

Tukkien korjuu- ja käsittely- vauriot

Markku Mäkelä

**Metsätehon raportti 51
23.3.1998**

Tukkien korjuu- ja käsittelyvauriot

Markku Mäkelä

Metsätehon raportti 51
23.3.1998

Ryhmähanke: A. Ahlström Osakeyhtiö, Aureskoski Oy, Enso Oyj, Koskitukki Oy, Kuhmo Oy, Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta, Metsäteollisuus ry, Pölkky Oy, UPM-Kymmene Oyj, Vapo Timber Oy, Visuvesi Oy

Asiasanat: tukit, korjuuvauriot, käsittelyvauriot, kuorintavauriot, kuivausvauriot

© Metsäteho Oy

Helsinki 1998

TIIVISTELMÄ	3
1 HAKKU	4
1.1 Kaato	4
1.2 Katkonta	4
1.3 Karsinta	4
2 KULJETUKSET	10
3 VARASTOINTI	10
4 KÄSITTELY SAHALLA	10
5 KUIVAUS	11
6 VAURIOIDEN MÄÄRÄ JA MUUTTUMINEN KÄSITTELYVAIHEITTAIN	11
6.1 Tukkien päiden vauriot: halkeamat ja pyöristymät	11
6.2 Tukkien vaipan vauriot: syöttölaite- ja kuorimaterä- jäljet, rouhiutumet ja lajitteluvauriot	14
6.3 Tukkien kuoriutumet	16
7 YHTEENVETO HAVUSAHATAVARAN VAURIOISTA	17
7.1 Vauriot ja niiden aiheuttajat	17
7.2 Vaurioiden vaikutus sahatavaran arvoon	18
8 YHTEENVETO VANERIKOIVUJEN VAURIOISTA ..	19
8.1 Vauriot ja niiden aiheuttajat	19
8.2 Vaurioiden vaikutus koivuviilun arvoon	19
9 VAURIOIDEN VÄLTÄMINEN	19
9.1 Kaato ja katkonta	19
9.2 Karsinta	20
9.3 Kuljetukset	20
9.4 Varastointi	20
9.5 Käsittely sahalla	20
9.6 Kuivaus	21
10 TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA	21
KIRJALLISUUS	22

TIIVISTELMÄ

Raportti on yhteenveto Metsätehossa vuosina 1980–97 tehdyistä tukkien vaurioitumista tai muuta arvonalentumista käsitteistä tutkimuksista. Aihetta lähestyttiin siten, että saatiin kokonaiskäsitys raaka-aineessa eri vaiheessa tapahtuvien muutosten vaikutuksesta lopputuotteeseen.

Tukkeihin tulee vaurioita ja vikoja kaadossa, katkonnassa ja karsinnassa. Seuraavia vikojen aiheuttajia ovat kuljetukset, varastointi ja käsittely sahalla, jossa erityisesti vaurioiden kannalta merkittäviä ovat tukkilajittelu ja kuorinta. Viimeisenä vaurioiden aiheuttajana on sahatavaran kuivaus.

Tukkien päihin tulevia vaurioita ovat erilaiset halkeamat ja kuorinnassa syntyvät pyöristymät. Hakkuussa syntyvät halkeamat säilyvät pääosin sellaisenaan kuivattuun sahatavaraan asti. Hakkuussa syntyneitä halkeamia oli vain murto-osa kaikista kuivatuissa havusahatavarakappaleissa olleista halkeamista. Eniten halkeamia aiheuttivat luontainen kuivuminen ja sahatavaran kuivaus.

Tukkien vaipan vaurioita ovat hakkuukoneen syöttölaitteen jäljet ja rouhiutumukset, kuorimakoneen syöttölaitteen ja terien aiheuttamat jäljet sekä tukkilajittelussa syntyvät jäljet. Hakkuukoneen syöttölaitteen aiheuttamat jäljet näkyvät kuorimattomassa tukissa. Kuorinnan jälkeen ne ovat monasti hävinneet. Tukkien lajittelussa syntyvät kolot ovat vahingollisempia kuin hakkuukoneen aiheuttamat rouhiutumukset.

Tukkien kuoriutumisen merkitystä lämpiminä vuodenaikoina, koska tällöin sieni-itiöt pääsevät niiden kautta puuainekseen. Kuoriutumisen yleisyyteen ja määrään vaikuttaa ratkaisevasti hakkuun aika. Nila-aikana keväällä ja alkukesällä on kuoriutuminen lähes säännöllistä ja laaja-alaista. Muina aikoina se on myös melko yleistä, mutta pienialaisempaa.

Valmiissa havusahatavarassa oli selvästi enemmän sahalla tapahtuvasta tukin käsittelystä aiheutuneita vaurioita ja vikoja kuin hakkuusta ja kuljetuksesta syntyneitä. Sahalla tapahtuvassa tukkien lajittelussa ja kuorinnassa syntyneet viat aiheuttivat suurimmat menetykset kuivaamattomassa sahatavarassa. Hakkuussa syntyneiden vikojen vaikutus oli pieni, ja niiden vaikutus saattoi hävitä muiden pahempien vikojen alle.

Koivuvaneritukkien korjuusta ei synny mainittavia viilunarvonalentumisia. Tukkien varastoinnissa syntyy puolestaan lyhyessäkin ajassa huomattavia väriviasta aiheutuvia arvonalentumisia.

Vaurioiden vähentämiseksi on jokaisessa tukkien käsittelyvaiheessa parannettavaa. Merkittävimmät parannukset vikojen vähentämiseksi on mahdollista saada aikaan tukkilajittelua ja kuorimakoneita kehittämällä.

1 HAKKU

Tukkeihin tulee käsittelyvaurioita hakkuun eri työvaiheissa. Vauriot lisääntyvät, kun siirryttiin metsurihakkuusta konehakkuuseen. Samalla alkoi esiintyä myös sellaisia vaurioita, kuten karsimateriaien aiheuttamia kuoriutumia ja vuolemia, joita ei metsurihakkuun aikana ollut lainkaan.

1.1 Kaato

Kaadossa syntyvät vauriot tulevat yleensä työvirheen eli rungon liiallisen työntämisen johdosta tai ylisuurten puiden kaadossa. Kaatohalkeamien määrää voitaisiin vähentää käyttämällä suurehkoilla puilla vastasahausta, vaikka se ei kaadon teknisen onnistumisen kannalta olisi tarpeellista.

Kaadossa syntyvät halkeamat ovat tangentin suuntaisia ja ulottuvat tukin sisälle yleisimmin 5 - 30 cm:n pituudelle. Kaatohalkeamia on yleensä useita samansuuntaisia sijaiten 2 - 4 sentin päässä toisistaan. Toinen kaadossa syntyvä vaurio on kaatorepeämä. Siinä muodostuu tukkiin selvä repeämäkolo. Kaatorepeämä on harvinainen, mitoiltaan yleensä pienialainen ja muutaman sentin syvyinen.

Halkeamien syntymiseen vaikuttaa puulaji ja työskentelyajankohta. Puulaajeista ongelmallisin on koivu. Kuuseen tulee myös herkästi kaatohalkeamia. Mänty lohkeaa kaatovaiheessa muita puulajeja harvemmin.

1.2 Katkonta

Katkonnassa halkeamia syntyy usein työvirheen johdosta. Hakkuukoneen kuljettaja pystyy vähentämään tai jopa välttämään katkontahalkeamat heijaimalla runkoa tai tukemalla sitä maahan katkaisuhetkellä. Työtekniikka on hallittava hyvin, sillä vääräaikainen heijaus tai liian kova tukeminen voivat aiheuttaa pahempia vaurioita kuin katkonta ilman niitä.

Katkonnassa syntyy yleensä yksi suurempi halkeama ja sen viereen yksi tai kaksi pienempää halkeamaa. Halkeamat ulottuvat yleisimmin 5 - 20 senttiä tukin sisälle. Katkontahalkeamia voi olla tukin molemmissa päissä.

1.3 Karsinta

Karsinnasta aiheutuvia vikoja ovat syöttölaitteen jäljet, rouhiutumia, kuoriutumia ja vuolemat. Niihin vaikuttavat hakkuukoneen syöttölaitteen rakenne ja karsimateriaien kunto. Syöttölaitteen tulisi olla rakenteeltaan mahdollisimman vähän jälkiä aiheuttava, mutta kuitenkin hyvän pidon aikaansaava. Syöttölaitteen paineissa ja karsintaterien teroituksessa tulisi ottaa huomioon puussa eri vuodenaikoina tapahtuvat muutokset.

Katkaisu-
halkeama
koivutukin
päässä.
Kaikki valok.
Metsäteho Oy

Vuolema
koivutukissa

Sinistymää
mäntytukin
päässä

Rouhiutumia
mäntyukeissa

Tukkilajittelun
aiheuttama kolo
kuoripäällisessä
mäntyukissa

Tukkilajittelun
aiheuttama kolo
kuoritussa
mäntyukissa

Kuorimakoneen
syöttölaitteen
jälki

Kuorimakoneen
terän jälki

Kuorittujen
tukkien päitä

Kuivumis- ja
katkaisu-
halkeamia
mäntyukeissa

Kuivumis-
halkeamia
sahatavarassa

Korjuu- ja
kuivumis-
halkeamia
sahatavarassa

Hakkuukoneen
syöttörullan jäljet
viilussa

Varastoinnissa
tullutta värivikaa
viilussa

Hakkuukoneiden syöttölaitteet aiheuttavat jälkiä käsiteltävään runkoon. Syöttörullien aiheuttamia painaumia on monasti koko rungon pituudella kahdella tai kolmella puolella rullien lukumäärästä riippuen. Pahimpia syöttörullien aiheuttamia vikoja ovat rouhiutumet, jotka syntyvät, kun syöttörullat jäävät jauhamaan tyhjää karsintaterien osuessa suureen oksaan tai mutkaan.

Kuoriutumet ovat yleisimmin karsimaterien aiheuttamia viiltoja tukin koko pituudella. Kuoriutuneiden kohtien kautta tukkiin pääsee sieni-itiöitä.

Vuolemat ovat muutaman millimetrin yleensä vajaan metrin mittaisia puuainekseen asti ulottuvia karsimaterien vuolemia kohtia. Niiden määrään vaikuttaa puulaji. Koivulla on enemmän vuolemia kuin havupuilla johtuen mutkaisemmasta runkomuodosta. Vuolemat eivät yleensä näy valmiissa sahatarassa tai sorvatussa viilussa.

2 KULJETUKSET

Metsä- ja kaukokuljetuksista aiheutuvat vauriot ovat yleisimmin kuormaimen kouran aiheuttamia kuoriutumia. Ne ovat yleisiä nila-aikana hakattuja puita kuljettaessa. Joissain tapauksissa kuormaimen koura tekee tukkeihin myös koloja. Kuljetuksessa syntyneet jäljet sijaitsevat tukin keskellä, yleensä noin metrin pituisella alueella. Kuoriutumien vuoksi sieni-itiöt pääsevät puuainekseen.

3 VARASTOINTI

Saha- ja vaneritukit pyritään toimittamaan käyttöpaikalle niin nopeasti hakkuun jälkeen, etteivät niihin mahdollisesti tulleet sieni-itiöt ehdi huonontaa tai pilata raaka-ainetta. Kuitenkin kesälomien aikaan eli lämpimimpänä aikana saattaa maastoon jäädä jonkin verran tukkeja pitemmäksikin ajaksi.

Kun tukkeja varastoidaan lämpimänä aikana sopivassa kosteudessa, alkavat kuoriutuneista kohdista ja tukkien päistä iskeytyneet sieni-itiöt edetä puuaineksessa aiheuttaen havupuissa ensin sinistymää ja myöhemmin lahoa. Koivutukeissa kuoriutuneet kohdat tummuvat ja tukkien päistä alkaa edetä tummumaa sisäosiin. Koivulla tukin pintaan tulevan tummuman vaikutus ei ylety kuin aivan pintavyöhykkeeseen eli ei näy sorvatussa, tuotantoon kelpaavassa viilussa. Koivutukkien päistä lähtevä tummuma näkyy sen sijaan värivikana viilussa.

4 KÄSITTELY SAHALLA

Tukkien saavuttua sahalle ensimmäinen vaurioitumismahdollisuus on kuorman purkamisvaiheessa. Sahalla työskentelevät trukit saattavat tehdä koloja alimpiin ja ylimpiin tukkeihin kuormaa purkaessaan. Purkamista seuraa yleensä tukkien mittausta ja lajittelu. Tukit kulkevat lajittelulaitoksen kuljettimella, josta ne tiputetaan läpimitan ja laadun edellyttämään lokeroon. Tiputusta varten on kunkin lokeron kohdalla ”potkaisijat”, jotka työntävät tukit linjalta. Lokeron yläosassa on terävät metalliterät, jotka pyrkivät pienentämään tukin liike-energiaa, jotta se osuisi ja jäisi tarkoitettuun lokeroon. Terät painuvat puuainekseen aiheuttaen kaksi palkeenkielen muotoista koloa, joita kuori-päällisistä tukeista on vaikea havaita.

Ennen sahausta tukit kuoritaan. Kuorittaessa tukkeihin vaurioita aiheuttavat kuorimakoneen syöttölaite ja kuorintaterät. Syöttölaitteen tulee pitää tukki tukevasti otteessaan, kun pyörivät kuorintaterät pyrkivät sitä puolestaan pyörittämään. Syöttölaitteessa käytetään ennen ja jälkeen kuorimateriaa yleensä sentyyppisiä kartiomaisia piikkejä, joista hakkuukoneissa luovuttiin liikaa vaurioita aiheuttavina 1970-luvulla. Kuorimateriaiden jälkeen kuori ei enää suojaa tukin pintaa vaurioitumiselta, kuten aikanaan hakkuukoneilla. Kuori-

materät aiheuttavat tukkeihin vaurioita. Monasti ne vuolevat tukkien pinnasta kerroksen puuainesta. Erityisen syviä jäljet ovat kohdissa, missä on jo ennestään ollut kuorimakoneen tai hakkuukoneen syöttölaitteen tekemä jälki. Monasti kuorimaterät myös pyöristävät tukin kuorimakoneeseen menevää päätä. Tämä aiheutuu siitä, että kuorimaterät ovat sulkeutuneet tukin pään tullessa teriin ja ne vuolevat osan tukin päästä avautuessaan.

Tukit sahataan latvapuoli edellä. Ennen sahausta osa tukeista joudutaan tällöin kääntämään ns. kääntäjässä. Näiden toteutuksissa ja rakenteissa on eroja, mutta jotkut laitteet tekevät tukkeihin koloja.

Sahauksen jälkeen sahatavarakappaleet kulkevat erilaisten kuljettimien ja lajittelijoiden kautta, jolloin tiputuksista ja törmäyksistä saattaa tulla lohkeamia, halkeamia ja särkyymiä sahatavarakappaleisiin.

5 KUIVAUS

Kun sahatavara on läpäissyt sahalla kuorinnan, sahauksen ja lajittelun, on vuorossa kuivaus. Sillä on vaurioiden kannalta kaksitahoinen merkitys. Kuivauksessa sahatavarakappaleisiin tulee lisää vikoja, lähinnä halkeamia, ja toisaalta osa aiemmissä vaiheissa syntyneistä vaurioista tulee näkyviin. Kuivauksen jälkeen sahatavarakappaleet tasataan ja laatuluokitellaan, jolloin ainakin pahemmat viat on mahdollista poistaa sahatavarakappaletta lyhentämällä.

6 VAURIOIDEN MÄÄRÄ JA MUUTTUMINEN KÄSITTELYVAIHEITTAIN

6.1 Tukkien päiden vauriot: halkeamat ja pyöristymät

Hakkuuta tehtäessä pyritään välttämään halkeamia. Kun eräessä katkaisunopeuskokeilussa katkontasahausta tehtiin ilman heijaamista tai rungon tukemista, oli halkeamia:

- männyllä 0 - 23 %:ssa tukeista
- kuusella 11 - 67 " "
- koivulla 38 - 100 " "

Näistä halkeamamäärät eivät enää voine suurentua. Koska ne tehtiin samoilla koneilla samanlaisissa olosuhteissa, kuvaavat ne puulajien välisiä eroja. Tavanomaisessa työskentelyssä halkeamia on ollut hakkuun jälkeen selvästi vähemmän (taulukko 1).

TAULUKKO 1 Halkeamien keskimääräinen esiintymistiheys, halkeamia %:ssa tukeista (kumulatiivinen tarkastelu)

Työnvaihe	Mänty			Kuusi			Koivu		
	Talvi	Kevät	Syksy	Talvi	Kevät	Syksy	Talvi	Kevät	Syksy
Hakkuu, min – max	0-17	0-2	0-5	0-8	0	0-6	6-26	11-21	0-6
Hakkuu, keskimäärin	1-2	0-1	1	3	0	1	12	16	3
Hakkuu, varastoinnin jälkeen	1-2	12	1-2	1-4	1-2	1-2
Luontainen kuivuminen	5-10	45-60	10-25	6-15	30-40	5-30

Koivutukit halkesivat hakkuussa selvästi havutukkeja useammin. Hakkuun jälkeen tapahtuneessa varastoinnissa eivät havupuiden hakkuussa syntyneiden halkeamien määrät mainittavasti lisääntyneet, lukuun ottamatta männyn kevätaikaista varastointia. Keväällä mäntytukkien päissä havaittavissa olleet halkeamajäljet lisääntyivät selvästi. Osa tästä oli luultavasti seurausta muutokin tapahtuneesta tukkien päiden kuivumisesta, jossa ”ehjäänkin” puuainekseen tuli runsaasti puuaineksen luontaisesta kuivumisesta aiheutuneita halkeamia. Niissä tukkien päissä, missä näkyi katkaisusta aiheutuneita ”uusia” halkeamia, oli puuaineksen solurakenne todennäköisesti katkaisussa vioittunut. Kuivumisen aiheuttaman kutistumisen johdosta päihin tuli katkaisuhalkeamien tapaisia kuivumishalkeamia.

Varastoinnin aikana tapahtunut havutukkien luontainen kuivuminen sai aikaan kuivumishalkeamia, jotka määrältään olivat moninkertaisia hakkuussa tulleihin halkeamiin verrattuna. Tukkien luontaisen kuivumisen vuoksi oli kevätaikana sahatuissa havutukeissa selvästi enemmän halkeamia kuin talvella ja syksyllä sahatuissa. Koivutukeilla ei ole selvitetty varastoinnin vaikutuksia halkeamien määriin.

Hakkuussa syntyneiden halkeamien pituudet olivat selvästi kuivumishalkeamia pitempiä. Keskimääräisen hakkuuhalkeaman ollessa 20 cm olivat kuivumishalkeamat pituudeltaan 7 - 9 cm.

Hakkuussa syntyneitä halkeamia vähentävät jonkin verran kuorimakoneiden terien aiheuttamat tukin päiden pyöristymät (kuva 1). Tällaisia jälkiä oli mitauksissa 50 - 90 %:ssa kuorimakoneeseen ensin menneiden tukkien päistä. Tukin pään kehästä oli vaurioitunut 75 - 98 % (A kuvassa 1) 3 - 12 cm:n matkalta (B). Myös tukin jälkipäähän tuli jonkin verran vastaavia, mutta selvästi vähäisempiä vaurioita. Pyöristymät poistivat osan tukin pintaosassa olleista halkeamista. Ne aiheuttivat myös pintalautojen tasaustarvetta, mikä puolestaan vähensi pintaosan halkeamien määrää.

Kuva 1. Kaaviokuva kuorimateriaan tukiin päähän aiheuttamista vaurioista.

Kuivauksen jälkeen sahatavaran päissä oli luontaisen kuivumisen ja kuivauksen aiheuttamia halkeamia moninkertaisesti enemmän hakkuun aiheuttamien halkeamien määrään verrattuna (taulukko 2).

TAULUKKO 2 Halkeamien esiintymistiheys eri käsittelyvaiheissa kuivatussa sahatavarassa, halkeamia %:ssa sydän-sahatavarakappaleista

Työnvaihe	Mänty			Kuusi		
	Talvi	Kesä	Syksy	Talvi	Kesä	Syksy
Hakkuu	1 - 2	4 - 6	5 - 7	1	7	3
Käsittely sa-	0 - 1	1 - 3	0 - 8	0 - 1	0 - 10	0 - 1
Kuivaus	22 -	4 -	9 - 38	19 -	12 -	9 - 18
Luontainen kuivuminen	6 - 32	67 - 73	3 - 11	15 - 42	29 - 39	4 - 25
Kaikkiaan	31 -	82 -	18 -	37 -	58 -	26 -

Vuodenaika vaikutti paljon kuivatuihin sahatavarakappaleisiin olleiden halkeamien määrään; lohkeamia oli eniten kesällä, sitten talvella ja vähiten syksyllä. Talvella ja syksyllä kuivaus oli merkittävä halkeamien aiheuttaja. Kesällä yleisimpiä olivat puun luontaisen kuivumisen aiheuttamat halkeamat.

Kuivaus talvella aiheutti enemmän halkeamia kuin muina vuodenaikoina. Hakkuun aiheuttamia halkeamia oli vähiten talvella sahatuissa kappaleissa. Kesällä ja syksyllä sahatavarakappaleissa oli enemmän hakkuun aiheuttamia halkeamia kuin tukeissa. Tämä saattoi johtua piilohalkeamista tai kuivumiskutistumisesta kuten keväällä varastoitujen mäntytukkien päissä.

Pisimmät, keskimäärin noin 15 - 35 cm:n pituiset halkeamat aiheutti sahatavaran käsittely. Kuivauksen ja luontaisen kuivumisen aiheuttamat halkeamat olivat noin 10 cm:n pituisia ja katkonnan aiheuttamat 10 - 15 cm:n pituisia.

Hakkuussa syntyvät halkeamat säilyvät pääosin sellaisenaan kuivattuun sahatavaraan asti. Tietyissä tapauksissa katkaisussa alkunsa saaneet halkeamat lisääntyvät kuivumisen ja sahatavaran kuivauksen aiheuttamissa puuaineen kutistumismuutoksissa. Hakkuussa syntyneitä halkeamia on vain murto-osa kaikista kuivatuissa havusahatavarakappaleissa olleista halkeamista. Pituudeltaan katkaisuhalkeamat ovat keskinkertaisia, pitempiä kuin kuivaushalkeamat, mutta lyhyempiä kuin sahalla tapahtuneessa käsittelyssä syntyneet halkeamat.

Koivutukeissa on selvästi enemmän halkeamia kuin havutukeissa. Koivutukit käytetään pääosin vanerin valmistukseen. Tällöin osa halkeamista poistuu pölkytyksessä. Tavanomaiset halkeamat eivät yleensä hankaloita viulun sorvausta. Vanerin liimauksessa halkeamat yleensä liimautuvat yhtenäiseksi levyksi aiheuttamatta haittaa tai laadun alentumista. Poikkeuksena ovat irtonaiset lohkeamat, jotka vaikeuttavat pölkyn pysymistä sorvin karoissa.

6.2 Tukkien vaipan vauriot: syöttölaite- ja kuorimateräjäjät, rouhiutumet ja lajitteluvauriot

Hakkuukoneen syöttölaitteiden rakenne ja käytettävät paineet vaikuttavat olennaisesti käsiteltävän puun pintaan syntyvien jälkien määrään ja syvyyteen. Vaihtoehtoisia syöttölaitteita ovat metalli- ja kumirullat. Metallirullissa on suurta kokovaihtelua. Nykyinen suuntaus käyttää suurikehäisiä rullia on vaurioiden kannalta oikea.

Hakkuukoneen syöttölaitteen jälkiä oli kevätaikana 37 - 84 %:ssa havutukeista. Jälkiä oli tukissa yleensä koko sen pituudella, hakkuulaitteen rakenteesta johtuen kaksi - neljä juovaa. Kuusitukeissa jälkiä oli keskimäärin useammin kuin männyllä. Keskimäärin jäljet upposivat puuainekseen männyllä 2 - 6 mm ja kuusella 2 - 4 mm. Syvimät yksittäiset jäljet olivat männyllä 18 mm ja kuusella 12 mm.

Kuorimakoneen syöttölaite ja kuorimaterät aiheuttivat vastaavanlaisia jälkiä tukin pintaan kuin hakkuukoneen syöttölaite. Kuorimakoneen syöttölaite aiheutti jokaiseen tukkiin kahdelle puolelle männyllä keskimäärin 4 - 9 mm:n ja kuusella 3 - 6 mm:n syvyiset jäljet. Kuorimaterät tekivät lähes kaikkiin tukkeihin männyllä 6 - 8 mm:n ja kuusella 7 - 8 mm:n syvyiset ympäri tukin vaippaa kiertävät jäljet. Erityisen syviä jäljet olivat syöttölaitteen ja kuorimaterien jälkien risteyskohdissa.

Hakkuukoneen syöttölaitteiden aiheuttamia tavanomaisia jälkiä syvempiä ovat rouhiutumet, jotka syntyvät yleensä puun syötössä tapahtuvien häiriöi-

den aikana. Rouhiutumat ulottuvat puuainekseen asti ja ovat kahdella tai useammalla puolella samalla kohtaa tukkia. Kumiset syöttörullat aiheuttavat rouhiutumia vähemmän kuin metallirullat.

Tukkien lajittelussa syntyvät palkeenkielimäiset kolot vastaavat vaikutuksiltaan rouhiutumajälkiä. Niitä tulee tukkien keskiosaan kaksi kappaletta, noin kahden metrin päähän toisistaan, silloin kun tukki pudotetaan lajittelukuljetimelta tukkilokeroon. Aiheuttaja on liike-energian vähentämiseksi rakennetut metalliset terät, jotka uppoavat tukin puuainekseen. Terät pidetään terävinä, jotta ne toimisivat suunnitellulla tavalla.

TAULUKKO 3 Syöttölaitteen rouhiutumien ja tukkilajittelun aiheuttamat kolot, osuus tukeista (%)

Työn- Vaihe	Mänty			Kuusi			Koivu		
	Talvi	Kevät	Syk- sy	Talvi	Kevät	Syk- sy	Talvi	Ke- vät	Syk- sy
Hakkuu	4-20	5-10	15	16	23	6	2-13	5-10	1-20
Lajittelu	70-85	70-85	70-85	90-95	90-95	90-95	Koivutukkeja ei lajitella		

TAULUKKO 4 Syöttölaitteen rouhiutumien ja tukkilajittelun aiheuttamat kolot, syvyys (mm)

Työn- vaihe	Mänty			Kuusi			Koivu		
	Talvi	Kevät	Syk- sy	Talvi	Kevät	Syk- sy	Talvi	Kevät	Syk sy
Hakkuu	6	6	9	4	10	9	5-20	10-15	5-10
Lajittelu	10-14	10-14	10-14	6-13	6-13	6-13	Koivutukkeja ei lajitella		

Rouhiutumien määrissä ei ollut puulajeittaisia eroja. Myöskään vuodenajalla ei ollut selvää vaikutusta. Rouhiutumien määrään vaikuttavat tukin oksaisuus ja muoto sekä hakkuulaitteen rakenne ja kuljettajan työtekniikka. Lajittelussa syntyviä koloja oli selvästi enemmän kuin rouhiutumia. Ne olivat rouhiutumia syvempiä.

Hakkuukoneen syöttölaitteen aiheuttamat jäljet näkyvät kuorimattomassa tukissa. Kuorinnan jälkeen ne ovat monasti hävinneet kuorimakoneen käsittelyssä. Aikoina, jolloin sieni-itiöitä on ilmassa, on sinistymää voinut levitä tukkiin hakkuukoneen syöttölaitteen jäljistä. Muutoin niillä ei ole kovin suurta merkitystä sahatavaran laatuun.

Tukkien lajittelussa syntyvät kolot ovat vahingollisempia kuin hakkuukoneen aiheuttamat rouhiutumet. Molemmat viat saattavat aiheuttaa sahatavaran arvon alentumista. Lajittelusta aiheutuneiden lohkeamien havaitseminen vaatii erityistä tarkkailua, sillä tukin kuori peittää hyvin palkeenkielityyppiset viillot.

6.3 Tukkien kuoriutumet

Kuoriutumista hakkuussa aiheuttavat eniten ja useimmiten karsimaterät. Niiden muotoilu, puristusvoima ja terävyys vaikuttavat kuorimisherkkyteen. Hakkuukoneen syöttölaitteet aiheuttavat myös jonkin verran kuoriutumista erityisesti nila-aikana, jolloin kuori irtoaa pienestäkin kolhaisusta. Kuljetuksesta aiheutuneet kuoriutumet olivat kuormaimen kouran aiheuttamia jälkiä tukin keskiosassa.

TAULUKKO 5 Kuoriutuminen hakkuussa ja kuljetuksissa

Muuttuja	Mänty			Kuusi			Koivu		
	Talvi	Ke-sä	Syk-sy	Talvi	Ke-sä	Syk-sy	Talvi	Ke-sä	Syk-sy
Kuoriutuneita tukkeja, %	63	89	69	36	71	42	6-11	50-60	5-10
Kuoriutumien osuus vaipasta, %	7	25	12	5	28	9	3-5	58	3-4

Nila-aikana puut kuoriutuvat yleisimmin ja eniten. Nila-aikana havutukkeja kuoriutui enemmän kuin koivutukkeja, mutta koivulla kuoriutuminen oli laaja-alaisempaa kuin havupuilla. Koivulla kuoriutui monasti osa rungosta kokonaan.

Tukkien kuoriutumisesta aiheutuvat vaikutukset riippuvat käsittelyn vuodenaikasta ja puulajista. Lämpötilan ollessa lähellä nollaa tai pakkasen puolella sienitiöt ovat lepotilassa. Mikäli tukkien hakkuu ja käyttö tapahtuvat tänä aikana, ei kuoriutumisesta ole haittaa. Lämpimänä kautena sienitiöt sen sijaan saattavat tunkeutua puuainekseen muutamassa viikossa. Keväällä ja alkukesästä sienitiöitä on ilmassa melko vähän, jolloin kuoriutuminen ei helposti aiheuta yhtä suurta vahinkoa kuin loppukesällä ja alkusyksyllä. Herkin hetki sienitiötartuntaan on välittömästi hakkuun jälkeinen aika, jolloin kuoriutunut puuaineksestä on tuoretta. Kuivahtanut puun pintakerros estää monien itiöiden pääsyn syvemmälle puuainekseen.

Havupuissa kuoriutuneiden kohtien kautta tulevat sienitiötartunnat aiheuttavat nopeasti sinistymää ja myöhemmin varastolahoja. Sinistymä vaikuttaa tukista saatavan sahatavaran arvoon. Koivulla tapahtuva kuoriutuneiden kohtien tummuminen jää aivan pintakerrokseen, eikä enää näy tukista sor-

vattavassa viilussa. Pitkäaikaisessa varastoinnissa kehittyvää varastolahoa sisältävät tukit eivät minkään puulajin osalta kelpaa mekaaniseen jalostukseen, eivätkä nykyisten laatuvaatimusten mukaan selluteollisuudellekaan.

Kuoriutumisen yleisyyteen ja määrään vaikuttaa ratkaisevasti hakkuun vuodenaika. Nila-aikana keväällä ja alkukesällä on kuoriutuminen lähes säännöllistä ja laaja-alaista. Muina aikoina se on myös melko yleistä, mutta pienialaisempaa.

Talvella tapahtuvalla tukkipuiden kuoriutumisella ei ole mainittavaa merkitystä. Kevät ja erityisesti loppukesä ovat tukkien kuoriutumisen kannalta ongelmallisia ajankohtia.

7 YHTEENVETO HAVUSAHATAVARAN VAURIOISTA

7.1 Vauriot ja niiden aiheuttajat

Sahatavarassa on usein hakkuusta tai sahalla tapahtuneesta käsittelystä aiheutuneita vikoja tai vaurioita. Tukin vaipassa olevat kolot (rouhiutumaiset tai tukkilajittelijan aiheuttamat) saattavat näkyä pintalauoissa. Tukeista 4 - 23 %:ssa oli rouhiutumia, joiden keskisyyvydet olivat 4 - 10 mm. Kun kuorimakoneen terien jäljet ulottuivat tukin pinnasta 6 - 8 mm:n syvyyteen, poistivat ne suurimman osan rouhiutumista. Lämpimänä aikana hakattujen tukkien rouhiutumien kautta on sahattavaan saattanut tulla värivikaa pitempiäaikaisessa varastoinnissa. Rouhiutumien muoto on sellainen, että ne pystytään havaitsemaan varsin helposti sahattavaran tasauksessa, joten ne voidaan hahmottaa poistaa sahattavarakappaleista. Koivutukeissa rouhiutumaiset yleensä jäävät sorvauksen pyörityshukkaan. Pintaviilussa näkyvä rouhiutumaisen jälki on viilussa hyvin harvinainen.

Sahatavarassa näkyviä tukkilajittelussa syntyneitä koloja oli 70 - 95 %:ssa tukeista. Keskimääräiseltä syvyydeltään ne olivat 6 - 14 mm. On todennäköistä, että osa koloista näkyy pintalauoissa, mahdollisesti jopa sydäntavarassa, sillä ne ulottuvat kuorimakoneen jälkiä syvemmälle. Lajittelukolot näkyvät tasauksessa melko huonosti. Kun niistä ei ehdi tulla puuainekseen minkäänlaista poikkeavaa väriä ja kun muoto on palkeenkielämäinen, on niiden havaitseminen ja poistaminen sattumanvaraista.

Kolmantena vikana pintalauoissa olivat kuorimakoneen syöttölaitteista ja kuorimateristä tukin pintaan syntyneet jäljet. Koska niitä oli lähes jokaisessa tukissa suurimmassa osassa vaippaa, näkyivät ne jälkinä pintalauoissa tai lautojen reunoissa. Tasauksessa nämä viat näkyvät hyvin ja ne voidaan siten poistaa tarvittaessa tarkkaan.

Viat sahattavarakappaleiden päissä olivat yleensä halkeamia. Hakkuussa tulleita halkeamia oli kuivatusta sydänsahattavaraista 1 - 7 %:ssa, pituudeltaan

keskimäärin 10 - 15 cm. Sahalla tapahtuneessa sahatavaran käsittelyssä tul-
leita halkeamia oli 0 - 10 %:ssa ja kuivauksen aiheuttamia 4 - 38 %:ssa sydänsahatavarasta. Eniten oli luontaisen kuivumisen aiheuttamia halkeamia, 3 - 73 %:ssa sahatuista sydäntavarakappaleista. Halkeamista pisimpiä, 15 - 35 cm:n mittaisia, olivat sahakäsittelyn aiheuttamat ja lyhimpiä, noin 10 cm:n pituisia, kuivauksen ja luontaisen kuivumisen aiheuttamat. Kuivumisesta ja kuivauksesta aiheutuneita halkeamia oli yleisesti sahatavarakappaleen molemmissa päissä.

Sahatavaraan tulee selvästi enemmän vaurioita sahalli tapahtuvasta tukin käsittelystä kuin hakkuusta ja kuljetuksesta. Myöhemmin syntyvinä sahan vauriot monasti peittävät korjuun aikaiset mekaaniset vauriot.

7.2 Vaurioiden vaikutus sahatavaran arvoon

VTT Rakennustekniikka simuloi vaurioiden vaikutukset sahatavaran arvoon vauriomittausten tuloksista. Esitettävissä arvonmuutoksissa ei ole mukana kuivauksen vaikutusta. Kutakin vikaa ja sen vaikutusta on tarkasteltu erikseen. Käytännössä kuitenkin samassa sahatavarakappaleessa olevat vähäisemmät viat useasti peittyvät pahempien alle.

Puulaji vaikuttaa sahatavaran vaurioiden merkitykseen. Männylle suurimmat taloudelliset vahingot aiheutti käsittely sahalli eli tukkien lajittelu. Pääsyynä olivat syvät viillot, jotka ulottuivat myös sydäntavaraan asti. Menetykset kuorellista tukkikuutiometriä kohti sahauserissä olivat:

- tukkien lajittelu	1,20 - 7,00	mk
- kuorimakoneen terät	0,10 - 1,70	"
- kuorimakoneen syöttölaite	0,20 - 2,80	"
- muu sahavaurio	1,30 - 5,00	"
- korjuu- ja kuljetusvaurio	0 - 1,00	"

Kuuselle kuorintaterät aiheuttivat suurimmat menetykset. Menetykset kuorellista tukkikuutiometriä kohti olivat:

- tukkien lajittelu	1,50 - 2,30	mk
- kuorimakoneen terät	2,80 - 7,50	"
- kuorimakoneen syöttölaite	0,10 - 1,50	"
- muu sahavaurio	0,10 - 1,50	"
- korjuu- ja kuljetusvaurio	0,10 - 0,20	"

Sahalla tapahtuvasta tukkien lajittelusta ja kuorinnasta tulleet viat aiheuttivat suurimmat menetykset kuivaamattomassa sahatavarassa. Hakkuussa syntyneiden vikojen vaikutus oli pientä ja saattoi hävitä muiden pahempien vikojen alle. Kuivaus lisää sahalli syntyneistä vioista aiheutuvia menetyksiä.

8 YHTEENVETO VANERIKOIVUJEN VAURIOISTA

8.1 Vauriot ja niiden aiheuttajat

Koivutukeissa olevien vikojen merkitystä tarkastellaan tärkeimmän käyttömuodon, vanerinvalmistuksen, kannalta. Korjuussa ja kuljetuksessa koivutukkeihin tulevat viat näkyvät viilussa pää- tai pintavikoina. Korjuun aiheuttamaa päävikaa ja pintavikaa on ollut kumpaakin 0 - 3 %:ssa viiluarkeista.

8.2 Vaurioiden vaikutus koivuviilun arvoon

Varastoinnissa syntyvät suurimmat koivuvanerin raaka-aineen arvonmenetyksiin vaikuttavat viat. Koivun puuaineksen rakenne poikkeaa havupuista siten, että vaikka sen kuoriutuneet kohdat tummuvat nopeasti, ei tummuma etene niin syväälle, että se näkyisi tuotantoon kelpaavassa viilussa. Koivulla tukkien päistä lähtevä värivika sen sijaan etenee tukin keskiosiin. Tämä värivika alentaa ainakin parhaiden viilulaatujen arvoa. Värivian etenemiseen vaikuttavat varastointitapa sekä hakkuu- ja varastointiaika. Pahimmillaan värivikaisia viiluja on kymmenkunta prosenttia jo muutaman viikon kuluttua hakkuusta. Puolen vuoden varastoinnin jälkeen värivikaa oli pahimmillaan joka toisessa viiluarkissa.

Korjuusta aiheutuneet vauriot eivät kahdessa kolmesta koesarjasta alentaneet sorvattujen viiluarkkien arvoa. Varastointiaika vaikutti selvästi koivuvaneritukkien varastoinnista aiheutuneisiin arvonalentumisiin. Pienimmät menetykset tulivat vesivarastoinnissa; vajaan puolen vuoden varastoinnissa erän arvo alentui 0,2 - 0,3 %. Kasteluvastoinnissa arvonalentuminen oli suuruusluokkaa 1 - 4 % ja tienvarsivarastoinnissa yleisimmin 2 - 6 %.

Koivuvaneritukkien korjuusta ei synny mainittavia viilun arvonalentumisia. Tukkien varastoinnissa syntyy puolestaan lyhyessäkin ajassa huomattavia väriviasta aiheutuvia arvonalentumisia.

9 VAURIOIDEN VÄLTÄMINEN

9.1 Kaato ja katkonta

Kaadossa ja katkonnassa syntyvillä halkeamilla ei ole lopputuotteeseen kovin suurta vaikutusta, kun työtekniikka hallitaan ja laitteisto on kunnossa. Parannuksia on kuitenkin mahdollista saada hakkuu- ja katkaisulaitetta kehittämällä sekä kiinnittämällä huomiota kuljettajien työtekniikkaan. Asiaan perehtynyt ulkopuolinen opastaja voi olla hyödyksi työmenetelmiä hiottaessa.

9.2 Karsinta

Hakkuukoneen syöttölaitteiden kehittämisen kautta on mahdollista parantaa niiden pitoa ja sitä kautta vähentää rouhiutumia. Erityinen huomio tulisi kiinnittää syöttö- ja mittarullien toimintaan nila-aikaisessa hakkuussa. Kuljettajien karsintatekniikan kehittämällä on myös mahdollista vähentää karsinnasta syntyviä jälkiä.

9.3 Kuljetukset

Kuljetukset aiheuttavat tukkien haitallista kuoriutumista lähinnä kevät-syksyaikana. Kuoriutumista voitaneen vähentää kehittämällä kuormaimen kouran rakennetta.

9.4 Varastointi

Kesä- ja syksyaikaisen varastoinnin aikana saattaa havusahatukkeihin tulla sinistymää kuoriutuneista kohdista. Varastoinnissa havusahatukkien päihin tulee halkeamia, jotka lisääntyvät kuivausvaiheessa. Varastoinnin aikana syntyviä vikoja ei voida teknisin apuneuvoin vähentää tukkikentällä tapahtuvaa kastelua lukuun ottamatta. Kastelulla saattaa kuitenkin olla omat haitalliset vaikutuksensa sahatavaran myöhempään kuultovärjäykseen.

Koivuvaneritukkien varastoinnista aiheutuu selvästi havutukkeja suuremmat menetykset. Koivutukkien päihin tulevan värivian synty ja eteneminen tulisi selvittää vahinkojen pienentämiseksi.

Ainoa keino varastoinnin haittojen vähentämiseksi on pyrkiä saamaan hakatut tukit mahdollisimman nopeasti käyttöön erityisesti lämpimänä aikana.

9.5 Käsittely sahalla

Sahalla tapahtuvassa tukkien lajittelussa ja kuorinnassa syntyvät suurimmat arvomenetykset. Käsittelyä kehittämällä on mahdollista vähentää arvomenetyksiä. Tukkilajittelussa tukin potkaisu kuljettimelta ja putoaminen lokeeroon tulisi käydä lävitse perusteellisesti vaihe vaiheelta hellävaraisemman teknisen ratkaisun löytämiseksi ja kehittämiseksi.

Kuorinnassa tarvitaan konekehittelyä syöttölaitteiden ja terien osalta. Nopein keino vähentää kuorinnan vaurioita on kiinnittää huomiota kuorimakoneen säätöihin ja käyttöön. Puuraaka-aineessa tapahtuvat muutokset (jäätynyt puu, nilapuu) nopeasti huomioon ottavat säädöt vähentävät tukkien rikkoutumista. Tukkien jatkuva, pötkömainen syöttö vähentää kuorimateriaalien aiheuttamia tukkien pääpyörityksiä.

9.6 Kuivaus

Kuivauksessa syntyvien halkeamien määrää voidaan vähentää ottamalla kuivauskaavoissa välittömästi huomioon puuaineessa eri vuodenaikoina tapahtuvat muutokset. Kovalla pakkasella liian nopeat muutokset niin lämmön nousussa kuin laskussakin saavat helposti aikaan halkeamia. Erityisen tarkkana on tällöin syytä olla poikkeuksellisen leveiden sydäntavaroiden kuivauksessa. Kuivauksessa parhaat, oksattomat kappaleet halkeavat helpoimmin, runsasoksaissa kappaleissa oksat ikään kuin sitovat puuaineen tiiviiksi halkeamattomaksi paketiksi.

10 TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA

Vaurioiden määrissä on suuria sahalaitoskohtaisia eroja. Niinpä jokaisen sahan tulisi selvittää oma vauriotilanteensa. Tärkeimmät tarkastelukohdat ovat tukit lajittelun ja kuorinnan jälkeen. Pintalautojen laatua ja tasaushukkaa sekä kuivattua sydäntavaraa tarkastelemalla saadaan selville hakkuun ja kuorinnan vaikutukset vaurioihin. Kun selvityksen tulokset muutetaan rahaksi, nähdään kuinka suuresta asiasta ko. laitoksella on vuositasolla kyse.

Lisäksi tulisi pohtia lajittelulaitteiden ja kuorimakoneiden kehitystyötä. Olisi määritettävä tarvittavat toimenpiteet ja toimitettava ne perusteltuina asianomaisille kone- ja laitevalmistajille.

KIRJALLISUUS

- Mäkelä, M. & Pennanen, O.** 1980. Sahatukkien valmistus- ja varastointivaurioiden merkitys eri karsintamenetelmissä. Metsätehon tiedotus 361. Helsinki.
- Mäkelä, M.** 1993. Vanerikoivun koneellinen hakkuu. Metsätehon katsaus 2/1993. Helsinki.
- Mäkelä, M.** 1994. Koivuvaneritukkien varastoinnin ja hakkuumenetelmän vaikutus raaka-aineen laatuun ja arvoon. Metsätehon katsaus 14/1994. Helsinki.
- Mäkelä, M.** 1995. Hakkuukoneiden sahausnopeus. Metsätehon moniste 2.1.1995. Helsinki.
- Mäkelä, M. & Yli-Hukkala, T.** 1995. Tukkien korjuu- ja kuorintavauriot. Metsätehon katsaus 6/1995. Helsinki.
- Mäkelä, M. & Heikkilä, A. & Lankinen, A.** 1996. Sahatukkien käsittelyvauriot ja niiden merkitys. Metsätehon moniste 9.8.1996. Helsinki.
- Mäkelä, M.** 1997. Tukkeihin ja sahatavaraan tulevien halkeamien synty, rakenne ja välttäminen. Metsätehon raportti 19, 15.4.1997. Helsinki.
- Yli-Hukkala, T.** 1995. Korjuuvauriotutkimus. Hakkuukonekohtaiset tulokset, Metsätehon moniste 16.5.1995. Helsinki.
- Yli-Hukkala, T.** 1995. Korjuuvauriotutkimuksen kuorintakokeet. Metsätehon moniste 17.5.1995. Helsinki.