

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Ilari Lampinen

ENSIHARVENNUSTEN KORJUUJÄLKI METSÄNHOITUYHDISTYS  
KYMIOJEN ALUEELLA TALVELLA 2007 - 2008

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Metsätalouden koulutusohjelma

LAMPINEN, ILARI	Ensiharvennusten korjuujälki Metsänhoitoyhdistys Kymi- joen alueella talvella 2007 - 2008
Opinnäytetyö	38 sivua
Työn ohjaaja	Maatalous- ja metsätieteiden maisteri Pekka Kuitunen
Toimeksiantaja	Metsänhoitoyhdistys Kymijoki
Huhtikuu 2010	
Avainsanat	korjuujälki, ensiharvennus, korjuuvauriot, puustovauriot, ajourat, metsänhoitoyhdistys

Tutkimuksessa selvitettiin talven 2007 – 2008 aikana tehtyjen havupuuvältaisten ensiharvennusten korjuujälki Metsänhoitoyhdistys Kymijoen alueella. Tavoitteena oli selvittää, pysyikö korjuujälki suositusten mukaisena. Tulokset tarkasteltiin puulajeittain ja harvennusten toteuttajittain. Niitä verrattiin myös Metsäkeskuksen korjuujälkiselvityksiin vuosilta 2007 ja 2008.

Korjuujälki tarkastettiin metsänhoitoyhdistyksen korjuujäljen tarkastusohjeella. Kuviolta mitattiin runkoluku puulajeittain, puustovauriot, pohjapinta-ala, valtapituus ja keskiläpimitta. Lisäksi selvitettiin ajouraväli, ajouraleveys ja ajourapainumat. Tutkimusaineisto käsittää 21 kuviota, yhteensä 40,8 hehtaaria.

Korjuujäljessä havaittiin suosituksia enemmän puustovaurioita ja ajourapainumia. Ajouraväli oli hieman liian kapea, mutta ajouraleveyksien keskiarvo oli hyvä. Harvennusvoimakkuus oli suurimmalla osalla kuvioista onnistunut. Osa kuvioista oli harvennettu suositeltua voimakkaammin, mutta harvennusvoimakkuus täytti kaikilla kuvioilla metsälain vaatimukset. Korjuujäljen kokonaisuudessa ei eri toteuttajittain havaittu selviä eroja. Tutkimuksen tulokset olivat myös samansuuntaisia kuin vertailuaineistona olleet Metsäkeskuksen korjuujälkiselvitykset.

Puustovaurioiden ja ajourapainumien määrät tulisi jatkossa saada pienemmäksi. Korjuuteknisesti haastavien kuvioiden ensiharvennukset tulisi ajoittaa hyvin korjuuolosuhteisiin. Myös ajouraväleihin tulee kiinnittää enemmän huomiota. Ajouraverkostoa tulisi suunnitella jo ennen hakkuuta ja sijoittaa ajourat kovimmille maastonkohdille.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Forestry

LAMPINEN, ILARI

Quality of First Thinning in Region of Forestry

Society Kymijoki in Winter 2007 - 2008

Bachelor's Thesis

38 pages

Supervisor

Pekka Kuitunen, MSc, (Forestry)

Commissioned by

Forestry Society Kymijoki

April 2010

Keywords

first thinning, damages of thinning, tree stand damages,

logging tracks, forestry society

This bachelor's thesis examined the quality of first thinnings in coniferous forests in the region of Forestry Society Kymijoki during the winter 2007 – 2008. The purpose of the thesis was to find out how the quality of thinnings corresponds to the recommendations. The results were analysed by species of trees and by the realisers of the thinning. The results were compared to the first thinning quality reports from years 2007 and 2008 made by the Forest Center of Finland.

The quality of first thinning was examined with the audit advisory of Forestry Society. The measurements collected from forest stands were the number of trees sorted out to different species, tree stand damages, basal area, dominant height and average diameter of trees. Distances and widths of forest machinery logging tracks and dints of the logging tracks were determined as well. Material of the report contains 21 forest stands with a total area of 40,8 hectares.

According to the thesis there were too many tree stand damages and too many dints in the logging tracks. The Distances of logging tracks were a bit too narrow. The average widths of logging tracks were good. The thinning intensity was good in major parts of forest stands although in some forest stands the thinning intensity was too furious. Requirements of the forest law were, however, met in all forest stands. The quality of thinnings did not differ much by different realisers when assessing the wholeness. The results were also parallel to the comparison material from Forest Center.

The number of tree stand damages and dints in logging tracks should be reduced in the future. The forest stands which are technically difficult to thin should be scheduled to favourable thinning conditions. More emphasis should be put to the planning of logging track distances in the future. Logging tracks should be planned before the thinning and they should be placed to firm soil.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Taustat	6
1.2	Työn tavoitteet	7
1.3	Työn tilaaja	7
2	HARVENNUSHAKKUUT JA KORJUUJÄLKI	8
2.1	Ensiharvennus ja harvennusmallit	8
2.2	Harvennushakkuun tavoitteet ja hyödyt	9
2.3	Harvennushakkuun ongelmat	10
2.4	Korjuujälki	11
2.5	Korjuujälkeen vaikuttavat tekijät ja korjuuvauriot	12
2.5.1	Ajourat ja niistä aiheutuvat haitat	12
2.5.2	Puusto- ja juuristovauriot	12
2.5.3	Sienituhot	13
2.6	Korjuuajan ja korjuuolosuhteiden vaikutus korjuujälkeen	14
2.7	Korjuujäljelle asetetut suositukset ja määräykset	14
2.7.1	Harvennusvoimakkuus	14
2.7.2	Puustovauriot	15
2.7.3	Ajourat	15
2.8	Korjuujäljen valvonta Suomessa	16
3	AINEISTO JA MENETELMÄT	16
3.1	Yleistä aineistosta	16
3.2	Tutkimuksen mittausmenetelmä ja vertailtavuus Tapion korjuujäljen seurantaohjeeseen	18
4	TULOKSET	19
4.1	Puustotiedot harvennuksen jälkeen ja harvennusvoimakkuus	20
4.2	Puustovauriot	20

4.3	Ajourat	22
4.3.1	Ajouraväli	22
4.3.2	Ajouraleveys	23
4.3.3	Ajourapainumat	24
5	TULOSTEN TARKASTELU	25
5.1	Runkoluku harvennuksen jälkeen ja harvennusvoimakkuus	25
5.2	Puustovauriot	28
5.3	Ajourat	31
5.3.1	Ajouraväli	31
5.3.2	Ajouraleveys	32
5.3.3	Ajourapainumat	32
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	34
	LÄHTEET	37

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Taustat

Hyvään ja taloudellisesti kannattavaan metsänhoitoon kuuluvat oikea-aikaisesti suoritettavat harvennushakkuut. Metsänomistaja saa harvennuksista taloudellista hyötyä myymällä harvennuksessa poistettavat puut. Välittömien tulojen lisäksi harvennuksista saadaan muitakin hyötyjä. Niiden avulla metsän kasvu keskittyy taloudellisesti arvokkaimpiin puuyksilöihin. Oikea-aikaisesti harvennettu metsikkö järeyytyy nopeammin kuin harventamaton metsikkö, ja uudistushakkuuajankohta aikaistuu. Tämä on tärkeää, koska uudistushakkuutuloista muodostuu suurin osa metsikön kiertoajan kokonaistuloista. Harvennettu metsikkö säilyttää paremmin myös elinvoimaisuutensa, kun sairaat ja kasvukilpailussa tappiolla jääneet puut poistetaan ja kasvamaan jätetyt puut saavat lisää valoa ja kasvutilaa.

Harvennushakkuissa on kuitenkin omat haasteensa. Jos hakkuuolosuhteet ovat vaikeat, on vaarana metsämaan ja puuston vaurioituminen. Harvennuksen suorittajan täytyy hallita työ, ja tarvittavien koneiden ja laitteiden tulee olla kyseiseen työhön soveltuvia. Huonosti tehdystä harvennuksesta voikin pahimmassa tapauksessa olla enemmän haittaa kuin hyötyä.

Metsät jaetaan erilaisiksi toimenpideyksiköiksi eli metsäkuvioiksi. Korjuuteknisesti vaikeimmat metsäkuviot tulisi harventaa talvella kun maa on roudassa, ja kun puiden juuria suojaa lumikerros. Ilman routaa maanpinta rikkoutuu herkästi painavien koneiden alla, ja puiden juuria vaurioituu.

Kaakkois-Suomessa, josta tutkimuksen aineisto on kerätty, talvet eivät kuitenkaan aina ole harvennushakkuisiin otollisia pakkastalvia. Leudot talvet ja roudaton maaperä vaikeuttavat etenkin ensimmäistä metsänomistajalle tuloja tuottavaa metsänhoitotoimenpidettä eli ensiharvennusta. Leudot talvet saattavat myös yleistyä tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen vuoksi. Tehtaat tarvitsevat kuitenkin puuta tasaisesti ympäri vuoden, ja metsät tulisi taloudellisesti järkevässä metsänkasvatuksessa harventaa ajallaan. Myös metsäkoneyrittäjien ja metsäkoneenkuljettajien kannalta olisi tärkeää, että koneille olisi töitä läpi vuoden eikä kuljettajia tarvitsisi lomauttaa. Harvennuksia täytyisikin pystyä tekemään myös vaikeissa olosuhteissa. Vaikeissa olosuhteissa tehtyjen

ensiharvennusten korjuujälkeä on tärkeä tutkia, jotta saadaan selville, missä osalualueissa on parannettavaa.

## 1.2 Työn tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin selvittää korjuuteknisesti vaikeana talvena tehtyjen ensiharvennusleimikoiden korjuujälki. Tutkimusaineiston kuviot on harvennettu talven 2007 - 2008 aikana. Talvi oli metsänhoitoyhdistyksen alueella leuto, vähäluminen ja lähes roudaton. Tutkimus käsittelee havupuuvaltaisia ensiharvennusleimikoita. Työssä tutkitaan, pysyykö jälki suositusten tasolla. Lisäksi selvitetään, onko maaperä kestänyt painavat koneet vai onko ajourille syntynyt kohtuuttoman paljon painumia. Myös ajourien leveydet ja ajouravälit selvitetään. Samalla selvitetään muu korjuujäljen taso, puiden runko- ja juuristovauriot sekä harvennusvoimakkuus.

## 1.3 Työn tilaaja

Työn aihe kehiteltiin yhdessä Metsänhoitoyhdistys Kymijoen kanssa. Aihe vaikutti hyvin ajankohtaiselta, koska talvi oli korjuuolosuhteiden kannalta vaikea. Kymenlaakson talvet eivät muutenkaan aina sovellu puunkorjuuseen, ja ensiharvennuksia jääkin sen vuoksi tekemättä tai ne myöhästyvät.

Tutkimuksen teon aikana Metsänhoitoyhdistys Kymijoki fuusioitui osaksi Metsänhoitoyhdistys Kymenlaaksoa. Uusi yhdistys aloitti toimintansa 1.1.2009. Metsänhoitoyhdistys Kymenlaakso muodostui Metsänhoitoyhdistys Kymijoen lisäksi Pohjois-Kymen ja Valkealan metsänhoitoyhdistyksistä. (1.)

Metsänhoitoyhdistys Kymenlaakson alueeseen kuuluvat Kouvolan ja Kotkan kaupungit. Lisäksi yhdistys toimii Iitissä ja Pyhtäällä. Myös osa Ruotsinpyhtäältä kuuluu alueeseen. Päätoimisto on Kouvolan kaupungissa Elimäellä. Lisäksi yhdistyksellä on viisi aluetoimistoa eri puolella Kymenlaaksoa. Yhdistys työllistää yhteensä noin 60 toimihenkilöä, metsuria ja yrittäjää. Toiminta-alueella on 174 600 hehtaaria metsää, ja keskimääräinen hakkuukertymä on 915 000 m<sup>3</sup> vuodessa. (1.)

Metsänhoitoyhdistys Kymijoen tavoitteena on, että metsänomistajat saavat kaikki tarvitsemansa metsäpalvelut samasta paikasta. Toiminta kattaakin kaikkien perinteisten

metsänhoitotöiden lisäksi esimerkiksi metsäsuunnittelun ja omaisuudenhoitopalvelut.  
(2.)

## 2 HARVENNUSHAKKUUT JA KORJUUJÄLKI

### 2.1 Ensiharvennus ja harvennusmallit

Ensiharvennuksessa metsikön kehitystä ohjataan haluttuun suuntaan siten, että parhaat puut jätetään kasvamaan ja huonoimmat poistetaan. Harventamalla säädelläänkin puiden välistä kasvukilpailua valikoimalla kasvatettavat ja poistettavat puut. Näin metsikön puulajisuhteet, puiden laatu ja puutavaralajisuhteet saadaan kehittymään haluttuun suuntaan. Ensiharvennus on metsikön kiertoajalla ensimmäinen toimenpide, josta metsänomistaja saa tuloja. Tulot jäävät kuitenkin pieniksi, koska pieniläpimittaisen puuston korjaaminen on kallista. Ensiharvennuksen tärkein tavoite onkin se, että harvennuksessa metsään jätettävät puut saavat lisää kasvutilaa ja metsikkö järeytyy nopeammin. Ensiharvennus on tehtävä oikea-aikaisesti, jotta metsän tuottoisuus pysyy hyvänä ja välttyään ylitihydestä aiheutuvilta haitoilta. Ensiharvennusajankohta tulisi valita niin, että hakkuukertymä on mahdollisimman suuri. Näin korjuukustannukset saadaan alenemaan. Puiden latvusten elinvoimaisuus ei kuitenkaan saa kärsiä metsikön ylitihydestä. (3, 73.)

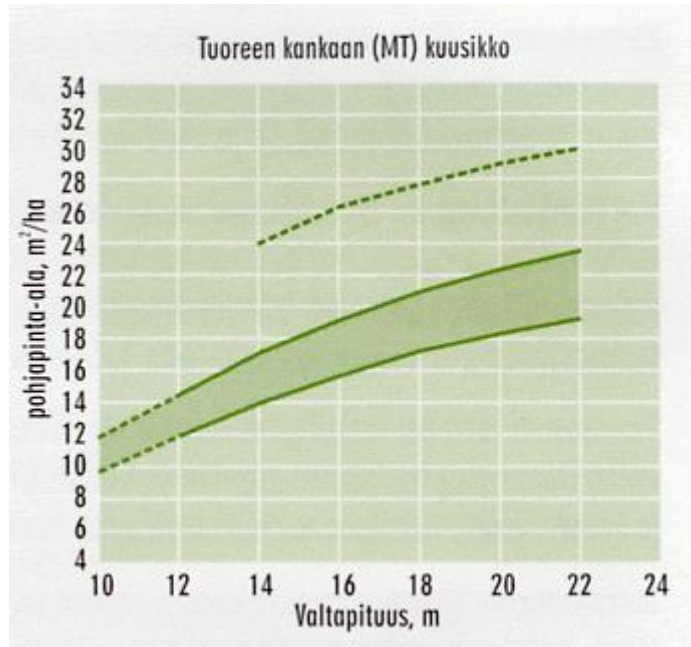
Suomessa metsiköiden harvennukset perustuvat alaharvennuksiin, joissa pieniläpimittaisimmat puut poistetaan ja ohjataan puuston kehitystä metsikön parhaimpiin ja terveimpiin puihin. Näin ylläpidetään metsien elinvoimaisuutta. (4, 12.)

Ensiharvennukset Suomessa tehdään tavaralajimenetelmällä, jossa puut kaadetaan, karsitaan ja katkotaan jo metsässä jalostukseen sopiviksi puutavaralajeiksi. Eri puutavaralajit kuljetetaan tienvarteen erillisiksi pinoiksi, joista puut kuljetetaan edelleen jalostuspaikoille. (5, 53.)

Ensiharvennus pyritään tekemään, kun metsikkö on 14 - 15 metrin pituusvaiheessa. Tällöin koneellinen ensiharvennus on kannattavaa, koska poistettavaa puustoa on riittävästi ja se on tarpeeksi järeää. Liian tiheää metsikköä ei kuitenkaan voi kasvattaa yli 14- metriseksi ilman, että metsikön tuotto kärsii. Jotta harvennusten ajankohdan ja harvennusvoimakkuuden määrittäminen olisi helpompaa, on avuksi laadittu harvennusmallit. Mallit perustuvat metsikön puuston pohjapinta-alaan ja valtapituuteen. Eri puo-



lelle Suomea, eri puulajeille ja kasvupaikoille on tehty omat harvennusmallinsa. Kun metsiköstä on mitattu pohjapinta-ala sekä valtapituus ja metsätyyppi on tunnistettu, harvennusmalleista näkee, onko harventaminen ajankohtaista. Harvennuksen poistuman määrityksessä voi vaihtoehtoisesti käyttää myös runkolukuun perustuvaa tapaa. (6, 186.)



**Kuva 1. Harvennusmalli (1.)**

Kuvassa 1 näkyvä harvennusmallin ylin katkoviiva ilmaisee milloin harvennukseen on syytä ryhtyä. Alemmista viivoista näkee metsän suositellun pohjapinta-alan harvennuksen jälkeen. Jos harvennus viivästyy, ja pohjapinta-ala ylittää harvennustarpeen viivan, puuston järeytyminen hidastuu ja puiden latvukset supistuvat. Vastaavasti jos metsää harvennetaan liian voimakkaasti, eli suositellun pohjapinta-alan alapuolelle, metsikön kasvu vähenee ja aiheutuu tuotostappioita. Harvennusmalleja noudattamalla puita poistetaan ensiharvennuksessa noin 40 kuutiometriä hehtaaria kohti. (6, 193.)

## 2.2 Harvennushakkuun tavoitteet ja hyödyt

Harvennuksen tavoitteena on metsikön taloudellisen tuloksen parantaminen. Metsikön kokonaiskasvua harventaminen ei yleensä lisää, mutta metsikön kasvu saadaan keskittymään parhaisiin puuyksilöihin. Tavoitteena on ohjata metsikön kehitystä siten, että parhaat puuyksilöt saavat harvennuksista mahdollisimman suuren hyödyn, ja taloudellisesti vähäarvoisimmat puut poistetaan. Puuston paksuuskasvu nopeutuu harvennuk-

sen jälkeen, koska puut saavat lisää kasvutilaa. Runkojen järeytyminen taas lisää puun arvoa, koska yhä useampi runko täyttää tukkipuukriteerit. Puuston järeyys on myös yksi uudistuskypsyyden kriteeri, joten harvennukset lyhentävät metsikön kiertoaikaa. Metsikön laatu myös paranee, kun harvennuksissa poistetaan huonoimmat ja taloudellisesti huonolaatuiset puut. (3,73.)

Vaikka ensiharvennus onkin lähinnä metsänhoidollinen toimenpide, jonka tärkein tavoite on metsikön tiheydestä aiheutuvien haittojen torjunta, metsänomistaja saa siitä välittömiä tuloja myymällä harvennuksessa poistetut puut. Vaikka tulot hehtaaria kohti ovat pieniä verrattuna päätehakkuutuloihin, niillä on kuitenkin vaikutusta metsänkasvatuksen kannattavuuteen. Tämä johtuu siitä, että tuloja saadaan huomattavasti aikaisemmin kuin päätehakkuutuloja. (3, 75.)

Suomessa metsänhoidon yhtenä keskeisenä tavoitteena pidetään metsävarojen mahdollisimman tehokasta käyttöä. Ensiharvennukset edesauttavat tätä tavoitetta. Niitä pitäisi tehdä kuitenkin nykyistä enemmän, jotta metsien vajaakäyttö vähenisi. (7, 6.)

### 2.3 Harvennushakkuun ongelmat

Korjuukustannukset ensiharvennuksissa ovat selvästi kalliimmat kuin esimerkiksi päätehakkuussa, koska pienirunkoisten puiden käsittely on paljon kalliimpaa kuin suurten puiden. Korjuukustannukset ovatkin suuri syy ensiharvennusten laiminlyönteihin. Koska puunkorjuu ensiharvennuskohteissa on kallista, moni metsänomistaja ei pidä ensiharvennusta houkuttelevana, ja metsä jää hoitamatta. Ensiharvennuskohteiden hehtaariohtainen hakkuukertymä on myös pieni. Ensiharvennuksessa metsiin jää vielä paljon puita hehtaaria kohti, joten hakkuutyön suorittajan täytyy varoa vaurioittamasta niitä. Tämä luonnollisesti hidastaa hakkuutyötä. Koska puunkorjuulle on olemassa edullisempiakin kohteita, metsätalouden ongelmat ja muutokset, kuten puumarkkinoiden epävakaisuus, johtavat usein ensimmäisenä juuri ensiharvennuksien laiminlyönteihin. (7, 6.)

Osa ensiharvennuksista jää tekemättä siitä syystä, että metsänomistajien itsenäinen metsänhakkuutyö on vähentynyt. Myös ihmistyön korvaaminen metsäkoneilla on vaikeinta juuri nuorten metsien hoidossa, kuten ensiharvennuksissa, koska pienen puun käsittely koneilla on kallista. Ensiharvennukset soveltuvat tehtäviksi myös metsuri-työnä, mutta palkkatyövoimankin kustannukset ovat nousseet. (3, 79.)

Ensiharvennuksen tekijän täytyy olla ammattitaitoinen. Harvennuksessa täytyy varoa vaurioittamasta jäävää puustoa. Jos jääviä puita kolhitaan, niihin kehittyy usein lahovika, joka alentaa puun laatua. Lisäksi puuston liian voimakas harventaminen lisää myrsky- ja lumituhoriskiä. Tiheässä kasvaneille puille ei ole kehittynyt kovin vahvaa juuristoa, ja kun poistettujen puiden suoja ja tuki vähenee harvennuksessa, lumi- ja myrskytuhojen riskit lisääntyvät. Oikea-aikainen ja sopivan voimakas harvennus onkin hyvä keino vähentää riskejä. (3, 78.)

## 2.4 Korjuujälki

Korjuujäljellä tarkoitetaan metsikön tilaa hakkuun jälkeen. Korjuujälkeä arvioidessa huomioidaan sekä metsikön puuston että maaperän kunto. Korjuujäljen arviointi vaihtelee hieman eri toimijoiden mukaan, mutta yleensä siihen sisällytetään mukaan puuston runko- ja juuristovauriot, ajourapainumat, ajouraväli ja ajouraleveys. Lisäksi mukaan otetaan usein harvennusvoimakkuus ja puuvalinta. (8, 13.)

Eri puolella maailmaa korjuujäljen käsite ja tutkimusmenetelmät poikkeavat jonkin verran toisistaan. Käytetty korjuumenetelmä vaikuttaa korjuujäljen käsitteeseen. Tavalarajimenetelmällä ja pitkän puun korjuumenetelmällä hakattujen leimikoiden korjuujälkitutkimuksissa onkin melko suuria eroja. Suomessa ja muissa maissa, joissa käytetään tavalarajimenetelmää, pyritään tutkimaan lähinnä syntyneiden vaurioiden määrää. Vastaavasti esimerkiksi Pohjois-Amerikassa pyritään tekemään ennusteita siitä, millä todennäköisyydellä yksittäinen puu vaurioituu hakkuussa ja mitkä tekijät siihen vaikuttavat. Suomen korjuujälkitutkimuksissa puiden runko- ja juuristovaurioiden määrät ovat olleet keskeisimpiä tutkimusten kohteita, vaikka maailmanlaajuisesti niitä ei kuitenkaan ole pidetty yhtä tärkeinä. (8, 13.)

Vaikka koneilla tehdään suurin osa harvennushakkuista, niiden jälki on silti ollut tutkimusten mukaan keskimäärin hyväksyttävää. Puustovaurioiden määrä on kuitenkin vaihdellut huomattavasti. Korjuujälkeen vaikuttaa kaikkein eniten metsäkoneen kuljettaja. Eri kuljettajien korjuujäljellä on todettu olevan suuria eroja. Tämänkin vuoksi on tärkeää, että korjuujälkeä valvotaan jatkuvasti. (8, 2.)

Vaikka puunkorjuu jättääkin aina jonkin verran jälkiä maastoon ja puustoon, suuri osa vaurioista voidaan estää hyvällä osaamisella. Keskimäärin kahdesta kuuteen prosenttia jäävästä puustosta vaurioituu hakkuussa. Vaurioita voidaan välttää valitsemalla kor-

juuajankohta niin, että olosuhteet ovat mahdollisimman hyvät. Myös ajouraverkosto tulisi sijoittaa oikein. Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi käytettävien koneiden tulisi olla kyseiseen kohteeseen soveltuvia. (6, 89.)

## 2.5 Korjuujälkeen vaikuttavat tekijät ja korjuuvauriot

### 2.5.1 Ajourat ja niistä aiheutuvat haitat

Ajoura tarkoittaa metsään, tiestön ulkopuolelle, puunkorjuuta varten hakattua käytävää, jota pitkin puut ajetaan metsästä pois. Se on myös metsäkoneiden työskentelytilaa. Ajourien tulee olla niin leveät, että reunoilla olevat puut eivät merkittävästi estä tai hidasta metsäkoneiden liikkumista ja työskentelyä maastossa. Reunoilla olevien puiden tulee vastaavasti säilyä vaurioitumatta. Ajouran tarkkaa tavoitelevyettä on kuitenkin vaikea tarkasti määrittää, koska siihen vaikuttavat monet tekijät. Näitä ovat esimerkiksi maaston kaltevuus ja muut maastosta johtuvat esteet, kuten suuret kivet. (9, 11.)

Ajourat ovat keskeinen tekijä korjuujäljessä. Vaikka ne koneellisessa hakkuussa ovatkin välttämättömiä, ne aiheuttavat kasvutappioita, kun niitä varten täytyy kaataa myös kasvatettaviksi sopivia puita. Ajourat jäävät myös hyödyntämättä puiden kasvutilana. Lisäksi koneiden aiheuttamat painumat ajourille aiheuttavat juuristo- ja maaperävaurioita, joista aiheutuu kasvutappioita. Juuristovauriot lisäävät metsikön alttiutta myrsky- ja hyönteistuhoilille. Kesäaikaisissa harvennuksissa on myös vaarana sienituhot. Ne ovat vaarana etenkin kuusikoissa, joiden juuristoa vaurioitetaan hakkuussa. (8, 12.)

### 2.5.2 Puusto- ja juuristovauriot

Puuston ja juuriston vaurioituminen hakkuussa aiheuttaa haitallisia seurausvaikutuksia. Puiden laatu heikkenee ja aiheutuu kasvutappioita. Lisäksi vaurioitunut puu on altis lahon aiheuttajille. Runkovaurioiksi lasketaan vauriot, jotka sijaitsevat puun rungossa juurenniskan yläpuolella. Vastaavasti juurivauriot ovat juurenniskan alapuolella. Vaurioita syntyy koneilla tehtävissä harvennuksissa useasta syystä, ja usein ne aiheutuvat monen tekijän yhteisvaikutuksesta. Pehmeällä maalla painava kone ei pysy maanpinnalla, vaan painuu ja vaurioittaa juuria. Kuljettajan huolimattomuus aiheuttaa suuren osan vaurioista. Etenkin runkovaurioiden syynä on usein huolimattomuus. Ajourien leveys vaikuttaa ajouran reunimmaisten puiden vauriomäärään. Jos ajourat

on tehty liian kapeiksi, koneet vaurioittavat puita herkästi. Metsäkoneilla käsiteltävät puut saattavat myös osua metsään jätettäviin puihin ja kolhia niitä siten, että vaurio syntyy. Mitä enemmän metsään jätetään puita, sitä enemmän vaurioita myös syntyy, joten leimikon tyyppi vaikuttaa myös korjuujälkeen. (10, 5.)

Runko- tai juuristovaurion laatu vaikuttaa siihen, kuinka haitallinen se metsikölle tai vaurioituneelle puulle on. Vaurion laatu riippuu sen koosta, muodosta ja sijainnista. Mitä suurempi alue on vaurioitunut, sitä haitallisempaa se on, koska suurempi vaurio kylestyy hitaammin kuin pieni vaurio. Syväälle puuaineeseen yltävä vaurio on taas seurausvaikutuksiltaan haitallisempi kuin matala pintavaurio. Vaurion syvyys on siis seurausvaikutuksien kannalta oleellisempi tekijä kuin vaurion pinta-ala. (10, 5.)

Runko- ja juuristovauriot aiheuttavat kasvutappioita, koska ravinteiden ja veden kulku puussa häiriintyy. Puun laatu myös alenee, jos vauriosta aiheutuu puuhun lahoa. Lahoamisessa pieneliöt käyttävät puuta ravinnokseen. Puiden runko- ja juuristovaurioista lahottajasienet pääsevät iskeytymään puuhun. Syviin vaurioihin kehittyy lahoa lähes aina, mutta pintavauriot säilyvät todennäköisemmin terveinä. Vauriokohdan sijainti vaikuttaa myös lahoriskiin. Laho iskeytyy puihin useammin juuristovaurioista kuin runkovaurioista. (11, 33.)

### 2.5.3 Sienituhot

Monet sienitaudit voivat iskeytyä puihin huonon korjuujäljen vuoksi. Etenkin kuusikot ovat alttiita sienitaudeille. Juurikäävät ovat pahimpia sienituhon aiheuttajia. Juurikääpä leviää uusille alueille ilmavinteisinä kantaitiöinä. Lisäksi ne metsikköön päästyään leviävät puiden juuriyhteyksien kautta, valtaavat juuristot tehokkaasti ja aiheuttavat puihin tyvilahoa. Metsäntutkimuslaitos on selvittänyt, että tyvilaho aiheuttaa Suomen metsätaloudelle vuosittain noin 50 miljoonan euron tappiot. Suurin osa lahosta on kuusenjuurikäävän aiheuttamaa. Juurikäävät aiheuttavat tyvilahosta 80 prosenttia. Suomessa juurikäävät ovat ongelma lähinnä kesäaikaisissa hakkuissa. Talviaikaan itiöitä on ilmassa hyvin vähän. Tästä syystä tautia on tehokkainta estää hakkaamalla metsät talviaikaan. Kesäaikaisissa hakkuissa juurikääpä voidaan torjua käsittelemällä kannot hakkuun yhteydessä joko harmaaorvakalla tai urealiuksella. (12, 90.)

Muita huonon korjuujäljen vuoksi metsikölle tuhoja aiheuttavia tauteja ovat esimerkiksi verinahakka ja mesisieni. Verinahakka on lahottajasieni, joka leviää puiden vau-

riokohtiin. Se lahottaa etenkin vaurioituneita kuusia. Myös mesisien aiheuttaa tyvilahoa ja leviää puihin puustovaurioista. (12, 109.)

## 2.6 Korjuuajan ja korjuuolosuhteiden vaikutus korjuujälkeen

Korjuuajankohdalla on suuri vaikutus korjuuvaurioiden määrään. Kun maa on jäässä, koneet pysyvät hyvin maanpinnalla ja korjuuvaurioita syntyy vähemmän. Vastaavasti sulan maan aikana harvennetuissa kohteissa on tavallisesti enemmän vaurioita. Korjuuajankohta vaikuttaa etenkin juuristovaurioiden määrään. Muiden vaurioiden kohdalla ero ei ole niin selvä. Etenkin kuusikot ovat herkkiä vaurioitumaan kesäaikaan tehdyissä hakkuissa. Eri puulajit kestävät vaurioita eri tavoin. Kesäaikaan kolhittu kuusi saa lahovian hyvin todennäköisesti, mutta mänty kestää kolhuja hyvin. (10, 6.)

Metsäkuviot jaetaan yleensä kolmeen eri korjuukelpoisuusluokkaan: talvi- kesä- ja kelirikko-kohteisiin. Kelirikko-kohteissa korjuu onnistuu kaikkina vuodenaikoina. Jako luokkiin tapahtuu jo korjuun suunnitteluvaiheessa ja perustuu korjuukuvion maapohjan kantavuuteen. (13, 7.)

Korjuuolosuhteita huonoissa olosuhteissa voidaan parantaa erilaisilla toimenpiteillä. Työn hyvä suunnittelu auttaa parantamaan korjuujälkeä. Uraverkosto tulisi suunnitella siten, että urat kulkevat maaston kantavimmissa kohdissa ja turhia mutkia vältetään. Harvesterikuski voi myös karsia oksat siten, että havut jäävät urien pehmeimmille kohdille. Koneissa voidaan myös käyttää maastoa säästäviä teloja ja sovittaa kuormien koot maaston kantamiskykyyn. Pehmeitä maastokohtia voidaan tarvittaessa vahvistaa kuitupuilla ja havuilla tai kevytsilloilla. Näkyvyyttä metsässä voidaan parantaa alikasvoksen ennakkoraivauksella ja huolehtimalla siitä, että metsäkoneiden lasit ja työvalot ovat puhtaita ja kunnossa. (13, 8.)

## 2.7 Korjuujäljelle asetetut suositukset ja määräykset

### 2.7.1 Harvennusvoimakkuus

Metsälaissa on säädökset siihen, kuinka voimakkaasti metsää saa harventaa, koska harvennussuosituksen alittaminen haittaa puuston kehitystä. Liian voimakas hakkuu voidaankin tulkita metsälain ja sen nojalla annettujen säännösten ja määräysten vastaiseksi. Kasvupaikka ja puulaji vaikuttavat siihen, kuinka voimakkaasti metsää saa har-

ventaa, ja niiden avulla on tehty lakirajat puuston minimitiheydelle. Lakirajaa voidaan laskea, jos metsän maaperä on esimerkiksi kalliainen tai jos metsää kasvatetaan kaksijaksoisena. (13, 13.)

Hyvän metsänhoidon suosituksissa on ilmoitettu myös runkolukuina harvennettujen nuorten kasvatusmetsien tiheysuosituksia. Etelä- ja Väli-Suomeen suositellaan ensiharvennuksen jälkeen 10 – 15- metriseen männikköön jätettävän 700 – 1 200 runkoa kasvatustavan mukaan. Jos halutaan kasvattaa laatupuuta, ensiharvennus suositellaan tehtäväksi lievänä. Intensiivisessä kasvatuksessa harvennetaan voimakkaasti ja runkolukusuositus harvennuksen jälkeen on 700 runkoa hehtaaria kohti. Peruskasvatuksessa runkoluvuksi suositellaan 900 – 1 000 runkoa hehtaarille. (14, 93.)

Kuusikoissa runkolukusuositukset on tehty 12 - 17 metrisiin kuusikoihin. Tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla kasvaviin kuusikoihin suositellaan normaalissa kasvatuksessa jätettäväksi 900 - 1000 runkoa hehtaarille. Jos vastaavasti halutaan kasvattaa kuusia lyhyellä kiertoajalla lehtomaisilla kankailla, runkoluvuksi ensiharvennuksen jälkeen suositellaan 800 - 900 runkoa hehtaaria kohti. (14, 93)

### 2.7.2 Puustovauriot

Metsälaisissa puustovaurioille ei ole asetettu tarkkaa enimmäismäärää. Jos puustovaurioita syntyy eikä niiden välttämiseksi kuitenkaan ole ryhdytty asianmukaisiin toimenpiteisiin, ne voidaan katsoa metsälain 18 pykälän rikkomiseksi. Asianmukaisiksi toimenpiteiksi katsotaan korjuun hyvä suunnittelu ja huolellinen toteutus. Metsäsertifiointin kannalta vaurioituneita puiden keskimääräinen osuus harvennuksissa ei saa olla yli neljää prosenttia puuston kokonaismäärästä. (13, 17.)

### 2.7.3 Ajourat

Kun halutaan hyödyntää mahdollisimman hyvin metsikön potentiaalinen kasvutila, ajouraväliksi suositellaan yli 20 metriä. Vastaavasti ajourien leveydeksi suositellaan neljää metriä. Alle neljän metrin uraleveys lisää selvästi riskiä siihen, että ajourien reunapuut vaurioituvat. Ajourasuosituksia noudattamalla luodaan edellytykset myös sille, että korjuu voidaan suorittaa koneellisesti. Metsäsertifiointin mukaan ajourapainumien osuus ei saisi nousta yli neljään prosenttiin ajourien kokonaismäärästä. (13, 18.)

## 2.8 Korjuujäljen valvonta Suomessa

Korjuujälkeä valvotaan säännöllisesti. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio vastaa valvonnasta yhdessä metsäkeskusten kanssa. Metsäkeskukset ovatkin tarkastaneet korjuujälkeä jo 1990-luvun alusta lähtien. Yksi metsäkeskusten keskeisistä tehtävistä on metsälakien valvonta. Korjuujäljen valvonta toteutetaan metsälakien valvonnan yhteydessä. Valvontatuloksien mukaan korjuujäljen taso on ollut hyvää. Puustovauriot ovat olleet keskimäärin noin kolmen prosentin luokkaa, ja muikin korjuun taso on vastannut kriteereitä. Korjuulaadun vaihteluväli eri kuvioiden välillä on kuitenkin ollut suurta. Heikko korjuujälki on ollut yleensä seurausta väärään aikaan tehdystä korjuusta. (6, 442.)

Korjuulaatua seurataan erilaisilla mittausmenetelmillä. Mittauslinjoille sijoitetut ympyräkoealat ovat kuitenkin vakiintuneet yleisimmiksi menetelmiksi. Toimivan mittausmenetelmän vaatimuksena on, että saadut tulokset eivät saa riippua mittaajasta. Lisäksi hyvältä menetelmältä vaaditaan se, ettei mittaukseen kulu kohtuuttomasti aikaa. (6, 442.)

Metsäkeskukset käyttävät korjuujäljen määrittämiseen Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion laatimaa ohjetta korjuujäljen seurannasta, joka on yleisin käytössä oleva menetelmä. Siinä koealat sijoitetaan kuvion lävistävälle keskilinjalle, ja niitä tulee kuviota kohti noin kymmenen kappaletta. Koealoilta lasketaan runkoluku puulajeittain, määritetään pohjapinta-ala, vaurioituneet puut ja poistettujen puiden kannot. Lisäksi mitataan valtapituus ja määritetään ajouratiedot. (15, 1.)

## 3 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 3.1 Yleistä aineistosta

Aineisto on kerätty nykyisen Kouvolan kaupungin alueelta Elimäeltä ja Anjalankoskelta sekä Ruotsinpyhtään Ruotsinkylän alueelta. Mittaukset tehtiin kesän 2008 ja 2009 aikana. Vaikka mittausten välillä on eroa, en usko sen vaikuttaneen mittaustuloksiin, koska puusto- ja ajourapainumat vaikuttivat molempina mittausajankohtina yhtä selvästi havaittavilta. Aineisto käsittää 21 kuviota ja yhteensä 40,8 hehtaaria. Kuviosta 16 on mäntyvaltaisia ja viisi kuusivaltaisia. Valtapuuksi katsottiin se puulaji, jota kuviolla inventoinnin mukaan oli eniten. Mäntyvaltaisuus johtuu siitä, että män-



niköt soveltuvat tavallisesti paremmin harvennuksiin huonoissa korjuuolosuhteissa kuin kuusikot. Kuvioden koot vaihtelivat 0,4 hehtaarista 7,0 hehtaariin. Kuvion keskimääräinen koko oli 1,9 hehtaaria. Koska ensiharvennuksia ei korjuuteknisesti vaikean talven vuoksi tehty kovin paljon, aineisto on melko suppea. Aineistosta vain yksi kuvio on turvemaalla, mikä jo osaltaan kertoo siitä, että pehmeiden maiden harvennuksiin ei talven aikana ollut asiaa. Aineistosta kaksi kuviota on ollut hankintakauppoja, joissa metsänomistaja on hoitanut hakkuun. Muissa kuvioissa harvennuksen on tehnyt metsäkoneyrittäjä. Ennakkoraivaus oli tehty ennen harvennusta kymmenellä kuviolla. Yhdeksää kuviota ei ollut raivattu ennen ensiharvennusta. Metsänomistajan tekemistä harvennuksista ei ole tietoa, oliko ennakkoraivausta ennen harvennusta tehty.

Kasvupaikoiltaan lehtomaista kangasta oli yksi kuvio. Tuoretta kangasta edusti 12 kuviota ja kuivahkoa kangasta seitsemän kuviota. Ainoa turvemaalla ollut kuvio oli puolukkaturvekangasta. Maaperäluokituksestaan aineisto jakautui siten, että 15 kuviolla maalaji oli keskikarkeaa tai karkeaa kangasmaata. Viidellä kuviolla maalaji oli hienojakoista kangasmaata, ja yksi kuvio oli turvemaata. Kuvassa 2 aineisto on jaettuna eri kasvupaikkoihin.



**Kuva 2. Aineisto jaettuna eri metsätyyppien mukaan**

### 3.2 Tutkimuksen mittausmenetelmä ja vertailtavuus Tapion korjuujäljen seurantaohjeeseen

Aineistonkeruun mittausmenetelmänä käytettiin metsänhoitoyhdistyksen omaa puunkorjuun tarkastusohjetta. Ohjeen on laatinut Pauli Rintala. Ohje soveltuu käytettäväksi sekä ensiharvennusten että myöhempienkin harvennusten korjuujäljen tarkastamiseen. Ohje perustuu mittauslinjoille asetettujen koealojen mittaamiseen. Mitatut koealatie-dot syötetään Metsänhoitoyhdistyksen Microsoft Excel- taulukkolaskentasovellutukseen, jolla koealojen mittaustulokset muunnetaan hehtaarikohtaisiksi tuloksiksi. Taulukkoon voidaan syöttää tukki- ja kuitupuun hinnat, jotta saadaan selville myös korjuuvaurioista aiheutuva taloudellinen menetys. (16.)

Korjuujälki tarkastetaan mittaamalla tarkastettavalta kuviolta koealoja. Koealat sijoitetaan ajourien keskelle systemaattisesti ajouria pitkin kulkien. Ajourien keskipiste sijoitetaan keskelle ajouraa. Koealaväli ja mitattavien koealojen määrä riippuu kuvion pinta-alasta. Ohjeesta selviää tietyn kokoiselle kuviolle soveltuva koealaväli ja mitattavien koealojen lukumäärä. Kaikilta kuvioilta mitataan vähintään 5 – 10 koealaa, ja koealavälit vaihtelevat 50 ja 200 metrin välillä. Ensimmäinen koeala sijoitetaan puolen koealavälin päähän lähtöpisteestä. (16.)

Koealoilta mitataan eri tunnuksia. Ohje suosittelee 11 metrin kiinteäsäteistä puoliympyräkoealaa. Koealan sädettä voi muuttaa, jos se helpottaa mittauksen suorittamista. Tässä tutkimuksessa on käytetty suositeltua 11 metrin sädettä. Kiinteäsäteisiltä puoliympyräkoealoilta määritetään runkojen lukumäärä puulajeittain ja niiden runko- ja juuristovaurioiden lukumäärä. Lisäksi määritetään kantojen korkeus ja läpimitta. Mukaan huomioidaan rinnankorkeusläpimitaltaan yli seitsemän senttimetriä paksut elävät puut. Jos puussa on sekä runko- että juuristovaurio, vain suurempi vaurio luetaan vaurioituneisiin puihin. Runkovaurioissa suurin osa vaurioista on juurenniskan yläpuolella. Vastaavasti juurivaurioissa vauriot ovat juurenniskan alapuolella enintään metrin päässä rungon keskipisteestä. Myöskään alle kahden senttimetrin paksuisten juurten vaurioita ei lueta mukaan. (16.)

Kiinteäsäteiseltä puoliympyräkoealalta mitattujen tietojen lisäksi määritetään rela-skoopilla pohjapinta-ala, pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta sekä valtapituus. Tunnukset määritetään samasta puoliympyräkoealan keskipisteestä kuin runkojen lukumäärät ja vauriot, mutta näihin mittauksiin käytetään, puoliympyrän sijaan, kokonaista ympyräkoealaa. Ajouraväli, eli lähimpien ajourien raiteiden keskikohtien etäi-

syys, ja ajouraleveys määritetään muiden koelamittausten yhteydessä samasta keskipisteestä. Ajouraleveys määritetään mittaamalla 10 metriä koelan keskipisteestä ajouraa pitkin kulkien lähimpien puiden kohtisuora etäisyys metsäkoneiden jättämien raiteiden keskikohtaan. (16.)

Kuviolta arvioidaan lisäksi ajourapainumien yhteispituus ja ajamattoman puutavaran yhteismäärä. Ajourapainumiksi huomioidaan yli 10 senttimetriä syvät painumat, joissa vähintään toisen raiteen painuman yhteispituus on yli puoli metriä pitkä. (16.)

Tutkimukseen on käytetty eri menetelmää, kuin Metsäkeskukset käyttävät korjuujäljen selvittämiseen. Tämän vuoksi kaikki tutkimuksen tulokset eivät ole suoraan verrattavissa Metsäkeskuksen korjuujäljen valvonnan tuloksiin. Metsäkeskus käyttää korjuujäljen mittaamiseen Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion tarkastusohjetta. Tapion ohje vaikuttaa hieman yksityiskohtaisemmalta kuin metsänhoitoyhdistyksen ohje. Metsänhoitoyhdistyksen ohjeen mukaan korjuujäljen selvittäminen saattaa olla hieman nopeampaa. Tulokset eivät tästä syystä välttämättä ole aivan yhtä tarkkoja kuin Tapion ohjeella saadut tulokset. Suurin osa muuttujista mitataan molemmilla menetelmillä kuitenkin hyvin samankaltaisesti, joten mielestäni ne ovat vertailukelpoisia toisiinsa.

Tapion ja metsänhoitoyhdistyksen menetelmillä mitattuja puustovauriotietoja voi mielestäni vertailla toisiinsa luotettavasti, koska tulokset on mitattu hyvin samankaltaisesti. Myös harvennusvoimakkuuden ja runkoluvun määrittäminen molemmilla menetelmillä on samankaltaista, joten tulokset ovat vertailukelpoiset. Ajouratietojen määrittämisessä on hieman eroa. Metsänhoitoyhdistyksen menetelmällä ajourapainumien pituus arvioidaan mittauksen ohessa koko kuviolta. Tapion menetelmällä myös ajourapainumat mitataan koelaoilta tarkemmin ja suhteutetaan hehtaaria kohti. Myös ajouraleveyksiä voi verrata toisiinsa, koska ne mitataan molemmilla menetelmillä hyvin samankaltaisesti. Ajouravälin määrittämisessä on pieniä eroja. Tapion ohjeessa ajouravälin määrittämiseen on yksityiskohtaisemmat ohjeet, joten myös eri menetelmillä mitatuilla tuloksilla saattaa olla pieniä eroja.

#### 4 TULOKSET

Tulokset saatiin käsittelemällä aineisto Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Kyseisellä ohjelmalla on tehty myös kaikki tutkimuksen kaaviot. Tuloksia on tarkas-

teltu eri puunkorjuuta hoitavien toimijoiden välillä. Vertailu metsäkoneyrittäjien välillä jätettiin pois, koska eri urakoitsijoita oli paljon. Monella metsäkoneyrittäjällä aineisto olisi jäänyt hyvin pieneksi ja saattanut käsittää ainoastaan yhden kuvion. Vertailu urakoitsijoiden välillä ei täten olisi ollut mielekästä eivätkä tulokset olisi luotettavia. Kannot rajattiin tutkimuksesta pois. Myöskään ajamatonta puutavaraa ei kuvioilla havaittu, joten sitä ei käsitelty.

Tuloksiin on laskettu koko aineiston keskiarvot. Lisäksi tuloksia on eroteltu myös valtapuittain, maalajeittain, metsätyypeittäin ja hakkuita toteuttavien toimijoiden välillä.

#### 4.1 Puustotiedot harvennuksen jälkeen ja harvennusvoimakkuus

Kuvioiden runkoluvut muunnettiin vastaamaan runkolukua hehtaaria kohti. Keskimääräiseksi runkoluvuksi harvennuksen jälkeen saatiin 802 runkoa hehtaaria kohti. Runkoluku vaihteli kuvioiden välillä siten, että pienin runkoluku oli 605 ja suurin 1 061 runkoa hehtaarilla. Runkolukujen mediaani oli 779. Keskihajonnaksi saatiin 124 runkoa. Kuvioiden valtapituuksien keskiarvo oli 15,8 metriä ja keskiläpimitta 16,2 senttimetriä. Pohjapinta-alojen keskiarvo oli 16,5 m<sup>2</sup>/ha.

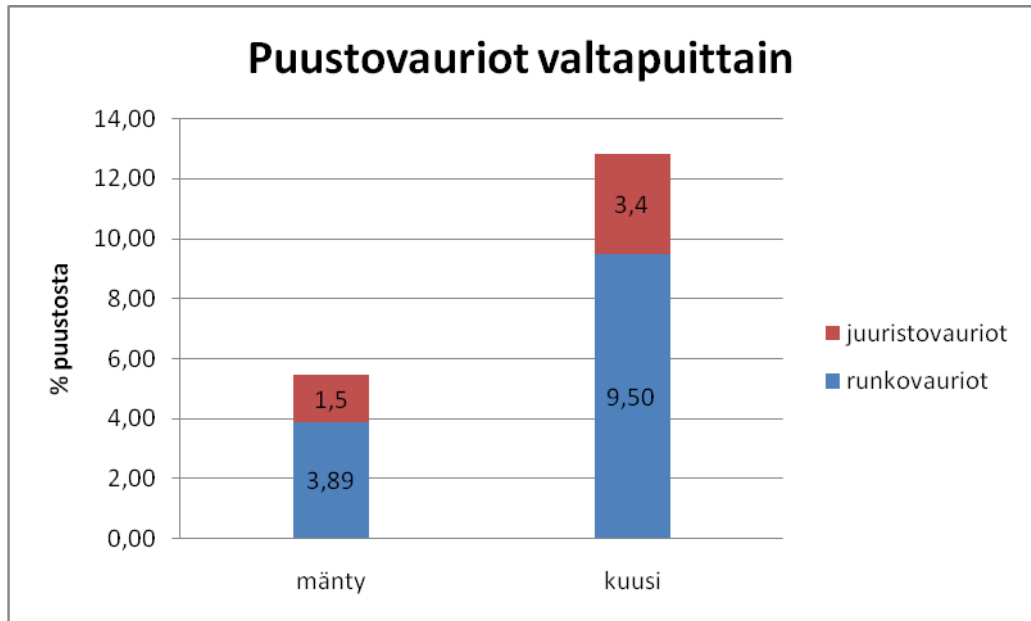
Tuloksia valtapuittain käsiteltynä männiköiden runkoluvuksi saatiin keskimäärin 784 ja kuusikoiden 859 runkoa hehtaaria kohti. Männiköissä valtapituuksien keskiarvo oli 15,4 metriä ja kuusikoissa 16,9 metriä. Keskiläpimittojen keskiarvo oli molemmilla puulajeilla 16,2 senttimetriä. Pohjapinta-alojen keskiarvot olivat männiköissä 16,7 m<sup>2</sup>/ha ja kuusikoissa 15,9 m<sup>2</sup>/ha.

#### 4.2 Puustovauriot

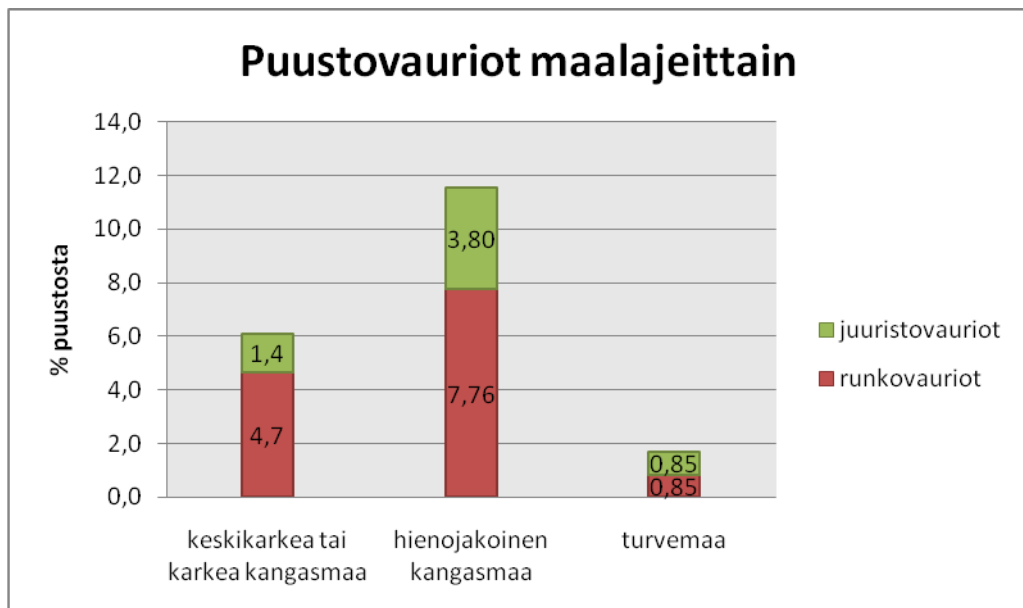
Puustovaurioprosentit on laskettu suhteuttamalla vaurioituneiden puiden määrä metsikön runkolukuun. Kuvioiden puustovaurioiden keskiarvo oli 7,2 %. Vauriot jakaantuivat runko- ja juuristovaurioiden välille siten, että runkovaurioita oli 5,2 prosentilla puista ja juuristovaurioita 2,0 prosentilla. Kuvioiden vaurioprosentit vaihtelivat 1,7 – 21,3 % välillä. Puustovaurioiden mediaani oli 6,0 % ja keskihajonta 5,0 %.

Valtapuiden mukaan käsiteltyinä puustovauriot jakaantuivat siten, että männiköissä puustosta oli vaurioitunut keskimäärin 5,4 % ja kuusikoissa 12,8 %. (Kuva 3.) Tutkittaessa tuloksia maalajeittain, keskikarkeilla tai karkeilla kangasmailla puustosta oli

vaurioitunut 6,1 % ja hienojakoisilla kangasmailla 11,6 %. Ainoalla turvemaalla olevalla kuviolla oli vaurioitunut vain 1,7 % puustosta. (Kuva 4.)



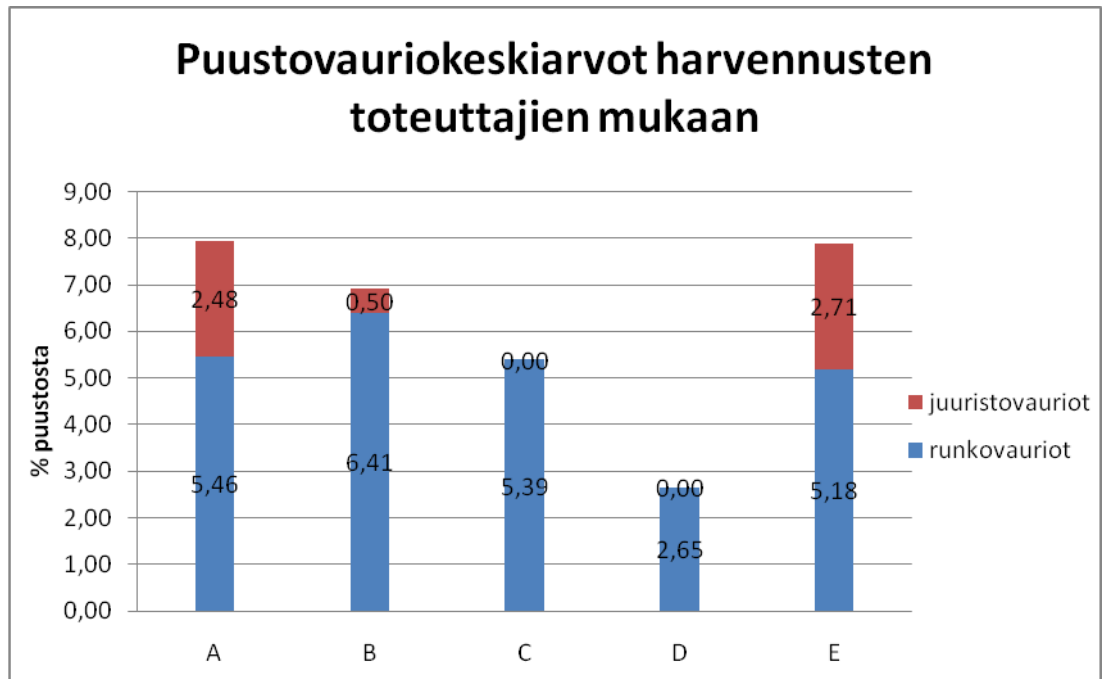
**Kuva 3. Mänty- ja kuusivaltaisten kuvioiden puustovauriokeskiarvot**



**Kuva 4. Aineiston puustovauriokeskiarvot jaettuna maalajin mukaan**

Kun puustovaurioita tutkittiin ennakkoraivatuilla ja raivaamattomilla kuvioilla saatiin melko yllättävä tulos. Ennakkoraivatuilla kuvioilla puustovaurioiden keskiarvoksi saatiin 8,0 %. Raivaamattomilla kuvioilla vauriokeskiarvoksi saatiin kuitenkin 6,3 %, eli matalampi kuin raivatuilla kuvioilla.

Tulokset laskettiin myös ensiharvennusten toteuttajien mukaan. Pienin puustovauriokeskiarvo oli D:llä (2,65 %), ja suurin puustovauriokeskiarvo oli sekä A:lla että E:llä (7,9 %). (Kuva 5.)

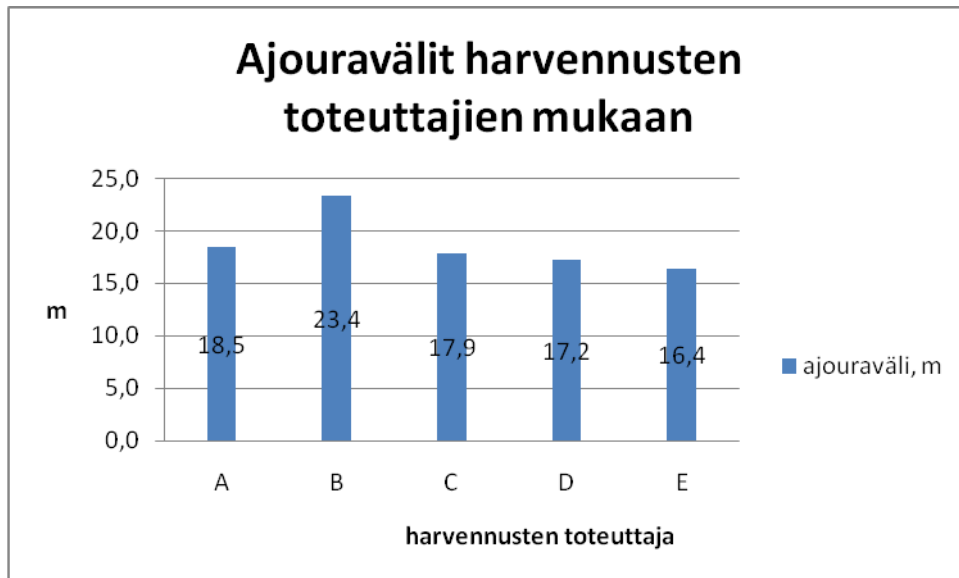


**Kuva 5. Puustovauriot tarkasteltuna ensiharvennusten toteuttajien mukaan**

### 4.3 Ajourat

#### 4.3.1 Ajouraväli

Ajouraväli kuvioilla oli keskimäärin 18,6 metriä. Se vaihteli kuvioiden kesken 15,7 – 23,4 metriä. Ajouravälin mediaani oli 18 metriä ja keskihajonta 2,1 metriä. Kun ajouraväliä tarkasteltiin toteuttajien mukaan, kapein ajouraväli oli E:llä, 16,4 metriä, ja levein B:llä, 23,3 metriä. (Kuva 6.)

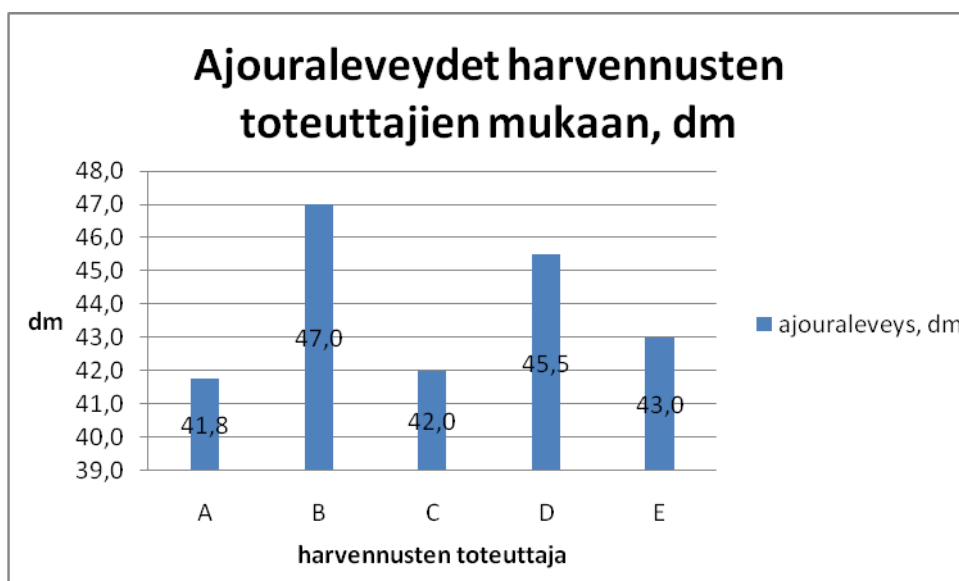


**Kuva 6. Ajouravälit ensiharvennusten toteuttajien mukaan**

#### 4.3.2 Ajouraleveys

Kuvioiden keskimääräiset ajouraleveydet vaihtelivat 3,9 ja 4,8 metrin välillä. Ajouraleveyksien keskiarvo oli 4,3 metriä. Mediaaniksi saatiin 4,2 metriä ja keskihajonnaksi 2,5 desimetriä.

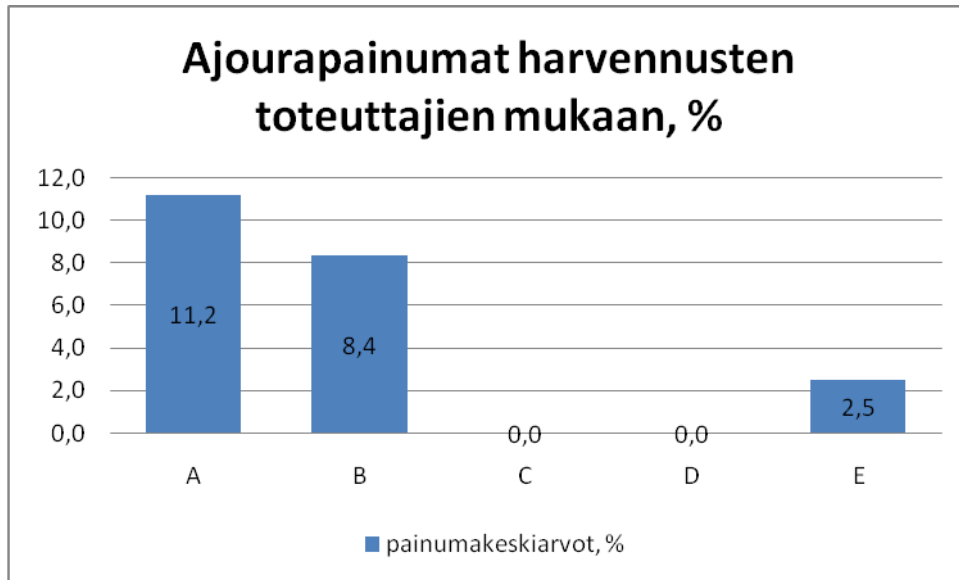
Tarkasteltaessa ajouraleveyksiä toteuttajien mukaan todettiin, että kapein uraleveys oli 41,8 desimetriä (A:lla) ja vastaavasti levein 47,0 desimetriä (B:llä). (Kuva 7.)



**Kuva 7. Keskimääräiset ajouraleveydet toteuttajittain**

### 4.3.3 Ajourapainumat

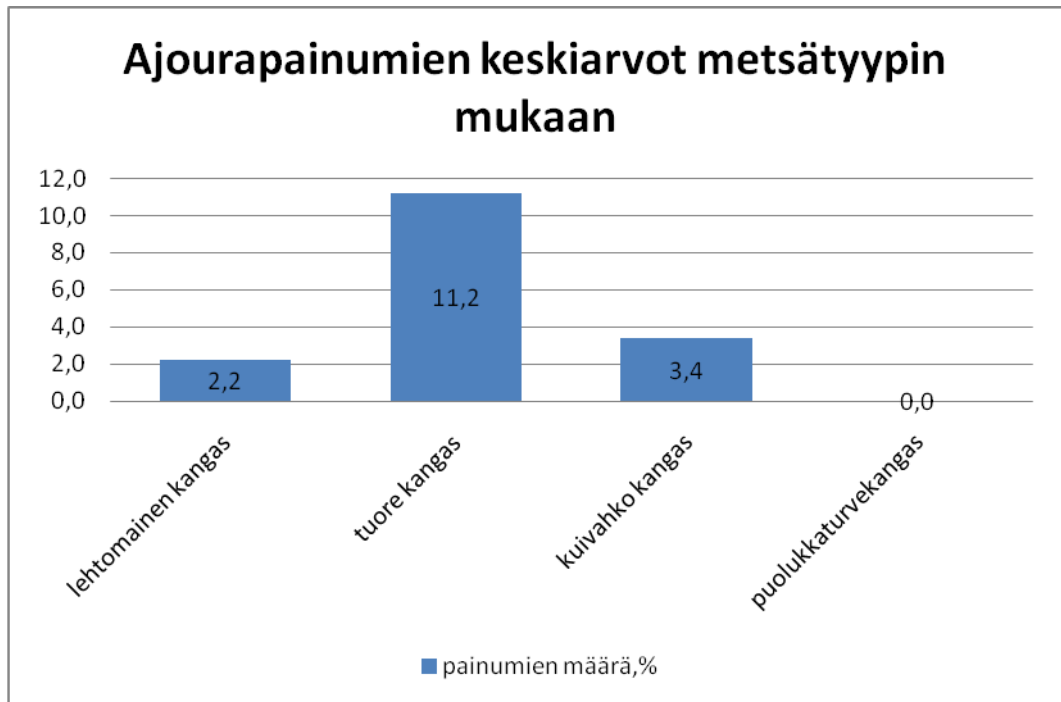
Ajourapainumat vaihtelivat 0 – 39,6 % välillä koko kuvioiden ajourien kokonaispi- tuuksista. Urapainumien keskiarvoksi saatiin 7,6 %. Mediaaniksi saatiin 4,9 %. Har- vennusten toteuttajien mukaan käsiteltyinä havaittiin, että C:llä ja D:llä painumia ei havaittu lainkaan. Suurin painumaprosentti oli A:lla 11,2 %. (Kuva 8.)



**Kuva 8. Ajourapainumavertailu ensiharvennusten toteuttajien välillä**

Ajourapainumat käsiteltiin myös kuvioiden maalajien ja valtapuiden mukaan. Tulokset jakautuivat siten, että kuvioilla, joiden maalaji oli keskikarkea tai karkea kangasmaa, painumaprosenttien keskiarvo oli 4,1 %. Vastaavasti hienojakoisilla kangasmailla keskiarvo oli huomattavan paljon suurempi, 19,8 %. Ainoalla turvemaalla olleella kuviolla painumia ei havaittu ollenkaan. Mäntyvaltaisilla kuvioilla ajourapainumien keskiarvo oli 6,0 % ja kuusivaltaisilla 12,8 %. Kuvassa 9 on lisäksi painumat metsätyypeittäin.





**Kuva 9. Ajourapainumakeskiarvot metsätyypin mukaan**

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksessa saatuja puustovaurioiden ja ajourien tuloksia verrattiin Metsäkeskuksen suorittamiin korjuujälkitarkastuksiin vuosilta 2007 ja 2008. Tulokset saatiin Metsäkeskus Kaakkois-Suomen viranomaispäälliköltä Aki Hostikalta. Metsäkeskuksen tulokset on kerätty Kymenlaaksosta, pääosin samoilta alueilta kuin tämän tutkimuksen aineisto.

### 5.1 Runkoluku harvennuksen jälkeen ja harvennusvoimakkuus

Harvennusvoimakkuuden onnistumisen arvioinnissa on omat hankaluutensa. Aineistossakin on kuvioita, jotka sijaitsevat kallioisilla paikoilla. Näillä paikoilla puusto luonnostaankin on paikoin aukkoista, joten puusto harvennuksen jälkeen jää herkästi harvemmaksi, kuin harvennusmallit suosittelevat. Toisaalta joillakin kuvioilla on saatettu tarkoituksella tehdä tavallista voimakkaampi harvennus, jos omistaja on esimerkiksi halunnut saada ensiharvennuksesta enemmän välittömiä tuloja.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion tekemät ensiharvennusten runkolukuosuudet on tehty 10 – 15- metrisiin männiköihin ja 12 – 17- metrisiin kuusikoihin. Aineistossa oli kuitenkin kuvioita, joissa ensiharvennus tehtiin hieman myöhemmin ja

valtapituudet olivat jo pitempiä ja puusto järeämpää. Tästä syystä kuvioiden harvennusvoimakkuudet tarkasteltiin myös pohjapinta-alan ja valtapituuden mukaan.

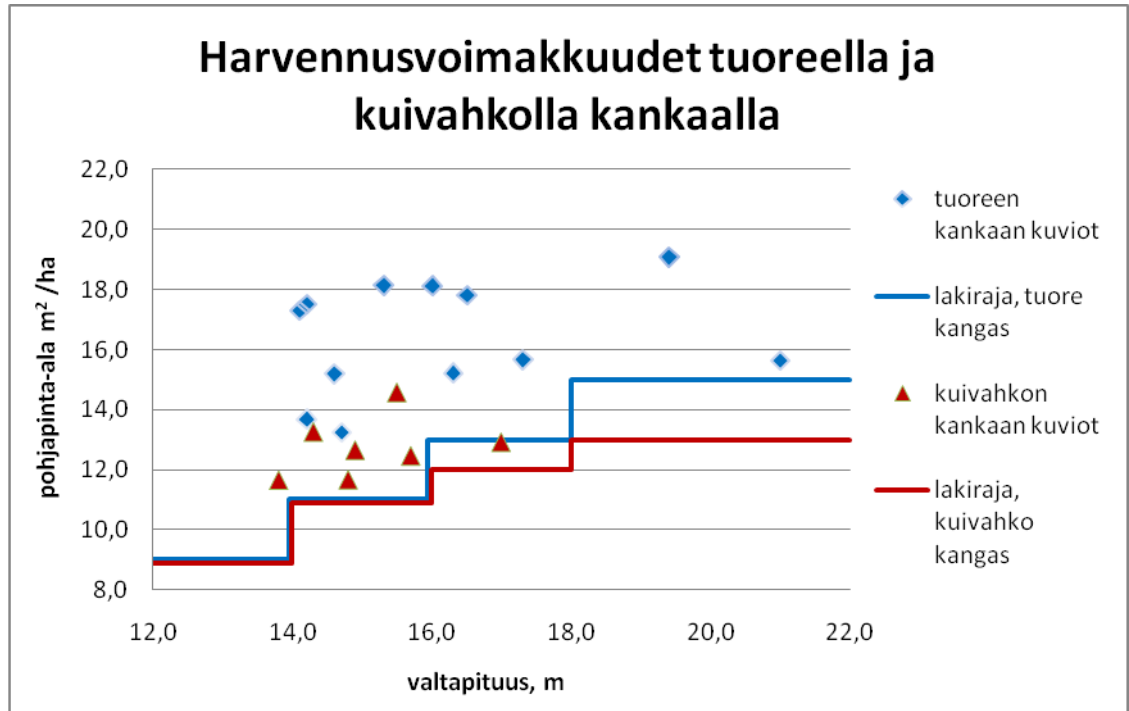
Tapion suositusten mukaan kuusikoissa jätetään ensiharvennuksessa 900 – 1 000 runkoa hehtaarille. Tuloksista kuusikoiden keskimääräiseksi runkoluvuksi saatiin 859 runkoa hehtaaria kohti. Se on mielestäni kohtuullinen tulos, koska keskimääräinen valtapituus oli jo 16,9 metriä, eli lähes metrin enemmän kuin pituus, johon runkolukusuositukset on tehty. Männiköiden keskimääräinen tulos, 784 runkoa hehtaarilla, on hyvän metsänhoidon suosituksia pienempi. Normaalissa kasvatuksessa suositellaan jätettäväksi 900 – 1 000 runkoa. Kuitenkin myös tutkimuksen männiköiden keskipituuksien keskiarvo, 15,4 metriä, oli hieman runkolukusuosituksia suurempi. Täten myös hieman suosituksia voimakkaampi harvennus on perustellumpaa.

Tarkasteltaessa kuvioiden tiheyksiä Tapion harvennusmalleilla, joissa huomioidaan pohjapinta-ala ja puuston valtapituus, todetaan 11 kuviolla puuston tiheyden osuvan harvennusmallien suosituksiin. Harvennusvoimakkuus kyseisillä kuvioilla on siten onnistunut. Yhdellä kuviolla harvennus on tehty kevyenä ja puustoa on jätetty hieman suositeltua enemmän. Muissa kuvioissa, eli yhdeksällä kuviolla, puuston tiheys on suosituksia pienempi. Ensiharvennus on näillä kuvioilla tehty liian voimakkaana. Tosin näistä kuvioista kolmella puustoa oli harvennettu mittauksien mukaan vain hieman liian voimakkaasti. Osa kuvioista sisälsi myös kallioisia kohtia, joten puusto oli luonnollisesti paikoin aukkoisempaa. Myös koealojen sijoittelu saattoi vaikuttaa hieman tuloksiin. Vaikka koealoja mitattiin kaikilta kuvioilta korjuujäljen tarkastusohjeen mukainen määrä, ne saattoivat joillain kuvioilla sijoittua keskimääräistä harvemmille kohdille.

Koska osa kuvioista oli harvennettu suosituksia voimakkaammin, puuston harvennusvoimakkuudet tarkasteltiin myös metsälain kannalta. Metsälain 528/2006 kolmannessa pykälässä säädetään kuinka paljon kasvatettavaksi kelpaavaa puustoa täytyy harvennuksessa metsikköön jäädä. Lakirajat on eroteltu kasvupaikan ja puulajin mukaan. Rajat määräytyvät puuston valtapituuden ja pohjapinta-alan mukaan. Vaurioituneita puita ei lain mukaan kelpuuteta kasvatettaviksi puiksi. (17.)

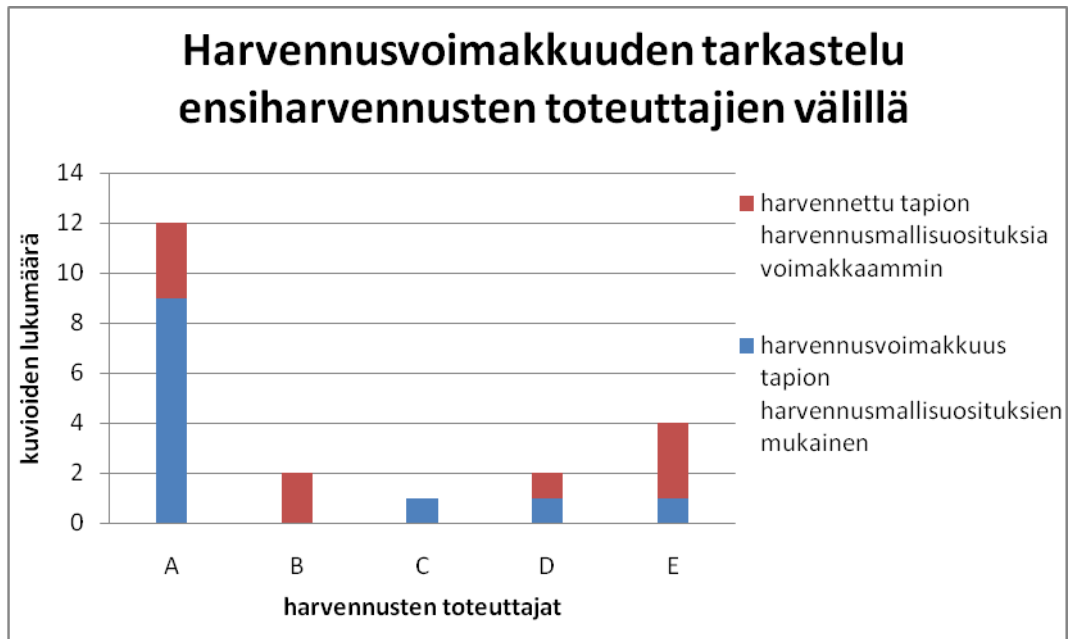
Lakirajoja tarkasteltaessa pohjapinta-aloista vähennettiin ensin puustovaurioprosentit ja tarkasteltiin lainmukaisuutta vain vauriottomasta puustosta. Kaikkien kuvioiden puuston tiheydet täyttivät tarkastelussa kuitenkin metsälain vaatimukset. Kuvioilla

puuston tiheydet olivat siis yli lakirajojen, vaikka osa olikin harvennettu harvennusmallien suosituksia voimakkaammin. Kuvassa 10 on tuoreen ja kuivahkon kankaan kuvioiden harvennusvoimakkuudet ja lakirajat. Jotta harvennusvoimakkuus on lainmukainen, kuvioiden täytyy olla lakirajojen yläpuolella. Lakirajat ovat molemmilla kasvupaikoilla 16- metriseen valtapituuteen asti samat. Tästä eteenpäin tuoreella kankaalla täytyy olla enemmän puustoa kuin kuivahkolla kankaalla. Kuvasta selviää, että kuvioiden harvennusvoimakkuuksissa on melko suuria eroja.



**Kuva 10. Harvennusvoimakkuudet ja lakirajat tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla olevilla kuviolla**

Kuvassa 11 on harvennusvoimakkuuden onnistuminen toteuttajittain. Harvennusvoimakkuutta on pidetty onnistuneena silloin, kun puuston tilavuus harvennuksen jälkeen oli Tapion harvennusmallien suositusten mukainen.



**Kuva 11. Harvennusvoimakkuuden onnistuminen toteuttajittain Tapion harvennusmallien suositusten mukaan**

## 5.2 Puustovauriot

Puustovaurioita havaittiin liian paljon. Tulokset eivät kuitenkaan ole kovinkaan yllättäviä vaikeiden harvennusolosuhteiden vuoksi. Puustovaurioiden määrässä eri kuvioiden välillä oli suurta vaihtelua. Kahdella kuviolla puustovaurioita oli noin 20 prosenttia, joka on paljon enemmän kuin muilla kuvioilla. Kyseiset kaksi kuviota luonnollisesti nostavat puustovaurioiden keskiarvoa melko paljon. Muilla aineiston kuvioilla puustovauriot pysyivät alle kymmenessä prosentissa. Metsäsertifioinnin kannalta puustovaurioiden osuus harvennushakkuissa ei saisi nousta yli neljään prosenttiin kasvatettaviksi jätetyistä puista. Kuitenkin 16 kuviossa näin on käynyt. Ainoastaan viisi kuviota täyttää suositukset. Yksikään kuvio ei säilynyt täysin ilman puustovaurioita. Metsäsertifioinnin kannalta ei kuitenkaan voida suoraan sanoa, että tulos ei täytä sertifiointikriteereitä, koska sertifioinnissa tulos lasketaan viiden vuoden liukuvana keskiarvona. Runkovaurioita havaittiin enemmän kuin juuristovaurioita. Myös erot puusto- ja juuristovaurioiden suhteiden välillä vaihtelivat paljon kuvioittain.

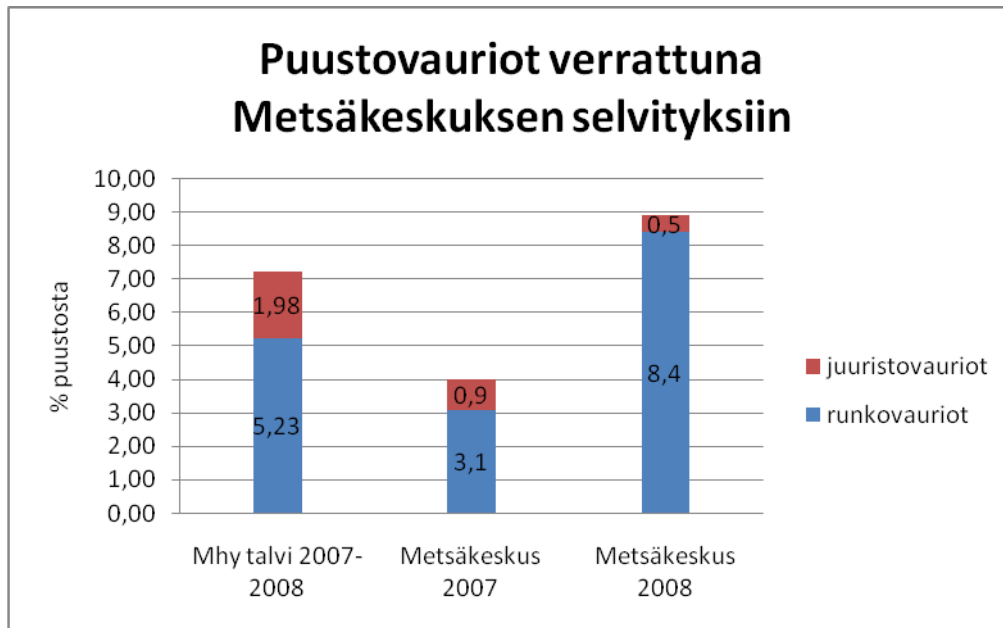
Kuusikoissa oli huomattavasti enemmän, yli kaksinkertainen määrä, puustovaurioita kuin männiköissä. Kuusikoita oli kuitenkin vain viisi, ja kaksi niistä sisälsivät huomattavasti enemmän vaurioita kuin muut kuviot. Maalajeittain tulokset ovat hyvin samankaltaisia kuin valtapuittain. Tämä johtuu luonnollisesti siitä, että kuusta suositaan hie-

nojakoisemmillä mailla ja mäntyä vastaavasti karkeammilla maalajeilla. Keskikarkeilla ja karkeilla kangasmailla puustovaurioita oli 6,1 % ja hienojakoisilla kangasmailla 11,6 %. Turvemaita oli vain yksi, ja siinä puustovaurioita oli yllättävän vähän, vain 1,7 %. Puustovaurioiden pienen määrän tällä kuviolla saattaa selittää se, että kuvio oli hakattu kevyesti ja kevyillä menetelmillä. Myös olosuhteet saattoivat hakkuu-aikaan olla paremmat kuin kyseisenä talvena keskimäärin.

Kaikkien muiden harvennusten toteuttajien korjuujäljessä havaittiin puustovaurioita suositeltua enemmän paitsi toteuttaja D:llä. Kuvioden erot selittävät todennäköisesti osaltaan eri toteuttajien puustovauriokeskiarvojen eroja. Myös eri kuljettajien työta-voissa voi olla merkittäviä eroja. Aineiston pienen koon vuoksi ei kuitenkaan voida tutkia eri urakoitsijoiden puustovaurioita luotettavasti.

Siitä, että raivaamattomien kuvioden puustovaurioprocentti oli matalampi kuin raivat- tujen, ei voi tehdä suuria johtopäätöksiä. Ainoastaan yksi kuvio vaikutti siltä, että rai- vauksesta ennen harvennusta olisi voinut olla hyötyä. Muut raivaamattomat kuviot vaikuttivat ainakin silmämääräisesti siltä, että alikasvos ei ole haitannut harvennusta, koska sitä ei juuri edes havaittu. Raivaamattomien kuvioden alikasvos olisi kuitenkin pitänyt nähdä ennen harvennusta, jotta ennakkoraivauksesta voisi tehdä tarkempia joh- topäätöksiä. Osa alikasvoksesta on nimittäin saattanut tuhoutua hakkuussa kaadettujen puiden alle.

Kuvassa 12 puustovauriokeskiarvoja verrataan metsäkeskukselta saatuihin korjuujäl- kitietoihin samoilta alueilta vuosilta 2007 ja 2008. Metsäkeskuksen tarkastuksissa eri vuosien erot puustovaurioissa ovat olleet melko suuret. Metsäkeskuksen tuloksissa juuristovaurioiden määrä on pienempi kuin tässä tutkimuksessa.



**Kuva 12. Tutkimuksen puustovauriokeskiarvot verrattuna Metsäkeskuksen korjuujälkiselvitykseen**

Männiköiden ja kuusikoiden puustovaurioiden keskiarvojen välisiä eroja tutkittiin myös tilastollisesti käyttämällä t-testiä. Sen avulla testataan kahden toisistaan riippumattoman otoksen keskiarvoja. T-testin kaava on:

$$t = \frac{x_1 - x_2}{s \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$\text{jossa } s^2 = \frac{(n_1 - 1) \cdot s_1^2 + (n_2 - 1) \cdot s_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \quad (1)$$

Kaavassa  $t$  tarkoittaa testisuuretta,  $x_1$  ja  $x_2$  ovat puustovaurioiden keskiarvot puulajeittain. Lisäksi  $s_1$  ja  $s_2$  ovat keskihajonnat puulajeittain ja  $n_1$  ja  $n_2$  perusjoukkojen otoskoot. Käytetty merkitsevyystaso on  $p < 0,05$ . Hypoteesina ( $H_0$ ) oli, että eri puulajien puustovauriot eivät poikkea toisistaan.

Tulokseksi saatiin kaksisuuntaisessa testissä  $t = 3,69$ . Tätä tulosta verrataan  $t$ -jakauman viiden prosentin merkitsevyystason mukaiseen kriittiseen arvoon. Vapausasteilla 19 kriittinen arvo on taulukon mukaan 2,093. Koska saatu tulos on suurempi kuin taulukon arvo, männiköiden ja kuusikoiden puustovaurioiden keskiarvot näyttäisivät poikkeavan  $t$ -testin mukaan toisistaan tällä

merkitsevyytasolla. Kuusikoita oli kuitenkin lukumäärällisesti vähän, ja kahdella kuusivaltaisella kuviolla puustovaurioiden määrä oli myös selvästi suurempi kuin muilla kuvioilla. Nämä seikat saattoivat vaikuttaa testin tulokseen, joten testistä ei voida tämän vuoksi tehdä varmoja johtopäätöksiä. Tulos kuitenkin tukee sitä, että kuusivaltaiset metsiköt vaurioituvat mäntyvaltaisia metsiköitä herkemmin vaikeissa korjuuolosuhteissa.

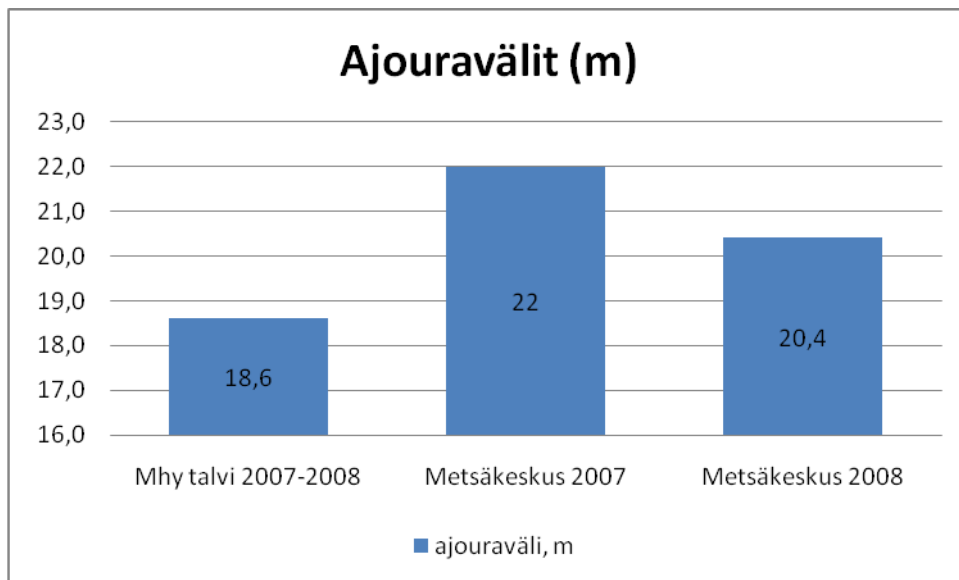
## 5.3 Ajourat

### 5.3.1 Ajouraväli

Ajouravälisuosituksena pidetään 20 metriä. Tuloksena saatu 18,6 metriä on hieman liian kapea. Uraväli jäi neljällätoista kuviolla, eli suurimmalla osalla kuvioista, liian kapeaksi. Kahden kuvion ajouraväli jätettiin huomioimatta, koska harvennus oli tehty kapealla koneella eikä kuvioilla saanut selvää, mitkä urista olivat ajouria ja mitkä ai-noastaan hakkuu-uria. Ajouravälin vaihteluväli aineistossa oli myös suuri. Ajouraver-kosten tiheyksiin saattoivat vaikuttaa kuvioiden epäsäännölliset muodot ja melko pieni keskikoko. Kapein ajouraväli, 15,7 metriä, oli aineiston pienialaisimmalla kuvi-olla.

Ajouraväleissä oli melko suuria eroja eri toteuttajien kesken. Vain yhdellä toteuttajalla ajouraväli oli yli 20 metriä (23,4 m). Muilla ajouraväli oli 16,4 ja 18,5 metrin välillä. Ero voi johtua erilaisesta korjuukalustosta ja korjuutavoista. Kuljettajien ajouraver-koston suunnittelussa voi olla suuria eroja. Toiset saattavat suunnitella ajourien kohtia ennen hakkuuta enemmän kuin toiset. Vastaavasti toiset toimijat saattavat kiinnittää enemmän huomiota ajouraväliin kuin toiset.

Verrattaessa ajouravälejä Metsäkeskuksen aineistoon huomataan, että Metsäkeskuk-sen selvityksissä ajouraväli on leveämpi kuin tässä tutkimuksessa. Metsäkeskuksen selvityksissä keskimääräinen ajouraväli vuonna 2007 oli 22 metriä, ja vuonna 2008 20,4 metriä. Tuloksiin saattoi vaikuttaa hieman erilaisen mittausmenetelmän käyttö. (Kuva 13.)



**Kuva 13. Ajouravälikeskisarvon vertailu Metsäkeskuksen tutkimustuloksiin**

### 5.3.2 Ajouraleveys

Ajouraleveysien keskiarvo 4,3 metriä on hyvä tulos. Vain kolmella kuviolla uraleveys oli yli 4,5 metriä. Näistäkin kuvioista kahdella ajouraväli oli leveä, yli 23 metriä, mikä korjaa leveämmästä urasta aiheutuneita haittoja. Metsäkeskus on saanut vuoden 2007 mittauksien keskiarvoksi 4,45 metriä ja 4,4 metriä vuonna 2008. Tutkimuksen tulos on siis vertailussa hieman näitä parempi. Ajouraleveyksiin vaikuttavat käytettävien koneiden koot ja kuljettajien huolellisuus. Myös ajouraverkoston onnistunut suunnittelu vaikuttaa ajouraleveyksiin. Kun turhaa mutkittelua vältetään, ajouraleveys on helpompi pitää hyvällä tasolla.

### 5.3.3 Ajourapainumat

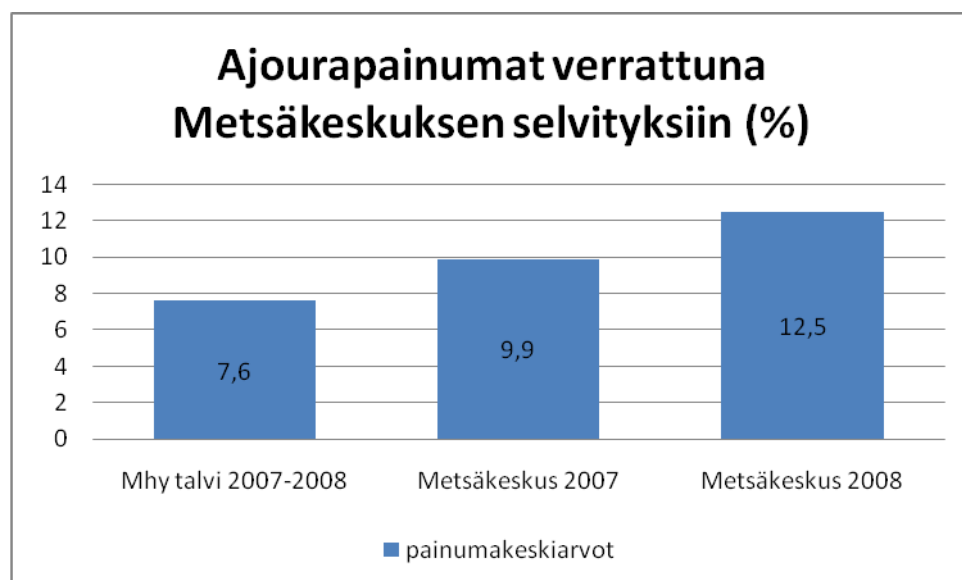
Ajourapainumia oli, kuten odotettavissa olikin, melko paljon. Kuvioden ajourapainumien keskiarvo oli 7,6 %. Suosituksissa painumien osuus ei saisi olla yli neljää prosenttia ajourien kokonaismäärästä. Tulokset ylittävät tämän rajan melkein kaksinkertaisesti. Tosin viidellä kuviolla ei havaittu painumia ollenkaan. Kahdella kuviolla ajourapainumien osuus nousi lähes 40 prosenttiin. Kuviot olivat pieniä, ja niiden vierestä oli hakattu paljon paremmin kantavia kuvioita. Tästä syystä kuviot todennäköisesti oli harvennettu vaikka tiedettiin painumia syntyvän, jottei koneita myöhemmin tarvitsisi tuoda uudestaan samoille työmaille pieniä kuvioita varten.



Ei ole yllättävää, että maalajeiltaan keskikarkeilla ja karkeilla kangasmailla painumia havaittiin huomattavan paljon vähemmän kuin hienojakoisilla kangasmailla. Yllättävää on kuitenkin se, että turvemaalla olleella kuviolla painumia ei ollut lainkaan. Se voi johtua siitä, että kyseisen kuvion harvennuksen ajankohtana kelit saattoivat olla parempia kuin kyseisenä talvena keskimäärin. Myös käytetyillä koneilla saattaa olla vaikutusta Metsätuopeittain kuivalla kankaalla on selvästi vähemmän painumia kuin tuoreella kankaalla, mikä oli myös ennako-oletuksena. Lehtomaisella kankaalla ja puolukkaturvekankaalla painumia oli hyvin vähän. Näitä kuvioita oli kuitenkin vain kaksi. Jos kuvioita näillä metsätuopeilla olisi ollut enemmän, tulokset olisivat voineet olla toisenlaiset.

Kuvioiden erojen lisäksi myös kuljettajien työtavoilla ja käytetyillä koneilla saattaa olla merkittäviä vaikutuksia myös ajourapainumien määrään. Kuljettajat vaikuttavat todennäköisesti myös eroihin, joita havaittiin tarkasteltaessa tuloksia toteuttajittain. Eri toteuttajat myös saattavat kiinnittää eri lailla huomiota painumien välttämiseen. Ajouraverkoston tulisi suunnitella jo ennen hakkuun aloitusta; urat on siten helpompi sijoittaa kantavimmille maastonkohdille.

Painumaprosentin keskiarvo on pienempi kuin Metsäkeskusten selvityksissä saadut tulokset. Painumia on kuitenkin jokaisen tutkimuksen mukaan liian paljon. (Kuva 14.)



**Kuva 14. Painumaprosenttien vertailu**

Mänty- ja kuusivaltaisten kuvioiden ajourapainumien keskiarvojen eroja tutkittiin tilastollisesti t-testillä. Männiköissä ajourapainumien keskiarvo oli pienempi (6,0 %) kuin kuusikoissa (12,8 %). Hypoteesina ( $H_0$ ) oli, että ajourapainumakeskiarvot eivät poikkea valtapuiltaan. Käytettäessä merkitsevyystasoa  $p < 0,05$  saatiin tulokseksi kaksisuuntaisessa testissä  $t = 1,26$ . Kriittinen arvo vapausasteilla 19 on taulukon mukaan 2,093. Koska saatu t-arvo on pienempi kuin tämä luku, keskiarvot eivät eroa toisistaan, ja hypoteesi hyväksytään.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen perusteella korjuujäljessä on parannettavaa, ja korjuujälkeä tulee tämän vuoksi seurata myös tulevaisuudessa. Tosin vaikeissa oloissa tehtyjen harvennusten johdosta oletuksena olikin keskimääräistä heikompi korjuujälki. Ensiharvennuksiin paremmin sopivina talvina, joina maa on jäässä ja maassa on lunta, korjuujälki saattaa olla huomattavasti parempaa. Vertaamalla tämän tutkimuksen tuloksia normaalitalven korjuujälkeen voidaan selvittää, kuinka paljon huonoilla olosuhteilla on vaikutusta korjuujälkeen.

Korjuuvaurioiden määrä ei tutkimuksen mukaan pysynyt suositelluissa rajoissa. Puustovaurioita ja ajourapainumia oli liian paljon. Näihin tuloksiin huonoilla korjuuolosuhteilla oli hyvin todennäköisesti paljon vaikutusta. Metsäkoneenkuljettajalla on suuri vaikutus vaurioiden määrään. Kuljettajien tulisi jatkossa pyrkiä välttämään puustovaurioita entistä paremmin. Ajouraverkostot tulisi suunnitella alustavasti jo ennen kuin harvennus aloitetaan. Täten ajourat voidaan sijoittaa mahdollisimman kantaviin maastonkohtiin, ja ajourapainumat saadaan minimoitua. Myös ajouraleveydet saadaan suunnittelulla pysymään riittävän leveinä. Ajouraverkoston hyvä suunnittelu saattaa vähentää myös puustovaurioiden määrää, kun turhaa mutkittelua vältetään. Ensiharvennukset tulisi lisäksi ajoittaa korjuuteknisesti oikea-aikaisesti. Puiden oksat tulisi mahdollisuuksien mukaan karsia ajourille, jotta ajourat kantavat koneiden painon paremmin. Koneellisessa puunkorjuussa vaurioilta ei kuitenkaan voida kokonaan välttyä. Jos korjuujälkeä halutaan huomattavasti parantaa, myös puunkorjuun taksat nousevat.

Korjuujäljessä havaittiin parantamisen aihetta jonkin verran myös osa-alueilla, joihin huonoilla korjuukeleillä ei ole kovin suurta vaikutusta. Ajouravälit jäivät hieman liian kapeiksi. Ajouraverkoston hyvällä suunnittelulla saadaan myös ajouravälit kasvamaan yli 20- metrisiksi. Kuvioiden muodoilla voi olla vaikutusta ajouraleveyteen. Kuljetta-

jien tulisi myös kiinnittää enemmän huomiota ajouraväleihin. Pienikokoisilla harves-tereilla voidaan käyttää myös hakkuu-uramenetelmää. Siinä varsinaisten ajourien välissä kulkee ainoastaan hakkuuta varten tehty ura. Näin voidaan kasvattaa varsinaisten ajouravälien leveyttä. Harvennusvoimakkuus oli tutkimuksen mukaan kohtuullisen hyvällä tasolla, mutta myös siitä löytyi hieman parannettavaa. Osa kuvioista oli harvennettu liian voimakkaasti. Tämä lisää ensiharvennuksesta saatavia välittömiä tuloja, mutta metsikön kasvu vastaavasti alenee, kun jäljelle jäävä puusto ei pysty käyttämään kaikkea vapautunutta kasvutilaa ja ravinteita. Kuljettajien tulisi tarkkailla myös harvennusvoimakkuutta tarkemmin.

Eri ensiharvennusten toteuttajien korjuujälkeä tarkasteltaessa ei havaittu, että joku tekisi selvästi parempaa jälkeä kuin muut. Eri korjuujäljen tunnuksissa toteuttajien välillä oli kuitenkin melko suuria eroja, mutta kenelläkään ei havaittu parasta tai heikointa jälkeä useissa eri tunnuksissa. Kuvioden haastavuuserot vaikuttavat melko varmasti vaihteluihin eri tunnuksissa. Ajouraväleistä löytyi huomautettavaa kaikilla muilla paitsi toteuttaja B:llä, joten sitä tulee jatkossa seurata. Puustovaurioissa löytyi myös huomautettavaa kaikilta muilta paitsi yhdeltä toteuttajalta (D:ltä).

Kun tuloksia verrattiin Metsäkeskuksen korjuujälkiselvityksiin, havaittiin kokonaistulosten olevan melko samansuuntaisia, joten myös Metsäkeskuksen tutkimustuloksista löytyi huomautettavaa. Tutkimusten yksittäisten tulosten erot olivat kuitenkin suuria. Puustovauriokeskiarvo osui Metsäkeskuksen tutkimustulosten välille. Melko suurta puustovaurioiden eroa tutkimusten välillä saattaa selittää eri vuodenaikoina tehdyt harvennukset ja kuvioden erot. Ajouraväli oli kapeampi kuin vertailutuloksissa. Eroa saattaa selittää hieman erilainen mittausmenetelmä ja kuvioden erot. Ajourapainumia havaittiin liian paljon, mutta silti vähemmän kuin Metsäkeskuksen tutkimustuloksissa. Koska korjuujäljessä löytyi huomautettavaa kaikista tutkimuksista, korjuutapoja tulisi pyrkiä kehittämään ensiharvennuksiin sopivammaksi. Kevyemmät korjuumenetelmät voisivat olla korjuujäljen kannalta merkittävästi parempia ensiharvennuksiin.

Kuusikoiden ja männiköiden korjuujäljessä havaittiin eroja. Kuusivaltaisilla kuvioilla oli enemmän puustovaurioita kuin mäntyvaltaisilla. Myös tilastollinen tarkastelu osoitti tämän. Eroa saattaa selittää osittain kuusivaltaisten kuvioden pieni lukumäärä. Tulokset kuitenkin tukevat sitä, että etenkin hienoilla maalajeilla kasvavien kuusikoiden ensiharvennuksia on syytä välttää vaikeissa olosuhteissa. Useiden peräkkäisten

korjuuteknisesti vaikeiden talvien jälkeen on toisaalta vaarana se, että harvennusrästejä syntyy liian paljon. Tästä syystä kaikkia ensiharvennuksia ei voida tehdä parhaissa mahdollisissa oloissa. Täytyisi kuitenkin pyrkiä siihen, että suurin osa niistä tehtäisiin hyvissä korjuuolosuhteissa. Vaikeissa oloissa korjuuolosuhteiltaan vaikeita ensiharvennuksia tulee välttää ja tehdä silloin hakkuita, joihin huonot olosuhteet eivät vaikuta niin paljon. Näitä ovat kallioisten ja kantavien maiden harvennukset ja uudistushakkuut.

## LÄHTEET

1. Metsänhoitoyhdistys Kymenlaakson kotisivut. Saatavilla osoitteessa [http://www.mhy.fi/kymenlaakso/esittely/fi\\_FI/index/](http://www.mhy.fi/kymenlaakso/esittely/fi_FI/index/) (viitattu 5.11.2009).
2. Metsänhoitoyhdistys Kymenlaakson kotisivut. Saatavilla osoitteessa [http://www.mhy.fi/kymenlaakso/esittely/fi\\_FI/toiminta/](http://www.mhy.fi/kymenlaakso/esittely/fi_FI/toiminta/) (viitattu 5.11.2009).
3. Hynynen, J., Valkonen, S. & Rantala, S. (toim.) 2005. Tuottava metsänkasvatus. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy. Karisto Oy.
4. Ryynänen, S., Rönkkö, E. 2001. Harvennusharvestereiden tuottavuus ja kustannukset. Työtehoseuran julkaisuja 381. Helsinki: Tummavuoren Kirjapaino Oy.
5. Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Helsinki: Metsälehti Kustannus. Karisto Oy.
6. Tapion taskukirja. 2002. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 24. uudistettu painos.
7. Metsäntutkimuslaitos, Metsäteho, 1992. Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot. 2. Painos 1993. Helsinki: OY WHITE SKY Ltd.
8. Sirén, M. 1998. Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden ennustaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 694. Helsinki: Hakapaino Oy.
9. Isomäki, A., Niemistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarja 756. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
10. Sirén, M. 1982. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa kuormainprossessorilla. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarja Folia Forestalia 528. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
11. Kokko, P., Sirén, M. 1996. Harvennuspuun korjuujälki, korjuujäljen seurausvaikutukset ja niiden arviointi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 592. Helsinki: Hakapaino Oy.

12. Kasanen, R. 2009. Metsäpuiden sienitaudit. Metsäkustannus Oy.
13. Korjuujälki harvennushakkuussa -opas. 2003. Metsäteho Oy. Helsinki.
14. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion Hyvän metsänhoidon suositukset, 2006. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
15. Äijälä, O. 2003. Maastotyöohje: Korjuujäljen seuranta. Tapio.
16. Rintala, P. Metsänhoitoyhdistyksen puunkorjuun tarkastusohje.
17. Finlex - Valtion säädöstietopankki Internetsivut. Saatavilla osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060528> (viitattu 8.4.2010).

**Kuvan lähde:**

1. <http://metsaverkko.wetpaint.com/page/Kuusen+harvennusmallitaulukko> Saatavilla 11.2.2010.

**Kaavan lähde:**

1. Holopainen, M., Pulkkinen, P. 2002. Tilastolliset menetelmät. Helsinki: WSOY.