

**Kaukokartoitusaineistoon perustuva tarkastelu naavamaisten  
epifyyttijäkälien esiintymiseen  
vaikuttavista tekijöistä**

Jyväskylän yliopisto  
Bio- ja ympäristötieteiden laitos  
Ympäristötieteen pro gradu -  
tutkielma  
Katja Pääkkönen  
7.4.2006

**JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO**, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta  
Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Ympäristötieteet

**PÄÄKKÖNEN KATJA, H.:** Kaukokartoitusaineistoon perustuva tarkastelu  
naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen vaikuttavista tekijöistä

Pro gradu- tutkielma: 66 s.

Ohjaaja: tutkija Lotta Jaakkola, Professori Markku Kuitunen

Tarkastajat: professori Markku Kuitunen, tutkija Lotta Jaakkola

Maaliskuu 2006

---

Hakusanat: GIS, VMI, naavamaiset epifyyttijäkälät

## **TIIVISTELMÄ**

Tutkimuksessa on selvitetty naavamaisten epifyyttijäkälien (*Alectoria spp.*, *Bryoria spp.* ja *Usnea spp.*) määrälliseen esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä kaukokartoitusaineistojen avulla. Tavoitteena oli selvittää miten hyvin paikkatietoaineisto soveltuu tämäntyyppiseen tutkimukseen. Tutkimusaineistona käytettiin koelatietoja Oulangan kansallispuistosta ja sen ympäristöstä Kuusamosta, sekä paikkatietoaineistona valtakunnan metsien inventointiaineistoa (VMI). Karttojen laatimisessa on hyödynnetty VMI:n lisäksi, Maanmittauslaitoksen tuottamaa maastotietokanta-aineistoa. Epifyyttijäkälien runsaudenarvioinnissa käytettiin neliportaista luokittelua (0=ei esiinny, 1= vähän, 2=kohtalainen ja 3=runsas). Tarkastelu tehtiin bufferianalyysillä 250 m, 500 m ja 750 m säteisille aloille koelakeskipisteistä. Bufferianalyysistä saatuja pinta-alasuhteita käytettiin faktorianalyyseissä ja LM-NPMR- mallinnuksessa. Faktorianalyysiin perustuen eri luokkien esiintymiseen vaikuttavat tekijät jaettiin kahteen ryhmään: puuston rakennetekijöihin ja kasvupaikan ravinteisuustekijöihin. Puuston rakennetekijöihin kuuluivat puiden pituus, puuston pohjapinta-ala, metsikön ikä ja eri puulajien tilavuudet. Ravinteisuustekijöitä kuvastivat kasvupaikkatyypit. Faktorianalyysin mukaan naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen vaikuttivat eniten puuston rakennetekijät. Kasvupaikan ravinteisuus vaikuttaa naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen lähes kaikissa tapauksissa toissijaisesti. Kuusen tilavuus oli merkittävin tekijä, mutta myös metsikön ikä, sekä lehtomaisten, kuivahkojen ja tuoreiden kankaiden esiintyminen vaikuttavat merkittävästi naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen. Jatkotutkimuksissa olisi hyödyllistä luoda interpoloitu karttapinta epifyyttijäkälien esiintymisestä ja tutkia tarkemmin millaisia vaikutuksia metsikön muuttujilla on naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiselle. Tarkempia tuloksia voisi käyttää mahdollisesti alueiden käyttöä suunniteltaessa.

**UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ**, Faculty of Mathematics and Science  
Department of Biological and Environmental Science  
Environmental Science

**PÄÄKKÖNEN KATJA, H.:** Remote sensing based study of factors affecting the abundance of alectorioid lichens

Master of Science Thesis: 66 p.

Supervisor researcher Lotta Jaakkola, Professori Markku Kuitunen

Inspectors Professor Markku Kuitunen, researcher Lotta Jaakkola

March 2006

---

Keywords: GIS, NFI, abundance of alectorioid lichens

## **ABSTRACT**

The aim of the study was to find out factors which are affecting the abundance of the alectorioid lichens (*Alectoria spp.*, *Bryoria spp.* & *Usnea spp.*) and to find out how well geographical information is suited to this kind of data. The study areas are located in Kuusamo, in and near the national park of Oulanka. 9<sup>th</sup> National Forest Inventory data (NFI) in Finland and topographic database produced by National Land Survey (NLS) were used as basic map material in GIS-analysis. Abundance classification of alectorioid lichens was based on four-step scale: 0= no lichens, 1= few, 2= medium and 3= rich. The GIS technique of buffer analysis was applied in order to find out if on the different sized buffers (250, 500 & 750 m) the variables affecting the abundance of alectorioid lichens vary. Based on the buffer analysis the weighted average of each classified map layer variables were further applied in factor analysis and nonparametric-multiregression-modelling. The most important factor group affecting the abundance of alectorioid lichens was the structure of forest i.e. age, basal area and timber volume of different tree species. The site type factor group representing the nutritive status of the growth site was the secondary factor. Volume of Norway spruce (*Picea abies*) was most important factor predicting the abundance of alectorioid lichens. However, also the age of the forest, proportion of grovelike, fresh and sub-dry sites were affecting the abundance of alectorioid lichens. In further studies it would be good to create interpolated map surface with GIS of the abundance of epiphytic lichens and to study in detail the factors affecting the abundance of alectorioid lichens. This kind of information could be used in land use planning.

## Sisällysluettelo

1. Johdanto .....	6
2. Tutkimuksen taustaa .....	7
2.1 Naavamaiset epifyyttijäkälät .....	7
2.2 Epifyyttijäkälien merkitys metsäluonnossa.....	9
2.3 Metsätalouden vaikutus epifyyttijäkäliden esiintymiseen .....	10
2.4. Paikkatietojärjestelmät .....	11
2.5 Kaukokartoitus .....	12
2.6 Elinympäristömallit.....	12
3. Aineisto ja menetelmät.....	13
3.1 Tutkimusalue.....	13
3.2 Aineisto .....	13
3.2.1 VMI- aineisto .....	14
Kasvupaikkatyypit.....	14
Puuston ikä, pohjapinta-ala ja keskipituus .....	16
Puulajien tilavuudet.....	19
3.2.2 Koeala-aineisto.....	24
3.2.3 Aineiston käsittely.....	25
3.2.4 Bufferianalyysi.....	25
3.3. Tilastolliset menetelmät .....	28
4. Tulokset.....	29
4.1 Runsausluokkia selittävät tekijät.....	30
4.1.1 Runsausluokka 3. ....	30
4.1.2 Runsausluokka 2. ....	31
4.1.3 Runsausluokka 1. ....	33
4.1.4 Runsausluokka 0. ....	35
4.2 LM- NPMR- mallit .....	38
4.2.1 250 m säde .....	38
4.2.2 500 m säde .....	39
4.2.3 750 m säde .....	40

5. Tulosten tarkastelu .....	41
5.1 Metsikkömuuttujien vaikutus naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen.....	42
5.2 Mahdolliset virhelähteet.....	44
5.3 Jatkotutkimukset ja menetelmän käyttö.....	44
6. Kiitokset .....	45
7. Kirjallisuusluettelo .....	46
Liite 1. Ajomakro .....	54
Liite 2. 250 m malli.....	58
Liite 3. 500 m malli.....	61
Liite 4. 750 m malli.....	64

## 1. Johdanto

Tässä tutkimuksessa naavamaisilla epifyyttijäkälillä tarkoitetaan naavoja ja loppoja (*Alectoria spp.*, *Bryoria spp.* ja *Usnea spp.*), jotka kasvavat puiden oksilla tai rungolla. Tutkimuskohteena naavamaiset epifyyttijäkälät on tärkeitä, koska ne indikoivat metsien monimuotoisuutta sekä ilmanlaatua ja ne ovat useille eläinlajeille tärkeää ravintoa ja pesäntekomateriaalia (Berryman & McCune 2006, Galloway 1992, Miller 2002, Reinikainen et al 2001). Epifyyttijäkälät ovat myös tärkeitä metsien ravinnekierrossa, koska ne absorboivat ravinteita joko suoraan ilmasta ja puiden runkovaluntana tulevasta sadevedestä (Miller 2002). Valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä poronhoitoalueen epifyyttijäkäliden esiintyminen on luokiteltu metsien inventointiaineistossa neljään luokkaan. Runsainta loppuluokkaa esiintyy inventoinnin mukaan pääasiassa vain suojelualueilla (Mattila 1988, Jaakkola 2003). Tässä tutkimuksessa on käytetty sekä valtakunnan metsien inventointiaineistoa (VMI 9.), että muilla maastoinventoinneilla kerättyä aineistoa. VMI-aineisto on kerätty kaukokartoituksella ja sitä on tarkennettu maastoinventoinnein (Metla 2005, Reinikainen et al 2001). Tutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää kaukokartoitusaineiston soveltuvuutta naavamaisten epifyyttijäkäliden esiintymisen mallintamiseen ja tarkastella metsikön rakenteen, kasvupaikkatekijöiden ja epifyyttijäkäliden esiintymisen välisiä yhteyksiä. Tutkimuksessa on keskitytty naavamaisten epifyyttijäkäliden kvalitatiiviseen esiintymiseen, eikä erillisiä lajikohtaisia tarkasteluja ole tehty. Aiempien tutkimusten perusteella hypoteesina on, että naavamaisten epifyyttijäkäliden esiintymiseen vaikuttavat eniten metsikön rakennetekijät, kuten puuston ikä, pohjapinta-ala sekä puuston tilavuus.

## 2. Tutkimuksen taustaa

### 2.1 Naavamaiset epifyyttijäkälät

Jäkälät ovat sienen ja levän muodostama mutualistinen kokonaisuus. Jäkälissä sieniosa on yleensä kotelosieni ja leväosa joko viherlevä tai sinibakteeri (sinilevä). Jäkälät ovat levittäytyneet ympäri maapallon ja ovat yksi menestyneimmistä lajiryhmistä (Galloway 1992). Epifyyttijäkäliksi kutsutaan jäkäliä, jotka kasvavat puissa saaden vetensä ja ravinteensa ilmasta absorboimalla tai runkovaluntana. Tämän vuoksi jäkälät ovat hyviä ilmanlaadun indikaattoreita jopa niin, että muutamat jäkälälajit ovat spesifejä indikaattoreita jollekin tietylle ilmansaasteelle (Miller 2002). Jäkälien kasvu on hyvin hidasta, joten ne vaativat tämän vuoksi vakaan kasvualustan. Jäkälät ovat poikilohydrisiä eli ne eivät voi säädellä itse nestetasapainoaan. Kuitenkin, ne voivat selvitä kuivumisesta vauriotta, ja saadessaan uudestaan vettä, jatkaa kasvuaan edelleen (Hull 2000). Jäkälät kestävätkin lepotilojensa ansiota monenlaisia ympäristön olosuhteiden muutoksia.

Jäkälien leviäminen tapahtuu enimmäkseen suvuttomasti siten, että jäkälämurut kulkeutuvat tuulen mukana uusille kasvupaikoille. Kauimmaksi tuuli kuljettaa murusia aukeilla paikoilla, missä on vähän puustoa tai puusto on matalaa. Kohdentumattoman leviämisen ja hitaan kasvun takia irtoavilla palasilla on suuri riski tuhoutua (Galloway 1992, Hyvärinen et al 1999, Kapusta et al 2003, Neitlich 1993, Reinikainen et al 2001, Stevansson 1988). Naavamaiset epifyyttilajit voivat levittäytyä myös narumaisten irtoavien tallusten kautta. Irtoavat osat voivat tarttua puun oksaan ja kietoutua sen ympärille. Levittäytyminen on näiltä osin helpompaa kuin pelkillä irtomurusilla, koska pidemmän rihman irrotessa on todennäköisempää, että se takertuu kiinni johonkin sopivaan kasvualustaan, kuten puiden oksiin (Helle et al 2002, Hyvärinen et al 1999, Reinikainen et al 2001).

Epifyyttijäkälien esiintymiseen vaikuttavat ilmasto, erityisesti mikroilmasto, metsikön tilavuus, tiheys ja puulajisuhteet sekä puuston ikä. Myös kasvupaikan ravinteisuus

vaikuttaa puustoon ja sitä kautta epifyyttijäkälien esiintymiseen. Mikroilmasto vaikuttaa siihen millaiset kosteusolot rungolla ja oksilla ovat ja miten paljon ravinteita ja kosteutta naavamaiset epifyyttijäkälät saavat ilmasta (Berryman & McCune 2006, Dettki 2000, Esseen et al 1996, Halonen et al 1991, McCune 1993). Metsikön tilavuus on suurempi vanhoissa metsissä, kun taas metsikön tiheys on suurempi nuorissa metsissä. Puuston iän vaikutus tulee ilmi mm. siten, että kasvualusta on erilainen vanhoissa metsissä verrattuna nuorempiin metsiin. Vanhoissa puissa on enemmän kuolleita oksia, joissa yli satavuotiaissa puissa suurimman osan naavamaisten epifyyttijäkälien biomassasta on todettu olevan (Humphrey 2002, Liu et al 2000). Oksien laadun vaikutus epifyyttijäkälien kasvuun on merkittävä, sillä oksien iällä, painolla ja paksuudella on todettu olevan vaikutusta epifyyttijäkälien esiintymiseen (Esseen et al 1996).

Osa puulajeista soveltuu naavamaisten epifyyttijäkälien kasvualustaksi paremmin kuin toiset, mm. rakenteensa ja tyypillisen kasvupaikkansa takia. Puun kuoren ominaisuudet, kuten pH, ravinnetilanne, parkkihapot, pihka, kovuus, huokoisuus, vesitilanne ja mikroilmastot vaikuttavat epifyyttijäkälien kiinnittymiseen ja kasvuun (Halonen et al 1991). Esimerkiksi kuusen runko on yleensä kosteampi kasvualusta kuin männyllä (*Pinus sylvestris*), joka kasvaa kuivemmilla paikoilla, missä auringolla ja tuulella on voimakkaampi runkoa kuivattava vaikutus. Epifyyttijäkälien levittäytyminen eri puulajeille vaihtelee ja esimerkiksi männyn kuoren irtoaminen estää epifyyttijäkälien leviämistä tehokkaasti, kuusen kuoren ollessa vakaampi elinympäristö (Dettki 2000, Esseen et al 1996, Hyvärinen et al 1999, McCune 1993). Parkin happamuuden ja rakenteen on todettu olevan osaselitys eri puulajien erilaisiin epifyyttikasvustoihin (Kuusinen 1996).

Naavamaisten epifyyttijäkälien saama valon määrä puun rungolla on riippuvainen mm. puiden latvuksen peittävydestä. Luonnontilaisissa metsissä latvuksen peittävyys vaihtelee enemmän kuin hoidetuissa metsissä, jotka useimmiten ovat tasaikäisiä. Luonnontilainen metsä tarjoaa näin ollen monipuolisempia kasvu ympäristöjä epifyyttijäkälille (Halonen et al 1991, Kuusinen 1996).



## 2.2 Epifyyttijäkälien merkitys metsäluonnossa

Epifyyttijäkälien merkitys metsäekosysteemissä on tärkeä. Epifyyttijäkälien on esimerkiksi todettu sekä indikoivan että lisäävän metsien monimuotoisuutta (Galloway 1992, Kuusinen & Siitonen 1998, Sillett & Goslin 1999). Epifyyttijäkälien poikilohydrisestä luonteesta johtuen ne ovat herkkiä ilmansaasteille ja indikoivat siten ilmanlaatua esiintymisalueellaan, mistä syystä ilmansaasteiden leviämistä voidaan tarkastella epifyyttijäkäläkasvustoista (Miller 2002). Ilmansaasteille herkät lajit ts. useimmat epifyyttijäkälät katoavat tai vähenevät, kun taas harvat ilmansaasteista hyötyvät lajit lisääntyvät (Poikolainen et al 1998).

Epifyyttijäkälät vaikuttavat metsien ravinnekiertoon monin tavoin. Puiden rungolla ja oksistossa virtaavat sadevedet muuttavat kulkuaan epifyyttijäkälien mukaisesti, koska ne estävät veden vapaan virtaamisen maahan runkoa pitkin (Galloway 1992). Jäkälät ottavat ilmasta ravinteita, jotka muuten eivät olisi kasvien saatavilla. Kasvien saataville ravinteet päätyvät lupposadantana eli naavamaisten epifyyttijäkälien pudotessa maahan. Tuulisilla paikoilla sekä lumen ja jään vaikutuksesta epifyyttijäkäläkasvustoa putoilee irrallaan tai oksien mukana (Jalkanen & Konopka 1998). Jäkälien varistessa maahan, ne hajoavat ja niissä olevat ravinteet imeytyvät maaperään ja ovat sitä kautta ympäröivän kasvillisuuden ulottuvilla (Galloway 1992, Knops et al 1991).

Epifyyttijäkälät tarjoavat ruokaa, suojaa ja pesämateriaalia monille lajeille (Berryman & McCune 2006, Galloway 1992). Linnut, oravat ja liito-oravat käyttävät jäkälää pesämateriaalinaan (Berryman & McCune 2006, Reinikainen et al 2001). Hirvieläimet, kuten porot (*Rangifer tarandus tarandus*) ja karibut (*Rangifer tarandus caribou*) käyttävät epifyyttijäkälää erityisesti talvisena ravintonaan. Porojen ruokailukorkeus riippuu lumen paksuudesta ja kantavuudesta. Yleensä lumen paksuus on poronhoitoalueella noin metrin paikkeilla, jolloin porot yltävät ruokailemaan noin 2 metrin korkeudelle (Helle 1982). Lisäksi talvella tapahtuva lupposadanta tuo naavamaisia epifyyttijäkälää porojen saataville korkeammaltakin (Helle 1984).

Kanadassa tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että karibut ruokailevat alueilla, missä on määrällisesti eniten epifyyttijäkälää (Johnson et al 2001, Johnson et al 2003).

### **2.3 Metsätalouden vaikutus epifyyttijäkäliden esiintymiseen**

Voimakkaimmat metsänhoidolliset toimenpiteet, kuten metsänuudistus, kohdistuvat usein vanhoille metsäalueille, joilla on myös eniten runsasluppoisia puita (Helle et al 2002, Johnson et al 2003, Terry et al 2000, Veijola 2001). On selvää, että avohakkuiden seurauksena epifyyttijäkäliden elinympäristö häviää kokonaan, mistä syystä menetetään naavamaisien epifyyttijäkäliden populaatio joko lopullisesti tai sen elpymisen vie kauan. Metsien rakenteen muuttuminen hakkuiden seurauksena, vähentää epifyyttijäkäliden saatavilla olevien ravinteiden määrää ja laatua (Dettki & Rännar 2003). Metsätalouden vaikutuksia epifyyttijäkälille on tutkittu ainakin Pohjois-Ruotsissa, missä on todettu, että kuudenkymmenen vuoden kiertoaika estää lähes kokonaan naavamaisien epifyyttijäkäliden esiintymisen, kun taas 110 vuoden kiertoaika pystyy ylläpitämään ja säilyttämään jo pienempiä määriä epifyyttijäkälää (Dettki & Esseen 2003). Vanhoissa luonnontilaisissa metsissä epifyyttijäkäliden biomassat ovat jopa kuusi kertaa korkeammat kuin hoidetuissa hakkuukypsissä metsissä (Esseen et al 1996).

Vanhojen metsien erot nuoriin kasvatusmetsiin epifyyttijäkäliden esiintymisen osalta selittyvät osin myös sillä, että nuorissa metsissä on paljon kuivempaa kuin vanhoissa metsissä, eikä niissä myöskään ole naavamaisille epifyyttijäkälille soveltuvaa kasvualustaa niin paljon tarjolla kuin vanhemmissa metsissä (Humphrey et al 2002). Nuoret metsät ovat alttiimpia tuulen kuivattavalle vaikutukselle mistä syystä niiden mikroilmasto ei ole niin vakaa kuin vanhemman metsän (Söderström 1988). Nuorien metsien lajisto on myös yksipuolisempi kuin vanhojen metsien lajisto. Tämän vuoksi epifyyttijäkälälajiston runsaus indikoi osaltaan metsien monimuotoisuutta (Sillett & Goslin 1999). Pidentämällä kasvatusmetsien kiertoaikaa yli 120 vuoteen parannetaan epifyyttijäkäliden esiintymismahdollisuuksia niin määrällisesti kuin lajistollisestikin (Kuusinen & Siitonen 1998, Humphrey et al 2002).

Epifyyttijäkälien esiintymisen on todettu kuvaavan hyvin metsiköiden reuna-alueiden vaikutuksia, minkä vuoksi niitä on käytetty esimerkkilajeina metsien pirstoutumisesta johtuvia reunavyöhykevaikutuksia tutkittaessa (Esseen & Renhorn 1998, Renhorn et al 1997). Metsikön reunavyöhykkeellä auringon säteilyn määrä ja lämpötila nousevat, tuulen vaikutus korostuu sekä ilman kosteus laskee, millä on vaikutusta epifyyttijäkälien kasvuun. On todettu, että metsikön reuna-alueilla epifyyttijäkälien määrät yleensä vähenevät, koska nämä eivät tarjoa yhtä vakaata elinympäristöä kuin metsän sisäosat (Esseen & Renhorn 1998).

#### **2.4. Paikkatietojärjestelmät**

”Maantiede on tietoa maapallosta ja sen pinnasta. Paikkatietojärjestelmät ovat teknologiaa, joka käsittelee, analysoi ja levittää maantieteellistä tietoa.”

(Esri 2005 a).

Paikkatietojärjestelmässä voidaan käsitellä maantieteellistä tietoa ja yhdistää sitä muihin tietoihin. Paikkatietojärjestelmässä tietoja käsitellään karttakerroksissa, joita voidaan siirtää, laittaa päällekkäin ja tehdä uudelleen, saatavilla olevan aineiston perusteella. Karttakerrosten kautta voidaan rakentaa uusia karttoja ja tulostaa jo valmiina olevia kartta-aineistoja paperisiksi kartoiksi. Paikkatietojärjestelmillä voidaan rakentaa erilaisia ennustavia malleja, tarkastella alueita ja niiden ominaisuuksia eri ajanjaksoilla sekä luokitella olemassa olevia aineistoja uudelleen (Esri 2005 a, Longley et al 2001).

Paikkatietojärjestelmät käsittävät joukon tietokoneohjelmia, jotka käytännössä muodostavat paikkatietojärjestelmän. Ohjelmilla on hyvin erilaisia ominaisuuksia, joiden perusteella voidaan valita käyttöön sopiva ohjelma. Paikkatieto-ohjelmiin on tarjolla erilaisia valmiita kartta-aineistoja. Joillakin yhteisöillä on tarjolla ilmaisia paikkatietoaineistoja, joita voidaan tietyin rajoituksin ladata omalle tietokoneelle. Suurin osa Suomessa tuotetuista aineistoista on kuitenkin maksullisia (Esri 2005 a).

## **2.5 Kaukokartoitus**

Kaukokartoituksella tarkoitetaan satelliitin kautta tapahtuvaa maanpinnan tarkastelua. Satelliitin elektromagneettisen säteilyn maanpinnalla aiheuttaman heijastuksen perusteella voidaan tehdä päätelmiä esimerkiksi metsikön rakenteesta (Esri 2005 b). Kartoituksen luotettavuuteen vaikuttaa mm. alueella vallitseva pilvisuus (Metla 2005). Kaukokartoitusaineistoa voidaan käyttää monenlaisten selvitysten tekemiseen, kuten metsien rakenteen ja erilaisten maisemarakenteiden analysoimiseen (Syrjänen et al 1994). Kaukokartoitus mahdollistaa sellaisten alueiden tutkimisen, minne ei päästä tutkimaan aluetta maastosta käsin. Alueet voivat sijaita kaukana, olla turvattomia tai muuten ennalta tuntemattomampia. Käytännössä tällainen alue on esimerkiksi Siperia, jota on mallinnettu kaukokartoituksella. Usein kuitenkin kaukokartoituksen lisäksi tutkittavalla alueella tehdään maastoinventointeja, joilla kartoituksen luotettavuutta pyritään parantamaan (Rees et al 2003).

## **2.6 Elinympäristömallit**

Elinympäristömalleilla pyritään selvittämään millaiset tekijät vaikuttavat tarkasteltavan lajin esiintymiseen (Syrjänen et al 1994). Elinympäristöjä voidaan mallintaa käyttämällä mm. kaukokartoitusaineistoja tiedon lähteenä. Esimerkiksi Pohjois- Amerikassa on tutkittu karibujen elinympäristöjä kaukokartoitusaineistoja hyväksi käyttäen (Johnson et al 2003). Elinympäristömallit ovat tärkeä osa luonnonsuojelua, koska niiden avulla voidaan ennustaa, missä ja miten tutkittavalle lajille merkittävimmät alueet sijaitsevat (Dettki & Esseen 2003, Sandström et al 2003, Store & Jokimäki 2003). Mallit rakennetaan eri tavoin käyttäen mm. paikkatieto- ja maastoinventointiaineistoja hyväksi. Suomessa esimerkiksi porojen ruokailua ja liikkumista on tutkittu GPS- seurannalla sekä kaukokartoituksella (Kumpula et al 1996). Epifyyttijäkälälajien esiintymistä on tutkittu myös Puolassa, missä mallinnettiin ilmansaasteiden vaikutuksia epifyyttijäkäläien lajistollisiin suhteisiin (Kapusta et al 2004).

### **3. Aineisto ja menetelmät**

#### **3.1 Tutkimusalue**

Tutkimusalueena ovat Oulangan kansallispuiston Kuusamon puoleinen alue, sekä puiston eteläpuolinen Kuusamo. Kuusamon alue on muodostunut noin 11 000 vuotta sitten viimeisen jääkauden lopussa, jolloin liikkuva ja sulava jää on muotoillut kallioita ja siirtänyt maamassoja mm. jokien pohjalle (Ympäristöministeriö 1993). Kasvukauden tehoisan lämpötilan summa Kuusamon alueella on noin  $650 - 700 \text{ }^{\circ}\text{C vrk}^{-1}$  ja termisen kasvukauden sadesumma n. 350 mm (keskimäärin ajanjaksolla 1961–1990) (Reinikainen et al 2001). Oulangan kansallispuisto on perustettu vuonna 1956 ja puistoa on laajennettu 80-luvulla. Nykyään puiston kokonaispinta-ala on  $270 \text{ km}^2$ . Oulangan alueella on jyrkkäreunaisia kalliorotkoja ja jokilaaksoja, joissa on myös koskia. Suurimpia jokia on kaksi, joiden lisäksi puistossa on myös pienempiä jokia ja puroja. Korkeimmat alueet sijaitsevat 380 m merenpinnasta, kun taas jokien taso on noin 150 m merenpinnasta (Metsähallitus 2005). Tutkimusalueella on yhteensä 172 koealaa, joista 88 sijaitsevat Oulangan kansallispuistossa ja loput 84 puiston ulkopuolella. Näin ollen koealatiedoista saadaan kattavampia, koska puiston sisäpuolella olevat metsä on vanhempaa kuin puiston ulkopuolinen metsä. Tutkimusalue on valittu saatavilla olevien aineistojen perusteella.

#### **3.2 Aineisto**

Valtakunnan metsien 9. inventointi – aineistoa on hyödynnetty karttojen rakentamisessa sekä bufferianalyseissä. Kartoissa ja alueen ennakkotarkasteluissa on hyödynnetty Maanmittauslaitoksen tuottamaa maastotietokanta-aineistoa, joka sisältää tietoja mm. kansallispuiston rajoista, tiestöstä ja maankäytöstä. Koeala-aineistona on

epifyyttijäkäläinventointiaineisto, jotka on kerätty Oulangan kansallispuiston sisäpuolelta sekä Kuusamosta puiston lähiympäristöstä. Aineistosta on hyödynnetty naavamaisten epifyyttijäkälien luokittaista arviointia eri koealoilla.

### **3.2.1 VMI- aineisto**

Tutkimuksessa on käytetty 9. valtakunnan metsien inventoinnin aineistoa, jossa on hyödynnetty Landsat TM, Spot ja MOS- 1- satelliiteista saatua kuvaa, mistä on tulkittu 25 m x 25 m kokoisille ruuduille eri muuttujia. VMI:n digitaalinen kartta-aineisto on rasterimuotoista ja sitä on tarkennettu maastoinventoinneilla. Aineiston luotettavuutta on lisätty myös numeerisella kartta-aineistolla ja korkeusmalleilla. Maastoinventoinnit valitaan ryväotantana, jolloin yhdessä rypäässä on 14- 18 koealaa (Metla 2005, Reinikainen et al 2001). Digitaalisessa VMI-aineistossa on yhdeksän kerrosta: puuston ikä, pohjapinta-ala ja keskipituus, kasvupaikkatyyppi, pääryhmä sekä männyn, kuusen, koivujen (*Betula bendula* ja *B. pubescens*) ja muiden lehtipuiden tilavuudet. Kerroksissa on myös tietoa vesistöistä, pelloista ja rakennetuista alueista (METLA 2005). Seuraavassa on esitetty VMI- aineiston karttakerrokset, joihin on tehty väri- ja luokitusmuutokset sekä lisätty koealakohtaiset tiedot pistemäisinä.

### **Kasvupaikkatyypit**

Kasvupaikkatyyppejä (kartta 1.) on kahdeksan, jotka seuraavat luokitusta: 1 = lehdot, 2 = lehtomaiset kankaat, 3 = tuoreet kankaat, 4 = kuivahkot kankaat, 5 = kuivat kankaat, 6 = karukko kankaat, 7 = kalliomaat ja 8 = lakimetsät ja tunturit (Tomppo et al 2001, taulukko 1., kartta 1.). Eniten alueella esiintyy tuoreita ja kuivahkoja kankaita. Kutakin karttakerroksen kasvupaikkatyyppi-luokkaa on käytetty laskennallisissa tarkasteluissa erillisenä, jotta saadaan selville eri kasvupaikkatyyppien vaikutus naavamaisten epifyyttijäkälien runsausluokkien esiintymiseen.

Kartta 1. Kasvupaikkatyypit



0 2 545 5 090 10 180 Me

**Kasvupaikkatyypit**



• koealat  
— Oulungan kansallispuisto

Taulukko 1. Kasvupaikkatyypin tarkka luokitus karttakerroksessa

kartan luokka	kasvupaikkatyyppi
1	lehdot sekä lehtomaiset ja lettosuot (luonnontilaiset, ojikko- ja muuttumasuot) ja lehtoturvekankaat
2	lehtomaiset kankaat ja ruohoiset suot sekä turvekankaat
3	tuoreet kankaat ja suursaraiset sekä mustikkaiset suot ja turvekankaat
4	kuivahkot kankaat ja piensaraiset sekä puolukkaiset suot ja turvekankaat
5	kuivat kankaat ja tupasvillaiset sekä isovarpuiset suot ja turvekankaat
6	karukko kankaat ja rahkaiset suot sekä turvekankaat
7	kalliomaat, hietikot ja vesijättömaat
8	lakimetsät ja tunturit

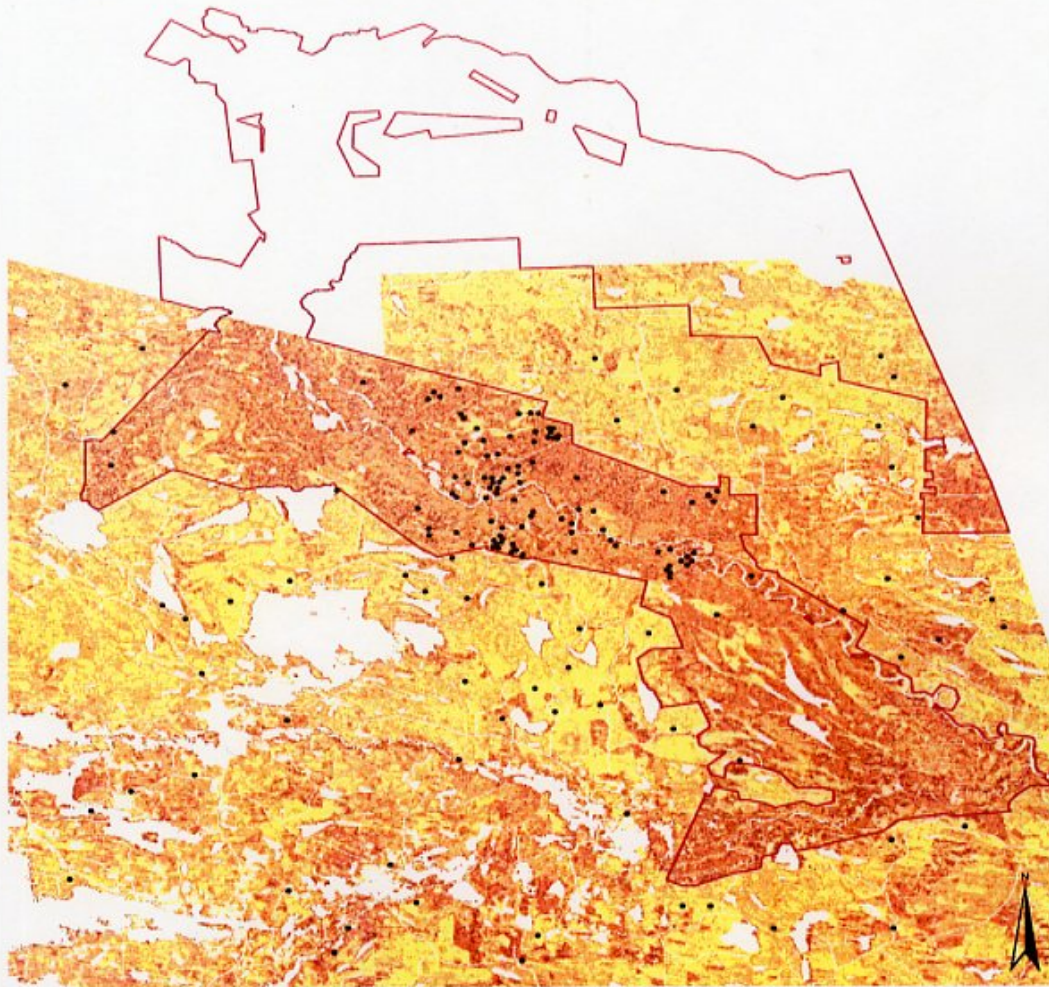
(Lähde:Tomppo et al 2001)

### **Puuston ikä, pohjapinta-ala ja keskipituus**

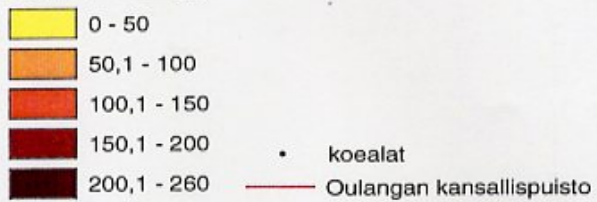
Puuston ikä- karttakerros esittää puuston iän vuosina (kartta 2.). Iän vaihteluväli oli 0-260 vuotta. Oulangan kansallispuiston ulkopuolella esiintyy eniten alle 50- vuotiaita metsiköitä ja puiston sisäpuolella keski-ikä on noin sata vuotta. Ikäaineisto on luokiteltu viiteen luokkaan (taulukko 2.). Luokissa ei kuitenkaan ole päällekkäisiä arvoja, koska luokittelu on tapahtunut siten, että ensimmäinen luku on aina muotoa 50,01. Puuston keskipituudet on esitetty kartassa 3. desimetreinä. Aineisto vaihtelee välillä 0- 245 dm, joista käytännössä esiintyy vain alle 200 dm pituuksia. Keskipituudet on luokiteltu viiteen luokkaan. Kartassa 3. on selkeästi nähtävissä erot Oulangan kansallispuiston ja muun alueen välillä. Puuston pohjapinta- ala on luokiteltu viiteen luokkaan, mutta käytännössä luokkia on neljä, koska viimeisimmässä luokassa ei esiinny juurikaan arvoja (kartta 4., taulukko 2.).



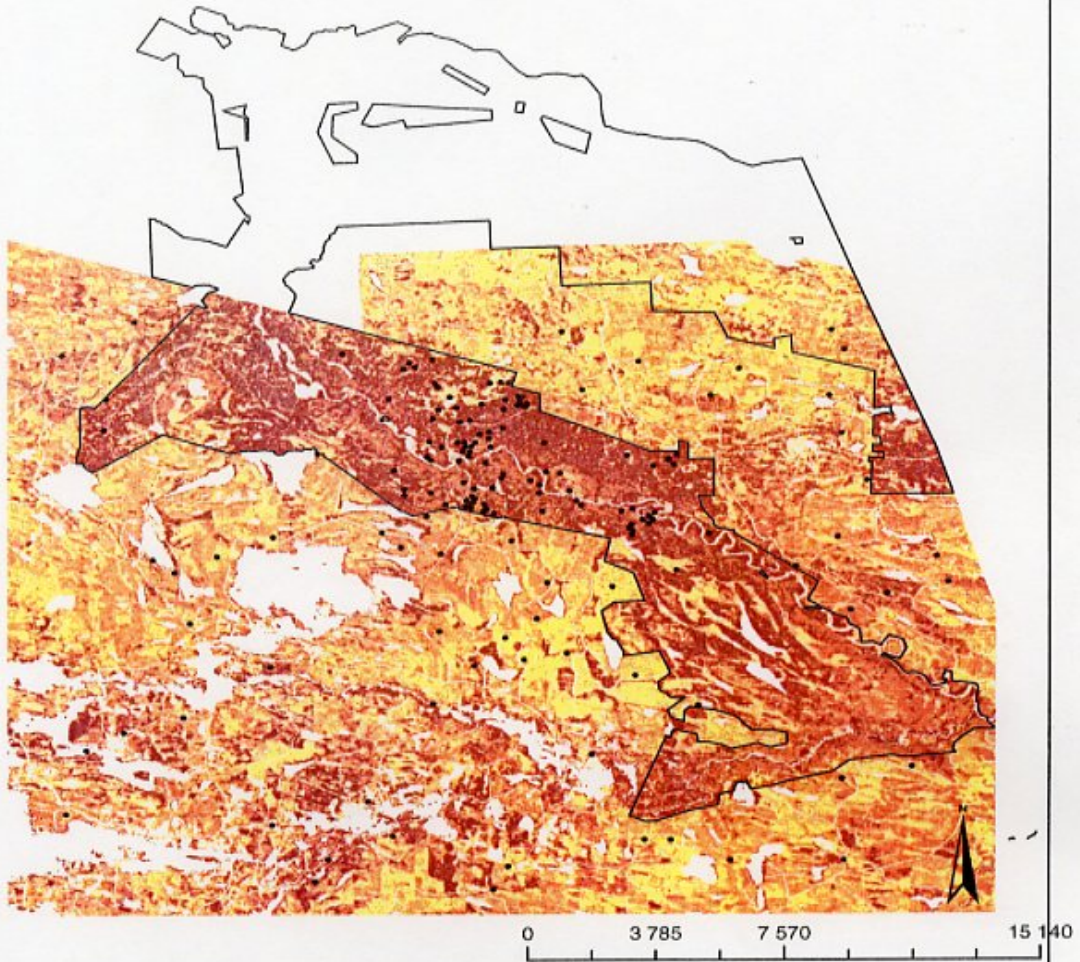
Kartta 2. Puuston ikä



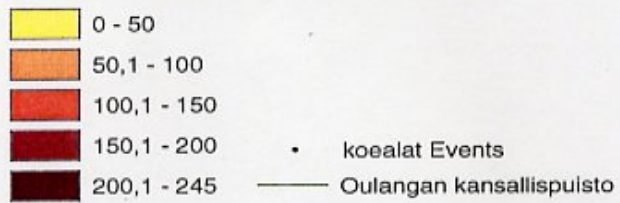
**Puuston ikä (a)**



Kartta 3. Puuston keskipituudet

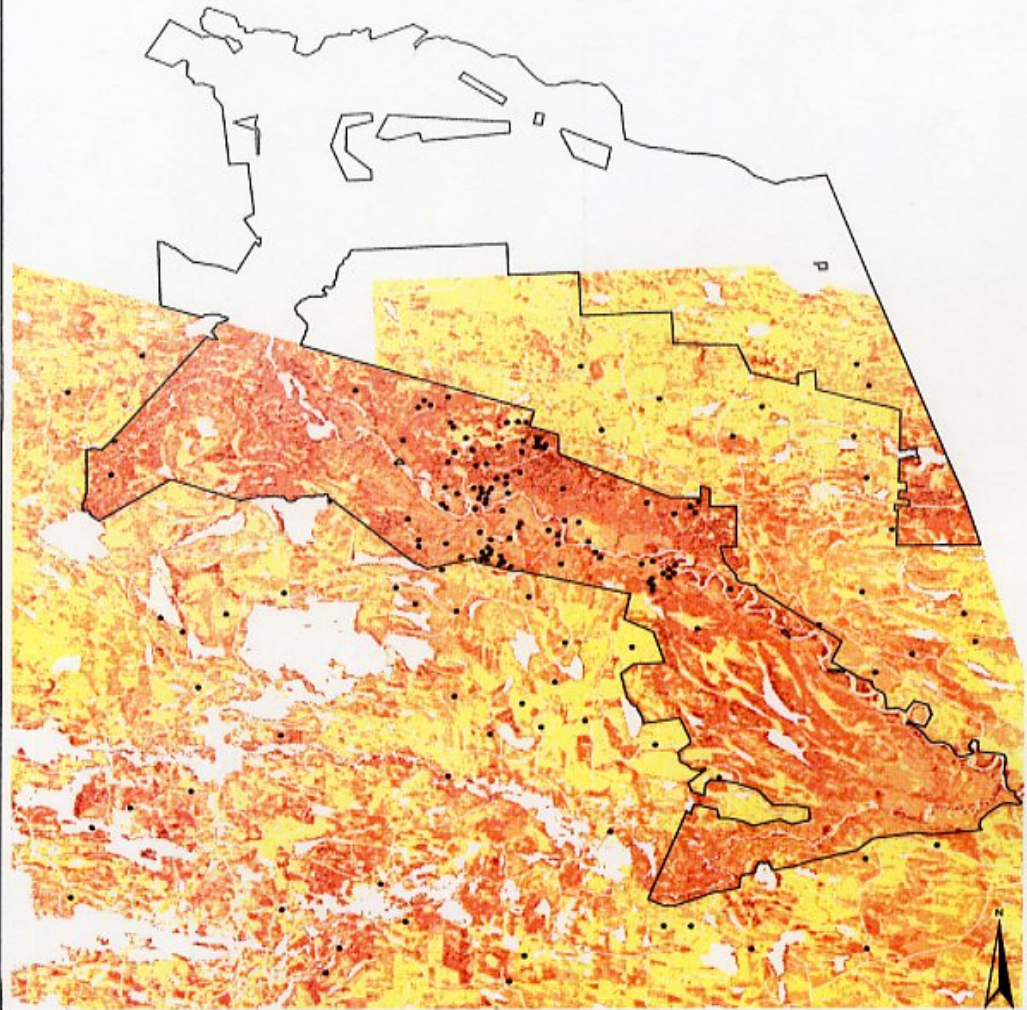


**Puuston keskipituus (dm)**





Kartta 4. Puuston pohjapinta-ala



**Puuston pohjapinta-ala (m<sup>3</sup>)**

0 - 15

15,1 - 30

30,1 - 45

45,1 - 60

60,1 - 71

• koealat

— Oulangan kansallispuisto

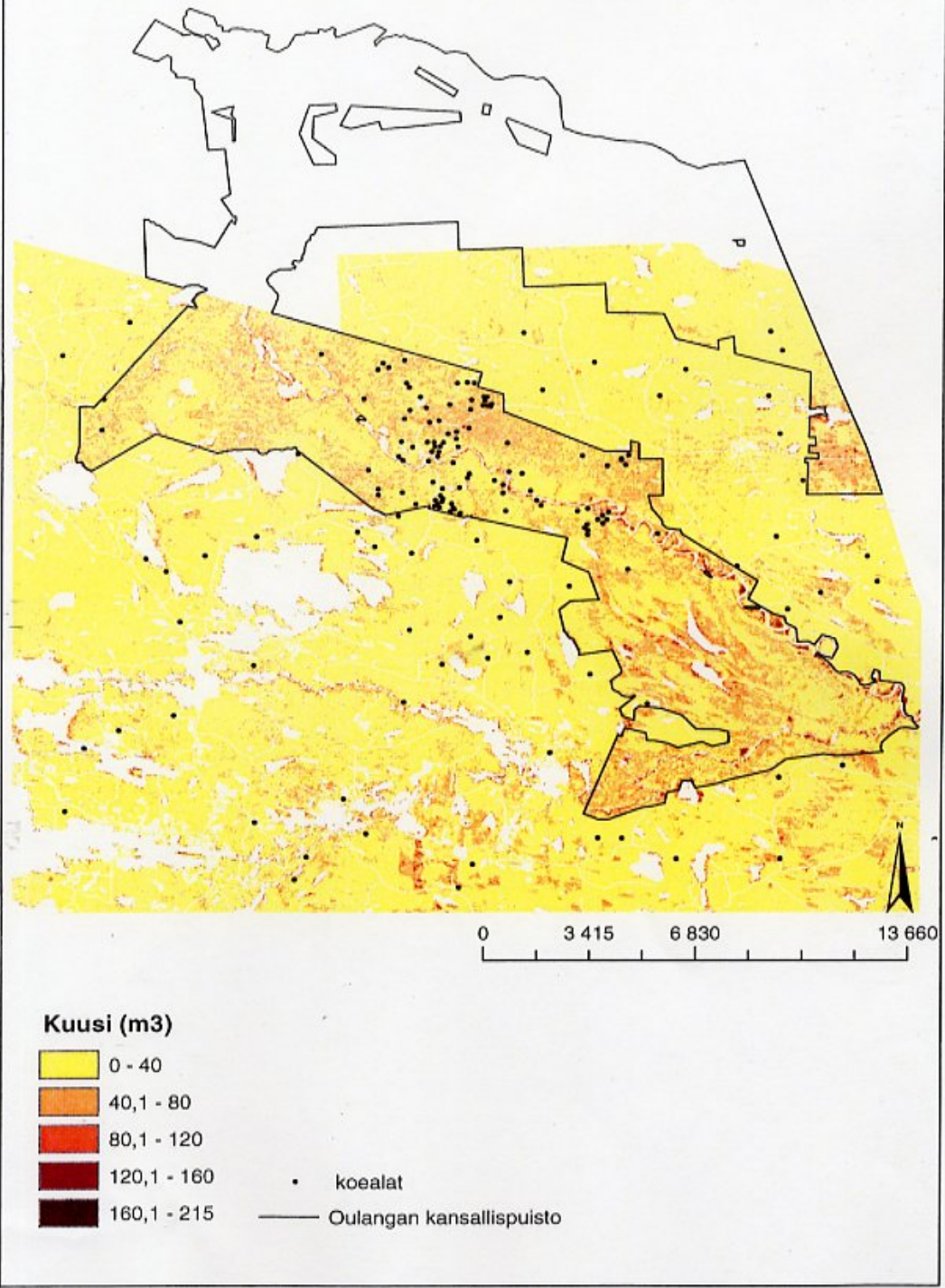
## Puulajien tilavuudet

Puulajien tilavuuksille on esitetty neljä eri karttakerrosta. Kuuselle, männylle ja koivulle on omat karttakerroksensa, kun taas muut lehtipuut on niputettu yhteen karttakerrokseen. Kaikkien karttakerrosten yksikkönä on m<sup>3</sup> (Kartat 5., 6., 7. & 8.). Kuusen, männyn ja muiden lehtipuiden tilavuudet on luokiteltu viiteen luokkaan ja koivu neljään (taulukko 2.).

Taulukko 2. Karttakerrosten luokittelut

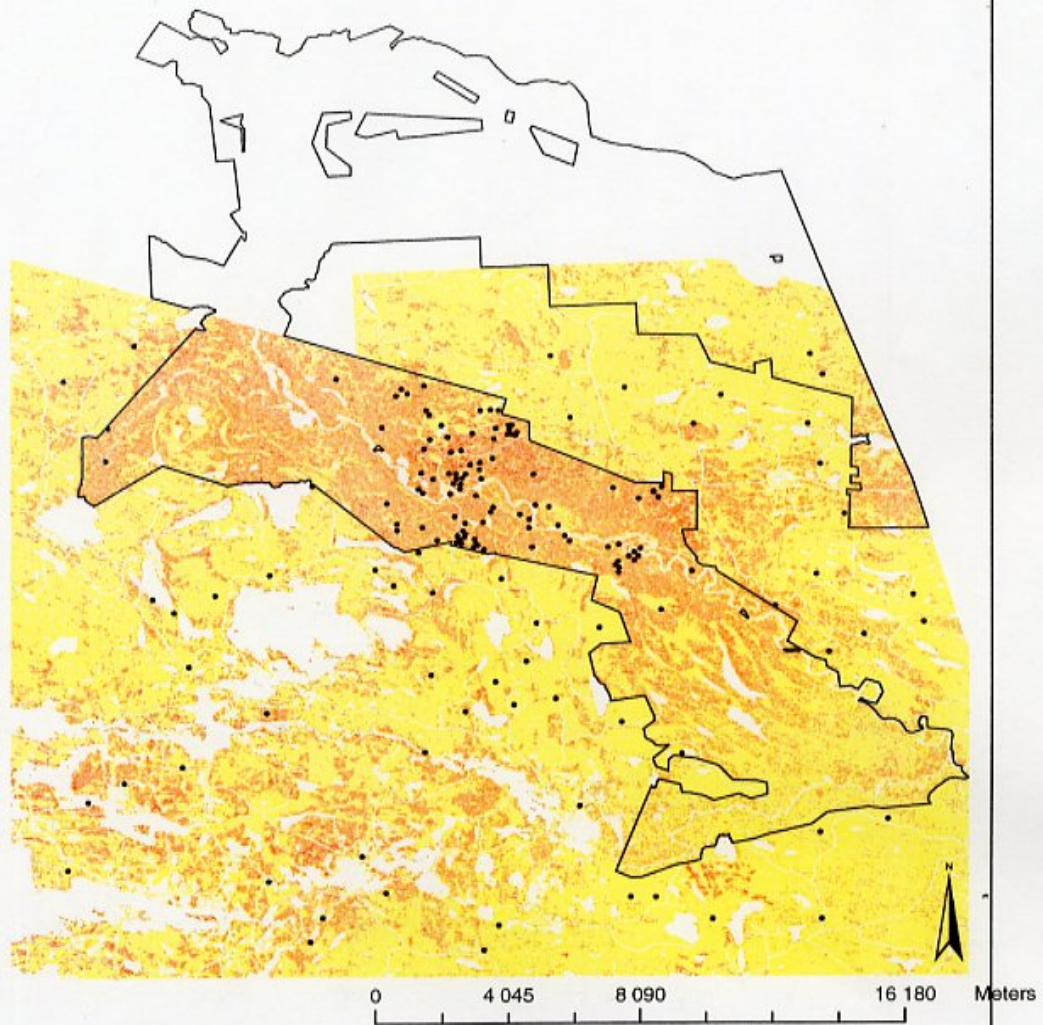
Karttakerros	Luokka 1.	Luokka 2.	Luokka 3.	Luokka 4.	Luokka 5.
Ikä (a)	0-50	50,1–100	100,1–150	150,1–200	200,1–260
Pohjapinta- ala (m <sup>2</sup> )	0-15	15,1–30	30,1–45	45,1–60	60,1–71
Keskipituus (dm)	0-50	50,1–100	100,1–150	150,1–200	200,1–245
Männyn tilavuus (m <sup>3</sup> )	0-50	50,1–100	100,1–150	150,1–200	200,1–262
Kuusen tilavuus (m <sup>3</sup> )	0-40	40,1–80	80,1–120	120,1–160	160,1–215
Koivun tilavuus (m <sup>3</sup> )	0-15	15,1–30	30,1–45	45,1–60	60,1–87
Muut lehti- puut, tilavuus (m <sup>3</sup> )	0-10	10,1–20	20,1–30	30,1–73 (38)	

Kartta 5. Kuusen tilavuus

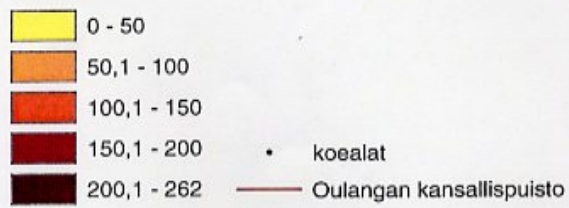




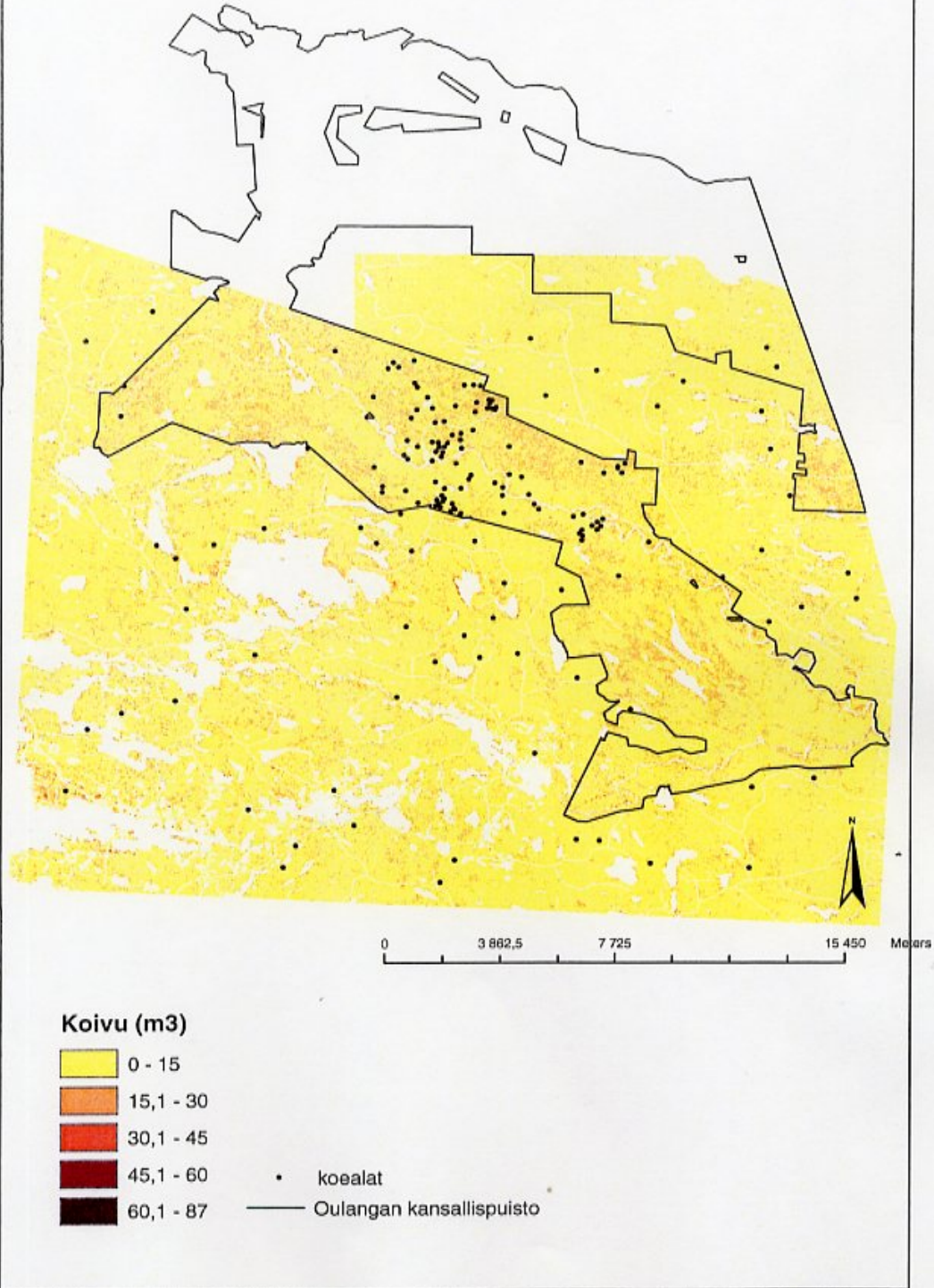
Kartta 6. Männyn tilavuudet



**Mänty (m<sup>3</sup>)**

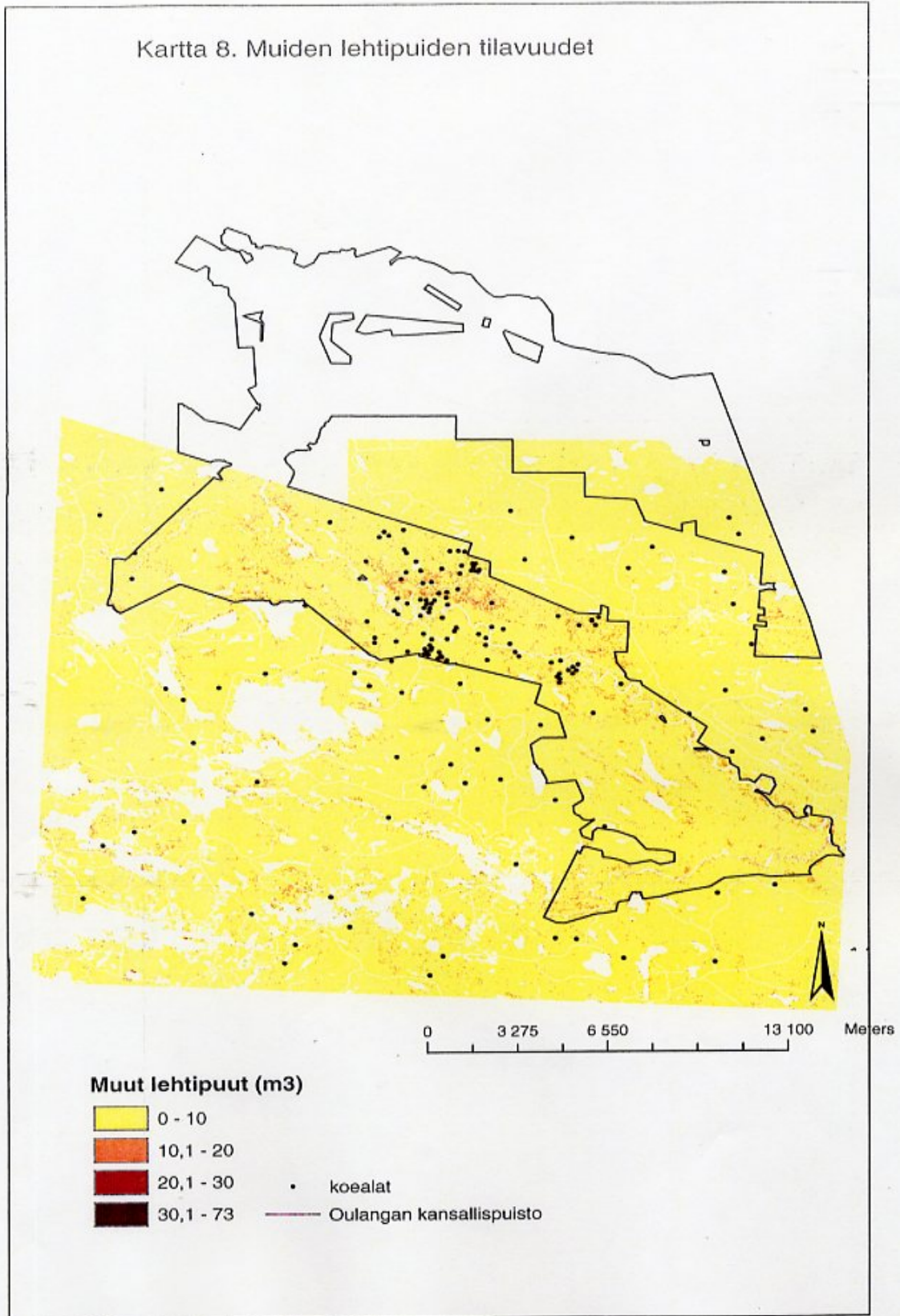


Kartta 7. Koivun tilavuus





Kartta 8. Muiden lehtipuiden tilavuudet





### **3.2.2 Koeala-aineisto**

Oulangan kansallispuistossa olevien koealojen aineisto on kerätty kesällä 1985 ja syksyllä 1999 ja ulkopuolelta kesällä 2005. Koealoja on 172, joista 88 sijaitsee puiston sisäpuolella ja loput sen ulkopuolella. Koealat on valittu eri kasvillisuustyypeiltä ja mukaan tulleet kuviot on arvottu kasvillisuuskartalta (Söyrinki et al 1977). Tutkittavien koealojen keskipisteestä alkaen on tutkittu kymmenen lähintä puuta (Jaakkola et al 2006 (a)). Koealoille on tehty naavamaisten epifyyttijäkälien määrän arviointi neliportaisella asteikolla 0-3, jossa 0 = ei luppaa, 1 = vähän, 2 = kohtalaisesti ja 3 = runsaasti luppaa (Jaakkola et al 2006 (b), Poikolainen et al 1998). Luokan määrittymiseen vaikuttaa puiden loppoisuuden lisäksi metsäalueen tiheys sekä puiden latvaosat. Koealoja on käytetty tässä tutkimuksessa sijainti- sekä luppotietojen osalta.

### **3.2.3 Aineiston käsittely**

Sijaintiaineistoja on käsitelty ArcMap- ohjelmassa, mikä on yksi osaohjelma ArcGIS - paikkatieto-ohjelmistosta. VMI- aineisto luokiteltiin ArcMap- ohjelmassa ja karttakerrokseen yhdistettiin tiedot Oulangan kansallispuiston rajoista sekä tiedot koealojen epifyyttijäkäläbiomassoista sekä runsausluokista. Aineistoa kuvaavat teemakartat rakennettiin ArcMap- ohjelmassa jokainen luokiteltu karttakerros erikseen. Jatkuvien muuttujien väritykseksi valittiin väritys keltaisesta punaiseen kuvaamaan tasaista muutosta luokissa. Kasvupaikkatyypin väritys on epäjatkuva, jotta se kuvaisi paremmin kasvupaikkatyypin epäjatkuvaa luokitusta. Luokkavalinnoista johtuen teemakarttoja ei voida verrata toisiinsa suoraan huolimatta samankaltaisista värityksistä. Esimerkiksi eri puulajien tilavuuskartat eivät ole vertailukelpoisia värien osalta, tilavuuksien vaihdellessa paljon. Digitaalisista karttakerroksista on poistettu vesistöä, tiestöä ja rakennettuja alueita kuvaavat osat, jotka näkyvät teemakartoissa valkoisella. Arvot on poistettu, jotta ne eivät häiritsisi myöhempiä karttakerrosanalyysijä ja jotta kartat olisivat selkeämpiä.

### 3.2.4 Bufferianalyysi

Bufferianalyysillä tarkoitetaan karttakerroksen koealojen määrätyn säteisten ympyräalojen analysointia. Lähtökohtana on analysoitava karttakerros, jonka päälle asetettujen koealapisteiden ympärille rakennetaan bufferialueita. Alueiden säteiden pituus riippuu kartta-aineiston tarkkuudesta. Ympyränmuotoiselta bufferialueelta lasketaan kunkin erilaisen aluetyypin esiintyminen pinta-aloina tai prosentteina. Tietoja voidaan käyttää aluetarkastelussa ja niiden kautta voidaan tulkita koealan ympäristöä. Erityisen käytännöllinen bufferianalyysi on tarkasteltaessa esimerkiksi eläin- tai kasvilajien elinympäristöjä (Esri 2005 (a)).

Koealojen suhdetta kuhunkin karttakerrokseen tarkasteltiin tekemällä jokaiselle koealalle kolme ympyränmuotoista bufferialuetta 250 m, 500 m ja 750 m etäisyyksille koealan keskipisteestä (kartta 9.). Kyseiset säteet valittiin, koska lyhyemmillä etäisyyksillä VMI-aineiston virheprosentti kasvaa johtuen rasteriaineiston luonteesta. Suuremmilla etäisyyksillä pikselimäärät ovat riittävän suuret, jotta aineistoa voidaan käyttää päätelmien tekemiseen (Tomppo et al 1998). Bufferialue leikkaa alla olevan luokitellun karttakerroksen ympyränmuotoisesti. Alueella esiintyvien luokkien pinta-alaosuudet on laskettu käyttäen ohjelmoitua makroa, joka toimii ArcGIS- ohjelman DOS- ympäristössä (Nivala 2005, suullinen tiedonanto, Liite 1.). Leikatut alat ovat keskenään samankokoisia. Pieniä eroja pinta-aloihin syntyy siitä, että alueen alle jäävällä kartta-alueella voi olla tiestöä, vesistöä, ym., jotka on suljettu luokittelun ulkopuolelle. Nämä alueet näkyvät kaikissa kartoissa valkoisena alueena, eivätkä ne häiritse siten luokitteluja ja niiden analyysijä.

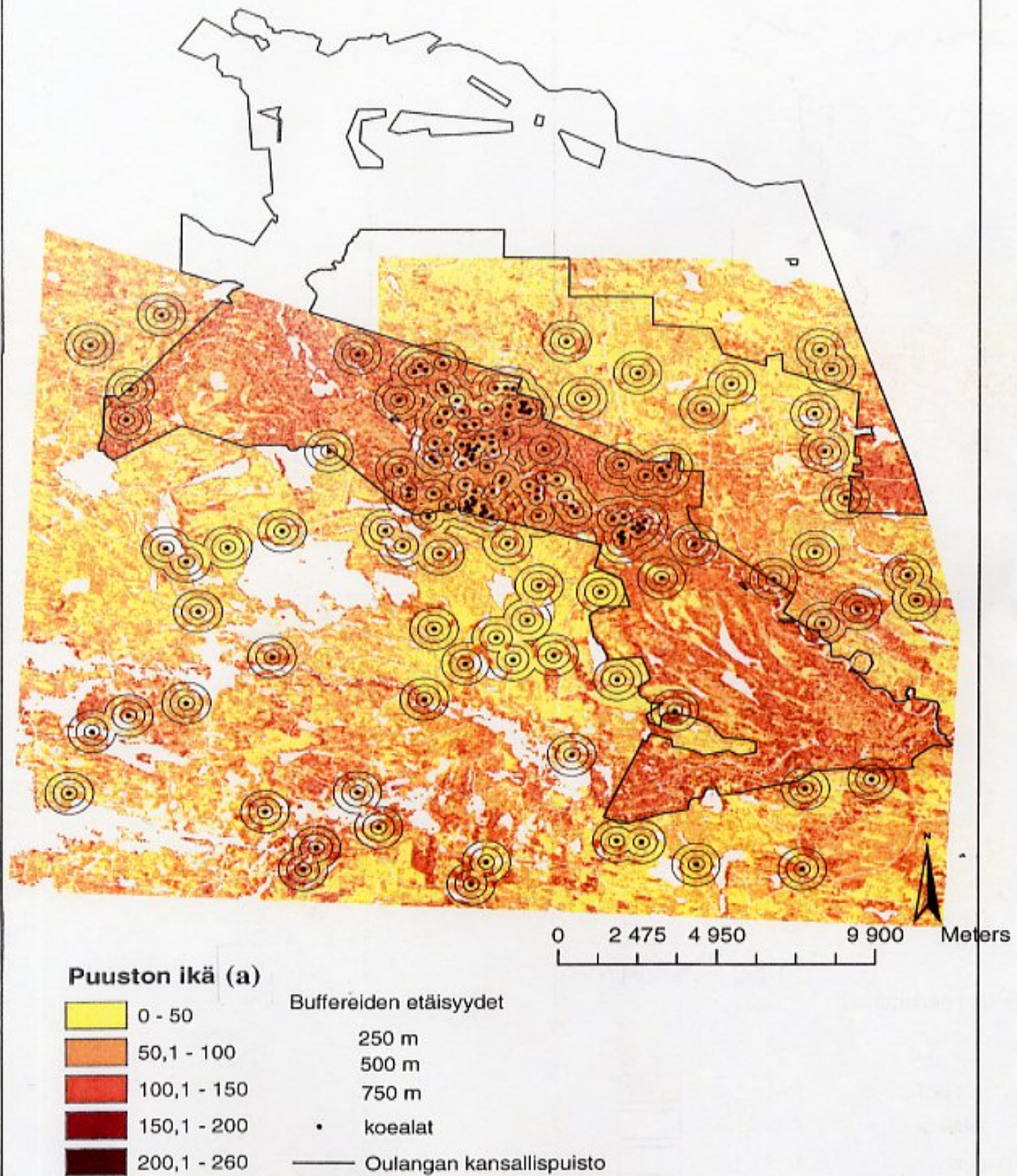
Makrolla lasketuista pinta-aloista laskettiin kullekin koealalle jokaista karttakerrosta kuvaava painotettu keskiarvo. Pinta- alat muutettiin Microsoft Excel- ohjelmassa prosenttiosuuksiksi painotetun keskiarvon laskentaa varten. Osuudet kerrottiin kunkin luokan keskimmaisella arvolla (taulukko 3.). Kasvupaikkatyypeille ei laskettu painotettuja keskiarvoja epäjatkuvuuden takia. Kunkin kasvupaikkatyypin

prosenttiosuutta on käytetty omana muuttujana kuvaamaan kasvupaikan ravinteisuutta. Painotettujen keskiarvojen käyttäminen vähentää analyysien määrää ja vähentää mahdollisen virheen osuutta, joka voi syntyä siitä, että buffereiden leikkaamat alueet ovat erikokoisia keskenään vesistön, tiestön ja rakennetun alueen takia.

Taulukko 3. Luokkien keskimmäiset arvot

Ikä (a)	25,00	75,00	125,00	175,00	230,00
Keskipituus (dm)	25,00	75,00	125,00	175,00	222,50
Pohjapinta-ala (m <sup>3</sup> )	7,50	22,50	37,50	52,50	65,00
Kuusen tilavuus (m <sup>3</sup> )	20,00	60,00	100,00	140,00	188,00
Männyn tilavuus (m <sup>3</sup> )	25,00	75,00	125,00	175,00	230,00
Koivun tilavuus (m <sup>3</sup> )	7,50	22,50	37,560	52,50	73,50
Muut lehtipuut, tilavuus (m <sup>3</sup> )	5,00	15,00	25,00	51,50	

Kartta 9. Buffereiden etäisyydet



### 3.3. Tilastolliset menetelmät

Epifyyttijäkälkien kvalitatiiviseen esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä selvitettiin analysoimalla metsikkömuuttujien painotettuja keskiarvoja ja arvioituja runsausluokkia faktorianalyysillä. Faktorianalyysi valittiin tilastomenetelmäksi, koska runsausluokkamuuttuja on epäjatkuva (Högmander 2005, suullinen tiedonanto, Gorsuch 1983, Mellin 2004). Faktorianalyysin pääkomponenttianalyysillä, varimax-rotatiolla, valittiin faktoreiden lukumäärä. Analyysit tehtiin kolmelle säteelle, 250m, 500m ja 750 m, jokaisen koealan ympärille.

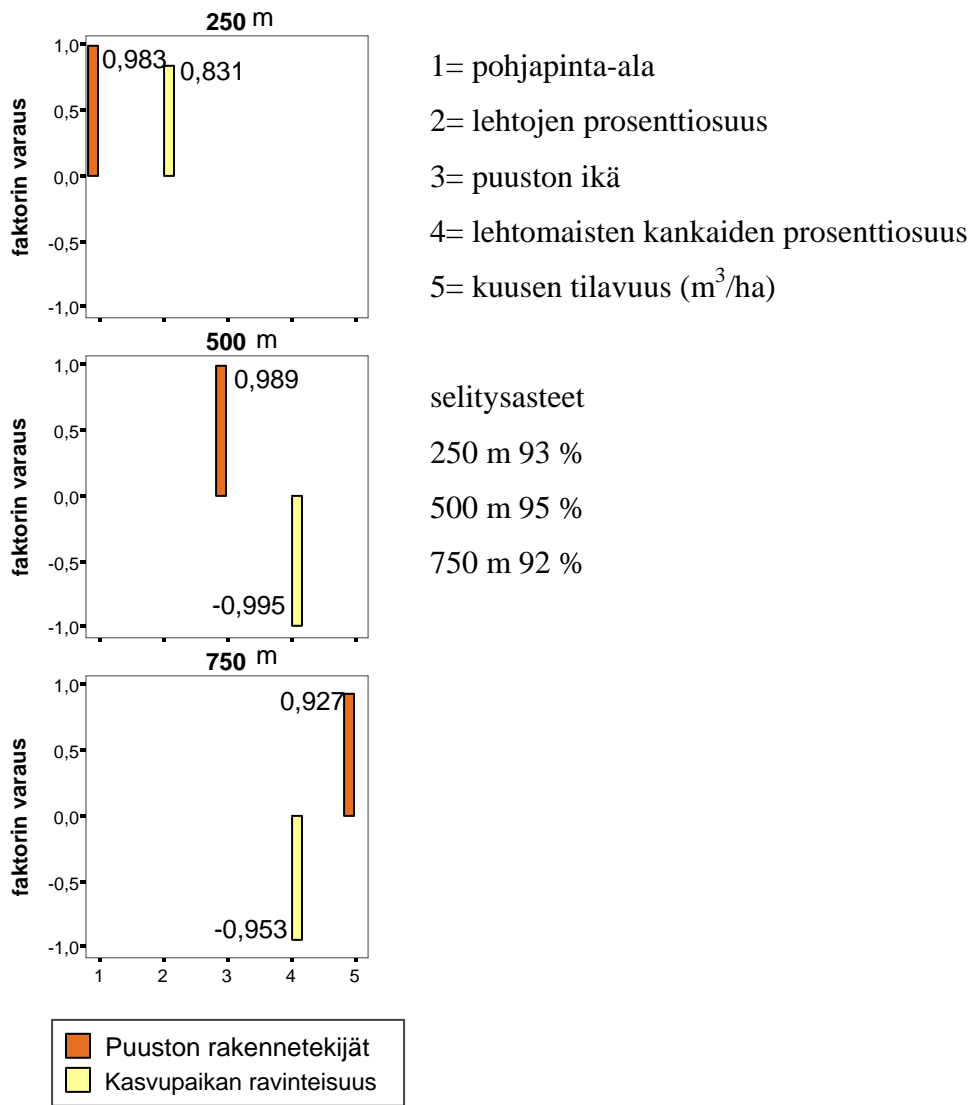
Ei-parametristä usean selittäjän regressiomallia (nonparametric multiplicative regression - local mean with gaussian kernel, NPMR) käytettiin selvitettäessä faktorianalyysin tulosten perusteella valittujen metsikkömuuttujien yhteisvaikutusta runsausluokkien esiintymiseen. NPMR-analyysit tehtiin kolmelle eri säteelle. Malleista valittiin ne, joiden selitysasteet olivat korkeimmat. Herkkyysanalyysia (sensitivity analysis) käytettiin selvitettäessä yksittäisten muuttujien suhteellista osuutta mallin selitysasteesta (McCune & Mefford 2004). Aineiston analysoinnissa käytettiin SPSS 12.1 ja HyperNiche 1.12 ohjelmia (McCune & Mefford 2004).

## **4. Tulokset**

### **4.1 Runsausluokkia selittävät tekijät**

#### **4.1.1 Runsausluokka 3.**

Puuston rakennetekijöistä runsainta luokan 3. esiintymistä ennustavia tekijöitä olivat puuston pohjapinta-ala, metsikön ikä ja kuusen tilavuus. Kasvupaikan ravinteisuus-tekijöistä luokan 3. esiintymistä selittivät lehtojen sekä lehtomaisten kankaiden prosenttiosuus bufferin kokonaisalasta. Lehtomaisten kankaiden esiintyminen korreloi negatiivisesti runsausluokan 3 esiintymisen kanssa. 250 m säteellä parhaiten runsausluokan 3 esiintymistä selittivät puuston pohjapinta-ala ja lehtojen esiintyminen 93 % selitysasteella. 500 m säteellä metsikön ikä korreloi positiivisesti ja lehtomaisten kankaiden prosenttiosuus kokonaisalasta korreloi negatiivisesti luokan 3. esiintymisen kanssa. Yhdessä nämä tekijät selittivät 95 % luokan 3 esiintymisestä. 750 m säteellä merkitsevin selittävä tekijä luokan 3 esiintymisessä oli kuusen tilavuus ja negatiivisesti luokan 3 esiintymisen kanssa korreloi lehtomaisten kankaiden prosenttiosuus. Nämä selittivät 93 % luokan 3 esiintymisestä (Kuva 1., taulukko8.).

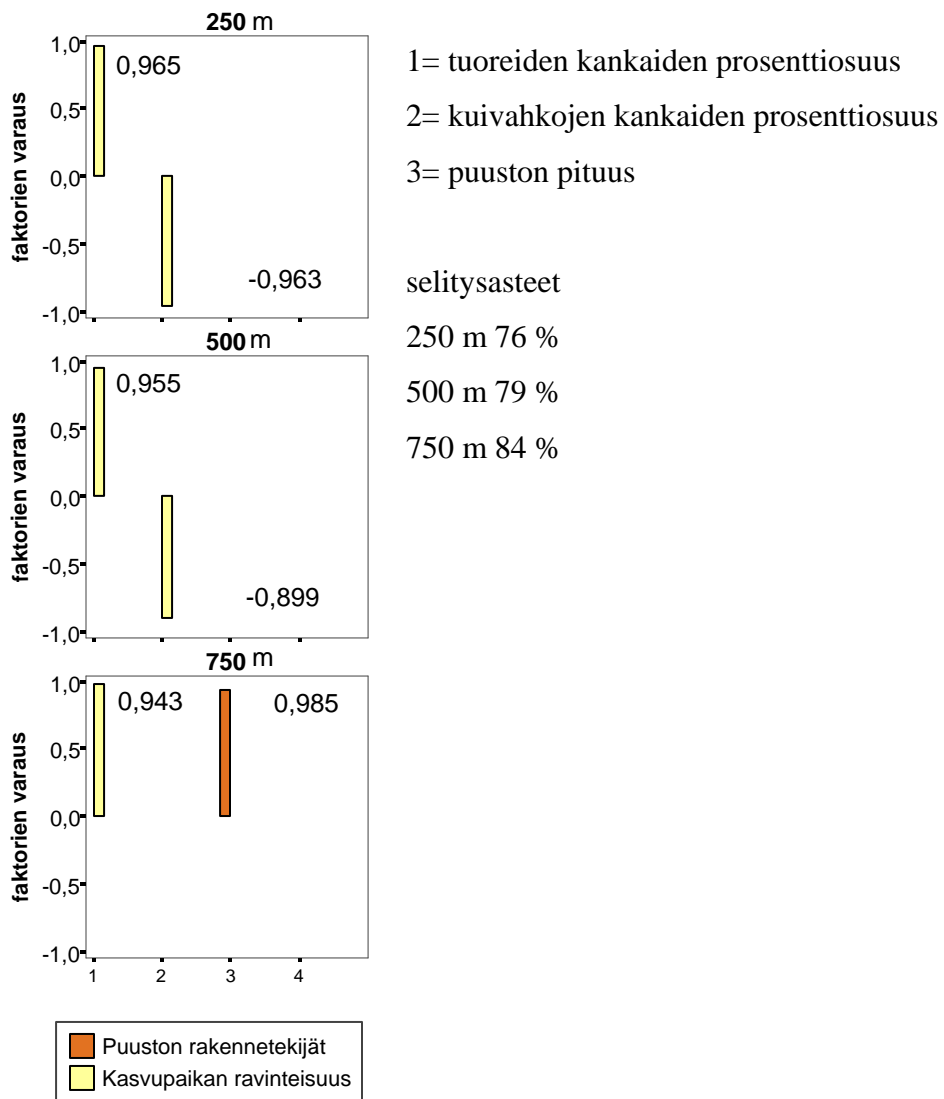


Kuva 1. Epifyyttijäkälien runsausluokan 3. esiintymistä faktorimallin mukaan selittävät tekijät 250m, 500 m ja 750 m säteillä

#### **4.1.2 Runsausluokka 2.**

Epifyyttijäkälien luokan 2. esiintymistä selittivät ravinteisuustekijöistä tuoreiden kankaiden prosenttiosuus ja puuston rakennetekijöistä puiden pituus. Negatiivisesti luokan 2. esiintymisen kanssa korreloi kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus bufferin kokonaisalasta. Kaikilla bufferietäisyyksillä tuoreiden kankaiden prosenttiosuus korreloi positiivisesti luokan 2. esiintymisen kanssa. Puiden pituus korreloi positiivisesti 750 m säteellä. Tuoreiden kankaiden prosenttiosuus selitti yhdessä negatiivisesti korreloivan kuivahkojen kankaiden prosenttiosuuden kanssa 250 m etäisyydellä 76 % ja 500 m etäisyydellä 79 % vaihtelusta epifyyttijäkälien biomassossa. Tuoreiden kankaiden prosenttiosuus ja puiden pituus selittivät 84 % epifyyttijäkälien vaihteluista 750 m säteellä (kuva 2., taulukko 8.).

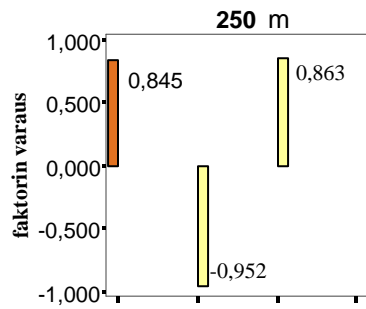




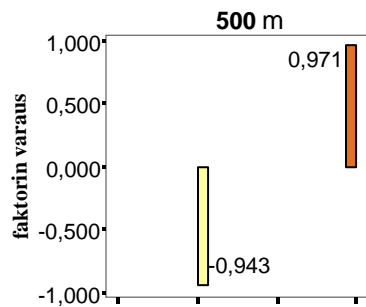
Kuva 2. Epifyyttijäkälien runsausluokan 2. esiintymistä faktorimallin mukaan selittävät tekijät 250m, 500 m ja 750 m säteillä

#### **4.1.3 Runsausluokka 1.**

Epifyyttijäkälien luokan 1. esiintymistä selitti puuston rakennetekijöistä puiden ikä, kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus ja puiden pituus ja negatiivisesti luokan 1. esiintymisen kanssa korreloi lehtojen prosenttiosuus. 250 m etäisyydellä luokan 1. esiintymisen kanssa korreloi positiivisesti puiden ikä ja lehtojen esiintyminen sekä negatiivisesti korreloi kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus. Nämä tekijät selittivät 79 % runsausluokan 1. esiintymisestä. Kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus korreloi negatiivisesti epifyyttijäkälien luokan 1. esiintymisen kanssa kaikilla säteillä. 500 m ja 750 m säteillä puuston pituus korreloi positiivisesti luokan 1. esiintymisen kanssa. 500 m säteellä puuston pituus ja kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus selittivät 76 % ja 750 etäisyydellä 77 % vaihtelusta (kuva 3, taulukko 8.).



- 1= puuston ikä
- 2= kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus
- 3= lehtojen prosenttiosuus
- 4= puuston pituus

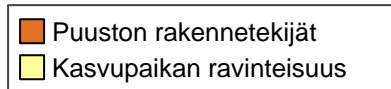
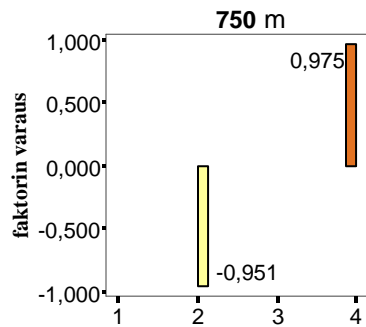


selitysasteet:

250 m 96 %

500 m 76 %

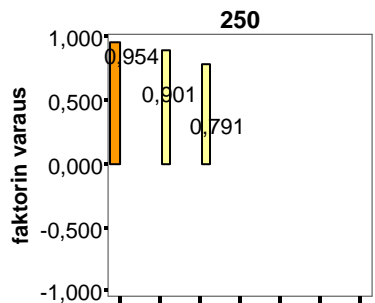
750 m 77 %



Kuva 3. Epifyyttijäkäljen runsausluokan 1. esiintymistä faktorimallin mukaan selittävät tekijät 250m, 500 m ja 750 m säteillä

#### **4.1.4 Runsausluokka 0.**

Epifyyttijäkälien luokan 0. esiintymisen kanssa korreloivat positiivisesti puuston rakennetekijöistä puiden pituus, pohjapinta-ala sekä kuusen ja koivun tilavuudet. Ravinteisuustekijöistä lehtomaisten ja kuivahkojen kankaiden prosenttiosuudet korreloivat positiivisesti luokan 0. esiintymisen kanssa. Tuoreiden kankaiden prosenttiosuus korreloi negatiivisesti luokan 0. esiintymisen kanssa. 250 m säteellä puiden pituus, lehtomaisten kankaiden ja kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus selittävät 73 % vaihtelusta. 500 m etäisyydellä lehtomaisten kankaiden prosenttiosuus ja puiden pohjapinta-ala selittivät negatiivisesti korreloivan tuoreiden kankaiden prosenttiosuuden kanssa 78 % vaihtelusta. 750 m säteellä lehtomaisten kankaiden prosenttiosuus sekä kuusen ja koivun tilavuudet negatiivisesti korreloivan tuoreiden kankaiden prosenttiosuuden kanssa selittivät 86 % vaihtelusta (kuva 4., taulukko 8.).



1= puuston pituus

2= kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus

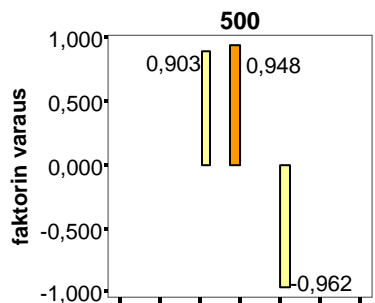
3= lehtomaisten kankaiden prosenttiosuus

4= pohjapinta-ala

5= tuoreiden kankaiden prosenttiosuus

6= kuusen tilavuus

7= koivun tilavuus

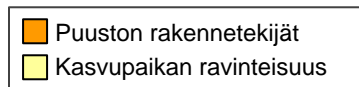
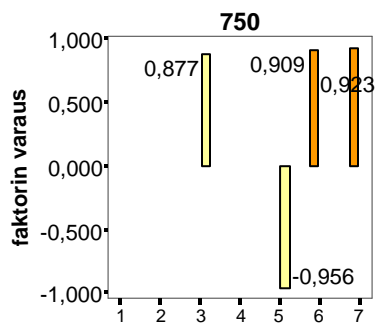


selityssasteet

250 m 73 %

500 m 78 %

750 m 86 %



Kuva 4. Epifyyttijäkälien runsausluokan 0. esiintymistä faktorimallin mukaan selittävät tekijät 250m, 500 m ja 750 m säteillä

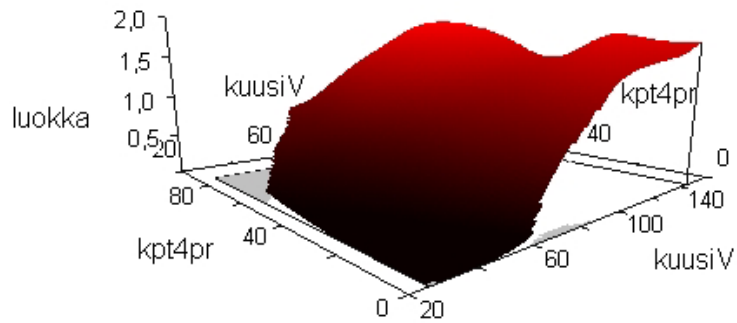
Taulukko 4. Muuttujien selitysasteet eri luokille eri säteillä

	250 m	500 m	750 m
luokka 0.	73 %	78 %	86 %
luokka 1.	79 %	76 %	77 %
luokka 2.	76 %	79 %	84 %
luokka 3.	93 %	95 %	92 %

## 4.2 LM- NPMR- mallit

### 4.2.1 250 m säde

250 m säteisellä alalla LM-NPMR (linear model nonparametric multiplicative regression)- mallin mukaan kuusen tilavuus ( $\text{sens}^2 = 0.89$ ) selitti suurimman osan runsausluokkien vaihtelusta. Toisena selittävänä tekijänä oli kasvupaikkatyypin 4. eli kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus ( $\text{sens}^2=0.43$ ). Kuusen tilavuuden kasvaessa, luokitusarvo nousi. Kuivahkojen kankaiden prosenttiosuuden kasvaessa, luokitus nousi hieman. Vaikutus oli kuitenkin pienempi kuin kuusen tilavuudella (Kuva 5., liite 2.).



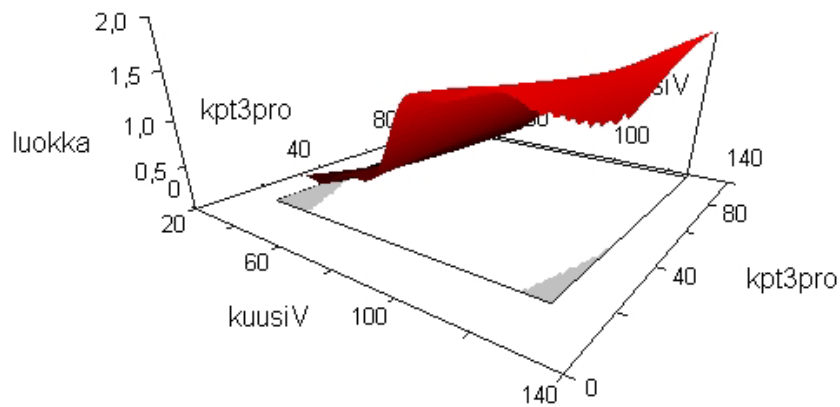
$xR^2 = 0.476$

Model form = Nonparametric multiplicative regression, Local Mean with Gaussian kernel

Kuva 5. Kuusen tilavuuden (kuusiV), kuivahkoiden kankaiden prosenttiosuuden (kpt4pr) ja epifyyttijäkäljen runsausluokituksen (luokka) välisiä yhteyksiä kuvaava ei-parametrinen regressiomalli (nonparametric multiplicative regression).

#### 4.2.2 500 m säde

500 m säteisellä alalla LM-NPMR (linear model nonparametric multiplicative regression)- mallin mukaan tärkeimpänä selittävänä tekijänä oli kuusen tilavuus ( $\text{sens}^2=1.12$ ). Tämän lisäksi kasvupaikkatyyppi 3. eli tuoreiden kankaiden prosenttiosuus ( $\text{sens}^2=0.27$ ) oli myös merkittävä selittävä tekijä 500 m säteellä sekä LM-NPMR- mallin että faktorianalyysin mukaan. Suurimmat luokitukset esiintyivät niillä alueilla, missä kuusen tilavuus oli suurin ja tuoreiden kankaiden prosenttiosuus korkea. (kuva 6., liite 3.).



xR2 =0.447

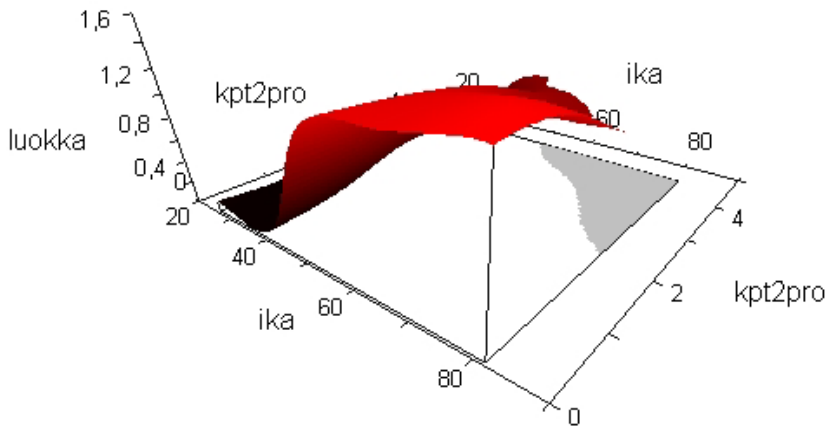
Model form = Nonparametric multiplicative regression, Local Mean with Gaussian kernel

Kuva 6. Kuusen tilavuuden (kuusiV), tuoreiden kankaiden prosenttiosuuden (kpt3pro) ja epifyyttijäkäljen runsausluokituksen (luokka) välisiä yhteyksiä kuvaava ei-parametrinen regressiomalli (nonparametric multiplicative regression).



### 4.2.3 750 m säde

750 m säteisellä alalla LM-NPMR (linear model nonparametric multiplicative regression)- mallin mukaan merkittävimäksi tekijäksi osoittautui metsikön ikä ( $\text{sens}^2=1.12$ ). Toisena muuttujana 750 m säteen mallissa oli kasvupaikkatyyppi 2. eli lehtomaisten kankaiden prosenttiosuus ( $\text{sens}^2=0.27$ ), joka osoittautui faktorianalysissä merkittäväksi tekijäksi 750 m säteellä. Suurimmat luokitukset esiintyvät silloin, kun lehtomaisia kankaita ei esiintynyt ja metsikön ikä oli korkea (kuva 7., liite 4.)



$xR^2=0.4429$

Model form = Nonparametric multiplicative regression, Local Mean with Gaussian kernel

Kuva 7. Metsikön iän (ika), lehtomaisten kankaiden (kpt2pro) ja epifyyttijäkälien runsausluokituksen (luokka) välisiä yhteyksiä kuvaava ei-parametrinen regressiomalli (nonparametric multiplicative regression).

## 5. Tulosten tarkastelu

### 5.1 Metsikkömuuttujien vaikutus naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen

Faktorianalyysin perusteella tehty jako metsän rakenne- ja ravinteisuustekijöihin selvitti hyvin metsikön rakenteen ensisijaisen ja kasvupaikan ravinteisuuden toissijaisen merkityksen naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen. Kuusen tilavuus, puuston pituus, ikä ja pohja-pinta-ala sekä kuivahkojen että tuoreiden kankaiden prosenttiosuudet olivat faktorianalyysin perusteella merkittävimpiä naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä, koska ne ilmenivät useilla eri säteillä useille eri luokille (kuvat 1., 2., 3. & 4.). Regressiomallit vahvistivat kuusen tilavuuden ja metsikön iän merkitystä ensisijaisina naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen vaikuttavina tekijöinä. Malleissa kuivahkojen, tuoreiden ja lehtomaisten kankaiden merkitys oli toissijainen.

Tämän tutkimuksen tulos vahvisti sitä ennakkokäsitystä, että metsikön tilavuus ja ikä ovat merkittävimpiä vaikuttajia naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymisessä (Esseen et al 1996, Mattila 1979, McCune 1993). Metsikön tilavuus ja ikä korreloivat toisensa kanssa. Korrelaatio ei kuitenkaan ole suoraviivainen, vaan metsikön sukkession loppuvaiheessa puuston tilavuus alkaa laskea. Aiemmissä tutkimuksissa on todettu, että metsikön vanhimmissa ikäluokissa puuston tilavuus pienenee ja tällöin naavamaisten epifyyttijäkälien kasvualustan määrä vähenee (Mattila 1979, Kuusinen et al 1990, Hilmo 1994, Dettki & Esseen 1998). Jaakkolan et al (2006 (a)) mukaan Oulangan kansallispuistossa tehdyissä tutkimuksissa metsikön iän ja tilavuuden välinen korrelaatio ei ollut tilastollisesti merkitsevä, koska tutkimusalueella osa puustosta on erittäin vanhaa (360 vuotta). Tässä tutkimuksessa selvisi, että metsikön iän kasvaessa naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymisen todennäköisyys kasvaa. Regressiomallissa metsikön iän vaihteluväli 30–80-vuotta, jolloin iän positiivinen vaikutus epifyyttijäkälien kvalitatiiviseen määrään tulee esille. Metsikön iän merkitys on selvinnyt aiemmissa

tutkimuksissa ja se vaikuttaa mm. oksien laatuun sekä metsikön tilavuuteen ja latvuksen peittävytyteen ja sitä kautta naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen (Berryman & McCune 2006, Esseen et al 1996, Halonen et al 1991, Liu et al 2000, Kuusinen 1996).

Kasvupaikan ravinteisuustekijöistä erottui lehtomaisten kankaiden prosenttiosuus, joka selkeästi ennusti naavamaisten epifyyttijäkälien vähäistä esiintymistä. Aiemmissa tutkimuksissa on todettu, että naavamaiset epifyyttijäkälät suosivat kuusi- ja mäntyvaltaisia metsiä (Dettki 2000, Esseen et al 1996, Hyvärinen et al 1999, McCune 1993). Lehtipuiden osuus lehtomaisilla kankailla on suuri, verrattuna kuusen ja männyn osuuteen. Tämä selittää osittain lehtomaisten kankaiden negatiivisen korrelaation naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymisen kanssa. Faktorianalyysin perusteella, myös koivun esiintyminen ennustaa vähäistä naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymistä, mikä tukee käsitystä lehtipuiden huonosta soveltuvuudesta naavamaisten epifyyttijäkälien kasvualustaksi.

Faktorianalyysin perusteella kuivahkojen kankaiden prosenttiosuus ennustaa vähäistä naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymistä. Kuitenkin tarkemman tarkastelun mukaan kuivahkojen kankaiden prosenttiosuuden kasvaessa, naavamaisten epifyyttijäkälien runsausluokitus nousee hieman. Tämä selittynee sillä, että faktorianalyysin tulosten perusteella voidaan sanoa, mitkä tekijät vaikuttavat kunkin luokan esiintymiseen eri säteillä, mutta ei sitä kuinka suuri ja minkä suuntainen niiden vaikutus on (kuvat 1., 2., 3. & 5.).

Muuttujien selitysasteet vaihtelivat hyvin vähän etäisyyden kasvaessa. Muutokset olivat niin pieniä, ettei selitysasteiden perusteella voida todeta, millä säteellä vaikuttavia tekijöitä olisi paras tulkita. Useammalla säteellä tarkasteltuna saadaan kuitenkin selville enemmän esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä kuin yhdellä säteellä (taulukko 4.).

Tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli selvittää paikkatietoaineiston, erityisesti kaukokartoitusaineiston, soveltuvuutta naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymistä selittävien tekijöiden etsimiseen. Paikkatietomallinnuksen on todettu olevan hyvä

elinympäristöjen mallinnustapa ja kaukokartoituksen yksi tiedonhankintakeino alueiden käyttöä suunniteltaessa ja alueiden käyttökonflikteja ratkaistaessa (Sandström et al 2003, Store & Jokimäki 2003). Paikkatieto- ja kaukokartoitusaineiston käyttö tällaisessa tutkimuksessa onnistui hyvin ja tässä tutkimuksessa pystyttiin selvittämään naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä Oulangan kansallispuistossa ja sen lähiympäristössä.

## **5.2 Mahdolliset virhelähteet**

Koaloilta kerätyt aineistot ovat useamman vuoden vanhoja ja naavamaisten epifyyttijäkälien luokitustiedot on subjektiivisen arvion tulosta. Tämä arviointimenetelmä on kuitenkin ainoa mahdollinen menetelmä, jolla saadaan tietoja naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymisestä ilman puiden kaatamista ja tarkkoja punnituksia (Stevensson & Enns 2003, Jaakkola et al 2006 (b)). ArcGIS:n DOS- ympäristössä makrolla karttatasosta leikatut ympyränmuotoiset bufferialat eivät ole aivan samankokoisia, johtuen poissuljetuista tiestö- ja vesistöalueista. Tästä johtuvaa mahdollista virhettä on pyritty pienentämään laskemalla jokaista koealaa kohti painotetut keskiarvot kullekin karttakerrokselle. Tällöin alkuperäinen ympyränpinta-ala suhteutetaan prosenttiosuudeksi, mikä mahdollistaa aineistojen vertailun tilastomenetelmillä.

## **5.3 Jatkotutkimukset ja menetelmän käyttö**

Naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä on useita ja niiden suhteet toisiinsa ovat vaihtelevia. Esimerkiksi maaston muotojen ja pienilmaston vaikutuksia voitaisiin tutkia soveltaen samoja menetelmiä kuin tässä tutkimuksessa on käytetty. Epifyyttijäkälien biomassaa suhteessa topografiaan on tutkittu aiemminkin ja on todettu, että biomassa muuttuu maaston kaltevuuden ja sijainnin mukaan (Berryman &

McCune 2006, McCune 1993). Kaltevuusaineisto soveltuu hyvin paikkatietojärjestelmään. Korkeuskäyrästä voidaan rakentaa kolmiulotteinen malli, jonka kautta voidaan laskea naavamaisten epifyyttijäkälien sijaintia suhteessa topografiaan.

Tämän tutkimuksen tulokset voisivat toimia pohjana jatkotutkimuksille, joissa selvitetäisiin tarkemmin mahdollisuuksia hyödyntää aineistoa suunniteltaessa alueiden käyttöä. Mahdollisissa jatkotutkimuksissa tulisi selvittää millaisia vaikutuksia kullakin tekijällä tarkemmin ottaen on naavamaisten epifyyttijäkälien runsausluokkien esiintymiselle. Näiden muuttujien kautta voitaisiin rakentaa tarkemmin naavamaisten epifyyttijäkäliden esiintymistä ja runsautta ennustavia kartta-aineistoja. Hyötyä tämänkaltaisesta menetelmästä voisi olla esimerkiksi Metsähallituksen alue-ekologisissa suunnitelmissa, erityisesti poronhoitoalueella. Porojen ravintona naavamaiset epifyyttijäkälät ovat talviseen aikaan tärkeitä myös Oulangan kansallispuiston ja Kuusamon alueella.

## **6. Kiitokset**

Haluan kiittää työtäni ohjanneita professori Markku Kuitusta ja tutkija Lotta Jaakkolaa. Lisäksi kiitos Vesa Nivalalle ja Harri Högmanderille menetelmiin ja aineiston käsittelyyn liittyvistä vastauksista. Kiitokset Kimmolle, kotiväelle sekä Mirjalle, avusta ja henkisestä tuesta työn eri vaiheissa. Erityiskiitokset Andrew Boscencelle sekä Maijalle. Andrew auttoi minua kevään 2005 aikana perehtymään paikkatietojärjestelmiin ja siinä sivussa myös australialaiseen elämänmenoon. Pro gradu- työssä olevien karttojen käyttäminen muissa julkaisuissa ilman tekijän ja lähdeaineiston haltijan lupaa on kielletty.

## 7. Kirjallisuusluettelo

Berryman S. & McCune B. 2006: Estimating epiphytic macrolichen biomass from topography, stand structure and lichen community data in Central Cascade forests of western Oregon, USA.- J. of Vegetation, painossa.

Dettki H. 2000: Epiphytic lichens in boreal forest landscape Influence of forestry and spatial structure. -Akademisk avhandling, Doctoral dissertation, Umeå, Sweden.

Dettki H. & Esseen P-A. 2003: Modelling long-term effects of forest management on epiphytic lichens in northern Sweden. -Forest Ecology and management 175 (2003), s. 223-238.

Dettki H. & Rännar M. 2003: Modelling the abundance of epiphytic lichens in boreal forest landscapes- a spatially explicit approach. -Forest ecology and management 175, s. 223-238.

Esseen P-A. & Renhorn K-E.1998: Edge effects on an epiphytic lichen in fragmented forests. -Conservation biology, vol 12, no 6. s.1307 - 1317.

Esseen P-A., Renhorn K-E. & Petterson R. 1996: Epiphytic lichen biomass in managed and old-growth boreal forests effect of branch quality. - Ecological Applications 6(1), s.228-238.

Esri 2005 (a): [www.gis.com](http://www.gis.com), the Guide to Geographic Information Systems, 20.11.2005.

Esri 2005 (b): <http://support.esri.com>, ESRI support center, 20.11.2005.

- Galloway D.J. 1992: Biodiversity: a lichenological perspective. -Biodiversity and conservation 1, s. 312-323.
- Gorsuck R. 1983: Faktor analysis. – Lawrence Erlbaum Associates.
- Halonen P., Hyvärinen M. & Kauppi M. 1991: The epiphytic lichen flora on conifers in relation to climate in the Finnish middle boreal subzone. - Lichenologist 23 (1), s. 61-72.
- Heinken T. 1999: Dispersal patterns of terricolous lichens by thallus fragments. -Lichenologist 31 (6), s. 603-612.
- Helle T. 1982: Peuran ja poron jäljillä. -Kirjayhtymä, Vaasa.
- Helle T. 1984: Foraging behaviour of semi-domestic reindeer (*Rangifer tarandus L.*) in relation to snow in Finnish Lapland. -Rep.Kevo sub arctic res.stat 19, s.35-47.
- Helle T., Jaakkola L. & Nivala A. 2002: Poro ja metsä, Julkaisussa: Hyppönen M., Jortikka S. & Tapaninen S. (toim.). – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa. – Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 876: s. 85-94..
- Hilmo O. 1994: Distribution and succession of epiphytic lichens on *Picea abies* branches in a boream forest, central Norway. –Lichenologist 26, s. 149- 169.
- Hull J. 2000: General Botany Glossary. -  
<http://saber.towson.edu/~hull/Courses/Botany/Botgloss.html>, 6.4.2006.
- Humphrey J.W., Davey S., Peace A.J., Ferris R. & Harding F. 2002: Lichens and bryophytic communities of planted and semi-natural forests in Britain, the influence of site type, stand structure and deadwood. -Biological Conservation 107, s. 165-180.



Hyvärinen M., Halonen P. & Kauppi M 1999: Habitat type and primary colonisation of annual shoots of conifer saplings by epiphytic lichens. -Nordic J. of Botany 19 (4).

Jaakkola L., Helle T. & Soppela J. 2003: Lупpo poron ravintona ja lupon kasvupaikkavaatimukset – kirjallisuuskatsaus. -Julkaisussa: Jortikka S., Varmola M. & Tapaninen S. (toim.). – Soilla ja kankailla- Metsien hoitoa ja kasvatusta Pohjois- Suomessa. – Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 21.-22-5-2003. – Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 903: s. 89-103.

Jaakkola L., Helle T., Soppela J., Kuitunen M. & Yrjönen M. 2006 (a): Effects of forest characteristics on the abundance of alectorioid lichens in Northern Finland. - Canadian J. of Forest Research, painossa.

Jaakkola L., Helle T., Kuitunen M. & Yrjönen M. 2006 (b): Evaluation of ordinary abundance scale- and clump methods estimating the abundance of alectorioid lichens in Northern Finland. -Submitted to Lichenologist.

Jalkanen R. & Konopka B. 1998: Snow-packing as a potential harmful factor on *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Betula pubescens* at high altitude in northern Finland. -Eur. J. Forest Path. 28: 373-382.

Johnson C., Alexander N., Wheate R. & Parker K. 2003: Characterizing woodland caribou habitat in sub-boreal and boreal forests. -Forest Ecology and Management 6169, s. 1-8.

Johnson C., Parker K. & Heard D. 2001: Foraging across a variable landscape: behavioural decisions made by woodland caribou at multiple spatial scales. -Oecologia 127, s. 590- 602.

- Kapusta P., Szarek-Lukaszewska G. & Kiszka J. 2004: Spatial analyst of lichen species in a disturbed ecosystem (Niepolomice forest, S Poland). -The Lichenologist 36 (3&4), s. 249-260.
- Knops J.M.H., Nash T.H., Boucher V.L. & Schlesinger W.H. 1991: Mineral cycling and epiphytic lichens implications at the ecosystem level. - Lichenologist 23 (3), s. 309-321.
- Kumpula J., Fielitz U. & Colpaert A. 1996: porojen laidunten käyttö Pohjois- Lapissa, GPS- seuranta ja satelliittikuvat laidunten käytön tutkimisessa. -Kala- ja riistaraportteja nro 150, Riistan- ja kalantutkimus, 31 s.
- Kuusinen M. 1996: Epiphyte flora and diversity on basal trunks of six old-growth forest tree species in southern and middle boreal Finland. -Lichenologist 28 (5), s. 443-463.
- Kuusinen M. & Siitonen J. 1998: Epiphytic lichen diversity in old growth and managed *Picea abies* stands in Southern Finland. -J. of Vegetation Science 9, s. 283-292.
- Liu C., Ilvesniemi H. & Westman C. 2000: Biomass of arboreal lichens and its vertical distribution in a boreal coniferous forest in central Finland. - Lichenologist 32 (5), s. 495-504.
- Longley P., Goodchild M., Maguire D. & Rhind D. 2001: Geographic Information Systems and Science GIS, John Wiley & Sons, Ltd.
- Mattila E. 1988: Suomen poronhoitoalueen talvilaitumet. -Folia Forestalia 713, Metsäntutkimuslaitos.

- McCune B. 1993: Gradients in epiphytic biomass in three *Pseudotsuga-Tsuga* forests of different ages in western Oregon and Washington. -Bryologist 96, s. 405-411.
- McCune B. & Mefford M. 2004: HyperNiche, Nonparametric multiplicative habitat modelling, version 1.0, Oregon, U.S.A.
- Mellin I. 2004: Faktorianalyysi, TKK,  
<http://www.sal.tkk.fi/Opinnot/Mat-2.112/pdf/FACTO10.pdf>, 15.1.2006.
- METLA 2005: <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info.htm>, 13.3.2005.
- Metsähallitus 2005: [www.luontoon.fi](http://www.luontoon.fi), 3.5.2005.
- Miller G. Tyler Jr. 2002: Living in the environment, Principles, Connections and Solutions, Brooks/Cole Thonson Learning, USA, s. 417.
- Moxnes E., Danell Ö., Gaare E. & Kumpula J. 2001: Optimal strategies for use of reindeer rangelands. -Ecological modelling 145, s. 225-241.
- Neitlich P.N. 1993: Lichen abundance and biodiversity along a chronosequence from young managed stands to ancient forest. -University of Vermont Burlington Vermont USA.
- Poikolainen J., Kuusinen M., Mikkola K. & Lindgren M. 1998: Mapping of the epiphytic lichens on conifers in Finland in the years 1985-86 and 1995. - Chemosphere, Vol 36, No 4-5, s. 1073-1078.

- Rees W.G., Williams M. & Vitebsky P. 2003: Mapping land cover change in a reindeer area of the Russian Arctic using Landsat TM and ETM+imagery and indigenous knowledge. -Remote sensing of Environment, Vol. 85, Issue 4, s. 441-452.
- Reinikainen A., Mäkipää R., Vanha-Majamaa I. & Hotanen J-P. 2001: Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa, Tammi, Jyväskylä 2001, s. 37.
- Renhorn K-E., Esseen P-A, Palmqvist K. & Sundberg B. 1997: Growth and vitality of epiphytic lichens, responses to microclimate along a forest edge- interior gradient. -Oecologia (1997) 109, s.1-9.
- Robbins C. 1987: Digestibility of arboreal lichen by Mule Deer. -J. of Range Management 40 (6).
- Sandström P., Granqvist Pahlen T., Edenius L., Tømmervik H., Hagner O., Olsson H., Baer K., Stenlund T., Brandt L. & Egberth M. 2003: Conflict resolution by participatory management: Remote sensing and GIS as tools for communicating land-use needs for reindeer herding in Northern Sweden. - Royal Swedish Academy of Sciences, Ambio Vol 32, No 8, s.557- 567.
- Sillett S. & Goslin M. 1999: Distribution of epiphytic macrolichens in relation to remnant trees in a multiple-age Douglas-fir forest. -Can. J. For. Res., 29, s. 1204-1215.
- Soppela J. 2001: Lupon biomassa ja lajikohtainen vaihtelu eri kasvupaikoilla Oulangan kansallispuistossa. -Metsäympäristön hoidon ja suojelun pro gradu- työ, Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, s. 6-7.
- Stevenson S.K 1979: Effects of selective logging on arboreal lichens used by Selkirk Caribou. -B.C. Ministry of Forests, Nelson.

- Stevenson S. 1988: Dispersal and colonization of arboreal lichens for habitat management: a review of methods. -B.C Ministry of Forests IWIFR-42, Victoria British Columbia, Canada.
- Stevenson S.K & Enns K.A 1993: Quantifying arboreal for habitat management: a review of methods. -Ministry of Forests, IWIFR 42, Victoria, British Columbia, Canada.
- Store R. & Jokimäki J. 2003: A GIS- based multi-scale approach to habitat suitability modelling. -Ecological Modelling, Vol 169, Issue 1, s. 1-15.
- Syrjänen K., Kalliola R., Puolasmaa A. & Mattson J. 1994: Landscape structure and forest dynamics in sub continental Russian European taiga. -Ann. Zool. Fennici 31, s. 19-34.
- Söderström L. 1988: The occurrence of epiphytic bryophytes & lichen spp. in an old naturae & a managed forest stand in northeast Sweden. -Biological Conservation, vol 45, no 3., s. 169-178.
- Söyrinki N., Salmela R. & Suvanto J. 1977: Oulangan kansallispuiston metsä- ja suokasvillisuus. -Acta Forestalia Fennica 154.
- Terry E., McLellan B. & Watts G. 2000: Winter habitat ecology of mountain caribou in relation to forest management. -J. of Applied ecology 37, s. 589-602.
- Tomppo E., Katila M., Moilanen J., Mäkelä H. & Peräsaari J. 1998: Kunnittaiset metsävaratiedot 1990- 94. -Metsätieteen aikakauskirja 4B/1998, Metsäntutkimuslaitos, Suomen metsätieteellinen seura, s.641.
- Veijola P. 2001: Metsätalouden ja poronhoidon yhteensovittaminen saamelaisten kotiseutualueella. -Metsähallitus, Ylä-Lapin luonnonhoitoalue.

## Liite 1. Ajomakro (Nivala 2005, suullinen tiedonanto)

```
/**PNTCLIP
/* CALCULATE AREAS OF A CLASSIFIED GRID AROUND SAMPLING PLOTS USING
SELECTED RADIUS
/* -----
/* (c)2005 Metla/RO
/*
/* Coding: 28.06.2005 VNi

&args inCov itemName inGrid radList outFile classList

/* DO BASIC PARAMETER ERROR CHECKING

&if [null %classList%] &then
    &return &ERROR Usage: PNTCLIP <inPointCov> <IDitemName> <inGrid> <radiusList> <outFile>
<classList>

&if [locase [show program]] ne grid &then
    &return &ERROR PNTCLIP runs in GRID prompt only.

&if not [exists %inCov% -POINT] &then
    &return &ERROR Input point coverage [upcase %inCov%] does not exist / POINT topology is missing.

&if not [iteminfo %inCov% -POINT %itemName% -EXISTS] &then
    &return &ERROR Key item [upcase %itemName%] does not exist in coverage [upcase %inCov%]

&if not [exists %inGrid% -GRID] &then
    &return &ERROR Input grid [upcase %inGrid%] does not exist.

&s .out [open %outFile% ipk -WRITE]
&if %ipk% ne 0 &then
    &return &ERROR Error creating output file %outFile%.

&messages &off
mape %inCov%
&describe %inGrid%
```

```

&s cellSize %GRD$DX%
&s haUnit [calc %cellSize% * %cellSize% / 10000]

/* COUNT CLASSES AND CREATE THE OUTPUT FILE HEADER RECORD AND AN 'EMPTY'
RECORD
/* FOR SAMPLE PLOTS WHERE ALL DATA INSIDE BUFFER IS MISSING (HOPEFULLY NOT
NEEDED!)

&s hdrRec PNTID,RADIUS
&s emptyRec
&s classList [unquote %classList%]
&s classCnt 0
&do cl &list %classList%
&s classCnt %classCnt% + 1
  &s hdrRec %hdrRec%,CL%cl%_AREA
  &s emptyRec %emptyRec%,0
&end
&s ipk [write %.out% [quote %hdrRec%]]

/* CALCULATE THE NUMBER OF POINTS IN THE COVERAGE

clearselect
aselect %inCov% POINT
&s pntCnt [before [show select %inCov% POINT] ,]

/* PROCESS ONE RADIUS AT A TIME FOR ALL SAMPLE PLOTS

&s radList [unquote %radList%]
&do radius &list %radList%
  &do pnt = 1 &to %pntCnt%

/* GET POINT'S ID AND LOCATION. SET THE ANALYSIS WINDOW ACCORDING TO SELECT
RADIUS
/* TO SPEED UP GRID HANDLING

&s id [show select %inCov% POINT %pnt% ITEM %itemName%]
&s x [before [show select %inCov% POINT %pnt% XY] ,]

```

```

&s y [after [show select %inCov% POINT %pnt% XY] ,]
&type %radius%: %pnt% / %pntCnt% (ID: %id%)

&if [exists tmpbuf -DIR] &then; kill tmpbuf all
&s xmin %x% - %radius% - %cellSize%
&s ymin %y% - %radius% - %cellSize%
&s xmax %x% + %radius% + %cellSize%
&s ymax %y% + %radius% + %cellSize%

/* SELECT DATA AROUND THE CURRENT SAMPLING PLOT AND CALCULATE THE AREA OF
/* EACH CLASS IN HECTARES

setwindow %xmin% %ymin% %xmax% %ymax%
tmpbuf = SELECTCIRCLE(%inGrid%,%x%,%y%,%radius%)
setwindow MAXOF

&s rec %id%,%radius%
&if [exists tmpbuf.vat -INFO] &then
&do
&do cl &list %classList%
reselect tmpbuf.vat INFO VALUE = %cl%
&if [before [show select tmpbuf.vat INFO] ,] > 0 &then
&do
&s area [calc [truncate [calc [show select tmpbuf.vat INFO 1 ITEM COUNT] * %haUnit% *
100]] / 100]
&s rec %rec%,%area%
&end
&else
&s rec %rec%,0.0

clearselect tmpbuf.vat INFO
&end
&end
&else
&s rec %rec% %emptyRec%

&s ipk [write %.out% [quote %rec%]]

```



&end  
&end

&s ipk [close -ALL]  
kill tmpbuf all

&messages &on

&return

/\* RUN EXAMPLES

&r aml/pntclip KOEALAT N1 MANTYLUO '250,500,750' Ajot/manty.csv '1,2,3,4,5'  
&r aml/pntclip KOEALAT N1 KUUSILUOK '250,500,750' Ajot/kuusi.csv '1,2,3,4,5'  
&r aml/pntclip KOEALAT N1 KOIVULUOK '250,500,750' Ajot/koivu.csv '1,2,3,4,5'  
&r aml/pntclip KOEALAT N1 MUULEHTLUOK '250,500,750' Ajot/muuleht.csv '1,2,3,4,5'  
&r aml/pntclip KOEALAT N1 IKALUOKITELTU '250,500,750' Ajot/ika.csv '1,2,3,4,5'  
&r aml/pntclip KOEALAT N1 KASVPTYYPYLUO '250,500,750' Ajot/kasvptyyp.csv '1,2,3,4,5,6,7,8'  
&r aml/pntclip KOEALAT N1 KKPLUOK '250,500,750' Ajot/kkp.csv '1,2,3,4,5'  
&r aml/pntclip KOEALAT N1 PAARYHLUOK '250,500,750' Ajot/paaryh.csv '1,2,3,4'  
&r aml/pntclip KOEALAT N1 PPAALUOKITELTU '250,500,750' Ajot/ppa.csv '1,2,3,4,5'

## Liite 2. 250 m malli

HyperNiche Version 1.12  
7 Mar 2006, 11:29

luokka

\*\*\*\*\* Local mean, LM-NPMR  
\*\*\*\*\*

Kind of run

EVALUATE SELECTED MODEL without attempting improvements.

Quantitative = Kind of response variables

NO = Monte carlo test

-99.99990 = Missing value indicator

8.40000 = Minimum average neighborhood size (N\*) for acceptable  
model

NO = Write sizes of each neighborhood

YES = Write listwise output table

NO = Write to result file the site x spp matrix of estimates

NO = Write to spreadsheet the site x spp matrix of estimates

1 = Minimum neighborhood size allowed for estimate

DATA SETS

Response matrix:

168 sites (rows)

1 response (columns)

Predictor matrix:

168 sites (rows)

14 variable (columns)

Habitat variable kpt7pr has range <= 0;  
variable excluded from model.

0.0000000000 = range

Habitat variable kpt8pr has range <= 0;  
variable excluded from model.

0.0000000000 = range

SELECTED MODEL:

Saved title for specified model run: luokka

luokka = Response variable

Quantitative = Response type

LM = Model form

0.4755 = xR2

Model specification includes: 2 predictors.

Variable	Type	Tolerance or coefficient
1 kuusiV	Q	11.90
7 kpt4pr	Q	8.642

Tolerances

```

-----
PREDICTORS
Number Name      Type           Min           Max           Tolerance
Tol,%
  1 kuusiV       Q             25.6300      144.6100      11.8980
10.00
  7 kpt4pr       Q              0.0000       86.4200       8.6420
10.00
-----

```

```

MODEL EVALUATION, QUANTITATIVE RESPONSE
      0 SUs in empty or too small neighborhoods
     168 SUs in populated neighborhoods
    15.380 = N* = average neighborhood size
-----

```

```

-----
Number Name      Nonzero      Naive      Residual      Total
                xR2      Values      est.      SumSquares      SumSquares
  1 luokka       0.476      122        1.0119        53.482        101.98
-----

```

NOTES:

Sample units with empty neighborhoods were excluded from these calculations.

xR2 = cross-validated R<sup>2</sup> = 1 - (Residual Sum of Squares / Total Sum of Squares)

xR2 is based on a leave-one-out crossvalidation.

xR2 set to missing value, -99.9999, for species with < 2 populated neighborhoods.

Present = number of times the species occurred in the data

Naive estimate = average value for the response variable across all data points

Residual sum of squares = sum of squared differences between estimated and observed values.

This differs from traditional RSS in that the estimates are based on a leave-one-out cross-validation procedure rather than including the target point in the basis for the estimate.

Total sum of squares = sum of squared differences between observed values and mean.

Empty neighborhoods = number of cases with neighborhood size below minimum

Populated neighborhoods = number of cases with neighborhood size greater than or equal to minimum

SENSITIVITY ANALYSIS

0.050 = DELTA (A small difference applied to a predictor, expressed as a constant proportion of the range of the predictor.)

```

-----
Predictor Sensitivity1  Sensitivity2  Range  N nudgings
NudgedEmpty  Empty Orig.
  kuusiV      0.8131      0.8990  119.0    336
  0            0
-----

```

kpt4pr            0.3238            0.4267            86.42            336  
0                    0

-----  
1.9246            = range in estimated values from original data  
Sensitivity1 is the mean absolute difference resulting from nudging the  
predictors,  
                  expressed as a proportion of the range of the response  
variable.  
Sensitivity2 is the root mean squared difference resulting from nudging  
the predictors,  
                  expressed as a proportion of the range of the response  
variable.  
N nudgings = number of nudged values that contributed to the  
sensitivity calculation.  
Nudged empty = number of nudged values that resulted in a missing  
estimate because of insufficient  
                  data in that region of the predictor space, according to  
user-set minimum neighborhood size.  
Empty orig. = number of actual data points with neighborhood size below  
user-set minimum.

Calculations completed 7 Mar 2006, 11:29

\*\*\*\*\* Operation completed  
\*\*\*\*\*

### Liite 3. 500 m malli

HyperNiche Version 1.12  
7 Mar 2006, 12:09

luokka

\*\*\*\*\* Local mean, LM-NPMR  
\*\*\*\*\*

Kind of run

EVALUATE SELECTED MODEL without attempting improvements.

Quantitative = Kind of response variables

NO = Monte carlo test

-99.99990 = Missing value indicator

8.40000 = Minimum average neighborhood size (N\*) for acceptable  
model

NO = Write sizes of each neighborhood

YES = Write listwise output table

NO = Write to result file the site x spp matrix of estimates

NO = Write to spreadsheet the site x spp matrix of estimates

1 = Minimum neighborhood size allowed for estimate

DATA SETS

Response matrix:

168 sites (rows)

1 response (columns)

Predictor matrix:

168 sites (rows)

14 variable (columns)

Habitat variable kpt7pro has range <= 0;  
variable excluded from model.

0.0000000000 = range

Habitat variable kpt8pro has range <= 0;  
variable excluded from model.

0.0000000000 = range

SELECTED MODEL:

Saved title for specified model run: luokka

luokka = Response variable

Quantitative = Response type

LM = Model form

0.4470 = xR2

Model specification includes: 2 predictors.

Variable	Type	Tolerance or coefficient
1 kuusiV	Q	4.716
9 kpt3pro	Q	20.42

-----  
Tolerances

```

-----
PREDICTORS
Number Name      Type      Min      Max      Tolerance
Tol,%
  1 kuusiV      Q      33.5252  127.8488  4.7162
5.00
  9 kpt3pro     Q      15.4859   97.1707  20.4212
25.00
-----

```

```

MODEL EVALUATION, QUANTITATIVE RESPONSE
      0 SUs in empty or too small neighborhoods
     168 SUs in populated neighborhoods
    17.050 = N* = average neighborhood size
-----

```

```

-----
Number Name      Nonzero      Naive      Residual      Total
      xR2      Values      est.      SumSquares      SumSquares
  1 luokka      0.447      122      1.0119      56.396      101.98
-----

```

NOTES:

Sample units with empty neighborhoods were excluded from these calculations.  
 xR2 = cross-validated  $R^2 = 1 - (\text{Residual Sum of Squares} / \text{Total Sum of Squares})$

xR2 is based on a leave-one-out crossvalidation.  
 xR2 set to missing value, -99.9999, for species with < 2 populated neighborhoods.

Present = number of times the species occurred in the data  
 Naive estimate = average value for the response variable across all data points

Residual sum of squares = sum of squared differences between estimated and observed values.

This differs from traditional RSS in that the estimates are based on a leave-one-out cross-validation procedure rather than including the target point in the basis for the estimate.

Total sum of squares = sum of squared differences between observed values and mean.

Empty neighborhoods = number of cases with neighborhood size below minimum

Populated neighborhoods = number of cases with neighborhood size greater than or equal to minimum

SENSITIVITY ANALYSIS

0.050 = DELTA (A small difference applied to a predictor, expressed as a constant proportion of the range of the predictor.)

```

-----
Predictor Sensitivity1  Sensitivity2  Range  N nudgings
NudgedEmpty  Empty Orig.
  kuusiV      0.9603      1.1799      94.32      335
1
  kpt3pro     0.1463      0.1704      81.68      336
1

```

-----  
1.7851 = range in estimated values from original data  
Sensitivity1 is the mean absolute difference resulting from nudging the  
predictors,  
expressed as a proportion of the range of the response  
variable.  
Sensitivity2 is the root mean squared difference resulting from nudging  
the predictors,  
expressed as a proportion of the range of the response  
variable.  
N nudgings = number of nudged values that contributed to the  
sensitivity calculation.  
Nudged empty = number of nudged values that resulted in a missing  
estimate because of insufficient  
data in that region of the predictor space, according to  
user-set minimum neighborhood size.  
Empty orig. = number of actual data points with neighborhood size below  
user-set minimum.

Calculations completed 7 Mar 2006, 12:09

\*\*\*\*\* Operation completed  
\*\*\*\*\*

## Liite 4. 750 m malli

HyperNiche Version 1.12  
7 Mar 2006, 12:25

luokka

\*\*\*\*\* Local mean, LM-NPMR  
\*\*\*\*\*

Kind of run

EVALUATE SELECTED MODEL without attempting improvements.

Quantitative = Kind of response variables

NO = Monte carlo test

-99.99990 = Missing value indicator

8.40000 = Minimum average neighborhood size (N\*) for acceptable  
model

NO = Write sizes of each neighborhood

YES = Write listwise output table

NO = Write to result file the site x spp matrix of estimates

NO = Write to spreadsheet the site x spp matrix of estimates

1 = Minimum neighborhood size allowed for estimate

DATA SETS

Response matrix:

168 sites (rows)

1 response (columns)

Predictor matrix:

168 sites (rows)

14 factors (columns)

Habitat variable kpt7pro has range <= 0;  
variable excluded from model.

0.0000000000 = range

SELECTED MODEL:

Saved title for specified model run: luokka

luokka = Response variable

Quantitative = Response type

LM = Model form

0.4429 = xR2

Model specification includes: 2 predictors.

Variable	Type	Tolerance or coefficient
3 ika	Q	5.516
8 kpt2pro	Q	0.6639

-----  
Tolerances

-----  
PREDICTORS



Number	Name	Type	Min	Max	Tolerance Tol, %
3	ika	Q	26.3258	81.4898	5.5164
8	kpt2pro	Q	0.0339	4.4596	0.6639

MODEL EVALUATION, QUANTITATIVE RESPONSE

1 SUs in empty or too small neighborhoods  
 167 SUs in populated neighborhoods  
 24.779 = N\* = average neighborhood size

Number	Name	xR2	Nonzero Values	Naive est.	Residual SumSquares	Total SumSquares
1	luokka	0.443	121	1.0120	56.812	101.98

NOTES:

Sample units with empty neighborhoods were excluded from these calculations.

xR2 = cross-validated R<sup>2</sup> = 1 - (Residual Sum of Squares / Total Sum of Squares)

xR2 is based on a leave-one-out crossvalidation.

xR2 set to missing value, -99.9999, for species with < 2 populated neighborhoods.

Present = number of times the species occurred in the data

Naive estimate = average value for the response variable across all data points

Residual sum of squares = sum of squared differences between estimated and observed values.

This differs from traditional RSS in that the estimates are based on a leave-one-out

cross-validation procedure rather than including the target point in the basis

for the estimate.

Total sum of squares = sum of squared differences between observed values and mean.

Empty neighborhoods = number of cases with neighborhood size below minimum

Populated neighborhoods = number of cases with neighborhood size greater than or equal to minimum

SENSITIVITY ANALYSIS

0.050 = DELTA (A small difference applied to a predictor, expressed as a constant proportion of the range of the predictor.)

Predictor	Sensitivity1	Sensitivity2	Range	N nudgings
NudgedEmpty	Empty Orig.			
ika	0.7484	1.1159	55.16	336
0	0			
kpt2pro	0.1867	0.2673	4.426	336
0	0			

1.3893 = range in estimated values from original data

Sensitivity1 is the mean absolute difference resulting from nudging the predictors,

expressed as a proportion of the range of the response variable.

Sensitivity2 is the root mean squared difference resulting from nudging the predictors,

expressed as a proportion of the range of the response variable.

N nudgings = number of nudged values that contributed to the sensitivity calculation.

Nudged empty = number of nudged values that resulted in a missing estimate because of insufficient

data in that region of the predictor space, according to user-set minimum neighborhood size.

Empty orig. = number of actual data points with neighborhood size below user-set minimum.

Calculations completed 7 Mar 2006, 12:25

\*\*\*\*\* Operation completed  
\*\*\*\*\*