



LEIMIKON TUKKIJAKAUMAN OHJAUKSEN KEINOT

Olli-Pekka Ahonen Jussi Lemmetty

Lisääntyvän hakkuukoneautomaatiikan käytön myötä asiakaslähtöisen puunhankinnan edellyttämän tukkijakautaman ohjaamiseen on tullut uusia keinoja. Tukkijakautaman ohjaamisella tarkoitetaan korjuukohteesta tulevan tukkisuman laadun, latvaläpimittojen ja pituuksien ohjaamista kohti ennalta asetettua tavoitetta. Tässä katsauksessa esitellään hakkuukoneissa käytössä olevia leimikon tukkijakautaman ohjausmenetelmiä sekä Metsätehossa laaditulla apteerauksen simulointiohjelmalla saatuja tuloksia.

Metsätehossa kehitetyllä simulointiohjelmistolla voidaan tutkia kuinka hyvin leimikon rungoista voidaan katkoa tuotantolaitosten haluama pölkkyjakautama. Simuloinnissa aineistona voidaan käyttää esimerkiksi hakkuukoneella tarkasti mitattuja runkoprofiileja sekä hakkuukoneella tai muuten leimikosta kerättyjä runkolukusarjoja. Laskennassa käytettäviä puutavaralajien pituuksia ja läpimittoja on mahdollista muuttaa vapaasti. Jos simuloitavista rungoista on mitattu laatutunnuksia, voidaan myös valmistettavien puutavaralajien laadut määrittää. Esimerkiksi valtakunnan metsien inventoinnin koepuut voidaan pölkkyttää laadultaan erilaisiin tukkiluokkiin, koska niistä on mitattu tukkiosan laatu, oksarajat ja vikaisuustunnuksia.

Tässä esitetty simulointi perustuu hakkuukoneella kerättyyn kuusileimikon runkolukusarjaan sekä kahdelta eri sahalta saatuun tukkitavoitteeseen. Tavoitejakautamat voidaan laatia joko pituus- tai läpimittatavoitteittain tai muodostamalla niistä kaksiluotteinen tavoitejakautama sekä pituuden että latvaläpimitan suhteen. Simulointien tulokset osoittavat, että yhdestä ja samasta leimikosta voidaan hakata merkittävästi toisistaan poikkeavia tukkijakautamia.

JOHDANTO

Hakkuukoneautomaatiikka ja tietotekniikka mahdollistavat hakkuukoneen tekemän lähes automaattisen apteerauksen annettujen tavoitteiden ja niistä muodostettujen apteerausohjeiden mukaisesti. Hakkuukoneenkuljettaja ohjaa runkojen katkontaa lähinnä laadullisten syiden perusteella. Hakkuukoneapteeraus vähentää ostajan välttämisiä puutavaralajien pituus- ja läpimittayhdistelmiä. Apteerauksessa pyritään valmistamaan mahdollisimman paljon halutunpituisia ja -läpimittaisia tukkeja. Tällöin leimikosta saatujen pölkkyjen arvo on mahdollisimman suuri sekä puunmyyjän että -ostajan kannalta.

Paperi- ja sellutehtaiden sekä sahojen raaka-aineen hankinnan ohjaus on eriytyneenä entistä enemmän tuotelähtöiseen suuntaan. Nykyisessä hankintajärjestelmässä puutavaralajeja on vähän ja niiden pituus-, läpimitta- ja laatumäärittelyt on laadittu suuralueittain. Tulevaisuudessa eri puutavaralajit ovat entistä enemmän tuote- ja tehdaskohtaisia tai lopputuotekohtaisia. Tällöin jokaiselle yksittäiselle puukaupalle on määritetty omat puutavaralajinsa ja jokaiselle puutavaralajille omat, muista kauppoista poikkeavat, laatu-, pituus- ja läpimittavaatimukset.

Tulevaisuudessa yksittäinen sahalaite muuttaa tukkien laatuvaatimuksia tarvittaessa päivittäin, jotta se palvelisi paremmin asiakkaitaan ja saisi tuotteen kaupaksi nykyistä paremmin sekä parempaan hintaan. Ongelmana on erilaisten apteerausvaihtoehtojen laskenta ja niiden vaikutusten selvittäminen korjuukohteesta saatavaan pölkkyjakautamaan.



PÖLKYTYKSEN OPTIMOINTI

Hakkuukoneen antama pölkytysehdoitus voidaan tehdä monella eri tavalla. Tavallisimmat vaihtoehdot ovat kaikkien pölkytysvaihtoehtojen tarkastelu, kahden pölkyn liukuva optimointi sekä dynaaminen optimointi. Simulointiohjelmistoissa pölkytysehdoituksen laadintaan voidaan käyttää useita operaatio- tutkimuksen menetelmiä, kuten lineaarista optimointia tai kokonaislukuoptimointia.

Kaikkien *pölkytysvaihtoehtojen tarkastelussa* yksittäiselle rungolle muodostetaan laskentajakson kaikki mahdolliset pölkytysvaihtoehdot ja tallennetaan ne taulukkoon. Taulukko käydään läpi ja eri pölkytysvaihtoehdoista valitaan se, joka toteuttaa suurimman laskennallisen arvon laskentajakson. Menettely on työläs ja vaatii tehokkaan laskentakapasiteetin.

Liukuva pölkytys tarkoittaa apteerausmenettelyä, jossa yksittäinen runko pölkytetään askelittain. Ensin etsitään ensimmäiselle pölkylle katkaisupisteet ja lasketaan toiselle pölkylle katkaisuehdotus. Ensimmäisen pölkyn katkaisun jälkeen etsitään toiselle ja kolmannelle pölkylle katkaisukohdat ja katkaistaan toinen pölkky jne. Tätä toistetaan kunnes koko runko on pölkytetty. Menetelmä etsii sellaisen kahden eri pölkyn katkontavaihtoehdon, joka muodostaa niiden yhteenlasketun suurimman arvon.

Dynaamisen optimoinnin avulla voidaan lasketta- vien ja muistissa säilytettävien pölkytysvaihtoehtojen lukumäärää ratkaisevasti pienentää. Dynaamisen optimoinnin perusajatuksena on karsia laskennan aikana ne vaihtoehdot, jotka eivät voi tuottaa suurinta mahdollista arvoa.

Dynaamisen optimoinnin kohteena on rungon käyttöosa. Tukkipuun minimiläpimittaa pienemmästä rungon osasta tehdään latvakuitua ja vikaisista osista kuitu- tai hukkapuuleikkoja. Tällöin yhdestä rungon käyttöosasta voi vikaisuuksien takia tulla useita optimoitavia tukkiosia. Rungon käyttöarvo on optimaalisesti katkottujen tukkien, välileikkojen ja latvakuitupuun arvojen summa.

Optimoitavan käyttöosan käsittely vaihteittain:

1. vaihe:

Optimoitavasta rungonosasta haetaan tyvestä alkaen ensimmäisen pölkyn katkontakohdat käyttäen kaikkia mahdollisia pituusvaihtoehtoja, esim. 37 - 55 dm. Jokaiselle pölkylle määritetään arvo sen laadun, läpimitan ja pituuden perusteella.

2. vaihe:

Ensimmäisistä katkontakohdista jatketaan hakemalla seuraavalle tukille katkontakohdat käyttäen kaikkia mahdollisia pölkyn pituusvaihtoehtoja. Esim. ensimmäinen tukki on ollut 37 dm ja tässä vaiheessa rungolle lasketaan toisen tukin katkaisukohdat eli 74 - 92 dm. Sama toistetaan siten, että ensimmäi-

nen tukki muuttuu laskennassa 40 dm pitkäksi ja sitten 43 jne., kunnes kaikki katkontavaihtoehdot on käyty lävitse.

3. vaihe:

Tarkastetaan katkontakohdat. Valitaan kuhunkin katkaisukohtaan suurimman arvon antava katkaisuvaihtoehtojen reitti. Mikäli kahdella eri pölkytysvaihtoehdolla, 37 dm + 55 dm + 49 dm = 43 dm + 52 dm + 46 dm, päädytään samaan kohtaan, 141 dm, vaihtoehdoista valitaan se, jonka arvo on suurempi.

4. vaihe:

Valituista katkontatavoista jatketaan hakemalla katkontakohdat kaikille seuraavan tukin pituusvaihtoehdoille eli haetaan taas uudestaan kaikki 37 - 55 dm pitkät katkaisuvaihtoehdot.

5. vaihe:

Jos rungon optimoitavaa osaa on jäljellä vähintään lyhimmän pölkyn verran, palataan vaiheeseen 3. Määritellyistä mahdollisista katkontakohdista valitaan se pölkytysehdoitus, joka antaa käyttöosalle suurimman mahdollisen arvon eli lasketaan yhteen kaikkien pölkkyjen arvot eri katkontavaihtoehdoilla.

ARVOAPTEERAUS

Arvoapteerauksella tarkoitetaan yksittäisen rungon suurimman arvon tuottavan pölkytysvaihtoehdon määrittämistä kaikista mahdollisista eri katkaisuvaihtoehdoista. Tällöin pölkytystä suoritettaessa on otettava huomioon mm. rungossa esiintyvät viat, laaturajat ja eri pölkkydimensiot.

Arvoapteerauksessa runkojen katkonnan perusteenä ovat etukäteen pölkylle määrättyt laatu-, pituus- ja läpimittaluokittaiset arvot. Pölkkyjen arvot ovat mahdollisimman lähellä tuotantolaitoksen todellisia pölkkyjen nettojalostusarvoja. Apteerausohjelma määrittää rungoille katkontaehdotuksen maksimoiden rungon pölkkyjen yhteistä arvoa.

JAKAUMA-APTEERAUS

Jakauma-apteerauksella tarkoitetaan korjuukohteen runkojen katkontaohjeiston mukautumista pölkytyksen aikana siten, että ennalta määrätty pölkkyjen laatu-, pituus- ja läpimittajakauma saavutetaan.

Kun korjuukohteelle on annettu tavoitetukkijakauma, niin tukkiluokan uudet arvot voidaan laskea hakkuukoneella jokaisen rungon katkonnan jälkeen. Vaihtoehtoisessa menettelyssä metsäosasto seuraa toteutunutta pölkytystä usealla korjuukohteella ja määrätyn aikavälein laskee uudet tukkiluokkien arvot hakkuukoneiden apteerauksen ohjausjärjestelmille.

PÖLKKYJAKAUMAN OHJAUS HAKKUUKONEELLA

Jakauma-apteeraus arvoapteerauksella

Jos hakkuukoneessa ei ole käytettävissä jakauma-apteerausta, voidaan tukkijakaumaan vaikuttaa arvoapteerauksella. Kun arvoapteerauksen avulla halutaan vaikuttaa syntyvään tukkijakaumaan, nostetaan haluttujen ja lasketaan vähemmän haluttujen tukkiluokkien arvoa. Toivotun tukkijakauman antavia arvoja voidaan hakea kokemuseräisesti tai pölkkytystä simuloimalla. Arvoapteerauksessa syntyvä pölkkyjakauma riippuu pölkkyluokkien arvojen lisäksi myös leimikon puustosta. Tietäntyyppisissä leimikoissa tavoitellun tukkijakauman antavat pölkkyluokkien arvot eivät välttämättä toimi toisentyypisissä leimikoissa. Ratkaisuksi on ehdotettu pölkkyjen arvojen antamista ns. tyyppileimikoiden avulla. Pölkkyluokkien arvoina käytettäisiin korjattavaa kohdetta muistuttavalle tyyppileimikolle sovitettuja arvoja. Käytännössä tukkijakauman ohjaus arvoapteerauksella on osoittautunut vaikeasti hallittavaksi ja toteuttajaltaan suurta ammattitaitoa vaativaksi.

Jakauma-apteeraus mukautuvalla arvotaulukolla

Mukautuvan arvotaulukon avulla pölkkytystä ohjataan haluttua laatu-, pituus- ja läpimittajakaumaa kohden antamalla arvotaulukon arvojen muuttua sen mukaan, kuinka kaukana asetetusta tavoitteestaan kukin eri laatuinen, pituinen ja läpimittainen pölkkyluokka on. Jos esimerkiksi yhdessä luokassa (mänty, laatu A, latvaläpimitta 21 cm, pituus 55 dm) on 80 pölkkyä tavoitteen ollessa 100 pölkkyä muiden luokkien ollessa lähempänä asetettua tavoitetta, nostetaan ko. luokan arvoa muihin luokkiin nähden.

Arvotaulukon muutoksille annetaan lisärajoitteena suurin sallittu poikkeama alkuperäisestä lähtöarvosta. Tällä menettelyllä taataan, ettei jakaumaohjaus yritä tehdä mahdottomia katkaisuehdotuksia yksittäisen rungon kohdalla. Parhaassa mahdollisessa tapauksessa pölkkyluokkien alkuarvot ovat pölkyn todellisia jalostusarvoja ja pölkkyluokan arvot muuttuvat samassa suhteessa kuin pölkkyjen puute tai ylimäärä vaikuttavat luokan jalostusarvoon.

Jakauma-apteeraus lähioptimaalimenettelyllä

Lähioptimaalimenettelyssä rungolle muodostetaan joko ennalta rajatun lukumäärän mukainen pölkkytysvaihtoehtojen ketju tai kaikki ketjut. Näistä yksittäisen rungon pölkkytysvaihtoehtoista jakaumatar-

kasteluun otetaan ne, joiden arvo poikkeaa enimmillään ennalta määrätyn arvonalennuksen verran optimipölkkytyksestä, esimerkiksi 5 %. Jakaumatarkastelussa näistä pölkkytysvaihtoehtoista valitaan se, joka täyttää parhaiten asetetun tavoitejakauman.

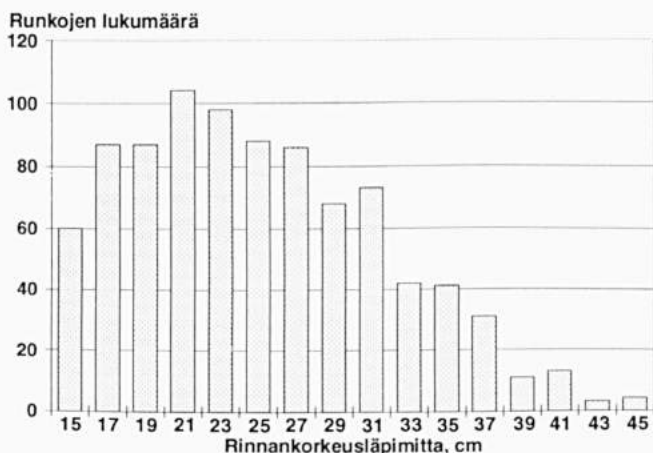
Lähioptimaalimenettely perustuu Ruotsissa käytettävään jakauma-apteerausmenetelmään, "näroptimal fördelningsapting". Ruotsalaisessa puukauppatavassa eri laatuisten, pituisten ja läpimittaisten tukkiluokkien hinnat sovitaan ennen kauppaa. Puunmyyjän etu on, että rungot arvoapteerataan sovittujen pölkkyjen arvojen perusteella. Ostajaa arvoapteerauksen tulos ei välttämättä tyydytä. Ruotsissa onkin sovittu, että rungot voidaan pölkkyttää optimista poikkeavalla tavalla, kunhan pölkkyjen arvo ei muutu yli sovittua määrää (3 %). Lähioptimaalimenettelyssä pidetään yllä taulukkoa, jossa verrataan annettua tavoitejakaumaa ja hakkuussa toteutunutta tukkijakaumaa. Tämän taulukon perusteella valitaan niistä rungon katkontavaihtoehtoista, jotka poikkeavat enintään sovitun määrän optimista, halutuimpia tukkiluokkia sisältävä katkontaehdotus.

SIMULOINTIMALLIN TULOKSET

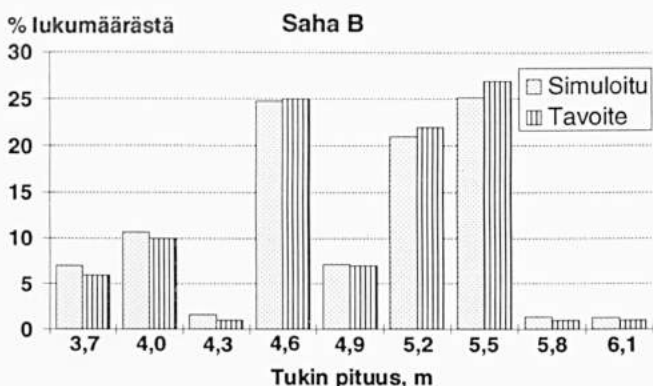
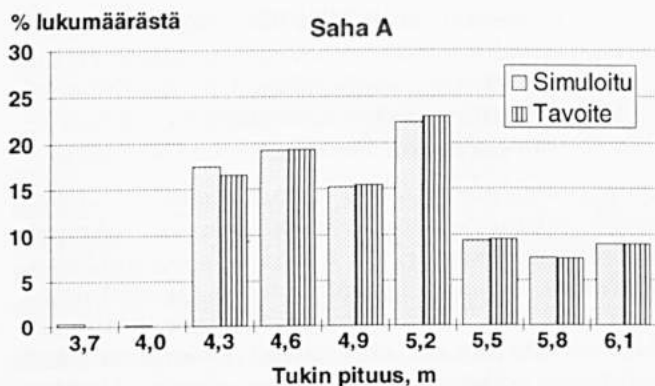
Aineisto

Tutkimusaineisto kerättiin talvella 1994 Pirkanmaalta. Aineistosta poistettiin kaikki rinnankorkeudeltaan alle 14,5 cm olevat rungot, jolloin aineistoon jäivät vain tukkikokoiset rungot. Apteerauksen kohteena oli 896 kuusirunkoa, joille saatiin hakkuukoneelta rinnankorkeusläpimitta, käyttöosan pituus ja käyttöosan katkaisuläpimitta. Näiden tietojen sekä latvahukkapuun pituusmallin perusteella kullekin rungolle saatiin sen kokonaispituuden estimaatti.

Apteerausta varten kunkin rungon kaikki pituus- ja läpimittayhdistelmät määritettiin Laasasenahon runkokäyrien avulla. Apteeraus suoritettiin pelkäämään pölkkyjen pituuksien, latvaläpimittojen ja



Kuva 1. Tutkimusleimikon runkolukusarja



Kuva 2. Tukkien pituustavoitejakaumat sekä toteutumat sahoittain

tilavuuksien avulla. Kaikki tukkipölkkyt kuuluivat samaan laatuluokkaan. Varsinainen leimikon pölkkytyksen ohjaus kohti asetettua tavoitejakaumaa tehtiin yksittäisellä rungolla käyttämällä dynaamista optimointia ja mukautuvaa arvotaulukkoa. Rungon arvon maksimoiva pölkkytys ratkaistiin rungon läpimittojen ja pölkkyluokkien arvojen perusteella. Pölkkyluokkien arvot määräytyivät tavoitejakauman ja toteutuneen jakauman erojen perusteella. Pölkkyluokkien arvot laskettiin uudelleen jokaisen rungon käsittelyn jälkeen. Kuitupuun arvona käytettiin 50 yksikköä kuutiometriä kohden ja tukkiluokkien arvon annettiin vaihdella 50 ja 200 yksikön välillä.

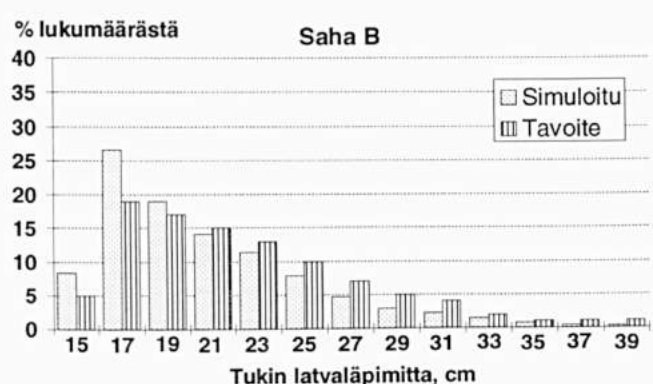
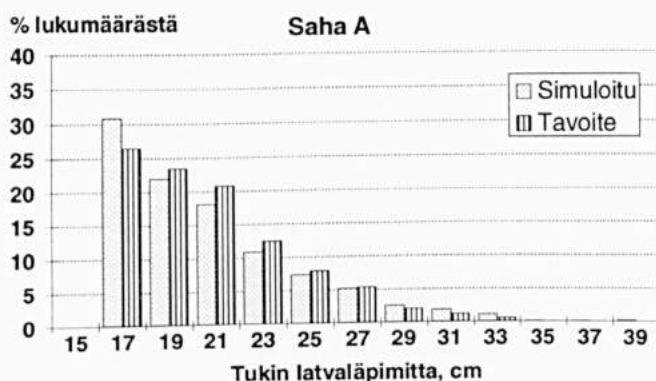
Tavoitejakaumat sekä toteutuneet jakaumat

Tavoitejakauma laadittiin kahden eri sahan antamien tietojen perusteella (kuva 2). Tavoitteet muodostettiin pölkyn pituus- ja latvaläpimittajakaumittain. Sahalla A tukin minimipituus oli 4,3 m ja sahalla B 3,7 m. Kummallakin sahalla pölkkyjen maksimipituus oli 6,1 m. Sahalla A pyrittiin kohtuullisen tasaiseen pituusjakaumaan. Saha B pyrki välttämään 4,3:n, 4,9:n sekä yli 5,5 metrin pituisia pölkkyjä. Kummankin sahan tavoitepituusjakauma toteutui hyvin kohdeleimikossa.

Sahakohtaiset läpimittajakaumatavoitteet ovat lähellä toisiaan (kuva 3). Kuitenkin saha A haluaa suhteessa enemmän pieniä latvaläpimittoja kuin saha B. Sahalla A tukkiluokan minimiläpimitta oli 16 cm ja sahalla B 15 cm. Kumpikin saha saa tutkimusleimikosta liian paljon pieniä tukkeja asetettuun tavoitteeseen verrattuna.

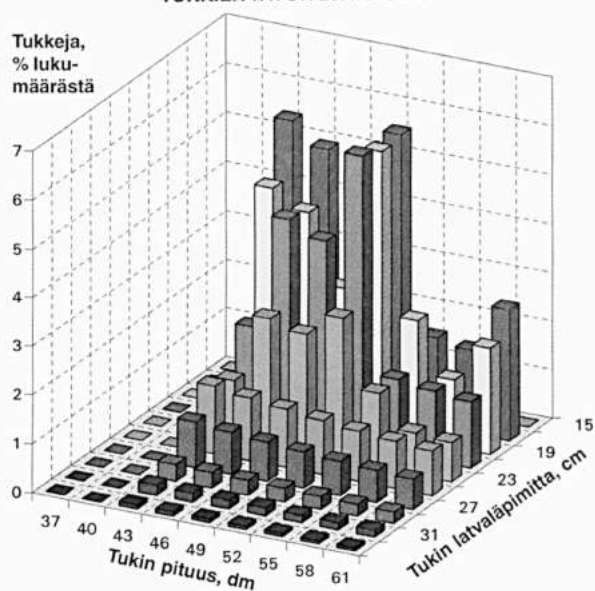
Jakaumien erot

Pölkkyjen latvaläpimittoja ja pituuksia voidaan tarkastella myös samanaikaisesti (kuvat 4 ja 5). Kuvis-
ta nähdään, että kahden erilaisen tavoitejakauman sovittaminen samaan leimikkoon on laskennallisesti ja ohjausteknisesti mahdollista. Kummankin sahan tavoitejakaumalla tukkipuun määrä pysyi lähes samana: sahalla A 294,4 m³ ja sahalla B 298,0 m³. Tukkiluokkien, joissa oli latvaläpimitaltaan pieniä pölkkyjä, tavoitetta suurempi osuus johtuu leimikon pienestä keskijäreystä. Simuloinnissa tukkiosa käytetään minimiläpimittaan asti useammin kuin todellisessa apteerauksessa. Päästäkseen lähemmäksi tavoitetta on metsäosaston joko haettava tavoitteeseen paremmin soveltuva yksittäinen korjuukohta tai täydennettävä leimikosta saatavaa pölkkyjakaumaa järeämmän korjuukohteen pölkkyillä.

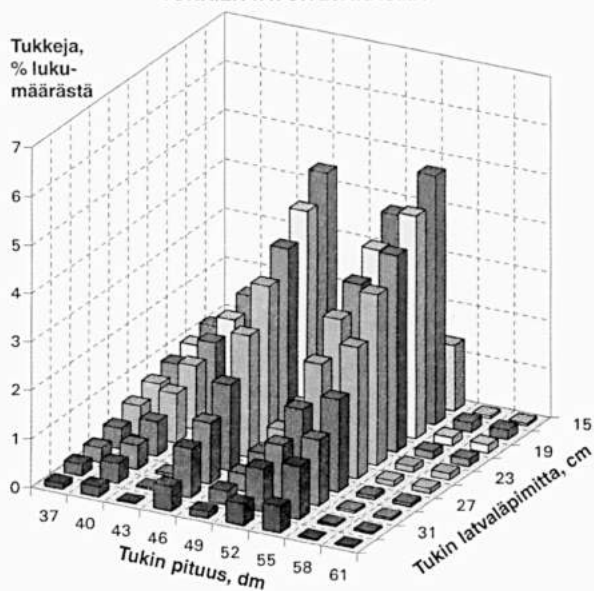


Kuva 3. Tukkien latvaläpimittojen tavoitejakaumat sekä toteutumat sahoittain

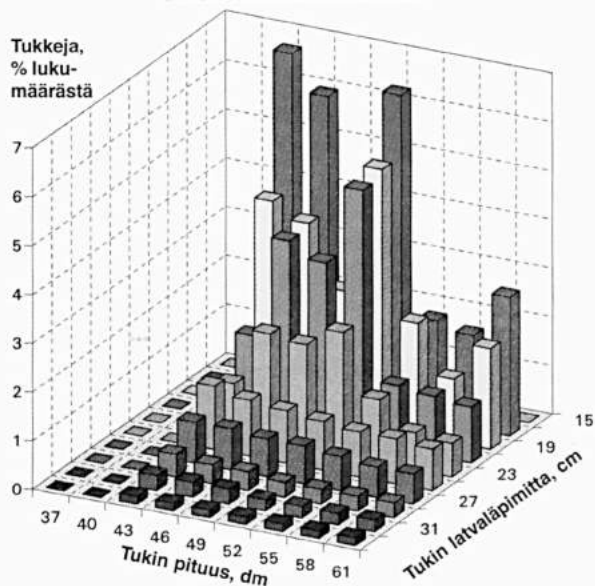
TUKKIEN TAVOITEJAKAUMA



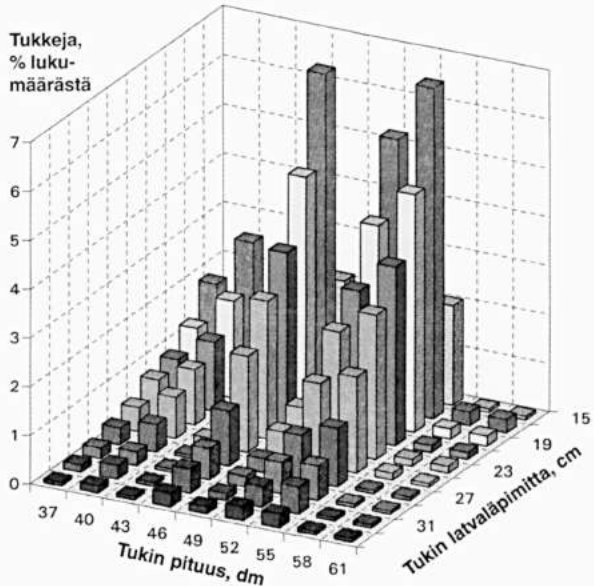
TUKKIEN TAVOITEJAKAUMA



SIMULOITU TUKKIJAKAUMA



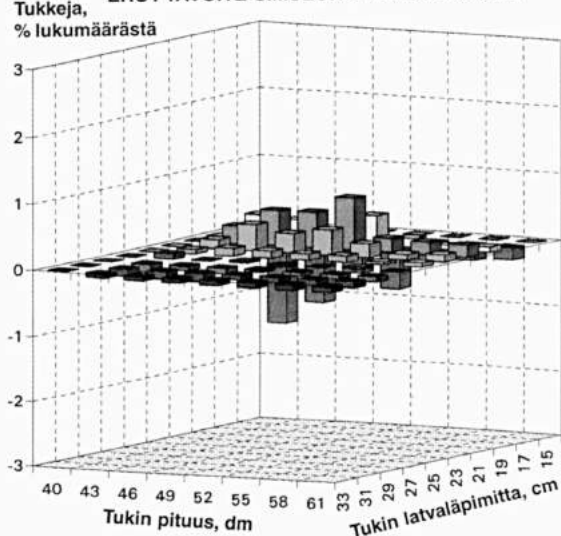
SIMULOITU TUKKIJAKAUMA



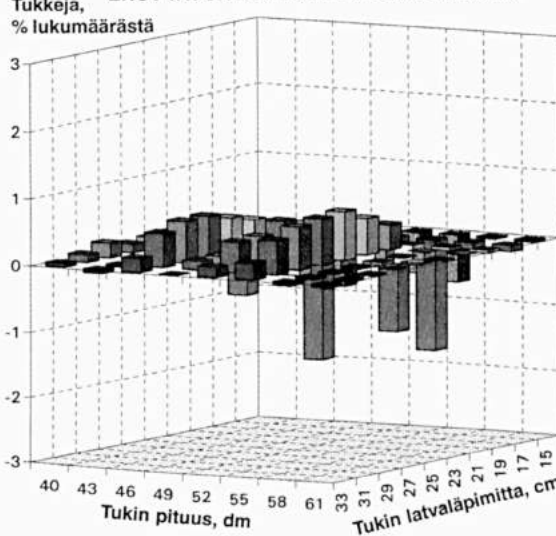
Latva-
läpi-
mitta,
cm

- 15
- 17
- 19
- 21
- 23
- 25
- 27
- 29
- 31
- 33

EROT TAVOITE-SIMULOITU TUKKIJAKAUMA



EROT TAVOITE-SIMULOITU TUKKIJAKAUMA



Kuva 4. Sahan A tukkien kaksiluotteinen tavoitejakauma, toteutuma sekä niiden erot

Kuva 5. Sahan B tukkien kaksiluotteinen tavoitejakauma, toteutuma sekä niiden erot

PÄÄTELMÄT

Yksittäisestä korjuukohteesta saatavaan tukkijakaumaan on mahdollista vaikuttaa leimikon puuston laadun ja järeyden asettamisissa rajoissa. Mikäli leimikkoon yritetään sovittaa täysin sopimaton pölkköjen tavoitejakauma, tulokseksi saadaan suhteellisen suuri osuus kiellettyjä pituus- ja läpimittayhdistelmiä. Koska leimikon optimipölkkytystä lähellä olevia pölkkytysvaihtoehtoja on olemassa paljon, niin erilaisten tavoitejakaumien saavuttaminen on hyvin todennäköistä.

Korjuukohteen puuston laadun sisällyttäminen apteerausvaihtoehtojen tarkasteluun on mahdollista, mutta se monimutkaistaa tilannetta. Tällöin leimikon jokainen runko jaetaan laatuosiin ja jokainen yksittäinen laatuosa käsitellään omana optimoitavana osanaan. Tämä menettely vähentää huomattavasti erilaisten katkaisuvaihtoehtojen lukumäärää ja vaikeuttaa asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Tästä syystä kaikki jakaumaohjausmenetelmät ovat parhaimmillaan suhteellisen hyvälaatuisissa leimikoissa.

Kun leimikko korjataan yksiotehakkuukoneella ja käytetään tukkijakauman ohjausmenetelmiä, niin hakkuukoneessa on oltava toimiva runkomuodon ennustamismenetelmä. Sillä on pystyttävä laskemaan käsittelyssä olevalle rungolle kaikki läpimitat riittävän luotettavasti ennen ensimmäistä katkaisua. Runkomuodon ennustamismenetelmä on koko hakkuukoneapteerauksen ohjauksen tärkein osa. Arvoapteeraus- ja jakaumaohjausmenetelmät eivät voi toimia kunnolla, jos ne perustuvat virheelliseen tai puutteelliseen lähtötietoon.

Hakkuukoneapteerauksen ohjauksessa käytössä olevat menetelmät perustuvat erilaisiin arvotaulukoihin tai tavoitejakaumiin. Erilaisten jakaumaohjaus- ja arvotaulukoiden laadinta on helpompi tehdä läpimitta- ja pituusjakaumien avulla kuin suoraan kaksiosoitteisena jakaumana. Tällöin erilaisten tavoitteiden visuaalinen hahmottaminen on helpompaa. Apteerausohjeiden laadintaan tarkoitettuja ohjelmistoja on kehitettävä nykyistä käyttäjäystävällisemmiksi.

Pienin muutoksin simulointiohjelmiston avulla voidaan etsiä parhaiten asetettuun tavoitteeseen sopivia korjuukohteita leimikkotietokannasta. Ohjelman avulla voidaan laatia myös ostotarjous kaupan kohteena olevasta leimikosta, mikäli leimikosta on olemassa riittävästi ennakkotietoa runkolukusarjan ja pituuskäyrän muodostamiseksi. Ohjelmistoon voidaan liittää puutavaran korjuun kustannusmallit. Tällöin ennen korjuuta saadaan selville erilaisten apteerausvaihtoehtojen vaikutukset leimikon puutaralajeittaisiin kertymiin sekä valmistus- ja kuljetuskustannuksiin.

Yksittäisen rungon erilaisten pölkkytysvaihtoehtojen laskennassa dynaaminen optimointi on nopea ja joustava eri apteerausohjeiden toteuttamiseen. Vastaavasti jakaumaohjausmenetelmistä mukautuva arvotaulukko soveltuu parhaiten Suomen oloihin. Lähioptimaalimenettelyllä päästään samaan lopputulokseen kuin dynaamisesta optimoinnista ja mukautuvaa arvotaulukkoa käyttämällä, mutta lähioptimaalimenettely on laskennallisesti näistä kahdesta hitaampi ja sen hallinta on monimutkaisempaa.

Asiasanat: tukkijakauma, apteeraus

Metsäteho Review 5/1995

MEANS TO CONTROLLING LOG DISTRIBUTION WITHIN A HARVESTING SITE

The increasingly higher degree of automation embodied in harvesters is accompanied by new means of controlling the distribution of logs as required by customer-based timber procurement. The term "control of log distribution" here is used when referring to measures taken to bring the quality, top diameter and length distribution of the logs provided by a harvesting entity in the direction of preset target values. The review presents control methods available to harvester operators and the results of a laying-off simulation program developed at Metsäteho.

The Metsäteho simulation program enables the user to examine the degree to which the stems of a harvesting site can be cross-cut to yield the distribution of logs aimed at in the sawmill. The data required in the simulation exercise can, for instance, consist of stem profiles measured accurately by the equipment embodied in a harvester and of stem diameter distribution series collected using the measurement device of a harvester or by some other means. The lengths and diameters of the timber assortments used in the

computations can be freely changed. If the stems entered for simulation have been measured for their quality parameters, it is also possible to determine the quality classes by timber assortment. For instance, the sample trees measured in connection with the national forest inventories can be cross-cut into different log classes by quality because the data on them includes the quality of the log section, knottiness and defects.

The simulation described in this review is based on a stem diameter distribution series collected using a harvester in a spruce harvesting site and of the log targets of two sawmills. The target distributions can be formulated according to either length or diameter targets, or by forming a two-dimensional target distribution according to both length and top diameter. The results of simulations indicate that the one and the same harvesting site can yield significantly different log distributions.

Key words: log distribution, cross-cutting optimisation