



Polttopuun kuivaus hakelämpölaitoksen lämpöenergialla

Kirjoittajat: Jyrki Raitila & Matti Virkkunen

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Polttopuun kuivaus hakelämpölaitoksen lämpöenergialla	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Anniina Kontiokorpi Pohjois-Karjalan maakuntaliitto Kohti öljyvapaata ja vähähiilistä Pohjois-Karjalaa –hanke Pielisjoen linna, Siltakatu 2 FI-80100 Joensuu puh. / tel. 050 414 4816 / +358 50 414 4816 e-mail: anniina.kontiokorpi@pohjois-karjala.fi	Asiakkaan viite
Projektin nimi Polttopuun keinollinen kuivaus hakelämpölaitoksen lämpöenergialla	Projektin numero/lyhytnimi PP Kuivaus
Tiivistelmä Pohjois-Karjalan maakuntaliitolla on käynnissä Kohti öljyvapaata ja vähähiilistä Pohjois-Karjalaa –hanke, jossa yhtenä keskeisimpänä toimenpiteenä on laatia tiekartta öljyvapaaseen ja vähähiiliseen Pohjois-Karjalaan. Hankkeelle tehtiin toimeksiantona selvitys polttopuun mahdollisesta kuivauksesta Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun lämpölaitoksen lämpöenergialla. Teoreettisesti Uimaharjun lämpölaitos voisi tuottaa lämpöä kuukausittain noin 1400 MWh ja vuositasolla yli 17 000 MWh biokattiloiden nimellislämmöntuotantokapasiteetin mukaan. Nykyisellään hyödyntämättä jäävää lämmöntuotantokapasiteettia on jopa 66 %. Tällä kapasiteetilla voitaisiin kuivata 80 000 irtokuutiota pilkettä vuodessa, mikä vastaa noin puolta Pohjois-Karjalassa myytävästä kaupallisesta polttopuusta. Vastaavasti haketta voitaisiin kuivata Uimaharjun laitoksen käyttämättömällä lämmöntuotantokapasiteetilla 80 000 irtokuutiota, mikä vastaa noin yhdeksää prosenttia maakunnan energialaitosten käyttämästä puuhakkeesta. Kuivauksen kustannukset laskettiin kuivattaessa haketta tai pilkettä siirrettävässä konttikuivurissa, jonka investoi joko polttopuuyrittäjä tai energiaosuuskunta. Tarkastelussa kuivureita oli kolme, joista yksi oli jatkuvatoiminen hakekuivuri. Muut toimivat panoskuivausperiaatteella. Kuivauslämpö oletettiin ostettavan kaikissa vaihtoehdoissa Uimaharjun lämpölaitokselta. Kuivauskustannukset riippuvat eniten kuivauslämmön hinnasta, sillä sen osuus eri vaihtoehdoissa oli 67-90 % kuivauksen kokonaiskustannuksista käytettäessä lämmönhintaa 45-70 €/MWh. Tällöin kuivaus oli edullisimmillaan 7,6 €/irto m ³ ja kalleimmillaan 16,3 €/irto m ³ laskettaessa eri investointi- ja lämmönhintavaihtoehdoilla.	
Jyväskylä 13.2.2018 Laatija  Jyrki Raitila Erikoistutkija	Hyväksyjä  Jouni Hämäläinen Tutkimustiimin päällikkö
VTT:n yhteystiedot PL 1603, 40101 Jyväskylä	
Jakelu Pohjois-Karjalan maakuntaliitto, Suomen metsäkeskus, Jokipilke ja VTT	
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.	

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	2
1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet	3
2. Menetelmät ja toteutus.....	4
3. Tulokset.....	5
3.1 Polttopuun ja hakkeen kuivaus Uimaharjun lämpölaitoksen yhteydessä	5
3.1.1 Energiaosuuskunnan kuvaus ja lämmönmyynnin kehitys.....	5
3.1.2 Kuivauspotentiaali ja soveltuvimmat tuotantoketjut	7
3.1.3 Suositeltava laitetekniikka ja kuivauksen kustannukset.....	11
3.2 Case polttopuuyrittäjä	18
3.2.1 Tuotantoketjun kuvaus.....	18
3.2.2 Yritystoiminnan volyymi ja kuivauksen kustannukset	18
4. Johtopäätökset	21
Lähdeviitteet.....	23

1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

Pohjois-Karjalan maakuntaliitolla on käynnissä Kohti öljyvapaata ja vähähiilistä Pohjois-Karjalaa –hanke, jossa yhtenä keskeisimpänä toimenpiteenä on laatia tiekartta öljyvapaaseen ja vähähiiliseen Pohjois-Karjalaan, mikä on Pohjois-Karjalan energia- ja ilmasto-ohjelman toimeenpanosuunnitelma. Tiekartassa on kuusi painopistettä, joista yksi on energia. Tiekartan konkretisoimiseksi hankkeessa on tarkoitus käyttää resursseja 2-3 referenssi/pilottikohteen suunnitteluun.

Samaan aikaan Pohjois-Karjalassa on käynnissä myös Poveria biomassasta yhteishanke, jonka toteutuksesta vastaavat Suomen metsäkeskuksen lisäksi Pielisen Karjalan Kehittämiskeskus Oy PIKES, Keski-Karjalan Kehitysyhtiö Oy KETI ja Karelia ammattikorkeakoulu Oy. Tavoitteena on kehittää hajautettua uusiutuvan energian käyttöä ja tuotantoa Pohjois-Karjalassa edistämällä tehokkaan tiedon ja osaamisen siirron keinoin muun muassa uusien teknologioiden käyttöönottoa ja demonstrointia alueella.

Edellä mainittuihin hankkeisiin liittyen VTT teki kustannuslaskelmat ja toimintakuvauksen polttopuun mahdollisesta kuivauksesta Uimaharjun lämpölaitoksen yhteydessä case -tarkasteluna. Samalla selvitettiin pilkkeen ja hakkeen kuivauksen vaikutukset ja mahdollisuudet Enon Energiaosuuskunnan toiminta-alueella.

Toimeksiannon tavoitteet määriteltiin seuraavasti:

- Polttopuuyrittäjän case -tarkasteluna laskea, kuinka paljon polttopuuta olisi mahdollista kuivata Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun lämpölaitoksen yhteydessä ja määrittää kuivauksen kustannukset.
- Paljonko Uimaharjun lämpölaitoksen tuottamaa energiaa voitaisiin käyttää polttopuun ja hakkeen kuivaamiseen?
- Tämän laitostekniikan toimintaan parhaiten soveltuvan ja kustannustehokkaan laitetekniikan selvittäminen.
- Koko kuivausketjun ketterä toimintatapa ja esim. konttikuivurin helppo kytkettävyys.
- Osuuskunnan ja polttopuuyrittäjän yhteistyön mahdollisuudet ja tarvittavien laiteinvestointien kustannukset.

2. Menetelmät ja toteutus

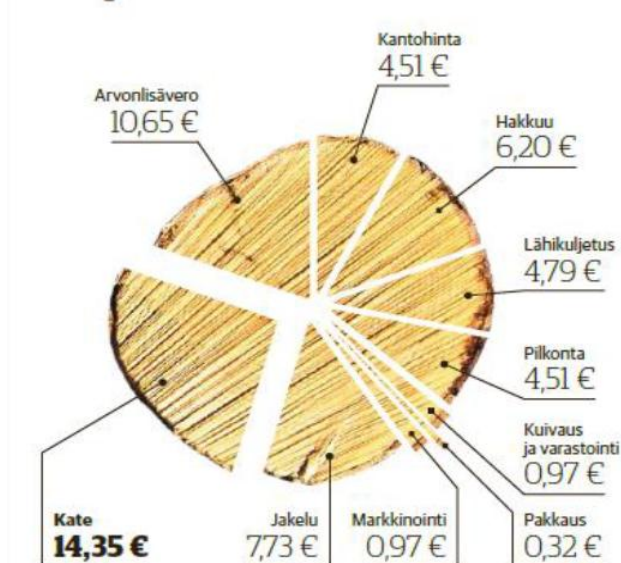
Toimeksianto tehtiin toimistotyönä Jyväskylässä sekä Suomen metsäkeskuksen itäisen palvelualueen toimittaman taustamateriaalin sekä julkisen aineiston pohjalta. Tarkentavaa tietoa kysyttiin suoraan Enon energiaosuuskunnalta ja alueen polttopuuyrittäjältä. Työssä hyödynnettiin VTT:n kokemusta aikaisemmista polttopuuprojekteista sekä niissä tehtyjä laskureita ja selvityksiä. Lisäksi joitakin teknisiä yksityiskohtia tarkennettiin suorilla yhteydenotoilla kuivurivalmistajiin.

Koko polttopuuketjun kattavaa tuotantokustannuslaskentaa ei tehty, koska toimeksiannon tehtävänä oli selvittää kuivausvaihtoehtoja ja niiden kustannuksia. Tarvittaessa sovellettiin kirjallisuudesta saatuja keskimääräisiä lukuja eri kustannustekijöille sekä yrittäjiltä saatuja tietoja. Kuivauksen kustannukset laskettiin perustuen VTT:n laskentamalliin ja kuivurivalmistajien antamiin teknisiin ohjearvoihin. Kuivauksen tärkeimmät laskentaperusteet on koottu Taulukkoon 1.

Taulukko 1. Polttopuun ja hakkeen kuivauksen laskennassa käytetyt tärkeimmät laskentaperusteet.

Laskentaperuste	Kustannus/määrä
Lämmön hinta (ALV 0), eri vaihtoehdot	45-70 €/MWh
Sähkön hinta (ALV 0)	10 snt/kWh
Konttikuivurin investointikustannus (ALV 0)	20 000 €
Jatkuvatoimisen hakekuivurin investointikustannus (ALV 0)	200 000 €
Kuivurin takaisinmaksuaika	10 v
Panoskuivurin kuivausvolyymi	2-3000 irtto m ³ /v
Jatkuvatoimisen hakekuivurin kuivausvolyymi	2 irtto m ³ /h, 6000 irtto m ³ /v
Kuivaukseen tarvittava lämpöenergia	100-160 kWh/irtto m ³
Kuivaukseen tarvittava sähköenergia	7-10 kWh/irtto m ³

Polttopuun hinnan muodostus



Kuva 1. Polttopuun hinnan muodostus pienyrittäjän polttopuutuotannossa. (Lähde: Savon Sanomat 20.1.2016 ja Suomen metsäkeskus)

3. Tulokset

3.1 Polttopuun ja hakkeen kuivaus Uimaharjun lämpölaitoksen yhteydessä

3.1.1 Energiaosuuskunnan kuvaus ja lämmönmyynnin kehitys

Enon energiaosuuskunta perustettiin 1999 perustajajäsenmäärän ollessa 12. Nykyään jäseniä on 54. Varsinainen toiminta alkoi kunnan vuonna 2000 rakentamassa Yläkylän lämpölaitoksessa, jossa edelleen hoidetaan raaka-aineen toimitus ja laitoksen hoito. Joensuun kaupunki myi Yläkylän laitoksen lämpöverkkoineen osuuskunnalle syyskuussa 2010. Osuuskunnan rakentama ja omistama Uimaharjun aluelämpölaitos valmistui syksyllä 2002 ja vuonna 2004 rakennettiin samalla periaatteella Enon Alakylälle 2 MW:n laitos ja aluelämpöverkko. Toimintamuotoina ovat hakepuun hankinta, haketus sekä alue- ja pellettilämpölaitosten hoito. Osuuskunta toimii pääasiassa Enon ja Uimaharjun taajamien alueella. (Enon energiaosuuskunta 2017)

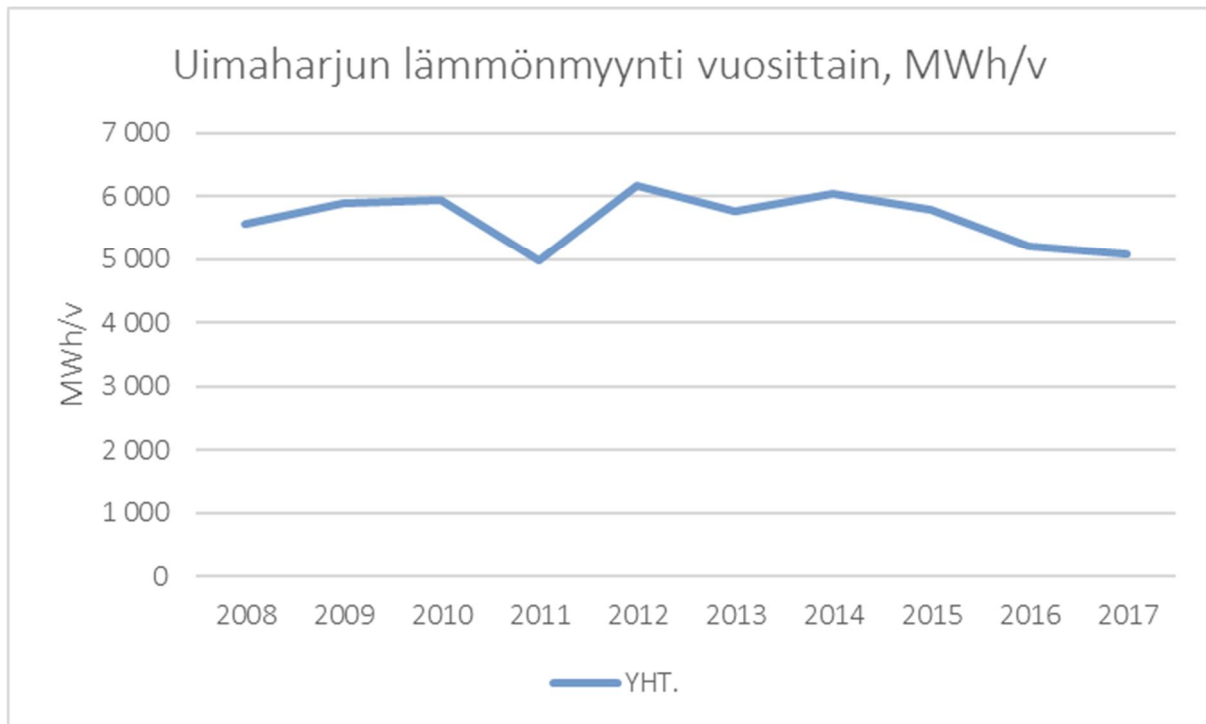
Osuuskunta omistaa Enossa kolme hakelämpölaitosta lämpöputkistoineen. Lisäksi osuuskunta vastaa Uimaharjussa Hoitokoti Tuulettaren kiinteistön pellettilämmityksestä. Osuuskunnan hoidossa on kaikkiaan 6 biokattilaa yhteisteholtaan n. 4,96 MW. Vuotuinen liikevaihto on noin 1 100 000 euroa. Osuuskunta sai Pro Maaseutu -palkinnon vuonna 2002. Osuuskunta voitti myös Bioenergia ry ja Motiva Oy:n järjestämän valtakunnallisen Vuoden lämpöyrittäjä 2014 -palkinnon. Syksyllä 2017 Suomen ympäristökeskus huomioi osuuskunnan Kuukauden Hinku-teko -palkinnolla päästöjä vähentävästä toiminnasta. (Enon energiaosuuskunta 2017)

Taulukko 2. Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun laitoksen tiedot. (Enon energiaosuuskunta 2017)

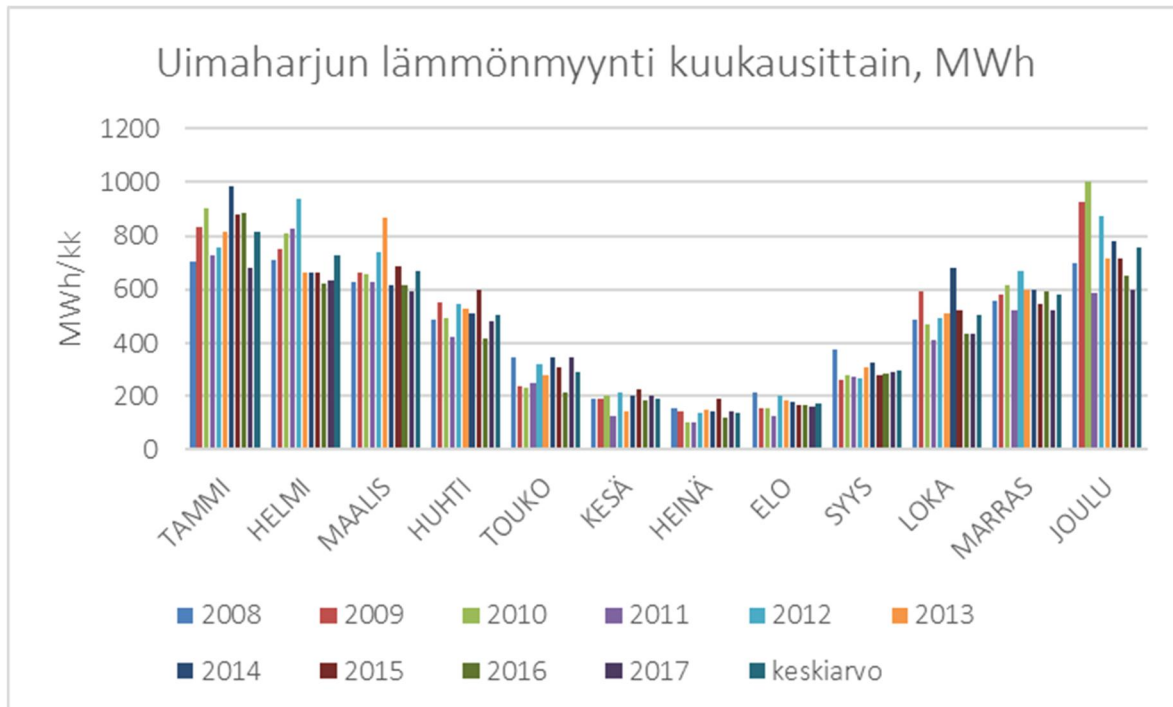
Uimaharjun lämpölaitos	
Käyttöönotto	2002
Omistaja	Enon energiaosuuskunta
Lämmitettävät kohteet	Uimaharjun ala- ja yläaste, terveysasema, lähipalvelukeskus, seurakunnan kiinteistö sekä viisitoista rivitaloyhtiötä
Rakennustilavuus lämmityskohteissa	n. 93 000 r-m ³
Biokattila	1 MW+1 MW
Öljykattila (varakattila)	1 MW
Lämpöverkosto	4000 m
Laitevalmistaja	Vaasan kuljetuskanavat Oy
Polttoaineen kulutus	n. 9000 i-m ³ haketta
Polttoaineet	Metsähake, varalla pelletti ja kevyt polttoöljy

Uimaharjun laitoksen vuotuinen lämmönmyynti on pysynyt suhteellisen vakaalla noin 6000 MWh tasolla viimeisen kymmenen vuoden aikana. Vuonna 2015 myynti lähti kuitenkin laskuun ja oli vuonna 2017 noin 5000 MWh eli noin parikymmentä prosenttia alle huippuvuosien (Kuvat 2 ja 3). Syynä tähän on asiakkaiden väheneminen ja viime vuosien leudommat lämmityskaudet.

Teoreettisesti Uimaharjun lämpölaitos voisi tuottaa lämpöä kuukausittain 1400 MWh ja vuositasolla lähes 17 000 MWh biokattiloiden nimellislämmöntuotantokapasiteetin mukaan. Nykyisellään hyödyntämättä jäävää lämmöntuotantokapasiteettia on jopa 66 %.



Kuva 2. Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun vuotuinen lämmönmyynti viimeisen kymmenen vuoden aikana. (Lähde: Enon energiaosuuskunta)



Kuva 3. Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun kuukausittainen lämmönmyynti viimeisen kymmenen vuoden aikana. (Lähde: Enon energiaosuuskunta)

3.1.2 Kuivauspotentiaali ja soveltuvimmat tuotantoketjut

3.1.2.1 Pilke

Kuivauspotentiaali

Taulukko 3. Uimaharjun lämpölaitoksen keskimääräinen kuukausittainen lämmönmyynti viimeisen kymmenen vuoden aikana verrattuna hyödynnettävissä olevaan pilkkeen (ja hakkeen) kuivauspotentiaaliin. (Lähde: Enon energiaosuuskunta)

	Lämmönmyynnin keskiarvo, 10 v.	Teoreettinen tuotantopotentiaali, MWh	Käyttämätön potentiaali, MWh	Kuivauspotentiaali, irto m ³
Tammikuu	817	1488	671	4247
Helmikuu	729	1344	615	3894
Maaliskuu	670	1488	818	5178
Huhtikuu	504	1440	936	6780
Toukokuu	287	1488	1201	8701
Kesäkuu	188	1440	1253	12 912
Heinäkuu	138	1488	1351	13 923
Elokuu	171	1488	1317	13 576
Syyskuu	293	1440	1147	8309
Lokakuu	504	1488	984	7131
Marraskuu	581	1440	859	5435
Joulukuu	755	1488	733	4640
Yht.	5 637	17 520	11 883	94 725

Kuivauspotentiaalin laskennassa oletettiin yksinkertaisuuden vuoksi, että polttopuun kuivaukseen tarvitaan lämpöenergiaa 158 kWh/irto m³ läpi vuoden, mikä perustuu talviajan lämmöntarpeeseen ja 70 % kuivauksen hyötysuhteeseen. Todellisuudessa lämpimänä vuodenaikana lämpöenergian tarve on jopa kolmanneksen pienempi kuin talvella. Toisaalta haihdutettavan veden määrä riippuu puulajista ja puun hakkuuajankohdasta. Tässä keskimääräisessä laskelmassa käytettiin koivun vesipitoisuuksia tuoreena 45 % kosteudessa sekä kuivattuna 20 % kosteudessa.

Taulukosta nähdään, että Uimaharjun lämpölaitoksella voitaisiin teoriassa kuivata yli 90 000 irtokuutiota koivuklapeja. Vaikka tästä potentiaalista vähennettäisiin lämpölaitoksen huoltoseisokki ja talven huippukuormitusjaksot, joita on yleensä vain joitakin viikkoja lämmityskaudessa, Uimaharjun laitoksen lämmöllä olisi nykyisellään mahdollista kuivata noin 80 000 irtokuutiota koivupilkettä vuodessa. Pohjois-Karjalan alueella käytetään tilastojen mukaan 260 000 kiintokuutiota runkopuuta pilkelämmitykseen. Tästä arvioidaan noin 23 % olevan markkinoilta ostettavaa pilkottua polttopuuta, yhteensä siis 60 000 kiintokuutiota (LUKE 2017). Irtokuutioina eli heittomotteina tämä vastaa noin 150 000 kuutiota. Näin ollen puolet kaikesta Pohjois-Karjalassa myydyistä pilkkeistä voitaisiin kuivata Uimaharjun lämpölaitoksella.

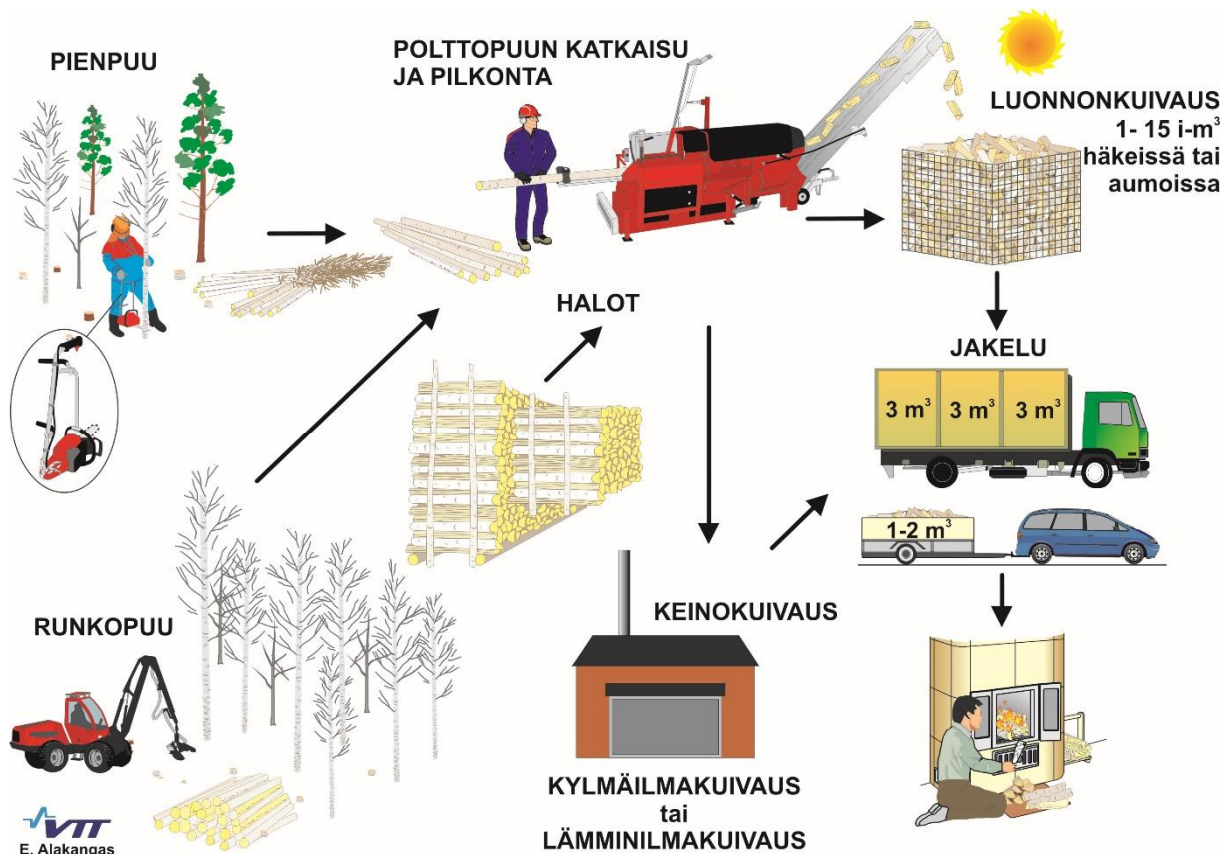
Käytännössä näin suurten pilkemäärien kuivaaminen vaatisi erikseen rakennettavaa kuivaamoja ja kunnan varastotiloja kuivalle polttopuulle. Tässä selvityksessä tarkoituksena oli tarkastella vain konttikuivurin soveltuvuutta ja kustannuksia pienyrittäjän pilketuotantoketjussa.

Neljänkymmenen jalan merikonttiin rakennetussa panoskuivurissa voitaisiin kerralla kuivata noin 30 irtokuutiota ja vuoden aikana maksimissaan noin 3000 kuutiota. Toki lämpökeskuksen viereen tällaisia kontteja voitaisiin kytkeä useampia, jolloin kuivauskapasiteetti moninkertaistuisi. Polttopuun logistiikka ja varastointi asettavat kuitenkin nopeasti rajat, joten käytännössä kahta kuivuria enempiä ei nykyisessä tilanteessa ole järkevä suunnitella.

Soveltuvimmat tuotantoketjut

Perinteisesti polttopuu-yrittäjä hankkii ainakin osan, jos ei kaikki, puuraaka-aineet omasta metsästä sekä pilkkoo, kuivaa ja varastoi pilkkeet omalla tilalla. Koska kuivaus perustuu luonnonkuivaukseen, tuotanto on hyvin sesonkiluonteista painottuen kevättalveen ja kevääseen (Kuva 4). Myynti ja jakelu puolestaan tehdään yleensä lämmityskauden alussa syksyllä. Pakkasjaksot aiheuttavat usein kysyntäpiikkejä.

Pilkkeen keinokuivaus mahdollistaa ympärivuotisen tuotannon, jolloin varastoja voidaan pienentää. Tällöin polttopuun myyntimäärät tavallisesti kasvavat ja yrittäjä alkaa käyttää alihankintaa, koska oma aika ja resurssit eivät enää riitä joka asiaan.



Kuva 4. Polttopuun tyypilliset hankintaketjut.

Tässä selvityksessä on lähdetty oletuksesta, että pilkkeet valmistetaan yrittäjän omalla tilalla tai tuotantopaikalla, mutta kuivataan Uimaharjun lämpölaitoksen yhteyteen asennettavassa siirrettävässä kuivauskontissa. Vuotuinen tuotantomäärä oletetaan 2-3000 irtokuutioksi ja pääosin raaka-aine hankitaan ostamalla esimerkiksi metsänhoitoyhdistyksiltä. Valmiit pilkkeet kuljetetaan Uimaharjuun kuivurille, jossa ne myös välivarastoidaan katetussa varastossa ennen asiakkaalle toimitusta. Pilkkeet voivat olla kuivurissa joko pilkesäkeissä tai -häkeissä kuormalavojen päällä tai irtotavarana. Pilkkeiden käsittelyyn tarvitaan kuormaaja tai truckki.

Lähtökohtaisesti polttopuuyrittäjä investoi kuivuriin ja tekee lämmön toimitussopimuksen energiaosuuskunnan kanssa. Niin halutessaan yrittäjä voi siirtää kuivurin muualle. Toki myös energiaosuuskunta voi vastata kuivuri-investoinnista ja myydä kuivauspalveluja polttopuuyrittäjille. Laskennallisesti kuivauskustannukset pysyvät samoina, mikäli vuotuinen kuivausvolyyymi pysyy muuttumattomana. Tällöin vuotuinen kuivausmäärä voisi koostua useamman polttopuuyrittäjän puista yhden toimijan tuotannon sijaan.

3.1.2.2 Hake

Kuivauspotentiaali

Uimaharjun lämpölaitoksen lämmöntuotantokapasiteetti verrattuna toteutuneeseen lämmön myyntiin mahdollistaa kuivata saman määrän haketta kuin pilkettä eli Taulukon 2 lukuja voidaan soveltaa myös hakkeen kuivauspotentiaalina. Vuonna 2016 Pohjois-Karjalassa käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa 343 000 kiintokuutiometriä (860 000 hakekuutiota) metsähaketta. Teoreettisesti tästä määrästä 80 000 hakekuutiota (9 %) voitaisiin kuivata Uimaharjun lämpölaitoksen lämmöllä.

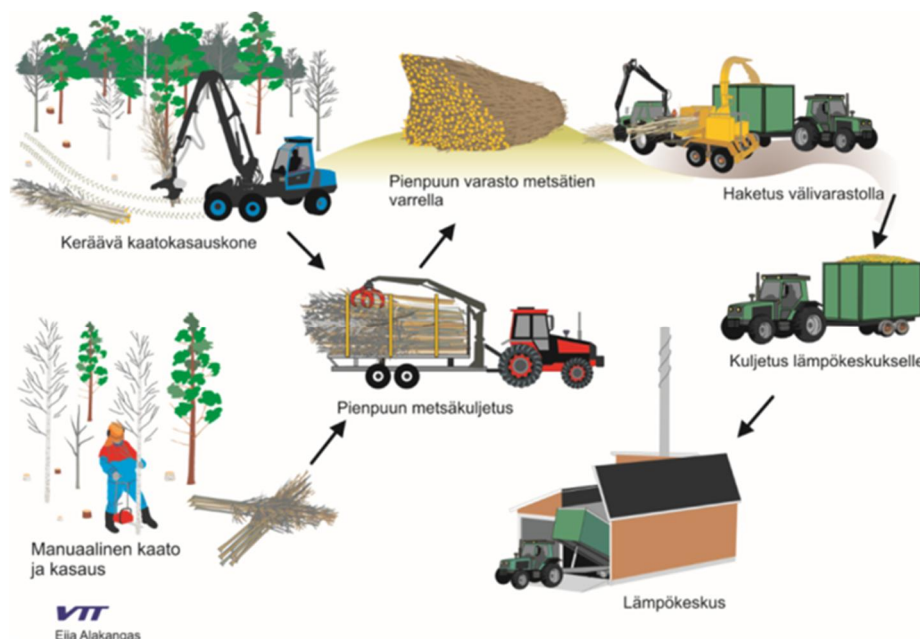
Pilkkeen kuivaukseen verrattuna on huomioitava, että hakekerros aiheuttaa suuremman vastapaineen materiaalin pienemmästä palakoosta johtuen. Tällöin pilkkeen kuivaukseen suunnitellun panoskuivurin puhaltimet saattavat jäädä liian heikoksi, mikäli halutaan kuivata koko kuivurin tilavuudella. Lisäksi paksun hakepatjan kuivaus johtaa helposti epätasaiseen kuivumiseen. Luonnollisesti hakekerroksen maksimipaksuus riippuu myös hakkeen palakoosta. Esimerkiksi palakoon ollessa 2-3 cm hakekerros ei saisi ylittää kahta metriä (Linna ym. 1983).

Mikäli halutaan käyttää tyypiltään samanlaista kuivuria kuin pilkkeen kuivaamiseen, hakkeella vuotuinen kuivauspotentiaali väistämättä pienenee. Panoskokoa on pienennettävä ja tällöin hake-erien vaihdosta aiheutuu lisätyötä. Voidaan arvioida, että täysmittaisesta merikontista tehdyllä panoskuivurilla vuotuinen kuivausmäärä olisi maksimissaan noin kaksi tuhatta hakekuutiota. Siten kahdella kuivurilla päästäisiin noin neljään tuhanteen kuivattuun hakekuutiotaan Uimaharjussa.

Soveltuvimmat tuotantoketjut

Pienten lämpölaitosten tyypillisesti polttoaineena käyttämää pienpuuta voidaan hankkia kokopuuna tai karsittuna rankana, joko erillisenä energiapuuhakkuuna tai integroituna korjuuna. Integroidussa korjuussa metsäteollisuuden käyttämä ainespuu ja energiakäyttöön menevä puu prosessoidaan erilleen omiin kasoihinsa. Integroidun korjuun kertymiin vaikuttaa puuston ominaisuuksien lisäksi merkittävästi katkonnassa käytettävät asetukset eli kuitupuulle asetettu läpimittavaatimus ja haluttu ainespuupölkyn pituus.

Karsitun rangan eduksi luetaan helpompi kuljetettavuus, hakkeen parempi laatu sekä vähäisemmät ravinnetappiot korjuukohteella. Karsitun rangan korjuussa oksabiomassa puidaan ajouralle parantamaan maaperän kantavuutta. Kuitenkin on huomioitava, että rangan karsinta laskee hakkuun tuottavuutta, pienentää hakkuukertymää ja pidentää kuljetusmatkoja hankinnan ulottuessa yhä etäämmälle lämpölaitoksesta. Yleensä vähimmäiskertymä energiapuukohteella pitäisi olla 25 m³ energiapuuta/ha. (Laitila ym. 2010) Toisaalta karsittua rankaa voidaan korjata kokopuukohteita karummilta kasvupaikoilta. Tämä voi tuoda alueellisesti lisää korjuukohteita hankinnan piiriin. Tavalliset hankintaketjut on kuvattu Kuvassa 5. Traktori soveltuu lyhyille kuljetusmatkoille (<30 km) ja haketukseen maatilakyläntäisessä puunhankinnassa. Muussa tapauksessa yleisintä on käyttää tehokkaampia autohakkureita ja hakerekkvoja.



Kuva 5. Tyypillisiä pienpuuhakkeen tuotantoketjuja.

Hakkeen keinokuivaus ei sinänsä muuta hakkeen hankintaketjua. Kuivaus integroidaan hankintaketjun loppuun eli hake hankitaan tavalliseen tapaan lämpölaitokselle, jossa se kuivataan konttikuivurissa. Kuivattu hake tietenkin pitää varastoida paikkaan, missä se on sateelta suojassa. Mikäli kuivataan vain lämmityskaudella ja hake käytetään omassa laitoksessa, voidaan kuivattu hake siirtää suoraan myös lämpölaitoksen omaan hakevarastoon. Laajamittainen kuivaus ympäri vuoden ja kuivan hakkeen myynti muille käyttäjille edellyttää ilman muuta varastoinnin ja logistiikan huolellista suunnittelua. Tämän selvityksen laskelmissa oletetaan, että hakkeen siirtelyt ovat lyhyitä ja ne voidaan tehdä esimerkiksi maataloustraktorilla, jolloin logistiikkaan ei tarvi tehdä erillisiä investointeja.

3.1.3 Suositeltava laitetekniikka ja kuivauksen kustannukset

3.1.3.1 Pilke

Vaihtoehto 1

Sahatavaran kuivaukseen yleisesti käytetyt kamarikuivurit soveltuvat pilkkeen kuivaukseen oikein hyvin. Samaa teknologiaa käytetään myös merikontteihin rakennetuissa kuivureissa. Esimerkiksi E. Lehtola Ky:n kuivurit eristetään, niihin rakennetaan ilmakehanavat, asennetaan lämmönvaihtimet ja puhaltimet sekä varustetaan yksinkertaisella ohjauslogiikalla. Kuivauksen ohjaus perustuu ilmamäärän, ilman lämpötilojen ja kosteuksien kontrollointiin. Kuivauksen eteneminen ohjelmoidaan neljään vaiheeseen. Tehokkaassa kuivauksessa pyritään siihen, että ulosmenevän ilman suhteellinen kosteus on suuri, jolloin voidaan siirtää mahdollisimman paljon kosteutta ulos vastaavassa ilmamäärässä. Poistoilmassa olevaa lämpöenergiaa otetaan talteen lämmönvaihtimessa, jonka läpi kuivurin korvausilma kulkee. Lisälämpö saadaan erillisestä lämpökattilasta tai -verkosta.

Lehtolan kuivureissa ilmakehanavat voidaan asentaa kontin kylkeen, joten ilma puhalletaan kontin sivusta vaakasuorasti pilkekerroksen läpi. Etuna tässä on, että ilmakehanavat pysyvät paremmin puhtaana kuin lattialla olevat ja ilman kierrätys on helpompaa. Täysmittaisen (40 jalkaa) kuivurin kertakuivauskapasiteetti on 25-30 irtokuutiota ja kuivaus kestää kolmesta neljään vuorokautta. Lämpötehon tarve on 40-80 kW. Kuivurissa on kaksi 4 kW puhallinta, joita ohjataan taajuusmuuttajalla. Pilkkeet voidaan kuivata irtotavarana, jolloin kontin pohjalle asennetaan haluttaessa pohjapurkain. Toinen vaihtoehto on käyttää kuivaushäkkeitä, jotka voidaan siirtää pienkuormaajalla, pumppukärryllä tai pyörillä (viereinen kuva). Kuivuri voidaan rakentaa myös rekan perävaunuun. (E. Lehtola 2018)

Laitevalmistajan mukaan kuivurin investointikustannus on 20-30 000 euroa. Kuivauksen aikana lämpöä tarvitaan 100-150 kWh/irtokuutio ja sähköä 6-10 kWh/irtokuutio vuodenajasta riippuen. (E. Lehtola 2018)

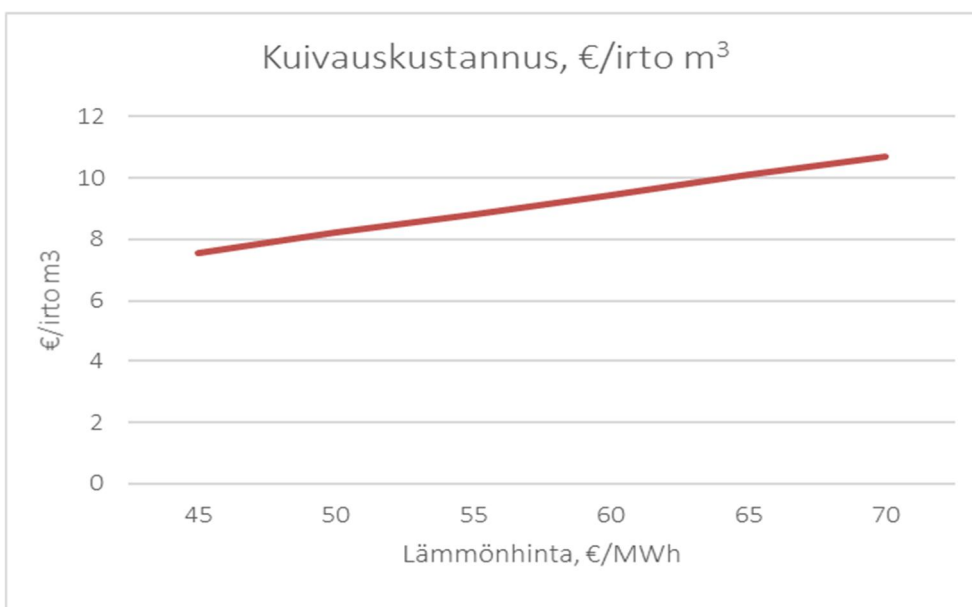


Kuva 6. Kuivaus pilkehäikeissä. (Lähde: Koneviesti 8/2016)



Kuva 7. Rekan perävaunuun rakennettu pilkekuivuri. Täyttö tapahtuu avattavan katon kautta. Purkua varten on asennettu pohjapurkain. (Lähde: E. Lehtola Ky.)

Kuivauskustannusten kannalta ei siis ole merkitystä investoiko polttopuuyrittäjä vai lämpölaitos edellä esitettyyn kuivuriin. Oletetaan, että kuivuria voidaan käyttää täydellä teholla koko vuoden, jolloin kuivauskertoja tulee vuodessa sata ja kokonaiskuivausmäärä on 3000 irtokuutiota pilkettä. Tällöin lämpöä tarvitaan 375 MWh ja kuivauskustannukseksi muodostuu 70 €/MWh lämmönn hinnalla 10,7 €/irto m³, josta muuttuvien kustannusten eli lämmön ja sähkön osuus on 90 %. Mikäli lämmönn hintana käytetään 45 €/MWh, on kuivauskustannus 7,6 €/irto m³. Kuivauksen hyötysuhteen oletetaan olevan 70 % ja lämmöntarpeen jakautuvan tasaisesti koko vuodelle, jolloin sovelletaan 100 kWh/irto m³ kesällä, 125 kWh/irto m³ syksyllä ja keväällä sekä 150 kWh/irto m³ lämpöenergiatarvetta talvella.



Kuva 8. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan.

Vaihtoehto 2

Uimaharjun lämpölaitoksen vieressä on TK tuotteen sahatavarakuivuri ja kuivan materiaalin varastointiin soveltuvaa varastotilaa. Kyseinen yritys on lopettanut toimintansa ja kiinteistöt laitteineen ovat myynnissä. Enon energiaosuuskunnan lämpöputki on jo valmiiksi kytketty kyseiseen kuivuriin. Lähtökohtaisesti sahatavarakuivuri soveltuu myös pilkkeen kuivaukseen.

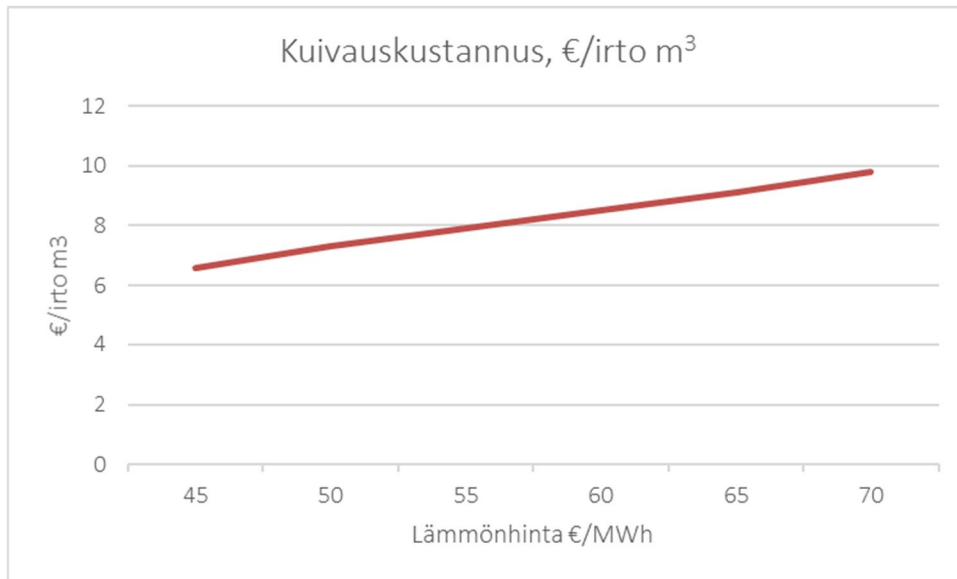
Kuivuri on rakennettu 20 jalan merikonttiin, joten se on ulkomitoiltaan 6 x 2,4 x 2,4 metriä. Puhaltimen, eristyksen ja lämmityskennon viedessä sisätilaa, arvioidaan, että kerralla voi kuivata noin 15 irtokuutiota pilkettä. Kuivurissa on 50 kW lämmönvaihdin ja puhaltimen teho on 4 kW. Kuivausilmaa on mahdollista lämmittää myös sähkövastuksilla, joiden teho on 2 x 15 kW. Se ei kuitenkaan tässä konseptissa ole tarkoituksenmukaista, koska lämpö on tarkoitus hankkia energiaosuuskunnalta.

Mikäli laitteet ovat edelleen toimintakuntoisia, tämä vaihtoehto olisi helpoin ja investointikustannuksiltaan edullisin. On oletettavaa, että kuivurin myyntihinta jää selvästi alhaisemmaksi kuin muiden vastaavien markkinoilla olevien.

Koska kuivurin hankintahintaa ei ole tiedossa, voidaan laskea kuivauskustannukset ilman investointia. Vuoden aikana kyseisessä kuivurissa olisi mahdollista kuivata sata erää pilkettä eli yhteensä 1500 irtokuutiota. Tällöin lämpöenergiaa kuluu 188 MWh ja kuivauskustannus on 70 €/MWh lämmönn hinnalla 9,8 €/irto m³, jos oletetaan kuivurin hyötysuhteeksi 70 % ja lämmöntarpeen jakautuvan tasaisesti vuodenaikojen mukaan. Mikäli lämmönhinta on 45 €/MWh, kuivauskustannukseksi muodostuu 6,6 €/irto m³.



Kuva 9. Uimaharjun lämpölaitoksen lähellä oleva TK tuotteen sahatavarakuivuri (Lähde: Urpo Hassinen, Metsäkeskus)



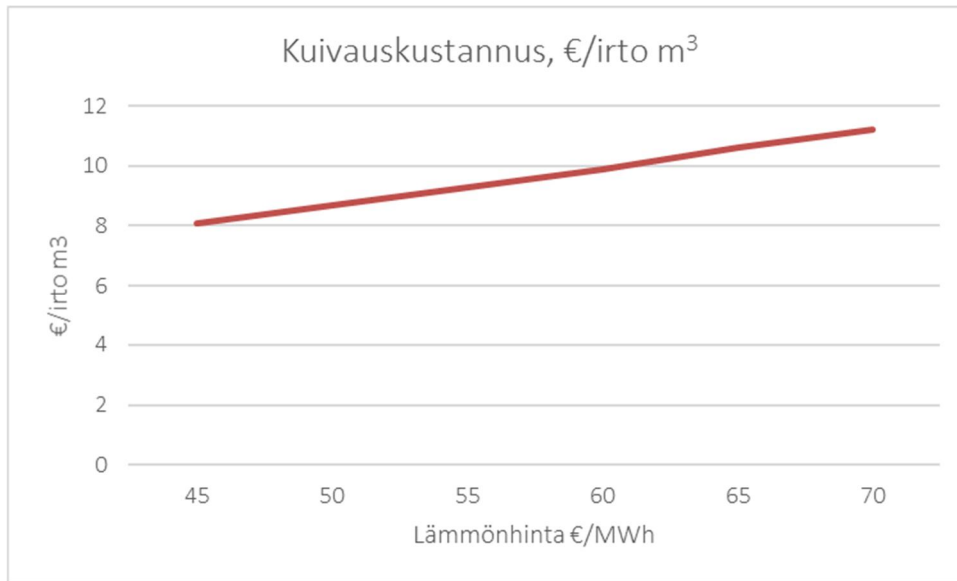
Kuva 10. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannuksia ei ole laskettu mukaan.

3.1.3.2 Hake

Vaihtoehto 1

Periaatteessa hake voidaan kuivata edellä kuvatun kaltaisessa panosperiaatteella toimivassa konttikuivurissa. Haasteena on saada hake kuivumaan tasaisesti ja kontrolloidusti toivottuun kosteuteen. Käytännössä kuivattavan hakkeen sekoitus kesken kuivauksen edesauttaa tasaisemman lopputuloksen saavuttamista. Kuivatun hakkeen kosteuserot pyrkivät tasaantumaan varastoinnin aikana. Panoskuivurin etuna on, että sitä voidaan myös käyttää pilkkeen kuivaukseen, joten kyseinen kuivuri on monikäyttöisempi.

Verrattuna Vaihtoehtoon 1 pilkekuivaukseen ainoa ero on, että vuotuinen kuivausvolyymi jää kahteen tuhanteen irtokuutiioon. Tällöin lämpöenergiaa kuluu 250 MWh ja kuivauskustannukseksi tulee 11,2 €/irto m³ 70 €/MWh lämmönnhinnalla laskettuna. Vastaavasti 45 €/MWh lämmönnhinnalla kuivauskustannus on 8,1 €/irto m³.

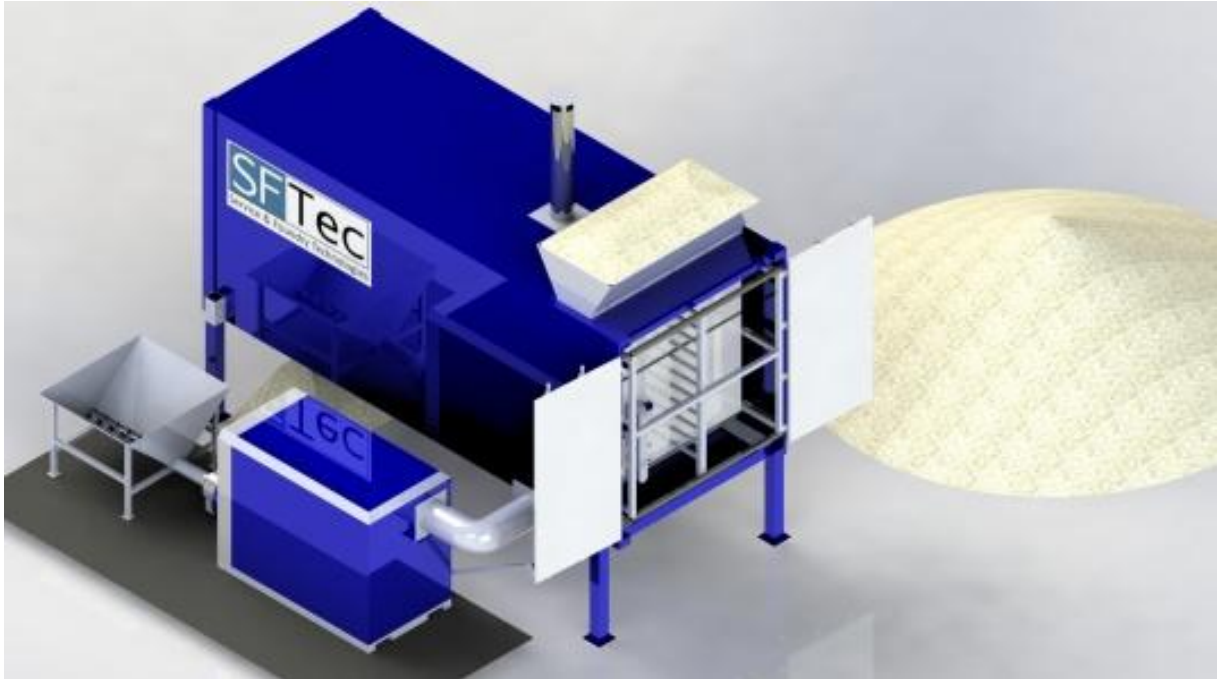


Kuva 11. Hakkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan.

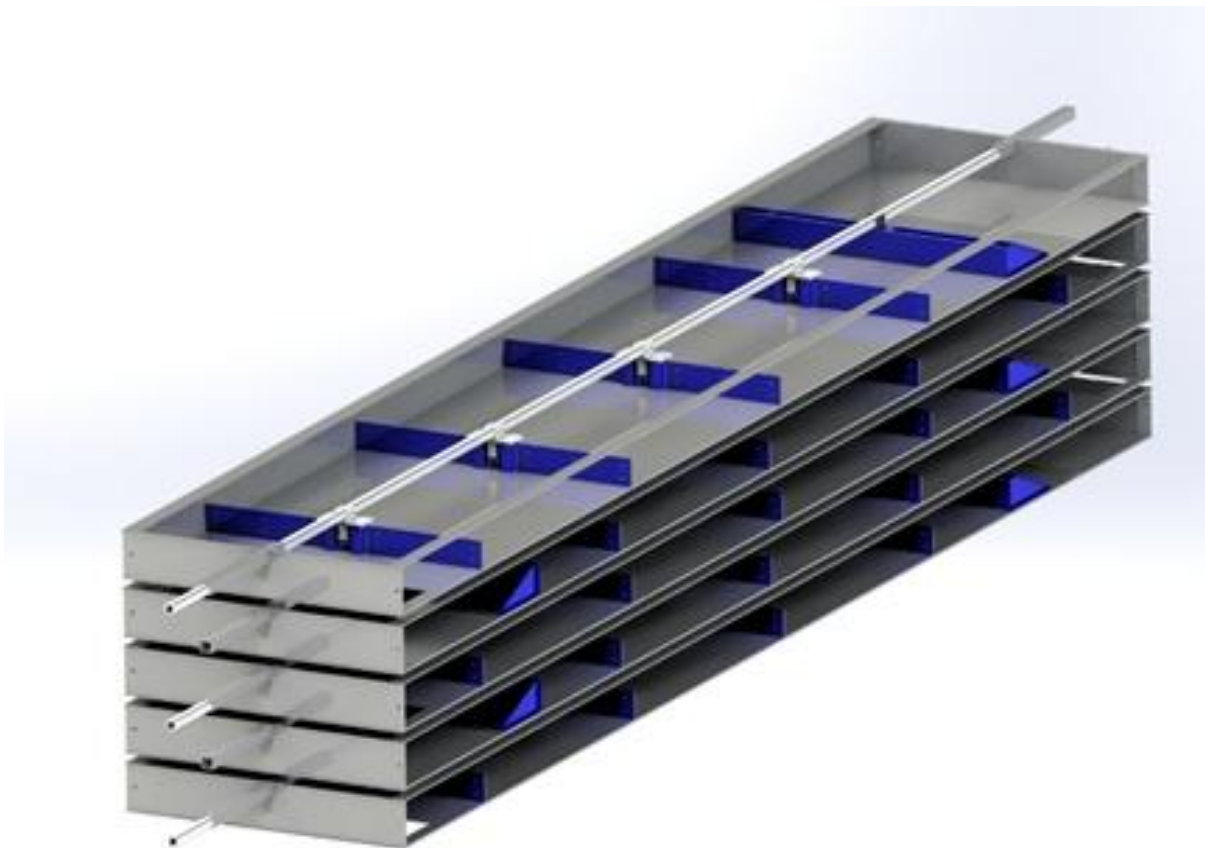
Vaihtoehto 2

Jatkuvatoiminen kuivuri, jossa biomassa liikkuu tai sekoitetaan jatkuvasti, soveltuu hakkeen kuivaamiseen paremmin silloin, kun halutaan varmistaa lopputuotteen tasalaatuisuus. Siirrettäviä jatkuvatoimisia konttikuivureita rakentaa Suomessa ainakin oululainen SFTec Oy. Tässä kuvataan heidän suunnittelemansa kuivurin toimintaperiaate, tuottavuus ja oleellisia kustannuksia. Kuivauskonsepti on uusi eikä pitkäaikaisia kokemuksia laitteen käytöstä vielä ole, joten tuottavuus, energiankulutus ja kustannukset perustuvat laitevalmistajan antamiin tietoihin.

ModHeat-kuivain koostuu samanlaisista päällekkäin olevista moduuleista. Tämä rakenne mahdollistaa vaivattoman kapasiteetin lisäyksen tarpeen mukaan. Jokaisessa moduulissa on lavat, jotka kuljettavat materiaalia kuivaimen sisällä sekoittaen sitä taaten tasalaatuisen kuivaustuloksen. Automaation avulla voidaan säätää ilmanvirtausta ja lapojen liikenopeutta halutun laadun varmistamiseksi. Lämmin ilma kulkee vastavirtaan materiaalin kanssa moduuleissa (SFTec 2018). Lämmön lähteenä voidaan käyttää mitä tahansa ulkopuolella tuotettua lämpöä, joten se soveltuu hyvin lämpökeskuksen yhteyteen. Kuivuriin on asennettu kaksi 7,5 kW puhallinta, mutta ilmavirtaa voidaan säädellä myös ulkoisen puhaltimen avulla.



Kuva 12. ModHeat kuivuri. Vasemmalla oleva pienempi sininen laatikko kuvaa ulkoista hakekattilaa, joka ei kuulu kuivurin valmistajan tuotevalikoimaan. Hake syötetään konttiin katolla olevan syöttökaukalon kautta ja poistuu pohjalla olevan kuljettimen avulla. (Lähde: SFTec)



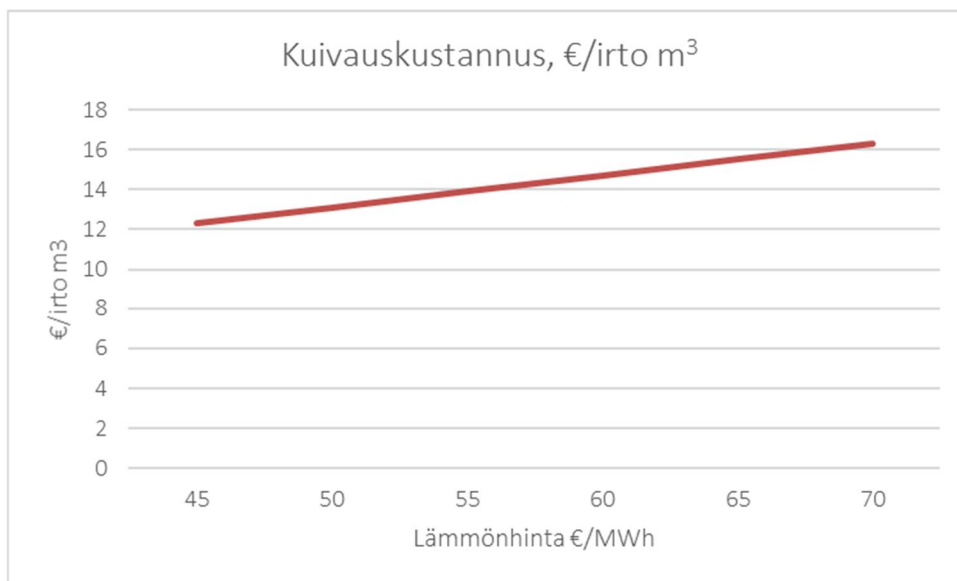
Kuva 13. ModHeat kuivurin sisällä olevia moduuleja, joissa kuivattavaa materiaalia siirretään hydraulisesti eteenpäin. (Lähde: SFTec)

Kuivurissa on noin 60 m² kuivauspinta-alaa ja materiaalin läpimenoa voidaan säätää, joten materiaalityypin korkeus, haluttu kosteudenpoisto ja käytettävissä oleva energia määräävät kapasiteetin. Nykyisellään hydraulikkajärjestelmän mitoitus sallii siirtonopeudeksi maksimissaan 2500 kg materiaalia tunnissa eli kaatotuoretta haketta saisi kuivattua noin seitsemän irtokuutiota siirtonopeuden rajoissa. Se, kuinka paljon hake ehtii kuivua, riippuu tietenkin kuivauslämmöstä ja puhallettavan ilman määrästä. Sadan asteen lämpötilassa tuoreen hakkeen kosteus on saatu putoamaan 53:sta 20:een painoprosenttiin hakkeen läpivirtauksen ollessa 2500 kg tunnissa. Parempi on kuitenkin käyttää maltillisempia, esimerkiksi 40 asteen lämpötiloja, jolloin prosessi on helpommin hallittavissa. Tällöin kuivurin tuotos on noin kaksi irtokuutiota tunnissa, kun taas korkeammilla lämpötiloilla huomattavasti suurempi eli 5-10 irtokuutiota tunnissa. Tuottavuus on silti jopa kaksin-kolminkertainen verrattuna vastaavanlaiseen panoskuivuriin.

Valmistajan ilmoituksen mukaan kuivurin energiatarve kuivausilman lämmitykseen on 1 kWh haihdutettua vesikiloa kohti eli tuoretta haketta kuivattaessa kahdenkymmenen prosentin kosteuteen 160 kWh hakekuutiota kohti. Täysimittaisen 40 jalan kuivurin kustannukset ovat noin 200 000 euroa ja 20 jalan kuivurin puolet vähemmän. Tällaiseen uutta teknologiaa soveltavaan kuivuriin on mahdollista saada Business Finland (ent. Tekes) energiatukea. (SFTec 2018)

Koska kuivurin materiaalinsyöttöä ei ole automatisoitu, tarvitaan henkilö täyttämään syöttökaukalo aika ajoin. Teoriassa syöttökaukalo voitaisiin mitoittaa yhden päivän kuivauskapasiteettia varten, jolloin selvittäisiin yhdellä täytöllä päivässä. Kuiva hake voidaan siirtää kuljettimella esimerkiksi siirtolavalle, josta se on päivän lopuksi helppo viedä varastoon. Mikäli päivässä kuivataan kymmenen tuntia kolmensadan päivän aikana, vuodessa kyseisellä kuivurilla voitaisiin kuivata jopa 6000 irtokuutiota tuoretta ja 8000 irtokuutiota tienvarsikuivasta (kosteus 40 %) rangasta tehtyä haketta.

Kuivattaessa haketta edellä kuvatulla tavalla kuivauslämpöä tarvitaan 960 MWh vuodessa kuivauskustannusten ollessa 70 €/MWh lämmönhinnalla 16,3 €/irto m³ olettaen, että kuivuri toimii valmistajan alustavien kokeiden mukaan ja kuivaukseen tarvitaan 160 kWh lämpöä hakekuutiota kohti. Mikäli lämmönhinta on 45 €/MWh, kuivauskustannus on 12,3 €/irto m³.



Kuva 14. SFTecin konttikuivurin kuivauskustannus hakkeelle suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan.

3.2 Case polttopuuyritystä

3.2.1 Tuotantoketjun kuvaus

Tavallisimmat pilkkeen tuotantoketjut on kuvattu kappaleessa 3.1.2 ja Kuvassa 4. Tämän case tarkastelun polttopuuyritystä oletetaan kuitenkin ostavan kaiken raaka-aineen suoraan kuitupuukokoisena rankana välivarastoituna metsätien varressa. Sieltä rangat kuljetetaan puutavara-autolla pilkkeiden valmistuspaikalle, esimerkiksi maatilalle. Näin ollen kaikki raaka-aineen hankintaan liittyvät vaiheet on ulkoistettu. Raaka-aineena käytetään yksinomaan koivua.

Pilkkeet valmistetaan suoraan 1-2 m³ käsittely-yksiköihin, häkkeihin tai verkkosäkkeihin, joissa ne voidaan kuivata ja siirrellä paikasta toiseen sekä toimittaa suoraan asiakkaille. Toinen vaihtoehto on tehdä vain irtopilkkeitä, jotka kuormataan auton tai traktorin lavalle ja sieltä kuivuriin. Koska pilkkeen siirtelyjä väistämättä tulee useita, irtopilkkeiden käsittely on työläämpää. Valmistustapa riippuu siitä, miten ja millaisella kalustolla pilkkeet toimitetaan asiakkaalle. Häkeissä tai säkeissä myytävä polttopuu vaatii kuljetusautoon nosturia tai ainakin hydraulisesti aukeavaa perälaitaa. Lisäksi pitää varmistaa sopiva kalusto pilkkeiden siirtelyyn ja lastaamiseen kuivauspaikalla.

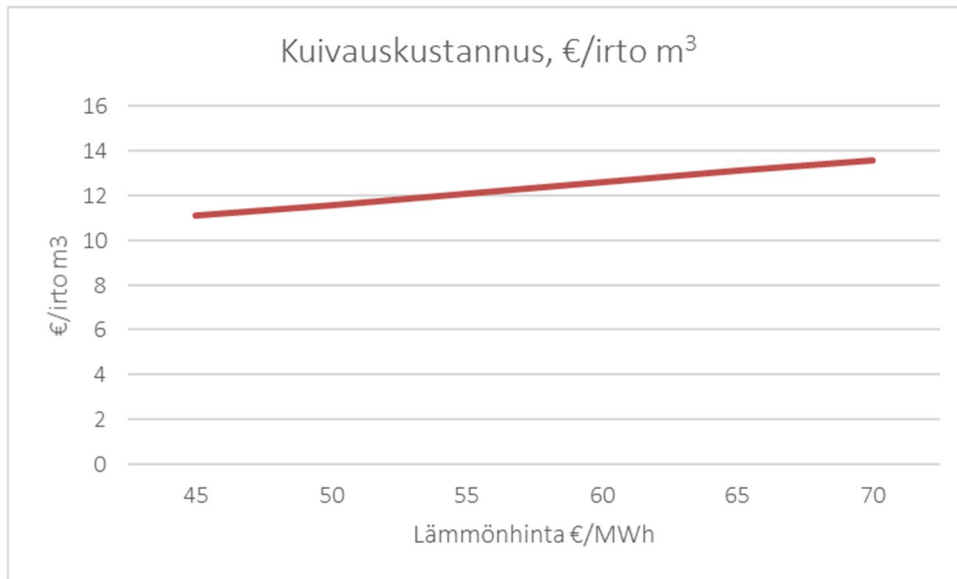
Tuore pilke kuljetetaan pilkontapaikalta Uimaharjun lämpölaitokselle, jossa se kuivataan pilkeyritystä hankkimassa siirrettävässä konttikuivurissa. Kuivurissa on mahdollista kuivata sekä irtopilkeitä että käsittely-yksiköihin pakattua polttopuuta. Kuivuriin on mahdollista asentaa pohjapurkain tyhjennystä ja avattava katto täyttöä varten, mikäli irtopilkkeen kuivaus nähdään todennäköisempänä.

On epätodennäköistä, että kuivattu pilke-erä voitaisiin aina toimittaa asiakkaalle suoraan kuivauksen jälkeen. Siksi on hankittava varastotilat välivarastointia varten. Uimaharjun tapauksessa oletetaan, että sopiva varastotila voidaan vuokrata läheisestä hallista.

3.2.2 Yritystoiminnan volyyymi ja kuivauksen kustannukset

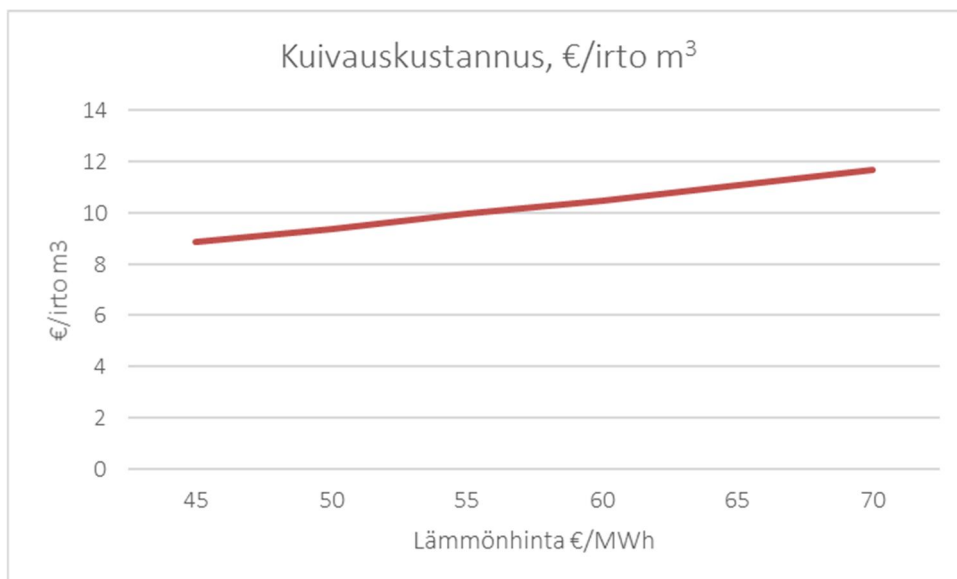
Puun keinokuivauksen avulla hyvälaatuista polttopuuta voidaan tuottaa ympärivuotisesti. Se myös mahdollistaa tuotannon laajentamisen kuivauksen nopeutuessa ja työn jakautuessa tasaisemmin koko vuodelle. Tässä tarkastellaan tilannetta, jossa polttopuuyritystä koko tuotanto kuivataan siirrettävässä konttikuivurissa, johon kuivauslämpö ostetaan Enon energiaosuuskunnalta.

Oletetaan aluksi, että tuotantovolyyymi ei muutu alkuperäisestä 500 irtokuution vuosituotannosta. Edellä kuvatussa konttikuivurissa voidaan kerralla kuivata noin 30 irtokuutiota klapeja, jolloin kuivauskertoja tulee 17. Keinokuivaus on edullisinta tehdä lämpimään vuodenaikaan, jolloin energiankulutus on vähäisintä. Tällöin laskennallinen lämpöenergiankulutus, jossa on huomioitu kuivurin hyötysuhde (70 %), on 100 kWh/irtokuutio. Lisäksi arvioidaan puhaltimien kuluttavan sähköä 10 kWh/irtokuutio. Tällöin kuivauksen kokonaislämmöntarve on noin 50 MWh ja kustannukseksi muodostuu 13,6 €/irto m³ valmistaa pilkettä, jos lämmönhintana on 70 €/MWh. Kuivauskustannus sisältää puhaltimien käytön. Mikäli lämmönhintana on 45 €/MWh, on kuivauskustannus 11,1 €/irto m³.

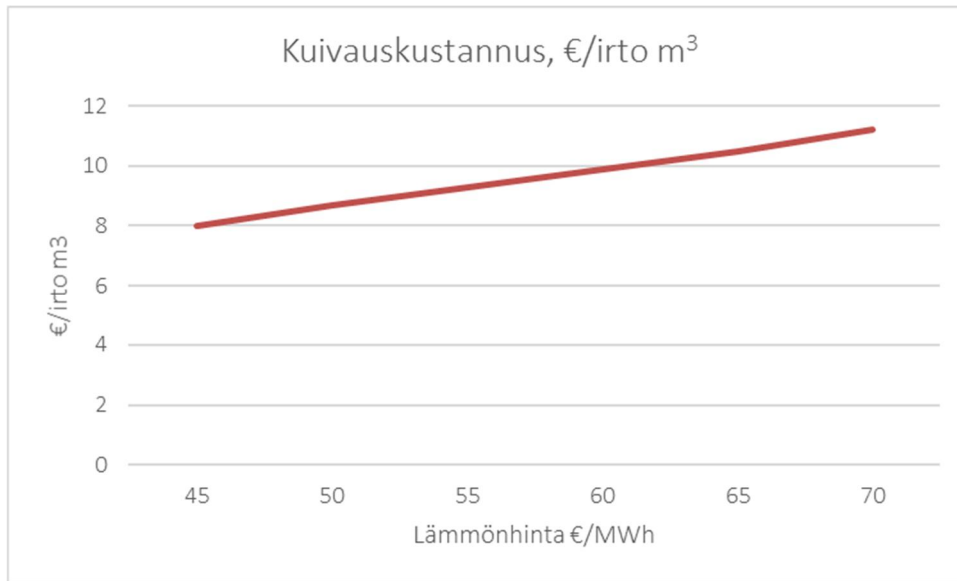


Kuva 15. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan. Kuivausvolyymi vuodessa on 500 irto m³.

Seuraavaksi tarkastellaan tilanteita, joissa yrittäjä laajentaa tuotantoaan merkittävästi, ensin tuhanteen irtokuutiioon ja sitten kahteen tuhanteen irtokuutiioon vuodessa. Ensin mainitussa vaihtoehdossa kuivauskertoja tulee 34 ja jälkimmäisessä 67. Tällöin myös kuivauksen lämmöntarve kasvaa syksyllä ja keväällä 125 kWh:iin ja talvella 150 kWh:iin irtokuutiolta. Laskelmissa oletetaan, että puolet mainittujen tuotantovaihtoehtojen puumäärästä kuivataan kesäaikaan ja puolet kylmempään vuodenaikaan. Näin ollen ensimmäisessä vaihtoehdossa kokonaislämmöntarve on 115 MWh ja kuivauskustannus 11,7 €/irto m³ ja jälkimmäisessä vastaavasti 251 MWh ja 11,1 €/irto m³ silloin, kun lämmönhinta on 70 €/MWh. Jos lämmönhinta on 45 €/MWh, vastaavat kuivauskustannukset ovat irtokuutiolta 8,9 € ja 8,0 €. Puhallinkustannukset eivät muutu.



Kuva 16. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan. Kuivausvolyymi vuodessa on 1000 irto m³.



Kuva 17. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan. Kuivausvolyymi vuodessa on 2000 irto m³.

Lisäksi on huomioitava, että klapien siirtelystä ja varastoinnista aiheutuu lisäkustannuksia, arviolta 1-1,5 €/irto m³. Mikäli kuivat puut myydään pakattuina esimerkiksi verkkosäkkeihin, tulee varautua 1,5-2 €/irto m³ pakkauskustannuksiin.

Vaikka keinokuivaus mahdollistaa tuotannon lisäyksen, kannattaa arvioida, kuinka paljon työpanoksia lisääntyvä polttopuuvolyymi vaatii. Esimerkiksi tyypillinen 500 irto m³ vuodessa myyvä yrittäjä käyttää sata tuntia puun pilkkomiseen ja käsittelyyn ja 125 tuntia sen jakeluun asiakkaalle. Mikäli raaka-aine hankitaan omasta metsästä, kuluu siihen vielä toiset sata tuntia. Mikäli tuotanto kaksinkertaistetaan, pilkontaan kuluu jo lähes 200 tuntia ja jakeluun 250 tuntia, jopa enemmän, sillä markkina-alueen kasvaessa myös kuljetusmatkat kasvavat. Lisäksi suurempaa polttopuumäärää pitää markkinoida entistä aktiivisemmin. Kokonaisuudessaan tämä tarkoittaa yli kuuttakymmentä työpäivää. Lisäksi kuivauksen vaatimat puiden siirtelyt lisäävät työmäärää noin parilla kymmenellä päivällä.

4. Johtopäätökset

Uimaharjun aluelämpölaitoksessa on runsaasti käyttämätöntä lämmöntuotantokapasiteettia, jopa 66 %. Mikäli laitos toimisi täydellä teholla, pois lukien talven pakkaspiikit ja kesän huoltoseisokit, sen tuottamalla lämmöllä voitaisiin kuivata puolet koko maakunnan kaupallisesta pilkkeestä. Viimeisten vuosien lämmönmyynti osoittaa, että lämpöä voitaisiin tuottaa kuivaukseen vuoden jokaisena kuukautena eli polttopuun kuivaukseen on lämpölaitoksella yllin kyllin kapasiteettia.

Tässä selvityksessä rajoituttiin tarkastelemaan pilkkeen ja hakkeen kuivausta siirrettävässä konttikuivurissa. Niiden kuivauskapasiteetti arvioitiin olevan 20-30 irtto m³ kerralla panoskuivauksena kokomittaisella 40 jalan ja 15 irtto m³ puolikkaalla eli 20 jalan kontilla. Vuotuiset maksimikuivausmäärät hakkeella ovat siten 2000 ja pilkkeellä 3000 irtto m³ isolla kontilla ja 1500 irtto m³ pilkettä pienellä kuivurilla. Haketta voidaan kuivata myös jatkuvatoimisesti konttikuivurilla. Ilman syötön automatisointia tällaisen kuivurin vuotuinen tuotanto on laskennallisesti 6000 irtto m³. Lämmöntarpeen näkökulmasta kyseiset kuivausvolyymit edellyttävät 200-1000 MWh tuotannon lisäystä lämpölaitoksella eli yhden konttikuivurin käyttöön otolla voidaan lisätä liikevaihtoa vain yhden kuukauden lämmönmyynnin verran.

Teknisesti on toki mahdollista asentaa useampia kuivureita samaan lämpöverkkoon, mutta samalla tontille sijoittaminen tuo useita logistisia haasteita. Kuivaus muualla kuin tuotantopaikalta aiheuttaa polttopuiden ylimääräistä siirtelyä ja käsittelyä. Kuiva puu on varastoitava säältä suojaan välittömästi kuivauksen jälkeen. Puiden siirtelyn helpottamiseksi ne olisi hyvä pakata käsittely-yksikköihin, härkeihin tai verkkosäkkeihin. Kaikista näistä aiheutuu lisäkustannuksia.

Kuivauksessa ylivoimaisesti suurin kustannus aiheutuu kuivauslämmöstä, joka muodosti edullisemmalla pilke- ja hakekontilla 80 % muuttuvista kustannuksista. Investoinniltaan selvästi kalliimmalla jatkuvatoimisella hakekuivurilla sen osuus oli puolestaan 67 %. Näin ollen kuivauksen kannattavuus riippuu olennaisesti kuivauslämmön hinnasta, joka tässä tarkastelussa vaihteli välillä 45-70 €/MWh.

Kuten aiemmin on todettu, polttopuun keinokuivaus mahdollistaa pilketuotannon lähes ympärivuotisen tuotannon. Tällöin on helpompi kasvattaa tuotantomääriä ja suurten varastojen ylläpitäminen ei ole enää tarpeellista. Tässä selvityksessä puun varastointikustannuksia ei arvioitu tarkemmin puutteellisten tietojen ja yrittäjien moninaisuuden vuoksi. Tyypillisellä maatilayrittäjällä polttopuun varastoinnista ei sinänsä aiheudu suuria kustannuksia, mutta niihin sitoutuu paljon pääomaa, joka on riskialtista, mikäli puiden laatu heikkenee tai ne eivät muusta syystä käy kaupaksi. Keinokuivauksen avulla polttopuun laatua pystytään kontrolloimaan paljon paremmin ja kysynnän vaihteluihin voidaan vastata joustavammin. Avainkysymys on kuitenkin, saadaanko kuivauksesta aiheutuva kustannus, tässä tapauksessa noin 10 €/irtto m³, siirrettyä puun myyntihintaan.

Useimmat polttopuun tuottajat ja myyjät ovat sivutoimisia yrittäjiä tai toiminta on maatilakyltöntä. Tämä asettaa rajoitteet tuotannon laajentamiselle. Esimerkiksi tyypillinen 500 irtto m³ vuodessa myyvä yrittäjä käyttää sata tuntia puun pilkkomiseen ja käsittelyyn ja 125 tuntia sen jakeluun asiakkaalle. Mikäli raaka-aine hankitaan omasta metsästä, kuluu siihen vielä toiset sata tuntia. Yrittäjän ajankäyttö ilman ulkopuolista apua asettaa selvät rajat polttopuuliiketoiminnan kasvulle. Jotta polttopuun myynti voisi olla kokoaikaista, pitää vuotuiset myyntimäärät olla jo useissa tuhansissa irtokuutioissa. Tällöin suurena haasteena on puun markkinointi ja jakelu, sillä tavallinen polttopuusiakas ostaa vain muutaman irtokuution pilkettä kerralla. Laajentumisen etuina on puolestaan tehokkaampi resurssien käyttö, mikä laskee tuotteen tuotantokustannuksia jonkin verran. Esimerkiksi pilkekoneen ja jakeluauton vuotuiset käyttötunnit voitaisiin koneiden puolesta moninkertaistaa, jolloin niiden pääomakustannukset alenevat.

Hakkeen kuivauksen liiketoimintamalleja ei tässä selvityksessä analysoitu tarkemmin. Hakkeen kuivauksella saavutetaan pienen kokoluokan lämmöntuotannossa kuitenkin tiettyjä etuja. Hakkeen lämpöarvo nousee, jolloin sitä tarvitaan määrällisesti vähemmän. Kuiva hake myös yleensä parantaa kattilan hyötysuhdetta, vähentää toimintahäiriöitä ja varmistaa, että kattilasta saadaan riittävästi tehoa huippukuormituksen aikaan. Se myös säilyy pilaantumatta varastossa.

Suurin hyöty hakkeen kuivauksesta saavutetaan kuljetuskustannusten vähenemisenä, mikäli hake voidaan kuivata lähellä hakkeen tuotantopaikkaa. Lämpölaitoksella kuivattaessa tämä etu menetetään.

Lämmityskauden kylmimpänä aikana hyvälaatuiselle polttoaineelle on kysyntää. Periaatteessa lämpölaitoksella kuivattua haketta voitaisiin myydä toisille lämpöyrittäjille. Ongelma on tässä tapauksessa kuivauksen kustannus, joka pitäisi kattaa hakkeen korkeampana myyntihintana. Hakkeen keskimääräiseen hankintahintaan, 21 €/MWh (Tilastokeskus 2017), pitäisi lisätä kuivauskustannus, tässä tapauksessa 10 €/irto m³, joka lisäisi hakkeen myyntihintaa 14 €/MWh. Ei ole kovinkaan todennäköistä, että kuivattu hake käy tällä hinnalla kaupaksi.

Sen sijaan hakkeen kuivaaminen omaan käyttöön voisi olla perusteltua, mikäli lämpölaitokselle olisi joka tapauksessa investoitu kuivuri. Etenkin, jos kuivuri ei ole jatkuvasti muussa käytössä. Kuivatun hakkeen käsittelystä ja varastoinnista ei saisi kuitenkaan aiheutua paljon ylimääräistä työtä eikä kustannuksia.

Lähdeviitteet

E. Lehtola Ky. 2018. Puhelinkeskustelu yrittäjän kanssa 16.1.2018.

Enon energiaosuuskunta. 2017. Osuuskunnan internet-sivut. <http://www.enonenergia.fi/>

Laitila, J., Heikkilä, J. & Anttila, P. 2010. Polttohakkeeksi korjattavan pieniläpimittaisen harvennuspuun korjuuvaihtoehdot, kertymät ja korjuukustannukset Keski-Suomessa. Metsätieteen aikakauskirja; 2010 : 3, s. 328-329.

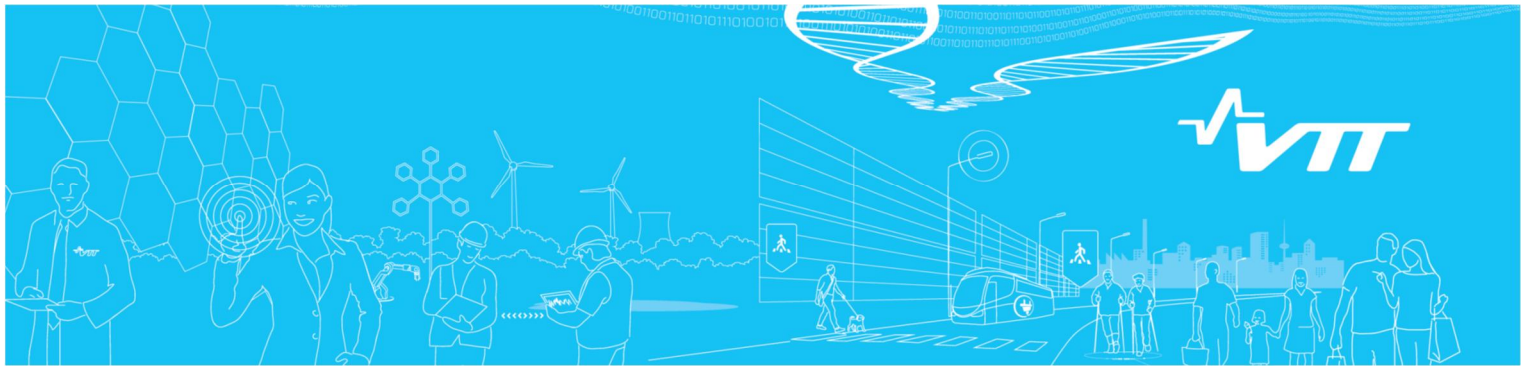
Linna, V., Kaipainen, H. & Okkonen, J. 1983. Aurinkolämmön käyttö hakkeen ja palaturpeen puhallinkuivauksessa. Espoo: VTT tutkimuksia 239. Kotimaisten polttoaineiden laboratorio.

Luonnonvarakeskus (LUKE). 2017. Pientalojen polttopuun käyttö. Luonnonvarakeskuksen tilastot. <http://stat.luke.fi/pientalojen-polttopuun-kaytto>

Luonnonvarakeskus (LUKE). 2017. Puun energiakäyttö 2016. <http://stat.luke.fi/puun-energiakaytto>

SFTec. 2018. Sähköpostiviestit tammikuussa 2018 yrityksen toimitusjohtaja Jani Käännän kanssa.



Tilastokeskus. 2017. Energian hinnat. Julkaistu: 7.12.2017. http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2017/03/ehi_2017_03_2017-12-07_tie_001_fi.html



Polttopuun kuivaus hakelämpölaitoksen lämpöenergialla

Kirjoittajat: Jyrki Raitila & Matti Virkkunen

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Polttopuun kuivaus hakelämpölaitoksen lämpöenergialla	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Anniina Kontiokorpi Pohjois-Karjalan maakuntaliitto Kohti öljyvapaata ja vähähiilistä Pohjois-Karjalaa –hanke Pielisjoen linna, Siltakatu 2 FI-80100 Joensuu puh. / tel. 050 414 4816 / +358 50 414 4816 e-mail: anniina.kontiokorpi@pohjois-karjala.fi	Asiakkaan viite
Projektin nimi Polttopuun keinollinen kuivaus hakelämpölaitoksen lämpöenergialla	Projektin numero/lyhytnimi PP Kuivaus
Tiivistelmä <p>Pohjois-Karjalan maakuntaliitolla on käynnissä Kohti öljyvapaata ja vähähiilistä Pohjois-Karjalaa –hanke, jossa yhtenä keskeisimpänä toimenpiteenä on laatia tiekartta öljyvapaaseen ja vähähiiliseen Pohjois-Karjalaan. Hankkeelle tehtiin toimeksiantona selvitys polttopuun mahdollisesta kuivauksesta Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun lämpölaitoksen lämpöenergialla.</p> <p>Teoreettisesti Uimaharjun lämpölaitos voisi tuottaa lämpöä kuukausittain noin 1400 MWh ja vuositasolla yli 17 000 MWh biokattiloiden nimellislämmöntuotantokapasiteetin mukaan. Nykyisellään hyödyntämättä jäävää lämmöntuotantokapasiteettia on jopa 66 %. Tällä kapasiteetilla voitaisiin kuivata 80 000 irtokuutiota pilkettä vuodessa, mikä vastaa noin puolta Pohjois-Karjalassa myytävästä kaupallisesta polttopuusta.</p> <p>Vastaavasti haketta voitaisiin kuivata Uimaharjun laitoksen käyttämättömällä lämmöntuotantokapasiteetilla 80 000 irtokuutiota, mikä vastaa noin yhdeksää prosenttia maakunnan energialaitosten käyttämästä puuhakkeesta.</p> <p>Kuivauksen kustannukset laskettiin kuivattaessa haketta tai pilkettä siirrettävässä konttikuivurissa, jonka investoi joko polttopuuyrittäjä tai energiaosuuskunta. Tarkastelussa kuivureita oli kolme, joista yksi oli jatkuvatoiminen hakekuivuri. Muut toimivat panoskuivausperiaatteella. Kuivauslämpö oletettiin ostettavan kaikissa vaihtoehdoissa Uimaharjun lämpölaitokselta. Kuivauskustannukset riippuvat eniten kuivauslämmön hinnasta, sillä sen osuus eri vaihtoehdoissa oli 67-90 % kuivauksen kokonaiskustannuksista käytettäessä lämmönhintaa 45-70 €/MWh. Tällöin kuivaus oli edullisimmillaan 7,6 €/irto m³ ja kalleimmillaan 16,3 €/irto m³ laskettaessa eri investointi- ja lämmönhintavaihtoehdoilla.</p>	
Jyväskylä 13.2.2018 Laatija  Jyrki Raitila Erikoistutkija	Hyväksyjä  Jouni Hämäläinen Tutkimustiimin päällikkö
VTT:n yhteystiedot PL 1603, 40101 Jyväskylä	
Jakelu Pohjois-Karjalan maakuntaliitto, Suomen metsäkeskus, Jokipilke ja VTT	
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>	

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	2
1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet	3
2. Menetelmät ja toteutus.....	4
3. Tulokset.....	5
3.1 Polttopuun ja hakkeen kuivaus Uimaharjun lämpölaitoksen yhteydessä	5
3.1.1 Energiaosuuskunnan kuvaus ja lämmönmyynnin kehitys.....	5
3.1.2 Kuivauspotentiaali ja soveltuvimmat tuotantoketjut	7
3.1.3 Suositeltava laitetekniikka ja kuivauksen kustannukset.....	11
3.2 Case polttopuuyrittäjä	18
3.2.1 Tuotantoketjun kuvaus.....	18
3.2.2 Yritystoiminnan volyymi ja kuivauksen kustannukset	18
4. Johtopäätökset	21
Lähdeviitteet.....	23

1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

Pohjois-Karjalan maakuntaliitolla on käynnissä Kohti öljyvapaata ja vähähiilistä Pohjois-Karjalaa –hanke, jossa yhtenä keskeisimpänä toimenpiteenä on laatia tiekartta öljyvapaaseen ja vähähiiliseen Pohjois-Karjalaan, mikä on Pohjois-Karjalan energia- ja ilmasto-ohjelman toimeenpanosuunnitelma. Tiekartassa on kuusi painopistettä, joista yksi on energia. Tiekartan konkretisoimiseksi hankkeessa on tarkoitus käyttää resursseja 2-3 referenssi/pilottikohteen suunnitteluun.

Samaan aikaan Pohjois-Karjalassa on käynnissä myös Poveria biomassasta yhteishanke, jonka toteutuksesta vastaavat Suomen metsäkeskuksen lisäksi Pielisen Karjalan Kehittämiskeskus Oy PIKES, Keski-Karjalan Kehitysyhtiö Oy KETI ja Karelia ammattikorkeakoulu Oy. Tavoitteena on kehittää hajautettua uusiutuvan energian käyttöä ja tuotantoa Pohjois-Karjalassa edistämällä tehokkaan tiedon ja osaamisen siirron keinoin muun muassa uusien teknologioiden käyttöönottoa ja demonstrointia alueella.

Edellä mainittuihin hankkeisiin liittyen VTT teki kustannuslaskelmat ja toimintakuvauksen polttopuun mahdollisesta kuivauksesta Uimaharjun lämpölaitoksen yhteydessä case -tarkasteluna. Samalla selvitettiin pilkkeen ja hakkeen kuivauksen vaikutukset ja mahdollisuudet Enon Energiaosuuskunnan toiminta-alueella.

Toimeksiannon tavoitteet määriteltiin seuraavasti:

- Polttopuuyrittäjän case -tarkasteluna laskea, kuinka paljon polttopuuta olisi mahdollista kuivata Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun lämpölaitoksen yhteydessä ja määrittää kuivauksen kustannukset.
- Paljonko Uimaharjun lämpölaitoksen tuottamaa energiaa voitaisiin käyttää polttopuun ja hakkeen kuivaamiseen?
- Tämän laitostekniikan toimintaan parhaiten soveltuvan ja kustannustehokkaan laitetekniikan selvittäminen.
- Koko kuivausketjun ketterä toimintatapa ja esim. konttikuivurin helppo kytkettävyys.
- Osuuskunnan ja polttopuuyrittäjän yhteistyön mahdollisuudet ja tarvittavien laiteinvestointien kustannukset.

2. Menetelmät ja toteutus

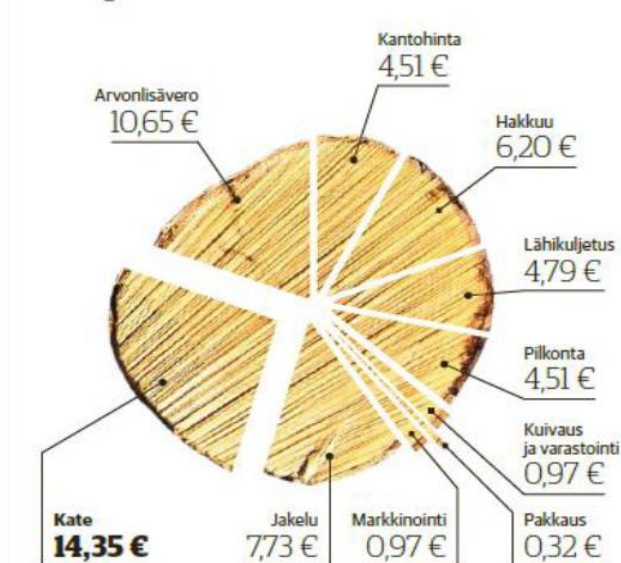
Toimeksianto tehtiin toimistotyönä Jyväskylässä sekä Suomen metsäkeskuksen itäisen palvelualueen toimittaman taustamateriaalin sekä julkisen aineiston pohjalta. Tarkentavaa tietoa kysyttiin suoraan Enon energiaosuuskunnalta ja alueen polttopuuyrittäjältä. Työssä hyödynnettiin VTT:n kokemusta aikaisemmista polttopuuprojekteista sekä niissä tehtyjä laskureita ja selvityksiä. Lisäksi joitakin teknisiä yksityiskohtia tarkennettiin suorilla yhteydenotoilla kuivurivalmistajiin.

Koko polttopuuketjun kattavaa tuotantokustannuslaskentaa ei tehty, koska toimeksiannon tehtävänä oli selvittää kuivausvaihtoehtoja ja niiden kustannuksia. Tarvittaessa sovellettiin kirjallisuudesta saatuja keskimääräisiä lukuja eri kustannustekijöille sekä yrittäjiltä saatuja tietoja. Kuivauksen kustannukset laskettiin perustuen VTT:n laskentamalliin ja kuivurivalmistajien antamiin teknisiin ohjearvoihin. Kuivauksen tärkeimmät laskentaperusteet on koottu Taulukkoon 1.

Taulukko 1. Polttopuun ja hakkeen kuivauksen laskennassa käytetyt tärkeimmät laskentaperusteet.

Laskentaperuste	Kustannus/määrä
Lämmön hinta (ALV 0), eri vaihtoehdot	45-70 €/MWh
Sähkön hinta (ALV 0)	10 snt/kWh
Konttikuivurin investointikustannus (ALV 0)	20 000 €
Jatkuvatoimisen hakekuivurin investointikustannus (ALV 0)	200 000 €
Kuivurin takaisinmaksuaika	10 v
Panoskuivurin kuivausvolyymi	2-3000 irtto m ³ /v
Jatkuvatoimisen hakekuivurin kuivausvolyymi	2 irtto m ³ /h, 6000 irtto m ³ /v
Kuivaukseen tarvittava lämpöenergia	100-160 kWh/irtto m ³
Kuivaukseen tarvittava sähköenergia	7-10 kWh/irtto m ³

Polttopuun hinnan muodostus



Kuva 1. Polttopuun hinnan muodostus pienyrittäjän polttopuutuotannossa. (Lähde: Savon Sanomat 20.1.2016 ja Suomen metsäkeskus)

3. Tulokset

3.1 Polttopuun ja hakkeen kuivaus Uimaharjun lämpölaitoksen yhteydessä

3.1.1 Energiaosuuskunnan kuvaus ja lämmönmyynnin kehitys

Enon energiaosuuskunta perustettiin 1999 perustajajäsenmäärän ollessa 12. Nykyään jäseniä on 54. Varsinainen toiminta alkoi kunnan vuonna 2000 rakentamassa Yläkylän lämpölaitoksessa, jossa edelleen hoidetaan raaka-aineen toimitus ja laitoksen hoito. Joensuun kaupunki myi Yläkylän laitoksen lämpöverkkoineen osuuskunnalle syyskuussa 2010. Osuuskunnan rakentama ja omistama Uimaharjun aluelämpölaitos valmistui syksyllä 2002 ja vuonna 2004 rakennettiin samalla periaatteella Enon Alakylälle 2 MW:n laitos ja aluelämpöverkko. Toimintamuotoina ovat hakepuun hankinta, haketus sekä alue- ja pellettilämpölaitosten hoito. Osuuskunta toimii pääasiassa Enon ja Uimaharjun taajamien alueella. (Enon energiaosuuskunta 2017)

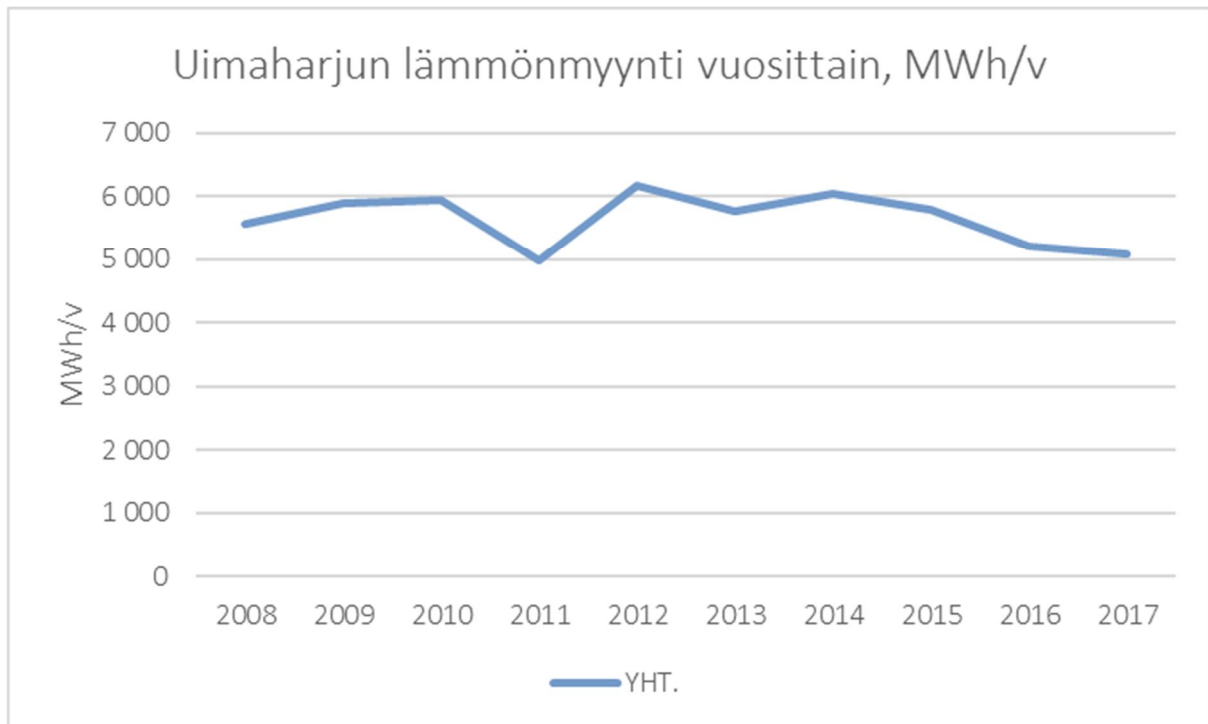
Osuuskunta omistaa Enossa kolme hakelämpölaitosta lämpöputkistoineen. Lisäksi osuuskunta vastaa Uimaharjussa Hoitokoti Tuulettaren kiinteistön pellettilämmityksestä. Osuuskunnan hoidossa on kaikkiaan 6 biokattilaa yhteisteholtaan n. 4,96 MW. Vuotuinen liikevaihto on noin 1 100 000 euroa. Osuuskunta sai Pro Maaseutu -palkinnon vuonna 2002. Osuuskunta voitti myös Bioenergia ry ja Motiva Oy:n järjestämän valtakunnallisen Vuoden lämpöyrittäjä 2014 -palkinnon. Syksyllä 2017 Suomen ympäristökeskus huomioi osuuskunnan Kuukauden Hinku-teko -palkinnolla päästöjä vähentävästä toiminnasta. (Enon energiaosuuskunta 2017)

Taulukko 2. Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun laitoksen tiedot. (Enon energiaosuuskunta 2017)

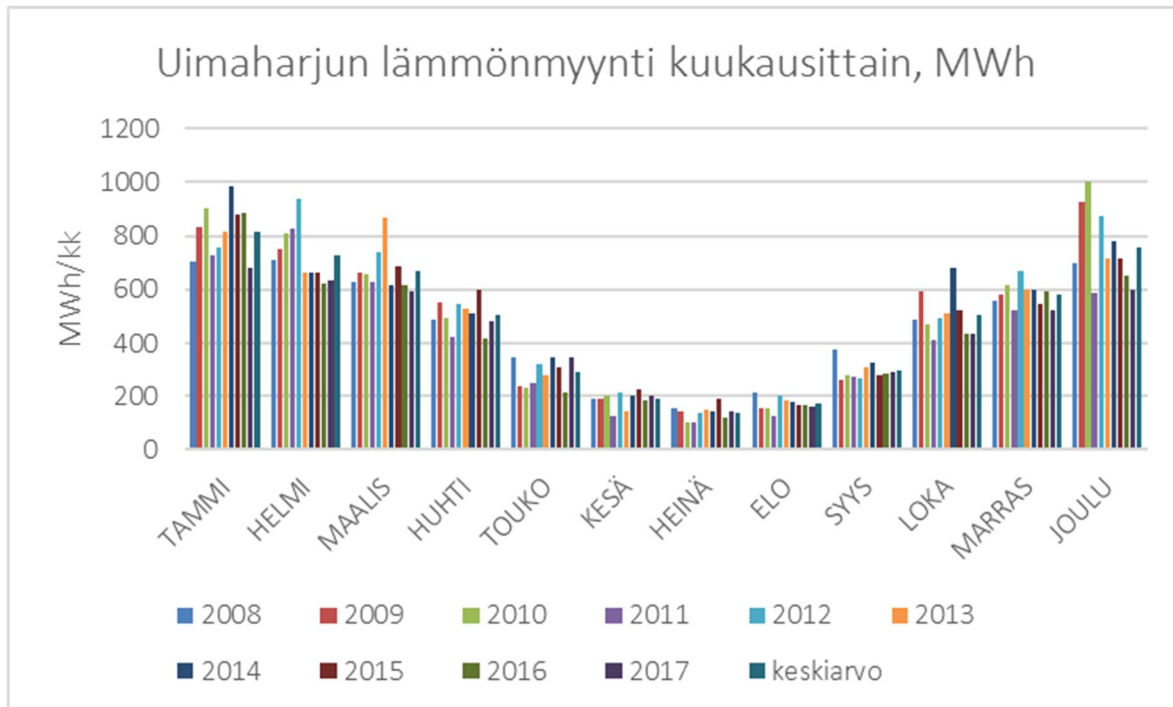
Uimaharjun lämpölaitos	
Käyttöönotto	2002
Omistaja	Enon energiaosuuskunta
Lämmitettävät kohteet	Uimaharjun ala- ja yläaste, terveysasema, lähipalvelukeskus, seurakunnan kiinteistö sekä viisitoista rivitaloyhtiötä
Rakennustilavuus lämmityskohteissa	n. 93 000 r-m ³
Biokattila	1 MW+1 MW
Öljykattila (varakattila)	1 MW
Lämpöverkosto	4000 m
Laitevalmistaja	Vaasan kuljetuskanavat Oy
Polttoaineen kulutus	n. 9000 i-m ³ haketta
Polttoaineet	Metsähake, varalla pelletti ja kevyt polttoöljy

Uimaharjun laitoksen vuotuinen lämmönmyynti on pysynyt suhteellisen vakaalla noin 6000 MWh tasolla viimeisen kymmenen vuoden aikana. Vuonna 2015 myynti lähti kuitenkin laskuun ja oli vuonna 2017 noin 5000 MWh eli noin parikymmentä prosenttia alle huippuvuosien (Kuvat 2 ja 3). Syynä tähän on asiakkaiden väheneminen ja viime vuosien leudommat lämmityskaudet.

Teoreettisesti Uimaharjun lämpölaitos voisi tuottaa lämpöä kuukausittain 1400 MWh ja vuositasolla lähes 17 000 MWh biokattiloiden nimellislämmöntuotantokapasiteetin mukaan. Nykyisellään hyödyntämättä jäävää lämmöntuotantokapasiteettia on jopa 66 %.



Kuva 2. Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun vuotuinen lämmönmyynti viimeisen kymmenen vuoden aikana. (Lähde: Enon energiaosuuskunta)



Kuva 3. Enon energiaosuuskunnan Uimaharjun kuukausittainen lämmönmyynti viimeisen kymmenen vuoden aikana. (Lähde: Enon energiaosuuskunta)

3.1.2 Kuivauspotentiaali ja soveltuvimmat tuotantoketjut

3.1.2.1 Pilke

Kuivauspotentiaali

Taulukko 3. Uimaharjun lämpölaitoksen keskimääräinen kuukausittainen lämmönmyynti viimeisen kymmenen vuoden aikana verrattuna hyödynnettävissä olevaan pilkkeen (ja hakkeen) kuivauspotentiaaliin. (Lähde: Enon energiaosuuskunta)

	Lämmönmyynnin keskiarvo, 10 v.	Teoreettinen tuotantopotentiaali, MWh	Käyttämätön potentiaali, MWh	Kuivauspotentiaali, irto m ³
Tammikuu	817	1488	671	4247
Helmikuu	729	1344	615	3894
Maaliskuu	670	1488	818	5178
Huhtikuu	504	1440	936	6780
Toukokuu	287	1488	1201	8701
Kesäkuu	188	1440	1253	12 912
Heinäkuu	138	1488	1351	13 923
Elokuu	171	1488	1317	13 576
Syyskuu	293	1440	1147	8309
Lokakuu	504	1488	984	7131
Marraskuu	581	1440	859	5435
Joulukuu	755	1488	733	4640
Yht.	5 637	17 520	11 883	94 725

Kuivauspotentiaalin laskennassa oletettiin yksinkertaisuuden vuoksi, että polttopuun kuivaukseen tarvitaan lämpöenergiaa 158 kWh/irto m³ läpi vuoden, mikä perustuu talviajan lämmöntarpeeseen ja 70 % kuivauksen hyötysuhteeseen. Todellisuudessa lämpimänä vuodenaikana lämpöenergian tarve on jopa kolmanneksen pienempi kuin talvella. Toisaalta haihdutettavan veden määrä riippuu puulajista ja puun hakkuuajankohdasta. Tässä keskimääräisessä laskelmassa käytettiin koivun vesipitoisuuksia tuoreena 45 % kosteudessa sekä kuivattuna 20 % kosteudessa.

Taulukosta nähdään, että Uimaharjun lämpölaitoksella voitaisiin teoriassa kuivata yli 90 000 irtokuutiota koivuklapeja. Vaikka tästä potentiaalista vähennettäisiin lämpölaitoksen huoltoseisokki ja talven huippukuormitusjaksot, joita on yleensä vain joitakin viikkoja lämmityskaudessa, Uimaharjun laitoksen lämmöllä olisi nykyisellään mahdollista kuivata noin 80 000 irtokuutiota koivupilkettä vuodessa. Pohjois-Karjalan alueella käytetään tilastojen mukaan 260 000 kiintokuutiota runkopuuta pilkelämmitykseen. Tästä arvioidaan noin 23 % olevan markkinoilta ostettavaa pilkottua polttopuuta, yhteensä siis 60 000 kiintokuutiota (LUKE 2017). Irtokuutioina eli heittomotteina tämä vastaa noin 150 000 kuutiota. Näin ollen puolet kaikesta Pohjois-Karjalassa myydyistä pilkkeistä voitaisiin kuivata Uimaharjun lämpölaitoksella.

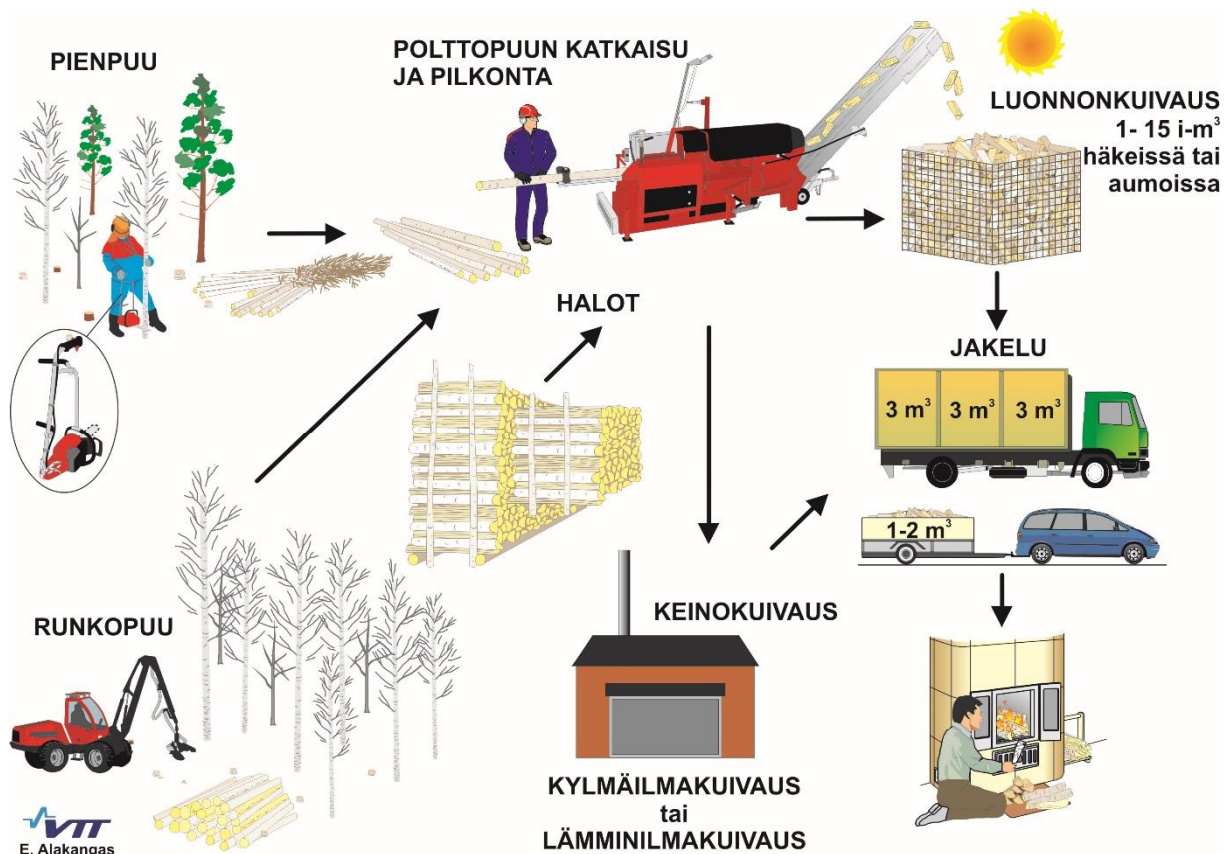
Käytännössä näin suurten pilkemäärien kuivaaminen vaatisi erikseen rakennettavaa kuivaamoja ja kunnan varastotiloja kuivalle polttopuulle. Tässä selvityksessä tarkoituksena oli tarkastella vain konttikuivurin soveltuvuutta ja kustannuksia pienyrittäjän pilketuotantoketjussa.

Neljänkymmenen jalan merikonttiin rakennetussa panoskuivurissa voitaisiin kerralla kuivata noin 30 irtokuutiota ja vuoden aikana maksimissaan noin 3000 kuutiota. Toki lämpökeskuksen viereen tällaisia kontteja voitaisiin kytkeä useampia, jolloin kuivauskapasiteetti moninkertaistuisi. Polttopuun logistiikka ja varastointi asettavat kuitenkin nopeasti rajat, joten käytännössä kahta kuivuria enempiä ei nykyisessä tilanteessa ole järkevä suunnitella.

Soveltuvimmat tuotantoketjut

Perinteisesti polttopuu-yrittäjä hankkii ainakin osan, jos ei kaikki, puuraaka-aineet omasta metsästä sekä pilkkoo, kuivaa ja varastoi pilkkeet omalla tilalla. Koska kuivaus perustuu luonnonkuivaukseen, tuotanto on hyvin sesonkiluonteista painottuen kevättalveen ja kevääseen (Kuva 4). Myynti ja jakelu puolestaan tehdään yleensä lämmityskauden alussa syksyllä. Pakkasjaksot aiheuttavat usein kysyntäpiikkejä.

Pilkkeen keinokuivaus mahdollistaa ympärivuotisen tuotannon, jolloin varastoja voidaan pienentää. Tällöin polttopuun myyntimäärät tavallisesti kasvavat ja yrittäjä alkaa käyttää alihankintaa, koska oma aika ja resurssit eivät enää riitä joka asiaan.



Kuva 4. Polttopuun tyypilliset hankintaketjut.

Tässä selvityksessä on lähdetty oletuksesta, että pilkkeet valmistetaan yrittäjän omalla tilalla tai tuotantopaikalla, mutta kuivataan Uimaharjun lämpölaitoksen yhteyteen asennettavassa siirrettävässä kuivauskontissa. Vuotuinen tuotantomäärä oletetaan 2-3000 irtokuutioksi ja pääosin raaka-aine hankitaan ostamalla esimerkiksi metsänhoitoyhdistyksiltä. Valmiit pilkkeet kuljetetaan Uimaharjuun kuivurille, jossa ne myös välivarastoidaan katetussa varastossa ennen asiakkaalle toimitusta. Pilkkeet voivat olla kuivurissa joko pilkesäkeissä tai -häkeissä kuormalavojen päällä tai irtotavarana. Pilkkeiden käsittelyyn tarvitaan kuormaaja tai truckki.

Lähtökohtaisesti polttopuuyrittäjä investoi kuivuriin ja tekee lämmön toimitussopimuksen energiaosuuskunnan kanssa. Niin halutessaan yrittäjä voi siirtää kuivurin muualle. Toki myös energiaosuuskunta voi vastata kuivuri-investoinnista ja myydä kuivauspalveluja polttopuuyrittäjille. Laskennallisesti kuivauskustannukset pysyvät samoina, mikäli vuotuinen kuivausvolyyymi pysyy muuttumattomana. Tällöin vuotuinen kuivausmäärä voisi koostua useamman polttopuuyrittäjän puista yhden toimijan tuotannon sijaan.

3.1.2.2 Hake

Kuivauspotentiaali

Uimaharjun lämpölaitoksen lämmöntuotantokapasiteetti verrattuna toteutuneeseen lämmön myyntiin mahdollistaa kuivata saman määrän haketta kuin pilkettä eli Taulukon 2 lukuja voidaan soveltaa myös hakkeen kuivauspotentiaalina. Vuonna 2016 Pohjois-Karjalassa käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa 343 000 kiintokuutiometriä (860 000 hakekuutiota) metsähaketta. Teoreettisesti tästä määrästä 80 000 hakekuutiota (9 %) voitaisiin kuivata Uimaharjun lämpölaitoksen lämmöllä.

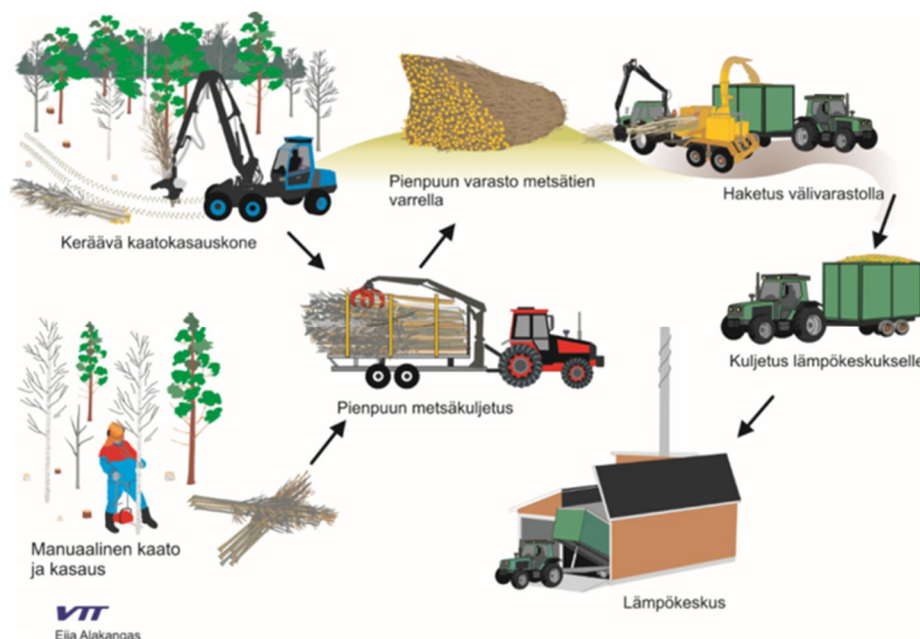
Pilkkeen kuivaukseen verrattuna on huomioitava, että hakekerros aiheuttaa suuremman vastapaineen materiaalin pienemmästä palakoosta johtuen. Tällöin pilkkeen kuivaukseen suunnitellun panoskuivurin puhaltimet saattavat jäädä liian heikoksi, mikäli halutaan kuivata koko kuivurin tilavuudella. Lisäksi paksun hakepatjan kuivaus johtaa helposti epätasaiseen kuivumiseen. Luonnollisesti hakekerroksen maksimipaksuus riippuu myös hakkeen palakoosta. Esimerkiksi palakoon ollessa 2-3 cm hakekerros ei saisi ylittää kahta metriä (Linna ym. 1983).

Mikäli halutaan käyttää tyypiltään samanlaista kuivuria kuin pilkkeen kuivaamiseen, hakkeella vuotuinen kuivauspotentiaali väistämättä pienenee. Panoskokoa on pienennettävä ja tällöin hake-erien vaihdosta aiheutuu lisätyötä. Voidaan arvioida, että täysmittaisesta merikontista tehdyllä panoskuivurilla vuotuinen kuivausmäärä olisi maksimissaan noin kaksi tuhatta hakekuutiota. Siten kahdella kuivurilla päästäisiin noin neljään tuhanteen kuivattuun hakekuutiotaan Uimaharjussa.

Soveltuvimmat tuotantoketjut

Pienten lämpölaitosten tyypillisesti polttoaineena käyttämää pienpuuta voidaan hankkia kokopuuna tai karsittuna rankana, joko erillisenä energiapuuhakkuuna tai integroituna korjuuna. Integroidussa korjuussa metsäteollisuuden käyttämä ainespuu ja energiakäyttöön menevä puu prosessoidaan erilleen omiin kasoihinsa. Integroidun korjuun kertymiin vaikuttaa puuston ominaisuuksien lisäksi merkittävästi katkonnassa käytettävät asetukset eli kuitupuulle asetettu läpimittavaatimus ja haluttu ainespuupölkyn pituus.

Karsitun rangan eduksi luetaan helpompi kuljetettavuus, hakkeen parempi laatu sekä vähäisemmät ravinnetappiot korjuukohteella. Karsitun rangan korjuussa oksabiomassa voidaan ajouralle parantamaan maaperän kantavuutta. Kuitenkin on huomioitava, että rangan karsinta laskee hakkuun tuottavuutta, pienentää hakkuukertymää ja pidentää kuljetusmatkoja hankinnan ulottuessa yhä etäämmälle lämpölaitoksesta. Yleensä vähimmäiskertymä energiapuukohteella pitäisi olla 25 m³ energiapuuta/ha. (Laitila ym. 2010) Toisaalta karsittua rankaa voidaan korjata kokopuukohteita karummilta kasvupaikoilta. Tämä voi tuoda alueellisesti lisää korjuukohteita hankinnan piiriin. Tavalliset hankintaketjut on kuvattu Kuvassa 5. Traktori soveltuu lyhyille kuljetusmatkoille (<30 km) ja haketukseen maatilakyläntäisessä puunhankinnassa. Muussa tapauksessa yleisintä on käyttää tehokkaampia autohakkureita ja hakerekkvoja.



Kuva 5. Tyypillisiä pienpuuhakkeen tuotantoketjuja.

Hakkeen keinokuivaus ei sinänsä muuta hakkeen hankintaketjua. Kuivaus integroidaan hankintaketjun loppuun eli hake hankitaan tavalliseen tapaan lämpölaitokselle, jossa se kuivataan konttikuivurissa. Kuivattu hake tietenkin pitää varastoida paikkaan, missä se on sateelta suojassa. Mikäli kuivataan vain lämmityskaudella ja hake käytetään omassa laitoksessa, voidaan kuivattu hake siirtää suoraan myös lämpölaitoksen omaan hakevarastoon. Laajamittainen kuivaus ympäri vuoden ja kuivan hakkeen myynti muille käyttäjille edellyttää ilman muuta varastoinnin ja logistiikan huolellista suunnittelua. Tämän selvityksen laskelmissa oletetaan, että hakkeen siirtelyt ovat lyhyitä ja ne voidaan tehdä esimerkiksi maataloustraktorilla, jolloin logistiikkaan ei tarvi tehdä erillisiä investointeja.

3.1.3 Suositeltava laitetekniikka ja kuivauksen kustannukset

3.1.3.1 Pilke

Vaihtoehto 1

Sahatavaran kuivaukseen yleisesti käytetyt kamarikuivurit soveltuvat pilkkeen kuivaukseen oikein hyvin. Samaa teknologiaa käytetään myös merikontteihin rakennetuissa kuivureissa. Esimerkiksi E. Lehtola Ky:n kuivurit eristetään, niihin rakennetaan ilmanakanavat, asennetaan lämmönvaihtimet ja puhaltimet sekä varustetaan yksinkertaisella ohjauslogiikalla. Kuivauksen ohjaus perustuu ilmamäärän, ilman lämpötilojen ja kosteuksien kontrollointiin. Kuivauksen eteneminen ohjelmoidaan neljään vaiheeseen. Tehokkaassa kuivauksessa pyritään siihen, että ulosmenevän ilman suhteellinen kosteus on suuri, jolloin voidaan siirtää mahdollisimman paljon kosteutta ulos vastaavassa ilmamäärässä. Poistoilmassa olevaa lämpöenergiaa otetaan talteen lämmönvaihtimessa, jonka läpi kuivurin korvausilma kulkee. Lisälämpö saadaan erillisestä lämpökattilasta tai -verkosta.

Lehtolan kuivureissa ilmanakanavat voidaan asentaa kontin kylkeen, joten ilma puhalletaan kontin sivusta vaakasuorasti pilkekerroksen läpi. Etuna tässä on, että ilmanakanavat pysyvät paremmin puhtaana kuin lattialla olevat ja ilman kierrätys on helpompaa. Täysmittaisen (40 jalkaa) kuivurin kertakuivauskapasiteetti on 25-30 irtokuutiota ja kuivaus kestää kolmesta neljään vuorokautta. Lämpötehon tarve on 40-80 kW. Kuivurissa on kaksi 4 kW puhallinta, joita ohjataan taajuusmuuttajalla. Pilkkeet voidaan kuivata irtotavarana, jolloin kontin pohjalle asennetaan haluttaessa pohjapurkain. Toinen vaihtoehto on käyttää kuivaushäkkejä, jotka voidaan siirtää pienkuormaajalla, pumppukärryllä tai pyörillä (viereinen kuva). Kuivuri voidaan rakentaa myös rekan perävaunuun. (E. Lehtola 2018)

Laitevalmistajan mukaan kuivurin investointikustannus on 20-30 000 euroa. Kuivauksen aikana lämpöä tarvitaan 100-150 kWh/irtokuutio ja sähköä 6-10 kWh/irtokuutio vuodenajasta riippuen. (E. Lehtola 2018)

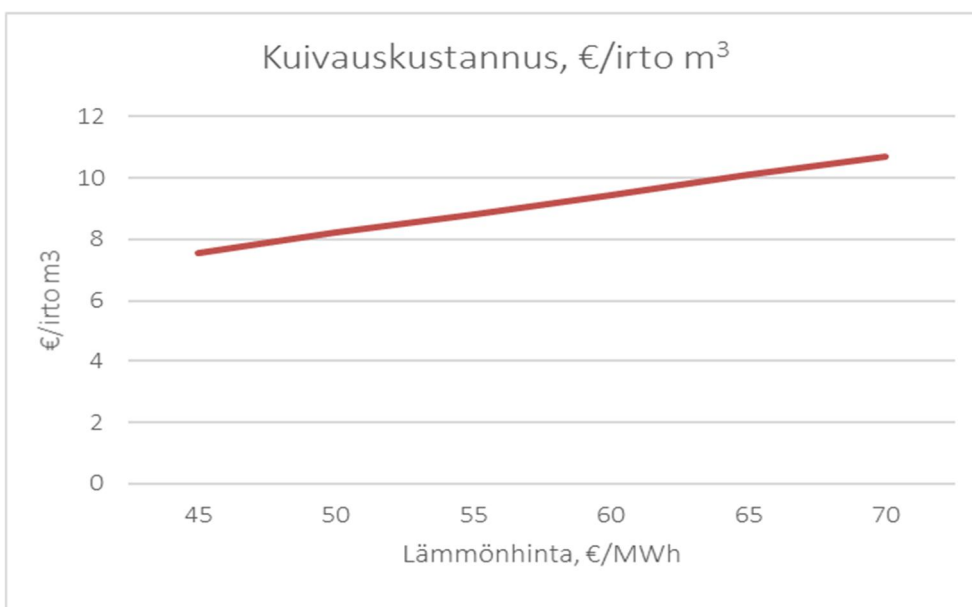


Kuva 6. Kuivaus pilkehäkeissä. (Lähde: Koneviesti 8/2016)



Kuva 7. Rekan perävaunuun rakennettu pilkekuivuri. Täyttö tapahtuu avattavan katon kautta. Purkua varten on asennettu pohjapurkain. (Lähde: E. Lehtola Ky.)

Kuivauskustannusten kannalta ei siis ole merkitystä investoiko polttopuuuyrittäjä vai lämpölaitos edellä esitettyyn kuivuriin. Oletetaan, että kuivuria voidaan käyttää täydellä teholla koko vuoden, jolloin kuivauskertoja tulee vuodessa sata ja kokonaiskuivausmäärä on 3000 irtokuutiota pilkettä. Tällöin lämpöä tarvitaan 375 MWh ja kuivauskustannukseksi muodostuu 70 €/MWh lämmönn hinnalla 10,7 €/irto m³, josta muuttuvien kustannusten eli lämmön ja sähkön osuus on 90 %. Mikäli lämmönhintana käytetään 45 €/MWh, on kuivauskustannus 7,6 €/irto m³. Kuivauksen hyötysuhteen oletetaan olevan 70 % ja lämmöntarpeen jakautuvan tasaisesti koko vuodelle, jolloin sovelletaan 100 kWh/irto m³ kesällä, 125 kWh/irto m³ syksyllä ja keväällä sekä 150 kWh/irto m³ lämpöenergiatarvetta talvella.



Kuva 8. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan.

Vaihtoehto 2

Uimaharjun lämpölaitoksen vieressä on TK tuotteen sahatavarakuivuri ja kuivan materiaalin varastointiin soveltuvaa varastotilaa. Kyseinen yritys on lopettanut toimintansa ja kiinteistöt laitteineen ovat myynnissä. Enon energiaosuuskunnan lämpöputki on jo valmiiksi kytketty kyseiseen kuivuriin. Lähtökohtaisesti sahatavarakuivuri soveltuu myös pilkkeen kuivaukseen.

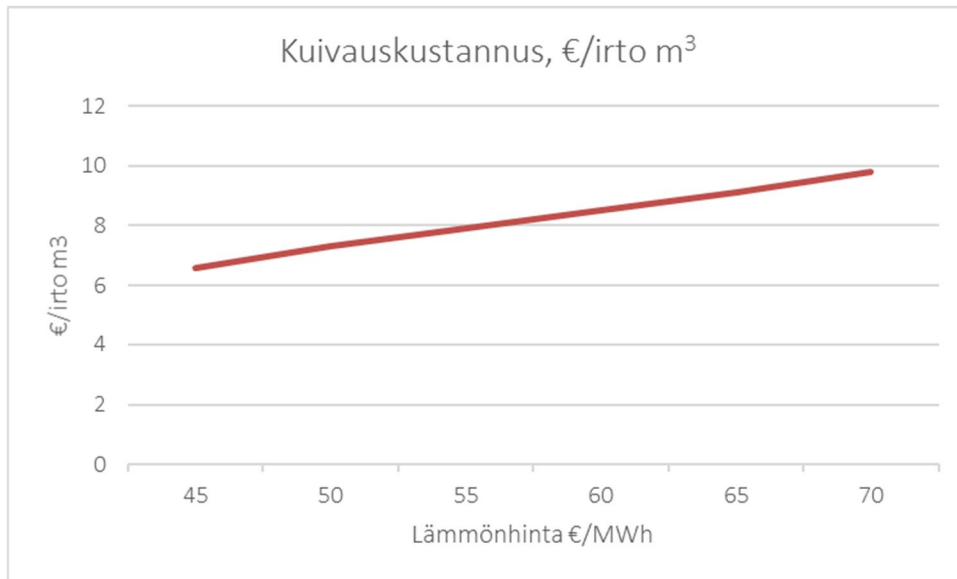
Kuivuri on rakennettu 20 jalan merikonttiin, joten se on ulkomitoiltaan 6 x 2,4 x 2,4 metriä. Puhaltimen, eristyksen ja lämmityskennon viedessä sisätilaa, arvioidaan, että kerralla voi kuivata noin 15 irtokuutiota pilkettä. Kuivurissa on 50 kW lämmönvaihdin ja puhaltimen teho on 4 kW. Kuivausilmaa on mahdollista lämmittää myös sähkövastuksilla, joiden teho on 2 x 15 kW. Se ei kuitenkaan tässä konseptissa ole tarkoituksenmukaista, koska lämpö on tarkoitus hankkia energiaosuuskunnalta.

Mikäli laitteet ovat edelleen toimintakuntoisia, tämä vaihtoehto olisi helpoin ja investointikustannuksiltaan edullisin. On oletettavaa, että kuivurin myyntihinta jää selvästi alhaisemmaksi kuin muiden vastaavien markkinoilla olevien.

Koska kuivurin hankintahintaa ei ole tiedossa, voidaan laskea kuivauskustannukset ilman investointia. Vuoden aikana kyseisessä kuivurissa olisi mahdollista kuivata sata erää pilkettä eli yhteensä 1500 irtokuutiota. Tällöin lämpöenergiaa kuluu 188 MWh ja kuivauskustannus on 70 €/MWh lämmönn hinnalla 9,8 €/irto m³, jos oletetaan kuivurin hyötysuhteeksi 70 % ja lämmöntarpeen jakautuvan tasaisesti vuodenaikojen mukaan. Mikäli lämmönhinta on 45 €/MWh, kuivauskustannukseksi muodostuu 6,6 €/irto m³.



Kuva 9. Uimaharjun lämpölaitoksen lähellä oleva TK tuotteen sahatavarakuivuri (Lähde: Urpo Hassinen, Metsäkeskus)



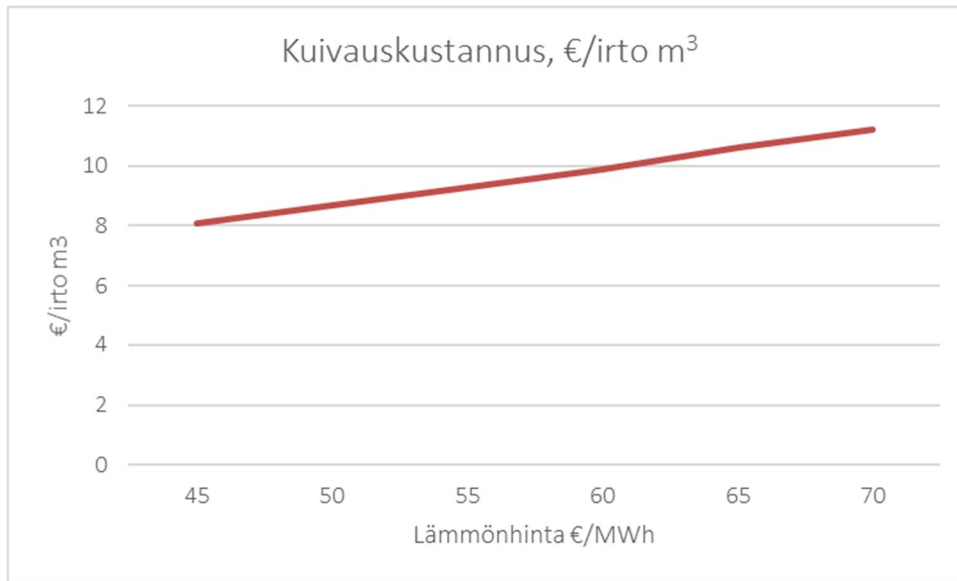
Kuva 10. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannuksia ei ole laskettu mukaan.

3.1.3.2 Hake

Vaihtoehto 1

Periaatteessa hake voidaan kuivata edellä kuvatun kaltaisessa panosperiaatteella toimivassa konttikuivurissa. Haasteena on saada hake kuivumaan tasaisesti ja kontrolloidusti toivottuun kosteuteen. Käytännössä kuivattavan hakkeen sekoitus kesken kuivauksen edesauttaa tasaisemman lopputuloksen saavuttamista. Kuivatun hakkeen kosteuserot pyrkivät tasaantumaan varastoinnin aikana. Panoskuivurin etuna on, että sitä voidaan myös käyttää pilkkeen kuivaukseen, joten kyseinen kuivuri on monikäyttöisempi.

Verrattuna Vaihtoehtoon 1 pilkekuivaukseen ainoa ero on, että vuotuinen kuivausvolyymi jää kahteen tuhanteen irtokuutiioon. Tällöin lämpöenergiaa kuluu 250 MWh ja kuivauskustannukseksi tulee 11,2 €/irto m³ 70 €/MWh lämmönnhinnalla laskettuna. Vastaavasti 45 €/MWh lämmönnhinnalla kuivauskustannus on 8,1 €/irto m³.

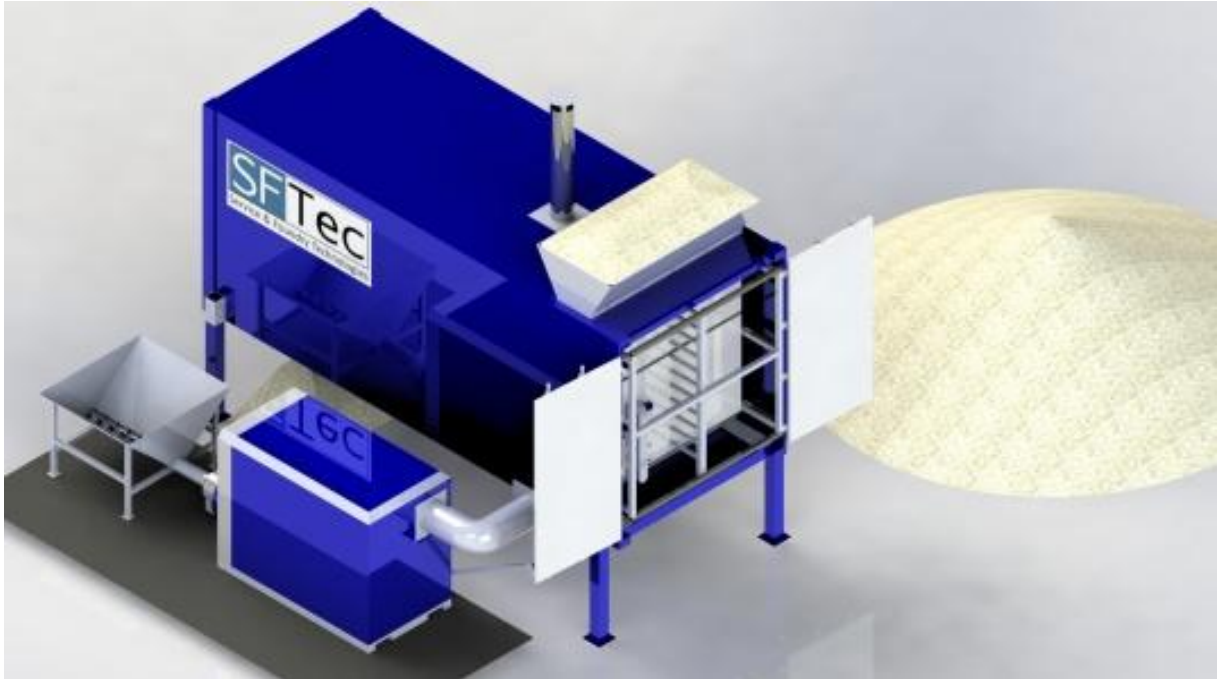


Kuva 11. Hakkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan.

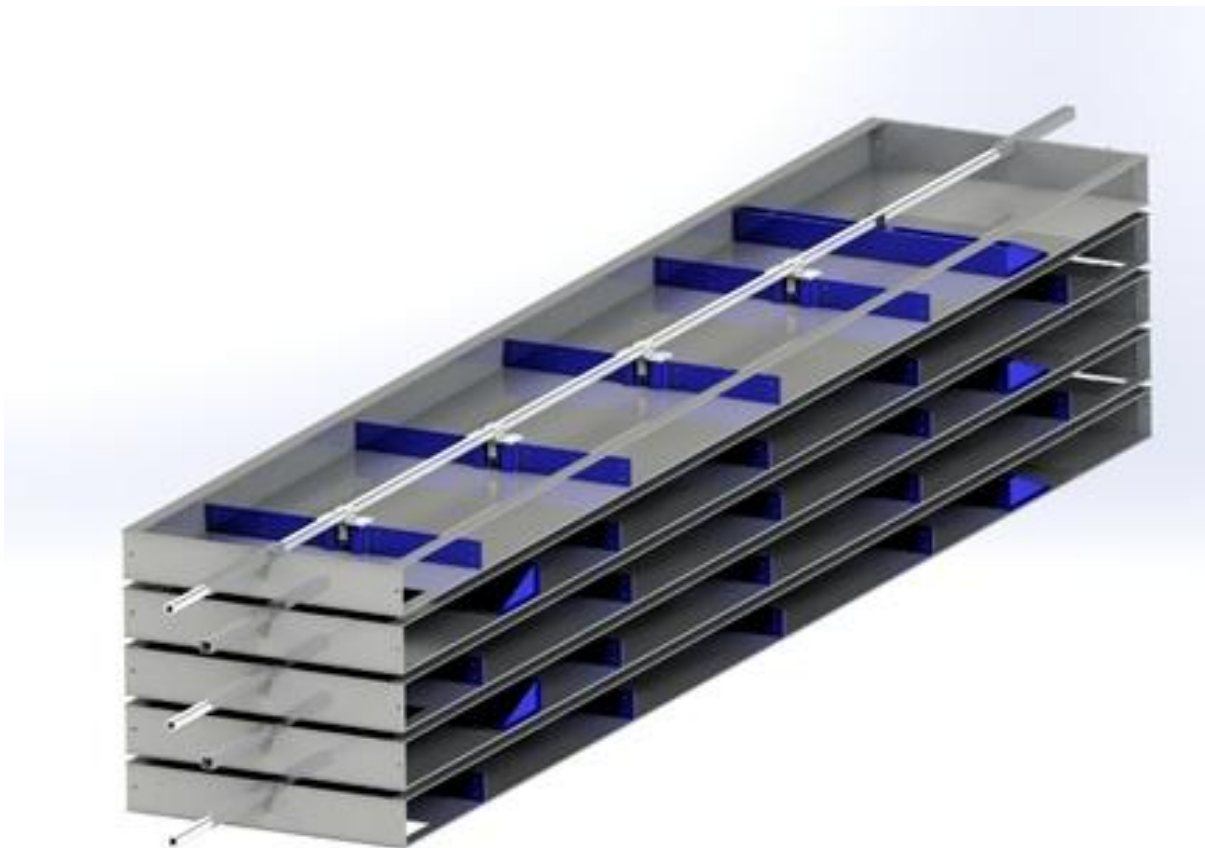
Vaihtoehto 2

Jatkuvatoiminen kuivuri, jossa biomassa liikkuu tai sekoitetaan jatkuvasti, soveltuu hakkeen kuivaamiseen paremmin silloin, kun halutaan varmistaa lopputuotteen tasalaatuisuus. Siirrettäviä jatkuvatoimisia konttikuivureita rakentaa Suomessa ainakin oululainen SFTec Oy. Tässä kuvataan heidän suunnittelemansa kuivurin toimintaperiaate, tuottavuus ja oleellisia kustannuksia. Kuivauskonsepti on uusi eikä pitkäaikaisia kokemuksia laitteen käytöstä vielä ole, joten tuottavuus, energiankulutus ja kustannukset perustuvat laitevalmistajan antamiin tietoihin.

ModHeat-kuivain koostuu samanlaisista päällekkäin olevista moduuleista. Tämä rakenne mahdollistaa vaivattoman kapasiteetin lisäyksen tarpeen mukaan. Jokaisessa moduulissa on lavat, jotka kuljettavat materiaalia kuivaimen sisällä sekoittaen sitä taaten tasalaatuisen kuivaustuloksen. Automaation avulla voidaan säätää ilmanvirtausta ja lapojen liikenopeutta halutun laadun varmistamiseksi. Lämmin ilma kulkee vastavirtaan materiaalin kanssa moduuleissa (SFTec 2018). Lämmön lähteenä voidaan käyttää mitä tahansa ulkopuolella tuotettua lämpöä, joten se soveltuu hyvin lämpökeskuksen yhteyteen. Kuivuriin on asennettu kaksi 7,5 kW puhallinta, mutta ilmavirtaa voidaan säädellä myös ulkoisen puhaltimen avulla.



Kuva 12. ModHeat kuivuri. Vasemmalla oleva pienempi sininen laatikko kuvaa ulkoista hakekattilaa, joka ei kuulu kuivurin valmistajan tuotevalikoimaan. Hake syötetään konttiin katolla olevan syöttökaukalon kautta ja poistuu pohjalla olevan kuljettimen avulla. (Lähde: SFTec)



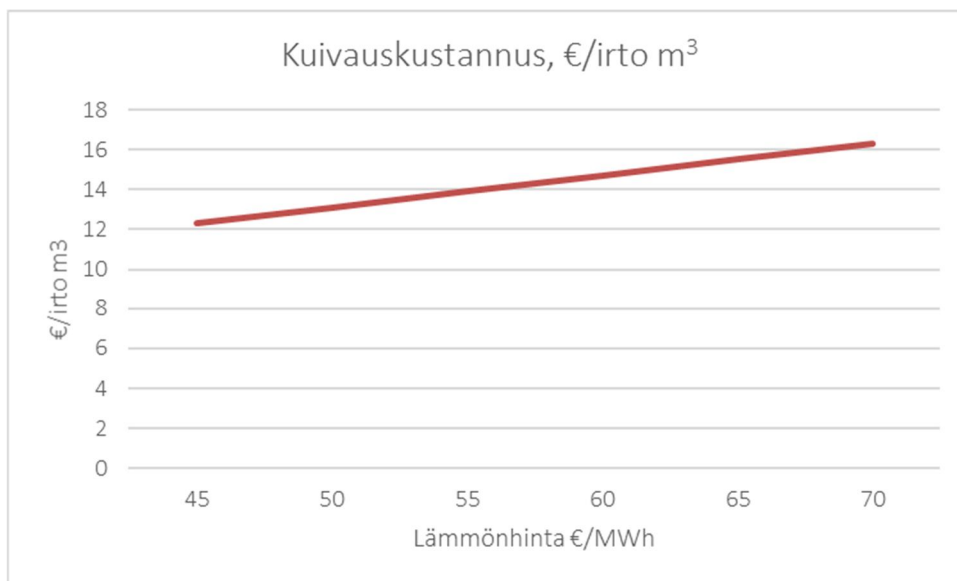
Kuva 13. ModHeat kuivurin sisällä olevia moduuleja, joissa kuivattavaa materiaalia siirretään hydraulisesti eteenpäin. (Lähde: SFTec)

Kuivurissa on noin 60 m² kuivauspinta-alaa ja materiaalin läpimenoa voidaan säätää, joten materiaalityön korkeus, haluttu kosteudenpoisto ja käytettävissä oleva energia määräävät kapasiteetin. Nykyisellään hydraulikkajärjestelmän mitoitus sallii siirtonopeudeksi maksimissaan 2500 kg materiaalia tunnissa eli kaatotuoretta haketta saisi kuivattua noin seitsemän irtokuutiota siirtonopeuden rajoissa. Se, kuinka paljon hake ehtii kuivua, riippuu tietenkin kuivauslämmöstä ja puhallettavan ilman määrästä. Sadan asteen lämpötilassa tuoreen hakkeen kosteus on saatu putoamaan 53:sta 20:een painoprosenttiin hakkeen läpivirtauksen ollessa 2500 kg tunnissa. Parempi on kuitenkin käyttää maltillisempia, esimerkiksi 40 asteen lämpötiloja, jolloin prosessi on helpommin hallittavissa. Tällöin kuivurin tuotos on noin kaksi irtokuutiota tunnissa, kun taas korkeammilla lämpötiloilla huomattavasti suurempi eli 5-10 irtokuutiota tunnissa. Tuottavuus on silti jopa kaksin-kolminkertainen verrattuna vastaavanlaiseen panoskuivuriin.

Valmistajan ilmoituksen mukaan kuivurin energiatarve kuivausilman lämmitykseen on 1 kWh haihdutettua vesikiloa kohti eli tuoretta haketta kuivattaessa kahdenkymmenen prosentin kosteuteen 160 kWh hakekuutiota kohti. Täysimittaisen 40 jalan kuivurin kustannukset ovat noin 200 000 euroa ja 20 jalan kuivurin puolet vähemmän. Tällaiseen uutta teknologiaa soveltavaan kuivuriin on mahdollista saada Business Finland (ent. Tekes) energiatukea. (SFTec 2018)

Koska kuivurin materiaalinsyöttöä ei ole automatisoitu, tarvitaan henkilö täyttämään syöttökaukalo aika ajoin. Teoriassa syöttökaukalo voitaisiin mitoittaa yhden päivän kuivauskapasiteettia varten, jolloin selvittäisiin yhdellä täytöllä päivässä. Kuiva hake voidaan siirtää kuljettimella esimerkiksi siirtolavalle, josta se on päivän lopuksi helppo viedä varastoon. Mikäli päivässä kuivataan kymmenen tuntia kolmensadan päivän aikana, vuodessa kyseisellä kuivurilla voitaisiin kuivata jopa 6000 irtokuutiota tuoretta ja 8000 irtokuutiota tienvarsikuivasta (kosteus 40 %) rangasta tehtyä haketta.

Kuivattaessa haketta edellä kuvatulla tavalla kuivauslämpöä tarvitaan 960 MWh vuodessa kuivauskustannusten ollessa 70 €/MWh lämmönhinnalla 16,3 €/irto m³ olettaen, että kuivuri toimii valmistajan alustavien kokeiden mukaan ja kuivaukseen tarvitaan 160 kWh lämpöä hakekuutiota kohti. Mikäli lämmönhinta on 45 €/MWh, kuivauskustannus on 12,3 €/irto m³.



Kuva 14. SFTecin konttikuivurin kuivauskustannus hakkeelle suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan.

3.2 Case polttopuuuyrittäjä

3.2.1 Tuotantoketjun kuvaus

Tavallisimmat pilkkeen tuotantoketjut on kuvattu kappaleessa 3.1.2 ja Kuvassa 4. Tämän case tarkastelun polttopuuuyrittäjän oletetaan kuitenkin ostavan kaiken raaka-aineen suoraan kuitupuukokoisena rankana välivarastoituna metsätien varressa. Sieltä rangat kuljetetaan puutavara-autolla pilkkeiden valmistuspaikalle, esimerkiksi maatilalle. Näin ollen kaikki raaka-aineen hankintaan liittyvät vaiheet on ulkoistettu. Raaka-aineena käytetään yksinomaan koivua.

Pilkkeet valmistetaan suoraan 1-2 m³ käsittely-yksiköihin, häkkeihin tai verkkosäkkeihin, joissa ne voidaan kuivata ja siirrellä paikasta toiseen sekä toimittaa suoraan asiakkaille. Toinen vaihtoehto on tehdä vain irtopilkkeitä, jotka kuormataan auton tai traktorin lavalle ja sieltä kuivuriin. Koska pilkkeen siirtelyjä väistämättä tulee useita, irtopilkkeiden käsittely on työläämpää. Valmistustapa riippuu siitä, miten ja millaisella kalustolla pilkkeet toimitetaan asiakkaalle. Häkeissä tai säkeissä myytävä polttopuu vaatii kuljetusautoon nosturia tai ainakin hydraulisesti aukeavaa perälaitaa. Lisäksi pitää varmistaa sopiva kalusto pilkkeiden siirtelyyn ja lastaamiseen kuivauspaikalla.

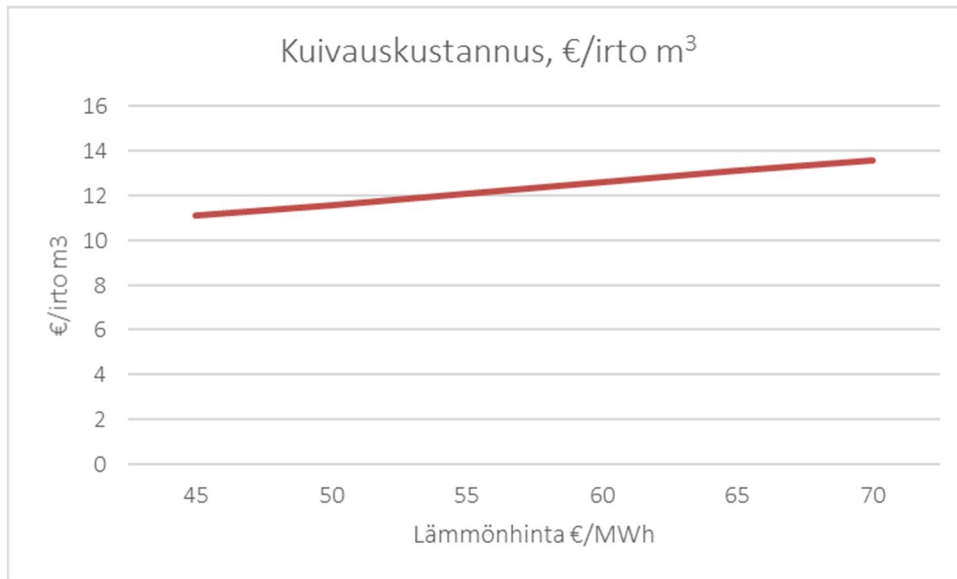
Tuore pilke kuljetetaan pilkontapaikalta Uimaharjun lämpölaitokselle, jossa se kuivataan pilkeyrittäjän hankkimassa siirrettävässä konttikuivurissa. Kuivurissa on mahdollista kuivata sekä irtopilkettä että käsittely-yksiköihin pakattua polttopuuta. Kuivuriin on mahdollista asentaa pohjapurkain tyhjennystä ja avattava katto täyttöä varten, mikäli irtopilkkeen kuivaus nähdään todennäköisempänä.

On epätodennäköistä, että kuivattu pilke-erä voitaisiin aina toimittaa asiakkaalle suoraan kuivauksen jälkeen. Siksi on hankittava varastotilat välivarastointia varten. Uimaharjun tapauksessa oletetaan, että sopiva varastotila voidaan vuokrata läheisestä hallista.

3.2.2 Yritystoiminnan volyyymi ja kuivauksen kustannukset

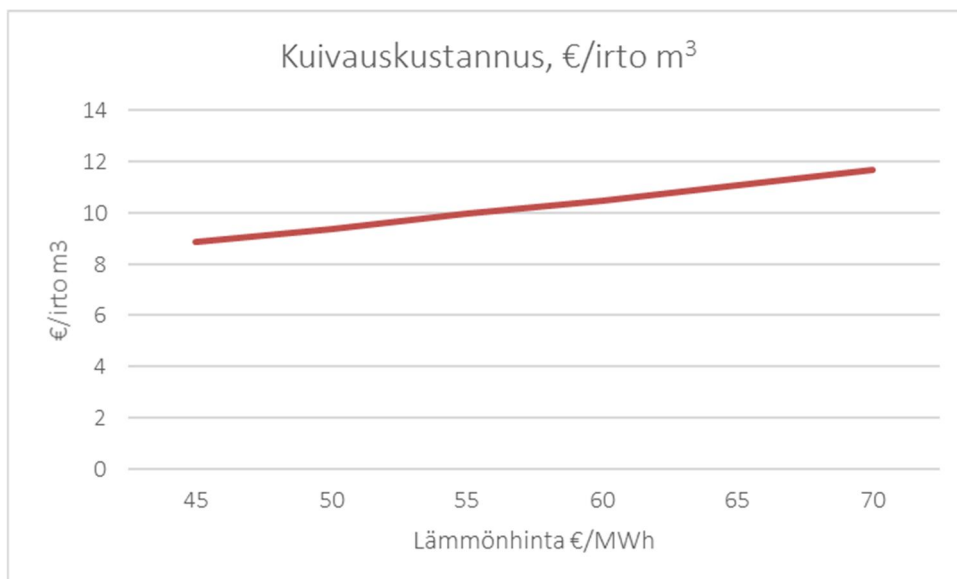
Puun keinokuivauksen avulla hyvälaatuista polttopuuta voidaan tuottaa ympärivuotisesti. Se myös mahdollistaa tuotannon laajentamisen kuivauksen nopeutuessa ja työn jakautuessa tasaisemmin koko vuodelle. Tässä tarkastellaan tilannetta, jossa polttopuuuyrittäjän koko tuotanto kuivataan siirrettävässä konttikuivurissa, johon kuivauslämpö ostetaan Enon energiaosuuskunnalta.

Oletetaan aluksi, että tuotantovolyyymi ei muutu alkuperäisestä 500 irtokuution vuosituotannosta. Edellä kuvatussa konttikuivurissa voidaan kerralla kuivata noin 30 irtokuutiota klapeja, jolloin kuivauskertoja tulee 17. Keinokuivaus on edullisinta tehdä lämpimään vuodenaikaan, jolloin energiankulutus on vähäisintä. Tällöin laskennallinen lämpöenergiankulutus, jossa on huomioitu kuivurin hyötysuhde (70 %), on 100 kWh/irtokuutio. Lisäksi arvioidaan puhaltimien kuluttavan sähköä 10 kWh/irtokuutio. Tällöin kuivauksen kokonaislämmöntarve on noin 50 MWh ja kustannukseksi muodostuu 13,6 €/irto m³ valmista pilkettä, jos lämmönhintana on 70 €/MWh. Kuivauskustannus sisältää puhaltimien käytön. Mikäli lämmönhintana on 45 €/MWh, on kuivauskustannus 11,1 €/irto m³.

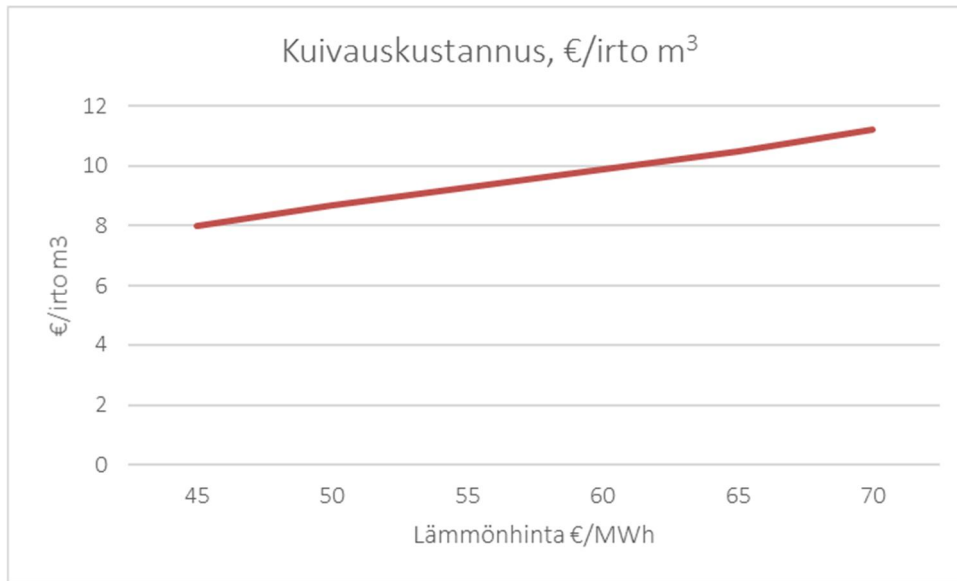


Kuva 15. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan. Kuivausvolyymi vuodessa on 500 irto m³.

Seuraavaksi tarkastellaan tilanteita, joissa yrittäjä laajentaa tuotantoaan merkittävästi, ensin tuhanteen irtokuutiioon ja sitten kahteen tuhanteen irtokuutiioon vuodessa. Ensin mainitussa vaihtoehdossa kuivauskertoja tulee 34 ja jälkimmäisessä 67. Tällöin myös kuivauksen lämmöntarve kasvaa syksyllä ja keväällä 125 kWh:iin ja talvella 150 kWh:iin irtokuutiolta. Laskelmissa oletetaan, että puolet mainittujen tuotantovaihtoehtojen puumäärästä kuivataan kesäaikaan ja puolet kylmempään vuodenaikaan. Näin ollen ensimmäisessä vaihtoehdossa kokonaislämmöntarve on 115 MWh ja kuivauskustannus 11,7 €/irto m³ ja jälkimmäisessä vastaavasti 251 MWh ja 11,1 €/irto m³ silloin, kun lämmönhinta on 70 €/MWh. Jos lämmönhinta on 45 €/MWh, vastaavat kuivauskustannukset ovat irtokuutiolta 8,9 € ja 8,0 €. Puhallinkustannukset eivät muutu.



Kuva 16. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan. Kuivausvolyymi vuodessa on 1000 irto m³.



Kuva 17. Pilkkeen kuivauskustannus suhteessa kuivauslämmön hintaan. Investointikustannukset on laskettu mukaan. Kuivausvolyymi vuodessa on 2000 irto m³.

Lisäksi on huomioitava, että klapien siirtelystä ja varastoinnista aiheutuu lisäkustannuksia, arviolta 1-1,5 €/irto m³. Mikäli kuivat puut myydään pakattuina esimerkiksi verkkosäkkeihin, tulee varautua 1,5-2 €/irto m³ pakkauskustannuksiin.

Vaikka keinokuivaus mahdollistaa tuotannon lisäyksen, kannattaa arvioida, kuinka paljon työpanoksia lisääntyvä polttopuuvolyymi vaatii. Esimerkiksi tyypillinen 500 irto m³ vuodessa myyvä yrittäjä käyttää sata tuntia puun pilkkomiseen ja käsittelyyn ja 125 tuntia sen jakeluun asiakkaalle. Mikäli raaka-aine hankitaan omasta metsästä, kuluu siihen vielä toiset sata tuntia. Mikäli tuotanto kaksinkertaistetaan, pilkontaan kuluu jo lähes 200 tuntia ja jakeluun 250 tuntia, jopa enemmän, sillä markkina-alueen kasvaessa myös kuljetusmatkat kasvavat. Lisäksi suurempaa polttopuumäärää pitää markkinoida entistä aktiivisemmin. Kokonaisuudessaan tämä tarkoittaa yli kuuttakymmentä työpäivää. Lisäksi kuivauksen vaatimat puiden siirtelyt lisäävät työmäärää noin parilla kymmenellä päivällä.

4. Johtopäätökset

Uimaharjun aluelämpölaitoksessa on runsaasti käyttämätöntä lämmöntuotantokapasiteettia, jopa 66 %. Mikäli laitos toimisi täydellä teholla, pois lukien talven pakkaspiikit ja kesän huoltoseisokit, sen tuottamalla lämmöllä voitaisiin kuivata puolet koko maakunnan kaupallisesta pilkkeestä. Viimeisten vuosien lämmönmyynti osoittaa, että lämpöä voitaisiin tuottaa kuivaukseen vuoden jokaisena kuukautena eli polttopuun kuivaukseen on lämpölaitoksella yllin kyllin kapasiteettia.

Tässä selvityksessä rajoituttiin tarkastelemaan pilkkeen ja hakkeen kuivausta siirrettävässä konttikuivurissa. Niiden kuivauskapasiteetti arvioitiin olevan 20-30 irtto m³ kerralla panoskuivauksena kokomittaisella 40 jalan ja 15 irtto m³ puolikkaalla eli 20 jalan kontilla. Vuotuiset maksimikuivausmäärät hakkeella ovat siten 2000 ja pilkkeellä 3000 irtto m³ isolla kontilla ja 1500 irtto m³ pilkettä pienellä kuivurilla. Haketta voidaan kuivata myös jatkuvatoimisesti konttikuivurilla. Ilman syötön automatisointia tällaisen kuivurin vuotuinen tuotanto on laskennallisesti 6000 irtto m³. Lämmöntarpeen näkökulmasta kyseiset kuivausvolyymit edellyttävät 200-1000 MWh tuotannon lisäystä lämpölaitoksella eli yhden konttikuivurin käyttöön otolla voidaan lisätä liikevaihtoa vain yhden kuukauden lämmönmyynnin verran.

Teknisesti on toki mahdollista asentaa useampia kuivureita samaan lämpöverkkoon, mutta samalla tontille sijoittaminen tuo useita logistisia haasteita. Kuivaus muualla kuin tuotantopaikalta aiheuttaa polttopuiden ylimääräistä siirtelyä ja käsittelyä. Kuiva puu on varastoitava säältä suojaan välittömästi kuivauksen jälkeen. Puiden siirtelyn helpottamiseksi ne olisi hyvä pakata käsittely-yksikköihin, häkkeihin tai verkkosäkkeihin. Kaikista näistä aiheutuu lisäkustannuksia.

Kuivauksessa ylivoimaisesti suurin kustannus aiheutuu kuivauslämmöstä, joka muodosti edullisemmalla pilke- ja hakekontilla 80 % muuttuvista kustannuksista. Investoinniltaan selvästi kalliimmalla jatkuvatoimisella hakekuivurilla sen osuus oli puolestaan 67 %. Näin ollen kuivauksen kannattavuus riippuu olennaisesti kuivauslämmön hinnasta, joka tässä tarkastelussa vaihteli välillä 45-70 €/MWh.

Kuten aiemmin on todettu, polttopuun keinokuivaus mahdollistaa pilketuotannon lähes ympärivuotisen tuotannon. Tällöin on helpompi kasvattaa tuotantomääriä ja suurten varastojen ylläpitäminen ei ole enää tarpeellista. Tässä selvityksessä puun varastointikustannuksia ei arvioitu tarkemmin puutteellisten tietojen ja yrittäjien moninaisuuden vuoksi. Tyypillisellä maatilayrittäjällä polttopuun varastoinnista ei sinänsä aiheudu suuria kustannuksia, mutta niihin sitoutuu paljon pääomaa, joka on riskialtista, mikäli puiden laatu heikkenee tai ne eivät muusta syystä käy kaupaksi. Keinokuivauksen avulla polttopuun laatua pystytään kontrolloimaan paljon paremmin ja kysynnän vaihteluihin voidaan vastata joustavammin. Avainkysymys on kuitenkin, saadaanko kuivauksesta aiheutuva kustannus, tässä tapauksessa noin 10 €/irtto m³, siirrettyä puun myyntihintaan.

Useimmat polttopuun tuottajat ja myyjät ovat sivutoimisia yrittäjiä tai toiminta on maatilakyltöntä. Tämä asettaa rajoitteet tuotannon laajentamiselle. Esimerkiksi tyypillinen 500 irtto m³ vuodessa myyvä yrittäjä käyttää sata tuntia puun pilkkomiseen ja käsittelyyn ja 125 tuntia sen jakeluun asiakkaalle. Mikäli raaka-aine hankitaan omasta metsästä, kuluu siihen vielä toiset sata tuntia. Yrittäjän ajankäyttö ilman ulkopuolista apua asettaa selvät rajat polttopuuliiketoiminnan kasvulle. Jotta polttopuun myynti voisi olla kokoaikaista, pitää vuotuiset myyntimäärät olla jo useissa tuhansissa irtokuutioissa. Tällöin suurena haasteena on puun markkinointi ja jakelu, sillä tavallinen polttopuusiakas ostaa vain muutaman irtokuution pilkettä kerralla. Laajentumisen etuina on puolestaan tehokkaampi resurssien käyttö, mikä laskee tuotteen tuotantokustannuksia jonkin verran. Esimerkiksi pilkekoneen ja jakeluauton vuotuiset käyttötunnit voitaisiin koneiden puolesta moninkertaistaa, jolloin niiden pääomakustannukset alenevat.

Hakkeen kuivauksen liiketoimintamalleja ei tässä selvityksessä analysoitu tarkemmin. Hakkeen kuivauksella saavutetaan pienen kokoluokan lämmöntuotannossa kuitenkin tiettyjä etuja. Hakkeen lämpöarvo nousee, jolloin sitä tarvitaan määrällisesti vähemmän. Kuiva hake myös yleensä parantaa kattilan hyötysuhdetta, vähentää toimintahäiriöitä ja varmistaa, että kattilasta saadaan riittävästi tehoa huippukuormituksen aikaan. Se myös säilyy pilaantumatta varastossa.

Suurin hyöty hakkeen kuivauksesta saavutetaan kuljetuskustannusten vähenemisenä, mikäli hake voidaan kuivata lähellä hakkeen tuotantopaikkaa. Lämpölaitoksella kuivattaessa tämä etu menetetään.

Lämmityskauden kylmimpänä aikana hyvälaatuiselle polttoaineelle on kysyntää. Periaatteessa lämpölaitoksella kuivattua haketta voitaisiin myydä toisille lämpöyrittäjille. Ongelma on tässä tapauksessa kuivauksen kustannus, joka pitäisi kattaa hakkeen korkeampana myyntihintana. Hakkeen keskimääräiseen hankintahintaan, 21 €/MWh (Tilastokeskus 2017), pitäisi lisätä kuivauskustannus, tässä tapauksessa 10 €/irto m³, joka lisäisi hakkeen myyntihintaa 14 €/MWh. Ei ole kovinkaan todennäköistä, että kuivattu hake käy tällä hinnalla kaupaksi.

Sen sijaan hakkeen kuivaaminen omaan käyttöön voisi olla perusteltua, mikäli lämpölaitokselle olisi joka tapauksessa investoitu kuivuri. Etenkin, jos kuivuri ei ole jatkuvasti muussa käytössä. Kuivatun hakkeen käsittelystä ja varastoinnista ei saisi kuitenkaan aiheutua paljon ylimääräistä työtä eikä kustannuksia.

Lähdeviitteet

E. Lehtola Ky. 2018. Puhelinkeskustelu yrittäjän kanssa 16.1.2018.

Enon energiaosuuskunta. 2017. Osuuskunnan internet-sivut. <http://www.enonenergia.fi/>

Laitila, J., Heikkilä, J. & Anttila, P. 2010. Polttohakkeeksi korjattavan pieniläpimittaisen harvennuspuun korjuuvaihtoehdot, kertymät ja korjuukustannukset Keski-Suomessa. Metsätieteen aikakauskirja; 2010 : 3, s. 328-329.

Linna, V., Kaipainen, H. & Okkonen, J. 1983. Aurinkolämmön käyttö hakkeen ja palaturpeen puhallinkuivauksessa. Espoo: VTT tutkimuksia 239. Kotimaisten polttoaineiden laboratorio.

Luonnonvarakeskus (LUKE). 2017. Pientalojen polttopuun käyttö. Luonnonvarakeskuksen tilastot. <http://stat.luke.fi/pientalojen-polttopuun-kaytto>

Luonnonvarakeskus (LUKE). 2017. Puun energiakäyttö 2016. <http://stat.luke.fi/puun-energiakaytto>

SFTec. 2018. Sähköpostiviestit tammikuussa 2018 yrityksen toimitusjohtaja Jani Käännän kanssa.

Tilastokeskus. 2017. Energian hinnat. Julkaistu: 7.12.2017. http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2017/03/ehi_2017_03_2017-12-07_tie_001_fi.html