

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Mika Härkönen

JOUKKOKÄSITELTYJEN ENSIHARVENNUKSIEN KORJUJÄLKI STORA
ENSON ITÄ-SUOMEN HANKINTA-ALUEELLA

Opinnäytetyö
Helmikuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2013
Metsätalouden koulutusohjelma

Sirkkalantie12 A
80100 JOENSUU
p. (013) 260 6900

Tekijä(t)
Mika Härkönen

Nimeke
Joukkokäsitteltyjen ensiharvennuksien korjuujälki Stora Enson Itä-Suomen hankinta-alueella

Toimeksiantaja
Stora Enso Metsä

Tiivistelmä

Puunkorjuutavoitteet ensiharvennuksilta kasvavat ja metsähakkeen käyttöä energiantuotannossa pyritään lisäämään. Joukkokäsittely ja integroitu korjuu ovat eräitä uusia keinoja näiden tavoitteiden saavuttamiseen. Joukkokäsittelyn vaikutusta korjuujälkeen ei ole kuitenkaan tutkittu.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää joukkokäsitteltyjen ensiharvennuksien korjuujälkeä Stora Enson Itä-Suomen hankinta-alueella. Tutkimuskohteita oli yhteensä 20 kappaletta. Mittaukset suoritettiin jälki-inventointimenetelmällä, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion maastotarkastusohjeen mukaisesti. Aineisto kerättiin kesällä 2012 Stora Enson Lieksan ja Nurmeksien alueilta, joukkokäsitellyiltä leimikoilta.

Korjuujälkeä arvioitiin harvennusvoimakkuuden, runkovaurioiden, ajouraleveyden ja ajouravälin perusteella. Tuloksia vertailtiin Tapion vuoden 2010 korjuujäljen valtakunnallisiin tarkastustuloksiin. Keskimääräinen vaurioprocentti mitatuilla kohteilla oli korkea, 5,83 %. Ajouraleveydet ja -välit olivat keskimäärin metsänhoitosuosituksen mukaiset. Yhdeksän kohdetta oli harvennettu metsänhoitosuosituksen mukaiseen tavoitetiheyteen ja loput niiden alapuolelle. Lain minimirajoja ei ollut alitettu.

Tulosten perusteella on selvää, että joukkokäsittelyjen korjuujäljessä on reilusti parannettavaa. Erityisesti runkovaurioiden välttämiseen tulee jatkossa kiinnittää entistä enemmän huomiota. Kohteiden valintaa ja menetelmän oikeaa käyttöä on syytä tarkentaa.

Kieli
suomi

Sivuja 41
Liitteet 4
Liitesivumäärä 4

Asiasanat
joukkokäsittely, korjuujälki, ensiharvennus



THESIS
February 2013
Degree Programme in Forestry
Sirkkalantie 12
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +385-13-260-6900

Author(s)
Mika Härkönen

Title
Post- Harvest Quality of Multi-Tree Handled First Thinnings in Stora Enso Eastern Finland's Supply District

Commissioned by
Stora Enso Forest

Abstract

Timber harvesting requirements from first thinnings are rising, and efforts are being made to increase the use of forest chips in energy production. Multi-tree handling and integrated harvesting are new techniques to reach these goals. However, the effect of multi-tree handling on post-harvest quality has not been under research.

The aim of this thesis was to investigate the post-harvest quality in multi-tree handled first thinnings in Stora Enso's Eastern Finland's supply district. In total, there were 20 research areas. Measurements were carried out with a post-checking method, which is based on control instructions of the Forestry Development Centre Tapio. Research material was collected from multi-tree handled thinnings in Stora Enso's areas in Lieksa and Nurmes in the summer of 2012.

The post-harvest quality was estimated on the basics of thinning intensity, trunk injuries, distance between strip roads and the width of strip roads. The results were compared to Tapio's national control results of post-harvest quality from the year 2010. The average damage percentage in this research was 5.83 per cent. Distances between strip roads and their widths were in agreement with forest management recommendations. Nine areas were thinned to the right density and the rest under it. All thinning densities were over minimum limits of the Forest Act.

On the strength of the results of the survey, it is obvious that there is a lot to improve in the post-harvest quality of multi-tree handled first thinnings. Especially, more and more attention should be paid to avoiding trunk damages in the future. The choice of sites and the correct use of the method should be focused on.

Language
Finnish

Pages 41
Appendices 4
Pages of Appendices 4

Keywords
multi-tree handling, post-harvest quality, first thinning

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	5
2	Ensiharvennus- ja bioenergiatavoitteet	6
2.1	Ensiharvennus	6
2.2	Bioenergia.....	8
3	Integroitu korjuu ja joukkokäsittely	9
3.1	Integroitu korjuu ja joukkokäsittely Stora Ensossa.....	10
3.2	Stora Enson käyttämät korjuumenetelmät	10
4	Korjuujälki	11
4.1	Puustovauriot.....	11
4.2	Harvennusvoimakkuus	12
4.3	Puuvalinta.....	14
4.4	Ajourat	14
5	Korjuujäljen valtakunnalliset tarkastustulokset 2010	15
6	Tutkimuksen tavoite	15
7	Tutkimuksen toteutus.....	16
7.1	Mittausmenetelmä	16
7.2	Harvennusvoimakkuus	18
7.3	Runkovauriot.....	19
7.4	Ajourat	19
7.5	Kokonaisarvostelu	20
8	Tutkimuksen tulokset	20
8.1	Mittauskohteet	20
8.2	Harvennusvoimakkuus	22
8.3	Runkovauriot.....	23
8.4	Ajouraväli.....	28
8.5	Ajouraleveys	30
8.6	Kantojen korkeus	31
8.7	Kokonaisarvostelu	32
9	Yhteenveto tutkimuksesta ja pohdinta	33
	Lähteet.....	40

Liitteet

Liite 1 Tiedonkeruulomake

Liite 2 Mittaustulokset

Liite 3 Kohteiden tiedot

Liite 4 Lakiraja ja tavoitetiheydet kohteittain

1 Johdanto

Metsäntutkimuslaitoksen laskelmien mukaan seuraavan kymmenen vuoden aikana ensiharvennuksia tulisi tehdä yli 300 000 hehtaaria vuodessa. Lisäksi ensiharvennusten korjuukustannukset ovat verrattain suuret, vuonna 2009 keskimäärin 16,5 €/m³. (Kärhä & Keskinen 2011.) Näiden haasteiden voittaminen vaatii korjuumenetelmien kehittymistä ja tähän vaatimukseen joukkokäsittely ja integroitu korjuu pyrkivät vastaamaan. Stora Enso on ottanut joukkokäsittelyn käyttöön ensiharvennuksissa Itä-Suomen hankinta-alueella vuoden 2012 keväästä alkaen.

Opinnäytetyön aihe saatiin Stora Enso Metsältä, joka hoitaa Stora Enson Suomen tuotantolaitosten puuhuollon. Olin yhteydessä Stora Enson kehityspäällikkö Kalle Kärhään mahdollisista opinnäytetyöaiheista. Ajankohtaisena ja suhteellisen uutena menetelmänä joukkokäsittelyn korjuujäljen selvittäminen oli mielenkiintoinen ja mieluinen aihe minulle.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää korjuuvaurioiden määrää joukkokäsittelyissä ensiharvennuksissa ja verrata sitä yksinpuin tehtyihin ensiharvennuksiin. Kohteiden tuli sijaita Stora Enson Itä-Suomen hankinta-alueelta, Pohjois-Karjalasta. Opinnäytetyössä ei ensisijaisesti pyritty selvittämään vaurioiden syitä eikä kehittämään joukkokäsittelymenetelmää. Pääpainopiste oli vaurioiden määrässä. Vaurioista mitattiin ainoastaan puustovauriot, koska joukkokäsittelyn ei katsottu vaikuttavan juuristovaurioiden syntymiseen.

Kohteiksi arvottiin 20 joukkokäsiteltyä ensiharvennuskohdetta Stora Enson Itä-Suomen hankinta-alueelta. Niistä kaikki olivat kesäkorjuukelpoisia kangasmaakohteita. Kohteista 14 sijoittui Lieksan ja 6 Nurmeksen alueelle. Kohteilta oli korjattu sekä energia- että ainespuuta.

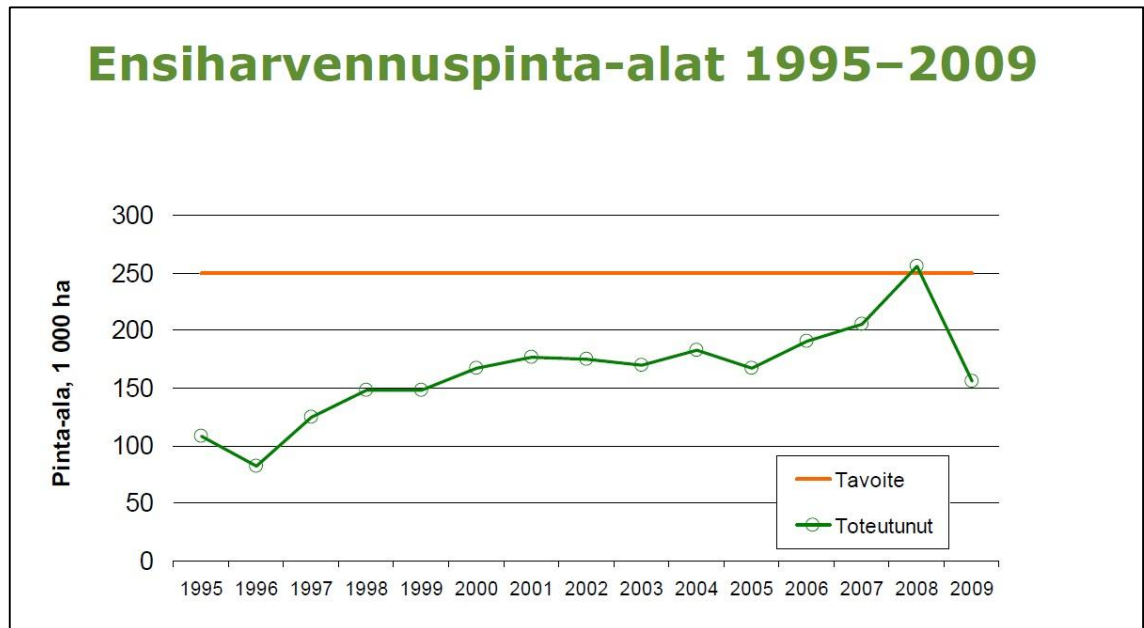
2 Ensiharvennus- ja bioenergiatavoitteet

2.1 Ensiharvennus

Harvennushakkuulla tavoitellaan kasvatettavan puuston laadun parantumista, puuston järeytymisen nopeutumista ja luonnollisesti harvennushakkuutuloja. Pystyyn jätettävien puiden valinnassa huomioidaan olemassa olevan puuston laatu, kasvupaikan puuntuotoskyky ja puuston tilajärjestys. Tavoitteena on poistaa huonolaatuisia, vioittuneita ja kehityksessä jälkeenjääneitä tai kasvussa reilusti edellä olevia puita. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006.)

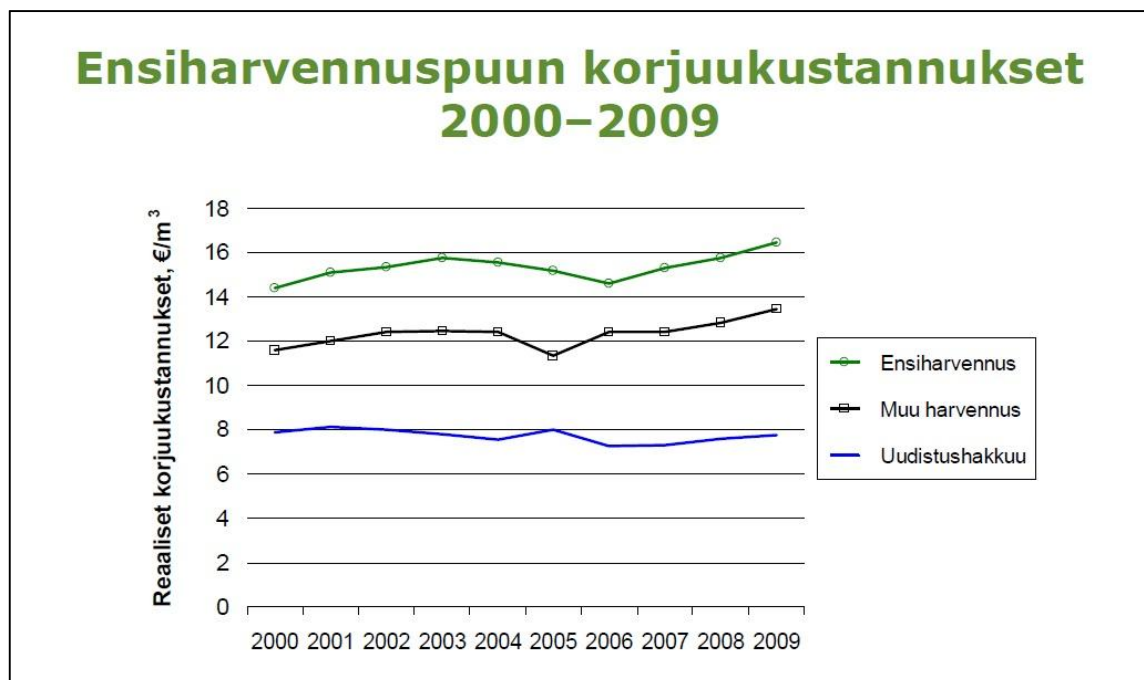
Harvennuksien ja erityisesti ensiharvennusten ajoittaminen oikein on metsikön kasvun ja elinvoimaisuuden kannalta tärkeää (Metsäteho Oy 2010). Normaalisti ensiharvennus suositellaan tehtäväksi runkoluvusta riippuen 12–15 metrin valtapituudessa. Jos halutaan tuottaa energiapuuta, harvennusajankohta aikaistuu noin 10–12 metrin pituuteen. Aikaistettu ensiharvennus on tehtävä, jos taimikonhoito on jäänyt tekemättä tai puusto on sen jälkeen jäänyt ylitihäksi. Tällöin puunkorjuukustannukset nousevat korkeammiksi alhaisemman hakkuukertymän ja pienempien runkojen vuoksi. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006.) Yleensä ensiharvennuksessa poistetaan noin kolmasosa puuston tilavuudesta (Metsäkeskus 2012).

Ensiharvennuksia on Suomessa tehty 2000-luvulla keskimäärin 190 000 hehtaaria vuodessa. Suurimmillaan ensiharvennuspinta-alat olivat vuonna 2008 (256 000 ha) ja alimmillaan 2009 (156 000 ha). Vuosittainen ensiharvennustavoite on ollut 250 000 hehtaaria (kuvio 1). Metsätutkimuslaitoksen VMI -laskelmien perusteella ensiharvennuksia olisi tehtävä yli 3 miljoonaa hehtaaria tulevien 10 vuoden aikana (yli 300 000 ha/vuosi). Ainespuuta on korjattu ensiharvennuksilta metsäteollisuuden käyttöön keskimäärin yli 7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. (Kärhä & Keskinen 2011.)



Kuvio 1. Ensiharvennuspinta-alat (Kärhä & Keskinen 2011).

Ensiharvennuspuiden korjuukustannukset ovat 2000-luvulla olleet muita harvennustapoja korkeammat (kuvio 2). Vuonna 2009 ne olivat keskimäärin $16,5 \text{ €/m}^3$. Korkeiden kustannusten taustalla ovat korjuuolosuhteiden haasteet: poistettavat puut ovat pieniä, hakkuukertymät alhaisia, tiheä alikasvos haittaa korjuuta ja turvemaiden maaston kantavuus on heikko. (Kärhä & Keskinen 2011).



Kuvio 2. Ensiharvennuspuiden korjuukustannukset (Kärhä & Keskinen 2011).

Ensiharvennuksista saatavilla raaka-ainemäärillä on ollut merkittävä osa metsäteollisuudelle. Tavoitteista on kuitenkin jääty jo pitemmän aikaa ja ensiharvennuspuun korjuuta pitää jatkossa kyetä kehittämään. Metsätehon mukaan keinoja tähän ovat muun muassa joukkokäsittely, integroitu puunkorjuu ja kuormainvaakamittaus. (Kärhä & Keskinen 2011.)

2.2 Bioenergia

Hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen pitoisuudet kasvavat ilmakehässä. Suurin syy tähän on fossiilisten polttoaineiden käyttö energiantuotannossa ja liikenteessä. Ilmastonmuutosta voidaan torjua siirtymällä fossiilisista polttoaineista uusiutuviin energialähteisiin. Euroopan unioni on asettanut Suomelle tavoitteen vuodelle 2020: energiasta 38 % tulee tuottaa uusiutuvilla energialähteillä. Tähän tavoitteeseen pääsemiseksi Suomella on käytössään kolme tärkeää uusiutuvan energian lähdettä: puu, vesi ja tuuli. (Maa- ja metsätalousministeriö 2012.)

Vuoden 2011 energian kokonaiskulutuksesta viidesosa saatiin puuperäisistä polttoaineista. Suurin osa tästä energiasta tulee kuorista, puruista ja jäteliemistä. Lisäksi talousmetsien hoidon ja hakkuiden yhteydessä saatavat latvukset, oksat, rangat ja kannot voidaan hakettaa ja käyttää energian tuottamiseen. Suomessa metsähakkeen käyttö on kahdeksankertaistunut vuoden 2000 jälkeen. Hallitus on asettanut tavoitteen, että vuoteen 2020 mennessä metsähakkeen käyttömäärä on nostettu 13,5 miljoonaan kuutiometriin vuodessa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2012.)

Metsähaketta käytettiin 7,5 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2011. Lukema vastaa 3,9 % Suomen energian kulutuksesta. Lämpö- ja voimalaitoksissa käytettyä 6,8 miljoonasta kuutiometristä metsähaketta saatiin:

- 33 % hakkuutähteistä
- 45 % pienpuusta (koko- ja rankapuusta)
- 14 % kannoista
- 8 % järeästä (lahovikaisesta) runkokuusta. (Ylitalo 2012.)

Metsätehon mukaan suurin metsähakkeen lisäyspotentiaali on nuorista metsistä saatavassa pienpuussa (Metsäteho 2010). Integroitu korjuu ja joukkokäsittely ovat eräitä keinoja lisätä energiapuun korjuuta ensiharvennuksissa.

3 Integroitu korjuu ja joukkokäsittely

Ensiharvennuksilta voidaan korjata joko pelkästään energiapuuta tai korjuu voidaan suorittaa integroidusti. Integroitu korjuu on aines- ja energiapuun yhdistelmäkorjuuta, jossa ainespuuvahvuiset puunosat korjataan ainespuuksi ja latvaosat ja pienet rungot (pienpuu) kerätään energiapuuksi (Metsäteho Oy 2012). Puuston koosta ja korjuumenetelmästä riippuen pienpuu korjataan joko kokotai rankapuuna. (Metsäteho Oy 2010).

Pienpuunkorjuussa on otettu käyttöön joukkokäsitteleviä hakkuulaitteita (Metsäteho Oy 2010). Joukkokäsittelytoiminto on ominaisuus, joka mahdollistaa useamman puun samanaikaisen käsittelyn. Kuljettaja poimii kouraan 2–5 rungon nipun, joka karsitaan ja katkotaan kerralla. Hakkuulaitteessa voidaan käyttää joukkokäsittelypihtejä, jotka parantavat nipun pystyssä pysymistä. Taakkaan poimitaan samankokoisia ja samaa puulajia olevia runkoja. (Metsäteho Oy 2012).

Metsätehon ja TTS Tutkimuksen joulukuussa 2010 tekemässä tutkimuksessa vertailtiin kuutta eri hakkuumenetelmää. Tutkimuksen tulosten perusteella 7–15 senttimetriä rinnankorkeusläpimitaltaan olevien puiden hakkuussa kuitupuun ja rankapuun joukkohakkuu oli 5–19 % tuottavampaa kuin yksinpuin hakkuussa. Lisäksi:

- Kuitupuun yksinpuin hakkuussa kului 8–23 % enemmän aikaa kuin kuitupuun joukkohakkuussa.
- Rankapuun yksinpuin hakkuussa kului 4–26 % enemmän aikaa kuin rankapuun joukkohakkuussa. (Kärhä, Mutikainen, Keskinen & Petty 2011.)

Joukkokäsittely siis nopeuttaa ja tehostaa puunkorjuuta. Sitä, tapahtuuko se korjuujäljen kustannuksella, tutkitaan tässä opinnäytetyössä.

3.1 Integroitu korjuu ja joukkokäsittely Stora Ensossa

Stora Ensolla on ollut valmius integroidun korjuun käyttöönottoon vuoden 2011 helmikuusta alkaen (Terve Metsä 2011). Koko Suomessa joukkokäsittelymenetelmän käyttöä on lisätty runsaasti viime vuosina. Joukkokäsiteltujen ensiharvennuksien korjuujälkeä on tämän tutkimuksen lisäksi tutkittu Stora Ensossa myös Etelä-Suomen hankinta-alueella. Tutkimuksen teki kesän 2012 aikana Tampereen ammattikorkeakoulun opiskelija Tuukka Kataja. Keskimääräinen vaurioprosentti oli Etelä-Suomessa 3,38 % (Kataja 2012, 20).

Stora Ensolla on käytössään kolme joukkokäsittelymenetelmää. Käytettävä menetelmä valitaan kohteen mukaan. Kaikissa menetelmissä puut punnitaan ajokoneen kuormainvaa'alla ja paino (kg) muunnetaan tilavuudeksi (m³) kertoimien avulla. Kuitupuiden mittauksessa käytetään Metsäntutkimuslaitoksen laatimia tuoretiheystaulukoita. Metsäenergiarankojen kilomäärät muunnetaan kuutiometreiksi Energiapuun mittaussoppaan tuoretiheystaulukoiden mukaan. (Stora Enso Oyj 2013.)

Yhteisenä ohjeena menetelmille on ennakkoraivaus, tarkemmin näkemäraivaus. Ero normaaliin ennakkoraivaukseen on se, että poistettavaksi alikasvokseksi lasketaan puut, joiden rinnankorkeusläpimitta on alle 5 senttimetriä.

3.2 Stora Enson käyttämät korjuumenetelmät

Tornatorin leimikoilla Stora Ensolla on käytössä rankamenetelmä, jossa korjataan sekä aines- että energiapuuta. Kuljettaja hakkaa kuitupuun puulajeittain latvarankoineen samaan kourakasaan. Latvarankojen lisäksi mukana on myös yli 5 senttimetrin rinnankorkeusläpimittaisia energiारankoja (Stora Enso Oyj 2013). Rankalajit kuljetetaan samassa kasassa tehtaan kuorimoon saakka, ja vasta tehtaan kuorimorummussa eri jakeet erotetaan massatehtaalle ja energiakäyttöön. (Terve Metsä 2011).

Etuiina tässä menetelmässä ovat tienvarsihaketuksen poisjänti, tehdashinnan aleneminen, puiden kuljettaminen samalla kalustolla ja korjuumenetelmän selkeys. Miinuksena voi mainita haasteellisuuden energiaosuuden tarkassa määrittämisessä. (Stora Enso Oyj 2013.)

Yksityisten metsissä energiapuun tarkka määrä on Kemera-tuen vuoksi tarpeellista tietää. Näillä kohteilla Stora Enso käyttää kahden kasan menetelmää. Tässä menetelmässä kuljettaja hakkaa joukkokäsittelymenetelmällä pääpuulajin kuitupuun yhteen kasaan ja muut kuitulajit sekä energiapuut erilleen. Pääpuulajin kuitupuun menee selluksi ja muut energiapuiksi voimalaitokselle. Energiapuu haketetaan tienvarressa tai murskataan voimalaitoksella. Leimikoksi kelpaa kohde, jossa runkojen keskijäreys on yli 70 litraa. Etuina menetelmässä ovat energia- ja kuitupuun järeyden kasvu, menetelmän selkeys kuljettajalle ja metsän ravinnetasapainon säilyminen. (Stora Enso Oyj 2013.)

Puhtailla energiapuukohteilla käytössä on energiapuumenetelmä, jossa kaikki poistettava puu menee latvoineen energiapuuksi voimalaitoksille. Kohteen tulee olla runsaasti energiapuuta sisältävä nuoren metsän kunnostuskohde. Metsäenergiarangat haketetaan tienvarsivarastolla ja kuljetetaan hakerekoilla polttolaitoksille. (Stora Enso Oyj 2013.)

4 Korjuujälki

Korjuujälki tarkoittaa metsikön puuston ja maaperän tilaa korjuun jälkeen. Harvennushakkuussa sitä arvioidaan puustovaurioiden, harvennusvoimakkuuden, puuvalinnan, ajouravälin, ajouraleveyden ja ajourapainaumien perusteella (Metsäteho Oy 2003, 4).

4.1 Puustovauriot

Hyvän korjuujäljen merkitys metsikölle on erittäin tärkeä. Pienikin vaurio altistaa puun lahottajasienten vaikutukselle. Lisäksi runkovaurioissa puu kylestyy vaurioitumiskohdasta ja siihen syntyy koro, joka laskee merkittävästi puun jalostusarvoa. Juuristovaurioiden vaikutuksesta puun kasvu hidastuu, kun veden ja ravinteiden saanti heikkenee. (Metsäteho Oy 2003, 16.)

Runkovaurioista suurin osa syntyy hakkuuvaiheessa, kaadettavan puun osuessa jäävään puuhun. Suurimmillaan runkovaurioriski on touko-kesäkuussa nila aikana. Etenkin koivu- ja mäntyvaltaiset harvennukset ovat vaurioarvoja tähän aikaan vuodesta. Myös liian kapea tai mutkainen ajoura voi aiheuttaa runkovau-

rioita, kun kuormaintraktori ei pysty ajamaan siististi puiden välistä. (Metsäteho Oy 2003, 16.)

Puustovaurioiden välttäminen on kirjattu metsälain 5. §:n seuraavasti: ”Hakkuu ja toimenpiteet sen yhteydessä on toteutettava niin, että vältetään hakkuualueelle kasvamaan jätettävän ja hakkuualueen ulkopuolella kasvavan puuston vahingoittamista”. (Metsälaki 12.12.1996/1093.) Puustovaurioille ei ole laissa määritetty enimmäismäärää. Lähtökohtaisesti metsärikkomus tapahtuu, jos vaurioiden välttämiseksi ei ole ryhdytty asianmukaisiin toimenpiteisiin, kuten korjuun hyvään suunnitteluun (oikea hakkuumenetelmä tarkoituksenmukaisella kalustolla) ja huolelliseen toteutukseen. (Metsäteho Oy 2003, 17.)

4.2 Harvennusvoimakkuus

Harvennusvoimakkuutta arvioidaan metsänhoitosuosituksen harvennusmallien avulla. Malleissa on huomioitu metsikön pääpuulaji, kasvupaikka ja sijainti. Parhaiten ne toimivat hoidettujen tasaikäisten metsien harvennuksissa. Mallit on laadittu huomioiden puuston kokonaistuotos, laatukasvu ja korjuun kannattavuus. (Metsäteho 2003, 10.)

Valtapituuteen perustuvat harvennusmallit kertovat kasvatettavan puuston tavoitetason pohjapinta-alana. Niitä voidaan käyttää harvennustarpeen ja toteutuneen harvennusvoimakkuuden arvioinnissa. Viranomaistarkastuksissa käytetään näitä harvennusmalleja. Metsätehon korjuujälkioppaan mukaan ylitiheissä, pieniläpimittaisissa (< 13 cm) ensiharvennuskohteissa ei pohjapinta-alan mittaaminen ole mielekästä. Sen vuoksi niille on laadittu omat valtapituuteen perustuvat harvennusmallit, joissa tavoiteltava tiheys ilmaistaan pohjapinta-alan sijaan runkolukuna. (Metsäteho Oy 2003, 10–11.)

Harvennusvoimakkuuteen vaikuttaa se millaista kasvatusmallia käytetään. Intensiivisessä kasvatuksessa puusto hakataan harvemmaksi kuin perusmallissa tai laatupuun kasvatuksessa. Eri metsiköiden tavoiterunkoluvut löytyvät Hyvän metsänhoidon suositusten liitteestä 7. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006.) Suositusten mukaiset nuorten metsien tavoiterunkoluvut ensiharvennusten jälkeen ovat Etelä- ja Väli-Suomessa seuraavat:

- Männyllä 700–1200 runkoa/ha riippuen metsätyypistä, valtapituudesta ja kasvatusmallista
- Rauduskoivulla 700–800 runkoa/ha (hieskoivu 900–1000 runkoa/ha). (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006.)

Harvennusmallien alarajat ovat suosituksia, joiden alittaminen ei välttämättä ole taloudellisesti kannattavaa. Jokaiselle harvennusmallille on lisäksi määritetty ns. lakiraja, joka kertoo kasvupaikka- ja puulajikohtaisen sallitun minimitiheyden. Jos tämän rajan alittaa voimakkaasti, niin hakkuu voidaan tulkita metsälain, sen säädösten ja määräysten vastaiseksi. (Metsäteho Oy 2003, 13.) Harvennusmallikohtaiset lakirajat on kirjattu metsäasetuksen (1234/2010) liitteessä 3, taulukon 1 mukaisesti. Taulukossa puulajin ja kasvupaikan mukaiset lakirajat on määritetty runkolukuna tai pohjapinta-alana riippuen puuston valtapituudesta kohteella. Kohteilla, joilla valtapituus on alle 12 metriä puuston vähimmäismäärä ilmaistaan runkolukuna. Kun valtapituus on yli 12 metriä, niin vähimmäismäärät on ilmoitettu pohjapinta-alana.

Taulukko 1. Puuston vähimmäismäärät kasvatushakkuun jälkeen (Metsäasetus 1234/2010).

Puulajivaltaisuus ja kasvupaikan laatu		Puuston valtapituus metreinä						
		Alle 12	Vähintään 12	Vähintään 14	Vähintään 16	Vähintään 18	Vähintään 20	Vähintään 22
		Runkoluku, kpl/ha	Pohjapinta-ala, m ² /ha					
1	Etelä- ja Väli-Suomi	800	10	12	14	15	16	16
	Pohjois-Suomi	700	9	11	13	14	14	—
2	Etelä-Suomi	800	9	11	13	15	15	15
	Väli-Suomi	700	9	11	13	14	14	14
3	Pohjois-Suomi	700	8	10	12	12	12	—
	Etelä- ja Väli-Suomi	800	9	11	12	13	13	—
4	Pohjois-Suomi	700	8	10	11	11	11	—
	Etelä- ja Väli-Suomi	700	8	9	10	10	10	—
5	Pohjois-Suomi	600	7	9	9	9	—	—
	Etelä- ja Väli-Suomi	600	—	7	9	11	12	—
6	Pohjois-Suomi	500	—	7	9	10	—	—
	Etelä- ja Väli-Suomi	700	—	7	9	10	10	—
6	Pohjois-Suomi	600	—	7	9	10	—	—

Ravinteisuudeltaan taulukon 1–6 kasvupaikkoja vastaavilla turvemaidella sovelletaan samoja vähimmäisrajoja.

Taulukon riviotsikot:

1: kuusivaltaiset metsiköt lehtomaisella kankaalla

2: mänty- ja kuusivaltaiset metsiköt tuoreella kankaalla

3: mäntyvaltaiset metsiköt kuivahkolla kankaalla

4: mäntyvaltaiset metsiköt kuivalla kankaalla

5: rauduskoivuvaltaiset metsiköt tuoreella kankaalla tai sitä ravinteikkaammalla kankaalla

6: hieskoivuvaltaiset metsiköt tuoreella kankaalla tai sitä ravinteikkaammalla kankaalla

4.3 Puuvalinta

Puuvalinnan onnistumisella on merkittävä osa harvennuksen onnistumiseen ja lopputulokseen. Puuvalinnan arviointi on kuitenkin jälkikäteen tehtävässä tarkastuksessa vaikeaa. Normaalisti arviointi kannattaa tehdä silloin, kun hakkuutyöt ovat vielä käynnissä. Vertailemalla hakkaamatonta ja jo hakattua harvennusalaa, voidaan puuvalintaa arvioida. (Metsäteho Oy 2003, 14)

Päällimmäisenä ajatuksena on, että harvennuksessa poistetaan vioittuneita, sairaita, huonolaatuisia tai kasvussa jälkeen jääneitä tai reilusti edellä olevia puita. Kasvamaan taas jätetään hyvälaatuisia ja -kasvuisia yksilöitä. (Metsäteho Oy 2003, 14.)

4.4 Ajourat

Ajouraverkoston tiheys- ja leveys-suosituksia käyttämällä saadaan hyödynnettyä metsikön potentiaalinen kasvutila parhaiten. Ajouratunnuksien tarkkailu on erityisesti ensiharvennuksissa tärkeää, koska ajourat tulevat olemaan käytössä kaikissa myöhemmissä harvennuksissa, metsän koko kiertoajan. (Metsäteho Oy 2003, 18.)

Ajouraverkosto vastaa noin 10 % osuutta koko harvennusalan pinta-alasta. Metrin lisäys ajouraleveydessä kasvattaa osuuden jo puolitoistakertaiseksi. Ajouraleveyden ihannetaso riippuu kulloinkin käytössä olevasta kalustosta, mutta alle neljän metrin leveydessä reunapuiden vaurioitumisriski kasvaa. (Metsäteho Oy 2003, 18.)

Liian syvät ajourapainaukset voivat vahingoittaa ajouran reunoilla olevien puiden juuristoa ja aiheuttaa sillä tavoin kasvu- ja laatutappioita. Liian syvät ajourat vaikuttavat myös kohteiden vesitalouteen ja maan ja sen mineraalien huuhtoutumiseen. Vähäiset painaukset palautuvat nopeasti maan routaantumisen seurauksena. (Metsäteho Oy 2003, 18.)

5 Korjuujäljen valtakunnalliset tarkastustulokset 2010

Tämän opinnäytetyön vertailuaineistona toimii Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ja Suomen Metsäkeskuksen yhteistyössä tekemä tutkimus ”Korjuujäljen valtakunnalliset tarkastustulokset 2010”. Aineisto koostuu Suomen Metsäkeskusten tekemien maastotarkastuksien tuloksista. Yhteensä metsäkeskukset ovat mitanneet 434 kohdetta vuonna 2010, näistä kohteista ensiharvennuksia oli 245 kappaletta. Pohjois-Karjalassa sijaitsi 31 kohdetta, joista ensiharvennuksia oli 15 kappaletta. (Vanhatalo 2011, liite 1).

Tutkimusraportissa arvot on ilmoitettu erikseen harvennushakkuille ja energia-puuharvennuksille (Vanhatalo 2011, 2). Raportin liitteessä harvennushakkuut on jaoteltu metsäkeskuksittain ensiharvennuksiin ja muihin harvennuksiin. Tämän opinnäytetyön tuloksia vertaillaan koko Suomen tulosten lisäksi myös Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen tuloksiin. Tulosten vertailussa käytetään ensiharvennusten arvoja, koska kaikki tähän opinnäytetyöhön mitatut harvennusalat olivat ensiharvennuksia.

Joukkohakkuun käyttö ainespuuleimikoilla vuonna 2010 on ollut hyvin marginaalista. Pääasiassa sitä on käytetty ainoastaan energiapuukohteilla, joiden tarkastustulokset on vertailututkimuksessa ilmoitettu erikseen. Todennäköisyydelle, että tutkimuksessa on mukana ensiharvennuskohde, jolta on korjattu ainespuuta joukkokäsittelyllä, on erittäin pieni.

6 Tutkimuksen tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää joukkokäsitteltyjen ensiharvennusten korjuujälkeä Stora Enson Itä-Suomen hankinta-alueella. Kohteet on mitattu Lieksan ja Nurmeksen alueella. Korjuujäljessä juurivauriot on rajattu mittausten ulkopuolelle, koska joukkokäsittelyllä ei katsota olevan vaikutusta niiden syntyyn.

Opinnäytetyön varsinaisena tavoitteena ei ollut selvittää vaurioiden syitä tai laa-tua, eikä kehittää joukkokäsittelymenetelmää. Lähinnä toimeksiantaja oli kiin-nostunut saamaan tuloksia siitä, millaista joukkokäsitteltyjen ensiharvennuksien korjuujälki on verrattuna perinteisten yksinpuin hakattujen ensiharvennuksien

korjuujälkeen. Lisäksi toimeksiantajaa kiinnostivat kantojen korkeudet joukkokäsittelyillä harvennuksilla.

7 Tutkimuksen toteutus

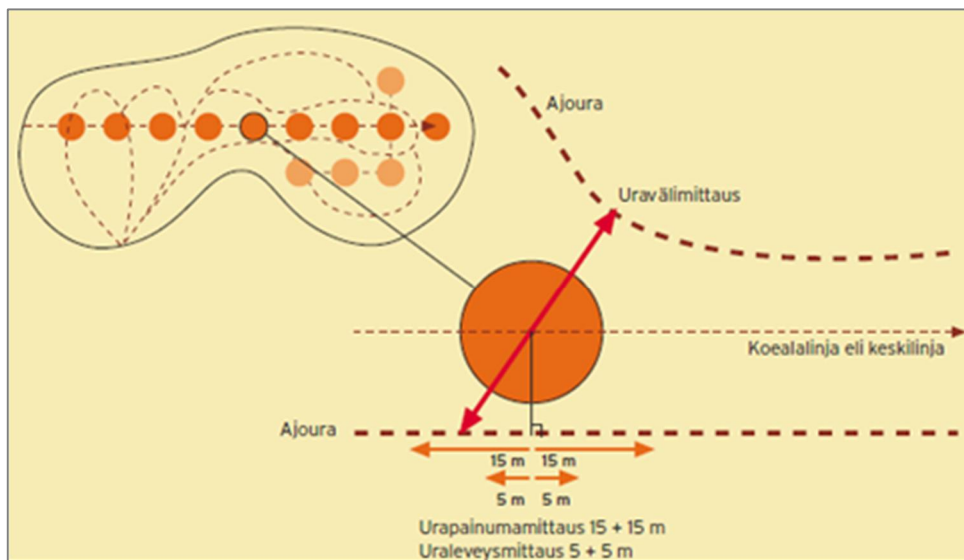
Tutkimuksen kohteiden tuli sijaita Stora Enson Itä-Suomen hankinta-alueella, tarkemmin Lieksassa tai Nurmeksessa. Yhteinen tekijä kohteille oli, että niiltä oli korjattu joko ainespuuta tai sekä energia- että ainespuuta joukkokäsittelyä hyväksikäyttäen. Joukkokäsittelyt kohteet olivat kaikki ensiharvennuksia. Noin 70 ensiharvennuksen joukosta arvottiin otannaksi 20 korjuukohdetta. Niistä 13 sijaitsi Tornator Oy:n ja 7 yksityisten metsänomistajien mailla.

7.1 Mittausmenetelmä

Korjuujälkimittauksissa käytettiin Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion laatimaa maastotarkastusohjetta vuodelta 2011 ja kaikki mittaukset suoritettiin ohjeen mukaisesti. Menetelmä on maa- ja metsätalousministeriön hyväksymä. Sitä käytetään Metsäkeskuksen korjuujälkiseurannassa, jossa tavoitteena on metsänkäyttöilmoitusten ja hakkuiden lainmukaisuuden valvonta, korjuujäljen laadunseuranta ja valtakunnallisen ja alueellisen kehityksen seuranta.

Arvioitavana harvennusalana oli lähes kaikilla kohteilla metsikkökuvio. Yhdellä yli 10 hehtaarin metsikkökuviolla arvioitavana alana käytettiin kartalta etukäteen, kohdetta näkemättä, rajattua noin kahden hehtaarin suuruista harvennusalaa. Jokaiselta kohteelta selvitettiin

- metsätyyppi
- pääpuulaji
- puulajisuhteet (runkoluvusta)
- hakkuuajankohta
- harvennuksen suorittanut työpiste sekä
- se onko ennakkoraivausta tehty ja olisiko sille ollut tarvetta.



Kuva 1. Koealojen sijoitteluperiaate ja ajouratunnusten mittausperiaate (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2011).

Jokaiselta kohteelta mitattiin kymmenen systemaattisesti sijoitettua ympyrä-koealaa. Yhteensä koealoja mitattiin 20 kohteelta siis 200 kappaletta. Koealan säteenä käytettiin 5,64 metriä, koska 3,99 metrin säteellä yhden puun tai runkovaurion vaikutus lopputulokseen olisi noussut kovin suureksi ja luotettavuus olisi heikentynyt. Käytetyllä säteellä koealojen yhteispinta-alaksi muodostui kaksi hehtaaria. Koealat sijoitettiin tasaisin välimatkoin mitattavan alueen pisimmän halkaisijan muodostamalle keskilinjalle (kuva 1). Ensimmäinen koeala sijoitettiin puolikkaan koealavälin päähän kuvion reunasta. Jos mittauksen aikana olisi huomattu, että mitattava alue on syystä tai toisesta jäänyt pienemmäksi kuin kartalta näyttää, olisivat viimeiset koealat sijoittuneet kohtisuoraan keskilinjaan nähden, koealavälin pysyessä samana. Koealoilta mitattiin

- runkoluku (runkoa/ha)
- poistuma (runkoa/ha)
- pohjapinta-ala (m²/ha)
- keskiläpimitta (cm)
- valtapituus (m)
- runkovauriot (kpl/ha)
- ajouraväli (m)
- ajouraleveys (cm) ja
- koealan keskipisteen etäisyys lähimmästä ajourasta (m).

Lisäksi toimeksiantajaa varten mitattiin koealan keskipistettä lähimpänä olevan ainespuukannon (läpimitta yli 9 cm) korkeus ja läpimitta. Kantojen korkeus ja läpimitta mitattiin yhden senttimetrin tarkkuudella. Mittauksen alkupisteenä käytettiin alinta kohtaa, josta puu olisi ollut mahdollista katkaista. Esimerkiksi, jos rungon vieressä olisi ollut kivi, niin mittaus olisi aloitettu kiven yläreunasta. Mittauksen päätepiste oli leikkauspinta. Mittausohjeesta poiketen juurivaurioita ja ajourapainaumia ei mitattu. Jokaisen korjuukohteen tiedot ja mittaustulokset koottiin itse tehdyille tiedonkeruulomakkeelle (liite 1). Kohteiden pystyyn jääneiden runkojen keskimääräinen tilavuus määriteltiin puulajeittain Laasosenahon tilavuustaulukoiden avulla, joissa tilavuus ilmoitetaan keskiläpimitan ja pituuden mukaan litroina. (Hotanen J-P 2008.)

7.2 Harvennusvoimakkuus

Tässä tutkimuksessa harvennusvoimakkuuden arvioimista varten mitattiin: runkoluku, poistuma, pohjapinta-ala, puuston valtapituus ja keskiläpimitta. Lakirajojen ja harvennusmallien täyttymisen arvioinnissa valtapituutta tarkastellaan metrin tarkkuudella ja keskiläpimittaa senttimetrin tarkkuudella. Harvennusvoimakkuutta tarkastellaan metsänhoitosuosituksen pohjapinta-alaan perustuvien harvennusmallien avulla, kun puuston keskiläpimitta on yli 13 senttimetriä. Kohteilla, joilla keskiläpimitta on pieni, alle 13 senttimetriä, harvennusvoimakkuutta arvioidaan runkolukuun perustuvien harvennusmallien avulla. Runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennusmallit löytyvät Hyvän metsänhoidon suositusten liitteistä 7 ja 8 (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006).

Jäävän puuston runkoluvun mittauksessa ympyräkoealalta laskettiin kaikki rinnankorkeusläpimitaltaan yli viisi senttimetriä paksut rungot. Poistumaan laskettiin kannot, joiden läpimitta katkaisukohdassa kuori mukaan luettuna oli vähintään yhdeksän senttimetriä. Pohjapinta-ala mitattiin ketjurelaskoopilla, jonka ketjun pituus oli 65 senttimetriä ja hahlon leveys 1,3 senttimetriä. Tällöin yksi luettu puu vastasi yhtä pohjapinta-alan neliometriä. Valtapituuteen mitattiin koealan paksuimman puun pituus. Keskiläpimitan mittauksessa laskettiin koealan toiseksi suurimman ja toiseksi pienimmän puun läpimittojen keskiarvo.

7.3 Runkovauriot

Runkovaurioiksi tässä opinnäytetyössä laskettiin puun rungonniskan yläpuolella sijaitseva vauriot. Vaikka yhdessä rungossa olisi useampia vaurioita, ei se lasketa kuin kerran. Vaurioituneeksi puu katsotaan, kun:

- kuori on nilakerrokseen asti rikki, yhdestä tai useammasta kohdasta, yhteensä yli 12 cm²:n laajuudelta ja samalla on paljastunut puuaineen pintaa yli 1 cm², ns. pintavaurio,
- puuaine on rikkoutunut, ns. syvävaurio (vaurion koolla ei merkitystä) ja/tai
- kuoren on rikkonut viilto tai viiltoja, joiden pituus on yhteensä yli 50 cm. (Metsäteho Oy 2003, 22.)

Metsänhoitosuosituksen mukaan aines- ja energiapuuharvennuksissa vaurioituneita puiden osuus tulisi olla alle 4 % kasvamaan jätetyistä puista. Tähän osuuteen on laskettu mukaan sekä runko- että juurivauriot (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006, 38.) Tässä opinnäytetyössä huomioitiin vain runkovauriot ja vaurioprosentteja verrataan sen vuoksi vertailuaineiston liitteestä löytyviin runkovaurioprosentteihin.

7.4 Ajourat

Tutkimuksessa selvitettyt ajouratunnukset olivat ajouraväli ja ajouraleveys. Ajouraväliksi mitattiin lyhin väli rinnakkaisten ajourien keskelle niin, että suora kulki koealan keskipisteen kautta (kuva 1, s. 16). Hyvän metsänhoidon suositusten mukaan keskimääräinen ajouraväli on vähintään 20 metriä (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006, 38).

Ajouraleveyden mittauksessa lähtöpisteenä oli koealan keskipistettä lähimpänä oleva ajouran raiteiden keskikohta. Tästä pisteestä rajattiin 5 metrin matkat molempiin suuntiin (kuva 1, s. 16). Rajatulta alueelta mitattiin molemmin puolin uraa lähimpänä olevan puun kyljen kohtisuora etäisyys ajouran keskelle. Hyvän metsänhoidon suositusten mukaan ajouraleveys tulisi olla 4,0–4,5 metriä (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006, 38).

7.5 Kokonaisarvostelu

Tutkimuskohteiden kokonaisarvostelussa käytetään Tapion maastotarkastusohjeen arvostelumallia (taulukko 2). Kohteen kokonaisarvosana määräytyy harvennusvoimakkuuden, ajouravälin ja -leveyden ja puustovaurioiden perusteella. Hyvä korjuujälki vaatii, että kaikki mallissa olevat tunnuksat täyttävät hyvän arvosanan kriteerit. Kohteiden tiheyttä verrataan metsänhoitosuosituksen harvennuskalleihin ja lakirajaan (taulukko 1, s. 13). (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2011.)

Taulukko 2. Maastotarkastusohjeen kokonaisarvostelumalli (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2011).

Arvosana	Pohjapinta-ala / Runkoluku	Ajouraväli	Ajouraleveys	Puustovauriot	Maastovauriot	Kokonaisarvosana
<i>hyvä</i>	harvennumallin mukainen	19 m tai enemmän	46 dm tai alle (turvemailla 51 dm tai alle)	4 % tai alle	4 % tai alle (rämeillä 10 % tai alle)	Kaikki tunnuksat hyviä.
<i>huomautettavaa</i>	suositustiheyden ylärajaa tiheämpi tai alarajaa harvempi	alle 19 m	yli 46 dm (turvemailla yli 51 dm)	yli 4 %	yli 4 % (rämeillä yli 10 %)	Huomautettavaa yhdessäkin tunnuksessa.
<i>virheellinen</i>	alle lakirajan	-	-	yli 15 %	yli 15 % (rämeillä 20 % tai enemmän)	Puuston tiheys alle lakirajan tai puustovaurioita liikaa tai maastovaurioita liikaa.

8 Tutkimuksen tulokset

8.1 Mittauskohteet

Tutkimukseen arvotuista kohteista kolmen pääpuulaji oli koivu ja muiden 17 mänty. Pääpuulajia oli jokaisella kohteella yli 60 %. Puhtaita männiköitä (mäntyä vähintään 90 %) oli kymmenen kappaletta. Seitsemällä kohteella männyn osuus oli 60–89 %. Näillä kohteilla koivun osuus vaihteli 10–30 % välillä. Koivuvaltaisilla kohteilla pääpuulajia oli vähintään 80 % puustosta. Kuusen osuus oli kaikilla kohteilla korkeintaan 15 %. Kohteiden yhteispinta-ala oli 72,5 hehtaaria ja koealojen osuus siitä oli 2,8 % (2 ha).

Metsätyypeistä lehtomaisia kankaita oli 2, tuoreita kankaita 9, kuivahkoja kankaita 6 ja kuivia kankaita 3 (taulukko 3). Kahden koivikon metsätyyppi oli lehtomainen kangas ja yhden tuore kangas. Männiköissä metsätyyppi vaihteli tuoreesta kankaasta kuivaan kankaaseen. Kaikki kohteet olivat kesäkorjuukelpoisia

ja ne olivat hakattu vuoden 2012 aikana. Niistä 19 oli hakattu touko- ja syyskuun välisenä aikana ja yksi maaliskuussa.

Taulukko 3. Metsätyypit kohteilla.

Metsätyyppi	Kohteita
Lehtomainen kangas	2
Tuore kangas	9
Kuivahko kangas	6
Kuiva kangas	3

Yhteensä kohteilla oli toiminut kuusi eri koneketjua (taulukko 4). Kokemusta joukkokäsittelystä näiden koneiden kuljettajilla on alle vuosi. Kahden koneketjun käytössä oli John Deere 1170E -hakkuukone H414-harvesteripäällä. Nämä ketjut hakkasivat yhteensä 7 kohdetta. Timberjack 1070D -hakkuukone oli myös käytössä kahdella koneketjulla. Niissä oli H754-harvesteripäät ja ne hakkasivat yhteensä 6 kohteista. Ponsse Ergo -hakkuukone H6-harvesteripäällä hakkasi 5 kohdetta. Valmet 911.3 -hakkuukone, pihdeillä varustetulla Valmetin 350 -harvesteripäällä, hakkasi 2 kohdetta. Työpisteiden keskinäinen vertailu runkovaurioiden, ajouravälin ja -leveyden ja kantojen korkeuden suhteen on myös esitetty tulosten tarkastelussa.

Taulukko 4. Työpisteet ja hakkuumenetelmät kohteilla.

Työpiste	Hakkuukone	Harvesteripää	Rankamenetelmä	Kahden kasan menetelmä
505A	John Deere 1170E	H414	-	2
505B	John Deere 1170E	H414	1	4
50BA	Ponsse Ergo	H6	5	-
54AD	Timberjack 1070D	H754	2	-
50BC	Timberjack 1070D	H754	4	-
53AA	Valmet 911.3	Valmet 350 (pihdeillä)	1	1

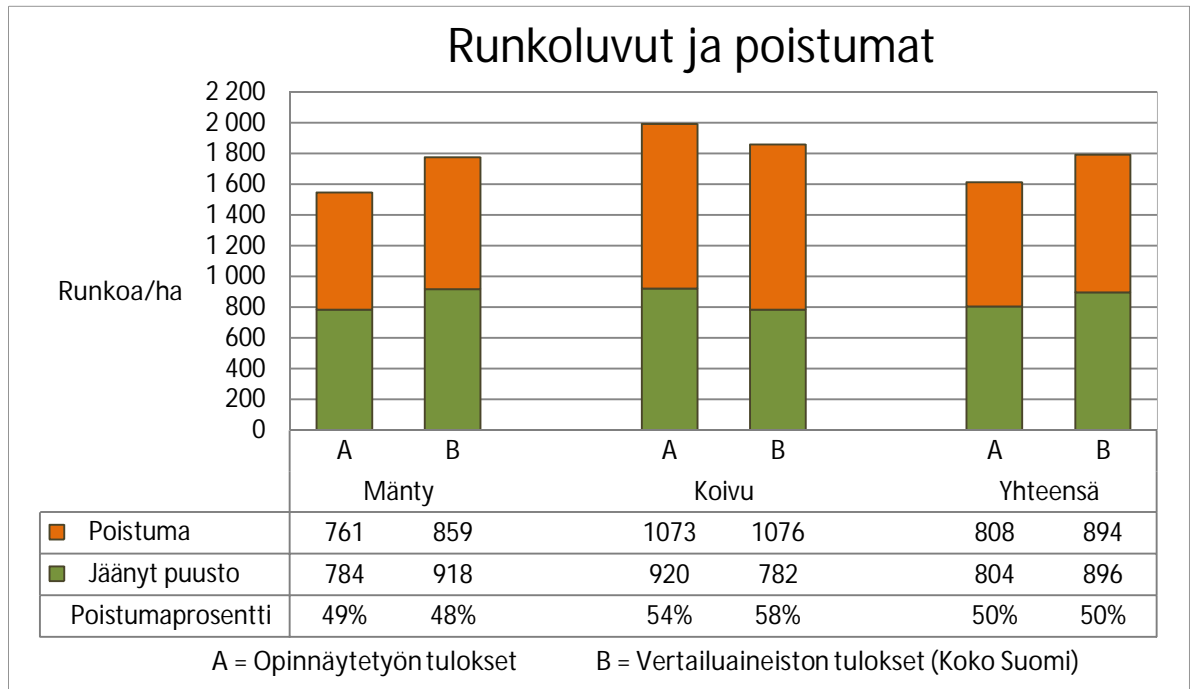
Kohteilta korjatut puutavaralajit riippuivat luonnollisesti kohteiden pääpuulajista, runkokoosta ja puun myyjästä. Keskimääräinen runkokoko oli kaikilla kohteilla 91 litraa, mäntyvaltaisilla kohteilla 100 litraa ja koivuvaltaisilla 37 litraa. Yksityisten metsissä Stora Enso käyttää kahden kasan menetelmää, eli ainespuu ja nuoren metsän energiapuu korjataan eri kasoihin. Tornatorin metsissä käyte-

tään rankamenetelmää. Koska Kemera-tukia ei saada, ei energiapuun määrää tarvitse tarkasti tietää. Pääasiassa koivikoista oli korjattu koivukuitua ja nuoren metsän energiapuuta. Männiköissä puutavaralaji oli mäntyranka tai joukkokäsittely ainespuu ja nuoren metsän energiapuu. Muutamilla mäntykankailla oli korjattu lisäksi muutamia kuutiometrejä mänty- ja kuusitukia (yksin puin), kuusi-rankaa ja -kuitua, koivurankaa ja -kuitua ja haapakuitua. Kohteilta kerätyt tiedot löytyvät liitteestä 3.

8.2 Harvennusvoimakkuus

Tulosten perusteella (kuvio 3) kohteiden harvennusvoimakkuudet olivat keskimäärin metsänhoitosuosituksen mukaiset (s. 13). Keskimäärin männiköissä puuston poistuma oli 761 runkoa hehtaarilla kun taas pystyyn jäi 784 runkoa hehtaarilla. Mäntyvaltaisista kohteista kolmellatoista, jääneen puuston määrä oli 700–1200 runkoa hehtaarilla. Neljässä kohteessa puustoa oli jäänyt hehtaarille pystyyn alle 700 runkoa. Näillä kohteilla lähtötilanne (runkoluku + poistuma) oli vain alle 1300 runkoa. Liian harvoista kohteista kaksi oli kuivia kankaita, joissa pohjapinta-alaan perustuvan harvennusmallin lakirajat kuitenkin täyttyivät. Runkojen keskimääräinen keskiläpimitta vaihteli männiköissä välillä 11–15 senttimetriä ja valtapituus välillä 12–15 metriä.

Koivikoissa poistuma oli keskimäärin 1073 ja jäänyt puusto 920 runkoa hehtaarilla. Kahden koivikon runkoluku oli 1010 ja yhden 740 runkoa hehtaarilla. Tiheämmissä koivikoissa lähtötilanne oli yli 2000 runkoa hehtaarilla. Kaikissa koivikoissa keskiläpimitta oli 9 senttimetriä ja valtapituus 11–14 metriä. Pohjapinta-alan vaihteluväli oli 7–10 m²/ha, mutta pienen läpimitan vuoksi tavoitetiheys määritellään runkoluvun mukaan. Koivikoiden osalta tiheys oli kahdessa kolmesta metsänhoitosuosituksen mukainen, yhdessä tiheys oli alle tavoiterajan. Tavoitetiheyksien täytyminen kohteittain on käsitelty tarkemmin kappaleessa kokonaisarvostelu, sekä liitteessä 4.



Kuvio 3. Runkoluvut ja poistumat puulajeittain.

Vertailuaineistossa (Vanhatalo 2011, liitteet 11,13 ja 14). oli ilmoitettu erikseen poistuman ja runkoluvun keskiarvot rauduskoivu- ja hieskoivuvaltaisille ensiharvennuksille. Kuvioon 3 on laskettu niistä keskiarvot painotettuna mitattujen kohteiden lukumäärällä. Myös ”Yhteensä” sarakkeessa on laskettuna mänty- ja koivuvaltaisten (hies- ja rauduskoivu) kohteiden keskiarvot painotettuna kohteiden lukumäärällä.

Tornatorin leimikoilla jääneen puuston keskimääräinen runkoluku oli 761 ja poistuma 708 runkoa hehtaarilla. Näistä kohteista kaikki ylittivät lakirajan ja tavoitetiheydessä oli viisi kohdetta. Tavoitetiheyden alitti 8 kohdetta. Yksityisten leimikoilla keskimääräinen runkoluku oli 884 ja poistuma 993 runkoa hehtaarilla. Myös yksityisten mailla hakatuista kohteista kaikki täyttivät lakirajan. Neljä kohdetta oli hakattu tavoitetiheyteen ja kolmessa oli jääty sen alle.

8.3 Runkovauriot

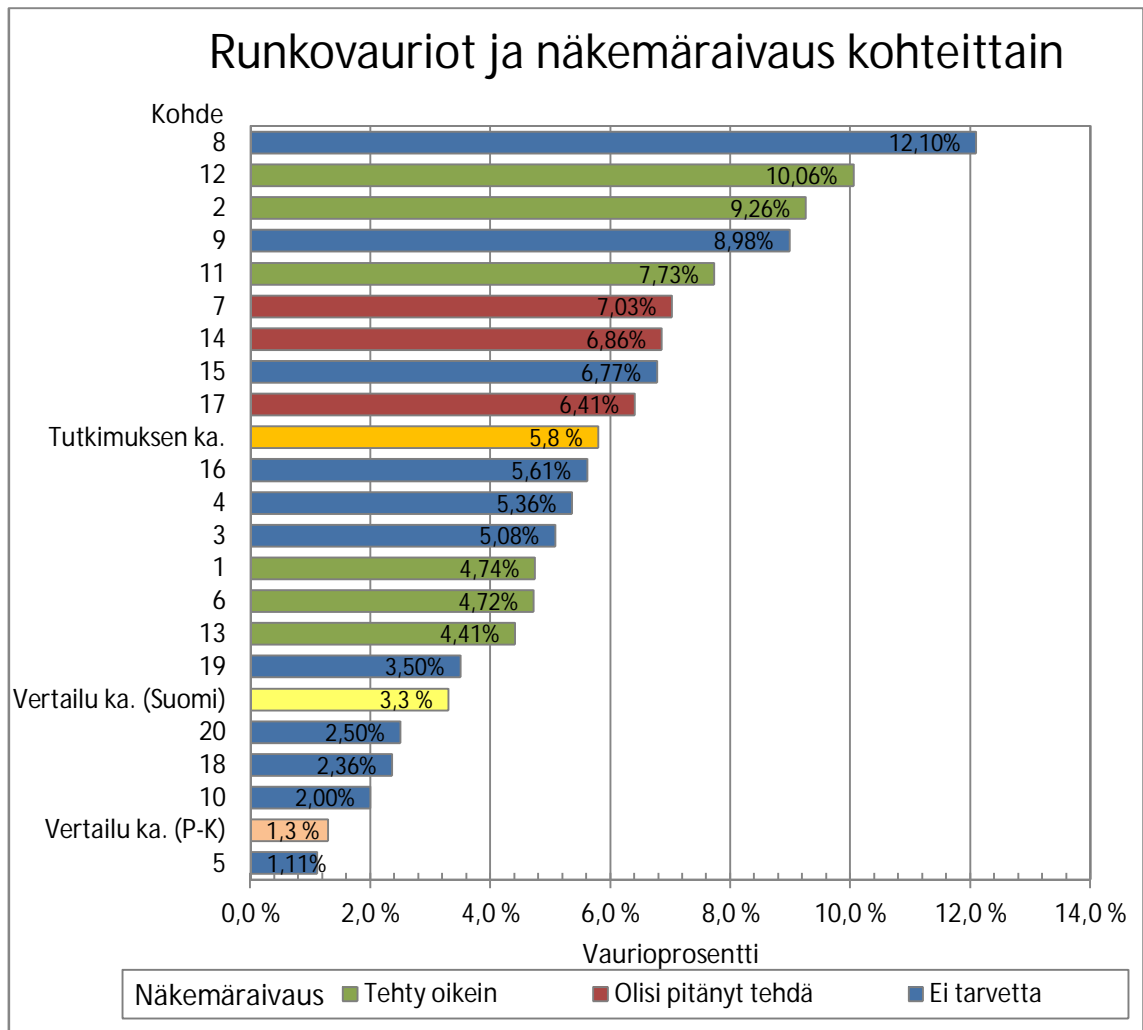
Kun jokaiselta kohteelta mitattiin 10 koealaa, saatiin koealoja kaiken kaikkiaan 200 kappaletta. Näistä 76 koealalla oli vaurioituneita runkoja, tämä vastaa 38 %:n osuutta kaikista koealoista. Vähintään kaksi vaurioitunutta runkoa oli 16 koealalla (8 % kaikista). Valtaosa vaurioista oli pintavaurioita, joiden pinta-ala oli keskimäärin 82 cm². Syvävaurioita oli alle viisi kappaletta ja yli 50 senttimetriä

pitkiä kuoren rikkoneita viiltoja ei löytynyt yhtään. Syvävaurioista useimmat olivat syntyneet kun rungon vierestä oli poistettu toinen puu (kuva 2).



Kuva 2. Terän aiheuttama syvävaurio (Härkönen 2012).

Suurimmassa osassa kohteista runkovaurioiden osuus nousi yli neljän prosentin (kuvio 4). Vain viidellä kohteella vaurioprocentti jäi tämän suositusrajan alapuolelle. Keskimääräinen vaurioprocentti oli 5,83 %, keskihajonta 2,87 %. Pienimmillään vaurioprocentti oli 1,11 % (kohde 5) ja suurimmillaan 12,10 % (kohde 8). Vertailuaineistossa runkovaurioprocentin keskiarvo oli koko Suomessa 3,3 % ja Pohjois-Karjalassa 1,3 %. (Vanhatalo 2011, liite 5).



Kuvio 4. Runkovauriot (%) ja näkemäraivaus kohteittain.

Tutkimuksessa huomioitiin myös näkemäraivauksen tekeminen. Kohteet luokiteltiin sen osalta kolmeen ryhmään (kuvio 4):

- A. Raivaus oli tehty oikein
- B. Raivaus olisi pitänyt tehdä
- C. Raivaukselle ei ollut tarvetta

Ryhmässä A oli 6 kohdetta, joiden keskimääräinen runkovaurioprocentti oli 6,82 % ja keskihajonta 2,52 %. Ryhmässä B oli 3 kohdetta, keskimääräinen runkovaurioprocentti 6,76 % ja keskihajonta 0,32 %. Ryhmässä C 11 kohdetta, joiden keskimääräinen runkovaurioprocentti 5,03 % ja keskihajonta 3,31 %.

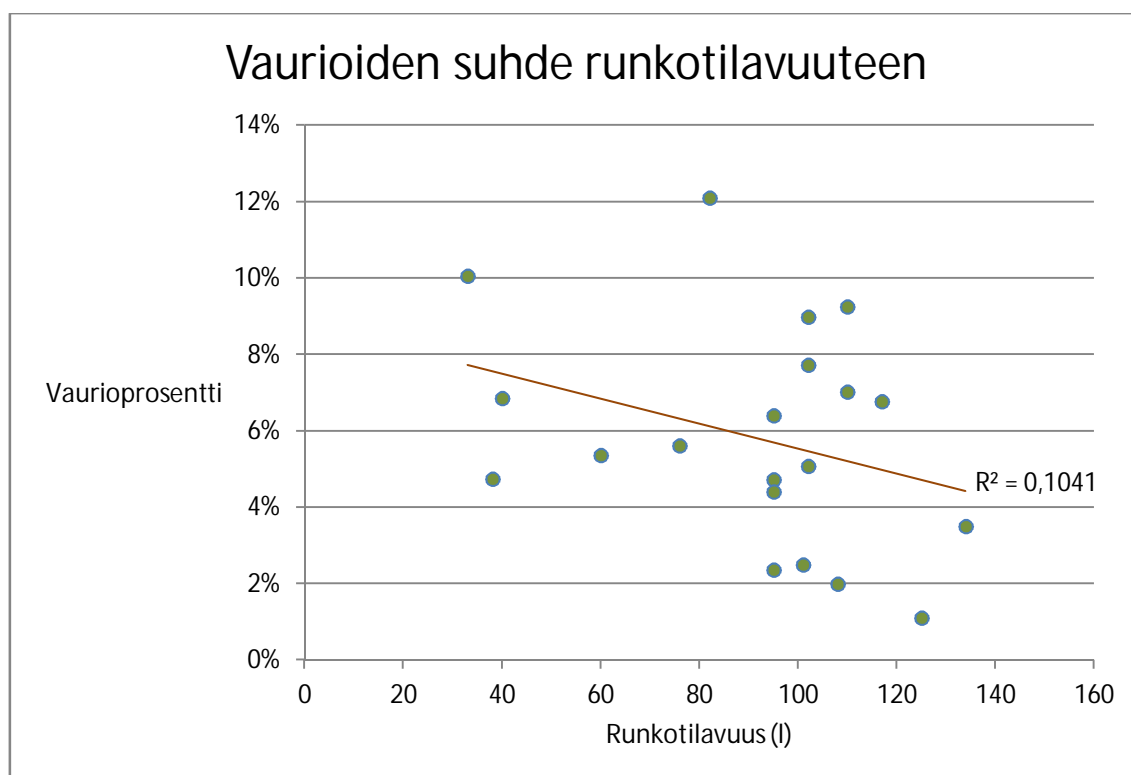
Puulajien suhteen keskimääräiset vaurioprocentit vaihtelivat 5,35–7,22 %:n välillä. Kohteissa, joissa männyn osuus oli yli 90 %, oli keskimääräinen vaurioprocentti alhaisin. Kohteilla, joissa oli männyn lisäksi olla koivua (10–30 % puustos-

ta), vaurioiden määrä nousi keskimäärin yli puolella prosentilla. Koivikoissa vaurioiden määrä oli selvästi mäntyvaltaisia kohteita suurempi (7,22 %) taulukko 5).

Taulukko 5. Keskimääräiset vaurioprocentit puulajeittain luokiteltuna.

Luokka	Puulajisuhteet (%)			Keskimääräinen vaurioprocentti
	Mänty	Koivu	Kuusi	
Männiköt	vähintään 90 %	alle 5 %	alle 5 %	5,35 %
Männiköt, joissa koivua	60–89 %	10–30 %	alle 15 %	5,92 %
Koivikot	alle 15 %	yli 80 %	alle 5 %	7,22 %

Hakkuuajankohdan mukaan jaoteltuna alkukesästä (25.5.–27.6.) hakattuja kohteita oli 12. Näissä kohteissa keskimääräinen runkovaurioprocentti oli 6,26 %. Lopuista kohteista yksi oli hakattu maaliskuussa (6,86 %) ja seitsemän 1.7. jälkeen. Keskimääräinen runkovaurioprocentti oli näillä seitsemällä kohteella 4,95 %.

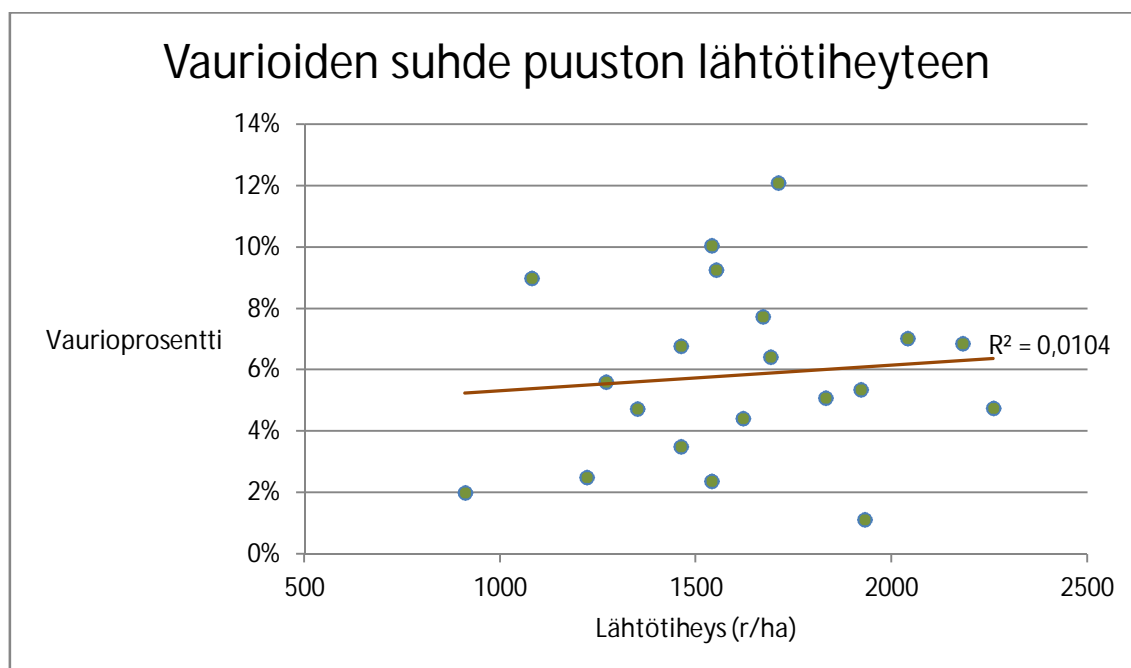


Kuvio 5. Keskimääräisen runkokoon suhde vaurioiden määrään (%).

Kuvioon 5 on laskettu kohteille pystyyn jääneiden runkojen keskimääräiset tilavuudet litroina. Runkokoot vaihtelivat kohteilla 33 litrasta 134 litraan. Kuviossa 5 on esitetty keskimääräisen runkokoon ja vaurioprocentin välistä suhdetta. Kor-

relaatio kuvaajassa on $-0,32$, eli vaurioiden määrä pienenee hieman runkokoon kasvaessa. Korrelaatiokerroin (R^2) oli $0,1041$. Tornatorin leimikoilla keskimääräinen runkotilavuus oli 100 litraa ja yksityisten leimikoilla 74 litraa.

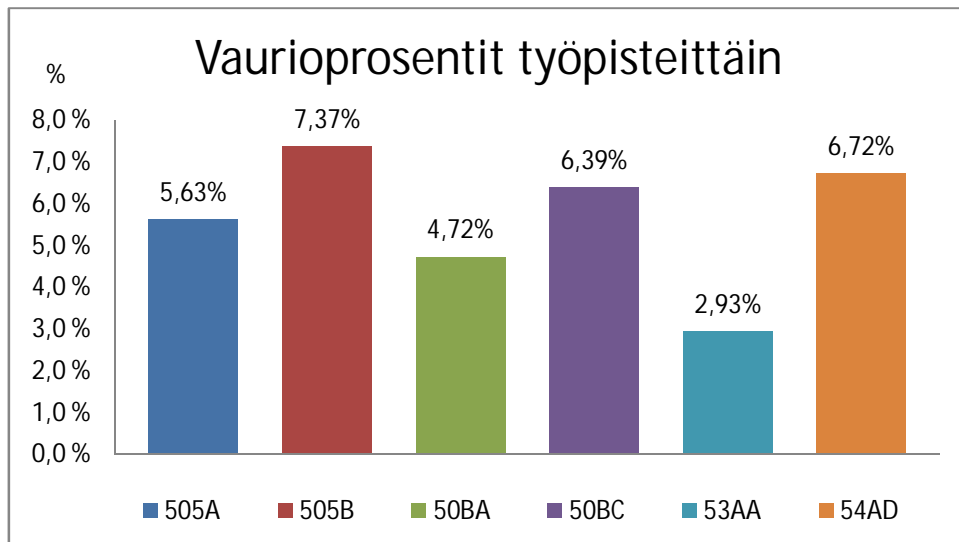
Kuviossa 6 on esitetty puuston lähtötiheyden (runkoluku + poistuma) suhdetta vaurioiden määrään. Korrelaatio oli $0,10$, eli vaurioita on ollut hieman enemmän kohteilla, joilla lähtötiheys on ollut suurempi. Korrelaatiokerroin (R^2) oli $0,0104$.



Kuvio 6. Vaurioiden (%) suhde puuston lähtötiheyteen.

Hakkuumenetelmän suhteen korjuuvaurioissa oli myös hieman eroja. Kahden kasan menetelmällä hakattujen kohteiden (7 kpl) vaurioprosentti oli keskimäärin $6,56\%$ nämä kohteet olivat kaikki yksityisten metsänomistajien leimikoita. Runkamenetelmällä korjattujen Tornatorin leimikoiden (13 kpl) keskimääräinen vaurioprosentti oli $5,44\%$.

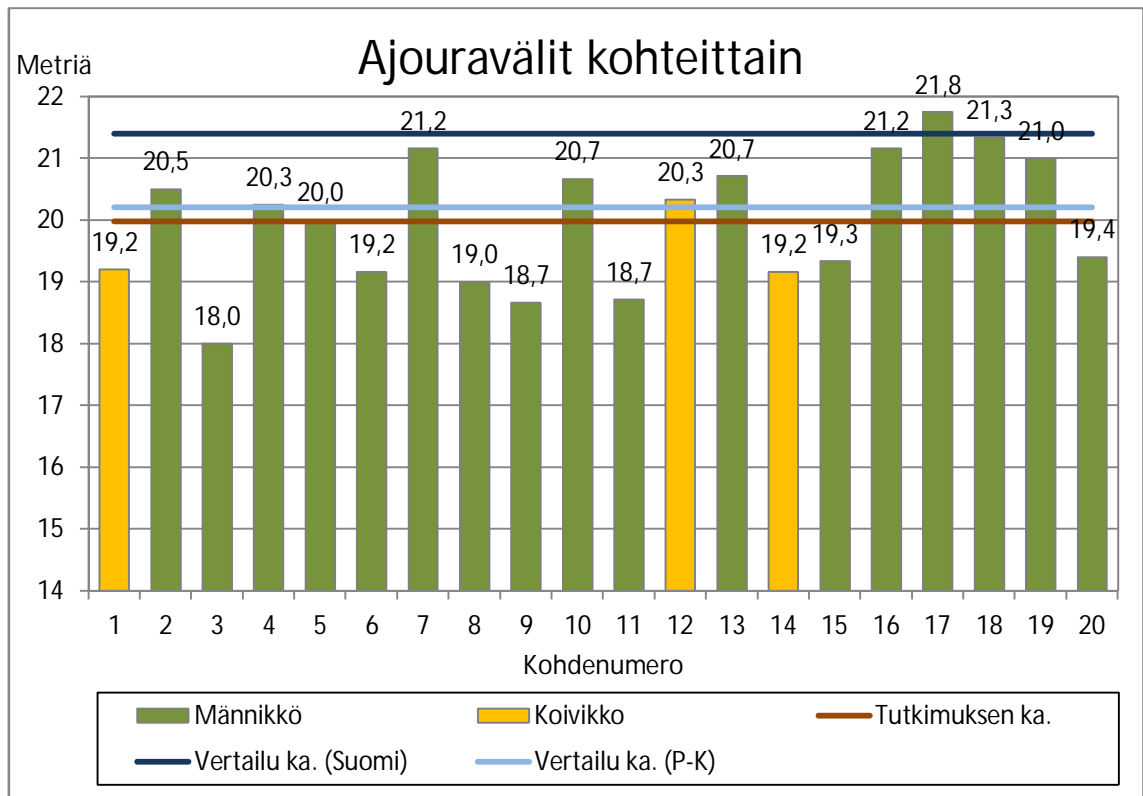
Työpisteiden kesken keskimääräiset vaurioprosentit vaihtelivat välillä $2,93\text{--}7,37\%$ (kuvio 7). Suurin keskimääräinen vaurioprosentti oli työpisteellä 505B ja pienin työpisteellä 53AA. 53AA oli koneketjuista ainoa, joka pääsi Metsänhoitosuosituksen 4% rajan alle.



Kuvio 7. Vaurioprocentit työpisteittäin.

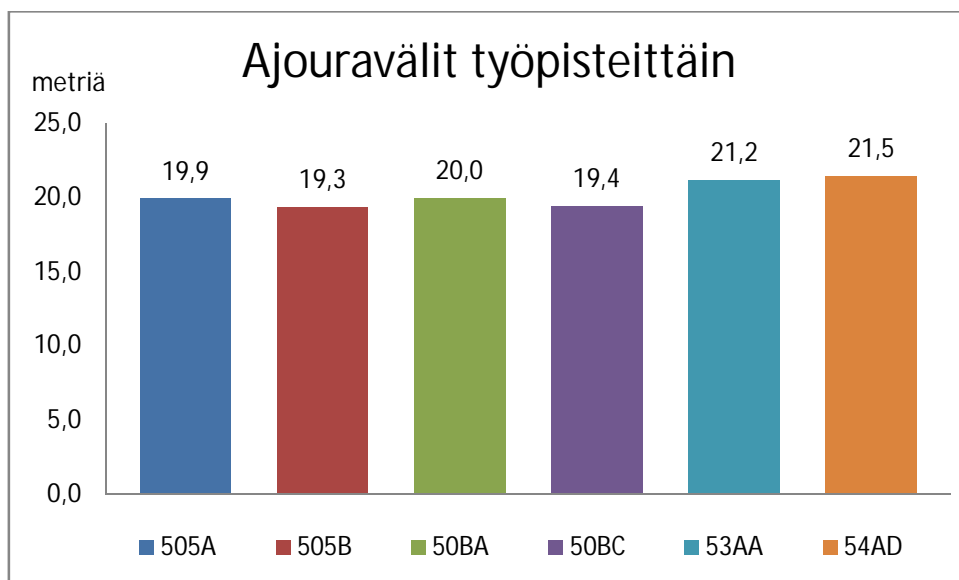
8.4 Ajouraväli

Ajouravälit olivat kohteilla keskimäärin 20,0 metriä (kuvio 8). Hyvän metsänhoidon tavoitteeseen (ajouraväli vähintään 20 metriä) pääsi yksitoista kohdetta, suositusten alle jäi yhdeksän kohdetta. Alimmillaan ajouraväli oli 18,0 metriä (kohde 3) ja korkeimmillaan 21,8 metriä (kohde 17). Tornatorin omistamilla kohteilla ajouraväli oli keskimäärin 20,2 metriä ja yksityisten omistamilla 19,6 metriä. Vertailuaineistossa koko Suomen keskimääräinen ajouraväli oli 21,4 metriä ja Pohjois-Karjalän metsäkeskuksen alueen 20,2 metriä. (Vanhatalo 2011, liite 6).



Kuvio 8. Ajouravälit (m) kohteittain.

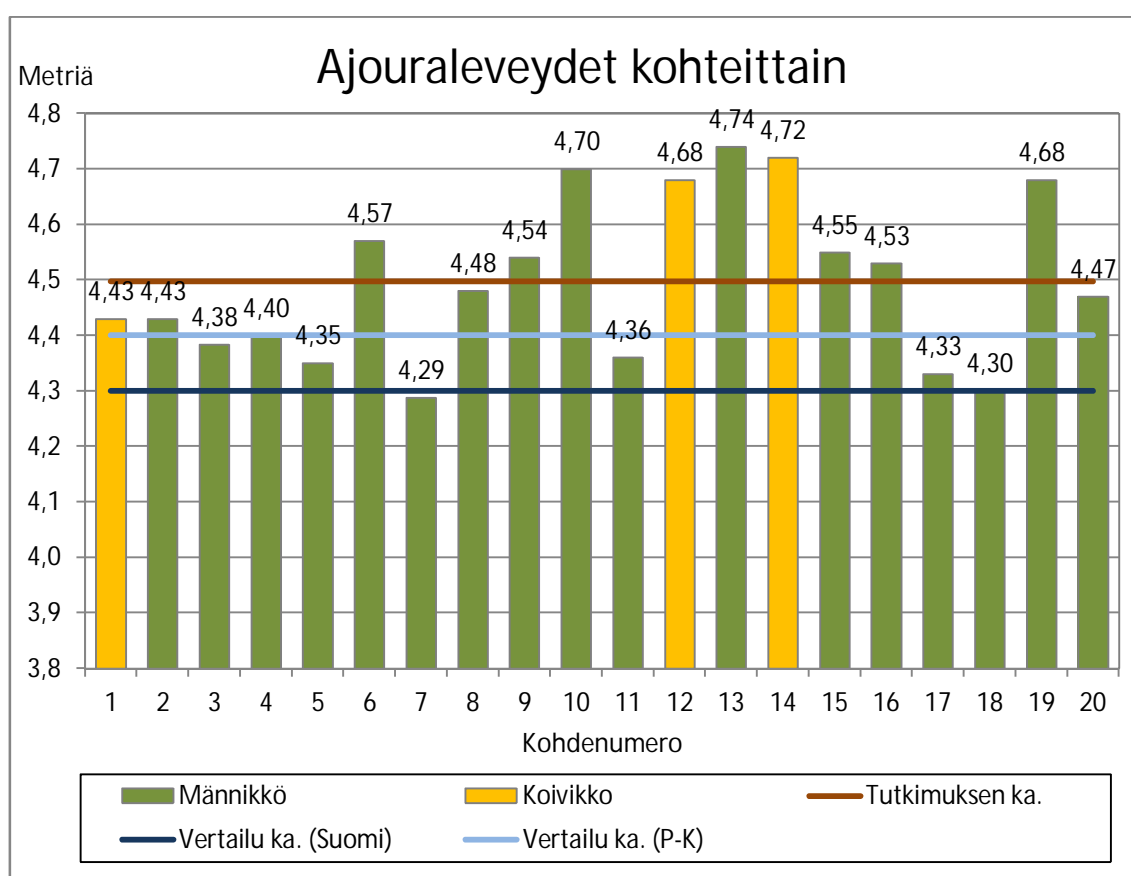
Työpisteittäin keskimääräiset ajouravälit vaihtelivat 19,3 metristä 21,5 metriin. Kolmella työpisteellä uravälit jäivät metsänhoitosuosituksen 20 metrin rajan alle (kuvio 9).



Kuvio 9. Ajouravälit (m) työpisteittäin.

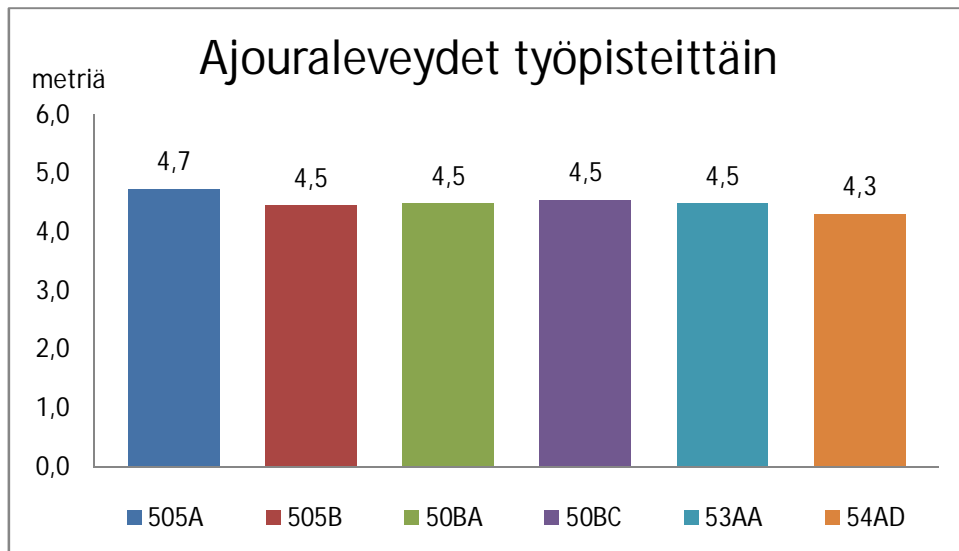
8.5 Ajouraleveys

Kohteiden keskimääräinen ajouraleveys oli 4,5 metriä (kuvio 10). Yhdellätoista kohteella ajouraleveys oli metsänhoitosuosituksen tavoitteiden (4,0–4,5 metriä) mukainen ja yhdeksällä kohteella leveys ylitti 4,5 metriä. Suurimmillaan ajouraleveys oli 4,74 metriä (kohde 13) ja pienimmillään 4,29 (kohde 7). Sekä yksityisten metsänomistajien että Tornatorin omistamien leimikoiden keskimääräinen ajouraleveys oli 4,5 metriä. Vuoden 2010 valtakunnallisten korjuujäljen tarkastustulosten keskiarvo ensiharvennuksilla oli koko Suomessa 4,3 metriä ja Pohjois-Karjalassa 4,4 metriä (Vanhatalo 2011, liite 8).



Kuvio 10. Ajouraleveydet (m) kohteittain.

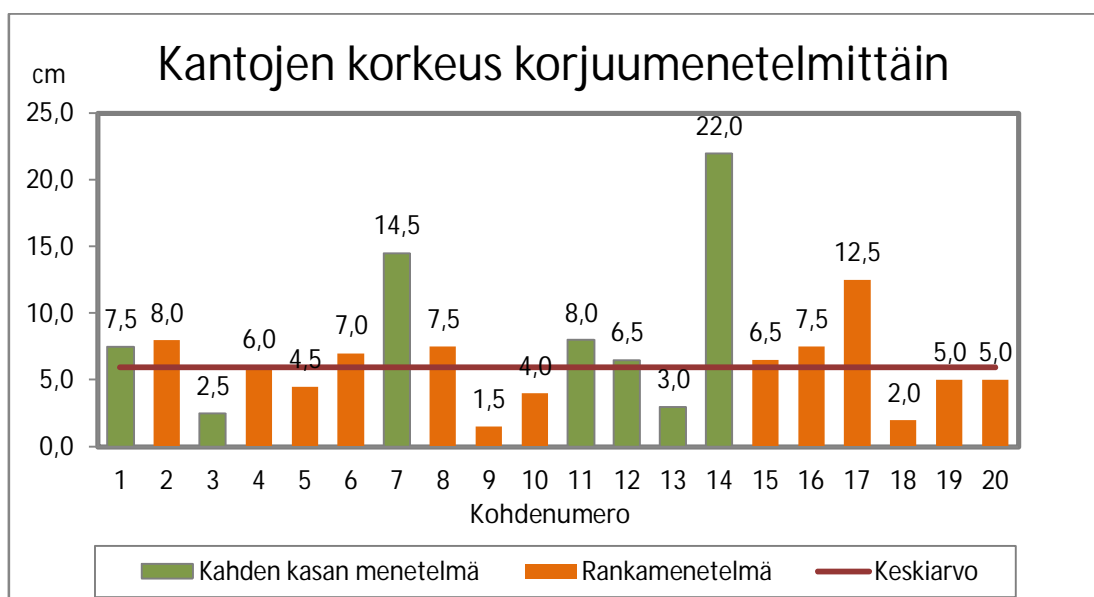
Ajouraleveydet olivat viidellä työpisteellä metsänhoitosuosituksen mukaiset (kuvio 11). Ainoastaan työpisteen 505A hakkaamien kohteiden (2 kpl) keskiarvo ylitti 4,5 metrin suositusrajan.



Kuvio 11. Ajouraleveydet (m) työpisteittäin.

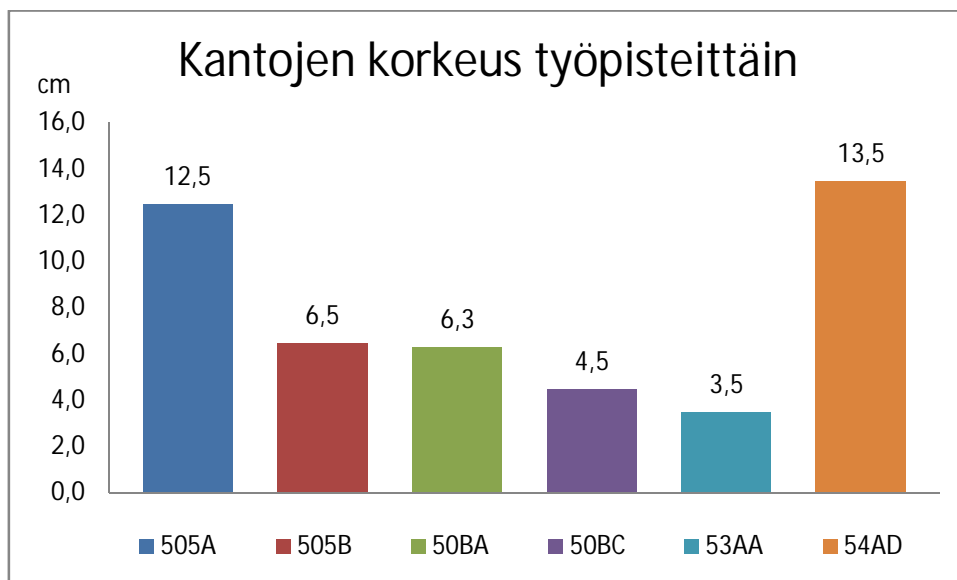
8.6 Kantojen korkeus

Kohteiden keskimääräinen kannonkorkeus vaihteli välillä 1,5–22,0 senttimetriä. Kantojen korkeuden keskiarvo oli 7,1 senttimetriä ja keskihajonta 4,8 senttimetriä. Kuvioista 10 voidaan havaita, että kantojen korkeudessa oli suurta vaihtelua kohteiden välillä. Korjuumenetelmien välillä kantojen korkeuksissa oli eroa (kuvio 12). Kantojen korkeus oli suurempi kohteilla, joilla puuta oli korjattu kahden kasan menetelmää käyttäen. Keskiarvoksi näillä kohteilla tuli 9,1 senttimetriä. Rankamenetelmällä hakatuilla kohteilla kantojen korkeus oli keskimäärin 5,9 senttimetriä.



Kuvio 12. Kantojen korkeudet (cm) kohteilla korjuumenetelmittäin.

Työpisteittäin kantojen korkeudet vaihtelivat välillä 3,5–13,5 senttimetriä (kuvio 13). Neljän työpisteen (505B, 50BA, 50BC ja 53AA) kohteilla (16 kpl) kantojen korkeus jäi keskimäärin alle 6,5 senttimetrin. Työpisteiden 505A ja 54AD kohteilla (4 kpl) kantojen korkeus oli keskimäärin yli 12 senttimetriä



Kuvio 13. Kantojen korkeudet työpisteittäin.

8.7 Kokonaisarvostelu

Kohteista yksikään ei saavuttanut maastomittausohjeen kokonaisarvostelumallin (taulukko 2, s. 20) mukaista hyvää arvosanaa kaikissa arvostelukriteerissä (taulukko 6). Kaikilla kohteilla kokonaisarvosana oli ”Huomautettavaa”. Lakirajojen ja tavoiteteheyksien täytyminen kohteittain on kirjattu yksityiskohtaisemmin liitteessä 4.

Yleisin syy siihen, ettei kohde saavuttanut arvosanaa hyvä, olivat runkovauriot. Kohteista viidellätoista oli huomauttamista runkovaurioiden määrässä, kun vain viisi kohdetta sai arvosanan hyvä. Harvennusvoimakkuuden suhteen huomautettavaa oli yhdellätoista kohteella ja hyviä kohteita oli yhdeksän. Ajourakriteerit olivat pääosin täyttyneet hyvin. Ajouravälissä oli huomautettavaa vain kolmella kohteella ja ajouraleveydessä viidellä kohteella. Kaikki kohteet saavuttivat arvosanan hyvä vähintään yhdessä arvostelukriteerissä.

Vanhatalon tekemässä valtakunnallisessa tutkimuksessa ensiharvennuksista kokonaisarvosanan hyvä sai Pohjois-Karjalan alueella 50 % kohteista ja huo-

mautettavaa oli 50 %:lla kohteista. Koko Suomen osalta hyvän arvosanan sai 63,3 %, huomautettavan 31,8 % ja virheellisen 4,9 %. (Vanhatalo 2011, liite 15)

Taulukko 6. Kokonaisarvostelukriteerien täytyminen kohteittain.

KOKONAISARVOSTELU					
Kohde-numero	Pohjapinta-ala/ runkoluku	Ajouraväli	Ajouraleveys	Runkovauriot	Kokonaisarvosana
1	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
2	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
3	Hyvä	Huomautettavaa	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
4	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
5	Huomautettavaa	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa
6	Huomautettavaa	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
7	Huomautettavaa	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
8	Huomautettavaa	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
9	Hyvä	Huomautettavaa	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
10	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Hyvä	Huomautettavaa
11	Hyvä	Huomautettavaa	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
12	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa	Huomautettavaa
13	Huomautettavaa	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa	Huomautettavaa
14	Huomautettavaa	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
15	Huomautettavaa	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
16	Huomautettavaa	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
17	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa	Huomautettavaa
18	Huomautettavaa	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa
19	Huomautettavaa	Hyvä	Huomautettavaa	Hyvä	Huomautettavaa
20	Huomautettavaa	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huomautettavaa

9 Yhteenveto tutkimuksesta ja pohdinta

Tutkimustulosten perusteella vaurioiden määrä joukkokäsitellyissä kohteissa on tällä hetkellä auttamatta liian korkea. Keskimääräinen 5,83 % vaurio-osuus kertoo siitä, että menetelmänä joukkokäsittely on uusi ja kokemusta sen käytöstä on toistaiseksi vähän. Korjuujäljen valtakunnallisiin tarkastustuloksiin verrattuna joukkokäsitteltyjen ensiharvennuskohteiden keskimääräinen vaurioprocentti oli huomattavasti korkeampi. Myös Stora Enson Etelä-Suomen hankinta-alueella tehtyyn tutkimukseen verrattuna oli vaurioiden määrä Itä-Suomessa suurempi.

Metsätehon tutkimukset osoittavat, että joukkokäsittely selvästi nopeuttaa ja tehostaa puunkorjuuta (Kärhä ym. 2011). Vaikka tämän tutkimuksen tulokset korjuujäljestä eivät näytä kovin positiivisilta, ei joukkokäsittelyn potentiaalia puunkorjuun kehittämisessä kannata niiden perusteella kyseenalaistaa. Menetelmän käyttöönotossa ollaan vasta alkutaipaleella. Joukkokäsittelyn potentiaa-

liin luo uskoa muun muassa se, että vaikka kokonaisuutena tutkimustulokset ovat heikkoja, niin positiivisiakin puolia löytyy. Etelä-Suomen paremman kokonaistuloksen lisäksi neljäsosa tämän tutkimuksen kohteista alitti metsänhoitosuosituksen 4 %:n vauriorajan. Lisäksi kuusi kohdetta oli alle kahden prosenttiyksikön päässä tästä rajasta. Tässä kannattaa huomioida, että joukkokäsittely on otettu Lieksan ja Nurmeksen alueilla laajempaan käyttöön vasta keväällä 2012, jolloin osa mitatuista kuvioista oli hakattu. Osa mitatuista kohteista on siis mitä todennäköisimmin konekuljettajien ensimmäisiä joukkokäsittelykohteita. Ajan myötä vaurioiden osuus tulee todennäköisesti pienenemään, kun kuljettajien kokemus menetelmän käytöstä kasvaa.

Hakkuukoneketjujen välisessä vertailussa kaksi koneketjua pääsi tässä vaiheessa keskimäärin alle 5 % (kuvio 7, s. 28). Parannettavaa on kuitenkin vielä paljon näilläkin ketjuilla. Koneketjujen välisessä vertailussa ei ole tietoa siitä, kuinka paljon yksittäinen kuljettaja on käyttänyt joukkokäsittelyä hakatessaan kohdetta. Voi olla, että toinen kuljettaja on pyrkinyt käyttämään sitä mahdollisimman paljon, kun toinen taas on välttänyt sitä parhaansa mukaan. Lisäksi eri koneketjuilta mitattiin eri määrä kohteita (taulukko 4, s. 21). Yhden kohteet osuus kokonaisuudesta riippuu suuresti siitä, onko kohteita mitattu kaksi vai viisi kappaletta. Tämä vaikuttaa tulosten luotettavuuteen heikentävästi.

Tutkimuksessa huomioitiin myös näkemäraivauksen teko. Tulosten perusteella raivauksella ei ole suurta vaikutusta korjuuvaurioiden määrään. Keskimääräinen vaurioprosentti oli esimerkiksi suurin kohteilla, joilla raivaus oli tehty. Tosin tulokset vaihtelivat paljon. Kuten kuviossa 4 (s. 25) näkyy, niin vaurioiden määrässä vaihtelua oli eniten kohteissa, joissa tarvetta raivaukselle ei ollut. Sen sijaan kohteet, joissa raivaus olisi pitänyt tehdä, sijoittuvat vaurioprosenttiltaan kaikki hyvin lähelle toisiaan. Mitään säännönmukaisuutta ei siis ole havaittavissa. Raivauksen pääasialliseksi tarkoitukseksi näyttää jäävän korjuuvaurioiden vähentämisen sijaan konekuljettajan työskentelyn nopeuttaminen ja helpottaminen. Kuvan 3 tapauksessa näkemäraivauksella olisi helpotettu puunkorjuun toteuttamista ja säästyty ehkä muutamilta vaurioilta.



Kuva 3. Näkemäraivaukselle olisi ollut tarvetta (Härkönen 2012).

Hakkuumenetelminä mitatuilla kohteilla oli käytetty rankamenetelmää Tornatorin omistamilla leimikoilla ja kahden kasan menetelmää yksityisten metsänomistajien leimikoilla. Keskimääräisten vaurioprosenttien perusteella rankamenetelmällä saavutetaan noin yhden prosenttiyksikön verran parempi korjuujälki. Tähän täytyy huomioida se, että yksityisten leimikoilla puuston tiheys oli ennen harvennusta ja sen jälkeen suurempi kuin Tornatorin leimikoissa. Lisäksi runkojen tilavuus oli suurempi Tornatorin leimikoilla.

Kuvioiden 5 ja 6 (s. 26–27) perusteella vaurioiden määrä on hieman pienempi puustoltaan harvemmillä kohteilla, joilla keskimääräinen runkotilavuus on suurempi. Korrelaatiokertoimien perusteella näiden muuttujien väliset riippuvuudet toisistaan eivät kuitenkaan olleet merkittäviä. Helposti voisi ajatella, että harvemmillä kohteella olisi enemmän tilaa runkojen käsittelylle ja harvesteripään liikuttamiselle kuin tiheimmällä kohteella. Näin myös mahdollisuus vaurion syntymiselle olisi pienempi. Runkojen tilavuus on todennäköisesti harvapuustoisilla kohteilla myös suurempi, koska kasvutilaa on ollut enemmän.

Toisaalta tiheämmässä metsässä joukkokäsittelystä saatava hyöty on suurimmillaan, koska puut ovat lähempänä toisiaan. Harvapuustoisilla kohteilla on arvioitava joukkokäsittelymenetelmän tarvetta. Jos seuraavaa puuta joutuu hakemaan kouraan pidemmän matkan päästä, alkaa menetelmä hidastaa työskentelyä.

Taulukossa 7 on esitetty keskimääräinen vaurioprocentti keskimääräisen litrakoon mukaan luokiteltuna. Kuten kuviosta 5 (s. 26) nähdään, niin vaihtelua on kohteiden välillä hyvin paljon ja vaurioiden osuus laskee hyvin vähän litrakoon kasvaessa. Luokittelun perusteella näyttäisi myös siltä, että suurempirunkoisilla kohteilla vaurioprocentti jää pienemmäksi. Säännönmukaisuuksien luotettavuus jää tosin kovin alhaiseksi, osittain pienen otannankin vuoksi. Esimerkiksi yli 120 litran kohteita oli tutkimuksessa mukana vain kaksi kappaletta. Rungon pientä kokoa tai puuston tiheyttä ei voida tässä tutkimuksessa pitää varsinaisena syytä vaurioiden määrään.

Taulukko 7. Vaurioprocentit runkotilavuusluokittain

Litrakoko	Pääpuulaji	Vaurioprocentti	Kohteita yhteensä
< 60	Koivu	7,2 %	3
60–79	Mänty	5,5 %	2
80–99	Mänty	6,0 %	5
100–119	Mänty	6,2 %	8
120 ≤	Mänty	2,3 %	2

Runkovaurioiden syntymiseen vaikuttaa olennaisesti se, kuinka helposti kuori irtoaa rungosta. Nila-aikana alkukesästä on kuoren irtoaminen herkimmillään. Kohteista 12 kappaletta oli hakattu 1.5.–27.6. Näillä kohteilla oli keskimääräinen vaurioprocentti korkeampi kuin 1.7. jälkeen hakatuilla kohteilla, joita oli seitsemän kappaletta. Yksi kohde oli hakattu maaliskuussa. Alkukesästä hakattujen kohteiden vaurioprocentti oli 6,26 %. Kesäkuun jälkeen hakattujen kohteiden keskimääräinen vaurioprocentti oli 4,95 %. Tämän antaa hyvin heikosti näyttöä siitä, että vaurioita syntyisi todennäköisemmin alkukesästä, kun kuori irtoaa herkemmin.

Ajouravälit olivat kohteilla tutkimuksen mukaan keskimäärin metsänhoitotavoit-
teiden mukaiset. Keskiarvona 20 metriä vastaa täsmälleen tavoitetta. Tulokset
olivat myös hyvin lähellä vertailuaineiston Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen
tuloksia. Etelä-Suomen hankinta-alueen tutkimuksessa keskimääräinen ajoura-
väli oli huomattavasti kapeampi, 18,1 metriä (Kataja 2012, 24). Tämän tutki-
muksen kohteista muutamilla ajouravälit olivat alle 20 metriä, mutta niissä kuvi-
on muoto, pieni pinta-ala ja korkeusvaihtelut olivat vaikeuttaneet ajourasuunnit-
telua. Työpisteiden kesken ajouravälien keskiarvot olivat myös hyvin lähellä ta-
voitelukemia.



Kuva 4. Ajokoneen aiheuttamia vaurioita (Härkönen 2012).

Ajouraleveydet vastasivat keskimäärin hyvän metsänhoidon tavoitteita (4,0–4,5 metriä). Yksinpuin tehdyillä ensiharvennuksilla ajouraleveydet olivat Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella keskimäärin kymmenen senttimetriä kapeammat. Stora Enson Etelä-Suomen hankinta-alueella ajouravälit olivat 20 senttimetriä leveämmät (4,7 metriä) (Kataja 2012, 22). Alle neljän metrin ajouraleveyksiä oli hyvin harvoilla kohteilla. Muutamilla kohteilla ajouran varrella oli selvästi havaittavissa ajokoneen aiheuttamia vaurioita (kuva 4). Syitä näiden vaurioiden syntymiselle olivat todennäköisesti eri tilanteissa joko kapea tai mutkainen ajoura, kuljettajan huolimattomuus, korkeusvaihtelut tai maaperän muutokset. Esimerkiksi, eräällä kohteella maanpinta oli selvästi upottanut koneita, tämä oli aiheuttanut vaurioita ajouran varrella oleviin runkoihin.

Kantojen korkeudet olivat tutkimuksen kohteilla suhteellisen korkeat (7,1 cm). Etelä-Suomen hankinta-alueella kantojen korkeus oli keskimäärin suurempi, 12,8 senttimetriä (Kataja 2012, 25). Syy joukkokäsittelykohteiden korkeisiin kantoihin on todennäköisesti kourassa oleva runko. Kun kouraan on poimittu yksi runko, niin seuraavaa runkoa ei voida katkaista yhtä alhaalta, koska kourassa olevan rungon tyvi estää kouraa pääsemästä yhtä alas, kuin mihin tyhjä koura pääsisi. Näin katkaisukohta tulee hieman korkeammalle ja kantojen korkeus kasvaa.

Kokonaisarvostelun suhteellisen heikko tulos johtuu tutkimuksessa suurimmaksi osaksi runkovaurioiden suuresta osuudesta. Niillä kohteilla, joilla vaurioiden osuus oli pienempi, huomautettavaa oli ajouraleveydessä tai harvennusvoimakkuudessa. Harvennusvoimakkuuteen vaikuttaa osaltaan se, että 13 kohteista oli Tornatorin leimikoita. Yhtiönä Tornatorin pääasiallisena tulonlähteenä voisi olettaa olevan puunmyynti ja tavoitteena tehokas ja tuloksekas puunkasvatus. Kun harvennus suoritetaan alarajalle, niin hakkuutuloja saadaan enemmän. Lisäksi kasvutilaa vapautuu enemmän ja järeytyminen nopeutuu ja metsä tuottaa paremmin. Tornatorin kohteilla harvennus oli hyvin usein tehty harvennusmallien alarajoille, ja paikoin oli menty alarajan alle. Tiheyden suhteen huomautettavaa oli Tornatorin kohteista kahdeksalla. Yksityisten seitsemästä kohteesta tiheydessä oli huomautettavaa kolmella. Hyvä harvennustiheys oli yhteensä yhdeksällä kohteella. Positiivista on, että yhtään kohdetta ei ollut hakattu lakirajoja harvemmaksi.

Tutkimuksessa koealoilla mitattiin 2,8 % kohteiden yhteispinta-alasta. Osuutena tämä oli pieni, mutta jokaiselta kohteelta mitatut kymmenen koealaa antoivat jo selvän kuvan kohteen kokonaistuloksesta. Jos koealoja olisi mitattu kohteilta yli kymmenen kappaletta, niin muutokset keskiarvoissa olisivat olleet marginaalisia. Tämän perusteella pitäisin koealojen määrää tutkimuksessa riittävänä.

Luotettavuutta voivat alentaa myös käytännön töissä tapahtuneet virheet. Esimerkiksi, mittausvirheet maastomittauksen yhteydessä ja näppäilyvirheet, kun mitattuja tietoja on siirretty sähköiseen muotoon, ovat tällaisia tekijöitä. Näiden välttämiseksi tiedot on tarkastettu kolmeen kertaan siirtojen ja mittausten yhteydessä, mutta mahdollisuus virheille on silti olemassa.

Tiivistettynä joukkokäsitteltyjen ensiharvennuksien korjuujälki on Itä-Suomen alueella vielä toistaiseksi huonoa. Kehittymistä tapahtuu sitä mukaa kun menetelmän käyttö lisääntyy ja koneiden kuljettajien ja metsäsuunnittelijoiden kokemukset siitä kasvavat. Kuljettajat oppivat käyttämään menetelmää sujuvasti ja oikein ja suunnittelijat valitsemaan oikeanlaisia kohteita. Lisäksi olennaista on, että joukkokäsittelyä täytyy oppia käyttämään osana puunkorjuuta sen sijaan, että sitä käytettäisiin pakolla koko ajan ja joka kohteella.

Lähteet

- Hotanen J-P. 2008 Metsätalouden suunnittelu. Teoksessa S. Rantala (toim.) Tapion taskukirja. Hämeenlinna. Karisto. 279-281.
- Kataja T. 2012. Joukkokäsiteltyjen ensiharvennusten korjuujälki Stora Enso Metsän Etelä-Suomen hankinta-alueella.
- Kärhä K. & Keskinen S., 2011. Ensiharvennukset metsäteollisuuden raaka-ainelähteenä 2000-luvulla. Metsätehon tulosalvosarja 2/2011.
- Kärhä K., Mutikainen A., Keskinen S. & Petty A., 2011. Valmet 901.4/350.1 rankapuun hakkuussa ensiharvennuksella. Metsätehon tulosalvosarja 11/2011.
- Maa- ja metsätalousministeriö, 2012. Puun energiakäyttö. http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/metsat/ilmasto_energia/puun_energiakaytto.html 17.1.2013
- Metsäasetus 1234/2010.
- Metsäkeskus, .2012. Tietopaketit, Ensiharvennus <http://www.metsakeskus.fi/ensiharvennus> 19.1.2013
- Metsälaki 12.12.1996/1093
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, 2006. Hyvän metsänhoidon suositukset.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, 2011. Maastotarkastusten ohjeet 2011.
- Metsäteho Oy, 2003. Korjuujälki harvennushakkuissa -opas http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Opas/Korjuujalki_harvennus_hakkuussa_opas.pdf 18.1.2013
- Metsäteho Oy, 2010. Korjuun suunnittelu -opas. http://www.metsateho.fi/files/metsateho/korjuun_suunnittelu/start.html 19.1.2013
- Metsäteho Oy, 2012. Koneellinen puunkorjuu -opas. http://www.metsateho.fi/puuhuolto-opas/koneellinen_puunkorjuu_valmistus/energiapuun_korjuu_ja_joukkohakkuu 20.1.2012
- Stora Enso Oyj, 2013. Joukkokäsittelymenetelmät. Stora Enson tietojärjestelmä.
- Terve Metsä -lehti, 6/2011. Kuitupuu ja metsäenergia samaan kuormaan. Stora Enso Metsä, 18–20.

- Vanhatalo K., 2011. Korjuujäljen valtakunnalliset tarkastustulokset 2010. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Raportti ja Liitteet.
http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/Korjuujalki/Raportti_korjuujalki_2010.pdf 25.1.2012
http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/Korjuujalki/Liitteet_korjuujalki_2010.pdf 25.1.2012
- Ylitalo E., 2012. Puun energiakäyttö 2011. Metsäntutkimuslaitoksen metsätilastotiedote 16/2012.
<http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/mtt/2012/puupolttoaine2011.pdf> 28.1.2012

Mittaustulokset

Kohdenumero	Runkoluku	Poistuma	Keskiäpimitta (cm)	Valtapiuus (m)	Pohjapinta-ala	Vauriot (%)	Ajoura		Koealojen etäisyys ajourasta (m)	Kanto	
							väli (m)	leveys (cm)		korkeus	äpimitta
1	1010	1250	9	13	9	4,74%	19,2	443	4,1	7,5	10,5
2	910	640	14	14	15	9,26%	20,5	443	5,6	8	13,9
3	750	1080	14	13	14	5,08%	18,0	438	4,4	2,5	13,4
4	950	970	11	12	11	5,36%	20,3	440	4,6	6	11,6
5	780	1150	15	14	12	1,11%	20,0	435	3,8	4,5	15
6	790	560	13	14	14	4,72%	19,2	457	3,7	7	12,7
7	1020	1020	14	14	15	7,03%	21,2	429	5,4	14,5	13,7
8	760	950	13	12	13	12,10%	19,0	448	3,6	7,5	15
9	590	490	14	13	12	8,98%	18,7	454	4,1	1,5	16,3
10	480	430	15	12	10	2,00%	20,7	470	4,0	4	13,9
11	920	750	14	13	16	7,73%	18,7	436	3,7	8	13,7
12	740	800	9	11	7	10,06%	20,3	468	4,1	6,5	9,8
13	740	880	14	12	12	4,41%	20,7	474	4,6	3	14,8
14	1010	1170	9	14	10	6,86%	19,2	472	4,4	22	11,2
15	710	750	14	15	13	6,77%	19,3	455	5,6	6,5	12,5
16	690	580	12	13	13	5,61%	21,2	453	4,7	7,5	12,4
17	1030	660	13	14	16	6,41%	21,8	433	4,9	12,5	15,2
18	830	710	13	14	15	2,36%	21,3	430	3,0	2	13,8
19	730	730	15	15	14	3,50%	21,0	468	5,1	5	13,5
20	640	580	13	15	12	2,50%	19,4	447	5,9	5	14,9
Keskiarvot	804	808	13	13	13	0	20	450	4	7	13

Kohteiden tiedot

Kohdenumero	Hakkuu päättynyt	Myyjä	Työpiste	Metsätyyppi	Pääpuulaji	Puulajisuhteet			Näkemäraivaus
						Mänty	Koivu	Kuusi	
1	25.5.2012	Yksityinen	505B	OMT	Koivu	0 %	100 %	0 %	Tehty
2	11.6.2012	Tornator	505B	MT	Mänty	60 %	25 %	15 %	Tehty
3	5.6.2012	Yksityinen	505B	VT	Mänty	100 %	0 %	0 %	Ei tarvetta
4	7.6.2012	Tornator	50BA	CT	Mänty	100 %	0 %	0 %	Ei tarvetta
5	25.6.2012	Tornator	50BA	VT	Mänty	100 %	0 %	0 %	Ei tarvetta
6	14.6.2012	Tornator	50BA	MT	Mänty	75 %	10 %	15 %	Tehty
7	17.6.2012	Yksityinen	54AD	MT	Mänty	80 %	15 %	5 %	Ollisi pitänyt
8	26.6.2012	Tornator	50BC	MT	Mänty	85 %	15 %	0 %	Ei tarvetta
9	10.7.2012	Tornator	50BC	CT	Mänty	100 %	0 %	0 %	Ei tarvetta
10	10.7.2012	Tornator	50BC	CT	Mänty	100 %	0 %	0 %	Ei tarvetta
11	25.5.2012	Yksityinen	505B	MT	Mänty	90 %	5 %	5 %	Tehty
12	5.6.2012	Yksityinen	505B	MT	Koivu	0 %	100 %	0 %	Tehty
13	21.6.2012	Yksityinen	505A	MT	Mänty	90 %	5 %	5 %	Tehty
14	2.3.2012	Yksityinen	505A	OMT	Koivu	15 %	80 %	5 %	Ollisi pitänyt
15	19.7.2012	Tornator	50BA	VT	Mänty	100 %	0 %	0 %	Ei tarvetta
16	20.7.2012	Tornator	50BA	VT	Mänty	100 %	0 %	0 %	Ei tarvetta
17	31.7.2012	Tornator	54AD	VT	Mänty	100 %	0 %	0 %	Ollisi pitänyt
18	3.8.2012	Tornator	53AA	MT	Mänty	65 %	30 %	5 %	Ei tarvetta
19	27.6.2012	Tornator	53AA	VT	Mänty	80 %	15 %	5 %	Ei tarvetta
20	9.8.2012	Tornator	50BC	MT	Mänty	60 %	30 %	10 %	Ei tarvetta

Lakiraja ja tavoitetheydet kohteittain

Liite 4

Kohde-numero	Pääpuulaji	Kasvupaikka (Väli-Suomi)	Runkoluku (kpl/ha)	Pohjapinta-ala (m ² /ha)	Pituus (m)	Lakiraja kohteen pituudessa ¹⁾		Yliittykö lakiraja?	Läpimitta (cm)	Tavoitetheys				Onko kohde tavoitetheydessä?
						alle 12 m Runkoluku	yli 12 m Pohjapinta-ala			Läpimitta alle 13 cm ²⁾		Läpimitta yli 13 cm ³⁾		
										Alaraja	Yläraja	Runkoluku (kpl/ha)	Yläraja	
8	Mänty	MT	760	12,7	12	—	9	Kyllä	13	—	13	16	Ei	
13			740	12,1	12	—	9	Kyllä	14	—	13,25	16,25	Ei	
11			920	15,5	13	—	9	Kyllä	14	—	14	17	Kyllä	
2			910	14,7	14	—	9	Kyllä	14	—	14,5	17,5	Kyllä	
6			790	13,7	14	—	9	Kyllä	13	—	14,5	17,5	Ei	
18			830	14,9	14	—	11	Kyllä	13	—	15	18	Ei	
7			1020	14,5	14	—	11	Kyllä	14	—	15,25	18,25	Ei	
20			640	11,8	15	—	11	Kyllä	13	—	15,25	18,25	Ei	
3			750	14,2	13	—	9	Kyllä	14	—	12,5	16,5	Kyllä	
16			690	12,7	13	—	9	Kyllä	12	900	1300	—	Ei	
17		1030	16,1	14	—	9	Kyllä	13	—	13,25	17,28	Kyllä		
5		780	12,2	14	—	9	Kyllä	15	—	13,25	17,25	Ei		
15		710	12,6	15	—	11	Kyllä	14	—	13,5	17,5	Ei		
19		730	13,9	15	—	11	Kyllä	15	—	14	18	Ei		
10		480	10,2	12	—	8	Kyllä	15	—	10	13	Kyllä		
4		950	11,4	12	—	8	Kyllä	11	800	1100	—	Kyllä		
9		590	11,8	13	—	8	Kyllä	14	—	10,5	13,5	Kyllä		
1		1010	8,6	13	600	—	Kyllä	9	700	1100	—	Kyllä		
12		740	7,3	11	600	—	Kyllä	9	700	1100	—	Kyllä		
14		1010	10,2	14	700	—	Kyllä	9	1100	1400	—	Ei		

1) Metsäasetus (1234/2010)

2) Hyvän metsänhoidon suositukset, 2006. Liite 7.

3) Hyvän metsänhoidon suositukset, 2006. Liite 8.