

Metsikkö- ja puutuhojen ennustemallit

Hannu Yli-Kojola

METLA VANTAAN YKSIKKÖ

Metsikkö- ja puutuhojen ennustemallit

Hannu Yli-Kojola

Yli-Kojola, H. 2005. Metsikkö- ja puutuhojen ennustemallit. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 948. 106 s. + 16 liites. ISBN 951-40-1989-X. ISSN 0358-4283.

Julkaisu sisältää ennustemallit metsikkö- ja puutuhojen esiintymistodennäköisyydelle kattaa kaikki tuhonaiheuttajat valtakunnan metsien 8. inventoinnin aineistosta vuosilta 1986–1994. Tuhojen merkitys metsän kehitykselle riippuu siitä, kuinka paljon tuhoja esiintyy ja miten tapahtuneet tuhot vaikuttavat. Tuhot voivat vähentää puuston kasvua, vaikuttaa saatavan puutavaran laatuun tai johtaa puiden kuolemiseen. Malleilla ennustetaan ensin metsikkötuhon todennäköisyys metsikkötunnusten funktiona. Toisessa vaiheessa ennustetaan puun tuhotodennäköisyys, joka riippuu metsikkötuhon esiintymisestä ja puun ominaisuuksista. Tuhon esiintymistodennäköisyyden mallit on laadittu logistisella regressioanalyysillä. Metsikkömallissa todennäköisyys voidaan tulkita tuhonalaisen pinta-alan osuutena metsien pinta-alasta. Puumallissa todennäköisyys voidaan tulkita tuhopuiden osuutena puiden lukumäärästä. Tuhon kokonaistodennäköisyys jaetaan mallissa luokkiin tuhon asteen ja syntyajankohdan mukaan. Tärkeimpiä tuhojen esiintymistä selittävästä tekijöistä ovat puulaji sekä metsikön tai puun kehitysvaihe, ilmaistuna metsikön valtipituutena, ikänä tai puun rinnankorkeusläpimittana.

Avainsanat Logistinen regressio, valtakunnan metsien inventointi, metsikkötuho, puutuh

Julkaisija Metsäntutkimuslaitos, Vantaan yksikkö

Hyväksynyt tutkimusjohtaja Kari Mielikäinen, 5.10.2005

Yhteystiedot Risto Ojansuu, Metla, Vantaan yksikkö, PL 18, FI-01301 Vantaa, p. 010 2111.

Tilaukset Metla, Vantaan yksikkö, kirjasto, PL 18, 01301 Vantaa, p. 010 211 2200, faksi 010 211 2201, sähköposti kirjasto@metla.fi.

Painopaikka Hakapaino Oy

Alkusanat

Työ liittyy osana Metsäntutkimuslaitoksessa tehtävään puuston kehityksen mallitustyöhön. Tutkimukselle antoi alkusysäyksen tarve saada tuhoriskien vaikutukset mukaan metsätalouden suunnitteluun. Työn aloittamisen mahdollisti Metsämiesten Säätiöltä saamani rahoitus. Metsämiesten Säätiölle suuret kiitokset taloudellisen tuen varmistamisesta. Myöhemmin työn on mahdollistanut työskentely Metsäntutkimuslaitoksessa. Aineiston olen saanut käyttööni valtakunnan metsien inventoinnin hankkeelta.

Tutkimustyön eri vaiheissa tukena on ollut tutkija MMT Risto Ojansuu. Hänelle suuret kiitokset avusta ja käsikirjoituksen tarkastuksesta. Metsätuhoihin liittyvää tutkimusyhteistyötä olen tehnyt tutkija MH Seppo Nevalaisen kanssa. Käsikirjoitusta ovat edellisten lisäksi kommentoineet vanhempi tutkija MMT Risto Heikkilä, tutkija MMM Antti Pouttu, tutkija Luk Martti Varama, prof. FT Heikki Henttonen ja tutkija FM Martti Lindgren Metsäntutkimuslaitoksesta. Kuvien, taulukoiden ja liitteiden julkaisukuntoon valmistelusta sekä julkaisun taitosta on vastannut tutkimusmestari Marja-Liisa Herno.

Kiitän edellä mainittuja avusta työn eri vaiheissa sekä tutkimuksen rahoittajia tutkimustyön mahdollistamisesta.

Vantaalla, syyskuussa 2005

Hannu Yli-Kojola

Sisällys

Alkusanat	3
Sisällys	4
1 Johdanto	7
2 Aineisto	7
2.1 Maastotyö	7
2.2 Aineiston esikäsittely	9
2.3 Aineiston tunnukset	10
2.4 Yhteenvedo mallien laadinta-aineistoista	12
3 Menetelmät	17
3.1 Logistinen regressio	17
3.2 Tuhomallin laadinta	18
3.3 Mallin tulkinta ja mallilla ennustaminen	20
4 Tuhomallit	21
4.1 Abioottiset tuhot	21
4.1.1 Tuuli	21
4.1.2 Lumi	23
4.1.3 Muut ilmastotekijät (Pohjois-Suomi)	25
4.1.4 Maaperätekijät (Pohjois-Suomi)	28
4.1.5 Muut ilmasto- ja maaperätekijät (Etelä-Suomi)	31
4.2 Kilpailu	34
4.3 Ihmisen toiminta	36
4.3.1 Puutavaran korjuu	36
4.3.2 Muu ihmisen toiminta	38
4.4 Selkärangaiset	40
4.4.1 Myyrät	40
4.4.2 Hirvet ja muut selkärangaiset	42
4.5 Hyönteiset	46
4.5.1 Ytimennävertäjät	46
4.5.2 Pistiäiset (Pohjois-Suomi)	48
4.5.3 Muut hyönteiset (Pohjois-Suomi)	50
4.5.4 Muut hyönteiset (Etelä-Suomi)	52
4.6 Sienitaudit	53
4.6.1 Tervasroso	53
4.6.2 Versosurma	54
4.6.3 Lahottajasienet	58
4.6.4 Männynversoruoste (Pohjois-Suomi)	64
4.6.5 Neulaskaristeet (Pohjois-Suomi)	64
4.6.6 Lumihomeet (Pohjois-Suomi)	67
4.6.7 Muut sienitaudit (Pohjois-Suomi)	68
4.6.8 Muut sienitaudit (Etelä-Suomi)	70
4.7 Monitaho	72
4.8 Tunnistamattomat tuhot	73
4.8.1 Pystykuolleita puita	73
4.8.2 Kaatuneita ja katkenneita puita	73
4.8.3 Runkovaurioita	77

4.8.4	Kuivia ja katkenneita latvoja	79
4.8.5	Muita latvuksen tuhoja	80
4.8.6	Neulas- ja lehtikatoa	85
4.8.7	Neulasten ja lehtien värivikoja	87
4.9	Harsuuntuminen	89
4.10	Yhteenveto tuhonaiheuttajista	96
5	Tuhomallien luotettavuus	99
6	Tarkastelu	101
6.1	Aineisto	101
6.2	Mallit	103
	Kirjallisuus	105
	Liite I. Tuhotunnukset	107
	Liite II. Potentiaaliset tuhoja selittävät tunnukset	110
	Liite III. Metsikkötuhojen aineistojen havaintojen jakaantuminen metsikön valtapituuden suhteen koko maassa	114
	Liite IV. Metsikkötuhojen aineistojen havaintojen jakaantuminen metsikön iän suhteen koko maassa	116
	Liite V. Puutuhojen aineistojen havaintojen jakaantuminen puun rinnankorkeus- läpimitan suhteen koko maassa	118
	Liite VI. Esimerkki tuhojen ennustamisesta	120
	Liite VII. Tuhon todennäköisyyksien laskenta	121

I Johdanto

Metsätalouden suunnittelussa tarvitaan tietoa suunnittelun kohteena olevan metsäalueen puustosta ja ennusteet puuston tulevasta kehityksestä eri toimenpidevaihtoehdoilla. Metsän käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen tuottamiseen käytetään metsävaratietoja sekä metsien kehitystä, metsien hoitoa ja käsittelyä kuvaavia malleja. Metsien käyttömahdollisuuksien arviot, niistä johdetut metsien käyttöpäätökset ja edelleen metsätalouden kestävyys toteutumisen riippuvat metsävaratietojen luotettavuuden lisäksi siitä, kuinka pätevästi metsien tuleva kehitys osataan ennustaa (Hynynen ym. 2002).

Metsätalouden suunnittelussa on yleensä oletettu, että metsät ovat terveitä (Hynynen ym. 2002). Päätöksenteossa tulisi kuitenkin voida ottaa huomioon metsien rakenteesta ja muista tekijöistä johtuva metsätuhojen riski. Tuhojen merkitys metsätaloudelle riippuu tuhon todennäköisyydestä ja tuhon vaikutuksesta puuraaka-aineen tuotokseen. Eri tuhonaiheuttajilla tuhojen syntymekanismit ja vaikutustavat poikkeavat toisistaan. Tuhot voivat johtaa puiden kuolemiseen, vähentää puiden kasvua ja vaikuttaa saatavan puutavaran laatuun. Esim. tuulituhoihin vaikuttavat paikallisen tuulen nopeuden lisäksi selvästi puuston ominaisuudet (Jalkanen ja Mattila 2000) ja puun runkomuoto (Vallinger ja Fridman 1997) ja tuulen kaatamien puiden arvo laskee. Versoruosteen esiintymiseen vaikuttaa voimakkaasti kasvupaikka (Mattila 2002). Hirvituhot esiintyvät puolestaan pääosin taimikoissa ja tuhoriskiin vaikuttaa taimikon puulajikoostumus (Jalkanen 2001). Haluttaessa arvioida tuhoriskin suuruutta ja metsänhoidon vaikutusta siihen, on tuhoriskin arviointi luontevaa tehdä tuhonaiheuttajittain.

Tämän työn tavoitteena on kehittää malliperhe, jolla voidaan arvioida tuhoriskin suuruutta metsikössä ja yksittäisellä puulla. Raportissa esitetään mallit kaikkien VMI8:ssa luokiteltujen tuhojen esiintymistodennäköisyyksille. Tuhojen vaikutus puuraaka-aineen tuotokseen jää tämän tutkimuksen ulkopuo-

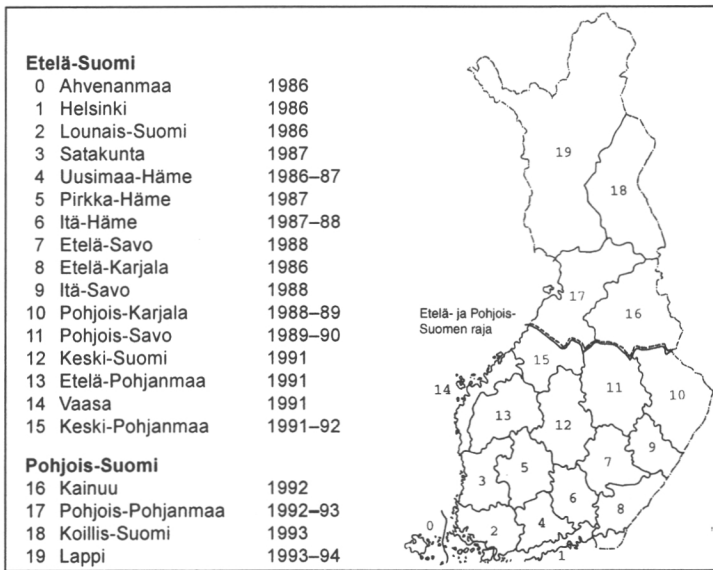
lle. Osa vaikutuksista voidaan suoraan liittää metsikön kehityssennusteisiin kasvumallien kehitystyön yhteydessä. Tuhojen vaikutus puun kasvuun voidaan estimoida kasvumalleihin aineistosta, jossa kasvumittausten lisäksi on tehty tuhomallien laadinta-aineiston kanssa yhteensopiva tuholuokitus, esim. kalibroitaessa malli VMI-aineistoon (vrt. Hynynen ym. 2002). Samoin puiden kuolemistodennäköisyys saadaan suoraan tuhomalleista, koska niissä on eroteltu kuolemaan johtaneet tuhot. Sen sijaan tuhojen vaikutusta puutavaran laatuun lienee mahdotonta suoraan mallintaa kattavasti olemassa olevista aineistoista ja siten kvantitatiivisten laatuvaikutusten liittäminen metsän kehityssennusteisiin ei ole yhtä suoraviivaista.

Mallien avulla voidaan ennustaa todennäköisyys sille, että puussa esiintyy tuho. Tuhojen esiintyminen keskittyy usein tiettyihin metsiköihin, esim. tuulituhot, tämän vuoksi tuhotodennäköisyyden ennustaminen tehdään kahdessa vaiheessa. Ensinnä ennustetaan metsikön tuhotodennäköisyys metsikön ominaisuuksien funktiona. Toisessa vaiheessa ennustetaan puun tuhotodennäköisyys, johon vaikuttaa puun ominaisuuksien lisäksi metsikkötuhon esiintyminen.

2 Aineisto

2.1 Maastotyö

Tutkimuksen aineistona oli valtakunnan metsien 8. inventoinnin (VMI8) koko maan koalat. Maastotyö tehtiin metsälautakunnittain vuosina 1986–1994 (kuva 1). Inventointi perustui systemaattiseen otantaan, jossa mitaukset ja arviointit tehtiin rypäillä määrävällein sijaitsevilta koaloilta sekä niiltä metsikkökuvioilta, joilla koalat sijaitsivat. Inventoinnissa rypäät sijoitettiin tasaisin välein yli koko Suomen. Etelä-Suomen alueeseen kuuluvat metsälautakunnat 0–15 ja Pohjois-Suomeen metsälautakunnat 16–19. Tässä tutkimuksessa käytettiin vanhaa 8.



Kuva 1. Metsälautakuntien alu-ees ja maastotyövuodet valtakunnan metsien 8. inventoinnissa.

inventoinnin aikaista metsälautakuntajakoa (Salminen ja Salminen 1998, Tomppo ym. 2001).

Otantatiheys vaihteli maan eri osissa (taulukko 1). Etelä-Suomessa rypäiden välinen etäisyys oli pohjois-eteläsuunnassa 8 kilometriä ja länsi-itäsuunnassa 7 kilometriä. Ryväslinja muodostui kaakkoon aukeavan suorakulman sivuista leikatuista 2 050 metrin pituisista janoista. Linjan yhteispituus oli 4 100 metriä ja sillä sijaitsi 21 koealaa 200 metrin etäisyydellä toisistaan. Ryväslinja koealoineen muodosti otosyksikön (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986, Salminen 1993). Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan metsälautakuntien alueilla rypäiden välinen etäisyys oli molempiin suuntiin 7 kilometriä (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1992) sekä Koillis-Suomessa ja Lapin metsälautakunnan eteläosassa vastaavasti 10 kilometriä (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1993). Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsälautakuntien alueilla oli rypäällä 15 koealaa ja koealojen välinen etäisyys oli 300 metriä.

Enontekiön, Inarin ja Utsjoen kunnissa käytettiin kaksivaiheista otantaa. Ensimmäinen otantavaihe suoritettiin satelliittikuvalta, jolloin kuvasta tulkittiin maaluokka. Toisessa vaiheessa rypäät sijoitettiin systemaattisesti

puustoisille ositteille otannan tehostamiseksi. Kahdeksan koealan muodostaman neliönmuotoisen rypään sivujen pituudet olivat 1 500 metriä, jolloin koealojen välinen etäisyys oli 750 metriä (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1994).

Etelä-Suomen alueella puut mitattiin relaskoopikoealalta. Pohjois-Suomessa puut mitattiin ns. katkaistulta relaskoopikoealalta, jossa suurimpien puiden luku rajoitettiin ympyräkoealalle. Koepuina mitattiin lukupuukoealoilta joka 7. puu. Kolmen pohjoisimman kunnan alueella lukupuukoealana oli ympyräkoeala, jolta koepuut valittiin relaskoopilla kertoimella 6. Käyttökelpoiset vähintään polttopuiksi kelpaavat kuolleet puut mitattiin. Puut mitattiin metsämaalta ja kitumaalta.

Etelä-Suomessa yksi koeala edustaa 266 hehtaaria, Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla 328 hehtaaria sekä Koillis-Suomessa ja Lapin metsälautakunnan eteläosassa 664 hehtaaria. Enontekiöllä, Inarissa ja Utsjoella yhden koealan edustama ala vaihtelee 1 785 hehtaaria 6 727 hehtaariin (taulukko 1). Koko maassa mitattiin 60 208 koealaa, joiden keskipiste oli metsämaalla ja yhteensä 70 419 koepuuta, joista 68 246 oli metsämaalla ja 2 173 kitumaalla. Kuolleita puita oli aineistossa 1 159.

Kuviotiedot kirjattiin koealan keskipiste-

Taulukko 1. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin otantaan liittyvää tietoa maan eri osista.

	Metsälautakunta			
	0 – 15	16 ja 17	18 ja 19 eteläosa	19 pohjoisosa
Ryväsvali	8 x 7 km	7 x 7 km	10 x 10 km	7 x 7 km puustoisilla alueilla
Koelaväli rypäällä	200 m	300 m	300 m	750 m
Koaloja / ryväs	21	15	15	8
Koelatyyppi	Relaskooppi- koeala	Yhdistetty relaskooppi- ja ympyräkoeala	Yhdistetty relaskooppi- ja ympyräkoeala	Yhdistetty relaskooppi- ja ympyräkoeala
Relaskooppikerroin	2	1,5	1,5	6
Ympyräkoealan säde		12,45 m	12,45 m	5,15 m
Koalan edustama ala	266,1 ha	327,6 ha	664,4 ha	1784,6–6727,0 ha
Koaloja metsämaalla	43 212	9 870	6 827	299
Koepuita metsä- ja kitumaalla	49 801	12 413	7 519	686

kuvioilta sekä niiltä muilta metsikkökuvioilta, joilla oli koealan puita. Keskipistekuviolla tarkoitetaan sitä metsikkökuviota, jolla koealan keskipiste sijaitsee. Metsikkökuvioilla tarkoitetaan kasvupaikaltaan ja puustoltaan suunnilleen homogeenista aluetta. Kuviokohdattaiset maa- ja puustotiedot kuvaavat sitä kuviota, jolla koeala tai sen osa sijaitsee. Pienimmän erotettavan kuvion koko oli Etelä-Suomessa 0,25 hehtaaria ja Pohjois-Suomessa 0,5 hehtaaria. Pienemmätkin kuviot voitiin erottaa ainakin silloin, kun ne kuuluivat selvästi eri maaluokkiin (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986). Puutiedot mitattiin ja arvioitiin kaikista koaloilla sijainneista puista.

2.2 Aineiston esikäsittely

Etelä-Suomen maastotyön edetessä tehtiin mittaushojeisiin vuosittain joitakin koodien tarkennuksia. Siirryttäessä Pohjois-Suomen alueelle vuonna 1992, muutettiin mittaushojeet perusteellisesti. Tällöin kaikki koodistot uusittiin ja niitä laajennettiin, lisäksi mukaan otettiin uusia tunnuksia. Metsikön toisen jakson tiedot kirjattiin erikseen. Pohjois-Suomen aineisto on yksityiskohtaisempi ja monipuolisempi kuin Etelä-Suomen aineisto.

Tulosten laskentaa ja mallien laadintaa varten Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen aineistojen koodit yhteismitallistettiin. Yhteismitallistettu aineisto käsitti koko maan. Kos-

ka osaa tiedoista ei voitu yhdistää, käytettiin Etelä- ja Pohjois-Suomen aineistoja myös erikseen.

Kullekin maantieteelliselle alueelle oli käytettävissä erikseen kuvio- ja puuaineistot. Kuvioaineistoihin sisällytettiin kaikkien metsämaalla sijaitsevien keskipistekuvioiden tiedot. Metsikkötason tarkasteluun otettiin mukaan vain keskipistekuviot, koska pinta-ala tiedot lasketaan keskipistekuvioiden jakauksen perusteella. Puuaineistoissa on mitattujen koepuiden tiedot ja vastaavat kuviotiedot, myös sivukuviolta. Aineistoja täydennettiin joukolla laskennallisia tunnuksia. Kuvio-tietoihin liitettiin lämpösumma, mereisyys, metsikön valtapituus, valtapituusboniteetti ja keskiläpimitta sekä puutietoihin puun asema metsikössä, puun solakkuusaste ja painomuuttujaksi koepuiden edustama puiden lukumäärä eri rinnankorkeusläpimittaluokissa.

Lämpösumma, joka kuvaa kasvupaikan ilmasto-oloja, ennustettiin aineiston kuvioille säähavaintoasemien kuukausikeskiarvojen avulla jakson 1951–1980 keskiarvona Ojansuun ja Henttosen (1983) menetelmällä. Lämpösumman ennuste ottaa huomioon kohteen korkeuden merenpinnasta, meren läheisyyden ja järvien määrän lähiympäristössä. Mereisyysindeksi liitettiin kuvioille mukaan myös itsenäisenä tunnuksena. Indeksillä kuvaa meren peittävyttä kohteen ympäristössä 20 kilometrin säteellä siten, että lähellä kohdetta sijaitseva vesialue saa suuremman painon kuin kaukana sijaitseva (Ojansuu ja

Henttonen 1983).

Valtapiuus ennustettiin keskipistekuvioille kasvupaikkamuuttujien ja metsikön iän funktiona MELA-ohjelmistossa käytetyn valtapiuuden kehitysmallin avulla (Hynynen ym. 2002). Malleissa valtapiuus määriteltiin niiden puiden keskipituutena, joiden läpimitta oli vähintään pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan suuruinen. Yleensä valtapiuus määritetään hehtaarin sadan paksuimman puun keskipituutena. Systemaattinen ero perinteisen valtapiuuden ja tässä käytetyn valtapiuuden välillä oli keskimäärin alle 5 % (Ojansuu 1996). Taimikkokehitysluokissa laskettu valtapiuus korvattiin maastotyössä arvioidulla taimikoiden keskipituudella. Myös valtapiuusboniteetti (H_{50}) ennustettiin tärkeimmille puulajeille valtapiuuden kehitysmalleilla (mänty, kuusi, rauduskoivu ja hieskoivu) (Hynynen ym. 2002). Koelajoille laskettiin lisäksi pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta rinnankorkeudelta.

2.3 Aineiston tunnukset

Tuhotunnukset

Tuhot rekisteröitiin erikseen metsikkökuvioilta ja koepuista. Tuhotunnuksia olivat tuhon ilmiasu, syntyaika, aiheuttaja ja aste, lisäksi arvioitiin puiden latvuksen harsuuntuminen. Tuhon ilmiasun ja syntyaajan luokitukset olivat samat koko maassa, tuhon aiheuttajan ja asteen luokitukset erosivat Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Etelä-Suomessa tuhon esiintyminen arvioitiin metsikön vallitsevasta jaksosta ja lisäksi metsikön toisesta jaksosta silloin kun vallitsevassa jaksossa ei ollut tuhoa. Pohjois-Suomessa tuhot merkittiin aina erikseen eri jaksoille, jolloin samassa metsikössä saattoi molemmissa jaksoissa esiintyä tuhoa.

Ilmiasu-, syntyaika- ja aiheuttajaluokitukset olivat samat sekä kuvioilla että koepuilla. Kuviotarkastelu tehtiin vain metsämaalla, koepuiden tuhoja tarkasteltiin myös kitumaan puista. Tuhon arviointi tehtiin silmävaraisesti. Jos kuviolla tai koepuulla oli

enemmän kuin yksi tuho tai tuhonaiheuttaja, rekisteröitiin vain puuntuotoksen kannalta merkityksellisin tuho, vaikka se ei välttämättä ollut yleisin. Tuhoa, joka oli kohdistunut muuhun kuin kasvatettavaan puustoon, ei rekisteröity tuhona. Tuhon syntymisestä kulu-
nut aika ei rajoittanut tuhon arviointia (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986). Tuho-
koodit on esitetty liitteessä 1.

Maastotyössä metsikön tai koepuun tuhosta arvioitiin ensin ilmiasu. Metsikössä tai puulla mahdollisesti esiintyvistä kahdesta samanarvoisesta tuhosta rekisteröitiin ilmiasun koodinumeroltaan pienempi (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986). Kuitenkin esimerkiksi kuviotasolla vaikuttavampi neulastuho (koodi 7) ohitti muutaman kuolleen puun (koodi 1) esiintymisen kuviolla. Seuraavaksi arvioitiin tuhon syntyaika ja aiheuttaja. Pohjois-Suomessa tuhon aiheuttajakoodisto oli laajempi kuin Etelä-Suomessa.

Lopuksi arvioitiin tuhon aste. Luokitus oli erilainen metsiköille ja puille. Metsikön tuhon aste kuvaa kaikkien tuhojen yhteistä vaikutusta. Tuhometsikön tilaa verrattiin kuviteltuun metsikön tilaan ennen tuhon syntyä. Kasvun pieneneminen, puiden kuoleminen ja puiden vaurioitumisesta aiheutuva puuston teknisen laadun aleneminen olivat tuhon asteen arvioinnin pääkriteerit (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986). Tuhon astetta luokiteltaessa käytettiin perusteena tuhon aiheuttamaa metsikön metsänhoidollisen laadun huononemista tai metsikön kehitysluokan muuttumista tuhon välittömänä seurauksena. Kehitysluokka muuttui, jos tuho teki metsiköstä aukean tai alikasvoksesta tuli vallitseva jakso tuhoutuneen jakson tilalle. Tapauksissa, joissa tuhometsikkö oli myöhemmin viljelty tai kaatuneet puut oli korjattu, ei tuhoa enää merkitty. Koepuilla tuhon asteen kuvauksessa Etelä-Suomen ohi mennyt tai ohi menevä tuho ja Pohjois-Suomen lievä tuho ja kasvua alentava tuho yhdistettiin lieväksi tuhoksi. Lisäksi kuolevat ja kuolleet puut eroteltiin eri luokiksi.

Varsinaisten tuhomittausten lisäksi arvioitiin erikseen latvuksen harsuuntumista tietty kriteerit täyttävistä yksittäisistä männyistä

ja kuusista, joita kutsuttiin harsuuntumiskohdepuiksi. Taimikoissa harsuuntumiskohdepuina tarkasteltiin ylispuustoa, muissa kehitysluokissa valta- ja ylispuustoa. Männyllä harsuuntumisarvio tehtiin elävän latvuksen kahdesta ylimmästä kolmanneksesta ja kuusella yleimmästä puoliskosta. Harsuuntumiskohdepuilla oli arvioinnin kohteena neulasmassan väheneminen verrattuna samoissa olosuhteissa kasvavaan terveeseen puuhun. Harsuuntumisena ei pidetty hede-kukinnan tai esim. latvan katkeamisen, kuivalatvaisuuden, tervasroson, ytimennävertäjien tai naapuripuiden piiskauksen aiheuttamaa neulasten vähenemistä. Keltaisia, ruskeita tai muuten värivikaisia neulasia ei luettu harsuuntumiseen. Kun puun harsuuntuminen oli yli 30 %, tuli koepuulla olla myös merkintä tuhosta.

Metsikkötasolla arvioitiin lisäksi mäntyjen ja kuusten keskimääräinen harsuuntuminen. Kuvioarviointia varten tarkasteltavat harsuuntumiskohdepuut valittiin samoin kriteerein kuin koepuista tehtävässä harsuuntumisarvioinnissa. Harsuuntumistarkastelu tehtiin, jos kuviolla oli harsuuntumiskohdepuita vähintään 33 kpl/ha (1 puu 3 aaria kohti). Kuviokohtaisessa tarkastelussa harsuuntuneina pidettiin harsuuntumiskohdepuita, joilla harsuuntumisaste oli yli 20 % (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986, Lindgren ja Salemaa 1994).

Potentiaaliset tuhoja selittävät tunnuks

Mallituksessa käytettävissä olleiden kuvio- ja puutunnusten määrittelyt esitetään liitteessä 2 ja vastaavien jatkuvien muuttujien vaihteluvälit ja keskiarvot taulukossa 2. Puutuhomallien aineistojen metsikkötietojen keskiarvot poikkesivat jonkin verran kuviotuhomallien aineistoista, koska mukana oli vain ne kuviot, joilta oli mitattu koeputa.

Tärkein tuhon esiintymistodennäköisyyden selittäjä on metsikön tai puun kehitysvaihe, jonka vaikutus kuvattiin perusmallilla. Kehitysvaihetta kuvaavana tunnuksena käytettiin metsikkömalleissa valtapituutta tai

metsikön ikää. Puumalleissa kehitysvaihe kuvattiin puun rinnankorkeusläpimitalla sekä harsuuntumismalleissa puun iällä.

Tarkennettuihin malleihin lisättiin selittäviksi muuttujiksi muita metsikkö- ja puutunnuksia. Metsikön sijaintia kuvaamaan oli käytettävissä korkeus merenpinnasta, lämpösumma, meren läheisyys, koealan sijainti seinämämetsikössä ja koealan keskipisteen etäisyys kuvion rajasta sekä metsälautakunta. Korkeutta merenpinnasta käytettiin jatkuvana muuttujana Pohjois-Suomen korkeilla alueilla ja luokittelumuuttujana meren rannan läheisyydessä. Koealan sijainti seinämämetsikössä voitiin Etelä-Suomessa ottaa huomioon. Seinämämetsiköksi sanotaan metsikköä, johon rajoittuva kuvio on aukea tai metsikön valtapituus on korkeintaan puolet seinämämetsikön valtapituudesta (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986).

Myyrämalleja tarkennettiin tiedolla metsälautakunnista, joiden alueilla oli ollut runsasta myyrien esiintymistä inventointia edeltäneiden 3 vuoden aikana (Henttonen, H., suullinen haastattelu v. 2000). Pistiäismalleja tarkennettiin tiedolla kunnista, joiden alueilla oli ollut pistiäisten epidemia inventointikesänä (Varama, M., suullinen haastattelu v. 2000). Nämä alueelliset muuttujat voidaan myös tulkitä epidemiaa osoittavina muuttujina.

Paikallisina kasvupaikkaa kuvaavina tunnuksina olivat aineistoissa maaluokka, päätyyppi, kasvupaikkatyyppi, valtapituusboniteetti, maalaji, ojitustilanne, maanpinnan käsittely, maanpinnan käsittelyn ajankohta sekä veroluokan tarkennus. Koko maan malleissa ei maalajia voitu käyttää selittäjänä muuttujana, koska Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen aineistoissa maalaji on kirjattu eri tavalla. Puustotiedoista olivat käytettävissä metsikön pohjapinta-ala, perustamistapa, pääpuulajiosuus ja muiden puulajien osuudet sekä toimenpiteitä kuvaavina tietoina aika viimeksi suoritetusta hakkuusta ja ehdotetun hakkuun kiireellisyys.

Puutuhomalleissa oli edellisten tunnusten lisäksi käytettävissä koealan keskipisteen etäisyys kuvion reunasta, puun syntytapa sekä metsikkökuviolla esiintynyt kyseinen malli-

Taulukko 2. Tietoja potentiaalisista tuhomallien teossa käytettävissä olleista jatkuvista muuttujista maan eri osien aineistoissa.

Muuttuja		Etelä-Suomi			Pohjois-Suomi			Koko maa		
		Min	\bar{x}	Max	Min	\bar{x}	Max	Min	\bar{x}	Max
Metsikkömallit										
Sijainti	Korkeus merenpinnasta, m	0	110	310	0	186	390	0	131	390
	Lämpösomma, dd	916	1 154	1 366	584	884	1 102	584	1 078	1 366
Kasvu- paikka	Valtapietusboniteetti, m									
	(H ₅₀ , mänty)	8,2	19,1	23,5	6,3	15,5	20,2	6,3	18,1	23,5
Puusto	Pohjapinta-ala, m ²	0	16,2	58,0	0	11,1	48,0	0	14,7	58,0
	Pääpuulajiosuus, 10 %	0	8,4	10	0	8,5	10	0	8,4	10
	Havu/lehtipuuosuus, 10 %	0	9,1	10	0	8,6	10	0	8,9	10
	Valtapietus, m	0	15,3	42,5	0	12,6	36,2	0	14,6	42,5
	Metsikön ikä, v	0	57,1	314	0	76,3	412	0	62,5	412
Puumallit										
Sijainti	Korkeus merenpinnasta, m	0	106	300	0	180	560	0	128	560
	Lämpösomma, dd	933	1 163	1 362	584	897	1 102	584	1 088	1 362
Puusto	Pohjapinta-ala, m ²	0	22,2	54,0	0	16,0	48,0	0	20,4	54,0
	Pääpuulajiosuus, 10 %	0	8,4	10	3	8,5	10	0	8,4	10
	Havu/lehtipuuosuus, 10 %	0	9,2	10	3	9,4	10	0	9,0	10
Puut	Rinnankorkeusläpimitta, mm	3	195	760	3	160	700	3	185	760
	Puun ikä, v	3	69,3	368	7	96,7	529	3	77,3	529
	Suhteellinen koko (d+5, cm / dg+5, cm)		0,86			0,87			0,86	
	Solakkuusaste (h, m / d, cm)		0,85			0,76			0,82	

tettava tuho. Harsuuntumismalleissa oli lisäksi käytettävissä puulla esiintynyt tuho. Puun asemaa metsikössä kuvattiin suhteellisella koolla ja puun runkomuotoa solakkuusasteella (liite 2).

2.4 Yhteenveto mallien laadinta-aineistoista

Metsikkötuhojen malleja varten oli koko maan aineistossa käytettävissä 60 208 metsämaan metsikkökuvia. Malleja tehtäessä karsiutui 932 aukeiden alojen kuviota. Metsikkötasolla mallit tehtiin vain metsikön vallitsevan jakson tuhoille. Mallituksessa käytettävissä olevien metsikön vallitsevan jakson kuvioiden määrä oli yhteensä 59 276. Tuhoa esiintyi vallitsevassa jaksossa 20 896 metsikössä, joista 14 268 oli mäntyvaltaisissa, 4 823 kuusivaltaisissa ja 1 805 lehtipuuvalltaisissa metsiköissä. Metsiköiden harsuuntumismalleja varten oli käytettävissä 41 539 yksijaksoisten metsiköiden kuviota, joilla har-

suuntumista esiintyi 8 025 kuviolla (taulukot 3 ja 5).

Puutuhojen perusmalleja varten oli puuaineistoissa koko maasta käytettävissä metsämaan puiden lisäksi kitumaan puut, yhteensä 70 419 puuta. Tuhopuita oli koko maan aineistossa 23 138, joista tarkennettuja malleja varten oli käytettävissä 10 772 mäntyä, 5 902 kuusta ja 4 711 lehtipuuta, yhteensä 21 385 puuta. Puiden harsuuntumismalleja varten oli käytettävissä 41 695 mäntyä ja kuusta, joilla harsuuntumista esiintyi 8 848 puulla (taulukot 4, 5 ja 6).

Tarkennettujen puutuhomallien teossa käytettiin aineistoja, joissa kunkin puun tietoihin oli lisätty vastaavat kuviotiedot. Kitumailta puuttuu suurin osa metsikön puustoa kuvaavista tunnuksista ja aukeilta kokonaan, lisäksi sivukuviolta puuttuvat kaikki myöhemmin aineistoihin liitetyt laskennalliset tunnukset. Mallikohtaisesti riippui selittävi- en tunnusten saatavuudesta, mitkä puut karsiutuivat malleja tehtäessä aineistosta pois. Varsinaiset tarkennetut tuhomallit yksittäisille puille voitiin tehdä pääosin metsämaan koe-

Taulukko 3. Tuhokuvioiden ja harsuuntuneiden metsiköiden lukumäärä koko maan aineistossa. Pohjois-Suomen luvut sisältyvät tähdellä (*) merkittyihin luokkiin. Suluissa olevat luvut sisältyvät edellisen rivin lukuihin.

Tuhon aiheuttaja / ilmiasu	Vallitseva jakso									Aukea	Toi- nen jakso	Yhteensä
	Pääpuulaji											
	Mänty	Kuusi	Raudus- koivu	Hies- koivu	Haapa	Harmaa- leppä	Terva- leppä	Muu havu- puu	Muu lehti- puu			
Metsikkökuvioiden lukumäärä												
Tuhot												
Koko maa												
Tuuli	601	424	3	12	1	–	–	–	–	8	33	1 082
Lumi	779	269	7	19	1	1	–	1	–	–	16	1 093
Muut ilmastotekijät, maaperät ja vesi *	688	647	7	111	2	–	2	2	1	5	29	1 494
(-"- , Etelä-Suomi	275	564	7	49	1	–	2	2	–	4	8	912)
Kilpailu	517	364	28	244	7	15	1	–	1	3	19	1 199
Puutavaran korjuu	141	298	5	15	–	–	–	–	–	–	6	465
Muu ihmisen toiminta	225	167	6	20	–	1	–	1	–	–	8	428
Myyrät	50	7	5	–	–	–	–	3	–	1	2	68
Hirvet tai muut selkärangaiset	1 174	59	28	69	35	3	–	5	–	3	17	1 393
Ytimennävertäjät	182	5	2	–	–	–	–	–	–	–	–	189
Muut hyönteiset *	286	22	3	3	–	–	–	–	–	–	–	314
(-"- , Etelä-Suomi	134	19	3	1	–	–	–	–	–	–	–	157)
Tervasroso	1 034	33	4	–	1	–	–	–	–	–	23	1 095
Versosurma	3 083	177	6	57	–	1	–	–	–	–	15	3 339
Lahottajasienet	310	1 152	126	437	39	16	23	–	8	–	39	2 150
Muut sienitaudit *	1 803	134	5	45	3	2	–	2	–	1	24	2 019
(-"- , Etelä-Suomi	989	84	4	15	1	2	–	2	–	1	13	1111)
Monituho	171	304	–	7	2	–	–	–	–	–	4	488
Aiheuttajaa ei tunneta												
Pystykuolleita puita	547	178	5	34	–	4	–	2	–	5	31	806
Kaatonneita tai katkenneita puita	29	43	–	2	–	–	–	–	–	–	2	76
Runkovaurioita	196	123	14	50	3	–	–	2	–	–	6	394
Kuivia tai katkenneita latvoja	77	19	2	5	–	–	–	–	–	–	1	104
Muita latvusten tuhoja	1 732	192	33	164	1	–	–	18	–	–	16	2 156
Neulas- tai lehtikatoa	386	186	1	9	–	–	–	1	–	–	3	586
Värvikoja	257	20	–	1	–	–	–	–	–	–	2	280
Tuhoa vallitsev. jaks.	14 268	4 823	290	1 304	95	43	26	37	10	26	–	20 922
Tuhoa vain tois. jaks.	193	71	2	16	1	1	–	–	–	12	–	296
Ei tuhoa	22 782	12 084	703	2 187	91	170	23	34	22	894	–	38 990
Yhteensä	37 243	16 978	995	3 507	187	214	49	71	32	932	–	60 208
Pohjois-Suomi												
Muut ilmastotekijät	73	44	–	4	1	–	–	–	1	–	13	136
Maaperätekiijät	340	39	–	58	–	–	–	–	–	1	8	446
Pistiäiset	96	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	96
Muut hyönteiset	56	3	–	2	–	–	–	–	–	–	–	61
Männynversoruoste	341	2	–	4	1	–	–	–	–	–	1	349
Neulaskaristeet	278	11	–	3	–	–	–	–	–	–	2	294
Lumihomeet	116	7	–	1	1	–	–	–	–	–	6	131
Muut sienitaudit	79	30	1	22	–	–	–	–	–	–	2	134

Taulukko 3 jatk. seur. siv.

Tuhon aiheuttaja / ilmiasu	Vallitseva jakso									Aukea	Toi- nen jakso	Yhteensä
	Pääpuulaji											
	Mänty	Kuusi	Raudus- koivu	Hies- koivu	Haapa	Harmaa- leppä	Terva- leppä	Muu havu- puu	Muu lehti- puu			
Metsikkökuvioiden lukumäärä												
Harsuuntuminen												
Yksijaks. metsikkö												
Kuviolla harsuunt.	3 902	4 032	26	59	4	1	1					8 025
Ei harsuuntumista	22 234	9 980	246	977	36	21	7	11	2			33 514
Kaksijaks. metsikkö												
Kuviolla harsuuntumista	744	305	1	8								1 058
Ei harsuuntumista	1 531	529	8	88	8	1						2 165
Havaintoa ei tehty	8 832	2 132	714	2 375	139	191	41	60	30	932		15 446
Yhteensä	37 243	16 978	995	3 507	187	214	49	71	32	932		60 208

puuaineistosta, johon jäi karsittujen puiden jälkeen yhteensä 66 340 puuta (taulukot 5 ja 6). Useimmat koepuut kuuluvat metsikön vallitsevan jakson puihin, joita ovat valtapuu, välipuut ja aluspuut. Alikasvos- ja ylispuut kuuluvat muuhun kuin metsikön vallitsevaan jaksoon. Puutuhojen mallituksessa ne pidettiin kuitenkin mukana, koska erillisten mallien tekeminen alikasvos- ja ylispuille ei ollut mahdollista vähäisen aineiston vuoksi.

Metsiköiden tuhomallit tehtiin pääpuulajeittain erikseen mänty-, kuusi ja lehtipuuvalltaisille metsille ja vastaavasti yksittäisten puiden mallit männylle, kuuselle ja yhteisesti kaikille lehtipuille. Pääpuulaji oli varttuneemmissa metsiköissä se puulaji, jonka osuus tilavuudesta oli suurin ja taimikkokehitysluokissa se puulaji, jonka osuus kasvatettavien taimien runkoluvusta oli suurin. Milloin aineistoa oli riittävästi, tehtiin metsikkötason mallit myös eri lehtipuulajien vallitseville metsille ja yksittäisten puiden mallit eri lehtipuulajeille. Tuhomallit kattavat koko maan. Jos tuhonaiheuttaja oli eritelty Pohjois-Suomen maastotyössä Etelä-Suomea tarkemmin, tehtiin mallit näiden tuhonaiheuttajien osalta erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomelle. Tuntemattomiksi jääneet tuhot mallitettiin tuhon ilmiasun mukaan. Lisäksi tehtiin mallit metsiköiden ja yksittäisten puiden harsuuntumiselle.

Liitteissä 3–5 esitetään kehitysvaiheen vaikutus eri tuhonaiheuttajien esiintymiseen. Tiedot esitetään pääpuulajeittain mallituksessa käytettyjen tuhonaiheuttajien mukaan. Aineistot on jaettu (liite 3) metsikön valtapuuden jakauman prosenttiosuuksien mukaan kvanttileihin, aineistoista esitetään myös keskiarvo. Liite 4 on vastaava edellisen liitteen kanssa, paitsi aineistojen tiedot esitetään metsikön iän mukaisesti. Liitteessä 5 puutuhojen aineisto on jaettu puun rinnankorkeuslähimittaan mukaisesti kvanttileihin, liitteessä esitetään myös keskiarvo.

Taulukko 4. Tuhopuiden ja harsuuntuneiden puiden lukumäärä koko maan aineistossa. Pohjois-Suomen luvut sisältyvät tähdellä (*) merkittyihin luokkiin. Suluissa olevat luvut sisältyvät edellisen rivin lukuihin.

Tuhon aiheuttaja / ilmiasu	Puulaji									Yhteensä
	Mänty	Kuusi	Raudus- koivu	Hies- koivu	Haapa	Harmaa- leppä	Terva- leppä	Muu havu- puu	Muu lehti- puu	
Tuhopuiden lukumäärä										
Tuhot										
Koko maa										
Tuuli	158	134	3	8	2	1	–	–	1	307
Lumi	404	257	2	48	–	6	–	–	2	719
Muut ilmastotekijät, maaperättekijät ja vesi *	407	335	17	70	3	5	–	–	1	838
(-"- , Etelä-Suomi	124	230	13	27	2	3	–	–	1	400)
Kilpailu	1 315	1 367	25	434	16	67	1	1	13	3 239
Puutavaran korjuu	200	288	17	49	4	7	–	2	3	570
Muu ihmisen toiminta	258	218	29	128	24	7	–	–	2	666
Myyrät	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1
Hirvet tai muut selkärangaiset	105	10	8	12	54	8	–	–	22	219
Ytimennävertäjät	197	–	–	–	–	–	–	–	–	197
Muut hyönteiset *	126	19	8	31	–	–	–	–	–	184
(-"- , Etelä-Suomi	38	12	8	11	–	–	–	–	–	69)
Tervasoso	418	–	–	2	–	–	–	–	–	420
Versosurma	2 461	14	2	1	2	–	–	–	–	2 480
Lahottajasienet	215	706	425	1 294	247	111	53	–	214	3 265
Muut sienitaudit *	150	29	8	57	14	5	–	–	4	267
(-"- , Etelä-Suomi	75	20	2	11	5	4	–	–	1	118)
Aiheuttajaa ei tunneta										
Pystykuollut puu	302	146	1	40	7	10	4	1	3	514
Kaatonut tai katkennut puu	40	30	2	16	2	4	–	–	3	97
Runkovaurio	1 074	667	81	285	35	31	3	–	34	2 210
Kuiva tai katkennut latva	197	169	8	69	7	10	–	–	8	468
Muu latvuksen tuho	3 007	1 035	39	650	21	32	1	–	20	4 805
Neulas- tai lehtikatoa	688	845	2	25	–	3	–	–	–	1 563
Värvikoja	91	13	–	5	–	–	–	–	–	109
Tuhoa yhteensä	11 813	6 283	677	3 224	438	307	62	4	330	23 138
Ei tuhoa	19 985	17 693	1 454	6 340	513	968	92	12	224	47 281
Yhteensä	31 798	23 976	2 131	9 564	951	1 275	154	16	554	70 419
Pohjois-Suomi										
Muut ilmastotekijät	80	29	4	9	1	1	–	–	–	124
Maaperättekijät	203	76	–	34	–	1	–	–	–	314
Pistiäiset	51	–	–	–	–	–	–	–	–	51
Muut hyönteiset	37	7	–	20	–	–	–	–	–	64
Männynversoruoste	31	–	–	–	–	–	–	–	–	31
Neulaskaristeet	13	–	–	–	–	–	–	–	–	13
Muut sienitaudit	31	9	6	46	9	1	–	–	3	105
Harsuuntuminen										
Etelä-Suomi	2 848	3 286	–	–	–	–	–	–	–	6 134
Pohjois-Suomi	1 557	1 157	–	–	–	–	–	–	–	2 714
Yhteensä	4 405	4 443	–	–	–	–	–	–	–	8 848
Ei harsuuntumista	21 276	11 571	–	–	–	–	–	–	–	32 847
Harsuuntumiskoep. yht.	25 681	16 014	–	–	–	–	–	–	–	41 695
Havaintoa ei tehty	6 117	7 962	2 131	9 564	951	1 275	154	16	554	28 724
Yhteensä	31 798	23 976	2 131	9 564	951	1 275	154	16	554	70 419

Taulukko 5. Malliaineistojen metsikkökuvioiden ja koeputien lukumäärät pääpuulajeittain ja puulajeittain Etelä-Suomen, Pohjois-Suomen ja koko maan aineistoissa. Lisäksi taulukossa esitetään tuhometsikköiden ja tuhopuiden lukumäärät.

	Pääpuulaji / puulaji			Yhteensä
	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	
Metsiköt	Metsikkökuvioita, kpl			
Kaikki metsiköt				
Etelä-Suomi	24 544	14 343	3 639	42 526
Pohjois-Suomi	12 699	2 635	1 416	16 750
Koko maa	37 243	16 978	5 055	59 276
Tuhometsiköt				
Etelä-Suomi	8 385	3 364	1 097	12 846
Pohjois-Suomi	5 883	1 459	708	8 050
Koko maa	14 268	4 823	1 805	20 896
Puut	Koeputia, kpl			
Kaikki puut				
Etelä-Suomi	19 209	18 697	9 737	47 643
Pohjois-Suomi	10 321	4 273	4 103	18 697
Koko maa	29 530	22 970	13 840	66 340
Tuhopuut				
Etelä-Suomi	5 929	4 065	2 650	12 644
Pohjois-Suomi	4 843	1 837	2 061	8 741
Koko maa	10 772	5 902	4 711	21 385

Taulukko 6. Kaikkien koeputien ja tuhopuiden jakaantuminen malliaineistoon ja tarkempia malleja tehtäessä pois jääviin kitumaiden, aukeiden ja sivukuvioiden puihin. Alempana taulukossa malliaineiston puut latvuskerroksittain.

	Koeput			Tuhopuut			
	Tuhoa	Ei tuhoa	Yhteensä	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yhteensä
Kaikki koeput	Koeputia, kpl						
Malliaineiston puut	21 385	44 955	66 340	10 772	5 902	4 711	21 385
Kitumaiden puut	1 150	1 023	2 173	774	177	199	1 150
Aukeiden puut	24	16	40	7	7	10	24
Sivukuvioiden puut	579	1 287	1 866	260	197	122	579
Yhteensä	23 138	47 281	70 419	11 813	6 283	5 042	23 138
Malliaineiston puut							
Ylispuut	656	942	1 598	378	75	203	656
Valtapuut	14 372	34 195	48 567	8 300	3 466	2 606	14 372
Välipuut	3 349	5 585	8 934	1 282	1 149	918	3 349
Aluspuut	2 585	3 042	5 627	736	1 047	802	2 585
Alikasvospuut	423	1 191	1 614	76	165	182	423
Yhteensä	21 385	44 955	66 340	10 772	5 902	4 711	21 385

3 Menetelmät

3.1 Logistinen regressio

Tuhon esiintyminen on kategorinen ilmiö, tuhoa joko esiintyy tai ei esiinny. Mallitettavan aineiston ollessa kategorista, täytyy ehdollisen keskiarvon olla suurempi tai yhtä suuri kuin 0 ja pienempi tai yhtä suuri kuin 1. Mikäli esiintyvä tuho jaetaan tuhon asteen osoittamiin luokkiin, on selitettävä muuttuja moniluokkainen. Kaksiarvoisen (binäärisen) tai moniluokkaisen selitettävän muuttujan arvojen todennäköisyyksiä voidaan ennustaa yhden tai useamman muuttujan funktiona logistisella regressiolla (Hosmer ja Lemeshow 1989).

Logistisessa regressiossa kuvataan ilmiön tapahtumisen todennäköisyyden $\pi(x)$ ja selittävän muuttujan välinen yhteys logistisella jakaumalla. Se on mukautumiskykyinen ja helposti käytettävä funktio, jonka merkitys voidaan tulkita. Merkitään $\pi(x) = E(Y|x)$ edustamaan ehdollista Y :n keskiarvoa annetulla x :n arvolla kun käytetään logistista jakaumaa, missä

$$\pi(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x}}. \quad (3.1)$$

Koska eksponenttifunktion arvot ovat aina positiivisia, on muunnoksen (3.1) arvo aina välillä 0 ja 1. Lisäksi keskiarvo lähestyy nolaa tai ykköstä asymptoottisesti. Todennäköisyyden muutos yksikköä kohti x :n muuttuessa tulee progressiivisesti pienemmäksi kun ehdollinen keskiarvo tulee lähemmäksi nolaa tai ykköstä.

Logistinen regressio määritellään seuraavasti:

$$g(x) = \ln \left[\frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right] = \beta_0 + \beta_1 x. \quad (3.2)$$

Tapahtumistodennäköisyyden $\pi(x)$ muunnos $g(x)$ on nimeltään logit-muunnos. Sen

avulla todennäköisyyden vaihtelua välillä 0–1 voidaan kuvata selittävän muuttujan lineaarisella lausekkeella. Logit, $g(x)$, on parametrien suhteen lineaarinen ja se voi vaihdella – äärettömän ja + äärettömän välillä, riippuen x :n arvosta (Hosmer ja Lemeshow 1989).

Mallia, jossa on useampia kuin yksi selitettävä muuttuja kutsutaan usean selittäjän logistiseksi regressioksi (multiple logistic regression). Siinä logit saadaan seuraavalla yhtälöllä

$$g(\mathbf{x}) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p, \quad (3.3)$$

missä \mathbf{x} on selittävien muuttujien vektori. Todennäköisyys lasketaan kaavalla

$$\pi(x) = \frac{e^{g(x)}}{1 + e^{g(x)}} \quad (3.4)$$

Selitettävän muuttujan ehdollinen jakauma seuraa binomijakaumaa, jossa virhetermin voidaan olettaa saavan vain kaksi mahdollista arvoa.

Kaavan (3.2) todennäköisyyksistä $\pi(x)$ ja $1 - \pi(x)$ muodostettua suhdetta

$$\frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \quad (3.5)$$

kutsutaan vedonlyöntisuhteeksi (odds), joka on määritelty sattuneen tapahtuman todennäköisyydellä jaettuna todennäköisyydellä, että tapahtumaa ei ole tapahtunut. Vedonlyöntisuhteen luonnollista logaritmia kutsutaan logitiksi (vrt. 3.2). Vedonlyöntisuhteiden osamäärä (odds ratio) määritellään tapahtuman $x = 1$ vedonlyöntisuhteen suhteena tapahtuman $x = 0$ vedonlyöntisuhteeseen:

$$\psi = \frac{\pi(1)/[1 - \pi(1)]}{\pi(0)/[1 - \pi(0)]} \quad (3.6)$$

Odds ration logaritmi, jota kutsutaan log oddsiksi, on

$$\ln(\psi) = \ln \left[\frac{\pi(1)/[1-\pi(1)]}{\pi(0)/[1-\pi(0)]} \right] = \frac{g(1) - g(0)}{\quad} \quad (3.7)$$

mikä on logitien ero.

Milloin selittävä muuttuja on kaksiarvoinen, on odds ratio mallin 3.1 muodossa kuvattuna seuraava

$$\psi = \frac{\left(\frac{e^{\beta_0 + \beta_1}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1}} \right) \left(\frac{1}{1 + e^{\beta_0}} \right)}{\left(\frac{e^{\beta_0}}{1 + e^{\beta_0}} \right) \left(\frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1}} \right)} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1}}{e^{\beta_0}} = e^{\beta_1} \quad (3.8)$$

Täten logistisessa regressiossa diskreetin muuttujan tapauksessa odds ratio $\psi = e^{\beta_1}$ ja logitien ero, log odds on $\ln(\psi) = \ln(e^{\beta_1}) = \beta_1$. Selittävän muuttujan vaikutuksen suuntaa ja suuruutta voidaan tarkastella parametrin estimaatin arvon ja odds ration avulla. Selittävän muuttujan vedonlyöntisuhteiden osamäärä (odds ratio) kertoo suhteellisen määrän, jolla selitettävän muuttujan vedonlyöntisuhte (odds) lisääntyy (odds ratio suurempi kuin 1.0) tai vähenee (odds ratio pienempi kuin 1.0) kun selittävä muuttuja lisääntyy 1.0 yksiköllä (Hosmer ja Lemeshow 1989).

Mallia rakennettaessa on olennaista pyrkiä arvioimaan muuttujien merkitsevyyttä mallissa. Yksittäisen selittävän muuttujan tilastollista merkitsevyyttä arvioidaan kahdella mallilla, joista toinen muuttujan kanssa ja toinen ilman sitä. Periaate on sama kuin lineaarisessa regressiossa (Draper ja Smith 1981).

Logistisen regression tapauksessa yhteensopivuuden astetta (goodness-of-fit) tarkasteltiin esimerkinomaisesti Hosmer-Lemeshowin yhteensopivuustestillä. Siinä todennäköisyys kuuluu tiettyyn ryhmään lasketaan jokaiselle havainnolle otoksessa ja saadut tulokset järjestetään nousevaan järjestykseen. Ensimmäinen ryhmä sisältää kaikki

havainnot, joiden arvioitu todennäköisyys on pienempi tai yhtä suuri kuin 0.1, kun taas kymmenes ryhmä sisältää ne havainnot, joilla se on suurempi kuin 0.9. Saatuja tuloksia verrataan aineistoon ja voidaan todeta mallin yhteensopivuus χ^2 -testillä (Hosmer ja Lemeshow 1989).

Logistisen regressiomallin parametrit estimoitii iteratiivisesti uudelleen painotetulla pns-menetelmällä, joka johtaa suurimman uskottavuuden estimaatteihin (maximum likelihood) (Lappi 1993). Estimointiin käytettiin SAS-ohjelmiston (SAS/STAT... 1996) logistic-proseduuria.

3.2 Tuhomallin laadinta

Yleistä

Tuhomallit laadittiin logistisella regressio-analyysillä, jossa selitettävänä muuttujana on tuhon esiintyminen. Malli antaa tuhon esiintymistodennäköisyyden selittävien muuttujien suhteen ehdollisena. Metsikkömallissa todennäköisyys voidaan tulkita tuhonalaisen pinta-alan osuutena metsien pinta-alasta. Puumalleissa todennäköisyys voidaan tulkita tuhopuiden osuutena puiden lukumäärästä. Käytännössä mallilla ennustetaan metsikkökuvion ja yksittäisen puun merkityksellisimmän tuhon esiintymistä, koska vain yksi tuhonaiheuttaja merkitään.

Tuhomallit laadittiin moniluokkaisina siten, että niillä pystytään ennustamaan tuhon kokonaistodennäköisyys, joka voidaan jakaa luokkiin tuhon asteen ja syntyaikokohdan mukaan. Malli sisältää oletuksen, että todennäköisyyksien suhteet eri vakavuusasteiden ja syntyaikojen välillä säilyvät samoina kaikilla selittävien muuttujien arvoilla.

Kehitysvaihe on tuhomallin tärkein selittäjä. Kehitysvaihetta kuvaavana muuttujana käytettiin metsikkömalleissa metsikön valtapituutta tai ikää, puumalleissa puun rinnan korkeusläpimittaa ja harsuuntumismalleissa puun ikää. Tuhon esiintymisen logit on useimmiten käyräviivainen kehitysvaihetta kuvaavan muuttujan suhteen, sen vuoksi mallissa

käytetään selittävän muuttujan muunnosta tai usean muunnoksen yhdistelmää. Malleja laadittaessa tutkittiin seuraavia kehitysvaihetta kuvaavan muuttujan muunnoksia: 1) ilman muunnoksia, 2) muuttujan toinen potenssi, 3) muuttujan luonnollinen logaritmi tai 4) muuttujan neliöjuuri. Normaalityypauksessa mallin kuvaajalla on yksi ääripiste (maksimi), jolloin se voidaan kuvata kahdella selittäväällä muunnoksella. Kolme muunnosta tarvitaan, jos tuhon esiintymisen kuvaajalla on kaksi ääripistettä esim. kuvaaja ensin nousee, sitten laskee ja taas nousee.

Tässä työssä mallia, jossa selittävinä muuttujina käytetään vain kehitysvaiheen muunnoksia, kutsutaan perusmalliksi. Sillä voidaan ennustaa tuhojen keskimääräinen esiintyminen. Perusmallin lisäksi laadittiin kullekin tuhonaiheuttajalle tarkennettu malli. Siinä selittävinä muuttujina käytettiin lisäksi muita metsikkö- ja puutunnuksia. Perusmallia voidaan myös käyttää, jos tarkennetun mallin kaikkia selittäjiä ei tunneta, esimerkiksi aukeiden ja kitumaiden puilla.

Metsikkömalleja laadittaessa aineistoa painotettiin siten, että kukin koelata tuli analyysiin sen edustaman pinta-alan painolla (taulukko 1). Koska relaskoopikerroin oli erilainen maan eri osissa, niin samankokoisen puun otantatodennäköisyys oli myös erilainen. Siksi puutuhonjen malleja varten tehtiin erillinen painokerroin, joka saatiin kertomalla koelatan edustama pinta-ala otosalueen relaskoopikertoimella. Näin samankokoista puuta painotettiin koko maassa suhteessa sen otantatodennäköisyyteen. Kolmen pohjoisimman kunnan alueella käytettiin puumalleissa painokertoimena keskipistekuvion edustamaa pinta-alaa.

Mallin laadinnan työvaiheet

Kustakin tuhosta tehtiin ensiksi perusmalli ja jos aineistoa riitti, niin laadittiin myös tarkennettu malli. Mallit tehtiin erikseen puulajeittain. Mallin laadinta eteni seuraavasti:

1. Tarkasteltiin aineiston riittävyttä korrelaatiokuvien avulla ja päätettiin mitkä puulajit ja puulajiryhmät mallitettiin erik-

seen. Kun tuhon logitin ja kehitysvaihetta kuvaavan muuttujan riippuvuus oli kiinteä, riitti perusmallin tekoon usein jo muutama havainto, joissa tuhoa esiintyi. Useita selittäviä muuttujia sisältävän tarkennetun mallin tekoon tarvittiin yleensä selvästi enemmän havaintoja.

2. Valittiin mallille kehitysvaihetta kuvaava muuttuja ja tehtiin perusmallit kaikilla kehitysvaihetta kuvaavan tunnuksen kahden muunnoksen yhdistelmillä. Valittiin se muunnosten yhdistelmä, jota käyttämällä malli parhaiten kuvasi tuhojen esiintymistä aineistossa. Tilastollisen selityskyvyn lisäksi mallin muodon tuli olla olemassa olevan tiedon suhteen looginen ja vastata kohdassa 1. saatua käsitystä ilmiön luonteesta.
3. Tutkittiin kaikkien niiden muuttujien selityskyky aineistossa, joilla voi olla vaikutusta tuhon esiintymiseen. Myös eri selittävien muuttujien yhdysvaikutuksia keuhkeltiin. Aineiston pienuuden vuoksi luokittelumuuttujien koodeja yhdisteltiin tarvittaessa suuremmiksi luokiksi.
4. Laadittiin lopullinen tarkennettu malli ja haettiin siihen sellainen selittävien muuttujien yhdistelmä, joka selitti loogisesti tuhojen esiintymistä. Mukaan otettiin ne muuttujat, joilla oli malliin tilastollista vaikutusta ja joiden vaikutukselle oli selkeä tulkinta.
5. Testattiin mallin käyttäytymistä sen kuvaajan avulla, kun yksi muuttuja vaihteli ja muut vakioitiin.

Mallin laadintavaiheessa voitiin päätellä, onko muuttujalla vaikutusta malliin, onko sillä yhdysvaikutusta jonkin toisen muuttujan kanssa ja mikä on muuttujan arvo mallin kannalta. Mallit tehtiin kokeilemalla ja pohtimalla tuhon aiheuttajan erityispiirteitä. Mallituksessa käytiin läpi tuhoriskin vaikuttavia muuttujia ja niiden yhdysvaikutuksia, joiden merkitys malliin täytyi kuitenkin voida selittää jollakin luonnollisella syyllä metsäluonnossa. Toisinaan muuttujalla voi olla vaikutusta malliin tilastollisesti, mutta se ei käytännössä ollut loogisesti sopiva. Mallin muut-

tujien loogisuuden arvioinnissa käytettiin vedonlyöntisuhteiden osamäärää (odds ratio), joka ilmaisee käytettyjen muuttujien suhteellisen vaikutuksen mallitettuun todennäköisyyteen.

3.3 Mallin tulkinta ja mallilla ennustaminen

Tuhomallit esitetään tuhonaiheuttajittain taulukoin ja kuvin. Kuvissa esitetään perusmallilla ennustettu tuhon keskimääräinen esiintymistodennäköisyys kehitysvaiheen funktiona pääpuulajeittain, puulajeittain tai puulajiyhdistelmittäin. Taulukoissa esitetään pääpuulajeittain ja puulajeittain perusmallien ja tarkennettujen mallien kertoimet. Kaikissa malleissa on kahdeksan eri vakiota, joita käytetään jakamaan tuhon esiintyminen tuhon asteen mukaan neljään osaan, joista kukin jakautuu vielä kahteen osaan tuhon syntyaikojensa mukaan. Tämän jälkeen taulukossa on kehitysvaihetta kuvaavan muuttujan eri muunnoksien kertoimet.

Taulukoiden alaosassa esitetään tarkennettujen mallien muut kertoimet ja niiden odds ratiot (vedonlyöntisuhteiden osamäärä). Dummy-muuttujien selitykset esitetään taulukon jälkeen. Selityksessä mainitun luokan kerrointa käytetään mallissa, milloin on kysymyksessä kyseinen luokka. Muutoin kerrointa ei käytetä (merkitty ajoittain selityksessä numerolla 0). Dummy-muuttujien jako eri luokkiin poikkeaa toisistaan eri malleissa, myös saman tuhonaiheuttajan malleilla. Luokat on numeroitu, käytetty luokkajako käy ilmi kunkin mallin dummy-muuttujan numerosta ja muuttujien selostuksesta.

Puutuhojen tarkennetuissa malleissa on selittävänä muuttujana mukana kuviolla esiintynyt tuho, jonka avulla yksittäisten puiden tuhojen esiintyminen voidaan tarkentaa niihin metsiköihin, joissa tuhoa on esiintynyt. Kuviotuhon vedonlyöntisuhteiden osamäärä (Odds ratio) ilmaisee suhteellisesti, kuinka paljon suurempi on puutuhon vedonlyöntisuhde metsikössä, jossa on havaittu metsikkötason tuho, kuin muissa metsiköissä.

Selittävien muuttujien koodistot ovat liitteessä 2.

Mallilla ennustettaessa lasketaan ensin logit $g(x)$ kaavalla 3.2. Logit'n arvo muunnetaan kaavalla 3.1 todelliseksi todennäköisyydeksi. Liitteessä 6 esitetään tuulituho (taulukko 7a) ennustetut todennäköisyydet esimerkkimetsikölle. Ensimmäisessä esimerkissä käytetään vakiona pienintä vakiota, jolla saadaan tuhojen kokonaisuutena kahden jälkimmäisen esimerkin mukaan voidaan vakion tilalle logit'n kaavaan laittaa myös eri vakioiden yhdistelmiä, riippuen siitä mitä halutaan laskea.

Mallilla laskettaessa saadaan eri vakioita käyttämällä kahdeksan eri todennäköisyyttä, neljän tuhoasteen ja kahden syntyaajan mukaan. Liitteessä 7 esitetään esimerkin avulla ne laskennalliset vaihtoehdot metsikölle ja yksittäiselle puulle, jotka eri vakioilla ennustetuista todennäköisyyksistä voidaan laskea.

4 Tuhomallit

4.1 Abioottiset tuhot

4.1.1 Tuuli

Tuuli aiheuttaa pääosin puiden kaatumisia sekä runkojen ja oksien katkeamisia. Yksittäiselle puulle tuulituho on useimmiten vakava, metsiköissä tuhoaste vaihtelee. Tuulituhoriski lisääntyy metsikön valtapituuden kasvaessa (kuva 2a). Mäntyvaltaisissa metsissä tuulituhoriski on noin 20 metrin valtapituuteen saakka pienempi ja pidemmissä puustoissa suurempi kuin kuusivaltaisissa metsissä, lehtipuuvallaisissa metsissä tuulituhoa esiintyy vähän.

Lähellä merenpinnan tasoa sijaitsevat metsät ovat alttiimpia tuulituhoille kuin muut metsät, tunnuksena korkeus merenpinnasta indikoi rannikon läheisyyden vaikutusta (taulukko 7a). Tuulen vaikutus ulottuu kuusivaltaisissa metsissä hieman pidemmälle me-

ren rantaviivasta kuin mäntyvaltaisissa metsissä. Korvissa ja rämeillä tuulituhoa esiintyy selvästi vähemmän kuin kankailla. Varttu-neissa metsissä pohjapinta-alaltaan pienemmissä puustoissa tuulituhoriski on suurempi kuin vastaavan kehitysvaiheen tiheimmissä puustoissa. Esimerkiksi koko maassa oli männyn siemenpuustoissa tuulituhoja 2,6 kertaa enemmän ja suojuspuustoissa 1,5 kertaa enemmän kuin muissa mäntyvaltaisissa uudistuskypsissä metsissä. Kasvatus- ja siemenpuuhakkuiden jälkeen metsät ovat muutaman vuoden varsin alttiita tuulituholle.

Yksittäisten puiden tuulituhoriski kasvaa puiden rinnankorkeusläpimitan kasvaessa (kuva 2b). Kuuset ovat mäntyä herkempiä tuulituholle pienissä läpimittaluokissa. Vanhat järeät kuuset ovat alttiimpia tuulituholle kuin vanhat männyt, mikä johtunee lahoisuudesta. Lehtipuilla tuulituhoa esiintyy vähän.

Metsikkökuviolla tapahtunut tuulituhon lisää selvästi kuviolla olevan yksittäisen puun tuulituhoriskiä verrattuna muissa metsiköissä kasvaviin puihin (taulukko 7b). Merenrannikon läheisyydessä ja Pohjois-Suomessa yli 250 metrin korkeudella merenpinnasta ole-

Taulukko 7a. Tuulen metsiköille aiheuttamien tuhojen koko maan pääpuulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji						
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin
4	2	-17.1431	-16.8176		-13.5501	-14.5288		–
4	1	-16.8531	-16.5271		-13.2133	-14.1918		–
3	2	-15.6720	-15.3434		-10.3691	-11.3421		-13.5635
3	1	-15.3704	-15.0407		-10.1417	-11.1133		-12.4641
2	2	-14.1821	-13.8416		-9.2207	-10.1836		-11.8233
2	1	-13.7390	-13.3904		-8.8280	-9.7860		-11.5742
1	2	-13.4700	-13.1153		-8.5614	-9.5161		–
1	1	-13.0770	-12.7122		-8.1159	-9.0653		-11.1271
Hdom		-0.3663	-0.2559					0.7286
Hdom**2								-0.0206
LnHdom					4.3902	1.9953		
Hdom**0.5		3.8597	2.0167		-1.8611	-0.9361		
Ika			-0.0282					
Ika**2						-0.00006		
Ika**0.5			0.9482			0.5335		
* Korkeus merenpinnasta	1		1.1392	3.124		1.0842	2.957	
	2					0.5465	1.727	
	3					0.2023	1.224	
* Päättyppi	1		-0.9408	0.390				
	2					-0.2532	0.776	
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0364	0.964		-0.0139	0.986	
* Hakkuusta kulunut aika	1		-0.4327	0.649				
	2					-0.6326	0.531	
	3					-0.1089	0.897	

*** Dummy-muuttujat**

Korkeus merenpinnasta 1 = 0–5 metriä, 2 = 6–15 metriä, 3 = 16–25 metriä
Päättyppi 1 = räme, 2 = korpi ja räme
Hakkuusta kulunut aika 1 = yli 5 vuotta, 2 = 6–30 vuotta, 3 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste

1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen

II = tuhon syntyäika

1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

villa alueilla tuulituhhoa esiintyy enemmän kuin muualla. Yksittäisen puun tuulituhoriski on sitä suurempi, mitä pienempi on metsikön pohjapinta-ala. Kun hakkuusta on kulunut pitkä aika, esiintyy tuulituhhoa eniten. Metsikön suhteellisesti pisimmillä puilla tuulituhoriski on suurin. Myös mitä tyvekkäämpi puu on, sitä enemmän tuulituhhoa esiintyy. Van-

hoilla tyvekkäillä puilla esiintyvä lahoisuus lisäänee niiden tuulituhoriskiä. Mallissa tulee esille puun runkomuodon keskimääräinen vaikutus koko maassa.

Tuulituhhoista on tehty mallit erikseen myös Etelä- ja Pohjois-Suomen alueille (Yli-Kojola 2002).

Taulukko 7b. Tuulen yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen koko maan puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji						
I	II	Mänty			Kuusi		Lehtipuu	
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin
4	2	-11.4542	-10.6534		-9.6720	-5.7815		-
4	1	-10.7363	-9.9349		-8.7352	-4.8999		-12.5758
3	2	-10.6888	-9.8887		-8.6468	-4.8475		-12.4839
3	1	-10.5914	-9.7852		-8.6039	-4.7959		-12.0557
2	2	-10.3294	-9.5548		-8.0781	-4.2981		-11.7115
2	1	-10.2969	-9.5215		-7.9928	-4.2048		-11.6322
1	2	-10.2492	-9.4652		-7.9594	-4.1763		-
1	1	-10.2361	-9.4499		-7.9423	-4.1547		-
Lpm					-0.00766	-0.00795		-0.0229
Lpm**2		-4.67E-6	-9.45E-6		0.000012	9.056E-6		
LnLpm		1.0341	0.9063		0.7509	0.4590		
Lpm**0.5								0.7238
* Kuviotuho	1		0.6277	1.873		0.3441	1.411	
	2		3.0778	21.710				
	3					1.8093	6.106	
	4					2.9925	19.936	
Korkeus merenp. (10 m) yli 250 m, korkeus -25			0.1012	1.107		0.0805	1.084	
* Korkeus merenpinnasta	1		0.2937	1.341				
	2					1.0595	2.885	
	3					0.1688	1.184	
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0336	0.967		-0.0409	0.960	
* Hakkuusta kulunut aika	1					-0.4341	0.648	
	2		0.3830	1.467		0.5936	1.810	
Suhteellinen koko (d+5, cm / dg+5, cm)			0.3166	1.373		0.4596	1.584	
Solakkuusaste (h, m / d, cm)			-0.8366	0.433		-3.0802	0.046	

*** Dummy-muuttujat**

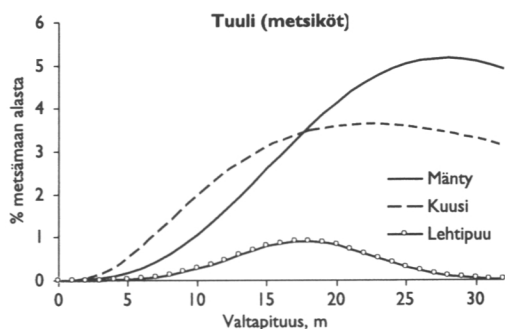
Kuviotuho
1 = kuviolla muu tuho
2 = kuviolla tuulituhoo
3 = kuviolla lievä tai todettava tuulituhoo
4 = kuviolla vakava tai täydellinen tuulituhoo

Korkeus merenpinnasta
1 = 0–15 metriä, 2 = 0–5 metriä, 3 = 6–15 metriä

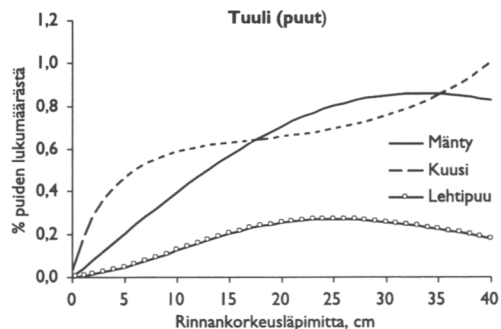
Hakkuusta kulunut aika
1 = 6–30 vuotta, 2 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu

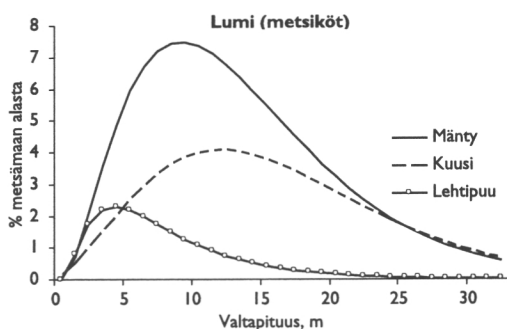
II = tuhon syntyäika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten



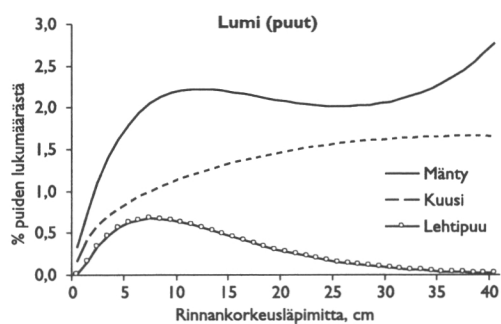
Kuva 2a. Tuulituhojen esiintyminen metsämaalla eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 2b. Tuulituhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla koko maassa.



Kuva 3a. Lumituhojen esiintyminen metsämaalla eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 3b. Lumituhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla koko maassa.

4.1.2 Lumi

Lumi aiheuttaa yleensä oksien katkeamisia. Myös katkenneita latvoja ja runkoja sekä runkojen taipumista esiintyy. Inventoinnin aineistossa koko maan lumituhoista noin 90 % oli sattunut Pohjois-Suomen alueella. Myös Etelä-Suomessa voi ajoittain sattua laajoja lumituhoja (Solantie ja Ahti 1980). Itä- ja Pohjois-Suomen vaara-alueilla puihin kerääntyy talvisin tykkyä (huurretta ja lunta), joka lopulta painollaan voi murtaa sekä oksia että latvoja (Kurkela 1994).

Yleisimpiä lumituhot ovat mäntyvaltaisissa metsissä (kuva 3a). Erityisen alttiita ovat varttuneet taimikot ja nuoret kasvatusmetsät. Mäntyvaltaisissa metsissä tuhoriskin huippu saavutetaan noin 9 metrin valtapituudella. Kuusivaltaisten metsien lumituhot esiintyvät

keskimäärin hieman pidemmissä puustoissa kuin mäntyvaltaisissa metsissä. Lehtipuuvaltaisten metsien lumituhot painottuvat nuoriin metsiköihin.

Pohjois-Suomessa korkeus merenpinnasta vaikuttaa suuresti lumituhojen esiintymiseen. Mäntyvaltaisissa metsissä tuhoja alkaa esiintyä alempana kuin kuusivaltaisissa metsissä (taulukko 8a). Korvissa ja rämeillä lumituhoja on vähän verrattuna kankaisiin. Kun hakkuusta on kulunut pitkä aika, lumituhoa esiintyy enemmän kuin muissa metsissä. Lumituhon riski on varsinkin mäntyvaltaisissa metsissä erityisen suuri korkeilla alueilla, joilla puihin kerääntyy tykkylunta (Kurkela 1994).

Taulukko 8a. Lumen metsiköille aiheuttamien tuhojen koko maan pääpuulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
I	II									
4	2	-12.2221	-13.7368		-11.9532	-11.3676		-	-	
4	1	-11.6275	-13.1422		-	-		-	-	
3	2	-7.1827	-8.6465		-9.2495	-8.6196		-3.8507	-5.7229	
3	1	-7.0830	-8.5420		-9.1768	-8.5438		-3.7016	-5.5732	
2	2	-5.2680	-6.5004		-7.8689	-7.1470		-2.4697	-4.3267	
2	1	-5.1765	-6.3883		-7.7653	-7.0326		-2.0772	-3.9220	
1	2	-4.8549	-5.9934		-7.5220	-6.7642		-1.9287	-3.7680	
1	1	-4.7582	-5.8750		-7.3690	-6.5959		-1.8536	-3.6900	
Hdom		-0.2202	-0.2760		-0.3626	-0.1328				
LnHdom		1.9235	2.1987					2.8914	1.6205	
Hdom**0.5					2.4725	0.9008		-2.9528	-1.7413	
Korkeus merenp. (10 m)										
yli 150 m, korkeus -15			0.0953	1.100						
yli 200 m, korkeus -20						0.2007	1.222		0.2224	1.249
* Päätyyppi			-1.7126	0.180		-0.5090	0.601			
* Veroluokan tarkennus			1.7335	5.660		0.4510	1.570			
Ikä (v)										
yli 140 v, ikä -140			0.00382	1.004						
* Hakkuusta kulunut aika	1		0.4362	1.547		0.7310	2.077			
	2		1.0224	2.780		1.1844	3.269			

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi korpi ja räme
 Veroluokan tarkennus alennuksen syy sijainti
 Hakkuusta kulunut aika 1 = 11–30 vuotta, 2 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Yksittäisillä männyillä lumituhon riski on suuri jo pienissä läpimittaluokissa (kuva 3b). Eniten lumituhoja esiintyy kuitenkin vanhoilla järeillä männyillä. Kuusilla lumituhoja on eri kehitysvaiheissa suhteellisesti vähemmän kuin männyillä, mikä johtunee kuusen ja männyn latvuksien erilaisuudesta. Kuusella lumituhot lisääntyvät puiden järeyydessä ja ikääntyessä. Lehtipuilla lumituhot painottuvat pieniin läpimittaluokkiin.

Lumituhon esiintyessä metsikkökuviolla, on yksittäisen puun tuhoriski suuri (taulukko 8b). Mäntyjen lumituhot keskittyvät selvästi enemmän tiettyihin metsiköihin kuin kuusen

lumituhot. Tuhot lienevät männyllä usein tykkytuhoja. Korkeus merenpinnasta vaikuttaa eri puulajeilla lumituhoriskiinkin samalla tavalla kuin metsikkömalleissa. Korvissa ja rämeillä on selvästi vähemmän lumituhoja kuin kankailla. Metsikön sijainti korkeilla alueilla ja metsikön ikääntyminen lisäävät kuusten lumituhoja. Tuoreilla hakkuualoilla lumituhoja esiintyy yksittäisillä männyillä ja kuusilla vähiten, mikä johtunee siitä, että lumituhopuita korjataan hakkuissa. Eniten lumituhoja on metsikön suhteellisesti pienimmillä männyillä.

Taulukko 8b. Lumen yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen koko maan puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-9.7296	-9.6565		-10.7341	-10.8195		-12.7995	-13.6967	
4	1	-9.0955	-8.9366		-9.6755	-9.7599		-11.2570	-12.1533	
3	2	-8.8443	-8.6995		-9.2378	-9.3200		-11.0630	-11.9591	
3	1	-8.7806	-8.6291		-9.1469	-9.2283		-10.8137	-11.7097	
2	2	-6.4528	-6.0835		-6.6409	-6.6228		-9.4689	-10.3587	
2	1	-6.3913	-6.0032		-6.5346	-6.5061		-9.0738	-9.9599	
1	2	-6.2275	-5.8494		-6.4075	-6.3659		-	-	
1	1	-6.2077	-5.8253		-6.3910	-6.3476		-9.0609	-9.9469	
Lpm		-0.0305	-0.0148					-0.0169	-0.0177	
Lpm**2		0.000028	0.000017		-1.49E-6	-2.84E-6				
LnLpm					0.4249	0.1710		1.2361	1.3502	
Lpm**0.5		0.5186	0.1679							
* Kuviotuho	1		0.6070	1.835		0.7860	2.195		0.8089	2.245
	2		2.6046	13.526						
	3		3.1289	22.848						
	4		3.3869	29.575						
	5					1.6090	4.998		2.3259	10.235
Korkeus merenp. (10 m)										
yli 150 m, korkeus -15			0.1364	1.146						
yli 200 m, korkeus -20						0.1829	1.201		0.0512	1.053
* Päätyyppi			-0.6781	0.508		-0.2108	0.810		-1.3868	0.250
* Veroluokan tarkennus						0.3553	1.427			
Ikä (v)										
yli 120 v, ikä -120						0.00551	1.006			
* Hakkuusta kulunut aika	1		0.4519	1.571						
	2					0.1277	1.136			
Suhteellinen koko			-0.1336	0.875						
(d+5, cm / dg+5, cm)										

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho	1 = kuviolla muu tuho 2 = kuviolla lievä lumituho 3 = kuviolla todettava lumituho 4 = kuviolla vakava tai täydellinen lumituho 5 = kuviolla lumituho
Päätyyppi	korpi ja räme
Veroluokan tarkennus	alennuksen syy sijainti
Hakkuusta kulunut aika	1 = yli 5 vuotta, 2 = yli 10 vuotta

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu
II = tuhon syntyaika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

4.1.3 Muut ilmastotekijät (Pohjois-Suomi)

Inventoinnin maastotyössä jouduttiin käyttämään useita eri yhdistelmäluokkia, koska jokaisen tuhoaiheuttajan kirjaaminen erikseen ei ollut mahdollista. Vaikka tuhot voivat olla luonteeltaan täysin erilaisia, yhdistelmäluokkien tuhojen keskimääräisen esiintymisen kuvaaminen yhdellä mallilla oli perusteltua

lähtien metsätalouden suunnittelun tarpeista. Yhdistelmäluokkien eri tuhoaiheuttajia ei pyritty erottamaan aineiston vähäisen määrän vuoksi.

Muiden ilmastotekijöiden luokkaan kuuluvat Pohjois-Suomessa mm. metsäpalon, pakkasen ja hallan aiheuttamat tuhot. Mäntyvaltaisissa metsissä luokkaan kuuluvat tuhot lienevät pääosin metsäpalon tai myös pakkasen aiheuttamia. Mäntyvaltaisten metsien tu-

hoja on esiintynyt sitä enemmän, mitä vanhempaa puusto on ja mitä korkeammalla metsikkö sijaitsee (kuva 4a ja taulukko 9a). Merkkejä muiden ilmastotekijöiden aiheuttamista tuhoista on erityisesti Lapin korkeiden alueiden hyvin vanhoissa männiköissä. Tuhot lienevät pääosin vanhoja metsäpalon jälkiä, jotka säilyvät mäntyjen rungoilla hyvinkin pitkään.

Kuusi- ja lehtipuuvaltaisissa metsissä muiden ilmastotekijöiden aiheuttamat tuhot lienevät pääosin hallatuhoja, tuhoriski on korkeimmillaan 1,2 metrin valtapituudella (kuva 4b). Korvissa ja rämeillä tuhoja esiintyy kaksi ja puoli kertaa enemmän kuin kankailla, viljelytaimikoissa tuhoriski on suurempi kuin luontaisesti syntyneissä taimikoissa (taulukko 9a).

Yksittäisillä männyillä muiden ilmastotekijöiden aiheuttamia tuhoja esiintyy rinnan-

korkeusläpimitaltaan paksuimmilla puilla eniten (kuva 4c). Kuten metsikkötasolla, tuhot lienevät pääosin metsäpalon aiheuttamia. Tuhot ovat voimakkaasti keskittyneet tiettyihin metsiköihin (taulukko 9b). Vanhoissa metsissä tuhon esiintymistodennäköisyys lisääntyy yksittäisillä männyillä metsikön iän kasvaessa. Hakkaamattomissa metsissä tai kun hakkuusta on kulunut yli 30 vuotta, tuhoa esiintyy eniten. Malli kuvaa tuhon esiintymistä yksittäisellä puulla, ei puiden alttiutta metsäpalolle, koska pienet palaneet puut ovat poissa ja isot puut ovat hengissä.

Yksittäisillä kuusilla tuhoriski on suurin pienissä läpimittaluokissa, joissa hallatuhot ovat yleisiä. Järeämmillä kuusilla tuhoa esiintyy taas enemmän, jolloin tuhon aiheuttaja lienee metsäpalo tai pakkanen. Samoin kuin männyillä, myös lehtipuilla tuhot lisääntyvät puiden järeytyessä (kuva 4c).

Taulukko 9a. Muiden ilmastotekijöiden metsiköille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji					
		Mänty		Kuusi ja lehtipuu			
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-11.4289	-11.9750		-5.0362	-5.1293	
4	1	-	-		-	-	
3	2	-8.0546	-8.6009		-2.8307	-2.9218	
3	1	-8.0025	-8.5488		-2.6295	-2.7200	
2	2	-7.2180	-7.7639		-1.4857	-1.5704	
2	1	-7.1553	-7.7011		-1.0921	-1.1723	
1	2	-7.0709	-7.6167		-0.9939	-1.0727	
1	1	-7.0212	-7.5671		-0.6857	-0.7605	
LnHdom					1.0686	1.1081	
Hdom**0.5					-1.9748	-1.9909	
Ika		0.0175	0.0172				
Ika**0.5		-0.00879	-0.0183				
Korkeus merenp. (10 m)			0.0317	1.032		-0.0391	0.962
* Päätyyppi						0.8783	2.407
* Perustamistapa						0.2932	1.341

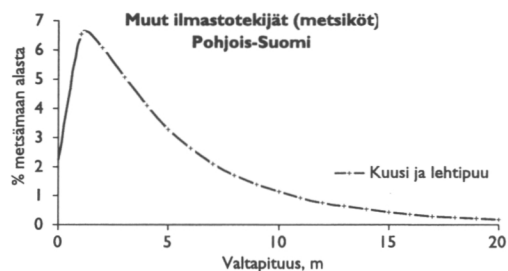
*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi korpi ja räme
Perustamistapa viljelty

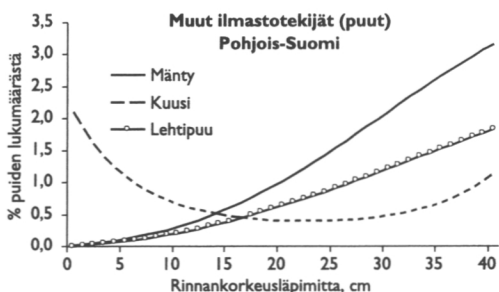
I = tuhon aste
1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen
II = tuhon syntyäika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten



Kuva 4a. Muiden ilmastotekijöiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla mäntyvaltaisissa metsissä Pohjois-Suomessa.



Kuva 4b. Muiden ilmastotekijöiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla kuusi- ja lehtipuuvaltaisissa metsissä Pohjois-Suomessa.



Kuva 4c. Muiden ilmastotekijöiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla Pohjois-Suomessa.

Taulukko 9b. Muiden ilmastotekijöiden yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji				
		Mänty		Odds ratio	Kuusi	Lehtipuu
I	II	A Kerroin	B Kerroin		B	A Kerroin
4	2	-10.5674	-10.6324		-6.4135	–
4	1	–	–		–	–
3	2	–	–		–	–
3	1	–	–		-6.1279	–
2	2	-9.2084	-9.1837		-5.2093	-10.2811
2	1	-9.1944	-9.1683		-4.6192	-10.0673
1	2	-9.1598	-9.1300		–	–
1	1	-9.1465	-9.1152		-3.8182	–
Lpm					-0.0152	-0.00865
Lpm**2		-7.27E-6	-9.23E-6		0.000034	
Lpm**0.5		0.3443	0.1758			0.4772
* Kuviotuho 1			1.7707	5.875		
2			3.0255	20.605		
3			4.5834	97.846		
Metsikön ikä (v)						
yli 130 v, ikä -130			0.00861	1.009		
* Hakkuusta kulunut aika			0.8517	2.344		

*** Dummy-muuttajat**

Kuviotuho
1 = kuviolla muu tuho
2 = kuviolla lievä muu ilmastotuho
3 = kuviolla todettava, vakava tai täydellinen muu ilmastotuho

Hakkuusta kulunut aika
yli 30 vuotta

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu

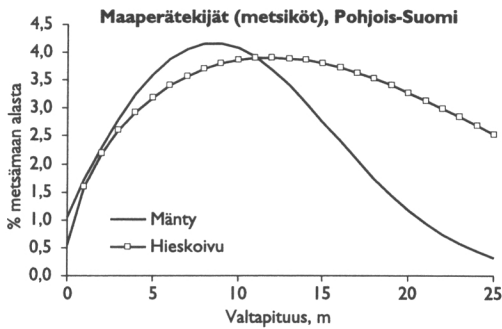
II = tuhon synty aika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

4.1.4 Maaperätekijät (Pohjois-Suomi)

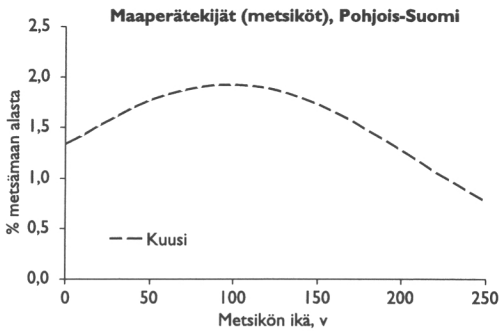
Maaperätekijöiden luokka on myös yhdistelmäluokka, johon kuuluu useita eri tuho-aiheuttajia. Tuhot ovat ilmiänsultaan lähinnä oksien ja latvuksen kuivumisia sekä neulas-katoa, myös pystykuolleita puita esiintyy. Maaperätekijöiden aiheuttamat tuhot ovat Pohjois-Suomessa ilmeisesti pääosin seurausta kuivuudesta, liiallisesta vedestä tai ravinteiden epätasapainosta puiden kasvualustassa. Tuhoja esiintyy vain mänty-, kuusi ja hieskoivuvaltaisissa metsissä. Muiden lehtipuulajien vallitsemia metsiä on Pohjois-Suomes-

sa tosin hyvin vähän. Mänty- ja hieskoivuvaltaisissa metsissä puiden kasvuongelmat keskittyvät lähinnä turvemaille, kuusivaltaisissa metsissä tuhoja on enemmän myöskin kangasmailla.

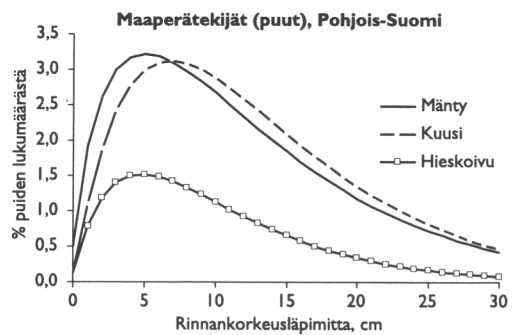
Maaperätekijöiden aiheuttamat tuhot esiintyvät mänty- ja hieskoivuvaltaisissa metsissä lähinnä vasta kasvatusvaiheen puustoissa (kuva 5a). Hieskoivuvaltaisissa metsissä tuhot esiintyvät valtapituudeltaan keskimäärin pidemmissä puustoissa kuin mäntyvaltaisissa metsissä, joissa pisimmissä puustoissa tuhoja on vähän. Kuusivaltaisten metsien tuhot painottuvat vanhempiin puustoihin kuin mänty- ja hieskoivuvaltaisissa metsissä, toi-



Kuva 5a. Maaperätekijöiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla mänty- ja hieskoivuvaltaisissa metsissä Pohjois-Suomessa.



Kuva 5b. Maaperätekijöiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla kuusivaltaisissa metsissä Pohjois-Suomessa.



Kuva 5c. Maaperätekijöiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla Pohjois-Suomessa.

saalta tuhoja esiintyy jo taimikkovaiheessa enemmän kuin muilla puulajeilla (kuva 5b).

Maaperätekijöiden aiheuttamia tuhoja esiintyy mänty- ja kuusivaltaisissa metsissä eniten parhailla soiden kasvupaikkatyypeillä (taulukko 10a). Toisaalta kankaiden kuusivaltaisissa metsissä tuhoja on myös suhteellisen paljon karuilla kasvupaikoilla. Mänty- ja hieskoivuvaltaisilla soilla tuhoa esiintyy eniten ojikoilla ja muuttumilla, turvekankailla selvästi vähemmän, kankailla tuhoja on vähän. Tiheissä puustoissa maaperätekijöiden aiheuttamat ongelmat ovat jo väistyneet. Vähäpuustoisilla soilla, joissa hakkuuta ei ole tehty, esiintyy tuhoja eniten.

Maaperätekijöiden aiheuttamat tuhot keskittyvät rinnankorkeuslähimitaltaan pieniläpimittaisiin puihin, vaikka tuhoja esiintyykin kaikissa eri kehitysvaiheissa (kuva 5c). Tuhopuut ovat jonkin verran keskittyneet samoihin metsiköihin, jolloin metsikkökuviolla esiintyvä tuho lisää yksittäisen puun tuhoriskiä (taulukko 10b). Kasvupaikkatyypin vaikutus on samanlainen kuin metsikkötasolla. Maaperätekijöiden aiheuttamien tuhojen riski yksittäisille puille on suurimmillaan luonnontilaisilla soilla ja vähenee suon kuivatusasteen edetessä. Puuston tiheyden ja hakkuusta kuluneen ajan vaikutus tuhoriskiin on kaikilla puulajeilla samansuuntainen kuin metsikkömalleissa.

Taulukko 10a. Maaperätekijöiden metsiköille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen pääpuulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Muiden lehtipuulajien vallitsemissa metsissä ei havaittu tuhoja. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
		Mänty			Kuusi			Hieskoivu		
I	IIKerroin	A Kerroin	B Odds	B Kerroin ratio	A Kerroin	B Odds	B Kerroin ratio	A Kerroin	B Odds	B ratio
4	2	-10.2865	-10.9236		-	-		-8.4208	-12.0530	
4	1	-9.1922	-9.8282		-7.7343	-8.4252		-7.7272	-11.3583	
3	2	-7.8492	-8.4809		-	-		-6.1108	-9.7275	
3	1	-6.9737	-7.5879		-6.4822	-7.1642		-5.4610	-9.0678	
2	2	-5.5006	-6.0448		-5.4837	-6.1462		-4.4180	-7.9868	
2	1	-5.1544	-5.6686		-4.6591	-5.2857		-4.2725	-7.8304	
1	2	-4.9570	-5.4488		-4.5915	-5.2143		-4.1915	-7.7425	
1	1	-4.7774	-5.2452		-4.3049	-4.9091		-4.1163	-7.6604	
Hdom**2		-0.00754	-0.0052					-0.00164	-0.00242	
LnHdom								0.4627	1.0956	
Hdom**0.5		0.7511	0.5316							
Ika					0.00777	0.0123				
Ika**2					-0.00004	-0.00006				
* Kasvupaikkatyypin	1		-1.0519	0.349		-1.2125	0.297			
	2		-1.5056	0.222		-0.3543	0.702			
* Ojitustilanne	1		3.1541	23.433		2.6195	13.729		3.3308	27.960
	2		3.3025	27.181		2.3914	10.929		4.5574	95.339
	3		3.8053	44.938					4.1131	61.137
	4		2.5067	12.264					3.4787	32.416
	5					1.6833	5.383			
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0535	0.948		-0.0536	0.948		-0.1247	0.883
* Hakkuusta kulunut aika			0.7328	2.081		1.0833	2.954		0.9624	2.618

*** Dummy-muuttujat**

Kasvupaikkatyypin 1 = 3, 2 = 4-7 (liite 2.)
 Ojitustilanne 1 = luonnontilainen suo
 2 = ojikko
 3 = muuttuma
 4 = turvekangas
 5 = muuttuma ja turvekangas
 Hakkuusta kulunut aika 1 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 10b. Maaperätekijöiden yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Muilla lehtipuulajeilla ei havaittu tuhoja. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Mänty			Kuusi			Hieskoivu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-7.5782	-9.2881		-8.6084	-10.1690		-10.1338	-9.2926	
4	1	-7.4530	-9.1610		-8.4974	-10.0550		-	-	
3	2	-7.3962	-9.1029		-8.4463	-10.0020		-	-	
3	1	-6.9527	-8.6494		-7.8523	-9.3790		-9.4403	-8.5970	
2	2	-5.8721	-7.5185		-7.6974	-9.2145		-7.2422	-6.3839	
2	1	-5.6651	-7.2951		-7.1941	-8.6725		-6.6842	-5.8162	
1	2	-5.6354	-7.2629		-	-		-	-	
1	1	-5.2841	-6.8772		-6.6561	-8.0774		-6.6368	-5.7675	
Lpm		-0.0128	-0.00682		-0.0147	-0.00953		-0.0180	-0.0162	
LnLpm		0.6441	0.7278		1.0002	0.9706		0.8598	0.9285	
* Kuviotuho	1		1.5736	4.824						
	2		2.4479	11.565						
	3					1.8112	6.118		2.2039	9.060
* Kasvupaikkatyyppi	1		-0.3785	0.685		-0.4779	0.620			
	2		-0.7710	0.463		0.0585	1.060			
	3								-0.8507	0.427
* Ojitusilanne	1		2.7872	16.235		3.1040	22.288		1.0643	2.899
	2		2.6399	14.012		2.1892	8.928			
	3		2.1090	8.240						
	4		1.3631	3.908						
	5					1.5664	4.789			
	6								-0.0716	0.931
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0979	0.907		-0.0886	0.915		-0.1376	0.871
* Hakkuusta kulunut aika			0.4493	1.567		0.5501	1.733		0.5679	1.765

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho
 1 = kuviolla lievä maaperätekijöiden aiheuttama tuho
 2 = kuviolla todettava, vakava tai täydellinen maaperätekijöiden aiheuttama tuho
 3 = kuviolla maaperätekijöiden aiheuttama tuho

Kasvupaikkatyyppi
 1 = 3, 2 = 4–8, 3 = 3–8 (liite 2.)

Ojitusilanne
 1 = luonnontilainen suo, 2 = ojikko, 3 = muuttuma
 4 = turvekangas, 5 = muuttuma ja turvekangas
 6 = ojikko, muuttuma ja turvekangas yli 30 vuotta

I = tuhon aste

1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu

II = tuhon syntyaika

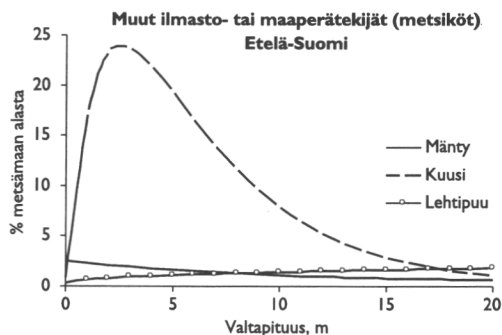
1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

4.1.5 Muut ilmasto- ja maaperätekijät (Etelä-Suomi)

Muiden ilmasto- ja maaperätekijöiden aiheuttamat tuhot kirjattiin Etelä-Suomen maastotyössä yhteen luokkaan. Yhdistelmäluokka sisältää monia eri tuhoja, jotka on kuitenkin mallitettu yhdessä. Luokkaan kuuluvat metsäpalo, pakkanen, halla, vesitalouden ongelmat ja ravinteiden epätasapaino. Metsäpalojen jälkiä ei Etelä-Suomen aineistossa ollut havaittavissa, kuten Pohjois-Suomen mäntyvaltaisissa metsissä.

Muiden ilmasto- ja maaperätekijöiden aiheuttamia tuhoja esiintyy kuusivaltaisissa metsissä eri kehitysvaiheissa selvästi enemmän kuin mänty- ja lehtipuuvaltaisissa metsissä (kuva 6a). Kuusivaltaisten metsien tuhoriskin huippu on 2,6 metrin valtapituudella, jolloin tuhoja esiintyy peräti lähes 25 %:lla vastaavan kehitysvaiheen metsien pinta-alasta. Tuhot ovat ilmeisesti pääosin hallan aiheuttamia. Mäntyvaltaisissa metsissä tuhot ovat painottuneet valtapituudeltaan lyhyempiin metsiin kuin lehtipuuvaltaisissa metsissä.

Tuhoja esiintyy korvissa ja rämeillä selvästi enemmän kuin kankailla (taulukko 11a). Mänty- ja kuusivaltaisissa metsissä tuhoja esiintyy varsinkin parhailla kasvupaikoilla, mutta mäntyvaltaisissa metsissä myöskin karuimmilla soiden kasvupaikoilla. Puuston tiheydessä tuhojen määrä vähenee. Mänty-

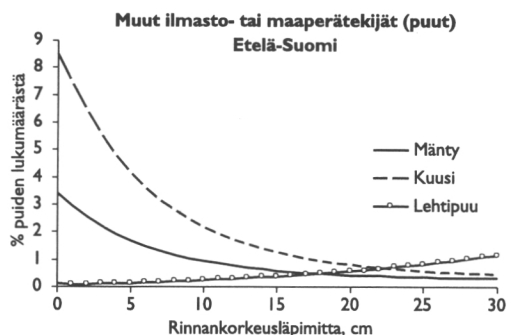


Kuva 6a. Muiden ilmasto- tai maaperätekijöiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä Etelä-Suomessa.

valtaisissa metsissä tuhoja esiintyy enemmän pelloille syntyneissä metsiköissä kuin muualla. Kuusisekoitus mäntytaimikoissa lisää tuhoriskiä selvästi, mikä johtunee kuusen hallanarkuudesta. Kuusivaltaisten taimikoiden hallatuhot ovat selvästi yleisempiä viljelytaimikoissa, varsinkin pelloilla, kuin luontaisesti syntyneissä taimikoissa. Hieskoivuvaltaisissa metsissä tuhoja on selvästi enemmän kuin muiden lehtipuulajien vallitsemissa metsissä.

Yksittäisillä kuusilla ja männyillä muiden ilmasto- ja maaperätekijöiden aiheuttamia tuhoja esiintyy eniten pienimmässä läpimittaluokissa ja kuusella selvästi enemmän kuin männyllä (kuva 6b). Lehtipuiden tuhot painottuvat rinnankorkeusläpimitaltaan suurimpiin puihin.

Kitumaalla kasvavilla männyillä tuhoja esiintyy viisinkertainen määrä metsämaan mäntyihin verrattuna, korvissa ja rämeillä tuhoja on huomattavasti enemmän kuin kankailla (taulukko 11b). Männyin tuhot ovatkin ilmeisesti pääosin puiden kasvuhäiriöitä soilla. Kuusilla ja lehtipuilla muiden ilmasto- ja maaperätekijöiden aiheuttamat tuhot lienevät pääosin hallatuhoja. Tuhot ovat selvästi keskittyneet tiettyihin metsiköihin. Kuusen ja lehtipuiden tuhoriski vähenee metsikön pohjapinta-alan kasvaessa. Vähäpuustoisilla soilla, missä hakkuita ei ole tehty, esiintyy tuhoja selvästi enemmän kuin muualla.



Kuva 6b. Muiden ilmasto- tai maaperätekijöiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla Etelä-Suomessa.

Taulukko IIa. Muiden ilmasto- tai maaperätekijöiden metsiköille aiheuttamien tuhojen Etelä-Suomen pääpuulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratioit. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-9.2554	-9.3576		-5.3243	-6.9476		-	-	
4	1	-7.6458	-7.7472		-3.3768	-4.9952		-8.4375	-9.1175	
3	2	-6.6898	-6.7895		-2.5476	-4.1601		-6.8258	-7.5029	
3	1	-6.1632	-6.2615		-1.4617	-3.0529		-6.7302	-7.4069	
2	2	-5.0473	-5.1408		-0.8130	-2.3845		-5.8276	-6.4992	
2	1	-4.3967	-4.4846		0.5217	-0.9845		-5.5096	-6.1785	
1	2	-4.1288	-4.2136		0.6619	-0.8347		-5.2890	-5.9560	
1	1	-3.6244	-3.7020		1.1726	-0.2876		-5.0362	-5.7003	
Hdom		-0.1038	-0.1101							
Hdom**2		0.0017	0.00269					0.000095	0.00134	
LnHdom					2.1885	1.9412		0.3417	0.2790	
Hdom**0.5					-2.7408	-1.7312				
* Päätyyppi	1		1.1071	3.025		1.0413	2.833			
	2								1.0806	2.946
	3								1.5712	4.812
* Kasvupaikkatyyppi	1		-0.9621	0.382		-0.4300	0.651			
	2		-0.5427	0.581						
	3		0.3516	1.421						
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0406	0.960		-0.1109	0.895		-0.0420	0.959
* Perustamistapa						0.8597	2.363			
* Vanha tai uusi metsätalousmaa			0.6035	1.829		0.9258	2.524			
* Pääpuulaji									0.5692	1.767
Kuusen osuus (10 %)			0.3244	1.383						
* Hakkuusta kulunut aika			0.6657	1.946						

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi	1 = korpi ja räme, 2 = korpi, 3 = räme
Kasvupaikkatyyppi	1 = 3, 2 = 4, 3 = 5-7 (liite 2.)
Perustamistapa	viljelty
Vanha tai uusi metsätalousmaa	uusi metsätalousmaa
Pääpuulaji	0 = muu lehtipuu, 1 = hieskoivu
Hakkuusta kulunut aika	1 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen
II = tuhon syntyäika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 1 Ib. Muiden ilmasto- tai maaperätekijöiden yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen Etelä-Suomen puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-7.0594	-9.0527		-6.0250	-6.3457		-	-	
4	1	-6.5485	-8.5413		-5.7370	-6.0544		-9.7246	-15.7659	
3	2	-6.3661	-8.3587		-5.5136	-5.8282		-9.2136	-15.3584	
3	1	-5.5923	-7.5820		-5.0430	-5.3506		-	-	
2	2	-4.4661	-6.4484		-3.9845	-4.2743		-7.2611	-12.9429	
2	1	-3.9184	-5.8928		-2.8470	-2.9841		-7.1265	-12.7993	
1	2	-3.9040	-5.8780		-2.8257	-2.9577		-7.1016	-12.7728	
1	1	-3.3282	-5.2881		-2.3562	-2.3807		-6.9856	-12.6492	
Lpm		-0.0160	-0.00831		-0.0167	-0.0101				
Lpm**2		0.000027	0.000017		0.000022	0.000016				
LnLpm								-0.3812	0.5693	
Lpm**0.5								0.2724	0.1723	
* Kuviotuho	1					0.3390	1.404		1.1139	3.046
	2					3.1127	22.482			
	3					4.1224	61.707			
	4								3.5955	36.435
* Maaluokka			1.6688	5.302						
* Päätyyppi	1		0.9425	2.566						
	2		1.1091	3.032						
Pohjapinta-ala (m ²)						-0.0696	0.933		-0.0256	0.975
* Hakkuusta kulunut aika	1								2.0832	8.030
	2		1.1179	3.059						

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho

- 1 = kuviolla muu tuho
 2 = kuviolla lievä muiden ilmasto- tai maaperätekijöiden aiheuttama tuho
 3 = kuviolla todettava, vakava tai täydellinen muiden ilmasto- tai maaperätekijöiden aiheuttama tuho
 4 = kuviolla muiden ilmasto- tai maaperätekijöiden aiheuttama tuho

Maaluokka

- 0 = metsämaa, 1 = kitumaa

Päätyyppi

- 1 = korpi, 2 = räme

Hakkuusta kulunut aika

- 1 = yli 11 vuotta, 2 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste

- 1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu

II = tuhon syntyaika

- 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

4.2 Kilpailu

Kilpailun aiheuttamiin tuhoihin luetaan heinittymisen ja vesakoitumisen aiheuttamat tuhot taimikoissa sekä latvusten piiskaantuminen ja ylitiheydestä johtuvat tuhot vanhemmissa puustoissa. Puulajien erilainen kasvurytmi ja kyky sietää varjostusta tekevät puulajit eri tavalla kilpailulle alttiiksi. Kilpailu aiheuttaa puiden kuolemisia, oksien ja latvusten tuhoja sekä neulas- ja lehtikatkoa. Eniten puita kuolee mäntyvaltaisissa metsissä, kuusivaltaisissa metsissä kilpailu aiheuttaa pääosin erilaisia oksa- ja latvatuhoja, neulas- ja lehtikatkoa esiintyy erityisesti lehtipuuvallaisissa metsissä.

Kilpailun aiheuttamia tuhoja esiintyy suhteellisesti eniten lehtipuuvallaisissa metsissä (kuva 7a). Mäntyvaltaisten metsien tuhot painottuvat keskimäärin myöhäisempään kehitysvaiheeseen kuin lehtipuuvallaisissa metsissä. Kuusivaltaisissa metsissä tuhoriskin huippu on jo 1,7 metrin valtapituudella. Taimikoiden kuuset kärsivät lehtipuiden varjostuksesta sekä heinittymisestä.

Puuston tihentyessä kilpailutuhojen määrä kasvaa (taulukko 12a). Esimerkiksi mäntyvaltaisissa metsissä yhden m²:n lisäys pohjapinta-alassa lisää tuhoriskiä noin 10 %. Toinen merkittävä tekijä kilpailutuhojen aiheuttajana on metsikön puulajisuhteet. Tuhot lisääntyvät havupuuvallaisissa metsissä lehti-

Taulukko 12a. Kilpailun metsiköille aiheuttamien tuhojen koko maan pääpuulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–	–		-7.4986	-9.1736		–	–	
4	1	-11.4546	-12.1367		-7.1305	-8.8055		-9.2940	-8.6700	
3	2	-8.3689	-9.0499		-6.0315	-7.7064		-8.8884	-8.2644	
3	1	-7.7783	-8.4537		-5.4530	-7.1270		-6.4136	-5.7786	
2	2	-6.5918	-7.2422		-4.2499	-5.9064		-5.3696	-4.7180	
2	1	-6.0570	-6.6807		-3.4930	-5.1179		-4.3622	-3.6398	
1	2	-5.7449	-6.3442		-3.1701	-4.7760		-4.2693	-3.5347	
1	1	-5.4959	-6.0728		-2.8908	-4.4790		-4.1412	-3.3893	
Hdom		0.1735	-0.0250		-0.0757	-0.0577				
Hdom**2		-0.00433	-0.0009					-0.00436	-0.00208	
LnHdom					0.1302	-0.2944				
Hdom**0.5								0.6825	-0.3405	
Pohjapinta-ala (m ²)			0.0987	1.104		0.0677	1.070		0.1009	1.106
* Perustamistapa						0.7190	2.052			
* Pääpuulaji 1									-0.4554	0.634
2									-0.5932	0.553
Havupuun osuus (10 %)									0.0615	1.063
Lehtipuun osuus (10 %)			0.1739	1.190		0.2431	1.275			
Kuusen osuus (10 %)			-0.1102	0.896						
* Hakkuusta kulunut aika			1.1880	3.281		0.6579	1.931			
* Hakkuun kiireellisyys 1			1.9195	6.818		1.6294	5.101		1.4012	4.060
2			0.5023	1.652						

*** Dummy-muuttujat**

Perustamistapa viljelty
Pääpuulaji 0 = hieskoivu, 1 = rauduskoivu, 2 = muut lehtipuut
Hakkuusta kulunut aika yli 30 vuotta
Hakkuun kiireellisyys 1 = toimenpide viivästynyt
2 = ensimmäinen 5-vuotiskausi

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen
II = tuhon syntyäika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

puuosuuden kasvaessa ja lehtipuuvaltaisissa metsissä havupuuosuuden kasvaessa. Toisaalta mäntyvaltaisissa metsissä kuusen osuuden kasvaessa kilpailutuhot vähenevät. Kuusi-valtaisissa viljelytaimikoissa on kilpailutuhoa esiintynyt kaksinkertaisesti verrattuna luontaisesti syntyneisiin taimikoihin. Rauduskoivun ja muiden lehtipuiden vallitsemisessa metsissä tuhoja on selvästi vähemmän kuin hieskoivuvaltaisissa metsissä. Kun hakkuutoimenpide on viivästynyt tai hakkuusta on kulunut pitkä aika, esiintyy kilpailun aiheuttamia tuhoja kaikkien puulajien vallitsemisessa metsissä moninkertaisesti verrattuna muihin metsiin.

Yksittäisten puiden välinen kilpailu vai-

uttaa voimakkaimmin pieniin puihin (kuva 7b). Männyillä tuhoriskin huippu on noin 2 cm:n, lehtipuilla 3 cm:n ja kuusella 7 cm:n rinnankorkeusläpimitalla. Lehtipuilla kilpailutuhota esiintyy jonkin verran vähemmän kuin männyillä ja kuusilla. Tuhon suhteellinen osuus puiden lukumäärästä vähenee kaikilla puulajeilla puiden järetyessä.

Metsikkökuviolla esiintyvä kilpailun aiheuttama tuho lisää jonkin verran yksittäisen puun tuhoriskiä (taulukko 12b). Kilpailutuhot eivät ole kuitenkaan keskittyneet kovin selvästi tiettyihin metsiköihin, vaan tuhonalaiset puut sijaitsevat usein yksittäin eri metsiköissä. Puuston pohjapinta-alan kasvaminen eri kehitysvaiheissa lisää yksittäisen puun tuho-

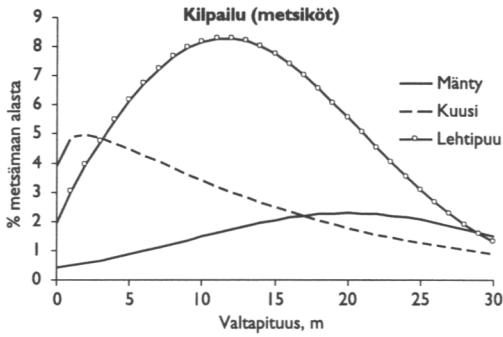
Taulukko 12b. Kilpailun yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen koko maan puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratioet. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
		A	B	B	A	B	B	A	B	B
I	II	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin	Odds ratio
4	2	-6.5748	-7.0690		-8.7619	-9.7518		-10.5401	-10.1230	
4	1	-5.7618	-6.2003		-7.7902	-8.6952		-9.0786	-8.6526	
3	2	-5.4634	-5.8921		-7.5392	-8.4329		-8.8415	-8.4139	
3	1	-4.9526	-5.3720		-7.0150	-7.8915		-8.4062	-7.9754	
2	2	-3.5939	-3.9711		-5.1691	-6.0317		-6.4169	-6.0518	
2	1	-3.2671	-3.6273		-4.5693	-5.4143		-5.9866	-5.6074	
1	2	-3.1703	-3.5206		-4.4251	-5.2640		-5.9463	-5.5613	
1	1	-2.8646	-3.1754		-4.0380	-4.8589		-5.6571	-5.2835	
Lpm					-0.0334	-0.0328				
LnLpm		1.0376	1.3402					2.3441	1.8720	
Lpm**0.5		-0.4387	-0.3831		0.5463	0.6491		-0.8190	-0.6541	
* Kuviotuho 1			1.3063	3.692						
	2		1.9186	6.811					2.2882	9.857
	3					0.9203	2.510			
	4								0.5565	1.745
	5								1.3165	3.730
Pohjapinta-ala (m ²)			0.0602	1.062		0.0254	1.026		0.0230	1.023
Havupuun osuus (10 %)									0.1206	1.128
Lehtipuun osuus (10 %)			0.1331	1.142		0.1888	1.208			
* Hakkuusta kulunut aika						0.5355	1.708		0.5607	1.752
* Puulaji									-0.4563	0.634
Suhteellinen koko (d+5, cm / dg+5, cm)			-3.7934	0.023		-2.0117	0.134		-1.4694	0.230

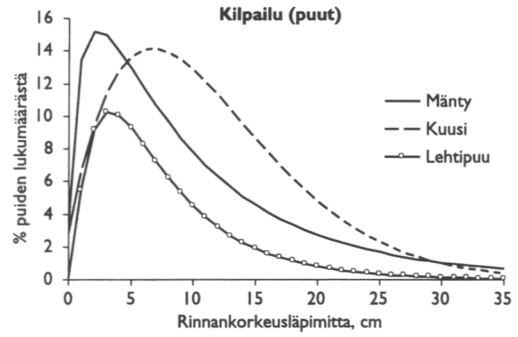
*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho
 1 = kuviolla lievä tai todettava kilpailun aiheuttama tuho
 2 = kuviolla vakava tai täydellinen kilpailun aiheuttama tuho
 3 = kuviolla kilpailun aiheuttama tuho
 4 = kuviolla lievä kilpailun aiheuttama tuho
 5 = kuviolla todettava kilpailun aiheuttama tuho
 Hakuusta kulunut aika
 yli 30 vuotta
 Puulaji
 0 = hieskoivu ja harmaaleppä, 1 = muut lehtipuulajit

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu
 II = tuhon syntyäika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten



Kuva 7a. Kilpailun aiheuttamien tuhojen esiintymisen metsämaalla eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 7b. Kilpailun aiheuttamien tuhojen esiintymisen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla koko maassa.

riskiä. Havupuusekoitus lehtipuuvallaisissa metsissä ja lehtipuusekoitus havupuuvallaisissa metsissä lisää yksittäisten puiden kilpailutuhoja. Hieskoivulla ja harmaalepällä esiintyy kilpailun aiheuttamia tuhoja enemmän kuin muilla lehtipuulajeilla. Metsikön pienimmät puut kärsivät eniten muiden puiden varjostuksesta, puun suhteellinen asema metsikössä vaikuttaakin erityisen voimakkaasti kilpailutuhojen esiintymiseen.

4.3 Ihmisen toiminta

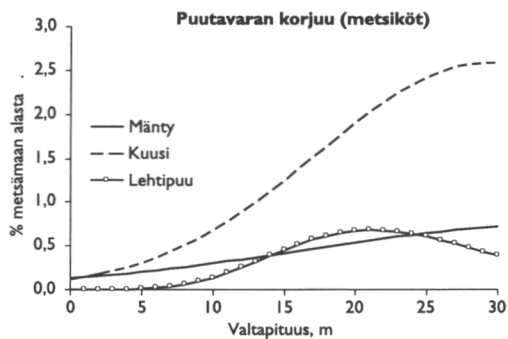
4.3.1 Puutavaran korjuu

Puutavaran korjuun aiheuttamiin tuhoihin luetaan hakkuun ja kuljetuksen aikana puihin ja juuristoon kohdistuneet viat ja vauriot. Tuhot ovat vanhemmissa puustoissa pääosin erilaisia runko- ja juuristovaurioita, taimikoissa tuho ilmenee katkenneina taimina ja oksatuhoina. Puutavaran korjuun aiheuttamat vauriot voivat näkyä puissa hyvinkin pitkään. Tuhot esiintyvät pääosin kasvatus- ja uudistuskypsissä metsissä (kuva 8a). Puutavaran korjuu aiheuttaa selvästi enemmän vaurioita kuusivallaisissa metsissä kuin mänty- ja lehtipuuvallaisissa metsissä.

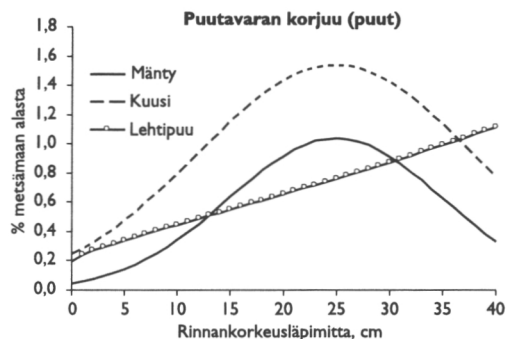
Puutavaran korjuusta aiheutuneita tuhoja esiintyy enemmän kankailla kuin korvissa ja rämeillä (taulukko 13a). Mäntyvallaisissa metsissä kuusi sekapuuna lisää tuhoja ja toisaalta kuusivallaisissa metsissä mänty ja lehtipuu sekapuuna vähentävät tuhoja. Eniten tuhoja esiintyy heti hakkuiden jälkeen. Tuhoja esiintyy sitä vähemmän, mitä pidempi aika viimeksi suoritetusta hakkuusta on kulunut.

Yksittäisillä kuusilla tuhoja esiintyy enemmän kuin männyillä (kuva 8b). Tuhojen määrä lisääntyy molemmilla puulajeilla noin 25 cm:n rinnankorkeusläpimittaan saakka, minkä jälkeen puissa näkyvien vaurioiden määrä vähenee. Hakkuissa poistetaan korjuuvaurion saaneita puita ja toisaalta vauriot ilmeisesti peittyvät vähitellen puiden järetyessä. Lehtipuilla tuhoja esiintyy sitä enemmän mitä järeämpi puu on, mutta kuitenkin keskimäärin pienemmissä läpimittaluokissa kuin männyllä ja kuusella.

Kuviolla esiintyvä puutavaran korjuun aiheuttama tuho lisää selvästi korjuutuhon esiintymistä myös yksittäisellä puulla (taulukko 13b). Korvissa ja rämeillä tuhoa esiintyy vähemmän kuin kankailla. Mitä pidempi aika hakkuusta on kulunut, sitä vähemmän puutavaran korjuusta aiheutuneita tuhoja esiintyy. Vaurioita on puilla selvästi eniten heti hakkuukesänä tai kun hakkuusta on kulunut yksi vuosi.



Kuva 8a. Puutavaran korjuun aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 8b. Puutavaran korjuun aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla koko maassa.

Taulukko 13a. Puutavaran korjuun metsiköille aiheuttamien tuhojen koko maan pääpuulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	2	-9.9748	-8.9118	–	-11.0527	-9.5046	–	-24.0895	-24.3681	–
3	1	–	–	–	-10.6655	-9.1174	–	–	–	–
2	2	-8.3260	-7.2628	–	-8.1479	-6.5977	–	-21.8401	-22.1180	–
2	1	-7.8323	-6.7687	–	-7.7246	-6.1725	–	-21.5640	-21.8417	–
1	2	-7.0795	-6.0145	–	-7.1011	-5.5444	–	-21.2123	-21.4898	–
1	1	-6.6400	-5.5732	–	-6.7371	-5.1752	–	-21.0438	-21.3211	–
Hdom		0.0983	0.1410	–	0.2122	0.2090	–	-0.7555	-0.8175	–
Hdom**2		-0.00136	-0.00242	–	-0.00362	-0.00355	–	–	–	–
Hdom**0.5		–	–	–	–	–	–	6.9668	7.4095	–
*Päätyyppi		–	-0.1214	0.886	–	-0.5174	0.596	–	-0.1431	0.867
Lehtipuun osuus (10 %)		–	–	–	–	-0.1999	0.819	–	–	–
Männyn osuus (10 %)		–	–	–	–	-0.0786	0.924	–	–	–
Kuusen osuus (10 %)		–	0.2257	1.253	–	–	–	–	–	–
* Hakkuusta kulunut aika 1		–	–	–	–	-0.4324	0.649	–	–	–
2		–	–	–	–	-1.0154	0.362	–	–	–
3		–	-1.9025	0.149	–	-1.6153	0.199	–	–	–
4		–	-3.6268	0.027	–	-4.1710	0.015	–	-1.9331	0.145
5		–	-0.8759	0.416	–	–	–	–	–	–
6		–	–	–	–	–	–	–	-0.1897	0.827

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi korpi ja räme
 Hakkuusta kulunut aika 1 = 2–5 vuotta, 2 = 6–10 vuotta, 3 = 11–30 vuotta
 4 = yli 30 vuotta, 5 = 2–10 vuotta, 6 = 6–30 vuotta

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 13b. Puutavaran korjuun yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen koko maan puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-13.0732	-11.7677		-	-		-	-	
4	1	-12.4197	-11.1141		-11.6944	-10.5061		-8.8665	-7.5041	
3	2	-12.0008	-10.6951		-9.9244	-8.7361		-8.7276	-7.3651	
3	1	-	-		-9.7671	-8.5788		-8.6057	-7.2430	
2	2	-8.0405	-6.7147		-6.6994	-5.4944		-6.6218	-5.2557	
2	1	-7.8577	-6.5283		-6.3027	-5.0876		-6.3733	-5.0057	
1	2	-7.7450	-6.4134		-6.1292	-4.9077		-6.3487	-4.9809	
1	1	-7.6566	-6.3232		-6.0080	-4.7816		-6.3247	-4.9567	
Lpm		0.0249	0.0208		0.0149	0.0118				
Lpm**2		-0.00005	-0.00004		-0.00003	-0.00003		-3.15E-7	-1.13E-6	
Lpm**0.5								0.0921	0.0794	
* Kuviotuho			2.9524	19.152		2.4731	11.859		1.9951	7.353
* Päättyppi			-0.6345	0.530		-0.1511	0.860			
* Hakkuusta kulunut aika	1		-0.3014	0.740		-0.4820	0.618			
	2		-0.8814	0.414		-1.2758	0.279		-1.4323	0.239
	3		-2.1769	0.113		-2.4445	0.087		-3.3737	0.034
	4								-0.8329	0.435

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho kuviolla puutavaran korjuun aiheuttama tuho
Päättyppi korpi ja räme
Hakkuusta kulunut aika 1 = 2–10 vuotta, 2 = 11–30 vuotta
3 = yli 30 vuotta, 4 = 6–10 vuotta

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu
II = tuhon syntyaika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

4.3.2 Muu ihmisen toiminta

Puunkorjuun ja kuljetuksen ohella metsissä tehtävistä toimenpiteistä aiheutuu puustolle myös muuta vahinkoa. Muun ihmisen toiminnan aiheuttamiin tuhoihin luetaan esimerkiksi leimausjäljet puissa ja huolimaton istutus sekä kemiallisen käsittelyn ei toivotut seuraukset. Ilmiasultaan tuhot ovat pääosin runkovaurioita, paitsi nuorilla männyillä rungon tyvimutkia. Mäntyvaltaisten metsien aineisto jaettiin tarkastelussa kahteen osaan, luontaisiin ja viljeltyihin metsiin.

Männyn viljelytaimikoissa tuhoja esiintyy runsaasti (kuva 9a). Tuhot ovat lähinnä rungon tyvimutkia, jotka ovat seurausta huolimattomasta istutuksesta. Istutuksessa syntyneitä vaurioita esiintyy jonkin verran myös lehtipuuvaltaisissa taimikoissa. Muun ihmisen toiminnan aiheuttamat tuhot lisääntyvät luontaisesti syntyneissä mäntyvaltaisissa

metsissä sekä kuusi- ja lehtipuuvaltaisissa metsissä metsikön valtapituuden kasvaessa. Kuusivaltaisissa metsissä tuhoja esiintyy kokonaisuudessaan eniten

Tuhoja esiintyy mäntyvaltaisilla soilla vähemmän kuin kankailla (taulukko 14a). Mäntyvaltaisissa luontaisesti syntyneissä metsissä tuhojen määrä lisääntyy puuston tiheyden kasvaessa. Männyn peltoviljelyaloilla istutuksen aiheuttamia tyvimutkia tai muita vaurioita on lähes kolminkertainen määrä muihin istutusaloihin verrattuna.

Yksittäisillä kuusilla ja lehtipuilla muun ihmisen toiminnan aiheuttamat tuhot lisääntyvät puiden järeyydessä, mutta vähenevät kaikkein järeimmillä puilla (kuva 9b). Tuhot ovat lehtipuilla yleisempiä kuin kuusella. Männyllä tuhoja esiintyy suhteellisesti saman verran puun eri kehitysvaiheissa.

Taulukko 14a. Muun ihmisen toiminnan metsiköille aiheuttamien tuhojen koko maan pääpuulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji							
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu	
		Luontainen		B Odds ratio	Viljelty		B Odds ratio	A Kerroin	A Kerroin
		A Kerroin	B Kerroin		A Kerroin	B Kerroin			
I	II								
4	2	-	-						
4	1	-	-						
3	2	-10.1691	-9.9100						
3	1	-9.5948	-9.3357						
2	2	-8.2699	-8.0107						
2	1	-8.1094	-7.8502						
1	2	-7.4105	-7.1512						
1	1	-7.3056	-7.0462						
Hdom				0.8070	0.7915		0.0730	-0.2368	
Hdom**2				-0.0785	-0.0771		-0.00023		
LnHdom		0.7443	0.8428						
Hdom**0.5		-0.0756	-0.2806					1.9361	
* Päätyyppi			-0.2947	0.745		-0.4242	0.654		
Pohjapinta-ala (m ²)			0.0245	1.025					
* Vanha tai uusi metsätalousmaa					1.0250	2.787			

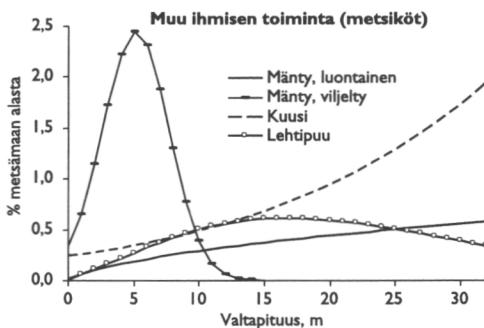
*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi korpi ja räme
 Vanha tai uusi metsätalousmaa uusi metsätalousmaa

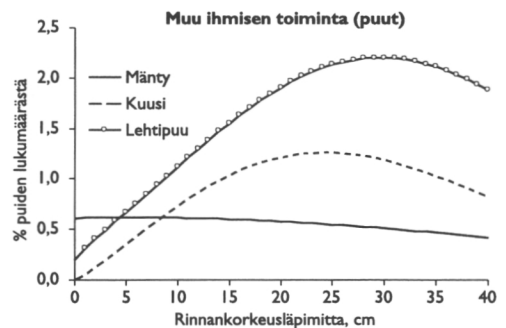
I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Yksittäisten puiden tuhot ovat männyillä keskittyneet selvästi enemmän samoihin metsiköihin kuin kuusella ja varsinkin lehtipuilla (taulukko 14b). Männyillä tuhoja on, toisin kuin mäntyvaltaisissa metsissä, enemmän

korvissa ja rämeillä kuin kankailla. Lehtipuilla tuhot ovat yleisimpiä tuoreilla hakkuu-aloilla. Raudus- ja hieskoivuilla tuhoriski on selvästi suurempi kuin muilla lehtipuulajeilla.



Kuva 9a. Muun ihmisen toiminnan aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla eri pääpuulajien vallitsemisissa metsissä koko maassa.



Kuva 9b. Muun ihmisen toiminnan aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla koko maassa.

Taulukko 14b. Muun ihmisen toiminnan yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen koko maan puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-10.1347	-10.9721		-15.6208	-15.4584		-11.0434	-11.0955	
4	1	-8.7378	-9.5730		–	–		-9.0037	-9.0555	
3	2	-8.5139	-9.3484		–	–		-8.7184	-8.7701	
3	1	-8.1627	-8.9953		-14.9674	-14.8050		-8.6249	-8.6766	
2	2	-5.3981	-6.1649		-10.6761	-10.4949		-6.6492	-6.6948	
2	1	-5.2872	-6.0479		-10.5103	-10.3259		-6.4784	-6.5227	
1	2	-5.1368	-5.8893		-10.2635	-10.0730		-6.4155	-6.4594	
1	1	-5.0936	-5.8437		-10.1943	-10.0017		-6.4107	-6.4545	
Lpm		0.00038	0.00252							
Lpm**2		3.252E-6	1.096E-6		-0.00001	-0.00001		-0.00001	-0.0114	
LnLpm					1.1699	1.0944				
Lpm**0.5								0.2030	0.3599	
*Kuviotuho 1			3.8517	47.074		3.1917	24.329		1.3439	3.834
	2		4.4667	87.068		3.3392	28.197		2.4739	11.869
*Päätyyppi			0.8239	2.279						
*Hakkuusta kulunut aika 1									-0.1060	0.899
	2								-0.4044	0.667
	3								-1.2892	0.275
*Puulaji 1									-0.6151	0.541
	2								-1.6803	0.186

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho
1 = kuviolla muun ihmisen toiminnan aiheuttama lievä tuho
2 = kuviolla muun ihmisen toiminnan aiheuttama todettava, vakava tai täydellinen tuho
korpi ja räme

Päätyyppi
Hakkuusta kulunut aika
Puulaji
1 = 6–10 vuotta, 2 = 11–30 vuotta, 3 = yli 30 vuotta
0 = rauduskoivu ja hieskoivu, 1 = haapa, 2 = muut lehtipuut

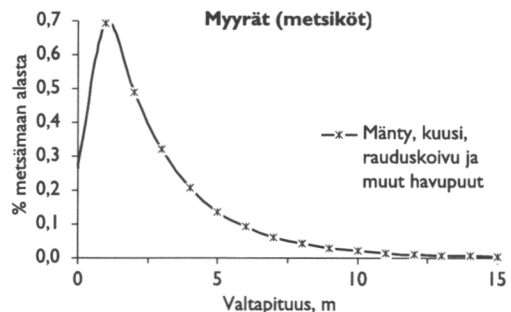
I = tuhon aste
1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu

II = tuhon syntyaika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

4.4 Selkärankaistet

4.4.1 Myyrät

Myyrätuhot esiintyvät pääosin pienissä taimikoissa (kuva 10). Tuhoriskin huippu on 0,7 metrin valtapituudella, jolloin myyrätuhoja esiintyy eniten. Tuhot ovat kuitenkin usein syntyneet jo aikaisemmin. Merkkejä myyrätuhoista on myöskin valtapituudeltaan pidemmissä puustoissa. Myyrrien aiheuttamien tuhojen pinta-ala on pieni verrattuna moniin muihin tuhoihin, mutta esiintyessään taimikoissa myyrätuhot ovat suhteellisesti vakavin tuhonaiheuttaja. Tuho ilmenee pääosin pystykuolleina puina ja runkovaurioina sekä myös kuivina, katkenneina latvoina ja oksatuhoina.



Kuva 10. Myyrrien aiheuttamien tuhojen esiintymisen metsämaalla koko maassa. Muiden lehtipuulajien vallitsemissa metsissä ei tuhoja.

Taulukko 15. Myyrien metsiköille aiheuttamien tuhojen koko maan mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Kaikki pääpuulajit				
		Malli 1		Malli 2		Malli 3
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–	–		–	
4	1	-4.6038	-5.7493		-14.8821	
3	2	–	–		–	
3	1	-3.3501	-4.4875		-13.6191	
2	2	-3.2944	-4.4313		-13.5629	
2	1	-2.4035	-3.5310		-12.6616	
1	2	-2.3764	-3.5036		-12.6341	
1	1	-1.9637	-3.0853		-12.2142	
LnHdom		1.2956	1.1222		1.0997	
Hdom**0.5		-3.0026	-2.6527		-2.7066	
* Kasvupaikkatyypin	1		-1.0094	0.364		
	2		-1.5204	0.219		
Valtapietusboniteetti, m (H ₅₀ , mänty)					0.4677	1.596
* Pääpuulaji	1		-1.7007	0.183	-1.8329	0.160
	2		0.3742	1.454	0.5244	1.689
* Perustamistapa			1.4564	4.290	1.4105	4.098
* Vanha tai uusi metsätalousmaa			1.3343	3.797	1.2771	3.586
* Myyrävuodet			1.6540	5.228	0.8469	2.332

*** Dummy-muuttajat**

Kasvupaikkatyyppi
Pääpuulaji

1 = 3, 2 = 4–7 (liite 2.)
0 = mänty tai muu havupuu
1 = kuusi
2 = rauduskoivu (muiden lehtipuulajien vallitsemissa metsiköissä ei havaittu tuhoja)

Perustamistapa
Vanha tai uusi metsätalousmaa
Myyrävuodet

viljelty
uusi metsätalousmaa
metsälautakunta, jonka alueella on ollut runsasta myyrien esiintymistä inventointia edeltäneiden 3 vuoden aikana

I = tuhon aste

1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen

II = tuhon syntyäika

1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

Valtaosa metsäpuiden taimiin kohdistuneista myyrätuhoista on peltomyyrän aiheuttamia. Peltomyyrä elää lähinnä heinittyneillä hakkuualoilla ja metsitetyillä pelloilla (Jukka 1988). Myyrätuhoja esiintyy eniten parhailla kasvupaikoilla (taulukko 15). Rauduskoivuvaltaisissa taimikoissa myyrätuho-riski on noin puolitoistakertainen mäntyvaltaisiin taimikoihin verrattuna. Kuusi-taimikoissa tuhoja on selvästi vähiten. Myyrät ovat erityisesti viljelyalojen vitsaus. Viljellyissä taimikoissa ja erityisesti peltojen metsitysaloilla myyrätuhoja onkin runsaim-

min. Tuhomallissa käytettiin luokittelumuuttujana myyrävuosia, eli metsälautakunnan aluetta, jolla on ollut runsasta myyrien esiintymistä inventointia edeltäneiden 3 vuoden aikana (Henttonen, H., suullinen haastattelu v. 2000). Runsaat myyrävuodet lisäävät selvästi tuhoja. Metsälautakuntien 1, 2, 4, 5, 6, 7 ja 12 alueilla myyrätuhoja on esiintynyt noin viisinkertainen määrä muiden metsälautakuntien alueisiin verrattuna (kuva 1, taulukko 15).

Myyrätuhomallia yksittäisille puille ei tehty aineiston puuttumisen takia.

4.4.2 Hirvet ja muut selkärangaiset

Hirvien aiheuttamien tuhojen lisäksi luokkaan sisältyy myös muiden selkärankaisten paitsi myyrien aiheuttamia tuhoja. Muita selkärangaisia ovat mm. poro, peura, jänis ja majava. Tuhot ovat pääosin hirvituhoja. Tuhot ilmenevät yleisimmin oksatuhoina, mutta myös pystykuolleita puita, katkenneita latvoja sekä runkovaurioita esiintyy.

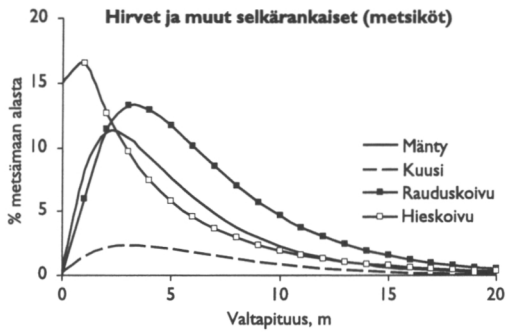
Eniten hirvet aiheuttavat vahinkoa mänty- ja rauduskoivuvaltaisissa metsissä, joissa koko maassa keskimäärin enimmillään yli 10 %:lla taimikkovaiheen metsien pinta-alasta on esiintynyt tuhoa (kuva 11a). Mäntyvaltaisissa metsissä hirviturhoriski on mallin mukaan suurimmillaan 2,3 metrin ja rauduskoivuvaltaisissa metsissä 3,1 metrin valtapituudella. Kuusivaltaisissa metsissä tuhoja esiintyy vähän. Hieskoivuvaltaisissa metsissä tuhoriski on korkeimmillaan 0,4 metrin valtapituudella, jolloin tuhoa on esiintynyt yli 15 %:lla hieskoivuvaltaisten taimikoiden alasta. Hieskoivuvaltaiset taimikot ovat pääosin luontaisesti syntyneitä. Ilmeisesti osa mänty- tai rauduskoivuvaltaisista taimikoista on hirviturhon seurauksena muuttunut valtapituudeltaan lyhyiksi hieskoivuvaltaisiksi taimikoksi, jolloin tuho on alun perin kohdistunut mäntyyn tai rauduskoivuun. Haapavaltaisissa metsissä hirviturhot esiintyvät selvästi vanhemmissa puustoissa kuin muiden puulajien vallitsemisissä metsissä (kuva 11b). Tuhoja esiintyy noin puolella haapavaltaisten metsien pinta-alasta 10 metrin valtapituudella. Hirvet voivat parin ensimmäisen vuosikymmenen aikana vikuuttaa haaparunkoja käyttökelvottomiksi (Heikkilä 1999).

Metsikkötasolla puuston tihentyminen pienentää hirviturhoriskiä (taulukko 16a). Viljelytaimikoissa hirviturhoja esiintyy noin kaksi kertaa enemmän kuin luontaisesti syntyneissä taimikoissa. Hieskoivuvaltaisissa pellolle syntyneissä metsissä tuhoa esiintyy enemmän kuin muualla. Mäntyvaltaisissa metsissä lehtipuusuuden kasvaminen lisää tuhoriskiä. Kuusivaltaisissa metsissä männyn

osuuden lisääntyminen lisää tuhoriskiä, mutta lehtipuun osuuden lisääntyminen vähentää tuhoriskiä. Rauduskoivuvaltaisissa metsissä havupuusuuden lisääntyminen vähentää tuhoriskiä.

Yksittäisten puiden hirviturhoriski on kaikilla puulajeilla korkeimmillaan rinnankorkeusläpimitaltaan pienimmillä puilla (kuvat 11c ja 11d). Männyillä, kuusilla ja koivuilla tuhoriski vähenee voimakkaasti läpimitan kasvaessa. Haavalla, harmaalepällä ja muilla lehtipuulajeilla (pihlaja ja raita) tuhoja esiintyy enemmän myös järeämmillä puilla. Eniten hirviturhoja esiintyy suhteessa puiden lukumäärään männyillä, haavalla, pihlajalla ja raidalla.

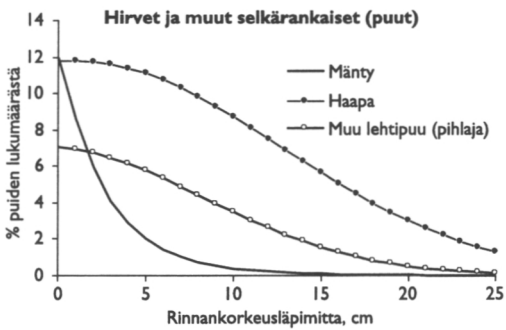
Yksittäisillä männyillä hirviturhot ovat keskittyneet selvästi enemmän samoihin metsiköihin, kuin muilla puulajeilla (taulukko 16b). Metsikön pohjapinta-alan kasvaessa vähenee yksittäisten puiden tuhoriski. Lehtipuun osuuden lisääntyminen kuviolla lisää yksittäisen männyn tuhoriskiä. Taimikon suurimmilla puilla on pienin tuhoriski. Muilla lehtipuulajeilla (pihlaja ja raita) on moninkertainen hirviturhoriski verrattuna harmaaleppään.



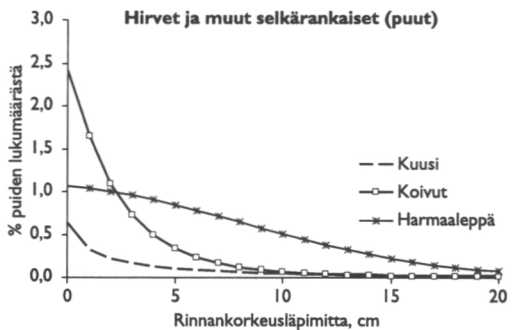
Kuva 1 Ia. Hirvien ja muiden selkärankaisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 1 Ib. Hirvien ja muiden selkärankaisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla haapavaltaisissa metsissä koko maassa.



Kuva 1 Ic. Hirvien ja muiden selkärankaisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla männyllä, haavalla, ja muilla lehtipuilla (pihlaja) koko maassa.



Kuva 1 Id. Hirvien ja muiden selkärankaisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla kuusella, koivuilla ja harmaalepällä koko maassa.

Taulukko 16a. Hirvien ja muiden selkärankaisten metsiköille aiheuttamien tuhojen koko maan pääpuulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
		Mänty			Kuusi			Rauduskoivu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-5.9186	-5.7973		-	-		-	-	
4	1	-4.7402	-4.6188		-8.1949	-3.4464		-2.8333	-4.5644	
3	2	-2.9252	-2.8036		-6.7518	-2.0023		-	-	
3	1	-1.9139	-1.7912		-6.3643	-1.6142		-2.1356	-3.8647	
2	2	-0.9234	-0.7981		-5.0065	-0.2524		-1.4375	-3.1656	
2	1	-0.0557	0.0750		-4.5538	0.2032		0.1657	-1.5498	
1	2	0.2194	0.3527		-4.2368	0.5232		0.3216	-1.3906	
1	1	0.7324	0.8710		-3.8763	0.8893		0.5810	-1.1237	
Hdom					-0.3091	-0.2672				
LnHdom		2.3633	2.1891		0.9637	0.8931		3.0172	2.6362	
Hdom**0.5		-3.1429	-2.6458					-3.3353	-2.1325	
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0416	0.959		-0.0154	0.985		-0.1700	0.844
* Perustamistapa			0.6067	1.834		0.4948	1.640		0.6452	1.906
Pääpuulajin osuus (10 %)			-0.1222	0.885		-0.6051	0.546			
Havupuun osuus (10 %)									-0.0900	0.914
Lehtipuun osuus (10 %)						-0.4118	0.662			

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji					
		Hieskoivu			Haapa		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-	-		-12.3041	-12.6820	
4	1	-4.6650	-5.4828		-	-	
3	2	-2.8321	-3.6474		-9.6208	-9.9846	
3	1	-2.1353	-2.9508		-9.3696	-9.7287	
2	2	-0.8882	-1.7033		-8.3584	-8.7071	
2	1	-0.2588	-1.0713		-8.2727	-8.6214	
1	2	-0.1306	-0.9423		-8.0601	-8.4087	
1	1	0.0146	-0.7961		-	-	
Hdom**2					-0.0240	-0.0241	
LnHdom		0.5319	0.4388		4.5998	4.9212	
Hdom**0.5		-1.6352	-1.1428				
* Päättyppi 1				0.611			
2			0.1440	1.155			
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0457	0.955		-0.0257	0.975
* Perustamistapa			0.7202	2.055			
* Vanha tai uusi metsätalousmaa			0.3735	1.453			

*** Dummy-muuttujat**

Päättyppi 1 = korpi, 2 = räme
 Perustamistapa viljelty
 Vanha tai uusi metsätalousmaa uusi metsätalousmaa

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 16b. Hirvien ja muiden selkärankaisten yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen koko maan puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji						
		Mänty			Kuusi	Raudus- ja hieskoivu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-6.1010	-5.8497		-	-	-	-
4	1	-4.0611	-3.7799		-	-6.8013	-6.0058	
3	2	-3.9933	-3.7097		-	-	-	-
3	1	-3.5315	-3.2703		-	-	-	-
2	2	-2.6249	-2.3113		-5.9693	-4.6410	-3.9659	
2	1	-2.2579	-1.9014		-5.1066	-3.7895	-3.0365	
1	2	-2.1923	-1.8504		-	-	-	-
1	1	-1.9549	-1.6436		-4.7543	-3.6556	-2.8948	
Lpm		-0.0416	-0.0340			-0.0443	-0.0363	
Lpm**2		0.000059	0.000054		0.000019	0.000074	0.000063	
Lpm**0.5					-0.3060			
* Kuviotuho	1		2.7316	15.357				
	2		3.6881	39.968				
	3						2.5589	12.921
* Päättyyppi			-0.2021	0.817				
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0346	0.966			-0.1223	0.885
Lehtipuun osuus (10 %)			0.0841	1.088				
Suhteellinen koko (d+5, cm / dg+5, cm)			-1.2626	0.283				

Vakio / muuttuja		Puulaji						
		Haapa			Harmaaleppä tai muu lehtipuu (pihlaja)			
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	A Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-	-		-		-	
4	1	-4.7796	-4.5431		-		-	
3	2	-4.1128	-3.8634		-7.3270		-7.1456	
3	1	-3.8928	-3.6411		-6.4048		-6.2241	
2	2	-2.4029	-2.0934		-5.1325		-4.9390	
2	1	-2.0506	-1.7129		-4.6787		-4.4774	
1	2	-2.0330	-1.6936		-4.6412		-4.4393	
1	1	-2.0141	-1.6728		-4.5359		-4.3323	
Lpm		0.000665	-0.00225		-0.0015		0.00592	
Lpm**2		-0.00004	-0.00002		-0.00006		-0.00009	
* Kuviotuho	3		2.1828	8.871			2.0479	7.752
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0324	0.968			-0.0327	0.968
* Puulaji					1.9638	7.126	2.1100	8.248

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho 1 = kuviolla lievä hirvien tai muiden selkärankaisten aiheuttama tuho
2 = kuviolla todettava, vakava tai täydellinen hirvien tai muiden selkärankaisten aiheuttama tuho
3 = kuviolla hirvien tai muiden selkärankaisten aiheuttama tuho
Päättyyppi korpi ja räme
Puulaji 0 = harmaaleppä, 1 = muu lehtipuu (pihlaja)

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu
II = tuhon syntyaika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

4.5 Hyönteiset

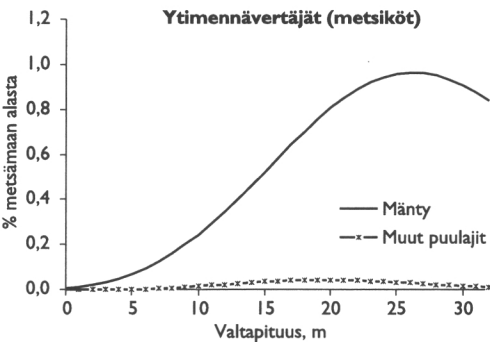
4.5.1 Ytimennävertäjät

Ytimennävertäjätuhoja esiintyy männyllä, pääosin mäntyvaltaisissa metsissä ja jonkin verran myös muiden puulajien vallitsemissa metsissä, joissa on sekapuuna mäntyä. Ytimennävertäjiä on kaksi eri lajia – pystynävertäjä ja vaakanävertäjä. Metsissä sattuneet tuhot lienevät pääosin pystynävertäjän aiheuttamia. Ytimennävertäjätuhojen riski lisääntyy, milloin maastoon on jäänyt kuori-päällistä mäntyä hakkuiden tai tuulituhojen jälkeen (Nuorteva 1981). Tuho ilmenee pääosin kasvain- ja oksatuhoina sekä neulas-katona ja latvuksen tuhoina.

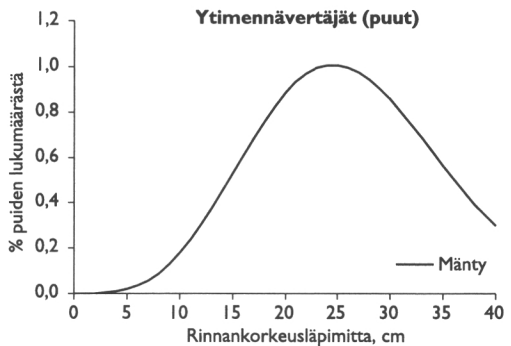
Mäntyvaltaisissa metsissä ytimennävertäjätuhojen määrä lisääntyy metsikön iän myötä (kuva 12a). Tuhoa esiintyy eniten valtapituudeltaan pisimmissä puustoissa. Muiden puulajien vallitsemissa metsissä tuhoa esiintyy myös jonkin verran. Ytimennävertäjätuhoja esiintyy sitä vähemmän, mitä korkeammalla merenpinnasta metsikkö sijaitsee (taulukko 17). Kankailla tuhoja on selvästi enemmän kuin korvissa ja rämeillä.

Puuston tiheyden kasvaessa tuhojen määrä vähenee. Tuhoa esiintyy sitä enemmän, mitä suurempi on männyn osuus metsikössä. Tuho esiintyminen liittyy tehtyihin hakkuisiin, tuoreimmilla hakkuualoilla tuhoa esiintyy selvästi eniten.

Yksittäisillä männyillä ytimennävertäjien aiheuttamat tuhot lisääntyvät puun rinnankorkeusläpimitan kasvaessa (kuva 12b). Järeimmillä puilla tuhojen suhteellinen osuus puiden lukumäärästä kuitenkin laskee mallin mukaan selvästi, mikä ei todellisuudessa pitäne paikkaansa. Tämä johtunee siitä, että suurimmilla ja vanhimmilla puilla on maastotyössä tuhon aiheuttajaksi ilmeisesti merkity jokin muu vakavampi tuho, vaikka puulla olisi myös ytimennävertäjätuhoa. Ytimennävertäjien aiheuttama tuho on keskittynyt erittäin voimakkaasti samoihin metsiköihin (taulukko 17). Milloin metsikössä esiintyy ytimennävertäjätuhoa, on yksittäisen puun tuhoriski lähes 200-kertainen verrattuna muihin metsiin. Metsikkökuvioiden reunoilla yksittäisten mäntyjen tuhoriski on suurin. Korkeuden merenpinnasta, päätyypin ja viimeksi suoritetusta hakkuusta kuluneen ajan vaikutus on puumallissa samansuuntainen kuin metsikkömallissa.



Kuva 12a. Ytimennävertäjien aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla mäntyvaltaisissa ja muiden puulajien vallitsemissa metsissä.



Kuva 12b. Ytimennävertäjien aiheuttamien tuhojen esiintyminen männyllä koko maassa.

Taulukko 17. Ytimennävertäjien metsiköille ja yksittäisille männyille aiheuttamien tuhojen koko maan mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B)

Vakio / muuttuja		Metsikkömallit				Puumallit		
		Pääpuulaji				Puulaji		
		Mänty		Muu puulaji		Mänty		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	
4	2	-	-	-	-	-	-	
4	1	-	-	-	-	-	-	
3	2	-	-	-	-	-	-	
3	1	-14.0217	-15.1023	-	-	-	-	
2	2	-13.6993	-14.7797	-	-26.4281	-21.3574	-	
2	1	-12.2074	-13.2861	-	-25.5274	-20.4542	-	
1	2	-12.0402	-13.1184	-	-25.1784	-20.1035	-	
1	1	-10.7776	-11.8487	-22.3205	-22.6613	-17.2291	-	
Metsikkö- ja puumallit								
Hdom				-0.7611				
Hdom**2		-0.00298	-0.00384					
Hdom**0.5		1.6006	-1.8796	6.6593				
Korkeus merenpinnasta (10 m)			-0.0772	0.926		-0.0197	0.980	
* Päätyyppi			-0.9852	0.373		-0.3884	0.678	
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0349	0.966				
Pääpuulajiosuus (10 %)			0.2909	1.338				
* Hakkuusta kulunut aika			-0.4987	0.607				
	1		-0.8458	0.429				
	2		-1.7563	0.173				
	3							
	4					-0.5962	0.551	
Puumallit								
Lpm**2					-0.00003	-0.00002		
LnLpm					3.6127	2.6143		
* Kuviotuho						5.2460	189.815	
Puun etäisyys kuvion reunasta (m)						-0.0112	0.989	
* Dummy-muuttajat								
Päätyyppi		korpi ja räme		Metsikkömallit	Puumallit			
Hakkuusta kulunut aika		1 = 6–10 vuotta		I = tuhon aste	I = tuhon aste			
		2 = 11–30 vuotta		1 = lievä	1 = lievä			
		3 = yli 30 vuotta		2 = todettava	2 = vaurioita jättävä			
		4 = yli 6 vuotta		3 = vakava	3 = tappava tuho			
		kuvion ytimennävertäjien aiheuttama tuho		4 = täydellinen	4 = kuollut puu			
Kuviotuho				II = tuhon syntyäika	II = tuhon syntyäika			
				1 = alle 5 vuotta sitten	1 = alle 5 vuotta sitten			
				2 = yli 5 vuotta sitten	2 = yli 5 vuotta sitten			

4.5.2 Pistiäiset (Pohjois-Suomi)

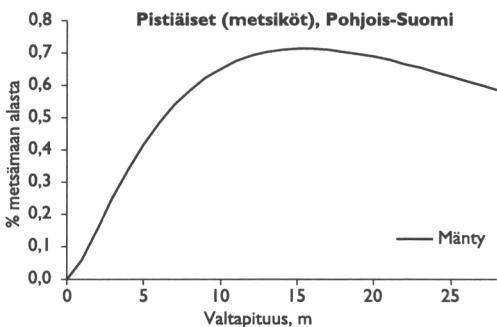
Pistiäisten aiheuttamia tuhoja tarkasteltiin ainoastaan Pohjois-Suomessa. Pistiäistuhoina on inventoinnin maastotyössä tarkasteltu lähinnä männyllä esiintyviä ruskomäntypistiäisen ja pilkkumäntypistiäisen aiheuttamia tuhoja. Aineistossa tuhonaiheuttajaa esiintyy vain männyllä. Tuho ilmenee puissa pääosin neulaskatona ja jonkin verran kasvainten ja oksien vaurioina. Pistiäistuhoja esiintyy kaiken ikäisissä mäntyvaltaisissa metsissä varttuneista taimikoista kasvatusmetsiin ja uudistuskypsiin metsiin (kuva 13a). Tuhoriskin huippu on noin 15 metrin valtapituudella.

Metsikkötasolla pistiäisten aiheuttamia tuhoja esiintyy korkeilla alueilla vähemmän kuin lähempänä merenpinnan tasoa olevilla alueilla (taulukko 18). Rämeillä tuhoa esiintyy enemmän kuin kankailla ja korvissa. Pistiäistuhoja esiintyy myös sitä enemmän, mitä karumpi on kasvupaikka. Suuri pohjapinta-ala ja suuri männyn pääpuulajiosuus nostavat selvästi tuhoriskiä. Tuoreilla hakkuu-aloilla tuhoa esiintyy eniten. Pistiäiset esiintyvät tyypillisesti epidemialuonteisesti ja niiden määrä voi paikoitellen olla todella suuri (Jukka 1988). Metsikkömallissa käytettiin luokittelumuuttujana pistiäisten epidemiaa eli kuntaa, jonka alueella oli ollut pistiäisten

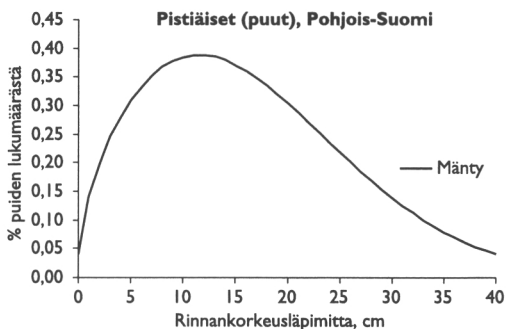
epidemia inventointikesänä (Varama, M., suullinen haastattelu v. 2000). Pistiäistuhojen yleisyys on näissä kunnissa mallin mukaan yli kymmenkertainen verrattuna muihin kuntiin.

Pistiäisten aiheuttamia tuhoja esiintyy kaiken kokoisilla männyllä (kuva 13b). Yleisintä tuho on nuorten kasvatusmetsien puilla, tuhoriskin huipun ollessa runsaan 10 cm:n rinnankorkeusläpimitalla. Mallin mukaan tuhon suhteellinen osuus puiden lukumäärästä laskee järeämmillä männyllä selvästi, missä lieinee aliarvio. Järeämmillä puilla saattaa esiintyä myös toinen vakavampi tuho, joka on merkitty tuhon aiheuttajaksi. Pistiäistuhot ovat inventoinnin aineiston mukaan pääosin lieviä kuten myös edellä tarkastellut ytimenävertäjien aiheuttamat tuhot.

Metsikkökuviolla esiintyvät pistiäistuhot lisäävät yksittäisen männyn tuhoriskiä yli satakertaiseksi (taulukko 18). Pistiäistuhot ovatkin keskittyneet voimakkaasti samoihin metsiköihin. Tuhoa esiintyy kuvion reunassa olevissa puissa enemmän kuin metsikön sisällä. Yksittäisten mäntyjien malleissa päätyypin, kasvupaikkatyypin, pohjapinta-alan, metsikön pääpuulajiosuuden ja hakkuusta kuluneen ajan vaikutus mallien selittäjinä on samansuuntainen kuin metsikkömalleissa. Pistiäisten epidemia lisää yksittäisen puun tuhoriskiä kuten metsikkötasollakin.



Kuva 13a. Pistiäisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla mäntyvaltaisissa metsissä Pohjois-Suomessa.



Kuva 13b. Pistiäisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen mets- ja kitumaan männyllä Pohjois-Suomessa.

Taulukko 18. Pistiaisten mäntyvaltaisille metsiköille ja yksittäisille männyille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Metsikkömallit			Puumallit					
		Pääpuulaji			Puulaji					
		Mänty			Malli 1		Mänty Malli 2		Malli 3	
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio	
4	2	–	–		–	–		–	–	
4	1	–	–		–	–		–	–	
3	2	–	–		–	–		–	–	
3	1	–	–		–	–		–	–	
2	2	–	–		–	–		–	–	
2	1	-8.0440	-12.9394		-11.8187	-19.0974		-16.5393		
1	2	–	–		-11.1254	-18.4037		-15.8414		
1	1	-6.4214	-11.2976		-7.7874	-15.0516		-12.2084		
Metsikkö- ja puumallit										
LnHdom		2.0155	1.0730							
Hdom**0.5		-1.0259	-0.5801							
Korkeus merenpinnasta (10 m)			-0.0474	0.954						
* Päätyyppi			0.3246	1.383		0.1606	1.174			
* Kasvupaikkatyyppi 1			0.6092	1.839		1.1504	3.159	0.7640	2.147	
2			1.7114	5.537				1.3276	3.772	
3						2.3049	10.023			
4						3.1028	22.261			
Pohjapinta-ala (m ²)			0.0799	1.083		0.0644	1.067			
Pääpuulajiosuus (10 %)			0.3575	1.430		0.4320	1.540	0.2959	1.344	
* Hakkuusta kulunut aika 1			-0.3856	0.680						
2			-0.7865	0.455		-0.6922	0.500			
3						-0.3038	0.738			
4								-0.3243	0.723	
* Pistiaisen epidemia			2.5060	12.256		2.6767	14.536	1.6778	5.354	
Puumallit										
Lpm**2					-0.00002	-0.00001		-0.00001		
LnLpm					0.5278	0.4982		0.4436		
* Kuviotuho								4.8533	128.167	
Puun etäisyys kuvion reunasta (m)						-0.0117	0.988	-0.0132	0.987	
* Dummy-muuttujat										
Päätyyppi		räme			Metsikkömallit			Puumallit		
Kasvupaikkatyyppi		1 = 4, 2 = 5–7, 3 = 5, 4 = 6–7 (liite 2.)			I = tuhon aste			I = tuhon aste		
Hakkuusta kulunut aika		1 = 11–30 vuotta, 2 = yli 30 vuotta			1 = lievä			1 = lievä		
Pistiaisten epidemia		3 = 6–30 vuotta, 4 = yli 6 vuotta			2 = todettava			2 = vaurioita jättävä		
Kuviotuho		kuvion inventointikesänä			3 = vakava			3 = tappava tuho		
		kuvion pistiaisten aiheuttama tuho			4 = täydellinen			4 = kuollut puu		
					II = tuhon syntyäika			II = tuhon syntyäika		
					1 = alle 5 vuotta sitten			1 = alle 5 vuotta sitten		
					2 = yli 5 vuotta sitten			2 = yli 5 vuotta sitten		

4.5.3 Muut hyönteiset (Pohjois-Suomi)

Muiden hyönteisten kuin ytimennävertäjien ja pistiäisten aiheuttamat tuhot kirjattiin Pohjois-Suomen maastotyössä yhteen luokkaan. Luokka on yhdistelmäluokka, joka sisältää monia eri tuhonaiheuttajia. Tuhot ilmenevät pääosin neulaskatoina ja muina latvuksen tuhoina. Myöskin pystykuolleita puita sekä runko- ja latvavaurioita esiintyy.

Muiden hyönteisten aiheuttamia tuhoja esiintyy kaikissa eri kehitysvaiheissa, vaikka tuhot ovatkin painottuneet taimikoihin, tuhoriskin huipun ollessa noin 2 metrin valtapituudella (kuva 14a). Pinta-alaltaan tuhoja esiintyy eniten mäntyvaltaisissa metsissä. Tuhoriski on kuitenkin suurin hieskoivuvaltaisissa ja pienin kuusivaltaisissa metsissä. Muiden puulajien vallitsemisissa metsissä tuhoja ei esiintynyt. Tuhoja on enemmän rämeillä kuin kankailla ja viljelytaimikoissa

enemmän kuin luontaisesti syntyneissä taimikoissa (taulukko 19a).

Yksittäisillä hieskoivuilla tuhoja on esiintynyt selvästi eniten (kuva 14b). Hieskoivuilla tuhot ovat keskittyneet rinnankorkeusläpimitaluokkiin 5–15 cm, tuhoriskin huipun ollessa noin 7 cm:n läpimitalla. Männyillä ja kuusilla tuhoja on esiintynyt kaiken kokoisilla puilla, tuhoriskin ollessa suurin pienimmissä läpimitaluokissa. Kuusilla tuhoja on ollut vähiten. Yksittäisten puiden hyönteistuhot ovat selvästi keskittyneet tiettyihin metsiköihin (taulukko 19b). Hieskoivun tuhot ovat pääosin kankailla ja tuhoja on sitä enemmän, mitä harvempaa puusto on. Hieskoivun tuhot ovat myös yleensä hakkaamattomissa metsissä tai kun hakkuusta on kulunut yli 30 vuotta. Hieskoivuvaltaisten metsien ja yksittäisten hieskoivujen tuhot ovat ilmeisesti pääosin vanhoja tunturimittarin aiheuttamia tuhoja.

Taulukko 19a. Muiden hyönteisten metsiköille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Muiden puulajien vallitsemisissa metsissä ei havaintoja.

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji			
		Mänty, kuusi ja hieskoivu			
I	II	A Kerroin	A Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–		–	
4	1	-8.3341		-8.6126	
3	2	-6.9407		-7.2192	
3	1	–		–	
2	2	-6.2438		-6.5223	
2	1	-4.2788		-4.5558	
1	2	-4.2614		-4.5384	
1	1	-3.6542		-3.9303	
LnHdom		0.7612		0.6796	
Hdom**0.5		-1.1216		-0.9996	
* Päätyyppi	1			-2.7209	0.066
	2			0.2506	1.285
* Perustamistapa				0.1847	1.203
* Pääpuulaji	1	-1.3877	0.250	-1.1364	0.321
	2	1.0376	2.822	1.4894	4.434

*** Dummy-muuttujat**

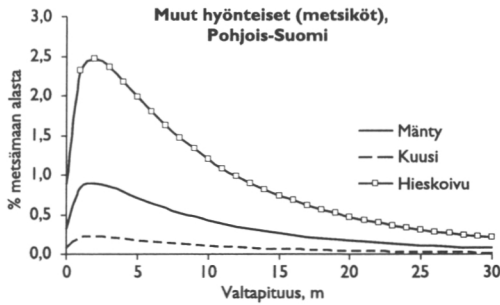
Päätyyppi 1 = korpi, 2 = räme
Perustamistapa viljelty
Pääpuulaji 0 = mänty, 1 = kuusi, 2 = hieskoivu

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen
II = tuhon syntyäika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

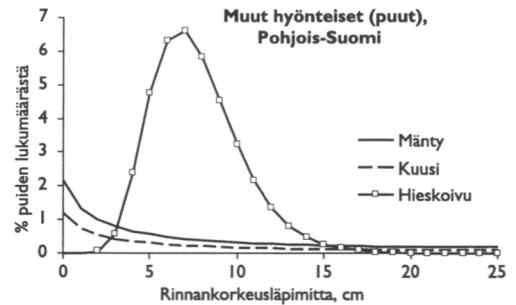
Tukkimiehentäin esiintyminen mäntyvaltaisissa taimikoissa on jäänyt aineistossa muutama havaintoon, eikä kirjanpainajan esiintymistä kuusivaltaisissa metsissä ja yksittäisillä puilla juuri havaittu.

Hyönteistuhojen monilukuisuudesta, koodien vähäisyydestä ja maastotyön nopeatem-

poisesta luonteesta johtuen monia hyönteistuhoja on jäänyt tunnistamatta. Mahdolliset tunnistamattomat hyönteistuhot on koodattu pääosin tunnistamattomien tuhojen luokkiin, jotka on mallitettu tuhon ilmiänsuun mukaan. Muiden hyönteisten aiheuttamien tuhojen määrässä on todennäköisesti aliarvio.



Kuva 14a. Muiden hyönteisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä Pohjois-Suomessa.



Kuva 14b. Muiden hyönteisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla Pohjois-Suomessa.

Taulukko 19b. Muiden hyönteisten yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Muilla puulajeilla ei havaintoja.

Vakio / muuttuja		Puulaji						
		Mänty ja kuusi				Hieskoivu		
I	II	A Kerroin	A Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–		–		–	–	
4	1	–		–		–	–	
3	2	–		–		–	–	
3	1	-6.9738		-7.1073		–	–	
2	2	-4.8862		-5.0199		-45.3153	-48.7173	
2	1	-4.3609		-4.4947		-42.0456	-45.3813	
1	2	-4.2562		-4.3900		-42.0325	-45.3672	
1	1	-3.5784		-3.7030		-41.2816	-44.4795	
Lpm**2		0.000015		0.000014				
LnLpm						17.5293	17.8157	
Lpm**0.5		-0.2298		-0.2324		-4.2839	-4.0443	
* Kuviotuho				4.2970	73.481		2.9837	19.761
* Päätyyppi							-2.7563	0.064
Pohjapinta-ala (m ²)							-0.2291	0.795
* Hakkuusta kulunut aika							2.6398	14.011
* Puulaji		-0.6100	0.543	-0.4997	0.607			

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho kuviolla muiden hyönteisten aiheuttama tuho
 Päätyyppi korpi ja räme
 Hakkuusta kulunut aika yli 30 vuotta
 Puulaji kuusi

I = tuhon aste

1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu

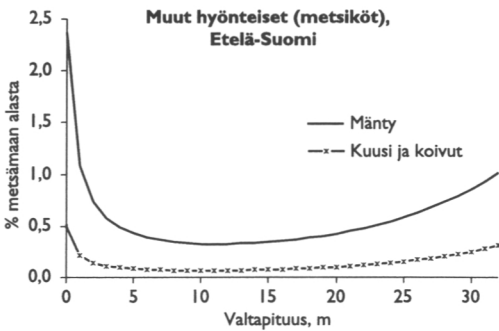
II = tuhon syntyaika

1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

4.5.4 Muut hyönteiset (Etelä-Suomi)

Etelä-Suomen luokkaan muut hyönteiset kuuluvat kaikki muut hyönteiset paitsi ytimenävertäjät. Luokkaan on kirjattu kaikki hyönteistuhoksi arvioidut tuhot, myös tunnistamattomat tuhot. Ilmiasuina on eniten neulasja lehtikatoa sekä muita latvuksen tuhoja. Myös pystykuolleita puita, runkovaurioita sekä kuivia ja katkenneita latvoja esiintyy.

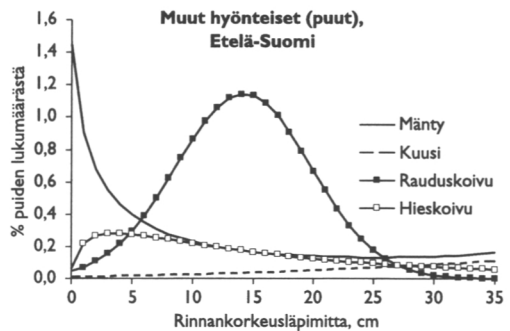
Muiden hyönteisten aiheuttamia tuhoja esiintyy eniten valtapituudeltaan pienimmissä taimikoissa (kuva 15a). Myöhemmin valtapituuden kasvaessa alkaa tuhojen määrä jälleen lisääntyä. Pääosa tuhoista on mäntyvaltaisissa metsissä, kuusi- ja lehtipuuvaltaisissa metsissä tuhoja on vähän. Mäntyvaltaisten taimikoiden tuhot ovat luultavasti tukkimiehentäin aiheuttamia ja varttuneemissa puustoissa tuhot ovat ilmeisesti pisti-



Kuva 15a. Muiden hyönteisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä Etelä-Suomessa.

äisten aiheuttamia. Muiden hyönteisten tuhoja esiintyy mäntyvaltaisten metsien kankaila ja rämeillä suunnilleen saman verran, korvissa sen sijaan hyvin vähän (taulukko 20). Pohjapinta-alan kasvaessa tuhojen määrä vähenee.

Muiden hyönteisten aiheuttamista yksittäisten mäntyjen tuhoista pääosa esiintyy aivan pienimmissä läpimittaluokissa (kuva 15b). Kuusella tuhoja on vähän ja ne ovat painottuneet järeimpiin puihin. Rauduskoivulla tuhot esiintyvät pääosin keskiläpimittaisilla puilla. Hieskoivun tuhot ovat painottuneet pienimpiin läpimittaluokkiin, mutta tuhoja esiintyy myös vanhemmilla puilla. Mäntyjen tuhot ovat keskittyneet voimakkaasti samoihin metsiköihin (taulukko 20). Tuhoja on eniten rämeillä ja vähiten korvissa. Puuston pohjapinta-alan kasvaessa mäntyjen tuhoriski vähenee, kuten metsikkötasolla.



Kuva 15b. Muiden hyönteisten aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla Etelä-Suomessa.

Taulukko 20. Muiden hyönteisten metsiköille ja yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen Etelä-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Muiden lehtipuulajien vallitsemissa metsissä tai muilla lehtipuulajeilla kuin koivuilla ei havaintoja.

Vakio / muuttuja		Metsikkömallit				Puumallit					
		Pääpuulaji				Puulaji					
		Mänty		Kuusi ja koivut		Mänty			Kuusi	Rauduskoivu	Hieskoivu
I	II	A	B	B	A	A	B	B	A	A	A
		Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin	Kerroin
4	2	-	-	-	-	-	-	-	-10.6997	-	-
4	1	-	-	-	-	-	-	-	-9.4466	-	-
3	2	-7.4911	-7.6040	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	-5.9865	-6.0995	-	-7.2578	-	-	-	-	-	-
2	2	-5.0475	-5.1605	-	-6.8523	-5.1515	-6.5050	-	-9.3130	-	-8.4408
2	1	-4.0220	-4.1348	-	-5.6477	-4.8635	-6.1360	-	-8.9943	-	-7.9296
1	2	-3.9178	-4.0306	-	-5.5523	-4.7455	-5.9919	-	-	-	-
1	1	-3.2792	-3.3917	-	-4.8139	-3.9972	-5.1243	-	-8.9072	-7.6807	-7.1400
Metsikkö- ja puumallit											
Hdom		0.2165	0.2154		0.2498						
Hdom**0.5		-1.4540	-1.2426		-1.5822						
* Päätyyppi 1			-1.9217	0.146			-0.4620	0.630			
2							0.2719	1.313			
Pohjapinta-ala (m ²)			-0.0437	0.957			-0.0467	0.954			
Puumallit											
Lpm									0.0077	0.0454	
Lpm**2						0.000014	9.818E-6		-4.73E-6	-0.00016	
LnLpm											0.8145
Lpm**0.5						-0.2211	-0.0854				-0.2729
* Kuviotuho							4.4353	84.373			

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi 1 = korpi, 2 = räme
 Kuviotuho kuvioilla muiden hyönteisten aiheuttama tuho

Metsikkömallit

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Puumallit

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

4.6 Sienitaudit

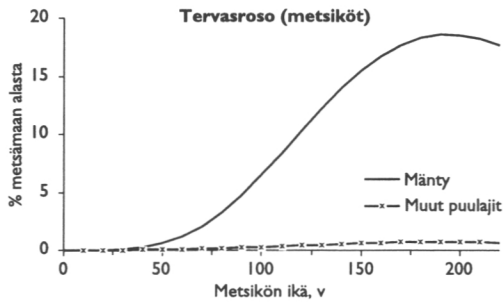
4.6.1 Tervasroso

Tervasroso on männyn sienitauti (Kurkela 1994). Tuho ilmenee metsiköissä kuivina ja katkenneina latvoina, runkovaurioina ja pystykuolleina puina. Yksittäisillä puilla eniten esiintyy runkovaurioita. Tervasrosan määrä lisääntyy mäntyvaltaisissa metsissä iän myötä (kuva 16a). Sienitauti on vanhoissa metsissä huomattavan yleinen. Tervasrosaa esiintyy myös jonkin verran muiden puulajien vallitsemissa metsissä, joissa on sekapuuna mäntyä.

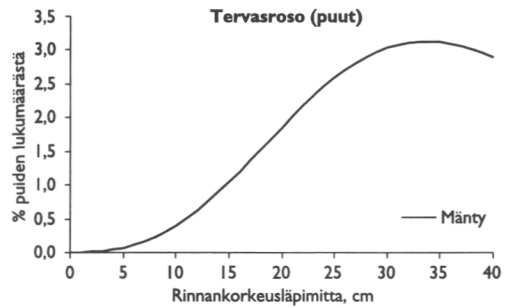
Tervasrosaa on sitä enemmän mitä kor-

keammalla merenpinnasta metsikkö sijaitsee (taulukko 21). Kankailla tuho on yleisempää kuin korvissa ja rämeillä. Tervasrosan määrä lisääntyy puuston pohjapinta-alan kasvaessa. Puhtaissa männiköissä tuhoa on enemmän kuin sekametsissä. Tuhoa esiintyy myös enemmän metsiköissä, joissa hakkuusta on kulunut pitkä aika tai hakkuuta ei ole tehty lainkaan. Yksittäisiä tervasrosopuita ei useinkaan korjata pois.

Yksittäisillä männyillä tervasrosan riski lisääntyy puun järeytyessä (kuva 16b). Eni-



Kuva 16a. Tervasroson aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla mäntyvaltaisissa ja muiden puulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 16b. Tervasroson aiheuttamien tuhojen esiintyminen männyillä metsä- ja kitumaalla koko maassa.

ten tuhoa esiintyy suurimmilla ja vanhimmilla puilla. Metsikkökuviolla esiintyvä tervasroso lisää tuhoriskiä yksittäisellä männyllä jonkin verran (taulukko 21). Taudin vaivaamat puut eivät ole juurikaan keskittyneet samoihin metsiköihin, vaan tuhopuut esiintyvät yksittäin. Metsikön sijaitessa korkealla merenpinnasta, on tuho yleisintä. Korvissa ja rämeillä tuhopuita on vähemmän kuin kankailla. Tuhoriski on suurin metsikön suhteellisesti pisimmillä puilla.

4.6.2 Versosurma

Surmakkasien aiheuttama versosurma on pääosin männyn tauti. Sitä tavataan jonkin verran myös kuusella, varsinkin kuusen alikasvos vanhan männikön alla kärsii usein versosurman aiheuttamasta latvakasvainten kuolemista (Kurkela 1994). Tuhon ilmiänsä on neulaskatoa ja neulasten värivikoja, myöskin latvanvaihtoja ja kuolleita puita esiintyy. Versosurma on ollut inventointiajanjaksona varsinkin Etelä-Suomen metsissä yleinen tuhoaiheuttaja. Metsikön valtapituuden kasvaessa tuhojen määrä lisääntyy voimakkaasti, tuhoa esiintyy jonkin verran jo taimikoissa (kuva 17a). Tuhoa tavataan myös muiden puulajien vallitsemissa metsissä, joissa on sekapuuna mäntyä.

Versosurma on selvästi yleisempää korvissa ja rämeillä kuin kankailla (taulukko 22a). Myös mitä parempi kasvupaikkatyyppe tai valtapituusboniteetti on, sitä enemmän tuhoa esiintyy. Pohjapinta-alaltaan tiheäm-

missä puustoissa on versosurmaa enemmän kuin harvoissa puustoissa. Näiden muuttujien osalta tulokset ovat yhteneväiset Nevalaisen ja Mattilan (2001) tutkimusten kanssa. Pohjapinta-alan kasvaessa yhdellä m²:llä, lisääntyy tuhoriski mallista riippuen 5–8 %. Männyn osuuden lisääntyminen puustossa lisää myös versosurman esiintymistä. Tuhoa on esiintynyt enemmän hieskoivuvaltaisissa kuin muiden lehtipuulajien vallitsemissa metsissä.

Malleissa 3 ja 4 käytettiin luokittelumuuttujana metsälautakuntaa, jolla maa jaettiin kolmeen eri alueeseen (kuva 1, taulukko 22a). Inventointiajanjaksona 1986–94 versosurmaa esiintyi eteläisellä rannikkoalueella selvästi vähemmän kuin Länsi- ja Pohjois-Suomessa. Itä- ja Keski-Suomessa sekä Pohjanmaalla tuhoa esiintyi eniten. Lapissa ei versosurmaa esiintynyt juuri ollenkaan, tuho oli keskittynyt maan eteläosaan.

Yksittäisellä männyllä versosurman aiheuttama tuhoriski lisääntyy voimakkaasti puun järeyydessä (kuva 17b). Tuho on ollut hyvin yleinen, esimerkiksi läpimitaltaan 30 cm:n paksuisilla puilla versosurmaa on esiintynyt joka kymmenennellä puulla. Yksittäisillä kuusilla tuhoa on myöskin esiintynyt jonkin verran, mutta vain pieniläpimittaisilla puilla. Versosurman aiheuttama tuho on keskittynyt kohtalaisen selvästi samoihin metsiköihin (taulukko 22b). Päätyyppi, kasvupaikkatyyppe ja puuston pohjapinta-ala vaikuttavat versosurmariskiä samansuuntaisesti kuin metsikkömalleissa.

Taulukko 21. Tervasroson metsiköille ja yksittäisille männyille aiheuttamien tuhojen koko maan mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Muilla puulajeilla ei tuhoja.

Vakio / muuttuja		Metsikkömallit						Puumallit		
		Pääpuulaji						Puulaji		
		Mänty			Muu puulaji			Mänty		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-	-		-	-		-15.4509	-14.7616	
4	1	-	-		-	-		-15.1843	-14.4761	
3	2	-19.4680	-27.2484		-11.8862	-14.1449		-14.5771	-13.8299	
3	1	-19.2621	-27.0420		-	-		-14.4723	-13.7174	
2	2	-17.5146	-25.2824		-10.5690	-12.8270		-13.6370	-12.8990	
2	1	-17.3552	-25.1208		-	-		-13.5559	-12.8127	
1	2	-16.5100	-24.2573		-9.2526	-11.5078		-13.5229	-12.7760	
1	1	-16.3415	-24.0835		-9.1072	-11.3618		-13.5090	-12.7606	
Metsikkö- ja puumallit										
Ika		-0.0766	-0.0609		0.0450	0.0370				
Ika**2					-0.00012	-0.00008				
Ika**0.5		2.1341	1.6048							
Hdom			-0.3288							
Hdom**0.5			3.3041							
Korkeus merenpinnasta (10 m) yli 200 m, korkeus -20								0.0673	1.070	
Korkeus merenpinnasta (10 m) yli 220 m, korkeus -22			0.0831	1.087						
* Päätyyppi 1			-0.9416	0.390				-1.0460	0.351	
2			-1.2283	0.293				-0.4491	0.638	
3						-1.5316	0.216			
Pohjapinta-ala (m ²)			0.0387	1.039		0.0707	1.073			
Pääpuulajiosuus (10 %)			0.2366	1.267						
Männyn osuus (10 %)						0.2848	1.329			
* Hakkuusta kulunut aika 1			0.6457	1.907						
2			0.9491	2.583						
3								0.3641	1.439	
4						0.6965	2.007			
Puumallit										
Lpm								-0.0299	-0.0266	
Lpm**0.5								1.0978	0.9297	
* Kuviotuho 1									0.3966	1.487
2									2.0657	7.891
Suhteellinen koko (d+5, cm / dg+5, cm)									0.1554	1.168

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi 1 = korpi, 2 = räme, 3 = korpi ja räme
Männyn osuus kuusivaltaisissa metsissä männyn osuus, lehtipuuvaltaisissa metsissä havupuun osuus
Hakkuusta kulunut aika 1 = 11–30 vuotta, 2 = yli 30 vuotta
3 = yli 5 vuotta, 4 = yli 10 vuotta
Kuviotuho 1 = kuviolla muu tuho
2 = kuviolla tervasroson aiheuttama tuho

Metsikkömallit

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen
II = tuhon syntyaika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

Puumallit

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu
II = tuhon syntyaika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 22a. Versosurman metsiköille aiheuttamien tuhojen koko maan pääpuulajeittaisten mallien ker-
toimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

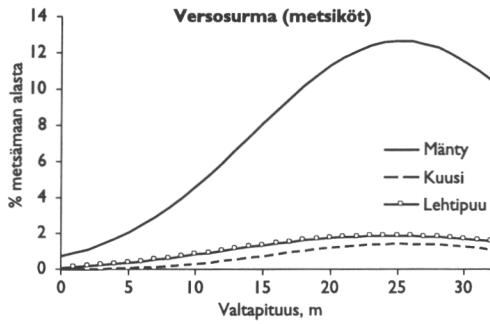
Vakio / muuttuja		Pääpuulaji							
		Malli 1		Malli 2		Malli 3		Malli 4	
		A	B	B	B	B	B	B	B
I	II	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Odds ratio	Odds ratio
4	2	-12.0422	-12.7979		-13.0634		-17.6430		
4	1	-10.8381	-11.5938		-11.8594		-16.4389		
3	2	-9.7756	-10.5313		-10.7968		-15.3762		
3	1	-8.6760	-9.4312		-9.6966		-14.2759		
2	2	-8.1489	-8.9035		-9.1688		-13.7480		
2	1	-6.3630	-7.1056		-7.3690		-11.9442		
1	2	-6.3082	-7.0500		-7.3133		-11.8882		
1	1	-4.9421	-5.6445		-5.8891		-10.4535		
Hdom		0.2387	-0.1123		0.1196		0.1643		
Hdom**2		-0.00473	-0.00228		-0.00232		-0.00372		
* Päättyppi	1		1.0534	2.868	0.9846	2.677	0.7846	2.192	
	2		1.2042	3.334	1.1418	3.132	0.9113	2.488	
* Kasvupaikkatyyppi	1		-0.1133	0.893	-0.0388	0.962			
	2		-0.4201	0.657	-0.3607	0.697			
	3		-0.5977	0.550	-0.6132	0.542			
Valtapietusboniteetti, m							0.2587	1.295	
(H ₅₀ , mänty)									
Pohjapinta-ala (m ²)			0.0754	1.078	0.0666	1.069	0.0462	1.047	
Pääpuulajiosuus (10 %)			0.0795	1.083	0.0729	1.076	0.0795	1.083	
* Metsälautakunta	1				-0.9880	0.372	-1.6850	0.185	
	2				0.8245	2.281	0.4910	1.634	

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji					
		Kuusi			Lehtipuu		
		A	B	B	A	B	B
I	II	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin	Odds ratio
4	2	-	-		-	-	
4	1	-	-		-12.3000	-11.7065	
3	2	-	-		-	-	
3	1	-	-		-10.6900	-10.0965	
2	2	-15.5787	-16.4142		-9.7942	-9.2004	
2	1	-13.9532	-14.7840		-8.9042	-8.3085	
1	2	-13.8297	-14.6597		-8.8633	-8.2675	
1	1	-11.4700	-12.2454		-8.0234	-7.4195	
Hdom**2		-0.00378	-0.00331		-0.00226	-0.00079	
Hdom**0.5		1.9194	1.3371		1.0950	0.5680	
* Päättyppi	3		0.6844	1.983		0.9449	2.573
Pohjapinta-ala (m ²)			0.0576	1.059			
* Pääpuulaji	1					-0.6269	0.534
	2					-1.3409	0.262
Havupuun osuus (10 %)						0.3860	1.471
Männyn osuus (10 %)			0.9514	2.589			

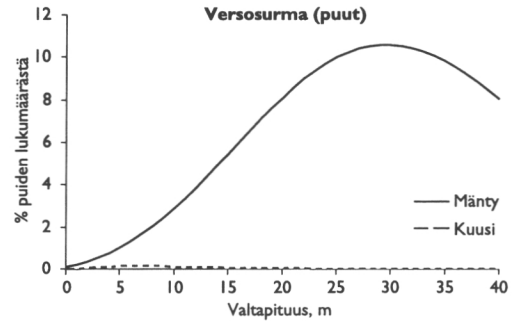
*** Dummy-muuttujat**

Päättyppi 1 = korpi, 2 = räme, 3 = korpi ja räme
 Kasvupaikkatyyppi 1 = 3, 2 = 4, 3 = 5-7 (liite 2.)
 Pääpuulaji 0 = hieskoivu, 1 = rauduskoivu, 2 = muu lehtipuu
 Metsälautakunta 0 = 2, 3, 4, 5, 6, 15, 16, 17, 18 ja 19
 1 = 0, 1 ja 8
 2 = 7, 9, 10, 11, 12, 13 ja 14 (kuva 1.)

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyäika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten



Kuva 17a. Versosurman aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 17b. Versosurman aiheuttamien tuhojen esiintyminen männyillä ja kuusilla metsä- ja kitumaalla koko maassa.

Taulukko 22b. Versosurman yksittäisille männyille ja kuusille aiheuttamien tuhojen koko maan puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji					
		Mänty		Kuusi			
		Malli 1	Malli 2	Malli 3			
I	II	A	B	B	A	B	B
		Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Odds ratio	Kerroin
4	2	-13.3639	-13.5555		-16.2887		–
4	1	-11.9388	-12.1272		-14.8603		–
3	2	–	–		–		–
3	1	-11.1167	-11.3147		-14.0473		–
2	2	-10.8033	-10.9934		-13.7472		–
2	1	-9.6973	-9.8538		-12.6159		-15.7926
1	2	–	–		–		–
1	1	-7.3941	-7.1686		-9.8943		-14.5250
Lpm**2		-0.00002	-0.00001		-0.00001		
LnLpm							3.7205
Lpm**0.5		0.4077	0.2466		0.2576		-0.9280
* Kuviotuho 1			2.7858	16.213	2.6762	14.530	
	2		3.6088	36.921	3.4247	30.712	
* Päätyyppi			0.4563	1.578	0.3200	1.377	
* Kasvupaikkatyyppi 1			-0.3028	0.739			
	2		-0.3988	0.671			
Valtapietusboniteetti, m					0.1630	1.177	
(H ₅₀ , mänty)							
Pohjapinta-ala (m ²)			0.0398	1.041	0.0230	1.023	

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho 1 = kuviolla lievä versosurman aiheuttama tuho
 2 = kuviolla todettava vakava tai täydellinen versosurman aiheuttama tuho

Päätyyppi korpi ja räme

Kasvupaikkatyyppi 1 = 4, 2 = 5–7 (liite 2.)

I = tuhon aste

1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu

II = tuhon syntyaika

1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

4.6.3 Lahottajasienet

Lahottajasienet ovat merkittävin tuhonaiheuttaja Suomen metsissä. Niiden aiheuttamiin tuhoihin luetaan kaikki puuaineen ja juuriston lahoaminen. Lahottajasienet vaurioittavat puiden runkoa ja juuristoa, jonkin verran puita myöskin kuolee. Lahottajasieni on esimerkiksi juurikäätä, joka aiheuttaa kuusella tyvilahoa ja männyllä tyvitervastaudin. Juurikäätä on tärkein tyvi- ja juurilahon aiheuttaja (Kurkela 1994).

Lahon määrä lisääntyy kaikkien puulajien vallitsemissa metsissä metsikön iän kasvaessa (kuvat 18a ja 18b). Tuhoa esiintyy paljon varsinkin vanhoissa metsissä. Lahon esiintymisessä on eri puulajien välillä vastaavissa kehitysvaiheissa huomattavia eroja. Kuusivaltaisissa metsissä lahoa esiintyy selvästi enemmän kuin mäntyvaltaisissa metsissä. Lehtipuuvaltaisissa metsissä lahoa esiintyy taas selvästi enemmän kuin havupuuvaltaisissa metsissä. Raudus- ja hieskoivuvaltaiset metsät ovat suunnilleen yhtä alttiita laholle. Haapavaltaisissa ja muiden lehtipuulajien vallitsemissa metsissä lahon suhteellinen osuus lisääntyy hyvin nopeasti puuston vanhentuessa. Eri puulajeilla on erilainen luonnollinen elinikä ja puuston lahoaminen ja rappeutuminen alkaa vastaavasti eri ikävaiheissa.

Lahoa esiintyy kankailla yleisesti enemmän kuin korvissa ja rämeillä (taulukko 23a). Puiden kehityskierto kankailla on tosin nopeampi kuin turvemailla. Havupuuvaltaisissa metsissä lahoa esiintyy eniten parhailla kasvupaikoilla. Puuston tihentyminen lisää lahoriskiä jonkin verran. Havupuuvaltaisissa metsissä kuusen osuuden lisääntyminen sekä yleisesti lehtipuiden osuuden kasvaminen lisää tuhon esiintymistä. Kun hakkuista on kulunut pitkä aika, esiintyy lahoisuutta enemmän kuin vasta hakatuissa metsiköissä.

Lahon esiintymisessä on Suomen eri alueiden välillä eroja. Erot puuston ikärakenteissa vaikuttavat lahon määrään. Alueilla, joilla puuston keski-ikä on korkeampi ja ikärakenne painottunut enemmän vanhempiin metsiin, esiintyy lahoa luonnollisesti enem-

män kuin alueilla, joilla keski-ikä on nuorempi. Ottamalla malleihin mukaan luokittelu-
muuttujaksi metsälautakunta, voidaan tarkastella alueitten välisiä suhteellisia eroja lahon esiintymisessä, kun metsien ikärakenteen ja muiden lahon esiintymiseen vaikuttavien tekijöiden osuus on eliminoitu. Sekä mäntyettä kuusivaltaisissa metsissä lahoa esiintyy eniten Ahvenanmaalla ja Helsingin metsälautakunnassa (kuva 1, taulukko 23b). Runsaamman lahoisuuden alueina erottuvat lisäksi Etelä-Karjalan, Uusimaa-Hämeen ja Lounais-Suomen metsälautakunnat sekä myös Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakunnat. Maan keskiosissa, Pohjanmaalla ja Kainuussa lahoa on vähiten.

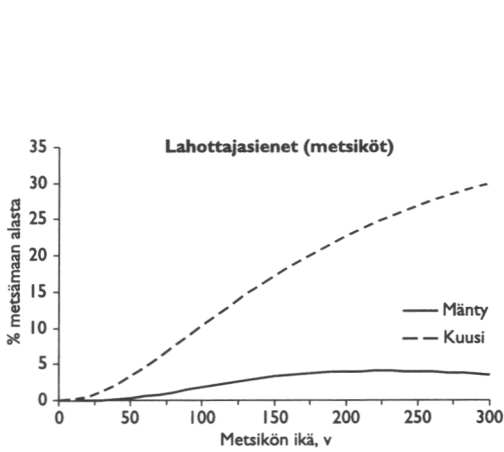
Yksittäisissä puissa esiintyvä laho on niin yleistä, että aineisto riitti erillisiin tuhomalleihin kaikille inventoinnissa kirjatuille puulajeille. Havupuilla lahoa esiintyy selvästi vähemmän kuin lehtipuilla (kuva 18c). Kuusella lahon määrä alkaa lisääntyä puun läpimitan kasvaessa melko varhaisessa vaiheessa ja nousee selvästi suuremmaksi kuin männyllä, jolla lahoa esiintyy vasta järeämmillä puilla. Raudus- ja hieskoivun alttius laholle on suunnilleen samanlainen. Haavalla sekä harmaa- ja tervalepällä lahoisuus lisääntyy tasaisesti puun järeytyessä. Muilla lehtipuulajeilla, joita ovat lähinnä pihlaja ja raita, lahoisuus lisääntyy jo voimakkaasti pienissä läpimittaluokissa ja on selvästi yleisempää kuin muilla puulajeilla.

Puiden lahoisuus ei ole keskittynyt juurikaan samoihin metsiköihin, vaan lahottajasienet esiintyvät yksittäisillä puilla kaikkialla melko tasaisesti (taulukko 23c). Männyllä lahoa esiintyy korvissa ja varsinkin rämeillä enemmän kuin kankailla. Kuusella sen sijaan lahoa on vähemmän rämeillä. Männyllä ja kuusella puun läpimitan lisäksi metsikön iän kasvu lisää lahoisuutta samoissa läpimittaluokissa. Mitä pidempi aika viimeksi suoritetusta hakkuusta on kulunut, sitä enemmän puissa esiintyy lahoa. Kaikilla lehtipuulajeilla luontainen vesasyntyinen puu on alttiimpi laholle kuin viljelty tai luontainen siemensyntyinen puu. Lehtipuilla lahoa esiintyy

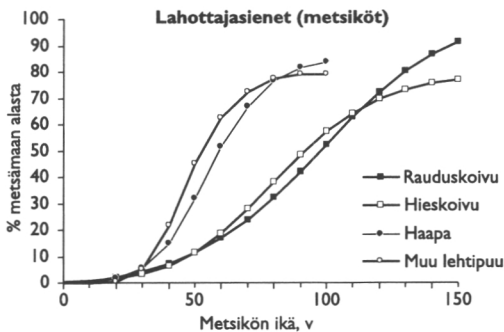
läpimittaluokittain myös sitä enemmän, mitä vanhempia puut ovat. Vastaavissa läpimittaluokissa metsikön suhteellisesti lyhyemmällä männyillä ja kuusilla esiintyy enemmän lahoa kuin metsikön pidemmillä puilla. Kaikilla puulajeilla lahoriski lisääntyy puun tyvekyyden lisääntyessä.

Metsälautakunnittain tarkasteltiin erikseen kuusen lahoisuuden suhteellista yleisyyttä. Alueiden väliset erot ovat samansuun-

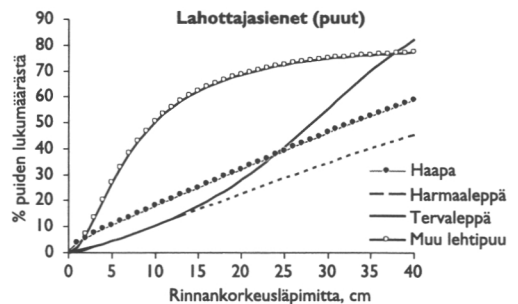
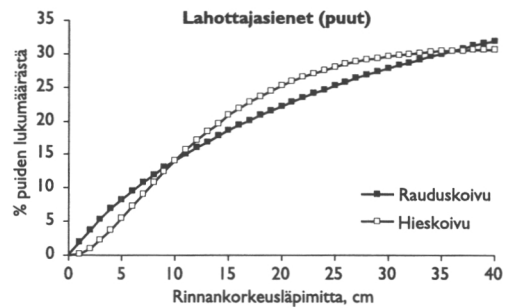
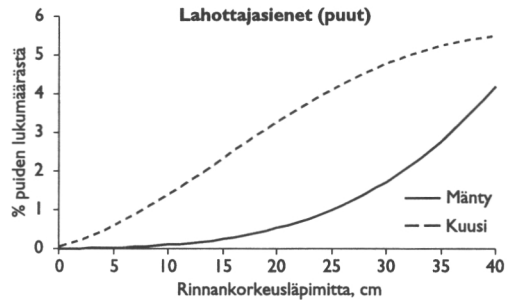
taiset kuin metsikkötuhojen tarkastelussa. Laha esiintyy kuusilla suhteellisesti eniten Ahvenanmaalla sekä Helsingin ja Vaasan metsälautakunnissa (kuva 1, taulukko 23c). Seuraavaksi eniten lahoa esiintyy muilla eteläisimmän Suomen alueilla sekä pohjoisimmassa Suomessa. Vähiten lahoa kuusilla on maan keskiosassa. Muilla puulajeilla aineisto ei riittänyt metsälautakunnittaiseen tarkasteluun.



Kuva 18a. Lahottajasienet aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla mänty- ja kuusivaltaisissa metsissä koko maassa.



Kuva 18b. Lahottajasienet aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla lehtipuiden vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 18c. Lahottajasienet aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla koko maassa.

Taulukko 23a. Lahottajasienten metsiköille aiheuttamien tuhojen koko maan pääpuulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
		Mänty			Kuusi			Rauduskoivu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–	–		-16.9045	-18.3286		–	–	
4	1	–	–		-16.8543	-18.2784		–	–	
3	2	-25.2719	-25.9181		-14.1637	-15.5780		-11.7571	-11.4768	
3	1	-25.2085	-25.8538		-14.1323	-15.5463		–	–	
2	2	-23.4183	-23.9964		-12.6449	-14.0292		-9.5166	-9.2103	
2	1	-23.4153	-23.9932		-12.6345	-14.0184		-9.4729	-9.1660	
1	2	-23.1044	-23.6594		-12.3726	-13.7476		-9.1008	-8.7905	
1	1	-23.0939	-23.6482		-12.3676	-13.7425		-9.0778	-8.7673	
Ika**2								0.000126	0.000139	
LnIka		5.8553	4.0118		2.7113	2.9471		1.7198	1.4370	
Ika**0.5		-0.7854	-0.3471		-0.2277	-0.2678				
Hdom**2			-0.00308							
Hdom**0.5			1.0660							
* Päätyyppi	1		-1.0621	0.346						
	2		-0.6823	0.505						
	3				-0.8487	0.428				
* Kasvupaikkatyyppi	1		-0.3482	0.706		-0.5234	0.593			
	2		-1.1439	0.319		-1.1695	0.311			
Pohjapinta-ala (m ²)			0.0167	1.017		0.0212	1.021		0.0271	1.027
Pääpuulajiosuus (10 %)						0.0357	1.036			
Kuusen osuus (10 %)			0.4296	1.537						
Lehtipuun osuus (10 %)			0.7657	2.151		0.3429	1.409			
* Hakkuusta kulunut aika	1		0.3674	1.444						
	2		0.4937	1.638		0.4263	1.532			
	3								0.3228	1.381

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
		Hieskoivu			Haapa			Muu lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-11.3682	-11.6624		–	–		-36.0781	-35.5824	
4	1	–	–		–	–		–	–	
3	2	-7.9376	-8.2252		-9.0770	-9.3585		-33.2019	-32.7046	
3	1	-7.9304	-8.2179		-8.9872	-9.2698		–	–	
2	2	-6.1120	-6.3606		-7.4676	-7.7375		-31.6451	-31.1394	
2	1	-6.0620	-6.3090		-7.4255	-7.6944		-31.6040	-31.0981	
1	2	-5.8824	-6.1243		-7.3019	-7.5685		-31.3641	-30.8567	
1	1	-5.8654	-6.1069		–	–		–	–	
Ika		0.0906	0.0911		0.1724	0.1635		-0.0970	-0.0927	
Ika**2		-0.00029	-0.00031		-0.00083	-0.00078				
LnIka								9.2091	8.9217	
* Päätyyppi	3		-0.4805	0.618						
Pohjapinta-ala (m ²)						0.0262	1.027		0.0176	1.018
* Hakkuusta kulunut aika	3		0.6884	1.990						

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi 1 = korpi, 2 = räme, 3 = korpi ja räme
 Kasvupaikkatyyppi 1 = 3, 2 = 4–7 (liite 2.)
 Hakkuusta kulunut aika 1 = 11–30 vuotta, 2 = yli 30 vuotta, 3 = yli 10 vuotta

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyäika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 23b. Lahottajasienten metsiköille aiheuttamien tuhojen mänty- ja kuusivaltaisten metsien koko maan mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Metsälautakuntien vertailu.

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji							
		Mänty				Kuusi			
I	II	A Kerroin	A Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	A Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–		–		-18.9046		-20.5077	
4	1	–		–		-18.8544		-20.4575	
3	2	-18.0173		-26.3527		-16.1549		-17.7477	
3	1	-17.9538		-26.2879		-16.1233		-17.7157	
2	2	-16.1558		-24.4104		-14.6044		-16.1645	
2	1	-16.1527		-24.4071		-14.5936		-16.1534	
1	2	-15.8384		-24.0672		-14.3206		-15.8708	
1	1	-15.8277		-24.0557		-14.3154		-15.8654	
Lnlka		0.3876		4.1823		4.1880		4.1467	
Ika**0.5		-0.2648		-0.4547		-0.5417		-0.5027	
Hdom**2		-0.00277		-0.00353					
Hdom**0.5		3.1352		1.5239					
* Päätyyppi	1			-1.0396	0.354				
	2			-0.5818	0.559				
	3							-0.7934	0.452
* Kasvupaikkatyyppi	1			-0.4675	0.627			-0.4285	0.651
	2			-1.1253	0.325			-1.0542	0.348
Pohjapinta-ala (m ²)				0.0285	1.029			0.0308	1.031
Pääpuulajiosuus (10 %)								0.0674	1.070
Kuusen osuus (10 %)				0.4118	1.510				
Lehtipuun osuus (10 %)				0.8234	2.278			0.3616	1.436
* Hakkuusta kulunut aika	1			0.3815	1.464				
	2			0.2875	1.333			0.1819	1.200
Metsälautakunta	0	0.3613	1.435	0.1834	1.201	0.2234	1.250	0.1244	1.133
	2	-1.0504	0.350	-0.8895	0.411	-0.6942	0.499	-0.4423	0.643
	3	-1.8357	0.160	-2.0698	0.126	-1.4991	0.223	-1.2811	0.278
	4	-1.1425	0.319	-1.3797	0.252	-0.7993	0.450	-0.7372	0.478
	5	-1.6465	0.193	-2.2224	0.108	-1.6861	0.185	-1.5617	0.210
	6	-1.4436	0.236	-2.2979	0.100	-1.3898	0.249	-1.2665	0.282
	7	-1.6449	0.193	-2.4713	0.084	-3.3030	0.037	-3.0723	0.046
	8	-1.0429	0.352	-1.2453	0.288	-1.2111	0.298	-0.9892	0.372
	9	-1.4056	0.245	-2.3332	0.097	-2.9899	0.050	-2.9093	0.055
	10	-0.8308	0.436	-1.6636	0.189	-2.4600	0.085	-2.2711	0.103
	11	-1.6099	0.200	-2.5159	0.081	-3.2853	0.037	-3.1905	0.041
	12	-1.6947	0.184	-2.4884	0.083	-2.7778	0.062	-2.6240	0.073
	13	-1.3553	0.258	-1.7264	0.178	-2.4948	0.083	-2.2588	0.104
	14	-1.9858	0.137	-3.0435	0.048	-2.3818	0.092	-2.2703	0.103
	15	-0.6228	0.536	-1.6285	0.196	-2.6346	0.072	-2.4247	0.089
	16	-0.3733	0.688	-1.2736	0.280	-1.9736	0.139	-1.7981	0.166
	17	-0.6750	0.509	-1.8135	0.163	-1.9385	0.144	-1.7538	0.173
	18	1.0717	2.920	-0.3956	0.673	-1.1090	0.330	-0.8656	0.421
	19	0.6438	1.904	-1.0794	0.340	-1.3518	0.259	-1.2156	0.297

*** Dummy-muuttajat**

Päätyyppi 1 = korpi, 2 = räme, 3 = korpi ja räme
 Kasvupaikkatyyppi 1 = 3, 2 = 4–7 (liite 2.)
 Hakkuusta kulunut aika 1 = 11–30 vuotta, 2 = yli 30 vuotta
 Metsälautakunta 0 = Helsingin metsälautakunta
 (metsälautakuntakoodi 1, kuva 1.)

I = tuhon aste

1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen

II = tuhon syntyaika

1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 23c. Lahottajasienten yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen koko maan puulajeittaisten mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Metsälautakuntien vertailu.

Vakio / muuttuja		Puulaji										
I	II	Mänty			Malli 1			Kuusi			Malli 4	
		Malli 1	Malli 2		A	B	B	A	A	B	B	
		A	B	B	A	B	B	A	A	B	B	
		Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Odds ratio	
4	2	–	–		-12.3390	-12.1557		-11.8548		-11.1259		
4	1	-16.2580	-16.2862		-11.9317	-11.6831		-11.4473		-10.6533		
3	2	-13.5292	-13.5543		-10.4849	-10.2625		-9.9974		-9.2315		
3	1	-13.4948	-13.5197		-10.4205	-10.2022		-9.9327		-9.1712		
2	2	-11.1823	-11.1863		-8.0616	-7.7566		-7.5577		-6.7191		
2	1	-11.1723	-11.1762		-8.0364	-7.7306		-7.5322		-6.6930		
1	2	-11.1558	-11.1593		-8.0275	-7.7238		-7.5231		-6.6860		
1	1	-11.1275	-11.1303		–	–		–		–		
Lpm					-0.0118	-0.0147		-0.0108		-0.0135		
Lpm**2		-3.21E-6	-6.99E-6									
Lpm**0.5		0.4258	0.4174		0.4952	0.5820		0.4912		0.5604		
*Kuviotuho						0.6293	1.876			0.5872	1.799	
Korkeus merenp. (10 m)			0.00315	1.003								
yli 200 m, korkeus -20												
* Päätytyppi	1		0.3984	1.489								
	2		0.8482	2.335		-0.8087	0.445			-0.7223	0.486	
Metsikön ikä (v)			0.0053	1.005								
yli 90 v, ikä -90												
Metsikön ikä (v)						0.00863	1.009			0.0071	1.007	
yli 150 v, ikä -150												
* Hakkuusta kulunut aika	1		1.1719	3.228		0.4367	1.548			0.4663	1.594	
	2		1.5190	4.568		0.7255	2.066			0.6717	1.958	
	3		2.3119	10.093		0.9905	2.693			0.8051	2.237	
Suhteellinen koko						-0.6751	0.509			-0.8020	0.448	
(d+5, cm / dg+5)												
Solakkuusaste			-2.8906	0.056		-1.5418	0.214			-1.5873	0.204	
(h, m / d, cm)												
* Metsälautakunta	0							0.5244	1.689	0.0530	1.054	
	2							-0.5008	0.606	-0.4064	0.666	
	3							-0.4926	0.611	-0.4297	0.651	
	4							-0.8667	0.420	-0.7664	0.465	
	5							-0.7607	0.467	-0.6206	0.538	
	6							-1.2207	0.295	-1.0044	0.366	
	7							-1.6364	0.195	-1.5346	0.216	
	8							-0.6264	0.535	-0.4302	0.650	
	9							-1.5117	0.221	-1.3482	0.260	
	10							-1.2948	0.274	-1.3191	0.267	
	11							-1.6574	0.191	-1.6259	0.197	
	12							-1.2138	0.297	-1.1204	0.326	
	13							-0.5045	0.604	-0.4056	0.667	
	14							-0.0602	0.942	-0.0444	0.957	
	15							-1.6095	0.200	-1.4924	0.225	
	16							-0.7340	0.480	-1.0315	0.356	
	17							-0.6721	0.511	-0.9050	0.405	
	18							0.2764	1.318	-0.4705	0.625	
	19							0.0526	1.054	-0.4796	0.619	

Taulukko 23c jatk. seur.siv.

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Rauduskoivu			Hieskoivu			Haapa		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-12.6112	–		-17.5794	–		-10.2686	–	
4	1	-11.5024	–		-17.3590	–		–	–	
3	2	-10.0032	-5.2694		-14.2479	-10.3313		-7.7114	-4.0854	
3	1	–	–		-14.1828	-10.2611		-7.5900	-3.9333	
2	2	-6.2668	-0.3990		-11.4075	-7.0294		-4.9303	-0.6138	
2	1	-6.1815	-0.2828		-11.3027	-6.8985		-4.8006	-0.4589	
1	2	-6.0973	-0.1705		-11.2398	-6.8196		-4.7954	-0.4526	
1	1	-6.0945	-0.1669		-11.2242	-6.8000		-4.7897	-0.4459	
Lpm								0.00334	0.000814	
LnLpm		1.0053	-0.6460		2.6220	1.0449		0.6367	-0.2058	
Lpm**0.5		-0.0342	0.0226		-0.2653	-0.1309				
* Hakkuusta kulunut aika	3		0.5059	1.658						
* Puun syntytapa			0.1246	1.133		0.3044	1.356		0.6709	1.956
Puun ikä (v)			0.0285	1.029		0.0252	1.025		0.0269	1.027
Solakkuusaste			-0.6349	0.530		-0.6481	0.523		-1.5002	0.223
(h, m / d, cm)										

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Harmaaleppä			Tervaleppä			Muu lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–	–		–	–		13.9469	–	
4	1	–	–		–	–		–	–	
3	2	-9.9407	-0.3875		-13.3797	-15.8119		-11.2832	-11.4389	
3	1	-9.8978	-0.3433		–	–		-11.2238	-11.3720	
2	2	-8.2460	1.3860		-7.5602	-8.8529		-8.6742	-8.5572	
2	1	-8.1630	1.4749		–	–		-8.6229	-8.5022	
1	2	-8.1328	1.5073		–	–		-8.5802	-8.4564	
1	1	-8.1229	1.5180		–	–		-8.5642	-8.4393	
Lpm**2		1.213E-6	5.75E-6		0.000014	0.000016		2.2890	2.3727	
LnLpm		1.2941	-0.7834		1.1438	0.5252		-0.1966	-0.3327	
Lpm**0.5										
* Hakkuusta kulunut aika	3		0.7949	2.214		0.9346	2.546		0.2354	1.265
	4		0.4155	1.515						
* Puun syntytapa			0.2799	1.323		1.6496	5.205			
Puun ikä (v)			0.0492	1.050		0.0526	1.054		0.0218	1.022
Solakkuusaste			-2.7725	0.063					-0.2024	0.817
(h, m / d, cm)										

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho	kuviolla lahoa puissa
Päätyyppi	1 = korpi, 2 = räme
Hakkuusta kulunut aika	1 = 2–5 vuotta, 2 = 6–30 vuotta 3 = yli 30 vuotta, 4 = 11–30 vuotta
Puun syntytapa	0 = siemensyntyinen luontainen tai viljelty 1 = vesasyntyinen luontainen
Metsälautakunta	0 = Helsingin metsälautakunta (metsälautakuntakoodi 1, kuva 1.)

I = tuhon aste

1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu

II = tuhon syntyäika

1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

4.6.4 Männynversoruoste (Pohjois-Suomi)

Männynversoruosteen esiintymistä tarkasteltiin erikseen vain Pohjois-Suomen maastotyössä. Männynversoruostetta aiheuttavan sienen toinen isäntäkasvi on haapa. Tauti vai-vaakin erityisesti sellaisia mäntytaimikoita, joissa haapaa esiintyy sekapuuna. Tällöin männynversoruostetta voi esiintyä merkittävässä määrin (Kurkela 1994). Männynversoruosteen vaurioittamilla taimilla tuho ilmenee kasvainten kuolemisena ja kehityshäiriönä, oksien ja runkojen mutkaisuutena sekä latvanvaihtoina.

Tuhonaiheuttaja on yleinen mäntyvaltaisissa metsissä (kuva 19a). Tuhoriskin huippu on 1,3 metrin valtapituudella, jolloin tuhoa on inventoinnin aineiston mukaan esiintynyt noin 10 %:lla vastaavan kehitysvaiheen mäntyvaltaisten metsien alasta. Tuhon aiheuttamat vauriot voivat näkyä puulla pitkänkin aikaa. Tuhoa esiintyy myös jonkin verran muiden puulajien vallitsemissa metsissä, milloin sekapuuna on mäntyä.

Männynversoruosteen aiheuttamia tuhoja esiintyy lähinnä vain kankailla, korvissa ja rämeillä sitä on vähän (taulukko 24). Tuho on sitä yleisempi mitä parempi on kasvupaikka. Sienen toinen isäntäkasvi haapa kasvaa yleisimmin kankailla ja parhailla kasvupaikoilla. Maanmuokkausaloilla männynversoruostetta esiintyy enemmän kuin muokkamattomilla aloilla ja viljelytaimikoissa lähes kaksi kertaa enemmän kuin luontaisesti syntyneissä taimikoissa. Haavan esiintymistä mäntytaimikoissa ei aineiston puuttumisen vuoksi voitu ottaa malleissa huomioon.

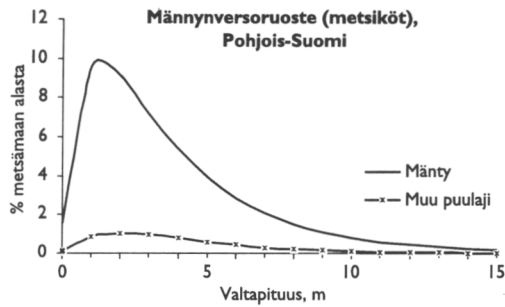
Yksittäisillä männyillä männynversoruosteen aiheuttamia tuhoja on eniten pienimmissä läpimittaluokissa (kuva 19b). Milloin kuviolla esiintyy tuhoa, on yksittäisen puun tuhoriski huomattava (taulukko 24). Viljelytaimilla on suurempi tuhoriski kuin luontaisesti syntyneillä taimilla.

4.6.5 Neulaskaristeet (Pohjois- Suomi)

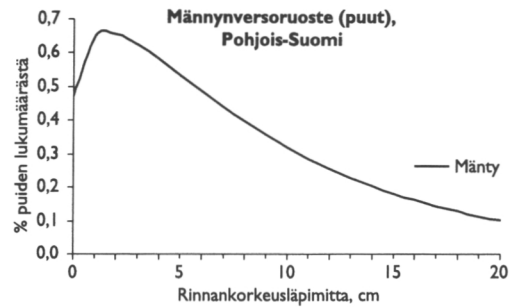
Neulaskaristesienten aiheuttamia tuhoja tarkasteltiin erikseen Pohjois-Suomen maastotyössä. Neulaskaristetta esiintyy havupuiden neulasilla ja niitä on useita eri lajeja (Kurkela 1994). Neulaskaristeet aiheuttavat lähinnä neulasten värivikaa, neulaskatoa, oksien kuivumista sekä taimien ja vanhempien puiden kuolemista.

Neulaskaristesienten aiheuttama tuho on yleinen pienissä taimikoissa (kuva 20a). Tuhoriskin huippu on noin 1 metrin valtapituudella. Mäntyvaltaisissa metsissä tuho on jonkin verran yleisempi kuin kuusivaltaisissa metsissä. Neulaskaristesienten aiheuttamia tuhoja esiintyy myös varttuneemmissa puustoissa, mutta kuvioaineistossa sitä ei näy. Maastotyössä tuhonaiheuttajaa ei ilmeisesti tunnistettu. Yksittäisillä männyillä on aineistossa tuohovaihtoja myös rinnankorkeusläpimitaltaan suuremmilla puilla (kuva 20b).

Neulaskaristesienten aiheuttamia tuhoja esiintyy Pohjois-Suomessa enemmän korkeilla alueilla kuin lähempänä merenpinnan tasoa olevilla alueilla (taulukko 25). Kankailla tuho on yleisempi kuin korvissa ja rämeillä. Paremmilla kasvupaikkatyypeillä tuhoa esiintyy myös enemmän kuin karummilla kasvupaikoilla. Tuhon esiintyminen on yleisempää, milloin taimikoissa on tehty maanpinnan käsittely.



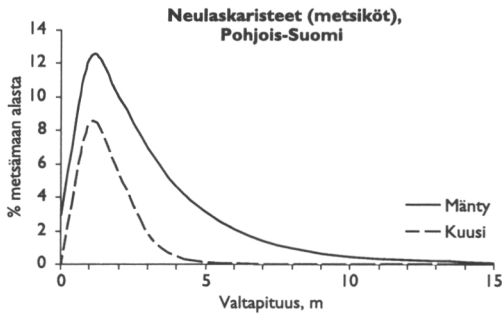
Kuva 19a. Männynversoruosteen aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla mäntyvaltaisissa ja muiden puulajien vallitsemissa metsissä Pohjois-Suomessa.



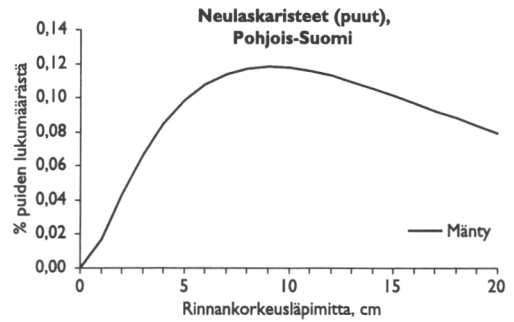
Kuva 19b. Männynversoruosteen aiheuttamien tuhojen esiintyminen männyllä metsä- ja kitumaalla Pohjois-Suomessa.

Taulukko 24. Männynversoruosteen metsiköille ja yksittäisille männyllä aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Muilla puulajeilla ei tuhoja.

Kakio / muuttuja		Metsikkömallit				Puumallit		
		Pääpuulaji		B Odds ratio	Muu puulaji A Kerroin	Puulaji Mänty		
		A Kerroin	B Kerroin			A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
I	II							
4	2	—	—		-6.4460	—	—	
4	1	-5.2961	-5.2823		—	—	—	
3	2	-1.8538	-1.8347		-5.7525	—	—	
3	1	-1.1372	-1.1124		—	—	—	
2	2	-0.2293	-0.1922		-4.6468	-5.6087	-9.1878	
2	1	0.3632	0.4155		-4.2375	-5.4000	-8.9500	
1	2	0.5756	0.6349		—	—	—	
1	1	0.7991	0.8656		—	-5.3393	-8.8794	
Metsikkömallit								
Hdom					-0.4945			
LnHdom		1.7350	1.5340		0.9994			
Hdom**0.5		-3.0395	-2.5286					
* Päätyyppi				-1.7322	0.177			
* Kasvupaikkatyyppi 1				-0.9096	0.403			
2				-1.5267	0.217			
3				-2.2154	0.109			
* Maanpinnan käsittelyn ajankohta 1				-0.4415	0.643			
2				0.4529	1.573			
* Perustamistapa				0.6012	1.824			
Puumallit								
Lpm						-0.0129	-0.00494	
LnLpm						0.1928	0.3660	
* Kuviotuho							4.2432	69.627
* Puun syntytapa							2.6266	13.826
* Dummy-muuttujat								
Päätyyppi		1 = korpi tai räme			Metsikkömallit	Puumallit		
Kasvupaikkatyyppi		1 = 3, 2 = 4, 3 = 5-7 (liite 2.)			I = tuhon aste	I = tuhon aste		
Maanpinnan käsittelyn ajankohta		0 = ei maanpinnan käsittelyä			1 = lievä	1 = lievä		
		1 = 0-5 vuotta, 2 = yli 5 vuotta			2 = todettava	2 = vaurioita jättävä		
		viljelty			3 = vakava	3 = tappava tuho		
Perustamistapa		kuviolla männynversoruosteen aiheuttama tuho			4 = täydellinen	4 = kuollut puu		
Kuviotuho		istutettu tai kylvetty			II = tuhon syntyaika	II = tuhon syntyaika		
					1 = alle 5 vuotta sitten	1 = alle 5 vuotta sitten		
Puun syntytapa					2 = yli 5 vuotta sitten	2 = yli 5 vuotta sitten		



Kuva 20a. Neulaskaristeiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla mänty- ja kuusivaltaisissa metsissä Pohjois-Suomessa.



Kuva 20b. Neulaskaristeiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen männyllä metsä- ja kitumaalla Pohjois-Suomessa.

Talukko 25. Neulaskaristeiden metsiköille ja yksittäisille männuille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Muilla puulajeilla ei tuhoja.

Vakio / muuttuja		Metsikkömallit				Puumallit	
		Pääpuulaji				Puulaji	
		Mänty		Kuusi		Mänty	
I	II	A Kerroin	B Kerroin	Odds ratio	A Kerroin	A Kerroin	
4	2	—	—	—	—	—	
4	1	—	—	—	—	—	
3	2	-2.6753	-4.4707	—	—	—	
3	1	-1.4186	-3.2115	6.0399	—	—	
2	2	-0.8742	-2.6651	7.1484	-15.0417	—	
2	1	0.2684	-1.5108	7.4424	—	—	
1	2	0.4500	-1.3256	7.6717	—	—	
1	1	1.3835	-0.3704	8.4473	-12.3291	—	
Metsikkömallit							
LnHdom		1.6624	1.7796	5.7741			
Hdom**0.5		-3.3521	-3.3653	-10.8333			
Korkeus merenpinnasta (10 m)			0.0774	1.080			
* Päätyyppi			-0.8383	0.432			
* Kasvupaikkatyyppi			-0.4085	0.665			
* Maanpinnan käsittely			0.2988	1.348			
Puumallit							
LnLpm					2.2296		
Lpm**0.5					-0.4683		

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi 1 = korpi ja räme
 Kasvupaikkatyyppi 5-7
 Maanpinnan käsittely tehty maanpinnan käsittely

Metsikkömallit

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

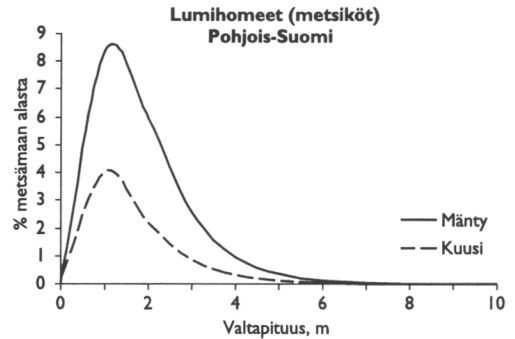
Puumallit

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

4.6.6 Lumihomeet (Pohjois-Suomi)

Lumihomeet tuhonaiheuttajana eroteltiin vain Pohjois-Suomen maastotyössä. Lumihomeita (talvihome) esiintyy männyn ja kuusen taimilla. Tuhoa esiintyy taimen alaoksilla, jotka jäävät lumen alle talvella (Kurkela 1994). Tuhoa esiintyy eniten noin 1 metrin valta-
pituudella (kuva 21). Tuho on männyllä yleisempää kuin kuusella. Tuhoa esiintyy sitä enemmän, mitä korkeammalla merenpinnasta kasvupaikka sijaitsee (taulukko 26). Näillä alueilla lumen syvyys on suuri ja lumipeite säilyy pisimpään. Korvissa ja rämeillä tuhoa on selvästi vähemmän kuin kankailla.

Tuhomallia yksittäisille puille ei tehty aineiston puuttumisen takia.



Kuva 21. Lumihomeiden aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla mänty- ja kuusivaltaisissa metsissä Pohjois-Suomessa.

Taulukko 26. Lumihomeiden metsiköille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Muiden puulajien vallitsemissa metsissä ei tuhoa.

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji			
		Mänty		B Odds ratio	Kuusi
I	II	A Kerroin	B Kerroin		A Kerroin
4	2	–	–	–	
4	1	–	–	–	
3	2	1.6863	-0.3009	–	
3	1	2.7817	0.7954	–	
2	2	3.4789	1.4933	–	
2	1	4.9756	2.9949	1.8497	
1	2	5.0497	3.0696	–	
1	1	6.2855	4.3227	4.3754	
LnHdom		4.6428	4.8152	3.5877	
Hdom**0.5		-8.6741	-8.8201	-7.5364	
Korkeus merenpinnasta (10 m)			0.0994	1.104	
*Päätyyppi			-0.9126	0.401	

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi korpi ja räme

I = tuhon aste

- 1 = lievä
- 2 = todettava
- 3 = vakava
- 4 = täydellinen

II = tuhon syntyäika

- 1 = alle 5 vuotta sitten
- 2 = yli 5 vuotta sitten

4.6.7 Muut sienitaudit (Pohjois-Suomi)

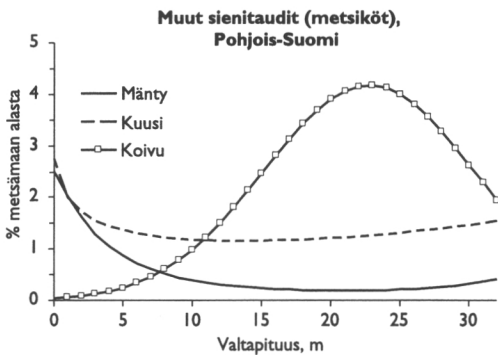
Muiden sienitautien luokkaan kirjattiin Pohjois-Suomen maastotyössä muut oletetut ja tunnistetut sienitaudit, joille ei ollut omaa koodia. Luokka on yhdistelmäluokka, johon kuuluu monia eri tuhoniheuttajia. Luokkaan kuuluvat myös erikseen kirjatut ruostesienten aiheuttamat tuhot, joita aineistossa oli vain muutama havainto. Mäntyvaltaisten metsien tuhojen ilmiäsuina on neulasten värvikaa, oksien tuhoja, runkovaurioita ja pystykuolleita puita. Kuusi- ja hieskoivuvaltaisissa metsissä tuhot ovat ilmiäsuultaan pääosin puuston lahoisuutta, samoin yksittäisten puiden tuhojen ilmiäsuuna on yleisimmin laho. Nämä tuhot kuuluisivat lahottajasienten luokkaan.

Monien eri kehitysvaiheissa esiintyvien tuhoniheuttajien tuhoriskin mallittaminen yhdellä mallilla ei ole kovin luontevaa. Se katsotaan tässä tutkimuksessa kuitenkin perustelluksi, koska halutaan kuvata kaikkien inventoinnin maastotyössä eroteltujen tuhoniheuttajien esiintyminen kattavasti

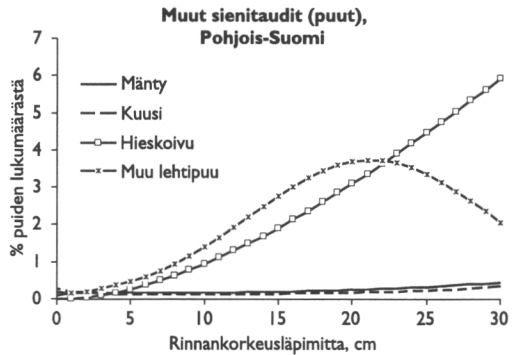
koko maassa.

Mänty- ja kuusi-valtaisissa metsissä muiden sienitautien aiheuttamia tuhoja on eniten pienimmissä taimikoissa (kuva 22a). Mäntyvaltaisten metsien tuhot painottuvat taimikkovaiheen metsiin, kuusi- ja koivuvaltaisten metsien tuhot esiintyvät valtapituudeltaan pidemmissä puustoissa. Muiden sienitautien aiheuttamia tuhoja esiintyy mäntyvaltaisissa metsissä enemmän kankailla kuin korvissa ja rämeillä (taulukko 27a). Tuhot ovat yleisempiä viljelytaimikoissa kuin luontaisesti syntyneissä taimikoissa ja erityisesti, milloin maanpinnan käsittely on suoritettu.

Muiden sienitautien aiheuttamat yksittäisten puiden tuhot painottuvat pääosin suurempiin rinnankorkeusläpimittaluokkiin (kuva 22b). Lehtipuilla tuhoja on selvästi enemmän kuin havupuilla. Hieskoivulla tuhoriski lisääntyy samoissa läpimittaluokissa puun ikääntyessä (taulukko 27b). Hieskoivulla tuhoja on myös esiintynyt enemmän, milloin hakkuuta ei ole tehty tai hakkuusta on kulu-
nut yli 30 vuotta.



Kuva 22a. Muiden sienitautien aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä Pohjois-Suomessa. Muiden lehtipuulajien vallitsemissa metsissä ei tuhoja.



Kuva 22b. Muiden sienitautien aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla Pohjois-Suomessa.

Taulukko 27a. Muiden sienitautien metsiköille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji				
I	II	Mänty		B Odds ratio	Kuusi	Raudus- ja hieskoivu
		A Kerroin	B Kerroin		A Kerroin	A Kerroin
4	2	-	-		-	-
4	1	-	-		-	-
3	2	-7.0414	-8.0006		-5.0698	-9.3905
3	1	-6.2313	-7.1903		-	-9.2566
2	2	-5.1307	-6.0888		-3.9672	-8.0884
2	1	-4.6326	-5.5901		-3.7831	-
1	2	-4.2909	-5.2481		-3.5148	-7.8704
1	1	-3.6297	-4.5859		-3.3928	-7.8384
Hdom		-0.2536	-0.1468		0.0768	0.4141
Hdom**2		0.00613	0.00346			-0.00911
Hdom**0.5					-0.5685	
* Päätyyppi			-0.2862	0.751		
* Maanpinnan käsittely			0.6206	1.860		
* Perustamistapa			0.5512	1.735		

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi korpi tai räme
 Maanpinnan käsittely tehty maanpinnan käsittely
 Perustamistapa viljelty

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 27b. Muiden sienitautien yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen Pohjois-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji				
I	II	Mänty	Kuusi	Hieskoivu		Muu lehtipuu
		A Kerroin	A Kerroin	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-8.8852	-8.1870	-	-	-
4	1	-	-	-17.4395	-	-9.3421
3	2	-7.0149	-7.4933	-15.2379	-15.3797	-8.0738
3	1	-	-	-	-	-
2	2	-5.9136	-6.3969	-13.8944	-13.9411	-6.8628
2	1	-5.8885	-	-13.8796	-13.9258	-
1	2	-	-	-13.8650	-13.9107	-
1	1	-5.7058	-6.2415	-13.8361	-13.8808	-
Lpm		0.0125				0.0340
Lpm**2			0.000018			-0.00008
LnLpm				2.1138	2.1976	
Lpm**0.5		-0.1994	-0.0621	-0.0570	-0.2281	
Puun ikä (v)					0.0126	1.013
* Hakkuusta kulunut aika					0.4139	1.513

*** Dummy-muuttujat**

Hakkuusta kulunut aika yli 30 vuotta

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

4.6.8 Muut sienitaudit (Etelä-Suomi)

Etelä-Suomen luokka muut sienitaudit sisältää monia eri tuhonaiheuttajia ja on tämän vuoksi melko vaikeasti tulkittavissa kuten muutkin yhdistelmäluokat. Muiden sienitautien ryhmään kuuluvat mm. Pohjois-Suomessa erikseen kirjatut männynversoruoste, neulaskaristeet, lumihomeet ja muut ruostesienet. Tuhon ilmiäsuista yleisimpiä ovat muut latvuksen tuhot, joita ovat erilaiset oksa- ja kasvaintuhot, latvuksen epämuodostumat ja rungon mutkat. Näihin ei lueta latvan kuivumista tai katkeamista. Ilmiäsuina on lisäksi neulasten ja lehtien väriavioja, neulas- ja lehtikatkoa sekä pystykuolleita puita.

Mäntyvaltaisissa metsissä muiden sienitautien aiheuttama tuho on yleinen. Tuhot

ovat pääosin keskittyneet pieniin taimikoihin, joissa merkittävin tuhonaiheuttaja on ilmeisesti männynversoruoste (kuva 23a). Kuusi- ja lehtipuuvaltaisten metsien tuhot esiintyvät kaikissa eri kehitysvaiheissa. Mäntyvaltaisten metsien tuhoja on eniten kankailla, korvissa ja rämeillä tuhoja on selvästi vähemmän (taulukko 28a). Tuhoriski on viljelytaimikoissa suurempi kuin luontaisesti syntyneissä taimikoissa. Tuhoriski on taimikoissa myös sitä suurempi, mitä pidempi aika maanmuokkauksesta on kulunut. Kuusivaltaisissa metsissä tuhoja esiintyy eniten, milloin hakkuusta on kulunut yli 30 vuotta.

Yksittäisillä männyllä muiden sienitautien aiheuttamat tuhot ovat painottuneet pienimpiin läpimittaluokkiin (kuva 23b). Kuusilla ja lehtipuilla tuhoja esiintyy kaikissa kehitysvaiheissa. Mäntyjen tuhonaiheuttajista

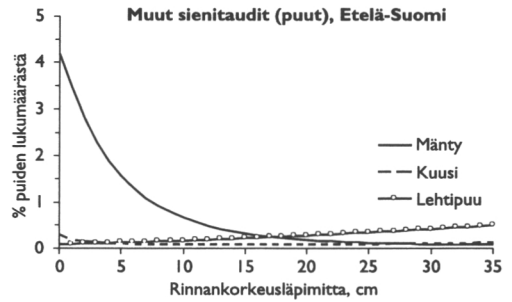
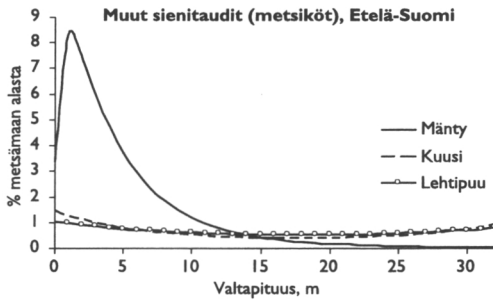
Taulukko 28a. Muiden sienitautien metsiköille aiheuttamien tuhojen Etelä-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji						
I	II	Mänty		B Odds ratio	Kuusi		Lehtipuu A Kerroin	
		A Kerroin	B Kerroin		A Kerroin	B Kerroin		
4	2	-5.5303	-6.5525		-	-	-	
4	1	-5.0193	-6.0415		-8.6240	-8.8217	-	
3	2	-3.2947	-4.3161		-7.0143	-7.2117	-6.5345	
3	1	-2.1423	-3.1607		-6.2254	-6.4225	-6.2465	
2	2	-1.3360	-2.3497		-5.4868	-5.6833	-5.5522	
2	1	-0.2862	-1.2853		-4.7916	-4.9870	-4.9215	
1	2	-0.0829	-1.0773		-4.6494	-4.8444	-4.7383	
1	1	0.3896	-0.5924		-4.1862	-4.3803	-4.5365	
Hdom					-0.1476	-0.1352	-0.0790	
Hdom**2					0.00415	0.00359	0.0022	
LnHdom		1.0090	0.5403					
Hdom**0.5		-2.0092	-1.4245					
* Päätyyppi	1		-0.8028	0.448				
	2		-1.1106	0.329				
* Maanmuokkauksesta kulunut aika	1		-0.5576	0.573				
	2		0.3738	1.453				
	3		0.7772	2.175				
* Perustamistapa			0.5226	1.686				
* Hakkuusta kulunut aika					1.4581	4.298		
* Dummy-muuttujat					I = tuhon aste			
Päätyyppi		1 = korpi, 2 = räme			1 = lievä			
Maanmuokkauksesta kulunut aika		1 = 0-5 vuotta			2 = todettava			
		2 = 6-10 vuotta			3 = vakava			
		3 = 11-30 vuotta			4 = täydellinen			
Perustamistapa		viljelty			II = tuhon syntyäika			
Hakkuusta kulunut aika		yli 30 vuotta			1 = alle 5 vuotta sitten			
					2 = yli 5 vuotta sitten			

lienee yleisin männynversoruoste. Männyn tuhoriski on selvästi suurempi pellolle syntyneissä taimikoissa kuin muissa metsissä, varsinkin milloin puu on istutettu tai kylvetty (taulukko 28b). Milloin maanmuokkaus on suoritettu, on tuhoja männyllä selvästi vähemmän taimikoissa, joissa maanmuokkauksesta on kulunut alle 10 vuotta verrattuna taimi-

koihin, joissa maanmuokkauksesta on kulunut yli 10 vuotta.

Kuusi- ja lehtipuuvältaisissä metsissä sekä yksittäisillä kuusilla ja lehtipuilla esiintyy muiden sienitautien luokassa tuhoja, joiden ilmiänsä on laho. Nämä tuhot olisi pitänyt kirjata luokkaan laho.



Kuva 23a. Muiden sienitautien aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä Etelä-Suomessa.

Kuva 23b. Muiden sienitautien aiheuttamien tuhojen esiintyminen metsä- ja kitumaalla eri puulajeilla Etelä-Suomessa.

Taulukko 28b. Muiden sienitautien yksittäisille puille aiheuttamien tuhojen Etelä-Suomen mallien kertoimet ja odds ratiot. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji				
		Mänty		Kuusi	Lehtipuu	
I	II	A Kerroin	B Kerroin		B Odds ratio	A Kerroin
4	2	-6.7378	-7.8320		-7.8945	-9.4177
4	1	-5.8212	-6.9155		-6.7956	-8.3188
3	2	—	—		—	-8.1645
3	1	-5.6388	-6.7331		-6.6414	—
2	2	-3.9943	-5.0861		-6.0220	-7.3367
2	1	-3.4361	-4.5214		-5.9479	-7.2759
1	2	-3.3467	-4.4301		—	-7.1130
1	1	-3.1045	-4.1833		-5.5909	-6.9728
Lpm		-0.0223	-0.0189		0.0103	0.00656
Lpm**2		0.000032	0.00003			-5.07E-6
Lpm**0.5					-0.2466	
* Maanmuokkauksesta kulunut aika	1		-0.8528	0.426		
	2		1.2882	3.626		
* Vanha tai uusi metsätalousmaa			1.1772	3.245		
* Puun syntytapa			1.3136	3.719		

*** Dummy-muuttujat**

Maanmuokkauksesta kulunut aika 1 = 0–10 vuotta, 2 = 11–30 vuotta
 Vanha tai uusi metsätalousmaa uusi metsätalousmaa
 Puun syntytapa istutettu tai kylvetty

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

4.7 Monituho

Monituholla tarkoitetaan sellaisten metsiköiden tuhoja, joiden puusto on yli-ikäisyytään selvästi raunioitumassa ja metsikössä on havaittavissa useampia kuin yksi tuho. Monituhoa esiintyy pääasiassa vain Pohjois-Suomessa, jossa suurin osa vanhoista yli-ikäisistä metsistä sijaitsee. Aineisto on lähes kokonaan Pohjois-Suomesta.

Kuusivaltaisissa metsissä monituhoa alkaa esiintyä hieman aikaisemmin ja tuhon määrä lisääntyy nopeammin kuin mäntyvaltaisissa metsissä (kuva 24). Lehtipuuvaltaisissa metsissä puuston rappeutuminen on nopeinta. Monituhojen esiintyminen ja sen määrän lisääntyminen liittyyneekin selvästi puiden erilaiseen biologiseen elinikään. Kuusilla ja varsinkin lehtipuilla alkaa lahoisuus

yleistyä aikaisemmin kuin männyllä, jotka säilyvät pisimpään. Monituhojen esiintymisen alkaminen ajoittuu puulajeittain maan eri osissa melko hyvin siihen ikävaiheeseen, jolloin metsät luokitellaan metsänhoitosuositusten mukaisesti yli-ikäiseksi (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986, 1992, 1993, 1994).

Monituhoja esiintyy 180–200 metristä lähtien sitä enemmän, mitä korkeammalla merenpinnasta metsikkö sijaitsee (taulukko 29). Monituhoa esiintyy kankailla enemmän kuin korvissa ja rämeillä. Kun viimeksi suoritetusta hakkuusta on kulunut yli 30 vuotta, on monituho huomattavasti yleisempää kuin muissa metsissä.

Tuhomalleja yksittäisille puille ei tehty, koska inventoinnin maastotyössä monituhon esiintymistä tarkasteltiin vain metsikkötasolla.

Taulukko 29. Monituhon aiheuttamien tuhojen mallien kertoimet ja odds ratiot metsiköissä pääpuulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji						
I	II	Mänty			Kuusi			Lehtipuu
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds	A Kerroin
4	2	-89.9515	-69.6490		-126.80	-96.0237		–
4	1	–	–		–	–		–
3	2	-85.7868	-65.4509		-124.50	-93.7051		-219.6
3	1	–	–		–	–		–
2	2	-85.2356	-64.8836		-124.10	-93.2680		-219.4
2	1	–	–		–	–		–
1	2	–	–		-124.10	-93.2245		–
1	1	–	–		–	–		–
LnIka		21.5388	15.4668		34.0181	24.6541		70.8837
Ika**0.5		-2.2093	-1.4701		-4.0233	-2.8345		-11.1750
Korkeus merenp. (10 m) yli 200 m, korkeus -20			0.0723	1.075				
Korkeus merenp. (10 m) yli 180 m, korkeus -18						0.0411	1.042	
* Päätyyppi			-0.6131	0.542		-0.4510	0.637	
* Veroluokan tarkennus						0.3410	1.406	
* Hakkuusta kulunut aika			1.2175	3.379		1.5536	4.728	

*** Dummy-muuttujat**

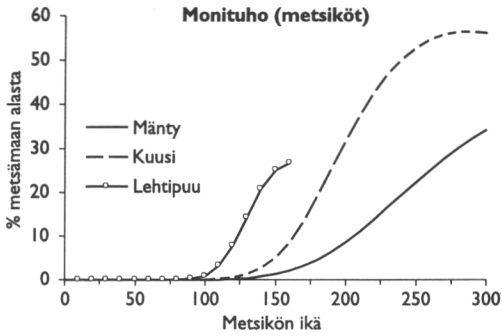
Päätyyppi korpi ja räme
Veroluokan alennuksen syy sijainti
Hakkuusta kulunut aika yli 30 vuotta

I = tuhon aste

1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen

II = tuhon syntyaika

1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten



Kuva 24. Monituhojen esiintyminen metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä.

4.8 Tunnistamattomat tuhot

Inventoinnin maastotyössä jäi osa tuhojen aiheuttajista tunnistamatta. Nämä tuhot on mallitettu tuhon ilmiön mukaan. Tunnistamattomien tuhojen mallit eivät edusta kaikkien tuhojen ilmiösujuja kattavasti, vaan vain tunnistamattomien tuhojen osalta. Osalla tuhoista, joiden aiheuttajaa ei tunnistettu, on tuhon ilmiösujuksi merkitty neulas- tai lehtikatoa, luokka sisältää myös lehtipuut ja lehtipuuvaltaiset metsät. Näitä ei tule sekoittaa jäljempänä kuvattuun harsuuntumiseen, joka kuvaa harsuuntumisen yleistä esiintymistä havupuilla ja havupuuvaltaisissa metsissä.

4.8.1 Pystykuolleita puita

Pystykuolleita puita esiintyy eri puulajien vallitsemissa metsissä kaikissa eri kehitysvaiheissa (kuva 25a). Mäntyvaltaisissa metsissä tuhoja on enemmän aivan pienimmässä taimikoissa ja toisaalta pisimmässä puustoisissa. Kuusi- ja lehtipuuvaltaisissa metsissä tuhoja on eniten kasvatusvaiheen metsissä, jolloin pystykuolleita puita on myös suhteellisesti enemmän kuin mäntyvaltaisissa metsissä.

Pystykuolleiden puiden määrä lisääntyy metsiköissä, kun korkeus merenpinnasta kasvaa (taulukko 30a). Puita esiintyy myös enemmän metsiköissä, joissa hakkuusta on kulunut pitkä aika.

Yksittäisiä pystykuolleita puita esiintyy eri puulajeilla kaikissa läpimittaluokissa (kuva 25b). Mänyillä pystykuolleiden puiden esiintyminen painottuu järeämpiin läpimittaluokkiin ja kuusella sekä lehtipuilla taimikkovaiheen puihin. Pystykuolleet puut esiintyvät melko tasaisesti eri metsiköissä (taulukko 30b). Korkeilla alueilla pystykuolleita puita on suhteellisesti eniten. Pystykuolleita mäntyjä on rämeillä enemmän kuin korvissa ja kankailla. Tuhonalaisia kuusia esiintyy soilla enemmän kuin kankailla, kuitenkin sitä vähemmän, mitä pidemmälle suon kuivatusaste on edennyt. Metsiköissä joissa hakkuusta on kulunut yli 30 vuotta tai hakkuuta ei ole tehty lainkaan, esiintyy pystykuolleita puita selvästi eniten.

4.8.2 Kaatuneita ja katkenneita puita

Kaatuneita ja katkenneita puita esiintyy mänty- ja lehtipuuvaltaisissa metsissä kaikissa kehitysvaiheissa suunnilleen saman verran (kuva 26a). Mäntyvaltaisissa metsissä tuhoja on suhteellisesti enemmän kuin lehtipuuvaltaisissa metsissä. Kuusivaltaisissa metsissä tuhopuita on selvästi eniten ja ne ovat keskittyneet valtapituudeltaan keskimittaisiin puustoihin. Tuhopuita esiintyy metsiköissä sitä enemmän, mitä pidempi aika tehdystä hakkuusta on kulunut (taulukko 31a).

Yksittäisiä kaatuneita tai katkenneita tuhopuita on kaikissa kehitysvaiheissa, eniten tuhopuita esiintyy kuitenkin kaikilla puulajeilla pienimmässä rinnankorkeusläpimittaluokissa (kuva 26b). Kuten metsikkötasolla, yksittäisiä tuhopuita esiintyy metsissä enemmän, milloin hakkuusta on kulunut pitkä aika (taulukko 31b).

Taulukko 30a. Pystykuolleita puita metsiköissä (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot pääpuulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
I	II	Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-8.4154	-8.9779		-	-		-	-	
4	1	-7.1415	-7.7039		-9.1129	-11.5099		-	-	
3	2	-5.3890	-5.9471		-6.8982	-9.2922		-6.7195	-8.4639	
3	1	-4.9437	-5.4996		-6.5606	-8.9533		-6.1321	-7.8743	
2	2	-3.6120	-4.1461		-5.3633	-7.7443		-5.3050	-7.0409	
2	1	-3.3174	-3.8428		-5.0211	-7.3957		-5.0798	-6.8131	
1	2	-3.0443	-3.5625		-4.7260	-7.0942		-4.9947	-6.7269	
1	1	-2.8573	-3.3711		-4.5532	-6.9175		-4.8165	-6.5464	
Hdom		0.3090	0.2419		0.0779	-0.1872		0.0802	0.0642	
Hdom**2					-0.00278	0.00381		-0.0035	-0.00218	
Hdom**0.5		-1.6123	-1.4089							
Ika			0.00814			0.000732			0.00382	
LnIka			-0.3102			0.8122				
Korkeus merenp. (10 m)			0.0412	1.042		0.0322	1.033		0.0672	1.070
* Hakkuusta kulunut aika 1			0.4522	1.572						
2			1.2556	3.510		0.9989	2.715		0.9672	2.631

*** Dummy-muuttujat**

Hakkuusta kulunut aika

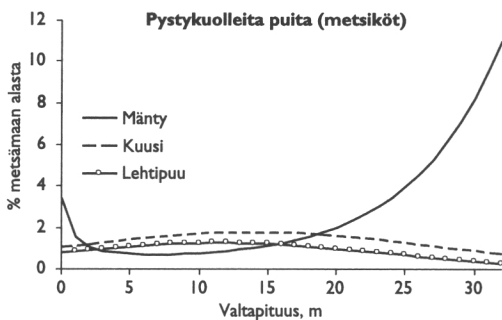
1 = 11–30 vuotta
2 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste

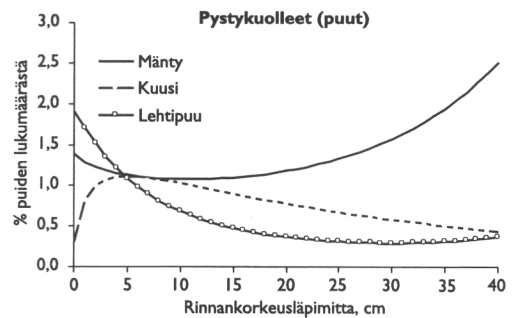
1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen

II = tuhon syntyaika

1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten



Kuva 25a. Pystykuolleiden puiden esiintyminen metsiköissä (aiheuttaja tuntematon) metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 25b. Pystykuolleet puut (aiheuttaja tuntematon) puulajeittain koko maassa.

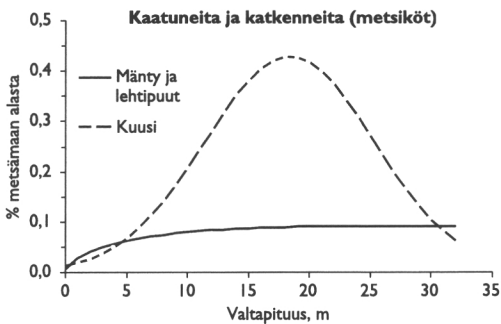
Taulukko 30b. Pystykuolleiden puiden (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot puulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-4.4578	-5.6079		-5.8963	-6.7693		-5.8314	-6.5579	
4	1	-4.2334	-5.3781		-5.6360	-6.5023		-4.0024	-4.7243	
3	2	-4.2313	-5.3760		-5.6314	-6.4976		-3.9642	-4.6860	
3	1	-4.2292	-5.3738		-	-		-3.9308	-4.6523	
2	2	-	-		-	-		-	-	
2	1	-	-		-	-		-	-	
1	2	-	-		-	-		-	-	
1	1	-	-		-	-		-	-	
Lpm								-0.0126	-0.0134	
Lpm**2		8.186E-6	4.573E-6					0.000021	0.000024	
LnLpm					0.5956	0.3677				
Lpm**0.5		-0.0370	-0.0195		-0.1677	-0.1137				
* Kuviotuho			1.6773	5.351		1.3181	3.736		0.7419	2.100
Korkeus merenp. (10 m) yli 200 m, korkeus -20			0.0411	1.042		0.1163	1.123			
* Päätyyppi			0.1639	1.178						
* Ojitusilanne	1					1.3738	3.950			
	2					0.9365	2.551			
	3					0.1569	1.170			
* Hakkuusta kulunut aika			1.7817	5.940		1.4131	4.109		1.5002	4.483

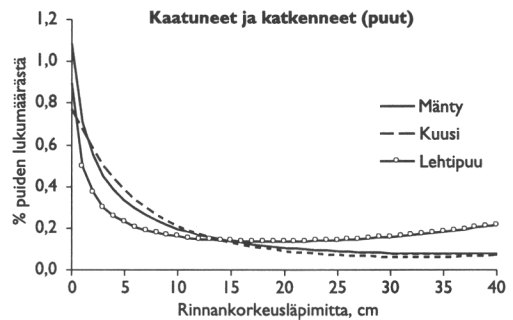
*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho kuviolla pystykuolleita puita, aiheuttaja tuntematon
 Päätyyppi räme
 Ojitusilanne 1 = luonnontilainen suo ja ojikko
 2 = muuttuma
 3 = turvekangas
 Hakkuusta kulunut aika yli 30 vuotta

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu
 II = tuhon syntyäika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten



Kuva 26a. Kaatuneiden ja katkenneiden puiden esiintyminen metsiköissä (aiheuttaja tuntematon) metsämaalla eri puulajien vallitsemisissa metsissä koko maassa.



Kuva 26b. Kaatuneet ja katkenneet puut (aiheuttaja tuntematon) puulajeittain koko maassa.

Taulukko 31a. Kaatuneita ja katkenneita puita metsiköissä (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot pääpuulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji					
I	II	Mänty ja lehtipuu			Kuusi		
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds
4	2	-	-		-	-	
4	1	-11.6343	-11.6210		-	-	
3	2	-9.8435	-9.8301		-10.6482	-11.5733	
3	1	-	-		-10.5527	-11.4777	
2	2	-8.9633	-8.9497		-9.6734	-10.5979	
2	1	-8.5700	-8.5564		-9.4533	-10.3776	
1	2	-8.1133	-8.0994		-9.1821	-10.1063	
1	1	-7.9136	-7.8997		-8.9502	-9.8743	
Hdom					0.3817	0.3478	
Hdom**2					-0.0104	-0.0094	
LnHdom		0.7302	0.7532				
Hdom**0.5		-0.2857	-0.4043				
* Pääpuulaji			-0.9529	0.386			
* Hakkuusta kulunut aika	1					1.1972	3.311
	2		1.2541	3.505		1.8125	6.126

*** Dummy-muuttujat**

Pääpuulaji 0 = mänty, 1 = lehtipuu
 Hakkuusta kulunut aika 1 = 11–30 vuotta, 2 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 31b. Kaatuneiden ja katkenneiden puiden (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot puulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji								
I	II	Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-5.2031	-5.9702		-6.3466	-6.6061		-6.4973	-8.1437	
4	1	-4.6818	-5.4487		-5.5627	-5.8222		-5.9375	-7.5838	
3	2	-4.6568	-5.4237		-5.5036	-5.7631		-5.3983	-7.0444	
3	1	-	-		-5.3948	-5.6543		-5.1019	-6.7478	
2	2	-4.4308	-5.1977		-4.9958	-5.2552		-4.6494	-6.2952	
2	1	-4.3528	-5.1196		-4.9011	-5.1605		-4.3959	-6.0415	
1	2	-4.3164	-5.0833		-4.8701	-5.1294		-	-	
1	1	-	-		-4.8400	-5.0993		-	-	
Lpm					-0.0156	-0.0150		0.0117	0.0141	
Lpm**2		7.082E-6	5.137E-6		0.000024	0.000022				
Lpm**0.5		-0.1985	-0.1817					-0.3208	-0.3699	
* Hakkuusta kulunut aika	1		0.3981	1.489					1.6652	5.287
	2		1.2215	3.392		0.7114	2.037		2.4784	11.923

*** Dummy-muuttujat**

Hakkuusta kulunut aika 1 = 11–30 vuotta
 2 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

4.8.3 Runkovaurioita

Runkovaurioisia puita esiintyy metsiköissä sitä enemmän, mitä suurempi on metsikön valtapituus (kuva 27a). Taimikoissa ei tuhoja juuri ole. Lehtipuuvaltaisissa metsissä runkovaurioita esiintyy eniten. Vaurioiden määrä lisääntyy metsikön iän kasvaessa ja niitä esiintyy jonkin verran enemmän puuston pohjapinta-alan kasvaessa (taulukko 32a). Runkovaurioiden määrä lisääntyy aluksi hakkuusta kuluneen ajan pidentyessä. Toisaalta, kun hakkuusta on kulunut yli 30 vuotta tai hakkuuta ei ole suoritettu, on runkovaurioita vähiten.

Yksittäisillä puilla aiheuttajaltaan tuntemattomia runkovaurioita esiintyy melko pal-

jon (kuva 27b). Männyn ja haavan runkovauriot ovat yleisiä jo pienimmillä rinnankorkeusläpimitoilla, molemmilla puulajeilla tuhot jälleen lisääntyvät puiden järetyessä. Kuusella runkovaurioita on eri läpimittaluokissa suunnilleen saman verran. Koivuilla ja muilla lehtipuulajeilla runkovaurioiden määrä lisääntyy puuston järetyessä (kuva 27c). Tuhot ovat jonkin verran keskittyneet samoihin metsiköihin, pääosin runkovauriot kuitenkin esiintyvät yksittäisillä puilla eri metsiköissä (taulukko 32b). Rauduskoivulla puuston tihentyminen lisää tuhoa jonkin verran. Männyllä ja kuusella runkovaurioita on sitä enemmän mitä pidempi aika hakkuusta on kulunut.

Taulukko 32a. Runkovaurioisia puita metsiköissä (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot pääpuulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
I	II	Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–	–		–	–		–	–	
4	1	–	–		–	–		–	–	
3	2	-9.1659	-9.8668		-12.7623	-12.6704		-10.1090	-9.5523	
3	1	-8.9253	-9.6260		-12.5501	-12.4581		–	–	
2	2	-6.8411	-7.5377		-9.7967	-9.7037		-8.1185	-7.5606	
2	1	-6.7746	-7.4710		-9.7139	-9.6208		-7.9811	-7.4228	
1	2	-6.2483	-6.9425		-9.3774	-9.2839		-7.7404	-7.1816	
1	1	-6.2197	-6.9138		-9.3532	-9.2597		-7.7116	-7.1528	
Hdom		0.1499	0.0827		0.3591	0.3550		0.2622	0.2510	
Hdom**2					-0.0066	-0.00678		-0.00363	-0.00355	
Hdom**0.5		-0.3632	-0.3111							
Metsikön ikä (v)			0.0106	1.011						
* Päättyppi									-0.6732	0.510
Pohjapinta-ala (m ²)			0.00256	1.003					0.00406	1.004
* Hakkuusta kulunut aika	1		0.2927	1.340						
	2		1.0501	2.858						
	3		-0.1300	0.878						
	4									
						-1.4646	0.231			
						0.3931	1.482			
									-1.1297	0.323
									-0.3451	0.708

*** Dummy-muuttujat**

Päättyppi räme
Hakkuusta kulunut aika
1 = 6–10 vuotta
2 = 11–30 vuotta
3 = yli 30 vuotta
4 = 6–30 vuotta

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen
II = tuhon syntyaika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 32b. Runkovaurioisten puiden (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot puulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji								
		Mänty			Kuusi			Rauduskoivu		
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	–	–		–	–		–	–	
4	1	–	–		–	–		–	–	
3	2	-8.5222	-8.8177		-8.4314	-8.6724		-11.8011	-12.0768	
3	1	–	–		-8.2446	-8.4856		–	–	
2	2	-2.8285	-3.1174		-3.7500	-3.9885		-7.4420	-7.6692	
2	1	-2.8057	-3.0945		-3.6930	-3.9315		-7.4283	-7.6550	
1	2	-2.7094	-2.9976		-3.4303	-3.6682		-7.3394	-7.5633	
1	1	-2.6965	-2.9846		-3.4088	-3.6466		–	–	
Lpm					0.000815	0.000523		-0.0148	-0.0147	
Lpm**2		7.404E-6	6.477E-6							
Lpm**0.5		-0.0723	-0.0674		-0.0215	-0.0167		0.5093	0.4779	
* Kuviotuho			1.6977	5.461		1.3399	3.819		2.5584	12.915
Pohjapinta-ala (m ²)									0.0246	1.025
* Hakkuusta kulunut aika	1		0.1069	1.113						
	2		0.5794	1.785						
	3					0.2662	1.305			

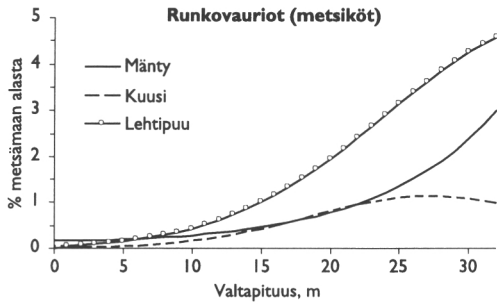
Vakio / muuttuja		Puulaji					
		Hieskoivu			Haapa	Muu lehtipuu	
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	A Kerroin	
4	2	–	–		–	–	
4	1	–	–		–	–	
3	2	-10.7436	-10.7730		–	-7.6811	
3	1	–	–		–	–	
2	2	-6.1552	-6.1813		-2.7736	-4.7267	
2	1	-6.1132	-6.1392		–	-4.6019	
1	2	-5.9539	-5.9795		-2.6843	-4.5064	
1	1	-5.9447	-5.9703		–	-4.4911	
Lpm					-0.00775	0.0164	
Lpm**2		-0.00001	-0.00001		0.000017	-0.00004	
Lpm**0.5		0.2389	0.2411				
* Kuviotuho			1.2795	3.595			

*** Dummy-muuttujat**

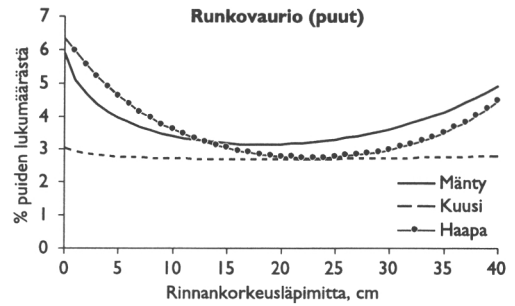
Kuviotuho
Hakkuusta kulunut aika

kuviolla runkovaurioita puissa, aiheuttaja tuntematon
1 = 11–30 vuotta
2 = yli 30 vuotta
3 = yli 10 vuotta

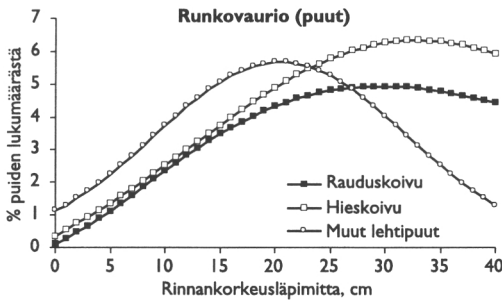
I = tuhon aste
1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu
II = tuhon syntyaika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten



Kuva 27a. Runkovaurioisten puiden esiintyminen metsiköissä (aiheuttaja tuntematon) metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 27b. Runkovaurio puussa (aiheuttaja tuntematon) männyllä, kuusella ja haavalla koko maassa.

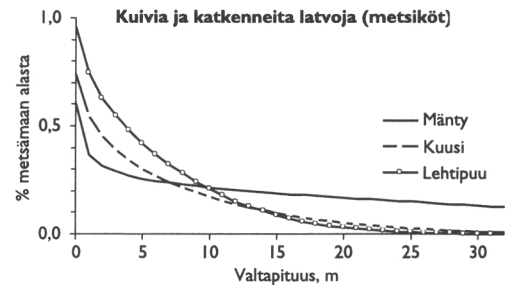


Kuva 27c. Runkovaurio puussa (aiheuttaja tuntematon) hieskoivulla, rauduskoivulla ja muilla lehtipuilla koko maassa.

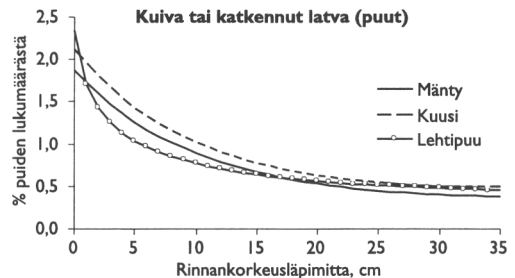
4.8.4 Kuivia ja katkenneita latvoja

Kuivia ja katkenneita latvoja esiintyy eri puulajien vallitsemissa metsissä kaikissa kehitysvaiheissa (kuva 28a). Eniten tuhoja on kuitenkin pienimmillä valtapituuksilla. Mäntyvaltaisissa metsissä tuhoja on rämeillä selvästi enemmän kuin kankailla ja korvissa (taulukko 33a). Kun hakkuusta on kulunut yli 30 vuotta, on tuhoja myös enemmän.

Yksittäisillä puilla on kuivia ja katkenneita latvoja yleisimmin pienissä läpimittaluokissa (kuva 28b). Tuhojen määrä vähenee puiden järeytyessä. Eri puulajeilla tuhoja on suhteellisesti suunnilleen saman verran eri kehitysvaiheissa. Kuivien ja katkenneiden latvojen esiintyminen yksittäisillä puilla on keskittynyt melko voimakkaasti samoihin metsiköihin (taulukko 33b). Tuhoja on selvästi enemmän korvissa ja rämeillä kuin kankailla. Männyn tuhojen määrä vähenee suon kuivatusasteen edistyessä. Tuhoja esiintyy enemmän, kun hakkuusta on kulunut pitkä aika tai hakkuuta ei ole tehty lainkaan.



Kuva 28a. Kuivien ja katkenneiden latvojen esiintyminen puilla metsiköissä (aiheuttaja tuntematon) metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 28b. Kuiva tai katkennut latva puulla (aiheuttaja tuntematon) puulajeittain koko maassa.

Taulukko 33a. Kuivia ja katkenneita latvoja puilla metsiköissä (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot pääpuulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji				
I	II	Mänty		B Odds ratio	Kuusi	Lehtipuu
		A Kerroin	B Kerroin		A Kerroin	A Kerroin
4	2	–	–		–	–
4	1	–	–		-7.9311	–
3	2	-9.5935	-9.8780		-6.6788	–
3	1	-8.2721	-8.5565		-6.2261	–
2	2	-7.8684	-8.1527		-5.5792	–
2	1	-6.4864	-6.7706		-5.1122	-5.1456
1	2	-5.9701	-6.2541		–	–
1	1	-5.5990	-5.8827		-4.7615	-4.5202
Hdom**2		-0.00031	0.000112		-0.0020	-0.00486
LnHdom		-0.2187	-0.3585			
Hdom**0.5					-0.4424	-0.3693
* Päätyyppi			1.1646	3.205		
* Hakkuusta kulunut aika			0.4388	1.551		

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi räme
Hakkuusta kulunut aika yli 30 vuotta

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = todettava
3 = vakava
4 = täydellinen
II = tuhon syntyäika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

4.8.5 Muita latvuksen tuhoja

Muita latvuksen tuhoja ovat erilaiset oksa- ja kasvaintuhot, latvuksen epämuodostumat, latvanvaihdot ja rungon mutkat. Niihin ei lue- ta latvan kuivumista tai katkeamista. Tuntemattomaksi jääneiden muiden latvuksen tuhojen määrä oli koko maassa suuri (kuvat 29a ja 29b). Tuhoja esiintyy eniten varttuneissa taimikoissa. Mäntyvaltaisissa sekä raudus- ja hieskoivuvaltaisissa metsissä tuhoja esiintyy selvästi enemmän kuin kuusivaltaisissa metsis- sä. Alkuperältään ulkomaisten muiden havu- puiden vallitsemien metsien taimikoissa muita latvuksen tuhoja esiintyy erityisen paljon.

Pohjois-Suomen korkeilla alueilla tuhot ovat yleisempiä kuin alempana sijaitsevilla alueilla (taulukko 34a). Tuhoja esiintyy sitä enemmän, mitä pidempi aika maanmuok-

kauksesta on kulunut. Viljelytaimikoissa on selvästi enemmän muita latvuksen tuhoja kuin luontaisesti syntyneissä taimikoissa, erityises- ti mänty- ja rauduskoivuvaltaisissa pellolle viljellyissä taimikoissa. Tuhot liittynevät ylei- sesti metsien uudistamiseen viljelyllä.

Muita latvuksen tuhoja on yksittäisillä puilla eniten pienimmissä läpimittaluokissa (kuva 29c ja 29d). Tuhoja on erityisen paljon männyllä, kuusella ja hieskoivulla. Esimer- kiksi 5 cm:n läpimitalla lähes 20 %:lla män- tyjen lukumäärästä esiintyy tuhoa. Kuusella ja hieskoivulla yli puolet vähemmän.

Männyn ja kuusen tuhot ovat keskittyneet jonkin verran samoihin metsiköihin (tauluk- ko 34b). Männyn tuhot lisääntyvät korkeu- den merenpinnasta kasvaessa 160 metrin jäl-

Taulukko 33b. Kuiva tai katkennut latva yksittäisellä puulla (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot puulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji						
I	II	Mänty			Kuusi			Lehtipuu
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin
4	2	-	-	-	-	-	-	-
4	1	-	-	-	-	-	-	-
3	2	-6.5282	-7.0694	-	-7.1945	-7.7848	-	-6.4446
3	1	-6.2123	-6.7533	-	-6.5731	-7.1633	-	-5.5671
2	2	-4.8992	-5.4395	-	-5.2717	-5.8617	-	-4.3178
2	1	-4.3131	-4.8522	-	-4.4358	-5.0242	-	-3.6797
1	2	-4.2233	-4.7622	-	-4.3298	-4.9178	-	-3.6634
1	1	-3.9514	-4.4894	-	-3.8244	-4.4109	-	-3.5648
Lpm		-0.0088	-0.00683	-	-0.00878	-0.00776	-	0.00375
Lpm**2		0.000012	9.927E-6	-	0.000013	0.000012	-	-
Lpm**0.5								-0.1671
* Kuviotuho			2.8197	16.772		2.4832	11.980	
* Päätyyppi						0.3383	1.403	
* Ojitustilanne	1		0.7419	2.100				
	2		1.0184	2.769				
	3		0.4744	1.607				
	4		-0.6032	0.547				
* Hakkuusta kulunut aika	1					0.4307	1.538	
	2		0.3173	1.373		0.8239	2.279	

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho	kuviolla kuivia tai katkenneita latvoja puissa, aiheuttaja tuntematon
Päätyyppi	räme
Ojitustilanne	1 = luonnontilainen suo, 2 = ojikko 3 = muuttuma, 4 = turvekangas
Hakkuusta kulunut aika	1 = 11–30 vuotta, 2 = yli 30 vuotta

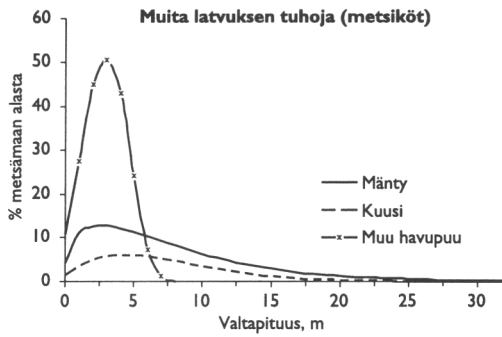
I = tuhon aste

- 1 = lievä
- 2 = vaurioita jättävä
- 3 = tappava tuho
- 4 = kuollut puu

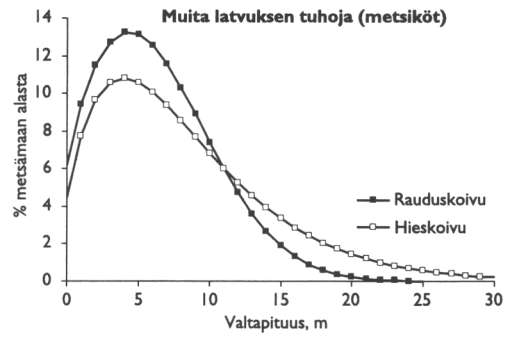
II = tuhon syntyäika

- 1 = alle 5 vuotta sitten
- 2 = yli 5 vuotta sitten

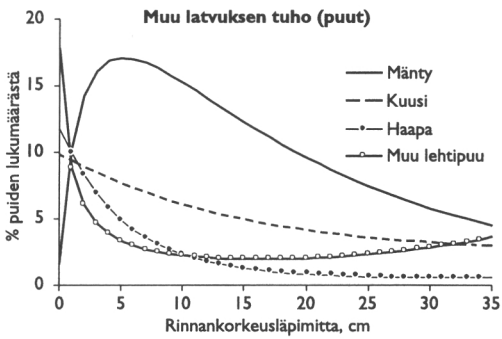
keen. Näitä alueita on lähinnä vain Pohjois-Suomessa. Männyllä tuhoja esiintyy enemmän rämeillä, hieskoivulla sekä korvissa että rämeillä, kuusen tuhot ovat sen sijaan yleisimpiä kankailla. Muiden latvustuhojen esiintyminen on jollakin tavalla sidoksissa viljelyyn ja maanmuokkaukseen. Kun maanmuokkaus on tehty, on tuhoriski raudus- ja hieskoivuilla moninkertainen verrattuna muokkaamattomien alojen puihin. Männyllä ja kuusella tuhoja esiintyy eniten, milloin maanmuokkauksesta on kulunut yli 10 vuotta. Istutetulla männyllä, kuusella ja rauduskoivulla on tuhoriski selvästi suurempi kuin luontaisesti syntyneillä puilla.



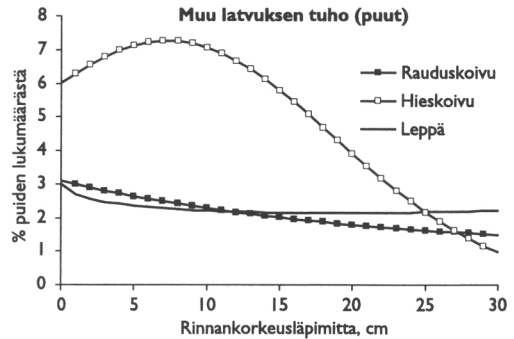
Kuva 29a. Muiden latvuksen tuhojen esiintyminen puilla metsäkoissa (aiheuttaja tuntematon) metsämaalla männyn, kuusen ja muiden havupuiden vallitsemissa metsissä koko maassa.



Kuva 29b. Muiden latvuksen tuhojen esiintyminen puilla metsäkoissa (aiheuttaja tuntematon) metsämaalla raudus- ja hieskoivuvaltaisissa metsissä koko maassa.



Kuva 29c. Muu latvuksen tuho puulla (aiheuttaja tuntematon) männyllä, kuusella, haavalla ja muulla lehtipuulla koko maassa.



Kuva 29d. Muu latvuksen tuho puulla (aiheuttaja tuntematon) rauduskoivulla, hieskoivulla ja lepällä koko maassa.

Taulukko 34a. Muita latvuksen tuhoja puilla metsäkoissa (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot pääpuulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
		Mänty			Kuusi			Rauduskoivu		
		A	B	B	A	B	B	A	B	B
I	II	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin	Odds ratio
4	2	-9.8305	-10.4889		-	-		-	-	
4	1	-9.1373	-9.7957		-	-		-	-	
3	2	-5.8344	-6.4921		-8.9850	-10.1768		-6.3406	-8.1460	
3	1	-5.5512	-6.2086		-8.1732	-9.3649		-	-	
2	2	-3.0058	-3.6575		-5.6207	-6.8107		-3.5641	-5.3191	
2	1	-2.6887	-3.3382		-5.4228	-6.6126		-2.8850	-4.6085	
1	2	-2.1234	-2.7680		-5.0888	-6.2768		-2.7989	-4.5182	
1	1	-1.8834	-2.5254		-4.8215	-6.0060		-2.7021	-4.4162	
Hdom		-0.1998	-0.1731		0.4923	-0.4910				
Hdom**2								-0.0125	-0.00968	
LnHdom		0.5158	0.5334					0.7055	0.6924	
Hdom**0.5					2.0326	2.2727				
Korkeus merenp. (10 m)			0.0340	1.035						
korkeus 170–300 m										
korkeus -16 (alle 300 m)										
Korkeus merenp. (10 m)						0.0989	1.104			
korkeus 190–280 m										
korkeus -18 (alle 280 m)										
* Maanmuokkauksen aika	1		-0.4171	0.659						
	2		0.1985	1.220						
	3		0.3888	1.475		0.7943	2.213		1.2529	3.501
	4					-0.0579	0.944			
	5					0.2867	1.332			
	6								0.5552	1.742
* Perustamistapa			0.5043	1.656		0.8011	2.228		0.9963	2.708
* Vanha tai uusi metsätalousmaa			0.3752	1.455					0.7913	2.206

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji			
		Hieskoivu			Muu havupuu
		A	B	B	A
I	II	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin
4	2	-	-		-
4	1	-	-		-
3	2	-5.0570	-6.0427		-4.5249
3	1	-	-		-4.2595
2	2	-3.0899	-4.0537		-3.8524
2	1	-3.0064	-3.9681		-2.6240
1	2	-2.8391	-3.7965		-
1	1	-2.8226	-3.7796		-2.2675
Hdom		-0.2387	-0.2171		1.5720
Hdom**2					-0.2691
LnHdom		1.1835	1.3650		
Korkeus merenp. (10 m)			0.0749	1.078	
korkeus -16 (alle 300 m)					
korkeus 170–300 m					
* Perustamistapa			0.9546	2.598	

*** Dummy-muuttujat**

Maanmuokkauksesta kulunut aika 1 = 0–1 vuotta, 2 = 2–10 vuotta, 3 = 11–30 vuotta
 4 = 0–5 vuotta, 5 = 6–10 vuotta, 6 = 0–10 vuotta
 Perustamistapa viljelty
 Vanha tai uusi metsätalousmaa uusi metsätalousmaa

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyäika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

Taulukko 34b. Muu latvuksen tuho puulla (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot puulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji								
I	II	Mänty			Kuusi			Rauduskoivu		
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2	-11.1325	-11.4240	-	-	-	-	-	-	-
3	1	-10.4168	-10.7083	-	-9.3980	-9.6558	-	-	-	-
2	2	-4.3383	-4.6035	-	-2.9203	-3.1703	-	-3.5444	-4.4192	-
2	1	-4.1352	-4.3955	-	-2.6622	-2.9093	-	-3.4954	-4.3691	-
1	2	-3.9027	-4.1563	-	-2.4655	-2.7092	-	-3.4467	-4.3193	-
1	1	-3.7954	-4.0454	-	-2.2060	-2.4449	-	-	-	-
Lpm					-0.00598	-0.00472		-0.00344	0.00166	
Lpm**2					6.659E-6	4.859E-6		3.218E-6	-3.93E-6	
LnLpm		1.1419	1.0159							
Lpm**0.5		-0.3180	-0.2789							
* Kuviotuho			1.2963	3.656		1.9595	7.095			
Korkeus merenp. (10 m) yli 160 m, korkeus -16			0.0772	1.080						
* Päätyyppi 1										
2			0.2207	1.247		0.2347	0.552			
* Tehty maanmuokkaus									1.5769	4.840
* Maanmuokkauksen aika 1			-1.5651	0.209						
2			-0.1047	0.901						
3			0.3474	1.415		0.4762	1.610			
4						-0.5946	0.552			
* Puun syntytapa			0.2656	1.304		0.4099	1.507		1.3591	3.893

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji						
I	II	Hieskoivu			Haapa	Leppä	Muu lehtipuu	
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	A Kerroin	A Kerroin	
4	2	-	-	-	-	-	-	-
4	1	-	-	-	-	-	-	-
3	2	-8.7885	-9.0953	-	-	-	-	-
3	1	-	-	-	-	-	-	-
2	2	-2.9257	-3.2279	-	-2.9353	-3.6562	-1.2113	-
2	1	-2.8635	-3.1654	-	-2.3924	-3.5482	-1.1566	-
1	2	-2.7719	-3.0734	-	-2.1447	-3.4855	-	-
1	1	-2.7538	-3.0552	-	-1.9921	-3.4238	-1.1045	-
Lpm		0.00576	0.00633		-0.0211	0.00211	0.0175	
Lpm**2		-0.00004	-0.00004		0.000035			
Lpm**0.5						-0.0576	-0.4434	
* Päätyyppi 1			0.3888	1.475				
2			0.5936	1.811				
* Tehty maanmuokkaus			0.9190	2.507				

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho
kuviolla muita latvuksen tuhoja puissa, aiheuttaja tuntematon

Päätyyppi
1 = korpi, 2 = räme

Tehty maanmuokkaus
maanpinnan käsittely

Maanmuokkauksesta kulunut aika
1 = 0-1 vuotta, 2 = 2-10 vuotta
3 = 11-30 vuotta, 4 = 0-10 vuotta

Puun syntytapa
istutettu tai kylvetty

I = tuhon aste
1 = lievä
2 = vaurioita jättävä
3 = tappava tuho
4 = kuollut puu

II = tuhon syntyaika
1 = alle 5 vuotta sitten
2 = yli 5 vuotta sitten

4.8.6 Neulas- ja lehtikatoa

Neulas- ja lehtikatoa, milloin aiheuttajaa ei tunneta, esiintyy mänty- ja kuusivaltaisissa metsissä sitä enemmän, mitä pidempää puusto on (kuva 30a). Mäntyvaltaisissa metsissä tuhoa esiintyy valtapituudeltaan lyhyemmissä puustoissa suhteellisesti jonkin verran enemmän kuin kuusivaltaisissa metsissä, joilla tuho taas pisimmissä puustoissa on yleisintä. Lehtipuuvallaisissa metsissä tuhoa esiintyy lähinnä vain nuoruusvaiheessa. Tuhon määrä lisääntyy puuston ikääntyessä valtapituudeltaan samanpituisissa havupuuvallaisissa metsissä (taulukko 35a). Neulas- ja lehtikatoa esiintyy mäntyvaltaisissa metsissä enemmän turvemilla kuin kankailla. Luonnontilaisilla

soilla ja ojikoissa tuhoa on eniten, tuhoriski pienenee suon kuivatusasteen edetessä.

Yksittäisillä männyillä ja kuusilla neulaskadon määrä lisääntyy puun rinnankorkeusläpimitan kasvaessa (kuva 30b). Neulaskato on kuusilla yleisempää kuin männyillä. Lehtipuilla lehtikatoa on vähän. Mäntyjen ja kuusten neulaskato keskittyy jonkin verran samoihin metsiköihin (taulukko 35b). Kuusilla neulaskatoa esiintyy enemmän merenrannan välittömässä läheisyydessä kuin kauempana sisämaassa. Vanhoissa hakkaamattomissa metsissä tuhoa esiintyy eniten. Kuusen neulaskato on yleisempää metsikön reunoilla kuin metsikön sisällä sijaitsevilla puilla. Järeimmillä puilla neulaskato on yleisintä.

Taulukko 35a. Neulas- ja lehtikatoa puilla metsiköissä (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot pääpuulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Pääpuulaji						
		Mänty			Kuusi		Lehtipuu	
I	II	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	A Kerroin	
4	2	–	–		–	–	–	
4	1	–	–		–	–	–	
3	2	–	–		–	–	–	
3	1	-11.0366	-16.9007		-11.8460	-15.3822	–	
2	2	–	–		–	–	–	
2	1	-8.3919	-14.2554		-8.8021	-12.3354	-6.5515	
1	2	–	–		–	–	–	
1	1	-7.3241	-13.1855		-8.1109	-11.6421	-5.6782	
Hdom		-0.0434	-0.0111					
Hdom**2					0.00059	0.000821	-0.0164	
LnHdom		1.3551	-0.2091		1.1503	-0.2242	0.7752	
lka**2			-0.00008			-0.00014		
Lnika			2.3584					
lka**0.5						0.9410		
* Ojitusilanne	1		0.5563	1.744				
	2		0.3691	1.446				
	3		0.0395	1.040				

*** Dummy-muuttujat**

Ojitusilanne
 1 = luonnontilainen suo tai ojikko
 2 = muuttuma
 3 = turvekangas

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = todettava
 3 = vakava
 4 = täydellinen
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten

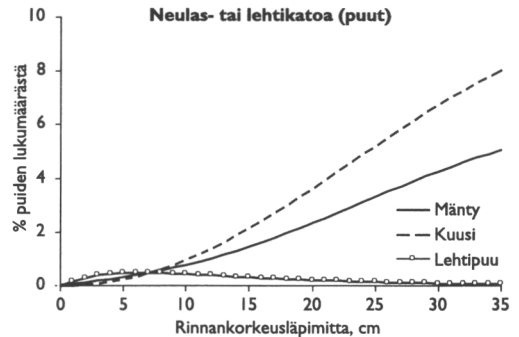
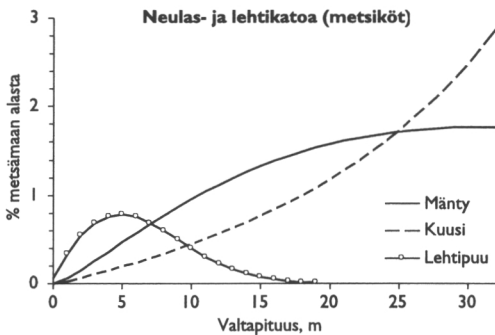
Taulukko 35b. Neulas- tai lehtikatoa yksittäisellä puulla (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot puulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Puulaji						
I	II	Mänty			Kuusi			Lehtipuu
		A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin
4	2	-	-	-	-	-	-	-
4	1	-	-	-	-	-	-	-
3	2	-	-	-	-	-	-	-
3	1	-10.9430	-11.4074	-	-17.6895	-20.8322	-	-10.9589
2	2	-	-	-	-	-	-	-
2	1	-9.3038	-9.7539	-	-15.8750	-18.8874	-	-10.7618
1	2	-	-	-	-	-	-	-
1	1	-8.0431	-8.4698	-	-14.3249	-17.2433	-	-9.4880
Lpm**2		-8.51E-6	-9.76E-6	-	-4.15E-6	-7.05E-6	-	-
LnLpm					2.1163	2.5635		1.9660
Lpm**0.5		0.3291	0.3328	-				-0.4987
* Kuviotuho			2.1562	8.638		2.2176	9.185	
* Korkeus merenpinnasta	1					0.4252	1.530	
	2					0.1560	1.169	
* Hakkuusta kulunut aika	1					0.2778	1.320	
	2		0.9416	2.564		1.5252	4.596	
Puun etäisyys kuvion reunasta (m)						-0.0115	0.989	
Suhteellinen koko (d+5,cm / dg+5)						0.3909	1.478	

*** Dummy-muuttujat**

Kuviotuho kuviolla neulas- ja lehtikatoa, aiheuttaja tuntematon
 Korkeus merenpinnasta 1 = 0–5 metriä, 2 = 6–15 metriä
 Hakkuusta kulunut aika 1 = 11–30 vuotta, 2 = yli 30 vuotta

I = tuhon aste
 1 = lievä
 2 = vaurioita jättävä
 3 = tappava tuho
 4 = kuollut puu
 II = tuhon syntyaika
 1 = alle 5 vuotta sitten
 2 = yli 5 vuotta sitten



Kuva 30a. Neulas- ja lehtikadon esiintyminen puilla metsäkoissa (aiheuttaja tuntematon) metsämaalla eri puulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.

Kuva 30b. Neulas- tai lehtikatoa puulla (aiheuttaja tuntematon) eri puulajeilla koko maassa.

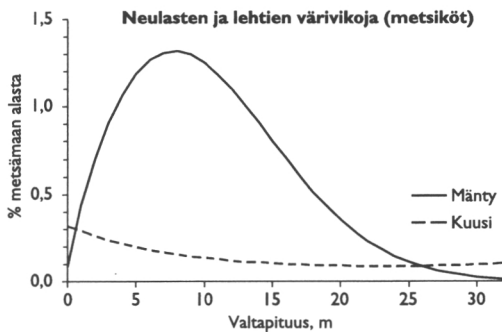
4.8.7 Neulasten ja lehtien värivikoja

Neulasten ja lehtien värivikoja esiintyy pääosin mäntyvaltaisissa metsissä ja jonkin verran myös kuusivaltaisissa metsissä (kuva 31a). Lehtipuuvaltaisissa metsissä niitä ei aineistossa ollut. Mäntyvaltaisissa metsissä tuhoja esiintyy eniten alle 10 metrin valtapituudella, tuhot painottuvat varttuneisiin taimikoihin ja nuoriin kasvatusmetsiin.

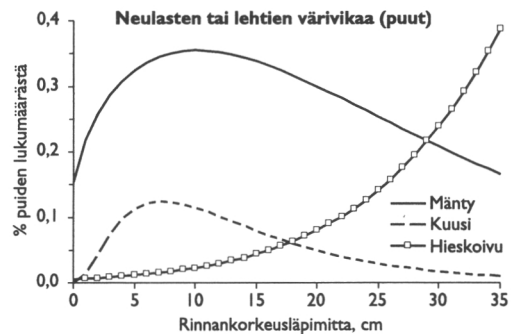
Kuusivaltaisissa metsissä tuhoja on kaikissa eri kehitysvaiheissa, painottuen jonkin verran lyhyimpiin puustoihin. Mäntyvaltaisissa metsissä tuhoja esiintyy selvästi enemmän rämeillä kuin korvissa ja kankailla (taulukko

36). Viljelyllä uudistetuissa ja erityisesti pelolle syntyneissä metsissä neulasten värivikoja esiintyy selvästi enemmän kuin muualla.

Yksittäisillä puilla tunnistamattomia neulasten värivikoja esiintyy eniten männyillä ja jonkin verran kuusilla ja hieskoivuilla (kuva 31b). Tuhoja esiintyy kaikissa läpimittaluokissa, erityisesti männyillä. Kuusten tuhot painottuvat kuitupuun kokosiin puihin, hieskoivuilla tuhot lisääntyvät puiden järeyydessä. Männyillä tuhopuut ovat keskittyneet voimakkaasti samoihin metsiköihin (taulukko 36). Tuhoja on rämeillä kasvavilla puilla jonkin verran enemmän kuin korvissa ja kankailla. Istutetuilla tai kylvetyillä männyillä tuhot ovat yleisempiä kuin luontaisesti syntyneillä puilla.



Kuva 31a. Neulasten ja lehtien värivikojen esiintyminen puilla metsiköissä (aiheuttaja tunnetun) metsämaalla mänty- ja kuusivaltaisissa metsissä koko maassa.



Kuva 31b. Neulasten tai lehtien värivikaa (aiheuttaja tunnetun) männyillä, kuusilla ja hieskoivuilla koko maassa.

Taulukko 36. Neulasten ja lehtien värivikoja puilla metsiköissä mänty- ja kuusivaltaisissa metsissä (aiheuttaja tuntematon) sekä neulasten tai lehtien värivikaa männyillä, kuusilla ja hieskoivuilla (aiheuttaja tuntematon) mallien kertoimet ja odds ratiot koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja		Metsikkömallit				Puumallit				
		Pääpuulaji			Kuusi	Puulaji				
		Mänty		Kuusi		Mänty		Kuusi	Hieskoivu	
I	II	A	B		B	A	B			B
		Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin	Kerroin	Odds ratio	Kerroin	Kerroin
4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	-10.0152	-10.4632	-	-	-11.4172	-12.1332	-	-	-
2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1	-7.6826	-8.1304	-7.7884	-	-10.2638	-10.9798	-	-	-11.4357
1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	-5.4187	-5.8658	-5.7306	-	-6.6703	-7.3244	-	-13.7682	-9.8254
Metsikkö- ja puumallit										
Hdom					-0.1102					
Hdom**2		-0.00588	-0.00533	0.00233						
LnHdom		0.7116	0.7310							
* Päätyyppi		0.5802		1.786	0.2215		1.248			
* Perustamistapa		0.5139		1.672						
* Vanha tai uusi metsätalousmaa		0.4496		1.568						
Puumallit										
Lpm					-0.0102		-0.00525		0.0152	
Lpm**2					-8.52E-6					
LnLpm					3.0896					
Lpm**0.5					0.2053		0.1514		-0.7226	
* Kuviotuho							4.5249		92.289	
* Puun syntytapa							0.2685		1.308	
* Dummy-muuttujat										
Päätyyppi		räme			Metsikkömallit			Puumallit		
Perustamistapa		viljelty			I = tuhon aste			I = tuhon aste		
Vanha tai uusi metsätalousmaa		uusi metsätalousmaa			1 = lievä			1 = lievä		
Kuviotuho		kuviolla neulasten ja lehtien värivikoja puissa, aiheuttaja tuntematon			2 = todettava			2 = vaurioita jättävä		
Puun syntytapa		istutettu tai kylvetty			3 = vakava			3 = tappava tuho		
					4 = täydellinen			4 = kuollut puu		
					II = tuhon syntyaika			II = tuhon syntyaika		
					1 = alle 5 vuotta sitten			1 = alle 5 vuotta sitten		
					2 = yli 5 vuotta sitten			2 = yli 5 vuotta sitten		

4.9 Harsuuntuminen

Mäntyjen ja kuusten harsuuntuminen on yleistunus, jonka arviointi tehtiin tuhoarvioinnista erillisenä. Yleiseurooppalaisessa metsien kunnon seurantaohjelmassa harsuuntuminen on latvuksen värivikojen ohella puiden tärkein kuntotunus (Manual on methods...1994, Mälkönen 1998). Suhteellista harsuuntumista eli puiden neulaskatoa tarkasteltiin valtakunnan metsien 8. inventoinnissa metsiköissä ja yksittäisillä puilla. Harsuuntumistarkasteluun kuuluvien metsikkökuvioiden ja harsuuntumiskohdepuiden valintaan liittyvät kriteerit on esitetty aineiston kuvauksen yhteydessä. Tarkastelussa olivat mukana vain elävät männyt ja kuuset, lehtipuilla tarkastelua ei tehty.

Metsikkötasolla harsuuntuminen lisääntyy metsikön iän kasvaessa (kuva 32a). Kuusivaltaisissa metsissä harsuuntumista esiintyy selvästi enemmän kuin mäntyvaltaisissa metsissä. Harsuuntuneita puita on taimikkovaiheen puustoissa hyvin vähän. Harsuuntuneita puita alkaa metsiköissä esiintyä yleisesti vasta 40–50 ikävuoden jälkeen. Korvissa ja rämeillä harsuuntumista on selvästi vähemmän kuin kankailla (taulukko 37a). Kuusivaltaisissa metsissä suuren pohjapinta-alan puustoissa harsuuntumista on vähemmän kuin harvemmissä metsissä. Hakkaamattomissa metsissä tai kun hakkuusta on kulunut yli 30 vuotta, esiintyy harsuuntumista enemmän kuin muissa metsissä. Erilaisten tuhojen esiintyminen kuviolla lisää harsuuntumista. Harsuuntumista esiintyy yleisesti sitä enemmän mitä vakavampi tuho on. Tärkeimpiä metsikön harsuuntumista lisääviä yksittäisiä tuhoniheuttajia ovat ilmasto- ja maaperätekiijät, pistiäiset ja versosurma.

Malliin otettiin luokittelumuuttujana mukaan myös metsälautakunta, jolloin jokaisen metsälautakunnan odds ratio (vedonlyöntisuhteiden osamäärä) kuvaa harsuuntumisen suhteellista esiintymistä verrattuna Helsingin metsälautakunnan alueeseen. Mallissa on selittävien muuttujien myötä otettu jo huomioon kaikki muut harsuuntumiseen vaikutta-

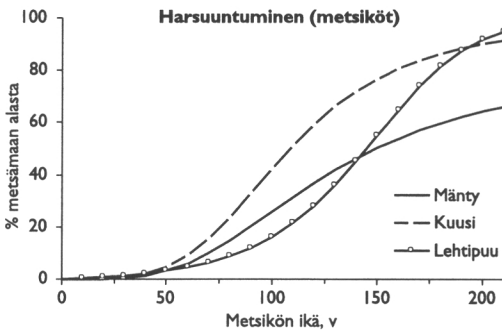
vat tekijät. Mäntyvaltaisissa metsissä harsuuntumista oli suhteellisesti eniten metsälautakunnissa 1, 6, 7, 8, 9 ja 14 (kuva 1, taulukko 37b). Itä-Suomen alueella esiintyi inventointivuosina laajasti versosurmaa. Kuusivaltaisissa metsissä on mallin mukaan Etelä-Suomen alueella esiintynyt suhteellisesti enemmän harsuuntumista kuin Pohjois-Suomessa. Vaasan metsälautakunnan alueella (koodi 14) oli harsuuntuminen kuusivaltaisissa metsissä yleisempää kuin muualla Suomessa.

Yksittäisten puiden harsuuntumistarkastelu tehtiin männyistä ja kuusista, lehtipuista harsuuntumista ei tarkasteltu. Mallit tehtiin koko maahan ja erikseen myös Etelä- ja Pohjois-Suomeen. Harsuuntuneiden puiden suhteellinen osuus alkaa nousta selvästi noin 50–60 ikävuoden vaiheilla ja lisääntyy sen jälkeen tasaisesti puun vanhentuuessa (kuva 32b). Harsuuntuminen alkaa sekä männyllä että kuusella Etelä-Suomessa hieman aikaisemmin kuin Pohjois-Suomessa. Tämä johtunee puiden lyhyemmästä kehityskierrosta Etelä-Suomessa. Kuusella harsuuntumista esiintyy eri ikävaiheissa suhteellisesti selvästi enemmän kuin männyllä (kuva 32c).

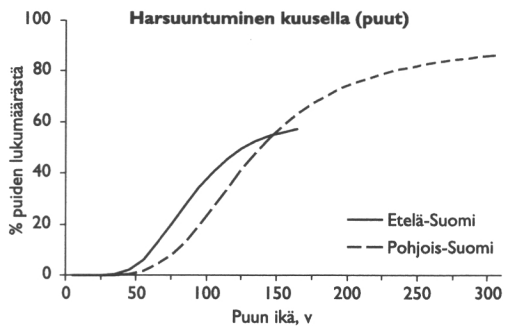
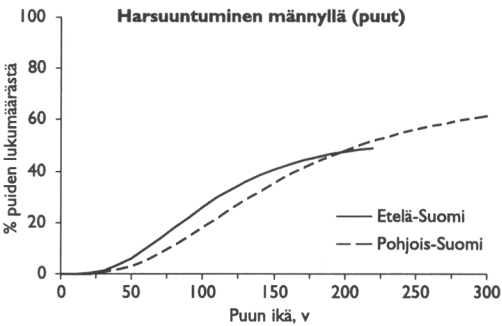
Etelä-Suomessa sijainti seinämämetsikössä lisää yksittäisten mäntyjen harsuuntumista (taulukko 37c). Korvissa ja rämeillä harsuuntumista on männyillä selvästi vähemmän kuin kankailla. Pohjapinta-alan kasvaessa vähenee harsuuntuminen jonkin verran. Harsuuntuneet männyt ovat keskittyneet yleisesti samoihin metsiköihin, joissa jo metsikkötasolla esiintyy harsuuntumista, selvemmin Etelä-Suomessa kuin Pohjois-Suomessa. Harsuuntuneita puita on myös runsaasti yksittäin eri metsiköissä. Metsikön suhteellisesti pisimmillä ja myös järeimmillä puilla on eniten harsuuntumista. Etelä-Suomessa mäntyjen harsuuntumista lisää puulla esiintynyt tuho, jonka aiheuttajana on erityisesti muut ilmasto- tai maaperätekiijät, ytimennävertäjät, pistiäiset, tervasroso, versosurma tai aiheuttajaltaan tunnistamaton tuho. Pohjois-Suomessa harsuuntumista lisää erityisesti maaperätekiijöiden, pistiäisten tai tervasrosan aiheuttama tuho.

Etelä-Suomessa kuuset ovat harsuuntu-neempia merenrannikon välittömässä läheisyydessä kuin muualla (taulukko 37d). Seinä-mämetsiköissä, joiden puusto on selvästi pidempää kuin viereisen kuvion puusto, on kuusten harsuuntuminen yleisempää kuin männyillä. Kallioilla ja kivikoissa harsuuntumista on enemmän kuin muissa metsissä. Suuri pohjapinta-ala metsiköissä vähentää yksittäisten kuusten harsuuntumista jonkin verran. Pohjois-Suomessa on kuusilla harsuuntuminen yleisempää, milloin hakkuusta on kulunut yli 30 vuotta tai hakkuuta ei ole tehty. Koko maassa kuusten harsuuntuminen on kankailla yleisempää kuin korvissa tai rämeillä. Harsuuntuneet kuuset ovat Etelä-Suomessa selvästi enemmän keskittyneet tiettyihin metsiköihin kuin Pohjois-Suomessa.

Metsikön pisimmät ja järeimmät kuuset ovat eniten harsuuntuneita, kuten myös männyillä. Etelä-Suomessa yksittäisistä tuhonaiheuttajista eniten kuusten harsuuntumista lisäävät muun ilmasto- tai maaperätekijän aiheuttama tuho sekä aiheuttajaltaan tunnistamattomaksi jäänyt tuho. Muita harsuuntumista lisääviä tuhonaiheuttajia ovat putavaran korjuu, muu ihmisen aiheuttama tuho sekä puun laoisuus. Pohjois-Suomessa kuusten harsuuntumista lisäävät erityisesti tunnistamattomat tuhot ja lahottajasienet. Metsälautakunnittain tarkasteltuna männyt ovat suhteellisesti eniten harsuuntuneita metsälautakunnissa 4–9 (kuva 1, taulukko 37e). Kuuset ovat harsuuntu-neimpia eteläisissä metsälautakunnissa ja Ahvenanmaalla.



Kuva 32a. Harsuuntumisen esiintyminen metsiköissä eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä koko maassa.



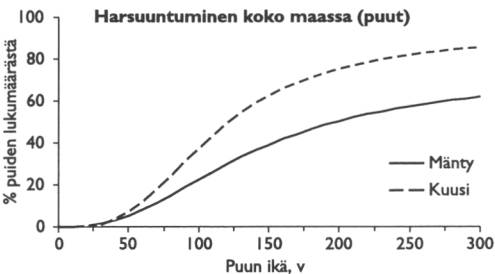
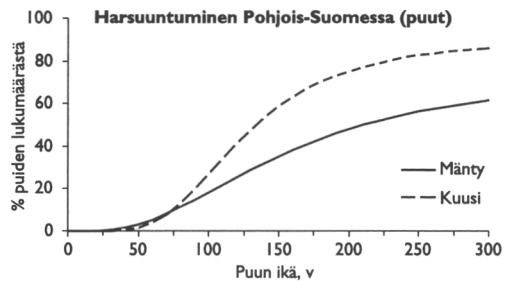
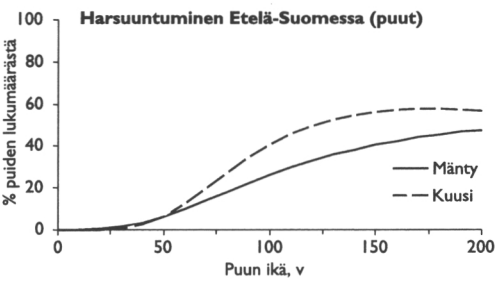
Kuva 32b. Harsuuntumisen esiintyminen yksittäisillä männyillä ja kuusilla Etelä- ja Pohjois-Suomessa.

Taulukko 37a. Metsiköissä esiintyneen harsuuntumisen mallien kertoimet ja odds ratiot pääpuulajeittain koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio / muuttuja	Pääpuulaji								
	Mänty			Kuusi			Lehtipuu		
	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
Voim., hars. puita 51–100 %	-28.3665	-32.2429		-25.9607	-31.5905		-13.6533	-13.4748	
Voim., hars. puita 21– 50 %	-26.4342	-30.3021		-24.0576	-29.6761		-11.6416	-11.4453	
Voim., hars. puita 6– 20 %	-24.7278	-28.5672		-22.6303	-28.1739		-10.8544	-10.6415	
Lievä, hars. puita 51–100 %	-24.5360	-28.3699		-22.3264	-27.8404		-10.7339	-10.5180	
Lievä, hars. puita 21– 50 %	-23.6712	-27.4735		-21.4781	-26.9052		-10.3092	-10.0801	
Lievä, hars. puita 6– 20 %	-22.1092	-25.8289		-19.9610	-25.2784		-9.0318	-8.7822	
Ika**2							0.000104	0.000083	
LnIka	5.8260	7.4216		4.6319	7.3082		1.3770	1.2704	
Ika**0.5	-0.5773	-0.9743		-0.1671	-0.8147				
* Päätyyppi			0.541			0.503			
Pohjapinta-ala (m ²)						0.970			
* Hakkuusta kulunut aika		0.3002	1.350		0.2961	1.345			
* Kuviotuhon aste 1		0.4311	1.539		0.4954	1.641			
2		0.7775	2.176		0.7027	2.019			
3		1.1731	3.232		1.2460	3.477			
4		1.5052	4.505		1.6728	5.327			
5								0.4302	1.538
6								1.1261	3.084
* Kuviotuhu 1		0.8053	2.237		0.8266	2.286			
2		1.0636	2.897						
3		1.2558	3.511						
4		0.3943	1.483						

*** Dummy-muuttujat**

Päätyyppi korpi ja räme
 Hakkuusta kulunut aika yli 30 vuotta
 Kuviotuhon aste 1 = kuviolla lievä tuho, 2 = kuviolla todettava tuho
 3 = kuviolla vakava tuho, 4 = kuviolla täydellinen tuho
 5 = kuviolla lievä tai todettava tuho, 6 = kuviolla vakava tai täydellinen tuho
 Kuviotuhu 1 = tunnistamaton tuho, 2 = muun ilmasto- tai maaperätekijän aiheuttama tuho
 3 = muiden hyönteisten (pistiäisten) aiheuttama tuho, 4 = versosurman aiheuttama tuho



Kuva 32c. Harsuuntumisen esiintyminen Etelä- ja Pohjois-Suomessa sekä koko maassa yksittäisillä männyillä ja kuusilla.

Taulukko 37b. Metsiköissä esiintyneen harsuuntumisen mallien kertoimet ja odds ratiot mänty- ja kuusi-
valtaisissa metsissä koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Metsälautakuntien vertailu.

Vakio / muuttuja	Pääpuulaji							
	Mänty				Kuusi			
	A Kerroin	A Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	A Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio
Voim., hars. puita 51–100 %	-27.8442		-30.9245		-28.8504		-33.7221	
Voim., hars. puita 21– 50 %	-25.9105		-28.9817		-26.9379		-31.7925	
Voim., hars. puita 6– 20 %	-24.2063		-27.2500		-25.4886		-30.2734	
Lievä, hars. puita 51–100 %	-24.0152		-27.0533		-25.1786		-29.9361	
Lievä, hars. puita 21– 50 %	-23.1469		-26.1481		-24.3106		-28.9848	
Lievä, hars. puita 6– 20 %	-21.5648		-24.4702		-22.7531		-27.3223	
lnlka	5.7068		6.9402		5.9244		8.1177	
lka**0.5	-0.5345		-0.8537		-0.4031		-0.8894	
* Päätyyppi			-0.6622	0.516			-0.6705	0.511
Pohjapinta-ala (m ²)							-0.0415	0.959
* Hakuusta kulunut aika			0.4352	1.545			0.4980	1.645
* Kuviotuhon aste 1			0.5379	1.712			0.4926	1.637
2			0.9071	2.477			0.6926	1.999
3			1.2687	3.556			1.1597	3.189
4			1.7270	5.624			1.6692	5.308
* Kuviotuho 1			0.7720	2.164			0.8190	2.268
2			1.1026	3.012				
3			1.1299	3.095				
4			0.2200	1.246				
* Metsälautakunta 0	-1.2818	0.278	-1.3072	0.271	-0.3696	0.691	-0.5302	0.588
2	-0.3430	0.710	-0.3064	0.736	-0.4735	0.623	-0.2492	0.779
3	-0.5613	0.570	-0.3001	0.741	-0.6070	0.545	-0.4371	0.646
4	-0.4116	0.663	-0.3801	0.684	-0.6505	0.522	-0.4851	0.616
5	-0.4406	0.644	-0.1750	0.839	-0.6694	0.512	-0.3859	0.680
6	0.1119	1.118	0.2385	1.269	-0.4394	0.644	-0.2717	0.762
7	0.0581	1.060	0.1315	1.141	-0.5305	0.588	-0.1471	0.863
8	0.0835	1.087	0.0626	1.065	-0.3405	0.711	-0.2750	0.760
9	0.2940	1.342	0.2928	1.340	-0.5055	0.603	-0.1679	0.845
10	-0.3252	0.722	-0.1600	0.852	-0.6900	0.502	-0.4373	0.646
11	-0.3840	0.681	-0.1880	0.829	-1.2177	0.296	-0.9177	0.399
12	-0.7047	0.494	-0.5401	0.583	-1.5136	0.220	-1.2046	0.300
13	-1.1588	0.314	-0.8987	0.407	-0.9366	0.392	-0.6425	0.526
14	-0.0480	0.953	0.1395	1.150	-0.1659	0.847	0.0147	1.015
15	-0.7615	0.467	-0.5614	0.570	-0.8490	0.428	-0.5778	0.561
16	-0.3107	0.733	-0.2551	0.775	-1.4008	0.246	-1.3638	0.256
17	-0.3035	0.738	-0.2462	0.782	-1.2432	0.288	-1.4959	0.224
18	-0.3266	0.721	-0.5679	0.567	-0.3189	0.727	-0.9784	0.376
19	-0.6941	0.500	-0.9624	0.382	-0.6157	0.540	-1.1640	0.312

*** Dummy-muuttajat**

Päätyyppi	korpi ja räme
Hakuusta kulunut aika	yli 30 vuotta
Kuviotuhon aste	1 = kuviolla lievä tuho, 2 = kuviolla todettava tuho 3 = kuviolla vakava tuho, 4 = kuviolla täydellinen tuho
Kuviotuho	1 = tunnistamaton tuho, 2 = muun ilmasto- tai maaperätekijän aiheuttama tuho 3 = muiden hyönteisten (pistiäisten) aiheuttama tuho, 4 = versosurman aiheuttama tuho
Metsälautakunta	0 = Helsingin metsälautakunta (metsälautakuntakoodi 1, kuva 1.)

Taulukko 37c. Yksittäisten mäntyjen harsuuntumisen mallien kertoimet ja odds ratiot Etelä-Suomessa, Pohjois-Suomessa ja koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio (harsuuntumisaste) / muuttuja	Mänty								
	Etelä-Suomi			Pohjois-Suomi			Koko maa		
	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
91–99 %	-24.9782	-25.7432		-23.1841	-19.8253		-21.5113	-18.8512	
81–90 %	-24.2846	-25.0493		-22.2287	-18.9042		-20.5896	-17.9626	
71–80 %	-23.5104	-24.2362		-21.7749	-18.3484		-20.0968	-17.3802	
61–70 %	-22.8550	-23.5971		-21.3181	-17.8622		-19.6105	-16.8737	
51–60 %	-22.1386	-22.8959		-20.8995	-17.4577		-19.1358	-16.4163	
41–50 %	-21.1041	-21.6894		-20.1922	-16.6773		-18.3506	-15.5318	
31–40 %	-20.0645	-20.4296		-19.5743	-15.9837		-17.5928	-14.6421	
21–30 %	-18.8533	-18.9773		-18.5930	-14.9063		-16.5171	-13.3956	
11–20 %	-17.7993	-17.6846		-17.7573	-13.9108		-15.5699	-12.2566	
LnPika	4.9390	5.2052		4.3679	3.5709		3.8648	3.1198	
Pika**0.5	-0.5985	-0.8438		-0.3863	-0.3607		-0.3458	-0.3513	
* Metsikkötyyppi		0.2046	1.227						
* Päätyyppi		-0.6595	0.517					-0.2672	0.766
Pohjapinta-ala (m ²)		-0.0150	0.985						
* Harsuuntuminen kuviolla 1		1.9899	7.315		1.3854	3.996		1.7541	5.778
2		2.4966	12.142		1.8291	6.228		2.1586	8.659
Suhteellinen koko (d+5, cm / dg+5, cm)		1.3048	3.687		0.1129	1.119		0.2415	1.273
Solakkuusaste (h, m / d, cm)		-1.2263	0.293		-1.6641	0.189		-1.4183	0.242
* Tuho puulla 1		1.4085	4.090					0.9044	2.470
2		1.5465	4.695					1.1870	3.277
3		1.1105	3.036					0.8684	2.383
4		1.0872	2.966					1.3464	3.844
5		0.2974	1.346		0.5700	1.768		0.6301	1.878
6		0.7349	2.085					0.7038	2.022
7					1.9064	6.729			
8					1.8413	6.305			

Harsuuntumisaste (vakio) = puun neulaskato, %

Pika = puun ikä, v

*** Dummy-muuttujat**

Metsikkötyyppi

seinämämetsikkö

Päätyyppi

korpi ja räme

Harsuuntuminen kuviolla

1 = kuviolla lievää harsuuntumista, 2 = kuviolla voimakasta harsuuntumista

Tuho puulla

0 = ei tuhoa tai jokin muu tuho, 1 = tunnistamaton tuho

2 = muun ilmasto- tai maaperäteikijän aiheuttama tuho, 3 = ytimennävertäjän aiheuttama tuho

4 = muiden hyönteisten (pistiäisten) aiheuttama tuho, 5 = tervosroson aiheuttama tuho

6 = versosurman aiheuttama tuho, 7 = maaperästä johtuva tuho

8 = pistiäisten aiheuttama tuho

Taulukko 37d. Yksittäisten kuusten harsuuntumisen mallien kertoimet ja odds ratiot Etelä-Suomessa, Pohjois-Suomessa ja koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B).

Vakio (harsuuntumisaste) / muuttuja	Kuusi								
	Etelä-Suomi			Pohjois-Suomi			Koko maa		
	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	B Kerroin	B Odds ratio
91–99 %	-36.4878	-39.0131		-33.4798	-31.1960		-24.2972	-27.0883	
81–90 %	-35.1876	-37.7078		-32.1174	-29.8488		-22.9540	-25.7537	
71–80 %	-34.5886	-37.1038		-31.6521	-29.2573		-22.4760	-25.1654	
61–70 %	-33.9708	-36.4937		-31.2329	-28.7228		-22.0305	-24.6241	
51–60 %	-33.0517	-35.5393		-30.7754	-28.1749		-21.4712	-23.9796	
41–50 %	-32.0504	-34.3805		-30.1447	-27.4114		-20.7273	-23.0898	
31–40 %	-31.0226	-32.9255		-29.4774	-26.5224		-19.9020	-21.9480	
21–30 %	-29.9384	-31.3497		-28.4855	-25.1643		-18.8671	-20.4795	
11–20 %	-29.0055	-30.1095		-27.6961	-24.1805		-17.9780	-19.3278	
LnPika	9.2301	9.4275		7.3536	6.5450		4.6173	5.5226	
Pika**0.5	-1.3876	-1.5683		-0.7175	-0.7480		-0.3791	-0.7436	
* Korkeus merenpinnasta 1		0.2525	1.287						
2		0.1751	1.191						
* Metsikkötyyppi		0.4018	1.494						
* Päätyyppi		-0.4267	0.653		-0.1716	0.842		-0.4146	0.661
* Maalaji		0.3145	1.370						
Pohjapinta-ala (m ²)		-0.0222	0.978						
* Hakkuusta kulunut aika					0.2252	1.253			
*Harsuuntuminen kuviolla 1		1.8585	6.414		1.2836	3.610		1.7561	5.790
2		3.0821	21.803		1.7079	5.517		2.3959	10.979
Suhteellinen koko (d+5, cm / dg+5, cm)		1.8194	6.168		0.1064	1.112		0.6342	1.886
Solakkuusaste (h, m / d, cm)		-0.4915	0.612		-0.8254	0.438		-1.1089	0.330
* Tuho puulla 1		2.2267	9.269		1.7951	6.020		2.0020	7.404
2		2.9140	18.431					2.8142	16.680
3		0.4770	1.611						
4		0.3500	1.419						
5		1.2843	3.612		1.0689	2.912		1.3004	3.671

Harsuuntumisaste (vakio) = puun neulaskato, %

Pika = puun ikä, v

*** Dummy-muuttujat**

Korkeus merenpinnasta

1 = 0–5 metriä, 2 = 6–15 metriä

Metsikkötyyppi

seinämämetsikkö

Päätyyppi

korpi ja räme

Maalaji

kalliot ja kivikot

Hakkuusta kulunut aika

yli 30 vuotta

Harsuuntuminen kuviolla

1 = kuviolla lievää harsuuntumista, 2 = kuviolla voimakasta harsuuntumista

Tuho puulla

0 = ei tuhoa tai jokin muu tuho, 1 = tunnistamaton tuho, 2 = muun ilmasto- tai

maaperätekijän aiheuttama tuho, 3 = puutavaran korjuun aiheuttama tuho

4 = muu ihmisen aiheuttama tuho, 5 = lahottajasieni

Taulukko 37e. Yksittäisten mäntyjen ja kuusten harsuuntumisen mallien kertoimet ja odds ratiot koko maassa. Perusmallit (A) ja tarkennetut mallit (B). Metsälautakuntien vertailu.

Vakio (harsuuntumisaste) / muuttuja	Mänty				Kuusi			
	A Kerroin	A Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio	A Kerroin	A Odds ratio	B Kerroin	B Odds ratio
91–99 %	-21.1462		-18.1474		-26.0195		-27.4336	
81–90 %	-20.2245		-17.2587		-24.6742		-26.0970	
71–80 %	-19.7318		-16.6758		-24.1950		-25.5067	
61–70 %	-19.2457		-16.1687		-23.7479		-24.9631	
51–60 %	-18.7711		-15.7105		-23.1860		-24.3144	
41–50 %	-17.9851		-14.8234		-22.4356		-23.4135	
31–40 %	-17.2245		-13.9233		-21.5988		-22.2477	
21–30 %	-16.1387		-12.6539		-20.5431		-20.7536	
11–20 %	-15.1707		-11.4897		-19.6306		-19.5833	
LnPika	3.7931		2.9414		5.3426		5.7415	
Pika**0.5	-0.2975		-0.2751		-0.4725		-0.7093	
* Päätyyppi			-0.1967	0.821			-0.3562	0.700
* Harsuuntuminen kuviolla 1			1.6608	5.263			1.6996	5.472
2			2.1716	8.772			2.3343	10.322
Suhteellinen koko (d+5, cm / dg+5, cm)			0.1919	1.212			0.4164	1.516
Solakkuusaste (h, m / d, cm)			-1.7508	0.174			-1.5989	0.202
* Tuho puulla 1			1.0341	2.813			2.0491	7.761
2			1.2636	3.538			2.9157	18.463
3			0.8054	2.238				
4			1.6337	5.123				
5			0.6697	1.954				
6			0.6774	1.969				
* Metsälautakunta 0	-1.9751	0.139	-1.7817	0.168	-0.1458	0.864	0.1451	1.156
2	-0.2650	0.767	-0.3181	0.728	-0.8534	0.426	-0.4942	0.610
3	-0.4918	0.612	-0.3565	0.700	-0.5790	0.560	-0.3055	0.737
4	0.0198	1.020	0.1127	1.119	-0.6342	0.530	-0.2881	0.750
5	-0.1031	0.902	0.1266	1.135	-0.2744	0.760	0.0884	1.092
6	0.1833	1.201	0.2542	1.289	-0.2122	0.809	-0.2002	0.819
7	0.1540	1.166	0.2093	1.233	-0.5685	0.566	-0.1634	0.849
8	0.1172	1.124	0.3157	1.371	-0.1736	0.841	-0.1985	0.820
9	0.1074	1.113	0.1414	1.152	-0.3328	0.717	-0.0573	0.944
10	-0.4556	0.634	-0.3145	0.730	-0.7567	0.469	-0.6575	0.518
11	-0.3400	0.712	-0.1489	0.862	-0.9061	0.404	-0.4407	0.644
12	-1.0964	0.334	-0.7484	0.473	-1.2789	0.278	-0.6977	0.498
13	-1.4829	0.227	-1.0410	0.353	-1.0545	0.348	-0.5886	0.555
14	-0.5999	0.549	-0.6612	0.516	-0.5165	0.597	-0.5130	0.599
15	-0.9454	0.389	-0.4353	0.647	-0.9269	0.396	-0.4766	0.621
16	-0.8304	0.436	-0.7713	0.462	-1.5720	0.208	-1.2635	0.283
17	-0.8102	0.445	-0.7296	0.482	-1.2653	0.282	-1.2510	0.286
18	-0.7762	0.460	-0.9888	0.372	-0.5376	0.584	-0.6610	0.516
19	-0.7696	0.463	-0.7270	0.483	-0.6989	0.497	-0.8129	0.444

Harsuuntumisaste (vakio) = puun neulaskato, %

Pika = puun ikä, v

*** Dummy-muuttajat**

Päätyyppi

korpi ja räme

Harsuuntuminen kuviolla

1 = kuviolla lievää harsuuntumista, 2 = kuviolla voimakasta harsuuntumista

Tuho puulla

0 = ei tuhoa tai jokin muu tuho, 1 = tunnistamaton tuho, 2 = muun ilmasto- tai

maaperätekijän aiheuttama tuho, 3 = ytimennävertäjän aiheuttama tuho

4 = muiden hyönteisten (pistiäisten) aiheuttama tuho, 5 = tervasrosnon aiheuttama tuho

4.10 Yhteenveto tuhonaiheuttajista

Taulukossa 38 esitetään mäntyvaltaisten metsien tuhonaiheuttajat tuhometsiköiden valtapituuden keskiarvon mukaan nousevassa järjestyksessä. Taulukossa on myös tuhonaiheuttajittain tuhometsiköiden keski-ikä ja erikseen vastaavien tuhonaiheuttajien puumallien aineistojen puiden rinnankorkeusläpimittojen keskiarvo. Taulukoissa 39 ja 40 esitetään vastaavat tiedot kuusi- ja lehtipuuvaltaisten metsien sekä kuusten ja lehtipuiden

tuhoaineistojen osalta.

Taimikoiden tuhonaiheuttajia ovat erityisesti myyrät ja hirvi, männynversoruoste, neulaskaristeet, lumihomeet, aiheuttajaltaan tunnistamattomat ilmastotekijät sekä muut sienitaudit, jotka aiheuttavat erilaisia latvuksen tuhoja. Keski-ikäluokkien tuhoja ovat yleisesti lumi- ja kilpailutuhot sekä erilaiset hyönteisten ja sienien aiheuttamat tuhot. Vartuneiden metsien tuhoja ovat varsinkin ytimennävertäjien, versosurman ja tuulen aiheuttamat tuhot sekä korjuuvauriot. Yli-ikäisten metsien tuhoja ovat erityisesti lahottajisien ja tervasrosan aiheuttamat tuhot.

Taulukko 38. Mäntyvaltaisten metsien tuhoaineistojen jakaantuminen tuhonaiheuttajittain metsiköiden keskimääräisen valtapituuden mukaan. Taulukossa lisäksi tuhometsiköiden keski-ikä ja yksittäisten tuhonaisten mäntyjen keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta.

Tuhon aiheuttaja	Metsiköt		Puut
	Valtapituus m	Ikä v	Rinnankorkeus- läpimitta, cm
Lumihomeet (Pohjois-Suomi)	1.7	16	
Myyrät	2.4	10	
Neulaskaristeet (Pohjois-Suomi)	2.9	19	14.6
Männynversoruoste (Pohjois-Suomi)	3.4	18	11.4
Muut sienitaudit (Etelä-Suomi)	4.3	19	12.2
Muu ihmisen toiminta, viljely	4.7	15	
Hirvi ja muut selkärangaiset	4.8	22	7.1
Muita latvuksen tuhoja (aiheuttaja tuntematon)	6.6	31	15.7
Muut sienitaudit (Pohjois-Suomi)	6.7	36	22.1
Muut ilmastotekijät ja maaperätekijät (Etelä-Suomi)	9.6	44	16.1
Muut hyönteiset (Pohjois-Suomi)	9.6	53	15.5
Maaperätekijät (Pohjois-Suomi)	10.3	58	12.6
Neulasten ja lehtien väriavokkoja (aiheuttaja tuntematon)	10.5	46	17.5
Kuivia ja katkenneita latvoja (aiheuttaja tuntematon)	10.8	58	15.6
Lumi	11.9	66	18.6
Muut hyönteiset (Etelä-Suomi)	12.6	54	18.6
Kaatuneita ja katkenneita puita (aiheuttaja tuntematon)	14.2	77	11.0
Pistiäiset (Pohjois-Suomi)	15.0	81	16.0
Kilpailu	15.6	70	12.5
Pystykuolleita puita (aiheuttaja tuntematon)	17.3	106	20.2
Puutavaran korjuu	18.0	78	21.3
Neulas- ja lehtikatoa (aiheuttaja tuntematon)	18.3	88	25.4
Versosurma	18.6	74	23.2
Runkovaurioita (aiheuttaja tuntematon)	19.3	104	19.7
Muu ihmisen toiminta, luontainen	19.4	87	20.7
Ytimennävertäjät	19.9	89	22.6
Tuuli	20.3	108	21.2
Muut ilmastotekijät (Pohjois-Suomi)	20.6	184	26.8
Harsuuntuminen	22.5	118	27.6
Tervasroso	22.9	117	25.5
Lahottajasienet	23.0	115	29.5
Monituho	26.0	233	

Vanhoissa metsissä esiintyy yleisesti monituhoua ja puissa harsuuntumista.

Liitteessä 3 esitetään valtapituus, jolla perusmallilla laskettu tuhoriski saavuttaa korkeimman arvonsa. Tämä esitetään niiden mallien osalta, joissa valtapituutta käytettiin metsikön kehitysvaihetta kuvaavana muuttujana. Eri tuhonaiheuttajien tiedot kuvataan pääpuulajeittain sen mukaisesti, miten mallit tehtiin. Liitteessä 4 ikä, jolla perusmallilla laskettu tuhoriski saavuttaa korkeimman arvonsa, esitetään niiden tuhonaiheuttajien osalta, joiden mallissa käytettiin metsikön ikää kehitysvaihetta kuvaavana muuttujana. Liit-

teessä 5 esitetään läpimitta, jolla perusmallilla laskettu tuhon todennäköisyys saavuttaa suurimman arvonsa. Tiedot on aiheuttajittain jaettuna niihin puulajeihin tai puulajiryhmiin, joiden mukaisesti puutuhojen mallit tehtiin.

Taulukoissa raportoiduista mallien ker-toimista voidaan tulkita se seikka, että tiettyt tuhot kohdistuvat enemmän tiettyihin metsiköihin, ja toiset esiintyvät enemmän yksittäisillä puilla siellä täällä. Selvimmin tiettyihin metsiköihin keskittyvät erilaiset hyönteistuhot, kuten ytimennävertäjien ja pistiäisten aiheuttamat tuhot. Myös hirvituhot, hallatuhot ja erilaiset sienitaudit, kuten verso-

Taulukko 39. Kuusivaltaisten metsien tuhoaineistojen jakaantuminen tuhonaiheuttajittain metsiköiden keskimääräisen valtapituuden mukaan. Taulukossa lisäksi tuhometsiköiden keski-ikä ja yksittäisten tuhonalaisten kuusten keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta.

Tuhon aiheuttaja	Metsiköt		Puut
	Valtapituus m	Ikä v	Rinnankorkeus- läpimitta, cm
Neulaskaristeet (Pohjois-Suomi)	1.3	19	
Lumihomeet (Pohjois-Suomi)	1.3	11	
Myyrät	2.4	10	
Männynversoruoste (Pohjois-Suomi)	4.2	21	
Muut ilmastotekijät (Pohjois-Suomi)	5.9	44	16.2
Muut ilmastotekijät ja maaperätekijät (Etelä-Suomi)	7.2	31	14.2
Kuivia ja katkenneita latvoja (aiheuttaja tuntematon)	7.2	48	17.3
Hirvi ja muut selkärangaiset	7.8	33	18.0
Muita latvuksen tuhoja (aiheuttaja tuntematon)	8.1	40	17.8
Muut hyönteiset (Pohjois-Suomi)	9.6	53	15.5
Kilpailu	13.4	59	13.4
Muut sienitaudit (Pohjois-Suomi)	15.2	122	25.3
Neulasten ja lehtien värvikoja (aiheuttaja tuntematon)	15.7	53	14.8
Maaperätekijät (Pohjois-Suomi)	15.8	121	13.4
Muut sienitaudit (Etelä-Suomi)	16.5	68	23.0
Pystykuolleita puita (aiheuttaja tuntematon)	17.9	120	17.7
Lumi	18.5	131	21.6
Muut hyönteiset (Etelä-Suomi)	19.1	61	26.5
Ytimennävertäjät	19.5	64	
Kaatuneita ja katkenneita puita (aiheuttaja tuntematon)	19.9	94	13.4
Monituhou	20.1	214	
Muu ihmisen toiminta	21.7	78	21.1
Versosurma	21.7	83	12.7
Tuuli	21.7	108	22.6
Puutavaran korjuu	21.9	81	21.6
Runkovaurioita (aiheuttaja tuntematon)	22.3	87	20.8
Harsuuntuminen	22.6	120	28.2
Tervasroso	22.8	105	
Lahottajasienet	22.8	110	24.6
Neulas- ja lehtikatoa (aiheuttaja tuntematon)	23.3	106	27.3

surma, männynversoruoste ja yleisemmin neulasten värivikoja aiheuttavat tuhonaiheuttajat, keskittyvät samoihin metsiköihin. Tuuli- ja lumituhot, korjuuvauriot ja muut ihmisen aiheuttamat tuhot keskittyvät myös jonkin verran tiettyihin metsiköihin. Sen sijaan tervasroson, kilpailun ja erityisesti lahotajasienien aiheuttamat tuhot esiintyvät pääosin yksittäisillä puilla siellä täällä.

Taulukko 40. Lehtipuuvaltaisten metsien tuhoaineistojen jakaantuminen tuhonaiheuttajittain metsiköiden keskimääräisen valtapituuden mukaan. Taulukossa lisäksi tuhometsiköiden keski-ikä ja yksittäisten tuhonalaisen lehtipuiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta.

Tuhon aiheuttaja	Metsiköt		Puut
	Valtapituus m	Ikä v	Rinnankorkeus- läpimitta, cm
Myyrät	2.4	10	
Männynversoruoste (Pohjois-Suomi)	4.2	21	
Muut ilmastotekijät (Pohjois-Suomi)	5.9	44	18.5
Kuivia ja katkenneita latvoja (aiheuttaja tuntematon)	7.9	35	11.1
Hirvi ja muut selkärangaiset	8.3	25	7.8
Neulas- ja lehtikatoa (aiheuttaja tuntematon)	8.9	31	12.6
Muut hyönteiset (Pohjois-Suomi)	9.6	53	9.0
Lumi	10.1	38	20.1
Muita latvuksen tuhoja (aiheuttaja tuntematon)	10.2	36	10.7
Muut hyönteiset (Etelä-Suomi)	11.0	23	12.4
Maaperätekiijät (Pohjois-Suomi)	12.0	48	9.8
Kilpailu	13.8	43	7.5
Muut sienitaudit (Pohjois-Suomi)	13.9	64	16.8
Pystykuolleita puita (aiheuttaja tuntematon)	13.9	52	10.4
Kaatuneita ja katkenneita puita (aiheuttaja tuntematon)	14.2	77	14.1
Muu ihmisen toiminta	15.4	45	15.5
Muut sienitaudit (Etelä-Suomi)	15.5	49	18.5
Versosurma	17.4	55	
Tuuli	17.6	71	18.0
Muut ilmastotekijät ja maaperätekiijät (Etelä-Suomi)	17.7	52	22.0
Puutavaran korjuu	18.2	52	15.9
Ytimennävertäjät	19.5	64	
Monituho	20.0	142	
Lahottajasienet	20.4	71	17.8
Runkovaurioita (aiheuttaja tuntematon)	21.0	60	16.6
Harsuuntuminen	21.7	86	
Tervasroso	22.8	105	

5 Tuhomallien luotettavuus

Mallien vakioden ja selittävien muuttujien kertoimien sekä odds ratioiden keskivirheet olivat pääosin pieniä. Niitä ei ole esitetty taulukoissa tilan säästämiseksi. Mallien kaikki kertoimet olivat tilastollisesti merkitseviä vähintään 0,01 riskitasolla (useimmiten 0,0001). Eri tuhonaiheuttajien mallien kertoimien ja odds ratioiden keskivirheet olivat pääosin samaa luokkaa kuin seuraavassa esimerkkinä esiteltyjen tuulituhomallien keskivirheet.

Metsiköiden tuulituhojen perusmalleissa kertoimien keskivirheet olivat yleensä alle 1 % kertoimien arvosta ja tarkennetuissa malleissa alle 2 %. Mäntyvaltaisten metsien tarkennetuissa malleissa keskivirheet olivat pääosin 0,5–3,0 % kertoimen arvosta. Kuusivaltaisten metsien malleissa keskivirheet olivat jonkin verran suurempia kuin mäntyvaltaisten metsien malleissa. Suurimmillaan kertoimien keskivirhe oli noin 10 % metsissä, joissa hakkuusta oli kulunut yli 10 vuotta.

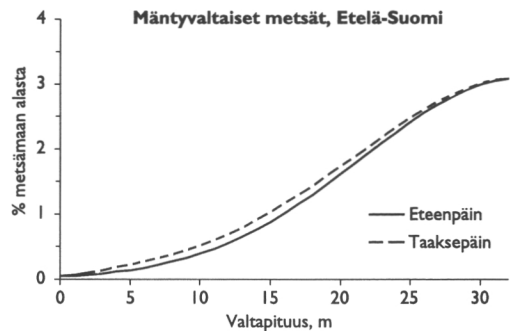
Yksittäisten puiden tuulituhojen perusmalleissa kertoimien keskivirheet olivat yleensä alle 2 % kertoimen arvosta ja kaikilla muuttujilla alle 5 %. Suurimmat keskivirheet olivat kuusen malleissa, joissa käytettiin kolmea kehitysvaihetta kuvaavan muuttujan muunnosta. Männyn tarkennetuissa malleissa keskivirheet olivat pääosin alle 3 %. Yksittäisistä selittävistä muuttujista solakkuuden keskivirhe oli suurin, lähes 10 % kertoimen arvosta. Solakkuuden käyttökelpoisuutta selittävänä muuttujana alentaa tyvekkäissä vanhoissa puissa esiintyvä lahous. Kuusten malleissa keskivirheet olivat jonkin verran suurempia kuin männyn malleissa.

Tuulituhomallien vakioden suhteelliset keskivirheet olivat pääosin pienempiä kuin selittävien muuttujien keskivirheet, paitsi kuusen tarkennetuissa malleissa, jossa käytettiin kolmea kehitysvaihetta kuvaavan muuttujan muunnosta. Odds ratioiden keskivirheet olivat keskimäärin saman suuruisia kuin

kertoimien keskivirheet, vaikka yksittäisten muuttujien välillä oli selviäkin eroja.

Yleisesti tarkastelut eri tuhonaiheuttajien malleilla sijoittamalla niihin erilaisia arvoja osoittivat, että mallit toimivat hyvin ja kuvaavat loogisesti tuhojen esiintymistä metsikkötasolla ja yksittäisillä puilla. Mallit antavat todennäköisyyden aineistossa esiintyvillä muuttujien arvojen yhdistelmillä. Sen sijaan epätodennäköiset yhdistelmät esim. pohjapinta-ala 25 m² ja metsikön ikä 15 vuotta voivat antaa epäloogisen todennäköisyyden. Metsikkömalleilla laskettuna esimerkiksi tuulituhoriski voi pitkissä puustoissa olla suurimmillaan 80–90 % metsämaan alasta ja samankokoisella puustolla minimiyhdistelmillä 1–2 % metsämaan alasta.

Mallien yhteensopivuuden astetta testattiin Hosmer-Lemeshow'n yhteensopivuustestillä. Taulukossa 41 esitetään Etelä-Suomen mäntyvaltaisten metsien binääriselle selittävälle muuttujalle (tuulituhoa ei esiinny – tuulituhoa esiintyy) laskettujen perusmallin ja tarkennetun mallin testitulokset. Eri malleilla tehtyjen testien mukaan mallit ennustivat hyvin havaintojen sijoittumisen kymmeneen ryhmään. Tilastollisessa päättelyssä χ^2 -testin p-arvon tulisi olla suurempi kuin 0.05, jotta malli voitaisiin hyväksyä. Tarkennetuissa malleissa tämä vaatimus toteutuu, mutta perusmallissa ei. χ^2 -testi mittaa absoluuttisia



Kuva 33. Perusmallilla laskettu viimeisen 5 vuoden aikana syntyneiden tuulituhojen keskimääräinen esiintyminen metsämaalla Etelä-Suomen mäntyvaltaisissa metsissä ennustettaessa tuulituhon esiintymistä taaksepäin tai eteenpäin mittausajankohdasta.

eroja frekvensseissä. Kun havaintoja on paljon, suhteellisesti hyvinkin pienet erotukset havaittujen ja estimoitujen frekvenssien välillä johtavat mallin hylkäämiseen. Koska aineiston otosfrekvenssit olivat hyvin suuret, tilastollinen mallin hylkääminen χ^2 -testisyyteen perusteella ei mallin käyttökelpoisuuden kannalta ole järkevää (Palmgren 1989).

Tuulituhomallien selittäjät tunnetaan mitaushetkellä ja mallit ennustavat tapahtuneita tuhoja. Kuitenkin metsikön kehitystä simuloitaessa joudutaan tuhoriskiä ennustamaan eteenpäin. Mallien käyttäminen tulevan en-

nustamiseen aiheuttaa virhettä. Kuvassa 33 esitetään perusmallilla ennustettu viimeisen 5 vuoden aikana syntyneiden tuulituhojen esiintyminen valtapituuden funktiona Etelä-Suomen mäntyvaltaisissa metsissä. Ennuste on tehty samalle 5 vuoden jaksolle kahdella eri tavalla jäljitellen taaksepäin ja eteenpäin ennustamista. Taaksepäin ennustamisessa selittäjänä oli muuntamaton valtapituus ja eteenpäin ennustettaessa selittävästä valtapituudesta vähennettiin menneen viiden vuoden kasvu. Molemmat ennusteet on esitetty muuntamattoman valtapituuden funktiona.

Taulukko 41. Esimerkki yhteensopivuuden asteen laskennasta (Hosmer & Lemeshow, goodness-of-fit -testi). Perusmalli ja tarkennettu malli. Tuulituhon esiintyminen mäntyvaltaisissa metsissä Etelä-Suomessa. Havaintoja aineistossa yhteensä 24 544 metsikköä.

Ryhmä	Yhteensä	Tuulituhoa esiintyy			Tuulituhoa ei esiinny		
		Havaittu	Ennustettu	%	Havaittu	Ennustettu	%
Perusmalli							
1	2 593	8	1.73		2 585	2 591.27	100.24
2	2 474	0	2.81		2 474	2 471.19	99.89
3	2 472	1	6.20		2 471	2 465.80	99.79
4	2 419	9	11.65	129.44	2 410	2 407.35	99.89
5	2 438	20	18.78	93.90	2 418	2 419.22	100.05
6	2 433	26	30.43	117.04	2 407	2 402.57	99.82
7	2 461	50	44.15	88.30	2 411	2 416.85	100.24
8	2 462	61	57.86	94.85	2 401	2 404.14	100.13
9	2 449	71	70.47	99.25	2 378	2 378.53	100.02
10	2 343	80	80.76	100.95	2 263	2 262.24	99.97
Yhteensä	24 544	326	324.84	99.64	24 218	24 219.16	100.00

Goodness-of-fit Statistic = 32.341 with 8 DF (p = 0.0001)

Ryhmä	Yhteensä	Tuulituhoa esiintyy			Tuulituhoa ei esiinny		
		Havaittu	Ennustettu	%	Havaittu	Ennustettu	%
Tarkennettu malli							
1	2 670	3	1.74		2 667	2 668.26	100.05
2	2 554	7	3.24		2 547	2 550.76	100.15
3	2 538	5	5.42		2 533	2 532.58	99.98
4	2 487	4	8.34		2 483	2 478.66	99.83
5	2 412	16	12.43	77.69	2 396	2 399.57	100.15
6	2 437	14	18.84	134.57	2 423	2 418.16	99.80
7	2 450	26	27.87	107.19	2 424	2 422.13	99.92
8	2 452	39	40.64	104.21	2 413	2 411.36	99.93
9	2 452	69	63.59	92.16	2 383	2 388.41	100.23
10	2 092	143	142.69	99.78	1 949	1 949.31	100.02
Yhteensä	24 544	326	324.80	99.63	24 218	24 219.20	100.00

Goodness-of-fit Statistic = 10.523 with 8 DF (p = 0.2302)

Viiden vuoden valtapituuden kasvu otettiin toistuvien harvennuksin käsiteltyjen männiköiden tuotossarjasta VT:lle (Nyyssönen 1954). Kun taaksepäin ennustettu todennäköisyys on harhaton ennuste, niin kuvaajien ero (taaksepäin – eteenpäin) on se harha, joka syntyy mallin käyttämisestä eteenpäin ennustamiseen. Kuvaajan ollessa nouseva, on mallin antama tulos aliarvio, kuvaajan ollessa laskeva on virhe päinvastainen.

6 Tarkastelu

6.1 Aineisto

Otantavirhe

Valtakunnan metsien inventointi perustuu systemaattiseen otantaan. Inventoinnin tulokset ovat otosaineistoon perustuvia arvioita eli estimaatteja. Koska metsien rakenteessa esiintyy spatiaalista autokorrelaatiota tai usein esiintyvää trendinomaista alueellista vaihtelua, eivät satunnaisen otannan estimaattorit sovellu keskivirheen laskentaan. Valtakunnan metsien inventoinnissa käytetään keskivirhelaskentaa, joka pohjautuu neliöryhmämenetelmään (Matern 1960, Salminen 1973, Tomppo ym. 1998). Valtakunnan metsien inventoinnin tulosjulkaisuissa esitetään pinta-alojen keskivirheet maaluokittain sekä puuston kokonaistilavuuden keskivirheet puulajeittain metsämaalla. Esimerkiksi 7. ja 8. inventoinneissa metsämaan pinta-alan keskivirhe oli koko maassa 0,4 % metsämaan alasta ja puuston kokonaistilavuuden keskivirhe 0,7% ja 0,6% puuston määrästä (Kuusela ja Salminen 1991, Tomppo ym. 2001).

Tuhopinta-aloille ei tässä tutkimuksessa laskettu keskivirheitä. Pinta-alaestimaatin keskivirhe riippuu ositteen koosta. Suuriin ositteisiin osuu enemmän koaloja ja niiden pinta-ala saadaan siten suhteellisesti ottaen tarkemmin arvioitua kuin pienten ositteiden.

Keskivirheen suuruudesta saadaan käsitys Etelä-Suomea kuvaavan esimerkin avulla (Tomppo ym. 1998). Kun esimerkiksi mäntyvaltaisten metsien tietyn ikäluokan pinta-ala tai toisaalta erilaisten käyttörajoitusten alaisen metsien pinta-ala on sama 30 000 ha, ovat pinta-alaestimaattien keskivirheet noin 10 % ja 17 %. Ikäluokka arvioidaan kaikilta koaloilta, käyttörajoitusten alaiset alueet sen sijaan sijaitsevat hajallaan eri alueilla. Mikäli tuho on jakaantunut jokseenkin satunnaisesti koko maa-alalla, vastaa sen suhteellinen keskivirhe ikäluokittaista puulajivaltaisuutta. Monet tuhot esiintyvät kuitenkin satunnaisesti alueittain ja tuhojen pinta-alan keskivirhe lieenee suurempi, kenties lähellä Tompon ym. (1998) esittämää käyttörajoitusten alaisen maan suhteellista keskivirhettä.

Tuhojen arviointi

Tutkimuskohteena olivat koko Suomen metsämaan pinta-ala ja kaikki puut, aineistona mitatut kuvio- ja puutiedot, sekä otosyksikönä ryväs, joka muodostui 8–21 koelasta. Koelalta mitattiin puiden tiedot ja koelakuviolta arviointiin sen metsikön tiedot, jolla puu kasvoi. Inventoinnissa koelakuviolla tarkoitetaan sitä kuviota, jonka alueelle säteeltään määrätty tai vaihteleva koela sattuu. Kuviolla tarkoitetaan metsikköä, jossa kasvupaikka, puulajisuhteet ja kehitysvaihe ovat samanlaiset. Kuviotason mallien aineistoon voitiin ottaa mukaan vain metsämaalla sijaitsevat keskipistekuviot, koska tuhoarviointi tehtiin vain niillä. Puumallien laadinnassa käytettiin myös sivukuviolta kerättyä tietoa.

Valtakunnan metsien 8. inventoinnissa kuviotiedot koskevat periaatteessa koko kuviota. Kuviotieto kuvaa tilannetta keskimäärin silloin kun esimerkiksi tuhoa esiintyy vain osalla kuviota. Käytännössä koko kuviota ei useinkaan ehditty tarkastella, vaan kuviotiedot arviointiin sen näkymän perusteella, joka avautui koalan ympäristöön. Kuviota tarkasteltiin myös vielä linjamittauksen edetessä. Tiheästi puustoa kasvavilla kuvioilla näkyvyys oli huono, toisaalta laajoilla vähäpuus-
toisilla kuvioilla voitiin nähdä koko kuvio.

On selvää, että kuvion toisella laidalla esiintyvä tuho jäi joskus huomaamatta, mutta toisaalta koealan lähellä olevassa kuvion osassa oleva tuho huomattiin ja merkittiin, vaikka sitä ei koko kuvion muissa osissa ollutkaan. Koska virheitä on molempiin suuntiin, ei mahdollisen systemaattisen virheen suuntaa voida päätellä. Mikäli tuhot ovat jakaantuneet tasaisesti, niin tuhon esiintymistodennäköisyys kasvaa kuvion koon kasvaessa. Kuvion kokoa ei voitu tutkimuksessa ottaa huomioon, koska sitä ei arvioitu.

Tutkimuksen aineisto kerättiin vuosina 1986–94 yhdeksän kesän aikana koko maasta. Inventoinnin aikana sattui alueellisia tuhoepidemioita, tuuli- ym. tuhoja, jotka tapahtuivat ajallisesti ja paikallisesti sattumanvaraisesti. Tämän tyyppisten tuhojen osalta inventoinnissa voidaan saada pitkän ajan keskiarvosta poikkeavia tuloksia.

Tuhot arvioitiin silmävaraisesti, joten tuhoarviot sisältävät subjektiivista virhettä. Vuosittain toistuvassa koulutuksessa pyrittiin yhdenmukaistamaan eri henkilöiden maastotyön taso. Toiset ryhmänjohtajat tekivät maastotyötä koko inventointiajanjaksosta. Käytännössä uusi ryhmänjohtaja ei välttämättä tunnista tai huomaa tuhoja niin hyvin kuin arviointityössä kokenut henkilö.

Yleensä tuhometsiköissä ja -puissa esiintyi vain yksi huomioitava tuho. Kun esiintyi myös toinen tuhonaiheuttaja, merkittiin ilmi-asun mukaan prioriteettijärjestyksessä vain vakavin tuho (liite 1). Silloin kun tuhoja esiintyy samassa metsikössä useita, aiheuttaa tämä aliarvioita varsinkin lievissä esiintyvillä tuhonaiheuttajilla, jotka jäävät tällöin merkitsemättä. Malleissa on tämän vuoksi aineistosta johtuvaa harhaa, samoin kuin tunnistamattomiksi jääneiden tuhojen osalta eri tuhonaiheuttajilla.

Aineistoa arvioitaessa voidaan olettaa, että helposti tunnistettavat täydelliset ja vakavat tuhot huomioitiin lähes poikkeuksetta hyvin. Metsikön laatua jonkin verran alentavat ns. todettavat tuhot arvioitiin vielä kohtalaisen luotettavasti, koska tuhoppuut vielä huomataan helposti. Sen sijaan lievien tuhojen merkit-

semiskynnys ryhmänjohtajien välillä vaihteli melko paljon, toisaalta myös tuhonaiheuttajien tunnistamisessa oli eroja. Myös asennekysymykset vaikuttivat tiettyjen tuhojen havaitsemiseen. Esimerkiksi toiset arvioivat lahoa esiintyvän myös siellä, missä toiset eivät sitä merkitse. Tässä tutkimuksessa ei henkilöiden välistä vaihtelua tuhojen tunnistamisessa tutkittu erikseen.

Metsien käsittely

Tuhon säilyvyys ja tuhon vakavuus yksittäiselle puulle riippuu tuhon aiheuttajasta. Tuhon jälkien pysyvyys metsiköissä riippuu monista eri tekijöistä, joista tärkein on metsien käsittelyn intensiivisyys. Milloin hakkuusta on kulunut pitkä aika, ovat tuhon jäljet todennäköisemmin metsikössä näkyvissä kuin tuoreen hakkuun jälkeen. Vakavien tuhojen, esimerkiksi merkittävien tuulituhojen, jäljet korjataan nopeammin pois kuin lievien tuhojen. Aineistoissa voi tämän vuoksi olla tuhojen määrissä aliarviota.

Metsien hakkuut ja erilaiset hoitotoimenpiteet ovat intensiivisempiä Etelä-Suomessa, missä metsien kasvu on nopeampaa ja hakkuut toistuvat useammin kuin Pohjois-Suomessa. Siellä tuhon jälkiä ei korjata niin tehokkaasti kuin etelämpänä, tuhoja näkyy metsissä näin enemmän. Tämä tulee ilmi mm. tuulituhojen kohdalla, joista Etelä-Suomessa suurin osa oli syntynyt viimeisen 5 vuoden aikana, kun taas Pohjois-Suomen tuulituhot olivat useimmiten yli 5 vuotta sitten syntyneitä. Metsien käsittelyä ei tehdä lainkaan tai hyvin vähän eri tavalla rajoitetuilla alueilla, kuten luonnonpuistoissa ja kansallispuistoissa. Pohjois-Suomessa on enemmän käsitelyrajoitusten alaisia alueita kuin Etelä-Suomessa. Tuhot kuuluvat luonnollisena osana suojelualueiden metsiin. Pohjois-Suomessa tuhoja siis syntyy suhteellisesti vähemmän kuin Etelä-Suomessa, mitä niitä on inventoinnin tulosten mukaan näkyvissä.

Metsänhoitotapojen muuttuminen johtanee tuhojen määrän lisääntymiseen. Metsien käsittelyohjeita on muutettu 1990-luvulla huomioimaan metsien monimuotoisuuden

vaatimukset. Aukeille jätetyt kuolleet jättopuut, mukaan lukien tuolenkaadot, ovat nykyään yleisiä, eikä lahoppua korjata pois kuten aikaisemmin. Tämän tutkimuksen aineiston keruun aikana kuolleita puita ei vielä juurikaan jätetty aukeille aloille ja kasvatettaviin metsiin.

6.2 Mallit

Tuhoallien tavoite on kuvata nykyistä tuhotilannetta ja tuhoriskeihin vaikuttavia tekijöitä metsikön ja puun eri kehitysvaiheissa koko maan alueella. Malleja voidaan käyttää metsätalouden suunnittelussa ennustamaan metsikkötuhojen todennäköisyyttä sekä yksittäisten puiden tuhonalttiutta tuhonalaisissa metsissä ja satunnaisten tuhopuiden merkitystä muissa metsissä. Mallit laadittiin tapahtuneiden tuhojen perusteella. Metsätalouden suunnittelussa ennustaminen tehdään kuitenkin eteenpäin. Tästä syntyvä systemaattinen virhe on varsin pieni suhteessa esimerkiksi aineistoon liittyviin epävarmuustekijöihin, joista voidaan mainita monien tuhonaiheuttajien esiintymisen voimakas vuosittainen vaihtelu.

Mallit tehtiin yleensä erikseen mänty- ja kuusivaltaisiin metsiin sekä yhteinen malli lehtipuuvaltaisiin metsiin. Oletuksena lehtipuiden malleissa oli, että tuhon riski on kaikissa lehtipuuvaltaisissa metsissä samanlainen. Lehtipuuvaltaisille metsille tehtyjen yhteisten mallien pohjana käytettiin kaikkien lehtipuuvaltaisten metsien pinta-alaa, vaikka vähämerkityksellisten lehtipuulajien vallitsemisissa metsissä ei olisikaan ollut tuohavainantoja. Muiden ulkomaista alkuperää olevien havupuiden vallitsevat metsät ovat harvinaisia (yhteensä 71 metsikköä koko aineistossa). Ne jätettiin mallituksissa yleensä pois.

Metsikkötason mallit voitiin tehdä vain vallitsevan jakson puustolle, koska muiden jaksojen aineiston määrä oli pieni. Ylis- ja alikasvospuiden kokonaistilavuus on koko maassa keskimäärin noin 2 % puuston kokonaistilavuudesta. Puumalleissa niiden tuhoriskit mallitettiin yhdessä metsikön vallitse-

van jakson puiden kanssa metsikön vallitsevan jakson kuviotietojen ja puutietojen perusteella. Puun rinnankorkeusläpimitta ja puun suhteellinen koko puumallien selittäjinä ottavat kuitenkin huomioon puiden poikkeavan koon.

Tarkennetuilla malleilla pyrittiin kuvaamaan kehitysvaiheen lisäksi muiden tekijöiden vaikutusta. Tuhomalleissa käytetyt selittävät muuttujat ovat muuttujia, jotka ovat saatavissa valtakunnan metsien inventoinnin aineistoista. Inventoinnin mittauksista puuttua monia tärkeitä selittäjiä, joita on saatavissa tuhomalleja varten muissa yhteyksissä. Tuohavainantojen pieni määrä voi aiheuttaa sen, että mallilla ei saada esille ilmiötä, joka varmasti vaikuttaa tuhoriskiä lisäävästi. Selittävien muuttujien valinta perustui pääosin niiden biologiseen tulkittavuuteen. Osa kirjallisuuden mukaan tuhoriskiin vaikuttavista tekijöistä eivät olleet aineistossa tilastollisesti merkitseviä, joten niitä ei otettu mukaan malleihin. Kokeilut eri muuttujien yhdysvaikutuksista eivät yleensä parantaneet mallia.

Tuhojen todennäköisyys voidaan ennustaa tuhon asteen ja tuhon syntymisen perusteella määrätuille ositteille. Eri ositteiden ennusteiden keskinäinen suhde ja kuvaajien muoto säilyy kaikissa metsikön tai puun kehitysvaiheissa samanlaisena. Todellisuudessa tuhon eri vakavuusasteiden keskinäinen suhde eri kehitysvaiheissa saattaa muuttua (Yli-Kojola 2004), sama pätee myös tuhon syntymisaikaan. Useimpien tuhojen pienen määrän takia ei kuitenkaan ollut mahdollista laatia malleja, joissa mallin kuvaajien muoto olisi ollut erilainen tuhojen eri asteilla.

Metsien käsittelyn ja tuhon ilmiöiden erilaisen säilyvyyden takia viimeisten 5 vuoden aikana syntyneiden tuhojen ennusteet antavat tuhon esiintymisfrekvenssistä paremman kuvan kuin sitä vanhempien tuhojen ennusteet. Tuhoennuste voidaan tarvittaessa kohdistaa tuhojen ilmaantumisen ensimmäiselle 5-vuotiskaudelle. Kaikkien havaittujen tuhojen mukaan ottaminen malliin oli perusteltua, koska näin saatiin parempi kuva tuhoon vaikuttavista tekijöistä.

Malleissa keskivirheiden suuruusluokka

oli pääosin vastaava kuin esimerkiksi tuulituhomalleissa. Tuulituhomalleissa käytettyjen selittävien muuttujien kertoimien keskivirheet olivat aina alle 11 % kertoimen arvosta ja yleensä 0,5–3,0 %. Ne olivat kaikki tilastollisesti merkitseviä vähintään 0,01 riskitasolla (useimmiten 0,0001). Jatkuvat muuttujat vaikuttavat mallilla laskettuun todennäköisyyteen eri kehitysvaiheissa suhteessa samalla tavalla. Kaikissa metsikön kehitysvaiheissa se ei välttämättä ole oikein. Esimerkiksi metsikön pohjapinta-alan pienentyessä tuulituhojen todennäköisyys kasvaa. Taimikoissa tällainen tuhoriskin lisääntyminen ei kuitenkaan välttämättä pidä paikkaansa, koska taimikoissa tuulituhoja on hyvin vähän. Dummy-muuttujia käytettäessä eri luokkien välinen suhteellinen ero tuhon todennäköisyydessä on myös suhteellisesti samanlainen kaikissa kehitysvaiheissa. Aineiston vähäisyyden takia eri luokkia jouduttiin yhdistelemään. Luokat ovat porrasteisia ja tavallaan keinotekoisia, mutta luokittelu paransi kuitenkin yleensä mallia.

Metsiköiden tuhomalleissa käytettiin kehitysvaihetta kuvaavana selittävänä muuttujana metsikön valtapituutta silloin, kun tuhon esiintyminen liittyy puuston kokoon. Puuston kehitysvaihe saadaan tällöin kuvattua yhtenäisesti koko maassa. Metsiköille lasketut valtapituudet ovat tilastollisia ennusteita. Ne edustavat keskimäärin kyseisessä metsikössä laadultaan hyvänlaatuisia metsiä, eivätkä siten aina vastaa hyvin kyseisen metsikön todellista valtapituutta, joten lasketut valtapituudet saattavat olla lieviä yliarvioita osalla metsiköistä. Niiden tuhojen osalta, jotka liittyvät metsikön puuston vanhenemiseen ja rappeutumiseen käytettiin kehitysvaihetta kuvaavana muuttujana ensisijaisesti metsikön ikää.

Ikää käytettiin malleissa metsikön kehitysvaihetta kuvaavana muuttujana yhdessä valtapituuden kanssa, kun aineistossa oli yli-ikäistä vanhuuttaan rappeutuvaa puustoa. Puuston koko vaihtelee eri ikäluokissa metsikön sijainnin suhteen varsinkin Pohjois-Suomessa ja erityisen paljon soilla. Metsikön iän mukaan ottaminen malliin metsikön valtapi-

tuuden lisäksi paransi malleja selvästi. Erillisellä valtapituuden ja iän yhdysvaikutusta kuvaavalla tunnuksella ei yleensä ollut tuhomalleja parantavaa vaikutusta.

Tuhojen esiintymisessä eri puolilla maata on isoja eroja. Osa johtuu eroista metsien puulajisuhteissa ja ikärakenteessa, osa tuhojen esiintymisen vuosittaisesta vaihtelusta. Alueellisuus tuli huomioiduksi eräiden tuhoaiheuttajien osalta suuralueilla, kun tehtiin erilliset mallit Etelä- ja Pohjois-Suomeen. Metsälautakunnan tai kuntaryhmien käyttäminen dummy-muuttujana malleissa oli esimerkiksi myyrä-, pistiäis-, laho- tai harsuuntumismalleissa perusteltua tuhojen esiintymisen epidemialuonteen tai laajuuden vuoksi. Pääosin mallit tehtiin kuitenkin metsätalouden suunnittelun tarpeisiin kuvaamaan keskimääräistä tilannetta pidemmällä ajalla suuralueilla. Pääosa tuhojen esiintymisen alueellisista eroista selittyi malleissa muilla tunnuksilla. Tuhojen keskimääräistä esiintymistä kuvaa perusmalli.

Lämpösummaa kokeiltiin tuhojen alueellisen vaihtelun selittäjänä. Kun sijainti muuttuu pohjoisemmaksi, laskee lämpösumma ja eräät tuhot lisääntyvät. Käytännössä syynä ei kuitenkaan ole lämpösumman aleneminen vaan metsiköiden sijainti korkealla merenpinnasta tai metsiköiden ikä, jotka korreloivat lämpösumman kanssa. Mallin tulkinnallisten ongelmien vuoksi lämpösummaa ei käytetty selittäjänä. Metsikön iän ja korkeuden merenpinnasta välisen yhdysvaikutuksen mukaan ottaminen ei parantanut mitään tuhomallia.

Päätyyppi eli kangas, korpi tai räme on tärkeä tunnus tuhomalleissa, koska puiden kasvuolosuhteet eri puulajeilla eroavat kankailla ja soilla melko paljon. Mänty ja hieskoivu kasvavat rämeillä hyvin, kun taas kuusi ja rauduskoivu ovat pääosin kankaiden ja korprien puulajeja. Ojitus tilanne, eli suon kuivatusaste voi olla vaihtoehtoinen tunnus päätyypin kanssa. Samassa mallissa näitä kahta muuttujaa ei voida käyttää yhdessä, koska ne korreloivat voimakkaasti keskenään. Useimmiten päätyyppi kuvasi parhaiten kasvupaikan ominaisuuksia. Puuston tiheys, pohja-

pinta-ala, on olennainen tunnus useissa tuhomalleissa. Käyttämällä mallissa selittävänä muuttujana pohjapinta-alaa, saadaan esimerkiksi tuulituhoriski kohdennettua hyvin myös harvoihin siemenpuumetsiköihin.

Yksittäisten puiden tuhomalleissa käytettiin kehitysvaihetta kuvaavana muuttujana puun rinnankorkeusläpimittaa. Puun ikää ei voitu käyttää, koska kuolleilta puilta ei ikätietoa ollut käytettävissä. Puiden harsuuntumismalleissa puun ikää sen sijaan käytettiin, koska aineistossa ei ollut kuolleita puita. Puumalleissa käytettiin luokittelumuuttujana puun sijaintimetsikössä esiintynyttä kyseistä mallitettavaa tuhoa tai muuta tuhoa. Kuviotuhon käyttö tunnuksena kohdentaa tuhoriskin hyvin tuhoalttiisiin metsiköihin ja tarkoittaa yksittäisten puiden tuhomalleja huomattavasti.

Tutkimuksessa esitetyillä malleilla voidaan ennustaa metsikön ja sen puiden tuhotodennäköisyydet. Mallit eivät sovellu sen ennustamiseen, tapahtuuko tuho tietyssä metsikössä. Sen sijaan tuhon todennäköisyys kuvaa riskiä, jolla tuhoa esiintyy tietyn tyyppisessä metsikössä. Tuhoennusteiden taso vastaa VMI8:n maastotyövuosien riskitasoa. Ennustettujen todennäköisyyksien avulla voidaan kuitenkin arvioida metsikön käsittelyn vaikutusta tuhoriskiin. Käsittelyvaikutusten arviot ovat luotettavimmillaan noudatettaessa VMI8:n aikaisia metsänkäsittelytapoja.

Kirjallisuus

- Draper, N.R. & Smith, H. 1981. Applied regression analysis. 2nd ed. Wiley, New York.
- Heikkilä, R. 1999. Hirvien hakamaat. Pihlaja-sarja nro 4. Metsälehti Kustannus. Metsäntutkimuslaitos. 147 s.
- Hosmer, D.W. Jr. & Lemeshow, S. 1989. Applied logistic regression. New York: John Wiley & Sons, 307 s.
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835. 116 s.
- Jalkanen, A. 2001. The probability of moose damage at the stand level in southern Finland. *Silva Fennica* 35(2): 159–168.
- & Mattila, U. 2000. Logistic regression models for wind and snow damage in northern Finland based on the National Forest Inventory data. *Forest Ecology and Management* 135: 315–330.
- Jukka, L. (toim.) 1988. Metsänterveysopas – metsätuhot ja niiden torjunta. 168 s.
- Kurkela, T. 1994. Metsän taudit – metsäpatologian perusteet. Otatieto Oy. 324 s.
- Kuusela, K. & Salminen, S. 1991. Suomen metsävarat 1977–1984 ja niiden kehittyminen 1952–1980. Summary: Forest resources of Finland in 1977–1984 and their development in 1952–1980. *Acta Forestalia Fennica* 220. 84 s.
- Lappi, J. 1993. Metsäbiometrian menetelmiä. Joensuun yliopisto. *Silva Carelica* 24. 182 s.
- Lindgren, M. & Salemaa, M. 1994. Metsiemme elinvoima 1986–1993. Julkaisussa: Mälkönen, E. & Sivula, H. (toim.). Suomen metsien kunto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 527: 11–24.
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 1994. 3rd edition. UN-ECE. Programme Coordination Centres Hamburg and Prague. 177 s.
- Matern, B. 1960. Spatial variation. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 49(5). 144 s.
- Mattila, U. 2002. Modelling the risk of pine twisting rust (*Melampsora pinatorqua*) damage in Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands in Finland. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. Tiedonantoja 145.
- Mälkönen, E. (toim.). 1998. Ympäristömuutos ja metsien kunto. Metsien terveydentilan tutki-

- musohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 691. 278 s.
- Nevalainen, S. & Mattila, U. 2001. Mitkä tekijät lisäävät männynversosurmaa Etelä-Suomessa? *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2001: 469–473.
- Nuorteva, M. 1981. Ytimennävertäjät mäntyjen tuholaisina. Helsingin yliopisto, maatalous- ja metsäeläintieteen laitos. Julkaisuja 2. 23 s.
- Nyysönen, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. *Acta Forestalia Fennica* 60.
- Ojansuu, R. 1996. Kangasmaiden kasvupaikan kuvaus MELA-järjestelmässä. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.) 1996. Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 612. 116 s.
- & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen Ilmatieteen laitoksen mittauksista. Summary: Estimation of local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurements made by the Finnish Meteorological Office. *Silva Fennica* 17(2): 143–160.
- Palmgren, J. 1989. Frekvenssiaineistojen analyysi liikennetutkimuksessa. *Liikenneturvan tutkimuksia* 90/1989.
- Salminen, S. 1973. Tulosten luotettavuus ja karttatulostus valtakunnan metsien V inventoinnissa. Summary: Reliability of the results from the Fifth National Forest Inventory and a presentation of an outputmapping technique. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 78(6). 64 s.
- 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. Summary: Forest resources of Southernmost Finland, 1986–1988. *Folia Forestalia* 825. 111 s.
- & Salminen, O. 1998. Metsävarat keskisessä Suomessa 1988–92 sekä koko Etelä-Suomessa 1986–92. Summary: Forest Resources in Middle Finland, 1988–92, and in South Finland, 1986–92. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 710. 137 s.
- Sas Institute Inc., SAS/STAT Software: Changes and Enhancements through Release 6.11. Cary, NC, USA. 1996. 1104 s.
- Solantie, R. & Ahti, K. 1980. Säätekijöiden vaikutus Etelä-Suomen lumituhoihin v. 1959. Summary: The influence of weather in the snow damages for forests of South-Finland in 1959. *Silva Fennica* 14(4) s. 342, 353.
- Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Ihalainen, A., Mikkilä, H., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 1998. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1968–1997. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 2B/1998 s. 293,374.
- , Henttonen, H. & Tuomainen, T. 2001. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin menetelmä ja tulokset metsäkeskuksittain Pohjois-Suomessa 1992–94 sekä tulokset Etelä-Suomessa 1986–92 ja koko maassa 1986–94. *Metsätieteen aikakauskirja* IB/2001: 99–248.
- Valinger, E. & Fridman, J. 1997. Modelling probability of snow and wind damage in Scots pine stands using tree characteristics. *Forest Ecology and Management* 97: 215–222.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1986. Kenttätöön ohjeet. Metsäntutkimuslaitos, Metsänarvioimisen tutkimusosasto, metsäninventoinnin tutkimussuunta. Moniste. 86 s. + liitteet.
- 1992. Kenttätöön ohjeet. Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan versio. Metsäntutkimuslaitos, metsien käytön tutkimusosasto. Moniste. 67 s. + liitteet.
- 1993. Kenttätöön ohjeet. Koillis-Suomen ja Lapin versio. Metsäntutkimuslaitos, metsien käytön tutkimusosasto. Moniste. 75 s. + liitteet.
- 1994. Kenttätöön ohjeet. Inari, Utsjoki ja Enontekiö. Yleiskuvaus ja erot Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan ohjeeseen. Metsäntutkimuslaitos, metsien käytön tutkimusosasto. Moniste. 6 s. + liitteet.
- Yli-Kojola, H. 2002. Tuulituhojen esiintyminen ja ennustaminen metsikkö- ja puutasolla Suomessa. Occurrence and prediction of wind damage at forest stand and tree level in Finland. Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos. *Lisensiaatintyö*. 102 s.
- 2004. Tuulituhojen esiintyminen Suomen metsissä 1986–94. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2004: 53–67.

35 viitettä.

Haastattelut

- Henttonen, H. 2000. Professori, metsäeläintiede. Metla, Vantaan tutkimuskeskus.
- Varama, M. 2000. Tutkija, hyönteis- ja metsätuhot. Metla, Vantaan tutkimuskeskus.

Tuhon ilmiasu

Metsiköt

0. **Ei tuhoa**
1. **Pystykuolleita puita**
2. **Kaatuneita, katkenneita tai kallellaan olevia puita**
3. **Lahoja eläviä pystypuita**
4. **Rungon pintaan tai juuristoon metrin säteellä rungosta kohdistuneita vaurioita**
5. **Kuivia tai katkenneita latvoja.** Puiden latvoja kuollut tai katkennut eikä ranganvaihto ole korjannut tuhoa.
6. **Muita latvusten ja oksien rankatuhoja.** Puissa on esiintynyt ranganvaihtoa, monilatuaisuutta, latvan ja oksien epämuodostumia sekä oksien katkontaa. Rungon mutkat ja haarat kuuluvat tähän luokkaan, koska tuho syntyyhetkellään on kohdistunut puun latvaan.
7. **Neulas- tai lehtikatoa elävissä kasvaimissa.** Puista kuollut neulasia tai lehtiä ulkopuolisen syyn takia. Ulkopuolisia syitä eivät ole esim. puun ikä tai hedekukinnan aiheuttama puun vähäneulaisisuus. Luokkaan on merkitty myös kokonaisten neulasvuosikertojen normaalia aiempi putoaminen. Lehtikato on yleensä todettavissa vain osalla maastotyökautta. Tähän luokkaan kuuluvat myös ns. harsuuntumistuhot. Neulaskadon ohella harsuuntumisessa katoaa yleensä myös pieniä oksanhaaroja.
8. **Neulasten tai lehtien poikkeava väri.** Neulasten tai lehtien väri on epänormaali puun ikään, kasvupaikkaan tai vuodenaikaan nähden. Tuho on voinut kohdistua koko latvukseen tai vain osaan latvusta.
9. **Monituho.** Metsikkö on yli-ikäisyytään selvästi raunioitumassa, ja siellä on havaittavissa monia eri tuhoja.

Puut

1. **Pystykuollut puu**
2. **Kaatonut, katkennut tai kallellaan oleva puu**
3. **Puussa lahoa**
4. **Runkovaurio**
5. **Kuiva tai katkennut latva**
6. **Muu latvuksen tai oksien rankatuho**
7. **Neulas- tai lehtikatoa elävissä kasvaimissa**
8. **Neulasten tai lehtien poikkeava väri**

Tuhon syntyäika

1. **Alle 5 vuotta.** Inventointihetkellä tuhon syntymisestä on kulunut alle 5 vuotta.
2. **Yli 5 vuotta.** Inventointihetkellä tuhon syntymisestä on kulunut yli 5 vuotta.

Tuhon aiheuttaja

Etelä-Suomi

0. **Tuhon aiheuttajaa ei tunneta**
 1. **Tuuli**
 2. **Lumi**
 3. **Muut ilmastotekijät, maaperätekijät ja vesi.** Halla, pakkanen, metsäpalo, ravinteiden epätasapaino, kuivuus, märkyys ja tulva.
 4. **Kasvien keskinäinen kilpailu.** Heinien, ruohojen tai vesakoitumisen aiheuttamat tuhot uudistusaloilla, puuston ylitiheys ja latvusten piiskaantuminen.
 5. **Puutavaran korjuu**
 6. **Muu ihmisen toiminta.** Leimausjäljet ja huolimaton istutus sekä kemiallisen käsittelyn ei toivotut seuraukset.

7. **Myyrät**
8. **Hirvi tai muu selkärankainen**
9. **Ytimennävertäjät**
10. **Muut hyönteiset**
11. **Tervasroso**
12. **Versosurma**
13. **Lahottajasienet**
14. **Muut sienitaudit**

Pohjois-Suomi

0. **Tuhon aiheuttajaa ei tunneta**
1. **Tuuli**
2. **Lumi**
3. **Muut ilmastotekijät:** halla, pakkanen, metsäpalo
4. **Maaperätekijät:** vesitalous, ravinteiden epätasapaino
5. **Kasvien keskinäinen kilpailu**
6. **Puutavaran korjuu**
7. **Muu ihmisen toiminta**
8. **Myyrät**
9. **Hirvi tai muu selkärankainen**
10. **Ytimennävertäjät**
11. **Tukkimiehentäi**
12. **Pistiäiset**
13. **Kirjanpainaja**
14. **Muut hyönteiset**
15. **Tervasroso**
16. **Versosurma**
17. **Lahottajasienet**
18. **Männynversoruoste**
19. **Neulaskaristeet**
20. **Muut ruostesienet**
21. **Lumihomeet**
22. **Muut sienitaudit**

Tuhon aste

Metsiköt

0. **Lievä tuho** ei ole muuttanut metsikön laatua tai kehitysluokkaa eikä ole oleellisesti lisännyt aiemmin vajaatuottoisen metsikön vajaatuottoisuutta.
1. **Todettava tuho** on alentanut hyvän tai tyydyttävän metsikön laatua yhdellä luokalla tai lisännyt merkittävästi vajaatuottoisen metsikön vajaatuottoisuutta. Tuho ei ole kuitenkaan tehnyt metsiköstä vajaatuottoista eikä muuttanut metsikön kehitysluokkaa muuten kuin tuhoamalla ylemmän jakson jo taimikoksi kehittyneen alikasvoksen päältä.
2. **Vakava tuho** aikaisemmin kehityskelpoisessa metsikössä on merkinnyt metsikön laadun huononemista enemmän kuin yhdellä luokalla tai metsikön kehitysluokan muuttumista uudistusalaksi. Jo aiemmin vajaatuottoisessa metsikössä tuho on lisännyt vajaatuottoisuutta olennaisesti.
3. **Täydellinen tuho** kehityskelpoisessa metsikössä merkitsee, että metsikkö on tuhon seurauksena välittömästi uudistettava.

Puut

0. **Lievä tuho.** Tuho on ohi mennyt tai ohimenevä. Tuho voi alentaa puun kasvua, mutta ei ole aiheuttanut vaurioita puutavaraan.
1. **Vaurioita jättävä.** Tuho alentaa saatavan puutavaran määrää tai laatua.
2. **Tappava tuho**
3. **Kuollut puu**

Harsuuntuminen

Metsiköt

0. Harsuuntumista ei esiinny. Puiden harsuuntumisaste on korkeintaan 20 % tai harsuuntuneiden puiden määrä on alle 6 % harsuuntumiskohdepuista.

Voimakas harsuuntuminen

- | | | | |
|----|-------------------------------|----------|-------------------------|
| 1. | Yli 40 % harsuuntuneita puita | 6–20 % | harsuuntumiskohdepuista |
| 2. | ” | 21–50 % | ” |
| 3. | ” | 51–100 % | ” |

Lievä harsuuntuminen

- | | | | |
|----|------------------------------|----------|-------------------------|
| 4. | 21–40 % harsuuntuneita puita | 6–20 % | harsuuntumiskohdepuista |
| 5. | ” | 21–50 % | ” |
| 6. | ” | 51–100 % | ” |

Puut

- | | | |
|-----|----------------|----------|
| 0. | Harsuuntuminen | 0–10 % |
| 1. | ” | 11–20 % |
| 2. | ” | 21–30 % |
| --- | | |
| 9. | ” | 91–100 % |

Tuhomalleissa selittävinä muuttujina käytettävissä olleet tunnuksset kuvaavat kuviotasolla metsikön sijaintia, kasvupaikkaa ja puustoa sekä puustolle tehtyjä toimenpiteitä. Puutasolla tunnuksset kuvaavat puulajin lisäksi kehitysvaihetta, puun syntytapaa, runkomuotoa ja puun asemaa metsikössä. Jatkuvien muuttujien kohdalla on malleissa käytetty mittayksikkö esitetty suluissa.

Kuviotiedot

Korkeus merenpinnasta (10 m)

Käytetty jatkuvana muuttujana Pohjois-Suomen korkeilla alueilla ja luokittelumuuttujana meren rannan läheisyydessä.

Lämpösumma (1 dd)

Mereisyys (%)

Metsälautakunta

Koodit kuvassa 1.

Kuvion rajan etäisyys 1

0. Yli 50 m
1. 30–50 m
2. Kuvio ei seinämämetsikössä
3. Kuvio **seinämämetsikössä**

Käytetty metsikkötyypin kuvaamisessa. Metsikkö on seinämämetsikkö, jos koealan keskipisteen etäisyys on alle 30 metriä kuvion rajasta ja metsikkö rajoittuu kuvioon, jonka valtapituus on korkeintaan puolet seinämämetsikön valtapituudesta.

Kuvion rajan etäisyys 2

Koealan keskipisteen etäisyys kuvion rajasta (m). Käytetty jatkuvana muuttujana kuvaamaan puun etäisyyttä kuvion rajasta.

Maaluokka

1. Metsämaa
 2. Kitumaa
- Käytetty puumalleissa.

Päätyyppi

1. Kangas
2. Korpi
3. Räme

Kasvupaikkatyyppi

1. Lehdot sekä lehtomaiset ja lettosuot
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. Karukkokankaat ja rahkaiset suot sekä turvekankaat
7. Kalliomaat ja hietikot sekä vesijättömaat
8. Lakimetsät ja tunturit

Valtapituusboniteetti H_{50} (m), mänty

Maalaji

Etelä-Suomi

0. Orgaaninen kerros keskimäärin yli 30 cm paksu, yleensä aina turvetta.
1. Kallio. Irtaimen maakerroksen paksuus alle 30 cm.
2. Kivikko. Lohkareiden ja kivien muodostama, vähintään 30 cm paksu kerros maan pinnalla.
3. Moreenit. Sisältävät kaikkia raekokoja sorasta saveen ja ovat yleensä kivisiä.
4. Lajittuneet maalajit. Sora, hieta, hiesu ja savi.

Pohjois-Suomi

0. Orgaaninen kerros keskimäärin yli 30 cm paksu, yleensä aina turvetta.
1. Kallio. Irtaimen maakerroksen paksuus alle 30 cm.
2. Kivikko. Lohkareiden ja kivien muodostama, vähintään 30 cm paksu kerros maan pinnalla.
3. Karkearakeinen kivennäismaa. Sora ja soramoreeni.
4. Keskikarkea kivennäismaa. Karkea hieta ja hiekka ja vastaavat moreenit.
5. Hienojakoinen kivennäismaa. Savi, hiesu ja hieno hieta ja vastaavat moreenit.

Ojitustilanne

0. Ojittamaton kangas
1. Ojitettu kangas
2. Luonnontilainen suo
3. Ojikko
4. Muuttuma
5. Turvekangas

Maanpinnan käsittely

0. Ei toimenpiteitä
1. Käsitelty

Maanpinnan käsittelyn ajankohta

- Ei toimenpiteitä
0. Arviointivuosi
 1. Edellinen vuosi
 2. 2–5 vuotta sitten
 3. 6–10 vuotta sitten
 4. 11–30 vuotta sitten

Veroluokan tarkennus

0. Ei muutosta
1. Kallioperän läheisyys, kivisyys
2. Soistuneisuus, vetisyys
3. Kunttaisuus
4. Sijainti
5. Muu kasvupaikan tai sen ympäristön ominaisuus
6. Luonnontilaisen suon tai ojikon veroluokkaa on nostettu
7. Muuttumaksi merkityllä suolla veroluokka on sama kuin kankaan normaali veroluokka

Kuvion pohjapinta-ala (m²)

Perustamistapa 1

1. Luontainen
2. Viljelty

Perustamistapa 2

1. Vanha metsätalousmaa
2. Uusi metsätalousmaa

Pääpuulaji

0. Puuton
1. Mänty
2. Kuusi
3. Rauduskoivu
4. Hieskoivu
5. Haapa
6. Harmaaleppä
7. Tervaleppä
8. Muu havupuu
9. Muu lehtipuu

Pääpuulajiosuus

Havupuuosuus

Lehtipuuosuus

Männyn osuus**Kuusen osuus**

0. 0–5 %
1. 5–15 %
-
8. 75–85 %
9. 85–95 %
10. 95–100 %

Valtapituus (m)

Valtapituus (maastotyössä arvioitu keskipituus vaihdettu pienissä ja varttuneissa taimikoissa lasketun valtapituuden tilalle, aukeat = 0)

Metsikön ikä (v)**Hakuusta kulunut aika**

0. Arviointikesä
1. Arviointikesää edeltänyt hakkuukausi
2. " edeltäneet hakkuukaudet 2–5
3. " edeltäneet hakkuukaudet 6–10
4. " edeltäneet hakkuukaudet 11–30
5. Hakkuuta ei ole tehty tai hakuusta kulunut yli 30 hakkuukautta

Ehdotetun hakkuun kiireellisyys

0. Ei hakkuuehdotusta
1. Toimenpide jo viivästynyt
2. Ensimmäinen 5-vuotiskausi
3. Jälkimmäinen 5-vuotiskausi

Kuviotuho

0. Kuviolla ei tuhoa
 1. Kuviolla muu tuho
 2. Kuviolla mallitettava tuho (jaettuna tuhon asteisiin)
- Käytetty puumalleissa.

Harsuuntuminen kuviolla

- Harsuuntumishavaintoa ei tehty
 - 0. Ei harsuuntumista
 - 1. Lievää harsuuntumista
 - 2. Voimakasta harsuuntumista
- Käytetty puiden harsuuntumisen malleissa.

Myyrävuodet

Metsälautakunta, jonka alueella on ollut runsasta myyrrien esiintymistä inventointikesää edeltäneiden 3 vuoden aikana.

Pistiäisten epidemia (Pohjois-Suomi)

Kunta, jonka alueella on ollut pistiäisten epidemia inventointikesänä.

Puutiedot

Puulaji

1. Mänty
2. Kuusi
3. Rauduskoivu
4. Hieskoivu
5. Haapa
6. Harmaaleppä
7. Tervaleppä
8. Muu havupuu
9. Muu lehtipuu

Puun synty tapa

0. Luontainen
1. Viljelty

Puun ikä (v)

Rinnankorkeusläpimitta (mm)

Suhteellinen koko (d+5, cm / dg+5, cm)

Puun rinnankorkeusläpimitan suhde kuvion pohjapinta-alalla painotettuun keskiläpimittaan.
Kuvaa puun asemaa metsikössä. Arvoihin lisätty 5 cm ääriarvojen tasoittamiseksi.

Solakkuusaste (h, m / d, cm)

Puun pituuden suhde puun rinnankorkeusläpimittaan. Kuvaa puun runkomuotoa.

Tuho puulla

0. Puulla ei tuhoa
1. Puulla jokin tuho

Käytetty puiden harsuuntumisen malleissa.

*Metsikkötuhojen aineistojen havaintojen jakaantuminen
metsikön valtapituuden suhteen koko maassa.*

Liite III

Kvantiilit, keskiarvo ja valtapituus perusmallilla lasketulla suurimmalla tuhon todennäköisyydellä.

Tuhon aiheuttaja / pääpuulaji	Kvantiilit					Keskiarvo	P max
	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %		
Metsikön valtapituus, m							
Tuuli							
Mänty	13.3	17.0	20.8	24.0	27.0	20.3	27.7
Kuusi	15.1	17.9	21.9	25.3	28.4	21.7	22.2
Lehtipuut	11.5	14.4	17.4	21.5	23.6	17.6	17.7
Lumi							
Mänty	4.6	7.8	11.2	15.4	20.8	11.9	8.7
Kuusi	9.4	15.0	18.8	23.3	25.7	18.5	11.6
Lehtipuut	3.0	5.5	7.5	12.8	25.6	10.1	3.8
Muut ilmastotekijät (Pohjois-Suomi)							
Mänty	5.5	18.3	23.6	26.6	28.2	20.6	
Kuusi ja lehtipuut	0.6	1.1	2.5	10.3	15.8	5.9	1.2
Maaperätekijät (Pohjois-Suomi)							
Mänty	3.0	4.6	10.9	14.1	17.3	10.3	8.5
Kuusi	0.3	8.4	16.8	22.7	28.7	15.8	
Hieskoivu	5.0	9.4	13.1	15.4	16.6	12.0	11.8
Muut ilmastotekijät ja maaperätekijät (Etelä-Suomi)							
Mänty	1.0	2.5	6.2	16.8	21.6	9.6	0.1
Kuusi	0.9	2.0	4.0	10.5	17.8	7.2	2.6
Lehtipuut	6.8	12.4	17.4	23.6	27.4	17.7	30.0
Kilpailu							
Mänty	3.7	11.6	16.3	20.4	24.0	15.6	20.0
Kuusi	1.0	4.4	14.9	20.4	24.5	13.4	1.7
Lehtipuut	5.5	10.4	13.8	17.3	20.7	13.8	11.5
Puutavaran korjuu							
Mänty	5.5	14.7	20.3	23.2	25.0	18.0	30.0
Kuusi	16.5	19.1	22.0	25.0	28.1	21.9	29.3
Lehtipuut	11.8	13.9	17.2	21.1	27.0	18.2	21.3
Muu ihmisen toiminta							
Mänty, luontainen	8.9	15.5	21.2	24.2	26.9	19.4	30.0
Mänty, viljelty	1.4	2.8	4.2	7.0	8.3	4.7	5.1
Kuusi	13.8	18.8	22.4	25.3	29.2	21.7	30.0
Lehtipuut	9.7	11.2	15.1	18.5	22.0	15.4	16.7
Myyrät							
Mänty, kuusi, rauduskoivu ja muu havupuu	0.5	0.7	1.4	2.5	4.3	2.4	0.7
Hirvi tai muu selkärankainen							
Mänty	1.2	2.0	3.4	7.0	10.4	4.8	2.3
Kuusi	0.8	2.0	5.0	12.5	17.4	7.8	3.1
Rauduskoivu	1.5	2.0	2.9	10.9	16.6	6.5	3.3
Hieskoivu	1.0	2.0	6.3	11.8	14.6	7.0	0.4
Haapa	8.2	10.3	12.7	14.1	15.6	12.4	9.8
Ytimennävertäjät							
Mänty	11.3	16.9	21.1	23.7	26.4	19.9	26.3
Muut puulajit	12.1	13.7	20.8	21.0	27.7	19.5	19.1
Pistiäiset (Pohjois-Suomi)							
Mänty	5.0	10.7	15.5	20.0	23.5	15.0	15.4
Muut hyönteiset (Pohjois-Suomi)							
Mänty, kuusi ja hieskoivu	0.9	2.3	9.6	15.1	20.3	9.6	1.8
Muut hyönteiset (Etelä-Suomi)							
Mänty	0.4	2.3	13.1	22.6	25.2	12.6	0.1
Kuusi ja koivut	1.8	6.9	22.3	25.0	28.1	19.1	0.1
Tervasroso							
Mänty	17.4	20.2	23.2	25.9	28.0	22.9	
Muut puulajit	17.5	19.6	24.0	26.1	29.9	22.8	
Versosurma							
Mänty	9.9	14.6	19.6	23.4	26.1	18.6	25.2
Kuusi	15.7	18.5	21.5	24.8	27.9	21.7	25.3
Lehtipuut	10.1	13.6	16.3	21.4	25.3	17.4	24.5

Liite III jatk. seur.siv.

Tuhon aiheuttaja / pääpuulaji	Kvantiilit					Keskiarvo	P max
	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %		
Metsikön valtapituus, m							
Lahottajasienet							
Mänty	16.1	19.7	23.8	26.3	28.5	23.0	
Kuusi	15.5	18.8	22.8	26.9	29.8	22.8	
Rauduskoivu	17.8	23.0	27.6	30.8	33.5	26.5	
Hieskoivu	11.3	14.6	18.3	23.1	26.9	18.8	
Haapa	12.9	18.4	21.8	24.6	27.9	21.1	
Muut lehtipuut	10.1	16.0	18.0	21.9	27.1	18.7	
Männynversoruoste (Pohjois-Suomi)							
Mänty	0.7	1.2	2.0	4.4	8.0	3.4	1.3
Muut puulajit	0.5	0.5	2.8	8.5	11.1	4.2	2.0
Neulaskaristeet (Pohjois-Suomi)							
Mänty	0.5	1.0	1.8	3.5	7.4	2.9	1.0
Kuusi	0.6	0.7	1.0	1.7	2.0	1.3	1.1
Lumihomeet (Pohjois-Suomi)							
Mänty	0.6	1.0	1.6	2.3	3.0	1.7	1.1
Kuusi	0.3	0.6	1.0	1.3	4.0	1.3	1.0
Muut sienitaudit (Pohjois-Suomi)							
Mänty	0.9	1.6	2.7	10.9	18.1	6.7	0.1
Kuusi	0.7	13.1	16.6	21.0	23.0	15.2	0.1
Koivut	9.7	11.6	15.8	20.2	21.9	15.3	22.7
Muut sienitaudit (Etelä-Suomi)							
Mänty	0.7	1.2	2.2	4.5	9.9	4.3	1.0
Kuusi	0.9	4.6	20.4	24.1	27.1	16.5	0.1
Lehtipuut	4.0	8.2	16.3	20.7	27.2	15.5	0.1
Monituho							
Mänty	20.4	23.8	26.4	28.6	30.0	26.0	
Kuusi	14.2	16.2	19.8	23.5	26.7	20.1	
Lehtipuut	14.8	17.5	19.6	21.8	27.3	20.0	
Aiheuttajaa ei tunneta							
Pystykuolleita puita							
Mänty	1.0	9.6	20.5	25.3	28.8	17.3	30.0
Kuusi	3.3	13.5	19.0	24.4	27.5	17.9	14.0
Lehtipuut	2.3	11.3	14.8	17.7	19.8	13.9	11.5
Kaatuoneita ja katkenneita puita							
Mänty ja lehtipuut	5.0	7.8	13.1	19.1	26.9	14.2	30.0
Kuusi	15.3	17.5	20.3	24.0	25.8	19.9	18.4
Runkovaurioita							
Mänty	6.0	14.5	21.0	25.3	28.5	19.3	30.0
Kuusi	15.9	19.9	23.0	25.7	27.9	22.3	30.0
Lehtipuut	10.7	16.6	21.9	26.7	29.3	21.0	30.0
Kuivia ja katkenneita latvoja							
Mänty	0.3	3.0	11.1	16.3	22.3	10.8	0.1
Kuusi	0.2	0.5	2.0	14.3	21.1	7.2	0.1
Lehtipuut	0.6	1.8	7.7	10.9	18.0	7.9	0.1
Muita latvuksen tuhoja							
Mänty	0.8	1.8	5.0	10.0	14.1	6.6	2.6
Kuusi	0.9	2.5	6.0	12.1	17.5	8.1	4.3
Rauduskoivu	1.2	2.0	4.0	11.0	12.8	6.7	5.3
Hieskoivu	4.2	7.5	10.9	14.2	16.8	10.9	5.0
Muu havupuu	1.2	1.5	2.7	3.6	4.0	2.5	2.9
Neulas- ja lehtikatoa							
Mänty	9.9	13.3	18.6	23.7	26.7	18.3	30.0
Kuusi	16.6	19.9	23.2	27.2	30.2	23.3	30.0
Lehtipuut	3.3	5.0	10.2	11.6	12.6	8.9	4.9
Neulasten ja lehtien värivikoja							
Mänty	2.5	6.7	10.6	13.8	18.6	10.5	7.8
Kuusi	1.0	7.7	17.4	24.2	27.1	15.7	0.1
Harsuuntuminen							
Mänty	15.6	19.7	23.1	25.8	28.2	22.5	
Kuusi	16.1	19.3	22.8	26.1	28.9	22.6	
Lehtipuut	13.9	16.5	21.7	27.1	30.5	21.7	

**Metsikkötuhojen aineistojen havaintojen jakaantuminen
metsikön iän suhteen koko maassa.**

Liite IV

Kvantiilit, keskiarvo ja metsikön ikä perusmallilla lasketulla suurimmalla tuhon todennäköisyydellä.

Tuhon aiheuttaja / pääpuulaji	Kvantiilit					Keskiarvo	P max
	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %		
Metsikön ikä, v							
Tuuli							
Mänty	56	75	102	129	175	108	
Kuusi	57	76	95	133	186	108	
Lehtipuut	29	51	68	98	109	71	
Lumi							
Mänty	22	29	52	79	144	66	
Kuusi	42	66	143	181	204	131	
Lehtipuut	20	24	27	48	79	38	
Muut ilmastotekijät (Pohjois-Suomi)							
Mänty	38	120	200	261	293	184	300
Kuusi ja lehtipuut	8	14	35	51	89	44	
Maaperätekiijät (Pohjois-Suomi)							
Mänty	31	43	55	66	91	58	
Kuusi	6	65	133	178	199	121	98
Hieskoivu	23	41	48	58	67	48	
Muut ilmastotekijät ja maaperätekiijät (Etelä-Suomi)							
Mänty	8	15	30	68	99	44	
Kuusi	9	15	22	31	70	31	
Lehtipuut	26	35	48	65	83	52	
Kilpailu							
Mänty	18	37	62	85	130	70	
Kuusi	12	24	47	79	114	59	
Lehtipuut	22	30	40	52	73	43	
Puutavaran korjuu							
Mänty	36	57	79	100	118	78	
Kuusi	50	63	78	95	113	81	
Lehtipuut	32	38	46	65	76	52	
Muu ihmisen toiminta							
Mänty, luontainen	46	61	81	111	145	87	
Mänty, viljelty	8	11	15	19	23	15	
Kuusi	43	54	76	95	117	78	
Lehtipuut	22	28	40	53	87	45	
Myyrät							
Mänty, kuusi, rauduskoivu ja muu havupuu	4	6	8	11	16	10	
Hirvi tai muu selkärankainen							
Mänty	8	11	17	26	42	22	
Kuusi	10	18	31	44	59	33	
Rauduskoivu	6	9	13	24	30	16	
Hieskoivu	8	13	23	36	44	25	
Haapa	29	30	35	37	44	35	
Ytimennävertäjät							
Mänty	45	66	93	108	126	89	
Muut puulajit	36	58	64	77	85	64	
Pistiäiset (Pohjois-Suomi)							
Mänty	42	56	74	108	122	81	
Muut hyönteiset (Pohjois-Suomi)							
Mänty, kuusi ja hieskoivu	7	16	49	75	103	53	
Muut hyönteiset (Etelä-Suomi)							
Mänty	4	13	49	88	117	54	
Kuusi ja koivut	6	38	65	83	97	61	
Tervasroso							
Mänty	70	87	108	138	175	117	194
Muut puulajit	47	79	93	132	169	105	188
Versosurma							
Mänty	30	52	73	95	115	74	
Kuusi	55	67	81	98	116	83	
Lehtipuut	32	37	53	71	88	55	

Liite IV jatk. seur. siv.

Tuhon aiheuttaja / pääpuulaji	Kvantiilit					Keskiarvo	P max
	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %		
Metsikön ikä, v							
Lahottajasienet							
Mänty	60	79	101	142	195	115	222
Kuusi	55	74	95	136	184	110	300
Rauduskoivu	34	60	80	91	109	76	170
Hieskoivu	37	52	70	88	110	73	156
Haapa	31	44	55	74	91	61	104
Muut lehtipuut	33	39	53	64	83	55	95
Männynversoruoste (Pohjois-Suomi)							
Mänty	7	9	12	23	30	18	
Muut puulajit	5	8	15	29	50	21	
Neulaskaristeet (Pohjois-Suomi)							
Mänty	7	10	15	26	39	19	
Kuusi	9	11	15	27	35	19	
Lumihomeet (Pohjois-Suomi)							
Mänty	6	9	13	22	31	16	
Kuusi	5	7	9	15	19	11	
Muut sienitaudit (Pohjois-Suomi)							
Mänty	9	12	18	46	95	36	
Kuusi	13	81	120	174	216	122	
Koivut	42	48	72	82	98	69	
Muut sienitaudit (Etelä-Suomi)							
Mänty	6	9	12	20	31	19	
Kuusi	8	27	68	102	123	68	
Lehtipuut	18	28	51	72	74	49	
Monituho							
Mänty	154	197	231	276	299	233	300
Kuusi	163	182	213	239	276	214	300
Lehtipuut	105	124	144	155	176	142	160
Aiheuttajaa ei tunneta							
Pystykuolleita puita							
Mänty	8	32	91	169	227	106	
Kuusi	25	68	129	167	204	120	
Lehtipuut	13	28	44	71	92	52	
Kaatuneita ja katkenneita puita							
Mänty ja lehtipuut	14	38	52	112	167	77	
Kuusi	48	58	83	122	175	94	
Runkovaurioita							
Mänty	20	61	94	141	192	104	
Kuusi	48	66	82	101	126	87	
Lehtipuut	31	39	60	79	89	60	
Kuivia ja katkenneita latvoja							
Mänty	4	17	53	81	118	58	
Kuusi	4	7	19	64	168	48	
Lehtipuut	4	11	36	50	75	35	
Muita latvuksen tuhoja							
Mänty	7	12	23	42	65	31	
Kuusi	9	16	27	50	89	40	
Rauduskoivu	6	9	13	21	25	16	
Hieskoivu	21	28	40	48	63	41	
Muu havupuu	7	9	12	15	17	11	
Neulas- ja lehtikatoa							
Mänty	44	61	83	111	139	88	
Kuusi	67	80	100	127	161	106	
Lehtipuut	14	25	32	34	46	31	
Neulasten ja lehtien värivikoja							
Mänty	18	28	44	57	78	46	
Kuusi	12	35	56	76	88	53	
Harsuuntuminen							
Mänty	67	85	109	139	183	118	300
Kuusi	71	85	105	144	194	120	300
Lehtipuut	49	59	80	103	144	86	200

*Puutuhojen aineistojen havaintojen jakaantuminen
puun rinnankorkeusläpimitan suhteen koko maassa.*

Liite V

Kvantiilit, keskiarvo ja rinnankorkeusläpimita perusmallilla lasketulla suurimmalla tuhon todennäköisyydellä.

Tuhon aiheuttaja / puulaji	Kvantiilit					Keskiarvo	P max
	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %		
Rinnankorkeusläpimita, cm							
Tuuli							
Mänty	10.8	14.7	20.7	27.6	32.6	21.2	33.3
Kuusi	9.9	14.9	22.1	28.3	37.9	22.6	40.0
Lehtipuu	7.8	10.4	17.0	22.5	32.0	18.0	25.0
Lumi							
Mänty	7.8	11.5	16.2	24.8	32.0	18.6	40.0
Kuusi	7.9	15.1	21.7	27.5	32.8	21.6	37.8
Lehtipuu	4.4	6.2	8.7	13.4	16.9	10.1	7.3
Muut ilmastotekijät (Pohjois-Suomi)							
Mänty	15.9	21.5	26.9	31.6	37.5	26.8	40.0
Kuusi	2.9	5.7	12.2	28.5	34.2	16.2	0.1
Lehtipuu	8.4	10.2	21.6	24.7	26.0	18.5	40.0
Maaperätekiijät (Pohjois-Suomi)							
Mänty	5.7	8.2	11.9	15.4	21.2	12.6	5.0
Kuusi	5.2	8.2	11.9	18.4	22.2	13.4	6.8
Hieskoivu	3.7	7.1	8.9	12.5	16.8	9.8	4.8
Muut ilmastotekijät ja maaperätekiijät (Etelä-Suomi)							
Mänty	4.6	7.8	13.1	24.0	29.8	16.1	0.1
Kuusi	4.8	7.2	11.5	19.8	27.4	14.2	0.1
Lehtipuu	11.3	15.2	20.6	28.9	36.2	22.2	40.0
Kilpailu							
Mänty	4.9	7.3	10.9	16.1	22.5	12.5	2.2
Kuusi	5.5	8.6	12.7	17.3	21.4	13.4	6.7
Lehtipuu	2.5	4.3	6.8	9.9	13.2	7.5	3.3
Puutavaran korjuu							
Mänty	11.8	15.8	21.2	26.9	29.9	21.3	24.9
Kuusi	11.7	16.2	21.4	27.2	32.0	21.6	24.9
Lehtipuu	4.5	8.2	14.6	21.1	28.9	15.9	40.0
Muu ihmisen toiminta							
Mänty	8.3	12.3	19.4	28.4	35.5	20.7	5.8
Kuusi	9.8	14.4	20.7	26.7	32.3	21.1	24.2
Lehtipuu	6.3	9.9	14.5	20.5	26.7	15.5	29.5
Hirvi tai muu selkärangainen							
Mänty	2.2	3.0	5.3	7.5	13.8	7.1	0.1
Kuusi	3.0	8.8	13.2	27.7	40.2	18.0	0.1
Koivut	1.3	2.0	3.3	5.5	13.7	4.8	0.1
Haapa	2.3	6.0	9.5	13.5	17.6	10.0	0.8
Harmaaleppä tai muu lehtipuu	1.6	3.4	4.7	7.7	12.5	6.0	0.1
Ytimennävertäjät							
Mänty	13.7	17.6	23.0	27.2	30.9	22.6	24.5
Pistäiset (Pohjois-Suomi)							
Mänty	7.0	10.5	15.3	20.5	24.8	16.0	11.5
Muut hyönteiset (Pohjois-Suomi)							
Mänty ja kuusi	2.5	5.5	14.6	23.7	30.0	15.5	0.1
Hieskoivu	4.9	6.1	8.0	9.1	16.5	9.0	6.7
Muut hyönteiset (Etelä-Suomi)							
Mänty	4.7	9.0	17.1	28.0	34.6	18.6	0.1
Kuusi	12.0	17.7	29.0	34.7	38.6	26.5	40.0
Rauduskoivu	3.7	12.1	16.3	17.9	19.3	14.4	14.2
Hieskoivu	3.6	4.3	8.0	14.8	19.1	10.9	3.6
Tervasroso							
Mänty	15.0	20.0	25.6	30.6	35.4	25.5	33.7
Versosurma							
Mänty	12.6	17.5	23.2	29.0	33.7	23.2	29.6
Kuusi	6.0	7.7	10.2	13.5	26.8	12.7	6.4
Lahottajasienet							
Mänty	16.2	22.0	28.9	35.7	41.3	29.5	40.0
Kuusi	13.1	18.4	24.5	30.2	36.4	24.6	40.0
Rauduskoivu	10.4	16.8	24.4	30.0	35.5	23.8	40.0

Liite V jatk. seur. siv.

Tuhon aiheuttaja / puulaji	Kvantiilit					Keskiarvo	P max
	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %		
Rinnankorkeuslöpimitta, cm							
Hieskoivu	7.2	10.4	14.7	20.5	25.9	15.9	40.0
Haapa	7.6	14.3	21.2	29.7	38.1	22.1	40.0
Harmaaleppä	5.6	9.0	11.7	15.0	19.2	12.1	40.0
Tervaleppä	9.2	13.4	21.6	31.1	34.7	23.1	40.0
Muu lehtipuu	5.5	7.9	11.7	18.0	25.0	13.8	40.0
Männynversooste (Pohjois-Suomi)							
Mänty	5.3	7.3	10.9	14.7	17.3	11.4	1.5
Neulaskaristeet (Pohjois-Suomi)							
Mänty	7.1	8.6	13.6	18.0	23.0	14.6	9.2
Muut sienitaudit (Pohjois-Suomi)							
Mänty	8.8	12.8	22.5	28.4	31.5	22.1	40.0
Kuusi	2.3	17.9	27.7	32.4	38.9	25.3	40.0
Hieskoivu	9.0	11.3	15.0	17.6	26.8	16.0	40.0
Muu lehtipuu	8.6	13.7	18.8	24.8	27.3	18.9	21.2
Muut sienitaudit (Etelä-Suomi)							
Mänty	2.8	6.2	10.4	14.1	27.7	12.2	0.1
Kuusi	8.3	12.8	22.9	32.4	37.6	23.0	0.1
Lehtipuu	6.1	10.4	17.9	26.9	34.6	18.5	40.0
Aiheuttajaa ei tunneta							
Pystykuollut puu							
Mänty	6.3	10.5	20.1	27.6	36.0	20.2	40.0
Kuusi	6.1	9.8	16.0	23.7	30.4	17.7	5.1
Lehtipuu	3.1	4.6	7.4	14.7	23.8	10.4	0.1
Kaatonut tai katkennut puu							
Mänty	2.4	3.2	8.6	15.7	25.4	11.0	0.1
Kuusi	4.9	7.3	10.2	18.4	27.3	13.4	0.1
Lehtipuu	4.9	6.3	12.1	18.4	30.0	14.1	0.1
Runkovaurio							
Mänty	6.4	10.9	19.4	27.3	33.2	19.7	0.1
Kuusi	8.2	13.4	20.4	27.2	34.1	20.8	0.1
Rauduskoivu	12.5	18.4	22.5	28.4	34.5	23.4	29.6
Hieskoivu	6.7	10.4	14.9	20.5	25.9	15.7	32.9
Haapa	4.3	6.6	14.1	23.1	31.9	16.7	0.1
Muu lehtipuu	4.8	6.8	11.1	15.7	22.0	12.0	20.5
Kuiva tai katkennut latva							
Mänty	5.4	9.5	14.1	19.8	28.8	15.6	0.1
Kuusi	6.3	9.8	15.0	23.6	31.6	17.3	0.1
Lehtipuu	2.0	4.5	10.1	17.0	21.4	11.1	0.1
Muita latvuksen tuhoja							
Mänty	6.4	9.8	14.4	20.3	26.9	15.7	5.2
Kuusi	6.8	10.5	16.0	24.2	31.3	17.8	0.1
Rauduskoivu	3.1	10.9	16.3	25.1	34.1	17.9	0.1
Hieskoivu	3.3	6.1	9.8	13.9	17.8	10.5	7.2
Haapa	1.9	3.5	5.1	8.9	26.2	10.0	0.1
Leppä	2.5	4.8	8.2	12.1	14.4	9.1	0.1
Muu lehtipuu	0.9	2.4	4.2	12.0	23.5	8.1	0.1
Neulas- tai lehtikatoa							
Mänty	13.1	18.3	26.1	32.2	36.6	25.4	40.0
Kuusi	16.2	21.7	27.1	32.9	38.1	27.3	40.0
Lehtipuu	4.7	6.5	12.6	15.1	23.0	12.6	6.2
Neulasten tai lehtien värivikoja							
Mänty	7.9	11.3	15.5	23.1	30.5	17.5	10.1
Kuusi	5.8	11.7	13.9	16.1	21.4	14.8	7.3
Hieskoivu	6.3	12.5	23.8	25.1	31.0	19.7	40.0
Harsuuntuminen (rinnankorkeuslpm)							
Mänty	16.8	22.2	27.8	32.9	37.8	27.6	
Kuusi	18.9	22.8	27.7	33.0	38.2	28.2	
Harsuuntuminen (puun ikä, v)							
Mänty	68	85	109	141	196	122	300
Kuusi	68	83	101	135	184	116	300

Tuulituhot**Mäntyvaltainen metsikkö** (taulukko 7a.)**Valtapiisuus = 20 m****Metsikön ikä = 70 vuotta****Korkeus merenpinnasta = 50 m****Päätyyppi = kangas****Pohjapinta-ala = 5 m²****Hakkuusta kulunut aika = 10 vuotta****Kaikki tuhot**

$$g(x) = -12.7122 - 0.2559 * 20(\text{valtapiisuus}) + 2.0167 * 20^{0.5}(\text{valtapiisuus}) - 0.0282 * 70(\text{metsikön ikä}) + 0.9482 * 70^{0.5}(\text{metsikön ikä}) + 1.1392 * 0(\text{korkeus merenpinnasta}) - 0.9408 * 0(\text{päätyyppi}) - 0.0364 * 5(\text{pohjapinta-ala}) - 0.4327 * 1(\text{hakkuusta kulunut aika})$$

$$g(x) = -3.4667$$

$$\pi(x) = \text{EXP}(-3.4667) / (1 + \text{EXP}(-3.4667)) \quad \pi(x) = 0.03027$$

Alle 5 vuotta sitten syntyneet tuhot

$$g(x) = \text{LN}((\text{EXP}(-12.7122) - \text{EXP}(-13.1153)) + (\text{EXP}(-13.3904) - \text{EXP}(-13.8416)) + (\text{EXP}(-15.0407) - \text{EXP}(-15.3434)) + (\text{EXP}(-16.5271) - \text{EXP}(-16.8176))) - 0.2559 * 20(\text{valtapiisuus}) + 2.0167 * 20^{0.5}(\text{valtapiisuus}) - 0.0282 * 70(\text{metsikön ikä}) + 0.9482 * 70^{0.5}(\text{metsikön ikä}) + 1.1392 * 0(\text{korkeus merenpinnasta}) - 0.9408 * 0(\text{päätyyppi}) - 0.0364 * 5(\text{pohjapinta-ala}) - 0.4327 * 1(\text{hakkuusta kulunut aika})$$

$$g(x) = -4.0699$$

$$\pi(x) = \text{EXP}(-4.0699) / (1 + \text{EXP}(-4.0699)) \quad \pi(x) = 0.01679$$

Yli 5 vuotta sitten syntyneet tuhot

$$g(x) = \text{LN}((\text{EXP}(-13.1153) - \text{EXP}(-13.3904)) + (\text{EXP}(-13.8416) - \text{EXP}(-15.0407)) + (\text{EXP}(-15.3434) - \text{EXP}(-16.5271)) + (\text{EXP}(-16.8176))) - 0.2559 * 20(\text{valtapiisuus}) + 2.0167 * 20^{0.5}(\text{valtapiisuus}) - 0.0282 * 70(\text{metsikön ikä}) + 0.9482 * 70^{0.5}(\text{metsikön ikä}) + 1.1392 * 0(\text{korkeus merenpinnasta}) - 0.9408 * 0(\text{päätyyppi}) - 0.0364 * 5(\text{pohjapinta-ala}) - 0.4327 * 1(\text{hakkuusta kulunut aika})$$

$$g(x) = -4.2587$$

$$\pi(x) = \text{EXP}(-4.2587) / (1 + \text{EXP}(-4.2587)) \quad \pi(x) = 0.01394$$

Metsiköt (perusmalli)

Esimerkki

Tuulituhon todennäköisyys (= tuulituhoriski, tuulituhon ennuste) mäntyvaltaisissa metsissä (valtapituus 25 m) keskimäärin koko maassa (% mäntyvaltaisten metsien pinta-alasta).

Tuhon asteet / syntyajat / yhdistelmät *Laskentakaava* *% pinta-alasta*

Kumulatiiviset tuhon todennäköisyydet eri vakioilla

I	II	III	
1	1	1	5,04 %
2	1	2	3,51 %
3	2	1	2,66 %
4	2	2	1,73 %
5	3	1	0,53 %
6	3	2	0,39 %
7	4	1	0,12 %
8	4	2	0,09 %

I = vakion järjestysnumero

II = tuhon aste

III = tuhon syntyaika

1 = lievä, 2 = todettava, 3 = vakava, 4 = täydellinen

1 = alle 5 vuotta sitten, 2 = yli 5 vuotta sitten

Kumulatiiviset tuhon todennäköisyydet tuhon asteen mukaan

Tuhoa yhteensä	1	5,04 %
Todettavat, vakavat ja täydelliset	3	2,66 %
Vakavat ja täydelliset	5	0,53 %
Täydelliset	7	0,12 %

Tuhot tuhon asteiden mukaan

Lievät	1–3	2,38 %
Todettavat	3–5	2,13 %
Vakavat	5–7	0,41 %
Täydelliset	7	0,12 %

Tuhon todennäköisyydet eri tuhon asteille syntyaikojen mukaan

Lievät, alle 5 v	1–2	1,53 %
Lievät, yli 5 v	2–3	0,85 %
Todettavat, alle 5 v	3–4	0,93 %
Todettavat, yli 5 v	4–5	1,20 %
Vakavat, alle 5 v	5–6	0,14 %
Vakavat, yli 5 v	6–7	0,27 %
Täydelliset, alle 5 v	7–8	0,03 %
Täydelliset, yli 5 v	8	0,09 %

Tuhot syntyaikojen mukaan

Alle 5 v tuhot	(1–2)+(3–4)+(5–6)+(7–8)	2,63 %
Yli 5 v tuhot	(2–3)+(4–5)+(6–7)+8	2,41 %

Metsikön laatua alentavat tuhot syntyaikojen mukaan

Metsikön laatua alentavat alle 5 v tuhot	(3–4)+(5–6)+(7–8)	1,10 %
Metsikön laatua alentavat yli 5 v tuhot	(4–5)+(6–7)+8	1,56 %

Selostus

Mallilla laskettaessa voidaan käyttää kahdeksaa eri vakiota (numerot 1–8), jolloin saadaan kahdeksan eri tuhon todennäköisyyttä. Tuhojen todennäköisyydet summautuvat edellisten lisäksi, jolloin pienimmällä vakiolla saadaan kaikkien tuhojen kokonaistodennäköisyys. Eri vakioilla lasketuista todennäköisyyksistä saadaan laskentakaavojen mukaan laskettua kaikki mahdolliset yhdistelmät (summaamalla ja vähentämällä).



ISBN 951-40-1989-X
ISSN 0358-4283
Hakapaino Oy 2005