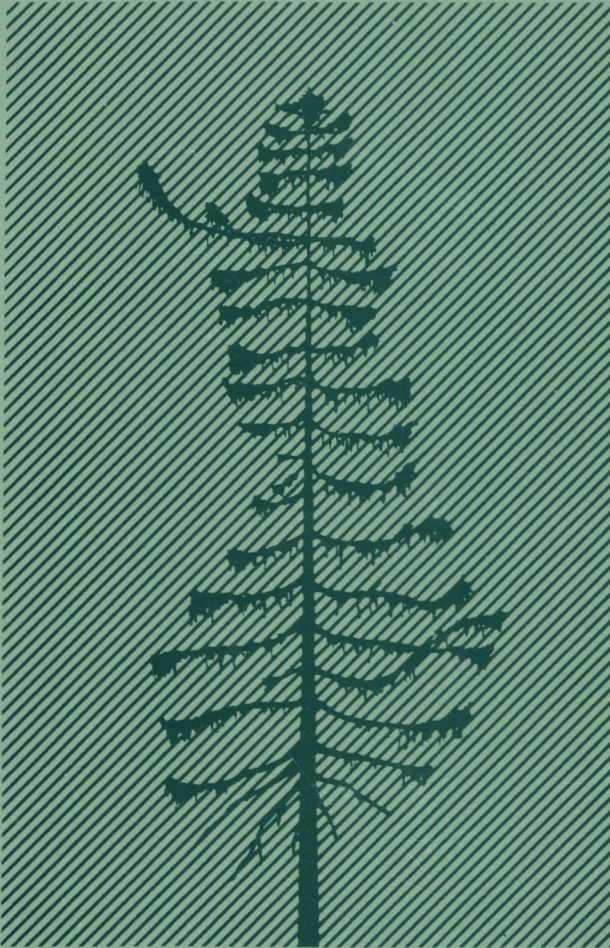


METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
TIEDONANTOJA 256



METSÄNHOIDON TUTKIMUSOSASTO  
METSÄNSUOJELUN TUTKIMUSOSASTO  
METSÄNARVIOIMISEN TUTKIMUSOSASTO



HAVUPIIDEN ELINVOIMAISUUS SUOMESSA  
VUOSINA 1985 – 1986

Eeva-Liisa Jukola-Sulonen  
Kari Mikkola  
Seppo Nevalainen  
Hannu Yli-Kojola

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Kirjasto





METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 256

ILME-Projekti

Metsänhoidon tutkimusosasto  
Metsänsuojelun tutkimusosasto  
Metsänarvioimisen tutkimusosasto

HAVUPUIDEN ELINVOIMAISUUS SUOMESSA VUOSINA 1985-1986

Eeva-Liisa Jukola-Bulonen  
Kari Mikkola  
Seppo Nevalainen  
Hannu Yli-Kojola

Helsinki 1987

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	3
2. MENETELMÄT JA AINEISTO .....	7
2.1. VMI ja pysyvien koealojen perustaminen .....	7
2.2. Aineisto .....	12
2.3. Aineiston käsittely .....	15
3. TULOKSET .....	16
3.1. Havupuiden harsuuntuminen koko maassa .....	16
3.1.1. Harsuuntumiskohdepuiden harsuuntuminen .....	16
3.1.2. Metsikkökuvioittainen harsuuntuminen .....	18
3.2. Harsuuntuminen piirimetsälautakunnittain .....	20
3.3. Alueellinen tarkastelu .....	23
3.3.1. Kohdepuiden harsuuntuminen .....	23
3.3.2. Metsikkökuvioittainen harsuuntuminen .....	25
3.4. Harsuuntuminen eri kehitysvaiheen metsissä .....	27
3.4.1. Metsikön ikä .....	27
3.4.2. Kehitysluokka .....	30
3.4.3. Puiden koko .....	30
3.5. Harsuuntuminen ja puiden kasvuympäristö .....	32
3.5.1. Kasvupaikat .....	32
3.5.2. Metsikön puulajisuhteet .....	34
3.5.3. Metsikön metsänhoidollinen tila .....	34
3.5.4. Puun sijainti kuvionrajaan nähden .....	35
3.5.5. Topografia ja ekspositio .....	36
3.5.6. Korkeus meren pinnasta .....	37
3.5.7. Lämpösumma .....	37
3.6. Jäkäläisyys .....	38
3.7. Harsuuntumiskohdepuiden tuhot .....	40
3.7.1. Koko maa .....	40
3.7.2. Harsuuntumisalueet .....	47
3.7.3. Tuhojen ja harsuuntumisen väliset yhteydet ....	50
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	55
4.1. Taustaa .....	55
4.1.1. Puun vanheneminen ja latvuksen harsuuntuminen .	55
4.1.2. Ilman epäpuhtaudet .....	58
4.1.3. Muiden stressitekijöiden ja epäpuhtauksien yhteisvaikutus .....	60
4.2. Harsuuntumisen ja tuhojen arvioinnin luotettavuudesta	63
4.3. Tulosten vertailu muiden maiden tuloksiin .....	67
4.4. Tuloksen tulkinta .....	72
4.4.1. Luontaiset tekijät .....	72
4.4.2. Muut tuhot .....	74
4.4.3. Ilman epäpuhtauksien osuus .....	78
4.4.4. Loppupäätelmät .....	82

KIRJALLISUUS

LIITE



## 1. JOHDANTO

Puun elinvoimaisuudella tarkoitetaan sen kykyä käydä läpi koko elinkiertoensa, pysytellen muiden yksilöiden joukossa ja tuottaen mahdollisimman suuren massan. Ilman epäpuhtaudet rasittavat puita monella tavalla ja heikentävät niiden elinvoimaisuutta suoraan lehtien ja neulasten kautta tai epäsuorasti maan kautta.

Puiden elinvoimaisuuden kuvaajina on käytetty ilmansaastetutkimuksissa monia lehtien ulkoisia ja sisäisiä ominaisuuksia tai määrää kuvaavia tunnuksia. Tällaisia ovat mm. lehtien pinta-ala, pituus, paksuus, väri, anatomiset vauriot, kemiallinen koostumus ja lehtien pitoaika. Perinteisesti metsätieteissä on käytetty puun elinvoiman kuvaajina myös erilaisia kasvun tunnuksia: pituus-, paksuus- ja tilavuuskasvu sekä mantopuun osuutta poikkileikkauspinta-alasta. Näiden tunnusten puiden elinvoimaa osoittava indikaattoriarvo perustuu kuitenkin viime kädessä lehtien yhteyttämiskykyyn.

Yhteyttävän lehtipinta-alan määrä ja kunto ovat juuriston rakenteen ja fysiologian ohella tärkeimmät tekijät, joihin puun eloonjäänti ja kasvu perustuvat. Yhteyttävän pinta-alan arvioimiseksi on kehitetty useita menetelmiä: suoraa, neulasten määrään perustuvia tai epäsuoria, latvuksen valon läpäisykykyyn perustuvia. Neulasten ja lehtien määrää on selvitetty punnitsemalla, neulasvuosikertojen määrää laskemalla ja silmävaraisella arvioinnilla.

Metsien elinvoimaisuudessa tapahtuvat muutokset ovat olleet Keski-Euroopassa laajan tutkimuksen kohteena metsissä ilmenneiden vaurio-oireiden ilmestymisen jälkeen 1970-luvulla. 1980-luvun alussa tilanne paheni siinä määrin, että katsottiin välttämättömäksi aloittaa laajamittaiset valtakunnalliset kartoitukset metsien terveydentilan seuraamiseksi. Myös Pohjoismaissa aloitettiin seuranta vuonna 1984. Samaan aikaan havaittiin myös Suomessa tarve saada valtakunnallisesti edustava kuva metsien terveydentilasta ja elinvoimaisuudesta. Metsäntutkimuslaitos, jolla on perinteitä valtakunnan metsien inventoinneista jo 1920-luvulta alkaen, sai tällöin tehtäväkseen metsien tilan kartoituksen.

Ilman epäpuhtauksien aiheuttamia muutoksia metsien elinvoimassa seurataan tässä tutkimuksessa Yhdistyneiden Kansakuntien (UNEP ja UN-ECE) suositusten mukaisesti (Draft Manual ... 1986). Yleiseurooppalaiseksi puustovaurioiden seurantamenetelmäksi on hyväksytty harsuuntumisen eli suhteellisen neulaskadon arviointi. Harsuuntumislukitus on visuaalinen kuntoluokitus, jossa päähuomio kiinnitetään neulaskadon arviointiin. Menetelmää voidaan käyttää sekä puu- että metsikkökuviokohtaisesti. Suomessa on tätä tutkimustapaa täydennetty puukohtaisella tuhojen ilmiön ja aiheuttajan rekisteröinnillä.

Tämä tutkimus kuuluu Metsäntutkimuslaitoksen "Ilman epäpuhtauksien vaikutus metsiin" (ILME)-projektiin, jonka suunnittelu aloitettiin syksyllä 1983. Myöhemmin se liitettiin ympäristöministeriön ja maa- ja metsätalousministeriön yhteiseen v. 1985 alkaneeseen Happamoitumisprojektiin (Hapro).

Suunnittelutyö tehtiin yhteistyössä metsänarvioimisen, metsänhoidon, metsänsuojelun, maan- sekä suontutkimusosaston kanssa.

Koealaverkostoksi perustettiin valtakunnan metsien kahdeksanteen inventointiin (VMI 8) liittyen 3009 pysyvää koealaa metsien tilan pysyvää seurantaa varten. Näillä koealoilla on tehty niiden perustamisen yhteydessä monipuolinen metsäekosysteemin kuvaus puustosta ja puiden tuhoista, pintakasvillisuudesta ja epifyyttijäkälistä sekä otettiin näytteitä sammaleista ja epifyyttijäkälistä raskasmetallipitoisuuksien määrittystä varten.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on:

1. luoda pohja metsien elinvoiman pysyvälle seurannalle,
2. selvittää metsien yleistä elinvoimaisuutta,
3. pyrkiä löytämään tulosta selittäviä syy-yhteyksiä erityisesti alueellisia eroja tarkastelemalla.

Tämä tutkimusraportti on ensimmäinen metsänhoidon, metsänsuojelun ja metsänarvioimisen tutkimusosastojen yhteistyössä julkaisemasta raporttisarjasta. Työssä rajoitutaan kuvaamaan saatu tulos keskeisiltä osiltaan jakaumia, ristiintaulukointeja ja kartakkeita käyttäen sekä pyritään luomaan alustava hypoteesi puiden ilmiänsuon alueellisen vaihtelun ja siihen vaikuttavien erilaisten tekijöiden suhteista. Tulosten tilastollinen testaus ja käsittely monimuuttujamenetelmillä julkaistaan aikanaan jatkoraportissa.

Tämän raportin laatijaryhmän puheenjohtajana ja METLAN puustovauriotutkimuksen vastaavana tutkijana on toiminut tekijöistä Eeva-Liisa Jukola-Sulonen metsänhoidon tutkimusosastosta. Kari Mikkola metsänhoidon tutkimusosastosta on suorittanut harsuuntumisaineiston ATK-käsittelyn. Edellämainitut ovat yhteistyössä analysoineet harsuuntumista koskevan aineiston ja kirjoittaneet tulokset ja tulkinnan. Seppo Nevalainen metsänsuojelun tutkimusosastosta on käsitellyt tuhoaineiston sekä laatinut käsikirjoituksen tulosten ja niiden tulkinnan tuhoja koskevasta osasta. Hannu Yli-Kojola, metsänarvioimisen tutkimusosaston metsäinventoinnin tutkimussuunnalta on laatinut käsikirjoituksen menetelmiä ja aineistoa koskevat osat sekä tulosten luotettavuuden tarkastelun.

Erityiset kiitoksemme haluamme esittää MH Mauri Timoselle, jonka luoma MAPP-kartakeohjelmisto on mahdollistanut aineiston nopean ja joustavan alueellisen tarkastelun.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit Erkki Lähde, Timo Kurkela, Erkki Annila, Kullervo Kuusela ja Eero Paavilainen. Tekstin ovat tallentaneet Sirkku Koivu ja Anu Kumen. Kuvamateriaalin tuottivat Jukka Markkanen ja Ilkka Taponen. Arvokasta apua on antanut työn eri vaiheissa myös FK Maija Salemaa. Esitämme kaikille työhön osallistuneille parhaat kiitokset.



## TERMINOLOGIA

- M a a n e t e l ä o s a:** Eteläinen osa Suomea, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun piirimetsälautakuntien alue mukaan lukien (ks. kuva 2).
- M a a n p o h j o i s o s a:** Lapin ja Koillis-Suomen piirimetsälautakuntien alue.
- L o h k o:** Maan etelä- ja keskiosissa neljän ja Pohjois-Suomessa kolmen koealan muodostama joukko (ryväs), jossa koealat on sijoitettu linjaan etelästä pohjoiseen etelässä 400 metrin ja pohjoisessa 600 metrin välein toisistaan. Lohkojen väli on maan eteläosassa 16 km sekä pohjoisosassa itä-länsisuunnassa 32 km ja etelä-pohjoissuunnassa 24 km.
- P y s y v ä k o e a l a:** Koeala, jonka keskipiste ja mittauskohteet on merkitty sillä tavoin, että koeala löytyy helposti ja mittaukset voidaan tehdä uudelleen.
- K o e a l a t i e d o t:** Koealaa koskevat yleistiedot sekä keskipisteen sijaintia koskevat tiedot.
- K u v i o t u n n u k s e t:** Metsikkökuvion maapohjaa ja puustoa kuvaavat tunnuks.
- K o e a l a k u v i o:** Jokainen kuvio, jonka alueella koeala tai sen osa sijaitsee.
- P i e n i p u u:** Rinnankorkeusläpimitta (dl.3) on korkeintaan 10,5 cm; jos dl.3 on alle 4,5 cm, luetaan puu mukaan kehityskelpoisuudesta, puulajista, pituudesta ja tilajärjestyksestä riippuen.
- I s o p u u:** Rinnankorkeusläpimitta (dl.3) on yli 10,5 cm.
- L u k u p u u k o e a l a:** Lukupuukoeala on ympyräkoeala, jonka koko riippuu puiden rinnankorkeusläpimitasta. Yli 10,5 cm paksut puut luetaan 3 aarin alalta (säde 9,77 m), korkeintaan 10,5 cm paksut puut luetaan 1 aarin alalta (säde 5,64 m).
- L u k u p u u:** Lukupuuta ovat kaikki lukupuukoealalla olevat rinnankorkeudelta vähintään 4,5 cm paksut puut. Tätä pienemmistä puista lukupuuta ovat vain kehityskelpoiset puut. Lukupuusta mitataan lukupuutunnuks.
- L u k u p u t u n n u s:** Lukupuutunnuksia ovat puun numero, puun etäisyys koealan keskipisteestä, suunta keskipisteestä, puulaji, rinnankorkeusläpimitta, puuluokka, latvuserros ja synty tapa. Maan pohjoisosassa lukupuutunnuksena on lisäksi harsuuntuminen ja tuhot harsuuntumiskohdepuilla. Alle 135 cm pitkällä puilla on pituus lukupuutunnuksena läpimitan tilalla.
- K i e r t o a i k a i k ä:** Metsikön ikä suhteutettuna alueelle, puulajille ja kasvupaikalle määriteltäyn ohjekiertoaikaan (hakkuukypsyys saavuttamisen alaikärajaan). Käytetään maan eteläisten ja pohjoisten osien metsiköiden saattamiseksi yhteismitallisiksi ikäluokittaisessa vertailussa.
- K o e p u u k o e a l a:** Koepuukoeala on ympyrä lukupuukoealan sisällä, jonka keskipiste on sama kuin lukupuukoealalla ja ala maan eteläosassa neljäsosa ja säde puolet lukupuukoealan säteestä (4,89 m ja 2,82 m). Maan pohjoisosassa koepuukoealan ala on isoilla puilla puolet ja pienillä puilla kolmasosa lukupuukoealan alasta. Säteet ovat 6,91 m ja 3,26 m.
- K o e p u u:** Koepuita ovat kaikki koepuukoealan lukupuut. Koepuista mitataan lukupuutunnusten lisäksi koepuutunnuks.
- K o e p u u t u n n u s:** Koepuutunnuksia ovat pituus, kantoläpi-

mitta, yläläpimitta (d6), lenkous, rinnankorkeusikä, ikälisäys, latvuksen leveys, latvusraja, kuolleen latvuksen alaraja, alimman kuolleen oksan korkeus, paksuimman elävän oksan läpimitta, paksuimman kuolleen oksan läpimitta ja korkeus, tuhon ilmiasu, syy ja aste, neulaskertojen lukumäärä, harsuuntumisaste, tukkirunkojen jako ja laatuluokitus.

**H a r s u u n t u m i n e n:** Havupuiden latvuksen yläosan neulasbiomassan väheneminen. Arvioidaan referenssipuuhun verrattuna. Synonyyminä on suhteellinen neulaskato. Harsuuntuminen voi aiheutua neulastuhosta, oksien tuhoutumisesta, latvan kuolemista tms. syistä. Maastoarvioinnissa latvan katkeamisen, kuivalatvaisuuden, hedekukinnan, naapuripuiden piiskauksen, tervasrosan ja ytimennävertäjän vaikutus vähennetään ennen harsuuntumisarvion suorittamista. Iän vaikutus vähennetään lisääntyvän sisäisen varjostuksen aiheuttaman neulaskadon osalta.

**R e f e r e n s s i p u u:** Kuviteltu harsuuntumiskohdepuun kanssa samoissa olosuhteissa ja asemassa kasvava täysneulasinen puu.

**H a r s u u n t u m i s l u o k k a:** Harsuuntumisen määrä arviointuna asteikolla 0-9 (ks. s. 9).

**H a r s u u n t u m i s a s t e:** Harsuuntuminen jaoteltuna pohjoismaisen luokituksen mukaisesti luokkiin 0-20 %, 21-40 %, 41-60 % ja yli 60 % suhteellisen neulaskadon mukaan.

**H a r s u u n t u m i s k o h d e p u u:** Metsämaan pää- ja lisävaltapuihin kuuluva mänty tai kuusi muissa kuin taimikkokehitysluokissa sekä ylispuu.

**H a r s u u n t u m i s k o h d e m e t s i k k ö:** Metsikkö, jossa on harsuuntumiskohdepuita yli 33 kpl/ha.

**N e u l a s t u h o:** Vain neulasiin kohdistuva tuho. Aiheuttajina voivat olla abioottiset, antropogeeniset tai bioottiset tekijät. Neulastuhon seurauksena neulaset joko karisevat ennenaikaisesti, tulevat syödyiksi tai irtirevityiksi. Maastoarvioinnissa neulastuho on eräs tuhon ilmiasu ja arvioidaan irrallaan harsuuntumisesta.

**T u h o n i l m i a s u:** Näkyvä jälki puuhun kohdistuneesta abioottisten tai bioottisten syiden tai ihmisen aiheuttamasta vioituksesta. Tuhon ilmiasuja rekisteröitiin pysyviltä koealoilta kahdeksan (ks. liite 1). Harsuuntuminen ei ole tuhon ilmiasu.

**T u h o n s y y:** Tuhon ilmiasun aiheuttaja.



## 2. MENETELMÄT JA AINEISTO

### 2.1. VMI ja pysyvien koealojen perustaminen.

Ilmansaastevaurioita näkyy metsissä merkittävämmiin kaupunkien, teiden ja teollisuuslaitosten läheisyydessä. Monin paikoin pääosa puustosta näyttää kuitenkin ulkopuolisen tarkastelun perusteella olevan tervettä. Tällaisesta paikoitellen esiintyvistä ilmiöistä voi saada yleiskuvan ainoastaan yleistämiskelpoisella otosinventoinnilla. Systemaattisena otoksena tehtävä valtakunnan metsien inventointi on jatkuvasti käynnissä oleva työ, joka etenee alueittain kattaen koko maan 8-10 vuodessa. Valtakunnan metsien seitsemäs inventointi (VMI 7) tehtiin 1977 - 1984. Kahdeksas inventointi alkoi pysyvien koealojen perustamisena 1985 ja jatkui varsinaisena kertakoealainventointina 1986.

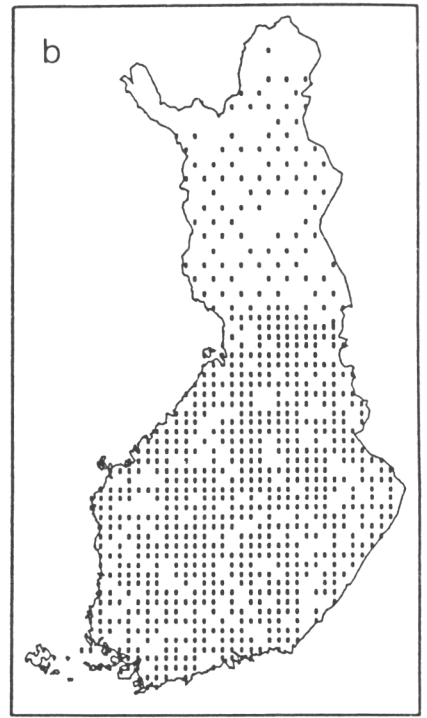
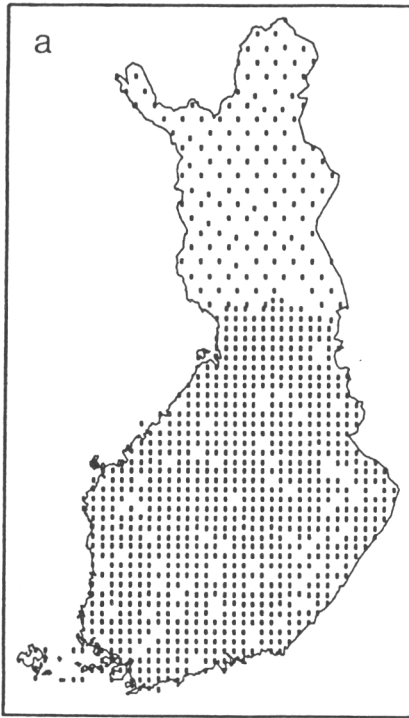
Valtakunnan metsien inventoinnin tehtävänä on selvittää maamme metsävarojen määrää ja laatua sekä metsissämme tapahtuvia muutoksia. Varsinainen metsävarainventointi ei voi kattaa riittävässä määrin kaikkea tiedon tarvetta. Tämän vuoksi perustettiin erillisenä koko maan kattava pysyvien koealojen verkko tuottamaan sekä perustamisvaiheessa että uusintamittausten jälkeen tietoa moniin erilaisiin selvityksiin (Valtakunnan metsien ... 1986). Näistä mainittakoon erityisesti ilman epäpuhtauksien vaikutus metsiin ja metsien terveystilanne, viljelymetsien laatukehitys, valtakunnallisen perusaineiston tuottaminen puuston kehityksen mallien laadintaan sekä erilaiset kasvillisuus- ym. aineistoon perustuvat tutkimukset.

Pysyvät koealat ovat systemaattisesti koko maan kattava verkko, jolta saadaan tuloksia monista luontoa kuvaavista tunnuksista (kuvat 1 a ja b).

Koeala perustettiin jos koeala tai sen osa osui metsä-, kitu- tai joutomaalle.

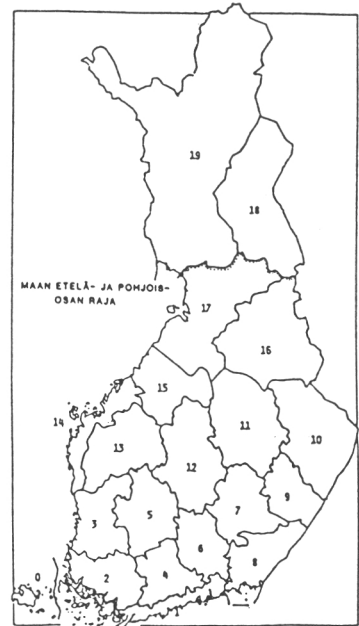
Koealat merkittiin maastoon mahdollisimman näkymättömästi. Salaisuusperiaate parantaa yleistämiskelpoisuutta. Jokaista koealaa kohden täytettiin etsintäohjelomake, jolla koealalle kuljettu reitti kuvattiin siten, että koeala on myöhemmin helposti löydettävissä. Työt koealalla jakaantuivat puu- ja metsikkötunnusten mittaamiseen sekä biologin töihin.

Jokaisen koealalle osuneen kuvion maapohjasta ja puustosta sekä koealan keskipisteen sijainnista tehtiin tarkka kuvaus. Maatunnuksista koodattiin mm. maaluokka, alaryhmä, kasvupaikkatyyppi, maapeitettä kuvaavat tunnuksat, ojitustilanne, muut maanparannustoimenpiteet ja veroluokka (ks. liite 1). Puustotunnuksista kuvattiin mm. kehitysluokka, metsikön perustamistapa, pohjapinta-ala, puulajisuhteet, metsikön ikä, metsikön metsänhoidollinen tila, puustolle tehdyt toimenpiteet ja toimenpide-ehdotukset. Metsikön kehitykselle merkityksellisistä tuhoista merkittiin ilmiasu, syy ja metsätaloudellinen merkitys sekä puiden harsuuntuminen. Ilman epäpuhtauksien vaikutuksia kuvaavana tunnuksena arvioitiin myös epifyyttijäkälien määrät puiden oksilla ja rungoilla.



Kuva 1. (a) VMI 8:n pysyvien koalojen lohkot. (b) Harsuuntumis- kohdepuita sisältävät lohkot. Jokainen piste sisältää Etelä-Suomessa 1-4 koalaa ja Pohjois-Suomessa 1-3 koalaa. Lohkokäsité: ks. terminologia, s. 5.

- 0 Ahvenanmaa
- 1 Helsinki
- 2 Lounais-Suomi
- 3 Satakunta
- 4 Uusimaa-Häme
  
- 5 Pirkka-Häme
- 6 Itä-Häme
- 7 Etelä-Savo
- 8 Etelä-Karjala
- 9 Itä-Savo
  
- 10 Pohjois-Karjala
- 11 Pohjois-Savo
- 12 Keski-Suomi
- 13 Etelä-Pohjanmaa
- 14 Vaasa
  
- 15 Keski-Pohjanmaa
- 16 Kainuu
- 17 Pohjois-Pohjanmaa
- 18 Koillis-Suomi
- 19 Lappi



Kuva 2. Piirimetsälautakuntien alueet.



Puulomakkeelle kirjattiin jokaisen puun sijainti ja keskeisimmät lukupu- ja koepuutunnukset (ks. terminologia, s. 5).

Biologi teki koealalta tarkan kasvipeite- ja kasviyhdyskunnan rakenneanalyysin, arvioi metsämarja- ja sienisadon tai niiden mahdollisuudet, keräsi materiaalia ilman epäpuhtauksien laskeumatutkimuksia ja erilaisia biologisia tutkimuksia varten sekä tarkensi ryhmänjohtajan tekemää tuhoarviointia.

Tämän julkaisun eri tarkasteluissa esiintulevien kuvio- ja koepuutunnusten koodistot on kuvattu liitteessä 1.

### Harsuuntumisen arviointi

Pysyviltä koealoilta tehty puuston vauriokartoitus on ns. ensimmäisen vaiheen selvitys, jossa puiden elinvoimaisuutta pyritään tarkastelemaan vain ulkoisten tunnusmerkkien perusteella. Elinvoimaisuuden tunnuksena on harsuuntuminen, joka kuvaa puun neulasbiomassan vähenemistä samoissa oloissa kasvavaan kuviteltuun terveeseen puuhun verrattuna. Harsuuntuminen on arvioitu erikseen koepuista ja kuviolta harsuuntuneiden puiden suhteellisen määrän mukaan ns. kuvioharsuuntumisena.

Koepuista harsuuntuminen on arvioitu kaikista harsuuntumiskohdepuiksi soveltuvista metsämaalla kasvavista männyistä ja kuusista. Arviointi on tehty valta- ja lisävaltapuista sekä ylispuista, taimistokehitysluokissa vain ylispuista. Maan pohjoisosassa harsuuntumiskohdepuina olivat kaikki kriteerit täyttävät lukupuut. Tällöin sekä maan eteläosassa että pohjoisosassa arvioitiin harsuuntuminen suhteellisesti saman kokoiselta pinta-alalta vaikka pohjoisosassa koealaverkosto oli 4 kertaa niin harva kuin maan eteläosassa.

Neulasbiomassan väheneminen on merkitty 10 %:n luokissa. Koe-  
puiden harsuuntumisluokitus on seuraava:

- 0 Neulasista hävinnyt 0-10 %
- 1 Neulasista hävinnyt 11-20 %
- 2 Neulasista hävinnyt 21-30 %
- .....
- 9 Neulasista hävinnyt 91-100 %
- Ei riittävää näkyvyyttä latvuksen yläosaan

Harsuuntumiseen ei lueta latvan katkeamisen, kuivalatvaisuuden, hedekukinnan, tervasaroson, ytimennävertäjän tai naapuripuiden piiskauksen aiheuttamaa neulasten vähenemistä eikä värivikaisia neulasia.

Kuusella harsuuntuminen arvioitiin vihreän latvuksen ylimmästä puolikkaasta. Harsuuntumisilmiö on hiukan erilainen eri latvustyypeillä, minkä takia latvustyyppi on ensin määriteltävä. Harsuuntuminen näkyy ensin neulasten yksittäisenä tippumisena ja myöhemmin pienien oksien katkeamisena ja häviämisenä. Harsuuntuminen alkaa tavallisesti läheltä runkoa ja leviää ulospäin ja samalla ylös- ja alaspäin.

Männyllä arvio tehtiin vihreän latvuksen ylimmästä kahdesta kolmanneksesta. Männyllä harsuuntuminen ilmenee kuusta epäsäännöllisemmin ja usein yksittäisissä oksissa. Jos neulaskato on voimakasta, harsuuntuminen on tasaisempaa.

Tarkastelu pyrittiin suorittamaan vähintään puun pituuden etäisyydeltä puusta ja apuna käytettiin kiikaria.

Kuviolla harsuuntumistarkastelu tehtiin koealakuvioittain, kun harsuuntumiskohdepuita oli vähintään 33 kpl/ha. Puu katsottiin harsuuntuneeksi, jos harsuuntumisaste oli yli 20 %. Harsuuntumislukitus on seuraava:

E. Harsuuntumishavaintoa ei tehty.

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

Lievää harsuuntumista: Harsuuntuneiden puiden harsuuntumisaste keskimäärin 21 - 40 %.

1. Harsuuntuneita puita	6 - 20 %	harsuuntumiskohdepuista
2.                    "-"	21 - 50 %	"-"
3.                    "-"	51 - 100 %	"-"

Voimakasta harsuuntumista: Harsuuntuneiden puiden harsuuntumisaste keskimäärin yli 40 %.

4. Harsuuntuneita puita	6 - 20 %	harsuuntumiskohdepuista
5.                    "-"	21 - 50 %	"-"
6.                    "-"	51 - 100 %	"-"

7. Kuviokohtaista harsuuntumista ei ole, mutta koealan osalla on voimakasta harsuuntumista.

Harsuuntumisen arvioinnin ohjeet on tehty pohjoismaisena yhteistyönä suunnilleen yhteneväisiksi Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa vertailun mahdollistamiseksi. Perustana on käytetty yleiseurooppalaista käytäntöä.

Arvioinnin koulutus alkoi yhteispohjoismaisella kurssilla Ruotsissa keväällä 1985, jonka opein VMI:n ryhmänjohtajat koulutettiin työhön ennen maastotyökauden alkua. Koulutus tapahtui menetelmällä, jossa kukin ryhmänjohtaja ensin arvioi erikseen harsuuntumisen samoilta koepuilta. Tämän jälkeen verrattiin omaa arviota kullakin puulla kaikkien keskiarvoon ja selvitettiin yhdessä lähinnä oikea harsuuntumislukitus. Sama toistettiin syksyllä töiden päätyttyä. Kesällä vertailun yhteydessä voitiin verrata omaa arviota toisten arvioihin.

Tuhojen arviointi

Harsuuntumiskohdepuista arvioitiin tuhon ilmiäsu, syy ja aste. Jokaisesta puusta kirjattiin yksi tuho, joka oli puuntuotannon kannalta merkityksellisin. Tuhomerkinän edellytyksenä oli, että puun kehitykseen vaikuttaa jokin sen ulkopuolinen syy.

Esimerkiksi hedekukinta ei aiheuttanut tuhomerkinä. Jos useita aiheuttajia esiintyi puussa samanaikaisesti, merkittiin syyksi puun kuntoa ensisijaisesti heikentänyt tekijä.

Käytetyt tuhon ilmiö- ja syykoodit sekä tuhon asteen merkinä on esitetty liitteessä 1.

Tuhon aiheuttajaryhmät luokiteltiin ristiintaulukointia varten uudelleen seuraavasti:

- 1) abioottiset tuhot: tuuli, lumi, ilmasto- ja maaperätekijät
- 2) kilpailu
- 3) korjuu ym. ihmisen aiheuttama tuho
- 4) nisäkkäät: hirvi, myyrät ym. selkärangaiset
- 5) hyönteiset
- 6) sienet

Tuhot luokiteltiin jatkokäsittelyä varten seuraavasti (vrt. liite 1):

- 0) ei tuhoja
- 1) tuho korjautunut tai puun kehitykseen vaikuttava
- 2) puutavaran laatuun tai määrään vaikuttava
- 3) tappava tai puu on jo kuollut

## 2.2. Aineisto

Pysyviä koealoja perustettiin koko maan kattavana verkkona yhteensä 3009. Näistä maan eteläosassa on 2618 ja pohjoisosassa 391 koealaa. Mittaukset tehtiin pääosin kesällä 1985. Lapin ja Koillis-Suomen piirimetsälautakuntien alueella sekä osassa Kainuuta maastotyöt tehtiin kesällä 1986. Eteläosassa työtä teki kesällä 1985 kaksitoista ryhmää, pohjoisosassa kesällä 1986 kolme ryhmää. Maan eteläosassa on mitattu yksi koeala jokaista 6400 hehtaaria kohti ja pohjoisosassa 25600 hehtaaria kohti, joten koealatiheyksien suhde on 4 : 1.

Taulukko 1. Pysyvien koealojen lukumäärät piirimetsälautakunnittain.

Pml - alue	metsämaa	kitumaa	joutomaa	yhteensä
Ahvenanmaa	6	1	1	8
Helsinki	62	9	4	75
Lounais-Suomi	75	7	3	85
Satakunta	102	8	4	114
Uusimaa-Häme	81	1	4	86
Pirkka-Häme	138			138
Itä-Häme	89	4		93
Etelä-Savo	137	2	1	140
Etelä-Karjala	96	4		100
Itä-Savo	70	1		71
Pohjois-Karjala	221	10	5	236
Pohjois-Savo	225	3	6	234
Keski-Suomi	186	3	5	194
Etelä-Pohjanmaa	143	16	14	173
Vaasa	69	3	6	78
Keski-Pohjanmaa	118	16	6	140
Kainuu	240	35	22	297
Pohjois-Pohjanmaa	259	41	56	356
<b>ETELÄOSA</b>	<b>2317</b>	<b>164</b>	<b>137</b>	<b>2618</b>
Koillis-Suomi	68	21	6	95
Lappi	164	64	68	296
<b>POHJOISOSA</b>	<b>232</b>	<b>85</b>	<b>74</b>	<b>391</b>
<b>KOKO MAA</b>	<b>2549</b>	<b>249</b>	<b>211</b>	<b>3009</b>

Koealoista 2965 on sellaisia, joilla keskipistekuvio on metsä-, kitu- tai joutomaalla ja 44 sellaisia, joilla keskipiste on muissa maaluokissa. Metsämaalla on 2549, kitumaalla 249 ja joutomaalla 211 koealaa. Kuvioiden lukumäärä metsä-, kitu- ja joutomaalla on koko maassa yhteensä 3482 (taulukko 1). Koealoja, jotka mahtuivat samalle metsikkökuvioille, oli koko koealamäärästä (3009) 81 %. Mitattuja lohkoja on koko maassa yhteensä 995, joista maan eteläosassa 855 ja pohjoisosassa 140.

Maan eteläosan 4 koealan rypästä mitattiin keskimäärin 3,06 koealaa ja maan pohjoisosan kolmen koealan rypästä 2,8 koealaa.

Taulukko 2. Pysyvien koealojen ja seitsemännen valtakunnan metsien inventoinnin keskipistejakaumien vertailu (%).

	MAALUOKKA				lkm
	metsäm.	kitum.	joutom.	muut maal.	
pysyvät	66,6	10,5	8,9	14,0	3606
VMI7	65,9	10,4	10,0	13,7	

	ALARYHMÄ					lkm
	kangas	korpi	räme	neva	letto	
pysyvät	metsäm. 72,5	9,7	17,7			2506
	kitum. 26,1	4,8	69,0			249
	joutom. 18,1	1,4	22,4	57,1	1,0	210
VMI7	metsäm. 76,3	9,3	14,4			
	kitum. 31,5	8,1	60,4			
	joutom. 31,3	2,1	12,1	53,9	0,6	

	KEHITYSLUOKKA (ks. liite 1)							lkm
	1	2	3	4	5	6	7	
pysyvät	0,6	7,9	18,1	28,0	23,7	20,0	0,9	2469
VMI7	4,0	8,0	19,4	24,0	21,7	20,2	2,7	

Vertailut pysyvien koealojen keskipistejakaumien ja VMI7:n tulosten välillä antavat jonkinlaista pohjaa pysyviltä koealoilta laskettujen tulosten luotettavuuden arvioimiseksi. Maaluokkien ja kehitysluokkien osuudet ovat kohtalaisen lähellä VMI7:n tuloksia (taulukko 2). Tarkasteluissa on koealoja noin 2500-3500. Erot ovat sen sijaan jo huomattavasti suurempia kun koealoja on vain 200-250 kuten alaryhmien jakautumisessa kitu- ja joutomaalle. Samanlainen tilanne on esimerkiksi silloin, kun tuloksia lasketaan piirimetsälautakuntien alueille erikseen. Pysyvien koealojen pinta-alajakaumia laskettaessa on maan pohjoisosan pinta-alat kerrottu neljällä.

Puita koko maassa mitattiin 63233, joista maan eteläosassa 58323 ja pohjoisosassa 4910. Mäntyjä mitattiin 29178, kuusia 19507, rauduskoivuja 1630, hieskoivuja 9178 ja muita puulajeja 3740. Harsuuntumiskohdepuita mitattiin 5405, joista eteläosassa 4307 ja pohjoisosassa 1098 (taulukko 3). Mäntyjä näistä oli 3477 ja kuusia 1928. Yksi harsuuntumiskoepuu mitattiin eteläosassa 3400 ja pohjoisosassa 4800 metsämaan hehtaaria kohti. Yksi lukupuu taas mitattiin eteläosassa 250 ja pohjoisosassa 1100 metsämaan hehtaaria kohti. Piirimetsälautakunnittain harsuuntumiskoepuita oli keskimäärin 270, joista 174 mäntyä ja 96 kuusta. Ahvenanmaata lukuunottamatta pienin harsuuntumiskoepuumäärä oli 116 ja suurin 455. Harsuuntumiskoepuista 9 %:lla oli dl.3<10,5 cm,



ylispuita oli 2,4 %.

Taulukko 3. Harsuuntumiskohdepuiden lukumäärät piirimetsälautakunnittain.

Pml-alue:	Arvioitujen puiden lukumäärä		
	Mänty	Kuusi	Yht.
0. Ahvenanmaa	13	6	19
1. Helsinki	80	58	138
2. Lounais-Suomi	102	87	189
3. Satakunta	127	105	232
4. Uusimaa-Häme	48	99	147
5. Pirkka-Häme	137	127	264
6. Itä-Häme	73	100	173
7. Etelä-Savo	175	109	284
8. Etelä-Karjala	136	86	222
9. Itä-Savo	63	60	123
10. Pohjois-Karjala	254	100	354
11. Pohjois-Savo	238	217	455
12. Keski-Suomi	201	163	364
13. Etelä-Pohjanmaa	219	78	297
14. Vaasa	65	51	116
15. Keski-Pohjanmaa	162	38	200
16. Kainuu	211	112	323
17. Pohjois-Pohjanmaa	317	90	407
18. Koillis-Suomi	205	117	322
19. Lappi	651	125	776
Koko maa	3477	1928	5405

Koepuita, joista arvioitiin tuhot on yhteensä 16635. Näistä maan eteläosassa on 14137 ja pohjoisosassa 2498. Pieniä puita näistä on 47 % ja isoja puita 53 %. Tässä tutkimuksessa selvitetään vain harsuuntumiskohdepuiden tuhoja. Koepuista oli lisäksi 26 kappaletta (19 mäntyä, 7 kuusta) sellaisia, jotka latvusasemansa puolesta kuuluivat harsuuntumiskohdepuihin, mutta joista harsuuntumisarvioita ei tehty sen vuoksi, että puut olivat jo kuolleet. Puista oli pystykuolleita 21 ja kaatuneita tai katkenneita 5. Tuhon syyt näissä puissa olivat seuraavat: tuntematon 8, tuuli 5, muu ihmisen aiheuttama vaurio 1, tervasroso 11 ja laho 1 kappaletta.

Tukkipuita kaikista mitatuista puista on 16,6 % ja muita kuin tukkipuita 83,4 %, luonnonpoistumapuita on 1,5 %. Vallitsevan latvuskerroksen puita on 60 % ja ylispuita 1,5 %. Viljellyiksi on puista merkitty 9,4 %.

Koealalla mitattiin keskimäärin maan eteläosassa 22,3 puuta ja pohjoisosassa 12,5 puuta. Koko maassa keskiarvo oli 21,0. Harsuuntumiskohdepuita on koealaa kohti 1,8 ja tuhokoepuita 5,5. Niillä koealoilla, joilla harsuuntumiskohdepuita on ollut (1533), on koealaa kohti maan eteläosassa 3,2 ja maan pohjoisosassa 6,3 ja koko maassa 3,5 harsuuntumiskohdepuuta.

### 2.3. Aineiston käsittely

Varsinaisia tilastollisia menetelmiä ei aineiston analysoinneissa ole käytetty. Tutkimusmetodi on ollut työn alustavasta luonteesta johtuen deskriptiivinen.

Aineiston ristiintaulukoinneissa käytettiin harsuuntumistaulukoissa BMDP-ohjelmaa P4F ja tuhojen taulukoinneissa SPSS-ohjelmaa CROSSTABS. Lisäksi pinta-aloittaisissa tarkasteluissa sekä eräissä keskiarvojen laskennoissa käytettiin omia FORTRAN-kielisiä ohjelmia.

Metsikkökohtaisten, pinta-alaan perustuvien tunnusten laskennassa on otettu huomioon eri kuvioihin jakautuneiden koealojen pinta-alojen suhteet joko painotuskertoimina keskilukujen laskennassa tai käyttämällä osakoealan kokoa pinta-alajakaumissa summamuuttujana.

Ikätarkasteluissa käytetty ns. kiertoaikaikä on laskettu puulaji- ja kasvupaikkatyyppikohtaisesti eri piirimetsälautakunnille. Muuntokertoimena käytettiin ao. uudistuskypsyyden saavuttamisen alaikärajojen (=ohjekiertoaikojen) suhdetta Etelä-Suomen ja kohteena olevan alueen välillä (Takala 1986).

Laskentakaava:

$$IKÄ_k = (K_k / K_e) IKÄ_m$$

jossa  $K_k$  = kohdealueen kiertoaika,  
 $K_e$  = Etelä-Suomen vastaava kiertoaika  
 $IKÄ_m$  = kohdemetsikön ikä.  
 $IKÄ_k$  = kohdemetsikön kiertoaikaikä.

Karttatulostukset ajettiin MAPP-ohjelmalla. Pintojen käsittelyn perusyksikkönä käytettiin piirimetsälautakuntia. Pinnan rasteroinnin tummuusaste määräytyi alueelle osuneiden havaintojen aritmeettisestä keskiarvosta. Rasteroinnin luokkarajat valittiin siten, että havaintojen jakauma eri luokkiin saatiin tasaiseksi. Kohdemuuttujana ei harsuuntumista kuvaavissa kartoissa käytetty harsuuntumisluokka-arvoa, vaan sen luokkakeskiarvoa neulaskatoprosentteina. Koska luokittainen jakauma on vahvasti oikealle vino, ei menetelmä anna harhattomia keskiarvoja. Alueellisten erojen vertailu on kuitenkin tietyn rajoituksen mahdollista.

### 3. TULOKSET

#### 3.1. HAVUPUIDEN HARSUUNTUMINEN KOKO MAASSA

##### 3.1.1. Kohdepuiden harsuuntuminen

Harsuuntuminen arvioitiin maastossa suhteelliseen neulaskadon määrään perustuvalla kymmenenluokka-asteikolla. Koko maan harsuuntumisluokittaisen jakauman mukaan (taulukko 4) luokkaan 0 (0-10 % suhteellinen neulaskato) kuului kuusista 70 % ja männyistä 74 %.

Taulukko 4. Koepuiden jakaantuminen harsuuntumisluokkiin koko maassa.

Puulaji	Harsuuntumisluokka										yht.
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Prosenttiosuus harsuuntumiskohdepuista										
Mänty	74	16	6	2	1	1	0	0	0	0	100
Kuusi	70	15	9	4	1	1	0	0	0	0	100
Yhteensä	73	15	7	3	1	1	0	0	0	0	100

Pohjoismaisen käytännön mukaisesti tulokset esitetään jatkossa 20 % neulaskatoluokissa, harsuuntumisasteina (taulukko 5).

Valtaosa harsuuntumiskohdepuista, 88.2 % kuuluu neulaskatoluokkaan 0-20 % ja 11.8 % yli 20 %:n luokkiin.

Taulukko 5. Puiden jakaantuminen eri harsuuntumisasteisiin puulajeittain koko maassa.

Hars. lk.	Neulas kato %	Harsuun- tumisaste	Mänty puita	%	Kuusi puita	%	Yht. puita	%
0-1	0- 20	ei hars.	3124	89.8	1641	85.1	4765	88.2
2-3	21- 40	lievä	298	8.6	250	13.0	548	10.1
4-5	41- 60	kohtalainen	41	1.2	23	1.2	64	1.2
6-9	61-100	vakava	14	0.4	14	0.7	28	0.5
0-9	0-100	yhteensä	3477	100.0	1928	100.0	5405	100.0
2-9	21-100	harsuuntu- neet	353	10.2	287	14.9	640	11.8

Harsuuntumiskohdepuiksi ei luettu kuolleita puita. Ne on kuitenkin tuhojen rekisteröinnin yhteydessä luetteloitu (ks. s. 14).

Pohjoismaisen luokituksen mukaan 0-20 % suhteellinen neulaskato on vaikutukseltaan vähäistä, ensi sijassa puupopulaation permästä ja ympäristötekijöistä johtuvaa neulasmassan vaihtelua. Harsuuntumisrajana pidetään siten 20 prosentin neulaskatoa, jota suuremmat arvot on tulkittu varsinaiseksi harsuuntumiseksi. Lieväenä harsuuntumisena pidetään 21-40 % neulaskatoa, kohtalaisena 41-60 %:a ja vakavana yli 60 %:n neulaskatoa. Tämän mukaan kaikista otoksen havupuista oli eriasteisesti harsuuntunut 12 %, joista lievästi 10 % ja kohtalaisesti 1 %. Vakavasti harsuuntuneita ja kuolleita oli 1 %.

Puulajeittain tarkasteltuna mänty oli harsuuntunut vähemmän kuin kuusi. Harsuuntuneita oli männyistä 10 % ja kuusista 15 %. Männyistä oli lievästi harsuuntuneita 9 % ja kuusista 13 % otoksesta, kohtalaisesti ja vakavasti harsuuntuneita oli kummankin puulajin koepuista suunnilleen saman verran (2 %).

Edelläkuvatut jakaumat on laskettu harsuuntumiskohdepuiden lukumäärien perusteella. Jos harsuuntumisarvioinnin tulosta tarkastellaan eri harsuuntumisasteisten puiden tilavuusjakaumana, tulos on jonkin verran edellisestä poikkeava (taulukko 6). Harsuuntuneiden puiden tilavuusosuus koko otoksen runkopuutilavuudesta kohosi yli 18 prosentin. Puun koko ja harsuuntuneisuus ovat siis riippuvuussuhteessa.

Taulukko 6. Harsuuntumiskohdepuiden tilavuuden jakautuminen eri harsuuntumisasteisiin puulajeittain koko maassa.

Hars.lk.	Neulas- kato %	Harsuun- tumisaste	Koko runkopuun tilavuudesta %		
			Mänty	Kuusi	Yhteensä
0-1	0-20	ei hars.	82.8	80.1	81.7
2-3	21-40	lievä	15.1	17.5	16.1
4-5	41-60	kohtalainen	1.6	1.5	1.6
6-9	>60	vakava	0.5	0.9	0.6
0-9	0-100	kaikki	100.0	100.0	100.0
2-9	21-100	harsuuntu- neet	17.2	19.9	18.3

### 3.1.2. Metsikkökuvioittainen harsuuntuminen

Harsuuntumiskohdemetsiköistä on luokiteltu harsuuntumattomiin 78.5 %, lievästi harsuuntuneisiin 19.9 % ja vakavasti harsuuntuneisiin 1.6 % (taulukko 7).



Taulukko 7. Harsuuntumiskohdemetsiköiden pinta-alojen jakauma metsämaalla.

Metsikön hars. aste	Harsuun- tuneiden puiden osuus % kuviolla	% pinta-alasta			
		Mä- valt.	Ku- valt	Muut	Yht.
Ei hars.	< 6	80.6	72.3	99.0	78.5
Lievä	6- 20	10.7	15.0	1.0	11.7
	21-50	6.0	5.6	0.0	5.6
	51-100	1.4	5.0	0.0	2.6
	Yht. 6-100	18.1	25.6	1.0	19.9
Vakava	6- 20	0.7	0.7	0.0	0.7
	21- 50	0.4	0.9	0.0	0.6
	51-100	0.2	0.5	0.0	0.3
	Yht. 6-100	1.3	2.1	0.0	1.6
Lievä + vakava		19.4	27.7	1.0	21.5
Osuus otoksen pinta-alasta %					
		62.3	33.4	4.2	100.0

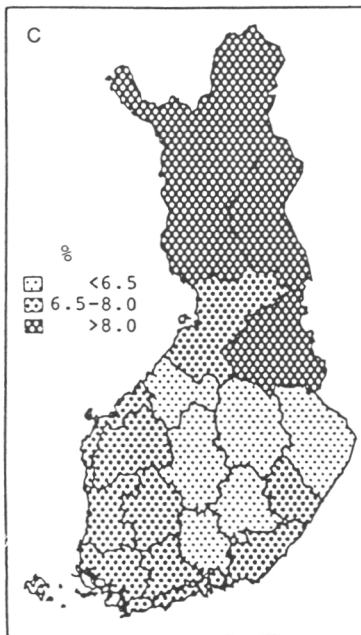
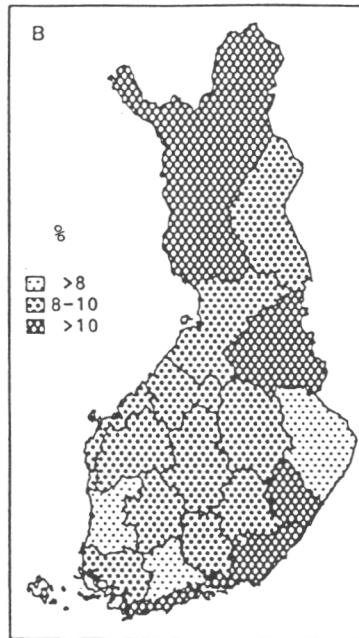
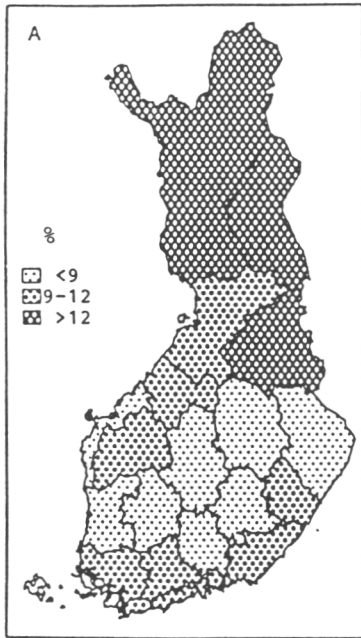
Puulajeittaiset erot pinta-aloittaisessa tarkastelussa ovat samansuuntaisia puukohtaisen tuloksen kanssa. Kuusivaltaiset metsät ovat harsuuntuneet enemmän kuin mäntyvaltaiset. Mäntyvaltaisista metsiköistä oli lievästi harsuuntuneita 18.1 % ja vakavasti harsuuntuneita 1.3 %. Kuusivaltaisten metsien pinta-alasta oli luokiteltu lievästi harsuuntuneisiin 25.6 % ja vakavasti harsuuntuneisiin 2.1 %.

Koko metsämaan pinta-alasta (mm. aukeat alat ja taimikot mukaanluettuna) lievästi harsuuntuneiden metsikkökuvioiden osuus on 14.2 % ja vakavasti harsuuntuneiden 1.1 %. Jos taas yli-ikäiset metsiköt poistetaan otoksesta, saadaan harsuuntumiskohdemetsiköiden lievästi ja vakavasti harsuuntuneiden osuuksiksi 16.8 % ja 0.3 %.

Luvut koskevat sellaisenaan vain otoksen jakaumia eivätkä ilman laskettuja keskivirheitä ja luotettavuusrajoja ole suoraan yleistettävissä koko maan metsäpinta-alaa koskeviksi. Tarkemmat laskelmat otoksen luotettavuudesta julkaistaan myöhemmin.

### 3.2. HARSUUNTUMINEN PIIRIMETSÄLAUTAKUNNITTAIN

Keskimääräinen harsuuntuminen männyllä ja kuusella koko Suomessa on esitetty piirimetsälautakunnittaisena karttana kuvassa 3a. Kartassa rasteroinnin tummuusaste kuvaa ao. piirimetsälautakunnan alueelle osuneiden harsuuntumiskohdepuiden keskimääräistä suhteellista neulaskatoa. Piirimetsälautakunnat on valittu laskennan alueellisiksi kohdeyksiköiksi käytännön syistä. Näennäisesti jyrkkiä rajoja ei siten pidä tulkita luonnossa vallitseviksi. Tulosta tarkastellaankin seuraavassa suurempina, useiden piirimetsälautakuntien alueiden muodostamina yhtenäisinä kokonaisuuksina. Kartan mukaan keskimääräinen neulaskato on suurinta Lapin, Koillis-Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueiden metsissä. Edellisiä alueita vähemmän olivat harsuuntuneet Pohjois-Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan sekä Helsingin, Lounais-Suomen, Uusimaa-Hämeen, Etelä-Karjalan ja Itä-Savon piirimetsälautakuntien alueiden metsät. Vähiten olivat harsuuntuneet Satakunnan, Pirkka-Hämeen, Vaasan, Itä-Hämeen, Etelä-Savon, Keski-Suomen, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan piirimetsälautakuntien alueiden metsät.



Kuva 3. Keskimääräinen neulaskatoprosentti piirimetsä-  
lautakunnittain a) männyllä ja kuusella,  
b) männyllä, c) kuusella.  
Osakuvassa d) on rajattu näiden perusteella  
harsuuntumisalueet 1 - 4.

Puulajeittaiset kartat poikkeavat edellisestä jonkin verran (kuvat 3b, 3c). Kuusella harsuuntuminen on selvästi suurinta Lapissa ja Koillis-Suomessa, mutta myöskin etelä-länsi-painotteista harsuuntumista on havaittavissa. Männyllä harsuuntuminen on Lapissa samantasoista kuin maan etelä- ja kaakkoisosissa. Molemmilla puulajeilla vähiten harsuuntumista on suuressa osassa Keski-Suomea.

Edellisen alueellisen tuloksen perusteella on Suomi jaettu neljään suuralueeseen, joita jatkossa nimitetään harsuuntumisalueiksi 1 - 4. (kuva 3d).

Alue 1.	N:o	Pml	Alue 3.	N:o	Pml
	0	Ahvenanmaa			
	1	Helsinki	13		Etelä-Pohjanmaa
	2	Lounais-Suomi	14		Vaasa
	4	Uusimaa-Häme	15		Keski-Pohjanmaa
	6	Itä-Häme	17		Pohjois-Pohjanmaa
	7	Etelä-Savo			
	8	Etelä-Karjala			
	9	Itä-Savo			
Alue 2.	N:o	Pml	Alue 4.	N:o	Pml
	3	Satakunta	16		Kainuu
	5	Pirkka-Häme	18		Koillis-Suomi
	10	Pohjois-Karjala	19		Lappi
	11	Pohjois-Savo			
	12	Keski-Suomi			

## 3.3. ALUEELLINEN TARKASTELU

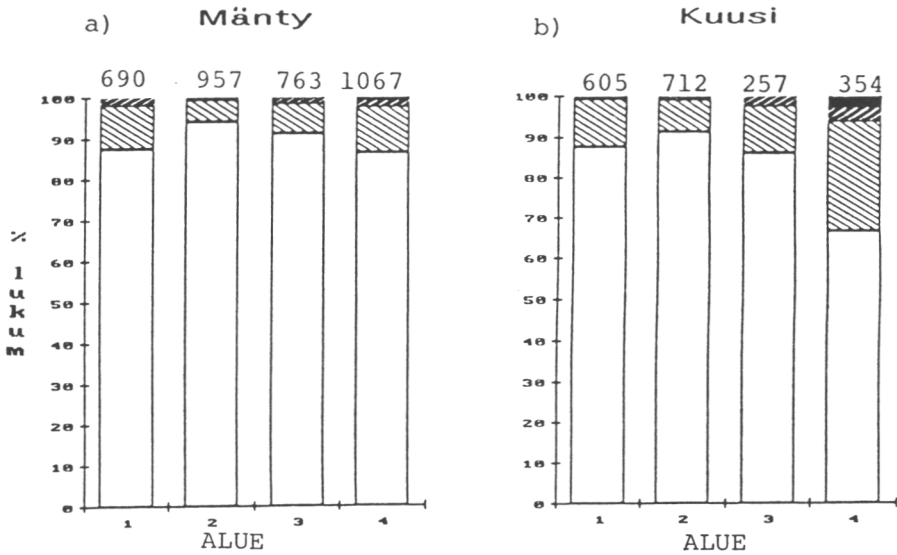
## 3.3.1. Harsuuntumiskohdepuiden harsuuntuminen

Taulukko 8. Puiden neulaskatojakauma puiden lukumäärinä (n) ja prosenttiosuuksina harsuuntumisalueittain ja puulajeittain.

Puu- laji	Neul. kato %	Alue 1		Alue 2		Alue 3		Alue 4	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Mä	0-20	604	87.5	899	94.0	697	91.3	924	86.6
	21-40	73	10.6	52	5.4	55	7.2	118	11.1
	41-60	12	1.7	4	0.4	9	1.2	16	1.5
	>60	1	0.1	2	0.2	2	0.3	9	0.8
	21-100		12.4		6.0		8.7		13.4
Ku	0-20	531	87.7	651	91.5	222	86.4	237	67.0
	21-40	70	11.6	55	7.7	29	11.3	96	27.1
	41-60	3	0.5	3	0.4	6	2.3	11	3.1
	>60	1	0.2	3	0.4	0	0.0	10	2.8
	21-100		12.3		8.5		13.6		33.0
Yht.	0-20	1135	87.6	1550	92.9	919	90.1	1161	81.7
	21-40	143	11.0	107	6.4	84	8.2	214	15.1
	41-60	15	1.2	7	0.4	15	1.5	27	1.9
	>60	2	0.2	5	0.3	2	0.2	19	1.3
	21-100		12.4		7.1		9.9		18.3

Harsuuntumiskeskisarvojen perusteella määritettyjen alueiden puukohtaiset jakaumat (taulukko 8) selventävät aluejakoa. Harsuuntuneimmat metsät ovat toisaalta Lapissa ja Kainuussa (alue 4), toisaalta etelä- ja kaakkoisosissa maata (alue 1). Alueilla 1 ja 4 on harsuuntuneita mäntyjä suhteellisesti yhtä paljon, mutta harsuuntuneita kuusia on alueella 4 selvästi eniten (kuva 4). Molempien puulajien kohdalla vähiten ovat harsuuntuneet Keski-Suomen metsät (alue 2).





Kuva 4. Harsuuntumisastejakaumat alueilla 1 - 4. a) mänty b) kuusi. Rasterit: valkoinen = ei hars., vaalea vinoviivoitus = lievästi hars., tumma vinoviivoitus = kohtalaisesti hars., musta = vakavasti hars. Puiden lukumäärät on merkitty pylväiden päälle.

Taulukko 9. Harsuuntumiskohdepuiden tilavuuden jakauma eri harsuuntumisasteisiin alueittain ja puulajeittain.

		N.kato %	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Koko maa
Mänty	0- 20		81.3	88.7	89.2	75.0	82.8
	21- 40		16.3	11.1	9.1	21.2	15.1
	41- 60		2.2	0.2	1.7	2.5	1.6
	61-100		0.2	0.1	0.1	1.3	0.5
	Yht.		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	21-100		18.7	11.4	10.9	25.0	17.2
Kuusi	0- 20		83.5	86.9	79.4	56.6	80.2
	21- 40		15.2	11.7	17.6	37.1	17.5
	41- 60		0.9	0.8	3.0	3.4	1.5
	61-100		0.4	0.6	0.0	2.9	0.9
	Yht.		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	21-100		16.6	13.1	20.6	43.4	19.9
Mä+Ku	0- 20		82.5	87.8	86.2	69.7	81.7
	21- 40		15.7	11.4	11.7	25.8	16.1
	41- 60		1.5	0.5	2.1	2.8	1.6
	61-100		0.3	0.4	0.0	1.7	0.6
	21-100		17.5	12.3	13.8	30.3	18.3

Eri alueilla saadaan tilavuuteen perustuvassa jakaumassa harsuuntuneiden koepuiden osuudeksi n. 5 %-yksikköä suurempia lukuja muualla paitsi alueella 4, missä luvut ovat 10 %-yksikköä suurempia (taulukko 9). Lapissa harsuuntuminen keskittyy siis runkotilavuudeltaan suurimpiin (vanhimpiin) puihin. Ikärakenne on alueella 4 myös muista alueista poikkeava ja tilavuussummaa kasvattavat muita alueita enemmän iäkkäät puut.

### 3.3.2. Metsikkökuvioittainen harsuuntuminen

Pinta-aloittaiset harsuuntumisjakaumat koskevat vain harsuuntumiskohdemetsiköiksi määriteltä ositetta koko otoksen metsämaan pinta-alasta.

Eniten olivat harsuuntuneet alueen 4 metsät (taulukko 10). Sellaisia metsiköitä, joissa yli 20 % harsuuntuneita puita oli yli 6 % harsuuntumiskohdepuiden runkoluvusta oli pinta-alasta 32 %, mäntyvaltaisista 27 % ja kuusivaltaisista 62 %. Vähiten oli harsuuntuneita metsiköitä (12 % pinta-alasta) Keski-Suomessa (alue 2) ja Pohjanmaalla (alue 3). Etelä-Suomessa oli harsuuntuneita metsiköitä 18 % pinta-alasta, mäntyvaltaisista 23 % ja kuusivaltaisista 16 %.

Myös tämä tulos on alueellisesti samansuuntainen kuin koepuutarhoista saatu ja varmentaa suoritettua harsuuntumisaluejakoa.

Taulukko 10. Metsikkökuvioiden pinta-alojen harsuuntumisjakauma vallitsevan puulajin mukaan eri alueilla.

Vall. puu- laji	Kuvion hars. aste	Hars. puiden osuus % kuviolla	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4
Mä	ei hars.	<6	77.0	88.7	90.2	73.2
	lievä	6-20	12.3	7.3	8.6	12.9
		21-50	6.1	1.6	0.5	10.7
		>50	2.7	1.5	0.3	1.4
	yht.	>6	21.1	10.4	9.4	25.0
	vakava	6-20	0.5	0.8	0.0	1.0
		21-50	0.5	0.1	0.0	0.7
		>50	0.9	0.0	0.3	0.0
	yht.	>6	1.9	0.9	0.3	1.7
Ku	ei hars.	<6	84.5	86.8	79.1	37.7
	lievä	6-20	10.3	10.7	11.9	26.9
		21-50	3.1	2.2	5.1	12.9
		>50	1.9	0.3	1.1	15.9
	yht.	>6	15.3	13.2	18.1	55.7
	vakava	6-20	0.0	0.0	0.4	2.5
		21-50	0.0	0.0	1.1	2.9
		>50	0.2	0.0	1.1	1.2
	yht.	>6	0.2	0.0	2.6	6.6
Kaikki mets.	ei hars.	<6	81.7	88.4	88.4	64.9
	lievä	6-20	10.7	8.4	8.8	16.2
		21-50	4.4	1.8	1.5	11.1
		>50	2.2	0.9	0.5	5.0
	yht.	>6	17.3	11.1	10.8	32.3
	vakava	6-20	0.2	0.4	0.1	1.3
		21-50	0.2	0.1	0.2	1.2
		>50	0.5	0.0	0.5	0.3
	yht.	>6	0.9	0.5	0.8	2.8

Jos yli-ikäiset metsiköt poistetaan tarkastelusta, saadaan lievästi harsuuntuneiden metsiköiden osuudeksi Etelä-Suomessa (alue 1) 16.1 % ja Lapissa ja Kainuussa (alue 4) 26.1 % pinta-alasta. Vakavasti harsuuntuneita metsiköitä jää tällöin jäljelle Etelä-Suomen otokseen 0.2 % ja Lappi-Kainuuseen 0.5 %. Harsuuntuneiksi

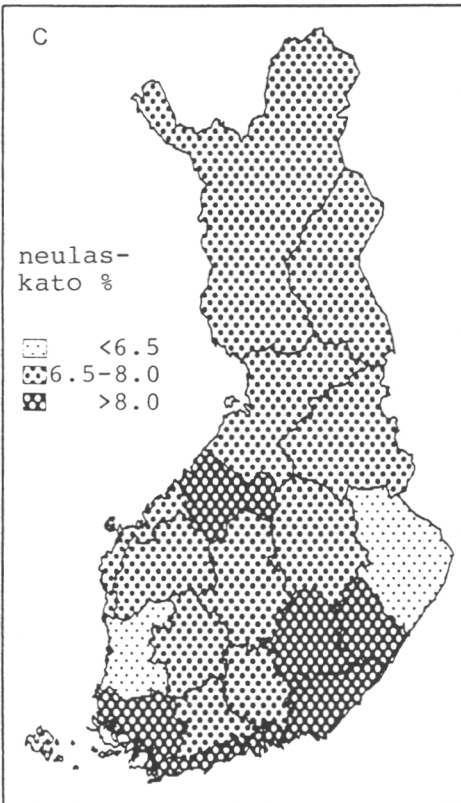
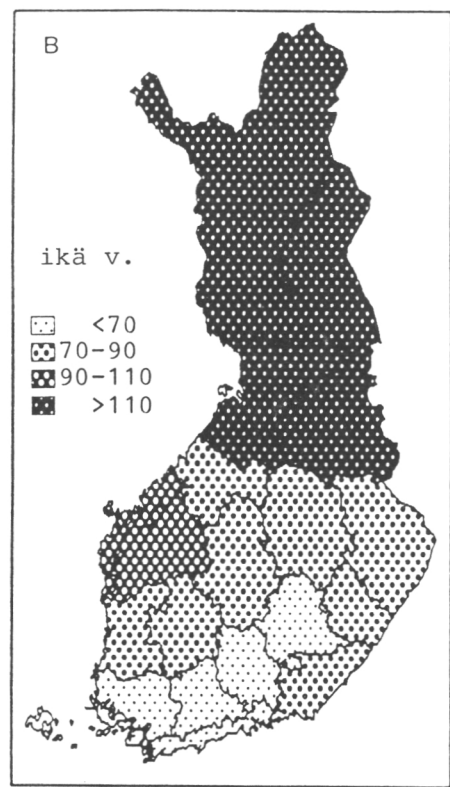
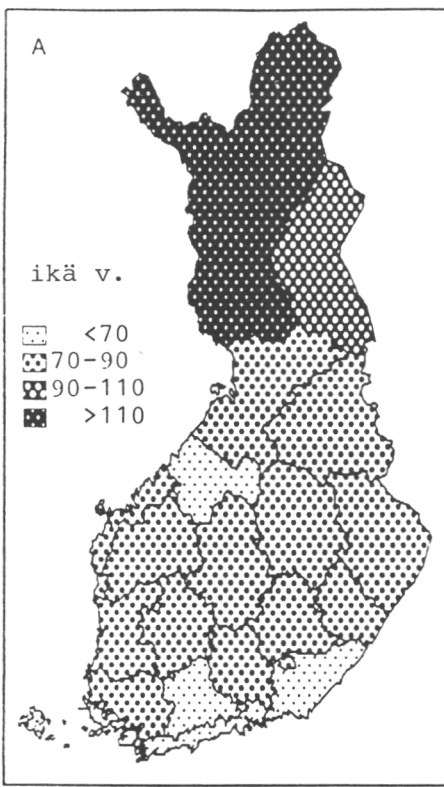
arvioidut metsiköt ovat siis pohjoisessa Etelä-Suomea selvemmin luokiteltu samalla metsätaloudellisesti yli-ikäisiksi. Yli-ikäisten metsien osuus on Etelä-Suomessa kylläkin suhteellisen vähäinen.

### 3.4. Harsuuntuminen eri kehitysvaiheen metsissä

#### 3.4.1. Metsikön ikä

Koska harsuuntumiskohdepuita ei koealojen pysyvyyden vuoksi kairattu, ei yksittäisten koepuiden iästä saada tarkkaa kuvaa. Tässä yhteydessä tarkastellaan harsuuntumisen suhdetta metsikön ikään (kuva 5 a ja b). Kohdepuut ovat kuitenkin metsikön valta- tai lisävaltapuita, joten systemaattista virhettä suuntaan tai toiseen ei pääse syntymään. Alueella 1 ja 4 yli 20 % harsuuntuneiden osuus ikäluokassa kasvaa iän myötä (kuva 6). Alueilla 2 ja 3 tämä on havaittavissa vain heikosti.

Metsiköiden ikä otoksessa lisääntyy pohjoiseen päin. Etelä- ja Pohjois-Suomen vertailu on kuitenkin pelkän absoluuttisen ikäjakautuksen perusteella vaikeaa, jos pyritään nimenomaan vertailemaan samassa biologisessa ikävaiheessa olevien puujoukkojen eroja. Vertailukelpoisuuden parantamiseksi on laskettu uusi tunnus, kiertoajalla korjattu metsikön ikä (kiertoaikaikä). Kiertoaika on kuitenkin myös taloudellinen ikämitta, eikä siten aseta puiden biologista kehitysvaihetta täysin yhteismitalliseksi. Kiertoaikaikä lienee kuitenkin vertailutarkoituksiin absoluuttista ikää parempi suure (kuva 6).



Kuva 5.

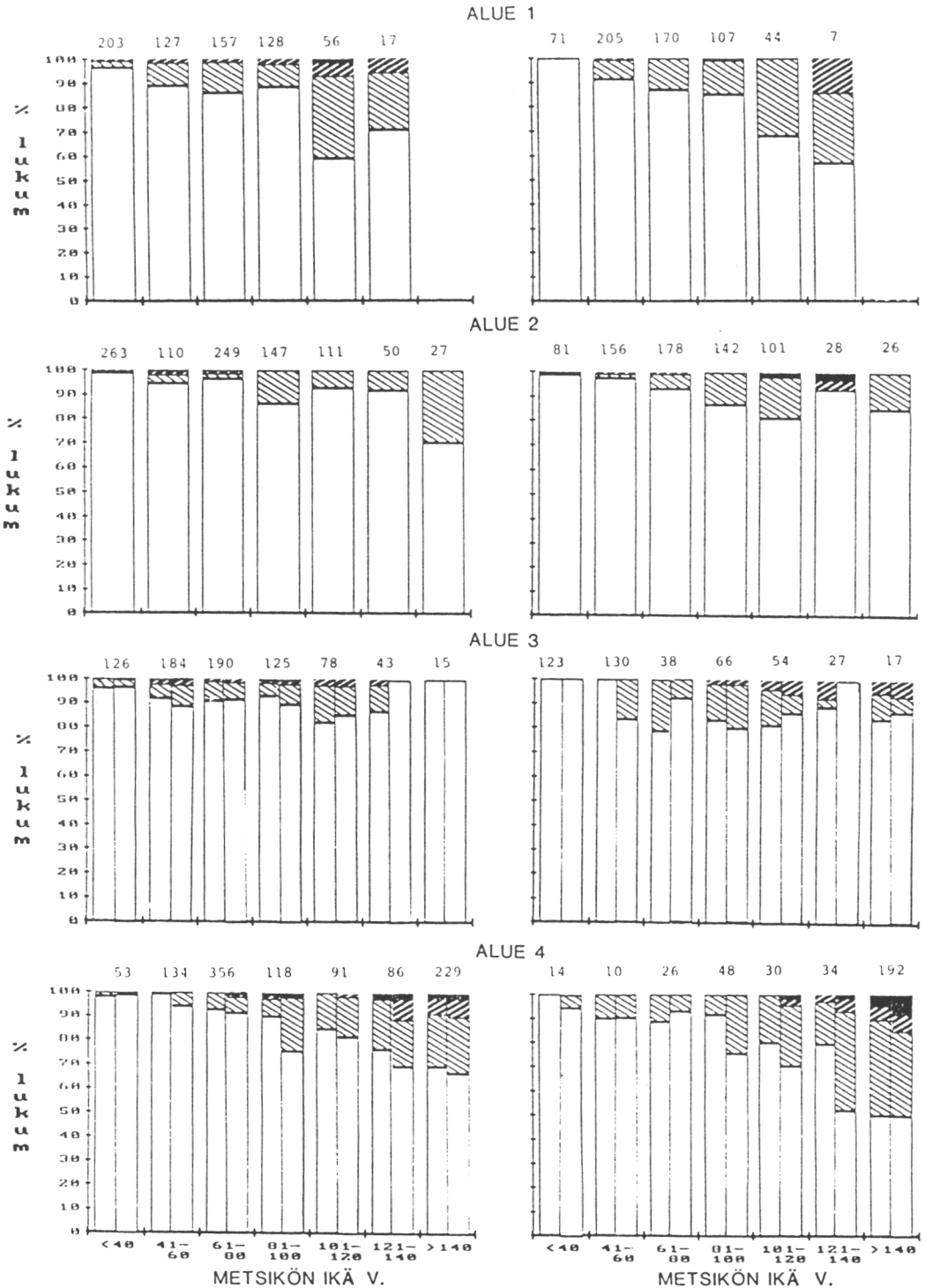
Harsuuntumiskohdemetsiköiden  
ikä piirimetsälautakunnittain.  
a) mäntyvaltaiset metsiköt  
b) kuusivaltaiset metsiköt

Osakuvassa c) esitetään alle  
80 vuotiaitten (alueella 4  
alle 100 vuotiaitten) havu-  
puiden harsuuntuminen.



Mänty

Kuusi



Kuva 6. Männyn ja kuusen harsuuntuminen eri ikäisissä metsissä alueittain. Alueiden 3 ja 4 pylväiden vasen puoli kuvaa todellisen iän jakauman ja oikea puoli kiertoaikaiän jakauman. Puiden lukumäärät on merkitty pylväiden päälle. Tarkemmat selitykset tekstissä. Rasterit: valkoinen = ei hars., vaalea vinoviivoitus = lievästi hars., tumma vinoviivoitus = kohtalaisesti hars., musta = vakavasti hars.

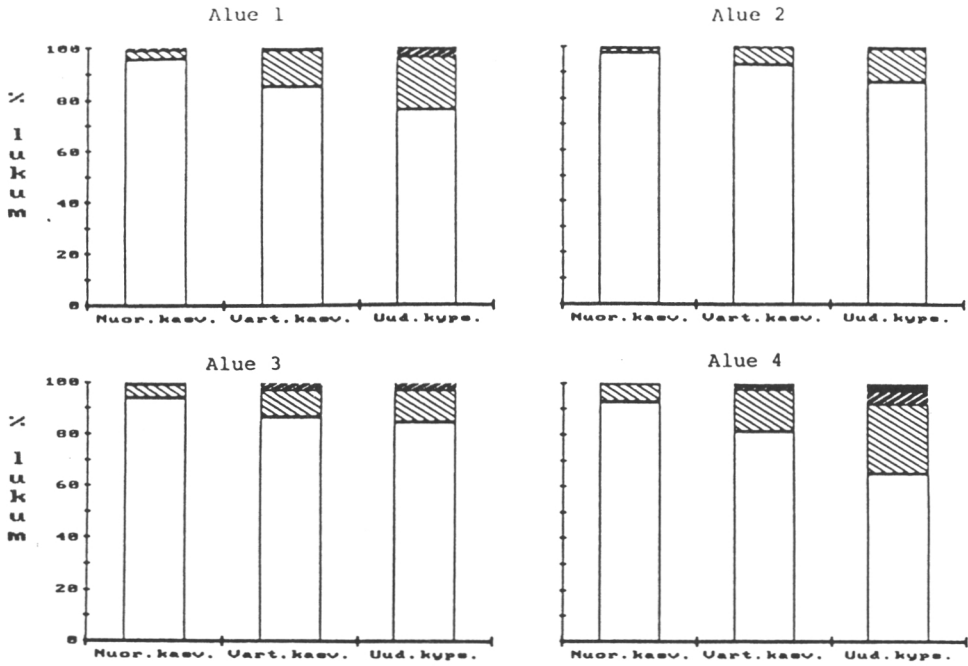
Korjaus on tehty alueiden 3 ja 4 metsiköille. Yli ja alle 20 % harsuuntuneiden jakaumat ovat kuusella samansuuntaiset alueilla 1 ja 4; harsuuntuneiden osuus kasvaa iän mukana selvästi. Männyllä ikäjakauma on alueella 1 kuusen tuloksen kanssa samansuuntainen. Muilla alueilla harsuuntuneiden osuus on selvästi pienempi. Alueilla 1 ja 4 harsuuntuneiden osuus kasvaa iän myötä, mutta alueilla 2 ja 3 ilmiö ei ole yhtä selvä. Metsikön iän vaikutuksen eliminoimiseksi tarkastellaan harsuuntumista piirimetsälautakunnittain alueella 4 alle 100 vuotiaissa ja muilla alueilla alle 80 vuotiaissa metsiköissä (kuva 5c). Alueen 1 puut ovat tässä ositteessa harsuuntuneimpia.

#### 3.4.2. Kehitysluokka

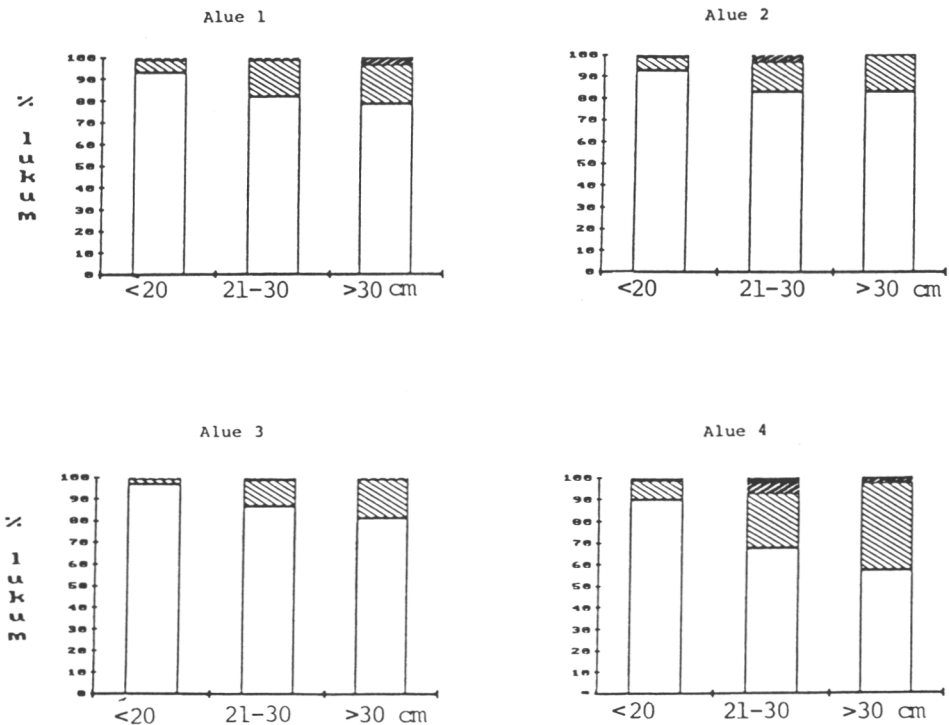
Nuorissa kasvatusmetsissä on vain vähän harsuuntuneita puita (n. 5 %), mutta metsikön lähestyessä kehityksessään hakkuukypsyyttä tällaisia puuyksilöitä on yhä enemmän (kuva 7). Eniten tässä kehitysvaiheessa on harsuuntuneita puita alueilla 4 ja 1, ja vähiten alueilla 2 ja 3. Alueilla 3 ja 4 oli nuorissa kasvatusmetsissä enemmän harsuuntuneita puita kuin alueilla 1 ja 2.

#### 3.4.3. Puiden koko

Metsikön ikää parempi puukohtainen ikätunnus on puun koko. Tässä yhteydessä esitetään harsuuntumistuloksia suhteessa rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen.



Kuva 7. Havupuiden harsuuntuminen eri kehitysluokkien metsissä. Rasterit ks. kuva 4.



Kuva 8. Havupuiden harsuuntuminen alueittain ja rinnan-korkeusläpimitoittain. Rasterit ks. kuva 4.

Harsuuntumisjakaumat eri rinnankorkeusläpimittaluokissa (kuva 8) osoittavat, että harsuuntuneita puita on sitä enemmän mitä paksumpia puut ovat. Harsuuntumisalueiden välillä ei ole juurikaan eroa alle 20 cm puissa, mutta paksummissa erot ovat selviä.

Harsuuntumisjakaumat suhteessa puun pituuteen osoittavat samansuuntaista tulosta kuin rinnankorkeusläpimitan suhteen.

### 3.5. Harsuuntuminen ja puiden kasvuympäristö

#### 3.5.1. Kasvupaikat

Harsuuntumisessa ei ollut isoja eroja eri kasvupaikkojen ravinteisuustasojen välillä (taulukko 11). Myöskään turvemaiden puuston harsuuntuminen ei poikennut kangasmaista. Harsuuntumista turvemaille esiintyi 10.3 %:ssa ja kangasmailla 12.3 %:ssa puista. Keskimääräistä enemmän harsuuntuneita puita oli kuitenkin kallioilla ja hietikoilla, tosin puiden lukumäärät ovat hyvin pieniä. Selvää riippuvuutta ravinteisuustasosta oli Lapissa. Siellä oli vähiten harsuuntuneita puita ravinteisilla kasvupaikoilla, ja mitä karumpi kasvupaikka sitä enemmän oli harsuuntuneita puita. Lapissa metsien ikä on karuilla mailla myös korkeampi kuin viljavilla mailla. Muualla Suomessa ei kasvupaikan ravinteisuustason ja harsuuntumisen välillä ollut yhteyttä.

Taulukko 11. Harsuuntumiskohdepuiden neulas-katojakaumat eri kasvu-  
paikkojen ravinteisuustasoilla alueittain. Ravinteisuustasojen  
selitykset: ks. liite 1. n = puiden lukumäärä.

Alue	Puulaji	Neulas- kato %	Ravinteisuustaso						
			1	2	3	4	5	6	
1	Mänty	n =	95	242	279	61	0	13	
		0-20	90.5	81.5	91.0	85.2	-	46.2	
		21-40	8.4	12.8	7.5	11.5	-	46.2	
		41-60	1.1	2.1	1.1	3.3	-	7.7	
		> 60	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	
	Kuusi	n =	216	365	23	1	0	0	
		0-20	89.8	86.3	91.3	100.0	-	-	
		21-40	10.2	12.9	4.3	0.0	-	-	
		41-60	0.0	0.5	4.3	0.0	-	-	
		> 60	0.0	0.3	0.0	0.0	-	-	
	2	Mänty	n =	81	300	476	93	0	7
			0-20	95.1	91.7	94.5	96.8	-	100.0
			21-40	4.9	7.7	4.6	3.2	-	-
			41-60	0.0	0.7	0.4	0.0	-	-
> 60			0.0	0.0	0.4	0.0	-	-	
Kuusi		n =	177	504	30	0	0	1	
		0-20	95.5	90.3	86.7	-	-	-	
		21-40	4.0	8.9	10.0	-	-	-	
		41-60	0.5	0.4	0.0	-	-	-	
		> 60	0.0	0.4	3.3	-	-	-	
3		Mänty	n =	50	233	363	110	1	6
			0-20	92.0	91.0	91.7	90.9	-	100.0
			21-40	8.0	7.7	6.3	8.2	-	0.0
			41-60	0.0	1.3	1.7	0.0	-	0.0
	> 60		0.0	0.0	0.3	0.9	-	0.0	
	Kuusi	n =	21	188	44	2	0	2	
		0-20	85.7	88.3	77.3	-	-	-	
		21-40	9.5	9.6	20.5	-	-	-	
		41-60	4.8	2.1	2.3	-	-	-	
		> 60	0.0	0.0	0.0	-	-	-	
	4	Mänty	n =	26	379	588	63	0	11
			0-20	100.0	85.8	87.2	82.5	-	72.7
			21-40	0.0	11.6	10.5	15.9	-	18.2
			41-60	0.0	1.3	1.5	1.6	-	9.1
> 60			0.0	1.3	0.7	0.0	-	0.0	
Kuusi		n =	27	275	52	6	0	0	
		0-20	92.6	64.0	69.2	-	-	-	
		21-40	3.7	29.8	25.0	-	-	-	
		41-60	0.0	3.3	3.8	-	-	-	
		> 60	3.7	2.9	1.9	-	-	-	

### 3.5.2 Metsikön puulajisuhteet

Metsikön puulajisuhteita tarkastellaan havupuiden ja lehtipuiden suhteen perusteella.

Harsuuntuminen oli kuusella alueella 1 sitä voimakkaampaa, mitä pienempi oli lehtipuuosuus metsikössä. Puhtaissa havumetsissä harsuuntuneita puita oli 14.9 % ja lehtipuusekoitteisissa 7.9 %. Alueella 4 vastaavat prosenttiluvut olivat 47.7 ja 31.2. Alueilla 2 ja 3 ei eroja ollut.

Männyllä lehtipuuosuudella ei ollut vaikutusta muualla kuin alueella 4, jossa harsuuntuneita puita oli sekametsissä 17.2 % ja puhtaissa havumetsissä 11.7 %.

Sekametsiköiden ja puhtaiden havumetsiköiden ikäjakaumissa ei ollut mainittavia eroja.

### 3.5.3 Metsikön metsänhoidollinen tila

Harsuuntumiskohdepuista 52 % kasvoi metsänhoidolliselta tilaltaan hyväksi luokitelluissa metsissä. Kaikista harsuuntuneista puista 42 % kasvoi tällaisissa metsissä.

Alueella 1 oli männystä harsuuntuneita puita eniten hyvissä ja vähiten metsänhoidolliselta tilaltaan alentuneissa metsissä. Alueella 4 tilanne oli päinvastainen: mitä parempi metsänhoidollinen tila, sitä vähemmän harsuuntuneita. Kuusella ei havaittu

yhteyttä harsuuntumisen ja metsänhoidollisen tilan välillä.

Metsänhoidollisen tilan alenemisen syy luokiteltiin maastossa seitsemään syyryhmään: metsikön ikä, väärä puulaji, luontainen harvuus, hakkuusta johtuva harvuus, ylitiheys, hoitamattomuus ja puuston tekninen laatu. Harsuuntumiskohdepuumetsiköissä olivat yleisimmät syyt metsänhoidollisen tilan alenemiseen alueella 1 luontainen harvuus, ja ylitiheys, alueella 2 luontainen harvuus, alueella 3 luontainen harvuus ja väärä puulaji sekä alueella 4 luontainen harvuus ja metsikön ikä. Puiden lukumäärät näissä ositteissa olivat kuitenkin pieniä.

Alueella 1 harsuuntuneista puista kasvoi 7 % sellaisissa metsissä, joissa metsänhoidollinen tila oli alentunut metsikön iän vuoksi. Vastaava osuus alueella 4 oli 33 %, alueella 2 7 % ja alueella 3 2 %. Ylitiheissä metsissä kasvoi harsuuntuneista puista vastaavasti alueella 1 7 % ja alueella 2 4 %. Muilla alueilla ylitiheyttä ei oltu arvioitu syyksi metsänhoidollisen tilan alenemiseen.

#### 3.5.4. Puun sijainti kuvionrajaan nähden

Kuviorajalla sellaisenaan, vaikka se olisi ollut lähelläkin koealaa ei näytä olevan vaikutusta harsuuntumiseen. Jos kuitenkin kuvioraja on seinämämetsikössä ja koeala on lähempänä kuin 30 metriä kuviorajasta, on harsuuntuneita puita erityisesti männyllä alueella 1 enemmän kuin kauempana kuviorajasta sijaitsevilla koealoilla. Tässä ositteessa harsuuntuneita puita on 19.5

% sellaisilla koealoilla, jotka ovat 10 metriä lähempänä seinämämetsikkörajaa, 10 - 30 metrin etäisyydellä 20.2 % ja muilla koealoilla 9.3 %. Samansuuntainen jakauma voidaan havaita kuusella ja männyllä alueella 2 sekä kuusella alueella 3. Alueella 4 taas seinämämetsikön läheisyydestä mitatut puut ovat muita vähemmän harsuuntuneet - reunakoealojen määrä tosin on tällä alueella pieni.

Kuviorajan ilmansuunnat ryhmiteltiin kahteen sektoriin: (i) luode, pohjoinen, koillinen ja itä sekä (ii) kaakko, lounas, länsi ja luode. Ilmansuunnalla ei näyttänyt olevan mainittavaa vaikutusta tulokseen muilla alueilla paitsi alueella 4, jossa kuvion etelälounaisen sektorin kuusista oli harsuuntunut 28.2 % ja pohjoiskoillisen sektorin 37.9 %.

### 3.5.5 Topografia ja ekspositio

Koelalla arvioitiin myös maaston kaltevuutta ja kaltevuuden suuntaa sekä topografista asemaa. Ilmansuunta ryhmiteltiin laskennassa kuviorajan suunnan tavoin. Harsuuntumisjakaumat eivät poikenneet toisistaan rinteiden eri kaltevuusasteiden eikä topografisen aseman suhteen. Myöskään rinteen suunta ei näyttänyt vaikuttavan jakaumaan mainittavammin. Ainoastaan alueella 4 kuuset ovat vähiten harsuuntuneita eteläsuuntaisilla rinteillä. Harsuuntuneiden puiden osuudet olivat tasamailla 38.6 %, pohjoiskoillisella sektorilla 36.3 % ja etelälounaisella 19.6 % kaikista puista.

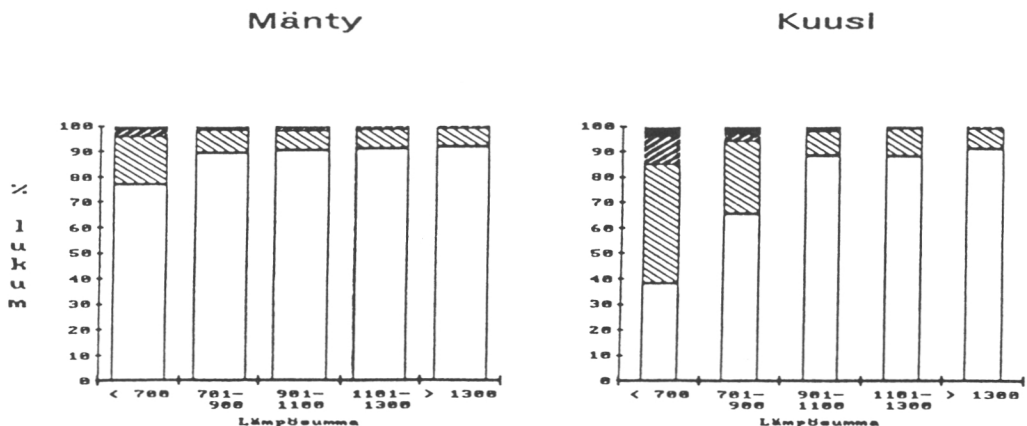


### 3.5.6 Korkeus meren pinnasta

Alueella 1 eniten harsuuntuneita ovat puut 51-100 metriä meren pinnan yläpuolella (16.1 %), vähiten 0-50 metrin (7.7 %) ja yli 100 metrin korkeudessa kasvavat puut (11.0 %). Alueella 2 kuusi on harsuuntunut eniten alle 50 m korkeudella (15.0 %, muualla 6-10 %). Alueella 4 eniten harsuuntuneita ovat alle 150 metrin (39.7 %) ja yli 250 metrin korkeudella kasvavat kuuset (45.0 %). Lapissa korkeiden maiden metsiköt ovat myös iältään vanhimpia. Puulajeittain tarkasteltuna männyn harsuuntuminen ei näyttänyt olevan korkeudesta riippuvaista.

### 3.5.7 Lämpösumma

Harsuuntuminen on sitä voimakkaampaa mitä alhaisempi on lämpösumma (kuva 9). Erityisen selvä tulos on kuusella ja alueella 4 (lämpösumma 700-1100 d.d.), mutta sama ilmiö havaittiin myös tuon alueen männyllä. Metsiköiden ikä on korkeampi pohjoisessa, alhaisen lämpösumman alueilla.



Kuva 9. Harsuuntuminen eri lämpösummavyöhykkeillä männyllä ja kuusella. Rasterit ks. kuva 4.

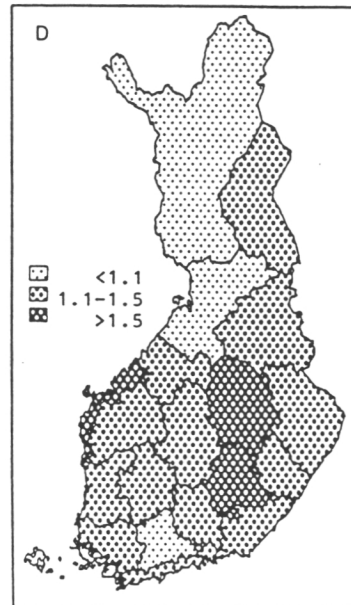
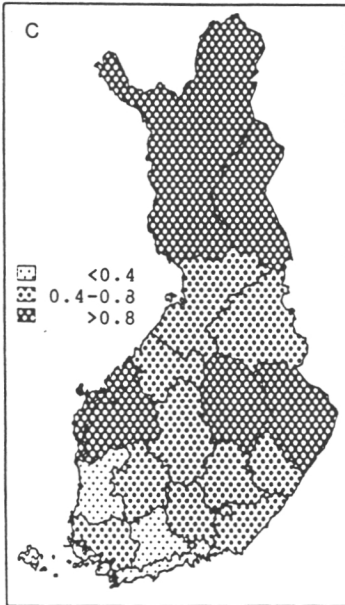
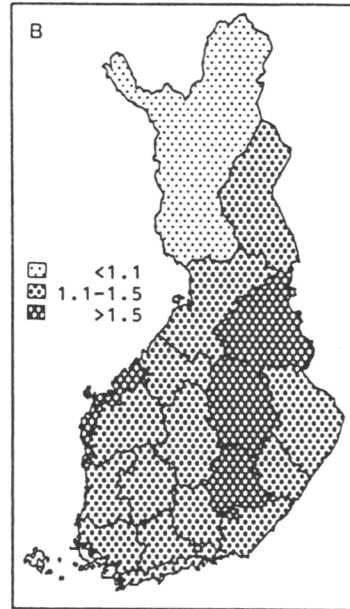
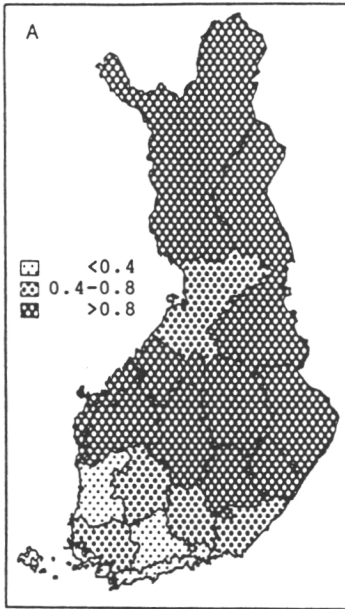
### 3.6 Jäkäläisyys

Metsikkökuvioilta tarkastettiin ns. yleisjäkäläisyys erikseen naavamaisten ja lehtimäisten jäkälien osalta. Runsausasteikko oli 0-3. Lisäksi käytettiin poikkeuskoodia yläoksien runsaalle jäkäläisyydelle. Harsuuntuminen on sitä suurempaa mitä runsaampi on naavajäkäläisyys metsikössä. Naavattomien metsien puista oli harsuuntunut 7 %, mutta runsasnaavaisten 30 %. Naavattomien metsiköiden ikä oli keskimäärin 64 v, niukkanaavaisten 90 v, kohtalaisesti naavaa kasvavien 107 v ja runsasnaavaisten 137 v. Naavaisuus on siten harsuuntumisen tavoin vahvasti metsikön iästä riippuvainen tunnus.

Harsuuntumisen ja lehtijäkäläisyyden välillä ei ollut selvää riippuvuutta. Tästä oli poikkeuksena alue 4, jossa lehtijäkäläitä oli runsaimmin metsissä, missä myös harsuuntuneita puita oli eniten.

Piirimetsälautakunnittaiset runsauskeskiarvot on kuvattu rasterikarttoina kuvissa 10a (naavajäkälät) ja 10b (lehtijäkälät). Alle 80 vuotiaiden (alueella 4 alle 100 vuotiaiden) metsien runsauskeskiarvot ovat kuvissa 10c ja 10d.

Jäkäläitä on niukkimmin eteläisessä ja lounaisessa osassa Suomea ja ne lisääntyvät pohjoiseen ja koilliseen päin. Naavamaisia jäkäläitä on eniten Lapissa, Kainuussa ja osissa keskistä Suomea. Lehtimäisiä jäkäläitä on eniten Savossa ja Kainuussa ja vähiten Lapissa ja eteläisessä ja lounaisessa osassa Suomea.



Kuva 10. Jäkäläisyys piirimetsälautakunnittain runsauskeskiarvojen mukaan. a) naavajakäläisyys, b) lehtijäkäläisyys, c) naavajakäläisyys ja d) lehtijäkäläisyys alle 100-vuotiaissa (alueella 4 alle 120-vuotiaissa) metsiköissä.

### 3.7. Harsuuntumiskohdepuiden tuhot

#### 3.7.1. Koko maa

34.7 % harsuuntumiskohdepuista esiintyi jokin puun kehitykseen vaikuttava, puun ulkopuolisen tekijän aiheuttama tuho. Kuusella tuhonalaisia puita oli hiukan vähemmän kuin männyllä.

Tuhon ilmiöistä olivat tärkeimmät neulastuho (12.3 %), latvan vaihto tai muu latvan epämuodostuma (9.5 %) sekä runkovaurio (7.9 %) (taulukko 12). Neulastuhoa esiintyi kuusissa enemmän kuin männyissä ja kuusissa oli myös enemmän lahovikoja. Männyllä puolestaan tavattiin selvästi runsaammin latvan vaihtoja ja muita latvan epämuodostumia sekä neulasten värivikoja.

Tuhonaiheuttaja pystyttiin tunnistamaan 38.2 %:ssa tapauksista. Männyin tuhoista jäi suurempi osa tunnistamatta kuin kuuselta (tunnistamattomien osuus 64.7 ja 55.8 %).

Tunnistetuista tuhonaiheuttajista olivat männyllä yleisimpiä "muut sienitaudit" (muut kuin tervasroso tai tyvitervastauti), lumi, korjuuvaurio sekä muut ilmasto- ja maaperätekijät (pakkanen, märkyys ym.). Kuusen tunnistetuista tuhoista olivat tärkeimmät muut ilmasto- ja maaperätekijät (pakkanen, märkyys ym.), korjuuvaurio, sienet sekä puiden keskinäinen kilpailu

Kuusella tavattiin huomattavasti runsaammin "muitten ilmasto- ja maaperätekijöiden", kilpailun ja korjuun aiheuttamia vioituksia kuin männyllä (taulukko 13).

Kaikissa harsuuntumiskohdepuissa tuhoja oli eniten Lapin, Koillis-Suomen, Itä-Savon ja Lounais-Suomen piirimetsälautakuntien alueilla (kuva 11 a). Lahoja harsuuntumiskohdepuita tavattiin runsaimmin Lapin, Koillis-Suomen sekä Helsingin piirimetsälautakuntien alueilla. Seuraavaksi runsaimmin lahoa esiintyi Satakunnan, Uudenmaan, Hämeen, Itä-Savon sekä Kainuun piirimetsälautakuntien alueilla (kuva 11 b). Runkovaurioita oli runsaimmin kuvan 11 c mukaisilla alueilla (Lounais-Suomi, Itä-Häme, Itä-Savo, Keski-Pohjanmaa). Ilmiasua latva poikki/kuollut tavattiin eniten Uudenmaan-Hämeen sekä kahdella pohjoisimmalla alueella (Koillis-Suomi ja Lappi) (kuva 11 d). Latvian vaihtoa ym. havaittiin selvästi eniten kahden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueilla (kuva 12 a).

Neulasiin kohdistuneita tuhoja tavataan suhteellisesti runsaimmin kolmen pohjoisen pml:n alueella sekä Itä-Savossa ja Lounais-Suomessa (kuva 12b). Neulasten värivikaa on runsaasti Ahvenanmaalla ja Satakunnan pml:n alueella sekä Pohjois-Pohjanmaan pml:ssa (kuva 12c). Kun neulastuho ja värivika yhdistetään samaan kuvaan nousevat esille Koillis-Suomen, Itä-Savon, Lounais-Suomen ja Ahvenanmaan piirimetsälautakuntien alueet (kuva 13a). Tämän yhdistetyn ilmiasun yleisyyden Satakunnan pml:ssa näyttäisivät selittävän sienitaudit (kuva 13b) ja esim. Itä-Savossa hyönteistuhot ja ilmasto- ja maaperätekijöiden vaikutus (kuvat 13c ja 13d). Ilmasto- ja maaperätekijöiden aiheuttamia oireita esiintyy lisäksi melko yleisesti mm. Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun piirimetsälautakunnissa.

Puulajeittain tarkasteltuna Itä-Savon alueella on tuhonalaisia

mäntyjä sekä sellaisia mäntyjä, joissa havaittiin neulastuhoa, suurin osuus kaikista piirimetsälautakunnista. Mäntyjä, joissa oli latva poikki tai kuollut tavattiin runsaasti Etelä-Pohjanmaan ja Itä-Hämeen alueilla. Kuusella tavattiin neulasten värivikaa runsaasti Itä-Savon, Keski-Pohjanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan lautakuntien alueilla.

Molempien puulajien tuhoista oli 45 % sellaisia, jotka alentavat puusta saatavan puutavaran määrää tai laatua tai johtavat puiden kuolemaan. Sellaisten harsuuntumiskohdepuiden osuus, joilla tuhon aste luokiteltiin tappavaksi, oli 0.4 %. Vastaava puutavaraan määrään vaikuttavan tuhon alaisten puiden osuus oli 15.2 % (taulukko 14).

Taulukko 12. Tuhon ilmiasu.

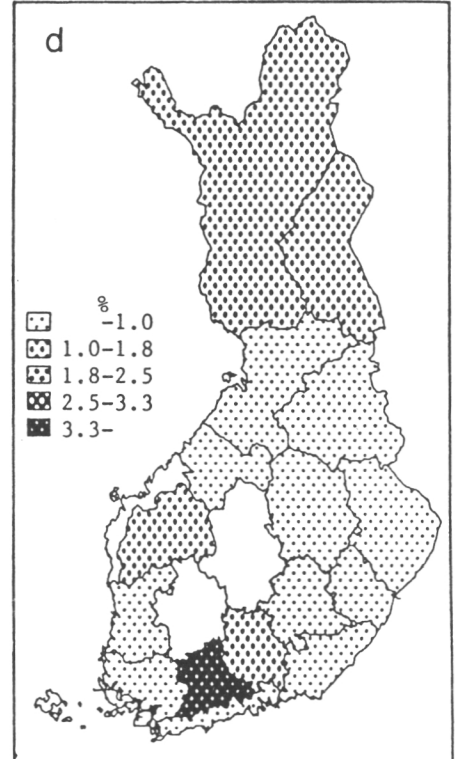
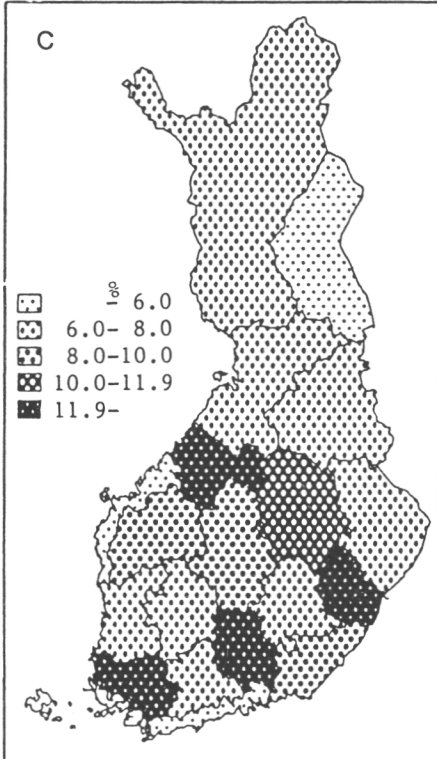
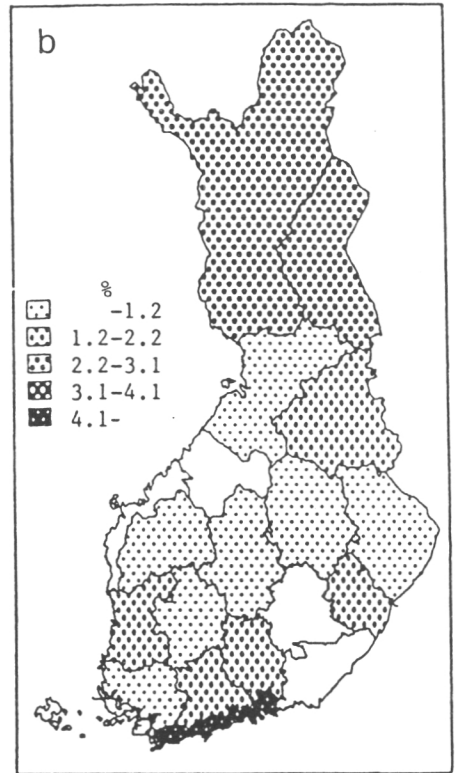
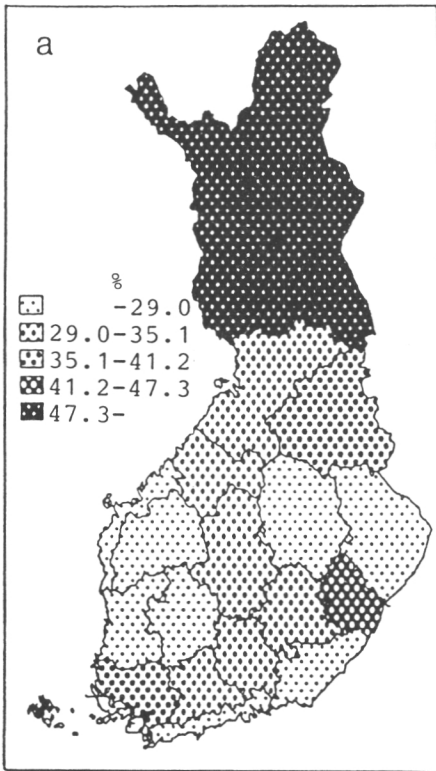
Tuhon ilmiasu	Mänty	Kuusi	Yhteensä
	% harsuuntumiskohdepuista		
Terve puu	63,8	68,0	65,3
Kuollut	-	-	-
Kaatonut/katkennut	0,1	0,1	0,1
Laho	0,5	2,8	1,4
Runkovaurio	7,5	8,6	7,9
Latva poikki/kuollut	0,8	0,8	0,8
Latvan vaihto ym.	12,0	4,8	9,5
Neulastuho	11,2	14,2	12,3
Värivika	4,0	0,8	2,8
Yhteensä %	100,0	100,0	100,0
Puita kpl	3477	1928	5405

Taulukko 13. Tuhon syy. Harsuuntumiskohdepuut. H% = % harsuuntumiskohdepuista, HT% = % tuhonalaisista harsuuntumiskohdepuista.

Tuhon syy	Mänty		Kuusi		Yhteensä	
	H%	HT%	H%	HT%	H%	HT%
Tuntematon	23,4	64,7	17,8	55,8	21,4	61,8
Tuuli	0,2	0,6	0,1	0,3	0,2	0,5
Lumi	2,4	6,8	1,2	3,7	2,0	5,8
Muut ilmasto/maaperätek.	1,4	3,8	5,0	15,6	2,7	7,7
Kasvien keskin. kilpailu	1,1	3,1	2,1	6,6	1,5	4,3
Korjuuvaurio	1,4	3,9	2,3	7,1	1,7	5,0
Muut ihmisen aih. vauriot	0,7	1,9	1,2	3,7	0,9	2,5
Hirvi	0,4	1,2	-	-	0,3	0,8
Muut selkärangaiset	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1
Tervasroso	0,9	2,6	-	-	0,6	1,8
Tyvitervastauti	0,0	0,1	-	-	0,0	0,0
Muut sienet	2,6	7,1	2,2	6,8	2,4	7,0
Tukkimiehentäi	-	-	0,1	0,2	0,0	0,0
Ytimennävertäjä	0,7	2,1	-	-	0,5	1,4
Muut hyönteiset	0,7	2,1	-	-	0,5	1,4
Yhteensä %	36,2	100,0	34,0	100,0	34,7	100,0
Puita kpl	3477	1259	1928	617	5405	1876

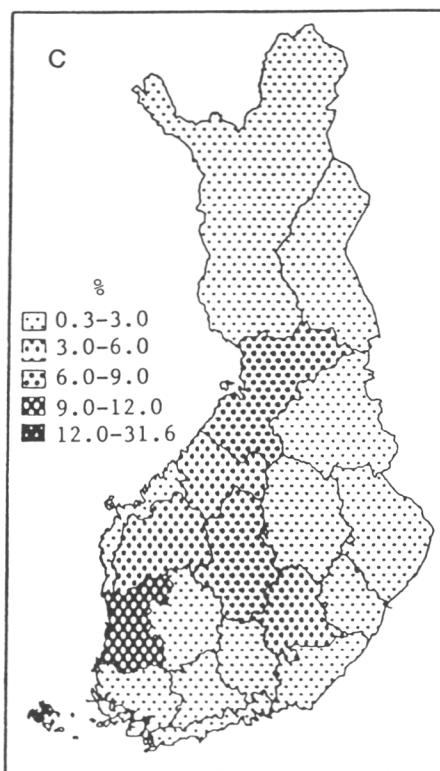
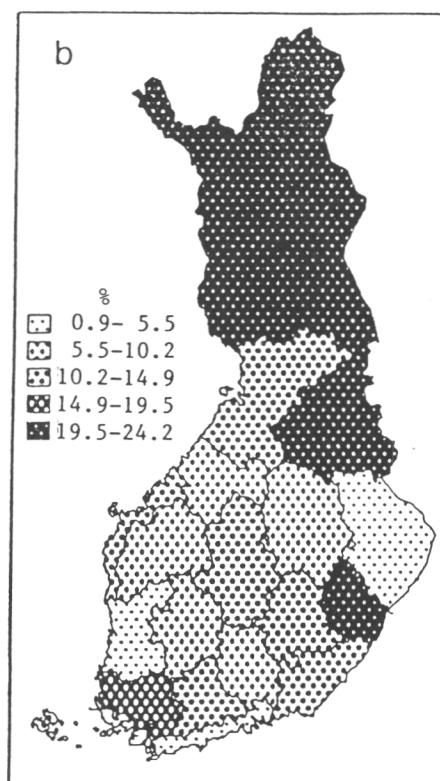
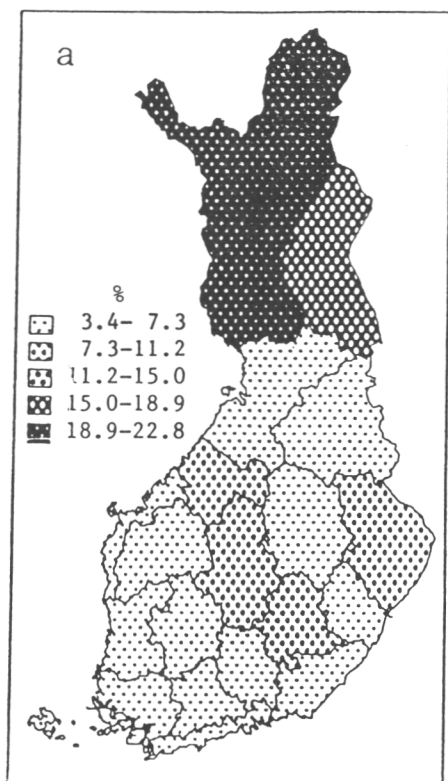
Taulukko 14. Tuhon aste.

Tuhon aste	% harsuuntumiskohdepuista		
	Mänty	Kuusi	Yhteensä
Terve puu	63,8	68,0	65,3
Korjautunut tai puun kehitykseen vaikuttava	19,9	17,6	19,1
Puutavaran laatuun tai määrään vaikuttava	15,8	14,0	15,2
Tappava tai puu on jo kuollut	0,5	0,4	0,4
Puita kpl	3477	1928	5405

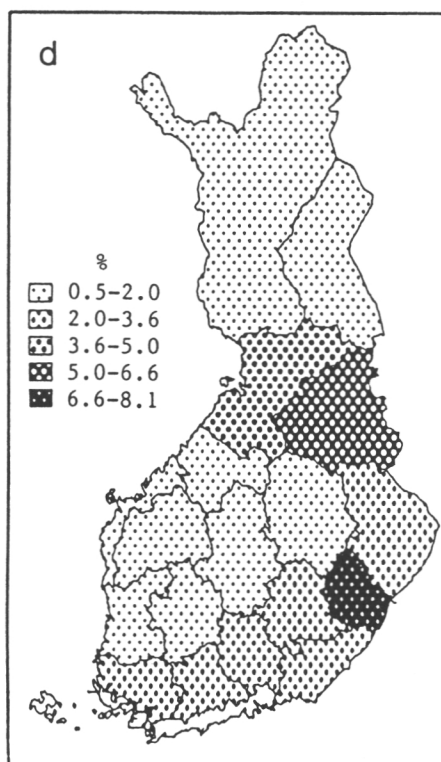
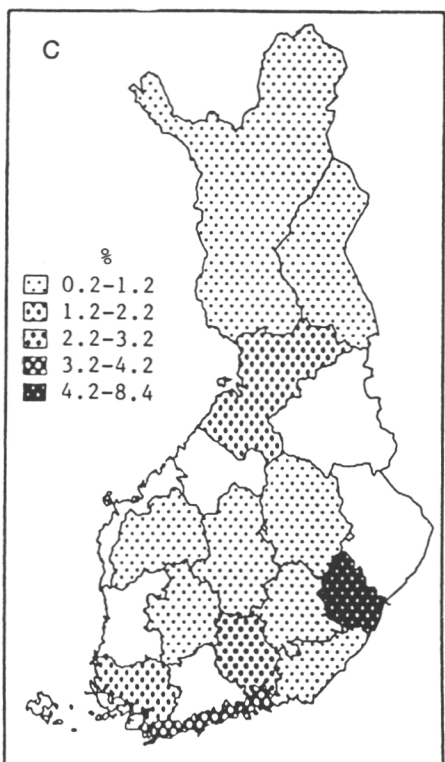
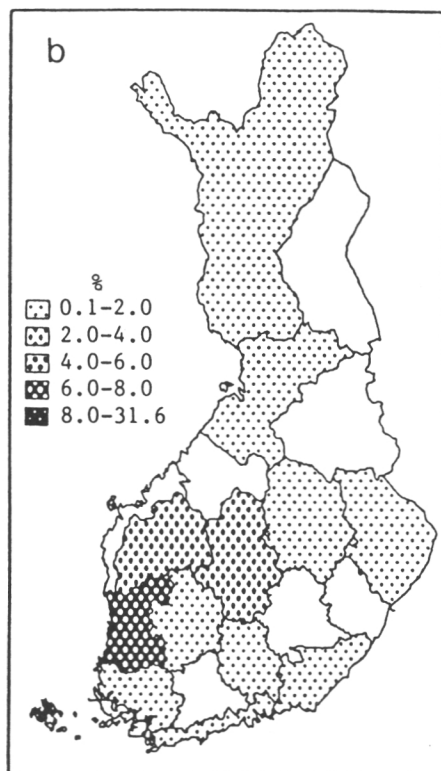
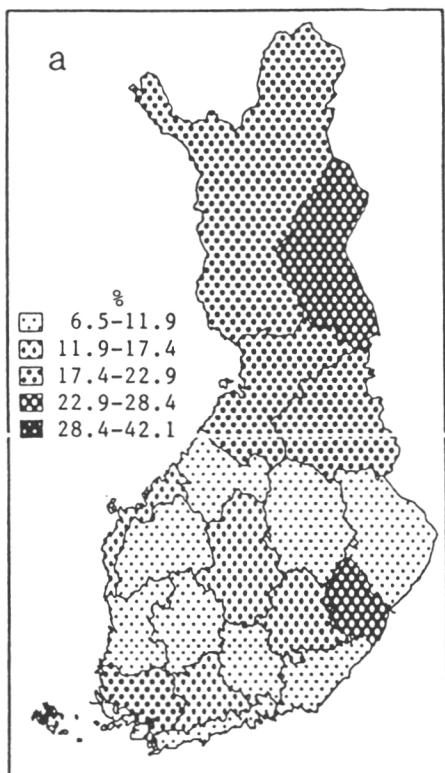


Kuva 11. Tuhonalaisten puiden osuudet harsuuntumiskohdepuista piiri-metsälautakunnittain. a) Kaikki tuhonalaiset puut, b) lahot puut, c) runkovauriot, d) latvanvaihdot ja latvuksen oksatuhot.





Kuva 12. Tuhonalaisten puiden osuudet piirimetsälautakunnittain  
 a) Latvanvaihdot ja latvuksen oksatuhot. b) Neulastuhot. c) Neulasten väriviat.



Kuva 13. Tuhonalaisten puiden osuudet harsuuntumiskohdepuista piiri-  
metsälautakunnittain. Neulastuhot ja väriviivat. Syyryhmät: a) Kaikki  
syyryhmät. b) Sienitaudit. c) Hyönteiset. d) Ilmasto- ja maaperätekijät.

### 3.7.2. Harsuuntumisalueet

Seuraavassa takastellaan tuhojen esiintymistä s.21 mukaisilla harsuuntumisalueilla. Terveiden puiden osuus oli selvästi pienin alueella 4 (50.5 %) ja seuraavaksi pienin alueella 1 (67.6 %). Alueella 2 tavattiin puissa vähiten tuhoja (tuhoista vapaiden elinns. terveiden puiden osuus 73.2 %). Kuusella alueiden väliset erot olivat korostuneempia kuin männyllä, alueen 4 kuusista lähes 60 %:ssa havaittiin jokin tuhon ilmiäsu, kun muilla alueilla vastaava luku oli alle 30 % (taulukko 15).

Alueella 4 esiintyi puissa, erityisesti kuusissa enemmän lahoa kuin muilla alueilla. Runkovaurioita oli puolestaan eniten alueella 1, joskin alueiden 1 ja 2 väliset erot olivat kuusen osalta hyvin pienet. Huomattavasti runsaammin alueella 4 esiintyi muihin verrattuna myös latvan vaihtoja tai muita latvan epämuodostumia sekä neulastuhoa. Latvan epämuodostumia esiintyi alueella 4 noin kolminkertaisesti muihin verrattuna. Neulastuhoa esiintyi männyllä alueilla 1 ja 4 noin kaksi kertaa yleisemmin kuin muilla kahdella alueella ja kuusella alueella 4 lähes kolminkertaisesti muihin verrattuna. Puulajit yhdistämällä päädytään tulokseen, jonka mukaan neulastuhonkin suhteen alueiden järjestys vioittuneimmasta terveeseen on 4>1>3>2.

Värivikoja tavattiin alueella 4 sen sijaan kaikista vähiten. Niitä havaittiin runsaimmin alueilla 3 ja 2.

Tuhon syytä alueittain tarkasteltaessa kannattaa kiinnittää huomiota tunnistamattomien tekijöiden osuuden suuruuteen alueella 4.

Ilmasto- maaperätekijöiden osuus on selvästi pienin alueella 2. Kasvien keskinäistä kilpailua, korjuuvaurioita ja muita ihmisen suoranaisesti aiheuttamia vaurioita sekä ytimennävertäjätuhoja esiintyi runsaimmin alueella 1 (taulukko 16).

Sellaisia tuhoja, jotka vähentävät puutavaran laatua tai määrää taikka aiheuttavat puun kuoleamisen oli ylivoimaisesti eniten alueella 4 (taulukko 17). Alueilla 1-3 esiintyi tällaisia tuhoja suurinpiirtein yhtä paljon. Lievien (puun kehitykseen vaikuttavien, muttei puuntuotannollisesti haitallisten) tuhojen määrä oli alueella 1 suurempi kuin alueilla 2 ja 3.

Taulukko 15. Tuhon ilmiasu eri harsuuntumisalueilla.  
Harsuuntumiskohdepuut.

Tuhon ilmiasu	% harsuuntumiskohdepuista (H%)							
	Mänty				Kuusi			
	1	Alue		4	1	Alue		4
	2	3		2	3			
Terve puu	64,9	71,1	68,5	53,1	70,7	76,1	73,9	42,7
Kuollut	-	-	-	-	-	-	-	-
Kaatonut/ katkennut	-	-	0,1	0,4	-	0,1	0,4	-
Laho	0,1	0,3	0,1	1,3	2,6	2,0	1,2	5,9
Runkovaurio	9,2	7,3	8,1	6,2	9,8	9,7	6,6	5,6
Latva poikki/ kuollut	0,9	0,4	1,0	0,9	1,3	0,1	0,4	1,4
Latvan vaihto ym.	7,4	9,5	7,4	20,6	3,8	3,9	3,1	9,9
Neulastuho	13,3	5,4	8,7	16,9	10,6	8,0	12,5	33,9
Värivika	4,2	6,0	6,1	0,6	1,2	0,1	1,9	0,6
Puita kpl	690	957	763	1067	605	712	257	354

Taulukko 16. Tuhon syy harsuuntumisalueilla. Harsuuntumiskohdepuut.

Tuhon syy	Mänty				Kuusi			
	Alue				Alue			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	% harsuuntumiskohdepuista (H%)							
Tuntematon	18,3	17,8	21,4	33,3	13,9	14,0	13,2	35,6
Tuuli	-	0,1	-	0,6	0,2	-	0,4	-
Lumi	0,3	0,2	-	7,5	0,2	0,1	-	5,9
Muut ilmasto/ maaperätek.	2,7	0,9	2,4	0,4	5,4	2,8	5,4	8,5
Kasvien keskin. kilpailu	2,2	0,8	0,9	0,8	2,5	1,7	2,7	2,0
Korjuuvaurio	2,2	1,9	1,3	0,6	3,6	2,1	3,1	-
Muu ihmisen aih. vaurio	1,4	0,2	0,9	0,5	1,2	1,7	1,3	0,3
Hirvi	1,2	0,5	0,1	0,1	-	-	-	-
Muut selkä rankaiset	-	0,1	-	-	-	0,1	-	-
Tervasroso	1,2	0,6	0,5	1,4	-	-	-	-
Tyvitervastauti	-	0,1	-	-	-	-	-	-
Muut sienet	1,7	5,0	2,8	0,8	2,3	1,4	-	5,0
Tukkimiehentäi	-	-	-	-	-	-	-	-
Ytimennävertäjä	2,5	0,4	0,4	0,2	-	-	-	-
Muut hyönteiset	1,4	0,3	0,8	0,7	-	-	-	-
Puita kpl	690	957	763	1067	605	712	261	354

Taulukko 17. Tuhon aste harsuuntumisalueilla. Harsuuntumiskohdepuut.

Tuhon aste	% harsuuntumiskohdepuista (H%)							
	Mänty				Kuusi			
	Alue				Alue			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Terve puu	64,9	71,1	68,5	53,1	70,7	76,1	73,9	42,7
Korjautunut tai puun kehitykseen vaikuttava	21,2	15,8	17,9	24,2	17,1	11,8	16,7	30,5
Puutavaran laatuun tai määrään vaikuttava	13,8	12,5	13,2	22,0	12,2	11,7	9,4	25,7
Tappava tai puu on jo kuollut	0,1	0,6	0,4	0,7	-	0,4	-	1,1
Puita kpl	690	957	763	1067	605	712	257	354

## 3.7.3. Tuhojen ja harsuuntumisen väliset yhteydet

Tuhonalaisten puiden osuus lisääntyy jyrkästi harsuuntumisluokan kasvaessa (kuva 14). Tosin suurimmissa harsuuntumisluokissa 4-9 on niin vähän puita, ettei tuhonalaisten puiden %- osuuden laske-  
minen ole kaikilta osin perusteltua. Kuvaan 14 on merkitty kat-  
koviiva osoittamaan aluetta, jonka oikealla puolella kussakin  
luokassa on niin vähän puita (alle 70 kpl), että %- osuuden las-  
kentaan liittyy epävarmuutta.

Harsuuntumisluokan kasvaessa eivät jo korjautuneet tai lievät  
tuhot (aste 1) juuri lisäännny, vaan lähinnä kasvaa vaurioita jät-  
tävien ja tappavien tuhojen osuus (taulukko 18).

Taulukko 18. Harsuuntumisen ja tuhon asteen välinen ristiintaulukointi.

		% harsuuntumisasteen puista				Yht. %	Puita kpl
		Tuhon aste					
		0	1	2	3		
Mänty	ei hars.	68,2	17,5	14,1	0,3	100	3124
	lievä	28,2	45,0	26,5	0,3	100	298
	kohtal.	7,3	24,4	65,9	2,4	100	41
	vakava	7,1	7,1	35,7	50,0	100	14
Kuusi	ei hars.	74,5	14,9	10,6	-	100	1641
	lievä	32,8	36,0	30,4	0,8	100	250
	kohtal.	21,7	13,0	65,2	-	100	23
	vakava	7,1	7,1	50,0	35,7	100	14
Mänty ja kuusi	ei hars.	70,4	16,6	12,9	0,2	100	4765
	lievä	30,3	40,9	28,3	0,5	100	548
	kohtal.	12,5	20,3	65,6	1,6	100	64
	vakava	7,1	7,1	42,9	42,9	100	28

Merkillepantavaa on, että harsuuntumisasteiden kohtalainen-vakava männyistä ja kuusista n. 43 %:ssa on puutavaran laatua tai määrää vähentävä tuho ja samoin n. 43 %:ssa puun kuolemaan johdettava tuho. Sellaisten puiden osuus, joissa tuhon aste on 2-3 on seuraavan jaotelman mukainen (mänty ja kuusi):

Harsuuntumisaste	% ko. asteen puista
ei hars.	13.1
lievä	28.8
kohtal.	67.2
vakava	85.8

Harsuuntumisen aiheuttaman suhteellisen neulaskadon määrä eri tuhon ilmiasu- ja syyryhmissä on laskettu myös s. esitetyllä tavalla käyttämällä kunkin harsuuntumisluokan puiden neulaskatoarvona luokan keskiarvoa.

Selvästi suurimmat harsuuntumiskeskiarvot ja suurin osuus harsuuntuneista puista ovat kolmessa ilmiasuryhmässä: kaatuneet/katkenneet puut, laho sekä neulastuho (taulukko 19). Myöskin ryhmissä "latva poikki tai kuollut" sekä "runkovaurio" harsuuntumisasteet ovat sangen korkeat.

Tuhon syistä erottuu puulajeja yhdessä tarkasteltaessa kolme ryhmää, joissa harsuuntuminen on suurinta: tunnistamattomat tekijät ja abioottiset tekijät sekä hyönteiset. Kuusella on voimakasta harsuuntumista edellä mainittujen ryhmien lisäksi vielä ryhmässä sienituhot (taulukko 20).

Taulukko 19. Harsuuntuminen tuhon ilmiäryhmissä.  $\bar{x}$  = neulaskato-%:n keskiarvo, yli 20% = harsuuntumisluokkien 2 - 9 %-osuus harsuuntumiskohdepuista.

Tuhon ilmiäryhmä	Mänty			Kuusi			Yhteensä		
	$\bar{x}$	Yli 20%	Kpl	$\bar{x}$	Yli 20%	Kpl	$\bar{x}$	Yli 20%	Kpl
Terveen näköinen	7,0	4,0	2218	7,6	6,7	1311	7,3	5,0	3529
Kaatunut/ katkennut	27,0	40,0	5	25,0	100	2	26,4	57,1	7
Laho	29,2	47,4	19	18,9	33,3	54	21,6	37,0	73
Runkovaurio	10,6	13,0	261	11,8	21,2	165	11,1	16,8	426
Latva poikki/ kuollut	12,9	17,9	28	11,0	20,0	15	12,2	18,6	43
Latvan vaihto ym.	8,0	6,5	418	10,1	17,2	93	8,4	8,4	511
Neulastuho	22,0	47,2	390	21,9	45,4	273	22,0	46,5	663
Värivika	7,2	2,9	138	8,3	6,7	15	7,3	3,3	153
Yhteensä	9,3	10,2	3477	10,5	14,9	1928	9,7	11,8	5405

Taulukko 20. Harsuuntuminen tuhon syyryhmissä.  $\bar{x}$  = neulaskato-%:n keskiarvo, yli 20% = harsuuntumisluokkien 2 - 9 %-osuus. Tuhonalaiset harsuuntumiskohdepuut.

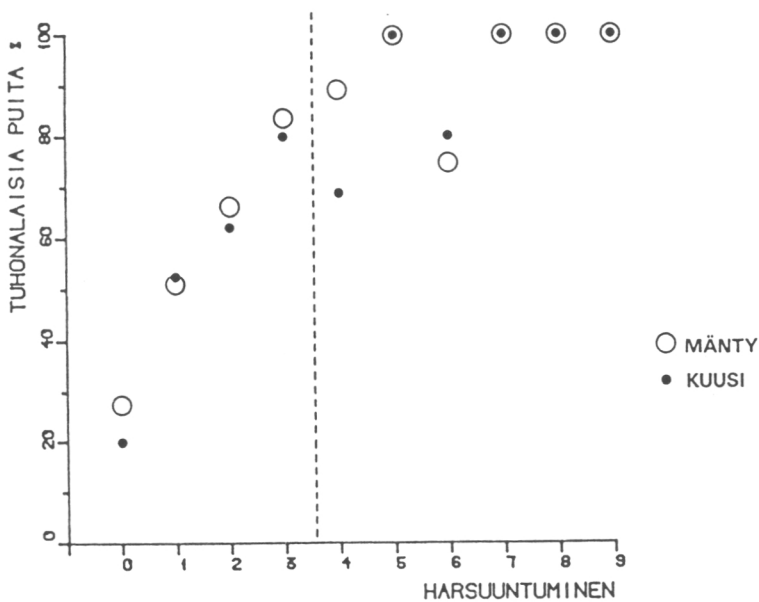
Tuhon syy	Mänty			Kuusi			Yhteensä		
	$\bar{x}$	Yli 20%	Kpl	$\bar{x}$	Yli 20%	Kpl	$\bar{x}$	Yli 20%	Kpl
Tuntematon	14,0	22,7	815	17,9	36,0	344	15,1	26,7	1159
Abioott. tekijät	13,5	20,7	140	17,8	34,7	121	15,5	27,2	261
Kasvien keskin. kilpailu	9,1	10,3	39	10,4	17,1	41	9,7	13,7	80
Korjuu, ihminen	10,7	15,1	73	11,0	19,4	67	10,9	17,1	140
Nisäkkäät	5,0	0,0	16	5,0	0,0	1	5,0	0,0	17
Hyönteiset	14,6	28,8	52	25,0	100	1	14,8	30,2	53
Sienet	12,2	16,9	124	17,4	28,6	42	13,5	19,9	166
Yhteensä	13,3	21,0	1259	16,6	32,3	617	14,4	24,7	1876

Tuhojen merkityksen selventämiseksi harsuuntumiskohdepuista poistettiin kaikki ne, joissa esiintyi sellaisia puun elämään vaikuttavia tuhoja, jotka eivät voi lisääntyä ilman epäpuhtauksien johdosta. Tällaisiksi katsottiin seuraavat: tuuli, lumi, kasvien keskinäinen kilpailu, korjuuvauriot, muut ihmisen aiheuttamat vi-



heuttamat vioitukset, tervasroso, hirvituhot, muut eläintuhot sekä kaikki korjuuvauriot. Näiden kriteerien mukaan harsuuntumisarvionnista on vähennettävä yhteensä 670 puuta (436 mäntyä ja 234 kuusta).

Puiden jakautuminen eri harsuuntumisasteisiin näiden tuhojen poiston jälkeen (ns. korjattu harsuuntuminen) esitetään taulukossa 21. Muutoksia s. esitettyihin arvoihin nähden on tapahtunut lähinnä alueilla 1 ja 4. Alueella 1 harsuuntuneiden mäntyjen osuus on vähentynyt 1.7 %-yksikköä ja kuusten 2.0 %-yksikköä. Alueella 4 muutokset ovat vastaavasti 2.7 ja 1.7 %-yksikköä.



Kuva 14. Tuhonalaisten puiden osuus eri harsuustumisluokissa.

Taulukko 21. Harsuuntumis-%, kun aineistosta on poistettu tuhot, joihin ilman epäpuhtaudet eivät todennäköisesti vaikuta.  
H% = % harsuuntumiskohdepuista, poist. = poistettujen puiden lukumäärä, U% = korjattu %-osuus harsuuntumiskohdepuista.

Alue	Hars. aste	Mänty			Kuusi			Yhteensä		
		H%	Poist.	U%	H%	Poist.	U%	H%	Poist.	U%
Koko maa	ei hars.	89,8	381	90,2	85,1	179	86,3	88,2	560	88,8
	lievä	8,6	42	8,4	13,0	50	11,8	10,1	92	9,6
	kohtal.	1,2	10	1,0	1,2	3	1,2	1,2	13	1,1
	vakava	0,4	3	0,4	0,7	2	0,7	0,5	5	0,5
	yht. hars.	10,2		9,8	14,9		13,7	11,8		11,2
Alue 1	ei hars.	87,5	83	89,2	87,7	56	89,8	87,6	139	89,5
	lievä	10,6	18	9,4	11,6	20	9,4	11,0	38	9,4
	kohtal.	1,7	4	1,4	0,5	0	0,6	1,2	4	1,0
	vakava	0,1	1	0,0	0,2	0	0,2	0,2	1	0,1
	yht. hars.	12,4		10,8	12,2		10,2	12,4		10,5
Alue 2	ei hars.	94,0	82	93,8	91,5	77	91,5	92,9	159	92,9
	lievä	5,4	4	5,5	7,7	8	7,5	6,4	12	6,3
	kohtal.	0,4	0	0,5	0,4	0	0,5	0,4	0	0,5
	vakava	0,2	0	0,2	0,4	0	0,5	0,3	0	0,3
	yht. hars.	6,0		6,2	8,5		8,5	7,1		7,1
Alue 3	ei hars.	91,3	66	91,6	86,4	19	87,5	90,1	85	90,6
	lievä	7,2	7	7,0	11,3	5	10,3	8,2	12	7,8
	kohtal.	1,2	1	1,2	2,3	1	2,2	1,5	2	1,4
	vakava	0,3	0	0,3	-	-	-	0,2	0	0,2
	yht. hars.	8,7		8,4	13,6		12,5	9,9		9,4
Alue 4	ei hars.	86,6	150	89,3	67,0	27	68,6	81,7	177	81,8
	lievä	11,1	13	12,1	27,1	17	25,8	15,1	30	15,3
	kohtal.	1,5	5	1,3	3,1	2	2,9	1,9	7	1,7
	vakava	0,8	2	0,8	2,8	2	2,6	1,3	4	1,2
	yht. hars.	13,4		10,7	33,0		31,4	18,3		18,2

Tuhojen poiston vaikutus harsuuntuneiksi luokiteltujen puiden osuuden vähenemiseen kaikista harsuuntumiskohdepuista esitetään allaolevassa jaotelmassa:

Harsuuntumis- misalue	Vähennys % alkuperäisestä harsuuntuneiden osuudesta	
	Mänty	Kuusi
1	13.6	16.4
2	1.6	1.2
3	3.4	8.1
4	20.1	5.1
Koko maa	3.0	8.1

## 4. Tulosten tarkastelu

### 4.1. Taustaa

#### 4.1.1. Puun vanheneminen ja latvuksen harsuuntuminen

##### Neulasen vanheneminen

Puu menettää neulasiaan joko neulasen vanhenemisen tai ulkopuolisen vaurioittajan vaikutuksesta. Normaaliolosuhteissa männyn neulasen elinikä on Etelä-Suomessa 3 - 5 vuotta, kuusen 5 - 10 vuotta (Kujala, julkaisematon aineisto 1953 - 50). Neulanen kehittyy täysikokoiseksi ensimmäisen vuoden heinäkuun puoliväliin mennessä. Sen jälkeen sen tuottokyky on suurimmillaan, ja jatkuu vielä korkealla tasolla toisenakin vuonna.

Yhteyttämiskyvyn lasku on seurausta neulasen pintavahan kulumisesta ja mesofyllisolujen ikääntymisestä, mikä ilmenee mm. vakuolin kasvamisena (Huttunen ym. 1980, Sutinen 1987). Neulasta suojaavan vahapeitteen tuhouduttua ja solujen kuoltua neulanen ruskettuu ja varisee pois. Mänty varistaa neulasensa ikäluokka kerrallaan, normaalisti yhden vuosikerran vuodessa. Kuusi varistaa neulasia vähitellen useasta vanhimmasta neulaskerrasta yhtäaikaan. Variseminen tapahtuu männyllä alkusyksyllä, kuusella ympäri vuoden runsaimmin myöhäissyksyllä ja keväällä (Viro 1955, Heiniger & Schmid 1986).

## Puun vanheneminen

Puun kehityksen alkuvaiheessa neulasmassan määrä kasvaa iän mukana (Tirén 1937). Vähitellen oksien kasvaessa ja haaroittuessa lähelle runkoa syntyy puun sisäisen varjostuksen seurauksena neulastyhjiö, joka kasvaa vähitellen ylös- ja ulospäin latvuksessa (Burger 1939a). Puun kasvaessa muiden joukossa puut varjostavat toisiaan ja aiheuttavat toisilleen neulaskatoa suoranaisten piiskauksen tai epäsuoran varjostuksen vuoksi. Varjostus aiheuttaa puun ikääntyessä elävän latvusrajan nousun runkoa ylöspäin ja alaoksien karsiutumisen (Burger 1939a).

Puun kehityksen myötä kasvu lisääntyy, neulasmassa kasvaa ja latvustilavuus kasvaa kunnes puu saavuttaa kasvun kulminaatiopisteen, jolloin alkaa puun ikääntyminen. Ikääntyminen ilmenee kasvun hidastumisena, neulasmassan vähenemisenä, elintoimintojen vähittäisenä hidastumisena ja erilaisina rapistumisoireina (Lakari 1920, Tirén 1937, Burger 1939a ja b, 1953, Sirén 1955, Westman & Lesinski 1986).

Ikääntymisen yhteydessä tapahtuva tai muiden tekijöiden aiheuttama latvuksen rappeutuminen noudattaa edetessään tiettyä kaavaa (Westman & Lesinski 1986), johon kuuluu neulasmassan vähenemisen lisäksi oksien vähittäinen tuhoutuminen. Pikkuoksia tuhoutuu sieltä tältä koko latvuksesta tai 5 - 10 oksakiehkuraa latvakasvaimen alapuolelta ns. "ikkunasta" ja latvuksen puolivälin yläpuolelta.

Neulasettomat pikkuoksat (ns. lametta-syndrooma) riippuvat aikansa kiinni puusta ja varisevat vähitellen pois jättäen jälkeensä aukkoisen latvuksen (Schröter & Aldinger 1985).

Kuusella on voimakas uudistumiskyky sekä versoissa että juurissa (Heikinheimo 1920). Kun suurien sivuoksien primääriversot menettävät neulasensa ja kuolevat, kehittyy oksien päärankojen yläpuolelle leposilmuista ns. sekundääriversoja, jotka voivat olla useita vuosia vanhoja ja lopulta roikkuvia kuten primääriversotkin (Westman & Lesinski 1986). Sekundääriversot voivat kasvaa yksittäin tai pensasmaisesti. Männyllä ei tällaista uusiutumiskykyä juurikaan ole. Männyt vähentävät neulasiaan joko koko latvuksesta tasaisesti tai kuivattamalla yksittäisiä suuria oksia kerrallaan.

Westman ja Lesinski (1986) ovat löytäneet muista aiheuttajista eroavia juuri ikääntymiselle tyypillisiä oireita:

- terve ylälatvus on lyhyt ja päätekasvu melkein pysähtynyt
- ylhäällä latvuksessa on vanhoja, alaspäinsuuntautuvia oksia
- monet oksien sivuversot ovat katkenneet latvuksen keskiosassa
- latvuksen alaosassa on latvuksen sisäinen neulastyhjiö erittäin laaja
- oksat latvuksen keskiosassa ja siitä alaspäin näyttävät epäsäännöllisiltä oksatuhojen ja sekundäärikasvun vuoksi
- latvus on aukkoinen
- sekundääriversoilla on ollut runsaasti aikaa kehittyä ja sen vuoksi ne ovat hyvin erikokoisia ja epäsäännöllisiä
- hyvin vanhoilla puilla neulasmassa muodostuu lähes yksinomaan sekundääriversojen neulasista

- ikääntymisprosessi on tapahtunut pitkän ajan kuluessa, mikä näkyy jäljelläolevien kuolleiden ja osittain kuolleiden oksien jäkäläisyytenä, joka on humideilla alueilla runsasta
- oksat kaikissa latvusosissa ovat saavuttaneet kehitystason, joka antaa niille samanlaisen ulkonäön.

#### 4.1.2. Ilman epäpuhtaudet

Ilman epäpuhtauksista haitallisimmat tämän hetken tietämyksen mukaan ovat erilaiset rikki-, typpi- ja fluoriyhdisteet sekä otsoni (Carlson & Gilligan 1983). Nämä vaikuttavat haitallisesti suoraan ilmasta ja epäsuorasti maaperän kautta puiden biokemiallisiin ja fysiologisiin prosesseihin sekä solujen rakenteisiin (Malhotra & Khan 1984, Huttunen & Soikkeli 1984). Monissa kontrolloiduissa kokeissa on osoitettu, että ilman epäpuhtaudet alentavat kasvua ja satoa ennenkuin mitään näkyviä symptomeita on esiintynyt (Malhotra 1977). Malhotran ja Khanin (1984) mukaan vaurio tapahtuu ensin biokemiallisella tasolla (fotosynteesissä, hengityksessä ja rasva- ja valkuaissynteesissä); seuraavaksi tapahtuu muutoksia solukalvoissa, sitten muualla solutasolla (soluseinissä, mesofyllissä ja tumassa) ja vasta lopuksi näkyvinä vauriosymptomeina, nekroosina ja kloroosina sekä neulasen kuolemana ja varisemisena.

Useissa tutkimuksissa on myös osoitettu, että ilman epäpuhtauksien vaikutukset näkyvät sekä solu- että pintavaurioina sitä selvemmin mitä vanhempia neulaset ovat (Soikkeli & Paakkunainen

1981, Lang & Holdenrieder 1985). Ilman epäpuhtaudet kuluttavat neulasen pintaa suojaavan vahakerroksen hyvin lyhyessä ajassa ja vanhentavat neulasta nopeammin kuin puhtailla alueilla normaalisti tapahtuisi (Huttunen & Laine 1981 ja 1983, Cape & Fowler 1981).

Ilman epäpuhtauksien vaikutuksia puiden ulkonäköön on kuvattu kirjallisuudessa mm. seuraavissa julkaisuissa: Diagnosis ... 1984, Schütt ym. 1984, Halbwachs & Schön 1985, Persson 1985. Westman & Lesinski (1986) ovat kuvanneet harsuuntumisprosessia kuusella suuresta puuaineistosta ja pystyneet erottelemaan erilaisia syytekijöitä, joista tärkeimmät ovat puun ikä, tuuli ja teollisuussavut. Tyypillisiä teollisuussavujen aiheuttamia oireita on löytynyt viisi:

1. Koko latvus on harsuuntunut, mutta eri oksien välillä saattaa olla suuriakin eroja harsuuntumisasteessa.
2. Kuivia oksia esiintyy koko oksan mitalla ja ne pysyvät kiinni kauan.
3. Useimmat oksan päähaarat ja monet välihaarat ovat vaurioituneet, mutta myöskin sekundääriversot ovat vaurioituneet, mikä on harvinaista muiden harsuuntumista aiheuttavien tekijöiden kohdalla.
4. Sekundäärioksat ovat suureksi osaksi pensasmaisia ja niitä esiintyy lähellä runkoakin, jopa rungossa.
5. Pituuskasvu on vähäistä, mikä pitkään jatkuessaan saattaa aiheuttaa epänormaaleja latvusmalleja, esim. haikarapesälatvuksen.

#### 4.1.3. Muiden stressitekijöiden ja epäpuhtauksien yhteisvaikutus

Kuusi on altis monille abioottisille neulaskatoa aiheuttaville tekijöille. Yleisimpiä stressitekijöitä ovat lumi, tuuli, kylmyys sekä kuivuus. Lumi on ongelma puille erityisesti humideilla tunturialueilla (Mikola 1938). Tuuli voi vaurioittaa puita erityisesti rannikkoalueilla, metsikkökuvioiden rajoilla ja seinämä-metsiköissä sekä rinteillä ja lakialueilla (Mitscherlich 1963, Myczkowski 1977). Tuuli aiheuttaa helposti tunnistettavan toispuolisen ulkonäön puuhun (Westman & Lesinski 1986). Rinteet ovat hyvin eriarvoisessa asemassa toisiinsa nähden myöskin lämmön ja auringon säteilyn määrän ja suunnan suhteen (Kittredge 1948).

Varhain keväällä kuusenversot ovat alttiita pakkaskuivumiselle (Fiedler 1977). Myöhemmin keväällä uudet versot paleltuvat herkästi. Kuusella on ongelmia usein kesälläkin, sillä pitkät kuivat kaudet aiheuttavat helposti neulaskatoa ja kasvun taantumaa (Wiedemann 1925).

Ilman epäpuhtauksien määrä vaihtelee eri vuodenaikoina siten, että talvella pitoisuudet ovat suurimmillaan. Tämä on puiden kannalta erityisen tuhoisaa, koska luontainen stressinsietokyky on alimmillaan eikä puulla ole aktiiviseen kauteen verrattavaa kykyä biologisesti puolustautua epäpuhtauksia vastaan. Myöskin havupuiden kasvukauden alku ja talveentuminen häiriintyvät. Tätä vaikutusta lisää typpilaskeuma. Seurauksena on puiden kylmänkestävyyden aleneminen, mikä näkyy mahdollisena herkkyytenä keväiselle pakkaskuivumiselle ja keväthalloille (Huttunen ym. 1983,



Huttunen 1981).

Epäpuhtauksien vaikutusta tehostavat edellisten tekijöiden lisäksi kaikki lisärasitteet joita puut normaalisti kestävät. Tällaisia ovat kuivuus, talven alhaiset lämpötilat ja tuuli. Näiden stressitekijöiden yhteisvaikutus on pohjoisessa puulajin esiintymisen äärirajoilla niin vahva, että siellä varsin pienetkin pitoisuudet saattavat riittää häiriötilan laukaisijoiksi. (Scholz 1981).

Bioottiset taudinaiheuttajat ja tuhohyönteiset ovat eräs puiden elinvoimaa vähentävä tekijä. Tuhonaiheuttajiin kuuluu sekä primäärisiä lajeja, joiden esiintyminen ei riipu epäpuhtauksien vaikutuksesta puihin (esim. sienistä ehdottomat loiset, mm. ruoste- ja härmäsienet), että puiden heikentymisen johdosta lisääntyviä lajeja. Ilman epäpuhtauksien vaikutuksesta metsän sienitauteihin tiedetään kirjallisuuden perusteella, että on olemassa kaksi taudinaiheuttajaryhmää, jotka ainakin pystyvät hyötymään puuston heikentymisestä epäpuhtauksien johdosta. Näitä ovat ensinnäkin lahottajasienet. Matalien rikkidioksidipitoisuuksien ( $0.1 \text{ mg/m}^3$ ) on laboratoriossa havaittu stimuloivan mm. juurikäävän rihmaston kasvua (Grzywacz 1973). Foto-oksidanttivaurioista kärsineiden mäntyjen puuaines ja juuristo on havaittu alttiimmaksi juurikäävälle sekä lakastumistautia aiheuttavalle Verticicladiella procera Kendrick- sienelle USA:ssa (Stark ym. 1968, James ym. 1980, Lackner & Alexander 1983). Juurikääpä ja mesisienilajit ovat yleisiä Puolassa epäpuhtauksien vaivaamilla metsäalueilla, erityisesti lievän, mutta pitkäaikaisen ilmansaastevaikutuksen alaisissa metsissä (Grzywacz & Wazny 1973, Domanski

1978).

Toinen potentiaalisesti tärkeä taudinaiheuttajaryhmä saattavat olla normaalisti heikosti patogeeniset neulassienet. Jonkun muun tekijän, mm. epäpuhtauksien vaurioittamat neulaset voivat olla erinomainen kasvualusta mm. Coniothyrium fuckelii Sacc. (Kowalski 1981), Rhizosphaera kalkhoffii Bubak (Tanaka 1980) sekä Lophodermium macrosporum (Hartig) Rehm ja L. picea (Fuckel) Höhnelt -sienille (Rehfuess & Rodenkirchen 1984, Butin & Wagner 1985). Kolmea viimeksi mainittua sientä on esiintynyt runsaasti mm. Saksan kuusikoissa, ja niiden merkityksestä on vilkkaasti keskusteltu.

Epäpuhtauksien aiheuttamista puustovioituksista hyötynevät hyönteisistä ensisijaisesti lehtiä ja neulasia syövät lajit. Esimerkiksi neulasmiinaajakääriäinen, tähtikudospistiäinen, kuusenneulaspistiäinen sekä Zeiraphera diniana- pikkuperhonen saattavat olla tällaisia lajeja (Wentzel & Ohnesorge 1961, Sierpinski 1980, Baltensweiler 1983). Toinen tärkeä ryhmä ovat kaarnakuoriaiset (Ranft 1968, Cobb ym. 1968, Stark ym. 1968). Eräitä silmu- ja versotuholaisia (männynversokääriäinen, männynsilmutkoi) on tavattu runsaasti epäpuhtauksien vaivaamilla metsäalueilla (Templin 1962, Schnaider & Chlodny 1977, Charles & Villemant 1977). Punalatikkaa on tavattu runsaasti epäpuhtauksien vaurioittamista männiköistä Suomessakin (Heliövaara & Väisänen 1986). Myöskin kirvat saattavat lisääntyä epäpuhtauksien vaikutuksesta (mm. Thalenhorst 1975, Sierpinski 1980).

#### 4.2. Harsuuntumisen ja tuhojen arvioinnin luotettavuudesta

Harsuuntumiseksi ei luettu puun sisäisen tai naapuripuiden varjostuksen aiheuttamaa neulaskatoa eikä myöskään normaalia neulasen vanhenemisesta johtuvaa neulaskatoa. Sensijaan puun iän mukana lisääntyvä tai ulkoisten tekijöiden aiheuttama neulaskato luetaan harsuuntumiseksi poislukien kuitenkin eräät primäärituhoilaiset (ks. s. 9 ). Harsuuntumiseen ei lueta myöskään männyn hedekukinnan aiheuttamaa neulasten puuttumista (ns. "korteoksat"). Harsuuntumista arvioitaessa otetaan huomioon kasvupaikka siten, että esim. korpikuusta ei verrata kangaskuuseen vaan korvessa sillä paikalla kasvavaan mahdollisimman hyväkuntoiseen kuviteltuun puuhun.

Harsuuntumisen arvioinnin yhteydessä otetaan huomioon muitakin tekijöitä kuin neulaskato. Näitä ovat kuusella sekundääriversojen määrä, rungon näkyminen ylös asti, oksatuhon eli lamettasyndrooman määrä sekä oksien ja pääteverson kasvu, männyllä kuolleiden oksien, neulasvuosikertojen ja mahdollinen hedekukinnan määrä. Arvioimalla vain latvuksen yläpuolisen osan neulaskato on pyritty tarkastelemaan vain sitä osaa latvuksesta, johon ilman epäpuhtauksien suora vaikutus vahvimmin kohdistuu.

Puiden elinvoimaisuuden kartoitusta tehdään monissa Euroopan maissa pelkkänä harsuuntumis- ja tuhoinventointina pysyviltä koealoilta, jotka pyritään mittaamaan joka kesä uudelleen samana ajankohtana. Yksittäisten puiden tarkasteluun on tällöin mahdollista käyttää runsaasti aikaa ja työ voidaan tehdä kahden henkilön yhteistarkasteluna. Meillä Suomessa tähän ei ole mahdolli-

suuksia, koska metsäpinta-ala on laaja moniin muihin maihin verrattuna. Kustannusten vuoksi pysyvien koealojen perustamispäätöstä tehtäessä ja myöhemmin mittausohjeiden suunnittelussa oli otettava huomioon monia Yleistutkimustarpeita, joista puuston elinvoimaisuuden kartoitus oli yksi.

Valtakunnallisesti puuston elinvoimaa selvitetessä on yleistämiskelpoisten tulosten saaminen ensimmäinen ehto otostusta suunniteltaessa. Pysyvät koealat muodostavat objektiivisen verkon, joka sijoittuu edustavasti koko maan metsiin. Myös metsiköiden reunat ja pienet metsiköt tulevat oikealla tavalla otantaan mukaan. Koealaverkon tiheyden ja koepuumäärien puolesta pysyviltä koealoilta saadaan kohtalaisen luotettava kuva useimpien tunnusten osalta koko valtakunnan alueelta. Laskettaessa tuloksia piirimetsälautakunnittain ovat koepuumäärät verraten pieniä ja satunnaisvirheen osuus suuri.

Aineistosta lasketut tulokset ovat satunnaisvaihtelun alaisia koska aineisto on kerätty systemaattisena otoksena. Satunnaisvirhe voi olla sitä suurempi mitä harvemmin esiintyvistä ilmiöstä on kysymys ja mitä pienemmälle alueelle tuloksia lasketaan. Koealoilta mitattujen puukohtaisten tietojen perusteella voidaan estimoida havaintojen jakaumia sekä tarkastella tiettyjen ilmiöiden välisiä suhteita. Pinta-aloja koskeviin tuloksiin voidaan päästä vain kuviotietojen perusteella, koska yksittäinen koeala ei useinkaan kuvaa metsikköä luotettavasti. Harvoin esiintyvistä ilmiöistä ei pysyviltä koealoilta ole mahdollisuutta saada luotettavaa kokonaiskuvaa. Virheitä aiheuttavat myös mittausvirheet ja luokittelutunnukset, joiden arvioiminen perustuu subjektiivii-

seen näkemykseen.

Harsuuntumisen arviointi on tällä hetkellä ainut käyttökelpoinen suhteellisen nopea menetelmä saada kuva puun ulospäin näkyvästä elinvoimaisuudesta. Menetelmä on valitettavasti subjektiivinen, joten tulosten tulkinnessa on syytä pidättäytyä lievään varovaisuuteen ja hyväksyä tulosten suuntaa-antava luonne. Harsuuntumisen arviointi on ongelmallista, koska normaalia puuta ei voida selvästi määritellä, vaan kullekin kasvupaikalle sopiva eri ikävaiheessa oleva täyden neulasmäärän puu täytyy kuvitella. Toisaalta ei tiedetä tarkkaan tuloksia laskettaessa milloin puu on todella vaurioitunut ja menettänyt elinvoimaisuuttaan ja minkä verran voidaan sallia harsuuntumista "terveelle" puulle. Ongelma on vielä ilmeisempi pohjoisessa äärevissä kasvuolosuhteissa kasvavien puiden suhteen.

Harsuuntumisen arviointi ja päätös harsuuntumisluokasta tehtiin yleensä nopeasti. Jokaiselle puulle ei ollut mahdollisuutta hakea optimaalista tarkastelupaikkaa ja työtä tehtiin jatkuvasti kaikissa sääolosuhteissa koko kesän. Ryhmänjohtajille muodostui työn edetessä tietynlainen 10 luokan asteikko, jolle he asettivat kunkin puun. Näin luokkien väliset suhteet oletettavasti muodostuivat melko oikeiksi. Eri asia on mitä ns. perusasenne vaikuttaa - koko asteikko saattoi hieman siirtyä eteenpäin tai taaksepäin eli toiset ryhmänjohtajat merkitsivät harsuuntumista helpommin kuin toiset.

Pääosa puista kuului joko terveisiin tai lievästi harsuuntuneisiin luokkiin. Kun on kysymyksessä melko subjektiivinen tunnus,

on 1-2 luokan hajonta eri ryhmänjohtajien välillä luonnollista. Ryhmänjohtajien välistä hajontaa syntyy perusasenteen ja alueellisten erojen vuoksi. Kun ryhmiä on runsaasti, erot tasoittuvat tuloksia laskettaessa ja keskiarvo asettuu lähemmäksi oikeaa. Piirimetsälautakunnittaisia tuloksia tarkasteltaessa on huomattava, että alueella toimineita ryhmiä voi olla vain 3-4 ja koevuomäärät eivät aina riitä yleistämiskelpoiseksi otokseksi. Suuremmilla aluekokonaisuuksilla (harsuuntumisalueilla) tulos on luotettavampi.

Harsuuntumisen arvioinnissa on käytännössä jonkin verran tekijöiden välistä hajontaa. Tärkeätä on koulutuksen kautta pitää arvioinnin taso mahdollisimman samana kaikilla ryhmänjohtajilla. Näin peräkkäisiä arviointeja voidaan luotettavammin verrata keskenään. Perusasenne vaikuttaa arvioinnin lähtötasoon, ei luokkien välisiin suhteisiin.

Tuhon arvioinnin onnistumisessa on koulutuksella suuri merkitys, koska nopeatempoisessa inventointityössä osa tuhoista voi jäädä havaitsematta. Toiset tuhot huomataan huomattavasti helpommin kuin toiset. Tuhon ilmiäsun arvioimisessa pystykuolleet, kaatuneet tai katkenneet puut, pintaan kohdistuneet runkoviati tai vauriot sekä kuiva tai katkennut latva on helppo huomata. Muut latvukseen tai oksistoon kohdistuneet rankatuhot, neulas- tai lehtikato tai väriviati on myös kohtalaisen helppo havaita. Lahon tunnistaminen on usein vaikeaa ellei mahdotonta.

Tuhon syistä tuuli, lumi, halla, kasvien kilpailu ja korjuuvauriot on melko helppo tunnistaa, samoin hirvituho, tervasroso ja

ytimennävertäjätuho.

Ilman epäpuhtauksia muistuttavien oireiden syiden erottelemisessä saatetaan maastossa kuitenkin kohdata vaikeuksia. Esimerkiksi neulaskaristeet tai tietyt ruostesienet aiheuttavat neulasiin ilmaansaastesymptomeja muistuttavia oireita. Näiden syyn selvittäminen alkukesästä tai loppusyksystä on erittäin vaikeaa, jos sienten itiöemiä ei ole näkyvissä. Aineistosta on pääteltävissä, että esimerkiksi kuusen neulasissa esiintyviä ruostesieniä ei tässä selvityksessä ole tunnistettu.

Käytetty inventointimenetelmä aiheuttaa lisää vaikeuksia: koska esim. värivikojen osalta ei ilmoiteta, missä neulasvuosikerrassa ja missä osassa latvusta havaittu oire esiintyy, ei syyn analysointi jälkeinpäin ole mahdollista.

#### 4.3. Tulosten vertailu muiden maiden tuloksiin.

Pohjoismaissa käytössä oleva menetelmä poikkeaa keskieuropalaisesta seuraavin kohdin: Pohjoismaissa arvioidaan neulaskato puun yläpuoliskosta, Keski-Euroopassa koko latvuksesta. Pohjoismaissa ei värivikaisia neulasia lueta harsuuntumiseen. Keski-Euroopassa värivikaisuuden määrä arvioidaan erikseen, ja jälkikäteen sen määrä vaikuttaa harsuuntumisastetta nostavasti tai laskevasti värivikaisten neulasten määrästä riippuen (Diagnosis and ... 1984, Lindroth 1985, Schröter 1985, Schöpfer & Hradetzky 1983, Schöpfer 1985) Lisäksi luokittelussa on eroja. Keskieuropalainen arvio tehdään viiden prosentin neulaskatoluokissa ja tulokset ilmoite-

taan seuraavasti:

0 =	neulaskato	0-10 %
1 =		11-25 %
2 =		25-60 %
3 =		>60 %
4 =	kuolleet	

Tulokset ilmoitetaan metsäpinta-aloina (Forest Damage ... 1985, Waldschäden in ... 1986, Schöpfer & Hradetzsky 1984a ja b, Schöpfer ym. 1984) Pohjoismaissa arvio suoritetaan kymmenen prosentin luokissa ja tulos ilmoitetaan kahdenkymmenen prosentin luokissa (Andersson & Bråkenhielm 1985, Bengtsson & Lindroth 1985, Andersson 1986, Hägglund 1986, Forest damage ... 1987). Lisäksi tulos ilmoitetaan puiden lukumääräsuhteina tai runkopuun tilavuussuhteina mikäli arvio on tehty puukohtaisesti.

Lähinnä vertailukelpoisia keskenään ovat Suomen ja Ruotsin tulokset (Bengtsson & Lindroth 1985, Forest damage ... 1987). Selkeimpiä yhtäläisyyksiä on seuraavassa: Alueet 1 ja 2 sijaitsevat Ruotsissa pohjoisessa ja/tai korkealla. Siellä on harsuuntuminen voimakkainta, samoin kuin Suomen Lapissa. Etelämmäs siirryttäessä (alue 3) harsuuntuminen vähenee, ollen taas kummasakin maassa eteläisimmissä osissa (alue 4 ja 5) voimakkaampaa. Samoin kummassakin maassa on havaittu harsuuntumisen ja metsikön iän suuri riippuvuus. Harsuuntumisen kokonaistasossa on jonkin verran eroa. Ruotsissa yli 20 % harsuuntuneita on hieman enemmän kuin Suomessa (taulukko 22).



Taulukko 22. Havupuuvauriot eri Euroopan maissa. Käytetyt menetelmät eivät anna mahdollisuutta suoraan vertailuun. Tulos ilmoitetaan puiden lukumääräosuuksina Suomessa, Ruotsissa ja Iso-Britanniassa mutta Saksan Liittotasavallassa pinta-aloina. Liittotasavallan tiedoissa ovat mukana myös lehtipuut. Ks. tarkemmin tekstistä.

Maa	vuosi	alue/ ikä	Mänty Neulaskato %			Kuusi Neulaskato %			
			10-100	20-100	25-100	10-100	20-100	25-100	
Suomi	1985	1		12		12			
		2		6		9			
		3		9		14			
	1986	4		13		33			
		yht.	26	10		30	15		
Ruotsi	1984	1		12		35			
		1		24		61			
		1		16		44			
	1985	2		18		25			
		2		28		33			
		2		17		34			
	1986	3		22		23			
		3		15		23			
		3		6		14			
	1984	4		14		14			
		4		10		10			
		4		7		8			
	1985	5		11		13			
		5		10		8			
		5		9		6			
	Iso-Britannia	1985	<50 v				48	17	11
			>50 v				89	68	55
		yht.	75	44	34				
	Saksan Liitto- tasavalta	1986	yht.	54		15	54		22
			1985	yht.	58		17	52	
1984			yht.	59		21	51		21

Suomen ja Ruotsin välinen ero saattaa olla todellinen, mutta arvioinnin tasossakin voi olla systemaattista eroa. Ruotsissa on seurattu metsien terveydentilaa harsuuntumistarkastelun avulla vuodesta 1984 (Instruction ... 1984). Yli 20 % harsuuntuneiden

määrissä ei ole tapahtunut selviä muutoksia (Forest damage ... 1987).

Muista pohjoismaista Norjassa on tehty harsuuntumisen arviointeja osassa maata, mutta laajamittaisiin valtakunnallisiin kartoituksiin ei ole vielä menty. Tanskassa on myöskin kokeiltu vastaavaa menetelmää (Vitality of ... 1986).

Kuten edellä todettiin, suora vertailu Keski-Euroopan maiden tuloksiin ei ole mahdollista menetelmällisistä eroista johtuen. Ison-Britannian tulos on ilmoitettu puiden lukumääräsuhteina ja värivikoja ei ole yhdistetty harsuuntumistulokseen, joten tulos on jossakin määrin vertailtavissa pohjoismaiden kanssa (Innes ym. 1986). Suomen tilanteeseen verrattuna Iso-Britannian metsissä yli 20 % harsuuntuneita puita on yli kolme kertaa enemmän kuin Suomessa. Isossa-Britanniassa kuusen harsuuntuneisuus lisääntyy metsikön iän mukana samoin kuin pohjoista kohti mentäessä. Brittein saarilla on seurattu puustovaurioita vuodesta 1984. Vaurioituneiden määrä on kasvanut vuosi vuodelta.

Saksan Liittotasavallassa metsäpinta-alasta luokitellaan eri asteisesti vaurioituneeksi (neulaskato >10 %) noin 50 %. Tähän lukuun kuuluvat myös lehtipuut, joista muista em. maista poiketen on arvioitu harsuuntuminen. Saksan liittotasavallassa on metsävaurioita arvioitu vuodesta 1982. Aluksi vaurioita kyseltiin metsäammattilaisilta (1982), mutta myöhemmin on perustettu pysyviä koealoja metsävaurioiden seurantaan (1983). Täysin vertailukelpoisia ovat tulokset vasta vuodesta 1984 lähtien (Waldschadenserhebung ... 1986). Vaurioiden määrä on kasvanut vuosi vuo-

delta. Pahimmin ovat vaurioituneet vuoristometsät yli 800 metrin korkeudella (Schröter ym. 1985). Erityisesti vuoristoisissa Itävallassa ja Sveitsissä ns. metsäkuolema on edennyt nopeasti (Wright & De Meyer 1986). Myöskin Ranskassa on aloitettu seurantatutkimukset osissa maata. Harsuuntumisen arviointi on käytössä puustovaurioiden kartoitusmenetelmänä myöskin Italiassa, jossa on todettu paikoitellen pahojakin vaurioita (Gellini & Glauser 1986).

Itä-Euroopan maissa on jo kauan todettu pahoja ilmansaastevaurioita metsissä ja aiheen tutkimuksella on pitkät perinteet (Wolak 1977, Zumr & Landa 1984). Valtakunnallisia seurantatutkimuksia on suunniteltu myös näissä maissa (Draft Manual ... 1986).

Bioottisilla tuholaisilla voi olla huomattava vaikutus puiden kuntoon. Esimerkiksi Saksan v. 1984 inventoinnissa Ala-Saksissa havaittu mäntyjen huono kunto selittyy suureksi osaksi edellisvuosien männynkariste-epidemiolla (Streletzki 1985). Lounais-Puolan vuoristoalueilla epäpuhtauksien heikentämistä kuusikoista alkaneet kirjanpainajatuhot ovat erittäin merkittävä metsien kuntoa heikentävä tekijä (mm. Hütte 1986). Englantilaisten kokemusten mukaan männynkariste (Lophodermium sediotosum), versosyöpä ja pystynävertäjä ovat aiheuttaneet männyllä suuria tuhoja Pohjois-Englannissa ja Walesissa. Nämä kolme tekijää selittävätkin suuren osan v. 1986 inventoinnissa todetusta mäntyjen heikosta kunnosta (Innes ym. 1986) tuolla alueella.

#### 4.4. Tulosten tulkinta

##### 4.4.1. Luontaiset tekijät

Harsuuntumisarvioinnin tuloksen mukaan mänty ja kuusi olivat harsuuntuneet suunnilleen saman verran Etelä- ja Keski-Suomessa. Pohjanmaalla ja Lappi-Kainuussa kuusi oli selvästi enemmän harsuuntunut kuin mänty. Männyn harsuuntuminen on suurinta Etelä-Suomessa ja Lappi-Kainuussa ja pienintä Keski-Suomessa ja Pohjanmaalla. Kuusen harsuuntuminen oli selvästi suurinta Lappi-Kainuussa, hieman vähäisempää Pohjanmaalla ja Etelä-Suomessa sekä pienintä Keski-Suomessa.

Harsuuntuminen oli tässä tutkimuksessa sitä suurempaa mitä vanhempi on metsä, mitä varttuneempi kehitysluokka, mitä suurempi puu, mitä alhaisempi kasvukauden tehoisa lämpösumma, mitä lähempänä jyrkkää kuviorajaa ja mitä korkeammalla merenpinnan yläpuolella puu kasvaa. Tuloksessa ilmenee selvää alueellisuutta. Lappi-Kainuun ja Etelä-Suomen puut ovat maan muita osia enemmän harsuuntuneita..

Puiden ominaisuuksien luontaista alueellisuutta on tutkittu useissa proveniensiikokeissa, joissa eri puolilta Eurooppaa on koottu eri alkuperiä ja verrattu niitä keskenään (Kalela 1937, Mitscherlich 1963 ja 1975, Werner 1982).

Maan pohjoisosissa metsiköiden ikä on korkeampi kuin maan eteläosissa paitsi luontaisista (Kalela 1937), ilmastollisista syistä (Eklund 1954, 1957, Mitscherlich 1963), myös alueen metsien lyhy-

emmästä käyttöhistoriasta johtuen (Kuusela 1972). Tikka (1947) on todennut Perä-Pohjolassa puiden vikaisuuden pahenevan metsikön vanhetessa. Syynä tähän vikaisuuteen esitetään lahoisuutta ja lumituhojen aiheuttamaa latvan katkeamista ja ranganvaihtoa.

Puiden kasvun ja kehityksen eroista Suomen eri osissa kertovat erilaiset kasvutaulukot ja kasvututkimukset (Ilvessalo 1920, Siren 1955, Mitscherlich 1963, 1975, Laasasenaho & Snellman 1983). Kasvunopeuden on todettu olevan riippuvainen pääasiassa kasvukauden pituudesta ja sen aikaisista kosteus- ja lämpöoloista sekä talven alimmista lämpötiloista (Burger 1926, Wiedemann 1925). Kasvu on myös eräs puun elinvoimaisuutta kuvaava tunnus. Sen on havaittu parantuneen viime vuosikymmeninä edellisiin valtakunnan metsien inventointeihin verrattuna sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa (Metsätilasto ... 1981, 1986). Ilmiö on pääosin selitetty metsänparannustoimenpiteistä johtuvaksi, toisaalta on esitetty myös, että typpilaskeuma saattaisi selittää osan kasvunlisäyksestä (Arovaara ym. 1984). Mitään selviä kasvumuutosten välisiä eroja eri alueiden välillä ei voi havaita (Metsätilastollinen ... 1981, 1986).

Pohjois-Suomen kuusien ulkoinen erilaisuus verrattuna eteläisiin alkuperiin selittyy osittain sillä, että on kyseessä kokonaan eri alalaji Picea abies ssp. obovata. Tämä alalaji on huomattavan kapealatvainen, laakaversoinen ja näin ollen mahdollisimman hyvin sopeutunut vaikeisiin olosuhteisiin. Tarkastetun kuvamateriaalin perusteella Pohjois-Suomen kuusikot ovat olleet ulkonäöltään ja latvuksen kunnoltaan enemmän tai vähemmän harsuja jo vuosisadan alkupuolella (Siren 1955, Mikola 1938, Lakari 1920, Schmidt-Vogt

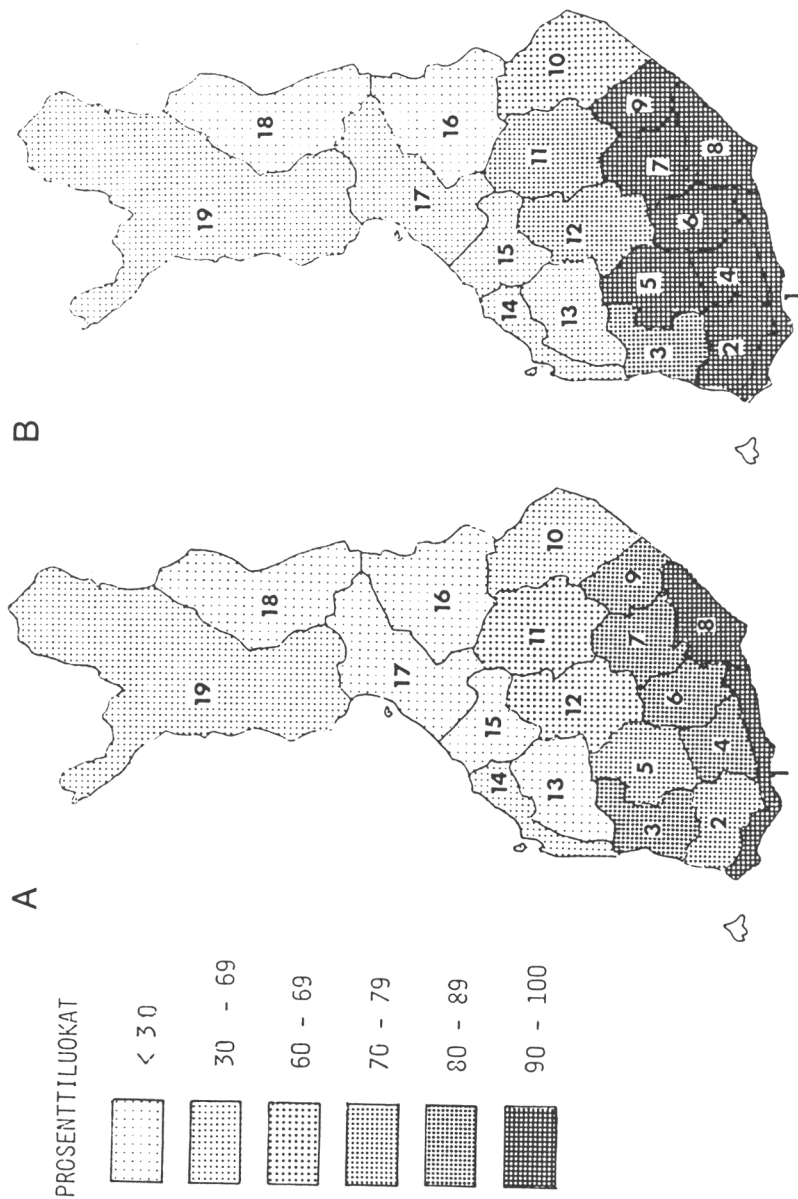
1986, Heikinheimo 1920).

Kylmyysstressi lienee pohjoisessa, lähellä metsänrajaa tärkein puiden elinvoimaisuutta alentava tekijä. Tätä päätelmää tukee erityisesti se, että alueella 4 ekspositioltaan pohjoiskoillisen sektorin puut olivat selvästi harsuuntuneimpia.

Tiivistäen voidaan sanoa, että Pohjois-Suomessa metsät ovat iäkäämpiä, kasvaneet hitaammin, joutuneet pohjoisuusstressin takia kärsimään kylmyydestä, lyhyestä kasvukaudesta sekä lumen ja tuulen aiheuttamista tuhoista enemmän kuin eteläisen Suomen metsät. Tosin ne ovat paremmin kuin eteläiset alkuperät myöskin sopeutuneet näihin oloihin. Etelä-Suomen metsät puolestaan ovat alttiimpia keväiselle pakkaskuivumiselle ja keväthalloille, koska puiden kylmänkestävyys heikkenee etelää kohti.

#### 4.4.2. Muut tuhot

Puiden pakkaskestävyydessä tapahtuvat muutokset saattavat heijastaa, kuten edellä todettiin, mm. ilman epäpuhtauksien vaikutusta. Kaksi tämän vuosisadan kylmimpiin talviin kuuluvaa talvea koettiin vuosina 1984-85 ja 1986-87. Kummankin talven jälkeen on ilmennyt keväällä neulasten pakkaskuivumista. Vuoden 1985 keväällä syntyneitä puustovaurioita kartoitettiin kyselytutkimuksella (Kubin & Raitio 1985). Tuhoja oli havaittu koko maassa.



Kuva 15. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa, metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.  
 a) tuhoa havainneiden vastaajien %-osuudet piirimetsälautakuntien alueittain. Alueiden numerointi sivulla  
 b) tuhoja havainneista niiden vastausten osuus, joissa vaurioita todettiin olleen tavanomaista enemmän (Kubin ja Raitio 1985).

Etelä-Suomessa vastaajista oli niitä havainnut yli 90 %, Pohjois-Suomessa alle 60 %. Tämän tutkimuksen harsuuntumisalueella l oli vastaajista 90 - 100 % havainnut vaurioita (kuva 15 a ja b).

Tämän tutkimuksen harsuuntumiskartoitus tehtiin heti kyselytutkimuksen jälkeen kesällä 1985. Kyselytutkimuksen tuloksella ja tämän tutkimuksen harsuuntumisen kartoituksella on eteläisessä Suomessa tiettyjä yhtäläisyyksiä. Tässä inventoinnissa ei pakkasen tuhoja eritelty erikseen mm. tulvan, märkyyden ja muiden senkaltaisten tekijöiden aiheuttamista oireista. Onko näillä oireilla ja harsuuntumisella yhteinen selittäjä, mahdollisesti ilman epäpuhtaudet, jää tässä ratkaisematta. Ainakin kyselytutkimuksen tulos kertoo sen, että etelässä puut ovat vähemmän kylmänkestäviä, mutta niinhän ne ovat aina olleet (Kalela 1937).

Harsuuntumisella ja bioottisilla tuholaisilla voi olla kahdentyyppisiä yhteyksiä toisiinsa: ensinnäkin tunnetut abiottiset tai bioottiset tekijät saattavat aiheuttaa puihin neulaskatoa tai muita puiden elinvoimaa heikentäviä tuhoja täysin ilman epäpuhtaustilanteesta riippumatta. Tällaiset tuhot on inventoinneissa pyrittävä erottamaan ilman epäpuhtauksien aiheuttamista oireista. Toisaalta puiden heikentyminen epäpuhtauksien johdosta saattaa altistaa puita tietyille tuhoille (mm. kaarnakuoriaistuhot, lahottajasienet ja tietyt neulaspatogeenit).

Tässä selvityksessä kaikista harsuuntumiskohdepuista on 70 % sellaisia, joissa ei ryhmänjohtajan mukaan havaittu muita tuho-oireita. Tämän mukaan tuhoilla ei olisi merkitystä harsuuntumisil-



miön synnyssä. Mutta toisaalta tuhonalaisten puiden osuus lisääntyy hyvin voimakkaasti harsuuntumisluokan kasvaessa. Erityisesti lahon, neulastuhon ja latvan katkeamisen/kuoleamisen osuus näyttäisi lisääntyvän.

Koska tunnistamattomiksi merkittyjen tuhojen osuus on sangan suuri, ei ole mahdollista erotella harsuuntumisaineistosta kaikkia niitä tuhoja, jotka esiintyvät puissa ilmansaastevaurioista riippumatta tai jotka aiheuttavat samankaltaisia oireita. Siksi myöskään ilman epäpuhtauksien vaikutuksesta lisääntyviä tuhonaiheuttajia ei pystytä tässä vaiheessa selvästi osoittamaan. Tunnistamattomiksi jääneiden tuhojen osuus ei kasva harsuuntumisen lisääntyessä, joten niiden yhteys puun elinvoimaisuuteen jää epäselväksi.

Pohjoisten piirimetsälautakuntien alueilla neulastuhon syy on useimmiten tuntematon. Yleisimmät tunnistetut syyt ovat ilmasto- tai maaperätekijät. Ainakin Itä-Savon osalta havaitut hyönteistuhot ja ilmasto/maaperätekijät (pakkanen?) voisivat selittää osan harsuuntumisesta.

Lahon yleisyys Etelä-Suomessa on Tammisen (1985) mukaan kuusella suurin Helsingin piirimetsälautakunnan alueella (30.2 % tutkituista kuusista). Laho on yleistä myös koko eteläisellä rannikkoalueella lähellä merenpinnan tasoa, parhailla kasvupaikoilla ja vanhoissa kuusikoissa. Hallakselan (1984) mukaan 60 %:ssa tyvilahoisista kuusista oli lahottajana juurikäpää. Ainakin Helsingin, Uudenmaan-Hämeen ja Lounais-Suomen piirimetsälautakuntien alueilla laholla saattaa olla merkittävä yhteys kuusen harsuuntu-

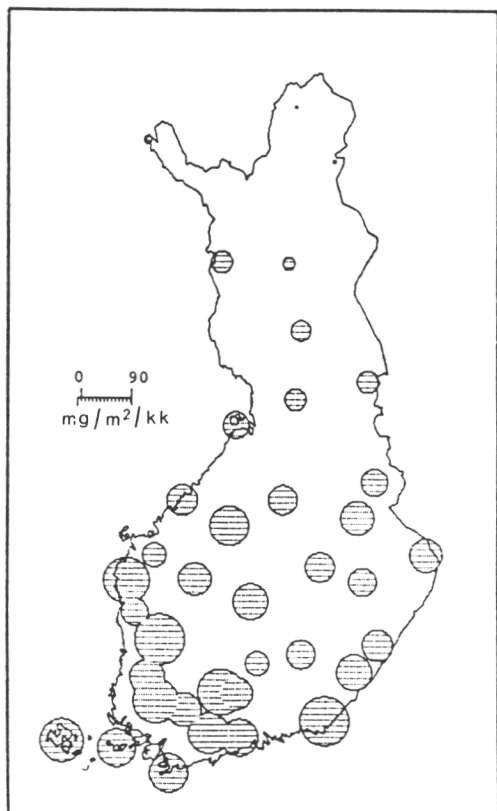
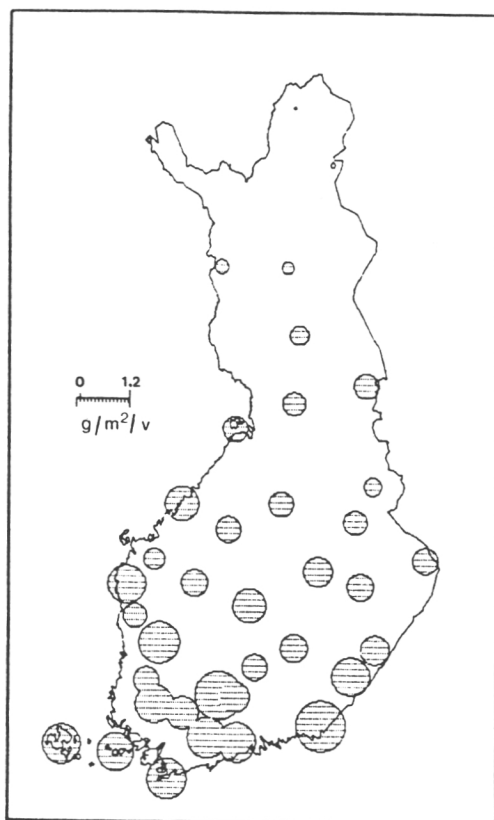
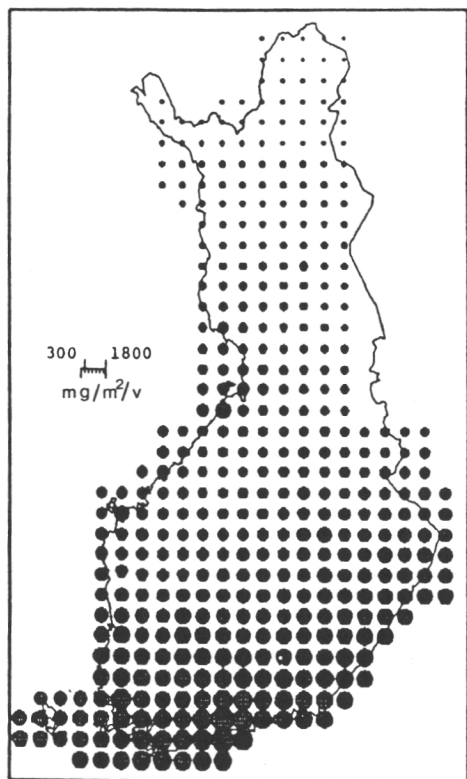
miseen. Joskin kuusen lahoisuus voi olla vaikeasti todettavissa latvuksen oireiden perusteella, pitkälle edennyt laho todennäköisesti vaikuttaa myös harsuuntumisarvioon. Lapin piirimetsälautakunnan alueella puuntuotannollisesti yli-ikäisten kuusikoiden lahofrekvenssi on keskimäärin samaa luokkaa kuin Helsingin piirimetsälautakunnan alueella (Norokorpi 1979).

#### 4.4.3. Ilman epäpuhtauksien osuus

Osa harsuuntumistuloksesta näyttää selittyvän puun elinkierrolla ja erilaisilla abioottisilla ja bioottisilla tekijöillä. Ilman epäpuhtaudet ovat vain yksi selittäjä muiden joukossa. Prinz (ref. Krause ym. 1985) on muotoillut seuraavat kriteerit, jotka on täytettävä, ennenkuin puuston vaurio-oireet voidaan täydellisesti selittää jonkun tekijän aiheuttamiksi:

- 1) spesifiset vauriosymptomit on voitava yhdistää tiettyyn aiheuttajaan
- 2) vaurion ajallisen kehityksen on vastattava ko. aiheuttajan ajallista kehitystä, huomioiden akkumulaatiovaikutukset ja viivästynyt vaikutus
- 3) vaurion paikallisen levinneisyyden on suurelta osin vastattava ko. aiheuttajan paikallista levinneisyyttä

Laskeumatietoja on Suomesta saatavana mm. rikistä ja typestä. Rikin arvot on saatu sekä päästöjen mukaan mallitetuista laskeumatiedoista (Kulmala 1986) että vesihallituksen pitkän ajan laskeuman mittaustiedoista (Järvinen 1986).



Kuva 16. Rikin ja typen kokonaislaskeumat Suomessa.  
 a) Emissioiden perusteella mallitettu vuotuinen rikkilaskeuma ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ). Pisteiden väli on 32 km. (Kulmala 1985). b) Keskimääräinen rikin vuosilaskeuma ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) sadevedessä aikavälillä 1971-1982 (Järvinen 1986). c) Keskimääräinen kokonaistypen kuukausilaskeuma ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) sadevedessä vuosina 1971-1982 (Järvinen 1986).

Ensimmäiset mitatut merkit Suomen luonnon happamoitumisesta saatiin 1980-luvun alussa, kun havaittiin eteläisessä Suomessa piennien eristyneiden kalliojärvien happamoituneen (Kämäri 1984). Tällä hetkellä karujen järvien happamoituminen on edennyt siten, että eteläisessä Suomessa lähinnä Uudellamaalla on runsaasti täysin kuolleita järviä ja valtaosa järvistä on eri asteisesti happamoitumassa (Pätilä 1984). Pienvedet eteläisessä Suomessa ovat herkimpiä suorille laskeuman vaikutuksille (Tolonen & Jaakkola 1983). Muutoinkin eteläisen Suomen maaperä on muuta Suomea happamoitusmisherkempää (Suomen geokemiallinen ... 1987).

Rikin mallitettu laskeuma on jonkin verran korkeampi kuin sadevedestä mitattu (kuva 16 a ja b). Suurin mitattu laskeuma saadaan eteläisessä ja lounaisessa Suomessa. Mallitettu laskeuma on suurin eteläisessä ja kaakkoisessa Suomessa.

Typpilaskeuma sadevedestä mitattuna on jonkin verran rikkilaskeumaa pienempi (kuva 16 c), alueellisesti laskeuma jakaantuu samoin kuin rikki. Suurin laskeuma on Etelä- ja Lounais-Suomessa ja pienin Inarin Lapissa.

Erityisesti rikkilaskeumalle herkäät naavamaiset jäkälät ovat kartan (kuva 10 a) mukaan runsaimpia Lappi-Kainuussa ja niukimpia tai puuttuvat Etelä-Suomesta. Naavamaisten jäkäliden todettiin myös lisääntyvän metsän iän kasvaessa. Ikävaikutuksen eliminomiseksi tarkasteltiin naavamaisten jäkäliden runsautta alle 100 vuotiaissa (alueella 4 alle 120 vuotiaissa) metsissä (kuva 10 c). Tällöin havaittiin, että naavamaiset jäkälät puuttuvat tai esiintyvät hyvin niukasti eteläisessä ja lounaisessa osassa Suomea,

missä mitattu rikkilaskeuma on suurin. Naavamaisia on vähän myös Pohjois-Pohjanmaalla.

Lehtimäisistä jäkälistä on Suomessa yleisin sormipaisukarve (Hypogymnia physodes). Sen tiedetään sietävän rikkiä enemmän kuin naavamaiset jäkälät, mutta se ei kuitenkaan viihdy kaikkein saasteisimmilla alueilla (Hawksworth & Rose 1970). Tämän lajin esiintymisen painopiste on Keski-Suomessa, mistä naavamaiset jäkälät ovat väistymässä, mutta ilma on vielä sormipaisukarpeelle riittävän puhdasta.

Naavamaisten jäkälien niukkuuden, vesien happamoitumisen ja kestävien lajien runsastumisen lisäksi on eteläisessä Suomessa havaittu muitakin merkkejä ilman epäpuhtauksien vaikutuksista. Hyvin selvänä bioindikaattorina, saasteiden vaikutuksen ilmaisejoina on pidetty ns. teollisuusmelanismia yöperhosilla. Puiden kuorella lepäilevät perhoset muuttavat suojavärinsä alustansa mukaiseksi, yhä tummemmaksi. Tummiin melanististen perhosten määrä on lisääntynyt myös Suomessa. Erityisen runsaasti niitä on havaittu kaakkoisessa Suomessa, Kesälahden-Lappeenrannan-Savonlinnan alueella sekä etelärannikolla, Kotkan ja Helsingin seutuvilla (Vakkari 1987). Pintakasvillisuuden runsaussuhteissa on myös havaittu muutoksia viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana (Lähde & Nieppola 1986). Osan muutoksista on otaksuttu johtuvan lisääntyneistä ilman epäpuhtauksista.

Alueella 1 korkeudeltaan 50-100 metriä merenpinnan yläpuolella kasvavat puut olivat jonkin verran alempana kasvavia harsuuntu-neempia. Tulos viittaa ilman epäpuhtauksien vaikutuksiin. Eri-tyisesti lounaasta ja etelästä tulevien kaukokulkeutumien vai-kutus on oletettavasti näillä alueilla alavia maita voimak-kaampaa.

Ilman epäpuhtauksien tiedetään haittaavan pahimmin sellaisia puita, joiden elinvoima jo ennestään on alentunut mm. korkean iän, äärevien kasvuolosuhteiden, reunavaikutuksen, hetkellisten tuholaisien hyökkäyksen seurauksena tai jostain luontaisesta stressitekijästä johtuen. Puun ilmiästä johdettu tunnus, elin-voimaisuus on siis useiden tekijöiden summa. Tästä syystä on hyvin vaikeata tehdä luotettavia päätelmiä ilman epäpuhtauksien vaikutusten täsmällisestä asteesta Suomessa. Näyttää kuitenkin varsin luotettavasti osoitetun, että eteläisessä Suomessa vaiku-tuksia on jo näkyvissä.

#### 4.4.4 Loppupäätelmät

Harsuuntumista esiintyy monesta syystä hyvin eriasteisesti. Eri tekijöiden aikaansaamien neulaskatojen erottaminen toisistaan on vaikeaa ja monessa tapauksessa mahdotonta. Syiden analyysi on kuitenkin tutkimuksen tässä vaiheessa tärkeää, jotta harsuuntumi-silmiön luonne opitaan ymmärtämään. Vähäinen neulaskato ei vai-kuttane oleellisesti puun elinvoimaan (Schröter & Aldinger 1985). Pohjoismaissa harsuuntumistuloksen tulkinnessa on lähdetty siitä, että 0 - 20 % neulaskato katsotaan merkitykseltään vähäiseksi ja

normaaliksi neulasmassa vaihteluksi (Bengtsson & Lindroth 1985). Vasta yli 20 % neulaskadon katsotaan alentavan puun elinvoimaa. Tutkimusten mukaan puu saattaa toipua jossain määrin 20 - 60 % neulaskadon jälkeen, mutta ei enää neulaskadon ylittäessä 60 % (Schröter & Aldinger 1985).

Harsuuntumistuloksen tulkintaa hankaloittaa erityisesti se, että monet mahdollisista neulaskadon määrään vaikuttavista selittäjistä ovat vahvasti korreloituneita paitsi keskenään, myös etelä-pohjoinen-akselin kanssa. Tällaisia tekijöitä ovat pohjoisuus (ilmastollinen äärevyys), kasvukauden pituus, korkeus meren pinnasta, metsien ikä, ihmisen vaikutuksen intensiteetti ja tietysti ilman epäpuhtauksien määrä. Puun neulasbiomassan määränä ilmenevään kuntoon, elinvoimaisuuteen kohdistuu tällöin maantieteellisestä sijainnista riippuva, eri alueilla eri tekijöillä painottuva monimutkainen stressikompleksi. Vaikka tämän tekijävyyhden eri komponentteja ei voikaan vaikutuksiansa osalta eristää, tulosten esittelyssä on kunkin tekijän vaikutusta tarkasteltu erikseen.

Nimenomaan ilman epäpuhtauksien vaikutuksesta syntyneiden vaurioiden osuutta on ristiintaulukoinnin keinoin mahdotonta tarkalleen erottaa tuloksesta. Tässä tutkimuksessa tyydytäänkin pelkästään vertailemaan eri vaikuttajien ja harsuuntumisen välistä alueellisuutta ja etsimään epäsuorasti yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia näiden välillä.

Harsuuntumistuloksen tulkinnassa on edellisten ongelmien lisäksi haittana se, ettei iän aiheuttamaa elinvoiman heikkenemistä, ok-

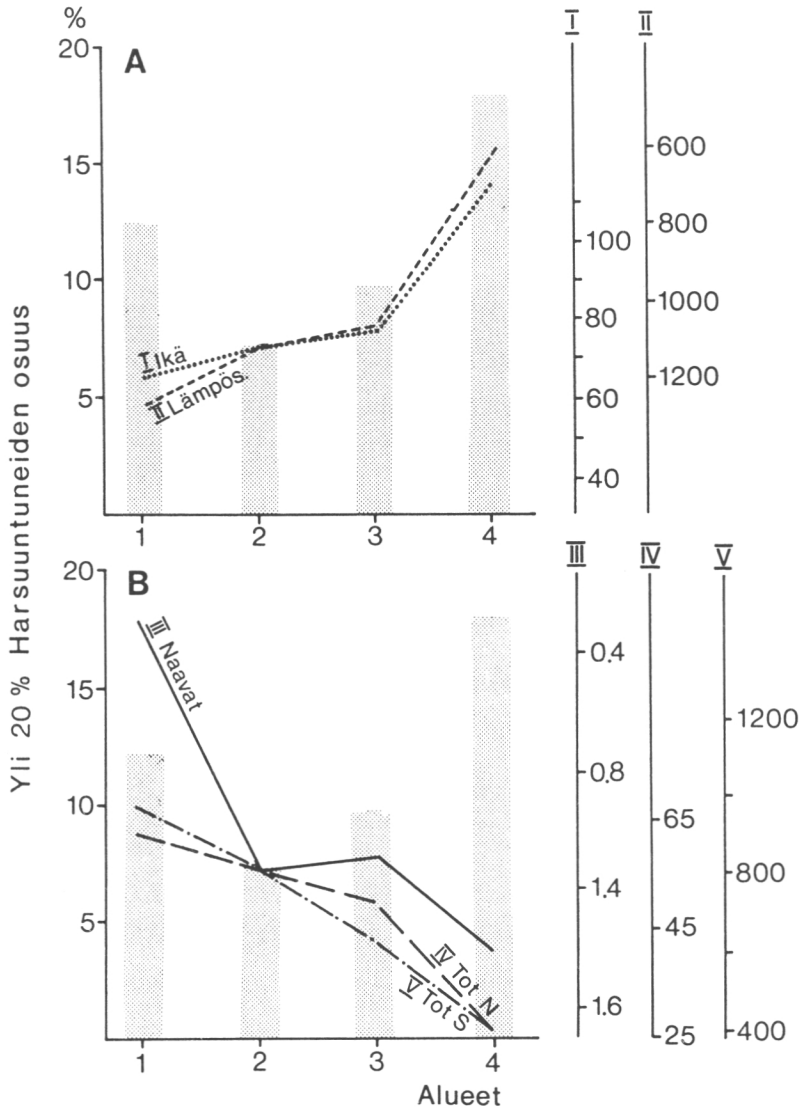
savaurioita, neulaskatoa ja yleistä rapistumista ole juurikaan tutkittu (Westman & Lesinski 1986), eikä näin ollen ole mahdollista erottaa suoranaista iän aiheuttamaa neulaskatoa. Myöskään metsien aiemmasta elinvoimaisuuden tilasta ei ole paljoa tietoa.

Harsuuntumistulos kertoo ehkä parhaiten puiden yleisestä elinvoimaisuudesta ja kunnosta nimenomaan taloudellisessa mielessä. Suuri yhteyttävä biomassa aikaansaa myös suuren nettokasvun. Biologisesti katsoen vanhuuttaan harsuuntuva puu voi olla kuitenkin terve ja eliöyhteisönsä täysipainoinen jäsen, vaikkakin puuntuottajana jo toisarvoinen.

Tämän tutkimuksen tulokset ja niiden tulkinta on tiivistettynä esitetty kuvassa 17. Kuvassa on esitetty yli 20 % harsuuntuneiden puiden osuudet eri alueilla sekä erilaisten selittäjien kuvaajat suhteutettuna samaan mittakaavaan. Metsikön ikä ja lämpösumma kuuluvat luontaisiin selittäjiin. Lisäksi esitetään mallitettu rikkilaskeuma sekä typpilaskeuma. Bioindikaattoreista esitetään naavamaisten jäkälien niukkuus.

Kuvan 17 avulla vahvistuu edellä esitetty käsitys ilman epäpuhtauksien vaikutuksesta puuston tilaan Etelä-Suomessa. Alueella 1 ilman epäpuhtauksien vaikutukset näkyvät havupuiden harsuuntumisena ja naavajäkälien niukkuutena, joskin osittain selittäjinä voivat olla sellaiset bioottiset tuhot, joiden yhteyksiä epäpuhtauksiin ei tämän inventoinnin perusteella voida selvittää.





Kuva 17. Harsuuntumistuloksen alueellinen tulkinta.

A. Harsuuntumistuloksen suhde luontaisiin selittäjiin. Harmaat pylväät: Harsuuntuneiden puiden (yli 20 % neulas-kato) osuus alueilla 1 - 4. Ikä (I): harsuuntumiskohde-metsiköiden keskim. ikä vuosina, Lämpös. (II): Käännteinen kasvukauden lämpösomma (d.d).

B. Harsuuntumistuloksen suhde laskeumatietoihin ja naa-vaaisuuteen. Harmaat pylväät: Ks yllä, Naavat (III):naava-jäkälien niukkuus (runsauskeskiarvo), Tot N (IV): sadeveden totaalinen typpilaskeuma ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{kk}$ ) (Järvinen 1986), Tot S<sub>2</sub> (V): päästöjen avulla mallitettu kokonaisrikkilaskeuma ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{v}$ ) (Kulmala 1985).

Sen sijaan Lappi-Kainuun harsuuntumisen näyttää selittävän ilmasto-olojen ja metsän korkean iän yhteisvaikutus. Kuva ei kuitenkaan sulje pois ilman epäpuhtauksien vaikutusta myös Pohjois-Suomessa, jossa stressikompleksin luontainen osuus on Etelä-Suomea korkeampi ja vitaliteetin laskemiseen riittävä kynnys ilman epäpuhtauksille alempi.

Tässä tutkimuksessa on sen alustavan luonteen vuoksi käytetty pelkästään kuvailevia metodeja, jakaumia ei ole testattu tilastollisesti. Tarkempi tulosten analyysi suoritetaan monimuuttujamenetelmin ja julkaistaan myöhemmin erikseen.

## KIRJALLISUUS

- Andersson, B. 1986. Kronutglesning hos gran och tall i PMK's referensytor. Rapport 1986: 5. 20 s. Naturvårdsverket. Laboratoriet för miljökontroll.
- & Bråkenhielm, S. 1985. Inventering av kronutglesning hos gran och tall i PMK's referensområden. Rapport 1985:6. 20s. Naturvårdsverket. Laboratoriet för miljökontroll.
- Arovaara, H., Hari, P. & Kuusela, K. 1984. Possible effect of changes in atmospheric composition and acid rain on tree growth. An analysis based on the results of Finnish National Forest Inventories. Commun. Inst. For. Fenn. 122:1-16.
- Baltensweiler, W. von. 1983. Das Waldsterben und die Insekten. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 134(11): 901-903.
- Bengtsson, G. & Lindroth, S. 1985. Riksskogstaxeringen redovisar de första resultaten från 1985 års skogsskadeinventering. 8 s. (Lehdistötiedote). Sveriges lantbruksuniversitet. (Inst. för skogstaxering). Umeå.
- Burger, H. 1926. Untersuchungen über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 14:29-158.
- 1939a. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichte-beständen. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. XXI Band, 1. Heft: 5-57.
- 1939b. Der Kronenaufbau gleichalteriger Nadelholzbestände. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. XXI Band, 1. Heft: 147-176.
- 1953. Holz, Blattmenge und Zuwachs. Fichten im gleichaltrigen Hochwald. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 29: 38-130.
- Butin, H. & Wagner, C. 1985. Mykologische Untersuchungen zur Nadelröte der Fichte. Forstw. Cbl. 104 : 178-186.
- Cape, J.N. & Fowler, D. 1981. Changes in epicuticular wax of *Pinus sylvestris* exposed to polluted air. *Silva Fennica* 15: 457-458.
- Carlson, C.E. & Gilligan, C.J. 1983. Histological differentiation among abiotic causes of conifer needle necrosis. Res. Pap. INT-298. 17s. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- Charles, P.-J. & Villemant, C. 1977. Modifications des niveaux de population d'insectes dans les jeunes plantations de pins Sylvestres de la foret de Roumare (Seine-Maritime) soumises a la pollution atmospherique. C. R. Acad. Agric. Fr. 63(8): 502-510.
- Cobb, F.W. Jr., Wood, D.L., Stark, R.W. & Miller, P.R. 1968. Photochemical oxidant injury and bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) infestation of ponderosa pine. II Effect of injury upon physical properties of oleoresin, moisture content and phloem thickness. *Hilgardia* 39(6):127-134.
- Diagnosis and classification of new types of damage affecting forests. 1984. 20 s. Commission of the European Communities (DG VI, F3) Forests and Silviculture. *Julkaisija Allg. Forst Zeitschrift*.
- Domanski, S. 1978. Fungi occurring in forests injured by air pollutants in the Upper Silesia and Cracow Industrial Regions of Poland. VI. Higher fungi colonizing the roots of trees in converted forest stands. *Acta Soc. Bot. Polon.* 42 (3): 285-295.

- Draft Manual on Methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 1986. Convention on long-range transboundary air pollution. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Prepared by the Programme Co-ordinating Centers with the assistance of the United Nations Environment Programme (UNEP) and the Secretariat of the United Nations Economic Commission for Europe (UN-ECE). 96s.
- Eklund, B. 1954. Variations in the widths of the annual rings in pine and spruce due to climatic conditions in northern Sweden during the years 1900-1944. Medd. Statens Skogsforskningsinstitut 44(8).
- 1957. The annual ring variations in spruce in the centre of northern Sweden and their relation to the climatic conditions. Medd. Statens Skogsforskningsinstitut 47(1).
- Fiedler, F. 1977. Einfluss meteorologischer Elemente auf den Stärkenzuwachs von Fichten - Ergebnisse von Bohrkernauswertungen. Wiss. Z. TU Dresden 26: 503-505.
- Forest damage inventory made by the National Forest Survey 1984-1986 in Sweden. 1987. 16 s. + liitt. National Board of Forestry.
- Forest Damage Survey 1985. 18 s. + liitt. Federal Ministry of food, Agriculture and Forestry. FRG.
- Gellini, R. & Clauser, F. 1986. Prime indagini sul deperimento dei boschi in Italia. Ministero dell'agricoltura e delle foreste. Collana Verde 72:1-91.
- Grzywacz, A. 1973. Sensitivity of *Fomes annosus* Fr. Cooke and *Schizophyllum commune* Fr. to air pollution with sulphur dioxide. Acta Soc. Bot. Polon. 42(3): 347-360.
- & Wazny, J. 1973. The impact of industrial air pollutants on the occurrence of several important pathogenic fungi of forest trees in Poland. Eur. J. For. Path. 3: 129-141.
- Halbwachs, G. & Schön, B. 1985. Benadelungsmerkmale als Vitalitätskriterien der Fichte. Teoksessa: Forschungsinitiative gegen das Waldsterben: 39-50. Wien. Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung.
- Hallaksela, A-M. 1984. Causal agents of butt-rot in Norway spruce in Southern Finland. Seloste: Tyvilahon aiheuttajat Etelä-Suomessa. *Silva Fennica* 18 (3): 237-243.
- Hawksworth, D.L. & Rose, F. 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature* 227:145-148.
- Heikinheimo, O. 1920. Kuusimuodoista ja niiden metsätaloudellisesta arvosta. *Commun. Inst. Quast. Forestalium Finlandiae* 2(2): 1-102.
- Heiniger, U. & Schmid, M. 1986. Nadelfall der Fichte. Untersuchungen zum jahreszeitlichen Verlauf des Nadelfalls und zum Vorkommen von Schüttepilzen im Kanton Zürich. *Schweiz. Z. Forstw.* 137: 157-162.
- Heliövaara, K. & Väisänen, R. 1986. Industrial air pollution and the pine bark bug, *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae). *J. Appl. Entomol.* 101: 469-478.
- Huttunen, S. 1981. Seasonal variation of air pollution stresses in conifers. *Mitt. Forstl. VersAnst. Wien* 137: 103-113.
- , Laine, K., Pakonen, T., Karhu, M., Törmälehto, H., Kärenlampi, L. & Soikkeli, S. 1980. Ilman epäpuhtauksien leviäminen ja vaikutukset metsäympäristössä. Oulun yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita no. 12. 153 s. + liitt.
- & Laine, K. 1981. The structure of pine needle surface (*Pinus*

- sylvestris L.) and the deposition of air borne pollutants. *Archiwum Ochrony Srodowiska* 2-4: 29-38.
- & Laine, K. 1983. Effects of air-borne pollutants on the surface wax structure of *Pinus sylvestris* L. needles. *Ann. Bot. Fenn.* 20: 79-86.
- , Karhu, M. & Laine, K. 1983. Kasvien talvenkestävyys ja ilman epäpuhtaudet. *Oulanka Reports* 4: 41-44.
- & Soikkeli, S. 1984. Effects of various gaseous pollutants on plant cell ultrastructure. *Teoksessa: Koziol & Whatley (toim.) Gaseous air pollutants and plant metabolism: 117-127. Butterworths.*
- Hütte, P. 1986. Vom Waldsterben bedrohte Wälder Polens. *Allg. Forstztg.* 33: 818- 822.
- Hägglund, B. 1986. Air pollution and forest damage. 16 s. *National Board of Forestry. Sweden.*
- Ilvessalo, Y. 1920. Kasvu- ja tuottotaulukot Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. 94 s. *Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.*
- Innes, J.L., Boswell, R., Binns, W.O. & Redfern, D.B. 1986. Forest health and air pollution. 1986 Survey. *Forestry Commission, Research and Development Paper 150. 15 s.*
- Instruktion för fältarbetet vid riksskogstaxeringen år 1984. 1984. 248 s. *Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå.*
- James, R.L, Cobb, F.W. Jr, Miller, P.R. & Parmeter, J.R. Jr. 1980. Effects of oxidant air pollution on susceptibility of pine roots to *Fomes annosus*. *Phytopathology* 70: 560-563.
- Järvinen, O. 1986. Laskeuman laatu Suomessa. *Vesihallituksen monistesarja no. 408. 142 s.*
- Kalela, A. 1937. Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. *Commun. Inst. For. Fenn.* 26,1:1-434.
- Kittredge, J. 1948. *Forest influences. McGraw - Hill Book. New York.*
- Kowalski, T. 1981. Fungi infecting needles of *Pinus silvestris* in Poland in relation to air pollution zone. *Teoksessa: Millar C.S. (toim.) Current research on conifer needle diseases. Proc. Conf. I.U.F.R.O Working Party needle dis. Sarajevo Yugoslavia 15-19 sept. 1980: 93-98.*
- Krause, G.H.M., Arndt, U., Brandt, C.J., Bucher, J., Kenk, G. & Matzner, E. 1985. Forest decline in Europe: possible causes and etiology. *Int. Symp. Acid precipitation, Muskoka Conference Sept. 15-20.85. Käsikirjoitus 26 s.*
- Kubin, E. & Raitio, H. 1985. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. *Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset. 30 s. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 198. Muhoksen tutkimusasema.*
- Kulmala, A. 1985. Air quality in Finland. *Teoksessa: Symposium on the effects of air pollution on forest and water ecosystems. Helsinki April 23-24, 1985:3-16. Suomen luonnonvarain tutkimussäätiö.*
- Kuusela, K. 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964-70 sekä niiden kehittyminen 1920-70. *Summary: Forest resources and ownership in Finland 1964-70 and their development 1920-70. Commun. Inst. For. Fenn. 76(5):1-126.*
- Kämäri, J. 1984. Suomen karujen pienvesistöjen happamoitumisherkyys. *Tiedotus 239: 1-85. Vesihallitus.*
- Laasasenaho, J. & Snellman, C.-G. 1983. Männyn, kuusen ja koivun tilavuustaulukot. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 113.*
- Lackner, A.C. & Alexander, S.A. 1983. Root disease and insect

- infestations on air-pollution-sensitive *Pinus strobus* and studies of pathogenicity of *Verticicladiella procera*. *Plant Disease* 67(6): 679-681.
- Lakari, O.J. 1920. Tutkimuksia kuusen ja männyn kasvusuhteista Pohjois-Suomen paksusammaltypillä. *Comm. Inst. Quaest. Forestalium Finlandiae* 2(1): 1-165.
- Lang, K.J. & Holdenrieder, O. 1985. Nekrotische Flecken an Nadeln von *Picea abies* - ein Symptom des Fichtensterbens? Sonderdruck aus *European Journal of Forest Pathology*, Band 15, Heft 1: 52-58.
- Lindroth, S. 1985. Skogsskador. Extra observationer vid riksskogstaxeringen år 1985. Version 850510. 11 s. Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå.
- Lähde, E. & Nieppola, J. 1986. Metsäkasvillisuuden muutoksista Etelä-Suomen vanhoissa männiköissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 220. 21 s. Metsänhoidon tutkimusosasto.
- Malhotra, S.S. 1977. Effects of aqueous sulphur dioxide on chlorophyll destruction in *Pinus contorta*. *New Phytol.* 78: 101-109.
- & Khan, A.A. 1984. Biochemical and physiological impact of major pollutants. Teoksessa: Treshow, M. (toim.) *Air pollution and plant life*: 113-157. John Wiley & Sons. Chichester.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1980. 1981. Uusitalo, M. (toim.). *Folia For.* 460. Suomen virallinen tilasto XVIIIA:12. 205 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1985. 1986. Uusitalo, M. (toim.). *Folia For.* 660. Suomen virallinen tilasto XVIIIA:17. 238 s.
- Mikola, P. 1938. Kuusen latvus- ja runkomuodosta Maaselän lumituhoalueella. *Silva Fennica* 47: 1-36.
- Mitscherlich, G. 1963. Das Wachstum der Fichte in Europa. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 134: 29-45, 61-72, 93-110, 125-140.
- 1975. *Wald Wachstum und Umwelt. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums.* 3. Band. Boden, Luft und Produktion. 352 s. J. D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main.
- Myczkowski, S. 1977. Swierczyny gor in wyzyn w Polsce. Summary: The upland and mountain Norway spruce stands in Poland. Teoksessa: Bialobok, S. (toim.) *Swierk pospolity Picea abies (L.) Karst.* 405-460. Polska akademia nauk. Instytut dendrologii.
- Norokorpi, Y. 1979. Old Norway spruce stands, amount of decay and decay-causing microbes in Northern Finland. *Seloste: Peräpohjolan vanhat kuusikot, niiden lahoisuus ja lahottajat.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 97 (6): 1-77.
- Persson, H. (toim.) 1985. *Vad händer med skogen - skogsdöd på väg?* 204 s. Stockholm. Liber Förlag.
- Pätilä, A. 1984. Pohjois-Espoon järvien happamoitumisherkeyys 1984. 31 s. + liitt. Espoon ymp.suoj.lautak. julk. 8/84.
- Ranft, H. 1968. Zur Bewirtschaftung rauchgeschädigter Fichtenjungbestände. *Sozial. Forstw.* 18(10): 299-301, 319.
- Rehfuess, K.E. & Rodenkirchen, H. 1984. Über die Nadelröte-Erkrankung der Fichte (*Picea abies* Karst.) in Süddeutschland. *Forstw. Cbl.* 103: 262-274.
- Schmidt-Vogt, H. 1986. *Die Fichte.* Band II/1. Wachstum, Züchtung, Boden, Umwelt, Holz. 563 s. Verlag Paul Parey. Hamburg.
- Schnaider, Z. & Chlodny, J. 1977. Entomofauna of forest plantations in the zone of disastrous industrial pollution. Teoksessa: Wolak, J. (toim.) *Relationships between increase*

- in air pollution toxicity and elevation above ground:81-108. Forest Research Institute, Warsaw, Poland.
- Scholz, F. 1981. Genecological aspects of air pollution effects on northern forests. *Silva Fennica* 15: 384-391.
- Schröter, H.J. 1985. Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsan-Stalt (FVA) Baden-Württemberg. IUFRO, Conference Zürich 1985: 259-262, Birmensdorf, Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen.
- & Aldinger, E. 1985. Beurteilung des Gesundheitszustandes von Fichte und Tanne nach der Benadelungsdichte. *Allg. Forst Zeitschrift* 18: 438-442.
- , Achstetter, L. & Holzapfel, W. 1986. Gesundheitszustand auf den Beobachtungsflächen der FVA Baden-Württemberg - Stand Herbst 1985. *Allg. Forst Zeitschrift* 13: 306-308.
- Schütt, P., Koch, W., Blaschke, H., Lang, K.J., Schuck, H.J. & Summerer, H. 1984. Skogs döden. Så drabbar luftföroreningarna träden. 96 s. Svenska Naturskyddsföreningen. Sveriges Skogsvårdsförbund. Bonnier Fakta.
- Schöpfer, W. 1985. Waldschadenssituation 1985 in Baden-Württemberg. Ergebnis der zweiten Wiederholungsinventur. *Allg. Forst Zeitschrift* 51/52:1381-1384.
- & Hradetzky, J. 1983. Zielsetzungen, Methoden und Probleme der terrestrischen Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983. *Mitt. der FVA Baden-Württ.*, Heft 107. 41 s. + liitt.
- & Hradetzky, J. 1984a. Analyse der Bestockungs- und Standortsmerkmale der terrestrischen Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983. *Mitt. der FVA Baden-Württ.*, Heft 110. 148 s.
- & Hradetzky, J. 1984b. Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983 mit Imfrarot-Farbluftbildern - Ergebnisse und Erfahrungen. *Mitt. der FVA Baden-Württ.*, Heft 111. 146 s.
- , Hradetzky, J., Bösch, B. & Hannak, C. 1984. Terrestrische Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1984 - Ergebnisse der 1. Wiederholungsinventur. *Mitt. der FVA Baden-Württ.*, Heft 117. 154 s.
- Sierpinski, Z. 1980. Pests of spruce (*Picea excelsa* Lk.) in industrial regions of Poland. *Teoksessa: Klimo, E. (toim.) Stability of spruce forest ecosystems. Int. Symp. Brno, Oct. 1979: 335-337.*
- Sirén, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. *Acta For. Fenn.* 62(4): 1-363.
- Soikkeli, S. & Paakkunainen, T. 1981. The effect of air pollution on the ultrastructure of the developing and current year needles of Norway spruce. *Mitt. Forstl. VersAnst. Wien.* Heft 137: 159-163.
- Stark, R.W., Miller, P.R., Cobb, F.W.Jr. ,Wood, D. L. & Parmeter, J.R.Jr. 1968. I. Incidence of bark beetle infestation in injured trees. *Hilgardia* 39 (6): 121-126.
- Streletzki, H.-W. 1985. Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1984 in Niedersachsen. *Allg. Forstztg* 8: 169-172.
- Suomen geokemiallinen atlas. 1987. Painossa. Geologian tutkimuskeskus. Geokemian osasto.
- Sutinen, S. 1987. The cytology of Norway spruce needles. I. Changes during ageing. *Eur. J. For. Path. Painossa.*
- Takala, P. 1986. Metsien käsittely. *Tapion taskukirja: 200-215.* 20. painos.
- Tamminen, P. 1985. Butt- rot in Norway spruce in Southern Finland.

- Seloste: Kuusen tyvilahoisuus Etelä- Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 127: 1-52.
- Tanaka, K. 1980. Studies on relationship between air pollutants and microorganisms in Japan. USDA, Gen. Techn. Rep. PSW-43: 110-116.
- Templin, E. 1962. Zur Populationsdynamik einiger Kiefern-schadinsekten in rauchgeschädigten Beständen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 11(3): 631-636.
- Thalenhorst, W. 1975. Untersuchungen über den Einfluss fluorhaltiger Abgase auf die Disposition der Fichte für den Befall durch die Gallenlaus *Sacchiphantes abietis* (L.). Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz 81 (12): 717-727.
- Tikka, P.S. 1947. Perä-Pohjolan kuusikoiden laadusta. Acta For. Fenn. 55(1): 1-59.
- Tirén, L. 1937. Skogshistoriska studier i trakten av Degerfors i Västerbotten. MSS 30. Stockholm.
- Tolonen, K. & Jaakkola, T. 1983. History of lake acidification and air pollution studied on sediments in South Finland. Ann. Bot. Fenn. 20: 57-78.
- Vakkari, P. 1987. Perhosten teollisuusmelanismi Suomessa 1980-luvulla. *Patria* 12(2). Painossa.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. Pysyvien koealojen kenttätyön ohjeet 1985-1986. 1986. 2. painos. 82 s. + 19 liitettä. Metsäntutkimuslaitos. Metsänarvioimisen tutkimusosasto, metsäinventoinnin tutkimussuunta.
- Viro, P.J. 1955. Investigations on forest litter. Comm. Inst. For. Fenn. 45,6: 1-65.
- Vitality in Danish forests 1985. 1986. Skovstyrelsen. Denmark. Waldschadenserhebung 1986 vorgelegt. 1986. Holz-Zentralblatt 112(144): 2101-2102.
- Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1985. 1986. Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 324. 57 s. Münster-Hiltrup. Landwirtschaftsverlag GmbH.
- Wentzel, K.F.von & Ohnesorge, B. 1961. Zum Auftreten von Schadinsekten bei Luftverunreinigung. Forstarchiv 32(9): 177-186.
- Werner, M. 1982. Resultat från 1968-års granproveniensen serie i Syd- och Mellansverige. Fören. Skogsträdsförädling, Inst. för Skogsförbättring, årsbok 1982: 90-158.
- Westman, L. & Lesinski, J.A. 1986. Kronutglesning och andra förändringar i grankronan. Morfologisk beskrivning. Naturvårdsverket. Rapport 3262. 96 s.
- Wiedemann, E. 1925. Zuwachsruckgang und Wuchsstockungen der Fichte in den mittleren und unteren Höhenlagen der sächsischen Staatsforsten. 2. Aufl. Tharandt.
- Wright, A. & De Meyer, H. 1986. An overview of forest damage in the member states of the European Economic Community 1985. 49 s. State University of Ghent.
- Wolak, J. (toim.) 1977. Relationship between increase in air-pollution toxicity and elevation above ground. 247 s. Forest Research Institute. Warsaw.
- Zumr, V. & Landa, M. 1984. Zu den Auswirkungen der Immissionsschäden in der CSSR. Allg. Forst Zeitschrift 14/15: 364-365.



KUVIO- JA KOEPUUTUNNUSTEN KOODIT MAASTOARVIOINNISSA

(lainaus pysyvien koealojen kenttätöiden ohjeista:

Valtakunnan metsien 8. inventointi...)

- 1.1. Maaluokka
- 1.2. Alaryhmä
- 1.3. Kasvupaikkatyyppi
- 1.4. Kehitysluokka
- 1.5. Metsikön laatu
- 1.6. Syy laadun alenemiseen
- 1.7. Koealan sijainti ja lähin kuvioraja
- 1.8. Koealan topografia
- 1.9. Epifyyttijäkälät puiden oksilla ja rungoilla
- 1.10. Tuhot koepuilla

Liite 1.1. Maaluokka

1. Metsämaa on puun kasvattamiseen käytettyä tai käytettävissä olevaa maata. Sillä on puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu suotuisimpien puusto-olosuhteiden vallitessa ja ohjekiertoaikaa käytettäessä vähintään  $1 \text{ m}^3/\text{ha}$  kuorineen eli noin  $0,85 \text{ m}^3$  kuoretta. Kuvio, jolla on tehty metsänviljely ja jolla viljelyllä aikaan saatu taimikko inventointihetkellä näyttää elinkelpoiselta, luetaan aina metsämaaksi.
2. Kitumaa on edellä esitettyjen periaatteiden mukaisesti seläistä kiviperäistä tai kallioista maata, suota, hietikkoa tai laki- tai tunturimaata, jolla puuston kasvu on  $0,10 - 0,99 \text{ m}^3/\text{ha}$  kuorineen.
3. Joutomaa on metsätalouden piiriin kuuluvaa maata, jolla edellä käytettyjen periaatteiden mukaisesti puuston kasvu on alle  $0,10 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Joutomaalla voi kasvaa vain yksittäisiä, kituliaita ja pensastavia puita. Avoluodot ja -tunturit ovat metsätalouden joutomaata.

## Liite 1.2. Alaryhmä

Alaryhmä jakaa metsä-, kitu- ja joutomaat kankaisiin ja suotyypiryhmiin korvet, rämeet, nevat ja letot:

1. Kangas käsittää mineraalimaat.
2. Korpi voi olla luonnontilainen suo, ojikko, muuttuma tai turvekangas.
3. Räme voi olla kuten edellä.
4. Neva voi olla luontaisesti puuton suo tai sen yhä puuttomana säilynyt ojikko.
5. Letto voi olla kuten neva.

Alunperin aukeat, mutta ojitettuina puustopeitteen saaneet nevat ja letot merkitään alaryhmältään korveksi tai rämeeksi.

## Liite 1.3. Kasvupaikkatyyppi

1. Lehdot, lehtomaiset ja lettosuot (luonnontilaiset, ojikko- ja muuttumasuot) sekä lehtoturvekankaat.
2. Lehtomaiset kankaat, ruohoiset suot ja turvekankaat.
3. Tuoreet kankaat, suursaraiset ja mustikkaiset suot sekä turvekankaat.
4. Kuivahkot kankaat, piensaraiset ja puolukkaisten suot sekä turvekankaat.
5. Kuivat kankaat, tupasvillaiset ja isovarpuiset suot sekä turvekankaat.
6. Karukkokankaat, rahkaiset suot ja turvekankaat.
7. Kalliomaat ja hietikot.
8. Lakimetsät ja tunturit.

#### Liite 1.4. Kehitysluokka

0. Aukea uudistusala on täysin puuton, sillä voi olla raivatavaa puustoa tai jokin yksittäinen jättöpuu. Vallitsevaa puulajia ja ikäluokkaa ei aukealla uudistusosalalla määritellä. Kaistalehakkuu tai reunametsän siementämälle aukealle uudistusosalalle voi tulla merkintä kehityskelpoisesta alikasvoksesta. Aukealla viljeltävällä uudistusosalalla voi esiintyä muutaman aarin taimituppaita.
1. Siemenpuumetsikössä on jäljellä harva ja verrattain järeä siemen- tai jättöpuusto, jonka pohjapinta-alan yläraja on Etelä-Suomessa  $4 \text{ m}^2/\text{ha}$  ja Pohjois-Suomessa  $2 \text{ m}^2/\text{ha}$ . Siemen- tai jättöpuusto määräävät metsikön pääpuulajin ja iän. Metsikön iän on ylitettävä uudistuskypsyyden alaraja (ks. kehitysluokan 6 selitys) ja kehityskelpoisen metsikön yläikäraja on sama kuin kehitysluokassa 6. Taimettumisvaiheessa voi kuviolla esiintyä kehityskelpoinen alikasvos.
2. Pieni taimikko, jossa taimikon valtapituus on alle 1,3 m. Arviointivuonna viljelty ala kuuluu tähän luokkaan.
3. Varttunut taimikko. Taimikon valtapituus on yli 1,3 m. Riukuvaiheen rajalla kasvatusmetsikköön vallitsevan jakson puista pääosalla rinnankorkeusläpimitta on alle 8 cm ja suurimmilla puilla noin 10 cm. Vallitsevan jakson ikä on Etelä-Suomessa enintään 50 v ja Pohjois-Suomessa 120 v.
4. Nuori kasvatusmetsikkö on nuorenpuoleinen, harvennushakkuuvaiheessa. Kertymä on pääosaksi pinotavaraa. Ikä on vähintään 11 v ja enintään 120 v Etelä-Suomessa sekä 200 v Pohjois-Suomessa.
5. Varttunut kasvatusmetsikkö on edellistä vanhempi ja järeämpi. Luokalle ovat ominaisia jo selvästi tukkipuukokoiset rungot, joita yleensä on mukana kertymässäkin. Toteutetut hakkuut ovat usein väljennysten luontoisia. Ikä on vähintään 31 v ja enintään Etelä-Suomessa 140 v sekä Pohjois-Suomessa 200 v. Mahdollista ylispuustoa ei kuvata tässä eikä seuraavissa kehitysluokissa.
6. Uudistuskypsä metsikkö on puustoltaan niin vanha ja/tai järeä, että metsikön käsittelyn tavoitteena on kasvatetun puun korjuu ja uuden metsikön perustaminen, mutta uudistamiseen tähtävää hakkuuta ei vielä ole aloitettu. Kaistalehakualueiden puustoiset kaistaleet ovat kuitenkin uudistuskypsää metsikköä. Kehityskelpoisissa metsiköissä ikä on maan eteläisimmässä osassa enintään 140 v sekä pohjoisimmassa osassa 250 v.
7. Suojuspuumetsikössä on puuston tiheyden ja rakenteen puolesta taimettuminen mahdollista. Tiheys voi kuitenkin olla niin suuri, että taimien kehittyminen edellyttää puuston osittaista hakkuuta ennen siementävien puiden lopullista poistamista. Puut ovat suojuspuumetsikössä suojuspuuasennossa. Tämä asento syntyy yleensä hakkuun tuloksena. Suojuspuuasennossa puiden on iän tai järeiden puolesta ylitettävä uudistuskypsälle metsikölle esitetty uudistuskypsyyden raja. Kehityskelpoisen metsikön yläikäraja on sama kuin kehitysluokassa 6.

#### Liite 1.5. Metsikön laatu.

Metsikön laatu arvioidaan vain metsämaalla. Arviointi rajoittuu yleensä vallitsevaan jaksoon. Poikkeuksena ovat uudistusalat, joilla myös alikasvos vaikuttaa laadun arviointiin.

1. Hyvä. Puulaji on kasvupaikalle sopiva ja metsikön käsittely on ollut hyvän metsänhoidon vaatimusten mukaista. Puuston tärkein osa - vallitsevat latvuskerrokset - muodostaa riittävän tiheän ja tasaisen metsikön eikä ylitiheys haittaa metsikön kehittymistä.
2. Tyydyttävä. Metsikkö on puuston rakenteen ja tiheyden puolesta edellistä heikempi, mutta kykenee kutakuinkin käyttämään maan kasvuedellytykset hyväkseen.
3. Välttävä. Metsikön vajaapuustoisuus tai hoitamattomuus aiheuttavat kehityskelpoisen metsikön luokittelemisen tyydyttävää heikommaksi.
4. Vajaatuottoinen. Yleisohjeena voidaan pitää, että metsikkö on vajaatuottoinen, jos sen tuotto on pienempi kuin 60 % hoidetun metsikön tuotosta.

#### Liite 1.6. Syy laadun alenemiseen.

1. Metsikön ikä voi olla laadun alenemisen syy metsikössä, jonka ikä ylittää ohjekiertoaajan. Vajaatuottoisiin metsiköihin liittyy käsite yli-ikäisyys. Yli-ikäisyysraja vaihtelee maan eteläisimmän osan 140 vuodesta Lapin 250 vuoteen.
2. Vähäarvoinen puulaji on syy laadun alenemiseen, jos metsikön puulajisuhteet kasvupaikkaan suhteutettuna ovat sellaiset, että sillä on metsikön tuotosta pienentävä vaikutus.
3. Metsikön luontainen harvuus on laadun alentamisen syy puulajisuhteiltaan kelvollisessa metsikössä, jossa metsikön pohjapinta-ala tai taimien lukumäärä jää liian alhaiseksi tai metsikön puusto on ryhmittäistä ja epätasaista.
4. Metsikön harvuus, joka on seurausta hakkuusta.
5. Metsikön ylitiheys.
6. Hoitamattomuus.
7. Puuston tekninen laatu.

Liite 1.7. Koealan sijainti ja lähin kuvioraja

Koealan etäisyys lähimmästä kuviorajasta määritellään koealan keskipisteen sijainnin perusteella. Kuviorajalla tarkoitetaan tässä yhteydessä

- maaluokkarajaa
- suon ja kankaan välistä rajaa
- kehitysluokkarajaa.

Jyrkät rajat koodataan numeroin ja liukuvat kirjaimin. Kun raja on jyrkkä, kutsutaan seinämäksi metsikköreunamaa, jolla vallitsevan jakson valtapituus on yli 1,3 m ja johon rajoittuva kuvio on metsikkö, joka on

- aukea tai metsikön valtapituus korkeintaan puolet seinämä- metsikön valtapituudesta.
- seinämä metsikköä halkova tai reunustava vähintään 15 m leveä muun maaluokan kuin metsämaan kuvio.

Seinäämetsikköön rinnastetaan jyrkkärajaisen aukon reunametsikkö, jos aukon läpimitta on vähintään 15 m ja samalla vähintään yhtä suuri kuin metsikön valtapituus. Valtapituudella tarkoitetaan pää- ja lisävaltapuiden keskipituutta.

Sijaintikoodaus tehdään koealakuvioittain seuraavia koodeja käyttäen:

- 1,(A) Koealan keskipisteen etäisyys kuviorajasta yli 30 m (1 jyrkkä raja, A liukuva raja). Jos raja on niin kaukana, että sen jyrkkyysastetta ei pystytä erottamaan, merkitään raja liukuvaksi.

Koealan keskipisteen etäisyys kuviorajasta 10-30 m.

- 2,(B) - koealakuvio ei ole yhteneväinen seinämä metsikön kanssa
3. - koealakuvio seinämä metsikössä ja jyrkän rajan synnystä kulunut korkeintaan 5 vuotta
4. - koealakuvio seinämä metsikössä ja jyrkän rajan synnystä kulunut enemmän kuin 5 vuotta.

Koealan keskipisteen etäisyys kuviorajasta vähemmän kuin 10 m.

- 5,(E) - koealan osa ei ole seinämässä
6. - koealan osa seinämässä ja jyrkän rajan synnystä kulunut korkeintaan 5 vuotta
7. - koealan osa seinämässä ja jyrkän rajan synnystä kulunut enemmän kuin 5 vuotta.

## Liite 1.8. Koealan topografia

Koealan topografian tarkastelussa käytetään apuna ympyräkoealaa, jonka säde on 20 metriä. Topografiamerkinnot ovat samat koealan eri osilla.

### Kaltevuuden suunta

Kaltevuuden suunta osoittaa pää- tai väli-ilmansuunnan, jota kohti kaltevuus alamäkeen lähinnä viettää. Kaltevuuden suunta on rinteiden maastossa todettu yleinen kaltevuussuunta, joka hyvin pienikuvioisessa maastossa voi poiketa koealan voimakaimman kaltevuuden suunnasta.

### Kaltevuus

Koealan kaltevuus mitataan koealaympyrän (säde 20 m) piirin kahden vastakkaisen pisteen korkeuserona kaltevuuden suunnassa. Kuoppia, kiviä ja vastaavia epätasaisuuksia ei oteta huomioon. Pienikuvioisessa maastossa esitetty menettely voi johtaa rinteiden yleiskaltevuuteen verrattuna kelvottomaan lopputulokseen. Kaltevuus voi osoittautua jopa negatiiviseksi. Näissä tapauksissa kaltevuus on ilmoitettava rinteiden yleiskaltevuuden mukaisena.

Kaltevuus luokitellaan maaston korkeuden muutoksena 20 metrin matkalla. Alleviivaus koodiluokituksessa osoittaa, että rajatapauksessa yläraja kuuluu luokkaan.

#### Korkeuden muutos

- 0. 0.0 - 0,5 m
- 1. 0,5 - 1,5 m
- 2. 1,5 - 2,5 m
- . . .
- . . .
- . . .
- 8. 7,5 - 8,5 m
- 9. Suurempi kuin 8,5 m

### Topografinen asema

Topografinen asema antaa kuvan koealan alttiudesta tuulivahingoille. Kyseessä suuripiirteinen maastoluokitus. Käytetty kooditus on seuraava:

- 0. Tasamaa tai loiva rinne. Keskimääräinen kaltevuus pienempi kuin 4:20 tai lyhyillä jyrkillä rinteillä koealan keskipisteen korkeusero rinteiden alareunaan on alle 10 m.
- 1. Rinne. Rinteiden kaltevuus keskimäärin ylittää arvon 4:20 ja korkeuseron koealan keskipisteestä rinteiden alareunaan oltava vähintään 10 m.
- 2. Mäen laki ja rinteiden yläreuna. Koeala mäen laella tai loivan rinteiden niskalla tai yläreunassa. Rinteiden kaltevuus korkeintaan 4:20. Koealan jollakin osalla oltava vähintään 10 m korkeusero ympäröivään maastoon.
- 3. Laakso. Laaksot ja muut tuulensuojaiset alueet. Koealan keskipisteen korkeusero laakson pohjaan saa olla korkeintaan 10 m.

Liite 1.9. Epifyyttijäkälät puiden oksilla ja rungoilla

Puiden rungoilla ja oksilla kasvavien epifyyttijäkälien runsauden arviointi liittyy ilman epäpuhtauksien seurantaan.

Esiintymisrunsaus arvioidaan havupuilta, joiden rinnankorkeusläpimittaluokka on vähintään 5 cm. Arviointi suoritetaan yleensä vain 0,5 - 2,0 metrin korkeudelta rungolta ja oksista. Arviointi tehdään koealan keskipisteestä katsoen, joten arvioinnissa on mukana vain koealan keskipisteeseen suuntautunut rungon ja oksiston puolisko.

Arviointi tehdään koealan osittain ja runsaus määritellään kaikilta koealan osilta, joilta on luettu vähintään 3 jäkäläluokitukseen soveltuvaa havupuuta. Eriyistä huomiota tulee kiinnittää runsausasteikon yhtäpitävyyteen Etelä- ja Pohjois-Suomessa, jotta tulokset koko Suomesta ovat vertailukelpoisia keskenään.

Epifyyttijäkälien esiintymistä tarkastellaan erikseen naavamaisten ja lehtimäisten jäkälien osalta. Rupijäkälien esiintymistä ei huomioida.

Perusriville merkitään naavamaisten epifyyttijäkälien esiintymisrunsaus. Naavamaisia jäkäläitä ovat suvut Alectoria, Bryoria ja Usnea. Naavamaiset jäkälät ovat epifyyttijäkälästä kaikkein herkimpiä ilman epäpuhtauksille. Runsauden arviointi perustuu pääasiassa jäkäläyksilöiden lukumäärään puilla. Esiintymisrunsaus koodataan seuraavasti:

E. Jäkäläitä ei arvioitu.

0. Ei naavamaisia.

1. Naavamaisia niukasti. Yksittäisiä naavamaisia jäkäläitä siellä täällä, mutta useimmilla puilla ei jäkäläitä esiinny.
2. Naavamaisia kohtalaisesti. Lähes joka puulla esiintyy naavamaisia, mutta puuta kohti jäkäläitä vain muutamia yksilöitä.
3. Naavamaisia runsaasti. Lähes joka puulla esiintyy lukuisia naavoja usein kookkaita yksilöitä.
4. Naavamaisia runsaasti. Poikkeuskoodi, jota käytetään, kun lähes joka puulla esiintyy lukuisia naavoja usein kookkaita yksilöitä, mutta kahta metriä korkeammalla puussa. Tätä koodia käytetään mm. silloin, kun poronhoitoalueella porot ovat syöneet naavamaiset jäkälät puiden alaosista.

Lisäriville merkitään lehtimäisten jäkälien esiintymisrunsaus. Sarake jää tyhjäksi, jos perusrivillä on koodi E.

Näihin jäkäliin kuuluvat mm. suvut Hypogymnia, Parmelia ja Pseudevernia. Nämä suvut kestävät yleensä edellisiä paremmin ilman saasteita. Kuusella sekä naavamaiset että lehtimäiset jäkälät kasvavat yleensä oksilla, männyllä ne kasvavat oksilla vain nuorena ennen oksien karsiutumista puun alaoksista, mutta myöhemmin rungolla, mistä sen esiintymisrunsauden arviointi on suhteellisen yksinkertaista. Arviointi suoritetaan sen mukaan kuinka suuren osan oksien ja runkojen koalan keskipisteeseen suuntautuvasta puoliskosta välillä 0,5 - 2,0 metriä jäkälät peittävät:

0. Ei lehtimäisiä. Peittävyys alle 1 %.
1. Lehtimäisiä niukasti. Peittävyys 1 - 10 %.
2. Lehtimäisiä melko runsaasti. Peittävyys 10 - 40 %.
3. Lehtimäisiä runsaasti. Peittävyys yli 40 %.
4. Lehtimäisiä runsaasti. Poikkeuskoodi, jota käytetään, kun lehtimäisiä korkeintaan niukasti tarkastelukorkeudella, mutta kahta metriä ylempissä oksiston ja rungon osissa niitä on runsaasti.

Liite 1.10. Tuhot koepuilla

Tuhon ilmiäsu

- 0 Puu terveen näköinen
- 1,A Kuollut pystypuu  
Puun vihreät osat kuolleet.
- 2,B Kaatunut tai katkennut puu.  
Puu on kaatunut tai katkennut elävän latvuksen puolenvälin alapuolelta. Puu voi olla elävä tai luonnonpoistuma.
- 3,C Puussa lahoa  
Ulkoisten merkkien perusteella lahottajasiementen vaivaama puu. Vaurion seurauksena lahonnut puu kuuluu luokkaan 3 tai C vaurion syntyajankohdan perusteella.
- 4,D Runkovaurio  
Rungon pintaan tai juuristoon metrin säteellä rungosta kohdistuneet vauriot. Vaurio voi olla sienien aiheuttama koro, eläimen syömäjälki tai puunkorjuussa syntynyt vaurio.
- 5,E Latva poikki tai kuollut  
Pääranka katkennut tai kuollut elävän latvuksen ylempään puolikkaan alueella eikä latvanvaihto ole korjannut tuhoa.



- 6,F Latvan vaihto, monilatvaisuus tai muu latvan epämuodostuma  
Puun latvaosassa selvä latvanvaihto tai puu monilatvainen,  
"kasvuhäiriön" tai muu taudin, vaurion tai kilpailun ai-  
heuttama latvan epämuodostuma. Luokkaan kuuluu myös vain  
oksiin kohdistunut hirvituho tai muu oksien vaurio.
- 7 Neulas- tai lehtikatoa elävissä kasvaimissa  
Puusta kuollut neulasia puun ulkopuolisen syyn takia. E-  
simerkiksi hedekukinnan aiheuttama vähäneulasisuus ei ole  
ulkopuolinen syy.
- 8 Neulasten tai lehtien poikkeava väri  
Neulasten tai lehtien väri on epänormaali puun ikään, kas-  
vupaikkaan tai vuodenaikaan nähden. Värivikoja voivat ai-  
heuttaa mm. ravinnehäiriöt, sienitaudit, pakkanen tai  
ilman epäpuhtaudet.

Tuhon ilmiä sukoodit ovat prioriteettijärjestyksessä. Kirjaimia  
käytetään niissä tapauksissa kun tuhotapahtumasta on yli 5  
vuotta.

#### Tuhon syy

- 0 Tuhon syytä ei tunneta
- 1 Tuuli  
Ilmiasu yleensä 2 (tai B).
- 2 Lumi  
Ilmiasu yleensä 2 tai 5 (B tai E).
- 3 Muut ilmastotekijät, vesi  
Ilmenee neulasissa (halla, ravinnehäiriöt, tulva) tai run-  
gossa (pakkanen), joskus myös nämä syyt tappavat puun.
- 4 Kasvien keskinäinen kilpailu  
Heinittyminen tai vesoituminen taimikoissa, naapuripuuden  
kilpailu harventamattomissa metsissä.
- 5 Korjuuvaurio  
Puuston korjuussa kolhiintuneet puut.
- 6 Muu ihmisen aiheuttama vaurio  
Leimausjäljet, huolimaton istutus tai kemiallinen käsit-  
tely, tuohen keräily ym.
- 7 Myyrä  
Myyrätuhoja ilmenee lehti- ja havupuun taimilla. Syömä-  
jälki usein rungon alaosassa, joskus myös oksissa. Jälki  
karkeampi kuin tukkimiehentäillä. Ilmiasu tavallisesti 1  
tai 4 (A tai D).
- 8 Hirvi  
Hirvi syönyt tai katkaissut taimesta pääranigan tai si-  
vuoksia.
- 9 Hyönteiset  
Muualla mainitsemattomia tai tunnistamattomia hyönteis-  
toukkia, aikuisia tai syömäjälkiä.

- A Tervasroso  
Tervasrosan ilmiasu on 1,5,4,7 tai 8 tai vastaavat kirjaimet.
- B Muu sieni  
Muualla mainitsemattoman sienen itiöemiä, lahoa tai rihmastoja. Esimerkiksi männynversoruoste, versosyöpä ja kuusen suopursuruoste.
- C Muut selkärangaiset  
Jänis, poro, majava ym.
- D Tukkimiehentäi  
Ilmenee yleensä pienillä havupuun taimilla. Syömäjälki taimen tyvässä, reunoiltaan rosainen, hienojakoisempi kuin myyrällä.
- E Kirjanpainaaja  
Ilmenee kuusella. Syömäkuviot kuivattavat kuorta, joka myöhemmin helposti repeilee.
- F Ytimennävertäjä  
Ytimennävertäjä syö mäntyjen latvusten yläosan kasvaimia ontoksi. Ilmenee neulasten vähenemisenä puiden latvaosissa ja katkenneiden kasvaimien putoamisena maahan.
- G Tyvitervastauti
- H Lumikariste

Tuhomerkinnän edellytys on, että puun elämään vaikuttaa jokin puun ulkopuolinen syy. Esimerkiksi hedekukinta ei aiheuta tuhomerkintää.

Jos aiheuttajia esiintyy puussa samanaikaisesti, merkitään pääsyy. Esimerkiksi jos allejäänyttä puuta vaivaavat sienet ja hyönteiset, merkitään kasvien välinen kilpailu primäärisyyksi jos kilpailutilanne on selvä.

#### Tuhon aste

- 0 Ohi mennyt  
Aiempi tuho on jo korjautunut.
- 1 Ohimenevä  
Ohimenevä tuho hidastaa puun kehitystä, muttei aiheuta vaurioita puutavaraan.
- 2 Vaurioita jättävä  
Tuho alentaa saatavan puutavaran määrää tai laatua.
- 3 Tappava tai puu on jo kuollut.







