



Antti Ihalainen



Arto Ahola

Antti Ihalainen ja Arto Ahola

Pyry- ja Janika-myrskyjen aiheuttamat puuston tuhot

Ihalainen, A. & Ahola, A. 2003. Pyry- ja Janika-myrskyjen aiheuttamat puuston tuhot. Metsätieteen aikakauskirja 3/2003: 385–401.

Vuoden 2001 marraskuun myrskyjen, Pyryn ja Janikan, aiheuttamat puustotuhot inventoitiin 1 849:llä VMI9:n pysyvällä koealalla. Joulukuussa 2001 tehty inventointi kattoi pahimmat tuhoalueet – Hämeen-Uudenmaan ja Pirkanmaan metsäkeskusten alueet kokonaan sekä osia niitä ympäröivistä metsäkeskuksista. Myrskytuhoja todettiin 1,2 miljoonalla hehtaarilla, mikä on 30 % inventoidun alueen metsäalasta. Tuhopuiden korjuuhakkuita, valtaosin yksittäisten tuhopuiden poimintaa, arvioitiin tarvittavan 460 000 hehtaarin alueella. Myrskyn vaurioittamaa puustoa oli 7,3 miljoonaa kuutiometriä (keskivirhe 15 %), mikä on 1,4 % alueen puuston tilavuudesta. Määrä on noin kaksinkertainen metsäkeskuksissa koottuihin pika-arvioihin verrattuna. Tuhopuustosta 62 prosenttia oli kuusta, 34 prosenttia mäntyä ja 4 prosenttia koivua. Lämpimiltään yli 10-sentisiä tuhopuita oli 24 miljoonaa kappaletta. Tuhopuiden tukkiosuus ei ollut alentunut merkittävästi myrskytuhoon välittömänä seurauksena.

Keväällä 2003 tehtiin tuhopuiden tilan seurantamittaus. Tuhopuustosta oli korjattu, valtaosin heti ensimmäisenä myrskyn jälkeisenä talvena, noin 70 %. Hakuissa korjatut ei-tuhopuut mukaan lukien tuhojen korjaushakkuiden kokonaispoistuma on ollut noin 15 miljoonaa kuutiometriä. Metsään jääneestä puuaineksesta 62 % oli muuttunut tukkikelvottomaksi, mutta yli kolmannes oli vielä kokonaan ilman hyönteistuhoja. Metsään jääneen tuhopuuston alkuperäinen kantohintatarvo 48 miljoonaa euroa oli jo alentunut 13 miljoonaa euroa ja voi alentua lisää saman verran, 22 miljoonaa euroon, jos kaikki puuaineksesta pilaantuu tukkikelvottomaksi ennen korjuuta.

VMI9:n pysyvät koealat osoittautuivat toimivaksi kehikoksi nopeasti ja suhteellisen pienin resursein tehtävään erikoisinventointiin. Kerätty aineisto tarjoaa jatkossa mahdollisuuden myrskytuhojen tässä vaiheessa tehtyä yksityiskohtaisempaan analysointiin.

Asiasanat: Valtakunnan metsien inventointi, myrskytuho

Yhteystiedot: Metla, Helsingin toimipaikka, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Sähköposti antti.ihalainen@metla.fi

Hyväksytty 30.6.2003

I Johdanto

1.1 Pyn ja Janikan kaltaiset myrskyt harvinaisia Suomen maa-alueilla

Vuoden 2001 marraskuun alussa ja puolivälissä kohdistui läntiseen Etelä-Suomeen kaksi harvinaisen voimakasta myrskyä. Molemmat – Pyn ja Janika – ovat vuodesta 1959 alkavalla syys- ja talvi-myrskyjen listalla, jolla talven 2001–02 jälkeen on vasta 14 myrskyä (Suomen myrskyt 2002).

Pyn päivän myrsky ja siihen liittynyt lumituhoko kohdistuivat ennenkaikkea Etelä-Pohjanmaan eteläosaan ja läntiseen Keski-Suomeen. Janikan tuhoalue ulottui Etelä-Pohjanmaan ja Keski-Suomen eteläosista etelärannikolle asti. Myrskyjen aiheuttamat lukuisat, pahimmillaan yli viiden vuorokauden mittaiset sähkökatkokset herättivät suurta huomiota. Sähkölinoille kaatui 90 000 puuta aiheuttaen 11 miljoonan euron korjauskustannukset (Sähköyhtiöille... 2002), mutta vähintään saman suuruusluokan taloudellinen vahinko aiheutui itse puustolle. Metsäkeskuksissa koottujen pika-arvioiden perusteella puustoa vaurioitui yhteensä runsaat 3 miljoonaa kuutiometriä (Myrsky tuhosi... 2001), ja pelkästään Länsi-Suomen metsänomistajaliiton alueella arvioitiin tuhoista aiheutuva hakkuutulojen menetys lähes 70 miljoonaa markan eli runsaan 11 miljoonan euron suuruiseksi (Iso leimaja... 2001).

Ilmatieteessä tuuli luokitellaan myrskyksi, jos 10 minuutin keskituulen nopeus on vähintään 21 m s^{-1} , ja kansainvälisesti sovitussa tuulen vaikutuskuvailuasteikossa myrskyn tyypillisenä vaikutuksena maa-alueilla mainitaan mm. puiden katkeilu ja kaatuminen juurineen. Merialueilla Pyn ja Janikan suurimmat mitatut keskituulen nopeudet 29 ja 30 m s^{-1} lähentelivät jo hirmumyrskyä, mutta sisämaassa suurimmat keskituulen nopeushavainnot olivat 16 – 18 m s^{-1} , eli myrskyraja ei ylittynyt (Suomen myrskyt 2002). Tuntureiden lakialueita lukuunottamatta Suomen sisämaa-alueilla ei tosin ole koskaan mitattu myrskyrajan ylittävää keskituulta.

Yksittäisten puuskien nopeus on niin Pyn kuin Janikankin aikana ylittänyt myrskyrajan. Puuskanopeudet ovat maa-alueilla tyypillisesti $1,6$ – $1,8$ -kertaisia keskituuleen verrattuna. Janikan yhteydes-

sä esiintynyttä puuskaisuutta – jopa 30 – 50 m s^{-1} – luonnehditaan hyvin ainutlaatuiseksi (Suomen myrskyt 2002). Puuskanopeudet ja tuho vaikutukset huomioon ottaen sekä Pynä että Janikaa kutsutaan tässä tutkimuksessa myrskyiksi, vaikka ne keskituulen perusteella olivatkin sisämaassa vain kovia tuulia.

1.2 Tuulituhotutkimukset

Tuulituhojen määristä vuosittain tai myrskyittäin on melko vähän tilastotietoja. Vuodesta 1980 alkavassa tuulituhojen vakuutuskorvaustilastossa erottuu selvästi pahimpana lähes 15 miljoonan euron korvaussummalla Manta-myrskyn vuosi 1985, minkä lisäksi yli miljoonan euron korvaukset on maksettu vuosina 1982, 1986, 1992 ja 2000 (Metsätilastollinen... 2001). Vuosien 1975–1985 seitsemän pahimman myrskyn puustotuhoksi on arvioitu yhteensä yli 10 miljoonaa kuutiometriä, joista 4 milj. m^3 aiheutti Manta (Laiho 1987). Saman suuruusluokan puustotuhot syntyivät Etelä-Pohjanmaalla, Pohjois-Hämeessä ja Pohjois-Satakunnassa vuonna 1978 riehuneen Aarno-myrskyn ja Pohjois-Suomessa vuoden 1982 Mauri-myrskyn tuloksena. Vuosina 1911–1950 oli kymmenvuotiskausittain 2–6 suur-tuhoa (Laitakari 1952).

Valtakunnan metsien inventoinnissa (VMI) on vuodesta 1986 alkaen kerätty yksityiskohtaisia tietoja metsätuhoista. Metsikkökuvioiden ja koepuiden tuhot on kuvattu tuhon ilmiäsun, aiheuttajan ja vakavuuden avulla. Tuhojen kirjauksessa kaatuneet tai katkenneet puut on ollut yksi ilmiäsulokka ja tuuli yksi aiheuttajaluokista. Yli-Kojola (2002) on laskenut VMI:n perusteella tuulituhoja esiintyneen vuosina 1986–94 koko maassa 450 000 hehtaarilla ja tuulen kaataman tai vaurioittaman puuston määräksi 10 miljoonaa kuutiometriä. VMI ei kuitenkaan kerro tuulituhojen kokonaismäärää, koska inventoinnissa kirjataan vain merkittävin tuho (Valtakunnan metsien 8... 1992), ja koska tuulen kaatamia puita ei VMI:ssä kirjata, jos ne on jo korjattu pois. Yli-Kojolan (2002) lisäksi VMI:n tuhotuloksia on julkaistu inventoinnin tulosraporteissa (esim. Tomppo ym. 2001 ja Tomppo ym. 1998), metsätilastollisessa vuosikirjassa ja erillisartikkeleissa (esim. Yli-Kojola 1994). Tuoreimpien VMI-tulosten mukaan

kaatuneita tai katkenneita puita, joista valtaosa on tuulen aikaansaamia, on metsikön laatua alentava määrä 1,5 %:lla metsämaan alasta (Metsätilastollinen... 2001).

Vaikka tuulituhotilastoja on niukasti, tuulituhojen syntymistä on tutkittu Suomessa melko paljon viime vuosina. Yli-Kojola (2002) sekä Jalkanen ja Mattila (2000) ovat laatineet metsiköitten ja puiden tuulituhoriskiä ennustavia malleja VMI8:n aineistoista. Peltola ym. (1999) ovat tutkineet yksittäisen puun kaatumiseen ja katkeamiseen tarvittavaa tuulen voimaa. Yhteiseurooppalaisessa kolmivuotisessa STORMS-projektissa, jonka taustalla oli huoli ilmaston ja metsien käsittelyn muutosten mahdollisista tuhoja lisäävistä vaikutuksista, kehitettiin malleja tuhoriskien huomioon ottamiseen metsänhoidossa (Kellomäki ja Peltola 1998). Solantie (1998) on tutkinut merkittäviä vahinkoja aiheuttavien tuulien esiintymistäajuutta.

1.3 Myrskytuhoinventoinnin tavoitteet

VMI on metsävarojen, metsien laadun ja terveydentilan sekä metsäluonnon monimuotoisuuden seurantarjestelmä. Inventointi etenee metsäkeskusalueittain ja koko maan inventointi kestää lähes 10 vuotta. Jo edellisten suurten myrskytuhojen jälkeen 1980-luvun puolivälissä oli esillä ajatus nopeasti toteutettavan tuhojen inventointijärjestelmän kehittämisestä. Tuolloin ei asiassa päästy ajattelua pidemmälle, mutta nyt päätettiin toteuttaa Pyryn ja Janikan aiheuttamien tuhojen erillisinventointi.

VMI:n myrskytuhoinventoinnin päätavoitteena oli selvittää myrskytuhometsien ala ja tuhojen korjaamiseen tarvittavat hakkuut sekä myrskyn tuhoaman (= myrskyssä kaatuneen, katkenneen tai jollain muulla tavoin vaurioituneen, vaikkakin ainakin suurelta osin edelleen käyttökelpoisen) puuston määrä. Lisätavoitteena oli kerätä aineistoa nykyisen metsänkäsittelyn ja myrskytuhojen välisen mahdollisen yhteyden analysointia varten.

Myrskytuhoinventoinnin raportin ennakkotarkastusvaiheessa VMI:ltä kysyttiin mahdollisuutta ja halukkuutta tehdä tuhojen seurantamittaus, jonka päätavoitteena oli saada tietoa tuhopuiden hyönteistuhosta Myrskyjen seuraustuhojen hallinta -hankkeeseen. Seurantamittaus tehtiin, ja sen

joitain tuloksia on otettu mukaan tähän raporttiin, vaikka tulosten varsinainen raportointi tehdäänkin mainitussa hankkeessa.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Aineisto

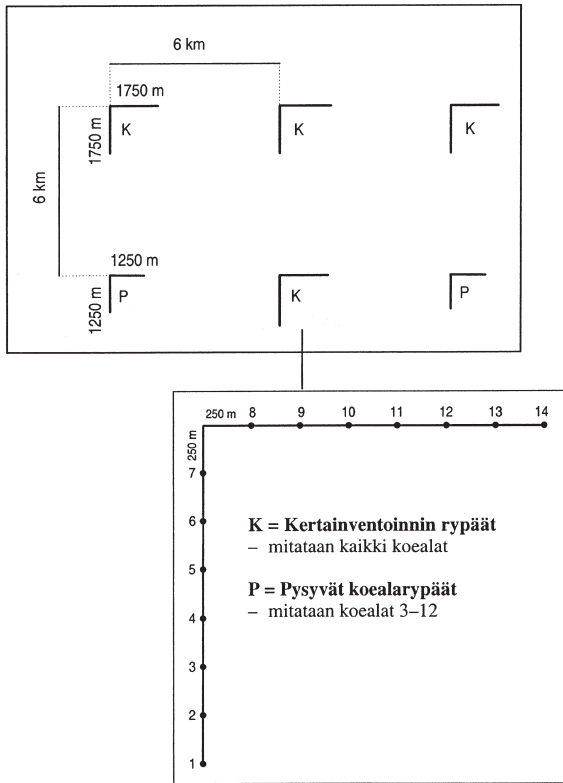
Myrskytuhoinventointi piti toteuttaa nopeasti, jotta mittaukset ennätettiin tehdä ennen kuin lumen määrä alkoi liiaksi haitata työtä ja ennen kuin puita korjattiin pois. Toteuttamistavaksi valittiin VMI9:n koeala-aineistoon perustuva maastomittaus, jolloin voitiin hyödyntää valmiita metsikkökuviottaisia taustatietoja ja yksittäisten puiden mittaustietoja.

Suunnittelussa piti ottaa huomioon käytettävissä olleet resurssit – aika, työvoima ja raha – sekä tavoiteltu tulosten tarkkuustaso. Resurssipulaa helpotti hankkeen saama lisärahoitus ja se, että lähes kaikki edellisenä kesänä VMI:n maastotöissä olleet tilapäiset ryhmänjohtajat olivat innokkaita lähtemään mukaan tähänkin työhön. Mitattavien koealojen määrän vaikutusta tulosten luotettavuuteen ennakoitiin simuloimalla myrskytuhoja VMI9:n aineistoon.

VMI9:n maastotyöt on tehty Etelä-Suomen keski- ja länsiosissa vuosina 1996–1999. Joka neljännen koealarypään koealoilla puut on kartoitettu seuraavassa inventoinnissa tehtävää uudelleenmittausta varten (Valtakunnan metsien... 1998). Näiden pysyvien koealojen (kuva 1) puiden arvioitiin löytyvän suhteellisen helposti, vaikka koealan keskipisteseen sijoitettu tikku olisi jo lumen peitossa.

Inventointialueen rajaamista varten metsäkeskuksesta tiedusteltiin tuhojen määrää niiden eri osissa. Koska maastotyön etenemisvauhtia ja lumen määrän lisääntymistä oli vaikea ennakoida, aloitettiin mittaukset lähimmältä pahalta tuhoalueelta (Häme-Uusimaa) ja inventointialueen lopullinen laajuus (taulukko 1, kuvat 2 ja 3) päätettiin, kun saatiin käsitys työn ajanmenekistä. Aineisto kerättiin 27.11.–20.12.2001 muutamia tammikuussa 2002 mitattuja Rannikon metsäkeskuksen eteläosan koealoja lukuunottamatta. Maastotyössä oli mukana 11 VMI:n ryhmänjohtajaa.

Inventointialueella on kaikkiaan 2 228 metsämaan pysyvää VMI9-koealaa. Maastotyön tehostamiseksi



Kuva 1. VMI9:n otanta-asetelma Etelä-Suomen eteläosassa.

mittauksia ei tehty lainkaan rypäillä, joilla ei ollut riittävää määrää taimikkovaiheen ohittaneita koaloja (otannan tarkempi kuvaus liitteessä). Mitattavilla rypäillä mittauksia ei tehty kuviolla, joiden kehitysluokka oli VMI9:n aikaan tai sen jälkeen tehdyn avohakkuun tai ylispuiden poiston vuoksi aukea tai ei-ylispuustoinen taimikko. Näissä kehitysluokissa olevat myrskytuhot arvioitiin metsätalouden kannalta merkityksettömiksi. Saarissa olevia koaloja ei mitattu, ja lisäksi otannasta jätettiin pois yksittäisiä koaloja, joille siirtyminen olisi vaatinut kohtuuttoman paljon aikaa.

Koalat etsittiin käyttäen karttaa, GPS-laitetta, koalan etsintäohjetta ja pysyvien koalojen kartoitukseen perustuvaa puukarttaa. Tavoitteena oli löytää VMI9:ssä mitatut puut, mutta jos koalametsikössä ei ollut myrskytuhoja, ei puiden löytäminen ollut tarpeen. Jos koalan puita ei pystytty

yksilöimään, ja oli mahdollista, että niistä joku oli myrskytuhopuu, koala kirjattiin ”ei löytyneeksi” ja sitä ei otettu mukaan mitattuihin puihin perustuvaan tilavuuksien laskentaan.

Mittauksia tehtiin kaikkiaan 1 849 koelalla, joilla oli yhteensä 2 006 myrskytuhoinventoinnin otannan kohteena olevaa kuviota. 127 koalan keskipistekuvio ei kuulunut mittausten kohteena olleisiin kehitysluokkiin, joten keskipistekuvioita on inventointiaineistossa 1 722 (taulukko 1), joista ”ei löytyneeksi” kirjattuja on 4.

Jos kuviolla oli myrskytuhoja, eli vähintään yksi myrskyn kaatama, katkoma tai muuten vaurioittama puu, arvioitiin kuviolla tuhon määrä, tuhojen korjaushakkuun tarve (liite, kohta ”Myrskytuho vuoksi tarvittava välitön toimenpide”) ja tuhon vakavuusaste. Tuhon määrän tunnuksina olivat tuhopuuston runkoluku ja tilavuus hehtaaria kohti. VMI9:ssä mitattuja kuviotietoja täydentämään kirjattiin VMI9:n jälkeen tehty hakkuu ja hakkuun jälkeinen puuston pohjapinta-ala, sekä koalan sijainti myrskytuho-riskin aiheuttavaan kuvionrajaan (liite, kohta ”Kuvioraja”) nähden.

Myrskytuhoinventoissa ”löytyneillä” koaloilla oli yhteensä 17 686 VMI9:n lukupuuta. Myrskyn vaurioittamia puita oli koaloilla kaikkiaan 220 (taulukko 2). Niistä kirjattiin tuhon ilmiasu ja mahdollinen tuhoon vaikuttanut laho. Jos tuho oli vaikuttanut puun puutavaralajiosuuksiin, kuvattiin puun puutavaralajijako ennen myrskyä ja sen jälkeen (liite, kohta ”Myrskytuho puuiden apteeraus”).

2.2 Tulosten laskenta

VMI:n tavanomaisessa tuloslaskennassa metsäkeskusalueen kaikilla koaloilla on yhtä suuri, otanta-asetelmaan perustuva pinta-alapaino. Koska myrskytuhoinventoinnissa koalan kuuluminen mitattavaan otokseen riippui metsikön kehitysluokasta, koaloille laskettiin pinta-alapainot VMI9:n otanta-asetelma-alueittain ja kehitysluokkaryhmittäin (taulukko 3).

Pinta-alapainojen laskentaositteiden kokonaispinta-alat laskettiin VMI9:n aineistosta. Yhden koalan edustama pinta-ala saatiin jakamalla ositteen kokonaisala ositteeseen sattuneiden myrskytuhoinventoinnin koalakeskipisteiden lukumäärällä.

Taulukko 1. Koealamäärä eri kehitysluokkaryhmissä alueittain ja tuhon vakavuusluokittain.

Metsäkeskus	Mitattu osa	Kehitysluokkaryhmä					Yhteensä	Inventointi-alueen metsämaan ala 1000 ha
		Taimikko + ylispuusto	Suojus- tai siemenpuusto	Nuori kasva- tustumetsä	Varttunut kas- vatusmetsä	Uudistus- kypsä		
Koealojen lukumäärä								
Rannikko – Eteläosa	Kokonaan	8	4	48	60	41	161	352
Rannikko – Pohjanmaa	Eteläosa	5	2	31	26	11	75	229
Lounais-Suomi	Pohjoisosa	3	4	53	26	11	97	205
Häme-Uusimaa	Kokonaan	13	8	88	178	77	364	942
Pirkanmaa	Kokonaan	15	13	153	157	56	394	896
Etelä-Pohjanmaa	Eteläosa	4	9	181	123	71	388	740
Keski-Suomi	Länsiosa	3	2	127	70	41	243	568
Yhteensä		51	42	681	640	308	1722	3934
Tuhon vakavuus		Kehitysluokkaryhmä					Yhteensä	
		Taimikko + ylispuusto	Suojus- tai siemenpuusto	Nuori kasva- tustumetsä	Varttunut kas- vatusmetsä	Uudistus- kypsä		
Koealojen lukumäärä								
Lievä		9	14	160	241	119	543	
Todettava		1	6	24	38	18	87	
Vakava		0	2	6	5	2	15	
Täydellinen		0	0	0	1	5	6	
Ei tuhoa		41	20	491	355	164	1071	
Yhteensä		51	42	681	640	308	1722	

Taulukko 2. Puiden lukumäärä ja läpimitta tuhon ilmiäsuu -ryhmittäin.

Metsäkeskus	Tuhon ilmiäsuu					Tuhopuut yhteensä	Ei tuhoa	Yhteensä
	Kaatonut	Katkennut	Kallellaan	Vaurioitunut	Korjattu			
Puiden lukumäärä								
Rannikko – Eteläosa	7	1	3	0	3	14	1923	1937
Rannikko – Pohjanmaa, osa	3	0	2	0	0	5	652	657
Lounais-Suomi, osa	8	0	0	0	0	8	902	910
Häme-Uusimaa	45	2	6	0	2	55	4079	4134
Pirkanmaa	36	7	4	0	1	48	4127	4175
Etelä-Pohjanmaa, osa	26	35	6	1	7	75	3375	3450
Keski-Suomi, osa	3	5	0	2	5	15	2408	2423
Yhteensä	128	50	21	3	18	220	17466	17686
Keskiläpimitta, cm	25	20	22	14	28	24		
Pienin läpimitta, cm	5	3	5	7	14	3		
Suurin läpimitta, cm	49	63	40	24	49	63		

Taulukko 3. Myrskytuhoalueojen edustama pinta-ala.

Kehitysluokkaryhmä	Pinta-alalaskenta		Tilavuuslaskenta	
	Suorakaide	Suorakulma	Suorakaide	Suorakulma
ha/koeala				
Taimikko + ylispuusto	2046,08	1929,15	2046,08	1929,15
Suojus- tai siemenpuusto	1567,00	1962,64	1567,00	1962,64
Nuori kasvatusmetsä	1513,35	2102,83	1517,83	2102,83
Varttunut kasvatusmetsä	1761,14	1825,33	1769,18	1825,33
Uudistuskypsä	1941,17	2054,53	1941,17	2076,98
Otanta-asetelma-alueet ja asetelmat				
Suorakaide	Alue	mm. Keski-Suomi, Etelä-Pohjanmaa, Rannikko – Pohjanmaan osa-alue		
	Asetelma	Ryväsväli 7 km, rypään muoto suorakaide, kertakoealarypäillä 18 koealaa, pysyvillä rypäillä 14 koealaa, koealaväli 300 m		
Suorakulma	Alue	mm. Rannikko – Etelä-Suomen osa-alue, Lounais-Suomi, Häme-Uusimaa, Pirkanmaa		
	Asetelma	Ryväsväli 6 km, rypään muoto suorakulma, kertakoealarypäillä 14 koealaa, pysyvillä rypäillä 10 koealaa, koealaväli 250 m (kuva 1)		

Lukupuihin perustuvaa tilavuuslaskentaa varten laskettiin erilliset painokertoimet, joissa ei otettu huomioon niitä neljää koealaa, joiden puita ei kyetty yksilöimään.

Pinta-alatulokset (luku 3.1) laskettiin tavanomaiseen VMI-tapaan (Tomppo ym. 1998) summaamalla koealojen (keskipistekuvioiden) pinta-alapainoja halutuissa ositteissa. Kuvioittain arvioituista tuhopuuston hehtaarikohtaisista runkoluvuista ja tilavuuksista laskettiin kokonaisrunkoluku ja -tilavuus kertomalla ne pinta-alapainoilla.

Lukupuihin perustuva puuston tilavuuslaskenta tehtiin tavanomaiseen VMI-tapaan. Laskennassa käytettiin VMI9:n aikaista puun tilavuutta, eli VMI-mittauksen jälkeen tapahtunutta kasvua ei otettu huomioon. Mittauksen jälkeen puut ovat kasvaneet mittausesän lisäksi 2–5 eli keskimäärin 3,1 kokonaista kasvukautta (taulukko 4). Kokonaistilavuudet (luku 3.2) laskettiin kertomalla keskitilavuuslaskentaosittien koealojen edustamien pinta-alojen summalla. Lukupuihin perustuva tuhopuiden runkoluku laskettiin summaamalla puiden edustamat hehtaarikohtaiset runkoluvut.

Myrskytuhopuiden apteerauksen (luku 3.3) tavoitteena oli saada selville myrskytuho välitön vaikutus tuhopuuston puutavaralajijakaumaan. Tuhopuis-

ta apteerattiin ne, joiden puutavaralajijako oli muuttunut rungon katkeamisen tai muun vaurion seurauksena. Apteeraustietojen perusteella puille laskettiin eri puutavaralajien (tukki, kuitu ja hakkuutähde) tilavuudet ennen myrskytuhoa ja sen jälkeen.

Taulukko 4. Tuhopuiden kasvukaudet VMI9:n mittausten jälkeen.

Metsäkeskus	VMI9:n mittausten jälkeiset kokonaiset kasvukaudet				
	2	3	4	5	Yhteensä
Puiden lukumäärä					
Rannikko – Eteläosa	0	14	0	0	14
Rannikko – Pohjanmaa, osa	0	0	5	0	5
Lounais-Suomi, osa	0	8	0	0	8
Häme-Uusimaa	36	19	0	0	55
Pirkanmaa	48	0	0	0	48
Etelä-Pohjanmaa, osa	0	0	71	4	75
Keski-Suomi, osa	0	0	0	15	15
Koko alue	84	41	76	19	220

3 Tulokset

3.1 Tuhometsien ala ja tuhopuuston määrä kuvioarvioiden perusteella

3.1.1 Tuhojen korjaushakkuiden tarve

Mittausalueen metsämaan kokonaisala oli yli 3,9 miljoonaa hehtaaria. Siitä 750 000 ha kuului otannan ulkopuolelle jääneisiin kehitysluokkiin, joten mittausten perusjoukkona oli kaikkiaan lähes 3,2 milj. ha metsämaata. Jonkinasteisia myrskytuhoja todettiin 1,2 milj. ha (taulukko 5), mikä on 37 % mittausten kohteena olleista kehitysluokista ja 30 % mittausalueen koko metsäalasta. Varttuneista kasvatusmetsistä, uudistuskypsistä metsistä sekä suoju- ja siemenpuustoista lähes puoleen oli syntynyt tuhoja.

Tuho oli 722 000 hehtaarin alalla eli valtaosalla tuhoalasta niin vähäinen, että metsän ei katsottu tarvitsevan minkäänlaista korjaushakkuuta. Kuvioittaisten tuhopuustoarvioiden perusteella näissä metsissä oli myrskyn vaurioittamia puita keskimäärin 6 kappaletta ja 1 m³ hehtaarilla (taulukko 5).

Tuhopuiden korjuu- tai muun hakkuutarpeen myrskyt aiheuttivat 458 000 hehtaarin alalle, mistä 77 000 ha oli ennätetty hakata ennen tuhoinventointia. Hakkuuta tarvitsevaa alaa oli kaikkiaan 14 % mittausten kohteena olleista metsistä. Uudistuskypsistä metsistä sekä suoju- ja siemenpuustoista yli 20 % sai hakkuuehdotuksen. Yleisin ehdotus oli pelkkien tuhopuiden korjuu, mitä ehdotettiin 290 000 ha. Näissä kohteissa oli tuhopuita keskimäärin 21 kappaletta/ha ja 7 m³/ha, eli hakkuukertymä pelkistä tuhopuista on melko pieni (taulukko 5).

Uudistushakkuuta ehdotettiin vajaat 50 000 ha, mistä vajaatuottoiseksi pilaantunutta puustoista metsää oli 23 000 ha ja pilalle menneitä luontaisen uudistamisen aloja 6 000 ha. Ensimmäisissä kohteissa tuhopuustoa oli keskimäärin noin 120 runkoa/ha ja 90 m³/ha (taulukko 5).

Kuvioittaisten tuhopuuston runkoluku- ja tilavuusarvioiden perusteella mittausalueen tuhopuuston kokonaismäärä oli lähes 20 miljoonaa puuta ja 6,6 miljoonaa kuutiometriä.

Myrskytuhometsien suhteellinen osuus oli suurin Etelä-Pohjanmaalla, missä jonkinasteisia tuhoja oli 54 %:lla ja tuhon korjaushakkuun tarve 23 %:lla mittauskohdemetsien alasta.

3.1.2 Tuhojen vakavuus

Tuhon aiheuttaman hakkuutarpeen lisäksi tuhon vakavuutta kuvattiin arvioimalla tuhon aste samantapaisella luokituksella kuin tavanomaisessa VMI:ssä. Myrskytuhoinventoinnissa kuitenkin jo yksikin tuhopuu aiheutti tuhomekinnän. Tuhoista oli yli 80 % lieviä, eli tuho ei ollut alentanut metsikön laatua. Tuhon aste oli vähintään todettava, eli metsikön laatua alentava, 195 000 hehtaarilla, mikä on 6 % mittausten kohteena olleista metsistä (taulukko 6). Lievinä pidetyissä tuhoissa oli kuvioittaisten arvioiden perusteella tuhopuuta keskimäärin 8 runkoa ja 2 m³ hehtaarilla, kun vastaavasti todettavissa eli jo metsikön laatua alentaneissa tuhoissa tuhopuuta oli keskimäärin 41 runkoa ja 13 m³ hehtaarilla.

3.2 Tuhopuuston määrä lukupuumittausten perusteella

Myrskytuhoinventoinnin koalojen kaikkiaan 17 686:sta VMI9:n lukupuusta oli vaurioitunut marraskuun myrskyissä 220. Myrskyn vaurioittaman puuston kokonaistilavuus oli 7,3 miljoonaa kuutiometriä (taulukko 7) eli keskimäärin 2,3 m³/ha mittausten kohteena olleiden kehitysluokkien metsissä ja 1,8 m³/ha koko metsämaalla. Puuston kokonaistilavuus mittausten kohteena olleissa metsissä oli hieman yli 500 miljoonaa kuutiometriä, joten tuhopuuston osuus on 1,4 % puuston kokonaistilavuudesta.

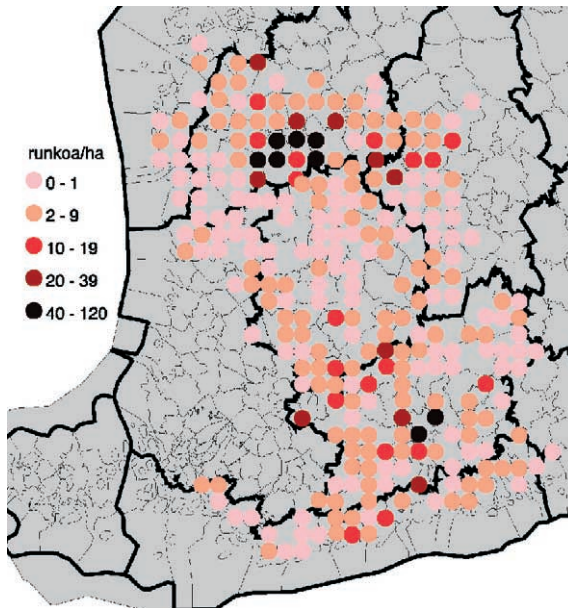
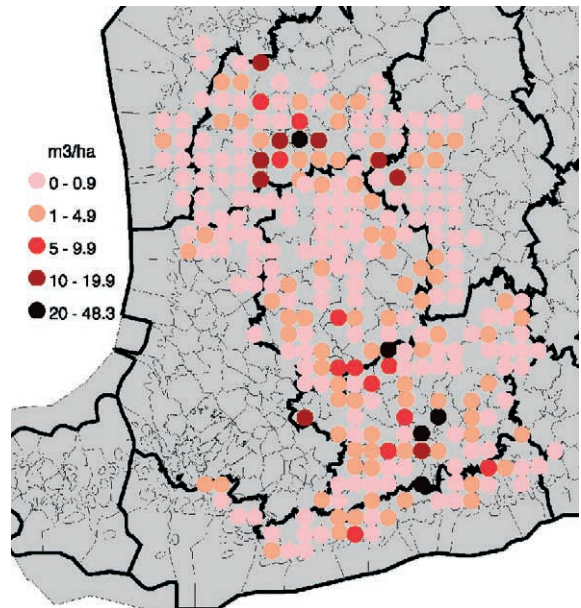
Läpimitaltaan vähintään 10-senttisten tuhopuiden edustama kokonaislukumäärä on 24 miljoonaa puuta. Alle 10-senttisiä tuhopuita oli aineistossa 13 kappaletta ja niiden osuus tuhopuuston tilavuudesta oli vain 0,2 miljoonaa kuutiometriä.

Tuhopuustosta oli kaatunutta puuta 62 %, katkennutta 20 % ja kallellaan olevaa 8 %. Ennen myrskytuhojen inventointia tuhopuuta oli ennätetty korjata lähes 700 000 kuutiometriä (taulukko 7). Tuhopuustosta on kuusta 4,5, mäntyä 2,5 ja koivua vajaat 0,3 miljoonaa kuutiometriä (kuva 3). Tuhopuuston keskimääräinen tukkipuuosuus oli 49 %. Myrskytuhon syntymistä edistäneessä määrin lahovikaista oli tuhopuustosta kaikkiaan 900 000 kuutiometriä.

Tuhopuuston tilavuustuloksille laskettiin luotettavuusarviot samalla menetelmällä kuin VMI-tulok-

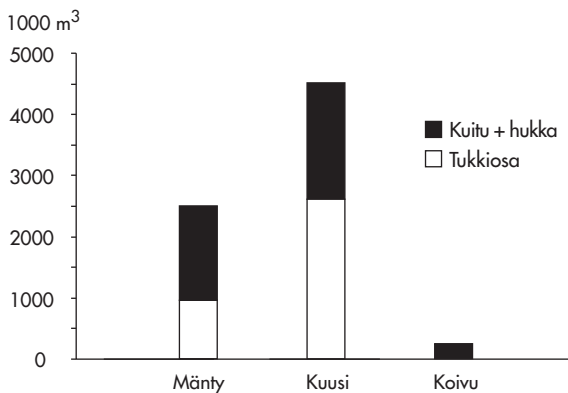
Taulukko 6. Myrskytuhojen vakavuus.

Metsäkeskus	Mitattu osa	Myrskytuhojen aste				Tuhometsät yhteensä	Ei tuhoa	Yhteensä
		Lievä	Todettava	Vakava	Täydellinen			
		Ala, 1000 ha						
Rannikko – Eteläosa	Kokonaan	100	6	2	0	108	210	318
Rannikko – Pohjanmaa	Eteläosa	34	0	0	0	34	94	127
Lounais-Suomi	Pohjoisosa	17	4	2	0	23	172	195
Häme-Uusimaa	Kokonaan	209	51	11	6	277	431	709
Pirkanmaa	Kokonaan	216	33	2	0	251	527	778
Etelä-Pohjanmaa	Eteläosa	296	42	10	4	352	300	651
Keski-Suomi	Länsiosa	113	21	0	2	136	268	404
Yhteensä		985	156	27	12	1180	2002	3182
Kehitysluokkaryhmä		Ala, 1000 ha						
Taimikko + ylispuusto		18	2	0	0	20	80	100
Suojus- tai siemenpuusto		25	11	4	0	40	37	77
Nuori kasvatusmetsä		269	38	10	0	317	915	1232
Varttunut kasvatusmetsä		434	69	9	2	514	640	1154
Uudistuskypsiä		238	36	4	10	288	330	619
Koko alue		985	156	27	12	1180	2002	3182
Osuus alasta, %		31	5	1	0	37	63	100
Osuus tuhoalasta, %		83	13	2	1	100		
Tuhopuuston runkoluku, kpl/ha		8	41	109	174	16	0	6
Tuhopuuston tilavuus, m ³ /ha		2	13	34	137	6	0	2

**Kuva 2.** Tuhopuuston runkoluku mitatuilla VMI:n koealarypällä. Pohjakartta © Maanmittauslaitos, lupa 456/MYY/03.**Kuva 3.** Tuhopuuston tilavuus mitatuilla VMI:n koealarypällä. Pohjakartta © Maanmittauslaitos, lupa 456/MYY/03.

Taulukko 7. Tuhopuuston tilavuus.

Metsäkeskus	Tuhopuun ilmiasu					Tuhopuut yhteensä		Ei tuhoa	Yhteensä
	Kaatunut	Katkennut	Kallellaan	Vaurioitunut	Korjattu	1000 m ³	m ³ /ha		
			1000 m ³			1000 m ³	m ³ /ha	1000 m ³	
Rannikko – Eteläosa	292	29	89	0	150	560	1,8	59485	60045
Rannikko – Pohjanmaa, osa	91	0	76	0	0	167	0,9	15074	15241
Lounais-Suomi, osa	258	0	0	0	0	258	1,5	24126	24385
Häme-Uusimaa	1909	94	192	0	77	2272	3,0	130912	133184
Pirkanmaa	1305	394	98	0	32	1829	2,5	123471	125300
Etelä-Pohjanmaa, osa	617	773	128	11	226	1755	3,0	79750	81505
Keski-Suomi, osa	65	136	0	34	193	428	1,0	61623	62051
Koko alue	4538	1427	582	45	678	7269	2,3	494442	501711
Kehitysluokkaryhmä			1000 m ³			1000 m ³	m ³ /ha	1000 m ³	
Taimikko + ylispuusto	36	0	0	0	0	36	0,4	4964	5001
Suojus- tai siemenpuusto	204	0	0	0	155	359	4,9	3977	4336
Nuori kasvatusmetsä	617	281	121	45	0	1064	0,9	121372	122437
Varttunut kasvatusmetsä	2276	628	349	0	171	3424	3,0	224303	227727
Uudistuskypsä	1405	518	111	0	352	2386	3,9	139825	142211
Yhteensä	4538	1427	582	45	678	7269	2,3	494442	501711

**Kuva 4.** Tuhopuusto puu- ja puutavaralajeittain.

sille tavanomaisesti lasketaan (Tomppo ym. 1998). Tuhopuuston määrän vaihtelu koelarypäittäin on suhteellisen suuri. Koko mittausalueen tuhopuuston tilavuuden suhteellinen keskivirhe oli 14,7 %, ja otanta-asetelma-alueilla (taulukko 3) keskivirhe oli noin 20 %. Luotettavuuslaskennan perusteella koko mittausalueen tuhopuuston 95 %:n luottamusväli

(tulos ± kaksinkertainen keskivirhe) oli siten 5,1–9,4 miljoonaa kuutiometriä.

Rannikon eteläosan, Lounais-Suomen, Hämeen-Uudenmaan ja Pirkanmaan alueella 66 % tuhopuustosta oli koealoilla, joiden etäisyys myrskytuho-rikin aiheuttavaan kuvionrajaan (liite, kohta ”Kuvio-rajaa”) oli korkeintaan 40 metriä. Kokonaispuustosta oli näillä koealoilla vain 48 %. Etelä-Pohjanmaalla ja Keski-Suomessa, missä tuhojen syynä oli tuulen lisäksi lumi, ei vastaavaa eroa metsän reunassa ja sisällä olleen puuston välillä ollut havaittavissa.

3.3 Tuhopuuston arvotappiot

Puutavaralajijakoon vaikuttaneen tuhon vuoksi apteerattiin 28 puuta. Katkenneiden puiden sisäiset halkeamat pyrittiin ottamaan huomioon apteerauksessa. Myrskytuho välittömänä vaikutuksena tuhopuuston tukkiosuus oli alentunut runsaan prosenttiyksikön ja hakkuutähteen osuus suurentunut 1,5 %-yksikköä. Käytännössä myrskytuho puuston puutavaralajitappiot lienevät apteerauksessa saatua tulosta suurempia mm. siksi, että teräketjun rikkoontumisen välttämiseksi tuhopuiden kaatosa-

Taulukko 8. Tuhojen korjaushakkuuehdotusten poistuma-arvio.

Metsäkeskus	Tuhopuusto		Muu puusto		Yhteensä		
	1000 m ³	m ³ /ha	1000 m ³	m ³ /ha	1000 m ³	m ³ /ha	% puustosta
Rannikko – Eteläosa	453	1,3	1037	2,9	1490	4,2	2,5
Rannikko – Pohjanmaa, osa	64	0,3	38	0,2	102	0,4	0,7
Lounais-Suomi, osa	258	1,3	138	0,7	396	1,9	1,6
Häme-Uusimaa	2036	2,2	5773	6,1	7809	8,3	5,9
Pirkanmaa	1576	1,8	2190	2,4	3766	4,2	3,0
Etelä-Pohjanmaa, osa	1505	2,0	1947	2,6	3452	4,7	4,2
Keski-Suomi, osa	330	0,6	1467	2,6	1797	3,2	2,9
Koko alue	6223	1,6	12391	3,1	18614	4,7	3,7

haus saatetaan tehdä normaalia ylempää, ja koska katkenneen puun tukkiosan sisäisten halkeamien arvioiminen päältäpäin ei vastaa hakkuussa tehtävää katkontaa. Näitä tappioita, samoin kuin myrskytuhoon mahdollisesti normaalia alempia kantohintoja, ei selvitetty eikä otettu huomioon tässä tutkimuksessa.

Korjaamatta jäävän tuhoppuuston arvo menetetään kokonaan, ja liian myöhään korjattavan puuston tukkiosuus ja kuitupuun arvo pienenevät laatutappioiden vuoksi. Tuhoppuun määrä metsäkoissa, joihin ei ehdotettu tuhoppuiden korjaushakkuuta, oli kaikkiaan noin miljoona kuutiometriä. Jos nämä puut jäävät kokonaan korjaamatta, menetetään niiden kantohinta-arvo, noin 25 miljoonaa euroa, kokonaisuudessaan (puutavaralajien hinnat: Metinfo, vuoden 2001 kantohinnat Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella). Jos tuhoppuut korjataan myöhempien hakuiden yhteydessä, ja kuolleesta havupuusta saadaan mäntykuidun hinta, kantohinta-arvon alennus on noin 15 miljoonaa euroa. Vakuutusyhtiöt ovat arvioineet maksavansa lähes 10 miljoonan euron korvaukset Pyryn ja Janikan tuhoista (Myrskytuhoja korvataan... 2002).

3.4 Tuhojen korjaushakkuiden kokonaiskertymä ja -poistuma

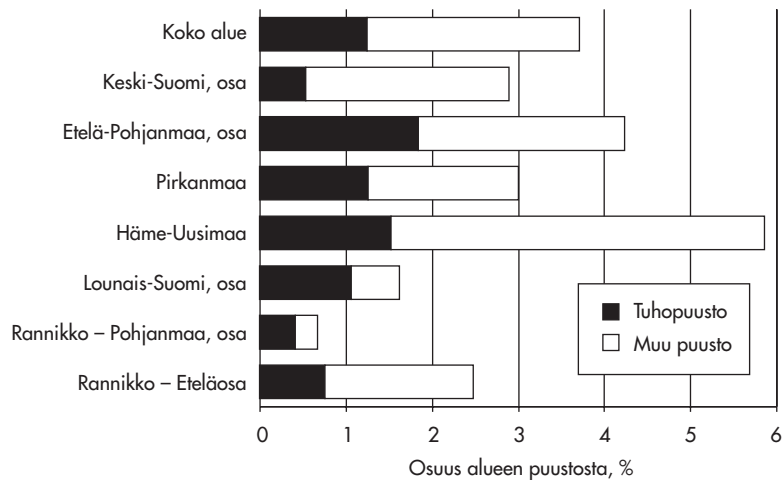
Myrskytuhojen korjaushakkuiden kokonaiskorjuumäärä ja -poistuma arvioitiin hakkuuehdotusluokittain. Uudistushakkuu- ja ylispuiden poisto -ehdotuksissa hakkuupoistumaan luettiin koko puusto. Har-

vennusehdotuksissa poistumaan luettiin tuhoppuusto sekä 25 % tuholta säästyneestä puustosta. Tuhoppuiden hakkuu ja tuhoppuut korjattu -ehdotuksissa poistumaan luettiin vain tuhoppuusto. Luonnonpoistuma ja jättöpuita ei luettu mukaan poistumaan.

Kokonaispoistumaksi saatiin näin lähes 19 miljoonaa kuutiometriä (taulukko 8), mistä tukkipuuta oli runsas 10 miljoonaa ja kuitupuuta lähes 8 miljoonaa kuutiometriä. Poistuman määrä on keskimäärin lähes 5 m³/ha ja 3,7 % mittausalueen puustosta (kuva 5). Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella näin arvioitu tuhojen korjaushakkuiden poistuma on suurempi kuin vuoden 2000 tilastoitu kokonaispoistuma 6,3 miljoonaa kuutiometriä (Metsätilastollinen... 2001), ja koko tuhoinventoinnin alueella tuhojen korjaushakkuiden poistuma-arvio vastaa likimain alueen viimeaikaista vuotuista poistumaa.

3.5 Tuhoppuiden seurantamittaus

Keväällä 2003 huhtikuun lopun ja toukokuun alun aikana selvitettiin tuhoppuiden tila. Seurantamittaus tehtiin Metsien monimuotoisuuden tutkimuksen ja seurannan kehittämisohjelman (Mosse) Myrskyjen seuraustuhojen hallinta -hankkeen aloitteesta ja tulosten varsinainen raportointi tehdään mainitussa hankkeessa. Selvitys kattoi tuhoppuut, jotka olivat korjaamatta 2001 mittauksessa. Hakattujen puiden osalta seurantamittauksessa kirjattiin hakkuutapa ja arvioitiin hakkuun ajankohta, eli oliko hakkuu tehty ensimmäisenä (viimeistään 31.5.2002) vai toisena myrskyn jälkeisenä talvena. Korjaamatta jääneistä,



Kuva 5. Tuhojen korjaushakkuiden poistuma-arvion osuus alueen puustosta.

Taulukko 9. Tuhopuusto puu- ja puutavaralajeittain kevään 2003 seurantamittauksen perusteella. Hakkaamatta jääneen puuston puuaineen tukkikelpoisuus ja kantohinta-arvo. Hakatun puuston hakkuun aika.

	Jäänyt elävä puusto						Hakattu puusto			Vanha luonnon- poistuma- puu	Tuhopu- puut yhteensä
	Puuaineen laatu		Yhteensä	Kantohinta-arvo			Hakkuun aika		Yhteensä		
	Tukki- kelpoinen	Ei tukki- kelpoinen		Ennen myrskyä	Kevät 2003	Kaikki kuituna ^{a)}	1.talvi	2.talvi			
	1000 m ³			milj. e			1000 m ³		1000 m ³	1000 m ³	
Mänty											
Tukki	119	140	259	12,1	7,3	3,3	624	74	698	0	957
Kuitu	133	532	665	8,4	8,4	8,4	503	250	753	32	1450
Koko puusto	265	730	995	20,5	15,8	11,7	1145	333	1478	32	2505
Kuusi											
Tukki	197	153	350	15,2	10,5	4,4	2131	130	2261	0	2611
Kuitu	257	241	498	11,2	8,8	6,3	1095	149	1244	83	1825
Koko puusto	463	404	867	26,4	19,3	10,7	3273	284	3557	84	4509
Koivu											
Tukki	0	0	0	0,0	0,0	0,0	20	0	20	0	20
Kuitu	13	65	78	1,0	0,2	0,0	125	0	125	0	202
Koko puusto	15	71	86	1,0	0,2	0,0	170	0	170	0	255
Kaikki											
Tukki	315	294	609	27,3	17,8	7,7	2775	204	2979	0	3588
Kuitu	402	838	1240	20,7	17,4	14,7	1722	399	2121	115	3477
Koko puusto	743	1206	1949	48,0	35,3	22,4	4587	617	5204	116	7269

^{a)} Pilaantunut koivukuitu arvioitu käyttökelvottomaksi.

Taulukko 10. Metsään jääneen tuhopuuston puuaineen tukkikelvopoisuus tuhon ilmiasu -luokittain kevään 2003 seurantamittauksen perusteella.

Tuhon ilmiasu	Mänty			Kuusi			Koivu			Kaikki		
	Tukki- kelvoinen	Ei tukki- kelvoinen	Yhteensä	Tukki- kelvoinen	Ei tukki- kelvoinen	Yhteensä	Tukki- kelvoinen	Ei tukki- kelvoinen	Yhteensä	Tukki- kelvoinen	Ei tukki- kelvoinen	Yhteensä
	1000 m ³											
Kaatonut	0	395	395	266	265	531	0	23	23	266	683	949
Katkennut	69	282	351	24	129	153	15	48	63	108	458	566
Kallellaan	174	54	228	161	0	161	0	0	0	335	54	389
Vaurioitunut	22	0	22	12	11	23	0	0	0	34	11	45
Korjattu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yhteensä	265	730	995	463	404	867	15	71	86	743	1206	1949

VMI9:ssä eläviksi kirjatuista puista arvioitiin kaarnakuoriaisten iskemien määrä, latvuksen väri sekä puuaineksen laatu. Puista ei tehty mittauksia, vaan tilavuustulokset perustuvat seurantamittauksessakin VMI9:n mittauksiin. Laskennassa otettiin huomioon myös ne myrskytuho puut, jotka oli hakattu ennen vuoden 2001 mittausta.

Tuhopuista oli korjattu ensimmäisenä myrskyn jälkeisenä talvena 119 ja toisena 23, eli yhteensä 142 puuta 220:stä. Korjatun tuhopuuston kokonaistilavuuden arvio on 5,2 miljoonaa kuutiometriä – kuusta 3,6 milj. m³ ja mäntyä 1,5 milj. m³ (taulukko 9). Korjattujen kuusien tilavuus on 79 % myrskytuho kuusien kokonaistilavuudesta, ja niiden tukkitilavuus 87 % tuhokuusien tukkitilavuudesta. Männyllä vastaavat osuudet olivat 59 % ja 73 %. Kaatuneesta puustosta oli korjattu 79 % ja katkenneesta 52 %. Kuusen hakkuista 92 % oli tehty jo ensimmäisen talven aikana, männyn hakkuista 77 %.

Korjaamatta jäänyttä, VMI9:ssä eläväksi kirjattua, tuhopuuta oli vajaat 2 milj. m³, mistä mäntyä oli miljoona kuutiometriä, kuusta hieman vähemmän ja koivua alle 100 000 m³. Jääneen puuston tukki-osuus oli selvästi pienempi kuin korjatun puuston. Metsään jääneestä puustosta oli lähes puolet kaatunutta, 30 % katkennutta ja 20 % kallellaan (taulukko 10).

Metsään jääneiden puiden puuaineksestä 62 % oli muuttunut tukkikelvottomaksi, eli oli kuollut tai saanut hyönteistuhon (taulukko 10), mutta yli kolmannes oli vielä täysin ilman hyönteistuhon. Kaatuneet männyt olivat kaikki tukkikelvottomia ja katken-

neistakin 80 %. Kaatuneista kuusista oli pilaantunut puolet, katkenneista 84 %. Tukki-kelvottoman puuston tukkitilavuus oli 0,3 milj. m³, mistä hieman yli puolet oli kuusta ja loput mäntyä. Luvussa 3.3 käytetyillä puutavaralajihhinnoilla metsään jääneen tuhopuuston alkuperäinen kantohinta-arvo 48 miljoonaa euroa on jo alentunut 13 miljoonaa euroa ja voi alentua lisää saman verraan, 22 miljoonaa euroon, jos kaikki puuaines pilaantuu tukkikelvottomaksi ennen korjuuta (taulukko 9).

Tuhopuiden korjuusta runsas 40 % oli yksittäisten tuhopuiden hakkuista. Noin 30 % hakkuista tapahtui osana harvennusta ja sama määrä uudistushakkuun yhteydessä. Luvussa 3.4 esitetyllä periaatteella arvioitu tuhojen korjaushakkuiden kokonaispoistuma on ollut noin 15 miljoonaa kuutiometriä.

4 Tulosten tarkastelu

Marraskuun 2001 myrskyjen – Pyryn ja Janikan – aiheuttamat puustotuhot inventoitiin VMI9:n pysyvien koalojen avulla joulukuussa 2001. Keväällä 2003 tehtiin myrskytuhoinventoinnin tuhopuiden tilan seurantamittaus.

Inventointialue kattoi pahimmat myrskytuhoalueet Etelä-Suomessa, ja sen metsämaan kokonaisala oli yli 3,9 miljoonaa hehtaaria. Mittausalue rajattiin alustavasti ennakkotiedustelujen perusteella, ja lopulliseen rajaukseen vaikuttivat käytettävissä olleet resurssit ja säiden – lämpötilan ja lumen

määrän – soveltumisen mittauksiin. Mittausalueen ulkopuolella olevia tuhoja ei selvitetty millään tavoin. Tuhoista ei pyritty erittelemään, olivatko ne Pynin vai Janikan aikaansaamia eikä sitä, oliko tuhon lopullinen aiheuttaja tuuli vai lumi.

Myrskytuhoja todettiin 1 180 000 hehtaarin alueella, mikä on 30 % mittausalueen metsäalasta. Tuhon vuoksi tehtäviä korjaushakkuita ehdotettiin 458 000 ha, mistä valtaosa on yksittäisten tuhopuiden poimintaa. Myrskyn tuhoaman puuston kokonaistilavuus mittausalueella on 7,3 miljoonaa kuutiometriä, mikä on 1,4 % alueen puustosta. Määrä on noin kaksinkertainen metsäkeskuksissa koottuihin pika-arvioihin verrattuna. Tuhopuuston tilavuusarvion keskivirhe oli 14,7 %. Lämpimiltään vähintään 10-senttisiä tuhopuita oli 24 miljoonaa kappaletta.

Tuhopuuston VMI9:n aikainen tukkipuusuus ei alentunut kovin merkittävästi myrskytuhoon välittömänä seurauksena. Käytännössä puutavaralajitappiot lienevät kuitenkin myrskytuhoinventoinnin apteerauksessa todettua suuremmat silläkin tuhopuuston osalla, joka korjataan ennen seuraavaa kevättä. Suurimmat hakkuuarvon menetykset syntyvät kuitenkin vasta myöhempien hakkuiden yhteydessä korjattavista tai kokonaan korjaamatta jäävistä yksittäisistä tuulenkaadoista. Tällaisen puuston määräksi arvioitiin vuoden 2001 mittauksen perusteella 1 miljoonaa kuutiometriä ja kantoraha-arvoksi 25 miljoonaa euroa. Myöhässä, mäntykuituna tapahtuva korjuu merkitsee noin 15 miljoonan euron tappiota tuhoa edeltäneeseen hakkuuarvoon verrattuna.

Keväällä 2003 tehdyn seurantamittauksen perusteella tuhopuuta oli korjaamatta noin 2 miljoonaa kuutiometriä. Yli 60 % oli muuttunut puuaineeltaan tukkikelvottomaksi, ja puuston kantohinta-arvo oli alentunut 13 miljoonaa euroa.

Tuhojen korjaushakkuiden kokonaispoistuman määräksi arvioitiin vuoden 2001 mittauksen hakkuuehdotusten perusteella lähes 19 miljoonaa kuutiometriä. Määrä on samaa suuruusluokkaa, kuin tuhoinventoinnin mittausalueen viimeaikainen vuotuisen hakkuupoistuma. Seurantamittauksen perusteella tuhopuuta oli korjattu runsas 5 miljoonaa kuutiometriä, mikä on yli 70 % tuhopuuston määrästä, ja korjaushakkuiden kokonaispoistuman arvioksi saatiin 15 miljoonaa kuutiometriä.

Tuhopuuston tilavuuden laskennassa ei otettu huomioon VMI9:n mittauksen jälkeistä kasvua. Puut

ovat kasvaneet VMI9:n mittauksen jälkeen keskimäärin 3,1 kokonaista kasvukautta sekä lisäksi VMI9:n mittauskesänä mittauksen jälkeen. Koska pysyvien koealojen koepuita ei kairata, ei tuhopuiden kasvua voi arvioida VMI9:n mittaukseen edeltäneen kasvun perusteella. Jos tuhopuiden keskimääräinen vuotuinen kasvu olisi 2–3 %, niiden tilavuus olisi lisääntynyt VMI9-mittauksen jälkeen 6–9 %.

Kuvioittaisten tuhopuuston lukumäärä- ja tilavuusarvioiden perusteella saatiin jonkin verran pienempi tulos kuin lukupuiden perusteella. Ero ei kuitenkaan ollut suuri puihin perustuvan tilavuuden keskivirhe huomioon ottaen, ja eroa voi selittää se, että kuviokohtaisissa arvioissa ja niihin perustuvassa tuloslaskennassa metsikkökuvioiden reunoilla olevat tuhot eivät riittävässä määrin huomioon otetuksi.

Maastotyön tehostamiseksi mittauksia ei tehty kaikilla alueen koealarypäillä eikä kaikilla mitattujen rypäiden koealoilla. Koealojen karsinnalla voi olla pieniä, mutta erisuuntaisina kokonaisuudessaan merkityksettömiä vaikutuksia tuloksiin. Mittaamatta jätetyillä rypäillä on keskimääräistä enemmän puutonta aluetta ja siten oletettavasti myös keskimääräistä enemmän myrskytuhoille alttiita metsän reunoja. Niiden pois jääminen johtaa myrskytuhojen aliarvioon. VMI9:n jälkeen avohakattujen koealojen pois jättäminen puolestaan johtaa myrskytuhojen lievään yliarvioon, jos ja kun varttuneiden kehitysluokkien ala on jonkin verran pienentynyt VMI9:n jälkeen.

VMI9:n pysyvät koealat osoittautuivat toimivaksi kehikoksi nopeasti ja suhteellisen pienin resurssein tehtävään erikoisinventointiin. Kerätty aineisto tarjoaa jatkossa mahdollisuuden myrskytuhojen tässä vaiheessa tehtyä yksityiskohtaisempaan analysointiin.

Kiitokset

Myrskytuhojen inventoinnin suunnitteluun osallistivat tekijöiden lisäksi Juha Heikkinen, Helena Henttonen, Kari T. Korhonen ja Erkki Tomppo. Maastotyöt tekivät VMI:n vakinaiset ja tilapäiset ryhmänjohtajat Mari Honkonen, Jouni Kunnari, Jouni Kulju, Juhani Kumpuniemi, Markku Pernu, Jouni Peräsaari,

Juha Pulli, Tuomo Saastamoinen, Rauno Salo, Kati Tammela ja Pertti Virtanen. Ulla Suhonen tallensi aineiston. Alpo Aarnio laski apteerattujen puiden puutavaralajitilavuudet. Tulosten luotettavuuslaskelmat teki Juha Heikkinen ja kartat Jouni Peräsaari. Antti Pouttu ja Heikki Roininen olivat hyönteistuhosian-tuntijoina seurantamittauksen maastotöiden suunnittelussa. Kiitos kaikille mukana olleille.

Kari T. Korhonen sekä toimituksen valitsema anonyymi ennakkotarkastaja ovat tutustuneet käsikirjoitukseen ja tehneet siihen huomioon otettuja kommentteja. Myrskytuhoinventoinnin maastotöihin saatiin rahoitusta Energia-alan keskusliitto ry Finergystä sekä maa- ja metsätalousministeriöstä. Seurantamittauksen maastotöihin saatiin MMM:n rahoitus. Lämmin kiitos mielenkiinnosta ja tuesta.

Kirjallisuus

- Iso leimaaja pyyhki Länsi-Suomen yli – myrskyvahingot Länsi-Suomessa lähes 70 miljoonaa markkaa. 2001. Lusto 4/2001. [Verkkolehti]. Saatavissa: <http://www.lalli.fi/lusto/lusto042001/myrskytuhot.html>.
- Jalkanen, A. & 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.
- Kellomäki, S. & Peltola, H. (eds.). 1998. Silvicultural strategies for predicting damage to forests from wind, fire and snow. *Research Notes* 73, University of Joensuu, Faculty of Forestry. 158 p.
- Laiho, O. 1987. Metsiköiden alttius tuulituhoille Etelä-Suomessa. Summary: Susceptibility of forest stands to windthrow in Southern Finland. *Folia Forestalia* 706. 24 s.
- Laitakari, E. 1952. Myrskyistä ja myrskyn tuhoista Suomessa vv. 1911–1950. Summary: On storms and storm damage in Finland during the period 1911–1950. *Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja* 40(30). 29 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2001. 2001. SVT Maa-metsä- ja kalatalous 2001:52. Metsäntutkimuslaitos. 374 s.
- Myrsky tuhosi puuta yli 3 miljoonaa kuutiota. 2001. *Maaseudun Tulevaisuus* 12.12.2001.
- Myrskytuhoja korvataan 10 miljoonalla eurolla. 2002. *Maaseudun Tulevaisuus* 23.1.2002.
- Peltola, H., Kellomäki, S., Väisänen, H. & Ikonen, V.-P. 1999. A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce and birch. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 647–661.
- Solantie, R. 1998. Lämpö-, sade- ja tuuliolot. *Julkaisussa: Mälkönen, E. 1998. Ympäristömuutos ja metsien kunto. Metsien terveydentilan tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 691. s. 39–46.
- Suomen myrskyt. 2002. [Verkkodokumentti]. Ilmatieteen laitos. Saatavissa: http://www.fmi.fi/saa/tilastot_21.html. [Viitattu 3.9.2002].
- Sähköyhtiöille korjauskustannuksia syysmyrskyistä 11 miljoonaa euroa. 2002. [Verkkodokumentti]. Senerin Talvipäivä 14.2.2002. *Lehdistötiedote. Sähköenergialiitto ry. Saatavissa: http://lehdisto.energia.fi/sener/%23611261*.
- Tomppo, E., 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* 1B/2001: 99–248.
- , 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 1968–97. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 2B/1998: 293–374.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). Maastotyön ohjeet 1998. 1998. Etelä-Suomi. Metsäntutkimuslaitos. 150 s.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. Kenttätyön ohjeet. 1992. Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan versio. Metsäntutkimuslaitos. 76 s. + liitteet.
- Yli-Kojola, H. 1994. Tuhojen esiintyminen Etelä-Suomen metsissä VMI:n tulosten mukaan. *Julkaisussa: Mälkönen, E. & Elomaa, S. (toim.). Metsien elinvoimaisuus. Metsäntutkimuspäivä Vantaalla 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 492. s. 17–22.
- 2002. Tuulituhon esiintyminen ja ennustaminen metsikkö- ja puutasolla Suomessa. *Metsänarvioimistieteen lisensiaatintyö. Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos*. 102 s.

Liite Myrskytuhoinventointi 2001, maasto-työohje

Tavoitteena on saada selville kahdesta marraskuun 2001 myrskytuhosta

- myrskytuhoon vuoksi hakattavan tai hakkuukelvottomaksi tuhoutuneen puuston määrä
- arvio em. puuston arvon alennuksesta
- myrskytuhometsien määrä kehitysluokittain ja tuhoasteittain
- tuhojen korjaamiseen tarvittava hakkuuala hakkuuta-voittain
- arvio korjuuhakkuiden kokonaiskertymästä
- myrskytuhoon vaikuttavat tekijät, esim. nykyisten metsänkäsittelyohjeiden vaikutus myrskytuhoihin.

Mittauskohteet (otanta)

- pysyvät lohkot, joilla vähintään 3 kehitysluokkien 5 tai 6 keskipistekuvia tai jos ko. keskipistekuvia on vain 2 lisäksi oltava useita kehitysluokkien 4–8 keskipiste- tai sivukuvia
- arvioitavat koealakuviot: kuviot, jotka olivat VMI9:n aikana kehitysluokkia 4–8, ei saarella, kehitysluokkien 2 ja 3 kuvioilta 2-jaksoiset ylispuustoiset (kl 5–8) kuviot. Lohkokartan perusteella otannasta jätettiin pois lisäksi yksittäisiä koealoja, joiden arviointi olisi vaatinut kohtuuttoman työpanoksen
- arvioitavat puut: otantakuvioiden lukupuut, joista yksilöidään myrskytuho puut ja niiden kannot.

Koealan etsiminen ja koealalla tehtävät arvioinnit

Koealalle suunnistetaan käyttäen karttaa, GPS-laitetta, etsintäohjetta ja puukarttaa. Tavoitteena on löytää VMI9:ssä mitatut puut. Jos koealakuvioilla ei ole myrskytuhoja (Myrskytuhopuuston runkoluku = 0), kuviolta kirjataan vain perustiedot eikä tehdä myöskään puuarviointia. Jos myrskytuhokuvion koealaa (puita) ei löydetä, kirjataan vain kuviotiedot.

Kuvioilta kirjatut tunnuks

Koealan löytyminen

Koealan kirjaaminen löytyneeksi ei edellytä keskipiste-

paalun löytymistä, riittää jos otantakuvioiden puut pystytään yksilöimään tai niiden tila myrskytuhoon suhteen on riittävällä varmuudella tiedossa.

0 Koeala ei löytynyt, puita ei arvioida

1 Koeala (puut) löytynyt tai puiden tila tiedossa riittävällä varmuudella

Tehty hakkuu

Kirjataan VMI9:n jälkeen mutta ennen myrskytuhoa tehty hakkuu käyttäen VMI9:n hakkuutapakodeja. Jos tehty hakkuu on muuttanut koealakuvion kehitysluokkaa niin, ettei kuvio enää täytä otantakriteerejä, kuviota eikä puita arvioida vaan kirjataan kuviolta ainoastaan tehty hakkuu. Kyseiset hakkuukoodit ovat avohakkuu tai ylispuiden poisto (7 tai 2).

0 Ei hakkuuta VMI9:n ja myrskytuho välillä

1 Taimikonhoito

2 Ylispuiden poisto

3 Ensiharvennus

4 Muu harvennus

5 -

6 Erikoishakkuu

7 Uudistushakkuu keinollinen

8 Uudistushakkuu luontainen

9 Verhopuuhakkuu

B Harsintahakkuu

E Koealaa ei mitattu

Kuvion pohjapinta-ala ennen myrskyä

Arvioidaan, jos on tehty hakkuu VMI9:n jälkeen eikä hakkuukoodi ole 7 tai 2. (m²/ha)

Kuvioraja

Kirjataan VMI9:n kuviorajan tapaan etäisyys ja suunta sekä erotusperuste, mutta kirjattavaksi kuviorajaksi luetaan vain ”puutonta” kuviota vasten oleva raja, josta kuviolle mahdollisesti aiheutuu tuulituhoriski (erotusperusteena yleensä maaluokka- ja kehitysluokkarajat). Koealakuvia halkovan tai sitä reunustavan ei-metsätalouden maan kuvion on oltava leveydeltään vähintään 10–15 metriä. Kirjattavan metsätalouden kuvion on oltava keskipituudeltaan korkeintaan puolet koealakuvion keskipituudesta. Pienen jyrkkärajaisen aukean luonteisen

alan on oltava läpimitaltaan suurempi kuin koealakuvion keskipituus. Kuviorajaksi kirjataan merkittävin (ei lähin) raja 40 m säteellä koealan keskipisteestä (keskipistekuviot) tai keskipistettä lähinnä olevasta kuvion pisteestä (sivukuviot).

Suunta ja etäisyys
Erotusperuste

Myrskytuhopuuston runkoluku ja tilavuus

Myrskytuhon seurauksena kaatuneiden, katkenneiden, kallistuneiden tai muuten vaurioituneiden puiden määrä kuviolla arvioidaan koko kuviolta tai isoilla kuviolla koealan lähiympäristöstä vähintään 0,25 ha alalta. Vakiokokoinen ”lähiympäristö” eri koealoilla riippumatta esim. tuhon laikutaisuudesta on arvioinnissa ehdottoman tärkeää. Arvioinnin tukena voi käyttää tilavuusarvioinnin aputaulukkoita. Yksikin tuhopuu tarkastelualalla kirjataan tässä yhteydessä.

Tuhopuiden määrä, kpl/ha
Tuhopuiden tilavuus, m³/ha

Myrskytuhon vuoksi tarvittava välitön toimenpide

Kirjataan tuhosta aiheutunut välitön toimenpidetarve. Jättöpuujakson tai -puiden tuhoutuminen ei välttämättä edellytä toimenpidetarvetta. Myrskyn jälkeen jo tehdyt tuhojen korjuuhakkuut merkitään kirjainkoodeilla.

- 0 Ei toimenpidetarvetta
1,A Erikoishakkuu. Yksittäisten tuhopuiden poisto. Hakkuukertymä pieni
2,B Tuhopuiden poisto + harvennus
3,C Kehityskelpoisen metsän uudistaminen
4,D Vajaatuottoisen metsän uudistaminen
5,E Ylispuiden poisto. Jos siemen- tai suojuustuho valitsevana jaksena, uudistamisalalla ei enää luontaisen uudistamisen edellytyksiä

Myrskytuhon aste

- 0 Tuho lievä. Ei vaikuta metsikön laatuun.
1 Tuho todettava. Metsikössä tuhon korjuuhakkuun jälkeenkin vajaapuustoisuutta, aukkoisuutta tms., joka alentaa metsikön laatua yhdellä luokalla. Tuho ei kuitenkaan ole muuttanut metsikön kehitysluokkaa,

- poikkeuksena ylemmän jakson tuhoutuminen jo taimikoksi kehittyneen alikavoksen päältä.
2 Tuho vakava, metsikön laatu alenee kahdella luokalla.
3 Tuho täydellinen. Ilman muita alentavia tekijöitäkin metsikkö olisi tuhon seurauksena vajaatuottoinen.

Puutunnukset

Myrskytuhopuun ilmiasu (kirjainkoodi luonnonpoistuma- ja jättöpuille)

- 1,A Kaatunut puu
2,B Katkennut puu
3,C Kallellaan oleva puu
4,D Vaurioitunut pystypuu
5,E Kanto, korjattu myrskytuhopuu

Lahotarkennus

- 0 Ei tarkennusta
1 Puussa myrskyvauriota edesauttanut laho

Myrskytuhopuiden apteeraus

Myrskytuhopuut, joilla tuho vaikuttaa puutavaralajijaksoon, apteerataan erilliselle lomakkeelle. Apteerauksessa ei erotella tukin laatuluokkia, vaan käytetään vain laatuosia tukki-(1), kuitu-(4) ja hukkapuu (6). Tuhopuiden apteeraus tehdään kahteen kertaan, runko kuvataan ennen myrskytuhoa ja sen jälkeen. Myrskystä aiheutumattomat viat kirjataan myös ensimmäiseen apteeraukseen, esim. puun kaatumisen yhteydessä paljastunut laho. Toinen apteeraus tehdään siten, että myrskyn aiheuttama alennus laatuosissa merkitään aina alennuskoodilla 8. Jälkimmäinen apteeraus on syytä tehdä erityisen tarkasti mm. hukkapuuosien suhteen.