

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma
Pohjoismainen puunhankinta

Tutkintotyö

Miika Murtomäki

**METSÄNHOITUYHDISTYS OMA:N HANKINTA- JA KORJUUPALVELUN
KORJUJÄLKI 2005–2006**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2007

MMM Miia Seilonen
Metsänhoitoyhdistys OMA

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Murtomäki, Miika	Metsänhoitoyhdistys OMA:n hankinta- ja korjuupalvelun korjuujälki 2005–2006
Tutkintotyö	44 sivua + 3 liitesivua
Työn ohjaaja Työn teettäjä Toukokuu 2007	MMM Miia Seilonen Metsänhoitoyhdistys OMA
Avainsanat	Koneellinen harvennus, korjuujälki, ajoura, urapainuma

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tavoitteena oli selvittää Metsänhoitoyhdistys OMA:n hankinta- ja korjuupalvelun korjuujälki vuosina 2005 ja 2006. Opinnäytetyössä on käsitelty myös harvennuspuun korjuujälkeä ja korjuuvaurioiden seurausvaikutuksia. Tutkimuksen kohteena oli vain koneellisesti tehtyjä harvennuksia. Tutkimuksen laajuus oli 20 harvennuskohdetta kolmen kunnan alueella.

Työhön liittyvät maastotyöt tehtiin syksyn 2006 aikana. Mittauksissa on käytetty Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion kehittämää jälki-inventointimenetelmää. Tämä menetelmä antaa luotettavat ja tarkat tulokset korjuujäljestä ja sen tasosta. Maastomittauksien perusteella määritettiin harvennushakkuiden puustovaurioprosentti, urapainumaprosentti, ajouraleveys ja uraväli sekä harvennusvoimakkuus. Lopullisten tulosten pätevyyttä ja käyttökelpoisuutta korjuujäljen kehittämiseen on myös arvioitu työn aikana.

Tämän työn lopputulokset toimii palautteena harvennushakkuiden korjuujäljestä koneyrittäjille ja Metsänhoitoyhdistys OMA:n toimihenkilöille sekä asiakkaille. Lopputulokset ja päätelmät ovat apuna suunnattaessa resursseja korjuujäljen valvontaan ja sen kehittämiseen.

Tarkastusmittauksien laajuus oli 36,2 hehtaaria. Metsänhoitoyhdistys OMA:n hankinta- ja korjuupalvelun korjuujälki oli tutkimusten mukaan hyvälaatuista ja tasaista. Korjuujäljen kaikki osa-alueet olivat keskimäärin hyvän metsänhoidon suosituksien mukaisia. Tutkimuksen vertailuaineistona on käytetty Metsäkeskus Häme-Uusimaan toiminta-alueella vuonna 2005 tehtyjä vastaavia korjuujäljen mittauksia. Myös Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion laskemia Suomen 2005 vuoden korjuujälkitarkastusten yhteenvetotuloksia on käytetty soveltuvin osin vertailukohtina korjuujäljen tasosta. Lopullisten tulosten perusteella hankinta- ja korjuupalvelun korjuujälki on laadukasta myös vertailuaineistoon verrattaessa.

TAMPERE POLYTECHNIC
Degree program of forestry

Murtomäki, Miika	Harvesting quality of Forest Management Association OMA's mechanical harvesting service from year 2005 to 2006
Final Thesis	44 pages + 3 appendices
Supervisor	M.Sc. in Forestry Miia Seilonen
Work provided by	Forest Management Association OMA
May 2007	
Entries	Harvesting quality, collecting track, mechanical harvesting

ABSTRACT

The purpose of this final thesis was to find out harvesting quality of Forest Management Association OMA's mechanical harvesting service from year 2005 to 2006. This final report also discusses harvesting quality and how damages of mechanical harvesting effect to stands. The extension of this research was 20 harvester operated thinning sites.

Data collecting from the field was taken during the fall 2006. Post Harvesting Quality Inventory System by TAPIO was the basis how the data was collected. This method gives precise and accurate results about harvesting quality because it consists of many different variables that are measured. These variables are tree damage percentage, harvesters track depth percentage, track width, track density on the stand and thinning intensity. During this work the reliability of the results has been estimated and also how the quality of the thinning operations could be improved.

The area estimated and measured was 36,2 ha. The results processed from the inventory showed that the thinning operations were carried out successfully. These results are a good feedback for the contractors, customers and people working for OMA. The outcome of this work helps to decide how the harvesting quality resources are directed in the future and also how the system could be improved.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO.....	5
1.1 Työn tavoite.....	5
1.2 Työn tilaaja.....	6
2 HARVENNUSTEN KORJUJÄLKI.....	6
2.1 Harvennushakkuut Suomessa.....	6
2.2 Puuston harvennuksen merkitys	7
2.3 Korjuujäljen käsite.....	9
2.4 Harvennusvoimakkuus	11
2.5 Harvennuksen puuvalinta	13
2.6 Puustovauriot.....	13
2.7 Ajoura.....	15
2.8 Ajouraleveys.....	16
2.9 Ajourapainumat	18
3 KORJUUVAURIOIDEN AIHEUTTAMAT KASVU- JA LAATUTAPPIOT.....	20
3.1 Huonon korjuujäljen seuraukset	20
3.2 Puustovaurioiden aiheuttamat kasvutappiot	20
3.3 Ajouran aiheuttamat kasvutappiot	23
3.4 Ajourapainumien aiheuttamat kasvutappiot	24
4 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	25
4.1 Tutkittavien kohteiden valinta	25
4.2 Jälki-inventointi menetelmä	26
4.3 Vertailuaineisto.....	28
5 TULOKSET	29
5.1 Tutkimusaineiston jakautuminen.....	29
5.2 Puustovauriot.....	30
5.3 Ajouraväli	32
5.4 Ajourien leveys.....	33
5.5 Ajourapainumat	34
5.6 Harvennusvoimakkuus	34
6 TULOSTEN TARKASTELU JA LOPPUPÄÄTELMÄT.....	38
6.1 Tulosten luotettavuus ja vertailukelpoisuus	38
6.2 Puustovaurioiden määrä ja jakautuminen.....	38
6.3 Ajouraväli ja uraleveys mitatuilla kohteilla.....	40
6.4 Ajourapainumien osuus korjuujäljestä	41
6.5 Kasvatettavan puuston määrä	42
6.6 Kokonaisarvostelu	42
LÄHTEET	43
LIITTEET	
1 Mittauspisteiden sijoitteluperiaate	
2 Maastolomake	
3 Tutkimuksen kohteiden tiedot	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena on selvittää Metsänhoitoyhdistys OMA:n hankinta- ja korjuupalvelun harvennusten korjuujälki. Työ on rajattu siten, että tutkittavina kohteina on vain koneellisesti harvennettuja kohteita. Tarkasteltavana ovat toteutuneet harvennukset, jotka on tehty 2005 vuonna ja 2006 vuoden lokakuun alkuun mennessä. Metsänhoitoyhdistyksen nimi OMA tulee sanoista Orimattila, Mäntsälä ja Artjärvi, jotka ovat kyseisen metsänhoitoyhdistyksen toiminta- aluetta.

Tarkastettuja harvennuskohteita on otettu kolmen kunnan alueelta ja molemmilta vuosilta on tarkastettu sekä talvikorjuu- että kesäkorjuukohteita. Tutkimusaineiston valinnassa on käytetty ositettua otantaa kaikista kohteista, jotta on saatu selville tarkastettavat kohteet laaja-alaisesti ja tasapuolisesti.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään myös harvennuspuun korjuujälkeä ja korjuujäljen seurausvaikutuksia tarkemmin. Harvennusjäljestä aiheutuvia kasvu- ja laatutappioita on tarkasteltu erilaisten tutkimusten ja artikkelien avulla. Työssä on esitelty myös metsäkeskusten käyttämä korjuujäljen jälki- inventointimenetelmä ja siihen liittyvät mittausrutiinit.

Tässä tutkimuksessa on käytetty samaa Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion kehittämää ja maa- ja metsätalousministeriön hyväksymää menetelmää, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia toisiin mittausaineistoihin. Saatuja lopputuloksia on verrattu Metsäkeskus Häme-Uusimaan toiminta-alueella vuonna 2005 tehtyihin vastaaviin korjuujäljen mittauksiin. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion laskemia Suomen 2005 vuoden korjuujälkitarkastusten yhteenvetotuloksia käytetään myös soveltuvien osien tutkimuksen tuloksen vertailukohtina. Saatujen lopputulosten pätevyyttä ja käyttökelpoisuutta korjuujäljen kehittämiseen on myös arvioitu.

Tämän työn lopputulokset ovat hyvää palautetta harvennushakkuiden korjuujäljestä koneyrittäjille ja Metsänhoitoyhdistys OMA:n toimihenkilöille sekä asiakkaille. Lopputuloksien avulla voidaan myös määrittää korjuujäljen nykyinen taso ja kehittää sitä yhdessä kaikkien toimijoiden kanssa vielä paremmaksi. Lopputulokset ja päätelmät ovat apuna suunnattaessa resursseja korjuujäljen valvontaan ja sen eri osa-alueisiin.

1.2 Työn tilaaja

Metsänhoitoyhdistys OMA:n toiminta-alueena on Orimattila, Artjärvi ja Mäntsälä. Metsänomistajien lukumäärä alueella on 2600 ja keskimääräinen vuotuinen hakkuukertymä on 400 000 m³.

Metsänhoitoyhdistys OMA:n korjuupalvelun korjuumäärä vuonna 2005 oli noin 65 000 m³ ja vuonna 2006 noin 49 000 m³. Metsänhoitoyhdistyksen hakkuuta tekee kaksi koneketjua kokovuotisesti ja tarvittaessa on lisänä ylimääräistä konekalustoa talvikuukausina. Korjuupalvelun kautta tehdään lähinnä harvennuksia, pieniä aukkoja ja ylispuiden poistoja. (Leirimaa 2007.)

2 HARVENNUSTEN KORJUUJÄLKI

2.1 Harvennushakkuut Suomessa

Suomessa valtaosa harvennuksista tehdään koneilla. Harvennusten korjuukoneiksi ovat vakiintuneet metsäkuljetuksen hoitava kuormatraktori ja ajourilta työskentelevä yksiotehakkuukone eli harvesteri. Samat koneet työskentelevät usein sekä harvennuksilla että päätehakkuukohteilla.

Tavaralajimenetelmä, jossa puut karsitaan ja katkotaan lopullisiin kuljetusmittoihinsa hakkuupaikalla, on Suomessa pääasiallinen menetelmä

puunkorjuussa. Suomessa harvennushakkuiden osuus kokonaiskorjuumäärästä on merkittävä ja niiden osuus tulevaisuudessa tulee vielä kasvamaan.

Valtaosa Suomen harvennus- ja päätehakkuista tehdään nykyisin koneellisesti. Suomen koko puunkorjuusta tehtiin koneellisesti vuonna 2001 noin 95 prosenttia ja harvennushakkuista koneellisesti tehtiin 90 prosenttia ja loput metsurityönä. Harvennushakkuut ovat kalliimpia sekä tuotot pienempiä, koska poistettavien runkojen keskikoko sekä hakkuukertymä ovat pienempiä kuin vastaavasti päätehakkuussa. (Oksanen 2002.)

Harvennushakkuiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista Suomessa on seuraavan 30 vuoden aikana keskimäärin 38 prosenttia. Suomen puuvarannot ovat kasvaneet viime vuosikymmeninä, vaikka puuvarojen käyttöaste on ollut korkea. Valtakunnan metsien 10. inventointiin perustuva puuston kasvun arvio on 97 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja vastaavasti poistuma vuosina 2001–2005 oli keskimäärin 69 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Puuvarojen kehitys ja poistumaa suurempi kasvu merkitsee metsien hakkuumahdollisuuksien jatkuvasti kasvaneen. (Nuutinen ym. 2006.)

Metsävaratulosten mukaan puuston keskimääräinen kasvu Suomessa oli valtakunnan metsien 10. inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 97,1 miljoonaa kuutiometriä ja 4,2 m³/ha vuodessa.

Harvennushakkuiden osuus tulee nousemaan tulevaisuudessa kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuun määrästä. Metsien hakkuumahdollisuudet tulevat muuttumaan, jos metsänhoitotöissä viivytellään tai nuoret metsät jäävät hoitamatta. (Nuutinen ym. 2006.)

2.2 Puuston harvennuksen merkitys

Ensimmäistä kertaa myytävää puuta saadaan ensiharvennuksesta. Harvennuksen yhteydessä kasvupaikalle jätetään kasvamaan sopivien puiden laadukkaita puuyksilöitä. Harventamalla metsää varmistetaan kasvamaan jätettyjen puiden

valon, ravinteiden ja veden saanti. Tavallisesti metsikön kiertoaikana tehdään ensiharvennuksen lisäksi yksi tai kaksi muuta harvennusta. Kasvatushakkuiden ja varsinkin ensiharvennuksen oikea ajankohta on tärkeä metsikön kasvulle ja elinvoimaisuudelle. (Metsäteho 2005.)

Harvennushakkuiden avulla parannetaan kasvatettavan puuston laatua, nopeutetaan puuston järeytymistä ja tuotetaan hakkuutuloja metsänomistajalle. Kasvatettavien puiden valintaan vaikuttaa kasvupaikan tuotoskyky, puun laatu ja puuston tilajärjestys. Harvennustapa ja harvennusvoimakkuus vaikuttaa hakkuutulojen määrään. Harvennushakkuiden oikean ajoituksen määrittämiseen käytetään puulajeittain ja kasvupaikkatyypeittäin laadittuja harvennusmalleja. Puuston kehitysvaiheen ja tiheyden avulla voidaan harvennusmalleista katsoa metsikön harvennustarve ja hakkuussa jätettävän kasvatettavan puuston määrä. Harvennusmallien käyttö johtaa yhdestä kolmeen harvennuskertaan sekä puuntuotokseltaan ja taloudelliselta kannattavuudeltaan hyvään lopputulokseen. Metsänomistajan tavoitteet sekä metsikön tila ja aiempi käsittely vaikuttavat harvennusmallien soveltamistapaan. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006.)

Ensiharvennus on tärkeä toimenpide, jonka laiminlyöminen tai myöhentäminen johtaa vallitsevan latvuskerroksen puiden järeyskehityksen hidastumiseen, puuston elinvoimaisuuden heikkenemiseen, tulevaisuuden tukkipuun kertymän pienenemiseen ja metsikön kiertoajan pitenemiseen.

Ensiharvennuksen myöhentäminen parantaa harvennuksen kannattavuutta merkittävästi. Tutkimuksissa harvennusajankohdalla ei havaittu merkittävää vaikutusta puuston kokonaistuotokseen. Harvennuksen seurauksena puuston kasvu aleni tilapäisesti sitä enemmän mitä voimakkaammin puustoa oli harvennettu. Tutkimuksista saatujen tulosten mukaan männiköissä, joissa taimikonhoito on tehty ajallaan, ensiharvennusta voidaan viivästyttää 10–15 vuodella heikentämättä oleellisesti puuston kasvuedellytyksiä. (Hynynen ym. 1999.)

Havupuumetsiköissä on mahdollista käyttää sekä ala- että yläharvennusta. Koivikoissa suositellaan käyttämään vain alaharvennusta. Alaharvennuksessa

kasvamaan jätetään metsikön pisimpiä valta- ja lisävaltapuita, jotka ovat laadukkaita, suoria ja vähäoksaisia. Harvennuksessa poistetaan mutkaiset, paksuoksalet ja vialliset puut. Harvennuksen jälkeen on alueelle jäätävä vähintään harvennusmallien mukainen määrä puustoa hyvän metsänhoidollisen ja taloudellisen tuloksen saavuttamiseksi. Alaharvennuksella pyritään lyhyeen kiertoaikaan ja puuston nopeaan järeytymiseen. Alaharvennus sopii metsiköihin, joissa puusto on ylitiheää, tilajärjestykseltään epätasaista tai sekametsää. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006.)

Yläharvennuksessa poistetaan myös alaharvennusperiaatteella huonolaatuiset, vialliset ja huonolatvuksiset puut. Lisäksi poistetaan noin 100 valtapuuta hehtaarilta lopullisen puuston jäädessä kuitenkin harvennusmallien mukaiseksi. Yläharvennusta tehdessä metsikön kasvatusaika pitenee, mutta vastaavasti harvennuksista saatavat hakkuutulot sekä koko kasvatusajan puuston tukkiosuudet kasvavat. Yläharvennus sopii vain tasaikäisiin ja hoidettuihin havumetsiköihin toisen ja kolmannen harvennuskerran harvennusmenetelmäksi. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006.)

2.3 Korjuujäljen käsite

Korjuujäljellä tarkoitetaan metsikön puuston ja maaperän tilaa hakkuun jälkeen. Harvennushakkuiden osalta korjuujälkeä arvioidaan yleensä harvennusvoimakkuuden, puustovaurioiden, puuvalinnan, ajouravälin ja ajouraleveyden sekä ajourapainumien avulla. (Metsäteho 2003.)

Hyvä korjuujälki muodostuu seuraavista tavoitteista: harvennusvoimakkuus on harvennusmallien mukainen sekä runko- ja juurivaurioita on alle 4 prosenttia jäävän puuston määrästä. Urapainumien määrän on myös oltava alle 4 prosenttia ajourien pituudesta, ajouraväli leimikossa on yli 20 metriä ja ajourien leveyden täytyy olla 4,0–4,5 metriä. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006.)

Riepon (2001) mukaan hyvän korjuujäljen tuottaminen koostuu osatekijöistä, joita ovat korjuun organisointi, metsäkoneenkuljettaja sekä kone- ja laitetekniikka. Korjuujälkeen vaikuttavat päätekijät metsäkoneen kannalta katsottuna ovat maasto-ominaisuudet, koneen hallinta ja työolosuhteet. Ajourien ja ajourapainumien osuus puunkorjuun aiheuttamista kasvatappioista kiertoajan aikana on 70 prosenttia. Hakkuukone ei aiheutua niin paljon maastovaurioita kuin kuormatraktori. Tähän on syynä kuormatraktorin lähes kaksi kertaa suurempi kokonaispaino, joka aiheuttaa varsinkin heikoissa kantavuusolosuhteissa syviä ajourapainumia ja katkoo kasvatettavien puiden juuria.

Vaihtelua korjuujälkeen eri kohteilla syntyy helposti siitä, että olosuhteet kohteiden välillä ovat erilaisia ja tasaisen korjuujäljen tuottaminen on haastavaa. Korjuujäljen vaihtelu kasvaa entisestään, kun tarkasteltavaan työmaajoukkoon sisältyy eri kuljettajien tekemiä hakkuita. Tutkimuksen mukaan vauriopuut keskittyvät suhteellisen voimakkaasti ajouran läheisyyteen. Noin 70 % vauriopuista sijaitsee enintään 4 metrin etäisyydellä ajouran keskiviivasta mitattuna. Kasvatettavaksi jäävän puuston tiheys saattaa myös vaihdella palstan poikkisuunnassa. Puuntuotannollisesti tarkasteltuna olisi edullisinta, jos kasvatettava puusto painottuisi hieman uran varteen. Käytännössä tilanne on yleensä kuitenkin toisin päin. Ajouran läheisyydessä oleva puusto harvennetaan helpoimmin alitiheyteen ja palstan keskiosaan voi jäädä samalla enemmän puuta. (Poikela 2003.)

Koneyrittäjät vastaavat korjuun toteutuksen lisäksi myös leimikon suunnittelusta ja ympäristöasioiden huomioonottamisesta. Leimikon suunnittelulla on suuri merkitys korjuujäljen lopputulokseen. Suomen metsäteollisuuden puunhankinta perustuu ns. yleiskoneiden käyttöön. Korjuun organisointi ja yrittäjien työllistäminen on helpompaa, kun sama kone tekee sekä harvennus- että uudistushakkuut. Saman korjuukaluston on selvittävä kaikissa työoloissa ensiharvennuksista päätehakkuuseen sekä kantavilta mailta turvemaille.

Korkea koneellistamisaste ja ympärivuotinen puunkorjuu yhdessä raaka-ainevaatimusten kanssa tekevät korjuusta haasteellista varsinkin korjuujäljen

kannalta tarkasteltuna. Hakkuun vuodenaika vaikuttaa voimakkaasti vaurioiden syntyherkkyyteen. Todennäköisyys vaurion synnylle kosketuksessa on kesällä 1,5-kertainen verrattuna muiden vuodenaikojen hakkuisiin. Selitys vuodenajan suurelle vaikutukselle puustovaurioiden syntyherkkyydessä löytyy kuoren erilaisesta irtoamisherkkyydestä eri vuodenaikoina. (Rieppo 2001.)

2.4 Harvennusvoimakkuus

Metsänhoidolliset kriteerit määräävät ensisijaisesti harvennuksen ajankohdan ja oikean voimakkuuden. Oikea harvennuksen ajankohta riippuu puuston kasvatustiheydestä. Harvennusvoimakkuutta ohjataan pohjapinta-alaan, valtapituuteen ja runkolukuun perustuvilla harvennusmalleilla. Harvennuksen jälkeen puuston kasvu alenee tilapäisesti sitä enemmän mitä voimakkaammin puustoa harvennetaan. (Sirén 2002.)

Harvennusmallit on laadittu metsikön pääpuulajin, kasvupaikan ja maantieteellisen sijainnin perusteella. Harvennusmallien käyttö soveltuu parhaiten hoidettujen ja tasaikäisten metsiköiden harvennuksiin. Harvennusmalleja noudattamalla saavutetaan laajojen tutkimusten perusteella paras taloudellinen ja puuntuotannollinen lopputulos. Mallien käyttö johtaa puun kiertoajan kuluessa yhdestä kolmeen harvennuskertaan. (Metsäteho 2003.)

Kaikissa harvennettavissa kohteissa ei ole edes tavoitteena harventaa puustoa harvennusmallien suosituskäyrien keskivaiheille. Harvennusmallien alapuoliskoon on perusteltua harventaa esim. pystykarsitut metsiköt, sekametsiköt, erittäin kivisten maiden metsiköt, tuhoista kärsineet metsiköt sekä männiköt ja koivikot, joihin on kasvanut kehityskelpoinen kuusialikasvos.

Harvennuksen seurauksena kasvatettava puusto saattaa jäädä alitiheäksi. Alitiheyteen voi olla selittävinä tekijöinä epäonnistunut ajouraston suunnittelu, jo valmiiksi harva hakkuukohde ja lähtöpuuston hoitamattomuus sekä

eri-ikäisrakenteisuus. Tutkimuksiin perustuen kuivahkon ja tuoreen kankaan männiköissä jäävä puusto on keskimäärin harvennusmallien alarajan tuntumassa. Tuoreen kankaan kuusikoissa harvennuksen jälkeinen kasvatettava puusto on keskimäärin metsänhoitosuosituksen mukainen. Lehtomaisilla kankailla kasvatettavaksi jätetyn puuston määrässä on havaittu suurta vaihtelua. (Poikela ym. 2006.)

Sirèn (1998) on tutkimuksissaan todennut, että puuston määrä ennen ja jälkeen hakkuun, puiden koko, puulaji, maaston kaltevuus ja kantavuus, poistettavan puuston määrä sekä korjuun vuodenaika vaikuttavat korjuujälkeen. Koneiden työtila pienenee jäävän puuston määrän lisääntyessä ja puiden vaurioitumisriski kasvaa. Jäävän puuston määrän lisääntyminen nostaa usein vaurioiden määrää, mutta ei vastaavasti kuitenkaan vaurioprocenttia. Poistuman määrä vaikuttaa koneiden käytössä olevaan työtilaan ja hakkuussa sekä metsäkuljetuksessa tehtävään työn määrään. Puustovaurioitilanne kehittyy koko ajan korjuutyön edetessä. Osa jo vaurioituneista puista poistetaan harvennuksen yhteydessä ja osalla kasvatettavaan puustoon kuuluvista vauriopuista saattaa olla korvaavia puita. Tällaisen vauriopuun poistaminen ei heikennä metsikön tilajärjestystä tai laatua. Poistettavien puiden puulaji ja koko vaikuttavat käytettyyn korjuutekniikkaan ja myös korjuujälkeen. Suurien puiden kaataminen ja käsittely on vaikeampaa kuin pienten puiden.

Nykypäivänä Suomessa ensiharvennuksia tehdään selvästi vähemmän kuin metsien metsänhoidollinen tarve edellyttäisi. Metsänhoidolliselta kannalta ensiharvennus on tärkein kasvatushakkuu koko puuston kiertoaikana. Yhdellä harvennuskerralla poistettavaksi suositellaan enintään kolmannesta puuston tilavuudesta. Ensiharvennuksen ajankohtaa kannattaisi viivästyttää harvennuksen kannattavuuden parantamiseksi, mutta metsänhoidollisten kriteerien noudattamista ei kannata unohtaa. Ensiharvennuksen ajankohdan myöhentämisen edellytyksenä on riittävän myöhäinen ja voimakas taimikonharvennus.

2.5 Harvennuksen puuvalinta

Harvennushakkuiden avulla metsikön tuleva kasvu ohjataan laadultaan ja kasvultaan parhaisiin puihin. Harvennuksessa poistetaan huonolaatuiset, vioittuneet ja metsikön yleisessä kehityksessä jälkeen jääneet puut. Hakkuiden jälkeen kasvamaan jätetään kullekin kasvupaikalle sopivia, kasvukykyisiä, runsas latvaisia ja laadultaan hyviä puita niin paljon, että maan tuotoskyky pystytään käyttämään tarkkaan hyväksi. Harvennushakkuissa puita poistettaessa pyritään käsiteltävä alue kuitenkin säilyttämään sekametsikkönä. (Metsäteho 2005.)

Oikea puuvalinta vaikuttaa merkittävästi harvennuksen lopputulokseen. Valintatilanteissa suositetaan hyvälaatuisia kuusia oksikkaiden mäntyjen sijaan ja viljavilla mailla jätetään hyvälaatuisia koivuja ja haapoja sekapuuksi. Monimuotoisuuden kannalta on perusteltua säästää hakkuissa jaloja lehtipuita, lahoppuustoa ja pesäpuita. (Metsäteho 2003.)

2.6 Puustovauriot

Puustovauriot jaetaan runko- ja juurenniskavaurioihin sijaintinsa perusteella. Runkovaurioita ovat puun rungossa oletetun kaatoleikkauskohdan yläpuolella sijaitsevat vauriot. Juurenniskavauriot sijaitsevat kaatoleikkauskohdan alapuolella juurenniskassa. Juurenniskavaurioiksi luetaan myös maanpäällisissä vähintään 2 cm paksuissa juurissa korkeintaan 100 cm etäisyydellä juurenniskasta sijaitsevat vauriot. Vaurion koko ilmaistaan usein sen pinta-alana. (Sirèn 1998.)

Jäljelle jäävien puiden kosketusten määrään hakkuun aikana vaikuttavat osaltaan kuljettaja, käsiteltävän rungon koko ja puiden lukumäärä työalueella. Vaurion syntymiseen kosketuksen vaikutuksesta vaikuttaa vuodenaika ja kosketuksen

aiheuttaneen rungon koko. Manuaalinen hakkuu ei aiheuta merkittäviä puustovaurioita. Kuori saattaa irrota kaadettavien puiden osuessa kasvatettavaihin puihin. Kaatovaurioiden merkitys on vähäinen. Korjuuvaurioita aiheutuu yleisimmin hakkuulaitteesta ja puomista sekä käsiteltävästä puusta. Puustovauriot syntyvät pääosiltaan metsäkuljetuksessa. Metsäkuljetusvauriot keskittyvät uran varteen ja sijaitsevat usein alhaalla rungossa. Hakkuuvaiheessa syntyy pienikokoisia pintavaurioita, jotka saattavat sijaita korkealla rungossa. Yleensä merkittävä osa vakavista vaurioista jäävään puustoon syntyy metsäkuljetuksen aikana. (Sirèn 1998.)

Korkeat korjuukustannukset ovat Suomessa harvennusten suurin ongelma. Puunkorjuun olisi hyvä olla mahdollisimman laadukasta ja vauriotonta, jotta tulevaisuuden metsä jäisi sekä rakenteellisesti että laadullisesti hyvään kasvukuntoon. Syvyytensä perusteella puustovauriot jaetaan pinta- ja syvävaurioihin. Pintavauriossa vain puun kuori on vahingoittunut, kun taas syvävauriossa myös puuainesta on vaurioitunut. Vaurion koko määritellään tavallisesti sen pinta-alana. (Kokko ym. 1996.)

Sirènin (1998) mukaan harvennustavalla saattaa olla vaikutusta korjuujälkeen. Riviharvennusta tehtäessä puita poistetaan vain avattavalta uralta. Urien välissä olevat puut eivät altistu yhtä paljon vaurioitumiselle kuin valikoivassa harvennuksessa. Valikoivassa harvennuksessa puita poistetaan ja käsitellään myös urien välissä. Valikoiva harvennus voi käsittää alaharvennusta, tasaharvennusta tai yläharvennusta riippuen poistuman ja jäävän puuston kokosuhteista. Suomessa harvennustapana on lähinnä alaharvennus, mutta yläharvennustakin on varovaisesti ruvettu suosimaan tietyillä kohteilla. Poistettavien puiden koko vaikuttaa vaurioitumisriskiin. Puiden pituus vaikuttaa myös vaurioitumisriskiin varsinkin kaatovaiheessa. Pitkiä puita kaadettaessa vaurioitumiselle altistuu isommalta alueelta ja enemmän puita kuin pieniä puita kaadettaessa.

Yleensä korjuun aiheuttamia vaurioita inventoidaan metsäkuljetuksen jälkeen, jolloin ei pystytä erittelemään hakkuuntyön ja metsäkuljetuksen vaurioita. Yleisesti metsäkuljetuksen aiheuttamat vauriot keskittyvät ajouran varteen ja

sijaitsevat alhaalla rungoissa. Metsätraktorin koneen osista eniten runkovaurioita aiheuttavat pyörät, pankot, kuormain tai koneen runko. Korjuujälki on riippuvainen korjuun hyvästä suunnittelusta. Puuston vaurioitumisriskiä voidaan pienentää suunnittelemalla ajourat tarpeellisen leveiksi ja välttämällä jyrkkiä mutkia. Korjuun ajankohdalla on myös oleellinen vaikutus harvennuksen lopputulokseen korjuujäljen osalta. Yleisesti puustovaurioita syntyy kesäaikaisessa korjuussa enemmän kuin talvella ja syntyneiden vaurioiden keskikoko on myös suurempi. Kesäaikaista puunkorjuuta on vältettävä heikosti kantavilla mailla ja kuusikoissa korjuuvaurioiden vähentämiseksi. Korjuukoneen kuljettajan ammattitaito yhdistettynä leimikon hyvään ennakkosuunnitteluun ja oikeaan korjuuajankohtaan antaa hyvän lopputuloksen korjuujäljen kannalta. (Kokko ym. 1996.)

2.7 Ajoura

Ajouralla tarkoitetaan tiestön ulkopuolelle puunkorjuun takia raivattua kulkutilaa. Ajourien raivaus kohdistetaan vain puustoon ja kantoja sekä kiviä ei poisteta. Ajouralle sattuvat kuljetusta haittaavat maastoesteet joko kierretään tai tasoitetaan hakkuutähteillä. Talvella lumi ja jää tasoittavat maaperän kuoppia ja painanteita. Puunkorjuuseen suunniteltujen koneiden maavara ja muut maasto-ominaisuudet ovat niin hyviä, että ajolinjat voidaan käytännössä tavallisessa suomalaisessa metsämaastossa suunnitella ja valita melko vapaasti. Nykyään melkein kaikki puunkorjuumenetelmät perustuvat tela- tai pyöräajoneuvojen käyttöön. Korjuuketjun liikkuminen leimikolla edellyttää vähintään ajolinjojen valitsemista ja ajourien avaamista. (Isomäki 1994.)

Optimaalisesta poistettavien puiden valinnasta joudutaan poikkeamaan ajouria avattaessa, koska kasvatettavaksi tarkoitettuja puita poistetaan ajourilta. Samalla osa ajoura-aukosta jää hyödyntämättä kasvutilana. Ajourapainumat omalta osaltaan aiheuttavat kasvutappioita juuristo- ja maaperävaurioiden seurauksena. Ajourilta poistetun puuston avulla voidaan tutkia ajourien sijoittelun onnistumista. Ajourat tulisi avata mahdollisimman vähäpuustoisiin kohtiin, jotta

voidaan säästää kasvatettavaa puustoa. Ajourien takia poistettavien kasvatettavien puustoon kuuluvien puiden määrää voidaan vähentää ajourien suuntaamisella ja hyvällä suunnittelulla. Puustoltaan epätasaisissa leimikoissa ajourien suunnittelun ja suuntaamisen edut korostuvat entisestään. (Sirèn 1998.)

Jäävän puuston laadun ja määrän lisäksi myös puuston jakautumiseen leimikolla on kiinnitettävä riittävää huomiota. Ajourien reunoille kannattaa jättää riittävä ja vaurioitumaton puusto ajourien kasvutilaa hyödyntämään. Ajourien reunapuilla on käytettävissään muuta puustoa enemmän valoa, kasvutilaa ja hakkuutähteistä vapautuvia ravinteita. Kuusi pystyy hyödyntämään ajourien reunavaikutuksen kasvunlisäyksen hieman paremmin kuin mänty. Ajourien aiheuttamaa reunavaikutusta ilmenee myös kauempana ajourista sijaitsevilla taustavyöhykkeen puilla. Reunavaikutus vähentää ajouran aiheuttamia kasvutappiota, joten ajouran reunapuusto kannattaa jättää muuta puustoa tiheämmäksi. (Sirèn 1998.)

Korjuukoneen tilantarve huomioon ottaen on tärkeää, ettei kasvamaan jätetty puusto estä tai vaikeuta korjuukoneiden liikkumista tai työskentelyä leimikolla. Suunniteltaessa ajouria tulisi ottaa huomioon korjuukoneen ulkomitat, raideleveys, kääntösäde, ketteryys ja maavara sekä voimansiirto. Maaston asettamat rajoitukset on myös huomioitava ajouria suunniteltaessa. Korjuukoneen tilantarve on erilainen eri maastonkohdissa ja esimerkiksi mutkissa. Suoraan mentäessä korjuukoneen tilantarve on pienemmillään, mutta kaarteet, maaston epätasaisuudet ja kallistukset vaativat leveämpää ajouraa korjuuvaurioiden välttämiseksi. Huomioitavia asioita ovat myös maaperän kantavuus ja juuriston pinnallisuus, koska ne vaikuttavat suoraan juuristovaurioiden syntyherkkyyteen. (Isomäki 1994.)

2.8 Ajouraleveys

Näkökulmasta riippuen voidaan puhua ajouran korjuuteknisestä tai puuntuotannollisesta leveydestä. Korjuutekninen ajourakäsite on edelleen

vallitseva Suomessa. Ajouran korjuutekninen leveys käsitetään tilaksi, jonka metsätraktori tarvitsee leimikolla liikkumiseen ja työskentelyyn. Korjuuteknistä ajouraleveyttä kuvastaa myös ajouran ulkoleveys, joka tarkoittaa koneen käytettävissä olevaa koko ajouratilaa. Pelkästään hakkuukoneen käyttämää uraa nimitetään hakkuu-uraksi. Se on kapeampi kuin varsinainen ajoura. (Isomäki 1994.)

Puuntuotannollinen ajouran leveys kuvaa aluetta, joka vaikuttaa puuston kasvuun ja tuotokseen. Kun puhutaan ajouran puustoleveydestä tässä yhteydessä, tarkoitetaan ajouralta poistetun puuston mukana menetettyä kasvua. Ajouran sisäleveydellä tarkoitetaan kasvutilan pinta-alaa, joka jää reunapuiden väliin ajouran keskelle vajaakäyttöiseksi. (Isomäki 1994.)

Hyvän metsänhoidon suositusten (2006) mukaan suositeltava ajourien leveys on 4,0 - 4,5 metriä ja ajouravälin on suositusten mukaan oltava vähintään 20 metriä. Kokko (1996) on todennut, että korjuujälki on riippuvainen korjuun hyvästä suunnittelusta. Puuston vaurioitumisriskiä voidaan pienentää suunnittelemalla ajourat tarpeellisen leveiksi ja välttämällä jyrkkiä mutkia. Korjuun ajankohdalla on myös oleellinen vaikutus harvennuksen lopputulokseen korjuujäljen osalta. Yleisesti puustovaurioita syntyy kesäaikaisessa korjuussa enemmän kuin talvella ja syntyneiden vaurioiden keskikoko on myös suurempi. Kesäaikaista puunkorjuuta on vältettävä heikosti kantavilla mailla ja kuusikoissa korjuuvaurioiden vähentämiseksi. Korjuukoneen kuljettajan ammattitaito yhdistettynä leimikon hyvään ennakkosuunnitteluun ja oikeaan korjuuajankohtaan antaa hyvän lopputuloksen korjuujäljen kannalta.

Ajouran aiheuttama kasvutappio ei ole suoraan poistettujen puiden mukana menetetty kasvupotentiaali. Ajouran reunassa olevat puut käyttävät hyväksi vapautunutta ajouratilaa ja korvaavat osan menetetyistä kasvupotentiaalista. Ajouran muodostama aukko metsässä aiheuttaa kasvun voimistumista reunapuissa. Tätä ilmiötä kutsutaan reunavaikutukseksi. Puiden voimistunut kasvu korvaa osan ajouran aiheuttamasta kasvutappiosta. Ajourien kohdalla metsän harvennus on systemaattista ja ajourien välistä harvennetaan metsänhoidollinen näkökulma huomioiden. Metsänhoidollisesti poistettaviin

puihin vaikuttaa puulaji, puun koko, terveydentila ja tekninen laatu. Ajouraan rajoittuvaa tilaa, jossa kasvatettavassa puustossa on havaittavissa urasta aiheutuvia kasvureaktioita, kutsutaan reunavyöhykkeeksi. Reunavyöhykkeeseen sisältyy ajouran reunapuiden lisäksi kauempana sijaitsevia taustapuita, joiden kasvuun ajouralla on positiivinen vaikutus. (Isomäki 1994.)

2.9 Ajourapainumat

Urapainuma on yli 10 cm:n painuma maanpinnan tasosta mitattuna. Maanpinnan palautuvaa painumista ei lasketa urapainumaksi vaan edellytetään, että maan pintakerros on leikkautunut yli 50 cm:n matkalta. (Metsäteho 2003.)

Ajourapainumia voidaan vähentää oleellisesti ajourien havutuksella ja kesäkorjuun välttämällä huonosti kantavilla mailla. Myös huolellinen ajouraston suunnittelu on keskeisessä asemassa korjuujäljen muodostumisessa. Kosteikot ja maaston vaikeimmat kohdat kannattaa mahdollisuuksien mukaan kiertää urapainumien ehkäisemiseksi.

Rieppo ja Kariniemi (2001) ovat tutkimuksissaan todenneet, että ajouran raiteiden muodostuminen riippuu ajokertojen lukumäärästä. Yleisesti ensimmäinen ajokerta aiheuttaa koko ajourapainumasta enemmän kuin 50 prosenttia. Hakkuukoneen liikkuminen leimikolla aiheuttaa matalan ajourapainuman eikä yleensä riko humuskerrosta tai juurimattoa. Kuormatraktori aiheuttaa vastaavasti syviäkin ajourapainumia, katkoo juuria ja sotkee humuskerroksen kivennäismaan kanssa.

Hakkuu on vasta yksi osa-alue korjuujäljen muodostumisessa ja lopullista koneellisen korjuun työnjälkeä voidaankin tarkastella vasta lähikuljetuksen jälkeen. Vaurioiden syntymisen riski kasvaa harvennuksessa, jos samalla pyritään hyvin kapeaan ajouraan ja tiheään ajouran reunapuustoon. Tämä selittää harvennuskoneiden yleiskoneita suuremman runkovaurioiden osuuden

ensiharvennuksissa. Erikokoisilla hakkuukoneilla on mahdollista päästä hyvään hakkuujälkeen harvennuksissa. Hakkuun ajoitus ja kuljettajan ammattitaito vaikuttavat ratkaisevasti vaurioiden määrään harvennusten aikana. (Kariniemi ym. 1996.)

Tutkimuksen mukaan yhdistelmäkonemenetelmä aiheuttaa hieman vähemmän korjuuvaurioita kuin vastaavasti perinteinen koneketju, johon kuuluu erillinen hakkuukone ja ajokone. Näiden menetelmien eroavaisuudet johtuvat yhdistelmäkonemenetelmän ajokertojen vähydestä uralla. Perinteisessä koneketjussa kaksi konetta käy uralla ja ajokertoja tulee enemmän. (Lilleberg ym. 1998.)

Viimeisten 15 vuoden aikana kuormatraktoreiden omapainot ovat nousseet 20–40 prosenttia, mutta niiden kuormankantokyky on kuitenkin pysynyt ennallaan. Tähän kehityssuuntaan on ollut syynä koneiden kestävyysmaksimointi ja ylikuormitukseen varautuminen. Varustelun lisääntyminen, korkea käyttöastevaatimus ja nosturin kasvaminen ovat myös osaltaan johtaneet metsäkoneiden painon kasvamiseen. Painavien koneiden pintapaineita on pyritty alentamaan leveämmillä renkailla. Hyvä koneen hallinta ja näkyvyys vähentävät korjuuvaurioiden syntymisen riskiä. (Rieppo 2001.)

Leimikon maasto-olosuhteet vaikuttavat korjuujälkeen sekä hakkuussa että metsäkuljetuksessa. Maasto vaikuttaa myös käytettävään korjuutekniikkaan ja korjuuajan valintaan. Maaston kaltevuus, kivisyys ja kantavuus vaikuttavat sekä puusto- ja maaperävaurioiden määrään että laatuun.

Maaperän kantavuusongelmia voidaan minimoida korjuuajan ja oikeiden koneiden valinnalla sekä ajourien havutuksella. Ajourien havutus vähentää ajourapainumia merkittävästi. Vuodenajalla on merkitystä korjuujälkeen. Maaperän ollessa jäässä ja lumensuojaamana urapainumien syntymisen riski on pieni ja myös puiden juuristot ovat paremmassa suojassa vaurioilta.

3 KORJUUVAURIODEN AIHEUTTAMAT KASVU- JA LAATUTAPPIOT

3.1 Huonon korjuujäljen seuraukset

Kokko (1996) on tutkimuksissaan todennut, että huonon korjuujäljen seurauksena voi kasvatettavaan puustoon syntyä kasvutappioita, laatutappiota ja sekundäärituhoja. Kasvutappioita aiheutuu puustovaurioista, ajourien muodostamista aukoista ja ajourapainumista. Korjuujäljistä aiheutuvat sekundäärituhot voivat olla hyönteis-, tuuli- ja lumituhoja. Tuhohyönteiset iskeytyvät helposti vaurioiden heikentämiin puihin ja juurivauriot herkistävät puut myrskytuhoille. Kesäaikaisen harvennuksen maannousemariski voidaan myös lukea sekundäärivaikutuksiin. Harvennusvoimakkuuden kasvaessa lisääntyy myös riski tuuli- ja lumituhoille. Erityisesti hyönteistuhojen aiheuttamat taloudelliset menetykset voivat olla metsänomistajan kannalta merkittäviä.

Tuhosienten ja hyönteisten leviämistä harvennushakkuiden korjuuvaurioiden seurauksena pyritään ehkäisemään laadukkaalla ja hyvin suunnitellulla puutavaran hakkuulla ja metsäkuljetuksella. Kesäaikainen puunkorjuu, metsikön ylitiehyys ja korjuuvauriot nostavat sienitautien riskiä kasvatettavassa puustossa. Oikeat konevalinnat, alikasvoksen ennakkoraivaus sekä huolellinen työ ja suunnittelu ovat tärkeitä asioita laadukkaaseen korjuujälkeen pyrittäessä. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006.)

3.2 Puustovaurioiden aiheuttamat kasvutappiot

Ravinteiden ja veden kulku häiriytyy juuriston ja latvuston välillä puustovaurioiden seurauksena. Tämä aiheuttaa kasvutappioita ja alentaa metsän tuottoa. Vaurioiden koko ja syvyys määrittelee ensisijaisesti kasvutappion suuruuden. Männyllä puustovaurion pinta-ala, leveys ja osuus rungon

ympärysmistä vaikuttavat kasvutappion suuruuteen. Juurenniskavauriot vähentävät kasvua runkovaurioita enemmän. Tätä ilmiötä selittää osaltaan juurenniskassa sijaitsevien vaurioiden keskimääräistä suurempi koko.

Runkovauriossa kasvutappiot ovat männyllä sitä suurempia mitä korkeammalla vauriot rungossa sijaitsevat. (Kokko ym. 1996.)

Kokko (1996) on todennut, että kuusella puustovauriot vähentävät sekä läpimitan että pituuden kasvua. Vaurion syvyys ja leveys vaikuttaa eniten kuusen sädekasvuun. Puun ravinteiden kulun häiriintyminen on suoraan yhteydessä vaurion leveyteen. Myös kuusen pituuskasvu heikkenee vaurion leveyden kasvaessa. Tutkimusten perusteella puustovaurioiden aiheuttamien kasvutappioiden suuruuteen vaikuttaa lähinnä vaurion koko, laatu ja sijainti.

Tutkimuksissa on havaittu männyn vähäinen ja kuusen suuri lahoherkkyys puustovaurion syntyessä. Myös koivun lahoriski on suunnilleen yhtä suuri kuin kuusen. Lahoutumisen takia puun laatu heikkenee ja puu luokitellaan kuitupuuksi jopa markkinakelvottomaksi raakiksi. Varsinkin vanhoissa kuusikoissa yleisesti tyvilahoa aiheuttaa juurikäpää. Tyvilaho leviää tavallisesti juuriston välityksellä sekä tuoreista kaatopinnoista. Tutkimuksissa on todettu, että juurikäpää tarttuu yleisemmin juurenniskavaurioon kuin runkovaurioon. Kesällä tehdyissä kuusikon harvennuksissa tyvilahon leviämisen riski terveisiin puihin on suuri sienien kantolevinneisyyden vuoksi. (Kokko ym. 1996.)

Kuusen vaurioituminen korjuun yhteydessä johtaa lähes aina lahon syntymiseen. Vaurion laatu on tärkein lahoamisen alkamiseen vaikuttava tekijä. Mitä suurempi ja syvempi vaurio on, sitä varmemmin vaurioitunut puu lähtee lahoamaan. Lahoutumisriski juurenniskavaurioissa on huomattavasti suurempi kuin vastaavissa runkovaurioissa. Samat tekijät kuin lahon syntymisessä vaikuttavat myös lahon etenemisnopeuteen. Näitä tekijöitä ovat vaurion laatu, pinta-ala, ja sijainti sekä myös vaurioitumisajankohta. Laho etenee puussa nopeimmin pystysuuntaan ja lahon etenemisnopeus voi olla 10 cm–35 cm vuodessa. Juurivauriosta alkunsa saanut laho etenee hieman nopeammin kuin runkovauriosta alkanut lahoaminen. Männyllä puustovaurio johtaa puuaineksen

voimakkaaseen pihkoittumiseen ja sinistymiseen, mutta mänty pystyy tehokkaasti pihkanerityksellään eristämään vaurion ja isompia lahovikoja ei pääse syntymään. Suurista syvävaurioista syntyvät korot aiheuttavat männyllä taloudellisia tappioita. Koivu on yhtä lahoherkkä kuin kuusi ja laho etenee yhtä nopeasti tai jopa nopeammin kuin kuusessa. (Kokko ym. 1996.)

Puustovaurioista seuraavat lahoutuminen ja koroutuminen aiheuttavat laatutappioita. Kuusella vaurioituminen johtaa melkein aina lahon syntyyn. Koivu ja kuusi ovat yhtä lahoherkkiä. Männyllä koroja aiheuttavat suuret rungon syvävauriot, joista syntyy menetyksiä sahoille. (Sirèn 1998.)

Kantokäsittely

Suomen metsissä esiintyy kaksi juurikäpälajia. Kesäaikaiset hakkuut antavat juurikäävälle mahdollisuuden levitä kantopintojen kautta. Männyjuurikäpä aiheuttaa tyvitervastautia ja sitä esiintyy ainoastaan männyillä. Kuusella tyvilahoa voi aiheuttaa sekä kuusen- että männyjuurikäpä. Juurikäpä tartunta etenee myös juuri- ja tyvivaurion sekä juuriyhteyksien kautta terveisiin puuyksilöihin. Sulan maan aikana tehdyissä hakkuissa kannattaakin käyttää kantokäsittelyä. Käsittelyllä pystytään ehkäisemään juurikäävän itiöiden iskeytymistä tuoreisiin kantoihin. Kantokäsittelyaineena käytetään yleisesti harmaaorvakkavalmistetta tai urealiuosta, joka levitetään hakkuukoneeseen asennetulla kantokäsittelylaitteella tuoreille kantopinnoille. Juurikäävän aiheuttamia tuhoja puissa voidaan estää myös esimerkiksi harvennuksien ajoittamisella talviaikaan. (Metsäteho 2005.)

Harvennusten ennakkoraivaus

Hakkuiden ennakkoraivauksessa kaadetaan korjuuta haittaava alikasvos. Hakkuuta haittaa eniten kaadettavan puun läheisyydessä oleva alikasvos.

Runsas alikasvos heikentää hakkuiden aikana näkyvyyttä, mikä osaltaan vaikeuttaa poistettavien puiden valintaa ja ajourasuunnittelua. Korjuujälki voi myös huonontua alikasvoksen takia, koska puustovaurioita syntyy helpommin näkyvyyden ollessa riittämätön. Myös työn tuottavuus heikkenee, jos korjuuta haittaavaa alikasvosta ei ole raivattu.

3.3 Ajouran aiheuttamat kasvutappiot

Ajourat kuuluvat nykyaikaiseen koneelliseen harvennukseen. Ajourien laskeminen suoraan kasvutappioksi ei ole aivan perusteltua. Ajourien kokonaisvaikutus metsän puuntuottoon koostuu kahdesta erilaisesta vaikutuksesta: kasvutappiosta ja ajouran reunavaikutuksesta. Kasvutappiota ajoura aiheuttaa, koska osa ajoura-aukosta joutuu puuntuotannon ulkopuolelle sekä ajouran takia joudutaan poistamaan metsänhoidollisesti laadukkaita puita. (Kokko ym. 1996.)

Ajouran aiheuttamaa kasvutappiota vähentää reunavaikutus, joka tarkoittaa kasvunlisäystä ja runkomuodon muutoksia ajouran läheisyydessä kasvavilla puilla. Positiivinen kasvunlisäys ajouran reunapuilla johtuu siitä, että reunapuilla on käytettävissään muuta puustoa runsaammin valoa, kasvutilaa ja ravinteita. Reunavaikutusta havaitaan myös taustavyöhykkeen puilla, jotka sijaitsevat reunapuiden takana kolmen metrin vyöhykkeellä ajouran reunasta laskettuna. Ajouran aiheuttamaa kasvun menetystä ei pystytä täysin korvaamaan reunavaikutuksen aiheuttamalla kasvunlisäyksellä. Ajourat alentavat puuston tuotosta, jos ajouravyöhyke aliharvennetaan. Tämä aiheuttaa tilanteen, jossa kasvatettava puusto ei pysty käyttämään lisääntyneitä kasvutekijöitä täysimääräisesti hyväkseen. Myös ajouran tekeminen liian leveäksi aiheuttaa tilanteen, jossa reunapuut eivät pysty käyttämään vapautunutta kasvutilaa täysimääräisesti hyväkseen. Ajoura-aukon aiheuttaman kasvutappion kestoajaksi on arvioitu 15–20 vuotta, jonka kuluessa reunapuusto pystyy täysimääräisesti hyödyntämään ajouratilan. (Kokko ym. 1996.)

Ajourien kohdalla metsän harvennus on systemaattista ja ajourien välistä harvennetaan metsänhoidollinen näkökulma huomioiden. Metsänhoidollisesti poistettaviin puihin vaikuttaa puulaji, puun koko, terveydentila ja tekninen laatu. Tutkimuksen mukaan ajoura pienentää ensiharvennuksessa hyvälaatuisten jäävien puiden osuutta hieman, mutta lopulta ajouran vaikutus jäävän ja poistettavan puuston tekniseen laatuun ja laatuluokkajakaumaan on vähäinen. Ajourien takia menetettävien kasvatettavaan jaksoon kuuluvien puiden määrää voidaan vähentää ajourien huolellisella suuntaamisella ja suunnittelulla. Ajourien suuntaaminen on metsänhoidollisesti kannattavaa varsinkin puustoltaan epätasaisissa leimikoissa. (Stöd ym. 2003.)

3.4 Ajourapainumien aiheuttamat kasvutappiot

Kokon (1996) mukaan leimikolla liikkuessaan korjuukoneet aiheuttavat maaperän tiivistymistä ja painumia. Nämä seuraamukset voivat vaurioittaa juuristoa ja syntyy kasvutappioita. Puiden hienojuuriston vaurioituminen on keskeinen syy kasvutappion syntyyn maaperän vaurioissa. Urapainumien on arvioitu heikentävän reunavyöhykkeiden puiden puuntuotosta noin 5 - 10 vuotta. Kasvutappioiden määrään vaikuttaa juuristovaurioiden ja maaperän tiivistymisen yhteisvaikutus. Maaperän tiivistyminen estää juuriston kasvua ja vaikeuttaa puun ja sienijuuren symbioosia. Puiden juuret kasvavat yleisemmin säteittäisesti puusta. Alle 1 mm läpimittaiset juuret huolehtivat pääasiassa puiden ravinnonotosta maaperästä.

Puiden juuristosta pääosa sijaitsee lähellä maanpintaa, joten niiden vaurioitumisriski urapainuman ja maan tiivistymisen takia on suuri. Männyllä ja kuusella ravinnonoton kannalta tärkeimmistä hienojuurista 50–70 prosenttia sijaitsee humuskerroksessa. Tutkimusten perusteella kuusen juuristo on suppeampi ja pinnallisempi kuin männyn. Juuriston pinnallisuus lisää juuriston vaurioitumisriskiä puunkorjuun aikana. 100 cm kauempana olevat juurivauriot eivät tutkimusten mukaan aiheuta kuusella rungon käyttöarvoa alentavaa lahoutumista. Toisaalta ajourapainumat voivat aiheuttaa kasvutappioihin

johtavia juuristovaurioita vaikka vauriokohdat sijaitsevatkin yli 100 cm etäisyydellä juurenniskasta. (Kokko ym. 1996.)

Juuristovaurioille altistuneiden puiden kasvutappion suuruus riippuu puulajista, kasvupaikan boniteetista eli puuntuotoskyvystä ja altistuvan juuriston osuudesta. Kuusen kasvu hidastuu huonoilla kasvupaikoilla vähäisenkin maaperän ja juuriston vaurioitumisen seurauksena. Runsasravinteisilla kasvupaikoilla vastaavasti seuraukset ovat pienempiä. Huonoilla kasvupaikoilla maaperän vaurioituminen vähentää kuusen kasvua enemmän kuin männyn. (Kokko ym. 1996.)

4 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Tutkittavien kohteiden valinta

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Metsänhoitoyhdistys OMA:n hankinta- ja korjuupalvelun korjuujälkeä. Tutkittava aineisto rajattiin koskemaan vain koneellisesti tehtyjä harvennuskohteita. Tutkimusaineisto koostui 2005 vuoden ja 2006 vuoden lokakuun alkuun mennessä tehdyistä hakkuista. Tästä joukosta valittiin ositetulla otannalla kesä- ja talvihakkuukohteita 10 kappaletta molemmilta vuosilta. Tämän tutkimuksen laajuudeksi muodostui 20 eri harvennuskohtetta. Mukana oli sekä ensiharvennuksia että myöhempiä harvennuksia. Kaikkien kohteiden maastomittaukset on tehty syksyn 2006 aikana.

Tutkittavat kohteet sijaitsivat Mäntsälän, Orimattilan ja Artjärven kuntien alueella. 2005 vuodelta otantaan osui kuusi talvella tehtyä harvennusta ja neljä kesäaikaista harvennusta. Näistä kohteista viisi oli ensiharvennuksia ja viisi myöhempiä harvennuksia. Vastaavasti 2006 vuodelta otantaan osui viisi talvella tehtyä harvennusta ja viisi kesällä tehtyä harvennusta, joista kolme oli ensiharvennuksia ja seitsemän myöhempiä harvennuksia.

Tarkastettavien kohteiden kokonaispinta-ala oli 36,2 hehtaaria ja kohteiden yksittäinen pinta-ala vaihteli 0,7 hehtaarista 4,7 hehtaariin. Tutkimuskohteista 14 kappaletta sijaitsi Mäntsälän kunnan alueella, 5 kappaletta Orimattilan kunnassa ja yksi Artjärven kunnassa. Tutkimusaineiston tuloksia käsiteltäessä on otettu huomioon, että hyvän metsänhoidon suosituksien vaatimukset uudistuivat ja tulivat voimaan 1.8.2006. Tutkimuksen kohteista kolme harvennusta oli tehty suosituksien uudistamisen jälkeen, joten näihin kohteisiin sovellettiin uudistuneita hyvän metsänhoidon suosituksia.

4.2 Jälki-inventointi menetelmä

Kohteiden tarkastuksessa on käytetty Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion kehittämää ja maa- ja metsätalousministeriön hyväksymää menetelmää. Tässä tutkimuksessa on käytetty tulosten vertailukelpoisuuden takia samaa jälki-inventointimenetelmää, jota käyttävät myös metsäkeskukset omissa korjuujäljen tutkimuksissaan. Tässä menetelmässä kaikki mittaukset tehdään vasta puiden kaatamisen ja metsäkuljetuksen jälkeen.

Korjuujäljen seurantamenetelmä perustuu kuvioittaiseen inventointiin, jossa jokaiselle kuviolle tehdään omat mittaukset. Korjuujäljen mittaukset aloitetaan mitattavan kuvion pisimmän lävistäjän muodostaman keskilinjan määrittämisellä. 10 kappaletta koealoja sijoitetaan keskilinjalle ja suoritetaan tarvittavat mittaukset. (Äijälä 2003.) Mittauspisteiden sijoittelua havainnollistava kuva löytyy liitteestä 1.

Ensimmäinen koeala sijoittuu puolen koealavälin päähän keskilinjan lähtöpisteestä. Koealoja kertyy keskilinjalle noin 10 kappaletta, kun koealaväli mitoitetaan taulukon 1 ohjeiden mukaisesti. (Äijälä 2003.)

Taulukko 1 Koeala- ja linjavälitaulukko (Äijälä 2003)

Pienin p-a, ha	0	0,69	1,21	1,89	2,71	3,69	4,81	6,09	7,51	9,09	10,9	12,7	14,7
Suurin p-a, ha	0,68	1,2	1,88	2,7	3,68	4,8	6,08	7,5	9,08	10,8	12,7	14,7	16,9
Linja- ja koealaväli	12	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70

Jokaiselta koealalta mitataan kasvatettavan puuston pohjapinta-ala, runkoluku puulajeittain ja poistuma sekä koealan paksuimman puun pituus eli koealan valtapituus (Metsäteho 2003). Puuston pohjapinta-alalla tarkoitetaan kasvatuskelpoisten puiden 1,3 metrin korkeudelta mitattujen poikkileikkausalojen summaa. Mittauksiin otetaan mukaan kasvatettavaan jaksoon kuuluvat elävät puut, joiden läpimitta 1,3 metrin korkeudelta on vähintään 70 mm. Runkoluvulla tarkoitetaan kasvatuskelpoisten puiden lukumäärää hehtaarilla. Poistumaan luettavien puiden kantojen läpimitta pitää olla vähintään 11 cm leikkauspinnan tasalla. Koealan säde on 5,64 metriä, jossa yksi puu tarkoittaa 100 puuta hehtaarilla. Ensiharvennuksissa voidaan käyttää myös 3,99 metrin säteistä ympyrää koealana, jolloin yksi puu tarkoittaa 200 puuta hehtaarilla. (Äijälä 2003.)

Jokainen koealalle sattuva puu tutkitaan tarkasti runko- ja juurivaurioiden havaitsemiseksi. Mahdolliset vauriot kirjataan ylös maastolomakkeelle (liite 2). Runkovauriolla tarkoitetaan puun juurenniskan yläpuolella sijaitsevaa vauriota. Runko luetaan vaurioituneeksi, jos sen kuori on rikkoutunut nilakerrokseen saakka yhdestä tai useammasta kohdasta yhteensä yli 12 cm² alueelta ja puuaineen pintaa on samalla paljastunut yli 1 cm². Runkovaurion aiheuttaa myös puuaineen rikkonut syvävaurio tai puun kuoren rikkonut yksittäinen tai useampi viilto, joiden yhteenlaskettu pituus on yli 50 cm. (Metsäteho 2003.)

Juurivaurioksi luetaan juurenniskan alapuolella rungossa tai juuressa sijaitseva vaurio. Juuriston vaurioissa otetaan huomioon vain vauriot, jotka sijaitsevat enintään yhden metrin päässä rungon keskilinjasta ja vaurioituneen juuren on oltava vähintään 2 cm paksu. Vaurioituneen kohdan pinta-ala vaatimukset ovat samat kuin runkovaurioissa. (Metsäteho 2003.)

Harvennettavan kohteen ajouraväli mitataan kun puunkorjuussa on tehty kokonaan tai osittain uusi ajouraverkosto ja kuvion runkoluvun on oltava myös yli 600 runkoa hehtaarilla. Ajouravälillä tarkoitetaan lyhintä koealan keskipisteen kautta kulkevaa suoraa koealan molemmin puolin kulkevien rinnakkaisten ajourien raiteiden keskikohtien välillä. (Äijälä 2003.) Ajouravälimitausta selventävä kuva löytyy liitteestä 1.

Ajouraleveys mitataan vain kohteilta, joissa runkoluku on yli 600 runkoa hehtaarilla. Uraleveyden mittauksen lähtöpisteenä pidetään koealan keskipistettä lähimpänä olevan ajouran raiteiden keskikohtaa. (Äijälä 2003.)

Uraleveyshavainto mitataan rajatulta 10 metrin matkalta määrittämällä ajouran oikealla ja vasemmalla puolella olevien puiden etäisyys ajouran keskilinjaan ja summaamalla nämä kaksi etäisyyttä yhteen. (Metsäteho 2003.) Ajouravälin mittausperiaatetta havainnollistava kuva löytyy liitteestä 1.

Tarkastettavalta kohteelta mitataan myös ajourapainumat. Urapainumalla tarkoitetaan yli 10 cm painumaa maanpinnan tasosta mitattuna. Urapainumamerkinän edellytyksenä on, että maan pintakerros on leikkautunut sekä yksittäisen painuman pituuden on oltava vähintään 50 cm. (Metsäteho 2003.) Urapainumamittauksen lähtöpiste on sama kuin ajouraleveyden mittauksessa. Urapainumia tarkastellaan 30 metrin rajatulta matkalta ajouralta. (Äijälä 2003.)

Näiden mittausten lisäksi tutkimuksissa kirjattiin kohteittain ylös kasvupaikka, pääpuulaji, kehitysluokka ja hakkuun ajankohta sekä pinta-ala. Näitä tietoja tarvitaan tulosten analysoimiseen ja päätelmien tekemiseen.

4.3 Vertailuaineisto

Tämän tutkimuksen vertailuaineistona käytetään vuonna 2005 Metsäkeskus Häme-Uusimaan alueella metsäkeskuksen toimesta tehtyjä vastaavia

korjuujäljen mittauksia. Tarkistusmenetelmänä on käytetty samaa hyväksyttyä jälki-inventointi menetelmää, joten tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion laskemia Suomen 2005 vuoden korjuujälkitarkastusten yhteenvetotuloksia käytetään myös soveltuvin osin tutkimuksen tuloksen vertailukohtina. Vertailuaineiston tietojen lähteenä on käytetty Äijälän (2006) tekemiä yhteenvetotietoja metsäkeskusten tekemistä korjuujäljen tarkastuksista vuodelta 2005.

Vuonna 2005 Metsäkeskus Häme-Uusimaan alueella tarkistettiin 39 harvennuskohdetta. Niistä 36 kohdetta oli ensiharvennuksia ja 3 kohdetta myöhempiä harvennuksia. Tarkistettujen kohteiden yhteispinta-ala oli 140,8 hehtaaria. Vastaavasti vuonna 2005 tarkastettiin koko Suomessa metsäkeskusten toimesta 504 kuviota korjuujäljen osalta ja tarkistusten yhteispinta-ala oli 1408,9 hehtaaria.

5 TULOKSET

5.1 Tutkimusaineiston jakautuminen

Tutkimusaineiston laajuutena oli 20 koneellisesti tehtyä harvennusta vuosilta 2005 ja 2006. Tarkemmat mittaustiedot kohteittain löytyy liitteestä 3. Aineisto jakaantui pääpuulajeittain sekä ensiharvennuksiin ja muihin harvennuksiin taulukoiden 2 ja 3 mukaisesti.

Taulukko 2 Tutkimusaineiston jakautuminen pääpuulajeittain

Pääpuulaji	Pinta-ala(ha)	Osuus(%)
Kuusi	17,6	48,6
Mänty	18,6	51,4

Taulukko 3 Tutkimusaineiston jakautuminen harvennustavoittain

Harvennustapa	Pinta-ala(ha)	Osuus(%)
1. harvennus	19,3	53,3
muu harvennus	16,9	46,7

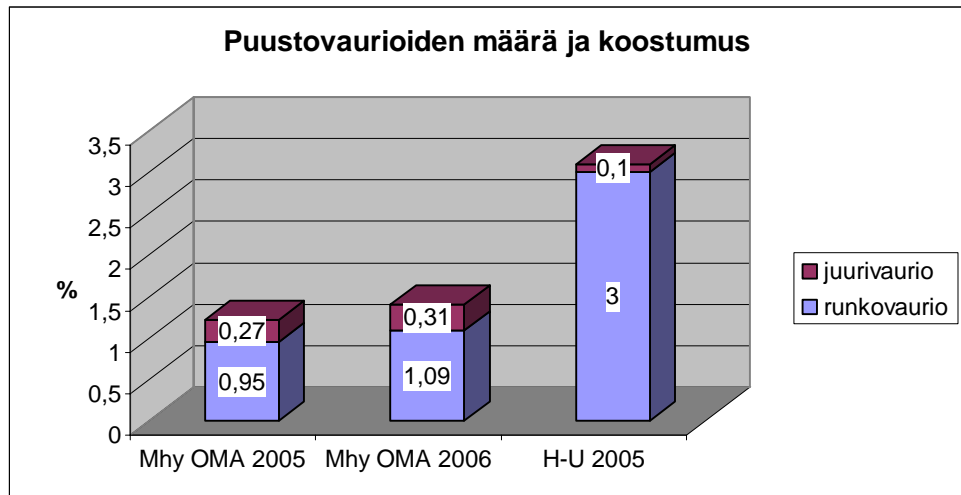
Jokainen tarkastettu harvennuskuvio jaettiin kangasmaihin tai turvemaihin. Turvemaita otantaan osui vain kaksi kappaletta ja niiden pinta-ala oli yhteensä 2,6 hehtaaria. Tarkastetuilta kohteilta määritettiin myös kasvupaikkatyyppi. Aineiston jakautuminen kasvupaikkatyypeittäin löytyy taulukosta 4.

Taulukko 4 Tutkimusaineiston jakautuminen kasvupaikkatyypeittäin

Kasvupaikkatyyppi	Pinta-ala(ha)	Osuus(%)
Lehtomainen kangas	11,9	32,9
Tuore kangas	9,5	26,2
Kuivahko kangas	14,8	40,9

5.2 Puustovauriot

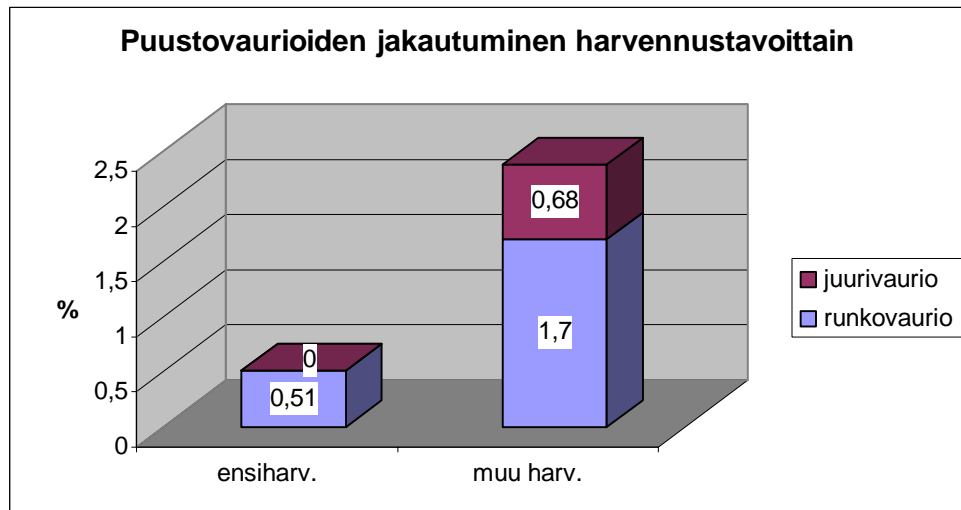
Hyvän metsänhoidon suositusten mukaan harvennushakkuissa vaurioituneiden puiden osuuden tulee olla alle 4 prosenttia jäävästä puustosta (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006). Kuvassa 1 on esitetty Metsänhoitoyhdistys OMA:n korjuupalvelun koneellisten harvennushakkuiden puustovaurioiden määrä vuosina 2005 ja 2006. Vertailuaineistona on käytetty Metsäkeskus Häme-Uusimaan alueella vuonna 2005 tehtyjä korjuujäljen tutkimuksia.



Kuva 1 Puustovaurioiden määrä ja koostumus koneellisissa harvennushakkuissa vuosina 2005 ja 2006

Metsänhoitoyhdistys OMA:n korjuupalvelun puustovaurioiden jakautumista ensiharvennuksien ja muiden harvennusten kesken on tarkasteltu kuvassa 2.

Mukana kuvassa on koko tarkastelujakson keskimääräiset tulokset, joten 2005 ja 2006 vuoden tarkastusten tuloksia ei ole eritelty.

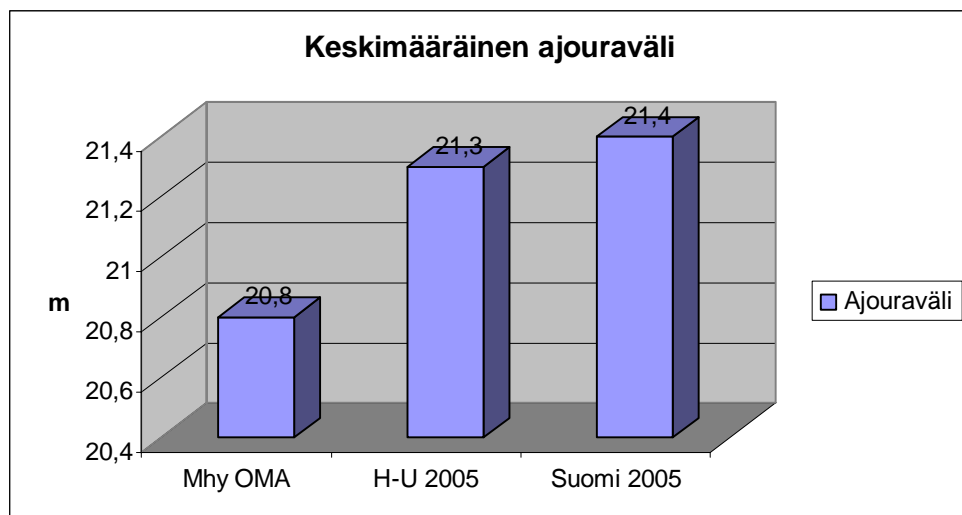


Kuva 2 Korjuupalvelun puustovaurioiden jakautuminen harvennustavoittain tarkastelujaksolla 2005–2006

5.3 Ajouraväli

Ajouravälin mittauksen perusteena on lyhin koealan keskipisteen kautta kulkeva suora koealan molemmiin puolin kulkevien rinnakkaisten ajourien raiteiden keskikohtien välillä. Uraväli mitataan ja otetaan huomioon vain niiltä kohteilta, joiden runkoluku on yli 600 kpl hehtaarilla. Ajourien risteysalueista, maastosta ja leimikon muodoista johtuvia ajouravälin kaventumisia ei oteta huomioon ajouraväliä määriteltäessä. (Metsäteho 2003.)

Hyvän metsänhoidon suositusten (2006) mukaan ajouravälin tulee olla harvennushakkuissa yli 20 metriä. Metsänhoitoyhdistys OMA:n korjuupalvelun ajouraväliä tutkittaessa uratarkastelu tehtiin 8 kohteessa. Tarkastettujen ajourien yksittäiset ajouravälimittaukset vaihtelivat 17 metristä aina 28 metriin asti ja keskimääräisen ajouravälin keskihajonnaksi saatiin 2,1 metriä. Tutkittujen kohteiden keskimääräinen ajouraväli on esitetty kuvassa 3. Tulosten vertailukohtana on käytetty Metsäkeskus Häme-Uusimaan toiminta-alueella sekä koko Suomessa vuonna 2005 tehtyjä ajouravälitutkimuksia.



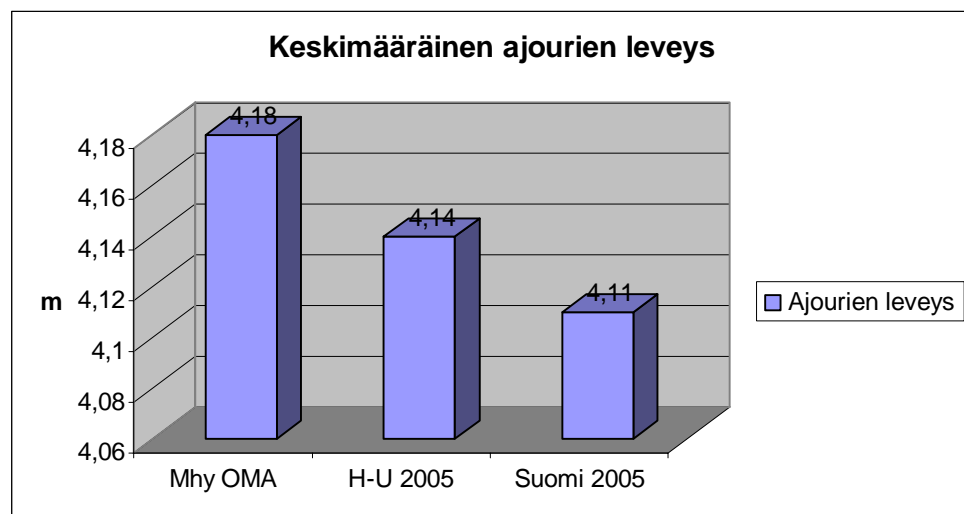
Kuva 3 Korjuupalvelun keskimääräinen ajouraväli tarkastelujaksolla 2005–2006 verrattuna vertailuaineiston mittaustuloksiin

5.4 Ajourien leveys

Ajourien leveys mitataan ja otetaan huomioon vain niiltä harvennuskohteilta, joiden runkoluku on yli 600 kpl hehtaarilla. Ajouran leveys on ajouraa reunustavien lähimpien puiden kylkien kohtisuora etäisyys uran keskelle. (Metsäteho 2003.)

Ajourien leveyden on keskimäärin oltava Hyvän metsänhoidon suositusten (2006) mukaan 4,0–4,5 metriä. Tässä tutkimuksessa ajourien leveys mitattiin 10 kohteella. Yksittäiset ajourien leveydet vaihtelivat 3,8 metristä 4,5 metriin ja keskimääräisen ajouraleveyden keskihajonnaksi saatiin 0,14 metriä.

Tarkistettujen kohteiden keskimääräinen ajouraleveys on esitetty kuvassa 4. Tulosten vertailukohtana on käytetty Metsäkeskus Häme-Uusimaan toiminta-alueella sekä koko Suomessa vuonna 2005 tehtyjä ajouraleveyden mittauksia.

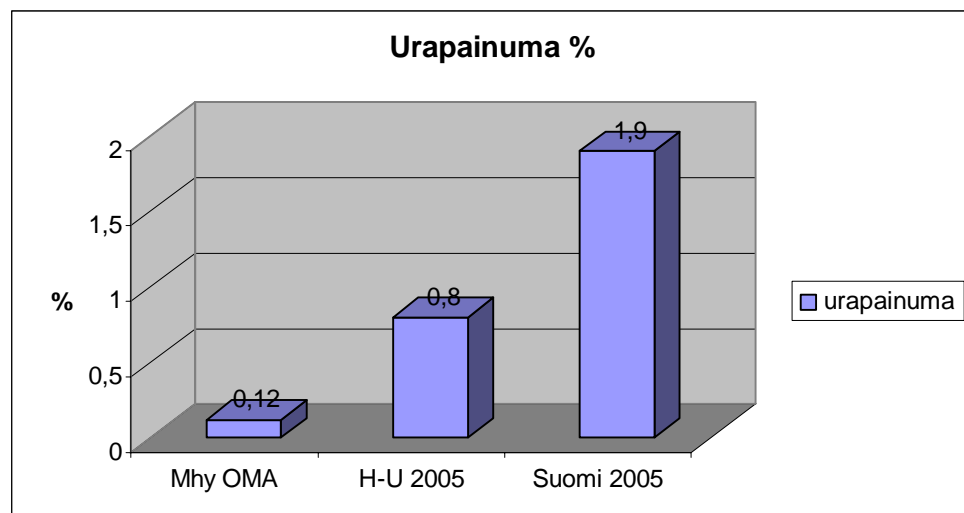


Kuva 4 Korjuupalvelun keskimääräinen ajourien leveys tarkastelujaksolla 2005–2006 verrattuna vertailuaineiston mittaustuloksiin

5.5 Ajourapainumat

Ajourapainumat tarkastettiin jokaiselta otokseen sattuneelta kohteelta. Ajourapainumia havaittiin vain kahdella kohteella. Molemmat tapaukset olivat kuusikon myöhempiä harvennuksia ja ne oli tehty 2005 ja 2006 vuosien talviharvennuksina. Hyvän metsänhoidon suosituksien (2006) mukaan urapainumia saa olla alle neljä prosenttia ajourien kokonaispituudesta. Molemmat havaitut kohteet olivat tämän kriteerin mukaisia.

Tässä tutkimuksessa havaittujen urapainumien prosentuaalinen osuus koko ajourien pituudesta on esitetty kuvassa 5. Tulosten vertailukohtana on käytetty Metsäkeskus Häme-Uusimaan toiminta-alueella sekä koko Suomessa vuonna 2005 tehtyjä vastaavia ajourapainumien mittauksia.



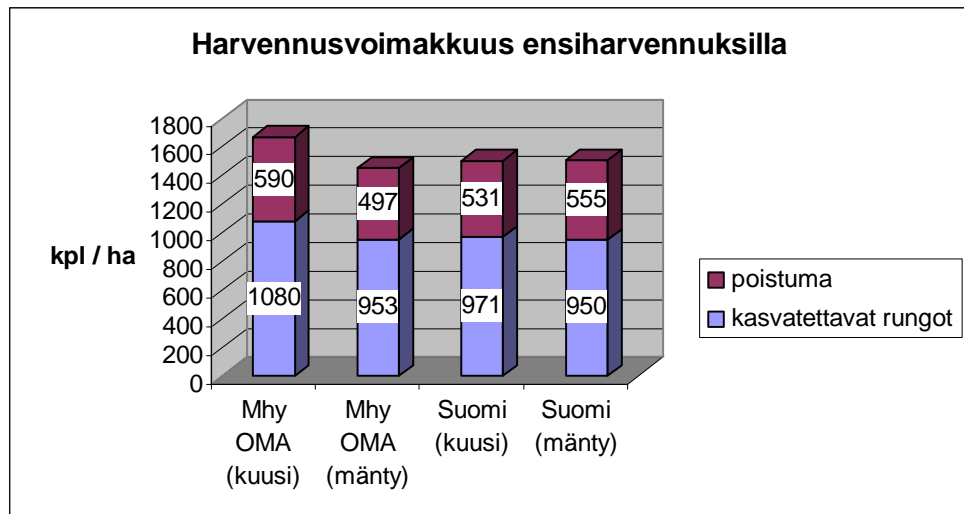
Kuva 5 Korjuupalvelun keskimääräinen urapainuma % tarkastelujaksolla 2005–2006 verrattuna vertailuaineiston mittaustuloksiin

5.6 Harvennusvoimakkuus

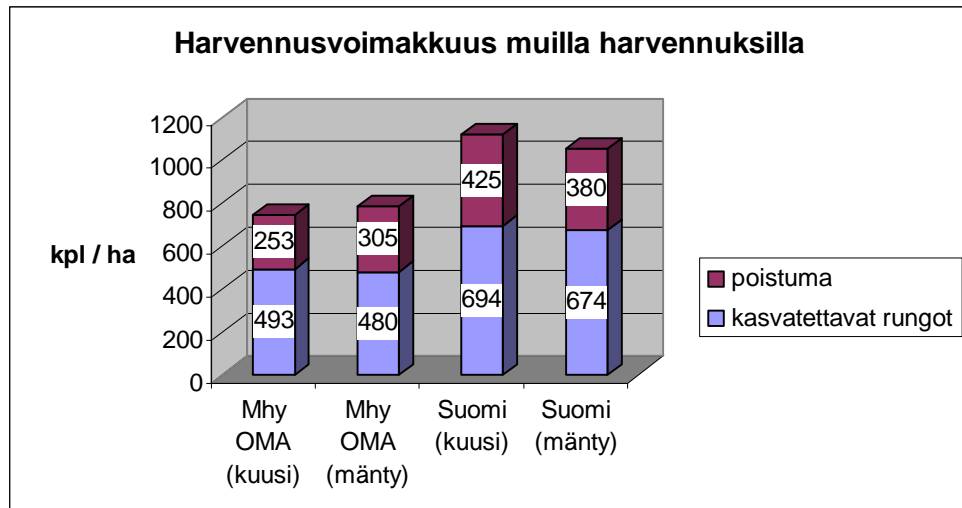
Jokaisesta tutkitusta harvennuskohteesta otettiin ylös harvennuksessa poistettujen yli 11 cm halkaisijaltaan olevien kantojen lukumäärä koealoittain. Näiden mittauksien avulla pystyttiin laskemaan harvennushakkuiden poistuma.

Vastaavasti jokainen koelohjelle sattunut kasvatettava puu kirjattiin ylös puulajeittain, joten keskimääräiset jäävän puuston määrät voitiin myös laskea.

Tarkistettujen kohteiden keskimääräinen kasvatettavan puuston määrä pääpuulajeittain ja poistuman määrä ensiharvennuksissa on esitetty kuvassa 6. Vastaavat tiedot myöhempien harvennusten osalta löytyy kuvasta 7. Tulosten vertailukohtana on käytetty koko Suomessa vuonna 2005 tehtyjä vastaavia harvennusvoimakkuuden mittauksia.

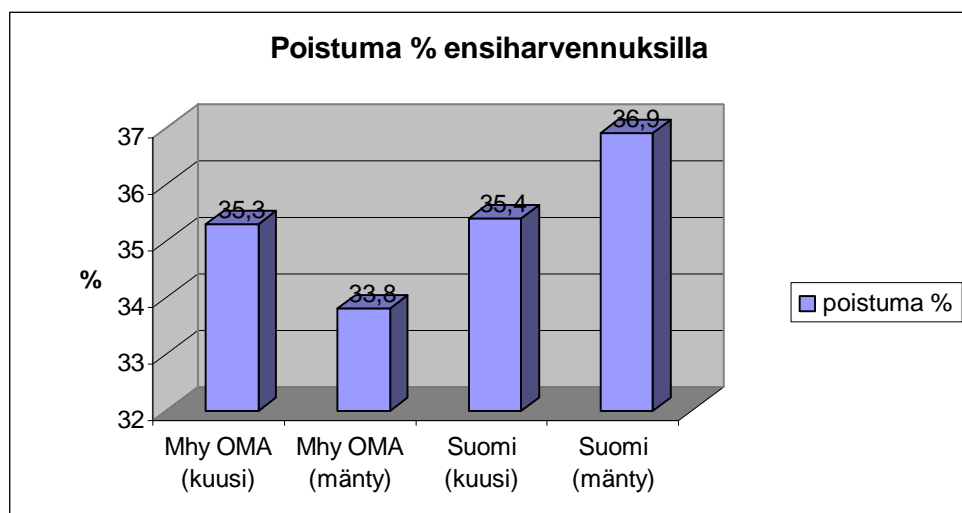


Kuva 6 Korjuupalvelun keskimääräinen kasvatettavan puuston ja poistuman määrä ensiharvennuksilla tarkastelujaksolla 2005–2006 verrattuna vertailuaineiston mittaustuloksiin

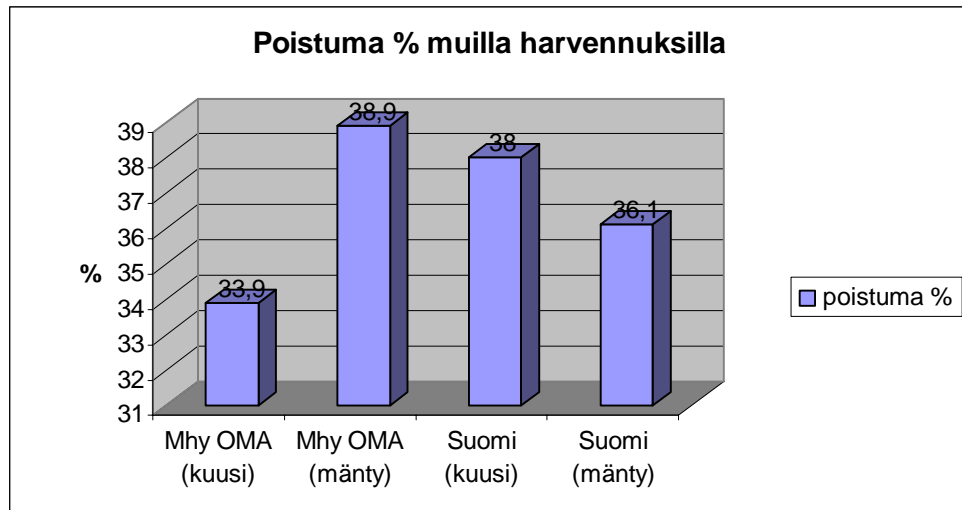


Kuva 7 Korjuupalvelun keskimääräinen kasvatettavan puuston ja poistuman määrä muilla harvennuksilla tarkastelujaksolla 2005–2006 verrattuna vertailuaineiston mittaustuloksiin

Tarkistettujen kohteiden keskimääräinen poistuman määrä prosentteina koko puustosta ensiharvennuksissa on esitetty kuvassa 8. Vastaavat tiedot myöhempien harvennusten osalta löytyy kuvasta 9. Tulosten vertailukohtana on käytetty koko Suomessa vuonna 2005 tehtyjä vastaavia harvennusvoimakkuuden mittauksia.



Kuva 8 Korjuupalvelun keskimääräinen poistuman määrä prosentteina koko puustosta ensiharvennuksilla tarkastelujaksolla 2005–2006 verrattuna vertailuaineiston mittaustuloksiin



Kuva 9 Korjuupalvelun keskimääräinen poistuman määrä prosentteina koko puustosta muilla harvennuksilla tarkastelujaksolla 2005–2006 verrattuna vertailuaineiston mittaustuloksiin

Tutkittavien kohteiden harvennusvoimakkuutta mitattiin myös harvennusmallien avulla. Jokaiselta koealalta mitattiin pohjapinta-ala ja valtapituus. Näiden tuloksien avulla voitiin harvennusmalleja käyttäen vertailla onko lopputulos metsänhoitosuosituksen mukainen. Keskimäärin korjuupalvelun tekemät ensiharvennukset olivat metsänhoitosuosituksen mukaisia. Pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen painottui ensiharvennusten kohdalla harvennusmallien alarajalle sekä keskivaiheille.

Myöhempien harvennusten lopputulos oli myös keskimäärin metsänhoitosuosituksen mukainen. Pohjapinta-alan painopiste muiden harvennusten jälkeen oli harvennusmallien alarajalla varsinkin rehevissä kuusikoissa. Kaksi lehtomaisen kankaan varttunutta kuusikkoa oli harvennettu hiukan harvennusmallien alapuolelle, mutta lakiraja oli vielä kaukana.

6 TULOSTEN TARKASTELU JA LOPPUPÄÄTELMÄT

6.1 Tulosten luotettavuus ja vertailukelpoisuus

Tutkintotyön analysoitavan aineiston keräämiseksi tehtiin syksyllä 2006 maastomittauksia Metsänhoitoyhdistys OMA:n hankinta- ja korjuupalvelun koneellisten harvennusten korjuujäljen selvittämiseksi. Tutkittavat kohteet valittiin ositetulla otannalla 2005 ja 2006 vuoden harvennuksista. Tutkimuksen laajuus oli 20 harvennuskohdetta kolmen eri kunnan alueella. Otannan laajuus ja mittaukset antavat riittävän tarkat tulokset korjuujäljen tasosta ja kehittämiskohteista, joten tutkimuksen tavoitteet saavutettiin.

Mittauksissa käytetty jälki-inventointi menetelmä on tarkka sekä luotettava ja antaa kattavan kuvan harvennusten korjuujäljestä mitatuilta kohteilta. Mitattujen kohteiden tulokset ovat luotettavasti vertailtavissa keskenään sekä myös samalla menetelmällä mitattuun vertailuaineistoon.

6.2 Puustovaurioiden määrä ja jakautuminen

Tutkituista harvennuskohdeista 12 kohdetta selvisi täysin ilman puustovaurioita. Mitatun aikajakson runko- ja juurivaurioiden prosentuaalinen osuus kasvatettavasta puustosta oli vuosina 2005 ja 2006 hyvin lähellä toisiaan. Puustovaurioiden määrä vuonna 2005 oli 1,2 prosenttia ja 2006 vuonna 1,4 prosenttia. Tämä on erittäin hyvä tulos ja kertoo korjuupalvelun laadukkaasta ja tasaisesta työnjäljestä. Koko mittausaineiston keskimääräinen vaurioprosentti puustovaurioiden osalta oli 1,3.

Puuston runkoon kohdistuvat vauriot olivat selvästi yleisempiä kuin juurivauriot. Vastaavien tutkimusten tulokset vahvistavat myös tätä samaa käsitystä vaurioiden jakautumisesta. Vaikka tarkistettujen ensiharvennusten ja

myöhempien harvennusten pinta-ala oli lähellä toisiaan, puustovauriot olivat selvästi keskittyneet myöhempiin harvennuksiin. Lähinnä puiden runkoihin (kuva 11) keskittyneet vauriot selittyvät ainakin osaltaan järeiden ja pitkien puiden kaatamisesta sekä käsittelystä.



Kuva 11 Tyypillinen runkovaurio koneellisessa harvennuksessa

Yksi kesäkauden 2005 myöhempi harvennus poikkesi merkittävästi puustovaurioiden määrän yleisestä tasosta. Kohteen runkovaurioprosentti oli 8,3 ja juurivaurioprosentti 2,8. Tämän kohteen tulokset vaikuttivat koko 2005 vuoden lopullisiin tuloksiin, mutta keskimääräinen puustovaurioprosentti jäi kuitenkin hyvin alhaiseksi.

Kaikki tutkimuksen aikana havaitut juuristovauriot (kuva 12) olivat myöhemmillä harvennuksilla ja painoutuivat kuusikoihin. Kuusikoiden osuutta juuristovaurioissa selittää vaurion syntymiselle herkempi kuusen pinnallinen ja laaja juuristo.



Kuva 12 Juurivaurio myöhemmässä harvennuksessa

6.3 Ajouraväli ja uraleveys mitatuilla kohteilla

Ajouraväli mitattiin 8 kohteella tutkimusaineiston koko määrästä.

Keskimääräinen ajouraväli oli metsänhoidon suositusten mukainen ja merkittävää vaihtelua eri kohteiden välillä ei ollut havaittavissa. Tutkimusten perusteella mitattujen harvennusten ajouraväliksi saatiin 20,8 metriä. Tämän tuloksen perusteella ajouraston suunnittelu on ollut onnistunutta ja hakkuukoneen kuljettajan ammattitaito on ollut myös kohdallaan. Merkittävä osa mitatuista kohteista oli ensiharvennuksia, koska myöhempien harvennusten kohdalla puuston runkoluku on useimmin liian pieni ajouraverkoston mittauksia varten.

Kahden ensiharvennuksen ajouraväli oli hieman yleistä tasoa alempi. Toisessa ajouraväli oli 19,6 metriä ja toisessa 18,3 metriä. Ainakin toisessa näistä kohteista ojalinjat olivat hieman häirinneet ajouraston suunnittelua. Tiheän kuusikon harvennus talvella vaikeuttaa myös ajourien suuntaamista, koska näkyvyys voi olla huonompi pimeyden tai puissa olevan lumen takia.

Ajouran leveyden mittauksia tehtiin 10 kohteella. Näiden tulosten perusteella keskimääräiseksi ajouraleveydeksi saatiin 4,2 metriä. Mitattujen arvojen vaihtelu eri kohteiden välillä oli todella pientä ja yleisesti arvot vaihtelivat 4,1 metristä 4,3 metriin. Tulos on hyvän metsänhoidon suositusten mukainen ja kaikissa kohteissa pysyttiin hyvin tavoitteissa sekä ensi- että myöhemmillä harvennuksilla.

6.4 Ajourapainumien osuus korjuujäljestä

Ajourapainumat tarkastettiin jokaiselta tähän tutkimukseen kuuluneelta harvennuskohteelta. Painumia havaittiin vain kahdella kohteella ja keskimääräinen ajourapainumien osuus ajouraston kokonaispituudesta oli 0,12 prosenttia. Tulos on erinomainen ja kertoo hankinta- ja korjuupalvelun korkeasta korjuujäljen tasosta. Oikeanlainen korjuukalusto, hyvä ennakkosuunnittelu ja oikea korjuuajankohdan määrittäminen ovat olleet keskeisiä tekijöitä korjuupalvelun hyvän lopputuloksen kannalta.

Korjuuolosuhteet vaikuttavat paljon urapainumien syntyyn. Molemmat kohteet, joilla urapainumia havaittiin, olivat kasvupaikkatyypiltään lehtomaista kangasta ja maalaji oli myös hienojakoista. Edellä mainitut seikat selittävät osaltaan urapainumien syntymisen herkkyyttä juuri näillä kohteilla. Molemmat kohteet oli harvennettu talvikaudella, joten lumi ja routa ovat vähentäneet urapainumia ja maastovaurioita. Tarkastelujaksolla 2005–2006 kesäkaudet olivat keskimäärin vähäsateisia ja kuivia sekä vastaavasti talvikausina roudan ja lumen määrä oli suhteellisen normaali. Korjuuolosuhteet olivat siis hyvät ja tämä seikka selittääkin osaltaan hyvää lopputulosta urapainumien suhteen.

Metsänhoitoyhdistys OMA:n metsänhoidonneuvojien paikallistuntemus ja oikean korjuuajankohdan määrittäminen on ollut myös tärkeä tekijä hyvään lopputulokseen pääsemiseksi.

6.5 Kasvatettavan puuston määrä

Mitattujen kohteiden perusteella kasvatettavan puuston määrä oli keskimäärin hyvän metsänhoidon suositusten mukainen. Pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen painottui yleisesti harvennusmallien alarajalle. Harvennusmallien koko vaihteluväliä on turvallista käyttää hyvän metsänhoidollisen ja taloudellisen tuloksen saavuttamiseksi. Varsinkin sekametsiköt ja jo valmiiksi harvat kohteet oli harvennettu harvennusmallien alarajoille. Alarajan käytön syynä tietyillä kohteilla oli ainakin järkevän taloudellisen tuloksen ja hyvän metsänhoidollisen tilan saavuttaminen.

6.6 Kokonaisarvostelu

Metsänhoitoyhdistys OMA:n hankinta- ja korjuupalvelun korjuujälki on tasaista ja metsänhoidollisesti laadukasta. Vertailuaineistoon ja muihin vastaaviin tutkimuksiin vertailtaessa korjuupalvelun korjuujälki oli keskimäärin parempaa joka osa-alueella. Tulevaisuuden haasteena on ylläpitää korjuujäljen korkeaa tasoa koneyrittäjien ja korjuuolosuhteiden vaihtelusta huolimatta.

Tämän tutkimuksen tuloksia ja johtopäätöksiä voidaan hyödyntää korjuujäljen seurantaan panostettavien resurssien suunnittelussa ja tarkistettavien kohteiden ja osa-alueiden valinnassa. Lopulliset tulokset ovat myös hyvää palautetta koneyrittäjille heidän työnsä laadukkuudesta ja auttavat koneenkuljettajia keskittämään huomionsa haastavien harvennuskohteiden korjuujäljen parantamiseen.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki. 100 s.

Isomäki, A. 1994. Ajouran leveyden määrittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 501. 66 s.

Kokko, P. ja Sirén, M. 1996. Harvennuspuun korjuujälki, korjuujäljen seurausvaikutukset ja niiden arviointi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 592. 70 s.

Metsäteho. 2003. Korjuujälki harvennushakkuussa-opas. Helsinki. 31 s.

Metsäteho. 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus-opas. Helsinki. 100 s.

Oksanen, E. 2002. Tapion taskukirja. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Jyväskylä. 555 s.

Sirén, M. 1998. Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden ennustaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 694. 179 s.

Sirén, M. (toim.) 2002. Ensiharvennusten korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 837. 56 s.

Sähköiset lähteet

Asko, P. 2003. Korjuujäljen mittauksen kehittäminen. Metsätehon raportti 156. 17.12.2003. [verkko-dokumentti], Metsäteho. [viitattu 5.2.2007] Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/uploads/85hzccheoq2demu.pdf>

Hynynen, J. ja Arola, M. 1999. Ensiharvennusajankohdan vaikutus hoidetun männikön kehitykseen ja harvennuksen kannattavuuteen. Metsätieteen aikakauskirja 1/1999: 5–23. [verkko-dokumentti], Metsäntutkimuslaitos. [viitattu 25.2.2007] Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/abs/fa99/fa991005.htm>

Kaarlo, R. 2001. Konekehityksellä yhä parempaan korjuujälkeen. Metsätieteen aikakauskirja 4/2001. [verkko-dokumentti], Metsäntutkimuslaitos. [viitattu 25.2.2007] Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff01/ff014635.pdf>

Kariniemi, A., Oijala, T ja Rajamäki, J. 1996. Koneellisen harvennushakkuun työnjälki. Metsätehon raportti 12. [verkko-dokumentti], Metsäteho. [viitattu 5.2.2007] Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/uploads/0pkc29.pdf>

Leirimaa, T. 2007. Tietopaketti Mhy OMA:n korjuupalvelusta [sähköpostiviesti] 19.2.2007

Lilleberg, R ja Korteniemi, P. 1998. Yhdistelmäkoneen ja yksioteharvesteriketjun korjuujälki ensiharvennuksilla. Metsätehon raportti 41 28.1.1998. [verkko-dokumentti], Metsäteho. [viitattu 5.2.2007] Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/uploads/oecmk.pdf>

Nuutinen, T. ja Hirvelä, H. 2006. Hakkuumahdollisuudet Suomessa valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella. Metsätieteen aikakauskirja 1B/2006: 223–237. [verkko-dokumentti], Metsäntutkimuslaitos. [viitattu 25.2.2007] Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff06/ff061223.pdf>

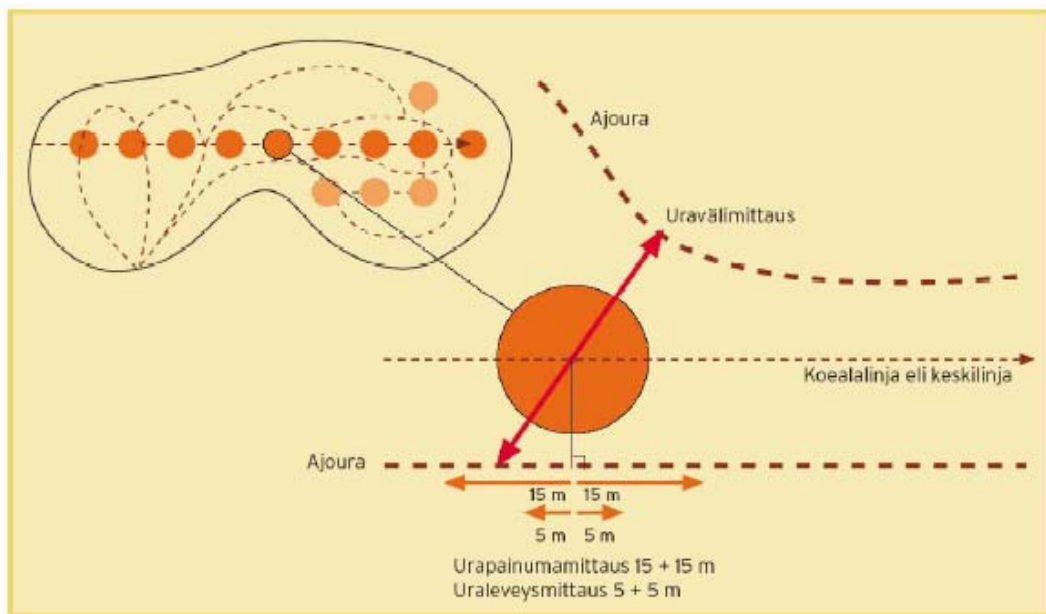
Poikela, A ja Äijälä, O. 2006. Harvennusvoimakkuus korjuujäljen osatekijänä. Metsätehon raportti 190. [verkko-dokumentti], Metsäteho. [viitattu 5.2.2007] Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/uploads/14jiav.pdf>

Rieppo, K ja Kariniemi, A. 2001. Korjuukoneiden kehittämismahdollisuudet korjuujäljen kannalta. Metsätehon raportti 118. [verkko-dokumentti], Metsäteho. [viitattu 5.2.2007] Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/uploads/wrj9ac717p0.pdf>

Stöd, R., Sirén, M., Tantu, V. ja Verkasalo, E. 2003. Jäävän puuston ja poistuman tekninen laatu ensiharvennusmänniköissä. Metsätieteen aikakauskirja 4/2003: 439–464. [verkko-dokumentti], Metsäntutkimuslaitos. [viitattu 25.2.2007] Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/abs/fa03/fa034439.htm>

Äijälä, O. 2003. Maastotyöohje: korjuujäljen seuranta. [verkko-dokumentti], Metsäteho. [viitattu 19.4.2007] Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/uploads/7h48da.pdf>

Äijälä, O. 2006. Harvennushakkuiden ja energiapuuharvennusten korjuujäljen tarkastuksen tulokset 2005. [verkko-dokumentti], Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.[viitattu 6.10.2006] Saatavissa: http://www.metsavastaa.net/tiedostot/dokumentit/198/Korjuuj%E4lki_liitteet_2005.pdf



Puuston ja ajourien mittauspisteiden sijoitteluperiaate jälki-inventointimenetelmässä
(Metsäteho 2003)

Tarkastettujen kohteiden tiedot

kohde	pinta-ala ha	r.luku kpl/ha	ppa m ²	v.pituus m	kl	kasvup.	pääpl	juuriv. %	runkov. %	vauriot %	uraväli m	uraleveys m	painumat %
1	0,8	360	19	20	3	VT	Mä	2,8	8,3	11,1			0
2	2,4	360	19	21	3	OMT	Ku	0	0	0			0
3	3	980	15	15	2	MT	Mä	0	2	2	20,7	4,1	0
4	3,8	1040	18	15	2	VT	Mä	0	0	0	22,7	4,1	0
5	1,7	1000	18	15	2	OMT	Ku	0	0	0	18,3	4,2	0
6	1,7	480	24	21	3	OMT	Ku	0	0	0			0
7	2,1	980	13	12	2	VT	Mä	0	0	0	22	4,1	0
8	1,2	340	21	21	3	OMT	Ku	2,9	0	2,9			0,7
9	1,2	630	21	19	3	OMT	Ku	0	3,2	3,2	21,8	4,3	0
10	1,8	1160	18	15	2	OMT	Ku	0	0	0	21	4,1	0
11	1	460	21	20	3	OMT	Ku	0	0	0			1,7
12	1,5	530	22	20	3	MT	Ku	0	1,9	1,9			0
13	0,7	420	21	19	3	OMT	Ku	0	0	0			0
14	2,1	540	20	19	3	MT	Ku	0	0	0			0
15	1,4	980	18	14	2	VT	Mä	0	0	0		4,1	0
16	0,9	500	18	18	3	MT	Ku	0	0	0			0
17	0,8	740	15	14	2	VT	Mä	0	0	0	20	4,3	0
18	4,7	1000	15	14	2	VT	Mä	0	2	2	19,6	4,2	0
19	1,6	600	17	17	3	VT	Mä	0	1,7	1,7			0
20	1,4	670	21	19	3	OMT	Ku	3	3	6		4,2	0