

Bioenergiakeskuksen julkaisusarja
(BDC Publications)
Nro 3

KAUPALLISEN PILKETUOTANNON VAIHTOEHDOT

Markku Vääräsmäki
2003



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JYVÄSKYLÄ POLYTECHNIC



KAUPALLISEN PILKETUOTANNON VAIHTOEHDOT

Markku Vääräsmäki

Opinnäytetyö

Syyskuu 2003



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**

Luonnonvarainstituutti

SISÄLTÖ

| | |
|--|-----------|
| SISÄLTÖ..... | 1 |
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 PILKE JA SEN KÄYTTÖ | 6 |
| 2.1 Pilkkeen käyttö Suomessa..... | 6 |
| 2.2 Pilkkeen mitta- ja laatuvaatimukset..... | 7 |
| 3 PILKKEEN TUOTANTO..... | 10 |
| 3.1 Raaka-aineen hankinta..... | 11 |
| 3.2 Pilkkeen valmistus..... | 12 |
| 3.2.1 Pilkekoneet..... | 12 |
| 3.2.2 Kaupalliseen pilketuotantoon soveltuvat pilkekoneet..... | 17 |
| 3.2.3 Pilkekoneiden tuottavuus | 24 |
| 3.2.4 Pilkkeen valmistus terminaalissa..... | 27 |
| 3.2.5 Pilkontatyön kustannukset..... | 28 |
| 4 PILKKEEN VARASTOINTI JA KUIVAUS | 31 |
| 4.1 Kuivauksen perusteet..... | 31 |
| 4.2 Pilkkeen kuivausmenetelmät..... | 32 |
| 4.3 Pilkkeenkuivaus perinteisillä menetelmillä..... | 33 |
| 4.3.1 Kuivaus aumassa | 33 |
| 4.3.2 Harva- tai avoseinäinen katos..... | 34 |
| 4.3.3 Betoniverkkohäkki | 35 |
| 4.3.4 Verkkosäkki ja pilkehäkki..... | 37 |
| 4.4 Pilkkeen keinokuivaus..... | 38 |
| 4.4.1 Yleistä pilkekuivureista..... | 38 |
| 4.4.2 Vastapaine pilkekuivurissa..... | 39 |

| | |
|--|-----------|
| | 2 |
| 4.4.3 Pilkekuivurin käyttö | 39 |
| 4.4.4 Lisälämmön käyttö kuivauksessa..... | 40 |
| 4.5 Pilkekuivurityypit..... | 41 |
| 4.5.1 Siirrettävä kuivuri..... | 41 |
| 4.5.2 Kevytrakenteinen kenttäkuivuri | 42 |
| 4.5.3 Suuri varastokuivuri | 44 |
| 4.5.4 Ajonkestävä monikäyttökuivuri | 45 |
| 4.5.5 Lämminilma konttikuivuri | 47 |
| 4.5.6 Pilkkeen kuivaus sahatavarakuivaamossa | 48 |
| 4.6 Kuivauksen kustannukset..... | 49 |
| 5. PILKKEIDEN JAKELU | 52 |
| 5.1 Pilkkeiden jakelussa käytettävät menetelmät..... | 52 |
| 5.2 Pilkkeiden pakkaaminen..... | 54 |
| 5.3 Pilkkeiden jakelukustannukset | 57 |
| 5.4 Pilkkeiden hinta kuluttajalle | 57 |
| 6 PILKKEIDEN TUOTANNON KANNATTAVUUS..... | 58 |
| 7 JOHTOPÄÄTÖKSET | 62 |
| 7.1 Kehittämiskohteet pilketuotannossa..... | 62 |
| 7.2 Toimintamallit pilketuotannossa | 65 |
| 7.2.1 Hajautettu pilketuotanto | 65 |
| 7.2.2 Keskitetty pilketuotanto | 66 |
| 7.2.3 Yrittäjärengas | 66 |
| LÄHTEET..... | 68 |

| | |
|---|-----------|
| LIITTEET | 71 |
| Liite 1. Hakki Pilke 1X37 Easy | 71 |
| Liite 2. Hakki Pilke 2X | 72 |
| Liite 3. Hakki Pilke OH 60 | 73 |
| Liite 4. Palax Combi TSV E | 74 |
| Liite 5. Palax Monster 450 | 75 |
| Liite 6. Superpilke 2000 | 76 |
| Liite 7. Polttopuukatos | 77 |
| Liite 8. Kevytrakenteinen kenttäkuivuri | 78 |
| Liite 9. Kiinteä monikäyttökuivuri | 79 |
| Liite 10. Siirrettävä pilkekuivuri | 80 |
| Liite 11. Lämminilma konttikuivuri | 81 |
| Liite 12. Hakki Pilke 2X + siirrettävä kuivuri | 82 |
| Liite 13. Palax Combi TSV + luonnonkuivaus | 83 |
| Liite 14. Palax Monster 450 + kiinteä kuivuri | 84 |

TAULUKOT

| | |
|--|---|
| TAULUKKO 1. Pientalojen ostopolttopuun jakautuminen tavaralajin ja kiinteistötyypin mukaan lämmityskaudella 2000/2001..... | 7 |
| TAULUKKO 2. Polttopuun eri mittayksiköiden tiiviyskertoimet..... | 8 |
| TAULUKKO 3. Pilkkeiden laatuluokitusehdotus..... | 9 |

KUVIOT

| | |
|---|----|
| KUVIO 1. Myyntipilkkeen raaka-ainelähteet vuonna 2001..... | 11 |
| KUVIO 2. Puun keskiläpimitan vaikutus tuottavuuteen..... | 25 |
| KUVIO 3. Puun syöttötason ja puunnostimen vaikutus pilkontatyön tuottavuuteen verrattaessa koneisiin, joissa ei ole apuvälineitä..... | 26 |
| KUVIO 4. Pilkkeiden pilkontakustannus vuotuisen käyttöajan funktiona (ilman alv:tä)..... | 30 |
| KUVIO 5. Pilkkeiden pilkontakustannus vuotuisen tuotantomäärän funktiona (ilman alv:tä)..... | 31 |
| KUVIO 6. Myyntipilkkeen tuotannossa käytetyt kuivausmenetelmät vuonna 2001..... | 33 |
| KUVIO 7. Pilkkeen kuivauskustannukset €/i-m ³ (ilman alv:tä)..... | 51 |
| KUVIO 8. Pakatun pilkkeen jakautuminen erilaisiin pakkausmuotoihin..... | 55 |
| KUVIO 9. Pilkkeen tuotantokustannukset €/i-m ³ vuotuisen tuotantomäärän funktiona (ilman alv:tä)..... | 59 |
| KUVIO 10. Pilkkeen tuotantokustannusten jakautuminen erilaisilla tuotantovaihtoehdoilla (ilman alv:tä)..... | 60 |
| KUVIO 11. Pilkkeen tuotantomäärän vaikutus pilkeyrittäjän vuosittaiseen tulokseen €/i-m ³ (ilman alv:tä)..... | 61 |

1 JOHDANTO

Pilke eli klapi on yksi tunnetuimpia polttopuun käsittelymuotoja. Pilkkeellä lämmitäminen on luonnollinen vaihtoehto omakoti- ja rivitaloissa sekä maataloilla ja vapaaajan asunnoissa. Maaseudulla polttopuu saadaan yleensä omasta metsästä, mutta taa-jamissa se joudutaan usein ostamaan. Vuosittain Suomessa myydään pilkettä noin 300 000 kiintokuutiometriä. Pilkekauppiaita on Suomessa arvioitu olevan noin 2000. (Sep-pänen & Kärhä 2003, 1.) Yleensä pilkekauppa on sivutulonlähde ja harva pilkeyrittäjä saa päätoimeen tulonsa pilkkeen myynnistä.

Opinnäytetyössä selvitetään pilkkeen tuotantoketjun eri vaiheet. Vaiheisiin kuuluvat puun pilkonta, kuivaus, varastointi ja kuljetus asiakkaalle. Työ on rajattu siten, että tuotantoketju alkaa raaka-aineen hankinnalla tienvarsivarastolta ja päättyy pilkkeen kuljetukseen asiakkaalle. Puun pilkonnassa selvitetään erilaisten pilkekoneiden ominaisuudet ja käyttötarkoitukset. Ominaisuuksilla tarkoitetaan lähinnä koneen käyttä-mää katkaisu- ja halkaisutekniikkaa. Pilkekoneisiin hyväksytään ainoastaan koneet, jotka tekevät pilkkeen kerralla runkopuusta. Erillisiä katkaisu- ja halkaisukoneita ei hyväksytä, koska työssä pidetään lähtökohtana yrittäjyyspohjaista pilketuotantoa, jol-loin koneelta vaaditaan tehokkuutta. Pilkkeen kuivausvaihtoehdot selvitetään ja kuin-ka ne tapahtuvat. Käytännössä kuivaus voidaan jakaa luonnonkuivaukseen ja suurem-pia tuotantomääriä koskevaan koneelliseen keinokuivaukseen. Pilkkeen kuljetusmah-dollisuudet asiakkaalle selvitetään eri vaihtoehtoineen eli minkä tyyppisiä kuljetusrat-kaisuja on olemassa. Myös käytössä olevat pakkaukset huomioidaan. Lopuksi eri tuo-tantovaiheille selvitetään kustannukset ja arvioidaan niiden kannattavuutta eri tuotan-tomäärillä.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Pohjoisen Keski-Suomen bioenergiaverkoston kehittä-mishanke. Työssä käytetään apuna Työtehoseuran metsäosastolla vuonna 2002 käynnistynyttä ”Pilkkeen tuotantoprosessin hallinta ja kehittäminen” –tutkimus- ja tuotekehityshanketta, josta on ilmestynyt materiaalia. Apuna käytetään lisäksi kone-valmistajilta ja pilketuottajilta saatavaa tietoa.

2 PILKE JA SEN KÄYTTÖ

Pilkkeet (pienhalot, nalikat, klapit) ovat 0,25-0,50 metriä pitkiä katkaistuja ja halkaituja puun paloja. Pienemmät halkaisemattomat puut on yleensä aisattu eli kuorittu osittain. Pilkkeen pituudeksi on vakiintunut 25 cm ja 33 cm. Tämän kokoinen pilke soveltuu hyvin takkoihin ja uuneihin ja on helppo käsitellä. Myös 50 cm pilkettä käytetään, mutta se soveltuu paremmin keskuslämmityskattiloihin ja leivinuuneihin. (Alakangas 2000, 70)

2.1 Pilkkeen käyttö Suomessa

Suomen pientaloissa käytettiin lämmityskaudella 2000/2001 polttopuuta 6,1 miljoonaa kiintokuutiometriä. Omasta metsästä hankittiin 3,3 milj.m³ ja ilmaiseksi saadun metsä- ja rakennustähteen osuus oli 1,7 milj.m³. Ostetun polttopuun määrä oli 1,1 milj.m³, josta kolme neljäsosaa kulutettiin omakotitaloissa, loput kulutettiin maataloilla ja vapaa-ajan asunnoilla (taulukko 1). Ostetusta polttopuusta noin 60 % hankittiin halkoina ja pilkkeinä. Ostetusta polttopuusta suosituin tavaralaji oli halko, jonka osuus kaikesta ostetusta polttopuusta oli kolmannes. Pilkkeen vastaava osuus oli neljännes. Näin ollen halkoina ja pilkkeinä valmistettua ostopolttopuuta käytettiin kaikkiaan vajaat 0,7 milj.m³. Pilkkeen osuus tästä määrästä oli noin 300 000 kiintokuutiometriä eli 750 000 irtokuutiometriä. (Tuomi & Peltola 2002, 1.)

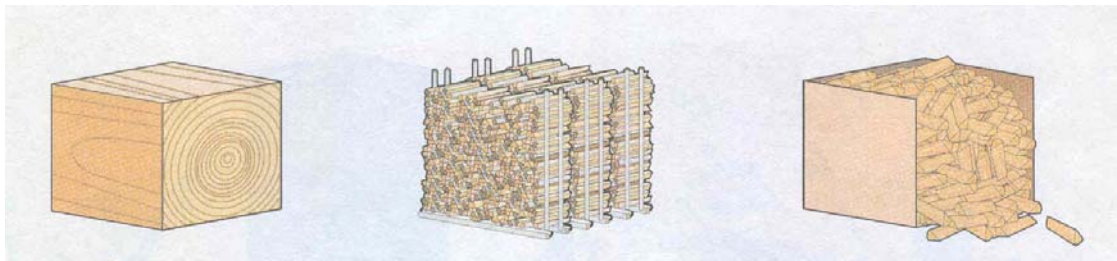
TAULUKKO 1. Pientalojen ostopolttopuun jakautuminen tavaralajin ja kiinteistötyypin mukaan lämmityskaudella 2000/2001. Ostopolttopuuta käytettiin kaikkiaan noin 1,1 milj.kiinto-m³ (Tuomi & Peltola 2002, 3).

| Tavaralaji | Kiinteistötyyppi | | | Kaikki ¹ |
|-----------------------------|--------------------------|------------|-------------------|---------------------|
| | Omakotitalo | Maatila | Vapaa-ajan asunto | |
| | % ostetusta polttopuusta | | | |
| Halko | 33 | 37 | 44 | 34 |
| Pilke | 27 | 5 | 22 | 25 |
| Ranka | 20 | 26 | 16 | 20 |
| Rakennustähde | 11 | 6 | 6 | 9 |
| Metsätähde | 6 | 25 | 9 | 8 |
| Pystypuusto | 3 | 0 | 3 | 3 |
| Hake | .. | 0 | 0 | .. |
| Yhteensä² | 100 | 100 | 100 | 100 |

¹ Sisältää kiinteistöluokan "muu".
² Pyörästysten vuoksi lukujen summa ei aina vastaa yhteenlaskemalla saatua.

2.2 Pilkkeen mitta- ja laatuvaatimukset

Polttopuiden määrä ilmoitetaan kuutiometrinä, jota kutsutaan myös motiksi. Kiintokuutiometri on kuin puukuutio, jonka kaikki sivut ovat metrin mittaiset (kuva 1). Pilkekaupassa käytetään kuitenkin yleensä irto- tai pinokuutiometriä, jotka luonnollisesti sisältävät ilmaa. Pinokuutiometri tarkoittaa kehysmitaltaan 1 m³ pilkepinoa ja irtokuutiometri kuution laatikkoa, jossa pilkkeet ovat sekaisin. Irtokuutiometriä kutsutaan myöskin heittokuutiometriksi. (Pirinen 1997, 6-7.)



KUVA 1. Kuvassa kiintokuutiometri, pinokuutiometri ja irtokuutiometri (Motiva).

Yksi pinokuutiometri pilkettä on 0,67 kiintokuutiometriä ja yksi irtokuutiometri on vastaavasti 0,4 kiintokuutiometriä (taulukko 2). Pinotiiviyteen vaikuttaa ladonta eli pinonnan huolellisuus. Muita pinotiiviyteen vaikuttavia tekijöitä ovat raaka-aineen järeys, mutkaisuus ja oksaisuus. Vastaavat tekijät ladontaa lukuunottamatta vaikuttavat myös irtotiiviyteen. (Pirinen 1997, 7-8.)

TAULUKKO 2. Polttopuun eri mittayksiköiden tiiviyskerroimet (Pirinen 1997, 10).

| Mittayksikkö | Tiiviyskerroin* |
|---------------------------------|------------------------|
| Irtokuutiometri, pilke (33 cm) | 0,40 |
| Pinokuutiometri, pilke (33 cm) | 0,67 |
| Pinokuutiometri, halko (100 cm) | 0,62 |

* Kiintotilavuuden ja kehystilavuuden suhde. Esim. irtokuutiometri pilkettä sisältää 0,40 kiintokuutiometriä eli 400 litraa puuta.

Pilkkeet voidaan jakaa kolmeen laatuluokkaan (taulukko 3). Laatuluokitukseen vaikuttavia ominaisuuksia ovat mm. pilkkeiden pituus, paksuus, kosteus, katkaisupinta, puhtaus, väri, laho- ja home-esiintymät sekä puulajisuhde. Jos luokiteltavassa pilkkeessä on useita laatutunnusten raja-arvoja, niin pilke putoaa tällöin automaattisesti alempaan luokkaan. (Pirinen 1997, 11.)

TAULUKKO 3. Pilkkeiden laatuluokitusehdotus (OPET Finland 2001, 20).

| PILKKEIDEN LAATUTUNNUS | LAATULUOKKA | | |
|---|--|--|--|
| | 1. luokka | 2. luokka | 3. luokka |
| Puulaji * | | | |
| - Koivu | Ei muita puulajeja | Enintään 5 % muuta lehtipuuta | Enintään 10 % muuta lehtipuuta |
| - Lehtipuut | Ei havupuita | Enintään 5 % havupuuta | Enintään 10 % havupuuta |
| - Havupuut | Lehtipuuta sallitaan rajoituksetta | Lehtipuuta sallitaan rajoituksetta | Lehtipuuta sallitaan rajoituksetta |
| Pituustoleranssi | ±2 cm (±1 cm**) | ±4 cm (±3 cm**) | ±6 cm (±4 cm**) |
| Paksuus halkaistuna | 4 - 10 cm | 4 -12 cm | 4-15 cm |
| Kosteus | Enintään 20 % | Enintään 25 % | Enintään 30 % |
| Katkaisupinta | Tasainen ja suora | Päiden epä- tasaisuus sallitaan | Päiden epä- tasaisuus sallitaan |
| Vaillinaisesti halottujen/aisattujen osuus tilavuudesta | Enintään 5 % tilavuudesta | Enintään 15 % tilavuudesta | Enintään 25 % tilavuudesta |
| Puhtaus | Ei vieraita aineita | Ei vieraita aineita | Ei vieraita aineita |
| Home | Ei sallita | Yksittäisiä täpliä sallitaan | Pieniä esiintymiä sallitaan |
| Väri | Värvikaa ei sallita | Vähäinen väri- vika sallitaan | Värvikaa sallitaan |
| Laho | Ei sallita | Vain kovaa lahoa enintään 5 % tilavuudesta | Kovaa lahoa enintään 5 %, pehmeätä lahoa enintään 1 % tilavuudesta |

* Ei koske sekapilkettä ** 25 cm:n pituiselle pilkkeelle

Ensimmäisen luokan pilke on laadultaan erittäin hyvää. Yleensä ensimmäisen luokan pilkettä myydään myyntipakkauksissa esimerkiksi huoltoasemilla. Toisen luokan pilkettä on myyntipilkkeestä suurin osa. Myös epätasaisesti katkottu ”giljotiini” pilke mahtuu tähän luokitukseen. Kolmannen luokan pilkettä ovat esimerkiksi pinojen pohjat. Erilaisten laatuluokkien hinnat määräytyvät myyntierän koon mukaan ja markkinoilla vallitsevan yleisen hintatason mukaan. (Pirinen 1997, 11-13.)



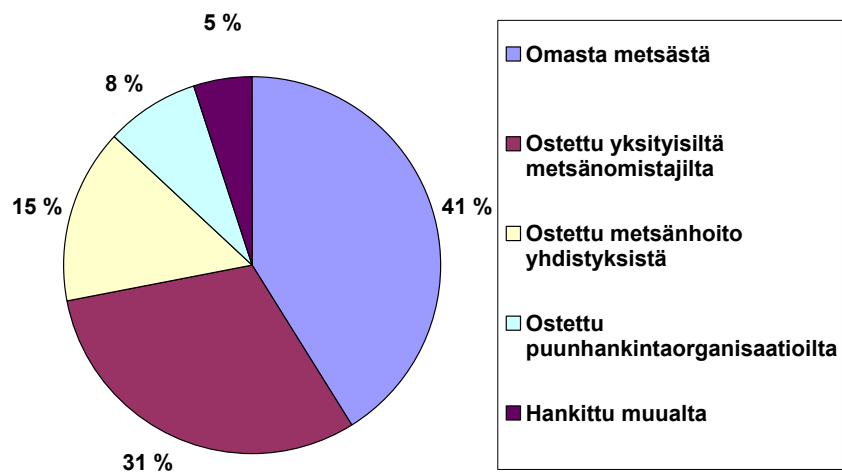
KUVA 2. Pilkkeiden laatuluokat, luokka 3, luokka 2 ja luokka 1 (Alakangas 2000, 71).

3 PILKKEEN TUOTANTO

Pilkkeen valmistusmenetelmien selvityksessä käytettiin apuna Työtehoseuran kesällä 2002 tekemää kirjekyselyä polttopuukauppiaille. Seppäsen ja Kärhän (2003) mukaan hyväksytyjä vastauksia saatiin 244 pilkekauppialta. Pilkekauppiat luokiteltiin vuoden 2001 pilkkeen myyntimäärien perusteella. Luokkia oli kolme: pienet (myyntimäärä alle 20 m³), keskikokoiset (myyntimäärä 21-119 m³) ja isot (myyntimäärä yli 120 m³) pilkekauppiat. Pilkkeiden mittayksikkönä tutkimuksessa käytettiin kiintokuutiometriä. Postikyselyaineiston lisäksi haastateltiin kymmentä pilkekauppiasta. Haastattelujen tarkoituksena oli syventää postikyselyissä saatuja tietoja. Haastattelujen avulla analysoitiin tuotanto- ja jakeluketjun kustannustehokkuutta pilkeyrittäjältä lopputuottajalle. Haastatteluihin otettiin mukaan kooltaan ja tuotantoteknologialtaan erilaisia pilkekauppiaita. Yrittäjien täytyi kuitenkin myydä yli 100 m³ pilkettä vuodessa, koska tällöin toiminnan voitiin olettaa olevan ammattimaista. (Seppänen & Kärhä 2003, 1-3.)

3.1 Raaka-aineen hankinta

Pilkkeen raaka-aine hankitaan yleensä omasta metsästä (kuvio 1). Työtehoseuran kyselytutkimuksessa raaka-aineesta 31 % ostettiin yksityisiltä metsänomistajilta, 15 % metsänhoitoyhdistyksiltä ja 8 % puunhankintaorganisaatioilta. Raaka-aineena käytettiin näiden edellä mainittujen vaihtoehtojen lisäksi omasta päätoiminnasta kertyvää tai puunjalostuslaitoksilta ostettua jättepuuta. (Seppänen & Kärhä 2003, 3.)



KUVIO 1. Myyntipilkkeen raaka-ainelähteet vuonna 2001 (Seppänen & Kärhä 2003, 3).

Myyntipilkkeiden valmistuksessa yleisin puulaji on koivu, jonka osuus on 67 prosenttia. Havupuusta valmistettiin 18 % ja muusta lehtipuusta 15 %. Pilkkeistä 54 % pilkottiin kuitupuusta (kuva 3), 19 % rankapuusta ja 18 % haloista (Seppänen & Kärhä 2003, 3.) Raaka-aineen käyttö on muuttunut, sillä 1980-luvulla yleisin pilkkeiden raaka-ainemuoto olivat halot (Perttola 1994, 14). Kansantalouden kannalta kuitupuun käyttö on ristiriitaista, sillä koivulle olisi teollista käyttöä ja Suomessa siitä on suorastaan pula (Perttola 1994, 45).

Mitä pienempi on pilkeyrittäjän vuosittainen myyntimäärä, sitä suurempi osuus raaka-aineesta tulee pilkekauppiaan omasta metsästä. Kun myyntimäärät olivat suurempia, niin puusta yhä suurempi osa ostettiin yksityisiltä metsänomistajilta, metsänhoitoyhdistyksiltä ja puunhankintaorganisaatioilta. Myyntimäärän ollessa suuri pilkkeet valmistettiin yleensä kuitupuusta, mutta pienillä myyntimäärillä rankapuu on vallitseva. (Seppänen & Kärhä 2003, 3.)



KUVA 3. Koivukuitu on laadukasta pilkkeen raaka-ainetta.

3.2 Pilkkeen valmistus

3.2.1 Pilkekoneet

Opinnäytetyössä huomioidaan vain pilkekoneet, joilla voidaan suorittaa sekä polttopuurungon halkaisu että katkaisu. Erillisiä katkaisu- ja halkaisukoneita ei huomioida, koska niiden työteho ei ole riittävä kaupallisen pilketuotannon vaatimukset huomioon ottaen. Mutikaisen ja Kärhän (2002) keväällä 2002 tekemän pilkekoneiden markkina-katsauksen mukaan Suomessa oli markkinoilla 11 eri valmistajan polttopuun katkaisu-halkaisulaitteita ja malleja 40. Katkaisu-halkaisulaitteet luokitellaan niissä käytetyin katkaisu- ja halkaisuterätkatkaisun mukaan. Katkaisuterävaihtoehdot näissä koneissa

ovat pyörö- eli sirkkeliterä ja ketjusaha. Näitä koneita sanotaan sahaaviksi pilkekoneiksi. Viiltäväksi pilkekoneiksi kutsutaan koneita, joissa rungon katkaisun tekee spiraali- tai giljotiiniterä. Halkaisun viiltävissä pilkekoneissa tekee kiila- tai kirvesterä. (Mutikainen & Kärhä 2002, 2.)

Mutikainen on jakanut katkaisu-halkaisulaitteet niiden toiminta-automaatiikan mukaan neljään eri ryhmään (Mutikainen & Kärhä 2002, 2).

- 1) Laitteet, joissa katkaisu ja halkaisu tehdään erillisinä työvaiheina. Ensiksi puut katkotaan pyöröterällä ja tämän jälkeen ne halotaan kartioruuvilla. Tähän ryhmään kuuluvia laitteita ovat Hakki Pilke Eagle, Japa sirkkelipilkkoja (kuva 4), Näätä/Scan PS ja Palax 55. Hinnaltaan koneet ovat verollisena yleensä alle 2000 euroa varustuksesta riippuen.



KUVA 4. Kuvassa Japa sirkkelipilkkoja, jossa halkaisu tapahtuu ruuvilla (Laitila Rautarakenne Oy 2003).

- 2) Laitteet, joissa katkaisu vaatii käsinohjausta, mutta halkaisu tapahtuu automaattisesti. Halkaisu suoritetaan hydraulisynterin avulla vastaterää vasten. Katkaisu-halkaisulaitteista valtaosa kuuluu tähän ryhmään. Tähän ryhmään kuuluvia koneita ovat Hakki Pilke OH 60, Hakki Pilke 1x37, Hakki Pilke 2X, Japa 50, Japa 600 (kuva 5), Japa 2000, Japa 2100, Näätä/Scan 600, Näätä/Scan 1100, Palax Combi TSV E, Palax Power 70, Piko 732 ja Pilkemaster. Laitteiden hinta on varustuksesta riippuen 2000-10 000 euroa.



KUVA 5. Japa 600 sahaava pilkekone (Laitilan Rautarakenne Oy 2003).

- 3) Laitteet, joissa sekä katkaisu että halkaisu tapahtuvat automaattisesti, mutta puun vaiheittainen syöttö laitteeseen on tehtävä käsin. Viiltävät pilkekoneet kuuluvat tähän ryhmään. Niissä puu ensin halkaistaan ja lähes samanaikaisesti katkaistaan mekaanisesti toimivalla veitsimäisellä terällä. Tähän ryhmään kuuluvia koneita ovat Estre HM-200, Pilke Japa (kuva 6), Klapi Tuiko 200 ja Nokka PK 200. Hinnat vaihtelevat 2000-4000 euron välillä.



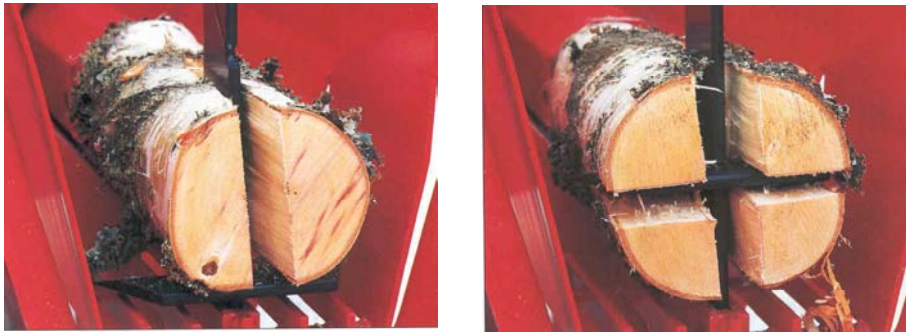
KUVA 6. Pilke-Japa giljotiinikone (Laitilan Rautarakenne Oy 2003).

- 4) Laitteet, jotka katkovat ja halkovat laitteeseen nostetun puun ilman käsinohjausta. Tähän luokkaan kuuluvat Hakki Pilke Big X 47, Palax Monster 450 (kuva 7) ja Pilkemaster, koska näissä koneissa on automaattinen puun syöttökuljetin vakiovarusteena. Automaattisen puun syöttökuljettimen saa lisävarusteena esimerkiksi Hakki Pilke 1x37 ja Hakki Pilke 2X. Viiltävissä pilkekoneissa automaattinen syöttö on Bilke- ja Superpilke 2000-koneissa.



KUVA 7. Palax Monster pilkekone on markkinoiden tehokkain.

Pirisen (1997) mukaan sirkkelinterällä tai ketjusahalla katkaisevan pilkekoneen etuna on siisti ja tasainen katkaisupinta. Tällä on merkitystä kun halutaan ulkonäöltään hyvälaatuista pilkettä. Myös halkaisupinnasta tulee siisti, kun pölkky työnnetään hydraulisynterillä vastaterää vasten (kuva 8). Tällöin tikkujenkin määrä jää vähäiseksi. Suuremmat puut voidaan halkaista myös neljään tai jopa kuuteen osaan, koska vastaterässä on pystysuoran terän ohessa myös vaakasuora terä tai kaksi vaakasuoraa terää. Halkaisuterää voidaan myös säätää mekaanisesti tai hydraulisesti korkeussuunnassa, jolloin pienemmät pölkkyt menevät vaakasuoran vastaterän alitse ja halkeavat vain kahteen osaan. (Pirinen 1997, 16-17)



KUVA 8. Sahaavissa pilkekoneissa pilke halotaan vastaterää vasten (Laitilan rautarakenne Oy 2003).

Giljotiini-periaatteella pilkkovan pilkekoneen tuottamat pilkkeet ovat epäsiistimpiä verrattuna sahaaviin pilkekoneisiin. Ero johtuu pääasiassa koneen murskaavasta katkaisuperiaatteesta. Pilkkeen pää jää yleensä tikkuiiseksi, joka alentaa pilkkeen arvoa elämyspuuna. Halkaisutulos on myöskin heikompi kuin koneilla, joissa se tapahtuu hydraulisesti vastaterää vasten. (Pirinen 1997, 18.)

Katkaisu- ja halkaisuvaiheen jälkeen pilkkeet siirtyvät kuljettimelle, joka on suunnattu yläviistoon. Kuljetinta pyöritetään yleensä hihnan avulla, mutta uusimmissa koneissa käytetään myös hydraulimoottoria ja ketjua. Kuljettimella pilkkeet siirtyvät suoraan varastoon, aumaan, kuivuriin, traktorin lavalle tai verkkosäkkiin.

Pilkekoneiden voimalähteenä käytetään usein maataloustraktoria. Yleensä maataloustraktori on teholtaan riittävä pilkekoneelle. Vaihtoehtoisesti pilkekoneiden voimanlähteeksi on tarjolla myös sähkö- tai polttomoottori. Perttolan (1994, 32) mukaan sähkömoottori on taloudellisempi voimanlähde kuin traktori. Jos pilkkeen valmistus tapahtuu sisätiloissa, sähkömoottori on ilmanlaadun kannalta ainut vaihtoehto. Vaikka pilkekoneen voimanlähde olisikin sähkömoottori, niin koneen siirrot tehdään yleensä traktorilla. Nykyään on saatavissa myös pilkekoneita, jotka on varustettu vedettävällä autoalustalla. Voimanlähteenä ne käyttävät polttomoottoria.

3.2.2 Kaupalliseen pilketuotantoon soveltuvat pilkekoneet

Opinnäytetyössä esitellään tarkemmin pilkekoneet, jotka soveltuvat kaupalliseen pilketuotantoon. Nämä koneet ovat kaikki toimintaperiaatteeltaan sahaavia pilkekoneita eli kuuluvat edellä mainituissa ryhmissä luokkiin 2 ja 4. Esittelyyn ei hyväksytty sirkkelipilkkojia, joissa halkaisu tapahtuu ruuvilla, koska niiden teho ei ole riittävä kaupalliseen pilketuotantoon. Myöskään giljotiini-periaatteella toimivia koneita ei otettu esittelyyn, koska niiden tekemä pilke ei täytä ensimmäisen laatuluokan kriteereitä, joissa katkaisupinnan tulee olla tasainen.

Hakki 2X Easy

Maaselän Kone Oy:n valmistama Hakki Pilke 2X oli Hakin tehokkain pilkekone ennen Big X:n tuloa. Katkonta koneessa suoritetaan 13 tuumaisen moottorisahan laipan avulla. Ketju pyörii aina kun kone on käynnissä ja voimansa se saa hihnan välityksellä. Halkaisuliike lähtee välittömästi käyntiin, kun saha ala-asennosta palautuu ylös. Halkaisusylinteriä on kaksi kappaletta (kuva 9), jotka liikkuvat vuoronperään. Molempien halkaisukourujen takana on yhtenäinen ristikkomallinen halkaisuterä. Poistokuljettimen pituus on neljä metriä ja maton leveys 24 cm. Kuljettimen korkeutta säädellään vintturilla kammesta pyörittämällä. Easy-varustus tarkoittaa, että ketjusahaa käytetään hydraulivivulla ja halkaisuterän korkeus säädetään myös hydraulivivulla. (Sairanen 2002, 44.)



KUVA 9. Hakki 2X:ssä on kaksi halkaisusylinteriä, jotka toimivat vuoronperään (Maaselän Kone Oy 2003).

Hakki 2X Easyllä työskentely on käyttäjälle kevyttä. Kuminen syöttömatto vetää puun tehokkaasti sahalle. Ennen sahaa on suojaritilän yhteydessä metallinen laakeroitu rulla, joka painaa puun mattoa vasten. Kun puuta syötetään terää kohti, niin se käy käsin koskematta. Ainoastaan käyttövipua tarvitsee liikuttaa. Lisävarusteena saatavan puuden nostajan avulla saadaan muutama runko kerralla nousemaan pöydän tasalle. (Emt. 45.)

Hakki Pilke BIG 47 X

Hakki Pilke BIG 47 X on Maaselän kone Oy:n uusin ja tehokkain pilkekone Hakin mallistossa (kuva 10). Katkaisulaipan pituus on 59 cm ja suurin katkaistavan puun läpimitta 47 cm. Kun puuta katkaistaan hydraulinen pidike pitää puun kiinni, jotta se ei pääse liikkumaan. Koneessa on ominaisuuksina automaattinen puun pituuden mittausta ja automaattinen halkaisunopeutus puun antaman vastuksen mukaan. Halkaisusylinterin teho on 14 tonnia ja vakiona halkaisuterä halkaisee puun 8 osaan. Saatavissa on myös 12 osaan halkaiseva terä. Koneessa on hydraulinen puun syöttökuljettin. Pilkkeiden poistokuljetinta hallitaan hydraulisesti sekä sivu-, että korkeussuunnassa. Katkaistavan pilkkeen pituus määritellään optisesti. Poistokuljettimen maton leveys on 40 cm. (Maaselän Kone Oy 2003.)



KUVA 10. Hakki Pilke malliston tehokkain pilkekone on Big 47 X (Maaselän Kone Oy).

Japa 2000 ja 2100-pilkekoneet

Japan 2000 mallisarjassa katkaisu tapahtuu teräketjulla. Terälaipan pituus on 2000 mallissa 13 tuumaa ja 2100 mallissa 15 tuumaa, jolloin katkaistavat puut saavat olla läpimitaltaan 30 cm ja 35 cm. Teräketju pyörii ainoastaan sahattaessa. Puun halkaisu tapahtuu hydraulisesti vastaterää vasten ja halkaisukourun alla on tehokas roskanpoistoritilä. Halkaisu tapahtuu yleensä kahteen tai neljään osaan, mutta lisävarusteena saa myös kuuteen osaan halkovan terän. Poistokuljettimen pituus on 3,5 metriä ja tilauksesta sitä voi saada pidempänä. Kuljettimen hihnan leveys on 300 mm. Hydrauliikka järjestelmä koneissa on oma. Syöttökuljetin koneeseen on saatavissa lisävarusteena. Voimanlähteenä on yleensä traktori (kuva 11), mutta konetta on saatavissa myös 7,5 kilowatin sähkömoottorilla. 15 kilowatin dieselmoottorimalli on varustettu vetoalustalla, jota voidaan hinata henkilöautolla. (Laitilan Rautarakenne Oy 2003.)



KUVA 11. Japa 2000-pilkekone (Laitilan Rautarakenne Oy 2003).

Pilkemaster

Agromaster Oy:n valmistamassa Pilkemasterissa katkaisu tapahtuu 13 tuuman laipalla varustetulla ketjusahalla. Katkaistavan puun suurin läpimitta voi olla 30 cm. Saha pyörii aina koneen käydessä ja voimansa se saa kiilahihnalta. Sahauksen jälkeen halkaisukouruun pudonnut puun pätkä työnnetään kohti halkaisuterää. Halkaistava kappale työntää edellisen puun halkaisuterän läpi, joka jouduttaa pilkkomista olennaisesti. Tällöin sylinterin ei tarvitse tehdä pitkää liikettä. Kuitenkin ohuet kalikat kannattaa työntää kerralla läpi asti, jotta ne eivät pyörähdä poikittain. Halkaisusylinterin työntövoima on 3,5 tonnia. Halkaisuterä säädetään mekaanisella vivulla. Pilkkeen poistokul-

jetin on varustettu 15 cm leveällä hihnalla ja sen pituus on 3,5 metriä. Kuljettimen korkeus säädetään vintturilla. Siirtoasentoon kuljetin kaadetaan koneen päälle. Pilke-masterissa ei ole terän jälkeistä ritiläpohjaa ja vaikka ennen kuljetinta onkin pienet raot, niin jonkin verran roskia menee pilkkeen sekaan. (Sairanen 2002, 42.)

Pilkemaster on perusrakenteeltaan yksinkertainen. V-kulmassa olevan syöttöpöydän toinen sivu on kiinteä ja toinen liikkuu samaa tahtia kuin halkaisusylinteri. Liikkuvan puolen pinnassa on metalliset suomut, jotka pitävät puusta kiinni syötettäessä sitä. Syöttöpöydän pituus on 200 cm ja tukirulla mukaan laskettuna pituutta on 270 cm, jolloin pystytään käsittelemään yli neljä metriä pitkiä runkoja. Lisävarusteena saatava puunnostaja säästää käyttäjän selkää, joten sen käyttö on suositeltavaa suuremmilla puilla. Pilkemasterin perusmalli on traktorilla käytettävä, mutta konetta saa myös 7,5 kilowatin sähkömoottorilla ja 9,5 kilowatin polttomoottorilla. Myös autolla vedettävä versio on olemassa (kuva 12). (Emt. 42-43.)



KUVA 12. Kuvassa Agromaster Oy:n valmistama Pilkemaster SM pilkekone vedettävällä autoalustalla (Agromaster Oy 2003).

Palax Combi TSV E

Ylistaron Terästäkomo Oy:n valmistamassa Palax Combissa (kuva 13) on sirkkelin terällä tapahtuva puunkatkaisu. Terä on 700 millinen kovapalaterä, jolla pystyy kertasahauksella katkaisemaan 28 senttiä paksun puun poikki. Koneessa sirkkelin terä pysyy paikallaan ja puu työnnetään terää vasten. Sirkkeli on katkaisunopeudeltaan ketjusahoja nopeampi ja paksukin puu katkeaa nopeasti. Puihin kiinni tarttuneelle

mullalle ja hiekalle kovapala terä ei myöskään ole arka. Myöskään teräketjuöljystä ei tule käyttökuluja. (Sairanen 2002, 46.)



KUVA 13. Palax Combi TSV pilkekone (Terästakomo 2003a).

Palax Combiin tarvitaan traktorista sähköjännite, koska koneessa on logiikkaohjaus. Kun puu putoaa halkaisukaukaloon, niin sen pohjalla on magneettirajakatkaisin, joka käskää halkaisusylinterin liikkeelle. Kun mäntä on tehnyt halkaisuliikkeen se palaa lähtöasentoonsa. Halkaisusylinteri on teholtaan vakiona 3,5 tonnia, mutta saatavissa on myös 5 tonnin sylinteri. Palax Combissa on lisävarusteena saatavissa hydraulinen halkaisuterän korkeussäätö. Liikettä ohjataan tällöin sähkönapilla. Halkaisuterän jälkeen on halkaisukaukalon pohjassa ritilä, jossa roskat erottuvat maahan. (Emt. 46.)

Kuljetin on varustettu kumimatolla, jonka leveys on 15 cm. Kuljettimen yläpäässä on roskanpoistokouru, josta puut menevät yli, mutta roskat tippuvat maahan. Kuljetin on ala-asennossa vaijereiden varassa ja ylös se nostetaan käsivintturin avulla. Painoa koneella on 525 kiloa. Puutteenksi voidaan sanoa hydraulisen syöttöpöydän ja puunnostolaitteen puuttuminen lisävarusteiden joukosta. (Emt. 47.)

Palax Power 70

Palaxin uusin pilkekone Power 70 (kuva 14) sisältää uuden sahausratkaisun. Halkaisijaltaan 700 millinen sirkkelinterä on ylhäällä ja sitä liikutetaan alaspäin. Sahausratkaisu on nykyisistä koneista nopein mahdollinen. Puun suurin mahdollinen halkaisija on 25 cm, koska syöttöaukosta ei sovi suurempaa runkoa. Koneen halkaisusylinteri on saatavissa 3,5 tai 5,6 tonnin työntövoimalla. Koneessa on hydraulisesti toimiva syöttökuljetin. Koneetta ohjataan yhdellä ohjausvivulla, joka ohjaa sekä katkaisuterää että halkaisusylinteriä. Myös syöttömatto kulkee eteen tai taakse samasta vivusta. Pilkkeen poistokuljettimen pituus on peräti 4,3 metriä ja toimintaperiaatteltaan ketjuvetoinen. Kuljetin saa voimansa hydraulimoottorista ja sen vuoksi sitä voidaan siirtää sivusuunnassa jonkin verran. Palax Power 70 on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi ja kaikenlainen ohjauslogiikka on jätetty pois. Tavoitteena on ollut koneen kestävyys vaikka huollot olisivatkin satunnaisia. (Riikilä 2003, 19.)



KUVA 14. Palax Power 70 on Terästakomon uusin kone (Terästakomo 2003b).

Palax Monster 450

Palax Monster 450 on järein markkinoilla oleva polttopuun pilkontalaite. Koneella pystytään käsittelemään runkoja, joiden läpimitta voi suurimmillaan olla 45 cm ja pituus 600 cm. Palax Monster 450 on tarkoitettu ammattikäyttöön. Se koostuu kolmesta suuremmasta osasta, joita ovat peruskone, puun annostelulaite ja pilkkeen poistokuljetin. Kone on täydellisesti logiikkaohjattu, joten puu voidaan pilkkoa käsin siihen koskematta. Rungot täytyy ensin nostaa puutavaran kuormaimella annostelulaitteen

päälle, joka nostaa ne puun syöttökuljettimen päälle. Runko liikkuu syöttökuljettimella kohti ketjulaippaa. Katkaisu tapahtuu 24 tuumaisen ketjusahan avulla, joka pystyy katkaisemaan jopa 45 cm läpimitaltaan olevan rungon. Voimansa ketjusaha saa hydraulimoottorista. Katkaistavan pilkkeen pituus määritellään valokenno-ohjatulla syöttöllä. Katkaisuvaiheessa runko lukitaan paikoilleen ja sähköinen asentoanturi mittaa puun läpimitan, jonka perusteella teräristikko asettuu hydraulisylinlerin voimalla oikeaan kohtaan, jotta katkaistu pölkky halkeaisi keskeltä. Katkaistu pölkky putoaa halkaisukouruun kahden avautuvan läpän välistä. Läppien ansiosta pölkky ei pääse kääntymään pystyyn teräristikkoa vasten. Halkaisu tapahtuu yleensä 16 tonnin hydraulisylinlerin voimalla. Tällöin halkaisusylinlerin työkierto katkaisusta katkaisuun on 5,5 sekuntia. Suomeen on toimitettu myös laite, jossa halkaisusylinlerin työntövoima on 10 tonnia. Tässä mallissa halkaisusylinlerin työkierto on ainoastaan 3,5 sekuntia. Se on tarkoitettu keskiläpimitaltaan ohuemmille rungoille. Työkierron nopeuttamisella on suuri merkitys Palax Monsterin tuottavuuteen, kun seuraava pilkottava puu voidaan pudottaa syöttökuljettimelle välittömästi edellisen puun viimeisen katkaisun jälkeen. Koneessa on kaksi halkaisuristikkoa, jotka valitaan halkaistavan pölkyn läpimitan perusteella. Puut voidaan halkaista vakiohalkaisuterällä kuuteen ja lisävarusteena saatavalla terällä jopa 18 osaan (kuva 15). Halkaisuristikko liikkuu hydraulisesti sivusuunnassa. Koneessa on lisäksi 6,5 metrin pilkkeen poistokuljetin, jota voidaan säätää ylös, alas ja sivuille hydraulisesti siten, että esimerkiksi peräkärriä ei tarvitse siirtää lainkaan.



KUVA 15. Palax Monster pilkekoneessa halkaisu voi tapahtua kerralla jopa 18 osaan.

Muut valmistajat

Japa, Hakki ja Palax ovat suuria pilkekonevalmistajia ja niillä on käytössään myös laaja jälleenmyyntiverkosto koneilleen. Japalla on Agrimarket, Hakilla K-maatalous ja Palaxilla Yrittäjien maatalous. Sahaavia pilkekoneita valmistaa näiden edellä mainittujen lisäksi myös Tarkväli Oy, jonka tuotemerkki on Näätä/Scan ja Veljekset Pirttinen Oy, jonka tuotemerkki on Piko. Näätä/Scan tarjoaa TR 600 pilkekoneita, jossa katkaisu tapahtuu sirkkelinterällä ja se pystyy katkaisemaan enintään 30 cm paksuja runkoja. Halkaisu tapahtuu hydraulisesti vastaterää vasten. Piko OH 732:ssa katkaisu tapahtuu myös sirkkelinterällä ja katkaistavan puun suurin läpimitta 25 cm. Halkaisu tapahtuu hydraulisesti vastaterää vasten. Näätä/Scan TR 600 koneen veroton myyntihinta on 1500 euroa ja Piko OH 732 hinta 2590 euroa. (Mutikainen ja Kärhä 2002, 3.)

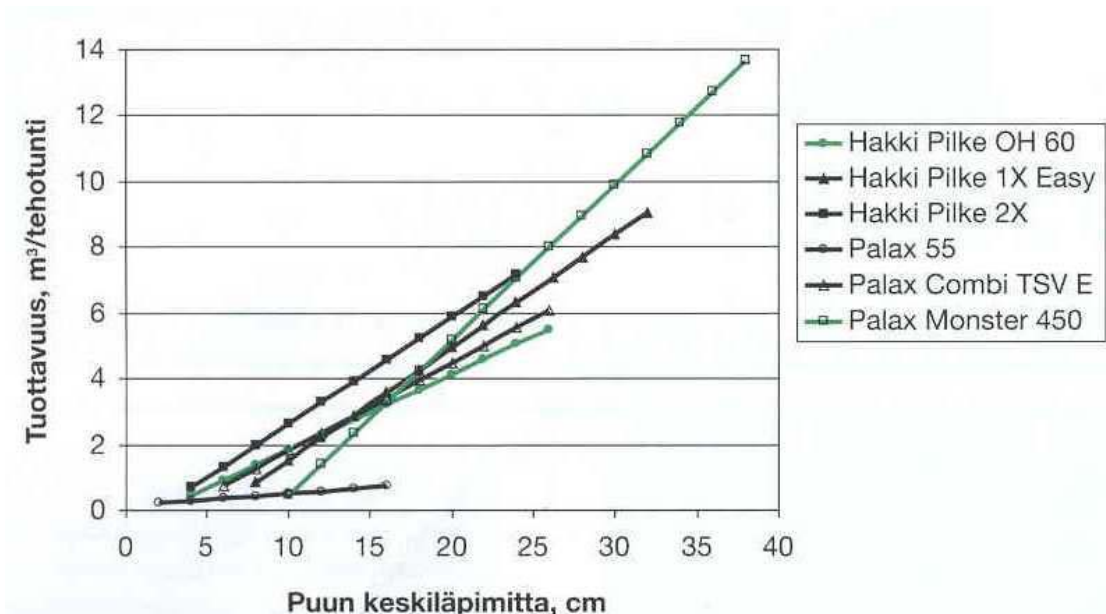
3.2.3 Pilkekoneiden tuottavuus

Suomessa ei viimeisen kymmenen vuoden aikana ole tehty laajoja vertailututkimuksia pilkekoneiden tuottavuudesta. Lähinnä Koneviesti, Työtehoseura ja Metsälehti ovat tutkineet 1-3 konetta kerrallaan ja raportoineet niiden tuottavuudesta. Viimeisin kolmen koneen tutkimus on Koneviestin tekemä, jossa tutkittiin Pilkemasterin, Palax Combi TSV E:n ja Hakki Pilke 2X Easyn tuottavuutta. (Sairanen 2002, 41-47) Nämä

testit eivät kuitenkaan ole varsinaisia tuottavuustutkimuksia, koska niissä keskeisesti tuottavuuteen vaikuttavaa puun läpimittaa ei ole huomioitu.

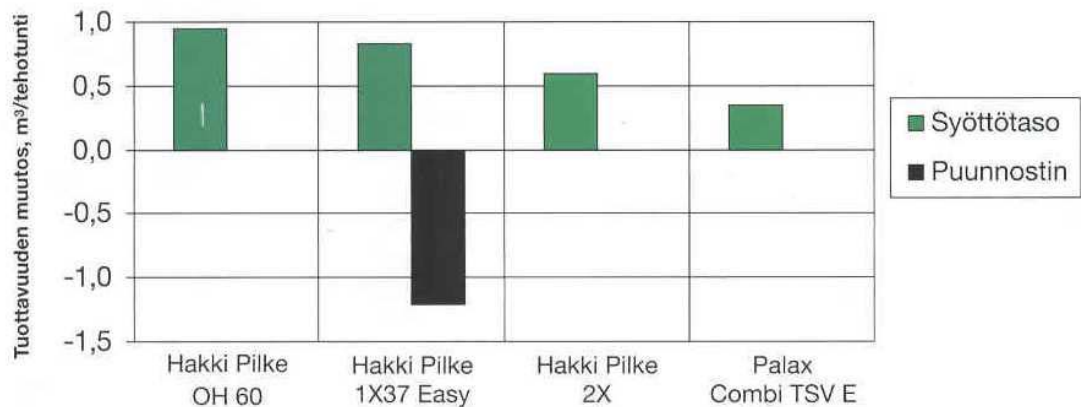
Työtehoseura tutki 2002 Vihdissä ja Ylistarossa seitsemää erilaista katkonta-halkaisukonetta. Koneet olivat malliltaan Hakki Pilke OH 60, Hakki Pilke 1X37 Easy varustelulla, Hakki Pilke 2X, Palax 55, Palax Combi TSV E, Palax Monster 450 ja Superpilke 2000. Koneista Hakkia valmistaa Maaselän Kone Oy ja Palaxia Ylistaron Terästakomo Oy. Palax 55 edustaa pienemmän kokoluokan pilkekoneetta, jossa halkaisu tapahtuu kartioruuvilla. Hakki Pilke OH 60 ja Palax Combi TSV E –pilkekoneissa puu katkaistaan pyöröterällä, mutta halkaisu tapahtuu hydraulisyliinterillä teräristikko vasten. Hakki Pilke 1X37-, Hakki Pilke 2X- ja Palax Monster 450 –pilkekoneissa puu katkaistaan ketjusahalla.

Kärhän ja Jouhiahon (2003) mukaan eniten pilkontatyön tuottavuuteen vaikuttaa pilkottavan rungon keskiläpimitta. Kun puun keskiläpimitta oli 20 cm, niin pilkontatyö oli tuottavinta Hakki Pilke 2X-koneella (kuvio 2). Kun pilkottavien runkojen keskiläpimitta ylitti 25 cm, niin silloin tuottavin kone oli Palaxin järeä Monster 450 – pilkekone. Kun puun keskiläpimitta oli 30 cm, niin silloin Palax Monsterin tuottavuus oli 10,4 kiinto-m³/tehotunnissa eli 26 i-m³. Tällöin tehtiin 33 cm pitkää pilkettä. (Kärhä & Jouhiaho 2003, 3)



KUVIO 2. Puun keskiläpimitan vaikutus tuottavuuteen (Kärhä ja Jouhiaho 2003, 3).

Keskilämpömittaan lisäksi tuottavuuteen vaikuttavat pilkottavan rungon pituus ja pilkkeen pituus. Kun kolmimetrinen puu tehdään 33 cm pituuteen, niin katkaisuja tulee kahdeksan. Kun pilkkeen pituus on esimerkiksi 43 cm, niin katkaisuja ei tarvita kuin kuusi. Tutkimuksessa 10 senttimetrin pituuden lisäys paransi tuottavuutta tutkituilla koneilla 0,51-1,11 m³/tehotunti (Kärhä ja Jouhio 2003, 3). Myös puun syöttötaso lisäsi koneiden tuottavuutta 0,35-0,95 m³/tehotunti (kuvio 3). Kuviosta huomataan, että Hakki 1X37 Easyn puunnostin laskee tuottavuutta, mutta toisaalta työn ergonomia paranee ja selkä ei rasitu.



KUVIO 3. Puun syöttötason ja puunnostimen vaikutus pilkontatyön tuottavuuteen verrattaessa koneisiin, joissa ei ole apuvälineitä (Kärhä & Jouhio 2003, 3).

Puun syöttötason tarkoituksena on helpottaa rungon syöttämistä pilkekoneeseen. Tästä on apua varsinkin suuremmilla rungoilla. Kuvassa 16 syöttötaso on varustettu rullilla, joita pitkin puu kulkee kevyesti koneen syöttöpöydälle. Rungot nostetaan hydraulikuormaimen avulla syöttöpöydälle.



KUVA 16. Puun syöttötason käyttäminen parantaa pilkekoneen tuottavuutta.

3.2.4 Pilkkeen valmistus terminaalissa

Pilkkeen valmistus on kaupallisessa pilketuotannossa muuttumassa yhä enemmän terminaalitoiminnaksi. Tällöin pilkkeen valmistus muistuttaa yhä enemmän tehdasta. Raaka-ainetta eli kuitupuuta tai rankaa tuodaan pilkontapaikalle maataloustraktorilla, joka on varustettu kourakuormaimella ja metsäperävaunulla. Kun raaka-ainetta ostetaan kauempaa ja paljon, niin silloin on jo järkevää käyttää puutavara-autoa, jolla saadaan tuotua jopa 40 kiinto-m³ raaka-ainetta kerralla. Traktorikäyttöiset pilkekoneet ovat helposti siirreltäviä, mutta esimerkiksi Palax Monster pilkekone on sen verran hankala kuljettaa, että sille oikea paikka on terminaalilla. Pilketuottajat ovat rakentaneet koneelle myös katoksia, jolloin kone ei ole säiden armoilla. Myös keinokuivauksen käyttö puolustaa terminaalitoimintaa, jolloin pilkkeet saadaan melko nopeasti tai jopa suoraan pilkonnin jälkeen kuivuriin. Pilkkeen irtotiheys on ainoastaan 0,4, joten sen kuljettaminen pitkiä matkoja pilkontapaikalta varastolle on epäedullista. Kolmemetrillä lehtikuitupuulla pinotiheys on keskimäärin 0,54 (Tapion taskukirja 1997, 482). Rangalla ero irtopilkkeeseen on pienempi, keskimäärin pinotiheys on 0,43 (Altener tiedote 3).

Kuvassa 17 on terminaalilla, jonka läpi kulkee vuosittain tuhansia irtokuutiometrejä pilkkeitä. Pilkkeen tuotantolinjaa on kehitetty siten, että katkaisusta tuleva sahanpuru otetaan talteen. Linjalla on myös seula, jonka avulla roskat eivät joudu pilkkeen joukkoon ja pilaa sen laatua.



KUVA 17. Kun pilkkeitä valmistetaan terminaalissa, pilkkeiden tuotantolinjaa on mahdollisuus kehittää esim. käyttämällä seulaa (Jalonen 2000, 10).

Pilkkeiden siirroista johtuvat terminaalikustannukset olivat vuonna 2001 keskimäärin 1,25 €/i-m³. Näihin kustannuksiin sisältyy pilkkeiden siirto kuivuriin tai varastoon. Lisäksi kuormauskustannukset kuorma-autoon tai traktoriin ovat tässä mukana. (Sepänen & Kärhä 2003, 4.)

3.2.5 Pilkontatyön kustannukset

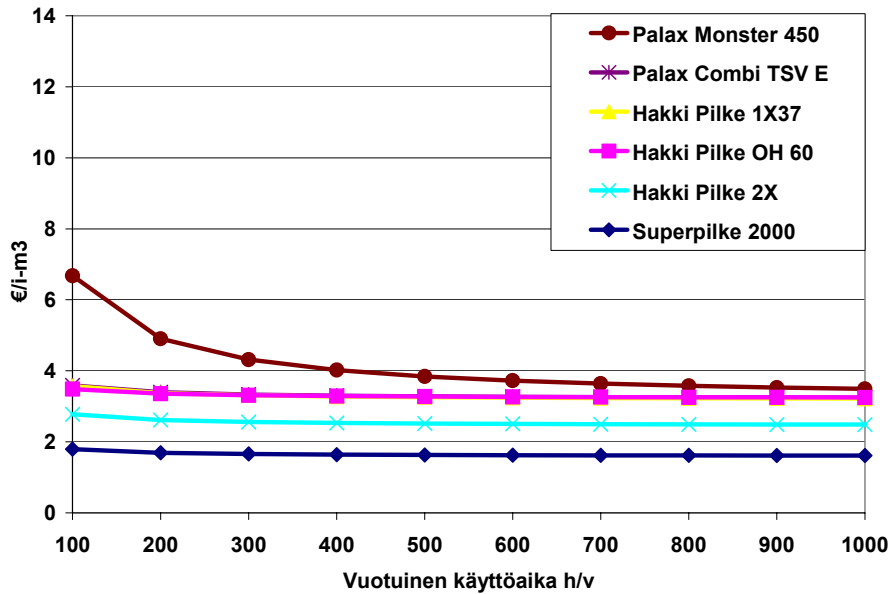
Kustannuslaskelmissa mukaan otettiin koneet, joiden tuottavuus tiedettiin. Koneiden tuottavuudet täytyi olla puolueettoman tutkimuslaitoksen mittaamia. Valmistajan antamia tuottavuustietoja ei hyväksytty, koska niissä tuottavuus oli yleensä mitattu epä-määräisesti läpimitaltaan vaihtelevalla puulla, joka vääristäisi lopputulosta. Laskelmissa käytettiin Kärhän ja Jouhiahon (2003, 3) saamia tuottavuuslukuja.

Kustannuslaskelmissa pilkekoneiden voimanlähteenä käytettiin maataloustraktoria, joka oli teholtaan 50 kW. Traktorin tunnusluvut otettiin Maatalouskalenterista (2003). Traktorin hankintahinta verottomana oli 22.000 euroa ja jäännösarvo 45 prosenttia hankintahinnasta eli 9900 euroa. Traktorin poisto aika oli seitsemän vuotta, vuotuinen käyttömäärä 1000 tuntia vuodessa ja kunnossapitokustannukset 3 prosenttia hankintahinnasta. Polttoaineen kulutukseksi arvioitiin neljä litraa tunnissa (polttoaineen veroton hinta 0,292 €/l) ja voiteluaineen kulutukseksi 0,07 kg/h (veroton hinta 1,29 €/kg).

Traktorin säilytyskustannuksena käytettiin 222 euroa ja vakuutuskustannuksena 300 euroa vuodessa. (Maatalouskalenteri 2003, 139.) Laskentakorkona käytettiin 5 %.

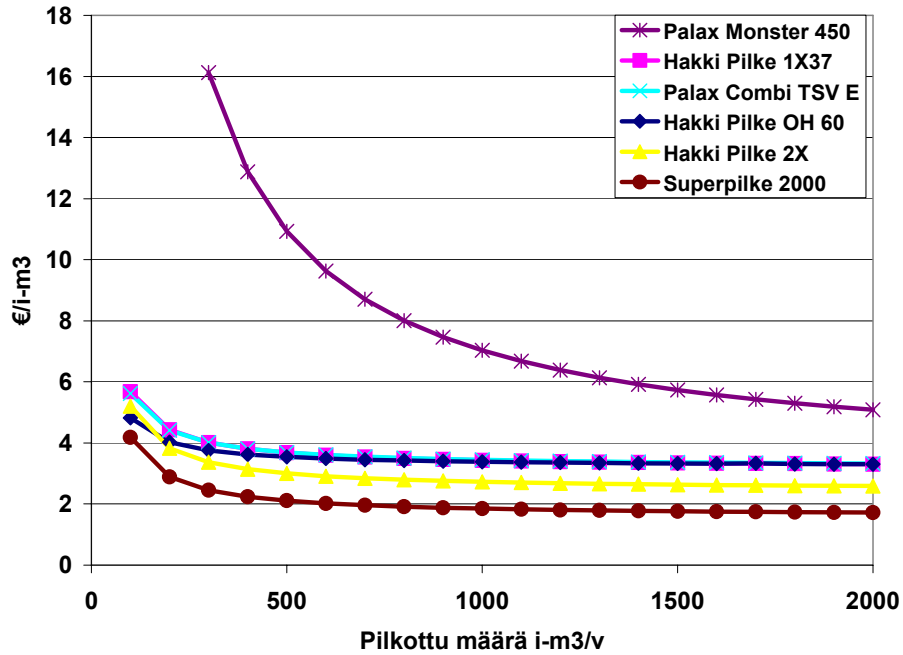
Pilkekoneen käyttäjän palkkana käytettiin 7,73 euroa ja palkan sivukuluina 67,39 %. Pilkekoneiden jäännösarvona käytettiin 15 prosenttia ja vuotuisena kunnossapitokustannuksena kolmea prosenttia hankintahinnasta. Pilkekoneiden poistoaikana pidettiin realistista 1500 tuntia Palax Monsteria lukuunottamatta, jonka poistoaika oli 2500 tuntia. Ketjusahakoneisiin laskettiin mukaan myös öljyn kulutus, joka oli 0,29 l/h (veroton hinta 1,07 €/l) eli 0,31 euroa tunnissa. Lisäksi Palax Monster käytti sähköä yhteensä 29 kWh ja sähkön hintana käytettiin 6,40 snt/kWh (Energiamarkkinavirasto 2003). Palax Monsterissa huomioitiin myös säilytyskustannus 200 €/v ja vakuutus 350 €/v. (Kärhä, Jouhiaho & Mutikainen 2003, 20.) Liitteissä 1-6 on yksityiskohtaiset tiedot kustannuksista eri koneilla.

Kuviossa 4 on pilkkeiden pilkontakustannukset vuotuisen käyttöajan funktiona. Palax Monster 450 –koneen käyttötuntituottavuus on laskettu 20 senttiä paksulla puulla. Muilla pilkekoneilla on käytetty tuottavuutta, joka saavutetaan 15 senttiä paksulla puulla. Palax Monster on kallis kone pienillä tuntimäärillä (100-200 tuntia vuodessa). Kun tuntimäärä on 500 tuntia vuodessa, niin kustannukset irto- m^3 kohden ovat jo alle 4 euroa ja kustannukset ovat melko lähellä muita koneita. Kun tuntimäärä ylittää 800 tuntia vuodessa, niin Monsterin kustannukset painuvat jo alemmaksi ja sahaavista pilkekoneista ainoastaan Hakki 2X Easy on edullisempi. Kaikki sahaavat pilkekoneet Palax Monsteria ja Hakki 2X lukuunottamatta ovat kustannuksissa hyvin lähellä toisiaan. Kun vuotuiset tuntimäärät ovat 500, niin sahaavat pilkekoneet Hakki 2X lukuunottamatta ovat 3-4 euron tuntumassa. Hakki 2X:n kustannukset ovat tällöin noin 2,5 €/i- m^3 , jotka voidaan selittää koneen hyvällä tuottavuudella. Palax Monsterin kustannuksissa tosin on huomioitava se, että koneen syöttöpöytä on niin korkealla, että sen lastaamiseen täytyy käyttää hydraulista kourakuormainta. Laskelmissa ei ole huomioitu kourakuormainta. Laskelmaan otettiin vertailun vuoksi myös Agromaster Oy:n giljotiinikone Superpilke 2000, joka on kustannuksissa aivan omalla tasollaan. Koneen käyttötuntituottavuus on peräti 12,8 i- m^3 /h, joka näkyy selkeästi sen kustannuksissa. 500 tunnin vuotuisella käytöllä koneen kustannukset ovat noin 1,6 i- m^3 .



KUVIO 4. Pilkkeiden pilkontakustannus vuotuisen käyttöajan funktiona (ilman alv:tä).

Pilkontakustannukset tulisi saada koneesta riippumatta alle 4 euroon irtokuutiometriä kohden (Kärhä ym. 2003, 47). Palax Monster on kuitenkin kallis kone alle 2000 i-m³:n pilkontamäärillä (kuvio 5). Lisäksi yksittäisen pilkeyrittäjän on vaikea saavuttaa yli viidensadan tunnin vuosittaista käyttöä (Seppänen ja Kärhä 2003, 3). Kun Palax Monsterin käyttötuntituottavuus on 11 i-m³ pilkettä, niin 500 tunnin vuotuisella käytöllä pilkottava määrä olisi peräti 5000 i-m³. Palax Monster voisikin olla kannattava kone usean pilkeyrittäjän yhteiskäytössä, jolloin vuosittain pilkottavat puumäärät olisivat suurempia ja koneen käyttökustannukset irtokuutiometriä kohden edullisemmat. Muut pilkekoneet ovat alle 2000 irtokuutiometrin tuotannossa hyvin lähellä toisiansa 2,5-4 euron välillä. Superpilke 2000 on luonnollisesti halvin aivan kuten edellisessäkin kuviossa.



KUVIO 5. Pilkkeiden pilkontakustannus vuotuisen tuotantomäärän funktiona (ilman alv:tä).

4 PILKKEEN VARASTOINTI JA KUIVAUS

4.1 Kuivauksen perusteet

Tuoreessa puussa kosteusprosentti vaihtelee yleensä 40-60 % välillä. Polttopuut tulisi pyrkiä kuivaamaan 15-25 % kosteuteen, jolloin ne poltettaessa palavat hyvin ja tuottavat tehokkaasti lämpöenergiaa. Polttopuun ollessa liian kostea energiaa kuluu veden lämmittämiseen ja höyrystymiseen ja näin ollen puusta saatava tehollinen lämpöarvo laskee massayksikköä kohden. Kuiva polttopuu merkitsee myös parempaa hyötysuhdetta lämmityksessä. (Pirinen 1997, 28.) Kuiva polttopuu on myös tuoretta kevyempää, jolloin se on luonnollisesti helpompaa käsitellä.

Puu on hygroskooppinen aine eli se pystyy sitomaan vesihöyryä itseensä ympäröivästä ilmasta. Ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila vaikuttavat puun kosteustasapainoon joko vesihöyryn imeytymisenä tai poistumisena. Luonnon oloissa puu ei voi saavuttaa

0 % kosteuspitoisuutta. Kun puuta kuivataan, niin ensimmäisenä puusta haihtuu vesi, joka on sitoutunut puun soluonteloihin irtovetenä. Viimeisenä puusta poistuu nk. sidottu vesi, joka on soluseinämässä. (Pikkujämsä 2001, 3.)

Polttopuun kuivumisnopeuteen vaikuttaa puulaji, kuivumisolosuhteet ja pilkkeiden koko. Hitaimmin suomalaisista puulajeista kuivuu koivu. Tämä on selitettävissä kuivun muita puulajeja suuremmalla tiheydellä ja tiiviillä tuohella, joka suojaa tuoretta puuta kuivumiselta. Nopeimmin puulajeista kuivuvat havupuut, mutta erot haapaan ja leppään eivät ole suuria. (Mottinetti 2003)

Kaadetun puun kuivuessa vettä haihtuu etupäässä vain katkaisupinnoilta, mutta jonkin verran vettä poistuu myös pintarikkoutumien kautta. Näin ollen polttopuut tulisikin yleensä halkaista ja ohuemmat aisata, jotta kuivuminen tehostuisi. Vesi myös liikkuu pituussuunnassa 20-kertaisesti verrattuna poikkisuuntaiseen liikkeeseen ja tämän vuoksi lyhyempi pilke kuivuu nopeammin kuin pidempi (Pikkujämsä 2001, 4).

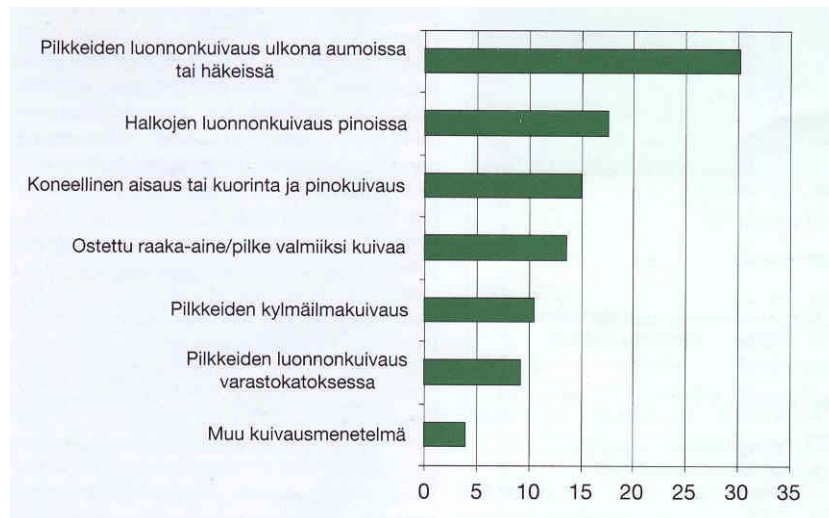
Puupolttoaineen kosteudesta puhuttaessa on oltava tarkkana siitä, kuinka kosteus on määritelty. Kosteudella tarkoitetaan polttoaineessa olevan veden suhdetta polttoaineen märkäpainoon. Sahatavaran kosteuden määrittämisessä käytetään kuitenkin kosteussuhdetta, joka määrittellään puussa olevan veden suhteeksi puupolttoaineen kuivapainoon. (Saranpää ja Tuimala 1997.) Seuraavan kaavan perusteella voidaan laskea kosteusprosentti polttopuulle.

$$\text{Kosteusprosentti} = \frac{\text{veden massa}}{\text{puun kuiva-aineen massa} + \text{veden massa}} * 100 \%$$

4.2 Pilkkeen kuivausmenetelmät

Kärhän ja Seppäsen (2003) mukaan käytetyimmät pilkkeen kuivausmenetelmät kaupallisessa pilketuotannossa ovat pilkkeiden luonnonkuivaus ulkona katetuissa aumoissa tai häkeissä ja halkojen luonnonkuivaus pinoissa (kuvio 6). Myös koneellisesti aisatun tai kuoritun puutavaran pinokuivaus on yleistä. 14 % myydyin pilkkeen raaka-

aineesta oli ostettu valmiiksi kuivana. Noin 10 % pilkeyrittäjistä käytti ainoastaan keinokuivausta, joka tässä tapauksessa tarkoitti kylmäilmakuivausta. Lämminilmakuivauksen käyttö on toistaiseksi erittäin harvinaista pilkeyrittäjien keskuudessa, koska 244 pilkeyrittäjistä ainoastaan 4 käytti lämminilmakuivausta. Pilkkeiden luonnonkuivausta varastokatoksessa käytti ainoastaan 9 % vastaajista ja muu kuivausmenetelmä oli käytössä neljällä prosentilla. (Kärhä & Seppänen 2003, 4.)



KUVIO 6. Myyntipilkkeen tuotannossa käytetyt kuivausmenetelmät vuonna 2001 (Kärhä & Seppänen 2003, 3)

Kun polttopuuta tuotetaan ammattimaisesti, niin työn on oltava tehokasta ja turhat välivaiheet on tuotannosta karsittava pois, jottei työkustannus puumäärää kohden nouse kovin suureksi. Pilkkeet olisi saatava koneen kuljettimelta suoraan kuivausyksikköön. (Pikkujämsä 2001, 8.) Seuraavassa esitellään perinteiset polttopuun kuivausmenetelmät, joita pilkeyrittäjät käyttävät polttopuun kuivauksessa.

4.3 Pilkkeenkuivaus perinteisillä menetelmillä

4.3.1 Kuivaus aumassa

Kaupallisessa polttopuutuotannossa pilke valmistetaan nykyään lähes poikkeuksetta koneellisesti. Tällöin pilkkeet yleensä kasautuvat pilkekoneen poistokuljettimelta johonkin kuivausyksikköön. Yksi vaihtoehto on tehdä pilkkeet harvaan, aumamaiseen

muodostelmaan. Kuivumisolosuhteiden ollessa edulliset, pilkkeet kuivuvat hyvin täl-
läkin menetelmällä. Sysmälinen pilkeyrittäjä Hannu Harju kuivaa osan tuotannostaan
aumasta (kuva 18). Pilkkeet tehdään keväällä aumaan ja niiden annetaan kuivua siinä
koko kesä. Ennen syyssateita pilkkeet kuljetetaan varastorakennuksiin. Kuljetukseen
käytetään kuorma-autoa, jonka hydraulikuormain on varustettu pitkäpiikkisellä kou-
ralla, johon pilkkeet tarttuvat hyvin. Menetelmän etuna voidaan pitää pilkkeiden ko-
neellista käsittelyä. Haittana Harju pitää sadekesiä, jolloin puiden kuivaus ei tahdo
onnistua. Sadekesien mahdollisuuden vuoksi Harju kuivaa tällä menetelmällä vain 30
% tuotannostaan. Halkokuivausta hän pitää luotettavampana. (Harju 2003.)



KUVA 18. Pilkkeitä valmistettaessa aumamaiseen muodostelmaan ilmankiertoa voi-
daan tehostaa tekemällä kuormalavoista tunneli kasan keskelle.

Virtanen, Ritala ja Lind (1984, 49) toteavat, että tuuliselle paikalle tehdyssä aumassa
pilkkeet kuivuvat jo yhden kesän aikana. Auman ongelmiksi todettiin sen vaikea peit-
täminen. Myös sisäosien pilkkeiden todettiin homehtuvan, kun auma peitetään. Sa-
massa tutkimuksessa koneellinen kuormausta todettiin ongelmalliseksi, jos pilkkeet ovat
maapohjaa vasten. Tällöin niiden joukkoon joutuu helposti hiekkaa.

4.3.2 Harva- tai avoseinäinen katos

Useat pilketuottajat käyttävät varastohallia tai katosta (kuva 19), jonne puut voidaan
pilkkoa suoraan pilkekoneella. Varaston sijoituksessa on oltava huolellinen. Kun va-
rasto sijoitetaan aurinkoiselle ja tuuliselle paikalle, voidaan kapea pilkekasa saada
myyntikosteuteen jo kesän aikana. Varaston seinät voivat olla harvaa verkkoa tai lau-
doitusta. Lattia olisi hyvä olla betonia tai asfalttia, mutta myös vanhat hirret ja rata-

pölkkyt käyvät, kun halutaan säästää kustannuksissa. Pääasia on että pilkkeet eivät ole maata vasten, jolloin ne eivät pääse lahoamaan. Maapohjaa vasten olevia pilkkeitä on myös vaikea kuormata koneellisesti. Katto voi olla peltiä, joka on aukaistavissa täytön ajaksi. Räystäät on hyvä suunnitella riittävän pitkiksi, jotta syyssateet eivät kastele polttopuita sivusta. (Pikkujämsä 2001, 10.)



KUVA 19. Polttopuukatoksen suunnittelussa on hyvä huomioida, että kuormaus saadaan suoritettua koneellisesti (Pikkujämsä 2001, 11).

4.3.3 Betoniverkkohäkki

Liikuteltava betoniverkkohäkki koostuu yleensä kahdesta Euro-lavasta ja betoniverkosta (kuva 20). Pilkkeitä häkkiin voi sopia lähes 5 i-m³, riippuen häkistä. Yhden sivuista voi jättää avattavaksi. Häkkiä pystytään liikuttelemaan trukkipiikeillä varustetulla etukuormaimella. Häkit on kuitenkin hyvä peittää, jotta päällimmäiset pilkkeet eivät pääse kastumaan sateiden vaikutuksesta. Peittäminen ei saa kuitenkaan häiritä ilmankiertoa häkissä. Betoniverkkohäkeissä puu on pystytty kuivaamaan kesän aikana lähelle 20 %:n kosteutta. (Pikkujämsä 2001, 10.)



KUVA 20. Kuormalavojen päälle rakennettuja betoniverkkohäkkeitä voidaan siirtää esim. trukilla.

Käytössä on myös kooltaan suurempia kiinteitä betoniverkkohäkkeitä, joiden halkaisija voi olla viisikin metriä. Alimmaisten puiden joutumista maata vasten pitää välttää, sillä niiden kosteuseroksi päällimmäisiin pilkkeisiin voi muodostua peräti 20 %. Maakosketus voidaan estää käyttämällä häkin pohjalla muovia, pressua tai vaikka rata-pölkkyjä. (kuva 21). Myös suuremmat häkit on osattava peittää oikeaoppisesti. Ilman- kierrosta on huolehdittava myös häkin alaosassa. (Emt. 9.)



KUVA 21. Suurien betoniverkkohäkkin pohjalla voidaan käyttää esim. ratapölkkyjä.

Pilkkeiden kuivumista suuressa varastohäkissä on myös tutkittu. Virtanen ja muut (1984) kokeilivat pilkkeen kuivumista tilavuudeltaan 40 m³:n häkissä . Häkin halkaisi-

ja oli viisi metriä ja korkeutta sillä oli kaksi metriä. Häkki sijoitettiin tuuliselle mäelle. Pilkkeiden alkukosteus oli 44,9 % ja loppukosteus 21,8 %. Kuivausaika oli 11.5 – 9.10. Häkki osoitti toimivuutensa. Häkki täytetään pilkekoneella ja tyhjennetään kou-
rakuormaimella.

4.3.4 Verkkosäkki ja pilkehäkki

Kun pilkkeiden siirtely ja jakelu halutaan koneellistaa, niin yleinen ratkaisu on verkkosäkki tai pilkehäkki. Verkkosäkki-menetelmässä puut varastoidaan muoviseen verkkosäkkiin, jonka alustana toimii tavallinen trukkilava. Pilkehäkissä trukkilavaa ympäröi metallinen häkki. Molempiin edellä mainittuihin vaihtoehtoihin sopii pilkkeitä noin 1,2 i-m³. Apuna säkityksessä käytetään säkitystelinettä (kuva 22), joka poistetaan säkin ympäriltä, kun se on täynnä. Menetelmän avulla pilkkeet kuivuvat nopeasti ja niitä on helppo siirrellä trukkipiikeillä varustetun etukuormaimen avulla. Menetelmän heikkoutena on hitaus, koska pilkkeen valmistus keskeytyy aina säkin tai häkin vaihdon ajaksi. Uusimmissa pilkekoneissa pilkkeen poistokuljetinta pystytään siirtämään sivusuunnassa, jolloin kerralla pystytään täyttämään kolmekin säkkiä.



KUVA 22. Kuormalavan päällä olevia pilkehäkkeitä ja verkkosäkkejä voidaan käyttää sekä kuivaus- että jakeluyksikkönä.

4.4 Pilkkeen keinokuivaus

Kun polttopuun kuivausta halutaan tehostaa, harkittavaksi tulee pilkekuivurin rakentaminen. Kuivurin avulla saadaan parannettua pilkkeiden kiertonopeutta ja näin ollen varastointi- ja pääomakustannukset alenevat. Myös polttopuusta saadaan tasalaatuisempaa. (Kouki 2001, 29.) Polttopuun keinokuivauksessa pyritään pitämään ilma kierrossa pilkkeiden ympärillä, jolloin kosteuden haihtuminen on tehokasta. Pilkkeen kylmäilmakuivauksessa voidaan noudattaa osin samoja periaatteita, jotka on laadittu heinälle, hakkeelle ja muille eloperäisille materiaaleille. Pilkkeiden kuivauksessa huomioon on kuitenkin otettava pilkkeiden pieni tiheyskerroin ja niiden hidas kyky luovuttaa kosteutta. (Pikkujämsä 2001, 11-12.)

4.4.1 Yleistä pilkekuivureista

Pilkeyrittäjillä on keinokuivaukseen siirryttäessä usein edessä kuivurin rakentaminen. Kuivuri ei tarvitse ympärilleen välttämättä seiniä ja kattoa päälle, vaan kuivuri voidaan perustaa yksinkertaisesti ja edullisesti eräänlaisena kehikkona, jota ympäröi pressu. Myös valmiita rakennuksia ja jollekin muulle materiaalille tarkoitettuja kuivureita voidaan käyttää tapauskohtaisesti. Hakkeelle, heinälle ja viljalle tarkoitettujen kylmäilmakuivurien on kuitenkin mitoitettu suurille ilmamäärille, jolloin sähkökustannus pilkkeen kuivauksessa voi nousta suureksi. Pilkkeen kerrospaksuutta kasvattamalla näitä kuivureita voidaan kuitenkin hyödyntää. Ongelmaksi tosin voi muodostua monimutkainen pilkkeen käsittely, joka johtuu yleensä kylmäilmakuivurin seinistä ja ritilärakenteesta, jotka ovat este tehokkaalle, koneilla tapahtuvalle purkamiselle ja täytölle. (Pikkujämsä 2001, 12.)

Puhaltimena pilkekuivureissa käytetään yleensä potkuripuhallinta, koska se tuottaa suuren ilmamäärän alhaisella vastapaineella ja hankintahinnaltaan se on edullinen (Perttola 1994, 17). Pilkkeen kuivauksessa ilmamäärän ei tarvitse olla yhtä suuri kuin esimerkiksi hakkeella ja viljalla, koska pilkkeen virtausvastus on pieni. Ohjeellisena ilmamääränä pilkkeen kuivauksessa voidaan pitää noin 200 kuutiota ilmaa/tunti/ m^3 pilkettä. (Pikkujämsä 2001, 19.)

Ilmamäärän ollessa liian suuri suhteessa puumäärään, tapahtuu vastapaineen voimakas kasvaminen. Ilmiö voidaan myös huomata ulostuloilman kosteuden mittaamisella tai lämpötilan tarkkailulla. Tällöin kuivausilma ei sido kosteutta riittävästi, joka voi johtua myös siitä, että kuivuria ei sammuteta välillä ja anneta puun kosteuden nousta pintaan. Näin ollen kuivausilma ei voi sitoa puun kosteutta.

4.4.2 Vastapaine pilkekuivurissa

Pilkekuivurissa ilmaa joko puhalletaan tai imetään, jolloin puhutaan yli- tai alipaineella tapahtuvasta kuivauksesta. Pilkkeen kuivauksessa alipaine on todettu paremmaksi vaihtoehdoksi. Eduiksi voidaan lukea ilmapinnan helpompi ohjailtavuus erikokoisissa pilkekasoissa. Myös auringon tuoma lisälämpö on helpommin hyödynnettävissä. Myös monikäyttökuivurin puhallussuunta voi joissain tapauksissa olla järkevää kääntää imeväksi. (Pikkujämsä 2001, 16.)

Monikäyttöisissä kylmäilmakuivureissa vastapainetta aiheuttaa kuivattava materiaali, sen kerrospaksuus sekä ilmanavien väljyys. Ilmanavan aiheuttama vastapaine pysyy kohtuullisena, kun ilman nopeus ei nouse yli 5 m/s (Järvenpää ja Kivinen 1993, 10). Monikäyttöisissä kylmäilmakuivureissa pilkkeiden tiheys ja käytettävä ilmamäärä ovat niin pieniä, että kerrospaksuutta voidaan nostaa aina 4-5 metriin saakka (Pikkujämsä 2001, 19-20).

4.4.3 Pilkekuivurin käyttö

Pilkkeiden kylmäilmakuivauksen aika rajoittuu käytännössä neljään kuukauteen eli toukokuusta elokuulle. Muina aikoina ilman suhteellinen kosteus on liian korkea kuivaukseen. Pilkettä voidaan kuivata noin 3-8 tuntia päivässä. Jaksotus on muistettava pilkkeen kuivauksessa, koska pilkkeet luovuttavat kosteutta hitaasti. Kuivaus tulee suorittaa kuumimpaan ja kuivimpaan vuorokaudenaikaan. Puun kosteudenluovutus hidastuu kuivumisen edetessä, joten kuivauksen loppuvaiheessa kuivausilman suhteellinen kosteus ei nouse enää niin korkealle kuin alkuvaiheessa.

Puhaltimen ohjauksessa on kaksi vaihtoehtoa eli käsiohjaus tai automaattiohjaus. Käsiohjauksella puhallinta voidaan pyörittää kuumimpana vuorokaudenaikana. Kuivumista voidaan tehostaa, kun tarkkaillaan puhallus- ja ulostuloilman kosteuseroa. Kui-

vausilman lämpötilan aleneminen kertoo myös sidotusta kosteudesta. Loppuvaiheessa kuivausta puhallinta kannattaa pyörittää vain, kun olosuhteet ovat todella hyvät. (Järvenpää & Kivinen 1993, 16.)

4.4.4 Lisälämmön käyttö kuivauksessa

Kuivausta voidaan tehostaa merkittävästi lämmittämällä kuivausilmaa. Esimerkiksi yhden asteen lämpötilan nousu pudottaa ilman suhteellista kosteutta 5 prosenttiyksikköä ja ilman kuivauskyky kasvaa. Lämmitystehon tarve on yhden asteen lämpötilan nousua varten noin 0,35 W / ilmakuutio / tunti (Järvenpää & Kivinen 1993, 13). Lisälämmön käyttö kuivauksessa tuo helposti kustannuksia ja näin ollen lisälämpövaihtoehtoja aurinko on ensisijainen lämmönlähde. Yksinkertaisimmillaan auringon lämpöenergiaa voidaan hyödyntää asfaltoimalla kuivurin ympäristö ja varsinkin kohta, josta imetään kuivausilmaa kuivuriin.

Kun kuivauskautta halutaan pidentää esimerkiksi huhtikuusta lokakuun loppuun saakka, joudutaan harkitsemaan muita lämmönlähteitä. Yleensä kylmäilmakuivureissa käytetään öljykäyttöisiä rakennuskuivureita. Sähkölämmittintä voidaan käyttää ainoastaan pienissä kuivureissa. Myös lämpökeskuksen hyödyntäminen voi olla ratkaisu. Tällöin lämpökeskuksesta vedetään kanaaliputket kuivuriin. Kuivurissa on lämpöpatteri, jonka tuottama lämpö hyödynnetään kuivauksessa. Ratkaisu on varsin käyttökelpoinen, jos lisälämmön tarve on suunnilleen yhtä suuri kuin muu lämmitystarve yhteensä. Jos muu lämmöntarve on selvästi vähäisempi kuin lisälämmön tarve, niin silloin lämpökeskuksen hyödyntäminen on kyseenalaista, koska ainoastaan kuivuria varten ei kannata investoida tehokasta lämpökeskusta. Tilalla lämpökeskuksen tuottama lämpö voidaan tuottaa polttamalla esim. jätepuuta kattilassa, jolloin päästään edullisiin kustannuksiin.

Puun kuivaus korkeissa lämpötiloissa voi aiheuttaa puun halkaisupinnan nopean kuivumisen ja tällöin syvemmällä oleva kosteus ei pystykään haihtumaan (Pikkujämsä 2001, 20). Seurauksena puun sisäosa jää kosteaksi. Sahatavarakuivaamoissa ilmiö estetään kierrättämällä osa puhallusilmasta kuivurista, jotta poistettavan ilman suhteellinen kosteus nousee 100 prosenttiin. Näissä kuivaamoissa ilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa myös ohjataan ennalta laadittujen kuivauskaavojen perusteella.

4.5 Pilkekuivurityypit

4.5.1 Siirrettävä kuivuri

Polttopuukauppias ja maanviljelijä Pentti Romo Vihdistä on yhdessä Työtehoseuran kanssa kehittänyt uudentyypin kevytrakenteisen siirrettävän kuivurin. Kuivuri ei vaadi perustuksia vaan se lukitaan alustaansa maakiilloilla. Pystytys ja purkaminen käyvät helposti kahdelta mieheltä, kun käytössä on puutavarakuormain. Kuivuriin mahtuu kerrallaan noin 70 i-m³ pilkkeitä. (Kouki 2001, 29.)

Terminaaliin tuotu puutavara katkotaan ja halkaistaan pilkekoneella. Pilkkeet siirretään kuivuriin suoraan pilkekoneen poistokuljettimella ja kuivurin täytyttyä katto rulataan kiinni. Tämän jälkeen voidaan aloittaa koneellinen kuivaus. Sään ollessa aurinkoinen ja lämmin kuivaus voidaan suorittaa käyttämällä kylmäilmakuivausta. Kylmällä säällä lisälämpöä voidaan tuottaa väliaikaisesti käyttämällä lämmönlähteenä öljyä tai puuta. Tärkeintä on kuitenkin päästä heti kuivaamaan ja että pilkkeet ovat suojassa sään vaikutuksilta. (Emt.30.)

Pilkkeet voidaan varastoida kuivurissa ennen myyntiä ja näin vältetään turhilta siirroilta kuivurin ja varastojen välillä. Säätila voi muuttua varastoinnin aikana sateiseksi ja pilkkeet imevät kosteutta ilmasta. Tällöin hometta saattaa esiintyä pilkkeitten päädyissä. Tämä voidaan kuitenkin estää puhaltamalla lämmintä ilmaa kuivuriin. Näin varmistetaan pilkkeitten hyvä laatu. (Emt.30.)

Kuivurin tyhjennys suoritetaan puutavarakuormaimella, jonka kouraan on kiinnitetty lisäpiikit (kuva 23). Tyhjennys suoritetaan suoraan kuorma-autoon tai traktorin perävaunuun ja kuljetetaan tämän jälkeen asiakkaalle. Kuivurilla voidaan myös kuivata muita raaka-aineita, kuten esimerkiksi heinää. Lisäksi kuivurin toisessa päädyssä on pariovet, jolloin tyhjää kuivuria voidaan vaihtoehtoisesti käyttää varastona. (Emt.30.)



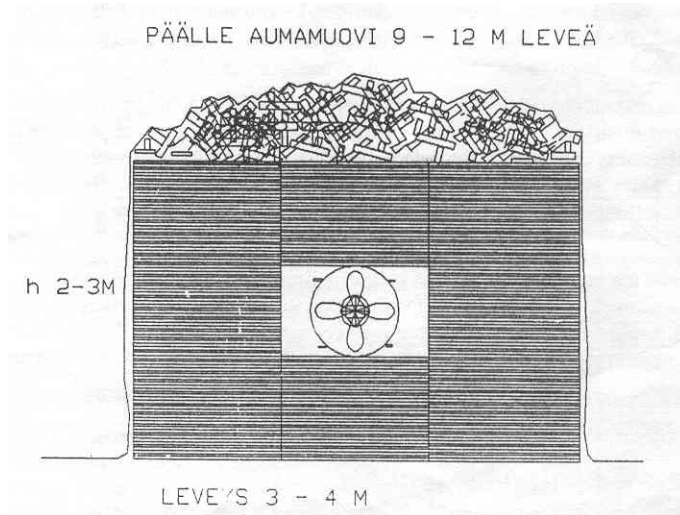
KUVA 23. Siirrettävän kuivurin tyhjennys tehdään rehupiikein varustetulla puutavarakuormaimella (OPET Finland 2001, 23).

Työtehoseuran kesällä 2000 tekemien mittausten perusteella kuivaustulos oli tasainen koko kuivurin alueella. Ainoastaan uloimmissa nurkissa oli muutamia pilkkeitä, joissa oli hometäpliä. Syynä tähän olivat kesän sateiset ilmat, jolloin puhallinta ei voitu käyttää ja sen vuoksi kuivurin nurkkiin pääsi kondensoituman vettä. Puhaltimen toimintaa ohjattiin ulkoilmaan sijoitetulla hygroskoopilla. Puhallin käynnistyi automaattisesti, kun ilman suhteellinen kosteus oli laskenut säädetylle tasolle. (Emt.30.)

4.5.2 Kevytrakenteinen kenttäkuivuri

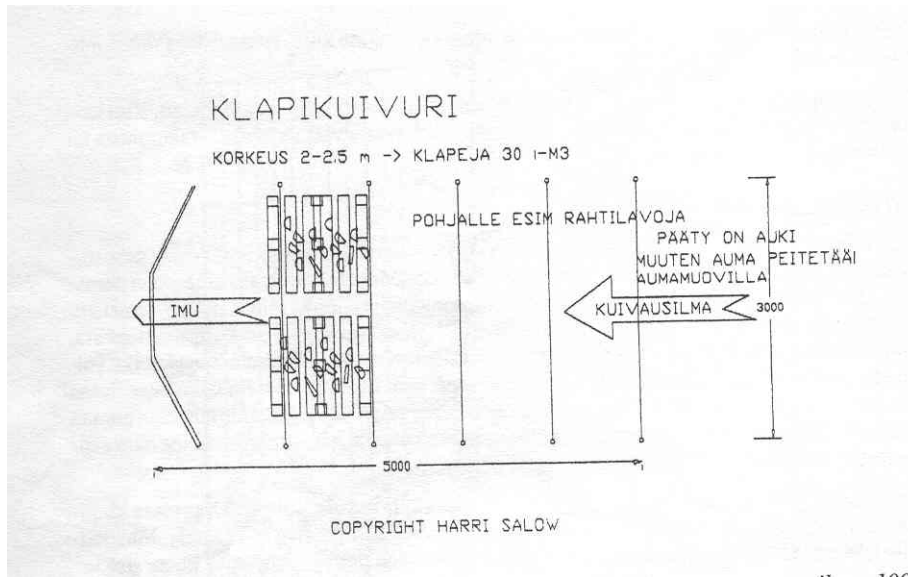
Kenttäkuivuri perustuu hakkeen, palaturpeen ja heinän kenttäkuivauksessa hyväksi todettuun ratkaisuun, jossa hyödynnetään alipainetta. Kuivauksen nopeuttamiseksi voidaan käyttää aurinkoenergiaa. Kenttäkuivurin leveys ja korkeus riippuvat käytettävästä kuljettimesta ja muusta kalustosta, jota käytetään pilkkeiden käsittelyssä. Kuivauspituuteen taas vaikuttaa puhaltimen paine-eron kestävyys, johon pituuden lisäksi vaikuttavat poikkileikkauspinta-ala ja materiaalin tiheys. Kenttäkuivuri perustuu alipaineeseen eli puhallin imee ilman klapikerroksen läpi toisen avonaisen pään kautta. Kuivuminen etenee peräosasta puhallinta kohti ja kuivia puita voi säkittää kuivumisen tahdissa. (Pikkujämsä 2001, 17.)

Kenttäkuivurin on suunnitellut Harri Salow Lapin Maaseutukeskuksesta. Hän on perehtynyt pilkkeen keinokuivaukseen. Rakenteet koostuvat potkuripuhaltimesta, päällä olevasta aumamuovista tai pressusta sekä pääty- ja sivurakennelmista, jotka voivat olla verkkoa tai harvaa laudoitusta. Myös tässä kuivurityypissä rakenteet ovat melko helposti siirrettävissä. Peitemuovi tai -pressu kiinnitetään auman päälle reunoistaan ja puhaltimen puoleisesta päädystä (kuva 24).



KUVA 24. Kenttäkuivurissa toinen pääty koostuu imevästä potkuripuhaltimesta ja tiivistä seinästä (Pikkujämsä 2001, 17).

Pohjarakenteeksi ei teoriassa tarvitsisi mitään, koska ilma kulkee myös alimmissa kerroksissa. Kuitenkin koneellinen kuormaus aiheuttaa omat ongelmansa, jos vastassa on pehmeä maapohja, johon pilkkeet helposti painuvat. Maapohjan olisikin hyvä olla kovaa materiaalia tai siinä olisi hyvä käyttää esimerkiksi rahtilavoja (kuva 25). (Emt. 17.)



KUVA 25. Kuivurin pohja voi koostua rahtilavoista (Pikkujämsä 2001, 18).

Kenttäkuivurin sijoittamisella on tärkeä osuus kuivauksen onnistumiseen. Sijoituskohteen valinnalle voidaan käyttää samoja perusteita kuin luonnonkuivauksessakin. Kuivurin ilmanottoaika tulisi järjestää niin, että ilma olisi mahdollisimman kuivaa ja lämmintä. Näin ollen sellaiset paikat eivät tule kysymykseen, jotka ovat varjoisia ja joiden maaperä on märkää. Paras sijoituspaikka kenttäkuivurille on korkea paikka ja alustana mielellään asfalttikenttä, jolloin ilmanlämpötila on useita asteita ympäristöä korkeampi. Poistoilman johtamisessa on huomioitava, ettei kostea ilma pääse takaisin kuivuriin. (Pikkujämsä 2001, 21.)

Puhaltimen koko määräytyy kuivausajan, -ajankohdan ja kuivattavan määrän perusteella. Suositeltava ilman virtausnopeus on 100-200 mm/s eli 360-720 m/h (Perttola 1994, 18). Tähän riittää 40 m²:n kenttäkuivurissa 4 kW:n puhallin 80 cm:n potkurilla, koska vastapaine ei pääse nousemaan pilkekerroksessa liian suureksi (Pikkujämsä 2001, 19).

4.5.3 Suuri varastokuivuri

Somerolaisella Hannu Kesäniemellä on käytössään suuri varastokuivuri, joka lienee pilkekuivureista Suomen suurin. Kuivaushalli on 50 metriä pitkä ja 14 metriä leveä. Pilkettä kuivuriin mahtuu kaikkiaan 2000 i-m³. Kuivausilma puhalletaan kuudella 7,5 kW:n potkuripuhaltimella, jotka sijaitsevat kuivurihallin vasemmalla seinustalla. Jo-

kaisen puhaltimen kohdalla on oma osasto, erillisiä väliseiniä ei kuitenkaan kuivurissa ole (kuva 26). Kuivausilmaa ei lämmitetä, mutta jatkon kannalta Kesäniemi pitää sitä välttämättömänä. Kuivuneet pilkkeet varastoidaan toisessa hallissa, jolloin kuivurin käyttöaste saataisiin mahdollisimman korkeaksi. Sähkön hintaa pilkekuution hintaan Kesäniemi ei ole selvittänyt, mutta vuodessa sähköön kuluu tuhansia euroja. Kuivurissa koko lattiapinta-ala on kuivurina, mutta kuivaus voidaan tarvittaessa kohdistaa vain yhden puhaltimen kohdalle. Kuivurin lattiassa on normaali laudoitus. Erillisiä ilmara-koja lattiassa ei ole vaan ilma tulee lautojen välistä. Kuivuriin tuodaan pilkkeet siten, että ne kipataan traktorin peräkärystä. Tyhjennys on vielä osittain käsityötä, mutta koneellistaminen on Kesäniemen mukaan suunnitelmissa. (Jalonen 2000, 10-11.)

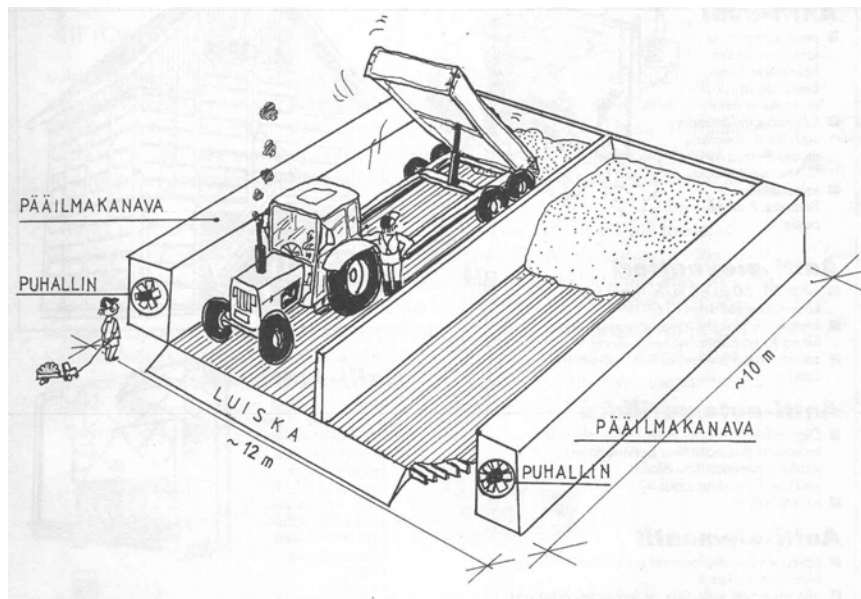


KUVA 26. Suurta varastohallikuivuria voidaan käyttää myös pilkkeiden varastona (Jalonen 2000, 11).

4.5.4 Ajonkestävä monikäyttökuivuri

Ajonkestävän monikäyttökuivurin rakenne vastaa perinteistä kylmäilmakuivuria, mutta kuivurin pohjarakenne kantaa koneiden painon (kuva 27). Monikäyttökuivurin periaatteena on se, että sillä voidaan kuivata useita eri tuotteita, jolloin pääomakustannukset jakaantuvat ja kuivurin vuosittainen käyttöaika pitenee. Kuivausajan ulkopuolella kuivuria voidaan käyttää varastona. Kuivuri voidaan myös rakentaa tilalla jo olemassa oleviin rakennuksiin, kuten esimerkiksi konehalliin. Monikäyttökuivurilla voidaan

kuivata useita eri materiaaleja, kuten esimerkiksi viljaa, heinää, haketta ja pilkettä. (Järvenpää & Kivinen 1993, 24.)

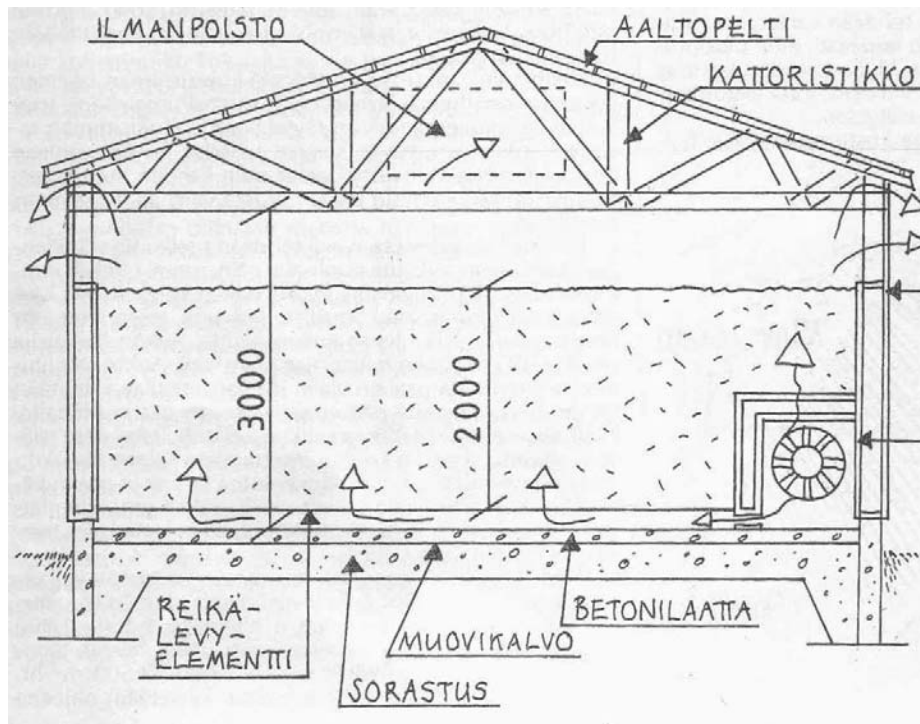


KUVA 27. Ajonkestävä monikäyttökuivurin peruseriaate (Järvenpää & Kivinen 1993, 1).

Ajonkestävää monikäyttökuivuria ei ole suunniteltu pilkkeen kuivaukseen, mutta pilkkeidenkin kuivaus onnistuu siinä. Kuivurin etuna on se, että materiaalin käsittely voidaan tehdä erilaisilla traktoriin kytkettävillä koneilla. Kuivuri voidaan täyttää peruuttamalla perävaunu laariin ja kippaamalla pilkekuorma. Myös etukuormainta voidaan käyttää täytössä apuna. Tyhjennys voidaan tehdä etukuormaimella tai esimerkiksi puutavarakuormaimella, johon on laitettu rehupiikit, jolloin pilkkeet pysyvät siinä paremmin. (Emt. 24.)

Järvenpään ja Kivisen (1993) mukaan kuivurin pohjarakenne koostuu kahdesta rakenteellisesta ja toiminnallisesta osasta eli kantavasta ilmatilasta ja pintamateriaalista (kuva 28). Kantavan ilmatilan tehtävä on kantaa koneiden paino, luoda edellytykset riittävän suuren ilmamäärän tasaiseen jakautumiseen koko kuivausalalle ja tukea pintamateriaalia. Kantava ilmatila voidaan tehdä puusta, rakennuslevyistä, harkoista tai betonista. Ilmatilan on oltava puhdistettavissa, koska pinnan läpi varisee roskia. Ilmatilan korkeus vaihtelee välillä 20-35 cm. Pintamateriaali valitaan siten, että sen läpi pääsee riittävästi kuivausilmaa ja se kestää koneellisen materiaalin käsittelyn. Pinta-

materiaalina voidaan käyttää reikälevyä, kuivauspalkkia tai viiramattoa. Reikälevyissä on halkaisijaltaan 3 mm oleva rei'itys. (Järvenpää & Kivinen 1993, 26-27.)



KUVA 28. Ajonkestävän monikäyttökuivurin rakenne (Järvenpää & Kivinen 1993, 22).

4.5.5 Lämminilma konttikuivuri

Tämä Yhdysvalloissa käytettävä pilkekuivurityyppi perustuu lämpimän ilman puhaltamiseen, jonka avulla kuivausaika saadaan lyhyeksi. Kuivuri on rakenteeltaan 12,2 metriä pitkä merikontti, joka on eristetty ulkopuolelta. Kontissa on halkaisijaltaan 1,5–1,8 -metrinen tuuletin ja se on asennettu kontin takaseinälle. Tuuletinta pyörittävä moottori on kontin ulkopuolella ja ilmanpoistoaukossa on oma tuuletin. Kuivausilman lämpötilana pidetään 74-88 astetta ja lämpö tuotetaan puuta polttamalla. Kontin avulla pystytään alle viikon kuivausaikoihin. (Rinne 2001, 59.)

Tässä tapauksessa pilkkeet kuivataan metallihäkeissä, jotka ovat tilavuudeltaan 3,0 i-m³ (kuva 29). Konttiin niitä mahtuu 18 kappaletta eli 54 i-m³. Häkkeitä käsitellään koneellisesti trukilla. Häkkien on oltava metallia, jotta ne kestävät korkeita lämpötiloja. (Rinne 2001, 59.)



KUVA 29. Lämminilma konttikuivuri (Rinne 2001, 59).

4.5.6 Pilkkeen kuivaus sahatavarakuivaamossa

Joitakin sahatavarakuivaamoja on käytetty koemielessä pilkkeen kuivaamiseen. Pilkkeen kuivausta sahatavarakuivaamossa voidaan harkita silloin, kun pilketuottajan lähellä on sahatavarakuivaamo. Kuivaus on kustannuksiltaan erittäin kallista n.10 €/i- m^3 , mutta laadultaan siinä saadaan kaikkein parasta pilkettä, koska kuivaus on erittäin tarkasti kontrolloitua. Pilkkeen kuivaus sahatavarakuivaamossa tulee kyseeseen lähinnä silloin, kun kuivaamossa on vapaata kapasiteettia. Kamarikuivaamoissa tämä tarkoittaa sitä, että yksi tai muutama kamari on vapaana, jolloin se voidaan täyttää pilkkeellä. Pilkkeet on oltava pakattuna verkkosäkkeihin tai häkkeihin, joiden läpi ilma virtaa moitteettomasti (kuva 30). Myös vaihtolavojen käyttö voi tulla kyseeseen, jos ilmavirtaus niissä saadaan kulkemaan vapaasti. Keski-Suomessa VTT Prosessit on tutkinut pilkkeen kuivausta sahatavarakuivaamoissa. Myös kaksi keskisuomalaista pilkeyritystä eli karstulalainen Suomenselän Puupilke Oy ja Jyväskyläläinen Vivoset Oy ovat käyttäneet koemielessä tätä kuivausratkaisua. Tämän kuivausratkaisun kiistan etu on kuivauksen ympärivuotisuus. Myöskään vallitsevilla sääolosuhteilla ei ole kuivausprosessiin mitään vaikutusta.



KUVA 30. Pilkkehäkit sahatavarakuivaamon kamarissa.

Sahatavarakuivaamon avulla pystytään vastaamaan tehokkaasti pilkkeen kysynnän vaihteluihin, koska kuivausajaksi riittää alle viikko. VTT Prosessien tekemissä Karsulan kuivauskokeissa 86 i-m^3 pilkettä kuivattiin 114 tuntia. Pilkkeiden kosteusprosentti tuoreena oli keskimäärin 41,9 %. Kosteusprosentti kuivauksen jälkeen oli 12,9 %, joka alittaa selvästi ensimmäisen laatuluokan pilkkeen kosteusrajan, joka on 20 %. Kuivausmenetelmä on siis hyvin tehokas.

4.6 Kuivauksen kustannukset

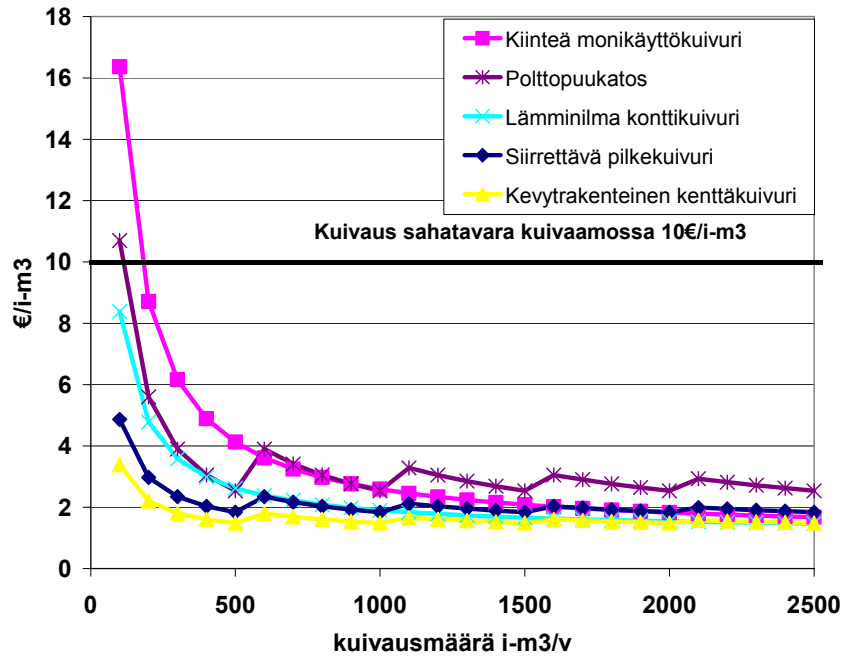
Pilkkeen kuivauksen kustannuksia tarkasteltiin erilaisilla kuivausvaihtoehdoilla. Kuivauksen osuus on taloudellisesti merkittävä vaihe pilkkeen kuivauksessa kuivausmenetelmästä riippumatta. Betoniverkkohäkissä kustannukset koostuvat häkkimateriaalista ja rakentamistyöstä. Trukkilavojen oletetaan olevan ilmaisia. Pikkujämsä (2001, 25) arvioi 5 m^3 :n siirrettävän häkin olevan kustannuksiltaan noin 12 euroa ja häkin käyttöiän 3 vuotta. Betoniverkkohäkkiä pidetään sopivana menetelmänä, jos pilkkeen vuosittainen tuotanto on alle 500 i-m^3 (emt. 25). Tällöin kuivauskustannuksiksi muodostuu noin 0,8 euroa/ i-m^3 .

Säkitysmenetelmää käytettäessä joudutaan luonnollisesti ostamaan säkitysteline ja säkit. Kuormalavojen oletetaan olevan ilmaisia. Säkkiä kustannukset kuutiometriä kohden vaihtelevat riippuen siitä, kuinka monta säkityskertaa ne kestävät. Pikkujäm-
sän (2003, 24) mukaan säkin pitäisi kestää normaalikäytössä 3 käyttökertaa, jolloin kustannuksia kuutiometriä kohden tulisi noin 1,3-1,8 €.

Pilkkeen kuivauksen kustannuksia vertailtiin keskenään eri vaihtoehdoilla. Eri vaihto-
ehtoisten kustannukset ovat liitteissä 7-10. Vaihtoehtoina olivat kaikki pilkekuivurit ja
vertailukohdaksi otettiin perinteisistä puunkuivausmenetelmistä polttopuukatos, jonka
investointikustannuksiksi määriteltiin 12 000 euroa ja kuivauskapasiteetiksi 500 i-
m³/vuodessa. Lähtötilanteessa kiinteälle monikäyttökuivurille laskettiin ainoastaan
kuivuriosan investointikustannukset, 17 000 €. Tähän ei kuulu varsinaisen kuivaamo-
rakennuksen hinta, joka olisi ohjekustannuksilla ollut noin 28 000 €, joka on pilketuo-
tannosta puhuttaessa erittäin kova hinta. Siirrettävälle kuivurille investointikustannus
oli 2700 euroa ja kevytrakenteiselle kenttäkuivurille 1700 euroa. Mukaan laskelmiin
otettiin myös lämminilma konttikuivuri, joka tietävästi ole Suomessa käytössä. Tä-
män kuivurityypin mukaan ottamisella haluttiin tarkastella lämmitetyn ilman vaikutus-
ta kustannuksiin.

Kuvion 7 kuivauskustannuksia vertailtaessa huomataan, että sahatavarakuivaamon
käyttö ei ole kilpailukykyistä. Hinta pysyy myös samana kaikilla tuotantomäärillä,
koska kuivauksesta laskutetaan kiinteä hinta (€/i-m³). Kuivauskustannukset ovat kai-
killa muilla kuivausmenetelmillä noin 2 euron tuntumassa. Kuivattaessa 2000 i-m³
pilkettä kevyt kenttäkuivuri on halvin, edullisista investointikustannuksista johtuen.
Kallein vaihtoehto on katos, johon sitoutuu runsaasti pääomaa suurilla tuotantomääril-
lä. Käyrien äkilliset nousuliikkeet johtuvat kuivauskapasiteetin loppumisesta. Kun
vuosittainen kuivauskapasiteetti kullakin kuivausvaihtoehdolla on täynnä, niin silloin
joudutaan rakentamaan uusi kuivuri tai katos, joka välittömästi näkyy kustannusten
äkillisenä nousuna. Siirrettävän kuivurin tärkeintä periaatetta, siirrettävyyttä ei las-
kelmissä ole huomioitu. Kuivuria pystyttäessä olisi silloin huomioitava sähköliittymän
hankinta, koska sitä harvemmin on valmiina puun tienvarsivarastoilla. Näin ollen polt-
topuuterminaali onkin järkevää sijoittaa paikalle, jossa sähköä on saatavissa. Läm-
minilma konttikuivurin kilpailukyky paranee tuotantomäärien kasvaessa. Konttikuivu-
rin avulla pilketuotannosta saataisiin ympärivuotista ja kysynnän vaihteluihin pystyt-

täisiin vastaamaan tehokkaasti. Pilkkeen lämminilmakuivaus on Suomessa toistaiseksi harvinaista ja kuivausteknologia kaipaakin vielä kehittämistä.



KUVIO 7. Pilkkeen kuivauskustannukset €/i-m³ (ilman alv:tä.)

Sähkön osuus kustannuksista on kaikilla kuivureilla lähes sama, johtuen samoista il-
mamääristä, joita puhalluksessa käytetään. Suunnilleen se on kaikilla vaihtoehdoilla
noin 0,6 euroa, kokonaiskustannusten ollessa hieman alle 2 euroa kaikilla vaihtoeh-
doilla.

5. PILKKEIDEN JAKELU

5.1 Pilkkeiden jakelussa käytettävät menetelmät

Seppäsen ja Kärhän (2003) mukaan pilkekauppa on paikallista liiketoimintaa, jolloin kuljetusmatka pilkekauppiaan varastosta asiakkaalle ei muodostu kovin pitkäksi, keskimäärin se on 25 km. Pohjois-Suomessa matkat ovat luonnollisesti pidempiä kuin muualla Suomessa. Pilkkeiden kuljetuksessa asiakkaalle yleisin kuljetusväline on maataloustraktori ja perävaunu, jonka keskimääräinen kuormakoko oli 10 i-m^3 . Traktorilla toimitettu pilke on yleensä irtotavaraa. (Seppänen & Kärhä 2003, 4) Kuormaus tehdään yleensä etukuormaajalla tai puutavarakuormaimella, jossa on pitkäpiikkinen koura. Yleensä kuorma, jossa on irtopilkettä, puretaan kippaamalla. Traktorin perävaunussa kuljetetaan myös trukkilavalla olevia pilkkeitä. Jos purkamisessa käytetään traktorin etukuormainta, niin perävaunu joudutaan luonnollisesti irrottamaan purkamisen ajaksi, ja tähän kuluu aikaa. Kätevämpi tapa purkamisessa on hydraulisen puutavarakuormaimen käyttö. Perttolan (1994, 37) mukaan traktorilla ja perävaunulla toimitettu pilke toimitetaan lähelle, keskimäärin 3-15 kilometrin päähän. Traktorin ja perävaunun yhdistelmää pidetään yleisesti melko kankeana ahtailla omakoti- ja rivitaloalueilla.

Traktorin jälkeen toiseksi yleisin kuljetusväline on perävaunu erilaisiin vetoautoihin kytkettynä. Keskimääräinen kuormakoko on tällöin $3,75 \text{ i-m}^3$. Kuorma-auton keskimääräinen kuormakoko oli 19 i-m^3 , pakettiauton $4,5 \text{ i-m}^3$ ja avolava-auton $2,5 \text{ i-m}^3$. Keskimäärin toimitettavien pilke-erien koko oli 19 i-m^3 . Pohjois-Suomessa myyntierät olivat suurimpia, jopa $42,5 \text{ i-m}^3$ ja pienimmät Länsi-Suomessa 5 i-m^3 . (Seppänen & Kärhä 2003, 4)

Jyväskyläläinen pilkeyritys Vivoset Oy käyttää pilkkeiden jakelussa kuorma-autoa, joka on varustettu nosturilla ja vaihtolavavalmiudella (kuva 31). Nosturi on hyödyllinen pienempien pilke-erien jakelussa. Sen avulla voidaan kuormata ja purkaa esim. $1,2 \text{ m}^3$:n pilkehäkkejä. Yritys on myös kehittänyt vaihtolavoja, jotka toimivat myös

kuivausyksikkönä. Lavojen avulla saadaan vähennettyä kuormausvaihe varastosta, kun kuivattavat pilkkeet voidaan jakaa kuivausyksikköä hyväksi käyttäen.



KUVA 31. Vaihtolavavalmiudella ja nosturilla varustettu kuorma-auto sopii suurten pilkemäärien kuljetukseen.

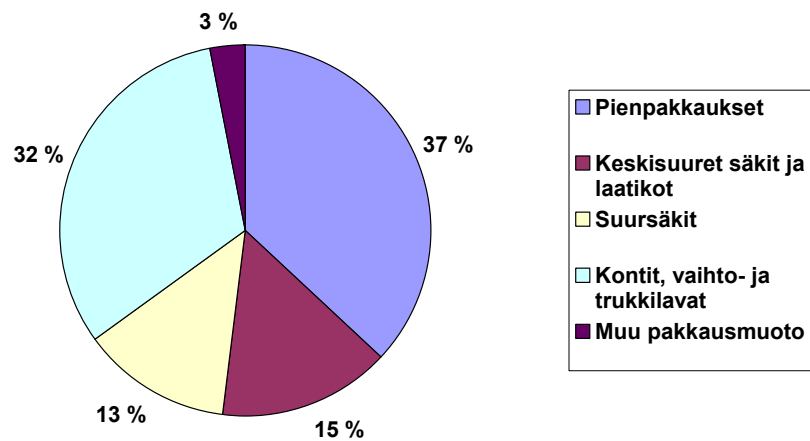
Perttolan (1994, 38) mukaan pilkekuorma yleensä kipataan asiakkaan pihaan. Joskus yrittäjät heittelivät pilkkeet asiakkaan liiteriin tai varastoon. Palvelu luonnollisesti maksaa. Pilkeyrittäjä Hannu Harju kuljettaa pilkkeitä erikokoisilla vaihtolavoilla. Hän käyttää myös menetelmää, jossa vaihtolava on jaettu kuuteen lokeroon väliseinien avulla (kuva 32). Lokerikkojen väliseinät ovat saranoilla, jolloin ne pystytään avaamaan kippauksen ajaksi. Myös pilkkeiden mittaus onnistuu samalla. Lavan avulla pystytään jakamaan pilkkeet kuudelle eri asiakkaalle kuljetusmatkan aikana. Yhden lokerikon tilavuus on $2,8 \text{ m}^3$, jolloin lavalle mahtuu kaikkiaan noin 17 i-m^3 pilkkeitä (Harju 2003). Lava täytetään etukuormaajalla.



KUVA 32. Eräs ratkaisu on jakaa vaihtolava lokeroihin, jolloin yhden ajokierroksen varrelle voidaan valita useita asiakkaita (Harju 2003).

5.2 Pilkkeiden pakkaaminen

Pakatun pilkkeen osuus kaikesta myydystä pilkkeestä on 14 % eli noin 105 000 i-m³. Suosituin pilkkeen pakkausmuoto pienpakkaukset, joiden osuus pakatusta pilkkeestä on 37 % (kuvio 8). Pienpakkauksiksi luokitellaan pahvilaatikot sekä muovi- ja verkkopussit, joiden paino on noin 10 kg. Erilaisten konttien, vaihto- ja trukkilavojen osuus oli 32 %. Keskisuurten säkkien ja laatikoiden käyttöosuus oli 15 %. Keskisuurella tarkoitetaan pakkausta, johon mahtuu pilkettä 20-40 kg. Suursäkkien eli verkkosäkkien osuus oli 13 %. Niihin mahtuu pilkettä noin 1,2 i-m³.



KUVIO 8. Pakatun pilkkeen jakautuminen erilaisiin pakkausmuotoihin (Seppänen & Kärhä 2003, 4).

Seppäsen ja Kärhän (2003) mukaan pilkkeen pakkaus suoritetaan suurimmaksi osaksi käsin. 58 % pilkkeestä pakattiin käsin ja 42 % koneellisesti. Koneellinen pakkaus tarkoittaa tässä tapauksessa pilkkeen valmistamista suoraan esim. suursäkkeihin (kuva 33). Tällöin pilkkeet putoavat säkkiin suoraan pilkkeen poistokuljettimelta. Käsityönä tapahtuva pilkkeen pakkaaminen on hyvin kallista. Vuonna 2001 keskimääräinen pakkauskustannus oli noin 7 €/i-m³. Hinnan vaihtelua on huomattavasti sekä ylös että alas. (Seppänen & Kärhä 2003, 4.)



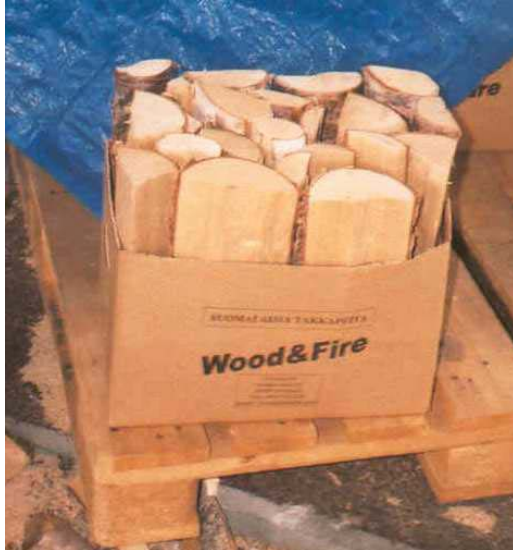
KUVA 33. Verkkosäkiissä pilke voidaan sekä kuivata, varastoida että jakaa asiakkaalle (Maaselän Kone Oy 2003).

Tulipuu Oy on kehittänyt erilaisia käsittely- ja jakeluyksiköitä pilkkeelle, joita voivat käyttää Tulipuu-verkoston kuuluvat pilketuottajat. Myyrälava on puurakenteinen ja sen käsittely ja siirtely suoritetaan myyräkärriillä, jotka muistuttavat tiilikärriä. Myyrälavan korkeus on 120 cm, leveys 80 cm ja pituus 33 cm. Myyrälavaan sopii pilkettä noin $0,35 \text{ i-m}^3$. Tulipuu-yrittäjät kuljettavat myyrälavan asiakkaalle yleensä avolavapakettiautolla. Lastaus ja purku suoritetaan ajosiltaa pitkin. Myyrälavan hinta on noin 5 €. (Nevalainen 1998, 117-118.)

Mottilavan on myyrälavaa suurempi kuljetusyksikkö. Mottilavan leveys on 100 cm, pituus 120 cm ja korkeus noin 97 cm. Mottilava koostuu päädyistä, jotka on naulattu lavaan kiinni. Lavan päädyissä on vinotuet, jotta kaksi lavaa kestää laittaa päällekkäin. Lavaan sopii pilkettä $1,07 \text{ p-m}^3$ eli noin $1,5 \text{ i-m}^3$, kun pilkkeen pituus on 33cm. Pilkkeet voidaan joko pinota lavalle tai laittaa pienpakkauksissa. Mottilavan ongelmana on sen koko. Lavan kuljetuksessa asiakkaalle tarvitaan nosturi. Lavaa siirrellään pumppukärriiden avulla. Materiaalien hinnaksi muodostuu noin 5 €, mutta hinnassa ei ole mukana lavakustannusta. (Nevalainen 1998, 120.)

Tulipuu Oy käyttää myös pahvisia pienpakkauksia. Laatikko soveltuu hyvin polttopuun pienkäyttäjille. Tavoitteena laatikon mitoituksessa on ollut sen yhteensopivuus kuormalavoille. FIN-kuormalavalle sopii 10 laatikkoa kerrokseen ja kerroksia voi olla jopa viisi. (Nevalainen 1998, 119.) Laatikon koko on noin 40 dm^3 (OPET Finland 2001, 20).

Huoltoasemilla pilkkeet on pakattu erilaisiin pienpakkauksiin. Käytössä on sekä muovipusseja että pahvilaatikoita (kuva 34). Perttolan (1994, 37) mukaan vesihöyryä muodostuu muovipussien sisään, ellei niissä ole reikiä. Pahvilaatikko on todettu hyväksi pakkaukseksi, koska siinä pilkkeet eivät ”hikoonu” kuten muovipusseissa. Laatikon voi myös hävittää helposti polttamalla. Laatikon haittana on se, että se ei kestä lunta eikä vettä. Laatikossa pilkkeen tulisi olla pystyasennossa, jotta asiakas näkisi mahdolliset pituus- ja laatuvariaatiot. Kun laatikot lastataan päällekkäin lavoille ne tarvitsevat välipahvin, jotta laatikoiden pohjat eivät vaurioidu.



KUVA 34. Pahvilaatikkoon pakatun pilkkeen tulisi olla pystyssä, jotta asiakas näkisi pilkkeen laatu- ja kokoluokan helpommin.

5.3 Pilkkeiden jakelukustannukset

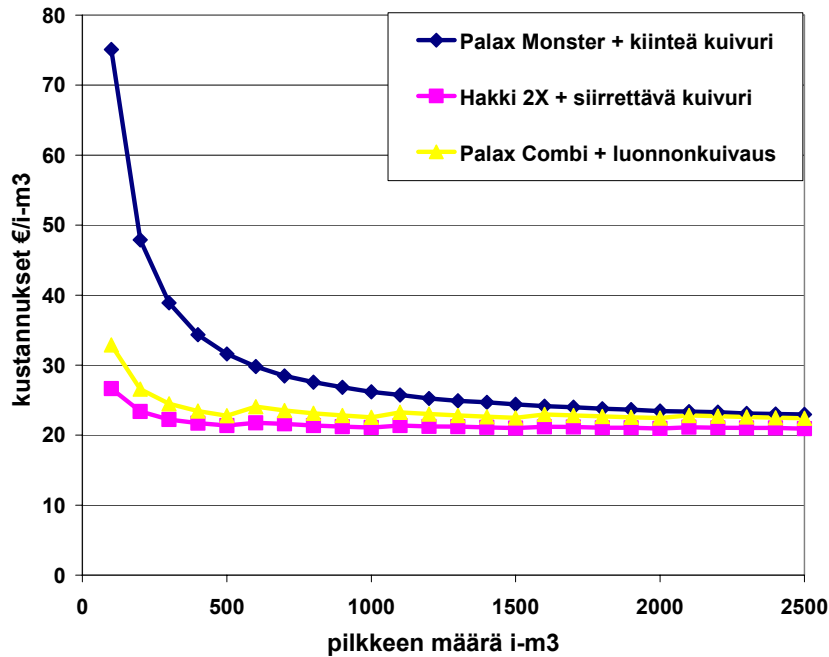
Kaksi kolmasosa 244 pilkekauppiasta sisällytti kuljetuskustannukset pilkkeen hintaan. Tällöin kuljetuksesta peritty hinta oli keskimäärin noin 4 €/i-m³. Loppu kolmasosa laskutti kuljetuskustannukset muulla tavoin. Eräs vaihtoehto oli käyttää kuormataksaa, jolloin kustannus keskimäärin oli 3,7 €/i-m³. Käytössä oli myös kilometritaksa, joka oli keskimäärin 0,79 €/km sekä tuntitaksa, jonka keskimääräinen suuruus oli 24,9 €/h. (Seppänen ja Kärhä 2003, 4.)

5.4 Pilkkeiden hinta kuluttajalle

Seppäsen ja Kärhän (2003, 4) tutkimuksessa vuonna 2001 koivupilkkeen keskimääräinen myyntihinta arvonlisäveroineen pilkeyrittäjän varastosta noudettuna oli 31 €/i-m³. Hintahaitari vaihteli kuitenkin välillä 10-50 €/i-m³. Sekalehtipuupilkkeellä vastaava noutohinta oli keskimäärin 23 euroa ja hinta vaihteli välillä 6,7-40 €/i-m³. Vähemmän suosiossa olevalla havupuupilkkeellä vastaava keskimääräinen myyntihinta oli 22 €/i-m³ ja hinta vaihteli välillä 6,7-45 €/i-m³. Suurten pilkekauppioiden verolliset hinnat olivat noin 15-20 % korkeampia kuin pienten kauppioiden hinnat.

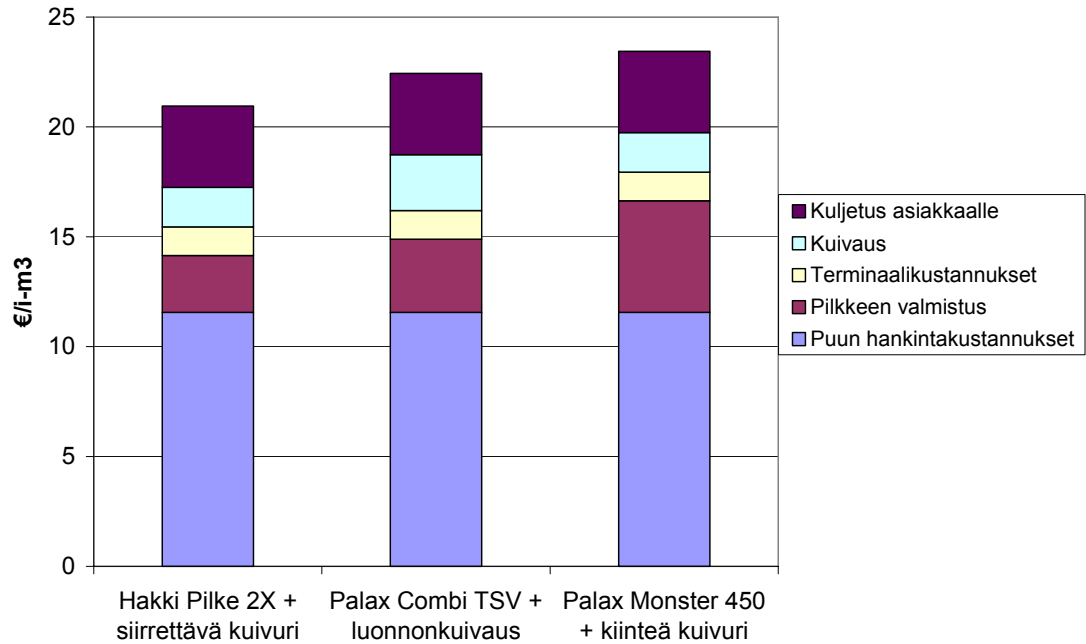
6 PILKKEIDEN TUOTANNON KANNATTAVUUS

Koko pilketuotantoketjusta aiheutuvia kustannuksia tarkasteltiin kolmella eri vaihtoehdolla. Vaihtoehdossa pyrittiin tarkastelemaan pilketuotantoketjua toisistaan poikkeavilla vaihtoehdoilla. Kahdessa vaihtoehdossa pilkekoneena olivat suositut Hakki 2X ja Palax Combi TSV. Nämä pilkekoneet edustavat hinnaltaan suosituinta luokkaa. Kolmanteen vaihtoehtoon pilkekoneeksi valittiin järeä Palax Monster, joka soveltuu ainoastaan suurille tuotantomäärille. Yli 50 000 euron hinnallaan Monster on huomattavasti kalliimpi kuin Hakki 2X ja Palax Combi TSV. Ensimmäinen vaihtoehto edusti tehokasta kaupallista pilketuotantoa, jossa investoinnit haluttiin pitää kuitenkin matalana. Pilkekoneena oli Hakki 2X ja kuivaus tapahtui siirrettävän pilkekuivurin avulla. Toisessa vaihtoehdossa pilkkeet valmistettiin Palax Combi TSV:n avulla, mutta kuivaus suoritettiin luonnonkuivausta apuna käyttäen katoksessa. Keskitettyä ratkaisua eli terminaalivaihtoehtoa edusti Palax Monster ja kiinteä kylmäilmakuivuri. Kuten aiemmassa pilkekonevertailussa, niin myös tässä heijastuu Palax Monsterin korkeat kustannukset pienillä tuotantomäärillä. 1000 i-m³:n vuosittaisilla tuotantomäärillä pilkkeen tuotantokustannukset ovat pienemmillä koneilla noin 20 €/i-m³ (kuvio 9). Myös Monsterilla päästään vastaaviin kustannuksiin kohottamalla vuosittaista tuotantomäärää. Kun vuosittainen tuotantomäärä on yli 1500 i-m³, niin Monsterin ja kiinteän kuivurin tuotantokustannukset ovat jo muiden vaihtoehtojen tuntumassa. Seppäsen ja Kärhän (2003, 4) mukaan vuonna 2001 pakkaamattoman koivupilkkeen keskimääräinen tuotantokustannus oli noin 22 €/i-m³ kohden, joten tältä osin alla oleva kuvio pitää hyvin paikkansa.



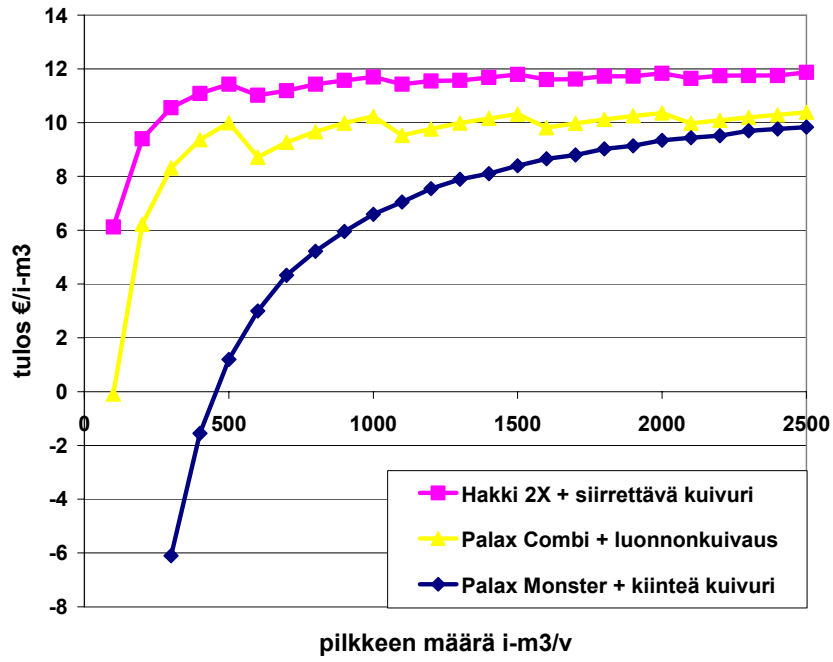
KUVIO 9. Pilkkeen tuotantokustannukset €/i-m³ vuotuisen tuotantomäärän funktiona (ilman alv:tä).

Kun tarkastellaan kustannusten jakautumista 2000 i-m³:n vuosittaisilla tuotantomäärillä, huomataan että raaka-ainekustannukset muodostavat suurimman kustannuserän pilketuotannossa (kuvio10). Raaka-aineena laskelmissa on käytetty koivukuitua, jonka tienvarsihintaa oli Seppäsen ja Kärhän (2003, 4) mukaan keskimäärin 28,9 €/k-m³ vuonna 2001. Irtokuutiometriä kohden kustannus on noin 11,5 €. Hinnassa on huomioitu kuljetus käyttöpaikalle. Pilkkeen kuljettelu kuivurin ja varaston välillä, sekä kuormaus jakeluajoneuvoon vastaa terminaalikustannusta. Terminaalikustannuksena käytettiin kiinteää hintaa, joka oli keskimäärin 1,3 €/i-m³. Jakelukustannuksena asiakkaalle käytettiin hintaa, joka oli 3,7 €/i-m³. (Seppänen ja Kärhä 2003, 4.)



KUVIO 10. Pilkkeen tuotantokustannusten jakautuminen erilaisilla tuotantovaihtoehtoilla (ilman alv:tä).

Kuviossa 11 on tarkasteltu pilkeyrittäjän toiminnan tulosta erilaisilla tuotantomäärillä. Liitteissä 12-14 on laskentataulukot, joiden avulla tulokset on laskettu. Pilkkeen myyntihinta arvonlisäveroineen on laskelmissa 40 €. Pilkekoneille ja kuivausmenetelmille on käytetty aiemmissa liitteissä (1-11) mainittuja laskentapohjia. Kuviossa huomataan, että Palax Monster ja kiinteä kuivuri ovat kannattava yhdistelmä vasta yli 500 i-m³:n vuotuisella määrällä, johtuen suurista investointikustannuksista. Palax ja Hakki yhdistelmät vaativat vähemmän pääomaa ja ovat sen vuoksi kannattavia jo aivan pienilläkin tuotantomäärillä. Hakki 2X ja siirrettävä kuivuri ovat kannattavin yhdistelmä alle 2500 i-m³:n vuotuisilla tuotantomäärillä. Käyrien heilahtelut johtuvat uuden kuivauskapasiteetin investoinnista, jolloin tulos heikkenee selkeästi. Tämä koskee pienemmän kapasiteetin omaavia vaihtoehtoja. Palax Monster vaihtoehto tulee kannattavammaksi vuotuisen tuotantomäärän kasvaessa. Lisäksi Monsterin kannattavuus olisi vieläkin parempi, kun tuotannossa käytettäisiin järeämpää puuta. Näissä laskelmissa Monsterin tuottavuusluvut on laskettu rungoilla, joiden halkaisija on 20 cm:ä.



KUVIO 11. Pilkkeen tuotantomäärän vaikutus pilkeyrittäjän vuosittaiseen tulokseen €/i-m³ (ilman alv:tä).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Kehittämiskohteet pilketuotannossa

Pilkkeiden valmistuksessa yleisin puulaji on koivu, jonka osuus myyntipilkkeestä on 67 %. Yleisin pilkottavan raaka-aineen muoto on kuitupuu, jonka osuus on 54 % kaikesta pilkottavasta raaka-aineesta. Kansantalouden kannalta tämä on ristiriitaista, koska varsinkin koivukuidulle olisi myös teollista käyttöä ja siitä on suorastaan pula Suomessa. Kuitupuun yleinen käyttö pilketuotannossa voidaan perustella suuremmalla tuottavuudella verrattuna esimerkiksi rankaan. Nykyisissä pilkekoneissa voidaan käsitellä ainoastaan yksi runko kerrallaan, jos halutaan että puu myös halkaistaan. Useita runkoja voidaan käsitellä kerralla, mutta tällöin halkaisuterä on poistettava koneesta ja puut eivät tule halotuksi. Myöskin yleinen vaatimus tasaisesta, sahatusta pilkkeen päästä vaikeuttaa tehokkaampien koneiden käyttöä. Vaikka giljotiini koneet ovatkin vielä sahaavia koneita yleensä nopeampia, niin kehitystä tapahtuu koko ajan myös sahaavien koneiden puolella. Tästä hyvänä esimerkkinä Palaxin Power 70, jonka käyttämä yläpuolinen sirkkelikatkaisu on erittäin nopea ja lisäksi kone on hankintahinnaltaan edullinen. Pilkekoneiden tuottavuutta ja käytön helppoutta voitaisiin lisätä automaatiolla, jota eniten hyödynnetään tällä hetkellä Palax Monsterissa. Esimerkiksi halkaisuterän automaattinen korkeussäätö puun paksuuden mukaan nopeuttaisi pilkontaa.

Pilkekoneissa ei ole kuitenkaan järkevää tuijottaa pelkkään tehotuntituottavuuteen vaan pilkeyrittäjän kannalta tärkein tuottavuusluku on työajan tuottavuus. Työajan tuottavuus tarkoittaa työpäivän aikana syntyneen pilkkeen määrän. Tähän vaikuttaa koneen luotettavuus ja huollon helppous ja lisäksi puiden sijainti ja niiden siirto koneeseen.

Pilkkeiden kaupallisessa tuotannossa halkovälivaiheen käyttö on edelleen melko yleistä vaikka sen on todettu lisäävän kustannuksia. Yleensä pilkeyrittäjät perustelevat sen käyttöä varautumisena pilkkeen kysynnän vaihteluihin. Kuivasta halkopinosta voidaan pilkkoa pilkkeitä tilausten perusteella. Halkojen tekoa perustellaan myös mittaustekni-

sillä syillä. Halkopinosta puumäärä on helppo ja luotettava mitata. Edullisin menetelmä on tehdä rangoista tai kuitupuusta suoraan pilkettä aumaan tai muuhun kuivausyksikköön. Aumakuivaus on tosin todettu ongelmalliseksi, jos kesä on kostea ja sateinen. Myös metsässä tapahtuvan rasikuivauksen ja pilkkeiden pinoamisen on todettu lisäävän kustannuksia.

Luonnonkuivausmenetelmistä suosittuja ovat aumakuivauksen lisäksi myös verkkosäkin ja pyöreän betoniverkkohäkin käyttö. Nämä kuivausyksiköt yleensä peitetään muovilla tai vastaavalla, jotta ne ovat sateelta suojassa. Verkkosäkkienkin käytössä avonainen katos olisi hyvä ratkaisu. Tällöin säkit olisivat suojassa sateelta. Myytävien pilkemäärien ollessa suuria joudutaan harkitsemaan suurien polttopuukatoksien ja varastojen rakentamista. Ongelmana on että suurilla tuotantomäärillä suuriin pilkevarastoihin ja katoksiin sitoutuu paljon pääomaa. Ratkaisu tähän on yleensä koneellisen keinokuivauksen käyttö. Koneellisen kylmäilmakuivauksen avulla pilkkeiden kierto nopeutta pystytään parantamaan ja tällöin myös varastointi- ja korkokustannukset pienenevät. Tällä hetkellä Suomessa ei ole kovinkaan paljon pilkeyrittäjiä, jotka käyttävät keinokuivausta pilkkeen kuivaamisessa, mutta suurilla tuotantomäärillä se on välttämätöntä.

Pilkkeen keinokuivauksessa ongelma on siinä, että ylivuoteisia polttopuita on markkinoilla runsaasti ja ne pitävät pilkkeen hinnan alhaisena. Tällöin kilpailuvalteiksi keinokuivauksen käyttäjällä jää pilkkeen moitteeton laatu ja reagointikyky pilkkeen kysynnän vaihteluihin. Kesäaikaan kysynnän vaihteluihin pystytään vastaamaan kylmäilmakuivausratkaisuiden avulla, mutta talvella kuivaukseen pitäisi käyttää lämminilma kuivausta. Yksi ratkaisu voisi olla sahatavarakuivaamon ylimääräisen kapasiteetin käyttö pilkkeen kuivauksessa tai erillisen lämminilma konttikuivurin rakentaminen. Erillisessä lämminilmakuivurissa lämpöä voitaisiin tuottaa esim. pilketuotannosta jäävän roskapuun avulla. Lämminilmakuivaus on toistaiseksi erittäin harvinaista pilkeyrittäjien keskuudessa.

Kuivauskustannuksissa tulisi laskelmien mukaan pyrkiä alle 2 €/i-m^3 , kun käytetään kylmäilmakuivausta. Tällöin kuivuri on tehokkaasti mitoitettu. Suomen kesä sateineen on kuitenkin riski pilkeyrittäjälle, jos hän käyttää kylmäilmakuivausta. Tällöin yrittäjä, joka on investoinut suuriin, pysyviin varastoihin hyötyy selkeästi.

Olemassa olevien tulosten valossa pilkekuivuri on kilpailukykyinen vaihtoehto, jos valmiita, suuria varastoja ei ole. Varastotilaa voi vapautua esimerkiksi maataloudesta, jolloin se tarjoaa pilkeyrittäjälle selkeän edun. Pilkkeen kuivausaika on parhaimmillaan noin 20 vuorokautta kuivurissa, kun käytetään Työtehoseuran kehittämää siirrettävää pilkekuivuria tai vastaavaa kevytrakenteista kylmäilmakuivuria. Näiden tulosten valossa suuret kiinteät kuivurit eivät ole paras ratkaisu, koska niistä ei ole olemassa selkeää tutkimustietoa, jota voitaisiin hyödyntää. Yrittäjän ei ole järkevää ottaa riskiä ja sijoittaa kymmeniä tuhansia euroja ratkaisuun, jonka toimivuudesta ei voida olla varmoja. Monikäyttökuivurin käyttöä puoltaa se, jos se on jo ennestään ja sille on muutakin tarvetta.

Pilkkeiden pakkaaminen tapahtuu käsin. 58 % pakatusta pilkkeestä on tehty käsityönä. Koneellisella pakkauksella tarkoitetaan yleensä pilkkeen tekemistä suoraan verkkosäkkiin. Varsinaisia pakkauskoneita ei käytetä pilkkeen tuotannossa toistaiseksi, mutta niille olisi selkeästi kysyntää. Mitä pienempään pakkaukseen pilke on pakattu, sen kalliimpi se on hinnaltaan. Irtopilke on luonnollisesti edullisinta. Pakatun pilkkeen laatuvaatimukset ovat asiakkaiden puolelta tiukat, epäpuhtauksia ei sallita.

Pilkkeiden jakelu suoritetaan suuremmilla tuotantomäärillä yleensä kuorma-autolla. Lava on usein jaettu lokeroihin, jolloin ajoreitin varrella voi olla useampikin asiakas. Myös vaihtolavan käyttö kuivausyksikkönä voisi alentaa kustannuksia. Tällöin pilkkeen käsittelykerrat vähenevät. Jakelu voisi olla tehokkaampaa, kun se tehtäisiin keskitetysti. Tällöin usean eri yrittäjän tilaukset laitettaisiin yhteen ja ammattilainen hoitaisi kuljetuksen asiakkaalle. Usein suuria määriä tuottavilla pilkeyrittäjillä menee paljon aikaa tien päällä. Kun kuljetus hoituisi jonkun toisen toimesta, niin silloin jäisi enemmän aikaa varsinaiseen pilkkeen valmistukseen.

Pilkkeiden myynnissä ongelmana voidaan pitää epäyhtenäistä mittauskäytäntöä. Jotkut yrittäjät käyttävät irto- m^3 , jotkut pino- m^3 ja kun vielä kiintokuutiometrikin on käytössä, niin käytäntö on vähintäänkin epäselvä. Pilkkeiden laatuluokituskaan ei ole yleisessä käytössä.

7.2 Toimintamallit pilketuotannossa

7.2.1 Hajautettu pilketuotanto

Maaseudulla toimivan pilkeyrittäjän voi olla hankalaa löytää riittävän laajaa asiakas-kuntaa läheltä. Tällöin yksi vaihtoehto voisi olla hajautettu pilketuotanto. Pilke val-mistettaisiin kolmella tai useammalla varastolla, jotka olisivat sijainniltaan esim. 30 km:n päässä toisistaan. Lisäksi varastojen olisi hyvä sijaita taajamien lähellä, koska potentiaaliset asiakkaat asuvat yleensä taajamissa. Kooltaan varastot voisivat olla esim. 500 i-m³.

Raaka-aine, esim. koivukuitu ostettaisiin kullekin varastolle lähialueelta, jolloin raaka-aineen kuljetusmatka ei muodostuisi niin pitkäksi kuin keskitetyssä pilketuotannossa. Pilke valmistettaisiin sahaavalla pilkekoneella, joka olisi varustettu autoalustalla. Voimanlähteenä pilkekone käyttäisi polttomoottoria. Tämän tyyppinen pilkekone on helppo ja nopea kuljettaa varastolta toiselle, koska sitä voidaan hinata autolla. Kuivaus varastoilla voitaisiin suorittaa perinteisissä betoniverkkohäkeissä tai verkkosäkeissä, mutta talveksi tämän tyyppiset kuivausyksiköt jouduttaisiin luonnollisesti peittämään. Myös aumakuivaus olisi mahdollista, mutta talveksi pilke jouduttaisiin siirtämään varastoon homehtumisvaaran vuoksi. Hajautetussa tuotannossa myös kevytrakenteisen kuivurin käyttäminen olisi perusteltua, mutta ongelmaksi voisi muodostua sähkönsaanti puhaltimeen, mikäli varasto on kovin syrjäisellä paikalla.

Mikäli varastojen käyttö on pitkäjänteistä, niin myös kiinteämpiä katoksia voidaan harkita varastoille. Varsinkin verkkosäkit olisi hyvä säilyttää katoksessa, josta ne olisi talvellakin helppo noutaa ja kuljettaa asiakkaille. Tämän tyyppisellä tuotantomallilla myös taajamista kauempana asuva pilkeyrittäjä pystyisi säästämään kuljetuskustan-nuksissa. Raaka-aine pystyittäisiin toimittamaan lähempää jokaiselle varastolle ja taa-jaman lähellä sijaitseva varasto laskisi huomattavasti kuljetuskustannuksia, koska asi-akkaat sijaitsivat luonnollisesti lähempänä varastoa. Kustannuksia aiheuttaisivat mah-dolliset maa-alueen ostot tai vuokrat, jotka jokainen varasto vaatisi.

7.2.2 Keskitetty pilketuotanto

Keskitetty pilketuotanto sopii suurten pilkemäärien tuottamiseen. Raaka-aine tuodaan puutavara-autolla valmistuspaikalle, jossa se pilkootaan, kuivataan ja mahdollisesti varastoidaan. Valmistus suoritetaan tehokkaalla sahaavalla pilkekoneella. Kuivauksessa voidaan käyttää joko luonnonkuivausta tai koneellista keinokuivausta. Luonnonkuivauksella pilkkeen varastointitiloihin sitoutuu runsaasti pääomaa ja kiertoaika muodostuu pitkäksi, joten hyvään laatuun ja kustannustehokkuuteen pyrittäessä vaihtoehdoksi muodostuu koneellinen keinokuivaus.

Keskitetty tuotanto soveltuu hyvin pilkeyrittäjälle, joka toimii suurehkon taajaman lähellä. Tällöin mahdollinen asiakaspotentiaali löytyy läheltä pilkevarastoa ja kuljetuskustannukset asiakkaalle eivät nouse kovin korkeiksi. Keskitetyssä tuotannossa voidaan myös tehostaa pilkkeen tuotantoketjua siten, että eri vaiheet suoritetaan hyvin tehokkailla ratkaisulla. Valmistus voidaan suorittaa esim. Palax Monsterilla tai useammalla pienemmällä koneella. Useampaa konetta käytettäessä työvoiman palkkakustannukset täytyy ottaa huomioon. Kuivaus suoritetaan kiinteän suuren kuivurin avulla tai lämminilmakuivaamon avulla. Mikäli lähellä on sahatavakuivaamo myös sen käyttöä voidaan harkita. Kustannuksiltaan se on kallista, mutta kuivausaika on lyhyt ja tuotannosta saadaan lähes ympärivuotista. Jakelu suoritetaan kuorma-autolla, jossa on myös nosturi. Nosturi on kätevä esim. verkkosäkkien tai pilkehäkkien jakelussa.

7.2.3 Yrittäjärengas

Yrittäjärengas koostuu useasta eri pilkeyrittäjästä, jotka toimivat yhteistyössä. Tämä tuotantomalli soveltuu varsinkin maaseudulla toimiville sivutoimisille pilkeyrittäjille. Yrittäjärengas voi koostua vaikka viidestä pilketuottajasta, jotka voivat käyttää yhteistä pilkekoneita. Yksi renkaan yrittäjistä hoitaa jakelun ja hänellä on siihen soveltuvaa kalustoa, esim. kuorma-auto tai traktori ja perävaunu. Pilkekone on vuorollaan jokaisella yrittäjällä, joka huolehtii myös koneen kunnosta ja huolloista. Pilke pyritään valmistamaan keväällä, jolloin se ehtii kuivua kesän aikana. Kuivausmenetelmäksi soveltuu hyvin luonnonkuivaus esim. katoksissa tai aumassa.

Kun asiakas tilaa pilkettä, ottaa hän yhteyttä kuljetuksia hoitavaan pilkeyrittäjään. Tämä pilkeyrittäjä voi hakea pilkkeen keneltä vaan renkaassa olevalta yrittäjältä. Yrit-

täjärenkaan etuna on se, että jos pilke loppuu jonkun yrittäjän varastosta on varalla muita yrittäjiä. Yrittäjäengasta voitaisiin kehittää siten, että jokainen renkaassa oleva yrittäjä erikoistuisi esim. johonkin pilkelaatuun. Näitä laatuja voisi olla koivupilke, sekapilke ja pakattu pilke. Kuljetuksia hoitava yrittäjä voisi myös mainostaa pilkelaatuja. Tuotantomäärät kullakin yrittäjällä voisivat olla kysynnästä riippuen muutamia satoja irtokuutiometrejä. Tämän tyyppinen yritystoiminta vaatii jokaiselta renkaaseen kuuluvalta yhteistyökykyä.

LÄHTEET

Agromaster Oy. 2003. Agromaster tuotteet [Viitattu 12.7.2003.]

[Http://www.agromaster.fi/images/pilkemaster](http://www.agromaster.fi/images/pilkemaster)

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. Espoo: Otamedia.

ALTENER Tiedote 3. Puu polttoaineena. VTT Energia. Jyväskylä.

Energiamarkkinavirasto. 2003. [Viitattu 3.9.2003.]

[Http://www.energiamarkkinavirasto.fi](http://www.energiamarkkinavirasto.fi)

Harju, H. Halkokauppias Hannu Harju. [Viitattu 19.7.2003.]

[Http://www.epaijanne.net](http://www.epaijanne.net)

Härkönen, H. 2001. Palax Monster klapitehdas. [Viitattu 19.7.2003.] Koneviesti.

[Http://www.koneviesti.fi/VANHAT/kv162001/palax.html](http://www.koneviesti.fi/VANHAT/kv162001/palax.html)

Jalonen, P. 2000. Kesätuote Ky:n klapilinja: suuria määriä laadukasta tavaraa. Koneviesti 9.6.2000, 10-11.

Järvenpää, M. & Kivinen, K. 1993. Kylmäilmakuivausopas. Työtehoseura, Pellervo-lehti.

Kouki, J. 2001. Pilkekuivurilla hyvälaatuista polttopuuta. Teho-lehti 4/2001, 29-30.

Kärhä, K. & Jouhiaho A. 2003. Sahaavien pilkekoneiden tuottavuus. Työtehoseuran metsätiedote 660. Forssa: Painotalo Auranen.

Kärhä, K., Jouhiaho, A. & Mutikainen, A. 2003. Pilkekonetyön tuottavuus, kustannukset ja kuormittavuus. Työtehoseuran raportteja ja oppaita 4. Helsinki: Edita.

Laitilan Rautarakenne Oy. 2003. Japa 2000- klapikone. Mainosseite.

Maaselän Kone Oy. 2003. Hakki klapikoneet. [Viitattu 9.7.2003.]

[Http://www.maaselankone.fi/tuotteet/tuotteet.php?id=klapikoneet](http://www.maaselankone.fi/tuotteet/tuotteet.php?id=klapikoneet)

Maatalouskalenteri. 2003. Käytännön Maamies.

Motiva Oy. Pätäkittäin puulämmityksestä. Opaslehtinen.

Mottinetti. 2003. Polttopuukaupan Internet palvelu. [Viitattu 14.7.2003]

[Http://www.mottinetti.com/db/savonvoima/mottinetti.nsf/](http://www.mottinetti.com/db/savonvoima/mottinetti.nsf/)

Mutikainen, A. & Kärhä, K. 2002. Polttopuun pilkonalaitteet vuonna 2002. Työtehoseuran metsätiedote 649. Forssa: Painotalo Auranen.

Nevalainen, A. 1998. Toim. Nikku. P. Projektikirja 1993-1998, Osa I, Puupolttoaineiden tuotantotekniikka, 117-121. Jyväskylän Teknologiakeskus.

OPET Finland. 2001. Pienpuun korjuu- ja käyttöteknologia – tilannekatsaus. [Viitattu 10.6.2003]. [Http://www.tekes.fi/opet/pdf/OPET_raportti3.pdf](http://www.tekes.fi/opet/pdf/OPET_raportti3.pdf)

Perttola, S. 1994. Esitutkimus pilkkeiden tuotannosta ja jakelusta. Työtehoseuran monisteita 33. Helsinki: Kopio-Hirvi.

Pikkujämsä, J. 2001. Polttopuun kuivausopas. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, maatalousalan yksikkö.

Pirinen, H. 1997. Pilkeopas omakotitaloille. Työtehoseuran julkaisuja 357. Huhmari: KarPrint.

Riikilä, M. 2003. Yhden miehen klapitehdas. Metsälehti 27.3.2003, 19.

Rinne, S. 2001. Puupolttoaineiden kuivausmenetelmien kartoitus. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, energiatekniikan osasto.

Sairanen, I. 2002. Sahaavat pilkekoneet kokeilussa. Koneviesti 11.1.2002, 41 – 47.

Saranpää, P. & Tuimala, A. 1997. Kosteus Puussa. Työtehoseuran metsätiedote 577. Forssa: Painotalo Auranen.

Seppänen, A. & Kärhä, K. 2003. Pilkekauppa Suomessa. Työtehoseuran metsätiedote 662. Forssa: Painotalo Auranen.

Tapion Taskukirja. 1997. Toim. M. Häyrynen. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino.

Terästakomo Oy. 2003a. Palax Combi TSV. [Viitattu 13.7.2003]

[Http://www.terastakomo.com/tt/main.html](http://www.terastakomo.com/tt/main.html)

Terästakomo Oy. 2003b. Palax Power 70. Mainoseseite.

Tuomi, S. & Peltola, A. 2002. Polttopuun käytön nykytila pientaloissa. Työtehoseuran metsätiedote 658. Forssa: Painotalo Auranen.

Virtanen, R., Ritala, P. & Lind, M. 1984. Nalikoiden tuotanto ja jakelu taajamissa. Tutkimusraportti nro 38. Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto.

LIITTEET

Liite 1. Hakki Pilke 1X37 Easy

| Hakki Pilke 1X37 Easy | | |
|---|---------------------|-------------|
| Käyttöaika | h/v | 308,9 |
| Veroton hankintahinta | € | 4254 |
| Jäännösarvo (15 % jha:sta) | € | 638,1 |
| Käyttöikä | h | 1500 |
| Poistettava pääoma | € | 3615,9 |
| Poisto | €/v | 744,6 |
| Korko 5 % | €/v | 122,3 |
| Säilytyskustannus | €/v | |
| Vakuutuskustannus | €/v | |
| Peruskustannukset yhteensä | €/v | 866,89 |
| Peruskustannukset | €/h | 2,81 |
| Kunnossapito (3 % hankintahinnasta) | €/h | 0,41 |
| Voiteluaine | €/h | 0,31 |
| Sähkö | €/h | |
| Käyttäjän palkka | €/h | 12,93 |
| Käyttökustannus | €/h | 13,65 |
| Perus- ja käyttökust. yhteensä | €/h | 16,46 |
| Traktorin tuntikustannus | €/h | 4,94 |
| Pilkkeen valmistuskustannus yhteensä | €/h | 21,40 |
| Koneen käyttötuntituottavuus | i-m ³ /h | 6,48 |
| Pilkontakustannus | €/i-m ³ | 3,31 |
| Pilkontakustannus (sis.alv) | €/i-m ³ | 4,03 |
| Pilkkeen valmistusmäärä | i-m ³ /v | 2000 |

Liite 2. Hakki Pilke 2X

| Hakki Pilke 2X | | |
|---|---------------------|---------------|
| Käyttöaika | h/v | 235,3 |
| Veroton hankintahinta | € | 4684 |
| Jäännösarvo (15 % jha:sta) | € | 702,6 |
| Käyttöikä | h | 1500 |
| Poistettava pääoma | € | 3981,4 |
| Poisto | €/v | 624,5 |
| Korko 5 % | €/v | 134,7 |
| Säilytyskustannus | €/v | |
| Vakuutuskustannus | €/v | |
| Peruskustannukset yhteensä | €/v | 759,20 |
| Peruskustannukset | €/h | 3,23 |
| Kunnossapito (3 % hankintahinnasta) | €/h | 0,60 |
| Voiteluaine | €/h | 0,31 |
| Sähkö | €/h | |
| Käyttäjän palkka | €/h | 12,93 |
| Käyttökustannus | €/h | 13,84 |
| Perus- ja käyttökust. yhteensä | €/h | 17,06 |
| Traktorin tuntikustannus | €/h | 4,94 |
| Pilkkeen valmistuskustannus yhteensä | €/h | 22,00 |
| Koneen käyttötuntituottavuus | i-m ³ /h | 8,50 |
| Pilkontakustannus | €/i-m ³ | 2,59 |
| Pilkontakustannus (sis.alv) | €/i-m ³ | 3,16 |
| Pilkkeen valmistusmäärä | i-m ³ /v | 2000 |

Liite 3. Hakki Pilke OH 60

| Hakki Pilke OH 60 | | |
|---|---------------------|--------------|
| Käyttöaika | h/v | 332,0 |
| Veroton hankintahinta | € | 2722 |
| Jäännösarvo (15 % jha:sta) | € | 408,3 |
| Käyttöikä | h | 1500 |
| Poistettava pääoma | € | 2313,7 |
| Poisto | €/v | 512,0 |
| Korko 5 % | €/v | 78,3 |
| Säilytyskustannus | €/v | |
| Vakuutuskustannus | €/v | |
| Peruskustannukset yhteensä | €/v | 590,28 |
| Peruskustannukset | €/h | 1,78 |
| Kunnossapito (3 % hankintahinnasta) | €/h | 0,25 |
| Voiteluaine | €/h | |
| Sähkö | €/h | |
| Käyttäjän palkka | €/h | 12,93 |
| Käyttökustannus | €/h | 13,18 |
| Perus- ja käyttökust. yhteensä | €/h | 14,95 |
| Traktorin tuntikustannus | €/h | 4,94 |
| Pilkkeen valmistuskustannus yhteensä | €/h | 19,89 |
| Koneen käyttötuntituottavuus | i-m ³ /h | 6,03 |
| Pilkontakustannus | €/i-m ³ | 3,30 |
| Pilkontakustannus (sis.alv) | €/i-m ³ | 4,03 |
| Pilkkeen valmistusmäärä | i-m ³ /v | 2000 |

Liite 4. Palax Combi TSV E

| Palax Combi TSV E | | |
|---|---------------------|--------------|
| Käyttöaika | h/v | 317,5 |
| Veroton hankintahinta | € | 4102 |
| Jäännösarvo (15 % jha:sta) | € | 615,3 |
| Käyttöikä | h | 1500 |
| Poistettava pääoma | € | 3486,7 |
| Poisto | €/v | 737,9 |
| Korko 5 % | €/v | 117,9 |
| Säilytyskustannus | €/v | |
| Vakuutuskustannus | €/v | |
| Peruskustannukset yhteensä | €/v | 855,86 |
| Peruskustannukset | €/h | 2,70 |
| Kunnossapito (3 % hankintahinnasta) | €/h | 0,39 |
| Voiteluaine | €/h | |
| Sähkö | €/h | |
| Käyttäjän palkka | €/h | 12,93 |
| Käyttökustannus | €/h | 13,32 |
| Perus- ja käyttökust. yhteensä | €/h | 16,01 |
| Traktorin tuntikustannus | €/h | 4,94 |
| Pilkkeen valmistuskustannus yhteensä | €/h | 20,95 |
| Koneen käyttötuntituottavuus | i-m ³ /h | 6,30 |
| Pilkontakustannus | €/i-m ³ | 3,33 |
| Pilkontakustannus (sis.alv) | €/i-m ³ | 4,06 |
| Pilkkeen valmistusmäärä | i-m ³ /v | 2000 |

Liite 5. Palax Monster 450

| Palax Monster 450 | | |
|---|---------------------|----------------|
| Käyttöaika | h/v | 181,8 |
| Veroton hankintahinta | € | 57000 |
| Jäännösarvo (15 % jha:sta) | € | 8550 |
| Käyttöikä | h | 2500 |
| Poistettava pääoma | € | 48450 |
| Poisto | €/v | 3523,6 |
| Korko 5 % | €/v | 1638,8 |
| Säilytyskustannus | €/v | 200 |
| Vakuutuskustannus | €/v | 350 |
| Peruskustannukset yhteensä | €/v | 5712,39 |
| Peruskustannukset | €/h | 31,42 |
| Kunnossapito (3 % hankintahinnasta) | €/h | 9,41 |
| Voiteluaine | €/h | 0,31 |
| Sähkö 22 kW ja 7 kW | €/h | 1,86 |
| Käyttäjän palkka | €/h | 12,93 |
| Käyttökustannus | €/h | 24,50 |
| Perus- ja käyttökust. yhteensä | €/h | 55,92 |
| Traktorin tuntikustannus | €/h | |
| Pilkkeen valmistuskustannus yhteensä | €/h | 55,92 |
| Koneen käyttötuntituottavuus | i-m ³ /h | 11,00 |
| Pilkontakustannus | €/i-m ³ | 5,08 |
| Pilkontakustannus (sis.alv) | €/i-m ³ | 6,20 |
| Pilkkeen valmistusmäärä | i-m ³ /v | 2000 |

Liite 6. Superpilke 2000

| Superpilke 2000 (giljotini) | | |
|---|---------------------|---------------|
| Käyttöaika | h/v | 156,3 |
| Veroton hankintahinta | € | 4411 |
| Jäännösarvo (15 % jha:sta) | € | 661,65 |
| Käyttöikä | h | 1500 |
| Poistettava pääoma | € | 3749,35 |
| Poisto | €/v | 390,6 |
| Korko 5 % | €/v | 126,8 |
| Säilytyskustannus | €/v | |
| Vakuutuskustannus | €/v | |
| Peruskustannukset yhteensä | €/v | 517,37 |
| Peruskustannukset | €/h | 3,31 |
| Kunnossapito (3 % hankintahinnasta) | €/h | 0,85 |
| Voiteluaine | €/h | |
| Sähkö | €/h | |
| Käyttäjän palkka | €/h | 12,93 |
| Käyttökustannus | €/h | 13,78 |
| Perus- ja käyttökust. yhteensä | €/h | 17,09 |
| Traktorin tuntikustannus | €/h | 4,94 |
| Pilkkeen valmistuskustannus yhteensä | €/h | 22,03 |
| Koneen käyttötuntuottavuus | i-m ³ /h | 12,80 |
| Pilkontakustannus | €/i-m ³ | 1,72 |
| Pilkontakustannus (sis.alv) | €/i-m ³ | 2,10 |
| Pilkkeen valmistusmäärä | i-m ³ /v | 2000 |

Liite 7. Polttopuukatos

Polttopuukatos

KUIVAUS

| | | |
|----------------------------|-----------------------|-----|
| Kuivausaika vuodessa | kk/v | 6 |
| Katoksen kapasiteetti | i-m ³ /erä | 500 |
| Yhden erän kuivausaika | kk/erä | 6 |
| Täyttö + purkukustannukset | €/i-m ³ | 0,5 |
| Sähkönkulutus | kWh/i-m ³ | |
| Sähkön hinta | €/kWh | |
| Kuivauskapasiteetti | i-m ³ /v | 500 |
| Poistoaika | v | 20 |
| Korko | % | 5 % |

Katoksen pääomakustannukset

| | | |
|--|-----|-------------------|
| Investoinnit (ilman ALV) | | |
| Katos (lev. 3,5 m, kork. 3 m, pit. 50 m) | € | 12 000,00 € |
| Korko (5%) | €/v | 300,00 € |
| Poisto | €/v | 600,00 € |
| Vakuutus ja kunnossapito (1%) | €/v | 120,00 € |
| Peruskustannukset | €/v | 1 020,00 € |

Käyttökustannukset

| | | |
|---------------------------|-----|-----------------|
| Täyttö ja purku | €/v | 250,00 € |
| Käyttökustannukset | €/v | 250,00 € |

| | | |
|---|--------------------|-------------------|
| Pääoma- ja käyttökustannukset yhteensä | €/v | 1 270,00 € |
| Kustannukset | €/i-m ³ | 2,54 € |

Liite 8. Kevytrakenteinen kenttäkuivuri

Kevytrakenteinen kenttäkuivuri

KUIVAUS TIEDOT

| | | |
|----------------------------|-----------------------|-------|
| Kuivausaika vuodessa | kk/v | 5 |
| Kuivurin kapasiteetti | i-m ³ /erä | 100 |
| Kuivauserät | eriä/v | 5 |
| Yhden erän kuivausaika | vrk/erä | 30 |
| Täyttö + purkukustannukset | €/i-m ³ | 0,5 |
| Sähkönkulutus | kWh/i-m ³ | 8 |
| Sähkön hinta | €/kWh | 0,064 |
| Kuivauskapasiteetti | i-m ³ /v | 500 |
| Poistoaika | v | 10 |
| Korko | % | 5 % |

Pilkekuivurin pääomakustannukset

| | | |
|---|--------------------|-------------------|
| Investoinnit (ilman ALV) | | |
| Kuivurirakennus | | 1 000,00 € |
| Puhallin 4 kW | | 700,00 € |
| | | 1 700,00 € |
| Korko (5%) | €/v | 42,50 € |
| Poisto | €/v | 170,00 € |
| Vakuutus ja kunnossapito (1,5%) | €/v | 25,50 € |
| Peruskustannukset | €/v | 238,00 € |
| Käyttökustannukset | | |
| Sähkö | €/v | 256,00 € |
| Täyttö ja purku | €/v | 250,00 € |
| Käyttökustannukset | €/v | 506,00 € |
| Pääoma- ja käyttökustannukset yhteensä | €/v | 744,00 € |
| Kustannukset | €/i-m ³ | 1,49 € |
| Sähkön osuus | €/i-m ³ | 0,51 € |

Liite 9. Kiinteä monikäyttökuivuri

Kiinteä monikäyttökuivuri

KUIVAUS TIEDOT

| | | |
|----------------------------|-----------------------|-------|
| Kuivausaika vuodessa | kk/v | 5 |
| Kuivurin kapasiteetti | i-m ³ /erä | 500 |
| Kuivauserät | eriä/v | 5 |
| Yhden erän kuivausaika | vrk/erä | 30 |
| Täyttö + purkukustannukset | €/i-m ³ | 0,5 |
| Sähkönkulutus | kWh/i-m ³ | 8,8 |
| Sähkön hinta | €/kWh | 0,064 |
| Kuivauskapasiteetti | i-m ³ /v | 2500 |
| Poisto aika | v | 20 |
| Korko | % | 5 % |

Pilkekuivurin pääomakustannukset

| | | |
|---|--------------------|--------------------|
| Investoinnit (ilman ALV) | | |
| Kuivurirakennus | | 15 000,00 € |
| Puhaltimet 11 kW (2 kpl) | | 2 000,00 € |
| | | 17 000,00 € |
| Korko (5%) | €/v | 425,00 € |
| Poisto | €/v | 850,00 € |
| Vakuutus ja kunnossapito (1,5%) | €/v | 255,00 € |
| Peruskustannukset | €/v | 1 530,00 € |
| Käyttökustannukset | | |
| Sähkö | €/v | 1 408,00 € |
| Täyttö ja purku | €/v | 1 250,00 € |
| Käyttökustannukset | €/v | 2 658,00 € |
| Pääoma- ja käyttökustannukset yhteensä | €/v | 4 188,00 € |
| Kustannukset | €/i-m ³ | 1,68 € |
| Sähkön osuus | €/i-m ³ | 0,56 € |

Liite 10. Siirrettävä pilkekuivuri

Siirrettävä pilkekuivuri

KUIVAUS TIEDOT

| | | |
|----------------------------|-----------------------|-------|
| Kuivausaika vuodessa | kk/v | 5 |
| Kuivurin kapasiteetti | i-m ³ /erä | 70 |
| Kuivauserät | eriä/v | 7 |
| Yhden erän kuivausaika | vrk/erä | 20 |
| Täyttö + purkukustannukset | €/i-m ³ | 0,5 |
| Sähkönkulutus | kWh/i-m ³ | 9 |
| Sähkön hinta | €/kWh | 0,064 |
| Kuivauskapasiteetti | i-m ³ /v | 490 |
| Poistoaika | v | 10 |
| Korko | % | 5 % |

Pilkekuivurin pääomakustannukset

| | | |
|---|--------------------|-------------------|
| Investoinnit (ilman ALV) | | |
| Kuivurirakennus | | 2 000,00 € |
| Puhallin | | 700,00 € |
| | | 2 700,00 € |
| Korko (5%) | €/v | 67,50 € |
| Poisto | €/v | 270,00 € |
| Vakuutus ja kunnossapito (1,5%) | €/v | 40,50 € |
| Peruskustannukset | €/v | 378,00 € |
| Käyttökustannukset | | |
| Sähkö | €/v | 286,72 € |
| Täyttö ja purku | €/v | 245,00 € |
| Käyttökustannukset | €/v | 531,72 € |
| Pääoma- ja käyttökustannukset yhteensä | €/v | 909,72 € |
| Kustannukset | €/i-m ³ | 1,86 € |
| Sähkön osuus | €/i-m ³ | 0,59 € |

Liite 11. Lämminilma konttikuivuri

Lämminilma konttikuivuri

KUIVAUS TIEDOT

| | | |
|----------------------------|-----------------------|-------|
| Kuivausaika vuodessa | kk/v | 10 |
| Kuivurin kapasiteetti | i-m ³ /erä | 54 |
| Kuivauserät | eriä/v | 40 |
| Yhden erän kuivausaika | vrk/erä | 6 |
| Täyttö + purkukustannukset | €/i-m ³ | 0,5 |
| Lämmönkulutus | kWh/i-m ³ | 100 |
| Sähkönkulutus | kWh/i-m ³ | 10,7 |
| Sähkön hinta | €/i-m ³ | 0,064 |
| Lämmön hinta | €/MWh | 8 |
| Kuivauskapasiteetti | i-m ³ /v | 2160 |
| Poisto aika | v | 20 |
| Korko | % | 5 % |

Pilkekuivurin pääomakustannukset

| | | |
|---|--------------------|-------------------|
| Investoinnit (ilman ALV) | | |
| Kuivurirakennus | | 3 000,00 € |
| Lämmitysjärjestelmä | | 3 000,00 € |
| Puhallin 4 kW | | 2 000,00 € |
| | | 8 000,00 € |
| Korko (5%) | €/v | 200,00 € |
| Poisto | €/v | 400,00 € |
| Vakuutus ja kunnossapito (1,5%) | €/v | 120,00 € |
| Peruskustannukset | €/v | 720,00 € |
| Käyttökustannukset | | |
| Lämpö | €/v | 1 728,00 € |
| Sähkö | €/v | 1 474,56 € |
| Täyttö ja purku | €/v | 1 080,00 € |
| Käyttökustannukset | | 2 554,56 € |
| Pääoma- ja käyttökustannukset yhteensä | €/v | 3 274,56 € |
| Kustannukset | €/i-m ³ | 1,52 € |
| Sähkön osuus | €/i-m ³ | 0,68 € |
| Lämmön osuus | €/i-m ³ | 0,80 € |

Liite 12. Hakki Pilke 2X + siirrettävä kuivuri

Hakki Pilke 2X + siirrettävä kuivuri

| | | |
|------------------------------|---------------------|-------|
| Tulos | €/v | 23674 |
| Myyntimäärä | i-m ³ /v | 2000 |
| Arvonlisävero | | 22 % |
| Pilkkeen tiheys | | 0,4 |
| Ostettava puumäärä | k-m ³ /v | 800 |
| Myyntihinta, sis. ALV | €/i-m ³ | 40 |

| KUSTANNUKSET | €/v | €/i-m ³ |
|---------------------------|--------------|--------------------|
| Puun hankintakustannukset | 23120 | 11,56 |
| Pilkkeen valmistus | 5180 | 2,59 |
| Terminaalikustannukset | 2600 | 1,3 |
| Kuivauskustannukset | 3600 | 1,8 |
| Kuljetus asiakkaalle | 7400 | 3,7 |
| Muut | 0 | 0 |
| Yhteensä | 41900 | 20,95 |
| Myyntitulot -ALV | 65574 | 32,8 |
| Kustannukset yhteensä | 41900 | 21,0 |
| Katetuotto | 23674 | 11,8 |

| | | |
|--------------|-------|------|
| Tulos | 23674 | 11,8 |
|--------------|-------|------|

Työvaiheiden kustannukset

| | | |
|-------------------------------------|--------------------|------|
| Ostettavan raaka-aineen hinta+toim. | €/k-m ³ | 28,9 |
| Pilkkeen valmistus | €/i-m ³ | 2,59 |
| Terminaalikustannukset | €/i-m ³ | 1,3 |
| Kuivauskustannus | €/i-m ³ | 1,8 |
| Kuljetus asiakkaalle | €/i-m ³ | 3,7 |

Liite 13. Palax Combi TSV + luonnonkuivaus

Palax Combi TSV + luonnonkuivaus

| | | | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------|------|
| Tulos | €/v | 20714 | Työvaiheiden kustannukset | | |
| Myyntimäärä | i-m ³ /v | 2000 | Ostettavan raaka-aineen hinta+toim. | €/k-m ³ | 28,9 |
| Arvonlisävero | | 22 % | Pilkkeen valmistus | €/i-m ³ | 3,33 |
| Pilkkeen tiheys | | 0,4 | Terminaalikustannukset | €/i-m ³ | 1,3 |
| Ostettava puumäärä | k-m ³ /v | 800 | Kuivauskustannus | €/i-m ³ | 2,54 |
| Myyntihinta, sis. ALV | €/i-m ³ | 40 | kuljetus asiakkaalle | €/i-m ³ | 3,7 |
| KUSTANNUKSET | €/v | €/i-m ³ | | | |
| Puun hankintakustannukset | 23120 | 11,56 | | | |
| Pilkkeen valmistus | 6660 | 3,33 | | | |
| Terminaalikustannukset | 2600 | 1,3 | | | |
| Kuivauskustannukset | 5080 | 2,5 | | | |
| Kuljetus asiakkaalle | 7400 | 3,7 | | | |
| Muut | 0 | 0 | | | |
| Yhteensä | 44860 | 22,43 | | | |
| Myyntitulot -ALV | 65574 | 32,8 | | | |
| Kustannukset yhteensä | 44860 | 22,4 | | | |
| Katetuotto | 20714 | 10,4 | | | |
| Tulos | 20714 | 10,4 | | | |

Liite 14. Palax Monster 450 + kiinteä kuivuri

Palax Monster 450 + kiinteä kuivuri

| | | |
|------------------------------|---------------------|-------|
| Tulos | €/v | 18694 |
| Myyntimäärä | i-m ³ /v | 2000 |
| Arvonlisävero | | 22 % |
| Pilkkeen tiheys | | 0,4 |
| Ostettava puumäärä | k-m ³ /v | 800 |
| Myyntihinta, sis. ALV | €/i-m ³ | 40 |

Työvaiheiden kustannukset

| | | |
|-------------------------------------|--------------------|------|
| Ostettavan raaka-aineen hinta+toim. | €/k-m ³ | 28,9 |
| Pilkkeen valmistus | €/i-m ³ | 5,08 |
| Terminaalikustannukset | €/i-m ³ | 1,3 |
| Kuivauskustannus | €/i-m ³ | 1,8 |
| kuljetus asiakkaalle | €/i-m ³ | 3,7 |

KUSTANNUKSET

| | €/v | €/i-m ³ |
|---------------------------|--------------|--------------------|
| Puun hankintakustannukset | 23120 | 11,56 |
| Pilkkeen valmistus | 10160 | 5,08 |
| Terminaalikustannukset | 2600 | 1,3 |
| Kuivauskustannukset | 3600 | 1,8 |
| Kuljetus asiakkaalle | 7400 | 3,7 |
| Muut | 0 | 0 |
| Yhteensä | 46880 | 23,44 |
| Myyntitulot -ALV | 65574 | 32,8 |
| Kustannukset yhteensä | 46880 | 23,4 |
| Katetuotto | 18694 | 9,3 |

| | | |
|--------------|-------|-----|
| Tulos | 18694 | 9,3 |
|--------------|-------|-----|