosessin aikana.

Joensuussa elokuussa 2019

Joni Haapakoski

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
1. JOHDANTO	6
1.1 Tutkimuksen tavoitteet	9
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	10
2.1 SOMPA-hankkeen kasvillisuusaineisto.....	10
2.1.1 SOMPA-aineiston tilastollinen analysointi	12
2.2 VMI:n kasvillisuusaineistot.....	14
2.2.1 Peittävyysmallinnus VMI-aineiston avulla.....	14
2.3 Mustikan ja puolukan peittävyysmallien testaus SOMPA-kohteilla.....	16
3. TULOKSET.....	17
3.1 Peittävyysmuutokset lajiryhmittäin.....	17
3.2 Lajikohtaiset peittävyysmuutokset	17
3.3 Koealaoittaiset lajiryhmäkohtaiset peittävyysmuutokset.....	20
3.4 Muutokset lajimäärissä	23
3.5 Yleistetyt lineaariset mallit.....	25
3.6 Mallien testaus SOMPA-aineistoon	30
3.6.1 Mustikkaturvekankaat	30
3.6.2 Ruohoturvekankaat	31
4. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	33
4.1 Peittävyysmuutokset	33
4.2 Muutokset lajimäärissä	36
4.3 Kasvillisuuden peittävyysmallit	38
4.4 Peittävyysmallien testaus SOMPA-aineistossa	42
4.5 Johtopäätökset	42
KIRJALLISUUS	44
LIITEET	50

1. JOHDANTO

Toisen maailmansodan jälkeen metsänhoidollisia hakkuita alettiin tehdä Suomessa pääosin alaharvennusperiaattein ja uudistaminen toteutettiin avohakkuun kautta (Vanha-Majamaa & Reinikainen 2001). Tähän kehitykseen vaikutti merkittävästi vuonna 1948 julkaistu harsintajulkilausuma, jossa voimakkaat harsintahakkuut vaadittiin korvattaviksi selväpiirteisillä uudistus- ja kasvatushakkuilla (Leikola 2002). Edelleenkin suurin osa metsien uudistamisesta Suomessa tapahtuu avohakkuun kautta (Kaila & Ihalainen 2014) ja usein siihen liittyy myös voimakas maanmuokkaus ja suometsissä lisäksi kunnostusojitukset.

Avohakkuiden käyttöön perustuvan metsätalouden haitalliset vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen, vesistöihin ja maisemaan ovat herättäneet kiinnostusta uusiin metsänhoitomenetelmiin. Tästä kiinnostuksesta hyvä esimerkki on myös kansalaisaloite avohakkuiden kieltämisestä valtion metsissä, joka keräsi yli 60 000 allekirjoitusta (<http://avohakkuuthistoriaan.fi/>, 7.3.2019). Vuoden 2014 metsälain uudistus mahdollisti metsien monipuolisemman käsittelyn, kun pienaukkohakkuut ja eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatushakkuut sallittiin (Äijälä ym. 2014). Uusimman lajien uhanalaisuusarvion mukaan metsäelinympäristöjen muutokset ja erityisesti lahopuun, vanhojen metsien ja kookkaiden puiden väheneminen sekä metsien uudistamis- ja hoitotoimenpiteet ovat merkittävimpiä lajien uhanalaistumisen syitä (Hyvärinen ym. 2019). Uhanalaisista putkilokasveista lähes 13 %:lle metsien käsittely on ensisijainen uhkatekijä ja erityisesti eteläisen Suomen suokasvien tilannetta ovat heikentäneet ojitukset ja turpeenotto. (Hyvärinen ym. 2019).

Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus on nähty hyvänä vaihtoehtona avohakkuiden käyttöön perustuvalla metsänkasvatuksella erityisesti turvemaidella (Nieminen ym. 2018). Turvemaiden osuus Suomen koko metsämaan alasta on noin 25 prosenttia ja puuston tilavuudesta 23 prosenttia (Korhonen ym. 2017), joten merkittävä osa tulevaisuuden hakkuumahdollisuuksista sijaitsee turvemaidella. Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen soveltuvuus turvemaidelle liittyy muun muassa avohakkuiden turvemaidella aiheuttamaan, kivennäismaihin verrattuna suurempaan ympäristökuormaan (Finér ym. 2010, Koskinen ym. 2011) sekä ojien kunnostuksesta ja ravinnetalouden hoidosta johtuviin kustannuksiin. Vedenpinnan tasoa säätelemällä voidaan vähentää myös turvemaiden kasvihuonekaasupäästöjä. Avohakkuun jälkeen ojitusalue muuttuu usein hiileen lähteeksi

ainakin joksikin aikaa ja lisäksi ravinne- ja kiintoainepäästöt vesistöihin kasvavat (Huttunen ym. 2003, Ojanen ym. 2013, Nieminen ym. 2017). Jatkuvapeitteisen metsätalouden menetelmiä käyttämällä näitä vaikutuksia voitaisiin mahdollisesti lieventää.

Viimeaikaisten tutkimusten mukaan jatkuvapeitteisen metsän puusto voisi haihdutuksellaan riittää pitämään pohjaveden pinnan puuston kasvulle sopivalla tasolla (Sarkkola ym. 2010, 2012). Tällöin kunnostusojituksista ja avohakkuista voitaisiin luopua tai ainakin niitä voitaisiin vähentää. Toisaalta vedenpinta ei kuitenkaan saa nousta liikaa. Jos kuivan hapellisen kerroksen paksuus on alle 25–30 senttimetriä, maaperästä alkaa vapautua metaania (Ojanen ym. 2010). Lisäksi fosforin ja liuenneen orgaanisen aineksen huuhtoutumisriski kasvaa ja puuston kasvu heikkenee olennaisesti (Sarkkola ym. 2012). Ilman kunnostusojituksia vedenpintaa saattaisi olla mahdollista pitää hieman lähempänä maanpintaa, jolloin turpeen hajoaminen ja siitä ilmakehään vapautuvan hiilen määrä vähenisi, mutta kuivatus riittäisi kuitenkin pitämään metaanipäästöt kohtuullisina (Nieminen ym. 2017). Tutkimusta sopivan vedenpinnan tason ja puuston määrän suhteesta on kuitenkin olemassa vasta vähän ja se on keskittynyt pääosin tasaikäisrakenteisiin puustoihin.

Yleisesti ottaen turvemaat uudistuvat hyvin luontaisesti ja ne ovat usein myös valmiiksi erirakenteisia (Päivänen 1999), mikä voisi myös puoltaa jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen käyttöä turvemailla. Erityisesti Pohjois-Suomessa korpikuusikoiden pienaukot ovat taimettuneet hyvin. Toisaalta luontaisesti syntyneiden taimien pituuskehitys on hitaampaa kuin muokattujen alojen istutustaimien (Hökkä & Mäkelä 2014, Hökkä & Repola 2018). Myös suojuspuuhakkuin käsiteltyjen turvemaakuusikoiden luontaisesta uudistamisesta on saatu lupaavia tuloksia (Holgen & Hånell 2000). Luontaisen uudistamisen onnistumisen näkökulmasta on tärkeää ymmärtää kasvillisuussukcession vaikutus taimettumiseen (Saarinen 2013).

Usein luontainen uudistaminen edellyttää kevyttä maanmuokkausta erityisesti rämesyntyisillä turvekankailla, jos ojitusalueen taimettumisherkkä rahkasammalpinta on jo korvautunut kangasmaiden sammallajeilla (Saarinen 2013). Muokatulle turvepinnalle saattaa myös kehittyä nopeasti karhunsammalkasvusto, joka ehkäisee tehokkaasti luontaista taimettumista (Moilanen ym. 1995). Taimettumisherkkyyttä erityisesti rämeillä heikentää myös karikkeesta

muodostuva raakahumuskerros (Saarinen 2013). Lisäksi viljavilla turvemaidilla aluskasvillisuuden kilpailu voi olla voimakasta, joten taimien alkukehityksen turvaaminen voi vaatia heinäntorjuntaa (Hannerz ja Hånell 1993). Taimettumisherkkyyden alenemisen myötä puusto kehittyy rakenteeltaan homogeenisempaan suuntaan (Sarkkola ym. 2002, 2005) ja tätä kehitystä edistävät myös harvennushakkuut (Sarkkola ym. 2005). Puuston kerroksellisuudella ja vanhojen järeiden puiden sekä lahopuun määrällä on merkitystä lajistollisen monimuotoisuuden kannalta (Hotanen ym. 2018). Hotasen ym. (2015) mukaan aluskasvillisuus, pensaskerros ja puusto voivat olla monilajisia ja monimuotoisia erityisesti ruohoturvekankailla ja turvelehdossa. Vaikka puuston erikokoisrakenne säilyy ojituksen jälkeen verrattain pitkään, on luonnontilaisen kaltaisen puustorakenteen ylläpitäminen turvekankailla vaikeaa (Uuttera ym. 1996, Hotanen ym. 2018) ilman erirakenteishakkuuta (Äijälä ym. 2014).

Intensiivinen metsänhoito vaikuttaa aluskasvillisuuden rakenteeseen (Reinikainen ym. 2001, Uotila & Kouki 2005, Tonteri ym. 2016, Vanha-Majamaa ym. 2017). Borealisessa metsäekosysteemissä aluskasvillisuudella on merkittävä rooli sekä metsikön uudistumisen ja tuottavuuden, että ravinteiden kierron kannalta (Nilsson & Wardle 2005). Hakkuut muuttavat kasvuolosuhteita muun muassa lisäämällä auringonvalon määrää, kasvattamalla ilman ja maaperän lämpötilavaihteluja sekä vaikuttamalla maaperän kosteusolosuhteisiin (Heithecker & Halpern 2007, Schelker ym. 2013). Hakkuiden vaikutukset aluskasvillisuuteen riippuvat hakkuun voimakkuudesta, tavasta ja ajankohdasta. Hakkuuta seuraavien kasvillisuusmuutosten suuntaan ja voimakkuuteen vaikuttavat myös kasvupaikan luontainen häiriödynamiikka, maaperän ravinnepitoisuus sekä kosteusolosuhteet (Frisvoll & Prestø 1997, Hannerz & Hånell 1997, Rydgren ym. 2004, Palviainen ym. 2005, Tonteri ym. 2005).

Reinikaisen ja Vanha-Majamaan (2001) mukaan kasvillisuuden kokonaispeittävyys on pienentynyt 1950-luvulta selvästi ja tärkeimpinä selittäjinä sille todennäköisesti ovat juuri muutokset maankäytössä sekä metsien rakenteessa. Avohakkuihin perustuvan metsätalouden seurauksena Suomen metsien ikäluokkajakauma on vähitellen tasoittunut ja metsät ovat tihentyneet. Lisäksi vanhojen metsien osuus on pienentynyt. Avohakkuista sekä maanpinnan muokkauksista ovat kärsineet erityisesti monet myöhäisen suknessiovaiheen putkilokasvit ja sammalet. Esimerkiksi mustikan (*Vaccinium myrtillus*) keskimääräisen

peittävyys on havaittu laskeneen 1950-luvulta vuoteen 1995 18 %:sta 8 %:iin niiden seurauksena. Toisaalta rämeiden sekä nevaisten korprien ojituksilla se on runsastunut (Salemaa 2001). Hakkuiden vaikutusten on havaittu olevan suurempia sammallajistoon kuin putkilokasveihin. Sammallajit myös palautuvat häiriöstä hitaammin (Jalonen & Vanha-Majamaa 2001, Tonteri ym. 2016, Vanha-Majamaa ym. 2017). Metsien nuorentumisen myötä taas monet pioneerilajit kuten maitohorsma (*Epilobium angustifolium*), metsälauha (*Deschampsia flexuosa*) ja vadelma (*Rubus idaeus*) ovat yleistyneet (Vanha-Majamaa & Reinikainen 2001). Vanha-Majamaan ym. (2017) mukaan poimintahakkuuta ja pienaukkohakkuuta käyttämällä, muutokset aluskasvillisuudessa ovat vähäisempiä ja kasvillisuuden palautuvuus nopeampaa verrattuna avohakkuihin. Poimintahakkuuta käyttämällä voitaisiin siis mahdollisesti paremmin turvata myös myöhäisen sukessiovaiheen lajiston säilyminen.

Erilaisten hakkuutapojen, mukaan lukien jatkuvapeitteiseen metsätalouteen yleisesti yhdistettävien menetelmien vaikutuksia aluskasvillisuuden rakenteeseen on tutkittu kivennäismailla (Palviainen ym. 2005, Smith ym. 2008, Tonteri 2016, Økland ym. 2016, Vanha-Majamaa ym. 2017). Turvemaiden tutkimusta on tehty vähemmän ja se on keskittynyt avohakkuuta seuraavan kasvillisuussukcession alkuvaiheisiin (Moilanen ym. 1995, Saarinen ym. 2009, Hamberg ym. 2019). Eirakenteishakkuiden vaikutuksia aluskasvillisuuteen ei ole turvemaiden metsissä aiemmin tutkittu. Aluskasvillisuuden vasteita koeala- ja puustotunnuksiin on myös aiemmin mallinnettu kivennäismailla (Mäkipää 1999, Miina ym. 2009, Heikkinen ja Mäkipää 2010), mutta ei juurikaan turvemaiden (vrt. Turtiainen ym. 2016).

1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kasvillisuudessa lyhyellä aikavälillä tapahtuneita muutoksia metsikön peitteisyyden säilyttävien erirakenteishakkuiden jälkeen korpikohteilla. Kohteet kuuluvat Luonnonvarakeskuksen SOMPA-hankkeeseen ja ne sijaitsevat maantieteellisesti suhteellisen samalla leveyspiirillä. Pääpaino oli lajien ja lajiryhmien peittävyksien muutoksissa, mutta myös muutoksia lajimäärissä tarkasteltiin.

Tutkimuksen toisena tavoitteena oli mallintaa turvemaiden kasvilajien vasteita koeala- ja puustotunnuksiin, erityisesti puuston pohjapinta-alaan valtakunnan metsien

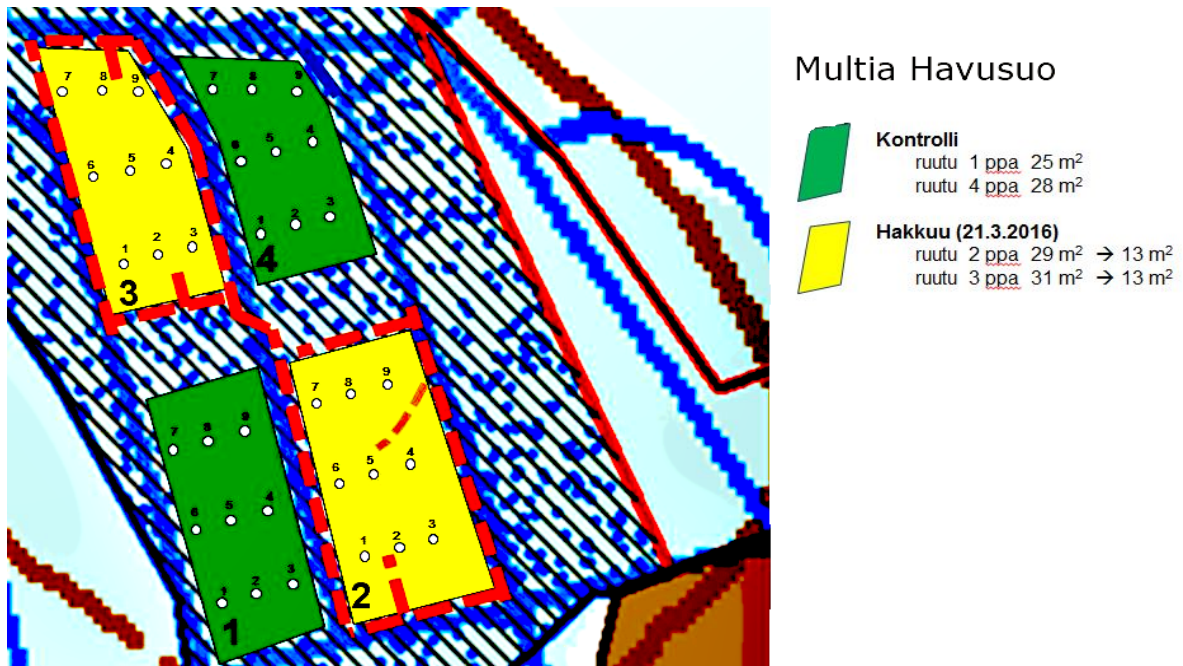
inventointiaineiston pohjalta. Lisäksi työssä testattiin VMI-aineiston avulla laadittujen mallien soveltuvuutta selittämään todellisuudessa SOMPA-hankkeen kohteilla tapahtuneita kasvillisuusmuutoksia.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 SOMPA-hankkeen kasvillisuusaineisto

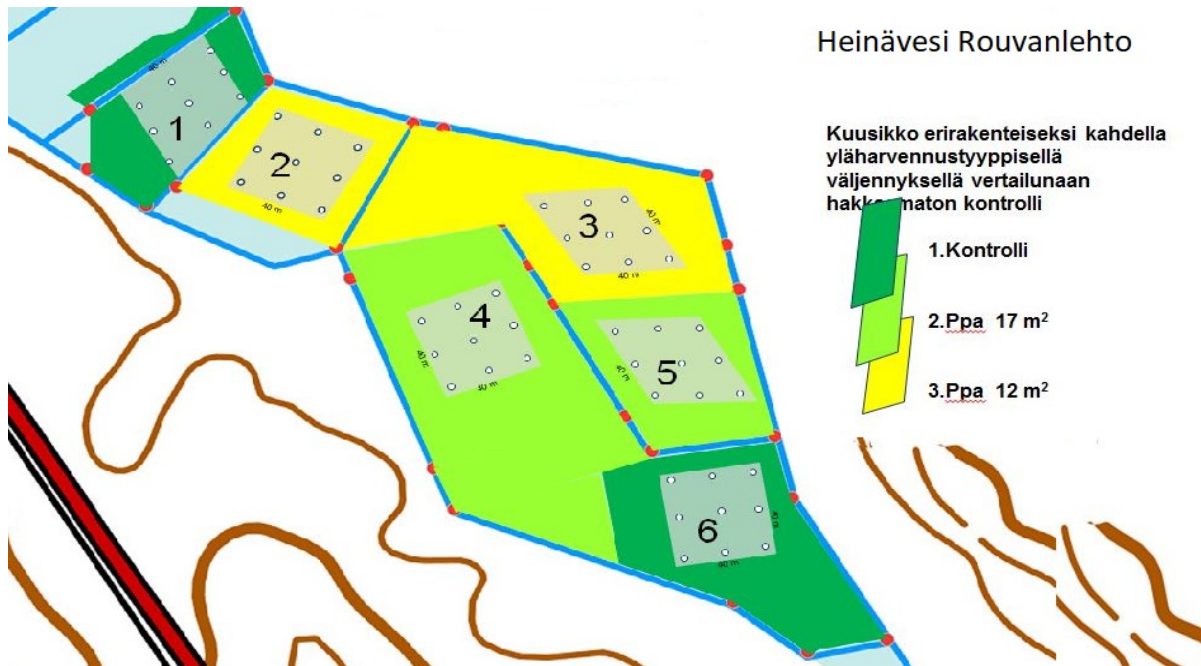
Tämän tutkimuksen yhtenä tutkimusaineistona käytettiin Luonnonvarakeskuksen SOMPA – hankkeen yhteydessä kerättyä kasvillisuusaineistoa. Tähän tutkimukseen valittiin hankkeen tutkimuskohteista Heinäveden Rouvanlehdossa, Juuan Vaarajoella sekä Multian Havusuolla sijaitsevat tutkimusmetsiköt, jotka kaikki ovat metsäojitettuja korpia ja sijaitsevat maantieteellisesti melko samalla leveyspiirillä.

Multian Havusuon tutkimuskohteella on neljä koealaa (Kuva 1). Koealoilla 2 ja 3 on tehty erirakenteisuuteen tähtäävä yläharvennustyyppinen väljennyshakku, jossa jäljelle jääneen puuston pohjapinta-ala (PPA) oli 13 m²/ha. Koealat 1 ja 4 ovat käsittelemättömiä kontrollialoja, joiden pohjapinta-alat vuonna 2016 olivat 25 ja 28 m²/ha. Turvekangastyyppiltään koealat 1 ja 2 ovat mustikkaturvekankaan (Mtkg1) ja puolukkaturvekankaan (Ptkg1) välimuotoja ja koealat 3 ja 4 ovat mustikkaturvekankaita.



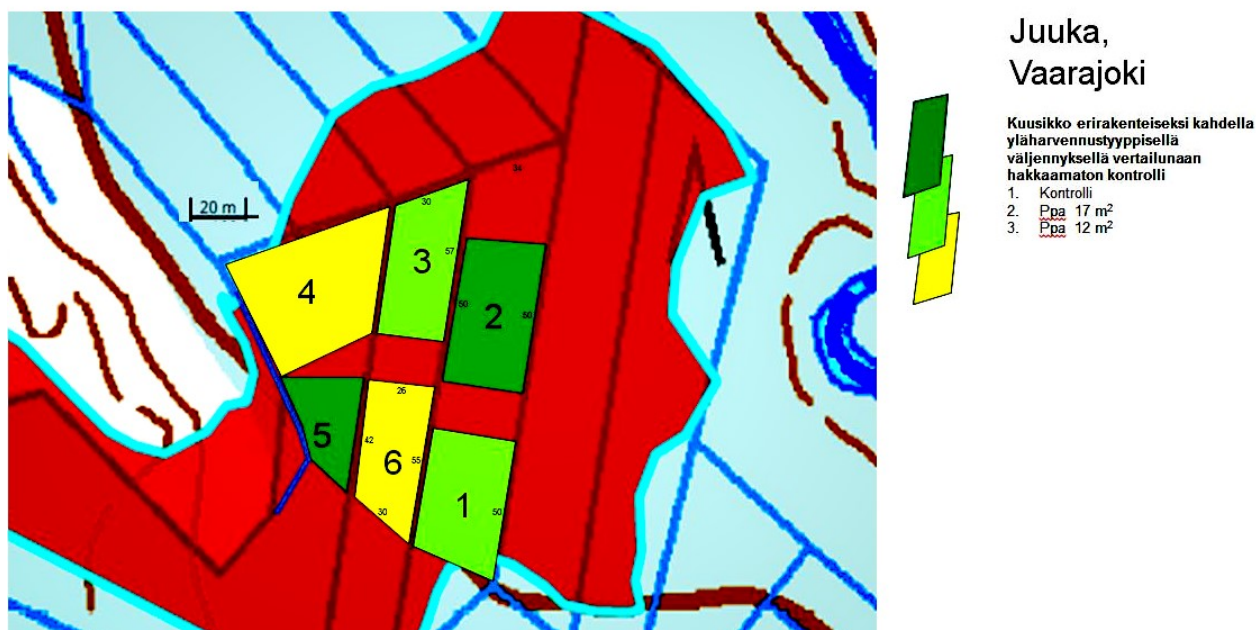
Kuva 1. Multian Havusuon koealat sekä pohjaveden mittauspaikat.

Heinäveden Rouvanlehdon tutkimuskohteella on kuusi koealaa (Kuva 2). Koealoilla 2 ja 3 on tehty voimakkaampi yläharvennustyyppinen väljennys, jossa jäävän puuston pohjapinta-ala oli 12 m²/ha. Koealoilla 4 ja 5 on tehty kevyempi käsittely, jonka jälkeen puuston pohjapinta-ala oli 17m²/ha. Koealat 1 ja 6 ovat käsittelemättömiä kontrollikoealoja, joiden pohjapinta-alat vuonna 2016 olivat 23 ja 22 m²/ha. Kaikki koealat ovat turvekangastyyppiltään ruohoturvekankaita (Rhtkg1), mutta koeala 4 on muita hieman karumpi.



Kuva 2. Heinäveden Rouvanlehdon koealat.

Juuan Vaarajoen tutkimuskohteella on myös kuusi koealaa ja niiden käsittelyt vastaavat voimakkuuksiltaan Rouvanlehdon käsittelyjä. Koealoilla 4 ja 6 on tehty voimakkaampi käsittely (PPA 12 m²/ha) ja koealoilla 1 ja 3 kevyempi käsittely (PPA 17 m²/ha). Koealat 2 ja 5 ovat kontrollikoealoja, joiden pohjapinta-alat vuonna 2016 olivat 22 ja 20 m²/ha. Turvekangastyyppiltään Vaarajoen koealat ovat mustikkaturvekangasta, mutta koeala 5 on muita hieman rehevämpi ja koeala 4 hieman karumpi.



Kuva 3. Juuan Vaarajoen koealat.

Koealoja kohteilla on siis yhteensä 16 ja jokaiselle koealalle on sijoitettu systemaattisesti 15 yhden neliömetrin suuruista kasvillisuusruutua. Kasvillisuus on inventoitu kohteilla ensimmäisen kerran kesällä 2016. Kasvillisuusinventointi toistettiin vuonna 2018 mikä tarkoitti Vaarajoella sekä Rouvanlehdossa toista käsittelyn jälkeistä kasvukautta ja Havusuolla kolmatta, sillä Havusuon hakkuu tehtiin vuotta aiemmin. Kasvillisuusruuduilta arvioitiin kenttä- ja pohjakerrosrajiston %-peittävydet asteikolla 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15,...,95, 97, 98..100 %. Lisäksi arvioitiin ruudulle osuvan puunrungon, juurenniskan, kannon ja karikkeen %-peittävydet. Vadelma luettiin kenttäkerrokseen ilman pituusylärajaa, mutta muutoin vain alle 0,5 metriä pitkät puu- ja pensaslajit luettiin kenttäkerrokseen.

2.1.1 SOMPA-aineiston tilastollinen analysointi

Kasvillisuudessa tapahtuneita muutoksia analysoitiin kaksisuuntaisella parittaisten otosten t-testillä, joka tehtiin käyttäen SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 25.0 -tilasto-ohjelmistoa. Testi soveltuu tilanteisiin, joissa sama otos on mitattu kaksi kertaa esimerkiksi ennen hakkuuta ja sen jälkeen, kuten tässä tutkimuksessa tehtiin. Kyseessä on siis toisistaan riippuvat otokset. Testin käyttöedellytyksenä on myös muuttujan normaalijakautuneisuus. Testi vertaa kahden mittauksen erojen keskiarvon poikkeavuutta nolasta. Nollahypoteesi on, että erojen keskiarvo on nolla ja kaksisuuntaisen testin vastahypoteesi on, että keskiarvojen

ero poikkeava nollasta. Pieni poikkeavuus nollasta voi selittyä otantavirheellä ja mitä suurempi otos on, sitä pienempi on otantavirheen osuus (McDonald 2014).

T-testeissä käytettiin aineistona yhdessä kaikkien kohteiden kontrollialoja, kevyemmän hakkuun aloja sekä voimakkaamman hakkuun aloja. Tällöin otoskoko oli kontrollikoealoilla 6, kevyemmän käsittelyn koealoilla 4 ja voimakkaamman käsittelyn koealoilla 6. Yhdistetyllä aineistolla testattiin myös lajimäärissä tapahtuneita muutoksia. Pienen otoskoon takia aineiston normaalijakautuneisuutta ei voitu olettaa. Tästä syystä t-testit tehtiin sekä alkuperäisellä peittävyysaineistolla, että sen logaritimuunnellulla aineistolla. Myös lajimäärämuutosten testauksessa käytettiin alkuperäistä ja logaritimuunnettua aineistoa. Logaritimuunnoksella pyrittiin normalisoimaan pienen aineiston jakaumaa testin soveltuvuuden parantamiseksi (McDonald 2014). Toisaalta muunnetunkin aineiston t-testien tulokseen tulee suhtautua tietyllä varauksella, sillä pienen aineiston muunnos ei välttämättä selkeästi vaikuta jakauman normalisuuteen.

T-testit tehtiin myös jokaiselle koealalle erikseen sekä lajikohtaisesti, että lajiryhmäkohtaisesti. Käytetyt lajiryhmät olivat varvut, heinät ja sarat, ruohot, rahkasammalet, lehtisammalet sekä puut ja pensaat. Lisäksi testit tehtiin maksasammalille ja jäkälille, jos niitä havaittiin koealoilla. Lajikohtaiset testit tehtiin koealoittain kaikille havaituille lajeille. Koealoittaisissa testeissä aineistona oli kasvillisuusruutukohtaiset havainnot, jolloin otoskoko jokaisella koealalla oli 15. Suuremman otoskoon takia koealakohtaiset testit tehtiin vain alkuperäisellä peittävyysprosenttiaineistolla.

Niistä lajeista, joiden peittävyyksistä löytyi tilastollisesti merkitseviä muutoksia ($p < 0,05$) koealakohtaisissa testeissä, valittiin vielä lajeja testattavaksi siten, että kaikkien kolmen kohteen kontrollikoealat sekä samalla tavalla käsitellyt koealat yhdistettiin. Valitut lajit testeihin olivat mustikka, puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*), metsätähti (*Trientalis europaea*), käenkaali (*Oxalis acetosella*), metsäälvejuuri (*Dryopteris carthusiana*), pallosara (*Carex globularis*), seinäsammal (*Pleurozium schreberi*), metsäkerrossammal (*Hylocomium splendens*), kangaskynsisammal (*Dicranum polysetum*), suikerosammalet (*Brachythecium spp.*), suonihuopasammal (*Aulacomnium palustre*) sekä kuusen (*Picea abies*) taimet. Koska otoskoko oli näissäkin testeissä pieni ($n=4$ ja $n=6$), testit tehtiin jälleen alkuperäisen aineiston

lisäksi logaritmuunnnetulle aineistolle. Tilastollisen merkitsevyyden rajana pidettiin arvoa $p < 0,05$ ja tilastollisesti suuntaa antavana arvoa $0,05 \leq p < 0,1$. Logaritmuunnettujen aineistojen t-testitulokset raportoidaan. Alkuperäisen aineiston testitulokset löytyvät liitteestä 1.

2.2 VMI:n kasvillisuusaineistot

Vastemallien rakentamisen aineistona käytettiin Valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä vuosina 1985-86 kerättyä kasvillisuus- ja koealatunnusaineistoa. Tuolloin perustettiin maanlaajuinen pysyvien koealojen verkosto, joka koostuu yhteensä 3009:stä 300 m² suuruisesta koealasta (Mäkipää & Heikkinen 2003). Koealat sijaitsevat inventointilohkoissa. Kullakin lohkolla on etelä-pohjoissuuntainen koealaryvä, joka käsittää Etelä-Suomessa 4 koealaa 400 metrin välein ja Pohjois-Suomessa 3 koealaa 600 metrin välein. Lohkojen etäisyydet toisistaan ovat Etelä-Suomessa sekä itä-länsisuunnassa, että etelä-pohjoissuunnassa 16 km. Pohjois-Suomessa vastaavat etäisyydet ovat 32 km ja 24 km (Mäkipää & Heikkinen 2003). Inventoinnissa kenttä- ja pohjakerroslajien peittävydet arvioitiin koealoille määrävälein sijoitetuilta 2 m²:n suuruiselta näyteruudulta. Kunkin kasvilajin peittävyys arvioitiin projektiopeittävytenä, mikä tarkoittaa ilmaversojen ja sekovarsien kattamaa prosenttipeittävyttä näyteruudulla (Tonteri ym. 2005). Näyteruudulta arvioitua peittävyyskeskiarvoa käytettiin kasvilajin keskipeittävytenä koealalla (Heikkinen & Reinikainen 2001). Tähän tutkimukseen aineistosta poimittiin tyyppiryhmältään korpiin kuuluvat koealat, jolloin otoskooksi jäi 246 koealaa.

2.2.1 Peittävyysmallinnus VMI-aineiston avulla

Mallintaminen tehtiin käyttäen yleistettyjä lineaarisia malleja (GLM = Generalized linear models) R-ohjelmointiympäristössä (R Development Core Team, 2018). Yleistetyt lineaariset mallit ovat perinteisten lineaaristen mallien matemaattisia laajennuksia, jotka mahdollistavat muidenkin kuin normaalisti jakautuneiden aineistojen käytön linkkifunktioiden kautta (McCullagh & Nelder 1989). GLM:n avulla vastemuuttujan ja selittävien muuttujien suhdetta voidaan siis mallintaa joustavammin kuin tavallisella lineaarisella regressiomallilla, koska vastemuuttuja voi olla esimerkiksi poisson-, binomi-, tai gamma-jakautunut (Guisan ym. 2002).

GLM:n kaava on muotoa:

$$g(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Kasvupaikka}_i + \beta_2 \text{Ojitustilanne}_i + \beta_3 \text{Keskilpm}_i + \beta_4 \text{PPA}_i + \beta_5 \text{PPA}_i^2 + \beta_6 \text{Lepu}\%_i + \beta_7 \text{Kasvupaikka}_i : \text{PPA}_i = \eta_i, \quad (1)$$

missä $g(\)$ on linkkifunktio, joka määrittää selitettävän muuttujan suhteen lineaariseen malliin (McCullagh & Nelder 1989). Kaavassa μ_i on selitettävä muuttuja eli kasvilajin havaittu peittävyys koealalla i , β on tuntematon parametri, joka liittyy ko. selittävään muuttuajaan, ja η lineaarinen ennustin. Lineaarinen ennustin (η) on yhden tai useamman selittävän muuttujan lineaarinen summa, joka liittää jokaisen havaitun arvon ennusteeseen (McCullagh & Nelder 1989).

Tässä tutkimuksessa vastemuuttujana käytettiin kasvilajin prosentuaalista keskipeittävyttä koealalla. Mustikan ja puolukan peittävyysmallien selittäjiksi valittiin niillä loogisesti käyttäytyvät, tilastollisesti merkitsevät kasvupaikkaa ja puustoa kuvaavat tunnuksat. Muille mallinnukseen valituille kasvilajeille käytettiin samoja selittäjiä. Virhejakaumana käytettiin quasipoisson-jakaumaa. Poisson-jakauman oletuksena on, että vastemuuttujan odotusarvo ja varianssi ovat yhtä suuria. Näin ei kuitenkaan aina ole, koska tämän tyyppisissä aineistoissa on yleensä ylihajontaa (ts. varianssi on suurempi kuin odotusarvo). Tätä ylihajontaa voidaan kontrolloida käyttämällä quasipoisson-jakaumaa. Poisson-virhejakaumalla mallinnettaessa linkkifunktiona käytetään log-linkkiä.

Jatkuvina selittävinä muuttujina käytettiin puuston kokonaispohjapinta-alaa (PPA , m^2/ha) ja sen toista potenssia, keskiläpimittaa ($Keskilpm$, cm) sekä prosentuaalista lehtipuuosuutta ($Lepu$, $\%$) (lehtipuiden pohjapinta-alan osuus kokonaispohjapinta-alasta). Kokonaispohjapinta-alan toinen potenssi otettiin malliin mukaan, koska oli oletettavaa, että pohjapinta-alan vaikutus peittävyteen on epälineaarinen. Puuston keskiläpimittaa käytettiin kuvaamaan puuston kehitysluokkaa, sillä sama pohjapinta-ala voidaan saavuttaa hyvinkin erilaisissa puuston kehitysvaiheissa. Luokkamuuttujina käytettiin kasvupaikkaa ($Kasvupaikka$) ja ojitustilannetta ($Ojitustilanne$) kuvaavia muuttujia. Lisäksi pohjapinta-alan kasvupaikasta riippuvan vaikutuksen kuvaamiseksi selittäjäksi otettiin kasvupaikan sekä kokonaispohjapinta-alan yhdysvaikutus. Tässä tutkimuksessa on mukana VMI-aineiston kasvupaikkaluokat 1-5:

- 1= Lehto, lettosuo, lehtoturvekangas
- 2= Lehtomainen kangas, ruohoinen suo, turvekangas
- 3= Tuore kangas, suursarainen tai mustikkainen suo, turvekangas
- 4= Kuivahko kangas, piensarainen tai puolukkainen suo
- 5= Kuiva-/turvekangas, tupasvilla-, isovarpuinen suo

Luokkiin 1 ja 2 kuuluneet koealat yhdistettiin, samoin kuin luokkiin 4 ja 5 kuuluneet koealat. Luokkien yhdistäminen tehtiin ravinteikkaimpiin ja karuimpiin luokkiin kuuluneiden koealojen vähäisen määrän takia. Tyyppiryhmältään korpiin kuuluvat koealat luokiteltiin siis kasvupaikan mukaan kolmeen luokkaan, joista jatkossa selkeyden vuoksi käytetään nimityksiä ruohoinen, mustikkainen ja puolukkainen. Ojitustilanteeltaan koealat luokiteltiin neljään (1=ojittamaton suo, 2=ojikko, 3=muuttuma, 4=turvekangas) luokkaan.

Kuvaajat mallin ennustamista lajien peittävyyksistä pohjapinta-alan suhteen kasvupaikoittain tehtiin käyttäen R-ohjelmiston effects-pakettia (Fox 2003). Tilastollisen merkitsevyyden rajana pidettiin arvoa $p < 0,05$ ja tilastollisesti suuntaa antavana arvoa $0,05 \leq p < 0,1$. Varianssianalyysin F-testillä (tyyppi III) testattiin mallin luokkamuuttujien tilastollinen merkitsevyys (ns. joint significance).

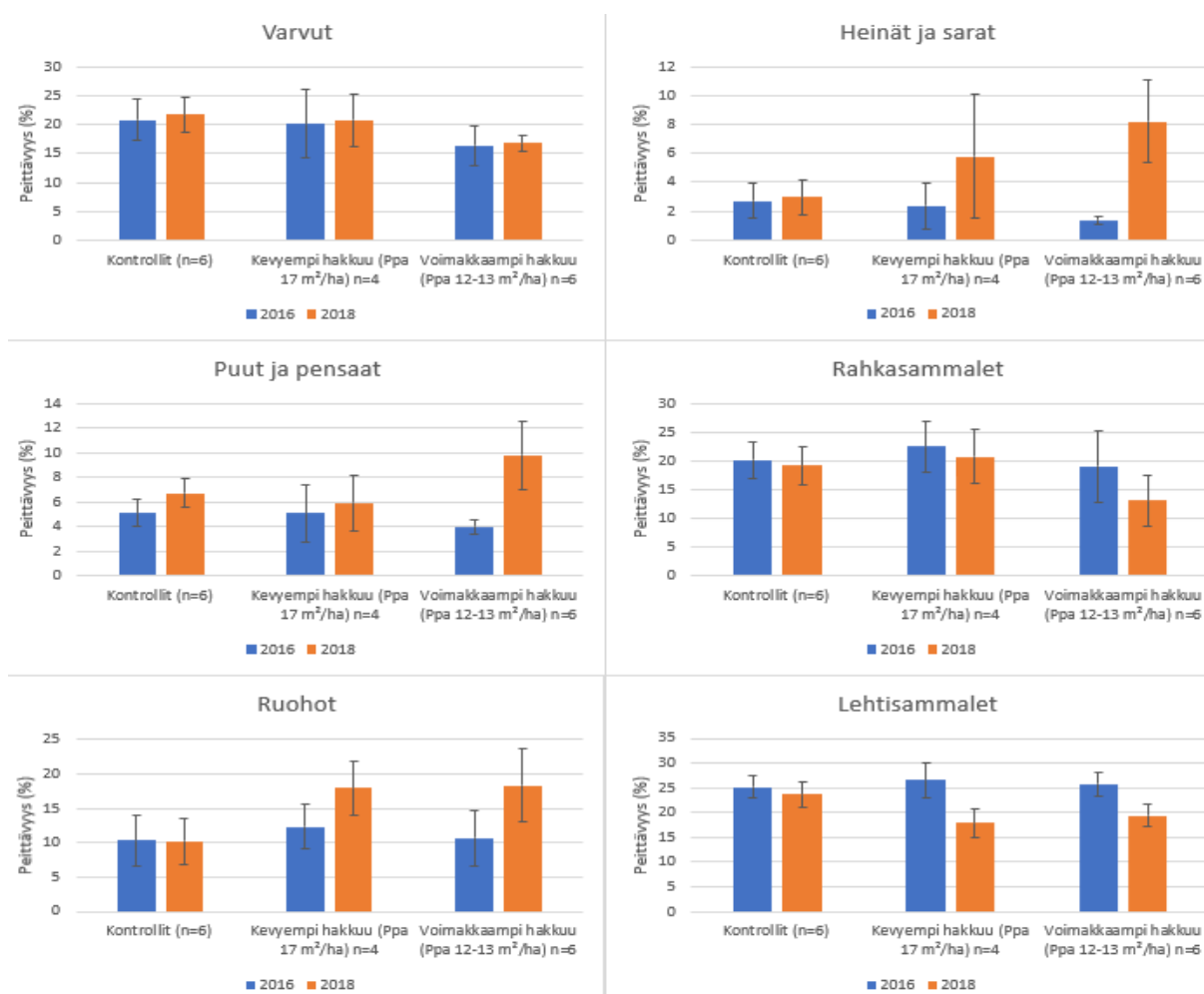
2.3 Mustikan ja puolukan peittävyysmallien testaus SOMPA-kohteilla

VMI-aineistoon sovitettujen mustikan ja puolukan peittävyysmallien toimintaa arvioitiin SOMPA-hankkeessa mitattujen peittävyyksien avulla. Mallien soveltuvuutta selittämään SOMPA-hankkeen kohteilla tapahtuneita kasvillisuuden peittävyysmuutoksia testattiin erikseen ruohoturvekankaiden ja mustikkaturvekankaiden koealoilla, joille mallin peittävyysennuste laskettiin pohjapinta-alan suhteen. Kohteiden keskiläpimittaa ja lehtipuuosuutta ei tiedetty, joten keskiläpimittana käytettiin mallinnusaineiston keskimääräistä keskiläpimittaa, joka oli mustikkaturvekankailla 11,7 cm ja ruohoturvekankailla 9,8 cm. Lehtipuuosuus oletettiin nolaksi. Samaan kuvaan lisättiin kasvupaikoittain ja koealoittain havaittujen peittävyyksien keskiarvot vuosina 2016 ja 2018 kontrollikoealoilla ja käsitellyillä koealoilla. Muutoksen suuntaa verrattiin peittävyysmallin ennusteeseen.

3. TULOKSET

3.1 Peittävyysmuutokset lajiryhmittäin

Lajiryhmittäisiä peittävyysmuunnoksia tarkasteltiin siten, että kaikkien kolmen tutkimuskohteen kontrollikoealat sekä vastaavilla tavoilla käsitellyt koealat oli yhdistetty. T-testien tulokset löytyvät liitteestä 1. Kontrollikoealoilla varpujen, heinien ja sarojen sekä puiden ja pensaiden peittävyys kasvoi vähän, kun taas lehtisammalten, rahkasammalten ja ruohojen peittävyys laski (Kuva 4). Kuitenkin heinien ja sarojen sekä puiden ja pensaiden peittävydessä tapahtunut kasvu oli tilastollisesti merkitsevää (Liite 1).



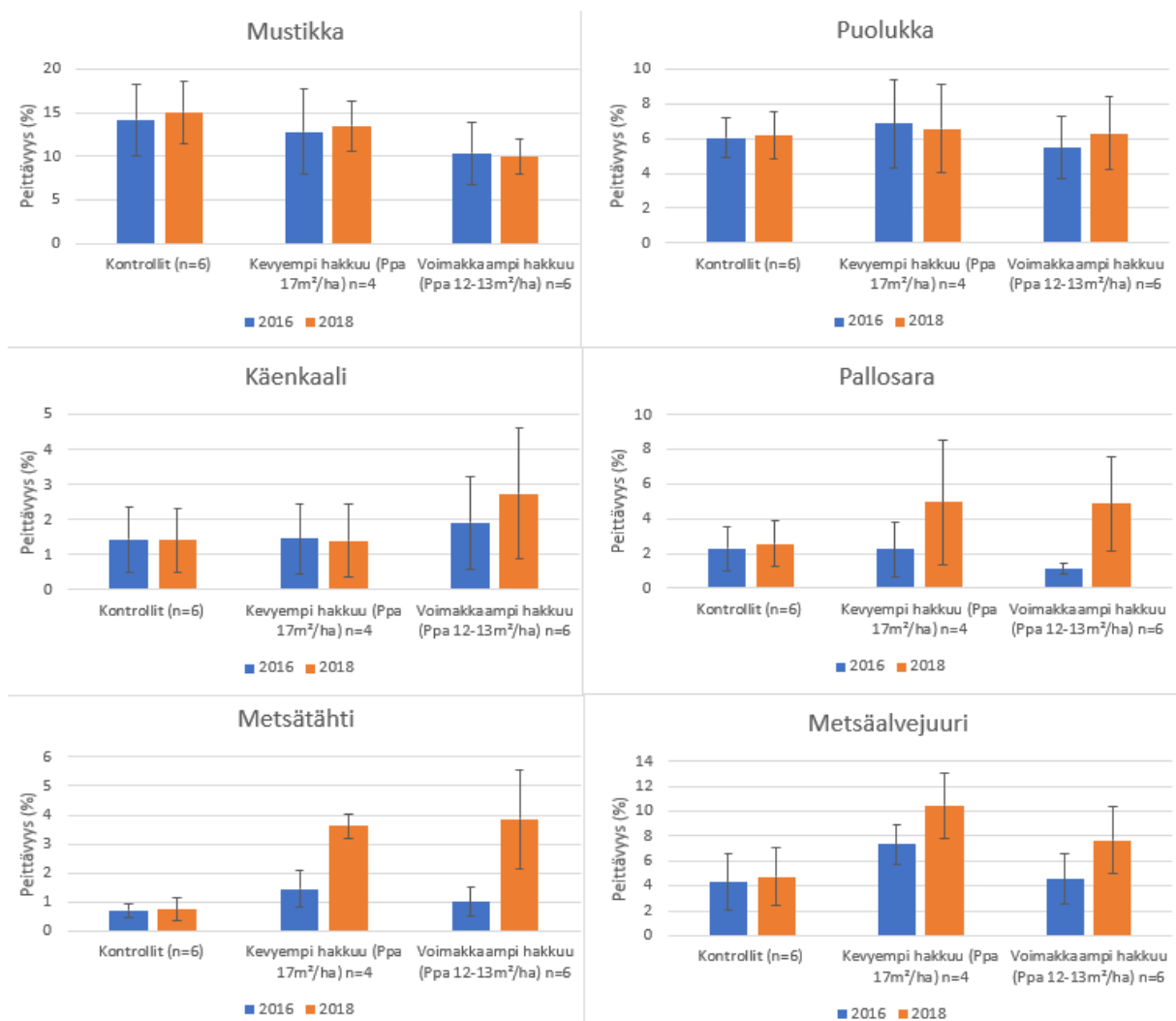
Kuva 4. Lajiryhmäkohtaiset keskipeittävydet, sekä keskiarvon keskivirheet vuosina 2016 ja 2018.

Heinien ja sarojen sekä ruohojen peittävyys kasvoi selvästi ($p < 0,05$) sekä kevyemmin, että voimakkaammin käsitellyillä koealoilla (Kuva 4). Voimakkaammin käsitellyillä koealoilla myös puiden ja pensaiden peittävyden kasvu oli tilastollisesti merkitsevää. Lehtisammalten ja rahkasammalten peittävydet laskivat sekä kontrollikoealoilla, että käsitellyillä koealoilla,

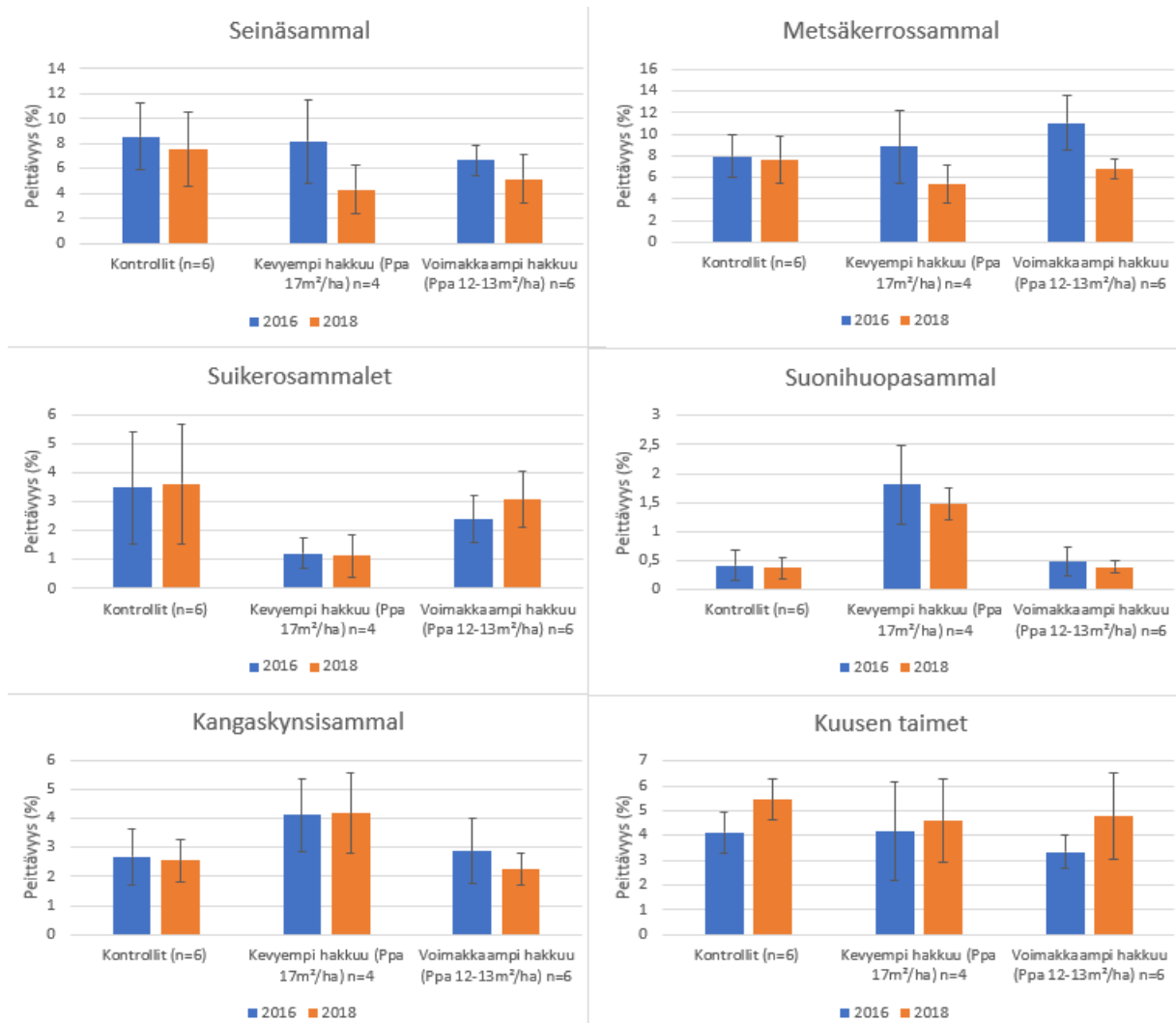
mutta muutos oli selvempi käsitellyillä koealoilla (Kuva 4). Sammalten peittävyysmuutokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Suuntaa antavasti ($0,05 \leq p < 0,1$) aleni rahkasammalten peittävyys kontrollikoealoilla ja lehtisammalten peittävyys kevyemmin käsitellyillä koealoilla.

3.2 Lajikohtaiset peittävyysmuutokset

Yksittäisistä lajeista metsätähti, pallosara sekä metsäalvejuuri hyötyivät hakkuukäsittelyistä selvimmin (Kuva 5). Testattujen sammallajien peittävyys yleensä aleni käsittelyjen jälkeen, mutta kangaskynsisammalen peittävyys kasvoi hieman kevyemmin käsitellyillä koealoilla ja suikerosammalten voimakkaammin käsitellyillä aloilla (Kuva 6).



Kuva 5. Mustikan, puolukan, käenkaalin, pallosaran, metsätähden sekä metsäalvejuuren keskipeittävydet, sekä keskiarvon keski virheet vuosina 2016 ja 2018.

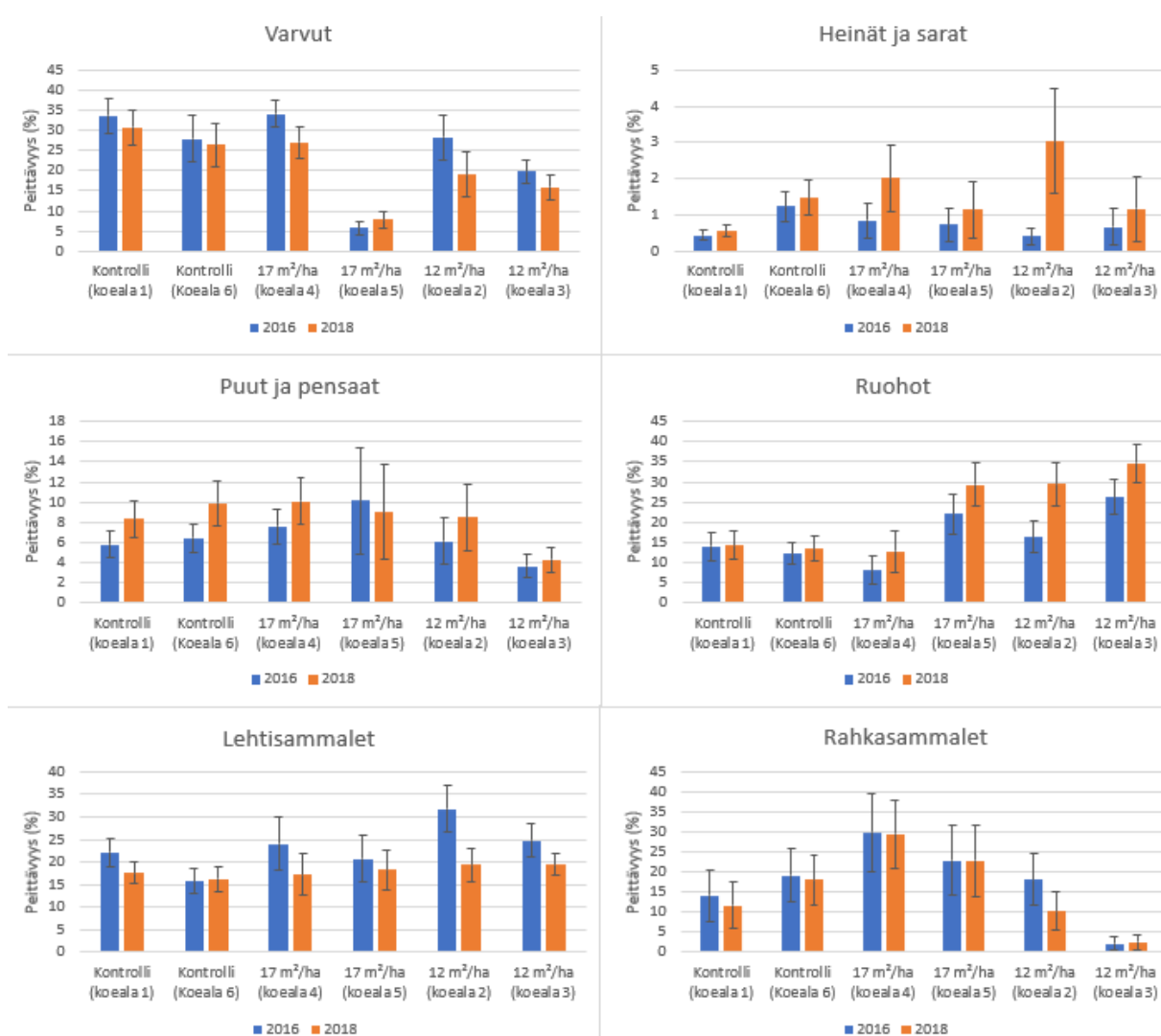


Kuva 6. Sammallajien sekä kuusen taimien keskiyeittävydet, sekä keskiarvon keskivirheet vuosina 2016 ja 2018.

Kuusen taimien peittävyys kasvoi kontrollikoealoilla ($p < 0,05$). Kevyemmin käsitellyillä koealoilla metsäalvejuuren ja pallosaran peittävyden kasvu sekä seinäsammalen peittävyden lasku oli merkitsevää (Liite 2). Voimakkaammin käsitellyillä koealoilla tilastollisesti merkitseviä muutoksia ei näiden lajien peittävyksissä tapahtunut. Tilastollisesti suuntaa antavia ($0,05 \leq p < 0,1$) muutoksia havaittiin kuitenkin näillä aloilla useammin kuin kevyemmin käsitellyillä koealoilla ja kontrollikoealoilla (Liite 2). Metsätähden, metsäalvejuuren ja pallosaran peittävyys kasvoi ja metsäkerrossammalen laski suuntaa antavasti.

3.3 Koealoittaiset lajiryhmäkohtaiset peittävyysmuutokset

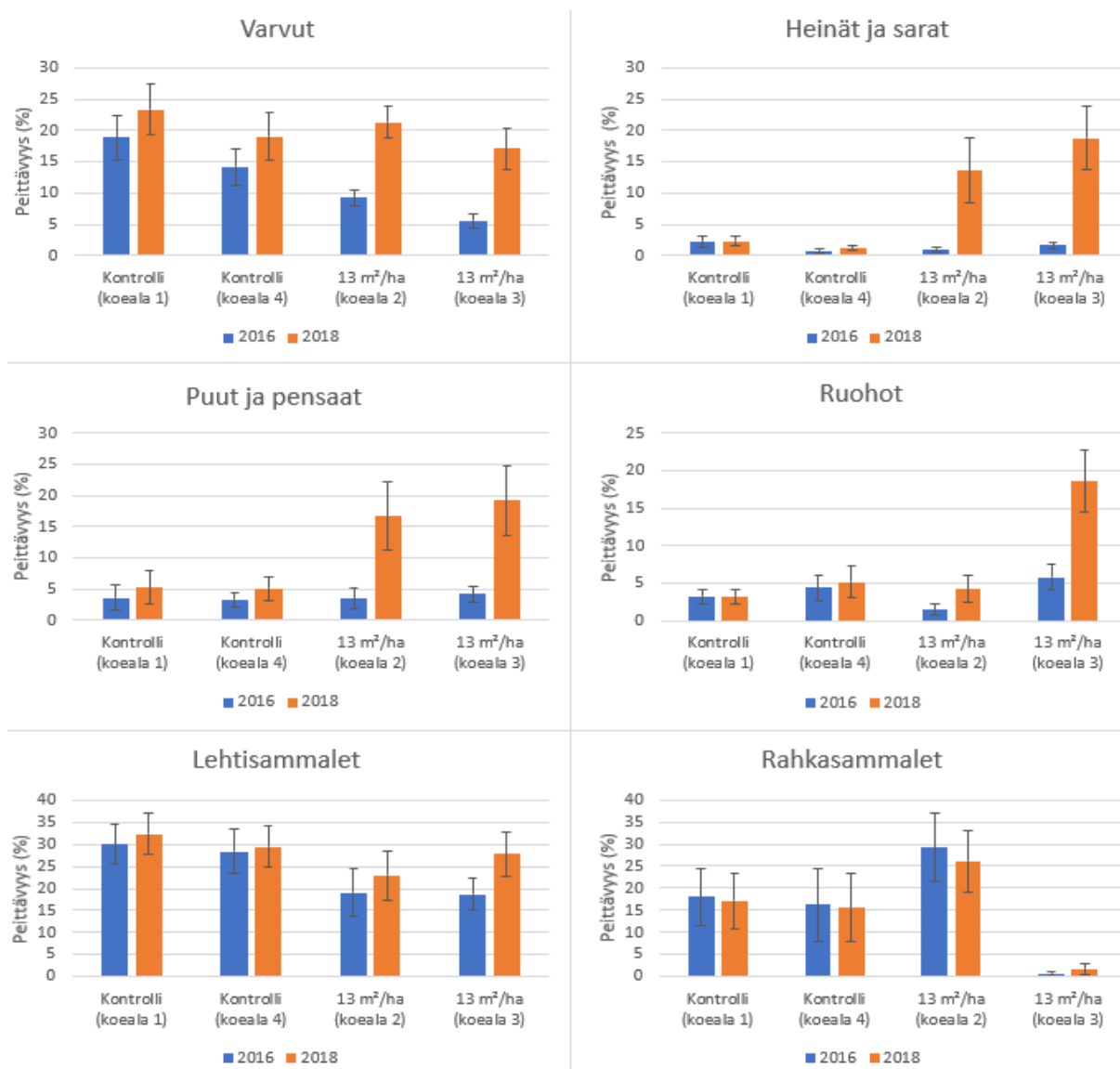
Heinäveden Rouvanlehdossa havaittiin selvimpiä muutoksia hakkuiden jälkeen heinien ja sarojen sekä ruohojen peittävyksissä. Näiden ryhmien peittävyys kasvoi hieman kontrollikoealoilla, mutta selvästi käsitellyillä koealoilla (Kuva 7). Varpujen, lehtisammalten sekä rahkasammalten peittävyys laski useimmiten, mutta yksittäisillä koealoilla havaittiin myös hienoista peittävyden kasvua (Kuva 7). Rouvanlehdossa eniten tilastollisesti merkitseviä muutoksia havaittiin voimakkaammin käsitellyillä koealoilla. Kaikilla käsitellyillä koealoilla varpujen ja lähes kaikilla myös ruohojen peittävyden kasvu oli merkitsevää (Liite 3).



Kuva 7. Koealakohtaiset lajiryhmien keskipöittävydet sekä keskiarvon keskivirheet Heinäveden Rouvanlehdossa ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen.

Multian Havusuolla varpujen, lehtisammalten, puiden ja pensaiden sekä ruohojen keskipöittävyys kasvoi kaikilla koealoilla ja muutos oli selvempää käsitellyillä koealoilla kuin kontrollikoealoilla (Kuva 8). Heinien ja sarojen keskipöittävyys pysyi kontrollikoealoilla lähes

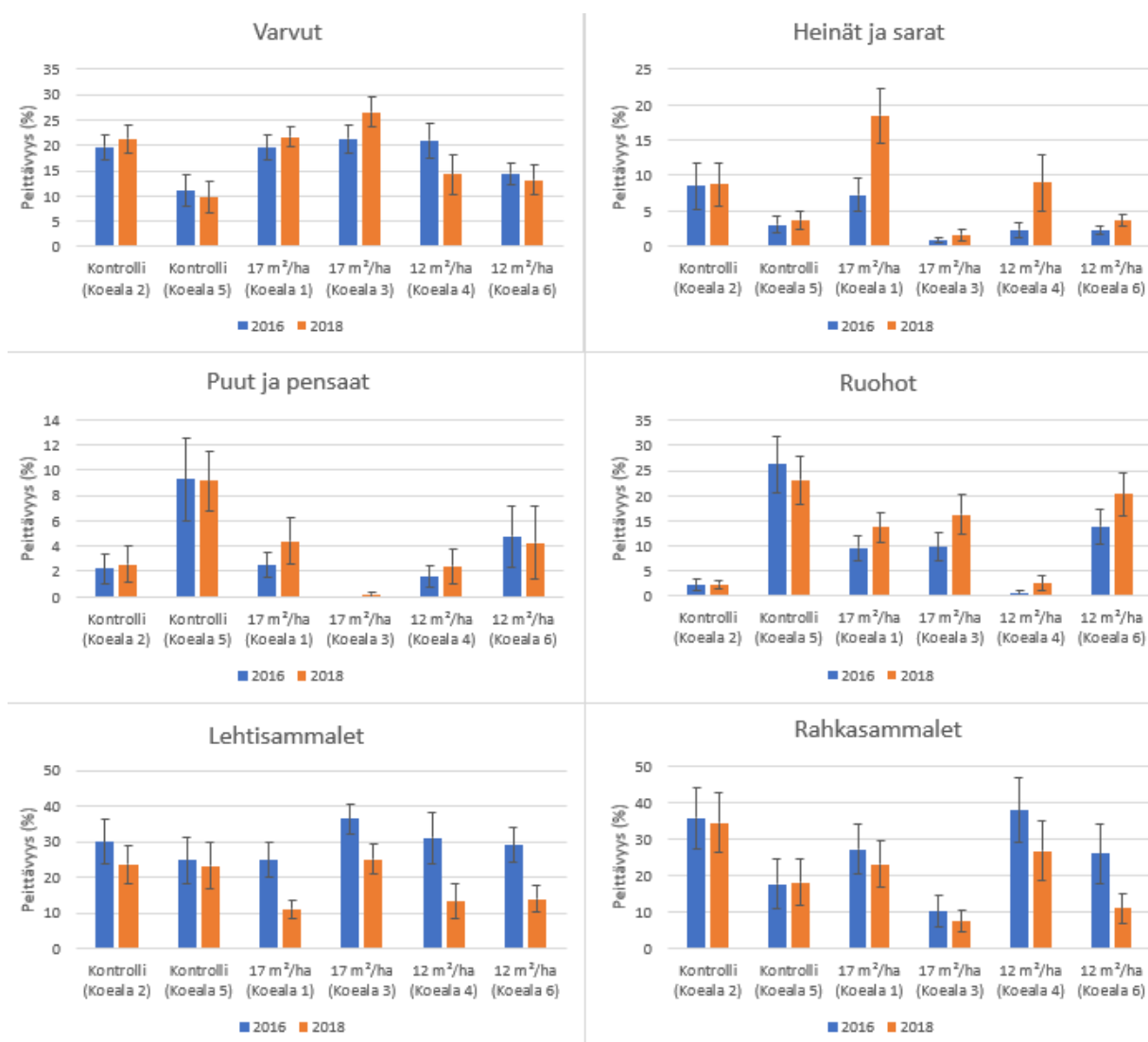
muuttumattomana, mutta käsittelyjen jälkeen niiden peittävyys kasvoi selvästi. Rahkasammalten keskipeittävydessä tapahtui hienoista laskua kontrollikoealoilla sekä toisella käsitellyistä koealoista. Merkitseviä muutoksia tapahtui selvästi enemmän käsitellyillä koealoilla kuin kontrollikoealoilla. Kummallakin käsitellyllä koealalla varpujen, heinien ja sarojen, puiden ja pensaiden sekä ruohojen keskipeittävydessä tapahtunut kasvu oli merkitsevää (Liite 3).



Kuva 8. Koealakohtaiset lajiryhmien keskipeittävydet sekä keskiarvon keskivirheet Multian Havusuolla ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen.

Juuan Vaarajoella varpujen keskipeittävyys kasvoi hieman kevyemmän käsittelyn jälkeen, mutta laski voimakkaamman käsittelyn jälkeen. Heinien ja sarojen, puiden ja pensaiden sekä ruohojen keskipeittävyys kasvoi kaikilla käsitellyillä koealoilla, kun taas lehtisammalten sekä rahkasammalten peittävyys laski (Kuva 9).

Tilastollisesti merkitseviä muutoksia tapahtui selvästi eniten kevyemmin käsitellyillä koealoilla. Kummallakin kevyemmin käsitellyistä koealoista lehtisammalten, rahkasammalten ja ruohojen peittävyysmuutokset olivat merkitseviä. Toisella niistä lisäksi heinien ja sarojen peittävyys kasvoi selvästi ($p < 0,05$). Toisella kontrollikoealalla lehtisammalten ja toisella varpujen peittävyys laski tilastollisesti merkitsevästi. Lisäksi heinien ja sarojen peittävyys kasvu oli merkitsevää toisella kontrollikoealalla. Voimakkaammin käsitellyillä koealoilla lehtisammalten peittävyys laski ja toisella näistä lisäksi ruohojen peittävyys kasvu oli merkitsevää (Liite 3).



Kuva 9. Koealakohtaiset lajiryhmien keskipöittävyudet sekä keskiarvon keskiarvot Juuan Vaarajoella ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen.

Taulukossa 1 on esitetty muutoksen suunta, kun kontrollit ja vastaavilla tavoilla käsitellyt koealat on yhdistetty kohteittain. Heinien ja sarojen peittävyys kasvoi kaikilla kohteilla sekä kontrollikoealoilla, että käsitellyillä koealoilla. Rahkasammalten peittävyys taas laski. Muissa

lajiryhmissä muutoksen suunnassa oli vaihtelua kohteiden välillä. Lehtisammalten peittävyys kasvoi Multian koaloilla, mutta Heinävedellä ja Juuassa se aleni sekä kontrolleilla, että käsitellyillä koaloilla. Varpujen osalta taas Heinävedellä ja Juuassa tapahtui pääosin kasvua, mutta Multian kohteella peittävyudet kasvoivat sekä kontrollikoealoilla, että käsitellyillä koaloilla.

Taulukko 1. Peittävyyksissä kohteittain tapahtuneiden keskimääräisten muutosten suunta kontrollikoealoilla ja käsitellyillä koaloilla.

	Heinävesi	Multia	Juuka
Varvut			
Kontrollit	↓	↑	↑
Kevyempi käsittely	↓	-	↑
Voimakkaampi käsittely	↓	↑	↓
Heinät ja sarat			
Kontrollit	↑	↑	↑
Kevyempi käsittely	↑	-	↑
Voimakkaampi käsittely	↑	↑	↑
Puut ja pensaas			
Kontrollit	↑	↑	↑
Kevyempi käsittely	↑	-	↑
Voimakkaampi käsittely	↑	↑	↑
Ruohot			
Kontrollit	↑	↑	↓
Kevyempi käsittely	↑	-	↑
Voimakkaampi käsittely	↑	↑	↑
Lehtisammalet			
Kontrollit	↓	↑	↓
Kevyempi käsittely	↓	-	↓
Voimakkaampi käsittely	↓	↑	↓
Rahkasammalet			
Kontrollit	↓	↓	↓
Kevyempi käsittely	↓	-	↓
Voimakkaampi käsittely	↓	↓	↓

3.4 Muutokset lajimäärissä

Kohteilla kasvoi vuonna 2016 yhteensä 67 lajia ja vuonna 2018 yhteensä 68 lajia. Vuonna 2016 havaituista lajeista virpapajua (*Salix aurita*), hiirenporrasta (*Athyrium filix-femina*) sekä kangasmaitikkaa (*Melampyrum pratense*) ei havaittu enää vuonna 2018. Näitä lajeja kasvoi vuonna 2016 vain yksittäisillä ruuduilla ja niiden peittävyudet vaihtelivat silloin välillä 0,2-3 %. Uusina lajeina vuonna 2018 havaittiin peltopillike (*Galeopsis bifida*), ojanukkasammal (*Dicranella cerviculata*), metsätähtimö (*Stellaria longifolia*), sekä rauduskoivun (*Betula pendula*) taimi. Näistä peltopillike sekä ojanukkasammal havaittiin Heinäveden Rouvanlehdon koaloilla 2,3 ja 4 ja niiden peittävyudet yksittäisillä ruuduilla vaihtelivat välillä 0,2-5 %.

Metsätähtimö havaittiin yksittäisillä ruuduilla Heinäveden koealoilla 2 ja 3 peittävyyksillä 0,5 % ja 0,2 %. Rauduskoivun taimia löytyi Heinäveden koealan 4 kahdelta kasvillisuusruudulta ja niiden peittävyys kummallakin ruudulla oli 2 %.

Kontrollikoealoilta katosi keskimäärin 0,2 lajia. Kevyemmän käsittelyn koealoille ilmestyi keskimäärin yksi uusi laji ja voimakkaamman käsittelyn koealoille kaksi uutta lajia (Taulukko 2). Muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (Liite 4). Suurimmat yksittäiset lajimäärän kasvut tapahtuivat Heinäveden Rouvanlehdon koealoilla 2 ja 4 sekä Multian Havusuon koealalla 2, joista yksi on käsitelty kevyemmin ja kaksi voimakkaammin. Eniten lajeja hävisi Multian Havusuon sekä Juuan Vaarajoen koealoilta 1, joista toinen on kontrolli ja toinen on kevyemmin käsitelty. Liitteessä 5 on esitetty koealoittain kaikki hävinneet lajit sekä uudet lajit.

Taulukko 2. Koealakohtaiset sekä yhdistetyt lajimäärät sekä niissä tapahtuneet muutokset

Heinävesi	Lajimäärä 2016	Lajimäärä 2018	Muutos
Koeala 1	28,0	28,0	+1
Koeala 2	30,0	36,0	+6
Koeala 3	29,0	30,0	+1
Koeala 4	33,0	39,0	+6
Koeala 5	31,0	31,0	0
Koeala 6	28,0	29,0	+1
Kontrollit (Ka.)	28,0	28,5	+0,5
Kevyempi käsittely (Ka.)	32,0	35,0	+3
Voimakkaampi Käsittely (Ka.)	29,5	33,0	+3,5
Multia	Lajimäärä 2016	Lajimäärä 2018	Muutos
Koeala 1	23,0	21,0	-2
Koeala 2	24,0	29,0	+5
Koeala 3	26,0	28,0	+2
Koeala 4	27,0	26,0	-1
Kontrollit (Ka.)	25,0	23,5	-1,5
Voimakkaampi Käsittely (Ka.)	25,0	28,5	+3,5
Juuka	Lajimäärä 2016	Lajimäärä 2018	Muutos
Koeala 1	25,0	21,0	-4
Koeala 2	22,0	23,0	+1
Koeala 3	25,0	27,0	+2
Koeala 4	27,0	27,0	0
Koeala 5	35,0	35,0	0
Koeala 6	28,0	26,0	-2
Kontrollit (Ka.)	28,5	29,0	+0,5
Kevyempi käsittely (Ka.)	25,0	24,0	-1
Voimakkaampi Käsittely (Ka.)	27,5	26,5	-1
Kohteet yhdistettynä	Lajimäärä 2016	Lajimäärä 2018	Muutos
Kontrollit	27,2	27,0	-0,2
Kevyempi käsittely	28,5	29,5	+1
Voimakkaampi Käsittely	27,3	29,3	+2

3.5 Yleistetyt lineaariset mallit

Taulukossa 3 on esitetty peittävyysmallien selittäjien merkitsevyys sekä vaikutuksen suunta (sininen=negatiivinen, punainen=positiivinen). Kasvupaikalla ja kokonaispohjapinta-alalla havaittiin merkitsevää yhdysvaikutusta ainoastaan mustikan peittävyysmallissa. Mallien kertoimet, keskiarvot, t-arvot sekä varianssianalyysien tulokset löytyvät liitteistä 7 ja 8.

Taulukko 3. Peittävyysmallien selittäjien merkitsevyys (p-arvot) sekä tilastollisesti merkitsevien vaikutusten suunta (sininen=negatiivinen ja punainen=positiivinen). Luokkamuuttujien yhteisvaikutusta kuvaavan F-testin p-arvot on kursivilla (tilastollisesti merkitsevät p-arvot on lihavoitu). Selitteet: Vaccmyrt=mustikka, Vaccviti=puolukka, Trieuro=metsätähti, Oxalacet=käenkaali, Careglob=pallosara, Pleuschr=seinäsammal, Hylosple=metsäkerrossammal, Dicrpoly=kangaskynsisammal, Brac spp.=suikerosammalet, Aulapalu=suonihuopasammal, Piceabi3=kuusen taimet.

Selittäjä	Vacc myrt	Vacc vitis	Trie euro	Oxal acet	Care glob	Dryo cart	Pleu schr	Hylo sple	Dicr poly	Brac spp.	Aula palu	Pice abi3
Vakio (β_0)	0,055	0,801	0,197	0,253	0,382	0,107	0,009	0,693	0,410	0,820	0,012	0,076
Kasvupaikka (β_1) (ref=ruohoinen)	0,000	0,010	<i>0,921</i>	0,012	0,000	<i>0,508</i>	0,001	0,048	<i>0,332</i>	<i>0,356</i>	0,007	<i>0,079</i>
mustikkainen	0,001	0,004	0,786	0,018	0,000	0,636	0,002	0,072	0,277	0,457	0,369	0,092
puolukkainen	0,007	0,396	0,815	0,996	0,031	0,501	0,003	0,381	0,204	0,306	0,009	0,392
Ojitustilanne (β_2) (ref=turvekagas)	<i>0,622</i>	0,037	0,003	<i>0,079</i>	<i>0,432</i>	0,001	0,005	0,040	0,000	<i>0,251</i>	0,018	0,000
ojittamaton suo	0,305	0,053	0,002	0,175	0,193	0,024	0,289	0,249	0,001	0,170	0,242	0,001
ojikko	0,721	0,353	0,343	0,421	0,137	0,077	0,054	0,193	0,056	0,324	0,312	0,038
muuttuma	0,772	0,679	0,016	0,234	0,307	0,003	0,168	0,259	0,005	0,888	0,018	0,023
Keskilpm, cm (β_3)	0,615	0,134	0,850	0,002	0,241	0,384	0,233	0,717	0,037	0,290	0,096	0,016
PPA, m ² /ha (β_4)	0,001	0,013	0,029	0,148	0,215	0,399	0,025	0,059	0,324	0,224	0,231	0,107
PPA ² , m ² /ha (β_5)	0,002	0,013	0,033	0,042	0,368	0,159	0,075	0,120	0,218	0,314	0,088	0,112
Lepu%, % (β_6)	0,012	0,746	0,160	0,002	0,023	0,778	0,000	0,022	0,005	0,341	0,309	0,111
Kasvupaikka:PPA (β_7) (ref=ruohoinen*PPA)	0,044	<i>0,212</i>	<i>0,171</i>	<i>0,823</i>	<i>0,176</i>	<i>0,714</i>	<i>0,142</i>	<i>0,499</i>	<i>0,928</i>	<i>0,540</i>	<i>0,099</i>	<i>0,744</i>
mustikkainen*PPA	0,018	0,264	0,066	0,537	0,078	0,425	0,117	0,478	0,817	0,826	0,479	0,987
puolukkainen*PPA	0,130	0,491	0,674	1,000	0,602	0,919	0,080	0,470	0,993	0,343	0,047	0,469

Mustikan peittävyysmallissa tilastollisesti merkitseviä selittäjiä olivat kasvupaikka, pohjapinta-ala, lehtipuuosuus sekä kasvupaikan ja pohjapinta-alan yhdysvaikutus (Taulukko 3). Näistä vahvimpia selittäjiä olivat puuston pohjapinta-ala sekä kasvupaikkatyyppi. Pohjapinta-alan kasvaessa mustikan peittävyys kasvaa tiettyyn pisteeseen asti ja runsaimmillaan se on mustikkaisilla kasvupaikoilla ja lähes yhtä runsaana puolukkaisilla. Lehtipuuosuuden kasvu alentaa mustikan peittävyttä. Kuvassa 10 on esitetty mallien mukainen pohjapinta-alan vaikutus kasvilajien peittävyteen kasvupaikoittain, kun muut jatkuvat selittäjät tunnukset pidetään keskiarvossaan. Keskiläpimitan keskiarvo oli 10,87 cm ja lehtipuuosuuden keskiarvo

39,29 %. Ojitusilanteen arvona oli havaintojen määrällä painotettu keskiarvo. Pohjapinta-alalla ja kasvupaikalla havaittiin myös tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta. Ruohoisilla kasvupaikoilla mustikalle optimaalinen puuston pohjapinta-ala oli selvästi korkeampi kuin puolukkaisilla ja mustikkaisilla kasvupaikoilla.

Puolukan peittävyttä selittivät merkitsevästi kasvupaikka, ojitusilanne sekä pohjapinta-ala (Taulukko 3). Eniten puolukkaa esiintyy mallin mukaan mustikkaisilla kasvupaikoilla ja vähiten ruohoisilla. Peittävyys kuitenkin kasvaa puolukkaisilla kasvupaikoilla korkeammaksi kuin mustikkaisilla pohjapinta-alan kasvaessa (Kuva 10). Kasvupaikan ja pohjapinta-alan yhdysvaikutus ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää. Ojittamattomilla soilla puolukan peittävyys on mallin mukaan suuntaa antavasti pienempi kuin turvekankailla.

Ojitusilanne ja pohjapinta-ala selittivät merkitsevästi metsätähden peittävyttä (Taulukko 3). Ojittamattomissa korvissa metsätähteä ei käytännössä ollut ollenkaan, mutta sen peittävyys kasvoi siirryttäessä kohti turvekankaita ja pohjapinta-alan kasvaessa (Kuva 10). Kasvupaikka ei ollut merkitsevää selittäjä. Eniten metsätähteä oli kuitenkin mustikkaisilla paikoilla ja seuraavaksi eniten ruohoisilla. Puolukkaisilla paikoilla havaintoja oli vain muutama.

Käenkaalin peittävyteen vaikutti merkitsevästi kasvupaikka, keskiläpimitta, pohjapinta-ala sekä lehtipuuosuus (Taulukko 3). Käenkaalin osalta pohjapinta-alan ja sen toisen potenssin merkitsevyyden suunta oli päinvastainen kuin edellisillä lajeilla. Tämän tuloksen mukaan käenkaalia esiintyy alhaisilla pohjapinta-aloilla, jonka jälkeen peittävyys alenee pohjapinta-alan kasvaessa, kunnes se kääntyy taas nousuun (Kuva 10). Käenkaalin peittävyys on korkein ruohoisilla paikoilla ja alenee merkitsevästi siirryttäessä mustikkaisille paikoille. Puolukkaisilla koealoilla käenkaalia ei havaittu tässä aineistossa ollenkaan. Keskiläpimitan kasvaessa käenkaalin peittävyyskin kasvaa merkitsevästi.

Pallosaran peittävyteen vaikutti merkitsevästi kasvupaikka sekä lehtipuuosuus (Taulukko 3). Runsaimmin sitä esiintyy mustikkaisilla kasvupaikoilla ja seuraavaksi eniten puolukkaisilla. Kummallakin sitä esiintyy merkitsevästi enemmän kuin ruohoisilla kasvupaikoilla. Lehtipuuosuuden kasvaessa pallosaran peittävyys alenee.

Metsäalvejuuren peittävyttä selitti tässä aineistossa merkitsevästi ainoastaan ojitustilanne (Taulukko 3). Sitä on runsaimmin turvekankailla ja siirryttäessä muuttumiin, ojikoihin ja ojittamattomiin soihin sen peittävyys alenee vähintään tilastollisesti suuntaa antavasti. Metsäalvejuurestakin oli erittäin vähän havaintoja puolukkaisilla paikoilla, mikä selittää mallin ennusteen ja luottamusvälien käyttäytymistä kasvupaikan ja pohjapinta-alan suhteen (Kuva 10).

Kasvupaikka, ojitustilanne, pohjapinta-ala sekä lehtipuuosuus selittivät merkitsevästi seinäsammalen peittävyttä (Taulukko 3) ja näistä vahvimpia selittäjiä ovat kasvupaikka sekä lehtipuuosuus. Seinäsammalta on ruohoisuustasoa merkitsevästi enemmän sekä mustikkaisilla, että puolukkaisilla paikoilla ja runsaimmillaan se on muuttumilla ja turvekankailla. Kokonaispohjapinta-ala on merkitsevä selittäjä, eikä se ole kasvupaikasta riippuva (Kuva 10). Lehtipuuosuuden kasvulla on merkitsevä negatiivinen vaikutus seinäsammalen peittävyteen.

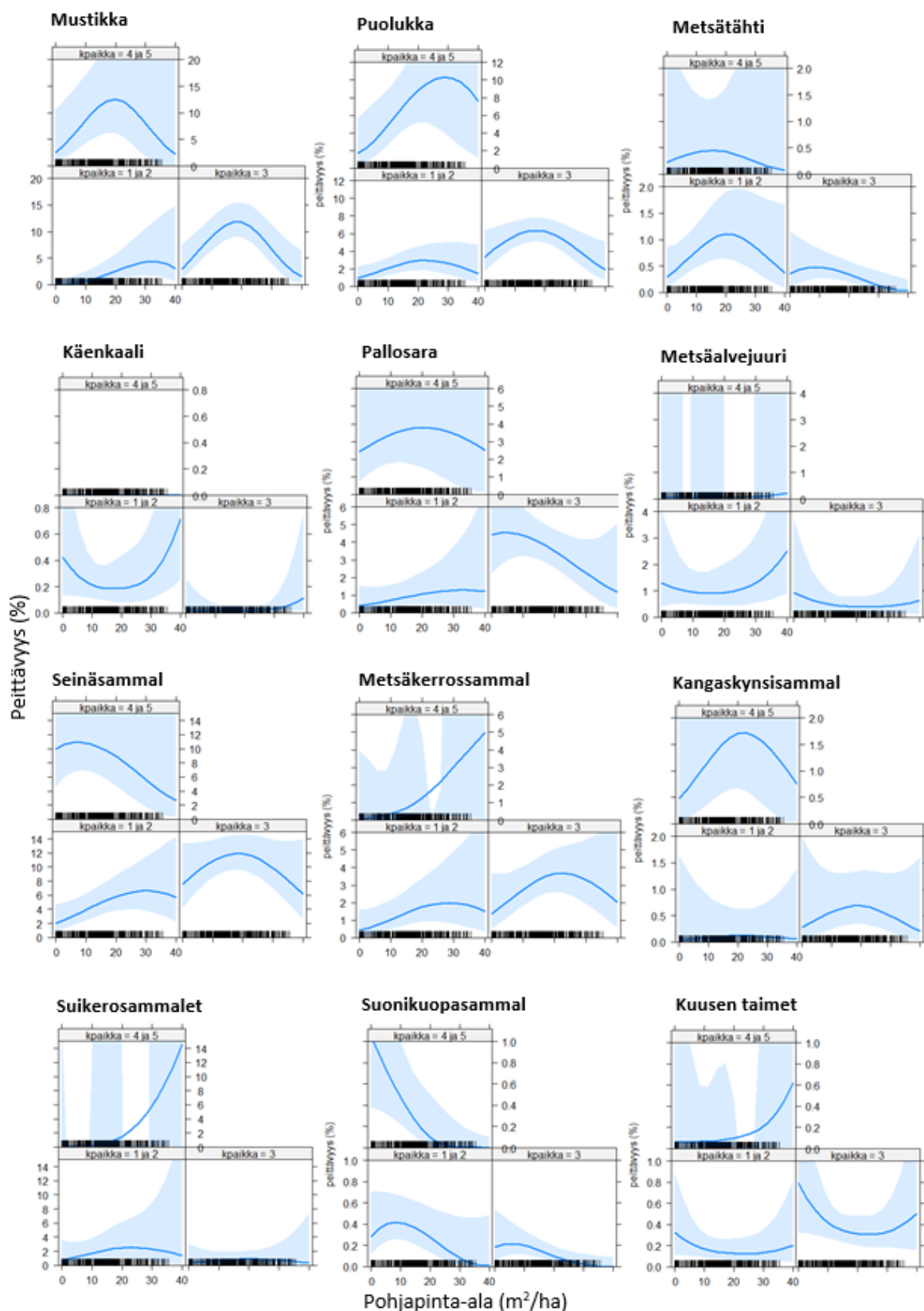
Metsäkerrossammalta esiintyy eniten mustikkaisilla kasvupaikoilla ja seuraavaksi eniten ruohoisilla (Taulukko 3). Puolukkaisilta kasvupaikoilta havaintoja oli vain vähän. Tässä aineistossa metsäkerrossammalta esiintyy runsaimmin ojittamattomilla soilla ennen turvekankaita. Lehtipuuosuuden kasvu alentaa metsäkerrossammalenkin peittävyttä merkitsevästi, mutta kuitenkin vähemmän kuin seinäsammalen peittävyttä. Kasvupaikan ja kokonaispohjapinta-alan yhdysvaikutus ei ollut merkitsevä, joten kuvan 10 kasvupaikoittaisilla ennusteilla ei ole eroa.

Kangaskynsisammalen peittävyteen vaikuttivat ojitustilanne, keskiläpimitta sekä lehtipuuosuus (Taulukko 3). Se on runsaimmillaan turvekankailla ja vähenee järjestyksessä muuttumat, ojikot ja ojittamattomat suot. Kasvupaikan vaikutus ei ollut merkitsevä, mutta vähiten kangaskynsisammalta esiintyy ruohoisilla kasvupaikoilla (Kuva 10). Keskiläpimitan kasvaessa peittävyys kasvaa ja lehtipuuosuuden kasvaessa alenee merkitsevästi.

Suikerosammalille mikään selittäjistä ei ollut merkitsevä (Taulukko 1), mutta runsaimmillaan se esiintyy ruohoisilla muuttumilla ja turvekankailla. Suonihuopasammalen osalta mallin kertoimet menivät ristiin siten, että sitä esiintyy puolukkaisilla kasvupaikoilla merkitsevästi

enemmän kuin ruohoisilla, mutta vähiten sitä on mustikkaisilla kasvupaikoilla. Ojitustilanteenkin osalta kertoimet vaihtelivat. Muuttumilla suonihuopasammalta esiintyy merkitsevästi enemmän kuin turvekankailla. Myös ojittamattomilla soilla sitä on enemmän, mutta ojikoilla taas vähemmän. Kasvupaikan ja pohjapinta-alan yhdysvaikutus oli tilastollisesti suuntaa antava ja puolukkaisilla kasvupaikoilla pohjapinta-alan kasvaessa suonihuopasammalen peittävyys alenee merkitsevästi enemmän kuin ruohoisilla.

Kuusen taimien (alle 0,5 m) peittävyttä selitti merkitsevästi ojitustilanne ja keskiläpimitta (Taulukko 3). Suurin peittävyys on turvekankailla ja merkitsevästi pienempi niin ojittamattomilla soilla, ojikoilla kuin muuttumillakin. Keskiläpimitan kasvaessa eli puuston järeytyessä peittävyys kasvaa merkitsevästi.

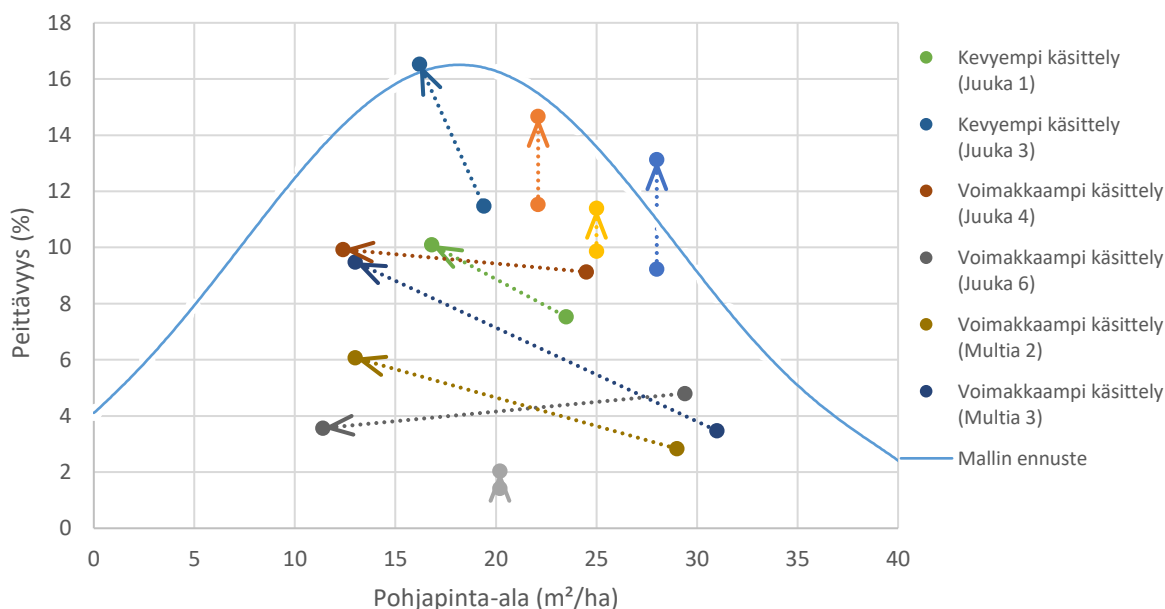


Kuva 10. Mallien kasvupaikoittaiset peittävyysennusteet pohjapinta-alan suhteen sekä 95% luottamusvälit, kun muut selittäjät saavat keskimääräisen arvonsa. (1 ja 2 = ruohoinen, 3 = mustikkainen, 4 ja 5 = puolukkainen).

3.6 Mallien testaus SOMPA-aineistoon

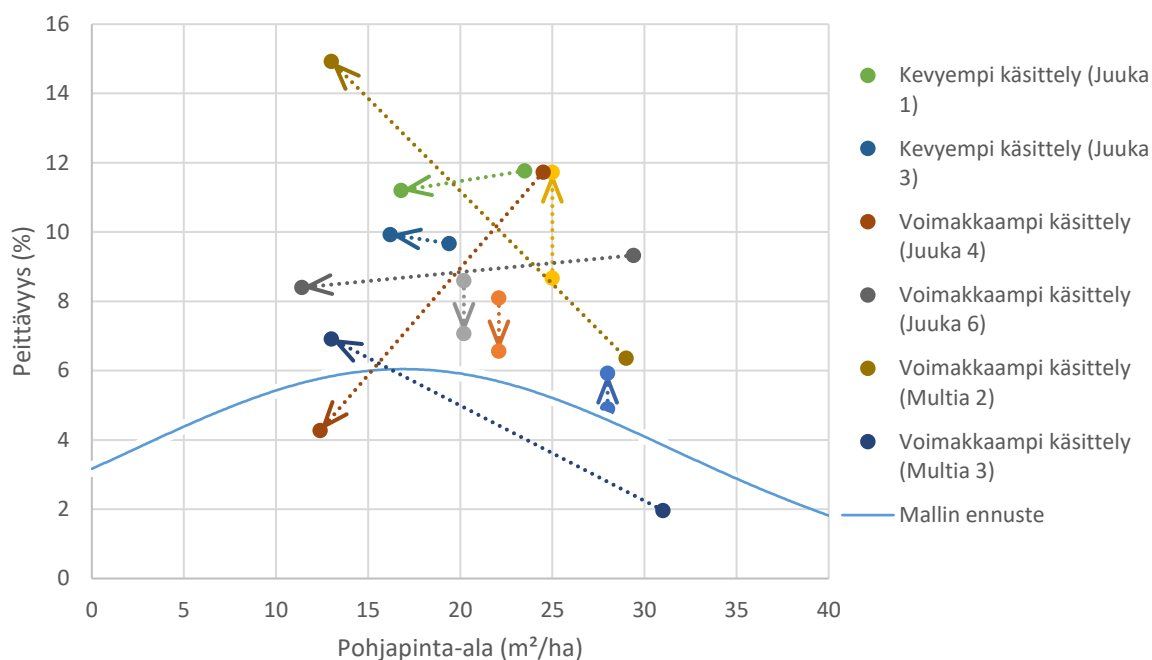
3.6.1 Mustikkaturvekankaat

Mustikan peittävyden muutos SOMPA-hankkeen mustikkaturvekankailla oli yleisesti ottaen samansuuntainen kuin mustikan peittävyysmallin ennuste pohjapinta-alan suhteen (Kuva 11), mutta peittävyden tasoissa oli selvää vaihtelua. Voimakkaammin käsiteltyjen koealojen pohjapinta-ala ennen käsittelyä oli välillä 24,5-31 m²/ha, jolloin mallinkin mukainen peittävyys olisi jo laskussa. Kolmella neljästä voimakkaammin käsitellystä koealasta mustikan peittävyys kasvoi hieman, kuten mallin ennustekin. Muutoksen suunta oli siis pääosin sama, mutta havaitut peittävydet olivat yleensä selvästi alhaisempia kuin mallin ennuste. Kevyemmin käsitellyilläkin koealoilla peittävyys kasvoi käsittelyn jälkeen. Toisella näistä aloista muutos oli mallin mukainen, mutta toisella peittävyys kasvoi selvästi, kun mallin mukainen muutos olisi ollut hienoinen lasku. Kyseisellä koealalla pohjapinta-ala ennen hakkuuta oli alle 20 m²/ha, joten pohjapinta-alan muutos ei ollut kovin suuri. Kontrollikoealojen peittävydet ovat lähellä mallin antamaa mustikan peittävyttä lukuun ottamatta yhtä koealaa, jolla mustikan peittävydet ovat huomattavasti muita koealoja alhaisempia.



Kuva 11. Mustikan peittävyshavainnot SOMPA-hankkeen mustikkaturvekankaiden koealoilta sekä mallin ennuste.

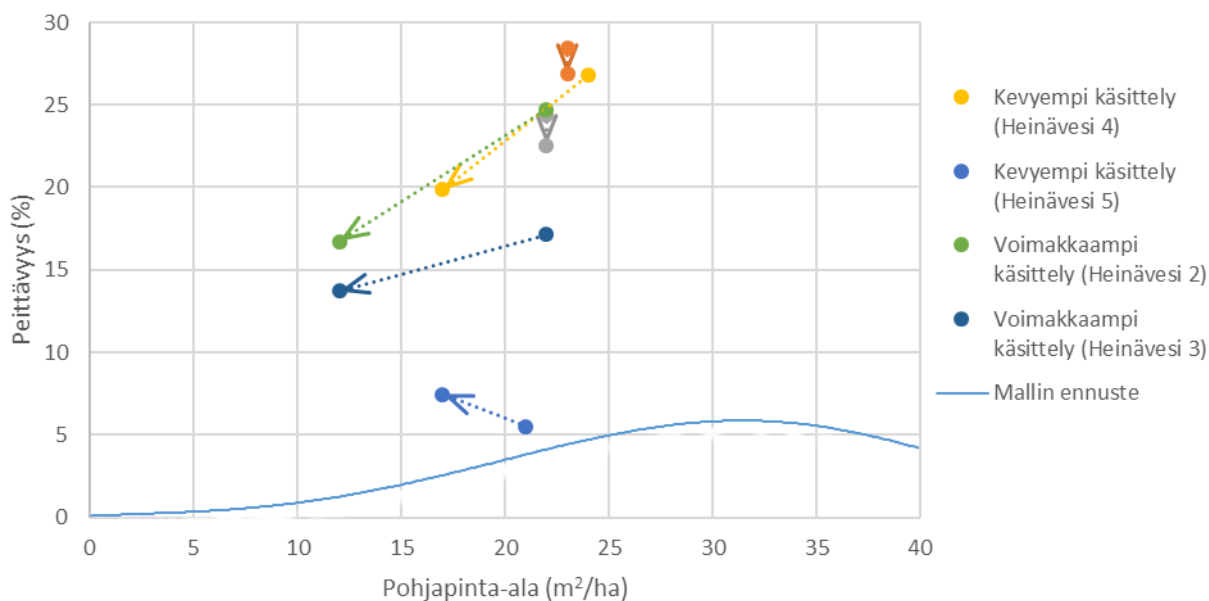
Puolukan osalta kontrollikoealojen havainnot seurailevat pääosin hyvin mallin ennustetta. Voimakkaammin käsitellyillä koealoilla Juuan Vaarajoen kohteella puolukan peitteisyys aleni selvästi, kun mallin ennuste olisi ollut hienoinen kasvu, mutta Multian Havusuolla muutoksen suunta oli mallin mukainen. Kevyemmin käsitellyistä aloista toisella muutoksen suunta oli sama kuin mallin ennusteessa, mutta toisella se oli päinvastainen. Keskimäärin havainnot seuraavat melko hyvin mallin ennustetta pohjapinta-alan muuttuessa.



Kuva 12. Puolukkahavainnot SOMPA-hankkeen mustikkaturvekankaiden koealoilta sekä mallin ennuste.

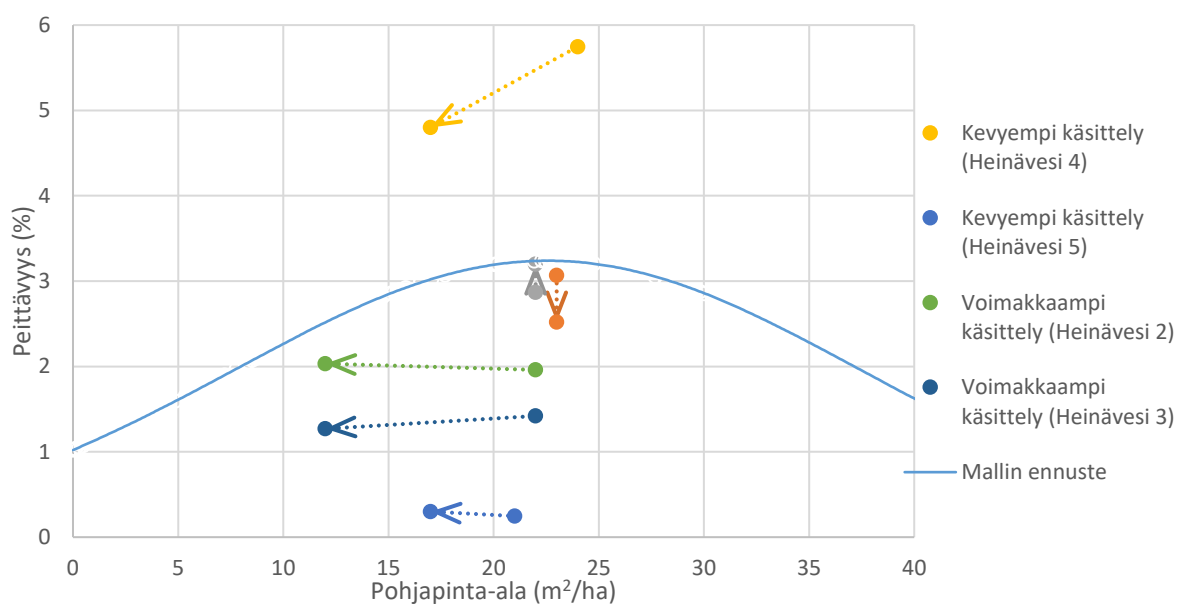
3.6.2 Ruohoturvekankaat

Ruohoturvekankailla eli Heinäveden Rouvanlehdon koealoilla mustikan peittävydet olivat pääosin selvästi korkeampia kuin mallin ennustama peittävyys (Kuva 13). Kolmella neljästä käsitellyistä koealasta muutoksen suunta oli kuitenkin mallin mukainen. Puuston pohjapinta-alan aleneminen vähentää mustikan peittävyttä. Ainoastaan koealalla 5 mustikan peitteisyys kasvoi kevyemmän käsittelyn jälkeen.



Kuva 13. Mustikan peittävyyshavainnot SOMPA-hankkeen ruohoturvekankaiden koaloilta sekä mallin ennuste.

Ruohoturvekankaiden kontrollikoaloilla puolukan peittävyys oli hyvin lähellä mallin ennustamaa peittävyttä (Kuva 14). Käsitellyillä koaloilla peittävydessä oli koalojen välillä runsaasti vaihtelua jo ennen käsittelyä ja myös muutoksen suunta käsittelyn seurauksena vaihteli. Mallin ennuste kaikille käsitellyille koaloille olisi ollut hienoinen peittävyden lasku. Toisella kevyemmin käsitellyistä aloista ja toisella voimakkaammin käsitellyistä aloista näin tapahtuikin. Kahdella muulla käsitellyllä koalalla muutoksen suunta oli kuitenkin päinvastainen, mutta muutos oli hyvin vähäinen.



Kuva 14. Puolukan peittävyyshavainnot SOMPA-hankkeen ruohoturvekankaiden koaloilta sekä mallin ennuste.

4. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Peittävyysmuutokset

Tässä tutkimuksessa havaittiin selkeimpinä muutoksina heinien ja sarojen sekä ruohojen peittävyden kasvu erirakenteishakkuiden seurauksena. Kummassakin lajiryhmässä tämä muutos oli suurempi voimakkaammin käsitellyillä koealoilla. Tätä selittää se, että näistä lajiryhmistä ja etenkin heinistä löytyy paljon valoa vaativia pioneerilajeja, jotka runsastuvat heti hakkuun jälkeen lisääntyvän valon määrän seurauksena (Tonteri ym. 1990). Kivennäismailla tehdyissä tutkimuksissa heinien ja ruohojen peittävyys on havaittu kasvavan hakkuiden jälkeen, ollen korkeimmillaan kolmen vuoden kuluttua hakkuusta (Vanha-Majamaa ym. 2017). Avohakkuiden aiheuttama peittävyden kasvu on ollut voimakkaampaa kuin kevyempien hakkuukäsittelyjen. Turvemaidilla on aiemmin havaittu heinämäisten kasvien peittävyden kasvua avohakkuiden seurauksena (Hamberg ym. 2019).

Tässä tutkimuksessa erirakenteishakkuista hyötyi selvästi metsätähti, metsäalvejuuri ja pallosara. Pallosaran tiedetään runsastuvan hakkuiden jälkeen jonkin aikaa valon määrän ja maaperän kosteuden lisääntyneenä ja sen optimaalisia kasvupaikkoja ovat viljavuustasoltaan mustikka ja puolukkaturvekankaat (Hotanen 2001). Pallosara runsastuikin selvimmin Juuan ja Multian hakatuilla koealoilla, jotka edustavat edellä mainittuja viljavuustasoja. Moilanen ym. (1995) havaitsivat, että pallosara hyötyy myös maanmuokkauksesta. Ajourien osuminen joillekin kasvillisuusruudulle saattaa selittää osan pallosaran runsastumisesta tässä tutkimuksessa. Myös metsätähti ja metsäalvejuuri sietävät hyvin valoa ja leviävät tehokkaasti (Nousiainen 2001, Tonteri 2001a), joten näiden lajien runsastuminen hakkuukäsittelyiden jälkeen tässä tutkimuksessa ei ole yllättävää. Myös vadelman runsastumista havaittiin lähes kaikilla käsitellyillä koealoilla ja voimakkaamman käsittelyn jälkeen muutos oli selvempi. Tämä vastaa hyvin aiempien tutkimusten tuloksia, joiden mukaan vadelma hyötyy lisääntyneestä valosta ja maanpinnan rikkoutumisesta (Ricard & Messier 1996, Vanha-Majamaa ym. 2017). Kaikilla käsitellyillä koealoilla myös maitohorsma runsastui hakkuun seurauksena, mutta muutokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Tämäkin tulos oli odotettavissa, sillä maitohorsma pystyy pioneerilajina leviämään tehokkaasti hakkuun jälkeen (Vanha-Majamaa 2001).

Hamberg ym. (2019) havaitsivat ojitetuilla turvemaidella, että hakkuiden vaikutukset kasvillisuuteen korostuivat erityisesti kokopuuhakkuin käsitellyillä alueilla. Sen vaikutukset olivat myös suurempia kuin kivennäismailla. Kaksi vuotta hakkuun jälkeen esimerkiksi mustikan, puolukan ja seinäsammalen peittävyys olivat alhaisempia käsitellyillä alueilla kuin kontrolleilla. Tässä tutkimuksessa mustikan ja puolukan peittävyysmuutokset eivät olleet keskimäärin kovinkaan suuria. Mustikan peittävyys jopa kasvoi kevyemmin käsitellyillä koealoilla ja puolukan voimakkaammin käsitellyillä koealoilla.

Mustikan aiemminkin havaittu hyötyvän harvennushakkuista, mutta välittömästi harvennuksen jälkeen tapahtuu hienoista peittävyyslaskua (Miina ym. 2009, Tonteri ym. 2016). Vanha-Majamaan ym. (2017) kivennäismaiden kuusikoissa tehdyssä tutkimuksessa mustikan peittävyys havaittiin laskevan lähes lineaarisesti hakkuun voimakkuuden kasvaessa ja saman ovat havainneet Ruotsissa Bergstedt ym. (2001). Lisäksi varpujen palautuvuus on selvästi hitaampaa avohakkuun jälkeen kuin pienaukko- ja poimintahakkuiden jälkeen (Vanha-Majamaa ym. 2017). Myös Hannerz ja Hånell (1997) havaitsivat, että rehevillä turvemaidella mustikka kärsii enemmän avohakkuista, kuin suojuhpuuhakkuista. Tuloksia voi kuitenkin selittää se, että maanmuokkaus on mustikalle haitallisempaa kuin itse hakkuun voimakkuus, sillä mustikka kärsii puolukkaa enemmän maavarsiyhteyksien katkeamisista (Tolvanen 1994). Tämän tutkimuksen tulokset tukevat edellistä tulosta, sillä varsinaista maanmuokkausta ei koealoilla tehty.

Hambergin ym. (2019) tutkimuksessa sekä mustikan, että puolukan peittävyys olivat kokopuuhakkuin ja runkopuuhakkuin käsitellyillä koealoilla alhaisempia kuin kontrolleilla. Heidän tutkimuksessaan puolukan peittävyys oli kuitenkin jo viisi vuotta hakkuun jälkeen runkopuuhakkuin käsitellyillä koealoilla korkeampi kuin kontrolleilla. Myös Vanha-Majamaa ym. (2017) havaitsivat, että puolukan peittävyys on palautunut hakkuuta edeltävälle tasolle kymmenen vuoden kuluttua. Tonterin ym. (2016) mukaan puolukka hyötyy harvennushakkuista ja tässäkin tutkimuksessa voimakkaammin käsitellyillä koealoilla puolukka runsastui. Mustikan tavoin puolukkakin kärsii maanmuokkauksista seuraavasta maavarsiyhteyksien katkeamisesta, mutta se on kuitenkin tässä suhteessa mustikkaa

kestävämpi (Tolvanen 1994). Lisäksi puolukka kestää paremmin valoa ja kuivuutta kuin mustikka (Salemaa 2001), mikä selittää sen nopeampaa palautumista hakkuiden jälkeen.

Tässä tutkimuksessa havaittiin sekä rahkasammalten että lehtisammalten peittävyden selvä lasku niin kontrollikoealoilla kuin käsitellyilläkin koealoilla. Muutos oli kuitenkin vähäisempi kontrollikoealoilla. Rahkasammalten osalta peittävyden lasku oli selvempi voimakkaammin käsitellyillä koealoilla, mikä on havaittu aiemmin myös kivennäismailla. Tätä selittää se, että sammalet kärsivät hakkuista ja ne myös palautuvat häiriöistä hitaasti (Jalonen & Vanha-Majamaa 2001, Vanha-Majamaa 2017). Turvemaillakin sammalten on havaittu kärsivän hakkuista ja voimakkaan käsittelyn vaikutus on yleensä suurempi (Hannerz & Hånell 1997, Hamberg ym. 2019).

Yksittäisillä lajeilla havaittiin kuitenkin tässä tutkimuksessa peittävyden kasvua myös joillakin käsitellyillä koealoilla. Suikerosammalten peittävyys kasvoi kontrollikoealoilla, mutta vielä selkeämmin se kasvoi voimakkaammin käsitellyillä koealoilla. Suikerosammalet kasvavat usein karikkeen ja hakkuutähteiden päällä, joten metsien hakkuut luovat niille uusia kasvupaikkoja (Mäkipää 2001a). Kangaskynsisammalten peittävyys kasvoi vähän kevyemmin käsitellyillä koealoilla, kun taas rahkasammalten peittävyys samaan aikaan aleni. Kangaskynsisammalten tiedetään menestyvän hyvin myös ojitetuilla soilla rahkasammalten väistyttyä (Laine & Vanha-Majamaa 1992). Voimakkaammin käsitellyillä koealoilla kangaskynsisammalten peittävyys kuitenkin aleni.

Metsäkerrossammalten peittävyys aleni selvästi kummankin hakkuukäsittelyn jälkeen. Metsäkerrossammal ei siedä suoraa auringonvaloa ja sen peittävyys on yleensä alhainen latvusaukoissakin (Mäkipää 2001). Myös Vanha-Majamaa ym. (2017) havaitsivat, että metsäkerrossammal kärsii erityisesti avohakkuista ja säästöpuuhakkuista, mitä selittyy osittain myös maanmuokkausten vaikutuksella. Pienaukko- ja poimintahakkuilla haitallista vaikutusta voidaan lieventää, mutta niidenkin seurauksena peittävyys alenee selvästi (Vanha-Majamaa 2017). Palviaisen ym. (2005) mukaan metsäkerrossammalten biomassa oli avohakkuun jälkeen selvästi alhaisempi kuin hakkaamattomilla aloilla koko seitsemän vuoden tutkimusjakson ajan. Sammalten on myös todettu mahdollisesti hyötyvän yhtenäisemmästä hakkuiden vaikutuksilta vapaasta alueesta (Vanha-Majamaa 2017).

Vanha-Majamaa ym. (2017) havaitsivat, että seinäsammalen peittävyys aleni kaikkien käsittelyjen jälkeen. Toisaalta erityisesti poimintahakkuun jälkeen se palautui nopeasti ja oli kymmenen vuoden kuluttua jo korkeampi kuin ennen hakkuuta. Lyhyen aikavälin tulokset vastaavat tässä tutkimuksessa edellä havaittua. Avohakkuun jälkeen seinäsammalen peittävyys ja biomassa alkavat palautua hitaammin kuin kevyempien hakkuiden jälkeen. Seinäsammal palautuu kuitenkin nopeammin kuin metsäkerrossammal (Palviainen ym. 2005, Vanha-Majamaa ym. 2017). Turvemaidilla Hamberg ym. (2019) saivat samansuuntaisia tuloksia, sillä seinäsammalen peittävyys oli kaksi vuotta avohakkuun jälkeen alhaisempi käsitellyillä koealoilla kuin kontrollikoeallilla, eikä se täysin palautunut viidessäkään vuodessa.

Moilasan ym. (1995) tutkimuksen mukaan viljavien ohutturpeisten ojitettujen korprien uudistusalojen kivennäismaavaltaisille mätäspinoille kehittyi nopeasti karhunsammal-, nuokkuvarstasammal- ja hiekkasammalkasvustoja. Kasvillisuussuksessio oli myös aiemmin esitettyä kivennäismaan aurasalueiden sukseksiota nopeampaa (Ferm & Sepponen 1981). Sopivissa oloissa muokkauspinnat siis peittyvät jo muutamassa vuodessa tuuheisiin karhunsammalkasvustoihin, jotka estävät tehokkaasti taimettumista (Moilanen ym. 1995) Tässä tutkimuksessa karhunsammalten peittävyyksissä ei havaittu merkitsevää kasvua, koska maanmuokkausta ei kohteilla tehty. Myöskään nuokkuvarstasammalten tai hiekkasammalten selvää runsastumista ei havaittu.

Tässä tutkimuksessa havaittu puiden ja pensaiden peittävyys kasvu selittyi suurimmaksi osaksi Multian Havusuon käsitellyillä koealoilla tapahtuneena kuusen taimien peittävyys kasvuna. Toisaalta myös Havusuon kontrolleilla kuusen taimien peittävyys kasvoi. Muilla kohteilla ei tapahtunut puiden taimien peittävyyksissä yhtä selväpiirteisiä muutoksia, vaikkakin yleensä kuusen sekä hienoisesti myös hieskoivun peittävyys kasvoi. Lisäksi vadelman peittävyys yleensä kasvoi erityisesti käsitellyillä koealoilla, mikä osaltaan selittää muutoksia tässä lajiryhmässä.

4.2 Muutokset lajimäärissä

Tässä tutkimuksessa ei havaittu kovinkaan suuria muutoksia lajimäärissä hakkuiden seurauksena. Kuitenkin, voimakkaammin käsitellyillä koealoilla tapahtui keskimäärin suurin

muutos ja seuraavaksi suurin muutos oli kevyen käsittelyn aloilla. Kontrollikoealoilla muutosta ei käytännössä tapahtunut. Lehtisammalista ojanukkasammal ilmestyi uutena lajina Heinäveden neljästä käsitellystä koealasta kolmelle. Ojanukkasammal viihtyy paljailla turvepinnoilla ja Saarinen ym. (2009) havaitsivat sen valtaavan turvepinta-aiset laikut nopeasti, jos vedenpinta on sen esiintymiselle sopivalla syvyydellä. Sulkasammal ilmestyi uutena lajina kaikille Multian Havusuon koealoille. Tätä voidaan pitää hieman yllättävänä, sillä sen tiedetään olevan herkkä auringon säteilylle ja häviävän lähes kokonaan avohakkuun myötä (Mäkipää 2001b, Vanha-Majamaa ym. 2017). Sen on myös havaittu kärsivän poimintahakkuista, mutta selvästi lievemmin kuin avohakkuista (Vanha-Majamaa 2017). Muista lehtisammalista korpikarhunsammal, kangaskarhunsammal, suonihuopasammal sekä nuokkuvarstasammal ilmestyivät uusina laejina yksittäisille koealoille tässä tutkimuksessa. Kaikki nämä lajit ovat tehokkaita valtaamaan uusia kasvupaikkoja ja usein hyötyvät maanpinnan rikkoutumisesta (Korpela 2001, Saarinen 2013)

Uusina lajeina yksittäisille koealoille ilmestyneet heinät ja sarat sekä ruohot olivat pääosin pioneerilajeja ja yksittäisiltä koealoilta hävinneiden lajien peittävyudet olivat alun perinkin yleensä alhaisia tai niitä esiintyi vain yksittäisillä kasvillisuusruuduilla. Lajien häviämistä koealoilta voi siis usein selittää karikkeen peittämät kasvillisuusruudut sekä esimerkiksi ajouran osuminen ruudulle.

Aiempien tutkimusten mukaan hakkuun voimakkuuden kasvu vähentää lähes lineaarisesti aluskasvillisuuden peittävyksiä ja lajimääriä (Jalonen & Vanha-Majamaa 2001, Vanha-Majamaa 2017). Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös turvemaidilla (Hannerz & Hånell 1997, Hamberg ym. 2019). Tässäkin tutkimuksessa havaittiin keskimäärin suurempia muutoksia aluskasvillisuudessa voimakkaamman käsittelyn jälkeen sekä peittävyyksissä että lajimäärissä. Hakkuun jälkeen lyhyellä aikavälillä tapahtuneista muutoksista osan selittää esimerkiksi hakkuun aiheuttamat suorat mekaaniset häiriöt, hakkuutähteet, maanmuokkaus sekä valaistus- ja kosteusolosuhteiden muutokset (Brosfoske ym. 1997). Näiden tekijöiden vaikutukset ovat luonnollisesti suurempia voimakkailla käsittelyillä, mihin viittaa myös keskimäärin suuremmat hajonnat peittävyyksissä voimakkaammin käsitellyillä aloilla. Hakkuun lyhyen aikavälin vaikutuksia tutkittaessa on huomioitava, että pioneerilajitkaan eivät

ole välttämättä vielä tässä ajassa ehtineet levitä alueelle, joten pidempiaikaista seurantaan tarvitaan.

Jalonen ja Vanha-Majamaa (2001) havaitsivat hakkuiden jälkeen merkittäviä muutoksia putkilokasvien peittävyksissä ja lajilukumäärässä myös kontrollikoealoilla. Tässäkin tutkimuksessa heinien ja sarojen sekä puiden ja pensaiden peittävyys kasvoi tilastollisesti merkitsevästi myös kontrollikoealoilla. Putkilokasvien peittävyksissä on kuitenkin aiemmin havaittu suurta ympäristötekijöistä johtuvaa vuosien välistä vaihtelua (Økland & Eilertsen 1996, Gendreau-Berthiaume ym. 2015).

4.3 Kasvillisuuden peittävyysmallit

Tässä tutkimuksessa sovitettuihin kasvillisuuden peittävyysmalleihin valittiin selittäjät pääosin mustikan, mutta myös puolukan peittävyysaineistojen pohjalta. Muille lajeille käytettiin samoja selittäjiä ja testattiin vaikuttavatko samat selittäjät niidenkin peittävyysiin. Malleja arvioitaessa on myös huomioitava kohtalaisen pieni otoskoko erityisesti puolukkaisilla kasvupaikoilla. Lopulliseen mallinnukseen koealoja jäi yhteensä 246 kappaletta, joista ruohoisille koealoille osui yhteensä 83, mustikkaisille 142 ja puolukkaisille vain 21. Tässä tutkimuksessa oltiin pääosin kiinnostuneita mustikkaisuus- ja ruohoisuustason malleista, sillä myös SOMPA-hankkeen koealat edustivat pääosin näitä ravinteisuustasoja.

Mustikan peittävyysmalleja VMI-aineiston avulla ovat tehneet muun muassa Miina ym. (2009) sekä Turtiainen ym. (2016). Miina ym. (2009) mallinsivat mustikan peittävyyttä kivennäismailla. Heidän tutkimuksessaan kasvupaikkatyypillä sekä pohjapinta-alalla havaittiin hyvin samankaltainen vaikutus mustikan peittävyteen kuin tässäkin tutkimuksessa turvemailta. Kummassakin korkein peittävyys havaittiin mustikkaisella kasvupaikkatyypillä ja seuraavaksi puolukkaisella kasvupaikkatyypillä. Myös Salemaan (2001) mukaan turvemaille mustikan peittävyys on korkein mustikkaisissa korvissa ja seuraavaksi puolukkaisissa. Ruohoisilla ja sitä viljavimmilla paikoilla mustikka kärsii todennäköisesti ruohojen ja heinien kilpailusta (Kuusipalo 1983). Tässäkin tutkimuksessa havaittiin, että ruohoisilla kasvupaikoilla mustikan peittävyys alkaa mallin mukaan kasvaa selvästi myöhemmin kuin muilla kasvupaikoilla. Korkeammilla pohjapinta-aloilla metsikön varjoisuus lisääntyy, mikä tarjoaa mustikalle paremmat mahdollisuudet menestyä myös ruohoisilla paikoilla.

Tässä tutkimuksessa ojitustilanteella ei havaittu merkitsevää vaikutusta mustikan peittävyteen, mutta ojikoilla sitä esiintyi vähiten. Tulos on tältä osin looginen, sillä mustikan tiedetään vähenevän ojituksen jälkeen (Salemaa 2001). Salemaan (2001) mukaan mustikan peittävyys on suurimmillaan turvekankailla, mutta tässä tutkimuksessa suurin peittävyys havaittiin kuitenkin ojittamattomilla soilla sen jälkeen muuttumilla ja vasta kolmanneksi turvekankailla. Ero selittynee sillä, että tässä tutkimuksessa mukana oli vain korvet ja Salemaan (2001) tutkimuksessa kaikki suotyypit.

Miinan ym. (2009) tutkimuksen mukaan mustikan peittävyys kasvaa pohjapinta-alan kasvaessa arvoon 25 m²/ha, jonka jälkeen se vähitellen laskee. Tässä tutkimuksessa optimipohjapinta-ala oli noin 20 m²/ha eli hieman alhaisempi. Tonteri ym. (2016) havaitsivat myös pohjapinta-alalla tilastollisesti merkitsevän vaikutuksen mustikan peittävyteen, mutta heidän tutkimuksessaan sillä ei ollut yhdysvaikutusta kasvupaikan kanssa. Myös lehtipuuosuudella havaittiin tässä työssä samanlainen negatiivinen vaikutus peittävyteen kuin aiemmin on havaittu ravinteikkailta kivennäismailla (Miina ym. 2009) sekä korvissa (Turtiaisen ym. 2016). Miina ym. (2009) havaitsivat mäntyvaltaisilla koealoilla suuremman mustikan peittävyden ja saman havaitsivat turvemaidella Turtiainen ym. (2016). Tässä tutkimuksessa männyn osuutta ei ollut tiedossa. Hotasen ym. (2018) mukaan männyn osuus kasvaa ja lehtipuiden osuus vähenee siirryttäessä ruohoturvekankailta mustikkaturvekankaille, mikä myös tukee tämän tutkimuksen havaintoja.

Puustotunnusten vaikutusta puolukan peittävyteen ovat aiemmin mallintaneet muun muassa Ihalainen ym. (2003) ja Turtiainen ym. (2013). Kummassakin tutkimuksessa havaittiin kivennäismailla korkeimmat peittävydet puolukkaisilla kasvupaikoilla eivätkä puolukkaiset korvet eronneet niistä merkitsevästi. Myös Tonterin ym. (2016) mukaan kasvupaikka selittää tilastollisesti merkitsevästi puolukan peittävyttä. Turtiaisen ym. (2013) mukaan puolukan peittävyys myös alenee turvemaidella ravinteisuustason noustessa. Tämän tutkimuksen tulos eroaa osittain edellisestä, sillä tässä tutkimuksessa puolukkaa esiintyi mustikkaisilla kasvupaikoilla enemmän kuin puolukkaisilla. Kokonaispohjapinta-alan vaikutus oli kuitenkin tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevä ja pohjapinta-alan kasvaessa puolukan peittävyys kasvoi puolukkaisilla paikoilla korkeimmaksi. Puolukankin osalta lehtipuuosuuden

negatiivinen vaikutus tässä tutkimuksessa on samankaltainen kuin Turtiaisen ym. (2013) tutkimuksessa.

Peittävyysmallit tehtiin tässä tutkimuksessa myös metsätähdelle, käenkaalille sekä metsäalvejuurelle. Metsätähteä havaittiin merkitsevästi eniten mustikkaisilla kasvupaikoilla ja seuraavaksi ruohoisilla. Tonterin (2016) kivennäismaita koskevassa tutkimuksessa kasvupaikka ei ollut merkitsevä metsätähden peittävyden selittäjä. Tässä tutkimuksessa metsätähti oli runsaimmillaan turvekankailla, mikä oli odotettavissa, sillä sen tiedetään levittäytyvän tehokkaasti turvekangasvaiheessa, kun sopivaa kasutilaa syntyy (Tonteri 2001a). Pohjapinta-alakin selitti tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevä metsätähden peittävyttä. Tämän tutkimuksen tulos vastaa hyvin Tonterin (2001a) tulosta, jonka mukaan metsätähden sukkessio-optimi on jo sulkeutuneissa nuorissa metsissä ja varjoisimmista metsistä se puuttuu.

Toisin kuin metsätähti, käenkaali sietää hyvin myös varjoisia olosuhteita ja sen sukkessio-optimi onkin Tonterin (2001b) mukaan vanhoissa ja varjoisissa metsissä. Myös tämän tutkimuksen mukaan käenkaali runsastuu selvästi pohjapinta-alan noustessa yli 25 m²/ha. Myös keskilämpötilan kasvun positiivinen vaikutus viittaa siihen, että käenkaali suosii vanhoja järeitä metsiä. Käenkaalta saattaa tavata myös avoimilta paikoilta runsaina esimerkiksi isojen kivien tai kantojen tyveltä (Tonteri 2001b), mihin viittaa myös tämän tutkimuksen mallinnuksen tulos. Runsaaimmillaan käenkaali oli ruohoisilla paikoilla. Tämä oli myös odotettavissa, sillä se on yksi ruohoturvekankaiden opaskasveista erityisesti Etelä-Suomessa (Laine ym. 2018). Tonterin (2001b) mukaan käenkaalia on runsaammin muuttumilla ja turvekankailla kuin ojittamattomilla soilla. Tämän tutkimuksen mukaan sitä on kuitenkin eniten ojittamattomilla soilla. Tämä tulos selittyy sillä, että aineistossa on mukana paljon runsaspuustoisia ojittamattomia korpia. Metsäalvejuurta havaittiin runsaimmin turvekankailla mikä vastaa Nousiaisen (2001) tulosta. Kasvupaikan vaikutus ei ollut merkitsevä, mutta runsaimmillaan metsäalvejuuri oli ruohoisilla paikoilla.

Tässä tutkimuksessa pallosaran peittävyteen vaikutti tilastollisesti merkitsevästi kasvupaikka sekä lehtipuuosuus. Runsaimpana pallosaraa esiintyi mustikkaisilla ja puolukkaisilla kasvupaikkatyypeillä. Myös Hotasen (2001) mukaan nämä se on korvissa runsaimmillaan näillä

ravinteisuustasoilla, mutta puolukkaisuustasolla hieman runsaampi. Tässä tutkimuksessa varpuiset koealat oli yhdistetty puolukkaisiin. Varputurvekankailla pallosaraa on vain vähän, mikä todennäköisesti selittää sen, että tässä tutkimuksessa puolukkaisuustason peittävyys oli alhaisempi kuin mustikkaisuustason. Hotasen (2001) mukaan pallosara on jossain määrin vähentynyt 1950-luvun alun jälkeen todennäköisesti ojitusten seurauksena. Väliaikaisesti pallosara saattaa myös runsastua ojituksen jälkeen, mihin tämänkin tutkimuksen tulos viittaa. Ojitusilanteen vaikutus ei kuitenkaan ollut tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevä.

Kuusen taimien peittävyys ei vaikuttanut merkitsevästi puuston pohjapinta-ala, toisin kuin keskiläpimitta. Tämä voisi viitata siihen, että kuusen taimia syntyy eniten harvapuustoihin varttuneisiin metsiin. Myöskään Saksa & Valkonen (2001) eivät havainneet juurikaan yhteyttä syntyvien kuusen taimien ja pohjapinta-alan välillä eri-ikäisrakenteisissa kuusivaltaisissa metsiköissä. Lehtipuuosuus ei tässä tutkimuksessa vaikuttanut kuusen taimien peittävyys, vaikka sen tiedetäänkin edistävän kuusen taimettumista (Pukkala ym. 2011). Männyn osuuden kasvu saattaa edistää kuusen taimettumista. Lisäksi mäntyjen ja koivujen alla taimet todennäköisemmin myös selviytyvät paremmin ja kasvavat nopeammin (Pukkala ym. 2011).

Metsäkerrossammalen, seinäsammalen ja kangaskynsisammalen peittävyttä alentaa lehtipuuosuuden kasvu, sillä lehtikarike tukahduttaa sammalia. Lehtipuuosuuden kasvun negatiivinen vaikutus oli tässä tutkimuksessa seinäsammalelle voimakkaampi kuin metsäkerrossammalelle. Metsäkerrossammal viihtyy seinäsammalta varjoisammassa oloissa, mikä selittää tätä. Suikerossammalten peittävyttä ei selittänyt merkitsevästi mikään mallissa mukana ollut selittäjä. Suikerossammalten esiintymisessä on runsasta vuosittaista kosteusoloista riippuvaa vaihtelua. Se myös esiintyy usein karikkeella, joten se runsastuu hakkuiden jälkeen kun sopivia kasvupaikkoja syntyy. Hakkuusta kulunut aika voisikin olla yksi mahdollinen suikerossammalten peittävyttä selittävä tekijä, joka pitäisi mahdollisessa jatkotutkimuksessa huomioida. Suonihuopasammalta taas kasvaa vaihtelevasti erilaisilla kasvupaikoilla, mutta pääosin se on kuitenkin rämekasvi, joten rämeen piirteet joillakin koealoilla voivat näkyä tämän tutkimuksen tuloksissa.

Muukkonen & Mäkipää (2006) havaitsivat pohjapinta-alalla negatiivisen vaikutuksen aluskasvillisuuden biomassaansa kuusivaltaisissa korvissa ja soistuneissa metsissä. Tässä

tutkimuksessa pohjapinta-alan vaikutus peittävyteen oli pääosin positiivinen, mutta käenkaalin, metsäalvejuuren ja kuusentaimen peittävyteen se vaikutti negatiivisesti tosin vaikutus ei ollut merkitsevä.

4.4 Peittävyysmallien testaus SOMPA-aineistossa

Mallien soveltuvuutta selittämään SOMPA-hankkeen kohteilla mustikan ja puolukan peittävyksien muutoksia havainnollistettiin erikseen ruohoturvekankaille ja mustikkaturvekankaille. Kohteilla tapahtuneiden muutosten suunta oli pääosin samanlainen kuin mallin ennustama suunta pohjapinta-alan laskiessa. Muutoksen voimakkuuksissa ja peittävyden tasoissa oli kuitenkin eroja ja joillakin koealoilla myös suunnassa. Mallin tuloksia arvioitaessa on kuitenkin huomioitava se, että mallin ennusteessa käytettiin mallinnusaineiston keskiläpimitan keskiarvoa ja lehtipuuosuus oletettiin nollassa, koska näistä muuttujista ei ollut kohteilta tietoa. Lehtipuuosuuden kasvu vaikutti malleissa negatiivisesti mustikan ja puolukan peittävyteen, joten mallin sopivuutta SOMPA-aineistoon testaavissa kuvaajissa ennustekäyrä siirtyisi alaspäin, jos lehtipuuosuus olisi suurempi. Mallinnusaineistossa ei myöskään ollut tietoa esimerkiksi hakkuusta kuluneesta ajasta. Sen ottaminen mukaan selittäjäksi todennäköisesti vaikuttaisi tuloksiin.

Useiden lajien peittävyksissä saattaa olla myös paljonkin esimerkiksi sääolosuhteista riippuvaa vuosien välistä vaihtelua. Koeala- ja puustotunnukset ovat kuitenkin tarkoituksenmukaisimpia selittäjiä, sillä ne ovat yleensä käytännön metsäsuunnittelussa tiedossa ja niihin vaikutetaan usein suoraan metsänhoitotoimenpiteillä (Ihalainen ym. 2003). Näin lyhyen aikavälin muutoksia koealoittain ennustettaessa on myös otettava huomioon se, että koealoittaisiin keskipeittävyksiin saattaa vaikuttaa ajouran tai hakkuutähdekasan osuminen kasvillisuusruutuun. Nämä tekijät huomioiden, malli selittää todellisuudessa tapahtuneita muutoksia tässä aineistossa kohtuullisen hyvin.

4.5 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää erirakenteishakkuiden vaikutuksia aluskasvillisuuteen korpikohteilla. Lisäksi työssä mallinnettiin korprien kasvilajien vasteita koeala ja puustotunnuksiin. Erirakenteishakkuiden vaikutukset turvemaille näyttävät samansuuntaisilta kuin avohakkuidenkin vaikutukset, mutta vaikutuksen voimakkuus on

selvästi lievempi. Erirakenteishakkuista kärsii erityisesti sammalet, kun taas heinät ja ruohot hyötyvät. Myös mustikka ja puolukka saattavat hyötyä niistä, jos käsittelyn voimakkuus on sopiva. Tutkimusta erirakenteishakkuiden vaikutuksista aluskasvillisuuteen metsäojitetuilla turvemaidella ei kuitenkaan ole aiemmin tehty, eikä pidempiaikaisista vaikutuksista voida vielä sanoa juuri mitään.

Kivennäismaiden tulokset eivät myöskään ole täysin vertailukelpoisia, sillä turve kasvualustana on vaihteleva ja kasvillisuussukcessio etenee turvemaidella eri tavalla kuin kivennäismailla. Turvemaiden muokausjälkien kasvillisuuden kehitykseen vaikuttavat myös ainakin turpeen vedenpinnan syvyys, kasvualustan ravinteisuus ja laatu, sään ja ilmaston vaihtelut sekä paljastuneessa turpeessa olevien kasvilajien leviäimet sekä ympäröivä kasvillisuus (Saarinen ym. 2009). Avohakkuiden vaikutus näihin tekijöihin on erirakenteishakkuista selvästi voimakkaampi, joten vertailu turvemaiden kasvillisuuden kehitykseen avohakkuun jälkeen ei myöskään voi olla täysin suoraviivaista.

Lisäksi lyhyen aikavälin muutoksia arvioitaessa on otettava huomioon se, että muutoksista yllättävänkin suuren osan voi myös selittää korjuusta aiheutuneet mekaaniset häiriöt sekä karikepeitteen lisääntyminen kasvillisuusruuduilla. Tässäkin tutkimuksessa esimerkiksi mustikan peittävyden alenemista voimakkaamman käsittelyn jälkeen selittää osittain hakkuutähdekasojen osuminen kasvillisuusruuduille. Kuitenkin, kivennäismailla kevyempien hakkuumenetelmien jälkeiset muutokset ovat yleensä olleet pienempiä ja kasvillisuus on myös palautunut nopeammin hakkuuta edeltävään tilaan. Tämän tutkimuksen perusteella samoin näyttäisi olevan myös turvemaidella, joten kasvillisuuden ja erityisesti peitteistä metsää tarvitsevien kasvilajien suojelemiseksi jatkuvapeitteistä metsänkasvatusta voidaan suositella.

Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää arvioitaessa eri hakkuutapojen vaikutuksia aluskasvillisuuden kehitykseen ja edelleen esimerkiksi metsän uudistumiseen, kasvuun ja kehitykseen. Tutkimus antaa myös alustavaa tietoa siitä, kuinka voimakas hakkuu voidaan tehdä, jos tavoitteena on esimerkiksi mustikan säästäminen. Pidemmän aikavälin vaikutuksista aluskasvillisuuteen ei voida kuitenkaan tämän työn perusteella tehdä vielä johtopäätöksiä. Tähän tarvitaan kasvillisuuden kehittymisen pidempiaikaista seuranta erirakenteishakkuin käsitellyillä kohteilla.

KIRJALLISUUS

Bergstedt, J. & Milberg, P. 2001. The impact of logging intensity on field-layer vegetation in Swedish boreal forest. *Forest Ecology and Management* 154. s. 105-115.

Brososke, K.D., Chen, J., Naiman, R.J., Franklin, J.R. 1997. Harvesting effects on microclimate gradients from small stream to uplands in western Washington. *Ecological Applications* 7, 1188-1200.

Ferm, A. & Sepponen, P. 1981. Aurausjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsä uudistusalajoilla Lapissa 10 vuoden aikana. Summary: Development of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years. *Folia Forestalia* 493: 1–19

Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiaho, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola S. & Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. *Suomen Ympäristö*, 10, 33 s

Fox J. (2003). Effect displays in R for generalized linear models. *Journal of Statistical Software* 8(15): 1–27. <http://www.istatsoft.org/v08/i15/>.

Frisvoll, A.A. & Prestø, T. 1997. Spruce forest bryophytes in central Norway and their relationship to environmental factors including modern forestry. *Ecography* 20. s. 3-18.

Gendreau-Berthiaume, B., Macdonald, S.E., Stadt, J.J. & Hnatiuk, R.J. 2015. How dynamic are understory communities and the processes structuring them in mature conifer forests, *Ecosphere* 6(2), 27.

Guisan, A., T. Edwards & T. Hastie. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157, 89-100

Hamberg, L., Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Nieminen, T.M & Ukonmaanaho, L. 2019. Recovery of understorey vegetation after stem-only and whole-tree harvesting in drained peatland forests. *Forest Ecology and Management* 442 124-134.

Hannerz, M. & Hånell, B. 1997. Effects on the flora in Norway spruce forest following clearcutting and shelterwood cutting. *Forest Ecology and Management* 90. s. 29-49.

Heithecker, T.D. & Halpern, C.B. 2007 Edge-related gradients in microclimate in forest aggregates following structural retention harvest in western Washington. *Forest Ecology and Management* 248, 163-173.

Heikkinen, J. & Mäkipää, R. 2010. Testing hypotheses on shape and distribution of ecological response curves. *Ecological Modelling*, 221: 388-399.

Heikkinen, J. & Reinikainen, A. 2001. Inventointiaineistot ja tulosten laskenta. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Jyväskylä. s. 302-316.

Holgen P., Hånell B. (2000). Performance of planted and naturally regenerated seedlings in *Picea abies* -dominated shelterwood stands and clearcuts in Sweden. *Forest Ecology and management* 127(1–3): 129–138.

Hotanen, J.-P. 2001. *Carex globularis*, Pallosara. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Jyväskylä. s. 164-165.

Hotanen, J.-P., Saarinen, M. & Nousiainen, H. 2015. Avosuo- ja sekatyypin turvekangaskehitys. *Suo* 66(1): 13-32.

Hotanen, J.-P., Kokko, A., Mäkelä, K. 2018. Metsäojitetut suot. Julkaisussa: Kontula, T. & Raunio, A. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja. Osa 1 – tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 5/2018. s. 156 - 161.

Huttunen, J.T., Nykänen, H., Martikainen, P.J., Nieminen, M. 2003. Fluxes of nitrous oxide and methane from drained peatlands following forest clear-felling in southern Finland. *Plant and Soil* 255, s. 457-462.

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kempainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.

Hökkä H., Mäkelä H. (2014). Post-harvest height growth of Norway spruce seedlings in northern Finland peatland forest canopy gaps and comparison to partial and complete canopy removals and plantations. *Silva Fennica* 48 no. 5 article id 1192.

Hökkä H., Repola J. 2018. Pienaukkohakkuun uudistumistulos Pohjois-Suomen korpikuusikossa 10 vuoden kuluttua hakkuusta. *Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2018* artikkeli id 7808. <https://doi.org/10.14214/ma.7808>

Ihalainen M., Salo K., Pukkala T. 2003. Empirical prediction models for *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* berry yields in North Karelia, Finland. *Silva Fennica* vol. 37 no. 1 article id 513. <https://doi.org/10.14214/sf.513>

Jalonen J, Vanha-Majamaa I. 2001 Immediate effects of four different felling methods on mature boreal spruce forest understorey vegetation in southern Finland. *Forest Ecology and Management*. 146:25–34

Kaila, A. & Ihalainen, A. 2014. Metsävarat. Teoksessa : Peltola, A. (toim.). Metsätalastollinen vuosikirja. Metsäntutkimuslaitos, 2014.

Korhonen K.T., Ihalainen A., Ahola A., Heikkinen J., Henttonen H.M., Hotanen J.-P., Nevalainen S., Pitkänen J., Strandström M., Viiri, H, 2017. Suomen metsät 2009-2013 ja niiden kehitys

1921-2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 86 s.

Korpela, L. 2001. *Aulacomnium palustre*, Suonihuopasammal. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnonssa. Jyväskylä. s. 236-237.

Koskinen, M., Sallantausta, T & Vasander, H. 2011. Post-restoration development of organic carbon and nutrient leaching from two ecohydrologically different peatland sites. *Ecological Engineering*, 37 (2011), s. 1008-1016

Kuusipalo, J. 1983. On the distribution of blueberry biomass in different forests stands. *Silva Fennica* 17(3): 245–257. (In Finnish with English summary).

Laine, J. & Vanha-Majamaa, I. 1992. Vegetation ecology along a trophic gradient on drained pine mires in Southern Finland. *Annales Botanici Fennici* 29: 213-233.

Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J.-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. 2018. Suotyypit ja turvekankaat – kasvupaikkaopas. Luke. Helsingin yliopisto. Metsäkustannus. 160 s.

Leikola, M. 2002. Suomen metsätalouden kehittyminen. Teoksessa: Hyvämäki, T. (toim.) 2002. Tapion taskukirja. Jyväskylä. s. 35-45.

McCullagh, P. & J. Nelder (1989). Generalized linear models. Monographs on Statistics and Applied Probability 37. Chapman & Hall, New York. 511 s.

McDonald, J.H. 2014. Handbook of Biological Statistics (3rd ed.). Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland. 140-144.

Miina, J., Hotanen, J.-P. & Salo, K. 2009. Modelling the abundance and temporal variation in the production of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Finnish mineral soil forests. *Silva Fennica* 43, 577-593

Moilanen, M., Ferm, A. & Issakainen, J. 1995. Kuusen- ja koivuntaimien alkukehitys korven uudistamisaloilla. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1995(2): 115-130.

Mäkipää, R. 1999. Response patterns of *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* along nutrient gradients in boreal forest. *Journal of Vegetation science* 10: 17-26.

Mäkipää, R. 2001a. *Brachythecium*-suku, Suikerosammalet. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnonssa. Jyväskylä. s. 238-239

Mäkipää, R. 2001b. *Ptilium crista castrensis*, Sulkasammal. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnonssa. Jyväskylä. s. 262

Mäkipää, R. & Heikkinen, J. 2003. Large-scale changes in abundance of terricolous bryophytes and macrolichens in Finland. *Journal of Vegetation Science* 14: 467-508.

Nieminen M., Sarkkola S., Laurén A. (2017). Impacts of forest harvesting on nutrient, sediment and dissolved organic carbon exports from drained peatlands: a literature review, synthesis and suggestions for the future. *Forest Ecology and Management* 392: 13–20.

Nieminen M, Hökkä H, Laiho R, Juutinen A, Ahtikoski A, Pearson M, Kojola S, Sarkkola S, Launiainen S, Valkonen S, Penttilä T, Lohila A, Saarinen M, Haahti K, Mäkipää R, Miettinen J, Ollikainen M. 2018. Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? *Forest Ecology Management* 424:78–84

Nilsson, M-C. & Wardle, D.A. 2005. Understory vegetation as a forest ecosystem driver: evidence from the northern Swedish boreal forest. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(8): 421-428

Nousiainen, H. 2001. *Dryopteris Carthusiana*, Metsäalvejuuri. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Jyväskylä. s. 186-188.

Ojanen P, Minkkinen K, Alm J & Penttilä T. 2010. Soil–atmosphere CO₂, CH₄ and N₂O fluxes in boreal forestry-drained peat-lands. *Forest Ecology and Management* 260: 411–421

Ojanen P, Minkkinen K & Penttilä T. 2013. The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands. *Forest Ecology and Management* 289: 201–208.

Økland, R.H & Eilertsen, O. 1996. Dynamics of understory vegetation in an old-growth boreal coniferous forest. *Journal of Vegetation Science* 7, 747-762.

Økland, T., Nordbakken, J-F., Lange, F., Røsberg, I & Clarge, N. 2016. Short-term effects of whole-tree harvesting on understory plant species diversity and cover in two Norway spruce sites in southern Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 31:766–776

Palviainen, M., Finér, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S., Starr, M. 2005. Responses of ground vegetation species to clear-cutting in a boreal forest: aboveground biomass and nutrient contents during the first 7 years. *Ecological Research* 20, 652–660.

Pukkala, T., Lähde, E. & Laiho, O. 2001. Metsän jatkuva kasvatus. Joen Forest Program Consulting. 229 s.

Päivänen, J. 1999. Tree stand structure on pristine peatlands and its change after forest drainage. *International Peat Journal* 9:66-72

R Core Team (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org>

Ricard, J.P. & Messier, C. 1996. Abundance, growth, and allometry of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) along a natural light gradient in a northern hardwood forest. *Forest Ecology and Management* 81: 153-160.

Rydgren, K., Økland, R. H. & Hestmark, G. 2004. Disturbance Severity and Community Resilience in a Boreal Forest. *Ecology*, 85, 1906– 1915.

Saarinen, M., Hotanen, J-P. & Alenius, V. 2009. Muokkausjälkien kasvillisuuden kehittyminen ojitettujen soiden metsänuudistamisaloilla. *Suo* 60(3-4): 85-109.

Saarinen, M. 2013. Männyn kylvö ja luontainen taimettuminen vanhoilla ojitusalueilla – turvemaiden uudistamisen erityispiirteitä. *Dissertationes Forestales* 164. 64 s. <http://www.metla.fi/dissertationes/df164.htm>

Saksa, T. & Valkonen, S. 2011. Dynamics of seedling establishment and survival in uneven-aged boreal forests. *Forest Ecology and Management* 261: 1409-1414.

Salemaa, M. 2001. *Vaccinium myrtillus*, Mustikka. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Jyväskylä. s. 128-130

Salemaa, M. 2001. *Vaccinium vitis-idaea*, Puolukka. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Jyväskylä. s. 128-130

Sarkkola, S., Hökkä, H., Penttilä, T. & Päivänen, J. 2002 Metsien rakennedynamiikan erityispiirteiden ojitusalueilla. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002:605-608.

Sarkkola, S., Hökkä, H., Laiho, R., Päivänen, J. & Penttilä, T. 2005 Stand structural dynamics on drained peatlands dominated by Scots pine. *Forest Ecology and Management* 206(1-3): 135-152.

Sarkkola, S., Hökkä, H., Koivusalo, H., Nieminen, M., Ahti, E., Päivänen, J., Laine, J., 2010. Role of tree stand evapotranspiration in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatlands. *Can. J. For. Res.* 40, 1485–149

Sarkkola, S., Hökkä, H., Ahti, E., Nieminen, M., Koivusalo, H., 2012. Depth of water table prior to ditch network maintenance is a key factor for tree growth response. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27, 10

Schelker, J., Kuglerova, I., Eklöf, K., Bishop, K., Laudon, H., 2013. Hydrological effects of clear-cutting in a boreal forest – snowpack dynamics, snowmelt and streamflow responses. *Journal of Hydrology*. 484, 105-114.

Tolvanen, A. 1994. Differences in recovery between a deciduous and an evergreen ericaceous clonal dwarf shrub after simulated aboveground herbivory and belowground damage. *Canadian Journal of Botany* 72: 853-859.

Tonteri, T., Hotanen, J.-P. & Kuusipalo, J. 1990. The Finnish forest site type approach: ordination and classification studies of mesic forest sites in Southern Finland. *Vegetatio* 87: 85-98.

Tonteri, T. 2001a. *Trientalis europaea*, Metsätähti. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Jyväskylä. s. 226-227.

Tonteri, T. 2001b. *Oxalis acetosella*, Käenkaali. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Jyväskylä. s. 210-211.

Tonteri, T., Salemaa, M., Rautio, P., Hallikainen, V., Korpela, L., Merilä, P. 2016. Forest management regulates temporal change in the cover of boreal plant species. *Forest Ecology and Management* 381, 115–124

Uotila, A., Kouki, J., 2005. Understorey vegetation in spruce-dominated forests in eastern Finland and Russian Karelia: Successional pattern after anthropogenic and natural disturbances. *Forest Ecology and Management* 215, 113-137

Utterä, J., Maltamo, M. & Hotanen, J.-P. 1996. Stand structure of undrained and drained peatland forests in central Finland. *Suo* 47(4): 125-135

Vanha-Majamaa, I. 2001. *Epilobium angustifolium*, Maitohorsma. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Jyväskylä. s. 189-190.

Vanha-Majamaa, I. & Reinikainen, A. 2001. Muuttuvan maankäytön vaikutus kasvillisuuteen. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2001. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Jyväskylä. s. 302-316.

Vanha-Majamaa, I., Shorohova, E., Kushnevskaya, H., Jalonen, J. 2017. Resilience of understorey vegetation after variable retention felling in boreal Norway spruce forest – A ten-year-perspective. *Forest ecology and management* 393, 12-228.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. Metsäkustannus. 180 s

LIITTEET

Liite 1. Lajiryhmittäisten parittaisten t-testien tulokset tutkimuskohteet yhdistettynä

Kontrollit	Alkuperäinen aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Varvut 2016/2018	-0,87444	1,346048	-0,65	5	0,545
	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,25	0,091712	-2,726	5	0,041
	Lehtisammalet 2016/2018	1,444444	1,377632	1,048	5	0,342
	Puut ja pensaat 2016/2018	-1,59667	0,549334	-2,907	5	0,034
	Rahkasammalet 2016/2018	0,982222	0,3616	2,716	5	0,042
	Ruohot 2016/2018	0,107778	0,632944	0,17	5	0,871
	Log-muunnettu aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Varvut 2016/2018	-0,02275	0,030848	-0,738	5	0,494
	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,07237	0,02571	-2,815	5	0,037
	Lehtisammalet 2016/2018	0,028772	0,024382	1,18	5	0,291
	Puut ja pensaat 2016/2018	-0,12386	0,032049	-3,865	5	0,012
	Rahkasammalet 2016/2018	0,025386	0,012049	2,107	5	0,089
	Ruohot 2016/2018	-0,01314	0,017756	-0,74	5	0,493
Kevyempi käsittely	Alkuperäinen aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Varvut 2016/2018	-0,62167	2,673039	-0,233	3	0,831
	Heinät ja sarat 2016/2018	-3,42667	2,62912	-1,303	3	0,283
	Lehtisammalet 2016/2018	8,668333	2,506936	3,458	3	0,041
	Puut ja pensaat 2016/2018	-0,855	0,830191	-1,03	3	0,379
	Rahkasammalet 2016/2018	1,82	0,921199	1,976	3	0,143
	Ruohot 2016/2018	-5,67333	0,755292	-7,511	3	0,005
	Log-muunnettu aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Varvut 2016/2018	-0,04402	0,051584	-0,853	3	0,456
	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,32619	0,048282	-6,756	3	0,007
	Lehtisammalet 2016/2018	0,179836	0,06258	2,874	3	0,064
	Puut ja pensaat 2016/2018	-0,10578	0,086589	-1,222	2	0,346
	Rahkasammalet 2016/2018	0,053782	0,031893	1,686	3	0,19
	Ruohot 2016/2018	-0,1765	0,021417	-8,241	3	0,004
Voimakkaampi käsittely	Alkuperäinen aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Varvut 2016/2018	-0,38556	3,76698	-0,102	5	0,922
	Heinät ja sarat 2016/2018	-6,82667	2,75289	-2,48	5	0,056
	Lehtisammalet 2016/2018	6,347778	4,436977	1,431	5	0,212
	Puut ja pensaat 2016/2018	-5,84556	2,701415	-2,164	5	0,083
	Rahkasammalet 2016/2018	5,946667	2,663292	2,233	5	0,076
	Ruohot 2016/2018	-7,59889	1,951476	-3,894	5	0,011
	Log-muunnettu aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Varvut 2016/2018	-0,06186	0,117668	-0,526	5	0,622
	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,68277	0,160955	-4,242	5	0,008
	Lehtisammalet 2016/2018	0,127681	0,0891	1,433	5	0,211
	Puut ja pensaat 2016/2018	-0,32415	0,120003	-2,701	5	0,043
	Rahkasammalet 2016/2018	0,047793	0,119097	0,401	5	0,705
	Ruohot 2016/2018	-0,36215	0,087045	-4,161	5	0,009

Liite 2. Lajeittaiset parittaisten t-testien tulokset tutkimuskohteet yhdistettynä.

Kontrollit	Alkuperäinen aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Vaccmyrt 2016/2018	-0,952222222	0,972268	-0,979	5	0,372
	Vaccviti 2016/2018	-0,136666667	0,718153	-0,19	5	0,857
	Trieeuro 2016/2018	-0,032223333	0,231205	-0,139	5	0,895
	Oxalacet 2016/2018	0,016677778	0,168169	0,099	5	0,925
	Dryocart 2016/2018	-0,393334	0,149458	-2,632	5	0,046
	Careglob 2016/2018	-0,269561339	0,107236	-2,514	5	0,054
	Pleuschr 2016/2018	1,033333333	0,502884	2,055	5	0,095
	Hylosple 2016/2018	0,305555556	0,614861	0,497	5	0,64
	Dicrpoly 2016/2018	0,118888889	0,523041	0,227	5	0,829
	Bracspp. 2016/2018	-0,124444444	0,177377	-0,702	5	0,514
	Piceabi3 2016/2018	-1,317777778	0,487621	-2,702	5	0,043
	Aulapalu 2016/2018	0,038888889	0,104285	0,373	5	0,725
	Log-muunnettu aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Vaccmyrt 2016/2018	-0,069393408	0,034394	-2,018	5	0,1
	Vaccviti 2016/2018	-0,000125807	0,040558	-0,003	5	0,998
	Trieeuro 2016/2018	-0,048848132	0,109195	-0,447	5	0,673
	Oxalacet 2016/2018	-0,002887691	0,017698	-0,163	5	0,877
	Dryocart 2016/2018	-0,118039652	0,063289	-1,865	5	0,121
	Careglob 2016/2018	-0,032893223	0,080013	-0,411	5	0,698
	Pleuschr 2016/2018	0,115146864	0,049538	2,324	5	0,068
	Hylosple 2016/2018	0,039735164	0,034123	1,164	5	0,297
	Dicrpoly 2016/2018	-0,015296273	0,063091	-0,242	5	0,818
	Bracspp. 2016/2018	-0,079145336	0,091922	-0,861	5	0,429
	Piceabi3 2016/2018	-0,130048019	0,037445	-3,473	5	0,018
	Aulapalu 2016/2018	-0,034118551	0,059666	-0,572	5	0,592
Kevyempi käsittely	Alkuperäinen aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Vaccmyrt 2016/2018	-0,666666667	2,620751	-0,254	3	0,816
	Vaccviti 2016/2018	0,298333333	0,27917	1,069	3	0,364
	Trieeuro 2016/2018	-2,155	0,38841	-5,548	3	0,012
	Oxalacet 2016/2018	0,051666667	0,098521	0,524	3	0,636
	Dryocart 2016/2018	-3,101666667	1,110023	-2,794	3	0,068
	Careglob 2016/2018	-2,688333333	1,985366	-1,354	3	0,269
	Pleuschr 2016/2018	3,891666667	1,426743	2,728	3	0,072
	Hylosple 2016/2018	3,453333333	1,808417	1,91	3	0,152
	Dicrpoly 2016/2018	-0,058333333	0,628993	-0,093	3	0,932
	Bracspp. 2016/2018	0,1	0,339684	0,294	3	0,788
	Piceabi3 2016/2018	-0,438333333	0,790178	-0,555	3	0,618
	Aulapalu 2016/2018	0,33	0,677657	0,487	3	0,66
	Log-muunnettu aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
	Vaccmyrt 2016/2018	-0,072252927	0,067773	-1,066	3	0,365
	Vaccviti 2016/2018	0,000695285	0,034078	0,02	3	0,985
	Trieeuro 2016/2018	-0,79149784	0,47994	-1,649	3	0,198
	Oxalacet 2016/2018	0,023442356	0,027832	0,842	3	0,461
	Dryocart 2016/2018	-0,140956215	0,020505	-6,874	3	0,006
	Careglob 2016/2018	-0,314054802	0,046457	-6,76	3	0,007

Liite 2 jatkuu

Pleuschr 2016/2018	0,318096072	0,057513	5,531	3	0,012
Hylosple 2016/2018	0,169565158	0,076086	2,229	3	0,112
Dicrpoly 2016/2018	-0,02812737	0,094543	-0,298	3	0,785
Bracspp. 2016/2018	0,135123682	0,118867	1,137	3	0,338
Piceabi3 2016/2018	0,298177422	0,399191	0,747	3	0,509
Aulapalu 2016/2018	0,015154482	0,179524	0,084	3	0,938
Voimakkaampi käsittely	Alkuperäinen aineisto	Mean	S.E.	t	df p
Vaccmyrt 2016/2018	0,431111111	2,026661	0,213	5	0,84
Vaccviti 2016/2018	-0,84	2,238607	-0,375	5	0,723
Trieeuro 2016/2018	-2,843333333	1,274147	-2,232	5	0,076
Oxalacet 2016/2018	-0,827777778	1,377879	-0,601	5	0,574
Dryocart 2016/2018	-3,123333333	1,487596	-2,1	5	0,09
Careglob 2016/2018	-3,725555556	2,562927	-1,454	5	0,206
Pleuschr 2016/2018	1,47	1,314899	1,118	5	0,314
Hylosple 2016/2018	4,303333333	2,175289	1,978	5	0,105
Dicrpoly 2016/2018	0,636666667	0,837705	0,76	5	0,482
Bracspp. 2016/2018	-0,68	0,49488	-1,374	5	0,228
Piceabi3 2016/2018	-1,449365079	1,65075	-0,878	5	0,42
Aulapalu 2016/2018	0,091111111	0,160745	0,567	5	0,595
	Log-muunnettu aineisto	Mean	S.E.	t	df p
Vaccmyrt 2016/2018	-0,068211602	0,104608	-0,652	5	0,543
Vaccviti 2016/2018	-0,066309384	0,14225	-0,466	5	0,661
Trieeuro 2016/2018	-0,424371325	0,173095	-2,452	5	0,058
Oxalacet 2016/2018	0,065356246	0,155428	0,42	5	0,692
Dryocart 2016/2018	-0,459943918	0,184911	-2,487	5	0,055
Careglob 2016/2018	-0,384363165	0,160395	-2,396	5	0,062
Pleuschr 2016/2018	0,225735957	0,131249	1,72	5	0,146
Hylosple 2016/2018	0,181076432	0,074587	2,428	5	0,06
Dicrpoly 2016/2018	-0,003458848	0,154182	-0,022	5	0,983
Bracspp. 2016/2018	-0,109072312	0,075201	-1,45	5	0,207
Piceabi3 2016/2018	-0,010004654	0,170299	-0,059	5	0,955
Aulapalu 2016/2018	0,184504254	0,335927	0,549	5	0,606

Liite 3. Lajiryhmittäisten parittaisten t-testien tulokset koaloittain.

Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Heinävesi Rouvanlehto	1	Varvut 2016/2018	2,847	1,619	1,759	14	0,100
Heinävesi Rouvanlehto	1	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,120	0,161	-0,745	14	0,468
Heinävesi Rouvanlehto	1	Lehtisammalet 2016/2018	4,580	1,226	3,734	14	0,002
Heinävesi Rouvanlehto	1	Puut ja pensaat 2016/2018	-2,527	0,972	-2,599	14	0,021
Heinävesi Rouvanlehto	1	Rahkasammalet 2016/2018	2,373	0,827	2,871	14	0,012
Heinävesi Rouvanlehto	1	Ruohot 2016/2018	-0,347	1,543	-0,225	14	0,826
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Heinävesi Rouvanlehto	2	Varvut 2016/2018	9,160	3,861	2,373	14	0,033
Heinävesi Rouvanlehto	2	Heinät ja sarat 2016/2018	-2,633	1,297	-2,031	14	0,062
Heinävesi Rouvanlehto	2	Lehtisammalet 2016/2018	12,520	4,554	2,749	14	0,016
Heinävesi Rouvanlehto	2	Puut ja pensaat 2016/2018	-2,367	1,680	-1,409	14	0,181
Heinävesi Rouvanlehto	2	Rahkasammalet 2016/2018	7,947	3,317	2,396	14	0,031
Heinävesi Rouvanlehto	2	Ruohot 2016/2018	-13,087	4,748	-2,756	14	0,015
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Heinävesi Rouvanlehto	3	Varvut 2016/2018	4,073	1,753	2,324	14	0,036
Heinävesi Rouvanlehto	3	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,500	0,399	-1,252	14	0,231
Heinävesi Rouvanlehto	3	Lehtisammalet 2016/2018	5,427	4,482	1,211	14	0,246
Heinävesi Rouvanlehto	3	Puut ja pensaat 2016/2018	-0,600	1,650	-0,364	14	0,722
Heinävesi Rouvanlehto	3	Rahkasammalet 2016/2018	-0,440	0,356	-1,235	14	0,237
Heinävesi Rouvanlehto	3	Ruohot 2016/2018	-8,440	3,450	-2,446	14	0,028
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Heinävesi Rouvanlehto	4	Varvut 2016/2018	7,067	2,540	2,782	14	0,015
Heinävesi Rouvanlehto	4	Heinät ja sarat 2016/2018	-1,173	0,705	-1,665	14	0,118
Heinävesi Rouvanlehto	4	Lehtisammalet 2016/2018	6,847	3,397	2,016	14	0,063
Heinävesi Rouvanlehto	4	Puut ja pensaat 2016/2018	-2,493	1,250	-1,994	14	0,066
Heinävesi Rouvanlehto	4	Rahkasammalet 2016/2018	0,480	2,872	0,167	14	0,870
Heinävesi Rouvanlehto	4	Ruohot 2016/2018	-4,807	2,517	-1,910	14	0,077
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Heinävesi Rouvanlehto	5	Varvut 2016/2018	-2,087	0,763	-2,735	14	0,016
Heinävesi Rouvanlehto	5	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,407	0,362	-1,123	14	0,280
Heinävesi Rouvanlehto	5	Lehtisammalet 2016/2018	2,547	3,206	0,794	14	0,440
Heinävesi Rouvanlehto	5	Puut ja pensaat 2016/2018	1,147	7,453	0,154	14	0,880
Heinävesi Rouvanlehto	5	Rahkasammalet 2016/2018	0,093	1,016	0,092	14	0,928
Heinävesi Rouvanlehto	5	Ruohot 2016/2018	-7,447	3,241	-2,297	14	0,038
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Heinävesi Rouvanlehto	6	Varvut 2016/2018	1,547	0,979	1,580	14	0,136
Heinävesi Rouvanlehto	6	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,240	0,145	-1,659	14	0,119
Heinävesi Rouvanlehto	6	Lehtisammalet 2016/2018	-0,393	0,750	-0,524	14	0,608
Heinävesi Rouvanlehto	6	Puut ja pensaat 2016/2018	-3,500	0,937	-3,734	14	0,002
Heinävesi Rouvanlehto	6	Rahkasammalet 2016/2018	1,060	0,916	1,157	14	0,267
Heinävesi Rouvanlehto	6	Ruohot 2016/2018	-1,293	1,045	-1,238	14	0,236
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Multia Havusuo	1	Varvut 2016/2018	-4,467	1,108	-4,032	14	0,001
Multia Havusuo	1	Heinät ja sarat 2016/2018	0,020	0,310	0,065	14	0,949

Liite 3 jatkuu

Multia Havusuo	1	Lehtisammalet 2016/2018	-2,287	0,813	-2,813	14	0,014
Multia Havusuo	1	Maksasammalet 2016/2018	0,073	0,067	1,102	14	0,289
Multia Havusuo	1	Puut ja pensaat 2016/2018	-1,593	2,981	-0,534	14	0,601
Multia Havusuo	1	Rahkasammalet 2016/2018	0,900	0,473	1,902	14	0,078
Multia Havusuo	1	Ruohot 2016/2018	0,033	0,553	0,060	14	0,953
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Multia Havusuo	2	Varvut 2016/2018	-12,113	2,172	-5,577	14	0,000
Multia Havusuo	2	Heinät ja sarat 2016/2018	-12,560	4,992	-2,516	14	0,025
Multia Havusuo	2	Lehtisammalet 2016/2018	-3,827	2,472	-1,548	14	0,144
Multia Havusuo	2	Maksasammalet 2016/2018	-0,140	0,103	-1,363	14	0,194
Multia Havusuo	2	Puut ja pensaat 2016/2018	-13,207	4,263	-3,098	14	0,008
Multia Havusuo	2	Rahkasammalet 2016/2018	3,113	2,255	1,380	14	0,189
Multia Havusuo	2	Ruohot 2016/2018	-2,773	1,091	-2,543	14	0,023
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Multia Havusuo	3	Varvut 2016/2018	-11,500	2,680	-4,292	14	0,001
Multia Havusuo	3	Heinät ja sarat 2016/2018	-17,187	4,916	-3,496	14	0,004
Multia Havusuo	3	Lehtisammalet 2016/2018	-9,073	3,625	-2,503	14	0,025
Multia Havusuo	3	Puut ja pensaat 2016/2018	-15,020	4,952	-3,033	14	0,009
Multia Havusuo	3	Rahkasammalet 2016/2018	-1,133	0,993	-1,141	14	0,273
Multia Havusuo	3	Ruohot 2016/2018	-12,827	3,173	-4,042	14	0,001
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Multia Havusuo	4	Varvut 2016/2018	-4,913	1,226	-4,007	14	0,001
Multia Havusuo	4	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,367	0,169	-2,174	14	0,047
Multia Havusuo	4	Lehtisammalet 2016/2018	-1,087	0,931	-1,167	14	0,263
Multia Havusuo	4	Puut ja pensaat 2016/2018	-1,747	0,798	-2,188	14	0,046
Multia Havusuo	4	Rahkasammalet 2016/2018	0,667	0,692	0,964	14	0,351
Multia Havusuo	4	Ruohot 2016/2018	-0,800	0,684	-1,170	14	0,262
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Juuka Vaarajoki	1	Varvut 2016/2018	-2,133	1,393	-1,532	14	0,148
Juuka Vaarajoki	1	Heinät ja sarat 2016/2018	-11,300	2,621	-4,312	14	0,001
Juuka Vaarajoki	1	Lehtisammalet 2016/2018	13,880	3,227	4,301	14	0,001
Juuka Vaarajoki	1	Puut ja pensaat 2016/2018	-1,907	0,941	-2,026	14	0,062
Juuka Vaarajoki	1	Rahkasammalet 2016/2018	3,947	1,501	2,629	14	0,020
Juuka Vaarajoki	1	Ruohot 2016/2018	-4,093	1,491	-2,745	14	0,016
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Juuka Vaarajoki	2	Varvut 2016/2018	-1,600	0,827	-1,935	14	0,073
Juuka Vaarajoki	2	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,167	0,436	-0,383	14	0,708
Juuka Vaarajoki	2	Jäkälät 2016/2018	0,033	0,033	1,000	14	0,334
Juuka Vaarajoki	2	Lehtisammalet 2016/2018	6,280	1,503	4,178	14	0,001
Juuka Vaarajoki	2	Maksasammalet 2016/2018	0,073	0,067	1,102	14	0,289
Juuka Vaarajoki	2	Puut ja pensaat 2016/2018	-0,333	0,333	-1,000	14	0,334
Juuka Vaarajoki	2	Rahkasammalet 2016/2018	1,253	0,851	1,473	14	0,163
Juuka Vaarajoki	2	Ruohot 2016/2018	-0,053	0,571	-0,093	14	0,927
Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p

Liite 3 jatkuu

Juuka Vaarajoki	3	Varvut 2016/2018	-5,333	0,747	-7,135	14	0,000
Juuka Vaarajoki	3	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,827	0,478	-1,729	14	0,106
Juuka Vaarajoki	3	Lehtisammalet 2016/2018	11,400	1,660	6,869	14	0,000
Juuka Vaarajoki	3	Maksasammalet 2016/2018	-0,067	0,067	-1,000	14	0,334
Juuka Vaarajoki	3	Rahkasammalet 2016/2018	2,760	1,264	2,184	14	0,047
Juuka Vaarajoki	3	Ruohot 2016/2018	-6,347	2,107	-3,012	14	0,009
Juuka Vaarajoki	3	Puut ja pensaat 2016/2018	-0,167	0,167	-1,000	14	0,334

Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Juuka Vaarajoki	4	Varvut 2016/2018	6,733	4,195	1,605	14	0,131
Juuka Vaarajoki	4	Heinät ja sarat 2016/2018	-6,687	3,727	-1,794	14	0,094
Juuka Vaarajoki	4	Lehtisammalet 2016/2018	17,820	6,914	2,578	14	0,022
Juuka Vaarajoki	4	Puut ja pensaat 2016/2018	-0,813	0,737	-1,103	14	0,288
Juuka Vaarajoki	4	Rahkasammalet 2016/2018	11,147	7,312	1,524	14	0,150
Juuka Vaarajoki	4	Ruohot 2016/2018	-1,980	1,438	-1,377	14	0,190

Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Juuka Vaarajoki	5	Varvut 2016/2018	1,340	0,590	2,271	14	0,039
Juuka Vaarajoki	5	Heinät ja sarat 2016/2018	-0,607	0,276	-2,197	14	0,045
Juuka Vaarajoki	5	Lehtisammalet 2016/2018	1,573	1,568	1,004	14	0,333
Juuka Vaarajoki	5	Puut ja pensaat 2016/2018	0,120	2,187	0,055	14	0,957
Juuka Vaarajoki	5	Rahkasammalet 2016/2018	-0,360	1,358	-0,265	14	0,795
Juuka Vaarajoki	5	Ruohot 2016/2018	3,107	2,455	1,265	14	0,226

Kohde	Koeala	Lajiryhmä	Mean	S.E.	t	df	p
Juuka Vaarajoki	6	Varvut 2016/2018	1,333	2,736	0,487	14	0,634
Juuka Vaarajoki	6	Heinät ja sarat 2016/2018	-1,393	0,735	-1,895	14	0,079
Juuka Vaarajoki	6	Lehtisammalet 2016/2018	15,220	4,580	3,323	14	0,005
Juuka Vaarajoki	6	Puut ja pensaat 2016/2018	0,507	3,893	0,130	14	0,898
Juuka Vaarajoki	6	Rahkasammalet 2016/2018	15,047	7,242	2,078	14	0,057
Juuka Vaarajoki	6	Ruohot 2016/2018	-6,487	1,628	-3,984	14	0,001

Liite 4. Lajimäärien parittaisten t-testien tulokset kohteet yhdistettynä.

Alkuperäinen aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
Kontrolli 16/18	0,167	0,477	0,349	5	0,741
Kevyempi käsittely 16/18	-1	2,082	-0,48	3	0,664
Voimakkaampi käsittely 16/18	-2	1,238	-1,615	5	0,167
Log-muunnettu aineisto	Mean	S.E.	t	df	p
Kontrolli 16/18	0,003559	0,008867	0,401	5	0,705
Kevyempi käsittely 16/18	-0,00756	0,031472	-0,24	3	0,826
Voimakkaampi käsittely 16/18	-0,02935	0,018389	-1,596	5	0,171

Liite 5. Koealoilta käsittelyn jälkeen kadonneet ja niille ilmestyneet uudet lajit.

Heinävesi	Kadonneet lajit	Uudet lajit
Koeala 1	Melasylv	Ptil cris
Koeala 2	Melasylv, Plagspp.	Calapurp, Carebrun, Galebifi, Carecane, Spharipa, Diclcerv, Pohlnuta, Stellong
Koeala 3	Melasylv, Ptil cris, Pinusyl3	Stellong, Galebifi, Hepatica, Diclcerv
Koeala 4	Pinusyl3, Athyfilii, Gymndryo	Betupen3, Descflex, Galebifi, Dryoexpa, Bracspp., Diclcerv, Hepatica, Spharipa, Ptilcris
Koeala 5	Melasylv, Clnarang	Linnbore, Sphaangu
Koeala 6	Epilangu	Luzupilo, Polyjuni
Multia	Kadonneet lajit	Uudet lajit
Koeala 1	Betupub3, Cladspp, Ptilcili	Ptilcris
Koeala 2		Epilangu, Ptilcris, Polycomm, Hepatica, Pohlnuta
Koeala 3	Saliaur4, Luzupilo Sphacapi	Betupub3, Oxalacet, Polystri, Ptilcris, Aulapalu
Koeala 4	Maiabifo, Trieeuro, Lycoanno	Ptilcris, Ptilcili
Juuka	Kadonneet lajit	Uudet lajit
Koeala 1	Carecane, Gymndryo, Melasylv, Polystri	
Koeala 2		Polycomm
Koeala 3	Melaprat	Piceabi3, Betupub3, Epilangu
Koeala 4	Descflex, Ppharipa, Pohlnuta	Betupub3, Eriovagi, Sphacapi
Koeala 5	Melaprat	Sorbauc3
Koeala 6	Dicrscop, Polycomm, Spharuss, Polyform	Sorbauc3, Epilangu

Liite 6. Lajinimet, niiden lyhenteet sekä lajeittaiset keskiyeittävydet tutkimuksen koelaita (kontrollit ja vastaavat käsittelyt yhdistetty) vuosina 2016 ja 2018.

Heinävesi Rouvanlehto

Kontrollit (Koealat 1 ja 6)

Laji	Lyhenne	2016	2018
vanamo	linnbore	1,400	1,043
mustikka	vaccmyrt	26,433	24,700
puolukka	vaccviti	2,967	2,860
metsäkastikka	calaarun	0,017	0,017
pallosara	careglob	0,673	0,727
kevätpiippo	luzupilo	0,147	0,273
suonihuopasammal	aulapalu	0,860	0,603
suikerosammal	bracspp.	3,250	3,167
isokynsisammal	dicrmaju	1,733	1,903
kangaskynsisammal	dicrpoly	1,410	1,593
kivikynsisammal	dicrscop	0,533	0,470
metsäkerrossammal	hylosple	6,500	5,413
seinäsammal	pleuschr	4,133	3,267
corpikarhunsammal	polycomm	0,510	0,417
kangaskarhunsammal	polyjuni	0,003	0,007
sulkasammal	ptilcris	0,013	0,013
maksasammal	hepatica	0,003	0,003
hieskoivu	betupub3	0,200	0,233
kuusi	piceabi3	4,400	6,847
vadelma	rubuida4	0,900	1,267
pihlaja	sorbauc3	0,567	0,733
rämerahkasammal	sphaangu	0,333	0,167
kangasrahkasammal	sphacapi	0,003	0,003
corpirahkasammal	sphagirg	15,803	14,483
varvikkorahkasammal	spharuss	0,427	0,197
metsäalvejuuri	dryocart	3,943	4,043
isoalvejuuri	dryoexpa	1,900	2,300
maitohorsma	epilangu	0,067	0,000
metsäimarre	gymndryo	0,117	0,133
oravanmarja	maiabifo	1,303	1,237
metsämaitikka	melasylv	0,003	0,000
käenkaali	oxalacet	4,283	4,233
metsätähti	trieeuro	1,340	1,830
kanto	kanto	0,100	0,100
karike	karike	62,033	64,333
puunrunko	puunrunko	0,767	0,767

Kevyempi käsittely (Koealat 4 ja 5)

Laji	Lyhenne	2016	2018
vanamo	linnbore	0,800	1,190
riidenlieko	lycoanno	0,017	0,067
mustikka	vaccmyrt	16,150	13,667

Liite 6 jatkuu

puolukka	vaccviti	2,997	2,550
pallosara	careglob	0,683	1,387
kevätpiippo	luzupilo	0,103	0,183
torvijäkälä	cladspp.	0,007	0,003
suonihuopasammal	aulapalu	1,167	1,810
suikerosammal	bracspp.	1,250	1,830
isokynsisammal	dicrmaju	0,650	0,677
kangaskynsisammal	dicrpoly	2,483	3,157
kivikynsisammal	dicrscop	0,910	0,593
metsäkerrossammal	hylosple	3,677	3,310
seinäsammal	pleuschr	10,707	5,890
nuokkuvarstasammal	pohluta	0,167	0,017
corpikarhunsammal	polycomm	0,900	0,327
kangaskarhunsammal	polyjuni	0,500	0,070
sulkasammal	ptilcris	0,007	0,007
hieskoivu	betupub3	1,167	1,443
kuusi	paceabi3	7,170	7,110
mänty	pinusyl3	0,017	0,007
vadelma	rubuida4	0,200	0,233
pihlaja	sorbauc3	0,300	0,600
rämerahkasammal	sphaangu	0,050	0,400
kangasrahkasammal	sphacapi	0,017	0,010
corpirahkasammal	sphagirg	17,633	17,933
punarahkasammal	sphamage	2,300	1,803
varvikkorahkasammal	spharuss	6,383	4,950
hiirenporras	athyfili	0,100	0,000
metsäalvejuuri	dryocart	6,817	10,303
isoalvejuuri	dryoexpa	0,733	0,833
maitohorsma	epilangu	0,050	1,000
metsäkorte	equisylv	0,233	0,250
metsäimarre	gymndryo	0,190	0,033
oravanmarja	maiabifo	0,633	1,007
metsämaitikka	melasylv	0,283	0,010
käenkaali	oxalacet	2,903	2,800
muurain	rubucham	0,533	0,517
metsätähti	trieeuro	2,417	4,133
karike	karike	51,267	53,500
puunrunko	puunrunko	0,490	0,590
metsälauha	descflex	0,000	0,007
ojanukkasammal	diclcerv	0,000	0,033
maksasammal	hepatica	0,000	0,033
rauduskoivu	betupen3	0,000	0,133
haprarahkasammal	spharipa	0,000	1,000
peltopillike	galebifi	0,000	0,133

Liite 6 jatkuu

Voimakkaampi käsittely (Koealat 2 ja 3)

Laji	Lyhenne	2016	2018
vanamo	linnbore	1,477	0,600
mustikka	vaccmyrt	20,933	15,233
puolukka	vaccviti	1,690	1,650
harmaasara	carecane	0,100	1,083
pallosara	careglob	0,420	0,573
kevätpiippo	luzupilo	0,013	0,433
suonihuopasammal	aulapalu	0,740	0,633
suikerosammal	bracspp.	4,193	5,410
isokynsisammal	dicrmaju	1,623	0,580
kangaskynsisammal	dicrpoly	3,673	2,077
kivikynsisammal	dicrscop	1,290	0,323
metsäkerrossammal	hylosple	9,330	5,807
laakasammal	plagspp.	0,007	0,000
seinäsammal	pleuschr	6,103	2,253
corpikarhunsammal	polycomm	0,940	0,357
kangaskarhunsammal	polyjuni	0,017	0,007
kytökarhunsammal	polylong	0,407	1,510
sulkasammal	ptilcris	0,010	0,070
hieskoivu	betupub3	0,067	0,173
kuusi	piceabi3	3,567	3,313
mänty	pinusyl3	0,017	0,000
vadelma	rubuida4	0,467	3,800
pihlaja	sorbauc3	0,733	0,833
corpirahkasammal	sphagirg	9,833	5,777
varvikkorahkasammal	spharuss	0,217	0,187
metsäalvejuuri	dryocart	5,667	8,707
isoalvejuuri	dryoexpa	3,533	3,067
maitohorsma	epilangu	0,017	0,133
oravanmarja	maiabifo	3,620	3,290
metsämaitikka	melasylv	0,010	0,000
käenkaali	oxalacet	5,750	8,133
muurain	rubucham	0,017	0,033
kultapiisku	solivirg	0,033	0,100
metsätähti	trieeuro	2,593	8,117
juurenniska	juurenniska	0,167	0,233
karike	karike	59,467	68,767
puunrunko	puunrunko	0,333	0,700
metsätähtimö	stellong	0,000	0,023
kanto	kanto	0,000	0,033
maksasammal	hepatica	0,000	0,017
corpikastikka	calapurp	0,000	0,003
polkusara	carebrun	0,000	0,007
ojanukkasammal	diclcerv	0,000	0,300

Liite 6 jatkuu

nuokkuvarstasammal	pohlnota	0,000	0,033
haprarahkasammal	spharipa	0,000	0,333
peltopillike	galebifi	0,000	0,400

Juuka Vaarajoki**Kontrollit (Koealat 2 ja 5)**

Laji	Lyhenne	2016	2018
vanamo	linnbore	0,520	0,310
mustikka	vaccmyrt	6,477	8,350
puolukka	vaccviti	8,350	6,817
korpikastikka	calapurp	0,133	0,033
harmaasara	carecane	0,233	0,333
pallosara	careglob	5,320	5,767
metsälauha	descflex	0,027	0,017
kevätpiippo	luzupilo	0,083	0,033
harmaaporonjäkälä	clnarang	0,033	0,017
suonihuopasammal	aulapalu	0,350	0,490
suikerosammal	bracspp.	6,933	7,253
isokynsisammal	dicrmaju	0,583	0,267
kangaskynsisammal	dicrpoly	3,817	2,590
kivikynsisammal	dicrscop	0,467	0,250
metsäkerrossammal	hylosple	7,753	6,767
metsälehväsammal	plagcusp	0,100	0,067
seinäsammal	pleuschr	5,280	3,513
korpikarhunsammal	polycomm	1,980	2,150
rämekarhunsammal	polystri	0,023	0,013
sulkasammal	ptilcris	0,067	0,067
maksasammal	hepatica	0,073	0,037
hieskoivu	betupub3	0,200	0,373
kuusi	piceabi3	4,800	4,733
vadelma	rubuida4	0,733	0,567
rämerahkasammal	sphaangu	0,870	1,150
korpirahkasammal	sphagirg	23,337	23,033
haprarahkasammal	spharipa	0,333	0,500
varvikkorahkasammal	spharuss	2,243	1,653
ruohokanukka	cornsuec	0,210	0,283
metsäalvejuuri	dryocart	7,733	8,333
maitohorsma	epilangu	0,067	0,067
metsäkorte	equisylv	0,410	0,217
metsäimarre	gymndryo	4,200	2,600
oravanmarja	maiabifo	0,107	0,100
kangasmaitikka	melaprat	0,007	0,000
muurain	rubucham	0,817	0,650
kultapiisku	solivirg	0,033	0,033
metsätähti	trieuro	0,650	0,423

Liite 6 jatkuu

karike	karike	42,933	47,800
puunrunko	puunrunko	0,867	0,883
kanto	kanto	0,000	0,067
pihlaja	sorbauc3	0,000	0,167

Kevyempi käsittely (Koealat 1 ja 3)

Laji	Lyhenne	2016	2018
vaivero	chamcaly	0,067	0,067
vanamo	linnbore	0,133	0,200
mustikka	vaccmyrt	9,500	13,317
puolukka	vaccviti	10,717	10,567
harmaasara	carecane	0,017	
pallosara	careglob	3,837	8,510
metsälauha	descflex	0,120	1,527
suonihuopasammal	aulapalu	2,447	1,143
suikerosammal	bracspp.	1,183	0,573
isokynsisammal	dicrmaju	0,710	0,387
kangaskynsisammal	dicrpoly	5,737	5,180
kivikynsisammal	dicrscop	0,457	0,123
metsäkerrossammal	hylosple	14,050	7,510
seinäsammal	pleuschr	5,683	2,717
korpiharhunsammal	polycomm	0,300	0,317
lehtokarhunsammal	polyform	0,010	0,003
kangaskarhunsammal	polyjuni	0,003	0,003
rämekarhunsammal	polystri	0,083	0,067
maksasammal	hepatica	0,067	0,100
hieskoivu	betupub3	0,083	0,183
kuusi	piceabi3	1,133	2,070
pihlaja	sorbauc3	0,033	0,033
rämerahkasammal	sphaangu	1,117	0,837
ruskorahkasammal	sphafusc	0,067	0,017
korpirahkasammal	sphagirg	10,850	10,133
punarahkasammal	sphamage	0,333	0,167
varvikkorahkasammal	spharuss	6,273	4,133
metsäälvejuuri	dryocart	7,867	10,583
metsäimarre	gymndryo	0,167	0,000
kangasmaitikka	melaprat	0,017	0,000
metsämaitikka	melasylv	0,007	0,000
muurain	rubucham	1,117	1,150
metsätähti	trieeuro	0,500	3,093
karike	karike	48,000	61,967
puunrunko	puunrunko	1,807	1,050
juurenniska	juurenniska	0,000	0,233
kanto	kanto	0,000	0,500
maitohorsma	epilangu	0,000	0,067

Liite 6 jatkuu

Voimakkaampi käsittely (Koealat 4 ja 6)			
Laji	Lyhenne	2016	2018,
vaivero	chamcaly	0,033	0,010
vanamo	linnbore	0,150	0,567
mustikka	vaccmyrt	6,967	6,750
isokarpalo	vaccoxyc	0,017	0,007
puolukka	vaccviti	10,533	6,333
polkusara	carebrun	0,067	0,167
harmaasara	carecane	0,243	0,033
pallosara	careglob	1,860	4,090
metsälauha	descflex	0,053	0,133
suonihuopasammal	aulapalu	0,667	0,373
suikerosammal	bracspp.	1,687	1,177
isokynsisammal	dicrmaju	1,007	0,327
kangaskynsisammal	dicrpoly	4,047	2,463
kivikynsisammal	dicrscop	0,060	0,040
metsäkerrossammal	hylosple	16,377	6,690
laakasammal	plagspp.	0,020	0,007
seinäsammal	pleuschr	5,337	2,423
nuokkuvarstasammal	pohlnota	0,033	0,000
corpikarhunsammal	polycomm	0,780	0,010
lehtokarhunsammal	polyform	0,017	0,000
kangaskarhunsammal	polyjuni	0,007	0,007
hieskoivu	betupub3	0,010	0,077
kuusi	paceabi3	3,033	1,753
vadelma	rubuida4	0,133	1,167
rämerahkasammal	sphaangu	3,407	0,840
korpirahkasammal	sphagirg	15,803	9,273
punarahkasammal	sphamage	0,333	1,067
haparahkasammal	spharipa	2,333	0,000
varvikkorahkasammal	spharuss	10,167	7,750
metsäälvejuuri	dryocart	5,533	6,650
maitohorsma	epilangu	0,067	0,267
metsäkorte	equisylv	0,067	0,017
metsäimarre	gymndryo	0,667	0,600
oravanmarja	maiabifo	0,067	0,167
muurain	rubucham	0,240	0,367
metsätähti	trieeuro	0,560	3,367
karike	karike	34,200	64,133
puunrunko	puunrunko	1,083	0,237
kanto	kanto	0,000	0,167
tupasvilla	eriovagi	0,000	1,840
pihlaja	sorbauc3	0,000	0,333
kangasrahkasammal	sphacapi	0,000	0,017

Liite 6 jatkuu

Multia Havusuo**Kontrollit (Koealat 1 ja 4)**

Laji	Lyhenne	2016	2018
riidenlieko	lycoanno	0,010	0,000
mustikka	vaccmyrt	9,550	12,267
juolukka	vacculig	0,167	0,100
puolukka	vaccviti	6,783	8,833
pallosara	careglob	0,903	1,190
tupasvilla	eriovagi	0,500	0,387
kevätpiippo	luzupilo	0,167	0,167
torvijäkälä	cladssp.	0,003	0,000
suonihuopasammal	aulapalu	0,023	0,023
suikerosammal	bracspp.	0,260	0,397
isokynsisammal	dicrmaju	0,157	0,290
kangaskynsisammal	dicrpoly	2,790	3,477
kivikynsisammal	dicrscop	0,067	0,043
metsäkerrossammal	hylosple	9,683	10,840
laakasammal	plagspp.	0,003	0,003
seinäsammal	pleuschr	16,227	15,760
corpikarhunsammal	polycomm	0,023	0,073
vaarapykäsammal	barblyco	0,067	0,033
isokorallisammal	ptilcili	0,003	0,017
hieskoivu	betupub3	0,003	0,000
kuusi	piceabi3	3,167	4,740
vadelma	rubuida4	0,167	0,333
pihlaja	sorbauc3	0,167	0,100
rämerahkasammal	sphaangu	2,927	3,813
corpirahkasammal	sphagirg	0,670	0,967
punarahkasammal	sphamage	2,100	1,833
varvikkorahkasammal	spharuss	11,450	9,750
metsäalvejuuri	dryocart	1,287	1,767
metsäkorte	equisylv	0,290	0,333
metsäimarre	gymndryo	0,500	0,500
oravanmarja	maiabifo	0,017	0,000
metsämaitikka	melasylv	0,007	0,007
muurain	rubucham	1,540	1,583
metsätähti	trieeuro	0,167	0,000
kanto	kanto	0,017	0,017
karike	karike	52,900	51,167
puunrunko	puunrunko	0,027	0,000
sulkasammal	ptilcris	0,000	0,013
maksasammal	hepatica	0,000	0,050

Liite 6 jatkuu

Voimakkaampi käsittely (Koealat 2 ja 3)			
Laji	Lyhenne	2016	2018
variksenmarja	empenigr	0,010	0,167
riidenlieko	lycoanno	0,067	0,333
mustikka	vaccmyrt	3,150	7,773
puolukka	vaccviti	4,167	10,927
pallosara	careglob	1,123	9,917
tupassara	careniju	0,010	0,007
tuppisara	carevagi	0,067	0,500
tupasvilla	eriovagi	0,140	5,807
kevätpiippo	luzupilo	0,017	0,000
suonihuopasammal	aulapalu	0,047	0,173
suikerosammal	bracspp.	1,300	2,633
isokynsisammal	dicrmaju	0,477	0,883
kangaskynsisammal	dicrpoly	0,913	2,183
kivikynsisammal	dicrscop	0,077	0,053
metsäkerrossammal	hylosple	7,470	7,770
seinäsammal	pleuschr	8,483	10,837
korpikarhunsammal	polycomm	0,007	0,250
rämekarhunsammal	polystri	0,100	0,220
isokorallisammal	ptilcili	0,017	0,083
hieskoivu	betupub3	0,067	2,977
kuusi	paceabi3	3,370	9,107
vadelma	rubuida4	0,400	5,883
virpajaju	saliaur4	0,017	0,000
rämerahkasammal	sphaangu	5,697	3,770
kangasrahkasammal	sphacapi	0,007	0,000
ruskorahkasammal	sphafusc	0,167	0,100
korpirahkasammal	sphagirg	0,050	0,100
punarahkasammal	sphamage	2,877	3,767
varvikkorahkasammal	spharuss	6,123	6,193
metsäalvejuuri	dryocart	2,473	7,687
maitohorsma	epilangu	0,067	0,527
metsäkorte	equisylv	0,200	0,550
nuokkotalvikki	orthsecu	0,067	0,500
muurain	rubucham	0,723	2,000
metsätähti	trieeuro	0,100	0,067
karike	karike	62,500	55,800
puunrunko	puunrunko	0,273	0,267
sulkasammal	ptilcris	0,000	0,070
maksasammal	hepatica	0,000	0,003
käenkaali	oxalacet	0,000	0,100
nuokkuvarstasammal	pohlnota	0,000	0,250

Liite 7. Yleistettyjen lineaaristen mallien kertoimet, keskivirheet, t-arvot sekä p-arvot.

MUSTIKKA	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	-2,376	1,232	-1,929	0,055
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=18,592	0,000
kpaikka3	3,711	1,102	3,367	0,001
kpaikka4 ja 5	3,524	1,306	2,699	0,007
ohtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=1,767	0,622
ohtilanne1 (ohtittamaton suo)	0,269	0,261	1,028	0,305
ohtilanne2 (ohtikko)	-0,151	0,423	-0,358	0,721
ohtilanne3 (muuttuma)	0,076	0,262	0,291	0,772
keskilpm1	0,007	0,013	0,503	0,615
kokppa	0,262	0,076	3,443	0,001
l(kokppa^2)	-0,004	0,001	-3,110	0,002
lhosuus	-0,010	0,004	-2,543	0,012
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=6,958	0,044
kpaikka3:kokppa	-0,109	0,046	-2,381	0,018
kpaikka4:kokppa	-0,096	0,063	-1,520	0,130
Puolukka	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	-0,126	0,499	-0,253	0,801
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=9,204	0,010
kpaikka3	1,278	0,444	2,881	0,004
kpaikka4 ja 5	0,591	0,695	0,850	0,396
ohtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=8,481	0,037
ohtilanne1 (ohtittamaton suo)	-0,448	0,230	-1,946	0,053
ohtilanne2 (ohtikko)	0,261	0,280	0,930	0,353
ohtilanne3 (muuttuma)	0,079	0,191	0,414	0,679
keskilpm1	0,015	0,010	1,505	0,134
kokppa	0,102	0,041	2,499	0,013
l(kokppa^2)	-0,002	0,001	-2,500	0,013
lhosuus	-0,001	0,003	-0,324	0,746
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=3,0998	0,212
kpaikka3:kokppa	-0,026	0,023	-1,119	0,264
kpaikka4:kokppa	0,026	0,038	0,690	0,491
METSÄTÄHTI	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	-0,810	0,626	-1,294	0,197
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=0,166	0,921
kpaikka3	0,174	0,642	0,271	0,786
kpaikka4 ja 5	-0,305	1,302	-0,234	0,815
ohtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=14,020	0,003
ohtilanne1 (ohtittamaton suo)	-1,456	0,475	-3,067	0,002
ohtilanne2 (ohtikko)	-0,498	0,523	-0,951	0,343
ohtilanne3 (muuttuma)	-0,802	0,330	-2,430	0,016
keskilpm1	0,004	0,019	0,189	0,850
kokppa	0,126	0,057	2,197	0,029
l(kokppa^2)	-0,003	0,001	-2,147	0,033
lhosuus	0,006	0,005	1,409	0,160
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=3,529	0,171

Liite 7 jatkuu

kpaikka3:kokppa	-0,068	0,037	-1,845	0,066
kpaikka4:kokppa	-0,032	0,077	-0,422	0,674
KÄENKAALI	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	-0,751	0,655	-1,147	0,253
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=8,877	0,012
kpaikka3	-3,095	1,294	-2,392	0,018
kpaikka4 ja 5	-17,568	3569,155	-0,005	0,996
ohtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=6,785	0,079
ohtilanne1 (ohtittamaton suo)	0,658	0,483	1,362	0,175
ohtilanne2 (ohtikko)	-0,556	0,690	-0,806	0,421
ohtilanne3 (muuttuma)	-0,803	0,672	-1,194	0,234
keskilpm1	0,080	0,026	3,092	0,002
kokppa	-0,095	0,065	-1,453	0,148
l(kokppa^2)	0,003	0,001	2,045	0,042
lhosuus	-0,022	0,007	-3,089	0,002
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=0,389	0,823
kpaikka3:kokppa	0,031	0,050	0,619	0,537
kpaikka4:kokppa	-0,043	2,492918+02	0,000	1,000
PALLOSARA	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	-0,624	0,712	-0,877	0,382
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=19,473	0,000
kpaikka3	2,431	0,658	3,692	0,000
kpaikka4 ja 5	1,832	0,846	2,165	0,031
ohtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=2,748	0,432
ohtilanne1 (ohtittamaton suo)	0,384	0,294	1,305	0,193
ohtilanne2 (ohtikko)	0,574	0,384	1,494	0,137
ohtilanne3 (muuttuma)	0,297	0,291	1,023	0,307
keskilpm1	-0,021	0,018	-1,175	0,241
kokppa	0,072	0,058	1,244	0,215
l(kokppa^2)	-0,001	0,001	-0,903	0,368
lhosuus	-0,009	0,004	-2,288	0,023
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=3,471	0,176
kpaikka3:kokppa	-0,062	0,035	-1,771	0,078
kpaikka4:kokppa	-0,028	0,053	-0,522	0,602
METSÄALVEJUURI	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	0,994	0,615	1,618	0,107
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=1,356	0,508
kpaikka3	-0,332	0,700	-0,475	0,636
kpaikka4 ja 5	-3,459	5,131	-0,674	0,501
ohtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=17,048	0,001
ohtilanne1 (ohtittamaton suo)	-1,110	0,487	-2,278	0,024
ohtilanne2 (ohtikko)	-1,295	0,728	-1,778	0,077
ohtilanne3 (muuttuma)	-1,922	0,636	-3,025	0,003
keskilpm1	0,022	0,025	0,872	0,384
kokppa	-0,050	0,059	-0,845	0,399

Liite 7 jatkuu

I(kokppa^2)	0,002	0,001	1,413	0,159
Ihosuus	0,002	0,005	0,282	0,778
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=0,675	0,714
kpaikka3:kokppa	-0,026	0,033	-0,799	0,425
kpaikka4:kokppa	0,026	0,258	0,102	0,919
SEINÄSAMMAL	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	1,196	0,454	2,635	0,009
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=13,931	0,001
kpaikka3	1,341	0,420	3,191	0,002
kpaikka4 ja 5	1,619	0,542	2,987	0,003
ojtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=12,976	0,005
ojtilanne1 (ojittamaton suo)	-0,215	0,202	-1,063	0,289
ojtilanne2 (ojikko)	-0,661	0,342	-1,936	0,054
ojtilanne3 (muuttuma)	0,247	0,179	1,384	0,168
keskilpm1	0,011	0,009	1,196	0,233
kokppa	0,082	0,036	2,260	0,025
I(kokppa^2)	-0,001	0,001	-1,788	0,075
Ihosuus	-0,015	0,003	-5,229	0,000
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=3,905	0,142
kpaikka3:kokppa	-0,031	0,020	-1,572	0,117
kpaikka4:kokppa	-0,060	0,034	-1,760	0,080
METSÄKERROSSAMMAL	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	-0,283	0,716	-0,395	0,693
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=6,089	0,048
kpaikka3	1,185	0,657	1,805	0,072
kpaikka4 ja 5	-1,855	2,116	-0,877	0,381
ojtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=8,307	0,040
ojtilanne1 (ojittamaton suo)	0,337	0,291	1,156	0,249
ojtilanne2 (ojikko)	-0,753	0,578	-1,304	0,193
ojtilanne3 (muuttuma)	-0,372	0,328	-1,132	0,259
keskilpm1	-0,007	0,019	-0,363	0,717
kokppa	0,110	0,058	1,895	0,059
I(kokppa^2)	-0,002	0,001	-1,559	0,120
Ihosuus	-0,011	0,005	-2,302	0,022
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=1,392	0,499
kpaikka3:kokppa	-0,023	0,032	-0,711	0,478
kpaikka4:kokppa	0,076	0,105	0,724	0,470
KANGASKYNSISAMMAL	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	-1,617	1,958	-0,826	0,410
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=2,208	0,332
kpaikka3 (Mustikkainen)	2,071	1,901	1,089	0,277
kpaikka4 ja 5	2,603	2,044	1,273	0,204
ojtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=18,869	0,000
ojtilanne1 (ojittamaton suo)	-2,211	0,665	-3,326	0,001
ojtilanne2 (ojikko)	-1,844	0,960	-1,921	0,056

Liite 7 jatkuu

ojtilanne3 (muuttuma)	-1,365	0,477	-2,860	0,005
keskilpm1	0,044	0,021	2,100	0,037
kokppa	0,115	0,116	0,989	0,324
l(kokppa^2)	-0,003	0,002	-1,236	0,218
lhosuus	-0,026	0,009	-2,824	0,005
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=0,150	0,928
kpaikka3:kokppa	-0,018	0,078	-0,232	0,817
kpaikka4:kokppa	0,001	0,088	0,009	0,993
SUIKEROSAMMALET	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	0,221	0,973	0,227	0,820
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=2,069	0,356
kpaikka3	-0,784	1,053	-0,744	0,457
kpaikka4 ja 5	-3,371	3,286	-1,026	0,306
ojtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=4,096	0,251
ojtilanne1 (ojittamaton suo)	-1,102	0,801	-1,376	0,170
ojtilanne2 (ojikko)	-1,450	1,467	-0,988	0,324
ojtilanne3 (muuttuma)	0,069	0,487	0,141	0,888
keskilpm1	-0,039	0,037	-1,060	0,290
kokppa	0,107	0,088	1,218	0,224
l(kokppa^2)	-0,002	0,002	-1,009	0,314
lhosuus	0,007	0,008	0,954	0,341
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=1,231	0,540
kpaikka3:kokppa	-0,013	0,057	-0,220	0,826
kpaikka4:kokppa	0,144	0,151	0,951	0,343
SUONIHUOPASAMMAL	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	-1,233	0,489	-2,521	0,012
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=9,984	0,007
kpaikka3	-0,453	0,503	-0,901	0,369
kpaikka4 ja 5	1,304	0,498	2,618	0,009
ojtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=10,031	0,018
ojtilanne1 (ojittamaton suo)	0,427	0,364	1,172	0,242
ojtilanne2 (ojikko)	-0,944	0,932	-1,012	0,312
ojtilanne3 (muuttuma)	0,781	0,328	2,381	0,018
keskilpm1	-0,043	0,026	-1,673	0,096
kokppa	0,078	0,065	1,202	0,231
l(kokppa^2)	-0,004	0,002	-1,713	0,088
lhosuus	0,004	0,004	1,020	0,309
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=4,628	0,099
kpaikka3:kokppa	-0,028	0,040	-0,709	0,479
kpaikka4:kokppa	-0,116	0,058	-1,995	0,047
KUUSI	Estimate	Std.error	t-value	p
(Intercept)	-1,018	0,572	-1,780	0,076
kpaikka (ref=kpaikka=1 ja 2)			LR Chisq=5,067	0,079
kpaikka3	0,894	0,529	1,690	0,092
kpaikka4 ja 5	-1,623	1,893	-0,857	0,392

Liite 7 jatkuu

ojtilanne (ref=4 turvekagas)			LR Chisq=20,149	0,000
ojtilanne1 (ojittamaton suo)	-1,280	0,395	-3,244	0,001
ojtilanne2 (ojikko)	-2,740	1,310	-2,092	0,038
ojtilanne3 (muuttuma)	-0,692	0,303	-2,281	0,023
keskilpm1	0,038	0,016	2,431	0,016
kokppa	-0,082	0,051	-1,618	0,107
I(kokppa^2)	0,002	0,001	1,597	0,112
Ihosuus	0,007	0,004	1,600	0,111
kpaikka(ref=1 ja 2):kokppa			LR Chisq=0,592	0,744
kpaikka3:kokppa	0,000	0,027	0,017	0,987
kpaikka4:kokppa	0,069	0,095	0,726	0,469

Liite 8. Varianssianalyysien (tyypin III testi) tulokset

MUSTIKKA	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	18.5925	2	9.177e-05 ***
ojtilanne	2107817	3	0.6221272
keskilpm1	0.2453	1	0.6203982
kokppa	16.1080	1	5.983e-05 ***
I(kokppa^2)	12.0215	1	0.0005259 ***
Ihosuus	2805216	1	0.0083444 **
kpaikka:kokppa	156842	2	0.0443148 *
PUOLUKKA	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	52841	2	0.010030 *
ojtilanne	1065627	3	0.037038 *
keskilpm1	2.1106	1	0.146286
kokppa	2421346	1	0.008850 **
I(kokppa^2)	7.0491	1	0.007931 **
Ihosuus	0.1057	1	0.745075
kpaikka:kokppa	3.0998	2	0.212272
METSÄTÄHTI	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	0.1655	2	0.920575
ojtilanne	14.0197	3	0.002878 **
keskilpm1	0.0355	1	0.850497
kokppa	715632	1	0.020300 *
I(kokppa^2)	1617781	1	0.017626 *
Ihosuus	2855833	1	0.160246
kpaikka:kokppa	1238234	2	0.171274
KÄENKAALI	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	2510891	2	0.0118115 *
ojtilanne	2174077	3	0.0790703 .
keskilpm1	2104012	1	0.0030691 **
kokppa	2.0609	1	0.1511187
I(kokppa^2)	2920175	1	0.0457849 *
Ihosuus	1197571	1	0.0006893 ***
kpaikka:kokppa	0.3895	2	0.8230573

Liite 8 jatkuu

PALLOSARA	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	19.4727	2	5.91e-05 ***
ojtilanne	2039182	3	0.4321
keskilpm1	1092443	1	0.2224
kokppa	1586615	1	0.2025
I(kokppa^2)	0.8532	1	0.3556
lhosuus	1520627	1	0.0179 *
kpaikka:kokppa	1025296	2	0.1763
METSÄALVEJUURI	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	606670	2	0.5076078
ojtilanne	17.0484	3	0.0006907 ***
keskilpm1	0.7304	1	0.3927499
kokppa	0.7047	1	0.4012055
I(kokppa^2)	2687092	1	0.1652324
lhosuus	0.0794	1	0.7781482
kpaikka:kokppa	0.6748	2	0.7136363
SEINÄSAMMAL	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	13.9315	2	0.0009436 ***
ojtilanne	2869682	3	0.0046896 **
keskilpm1	583660	1	0.2453121
kokppa	1324491	1	0.0184538 *
I(kokppa^2)	868973	1	0.0641023 .
lhosuus	31.1431	1	2.397e-08 ***
kpaikka:kokppa	2613006	2	0.1418925
METSÄKERROSSAMMAL	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	6.0891	2	0.04762 *
ojtilanne	428644	3	0.04007 *
keskilpm1	0.1355	1	0.71280
kokppa	2874155	1	0.04613 *
I(kokppa^2)	1821133	1	0.10107
lhosuus	1846423	1	0.01701 *
kpaikka:kokppa	1.1.3915+B55B5:B94	2	0.49869
KANGASKYNSISAMMAL	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	64316	2	0.331614
ojtilanne	18.8690	3	0.000291 ***
keskilpm1	1669951	1	0.056165 .
kokppa	1.1242	1	0.289024
I(kokppa^2)	1977425	1	0.188229
lhosuus	1252297	1	0.002018 **
kpaikka:kokppa	0.1500	2	0.927725
SUIKEROSAMMALET	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	2.0687	2	0.3555
ojtilanne	4.0961	3	0.2513
keskilpm1	169474	1	0.2662
kokppa	1541325	1	0.2042
I(kokppa^2)	61363	1	0.2720

Liite 8 jatkuu

lhosuus	0.9217	1	0.3370
kpaikka:kokppa	151212	2	0.5403
SUONIHUOPASAMMAL	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	2899175	2	0.006793 **
ojtilanne	10.0313	3	0.018302 *
keskilpm1	3.0625	1	0.080119 .
kokppa	1183753	1	0.218510
l(kokppa^2)	1854033	1	0.054491 .
lhosuus	1.0441	1	0.306880
kpaikka:kokppa	1598394	2	0.098886 .
KUUSI	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
kpaikka	5.0672	2	0.0793732 .
ojtilanne	20.1486	3	0.0001581 ***
keskilpm1	2886603	1	0.0256381 *
kokppa	1079325	1	0.1149031
l(kokppa^2)	569081	1	0.1256231
lhosuus	1291530	1	0.1107437
kpaikka:kokppa	0.5918	2	0.7438608