

Sahan tuotannon ohjattavuusanalyysi

Tuomo Vuorenpää

Metsätehon raportti 42
29.1.1998

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

Suomen Puututkimus Oy ja sen osakkaat

Osoite: PL 367 (Tekniikantie 12),
02151 Espoo

Puhelin: (09) 4354 2022

Telekopio: (09) 466 695

Asiasanat: kannattavuus, kustannuslaskenta, sahaus,
tuotannonsuunnittelu, puunhankinnan ohjaus

© Metsäteho Oy

Helsinki 1998

SISÄLTÖ

Sivu

1 JOHDANTO	5
2 TAVOITE JA MENETELMÄ.....	6
3 SAHAN KANNATTAVUUDEN TUNNUSLUVUISTA	6
3.1 Kulurakenne	6
3.1.1 Myyntikate	6
3.1.2 Käyttökate	7
3.1.3 Rahoitustulos	7
3.1.4 Nettotulos	8
3.2 Pääoman tuotto	8
3.3 Esimerkki sahan kannattavuuteen vaikuttamisesta	9
3.3.1 Raaka-aineen hinnan ja liikevaihdon vaikutus kannattavuuteen	10
3.3.2 Varastojen vaikutus kannattavuuteen	10
4 PUUNHANKINTA JA SAHAUS ESIMERKKI- JAKSOLLA	11
4.1 Toimitettu tukkijakauma	11
4.1.1 Tukkien läpimittajakauma	11
4.1.2 Tukkien pituusjakauma	13
4.2 Sahatut tukit	14
5 ASETTEIDEN TALOUDELLISEN TULOKSEN LASKENTA	15
5.1 Sahamallin kuvaus	15
5.2 Sahamallilla lasketut tulokset	16
5.2.1 Tuotot	16
5.2.2 Raaka-ainekustannukset.....	17
5.2.3 Sahauksen muuttuvat kustannukset	18
5.2.4 Kuivaamon kustannukset	18
5.2.5 Tasaamon kustannukset	19
5.2.6 Kiinteät kustannukset	20
5.2.7 Kokonaiskustannukset	20
5.2.8 Sahauksen tuntikate	21
5.2.9 Sahauksen kate kuutiometriä kohti	21
6 TUKKIJAKAUMAN OHJAUSMAHDOLLISUUDET	22
7 YHTEENVETO	24
KIRJALLISUUTTA	25

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty osana Tuotelähtöinen puunhankinta -projektia, jonka omistajina ovat Suomen Puututkimus Oy ja Metsäteho Oy osakkaineen. TEKES on rahoittanut projektia Puun mekaanisen jalostuksen teknologiaohjelmasta. Projektia on johtanut yhteinen johtoryhmä. Tutkimukset on toteutettu seitsemässä eri osaprojektissa. Aineistojen hankinta on ollut pääosin yhteinen.

Tuotelähtöisessä puunhankinnassa korostuvat teollisuuden asiakaslähtöisyys sekä integroituneen teollisuuden puuraaka-aineen tarkempi prosessiohjaus kannattavuuden mukaan. Tuotelähtöinen puunhankinta -projektissa on kehitetty hakkuukoneryhmän sekä varannon ohjauksen toimintamalleja.

Sahan materiaalivirtojen ohjattavuus -osaprojektissa keskityttiin sahauksen ja puunhankinnan rajapintaan. Projektissa tarkasteltiin puunhankintaa ja sahausta esimerkkisahojen materiaalivalvontajärjestelmistä kerättyjen raporttien, kirjallisuuden ja laadittujen ohjelmien avulla. Aseteille laskettujen katteiden perusteella etsittiin sahauksen kannattavuuden lisäämismahdollisuuksia. Tukkitavoitteen muuttamisen vaikutusta testattiin esimerkkileimikoilla.

Helsingissä 29.1.1998

Tuomo Vuorenpää

TIIVISTELMÄ

Sahaustoiminta on suhdanneherkkä ala, jossa menestyminen edellyttää suhteellisten vahvuuksien löytämistä ja niiden tehokasta hyödyntämistä. Maamme kannattavimpien sahojen eräänä menestystekijänä on tietämys tuotannon suunnittelusta ja ohjauksesta.

Tässä sahan materiaalivirtojen ohjattavuutta tarkastelevassa tutkimuksessa aineistona käytettiin tutkimussahojen materiaalivalvontajärjestelmästä saatavia peruseräraportteja. Kahden viikon jaksoittain tulostettiin tukkitoimituksia, tukkilajittelua, sahausjaksolla sahattuja asetteita ja varastossa olleita sahataroita tilastoineet raportit. Apuna käytettiin myös tutkimuseräraportteja ja tilastoja.

Sahojen kustannuksista yli 50 % aiheutuu raaka-aineista. Laaditussa esimerkkilaskelmassa todettiin, että raaka-aineen hinnan ja liikevaihdon muutokset vaikuttavat voimakkaasti sahan kannattavuuteen. Raaka-aineen hinnan lasku 20 %:lla paransi pääoman tuottoa 13 %-yksikköä. Vastaavansuuruinen pääoman tuottoasteen huononeminen tapahtui, jos tukin hinta nousi 20 %. Myös liikevaihdon kasvattaminen vaikuttaa tehokkaasti pääoman tuottoasteeseen. Käytännössä liikevaihtoa voidaan tehokkaimmin kasvattaa valitsemalla kannattavampia asetteita ja tuottamalla tuotteita, josta asiakas on valmis maksamaan korkeampaa hintaa.

Tukkiluokittaisten tuottojen perusteella sahalla pystytään hakemaan sahalle parhaiten tuottava tavoitejakauma. Tavoitteen toteutumiskelpoisuutta pystytään analysoimaan esimerkiksi hakkuukonesimulaattoreilla. Asiakaslähtöinen saha pystyy laskennalla analysoimaan esimerkiksi sitä, millaista tukkijakaumaa sahan kannattaisi pyytää, että sen toteuttamiskelpoisuus olisi mahdollisimman hyvä. Samaten sillä voidaan analysoida, miten leimikoiden keskijäreydessä tapahtuviin muutoksiin pystyttäisiin etukäteen varautumaan sahan tuotannosuunnittelussa.

Asetteiden valinnalla pystytään merkittävästi vaikuttamaan sahauksen kannattavuuteen. Erot asetekohtaisten tuntikatteiden välillä olivat varsin suuria. Suurien tuottojen lisäsmahdollisuuksien vuoksi sahauksen suunnittelussa tulisi käytännöstä saatujen kokemusten ohella ajoittain käyttää sahamalleja, jotka tuottavat päätöksentekoa tukevaa tietoa asete- ja tuotekohtaisista kannattavuuksista. Tuotto- ja kustannuslaskentaa tarkentamalla saatetaan myös löytää perusteita tukkien mitta- ja laatuvaatimusten muuttamiselle. Tuotekohtaisen kustannuslaskennan merkitys korostuu, kun asiakaskohtaisesti räätälöitävien tuotteiden osuus lisääntyy.

1 JOHDANTO

Suomen sahaeollisuus on kohentanut kilpailukykyään parantamalla sekä tuottavuutta että tuotannon ohjattavuutta. Asiakaslähtöisessä sahatavara-tuotannossa kysynnän tavoitteet vaativat koko toimintaketjulta joustavaa tuotannonohjaukseen osallistumista.

Maamme sijainti sahatavaran päämarkkina-alueeseen Keski-Eurooppaan nähden asettaa sahatavaran toimitusketjulle suuria vaatimuksia. Sahojen on pystyttävä toimittamaan laadultaan ja kustannuksiltaan kilpailukykyistä sahatavaraa asiakkailleen. Tämän pitkän toimitusketjun eri vaiheiden välinen kommunikaatio ja yhteistyö määräävät asiakaspalvelun ja toimitusketjun suorituskyvyn.

Sahaustoiminnan kannattavuus on vaihdellut suhdanteissa varsin paljon. Hyviä vuosia tulee harvoin, ja niitä on seurannut pitkäköjä epäsuotuisampia ajanjaksoja. Huonoinakin vuosina parhaat sahat ovat pystyneet tuottamaan kohtuullisia tuloksia. Nämä sahat ovat löytäneet toimintatapoja, joilla ne pystyvät toimimaan suhteellisesti kannattavammin kuin muut sahat. Eräs tärkeä menestystekijä on tietämys tuotannon suunnittelusta ja ohjauksesta. Tuotannonohjauksen päätöksenteon apuna sahat käyttävät laskentamalleja, joilla pystytään löytämään ne tukkiluokat ja asetet, joihin heidän sahausprosessinsa sopii. Kustannuslaskentaa tarkentamalla saatetaan myös löytää perusteita tukkien mitta- ja laatuvaatimusten muuttamiselle. Tuotekohtaisen kustannuslaskennan merkitys korostuu, kun asiakaskohtaisesti räätälöitävien tuotteiden osuus lisääntyy.

Sahatavaran toimitusketjun useat vaiheet ovat varautuneet epävarmuuteen varastoimalla sekä oman työvaiheensa lopputuotetta että raaka-ainetta. Lopputuotteen kysynnän pienetkin vaihtelut aiheuttavat kysynnän kasvaessa varastojen purkua ja kysynnän laskeessa taas tuotantoa varastoon. Kysynnässä tapahtuvat muutokset viivästyvät ja voimistuvat sitä enemmän, mitä lähempänä raaka-ainelähdettä toimitusketjun vaihe sijaitsee. Toimitusketjun hallinnan parantaminen on olennainen sahan tuotannonohjauksen kehittämistarve.

Ohjattavuus on systeemin kykyä saavuttaa haluttu tila. Kaikkien ohjattavuuteen vaikuttavien osatekijöiden – toimituskyvyn, materiaalien ja kapasiteetin ohjattavuuden – on oltava sopusoinnussa toiminnan tavoitteiden kanssa. Kokonaisvaltainen ohjattavuuden nykytilan kartoitus helpottaa tuotannon ohjauksen kehittämistarpeiden määrittelyä.

2 TAVOITE JA MENETELMÄ

Tavoitteena oli selvittää tutkimukseen osallistuvien sahojen tuotannon ohjattavuuden nykytila, materiaalivirtojen ohjauskohteet ja niiden tärkeysjärjestys sekä taloudellinen kehityspotentiaali. Erityisiä painopistealueita olivat

- Materiaalien ohjattavuudessa sahojen tukkitarpeen ennakoiminen, pystyvarannon paremmasta hallinnasta saatavissa olevat hyödyt sekä toimitusketjun läpäisy aika.
- Kapasiteetin ohjattavuudessa toimitusaika ja varastojen koko.
- Toimituskyvyn ohjattavuudessa analyysissä selvitetään, millaisia sahan toivomuksia pystytään toteuttamaan erilaisissa puunhankinnan olosuhteissa.

Tutkimuksessa selvitettiin, miten sahan vaatimukset tukkien ja palvelun laadulle pystytään toteuttamaan ja mitkä ovat tärkeimmät kehittämiskohteet.

Aineistona käytettiin tutkimussahojen materiaalivalvontajärjestelmästä saatavia peruseraportteja. Tutkimukseen osallistui Itä-Suomesta kuusisaha ja Keski-Suomesta mäntysaha. Aineistoa hankittiin kuusisahalta 13. 9. 1996 – 2. 3. 1997 ja mäntysahalta 1. 1. 1997 – 26. 5. 1997. Kultakin kahden viikon jaksolta tulostettiin tukkitoimituksia, tukkilajittelua, sahausjaksolla sahattuja asetteita ja varastossa olleita sahatavaroita tilastoineet raportit.

3 SAHAN KANNATTAVUUDEN TUNNUSLUVUISTA

Samalla toimialalla toimivien yritysten kannattavuutta voidaan vertailla toisiinsa ja muiden toimialojen yrityksiin, kun käytetään tunnettuja kannattavuuden tunnuslukuja. Ne auttavat päätöksentekijöitä kiinnittämään huomiota taloudellisen tuloksen kannalta oleellisiin tekijöihin. Tässä tutkimuksessa esitettävät tunnusluvut ja laskelmat perustuvat sahoilta kerättyihin tilastotietoihin ja aiemmin laadittuihin raportteihin, etenkin KTM:n julkaisemiin sahatteollisuuden toimialakatsauksiin.

3.1 Kulurakenne

3.1.1 Myyntikate

Myyntikate saadaan vähentämällä liikevaihdosta muuttuvat kulut. Raaka-ainekustannukset ovat sahoille merkittävin kustannuserä. Ne kattavat yleensä yli 50 % sahojen liikevaihdosta. Kun liikevaihdosta jopa 20 % muodostuu sivutuotteiden, kuten hakkeen, purun ja kuoren myynnistä, on raaka-aineen osuus sahatavaran hinnasta noin 70 – 75 %. Raaka-ainekustannusten osuus tuotantokustannuksista on viime vuosina ollut noin 55 – 60 % (taulukko 1). Palkkakustannusten osuus on jonkin verran vähentynyt sahojen investointien ansiosta. Sahojen myyntikate oli vuosina 1991 – 1995 keskimäärin 21,9 –

25,6 % (Toimialaraportti 1996). Osalla yrityksistä myyntikate oli yli 35 %. On huomattava, että kustannusten jakoperusteet muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin vaihtelevat, joten myyntikate ei ole kuin suuntaa antava taloudellisen toiminnan tunnusluku.

3.1.2 Käyttökate

Käyttökate kertoo yrityksen liiketoiminnan tuloksen ennen poistoja ja rahoituseriä. Käyttökatteellekaan ei ole yleispätevää tavoitearvoa. Se on kuitenkin ensimmäinen tunnusluku, jolla pystytään vertailemaan samalla toimialalla toimivia yrityksiä. Sahateollisuudessa kiinteät henkilöstökulut, vuokrat ja muut kiinteät kustannukset ovat pieniä liikevaihtoon verrattuna. Niiden osuus liikevaihdosta on keskimäärin noin 10 – 15 %. Sahojen käyttökate oli vuosina 1991 – 1995 keskimäärin 5,7 – 17,3 % (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Sahojen taloudellista tilannetta kuvaavia keskimääräisiä tunnuslukuja (%) viideltä vuodelta (Toimialaraportti 1996).

Tilinpäätös vuosi	1991	1992	1993	1994	1995
Havainnot	295	288	176	233	155
LIKEVAIHTO	100	100	100	100	100
Ainekäyttö	57,6	55,7	54,4	56,2	60,4
Palkkakustannukset	22,1	20,6	18,6	15,7	18,2
Vuokrat	1,2	0,9	1,1	0,5	0,6
Muut kulut	14,6	12,5	7,1	10,3	11,7
KÄYTTÖKATE	5,7	10,3	14,3	17,3	9,1
Nettokorkokulut	9,7	10,4	7,1	2,1	2,7
Verot	0,7	0,7	1,0	1,2	0,6
Säännölliset tuotot ja kustannukset	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
RAHOITUSTULOS	-4,4	-0,6	6,4	14,5	6,2
Poistot	8,8	8,0	7,2	3,7	3,6
NETTOTULOS	-13,2	-8,7	-0,9	10,8	2,6
Satunnaiset tuotot ja kustannukset	1,0	1,7	1,9	-1,6	0,2
KOKONAISTULOS	-12,2	-7,0	1,0	9,2	2,4

3.1.3 Rahoitustulos

Rahoitustulos saadaan lisäämällä käyttökatteeseen osinko- ja rahoitustulot sekä vähentämällä siitä rahoituksen kulut ja verot. Se kuvaa yrityksen kykyä suoriutua liiketoiminnan tuotoilla lainojen lyhennyksistä, käyttöpääoman lisäyksestä ja investointien omarahoitusosuudesta. Lukuisa määrä kilpailevia tuottajia, joiden tuotteet pitkälti vastaavat toisiaan, on asettanut sahat tiukkaan keskinäiseen kilpailuun. Suomessa sahatteollisuudesta saadut liiketulokset ovat yleensä olleet korkeintaan tyydyttäviä, ja erittäin tuottoisia vuosia on vain harvoin. Vuosi 1994 oli useille sahoille tuottoisa, mikä ilmenee 14,5 %:n rahoitustuloksena (taulukko 1). Myös vuosina 1993 ja 1995 rahoitustulos oli

tydyttävä. Sitä vastoin jakson huonoimpina vuosina sahojen rahoitustulos oli varsin keho.

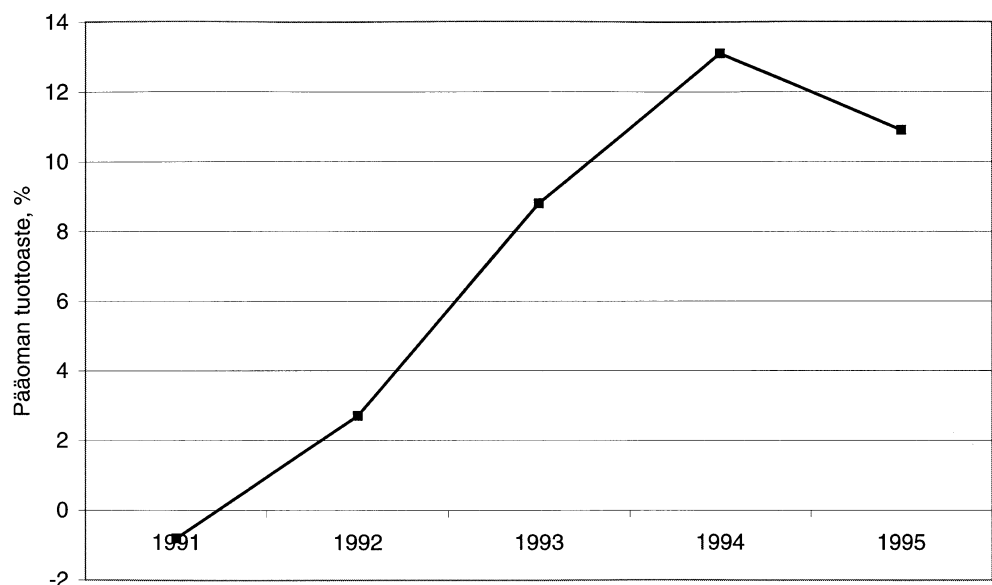
3.1.4 Nettotulos

Nettotuloksessa kaikki yrityksen säännölliset tuotot ja kulut on otettu huomioon. Jotta yrityksen liiketoiminta olisi kannattavaa, tulee kumulatiivisen nettotuloksen olla positiivinen. Tällä tunnusluvulla pystytään hyvin vertailemaan sekä yrityksen kehitystä että toimialan muiden yritysten tulosta omaan. Vuosilta 1991 – 1995 kerättyjen tilinpäätöstietojen (Toimialaraportti 1996) perusteella sahojen nettotuloksen keskiarvo oli tällä jaksolla (vuodesta riippuen) –13,2:sta 10,8:aan prosenttiin liikevaihdosta. Ainoastaan vuonna 1994 ja 1995 sahojen nettotulos oli positiivinen. Taulukon 1 tiedot ovat yritysten liikevaihdolla painotettuja. Raportissa on esitetty, että yrityksistä vain alle puolet tuotti voittoa. Tietojen perusteella ei käy selville, pystyivätkö tappiolliset yritykset tuottamaan voittoa yhtenäkin vuotena tarkastelujakson aikana.

3.2 Pääoman tuotto

Pääoman tuotto voidaan laskea koko pääomalle tai erikseen joko omalle tai vieraalle pääomalle. Kokonaispääoman tuotossa yrityksen tulosta ennen rahoituskuluja ja veroja verrataan siihen pääomaan, joka on sitoutunut yritys-toimintaan.

Sijoitetun pääoman tuotto mittaa suhteellista kannattavuutta eli sitä tuottoa, joka on saatu yritykseen sidotulle pääomalle. Tuotto prosenttia voidaan pitää tyydyttävänä, kun se on vähintään keskimääräisen rahoituskuluprosentin suuruinen. Oman pääoman tuotto mittaa yrityksen kykyä huolehtia omistajilta



Kuva 1. Puun sahaus, höyläys ja kyllästys -toimialan pääoman tuottoasteet vuosina 1991 - 1995 Toimialakatsauksen (1996) mukaan.

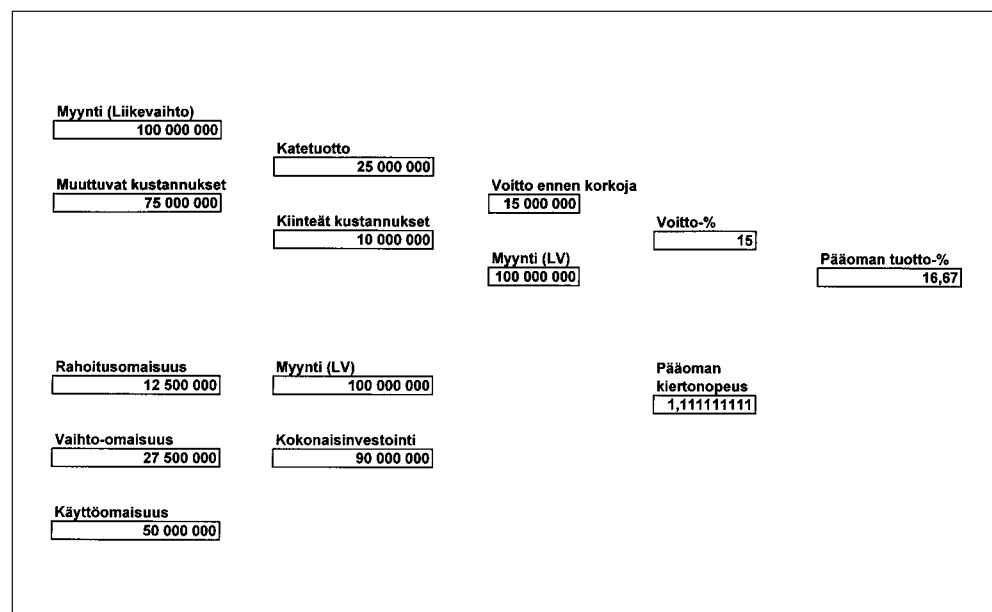
saaduista pääomista. Sen tavoitetaso määräytyy yrityksen omistajien asettamien oman pääoman tuottovaatimusten perusteella.

Toimialakatsauksen perusteella sahojen pääoman tuottoaste on vaihdellut varsin paljon. Vuosina 1993 – 1995 pääoman tuotto oli kohtuullinen (kuva 1). Kannattavimmilla sahoilla pääoman tuotto oli tuolloin yli 30 %.

3.3 Esimerkki sahan kannattavuuteen vaikuttamisesta

Esimerkkilaskelmaan tarvittavat perustiedot on kerätty KTM:n toimialaraportista ja kirjallisuudesta. Ne eivät edusta mitään tiettyä sahaa, vaan ainoastaan esittävät suuntaviivoja sahojen kannattavuudelle.

Laskelmassa tarkasteltiin raaka-aineen hinnan, sahatavaran myyntihinnan ja vaihto-omaisuuden eli tukki- ja sahatavara-avarastojen vaikutusta sahan kannattavuuteen. Laskelma mitoitettiin keskikokoiselle sahalle, jolla on 100 miljoonan markan liikevaihto. Muuttuvat kustannukset muodostavat 75 % esimerkksisahan kustannuksista (kuva 2). Niistä 60 miljoonaa oli raaka-ainekustannuksia. Kiinteiden kustannuksien vähentämisen jälkeen voittoprosentti on 15 %, joka vastaa taloudellisesti hyvän vuoden tulosta sahatteollisuudessa. Sitoutunut pääoma on esimerkkilaskelmassa yhteensä 90 000 000 mk, joten pääoman tuotto on 16,7 % (kuva 2).



Kuva 2. Esimerkki pääoman tuottoasteen laskennasta. Kaavio on ns. DuPont-malli, jolla lasketaan pääoman tuottoaste.

3.3.1 Raaka-aineen hinnan ja liikevaihdon vaikutus kannattavuuteen

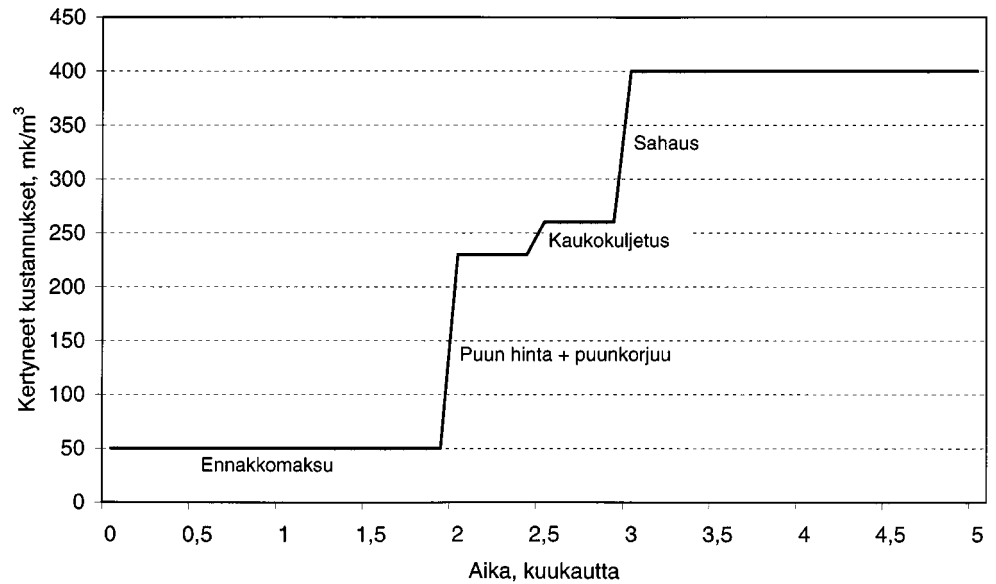
Raaka-aineen hinta vaikuttaa merkittävästi sahan kannattavuuteen. Pääoman tuottoaste nousee kuvan 2 esimerkin mukaisella sahalla peräti 13 %-yksikköä, kun tukin hinta laskee 20 %. Vastaavasti tukkien hinnan nousu 20 %:lla laskee pääoman tuottoasteen 3,3 %:iin.

Toinen merkittävä kannattavuuteen vaikuttava tekijä on sahan liikevaihto. Mikäli sahan liikevaihto kasvaa 10 % kustannusten muuttumatta, kasvaa pääoman tuottoaste 16,7 %:sta 27,7 %:iin. Tämänkaltainen liikevaihdon kasvu edellyttää joko sitä, että pystytään löytämään samoista tuotteista aiempaa kalliimpaa hintaa maksavat asiakkaat tai kyetään tuottamaan samoista raaka-aineista aiempaa arvokkaampia sahatavaroita. Kumpakaan näistä vaihtoehtoista ei pystytä saavuttamaan nopeasti, vaan ne edellyttävät pitkäjänteistä, systemaattista työtä.

3.3.2 Varastojen vaikutus kannattavuuteen

Varastojen koon muutokset vaikuttavat pääoman tuottoasteeseen selvästi vähemmän kuin liikevaihdon ja raaka-aineen hinnan muutokset. Laskelmassa oletettiin ostovelkojen olevan yhtä suuret kuin myyntisaamiset, jolloin koko käyttöomaisuus koostuu varastoista. Varaston puolittaminen nosti pääoman tuottoasteen esimerkkihahalla vain 19,7 %:iin eli 3 %-yksikköä. Varastoa pienentämällä kyetään myös vähentämään vieraan pääoman osuutta ja sen aiheuttamia korkokuluja, millä on vaikutusta yrityksen taloudelliseen tulokseen. Tämän merkitystä tarkasteltiin esimerkkilaskelmalla, jonka taseessa pidettiin oman pääoman osuus vakiona. Vieraan pääoman osuutta lisättiin tai vähennettiin sen mukaan, kuin varastojen koko edellytti. Alunperin vieraan pääoman osuutena oli 60 %, ja korkoprosenttina käytettiin 10 %:a. Kun vieraan pääoman osuuden vähentyminen otettiin huomioon, paransi varastojen puolittaminen pääoman tuottoastetta jo 4,8 %. Näin suuret varastojen koon muutokset edellyttävät jo hyvin suuria toimintatapojen muutoksia, joten esimerkkiä voidaan pitää lähinnä mahdollisuuksien kartoituksena. Toisaalta varastojen koon vähentäminen vähentää varastointikustannuksia, arvonalennemisiä ja reklamaatioita, joilla saattaa olla suurikin merkitys etenkin vaikeiden markkinasuhteiden aikana.

Varastointiajan lyhentäminen vaikuttaa pääoman sitoutumiseen sitä enemmän, mitä pitemmälle tuote tai puolivalmiste on kulkenut toimitusketjussa. Pystyvarannossa pääomaa on sitoutunut noin 50 mk/m³. Puunkorjuun ja puun hinnan maksun jälkeen tukkeihin on kertynyt kustannuksia jo noin 230 mk/m³. Tästä puun hinta muodostaa valtaosan, sillä puunhankinnan kustannukset ovat noin 30 – 35 mk/m³. Kaukokuljetuksen jälkeen tehtaan varastossa tukkien kustannus on nykyisillä puun hinnoilla noin 260 mk/m³. Sahauksessa tukkikuutiometriä kohti tulevat kustannukset kasvavat noin 140 mk/m³, joten valmiissa sahatavaravarastossa tukkikuutiometriä kohti las-



Kuva 3. Pääoman sitoutuminen sahatavaratuotannossa.

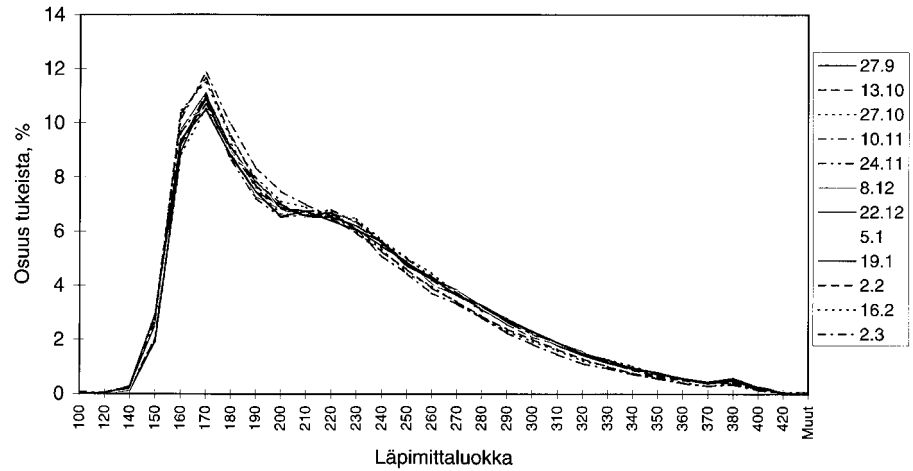
ketut kustannukset ovat noin 400 mk/ m³. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki toimitusketjusta, jossa pystyvarannon riitto on 2 kk, tienvarsivaraston 2 viikkoa, tukkivaraston 2 viikkoa ja sahatavaravaraston 2 kuukautta. Tällaisessa toimitusketjussa pääomakustannukset ovat 10 % korolla laskettuna noin 9 mk/tukkikuutiometri. Sahatavaravaraston osuus pääomakustannuksista on noin 70 % ja sahan tukkivaraston, tienvarsivaraston ja pystyvarannon kunkin noin 10 %.

4 PUUNHANKINTA JA SAHAUS ESIMERKKIJAKSOLLA

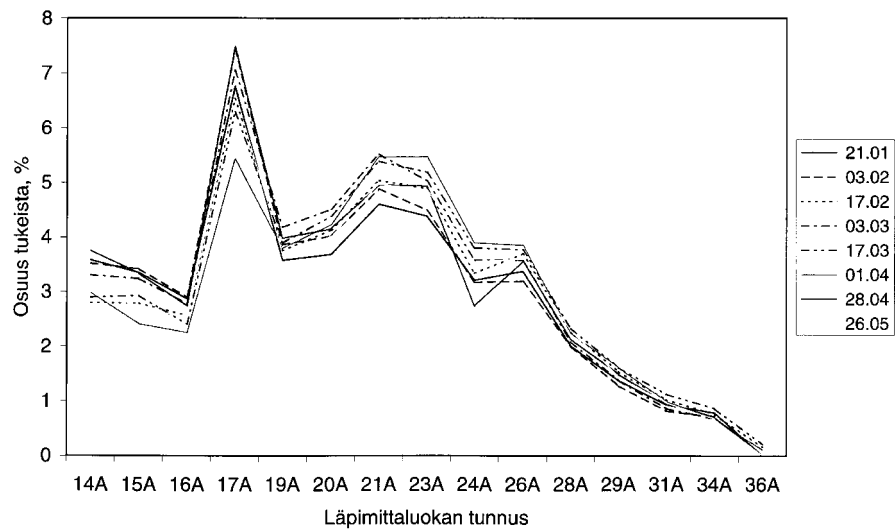
4.1 Toimitettu tukkijakauma

4.1.1 Tukkien läpimittajakauma

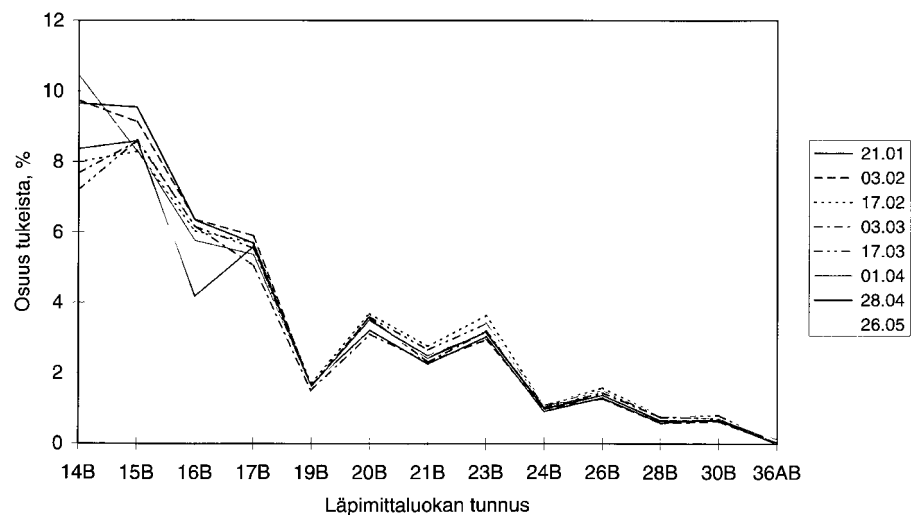
Tukkien läpimittajakauma pysyi esimerkkisahoilla varsin samanlaisena koko tarkastelujakson ajan (kuvat 4, 5 ja 6). Ainoastaan kuusisahan kahden viimeisen jakson aikana pieniläpimittaisten tukkien osuus lisääntyi hieman järeimpien luokkien osuuden kustannuksella. Myös mäntysahan tukkijakauma pysyi varsin vakaana, eivätkä laatujaumatkaan muuttuneet. On kuitenkin huomattava, että pieniläpimittaisten tukkien osuus muuttui jakson aikana varsin paljon. Osa eroista selittyy sillä, että vaikka jaksojen aikana läpimittaluokittaiset kappalemäärät pysyivät varsin samana, niin tukkien läpimittaluokittaiset laatuosuudet vaihtelivat. Tätä suurempana syynä oli kuitenkin se, että näihin läpimittaluokkiin kuuluneista mäntytukeista osa otettiin määrämittapoinnina toisiin tukkiluokkiin. Tukkien läpimittajakauma pysyi siis myös mäntysahalla hyvin vakiona, mutta jakson aikana tehdyt erikoispoiminnat aiheuttivat perustukkiluokkien kappalemäärään vaihtelua.



Kuva 4. Tukkien läpimittajakauma (%) kuusisahalla eri ajankohtina



Kuva 5. A-laatuisten tukkien läpimittajakauma (%) mäntysahalla eri ajankohtina.

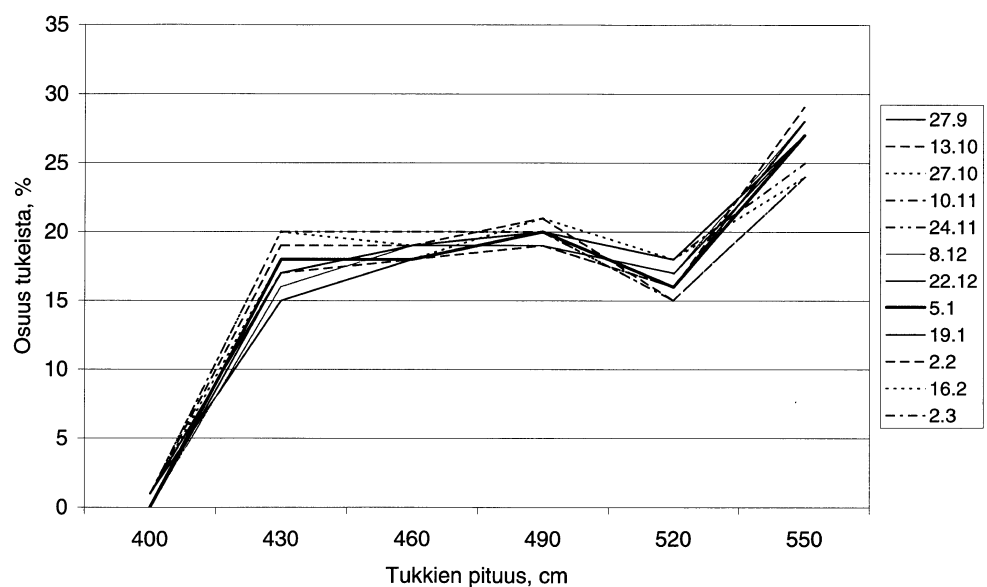


Kuva 6. B-laatuisten tukkien läpimittajakauma (%) mäntysahalla eri ajankohtina.

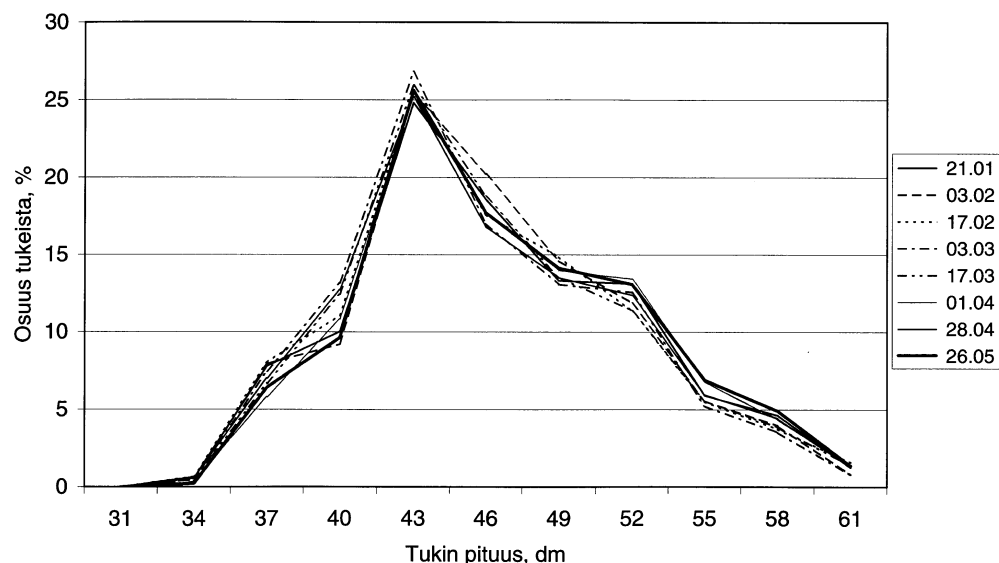
Kuusisahalla keskikokoisten tukkien määrä muuttui vähiten. Kuusisahan pieniläpimittaisten tukkien määrä kasvoi lievästi tarkastelujakson loppuvaiheissa. Yli 240 mm tukkien määrä väheni tarkastelujakson loppua kohden, lähinnä tammikuun loppupuoliskolta lähtien. Kappalemäärä väheni eniten 300 – 330 mm läpimittaisissa tukeissa, ja tätä järeämpienkin tukkien suhteellinen osuus väheni samassa suhteessa. Näillä muutoksilla on tärkeä merkitys sahan tuotannonohjaukselle, sillä useita yleisiä dimensioita voidaan sahata vain järeistä tukkiluokista. Yleisesti voidaan todeta, että usein korjuuolosuhteiden vaihtuessa keskiläpimittaisten tukkien osuus pysyy varsin vakiona, mutta sekä pienimpien että suurimpien tukkiluokkien osuudet muuttuvat. Kun esimerkiksi harvennushakkuiden ja vain talvella korjattavissa olevien leimikoiden osuus lisääntyy, pieniläpimittaisten tukkien osuus kasvaa järeiden tukkien lukumäärän kustannuksella. Mäntysahoilla merkittävää on myös tukkien toimitusalueiden muutokset, jotka saattavat aiheuttaa muutoksia sydäntavaroiden laatujaumiin.

4.1.2 Tukkien pituusjakauma

Tukkien pituusjakauma pysyi tarkastelujakson aikana hyvin samankaltaisena sekä kuusi- että mäntysahalla (kuvat 7 ja 8). Läpimittaluokkien sisälläkin pituusluokkien osuudet olivat varsin vakiot. Kun katkontaohjeita ei jakson aikana muuteta, pysyvät tukkijakaumat hyvin vakioina. Sahat pystyvät siis hyvin ennustamaan tulevan jakauman aiempien tukkijakaumien ja kokemusperäisen tiedon perusteella. Tämä osoittaa myös sen, että kahden viikon aikana hakatuissa rungoissa oli hyvin vähän eroa. Runkojen kokojakauman stabiilisuus tuo hyviä mahdollisuuksia sahan tuotannon suunnittelun täsmentämiselle, sillä hakattavan puuston kuvaukseen riittänee yksi puustoa kuvaava runkoaineisto, jonka apteerausohjeita muuttamalla pystytään analysoimaan saavutettavissa olevaa tukkijakaumaa.



Kuva 7. Toimitettujen tukkien pituusjakauma (%) kuusisahalla eri ajankohtina

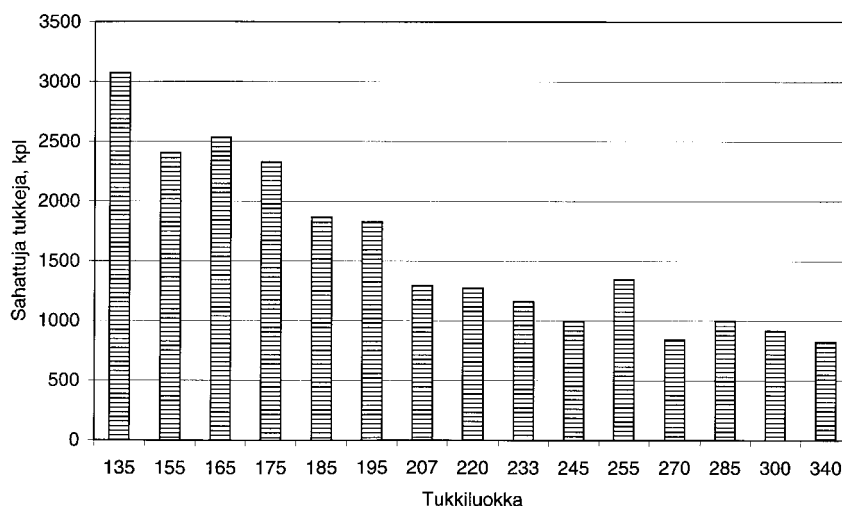


Kuva 8. Toimitettujen tukkien pituusjakauma (%) mäntysahalla eri ajankohtina.

Edellä on esitetty pituusjakauma yhteenlaskettuna koko tukkijakaumalle. Pelkillä tukkien pituusjakaumilla ei pystytä vielä selittämään paljon, sillä useissa tukkien läpimittaluokissa tavoitellaan sahatavarasta tiettyä pituusjakaumaa. Näin yksityiskohtainen analyysi edellyttäisi tukkijakauman tarkastelua matriisina, jossa esitetään tukkien määrät samanaikaisesti sekä pituus- että läpimittaluokittain. Tukkimatriiseissa olevat erot havaittiin varsin vähäisiksi, kuten jo edellä esitettyjen jakaumatarkastelujen perusteellakin voidaan olettaa.

4.2 Sahatut tukit

Sahan raporteista saatiin selville koko tarkastelujakson aikana sahatut tukit ja niille käytetyt asetteet. Sahat käyttivät – muutamia erikoiseriä lukuunottamatta – pienimmille tukkiluokille pisimpiä sahausjaksoja, joiden aikana sahattiin jopa lähes 10 000 tukkia. Kuvassa 9 on esitetty keskimääräinen sahattujen



Kuva 9. Sahausjakson aikana sahattujen tukkien kappalemäärä.

tukkien määrä, jossa on mukana myös sahauksen keskeytymisten takia lyhyeksi jääneet, alle tuhannen tukin sahauserät. Näitä ei yhdistetty edellisiin sahausjaksoihin, mikä vähentää yhden sahausjakson aikana sahattavien tukkien määrää. Järeimpien tukkien sahausessa sahauserät olivat selvästi pienempiä kuin pieniläpimittaisilla tukeilla.

Sahattujen tukkien erät sovitetaan siten, että kuivaamon ja tasaamon täyttö saataisiin mahdollisimman tehokkaaksi. Sahausjaksojen kestot olivat kutakuinkin yhtä pitkiä, sillä pieniläpimittaisten tukkien sahaus sujuu nopeammin kuin järeiden tukkien. Asetteiden vaihtamiseen kuluu aikaa on kyetty vähentämään, mutta usein tapahtuvat asetteidenvaihdot hidastavat tuotantoa etenkin tasaamalla. Sen vuoksi lyhimpänä sahausjaksona käytetään yleisesti noin 2 – 3 tuntia.

5 ASETTEIDEN TALOUDELLISEN TULOKSEN LASKENTA

5.1 Sahamallin kuvaus

Sahoilla käytetään sahauksen suunnitteluun ohjelmia, ns. sahamalleja, joilla pyritään kuvaamaan sahausta mahdollisimman todenmukaisesti. Siinä on otettava huomioon tukkien hankinnan, sahatavaratuotannon ja myynnin väliset riippuvuudet matemaattisesti. Malleilla pystytään laskemaan sahan taloudellisesti edullisin toimintatapa halutulla ajanjaksolla.

Sahauksen tuotannosuunnittelun jäljittelyä varten laadittiin taulukkolaskentaohjelma, jossa käytettiin sahoilta kerättyjä tuotantotietoja. Laskelma ei kuitenkaan kuvaa tarkasti kumpaakaan esimerkkihahaa, vaan sitä voidaan pitää ainoastaan esimerkkinä kustannusten ja tuottojen jakautumisesta. Sahalla toteutunut tukkimäärä tukkiluokittain ja asetteittain saatiin esimerkkisahalta.

Usein sahamalleissa esitetään sahauksen tuotot ja kustannukset joko sahatarava- tai tukkikuutiometriä kohti laskettuina tunnuslukuina. Nyt laaditussa laskentamallissa pyrittiin kiinnittämään huomiota siihen, että tuotekustannuslaskenta tukisi asiakaslähtöistä sahatavaratuotantoa. Asiakaslähtöisessä toiminnassa korostuu nopea kyky vastata asiakastarpeisiin ja niiden muutoksiin. Samaten laskennassa haluttiin korostaa sahan pullonkaulojen merkitystä. Tuotantokapasiteetin käytön suunnittelua varten etenkin suurehkoissa prosessiteollisuuden tuotantolaitoksissa, kuten paperitehtaissa, on jo vuosia käytetty tuotteiden valmistamisen kannattavuuden laskennassa yksikkönä tuntikatetta. Tämänkaltaisen lähestymistapa sopii myös sahateollisuuteen, sillä sahalla kuutiometrejä huomattavasti niukempi resurssi on aika, joka tulisi pystyä käyttämään mahdollisimman tehokkaasti arvoa lisäävään toimintaan. Tämän vuoksi sahauksen tuotot ja kustannukset laskettiin aikaa kohti, joten vertailusuureksi tuli mk/h.

5.2 Sahamallilla lasketut tulokset

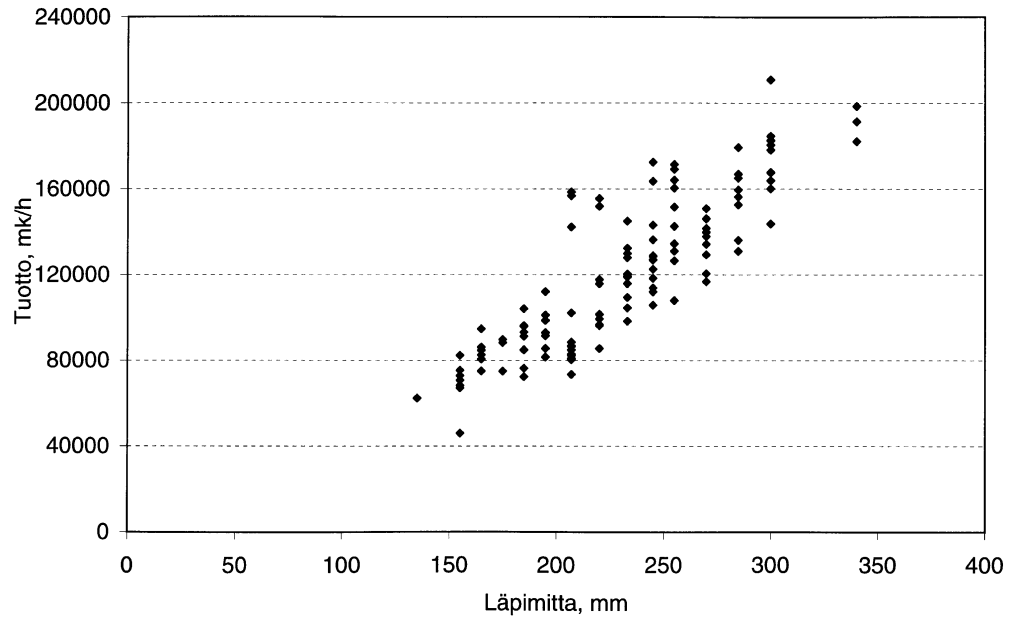
5.2.1 Tuotot

Sahauksesta saatavat tuotot kasvoivat tukin läpimitan kasvaessa (kuva 12). Useimmilla asetteilla yli 50 % tuotoista saatiin sydäntavarasta. Kuitenkin muutamalla asetteella lautojen osuus tuotoista oli erittäin suuri, yli 50 %. Pelkkä sydäntavara-asetteesta saatu tuotto ei siis kuvaa tarkasti asetteen kannattavuutta. Purusta ja kuoresta saatu tuotto oli alle 5 % kaikilla asetteilla. Sydäntavaran hintoina käytettiin tilastoihin perustuvia keskimääräisiä hintoja (alla). Sahatavaran leveys ei vaikuttanut yksikköhintaan.

Sahatavaran paksuus	Sydäntavaran hinta, mk/m ³			
	U/S	V	VI	ST
32 mm	1390	1150	931	1257
Yli 32 mm	1331	1102	933	1163

Sydäntavaroiden lisäksi tukeista saadaan lautoja sekä sivutuotteina haketta, purua ja kuorta. Sydäntavaran määrä ja laatu sahattua tukkimäärää kohti pystyttiin selvittämään asetteittain sahan tuotantojärjestelmästä tulostetuista raporteista. Asetteittaiset lautasaannot saatiin selville sahan raporteista. Lautasaannot oli eritelty raportissa dimensioittain. Ongelmallista oli, että raporteista ei selvinnyt, miten lautojen lautasaanto vaihteli eri asetteilla. Ainoa lautojen laatua kuvaava tieto oli keskimääräinen, puolen vuoden tuotantotajakson ajalta raportoitu tieto lautadimensiokohtaisesta laatujaumasta. Tämän vuoksi tukin järeydestä ja asetteesta riippumatta käytettiin samaa, dimensiokohtaista lautojen laatujaumaa. Hakkeen saanto laskettiin siten, että tukin tilavuudesta vähennettiin sahatavaran, kuoren ja purun osuus. Purun määränä käytettiin pienimmällä tukkiluokalla 16 %:a ja suurimmalla tukkiluokalla 11 %:a kuorellisesta tilavuudesta. Muiden tukkiluokkien purun määrät interpoloitin em. arvojen perusteella.

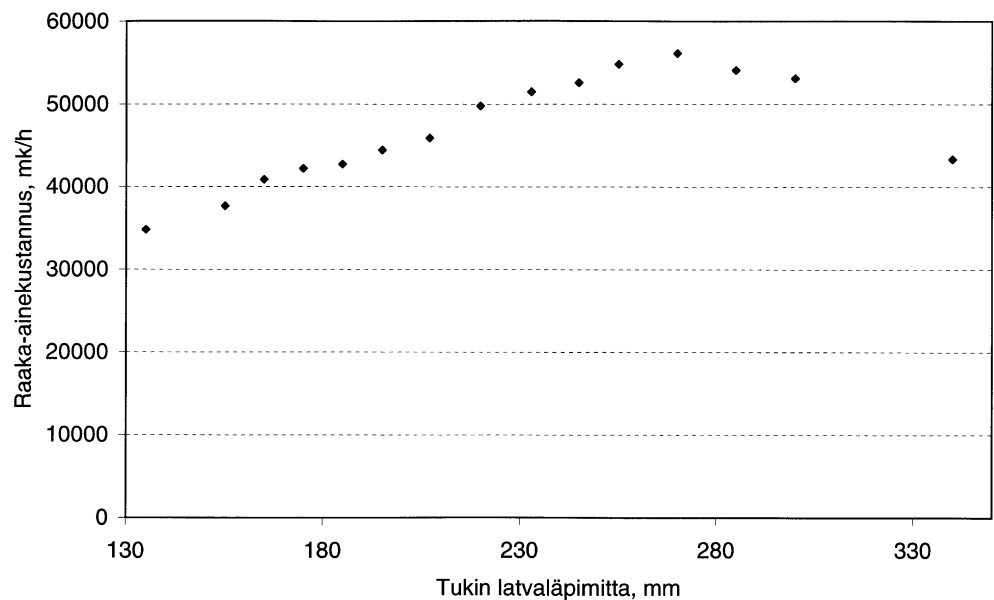
Tuotot vaihtelevat selvästi asetteittain. Etenkin keskikokoisilla tukeilla asetteen valinnalla pystytään saavuttamaan merkittävää hyötyä (kuva 10).



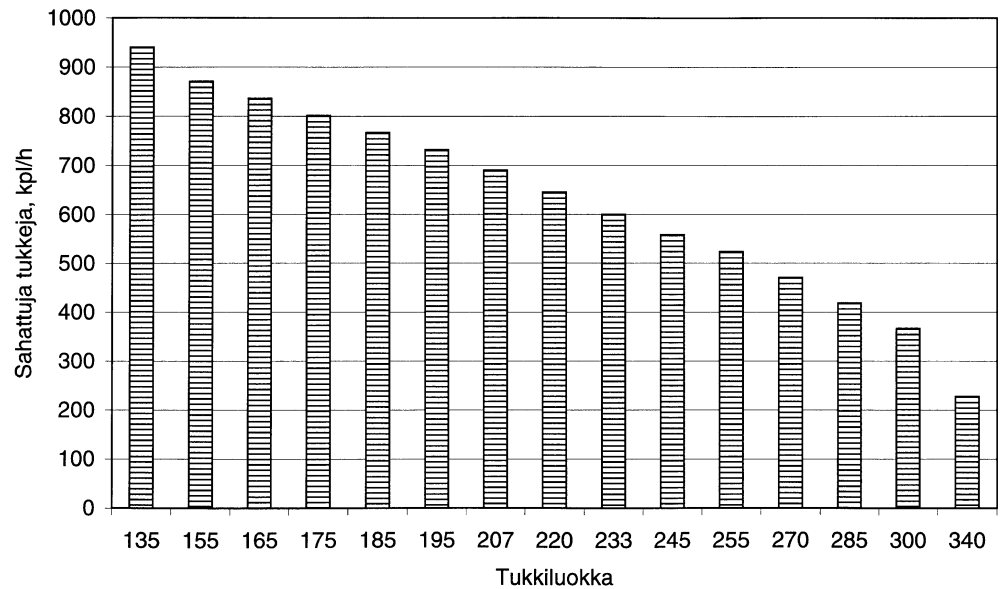
Kuva 10. Sahauksesta saadut tuotot, mk/h, tukkiluokittain ja asetteittain.

5.2.2 Raaka-ainekustannukset

Kuoren osuutena tukin kuorellisesta tilavuudesta käytettiin 9,5 %:a. Esimerkissä kuorellisen tukkikuutiometrin hintana sahalla käytettiin 260 markkaa. Tuntikohtaiseksi muutettuna raaka-aineen aiheuttamat kustannukset käyttäytyivät kuvan 11 mukaisesti. Järeimmissä tukkiluokissa raaka-ainekustannukset tunnissa alkoivat pienentyä, koska tukkien syöttönopeus hidastuu tukkien järeyden kasvaessa (kuva 12).



Kuva 11. Raaka-ainekustannukset, mk/h, tukkiluokittain ja asetteittain.



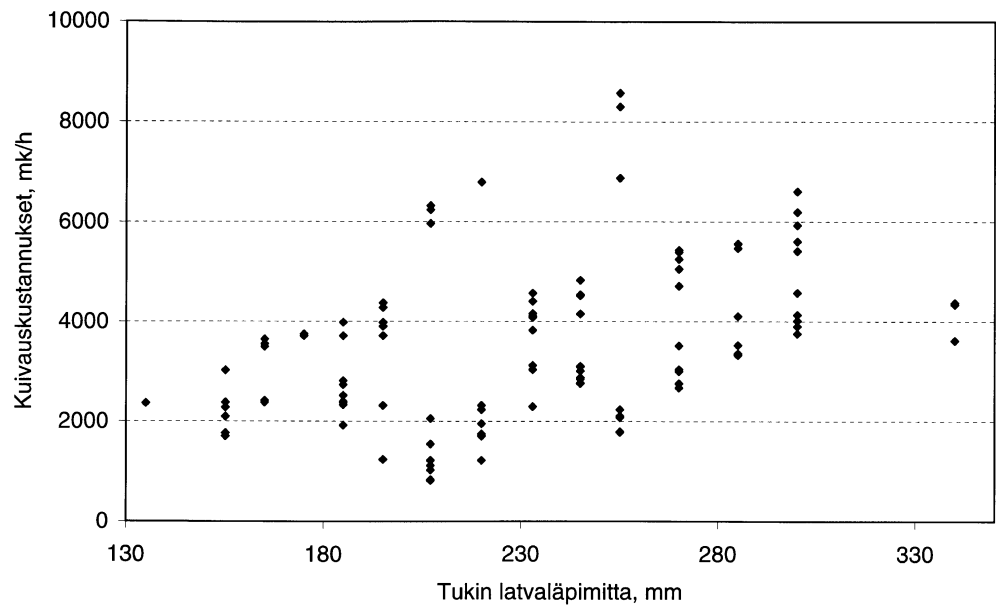
Kuva 12. Tukkien syöttönopeudet, kpl/h, tukkiluokittain.

5.2.3 Sahauksen muuttuvat kustannukset

Sahauksen muuttuvina kustannuksina käytettiin 50 mk:aa/m^3 . Sahauksen laskettiin toimivan kahdessa vuorossa, jolloin tuntikustannukseksi muodostuu noin 3800 mk. Hyvin suuri osa sauhauksen muuttuvista kustannuksista on työvoimakustannuksia, jotka eivät muutu tukkiluokan tai asetteen vaikutuksesta. Myöskään energiakustannuksien ja muiden muuttuvien kustannusten riippuvuutta tukin läpimitasta ei tässä tutkimuksessa otettu huomioon. Tämän vuoksi sauhauksen muuttuvina kustannuksina käytettiin kaikilla tukkiluokilla 3800 mk/h.

5.2.4 Kuivaamon kustannukset

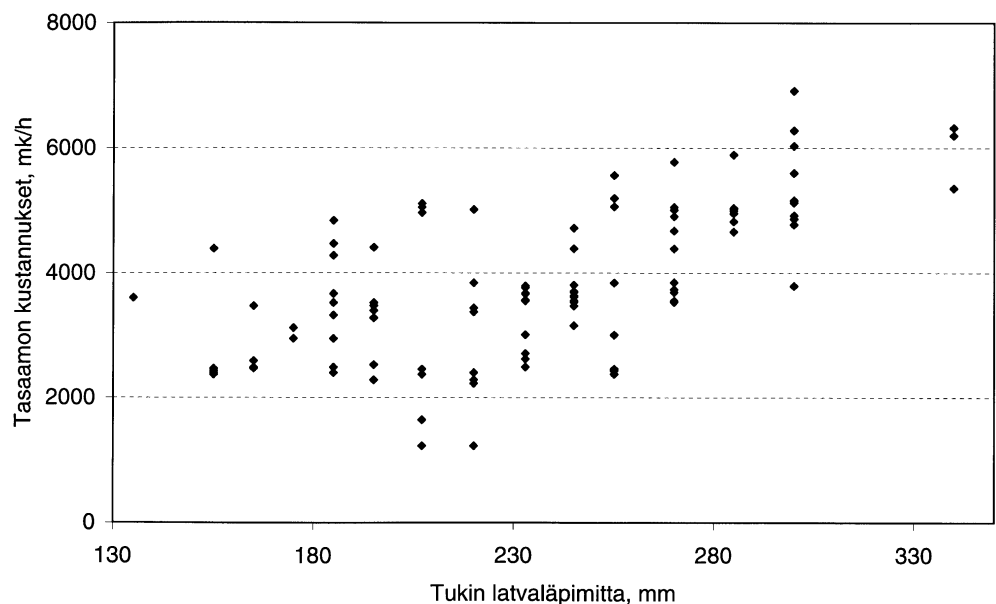
Kuivauksen keskimääräisenä kustannuksena laskentamallissa käytettiin 80 mk:aa/m^3 , joka vastaa noin 3650 mk/h, sillä kuivaamon oletettiin toimivan 24 tuntia vuorokaudessa. Kuivaamon kustannukset riippuvat siitä, miten kauan sahatavaraerä viipyy kuivauksessa. Laskentamallissa käytettiin esimerkkisahalta hankittua kuivauspaketin kokoa ja kuivausaikoja, joiden perusteella laskettiin asetteittaiset kuivauskustannukset kunkin asetteen tunnin mittaista sahauserää kohti. Järeimmistä tukeista sahattavista asetteista saadaan yleensä enemmän lautadimensioita, mikä hidastaa sekä kuivausta että tasaamon toimintaa. Se näkyy selvästi myös kuivauskustannuksista (kuva 13).



Kuva 13. Kuivauksen kustannukset tukkidimensioittain ja asetteittain.

5.2.5 Tasaamon kustannukset

Tasaamon keskimääräisenä kustannuksena käytettiin 50 mk:aa/m³. Se vastaa noin 3800 mk:aa/h, sillä tasaamon oletettiin toimivan kahdessa vuorossa. Tasaamon kapasiteettitarpeen arvioimiseksi hankittiin esimerkkihahalta tasaamon ohjeelliset linjanopeudet dimensioittain. Kuivaamon kustannusten kohdistamisen tapaan laskettiin, kuinka monta kappaletta kutakin dimensiota syntyy kunkin asetteen yhdeltä, tunnin kestävältä sahausjaksolta. Kappaleiden lukumäärän ja linjanopeuksien perusteella pystyttiin laskemaan kapasiteettitarve ja siitä aiheutuva kustannus (kuva 14).



Kuva 14. Tasaamon kustannukset, mk/h, tukkidimensioittain ja asetteittain.

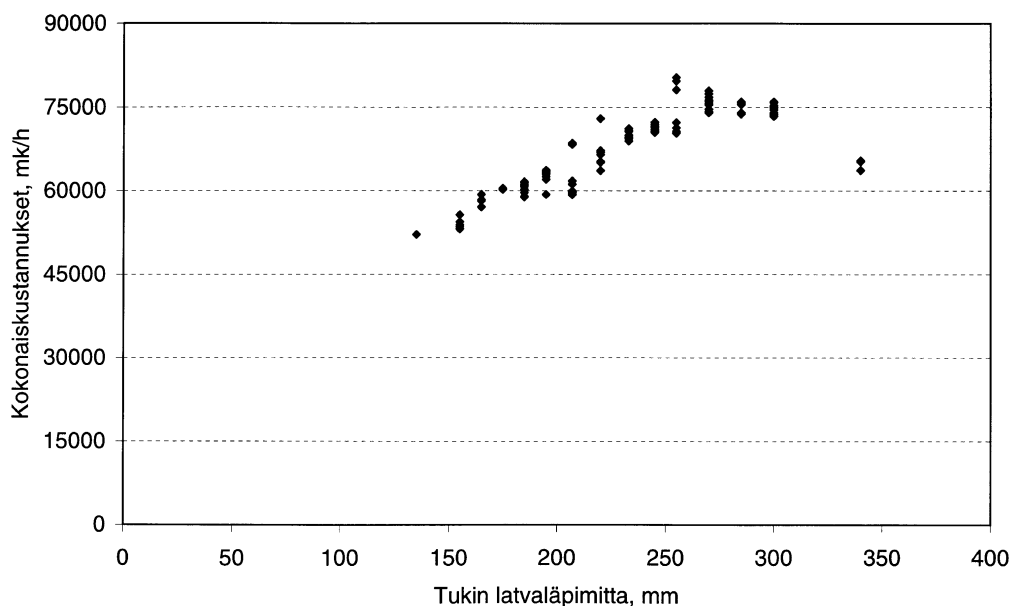
5.2.6 Kiinteät kustannukset

Kiinteiden kustannusten arvioitiin olevan noin 100 mk/m^3 , jolloin keskimääräinen tuntikustannus on noin 7600 mk/h . Käytännössä olisi tärkeää, että kiinteät kustannukset kohdistettaisiin mahdollisimman oikeudenmukaisesti niitä aiheuttaville työvaiheille ja aseteille. Kohdistettavissa olevat kustannukset tulisi kohdistaa sille tuotanto-osastolle tai tuotteelle, josta kustannus aiheutuu. Esimerkiksi työnjohto ja poistot ovat kiinteitä kustannuksia, jotka tulisi lisätä osastojen kustannuksiin ja kohdistaa esim. muuttuville kustannuksille käytetyillä kustannusajureilla aseteille ja tuotteille. Vastaavasti on perusteltua lisätä pullonkaulaosastolle se osuus kiinteistä kustannuksista, joille ei löydy kohdistamisperusteita.

Tässä tutkimuksessa oletettiin, että sahan kaikki osastot ovat tasapainossa. Samaten katsottiin tarpeettomaksi esittää tarkoin eriteltyjä yksittäisen sahan kiinteitä kustannuksia, joten kaikilla tukkiluokilla käytettiin samaa kiinteää tuntikustannusta, noin 7600 markkaa/h .

5.2.7 Kokonaiskustannukset

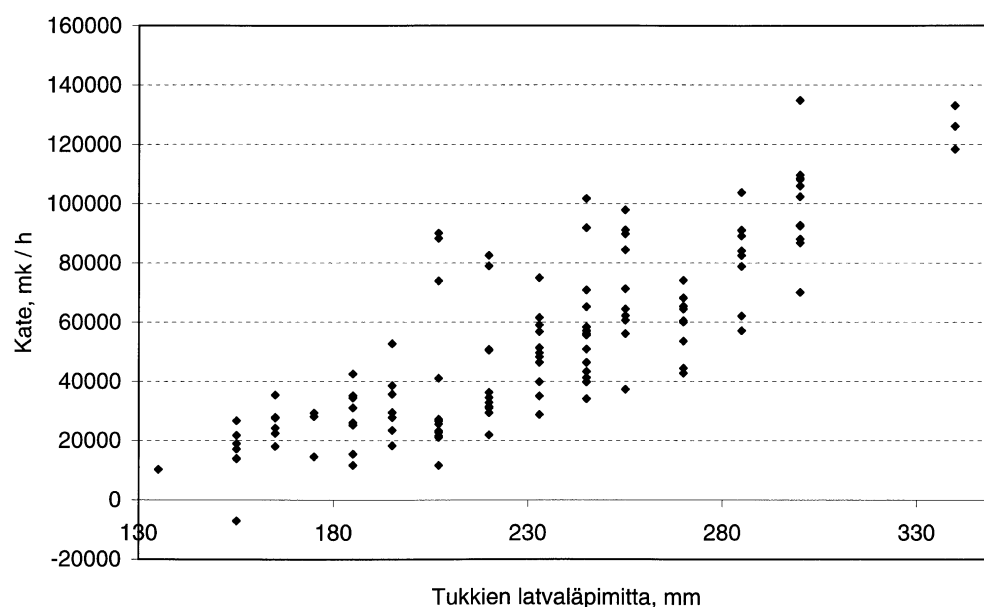
Tuntia kohti lasketut kokonaiskustannukset kasvoivat läpimitan kasvaessa noin 270 mm :iin asti. Sen jälkeen havaittava kustannusten väheneminen johtuu raaka-ainekustannusten pienenemisestä. Erot kokonaiskustannuksissa ovat kuitenkin varsin pieniä (kuva 15).



Kuva 15. Sahausten kokonaiskustannukset, mk/h , tukkidimensioittain ja aseteittain.

5.2.8 Sahauksen tuntikate

Tuntia kohti laskettu sahauksen kate kasvaa läpimitan mukaan (kuva 16). Pienimpien tukkiluokkien sahaus tuotti vähiten katetta. Etenkin keskiläpimittaisilla tukeilla löytyy selviä eroja asetekohtaisissa katteissa. Näillä tukkiluokilla asetteiden valinta onkin erityisen tärkeää. Laskennassa ei otettu huomioon keskeytysten merkitystä, minkä vuoksi tuntikohtaiset katteet ovat yliarvioita. Laskettuja arvoja voi kuitenkin käyttää suhteellisina kannattavuuksina, ja niiden avulla vertaillaan asetteiden kannattavuutta toisiinsa. Vertailun perusteella voidaan tehdä päätökset sahausaseteista ja tukkiluokista.

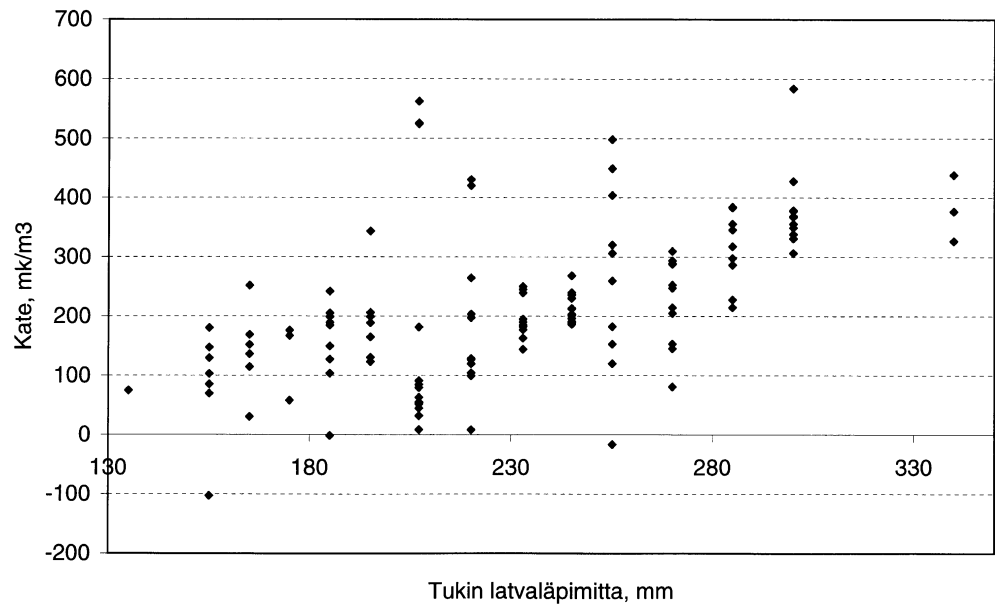


Kuva 16. Sahauksen tuntikate, mk/h, tukkidimensioittain ja asetteittain.

5.2.9 Sahauksen kate kuutiometriä kohti

Vertailusuurena laskettiin myös sahauksesta saatava kate tukki kuutiometriä kohti. Koska tässä tutkimuksessa ei etsitty kuutiometrikohtaisten kustannusten kohdistamisperusteita, pidettiin tukin kuorellista kuutiometriä kohti koituvat kustannukset yhtä suurina kaikille tukkiluokille. Hakalan (1993) tutkimuksessa järeimpien tukkien sahaus osoittautui 10 % edullisemmaksi tukin kuorellista kuutiometriä kohti. Hakalan tutkimuksessa ei otettu huomioon kuivauksen ja tasauksen vaikutusta, mikä hankaloittaa laskentaa ja todennäköisesti tasoittaa kustannuseroa.

Tuotot laskettiin saadun sahatavara-, hake- ja purumäärän perusteella. Kun tuotot vähennettiin kustannuksista, käyttäytyi tukkiluokittainen, kuutiometriä kohti laskettu sahauskate varsin samantyyppisesti kuin tuntia kohti lasketut katteet (kuva 17). On kuitenkin huomattava, että osalla tukkiluokista paras ase oli erilainen kuin tuntikatteeseen perustuvassa tarkastelussa. Tämän tu-



Kuva 17. Sahauksen kate, mk/m³, tukkidimensioittain ja asetteittain.

loksen perusteella voidaan päätellä, että asetteiden valinnassa käytettävää perustetta kannattaa muuttaa markkinatilanteen ja sahan tuotantokapasiteetin mukaan. Heikoissa suhdannetilanteissa raaka-aineen hinta on usein korkea verrattuna sahatavarasta saatavaan hintaan. Sahan tuotantokapasiteetti ei ole täysimääräisessä käytössä, koska sahatavaran kysyntä on vähentynyt. Tällöin on perusteltua tarkastella kuutiometriä kohti laskettua katetta, sillä tukkeja voidaan tuolloin pitää kaikkein kriittisimpänä resurssina. Useimmiten, etenkin hyvissä markkinasuhteissa, sahojen kriittisin resurssi on kuitenkin aika. Mitä enemmän saha pystyy tuottamaan käytettyä aikaa kohti, sitä vähemmän kohdistuu yksikkökustannuksia näille tuotoksille.

Laskelman mukaan esimerkksisahan tulos paranisi, mikäli järeiden tukkien määrää kyettäisiin lisäämään. Laskelmaa vastaavalla sahalla pienten tukkien jättäminen pois tukkijakaumasta oli kannattavaa, sillä pienillä tukkiluokilla katteet olivat heikoimmat. Järeämpien tukkien sahaamisesta saatavissa olevan tuloksen kasvun ennustamiseksi olisi tarpeen tehdä markkina-analyysyjä, joissa selvitetäisiin, mitä dimensioita ja laatuja pystyttäisiin myymään nykyistä enemmän. Vasta sen jälkeen kyetään valitsemaan näille sahatavaerille sopivat asetteet ja laskemaan sahan taloudellinen tulos.

6 TUKKIJAKAUMAN OHJAUSMAHDOLLISUUDET

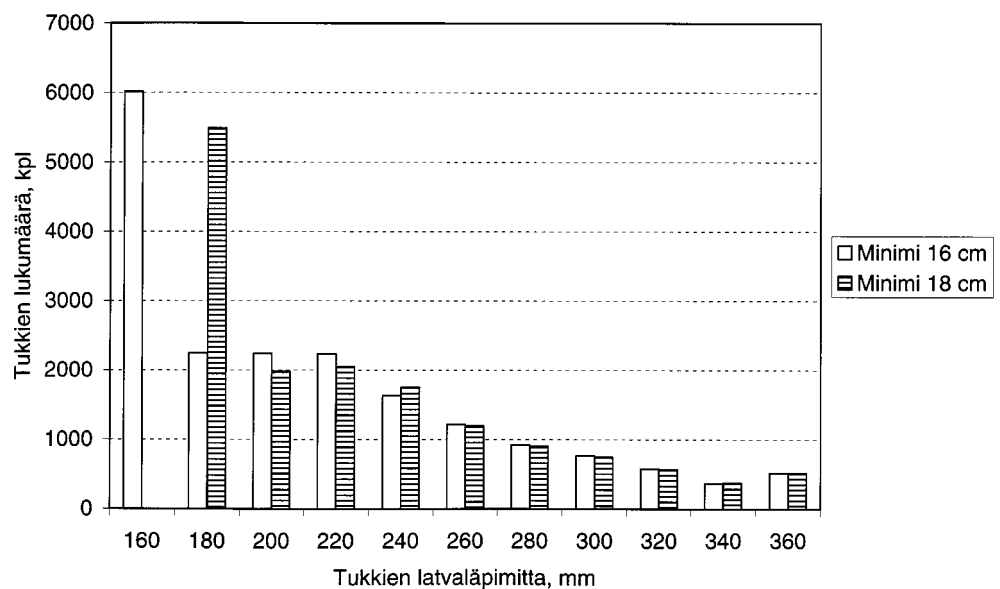
Asetteiden kannattavuudesta tehdyn analyysin perusteella todettiin, että esimerkksisahan kannattavuutta pystytään parantamaan pieniläpimittaisten tukkien osuutta vähentämällä. Tämän vuoksi tehtiin esimerkkilaskelma, jossa

tarkasteltiin leimikon tukkiosuuteen tapahtuvia muutoksia, jos tukin minimiläpimittaa kasvatetaan käytössä olleesta 160 mm:stä 180 mm:iin.

Esimerkkileimikoiden aineisto oli Heinävedeltä kerättyä hakkuukoneiden runkotietoa (STM). 11 leimikossa oli yhteensä noin 12 000 runkoa, jotka pölkytettiin hakkuukonesimulaattorilla. Tulosten perusteella analysoitiin läpimitan kasvattamisen vaikutusta pölkyjakaumaan ja leimikoiden tukki-osuuteen.

Kun toimitaan nykyisten läpimittarajojen mukaan, tukkiosuus tutkimuksessa käytetyissä leimikossa oli 80 %. Kun tukin minimiläpimittaa kasvatetaan 18 cm:iin, väheni leimikoista saatujen tukkien kokonaistilavuus noin 10 %. Alkuperäisillä minimiläpimitoilla tukkien tilavuus oli 4544 m³, kun taas tukin minimiläpimitan ollessa 18 cm tukkia saatiin 4157 m³.

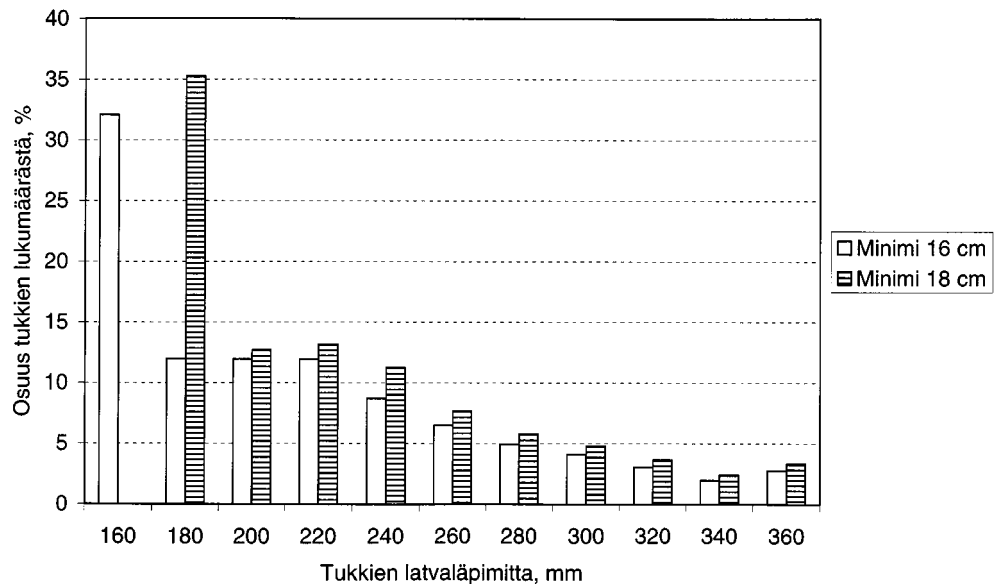
Läpimittaluokittain tarkasteltaessa tukkien määrä muuttui järeissä luokissa erittäin vähän. Muutos oli sen sijaan odotetusti suuri läpimittaluokassa 180 – 200 mm, johon apteerattujen tukkien lukumäärä lähes kolminkertaistui (kuva 18). Minimiläpimitan kasvattaminen vähensi tukkien lukumäärää 17 %.



Kuva 18. Läpimittaluokittaiset tukkien lukumäärät, kun tukkien minimilatvaläpimitat olivat 16 cm ja 18 cm.

Tukkien keskipituus oli molemmilla minimilatvaläpimitoilla toteutetussa apteerauksessa 490 cm. Tukkien suhteellinen läpimittajakauma sen sijaan muuttui hyvin selvästi alle 260 mm:n tukkiluokissa (kuva 19). Tämänkaltaisten muutosten toteuttaminen hakkuussa edellyttää sitä, että puukaupassa pystyttäisiin nykyistä joustavammin sopimaan leimikosta hakattavan puutavaran laadusta. Sahalaitoksen tulisi kyetä hankkimaan mahdollisimman edullisia

puutavaralajeja ja dimensioita. Metsäteollisuusyrityksissä aloitetuissa järjestelyissä, joissa sahat ovat erikoistuneet niille parhaiten sopivien tukkien sahaukseen, on tähdätty tällaisten suhteellisten etujen saavuttamiseen.



Kuva 19. Läpimittaluokittaiset tukkien lukumäärät, kun tukkien minimiläpimittat olivat 16 cm ja 18 cm.

7 YHTEENVETO

Tukki- ja sahatavaravarastojen koon analysoinnilla saadaan selville eniten pääomaa sitovat tukkiluokat ja sahatavaradimensiot, joiden varaston kierron tehostamiseen kannattaa ensisijaisesti panostaa (liite 1). Tällaisen analyysin avulla voidaan myös muokata tavoitejakaumaa kannattavampaan suuntaan. Tuloksien avulla saadaan selville, mikä taloudellinen merkitys tehokkaamalla materiaalivirtojen hallinnalla on sahalle. Analyysillä voidaan testata myös uusia tuotannonohjaustapoja, esim. tukkiluokkien rajojen muuttamista.

Puunhankintaorganisaation ja sahan keskinäiset toimintatavat sekä sahan tuotannonohjausperiaatteet vaikuttavat siihen, miten suuria tukkivarastoja sahalla pidetään. Tiiviin yhteistyön avulla voidaan parantaa toimintatapoja ja lopputuotteen laatua, muuttaa palvelua joustavammaksi ja helpottaa toimintojen suunnittelua. Silloin on mahdollisuuksia myös pienentää varastojen kokoa.

Varastossa tukkeihin tulevat vikaisuudet, kuten halkeamat, näkyvät lopputuotteen vikaisuuksina, ellei niitä ole saatu poistettua sahauksen aikana. Varastot sitovat myös sahan pääomia. Tukki- ja sahatavarastoa enemmän pääomia sitoutuu sahatavaravarastoon. Olisikin kyettävä koko toimitusketjussa selvittämään, millaisia teknisiä, taloudellisia ja organisatorisia mahdollisuuksia on olemassa tehokkaampaan asiakaspalveluun ja kannattavampaan toimintaan nykyistä pienemmillä varastoilla.

Tukkiluokittaisten tuottojen perusteella pystytään hakemaan sahalle parhaiten tuottava tukkien tavoitejakauma. Tavoitteen toteutumiskelpoisuutta pystytään analysoimaan esimerkiksi hakkuukonesimulaattoreilla. Nämä erilliset laskentavaiheet on mahdollista yhdistää, jolloin pystytään kohdistamaan dimensioittain, pituuksittain ja laadittain eriteltyjä sahatavaratilauksia tukkeihin sekä edelleen runkoihin ja leimikoihin. Metsätehon ja TKK:n yhteistyönä on laadittu ohjelmakirjasto, jossa tuotantolaitosten puutavaralaji- ja dimensiokohtaiset pölkkytavoitteet kohdistetaan leimikoihin. Tähän ohjelmaan voidaan haluttaessa liittää myös sahausta kuvaava osa. Tämänkaltaisella laskennalla asiakaslähtöinen saha pystyy analysoimaan esimerkiksi sitä, millaista tukkijakaumaa sahan kannattaisi pyytää, että jakauman toteuttamiskelpoisuus olisi mahdollisimman hyvä. Samaten laskennalla voidaan analysoida, miten leimikoiden keskijäreyden muutoksiin pystyttäisiin etukäteen varautumaan sahan tuotannosuunnittelussa.

Asetteiden valinnalla pystytään merkittävästi vaikuttamaan sahauksen kannattavuuteen. Erot aseteikohtaisten tuntikatteiden välillä olivat varsin suuria. Etenkin keskikokoisten tukkien huonoimmilla asetteilla saha saa tyytyä kutakuinkin nollatulokseen, kun taas parhaimmat asetteet ovat hyvin kannattavia. Sahauksen suunnitteluun tarkoitettuja laskentamalleja käytetään sahoilla nykyisin epäsäännöllisesti. Niiden käyttöä on hankaloittanut tietojen päivityksen vaatima suurehko työmäärä. Osin on myös todettu, että käytössä olevat laskentamallit eivät kykene riittävän hyvin kuvaamaan todellisuutta. Suurien tuottojen lisäsmahdollisuuksien vuoksi sahauksen suunnittelussa tulisi ajoittain käyttää sahamalleja, jotka tuottavat päätöksentekoa tukevaa tietoa asete- ja tuotekohtaisista kannattavuuksista.

Pääosa sahamallin tarvitsemista lähtötiedoista on helposti saatavissa sahojen tuotantojärjestelmistä. Ongelmallisimmaksi on useissa tutkimuksissa ja käytännön laskennoissa havaittu se, että sivulautojen laatujaumista ei ole saatavissa tarkkaa tietoa. Jatkossa olisikin tarpeen kyetä määrittämään sivulautojen laatujaumat entistä tarkemmin, jotta katetarkastelut olisivat mahdollisimman tarkkoja. Tähän tarvittaneen sahauksen simulointeja tai koesahauksia.

KIRJALLISUUTTA

Toimialaraportti 1996. Puun sahaus, höyläys ja kyllästys. KTM toimiala-infomedia 3. 49 s. Helsinki.

Yritystutkimuksen tilinpäätösanalyysi. 1995. Yritystutkimusneuvottelukunta. 94 s. Tampere.

Hakala, H. 1992. Mäntytukkien sahauksen järeyden mukainen tulos ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Acta Forestalia Fennica 226. Metsäntutkimuslaitos. 74 s. Helsinki.

ABC-analyysi

Sahoilla saattaa olla tuotannossa satoja lopputuotteita. Jokaisen tuotenimikkeen myynnin ja tuotannon suunnitteluun ei pystytä käyttämään yhtä paljon aikaa. Varsin hyvään tulokseen päästään jo silloin, kun keskitytään tärkeimpien tuotteiden ohjaamiseen. ABC-analyysillä etsitään varastoista niitä nimikkeitä, jotka sitovat eniten pääomaa. Sillä kartoitetaan, miten hyvin ns. 80-20 -sääntö toteutuu. Tämän säännön mukaan esimerkiksi

- 20 % varastonimikkeistä tuo 80 % myynnistä
- 80 % varaston arvosta sitoutuu 20 %:iin varastonimikkeistä.

Tehdyn jaottelun perusteella löydetään ne tuotteet, joiden ohjauksen tehostaminen tuo eniten säästöjä.

ABC-analyysissä luokitellaan tuotteet niiden myynnin tai myyntikatteen perusteella kolmesta viiteen luokkaan. Luokittelun perusteena voi olla esimerkiksi seuraava jaottelu:

- **A-tuotteet** ensimmäiset 60 % myynnistä
- **B-tuotteet** seuraavat 30 % myynnistä
- **C-tuotteet** viimeiset 10 % myynnistä

A-tuotteet : tuotantomäärä suuri, tuotantomahdollisuudet hyvät

Tähän luokkaan kuuluvat kaikkein yleisimmät tuotteet. Nämä tuotteet edustavat jopa 80 % liikevaihdosta, mutta tuotenimikkeitä on varsin vähän. Raaka-aineen hankinta ja tuotteiden tuotantomahdollisuudet ovat hyvät. A-tuotteiden varastoihin on sitoutunut kaikkein eniten pääomaa. Sen vuoksi tämän ryhmän tuotteiden ohjaamiseen tulee kiinnittää erityisen suurta huomiota.

Sahan tuotannonohjauksen ja varastoihin sitoutuneen pääoman kannalta A-tuotteet pitäisi valmistaa mahdollisimman pienissä erissä. Esimerkiksi sahojen tulisi lyhentää näissä tukkiluokissa sahausjaksojen kestoa. Suurilla sahoilla voidaan käyttää lyhimmillään noin kahden tunnin mittaisia sahausjaksoja. Kun lopputuotteita tuotetaan mahdollisimman pienissä erissä, ovat sekä tukkivarastot että sahatavaravarastot mahdollisimman pieniä. Tällä tavoin pystytään parantamaan palvelukykyä ja vähentämään varmuusvarastoja.

B-tuotteet : tuotantomäärä keskisuuri, tuotantomahdollisuudet varsin hyvät

Nämä nimikkeet edustavat noin 20 – 40 %:n osuutta sekä liikevaihdosta että tuotenimikkeiden lukumäärästä. Näihin tuotteisiin on sitoutunut pääomaa selvästi vähemmän kuin A-tuotteiden nimikkeisiin. Varaston kierto nopeuteen pitää kiinnittää huomiota, mutta sen merkitys ei ole yhtä suuri kuin A-luokassa.

C-tuotteet : tuotantomäärä pieni, tuotantomahdollisuudet huonot

Nämä tuotteet edustavat varsin pientä osaa liikevaihdosta, usein alle 20 %:a. Tuotenimikkeitä on sen sijaan hyvin paljon, jopa 80 % tuotenimikkeiden mää-

rästä. Saha saa esimerkiksi järeimpiä tukkiluokkia varsin vähän koko tukkijakaumasta. Näistä tukeista sahataan kuitenkin useita dimensioita, joita ei pystytä valmistamaan mistään muista dimensioista. Näissä tukkiluokissa ei kannata tavoitella kovin suurta varaston kiertonopeutta, mutta koska nimikkeitä on paljon, on tärkeätä pitää toimitusten ja raaka-ainehankintojen toimintatavat mahdollisimman yksinkertaisina.

Muut tuotteet : pullonkaulatuotteet ja strategiset tuotteet

Pullonkaulatuotteet ovat C-tuotteiden kaltaisia, mutta niiden hankinta ja valmistus on kuitenkin hankalampaa. Jos sahalaitoksella on usein pullonkaulaksi muodostuvia tuotteita, on perusteltua harkita näiden jättämistä pois tuotevalikoimasta. Pullonkaulatuotteiden tuottamisen tulisi tuottaa riittävä kate myös silloin, kun otetaan huomioon vaihtoehtoisten helpommin valmistettavista tuotteista valmistamisesta saatava kate. Strategisina pidettävät erikois- tai asiakastuotteet puolestaan vaativat tiivistä yhteistyötä asiakkaiden kanssa. Koska strategisten tuotteiden toimitukset vaativat toimitusketjulta joustavuutta, olisi informaation kulun oltava tehokasta ja nopeaa. Myös strategiset tuotteet vaativat paljon työtä, joka tulisi ottaa huomioon tuotteiden hinnassa.

ABC-analyysi toimitettujen tukkien lukumäärälle

Tukkiluokittainen ABC-analyysi tehtiin keskimääräisten suhteellisten tukkilukumäärien perusteella. Taulukossa A ylimpänä oleviin tukkiluokkiin kertyi eniten tukkikappaleita. Kun tarkasteltiin vain tukkien lukumääriä, lähes 90 % tukeista oli läpimitaltaan alle 300 mm (taulukko A).

TAULUKKO A. Toimitettujen tukkien lukumäärät tukkiluokittain ja niiden osuudet koko toimitetusta lukumäärästä.

Läpimitta	Osuus tukkilukumäärästä %	Kumulatiivinen osuus tukkilukumäärästä, %	Läpimitta	Osuus tukkilukumäärästä %	Kumulatiivinen osuus tukkilukumäärästä, %
170-179	11,01	11,01	300-309	2,17	91,99
160-169	9,63	20,65	310-319	1,79	93,78
180-189	9,00	29,74	320-329	1,43	95,21
190-199	7,71	37,44	330-339	1,15	96,36
200-209	6,87	44,32	340-349	0,90	97,25
210-219	6,67	50,99	350-359	0,71	97,96
220-229	6,59	57,58	360-369	0,54	98,50
230-239	6,17	63,74	380-399	0,50	99,00
240-249	5,47	69,22	370-379	0,40	99,40
250-259	4,77	73,98	400-419	0,23	99,63
260-269	4,15	78,13	140-149	0,21	99,84
270-279	3,62	81,75	420-439	0,08	99,93
280-289	3,09	84,85	Muut	0,04	99,97
290-299	2,60	87,44	120-139	0,02	99,99
150-159	2,38	89,82	100-119	0,01	100,00

ABC-analyysi toimitettujen tukkien tilavuuksille

Tukkivaraston tilavuudelle tehtiin toinen ABC-analyysi (taulukko B). Ylimpänä oleviin tukkiluokkiin kertyi eniten tilavuutta. Alle 300 mm tukkiluokat muodostivat suuren osan, yli 80 % kokonaistilavuudesta. Isojen, läpimitaltaan yli 300 mm tukkien samaten kuin alle 160 mm läpimittaluokkien osuus toimitettujen tukkien tilavuudesta on hyvin pieni.

TAULUKKO B. Sahalle toimitettujen tukkien tilavuudet tukkiluokittain ja niiden osuudet koko toimitetusta tukkien tilavuudesta

Läpimitta	Osuus tukki-tilavuudesta %	Kumulatiivinen osuus tukkitilavuudesta, %	Läpimitta	Osuus tukki-tilavuudesta %	Kumulatiivinen osuus tukkitilavuudesta, %
170-179	6,74	6,74	310-319	3,26	85,32
230-239	6,29	13,03	320-329	2,78	88,10
180-189	6,22	19,26	330-339	2,38	90,48
220-229	6,14	25,40	340-349	1,95	92,43
240-249	6,07	31,47	350-359	1,64	94,07
190-199	5,74	37,21	380-399	1,38	95,45
210-219	5,72	42,92	360-369	1,31	96,76
250-259	5,71	48,63	150-159	1,15	97,91
200-209	5,46	54,09	370-379	1,03	98,94
260-269	5,35	59,44	400-419	0,69	99,62
160-169	5,19	64,63	420-439	0,27	99,90
270-279	5,01	69,64	140-149	0,09	99,99
280-289	4,60	74,23	120-139	0,01	100,00
290-299	4,14	78,37	100-119	0,00	100,00
300-309	3,70	82,06	Muut	0,00	100,00

Tukkivaraston tukkien tilavuudet

Sahalle toimitetut tukit sitovat pääomaa, kun ne joudutaan varastoimaan tukkikentälle ennen sahauksen aloitusta. Tukkiluokan kiertonopeus saattaa vaihdella puunhankinta- ja markkinatilanteista sekä sahalla käytetyistä tuotannonsuunnittelun periaatteista riippuen huomattavastikin. Taulukossa C on esitetty varastojen keskimääräinen tilavuus tukkiluokittain. Tukkiluokassa 155 (läpimitta 155 - 165 mm) on ollut lähes 20 % tukkivaraston tilavuudesta, joten se edustaa vastaavaa osuutta myös tukkivarastoon sitoutuneesta pääomasta. Muita paljon pääomaa sitovia ovat luokat 340, 195, 165, 255 (A ja B) sekä 135. Tarkastelujaksolla näihin tukkiluokkiin ei kohdistunut tarpeeksi kysyntää, joten toimitettuihin tukkimääriin nähden niitä oli paljon varastossa. Muilla tukkiluokilla varasto kiersi nopeammin.

TAULUKKO C. Sahan tukkivaraston tilavuudet tukkiluokittain ja niiden osuudet koko toimitetusta tukkien tilavuudesta

Läpimitta	Laatu	Osuus, %	Läpimitta	Laatu	Osuus, %
155	AB	19,3	175	AB	2,6
340	AB	16,4	185	AB	2,5
195	AB	12,3	207	B	2,3
165	AB	7,8	270	AB	2,2
255	A	7,1	220	B	2,0
135	AB	6,8	245	AB	1,9
255	B	5,5	233	AB	1,2
300	AB	4,4	207	A	1,2
285	AB	3,4	220	A	1,0

Sahan sahatavaravaraston analyysi

Sahatarvaraston koko oli tutkimukseen osallistuneilla sahoilla (satamavarastot mukaan luettuna) noin 2-3 kk. Tämänsuuruiset varastot ovat hyvin tyypillisiä myös sahateollisuuden toimialakatsausten perusteella.

Suurimmat varastot olivat yleensä niillä dimensioilla, joita sahataankin kaikkein eniten. Varastojen kierto oli lähes kaikilla sydäntavaralaaduilla ja -dimensioilla yhtä nopeaa. Erikoistapaukset, kuten erikoisdimensioita sisältäneen kaupan purkautuminen, näkyvät suurempina varastojen kokoina. Näiden dimensioiden varastotaso on kuitenkin tiedossa, eikä siihen välttämättä pysty-