

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT  
School of Energy Systems  
Sustainability Science and Solutions

*Perttu Palkia*

## **HAKETERMINAALIKONSEPTI ETELÄ-SAVOSSA JA SIIHEN INTEGROITU UUSI PUHALLUSOIMITUSKETJU**

Työn tarkastajat:      Professori, Tapio Ranta  
   DI Jarno Föhr

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Energy Systems

Sustainability Science and Solutions

Perttu Palkia

### **Haketerminaalikonsepti Etelä-Savossa ja siihen integroitu uusi puhallustoimitusketju**

Diplomityö

2020

44 sivua, 17 kuvaa, 2 taulukkoa

Tarkastajat: Professori Tapio Ranta ja DI Jarno Föhr

Hakusanat: haketerminaali, hake, puhallinauto, lämpökontti

Tässä diplomityössä esitellään kaksi uutta teknistä ratkaisua puuhakkeen jakeluun ja käyttöön. Uuden puhallinauton konsepti puuhakkeen jakeluun liittyen ja lämmityskonttiratkaisu rakennusten öljylämmityksen korvaamiseen puuhakkeella. Puhallinauto mahdollistaa puuhakkeen jakelun entistä joustavammin erilaisiin haastavampiinkin kohteisiin ja lämmityskontti mahdollistaa fossiilisten polttoaineiden korvaamisen paikallisesti tuotetulla puuhakkeella.

Tässä työssä käydään läpi energiankulutusta Suomessa ja hakkeen käyttöä mahdollisena fossiilisten polttoaineiden korvaajana. Lisäksi esitellään erilaisia hakkeen hankinta ja jakeluketjuja.

Tässä työssä on myös selvitetty paikallisten toimijoiden edellytyksiä ja halukkuutta haketerminaalitoimintaan mukaan lähtemiseen. Sen lisäksi on selvitetty, minkälaista kalustoa paikallisilla yrittäjillä on haketukseen liittyen. Ja lopuksi on selvitetty erilaisia haketerminaalin liiketoimintamalleja ja mahdollisen haketerminaalin sijoittamista Etelä-Savon alueelle.

Kiitos Suur-Savon energiasäätiölle tämän diplomityön rahoittamisesta.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Sustainability Science and Solutions

Perttu Palkia

### **Wood chip terminal concept in southern Savo region, integrated with blower truck wood chip delivery system**

Master's thesis

2020

44 pages, 17 figures, 2 tables

Examiners: Professor Tapio Ranta and M.Sc. (Tech) Jarno Föhr

Keywords: wood chip, wood chip terminal, blower truck, wood chip burning container

This master's thesis presents two new technologies for woodchip transporting and use. First there is a blower truck, that can be used to deliver woodchips more flexible than with conventional methods. Second there is a warming container, that uses wood chips as a fuel, and can replace oil-burning heating systems in large facilities.

This master's thesis also presents energy consumption in Finland and how wood chips can be used to replace fossil fuels. Different ways to purchase wood chips and how wood chips are delivered.

Also, this work is exploring the possibilities of local entrepreneurs will participate in wood chip terminal business and investigate what kind of equipment local entrepreneurs have already. And finally, this work presents different business and operational models for wood chip terminal and investigates the possibility to open a wood chip terminal in southern-Savo region in Finland.

Finally, I want to thank Suur-Savon Energiasäätiö for funding this project.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	2
1.1	Yritysesittelyt .....	3
1.2	Työn esittely .....	4
1.3	Työn tavoitteet ja menetelmät .....	5
2	HAKKEEN KÄYTTÖ KIINTEISTÖJEN LÄMMITYKSESSÄ .....	6
2.1	Kiinteistöjen lämmitys .....	6
2.2	Hakkeen käyttö ja varastointi .....	9
2.3	Uudet siirrettävät lämpökontit .....	10
2.4	Hakkeen käyttöpotentiaali kiinteistöjen lämmityksessä .....	12
3	HAKKEEN HANKINTA JA JAKELU .....	14
3.1	Hakkeen hankinta .....	14
3.2	Pneumaattiseen puhaltamiseen perustuva hakkeen pienjakelulogistiikka .....	15
3.3	Uuden logistiikkaratkaisun SWOT-analyysi .....	17
3.3.1	Haketus terminaalissa .....	18
3.3.2	Tienvarsihaketus .....	19
3.4	Vaatimukset hakkeelle ja sen toimitukselle .....	21
4	HAKETERMINAALIN ERILAISET TEKNISET RATKAISUT JA SIIJOITUSPAIKAT ETELÄ-SAVOSSA .....	24
4.1	Toimijakartoitus .....	24
4.2	Eri haketerminaalivaihtoehtoja .....	26
4.3	Vaihtoehtojen tekniset ratkaisut ja taloustarkastelut .....	27
4.3.1	Tienvarsihaketusmalli .....	30
4.3.2	Terminaalihaketusmalli .....	31
4.3.3	Terminaaliverkostomalli .....	32
4.4	Lisäpalvelut .....	34
5	HAKETERMINAALIN JA HAKKEEN PIENJAKELUN LIIKETOIMINTAMALLI .....	35
5.1	Liiketoimintamallit eri haketerminaalivaihtoehtoisissa .....	35
5.2	Hakkeen jakelulogistiikan vaikutus hakelämmitysketjuun .....	37
6	KESKUSTELU TYÖN TULOKSISTA .....	39
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
	LÄHTEET .....	1

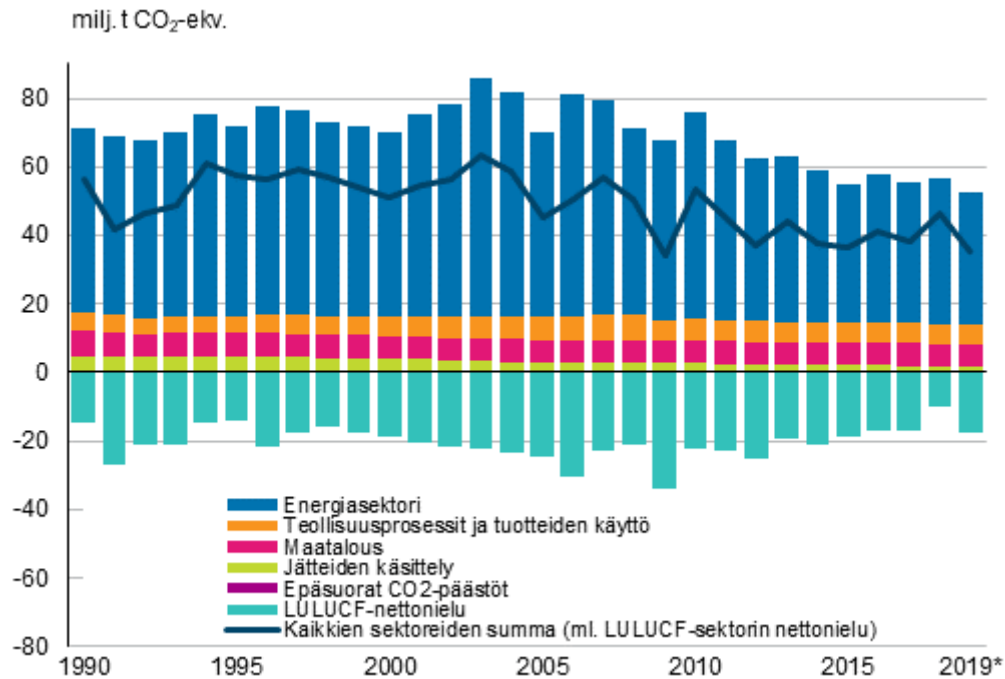
# 1 JOHDANTO

Tämä diplomityö on tehty yhteistyössä kahden biomassayrityksen Lämpösi Oy ja Kotimaiset Energiat Oy, sekä LUT-yliopiston kanssa. Työ perustuu pääsääntöisesti vanhempiin tutkimuksiin ja teknologiaan, jota on kehitetty yhteistyössä LUT yliopiston, Lämpösi Oy:n ja Kotimaiset Energiat Oy:n kanssa. Taloudelliset arviot on tehty olemassa olevien terminaalien toiminnan perusteella. Tämä diplomityö kokoaa yhteen selvityksen haketerminaalien toimintaedellytyksistä Etelä-Savon alueella.

Suomi on osana EU:ta sitoutunut vähentämään hiilidioksidipäästöjä vuoteen 2030 mennessä 60 prosenttia alle vuoden 1990 tason. Ja saavuttamaan hiilineutraaliuden vuoteen 2050 mennessä. Tähän mennessä Suomi on vähentänyt päästöjä 21 prosenttia vuoden 1990 tasosta ja on etuajassa saavuttanut vuoden 2020 tavoitteen. Tavoitteena on, että turpeen poltto loppuu 2030-luvulla, kun päästöoikeuksien hinnat nousevat ja samaan aikaan luovutaan fossiilisen öljyn käytöstä lämmityksessä. (Valtioneuvosto 2020)

Lämmitysenergian vähentämisessä on suuressa osassa myös rakennusten energiatehokkuuden parantaminen. Tähän tavoitteeseen pyritään tukemalla jo olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta parantavia remontteja. Edistetään puurakentamista, koska rakennuspuu toimii pitkäaikaisena hiilivarastona ja muutenkin edistetään energiatehokkaampaa rakentamista ja rakennusmateriaalien valmistusta. (Valtioneuvosto 2020)

Vuonna 2019 energiasektori tuotti Suomen kasvihuonekaasupäästöistä 74 prosenttia. Vuonna 2019 Suomen kokonaisenergian kulutuksesta 28 prosenttia katettiin puupolttoaineilla. Merkittävimmät puupolttoainelähteet ovat sellun valmistuksessa oheistuotteena tuleva musta lipeä, puun kuori, sahanpurut, sekä hakkuiden ja metsänhoidon tähdepuut, kuten kannot ja oksat. Kuvassa 1 on esitetty Suomen hiilidioksidipäästöjen kehitys vuoden 1990 jälkeen. (Tilastokeskus 2020)



Kuva 1. Suomen hiilidioksidipäästöjen kehitys vuoden 1990 jälkeen. (Tilastokeskus 2020)

## 1.1 Yritysesittelyt

Lämpösi Oy on Jyväskylässä toimiva kehitys- ja konsultointiyhtiö, joka myy palvelujaan suoraan asiakkaille, tai perustaa osakasyhtiöitä asiakkaidensa kanssa. 2010 perustettu ja vuonna 2013 nimensä Lämpösi Oy:ksi vaihtanut yritys toimii vähemmistöosakkaana kahdessa biolämpökeskuksessa, Hankasalmella ja Konginkankaalla. Yritys on myös vähemmistöosakkaana EKO Energiapalvelut ETK Oy:ssä, joka toteuttaa uusiutuvilla energialähteillä toimivia lämpölaite- ja energiajärjestelmiä.

Lämpösi Oy:n ydinliiketoimintaa on investoida pieniin lämpölaitoksiin (50–5000 kW) ja myydä energiaa yhteistyössä EKO Energiapalvelut ETK Oy:n kanssa. Kotimaisten biopolttoaineiden käyttö on ensisijalla ja tarkoituksena on korvata öljyn ja maakaasun käyttöä uusiutuvilla energiamuodoilla. Lämpösi Oy tarjoaa myös monipuolisesti apua, niin suunnitteluun, kuin projektien toteutukseen. (Lämpösi 2020)

Kotimaiset Energiat on Jyväskylässä toimiva haketus- ja kuljetuspalveluja tarjoava yritys. Kotimaiset Energiat Oy:n kalustoon kuuluu kahdeksan Giant-suurtehoakuria, joilla yritys

tuottaa vuodessa noin 600 000 m<sup>3</sup> haketta erilaisten lämpölaitosten ja maatalojen käyttöön. Kuljetuskalustoon kuuluu 12 ketjupurkavaa täysperävaunuyhdistelmää. Yrityksellä on myös oma korjaamo. Kotimaiset Energiat Oy on ollut mukana kehittämässä Giant suurtehoakku-reita, joita on valmistettu tähän mennessä 20 kappaletta. (Kotimaiset Energiat 2020)

Kolmas yhteistyökumppani on Mikkeliissä toimiva LUT-yliopiston Bioenergian laboratorio. Bioenergia laboratorio keskittyy biopolttoaineiden tuotanto-, jalostus- ja kuljetusketjujen kehittämiseen, kotimaisen ja kansainvälisen bioenergiakaupan kehittämiseen, bioenergian ta- lousmalleihin ja bioenergian kestävään tuotantoon. Pitkän aikavälin tavoitteina on luoda uu- sia bioenergiaan liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia yhdessä bioenergian tuottajien, jalos- tajien ja laitevalmistajien kanssa. Bioenergian laboratoriolla oli tähän työhön liittyen käyn- nissä Puhallus-hanke, jossa tutkittiin hakkeen uutta puhallustoimitusketjua ja siirrettäviä lämpökontteja. Nämä uudet teknologiat ovat myös tämän diplomityön tutkimuksien koh- teina. (LUT Bioenergy 2020)

## **1.2 Työn esittely**

Tässä työssä esitellään aluksi hakkeen käyttöä kiinteistöjen lämmityksessä, lisäksi selvite- tään hakkeen käytön ja varastoinnin vaatimuksia. Työ esittelee lämmitykseen kuluvaan ener- giankäyttöä ja selvittää, minkä verran kulutetusta energiasta on mahdollista korvata paikal- lisesti tuotetulla uusiutuvalla puuhakkeella. Esitellään lämmityskontti, jolla voidaan korvata suurten rakennusten öljylämmitys, käyttäen paikallisesti tuotettua puuhaketta.

Toisessa vaiheessa selvitetään hakkeen eri hankintatapoja ja esitellään pneumaattiseen pu- haltamiseen perustuva hakkeen pienjakelulogistiikkaratkaisuu, eli puhallinauto. Selvitetään puhallinauton etuja ja haittoja vanhoihin toimitusratkaisuihin verrattuna. Lisäksi selvitetään, kuinka hakepuhallinteknologiaa voidaan hyödyntää puuhakkeen kuljetus ja jakeluverkossa ja esitellään erilaisia haketusketjuja, käytännössä terminaalihaketusetju ja tienvarsihaketus- ketju.

Seuraavaksi selvitetään erilaisia teknisiä haketerminaalivaihtoehtoja, sekä niille erilaisia liiketoimintamalleja. Haketerminaalivaihtoehtojen lisäksi tutkitaan tienvarsihaketusvaihtoehtoa, jolloin terminaalia ei tarvita, vaan puun haketus tapahtuu aina metsäautotien varressa olevalla välivarastolla ja hake toimitetaan suoraan loppukäyttäjälle. Paneudutaan myös haketerminaalien mahdollisiin oheistoimintoihin, joilla olisi mahdollista parantaa toiminnan kannattavuutta. Lisäksi selvitetään paikallisten toimijoiden mahdollisuuksia osallistua mahdollisen tulevan haketerminaalien toimintaan.

Lopuksi tehdään yhteenveto koko selvityksestä ja päätelmiä siitä, miten lämpökontti voi muuttaa kiinteistöjen lämmitykseen käytettäviä polttoaineita, miten puhallinauto vaikuttaa hakkeen jakeluun, minkälainen haketerminaalimalli olisi kannattavin ja toimivin Etelä-Savon alueella ja minkälainen liiketoimintamalli siihen parhaiten soveltuisi.

### **1.3 Työn tavoitteet ja menetelmät**

Valmis työ tulee olemaan selvitys puuhakkeen käytöstä talojen lämmittämiseen ja sitä kautta fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämiseen Suomen lämmityssektorilla. Tässä osiossa paneudutaan energiankulutukseen tilastollisesti ja avataan mahdollisuuksia hallitsevan tilanteen muuttamiseen. Tässä työssä esitellään lämpökontti ja puhallinauto konseptit ja selvitetään niiden mahdollisuuksia muuttaa nykyisiä käytäntöjä. Korvaamalla hakkeen jakelulogiikkaa puhallinautolla ja suurten rakennusten öljylämmitystä puuhakkeella toimivalla lämpökontilla.

Selvitetään kirjallisuudesta erilaisia teknisiä haketerminaalimalleja ja niille liiketoimintamalleja. Kyselytutkimuksella selvitetään paikallisten yrittäjien halua ja mahdollisuuksia osallistua mahdolliseen haketerminaalitoimintaan. Lopuksi tehdään johtopäätöksiä ja selvitetään minkälainen terminaali ja mihin sijoitettuna olisi kaikkein optimaalisin ratkaisu.

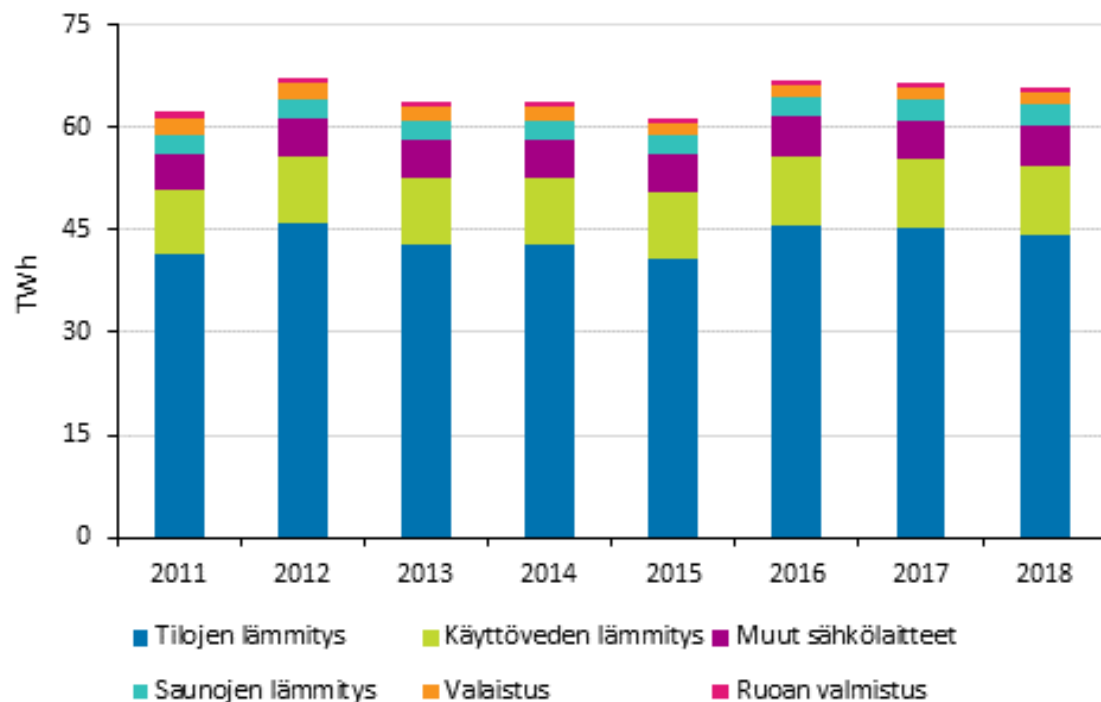


## 2 HAKKEEN KÄYTTÖ KIINTEISTÖJEN LÄMMITYKSESSÄ

Tässä luvussa käydään läpi tapoja, joilla puuhaketta hyödynnetään erilaisten kiinteistöjen lämmittämiseen. Pääsääntöisesti puuhaketta käytetään nykyisin polttoaineena CHP-laitoksilla yhdistetyn lämmön- ja sähköntuotannossa ja mautiloilla lämmöntuotannossa. Lisäksi pohditaan hakkeen potentiaalisia hyödyntämismahdollisuuksia ja sitä, että onko hakkeen käyttöä mahdollista lisätä kiinteistöjen lämmitykseen.

### 2.1 Kiinteistöjen lämmitys

Suomessa kiinteistöissä kuluu energiaa eri asioihin, siitä suurin osa kuluu kuitenkin tilojen tai käyttöveden lämmittämiseen. Kuvassa 2 on esitetty asumisen energiankulutus eri tyypeittäin, eli minkä verran energiaa kuluu eri asioihin asuintaloissa. Ylivoimaisesti suurin osa energiankulutuksesta, eli 68 % menee Suomessa rakennusten lämmittämiseen ja sen jälkeen, eli 15 % käyttöveden lämmittämiseen. Loput energiankulutuksesta koostuu valaistuksen, saunojen ja muiden sähkölaitteiden kulutuksesta. (Tilastokeskus 2019)



Kuva 2. Energiankulutus asuintaloissa. (Tilastokeskus 2019)

Taulukossa 1 on esitetty Suomen kiinteistöjen lämmitysmuotojen muutosta 1970-luvulta vuoteen 2019. Rakennuskanta on kasvanut merkittävästi, mutta fossiilisten polttoaineiden käyttö on vähentänyt suosiotaan viimevuosina, samalla kun sähkön, sisältäen erilaiset lämpöpumput, ja maalämmön osuus on kasvanut merkittävästi. Taulukossa kohdassa Muu, tuntematon olevien kiinteistöjen lämmitysmuotoa ei joko tunneta tai ne ovat niin sanottuja kylmiä rakennuksia. (Tilastokeskus 2 2020)

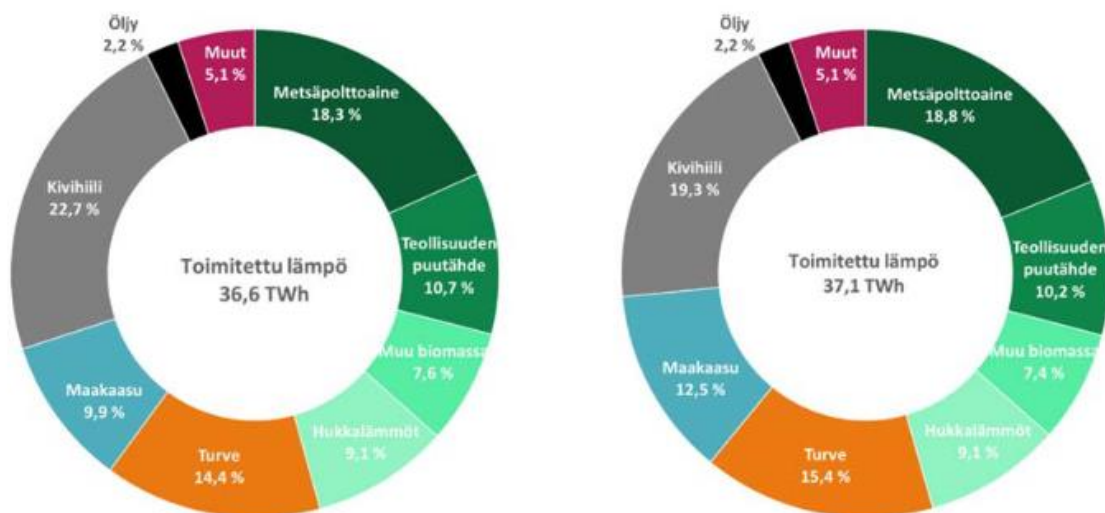
Taulukko 1. Kiinteistöjen lämmitysmuodot Suomessa 1970–2019. (Tilastokeskus 2 2020)

Lämmitysaine	Vuosi						
	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2019
Kaikki rakennukset	837 948	934 845	1 162 410	1 299 490	1 446 096	1 505 138	1 538 172
Kauko-/aluelämpö	..	48 538	105 608	130 946	164 721	180 749	200 817
Öljy, kaasu	320 171	347 498	306 750	320 934	322 279	316 688	300 239
Kivihiili, koksi	24 328	11 794	8 753	7 986	6 983	6 789	6 440
Sähkö	41 872	178 707	357 743	455 752	554 368	578 568	593 624
Puu, turve	429 467	327 230	321 342	292 763	277 553	278 661	272 249
Maalämpö	..	..	..	3 397	21 667	46 014	68 033
Muu, tuntematon 1)	22 111	20 578	62 214	87 486	98 525	97 669	96 770

Vuonna 2018 Asuinrakennusten tilojen lämmittämiseen kului energiaa 44 TWh. Yhteensä 82 prosentin osuudella yleisimmät energianlähteet olivat kaukolämpö, puu ja sähkö. Neljänneksi yleisin energialähde oli lämpöpumpuenergia. Näistä lämmitys muodoista voidaan biomassalla, eli käytännössä puuhakkeella korvata fossiililla polttoaineilla tuotetun

kaukolämmön osuutta ja listan ulkopuolelle jäävistä polttoaineista käytännössä öljylämmitys. Kiinteistöjen lämmityksessä haketta voidaan käyttää aivan kuten öljyä tällä hetkellä. Tarvitaan vain hieman erilainen poltin, jossa voidaan polttaa kiinteää polttoainetta. (Tilastokeskus 2019)

Suurempien asuinrakennusten, eli lähinnä kerrostalojen lämmittämiseen käytettyä energiaa voidaan korvata puuhakkeella ja kerrostalojen lämmittämiseen käytettiin energiaa tilastokeskuksen mukaan vuonna 2018 10858 GWh. Tästä energiasta polttoöljyllä tuotettua energiaa on 286 GWh, maakaasulla 116 GWh ja kaukolämmöllä 9365 GWh (Tilastokeskus 2019). Kaukolämpöä taas tuotetaan Suomessa öljyllä 2,2 %, kivihiilellä 19,3 % ja maakaasulla 12,5 %, joten tästä seuraa, että kaukolämmön tuotannosta yhteensä 34 % tuotetaan fossiililla polttoaineilla ja loppu tuotannosta on teollisuuden hukkalämpöä tai puupolttoaineella tuotettua lämpöä. Kuvassa 3 on esitetty vuosina 2017 ja 2018 kaukolämmön tuotantoon käytetyt energialähteet. Kaukolämmöstä on siis korvattavissa 34 % eli noin 3184,1 GWh puupolttoaineilla. (Kaukolämpötilasto 2018, 4)

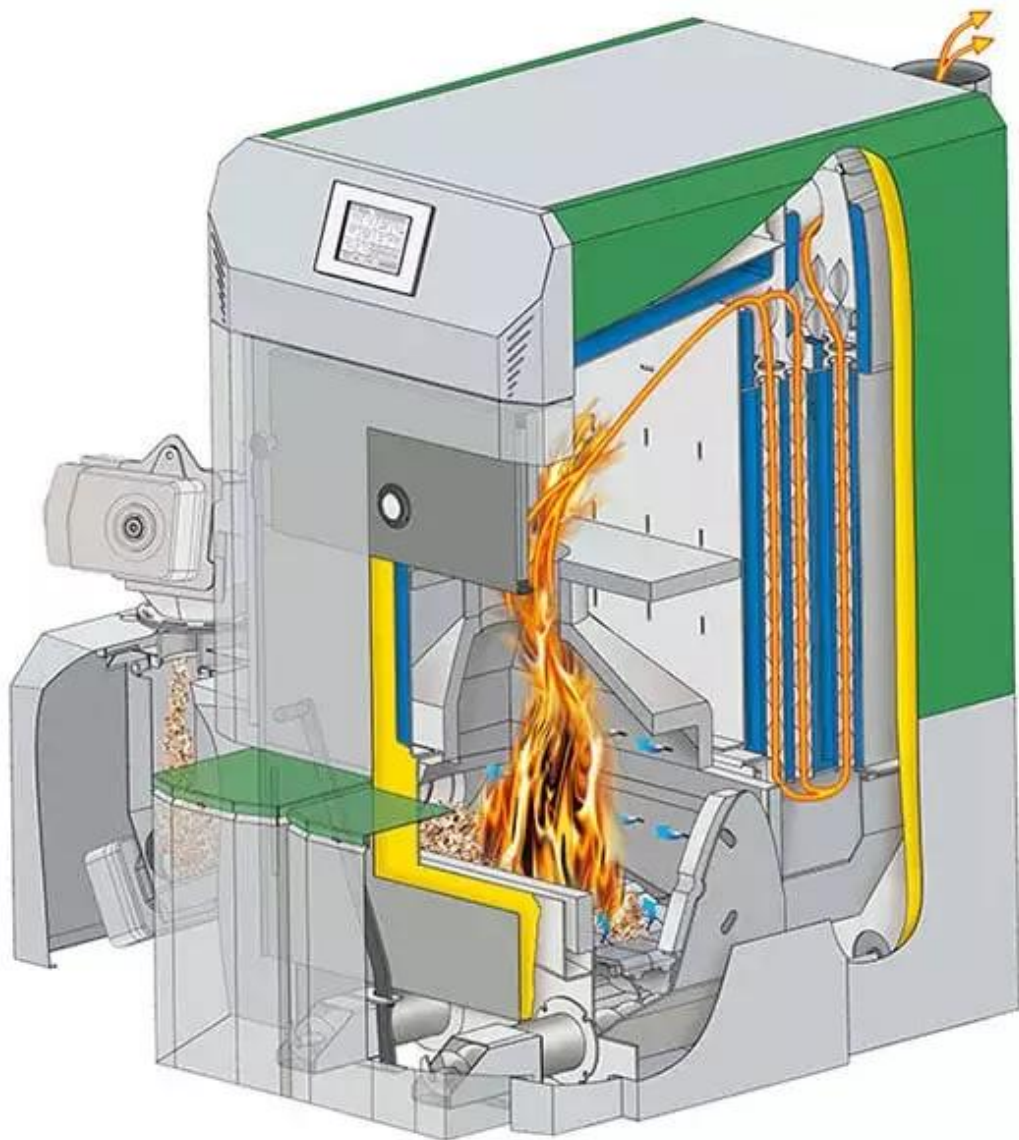


Kuva 3. Kaukolämmön energialähteet vasemmalla 2017 ja oikealla 2018. (Kaukolämpötilasto 2018, 4)

Yhteensä siis 3586,1 GWh lämmitysenergiaa olisi mahdollista korvata biopolttoaineilla, kun mukaan lasketaan myös polttoöljy ja maakaasu. Käytännössä tähän ei varmaankaan täysin päästä, koska biopolttoaineiden saatavuus on rajallista ja olemassa olevien metsävarantojen ylikäyttökään ei ole kannattava vaihtoehto.

## 2.2 Hakkeen käyttö ja varastointi

Puuhaketta käytetään polttamalla, kuten muitakin puupolttoaineita. Useimmat hakkeen polttoon sopivat kattilat voivat polttaa myös puupellettiä, joka on puristettua sahanpurua. Tyypillisesti hakepoltin on automaattisesti ohjautuva, ja ei tarvitse varsinaista käyttöoperointia tuhkien poiston lisäksi. Polttimen lisäksi hakekattilassa on lämmönvaihdin, joka siis ottaa talteen hakkeen poltosta syntyvän lämmön ja tuhkasäiliöt. Kuvassa 4 on esitetty imusyöttöinen hakepoltin, oikealla lämmönvaihdin, vasemmalla hakkeen syöttö, alareunassa tuhkanpoistoruuvit ja keskellä palokammio.



Kuva 4. Pienikokoinen hakepoltin, jossa imukanavasyöttö. (SolarBiox 2020)

Hakepolttimia on muutamia erityyppisiä, pienemmässä mittakaavassa voi olla kippaavalla arinalla varustettu poltin, jossa siis arina aika ajoin ajetaan pystyasentoon puhdistusta varten. Toinen vaihtoehto on myös isommissa voimalaitoksissa käytettävä liukuva arina, jossa arina koostuu erillisistä osista ja ne liikkuvat toisiinsa nähden, pitäen poltettavan materiaalin liikkeessä ja ilmankulun hyvänä. Yhteistä näillä kattilatyypeillä on, että niiden polttoaineen syöttö tapahtuu yleensä ruuvimaisella kuljettimella, jolla siilosta kuljetetaan haketta polttilaan. Toinen vaihtoehto polttoaineen syöttöön on pneumaattinen imusiirto, joka alipaineen avulla imee siilosta tarvittavan polttoaineen polttokammioon, hiukan samaan tyyliin kuin polttomoottori. Myös tuhkan poisto tapahtuu yleensä ruuvimaisella siirtimellä polttotilasta johonkin välivarastoon, joka voidaan tyhjentää manuaalisesti. (SolarBiox 2020)

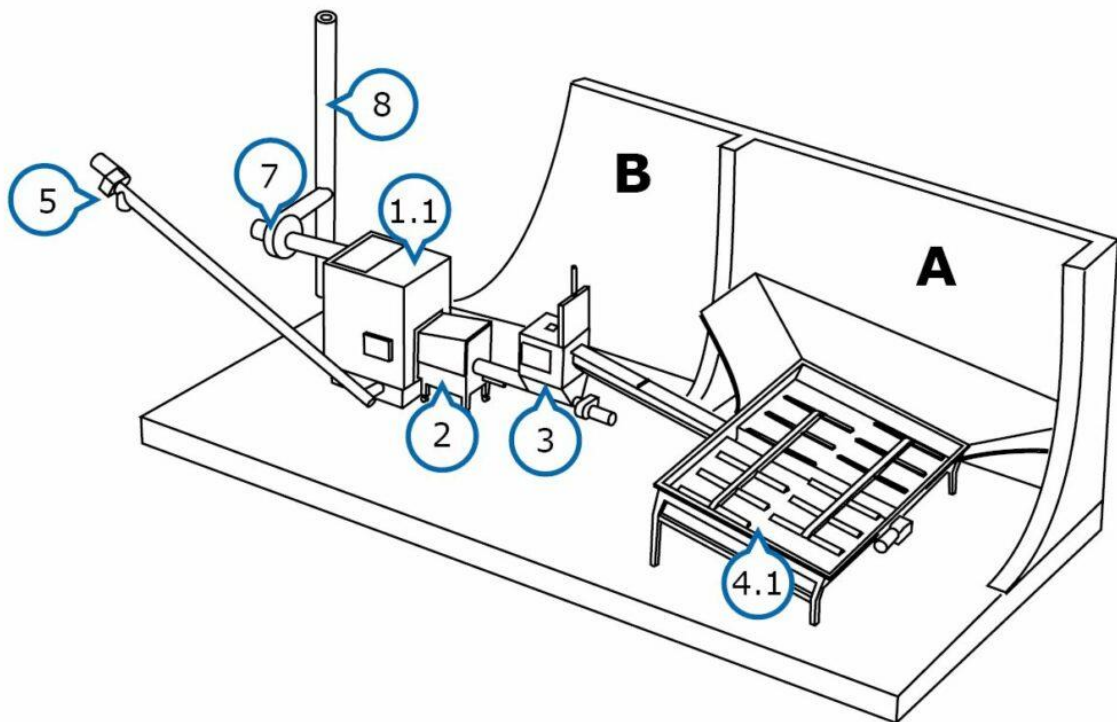
Energiapuu varastoidaan tyypillisesti pinoissa metsäautoteiden varrella, lähellä sitä paikkaa, josta ne on kaadettu. Suuri osa puuhakkeesta haketetaankin tällä hetkellä välivarastolla ja toimitetaan suoraan tienvarsivarastosta käyttöpaikalle. Käyttövalmis hake varastoidaan terminaali-alueella aumassa, johon se kasataan puskutraktorilla. Auma voidaan suojata liialta kosteudelta peittämällä se peitteellä. Aumassa olevan puumassan sokerit alkavat kosteuden ja lämmön vaikutuksesta käymään ja nostavat auman lämpötilaa. Tämän lämmön nousun takia auma ei saa olla huipultaan liian terävän mallinen, koska se saattaa johtaa auman spontaaniin syttymiseen. Vastaavasti aumasta voidaan lastata hakerekkaan haketta traktorilla. (Haastattelu Kotimaiset Energiat Oy 2020)

### **2.3 Uudet siirrettävät lämpökontit**

Haketta voidaan käyttää lämmittämiseen nyt myös aivan uudella tavalla, siirrettävät lämpökontit ovat tulevaisuudessa varteenotettava ratkaisu suurissa kiinteistöissä, öljylämmityksen sijaan. Biofire Oy valmistaa tällä hetkellä lämmityskontteja, joissa on tarvittava kalusto hakkeen polttamiseen. Vaihtoehtoisesti on tarjolla kahdesta kontista koostuva ratkaisu, jossa poltin on toisessa kontissa ja toisessa kontissa on hakevarasto (Biofire 2020). Samassa kontissa on myös tilaa hakkeen säilyttämistä varten, joten erillistä säilytystilaa ei tarvita ja ylimääräisiä kuluja hakkeen varastoinnista ei käyttöpaikalla synny. Kontit ovat suunniteltu

teholuokkaan 60–500 kW eurooppalaisen standardin CEN-EN303-5 mukaisella maksimiteholla. (Föhr et al. 2019, 2).

Lämmityskontti koostuu kahdesta erillisestä osiosta, boileritila ja puuhake varasto. Lämmityskontin katto aukeaa hydrauliiikan voimalla ja sitä kautta hakevarastoa on helppo täydentää. Hydraulinen puomi siirtää puuhaketta varaston pohjalla, kuvassa 5 kohta 4.1, ja sieltä kuljetinruuvi nappaa mukaansa haketta ja siirtää sen välisäiliöön (3). Välisäiliöstä toinen syöttöruuvi siirtää puuhakkeen polttimeen (2). Poltin lämmittää kattilaa (1.1), jossa vesi lämpenee ja lämmin vesi siirtyy rakennuksen lämmitysjärjestelmään. Polttotilassa liikkuva arina siirtää polttojätteet, eli tuhkan pois polttotilasta ja kontin ulkopuoliseen tuhkasäiliöön (5). Lisäksi laitteistoon kuuluvat savukaasuimuri (7) ja savupiippu (8). (Biofire 2020)



Kuva 5. Havainnekuva lämpökontin laitteistosta. (Biofire 2020)

Lämmityskontti vaatii asennuspaikalta muutaman etukäteisvalmistelun. Lämmityskontin alle on hyvä tehdä betonilaatta, jotta kontti pysyy tukevasti paikallaan, eikä kallistu. Lisäksi kontille tarvitsee vetää lämmitysputket, vesijohto ja sähköt. Kun nämä etukäteisvalmistelut on tehty, kontin asentaminen paikalleen ei vaadi kuin muutaman tunnin työn. Kuvassa 6 on

hakevarastolla varustettu hakelämpökontti, jonka päädyssä on tuhkanpoisto ja savupiippu. (Föhr et al. 2019, 2).



Kuva 6. Hakelämpökontti, jonka päädyssä on tuhkanpoisto ja savupiippu

## 2.4 Hakkeen käyttöpotentiaali kiinteistöjen lämmityksessä

Puuhaketta voidaan käyttää kiinteistöjen lämmityksessä siinä kuin öljyäkin. Tarvitaan vain hieman erilainen polttolaite, jossa siis voidaan polttaa kiinteää polttoainetta. Muuten varsinainen lämmitysjärjestelmä on käytännössä täsmälleen samanlainen, kuin öljylämmityksessäkin. Täysin automatisoitu järjestelmä, joka kierrättää lämmitysvettä putkistossa säädettyjen parametrien perusteella. Käytettäviä parametrejä voivat olla esimerkiksi tarvittava lämpö määrä, virtausnopeus, tarvittava lämmin käyttövesi, haluttu huonelämpötila ja niin edelleen.

Etelä-Savon alueella on noin 9000 kiinteistöä, jotka eivät ole kaukolämmityksen piirissä ja niitä lämmitetään nyt pääsääntöisesti kevyellä polttoöljyllä. Suuri osa on omakotitaloja tai rivitaloja. Suuremmat rakennukset, kuten maatalousrakennukset tai koulut ovat potentiaalisimpia kohteita puuhakelämmitykselle. Näissä rakennuksissa on suurempi lämmöntarve kuin omakotitalossa, joten lämmityskontti soveltuu tehojensa puolesta paremmin näihin suurempiin rakennuksiin. Maatiloilla käytetään jo rakennusten lämmittämiseen puuhaketta pienoisvoimalaitoksissa. (Karhunen et al. 2019, 2).

Yksi tulevaisuuden käyttömahdollisuus olisi paikallisen kaukolämmön tuotanto uusilla omakotitaloalueilla. Tähän ei välttämättä toki paras ratkaisu ole lämmityskontti, vaan kiinteä pienoisvoimalaitos. Mutta se on yksi todennäköinen tulevaisuuden suuntaus, varsinkin harvaan asutuilla alueilla, jonne rakennetaan muusta asutuksesta hieman erilleen uusia omakotitaloalueita.

Puuhaketta tai materiaalia siihen on Suomessa tarjolla runsaasti ja erityisesti Etelä-Savon alueella sitä on paikallisestikin tarjolla paljon. Tämä mahdollistaisi lyhyemmät kuljetusmatkat ja siis mahdollisesti halvemman polttoaineen, kuin mitä kevyt polttoöljy tällä hetkellä on. Paikallista puuhaketta käyttämällä voidaan pienentää fossiilisista polttoaineista tulevia päästöjä merkittävästi, ensinnäkin polttamalla uusiutuvaa puumateriaalia ja toiseksi säästetään kuljetuksessa käytettäviä fossiilisia polttoaineita. Puuhakkeen käyttöä on siis sekä mahdollista, että kannattavaa lisätä tulevaisuudessa.



### **3 HAKKEEN HANKINTA JA JAKELU**

Tässä luvussa käydään läpi puuhakkeen hankintaa ja jakelua puhallustoimitusketjussa. Käytössä on Ranskalaisen Romanet SARL yrityksen patentoima puuhake puhallin (Föhr et al. 2019, 1). Lämpösi Oy on lisensoinut tekniikan ja puhaltimia valmistetaan myös Suomessa.

Käytännössä puhallustekniikalla jakelu tarkoittaa muutamaa eri vaihtoehtoa, puuhaketta hankitaan hakkeen toimittajalta, hankitaan puuta ja haketetaan se puhallinauton konttiin tai noudetaan valmista puuhaketta terminaalista ja jaellaan se eteenpäin puhaltimen avulla. Käytännössä hankintaketjun alussa on siis erilaisia vaihtoehtoja ja loppujakelu suoritetaan aina puhallinauton avulla.

Lisäksi käydään läpi erilaisia vaatimuksia, joita puuhakkeen täytyy täyttää, soveltuakseen lämmityskäyttöön. Vaatimukset liittyvät hakkeen raekokoon ja kosteusprosenttiin. Liian märkä tai liian suuren palakoon omaava hake ei pala riittävän tehokkaasti, joten sen lämpöarvo jää pienemmäksi.

#### **3.1 Hakkeen hankinta**

Energiapuuta ja siten myös puuhaketta voidaan hankkia käytännössä kahdella eri tavalla: metsänhoitoyhdistysten kautta tai suoraan metsänomistajilta. Yli puolet metsänomistajista käyttävät metsänhoitoyhdistystä välittäjänä, 15 prosenttia on myynyt energiapuuta polttoaineen toimittajalle, eli bioenergiayrityksille, ja neljännes on myynyt suoraan metsäteollisuusyrityksille. (Karttunen et al 2010, 18)

Etelä-Savon metsänomistajat pitävät parhaimpina tapoina energiapuun myynnissä metsänhoitoyhdistyksen valtakirjakaupalla kilpailuttamista ja myyntiä polttoaineen toimittajalle. Samaten ylivoimaisesti suurin enemmistö Etelä-Savon metsänomistajista pitää parhaana tapana hinnoitteluksi puun kuutiomäärää. Ensisijaisesti energiapuuksi halutaan myydä kantoja ja sitten oksa- ja latvusmassaa, sekä karsittuja rankoja. Nämä puun osat ovatkin tyypillisiä

osia, joita puusta käytetään energiantuotannossa, koska runkoja voidaan käyttää muuhunkin puunjalostukseen. (Karttunen et al 2010, 20)

Varsinaisia energiapuunhankintatapoja on kuitenkin monenlaisia, energiapuuta voidaan ostaa muun puunmyynnin oheistuotteena sekä myyjän että ostajan korjaamana ja suoraan energiapuuna. Yksi varteenotettava energiapuun hankintamuoto on niin sanottu energiapuuharvennus, tällöin taimikko jätetään tahallaan tiheämmäksi kuin normaalisti ja ensimmäinen harvennus energiapuuksi suoritetaan hieman aiemmin kuin ainespuun tuotannossa (Karttunen et al 2010, 25). Haketustarkoitukseen puu täytyy hankkia siten, että se on pinottu raskaalla kalustolla kuljettavissa olevan tien varteen, jotta energiapuuta voidaan hakea paikalta. Tähän ei niinkään vaikuta se, että haketetaan puu tienvarressa, vai terminaalissa. Kuvassa 7 on energiapuuta pinottuna välivarastoon metsätien varteen (Bioenergianeuvoja 2020).



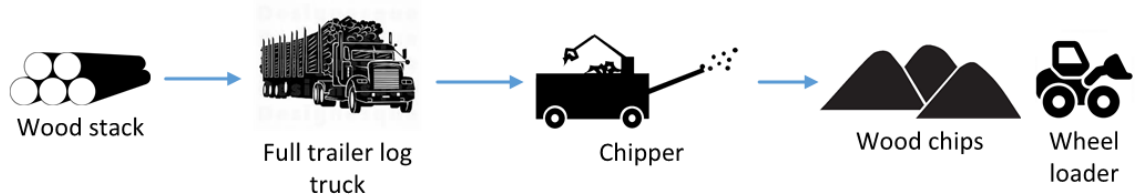
Kuva 7. Energiapuuta välivarastoituna metsätien varressa. (Bioenergianeuvoja 2020)

### **3.2 Pneumaattiseen puhaltamiseen perustuva hakkeen pienjakelulogistiikka**

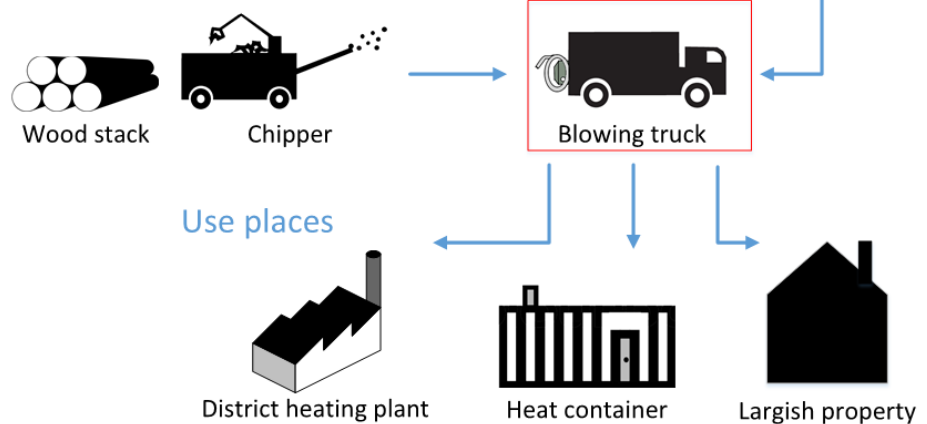
Puhallustoimitusketjussa on tarkoitus käyttää kahta eri jakeluvaihtoehtoa. Haketetaan puuta terminaalissa ja kootaan se aumoihin, joista puhallinauto sitten lastataan. Vaihtoehtoisesti haketetaan puuta suoraan puhallinautoon tien laidassa. Puhallinauto ja hakkuri on

mahdollista ajaa tien laidan siten, että ne ovat peräkkäin eivätkä merkittävästi häiritse muuta liikennettä. Molemmat jakeluketjut ovat kuvattuna kuvassa 8.

### Terminal chipping chain



### Roadside chipping chain



Kuva 8. Hakkeen eri toimitusketjut.

Itse puumateriaalin hankintaan on olemassa erilaisia vaihtoehtoja. Ensiksi haketerminaalin omistava yritys voi hankkia puutavaraa varastoon, josta sitä haketetaan terminaalilla tarvittaessa. Tai terminaaliyritys voi hankkia suoraan haketta varastoon ja säilöä sen aumoissa kuljetusta odottaessa. Toinen vaihtoehto on, että asiakas hankkii puutavaran ja se haketetaan tarvittaessa puhallinautoon suoraan tien laidassa, josta se kuljetetaan hakkeen käyttöpaikkaan. Joissain tapauksissa asiakas voi myös hankkia puutavaraa tai valmista haketta ja säilyttää sitä haketerminaalin alueella, josta se on helposti käytettävissä.

Käytettävissä on neljä erilaista puhallinta (JYJ400, JYJ500, JYJ600 ja JYJ700), joiden suurin ero on puhaltimen lapojen halkaisija. Pienempiä kahta puhallinta voidaan käyttää polttomoottorikäyttöisinä ja isommat kaksi mallia ovat yleensä konttiin kiinnitettynä ja toimivat auton hydraulikalla. Kuvassa 9 on hakkeen jakeluun soveltuva puhallinauto takaa kuvattuna (Lämpösi 2020). Hieman erilaisella ruuvilla varustetuilla puhallimilla voidaan myös

puhaltaa puuhakkeen lisäksi pellettejä. Pellettejä kuljetetaan tyypillisesti 1m<sup>3</sup> säkeissä ja näin voidaan liikutella pellettejä myös ajoneuvoilla, joissa ei ole nosturia. (Föhr et al. 2019, 2).



Kuva 9. Puhallusauto takaapäin kuvattuna. (Lämpösi 2020)

### 3.3 Uuden logistiikkaratkaisun SWOT-analyysi

Uudella puhallusjakelutekniikalla haketta tai vastaavaa materiaalia voidaan jaella hyvin samalla tavalla kuin polttoöljyäkin. Joustava letku mahdollistaa puuhakkeen jakelun ahtaista-kin oviaukoista ja silojen yläkertaan. Lisäksi on mahdollista purkaa kuorma vain osittain, mikä mahdollistaa jakeluketjun optimaalisemman suunnittelun ja vähentää sekä polttoaineen, että ajankäyttöä. Enää ei ole pakko kipata koko kuormaa purkupaikalle ja sen takia ei ole tarvetta ajella vajaalla kuormalla. Tämä mahdollistaa sen, että samasta kuormasta voidaan jaella puuhaketta useampaan eri kohteeseen ja jos kohteet ovat suhteellisen lähekkäin, niin samalla säästyy sekä aikaa, että polttoainetta merkittävästi.

Haasteina on alkuvaiheessa ainakin puuhakkeen vähäinen käyttö, joka hankaloittaa jakeluketjujen optimointia. Tämä tulee alkuvaiheessa pienentämään mahdollisia säästöjä, joita puhallinautojakelu parhaimmillaan pystyy tarjoamaan. Talviset olosuhteet voivat myös aiheuttaa haasteita kuljetuksille, jos metsäautotiet eivät kannata raskaita ajoneuvoja, niin

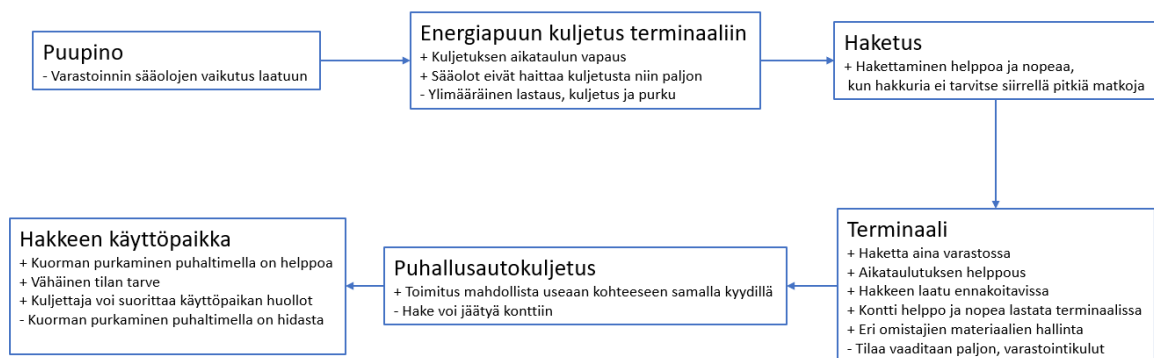
### **3.3.1 Haketus terminaalissa**

Terminaalihaketusketjun hyviä ja huonoja puolia. Terminaalihaketusketju alkaa puupinolta, jossa suurin ongelma energiapuun kannalta on sääolosuhteiden ennalta arvaamattomuus, eli ei voida olla varmoja, että puu kuivuu riittävästi. Energiapuun kuljetusvaiheessa hyviä puolia on kuljetuksen aikataulullinen vapaus, joka vähentää olosuhteiden aiheuttamaa epävarmuutta, eli voidaan kuljettaa tavaraa pakkasilla, kun tiepohjat kantavat raskasta kalustoa. Selkeä huono puoli tässä on ylimääräinen lastaus-, kuljetus- ja purkuvaihe, joka lisää polttoainekuluja.

Terminaalissa hakettaminen on helppoa, koska kalustoa ei tarvitse siirrellä pitkiä matkoja, ainoastaan terminaalialueella. Koska terminaalialueella on mahdollista säilyttää tarvikkeita, niin myös huoltotoimenpiteet ovat helpommin organisoitavissa. Itse terminaalin hyviä puolia ovat se, että haketta on aina varastossa riippumatta olosuhteista. Aikataulutus on helpompaa, koska tavaraa on aina varastossa, hakkeen laatu on paremmin ennakoitavissa ja puhallinauto on helppo ja nopea lastata terminaalissa. Eri omistajien materiaalien hallinta on helpompaa ja nopeampaa, koska ne ovat keskitetyksi yhdessä paikassa.

Puhallinautokuljetuksen ongelma voi olla se, että puuhake voi jäättyä metalliseen konttiin, jos se lastataan jo edellisenä päivänä, tämä voidaan toki estää lastaamalla haketta aina juuri ennen toimitusta. Hyvä puoli on se, että haketta voidaan toimittaa useammalle tilaajalle ja siten säästää polttoainekuluissa. Hakkeen lopputoimituksen hyviä puolia on se, että puhaltimella hake voidaan helposti purkaa ahtaisiin ja hankaliinkin paikkoihin. Kuorman purkamisen ja hakkeen varastoiminen vaatii vähän tilaa. Huono puoli taas on se, että verrattuna kippilavaan puhaltimella kuorman purkaminen on hidasta. Toisaalta kuljettaja voi kuorman purkamisen aikana suorittaa polttolaitoksen huoltotöitä.

Haketerminaalin kontolle jää yhä suurempi taloudellinen panostus, koska rahaa on kiinnentistä enemmän puumateriaalissa tilojen lisäksi. Toisaalta kysyntä on melko hyvin ennustettavissa, joten hyvällä suunnittelulla ylijäämäpuuta ei pitäisi jäädä terminaaliyritykselle merkittäviä määriä. Kuvassa 10 on esitelty terminaalihaketusketjun hyviä ja huonoja puolia eri vaiheissa, osa näistä on tietenkin yhteisiä tienvarsihaketuksen kanssa, mutta osa erityisiä terminaalihaketuksen tapauksessa.



Kuva 10. Terminaalihaketusketjun hyviä ja huonoja puolia

### 3.3.2 Tienvarsihaketus

Tienvarsihaketusketjokin alkaa puupinolta, mutta sillä erolla, että haketus tapahtuu heti puupinolla ja se tehdään suoraan puhallinauton kyytiin. Puupinolla huono puoli on se, että olosuhteita ei voida hallita, joten puun kuivumista ei voida myöskään hallita. Lisäksi sääolosuhteet ovat muutenkin haitaksi suorassa kuumassa ketjussa, etenkin sateen sattuessa, jolloin hakettaessa polttoaine kastuu erityisen paljon vähentäen sen energiamäärää. Puupinolla hakettamisen etuna on yksi vähentynyt kuljetusmatka, joka säästää polttoainetta, ja vastaavasti hakkurin siirtäminen eri kohteisiin kuluttaa myös jonkin verran ja aiheuttaa haasteita, mahdollisten huoltotöiden osalta. Selkeä miinuspuoli on myös se, että sääolosuhteet voivat vaikuttaa myös hakettimen ja hakerekan kulkemisiin, jos tiepohjat eivät ole riittävän kovia.

Tienvarsihaketusketju ei myöskään jousta juurikaan aikatauluissa, koska sekä puhallinauto, että hakkuri tarvitaan samaan aikaan samaan paikkaan. Varaston hallinta on huomattavasti



hankalampaa, koska energiapuupinot voivat olla kaukanakin toisistaan. Lisäksi ohikulkeva liikenne voi häiritä haketusprosessia joissain tapauksissa. Kuvassa 11 traktorin peräkärnyssä oleva hakkuri jauhaa haketta suoraan jakeluajoneuvon kyytiin. (Bioenergianeuvoja 2020)



Kuva 11. Tienvarsihaketus käynnissä. (Bioenergianeuvoja 2020)

Puhallinautokuljetuksen yksi suurimmista eduista on etu myös tienvarsihaketusketjussa, eli puhallinautolla voidaan toimittaa pienempiäkin määriä, mutta samalla kuljetusmatkalla useaan kohteeseen ja siten säästää polttoainetta. Hakkeen purkamisen hyödyt ja haitat ovat käytännössä samat kuin terminaalimallissakin, eli puhaltimella voidaan helposti purkaa haketta hankaliinkin paikkoihin, mutta se tapahtuu hitaammin kuin kippilavallisella autolla. Toisaalta purku ja hakkeen säilytys ei vaadi paljoa tilaa ja kuljettaja voi suorittaa käyttöpaikan huoltotöitä purkamisen ohessa. Kuvassa 12 on esitetty kohdittain tienvarsihaketuksen hyviä ja huonoja puolia.



Kuva 12. Tienvarsihaketusketjun hyviä ja huonoja puolia.

### 3.4 Vaatimukset hakkeelle ja sen toimitukselle

Koska lämmityskontin tilat ovat rajalliset, niin puuhaketta on pystyttävä toimittamaan säännöllisesti lämmityskauden aikana. Varsinkin kylmimpinä talvikuukausina polttoainetta kuluu paljon ja silloin täytyy myös toimitusketjun olla toimiva.

Puuhakkeen tyypillinen palakoko määritellään standardin SFS EN ISO 17225-1 mukaan välille 5–100 mm ja hake valmistetaan paloittelemalla puuta terävällä työkalulla. Puuhakkeen ero puumurskeen kanssa on se, että hake on paloitetu leikkaavilla terillä ja murske paloitetu tylpillä työkaluilla. Puuhakkeen laatuluokitukseen vaikuttavat sellaiset tekijät kuten palakoko, hienoaineksen määrä, kosteusprosentti, tuhkan määrä, typen, rikin ja kloorin määrät, tehollinen lämpöarvo, irtotiheys ja tuhkansulamiskäyttäytyminen. Kaikilla näillä kriteereillä on useita mahdollisia arvoja, ja ne vaikuttavat hakkeen käytettävyyteen, sekä hintaan. Puuhakkeen tyypillinen toimituksen aikainen kosteuspitoisuus on välillä 36–40 % (Karttunen et al 2010, 75) Taulukossa 2 on esitetty tyypillisiä arvoja näille kriteereille, sekä havupuulle, että lehtipuulle. (SFS 17225:2014, 45)



Taulukko 2. Tyypillisiä arvoja hakkuutähteistä (SFS 17225:2014, 88)

Ominaisuus	Yksikkö	Havupuu	Lehtipuu	Havupuu, hakkuutähteet	Lehtipuu, hakkuutähteet
Tuhka	%	0,3	0,3	3,0	5,0
Typpi	%	0,1	0,1	0,5	0,5
Rikki	%	<0,02	0,02	<0,02	0,04
Kloori	%	0,01	<0,0005	0,01	0,01
Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg	19,1	18,9	19,2	18,7

Kuten taulukosta 2 nähdään, niin ainoastaan bioenergian tuhkapitoisuus muuttuu merkittävästi, riippuen siitä haketetaanko puuta vai hakkuutähteitä. Ero johtuu siitä, että hakkuutähteiden, kuten juurakoiden seassa on paljon kiviainesta, joka käytännössä jää tuhkaksi polttolaitoksella. Korkea tuhkapitoisuus laskee hakkeen lämpöarvoa, koska palavaa materiaalia on vähemmän. Muillekin energiapuvaihtoehdoille, kuten kuorelle ja eritavoin kasvaneille metsille on omat tyypilliset arvonsa, mutta tässä on havainnollisuuden vuoksi tuotu esiin vain kokopuun ja hakkuutähteiden ero. (SFS 17225:2014, 84)

Romanet-Sarlin kehittämällä puhaltimilla on mahdollista puhaltaa monenlaista materiaalia, syöttöruuvien nousuväli on hakepuhaltimissa 150 mm, kuten on myös puhaltimen putken paksuus. Käytännössä minkä tahansa kokoista standardinmukaista hakepalaa voidaan puhalttaa ilman että laite on vaarassa jumiutua. Käytännössä kuitenkin pienempi palakoko toimii paremmin kuin suurempi, koska se kulkeutuu puhaltimen läpi tasaisemmin. Puhaltimet vaativat myös melko suuren virtausnopeuden ajoneuvon hydraulikkajärjestelmältä, joten sitä saatetaan joissain ajoneuvoissa joutua säätämään tai modifioimaan. Pienemmät puhaltimet on mahdollista saada myös sähkömoottorikäyttöisinä tai omalla polttomoottorilla varustettuina. (Romanet-Sarl 2020)

Käytännössä toimitus vaatii ajoneuvon, johon voidaan lastata kontti. Puhallin on asennettuna kontin takaseinään ja toimi yleensä ajoneuvon hydraulikkajärjestelmällä. Puhaltimen puhalluskapasiteetti on 0,4–1,2 kuutiometriä haketta minuutissa. Puhallin pystyy purkamaan kontista 8–15 tonnia haketta tunnissa, joten puhallinauton tyhjentämiseen kokonaan menee aikaa. Puhaltimen maksimi puhallusmatka on noin 40 metriä. (Romanet Sarl 2020)

## **4 HAKETERMINAALIN ERILAISET TEKNISET RATKAISUT JA SIIJOITUSPAIKAT ETELÄ-SAVOSSA**

Tässä osiossa selvitetään paikallisten toimijoiden edellytyksiä haketerminaalitoimintaan Etelä-Savon alueella, muun muassa kaluston ja mahdollisen liiketoiminnan laajentamisen perusteella. Lisäksi tässä osiossa pohditaan erilaisia haketerminaalivaihtoehtoja ja niiden mahdollisia sijoituspaikkoja Etelä-Savon alueella.

### **4.1 Toimijakartoitus**

Etelä-Savon alueelta löytyy useita hakettamisen toimialakseen ilmoittavia yrityksiä, ja tässä osiossa heitä on haastateltu haketerminaalitoimintaan liittyen. Haastatteluissa selvitettiin muun muassa seuraavia asioita: minkälaista liiketoimintaa hakkeeseen liittyen yrityksillä on, minkälaista kalustoa yrityksillä on ja onko yrityksillä halua ja valmiuksia lähteä uuteen liiketoimintaan mukaan. Muutama yrityksistä on rekisteröity Pohjois-Savon puolelle, mutta ottaen huomioon esimerkiksi Varkauden sijainnin, on se Etelä-Savon alueen kannalta toimimiseen hyvässä sijainnissa.

Useimmilla yrityksillä on käytössä sekä oma tai jopa useampia hakkureita ja sen lisäksi yrityksillä on myös hakerekkoja. Käytännössä suurimman osan yritysten toimintamalli on tällä hetkellä tienvarsihaketusmalli. Haketerminaalitoiminta tulisi siis näille yrityksille käytännössä lisäksi jo olemassa olevaa toimintaa ja kysymys onkin siitä, että onko yrityksillä mahdollisuuksia nostaa toimituskapasiteettia, jotta haketta riittää myös terminaaliin. Kuljetuskapasiteettia varmasti löytyy, koska kontteja kuljettavia ajoneuvoja ja yrittäjiä on paljon enemmän kuin hakeyrityksiä.

Poikkeuksen tekee Partaharjun Puutarha Oy, jolla on kiinteistössään kiinteä hakkuri ja kuivatushalli. Partaharjun puutarhalla on oma kiinteällä polttoaineella toimiva lämpövoimala, jota he hyödyntävät omassa kasvihuonetoiminnassaan, joten he käyttävät myös osan hakkeesta itse. Heillä ei siis ole omaa kuljetuskapasiteettia ja toimivat tavallaan loppukäyttäjän ja terminaalin yhdistelmänä. (Partaharjun Puutarha 2020)

Etelä-Savon alueella toimii hakeyrityksiä hyvin kattavasti, toki eniten niillä alueilla, missä on eniten metsääkin. Kaikki yritykset eivät välttämättä ole merkittynä hakeyrityksiksi, vaan varmasti osa kuljetus- tai maatalousyrittäjistä tekee myös haketusta. Tutkittaessa tilannetta Etelä-Savon alueella toimivat ainakin seuraavanlaiset hakeyritykset, listauksessa myös yrityksillä olevaa kalustoa:

- Manninen & Partanen Ay      Sulkava  
Ei tarkempaa tietoa kalustosta
- Virtanen & Pöyry Ay          Mikkeli  
Ei tarkempaa tietoa kalustosta
- Sylkyn Sora                      Savonrannan kirkonkylä  
Autohakkuri JENZ 700 HEM  
Autohakkuri Heinola 310  
3 Hakeautoa
- SM-Team Oy                      Juva  
Ei tarkempaa tietoa kalustosta
- Metsäenergia Meter Oy      Savonlinna  
Omistaa autohakkureita ja terminaalin  
Kuljetuskalustoa
- Energiatuote Utriainen Oy    Pieksämäki  
Hakkuri ja hakeauto
- Partaharjun puutarha Oy      Pieksämäki  
Kiinteä hakkuri ja kuivaus/säilytyshalli, josta myydään haketta asiakkaille.  
Ei kuljetuskalustoa
- Tmi Jorma Lehtomäki          Varkaus  
Ei tarkempaa tietoa kalustosta
- Savon Hakepörssi Oy          Varkaus  
Ei tarkempaa tietoa kalustosta

Paikallisten yritysten toiminnan kokoluokassa on suuria eroja, pienimmät yritykset ovat käytännössä maatilán yhteydessä yhdellä hakkurilla ja yhdellä hakeautolla toimivia

perheyriityksiä. Ja suuremmilla yrityksillä on oma terminaali, useita hakkureita, hakeautoja ja jopa lämpökeskustoimintaa. Toiminta on siis tällä hetkellä hyvin monimuotoista.

## 4.2 Eri haketerminaalivaihtoehtoja

Erilaisia toimintamalleja haketerminaalille on useita. Mahdollisesti jopa kymmenien eri omistajien puu- tai puuhake kasojen erittely terminaali-alueella on mahdollista ja voi säästää aikaa. Pienkäyttäjälukuun siirryttäessä asiakas ei siis todennäköisesti enää osta itse puuta, vaan asiakas ostaa suoraan lopputuotteen, eli puuhakkeen. Tällöin käytännössä haketerminaaliyrittäjä hankkii itselleen puuta, jota varastoidaan aina sopiva määrä aumoissa terminaalin alueella. Haketerminaaliin käytännössä toimitettaisiin puuta ja terminaalista eteenpäin haketta aina tarpeen mukaan. Yksi vaihtoehto on toki se, että haketerminaalissa varastoidaan pelkästään haketta aumoissa ja hake tuodaan valmiina paikanpäälle. (Haastattelu Kotimaiset energiat 2020)

Koska hakejakelua tullaan suorittamaan jatkossa myös suurille asiakkaille, niin nykyinen jakeluketju suoraan metsästä käyttäjälle tulee säilymään terminaali toimintamallin rinnalla. Silloin toimitaan kuten tähänkin asti, eli käyttäjä ostaa puuta suoraan tuottajalta ja puu haketetaan tien laidalla suoraan pinosta puhallinautoon, jolla se toimitetaan suoraan loppukäyttäjälle. On myös mahdollista, että tätä jakelumallia sovelletaan pienkäyttäjien kohdalla, mutta silloin puun ostaja on todennäköisesti haketerminaaliyrittäjä, joka suorittaa myös puuhakkeen toimituksen loppukäyttäjille. Tällainen toiminta on mahdollista erityisesti silloin, kun useita pienkäyttäjiä on lähekkäin ja samalla toimituksella voidaan toimittaa puuhaketta useammalle tilaajalle. (Haastattelu Kotimaiset energiat 2020)

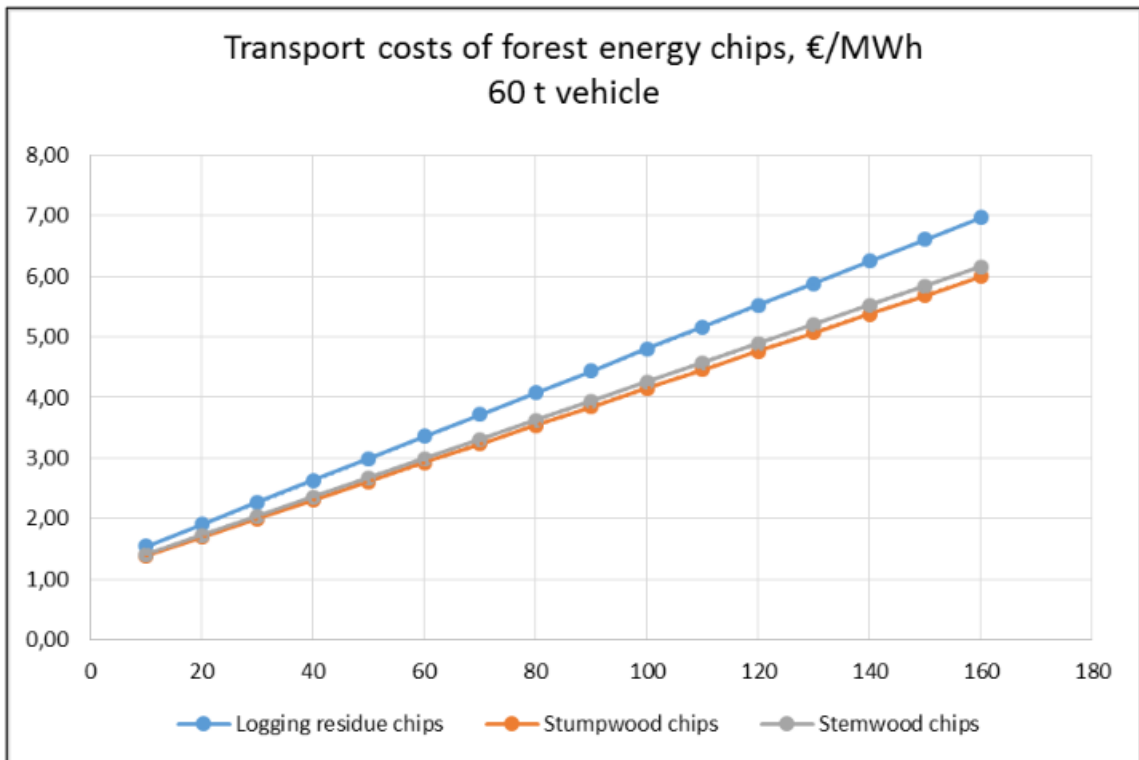
Yksi vaihtoehto yhden ison terminaalin sijasta on useista pienemmistä terminaali-alueista koostuva verkostomalli. Tällaisen mallin etuna on lyhyemmät kuljetusmatkat metsistä terminaali-alueille, mutta toisaalta hakkureita joudutaan siirtämään eri terminaalien välillä. Käytännössä tällainen terminaali-malli kuitenkin ehkäisee paljon sääolosuhteista riippuvaa epävarmuutta, koska terminaali-alueille on todennäköisesti helpompi pääsy kuin metsänteille

erilaisissa olosuhteissa. Tällainen verkostomallinen terminaalijärjestelmä myös käytännössä vaatii laajemman omistuspohjan kuin yksittäinen terminaali. (Karttunen et al 2010, 110)

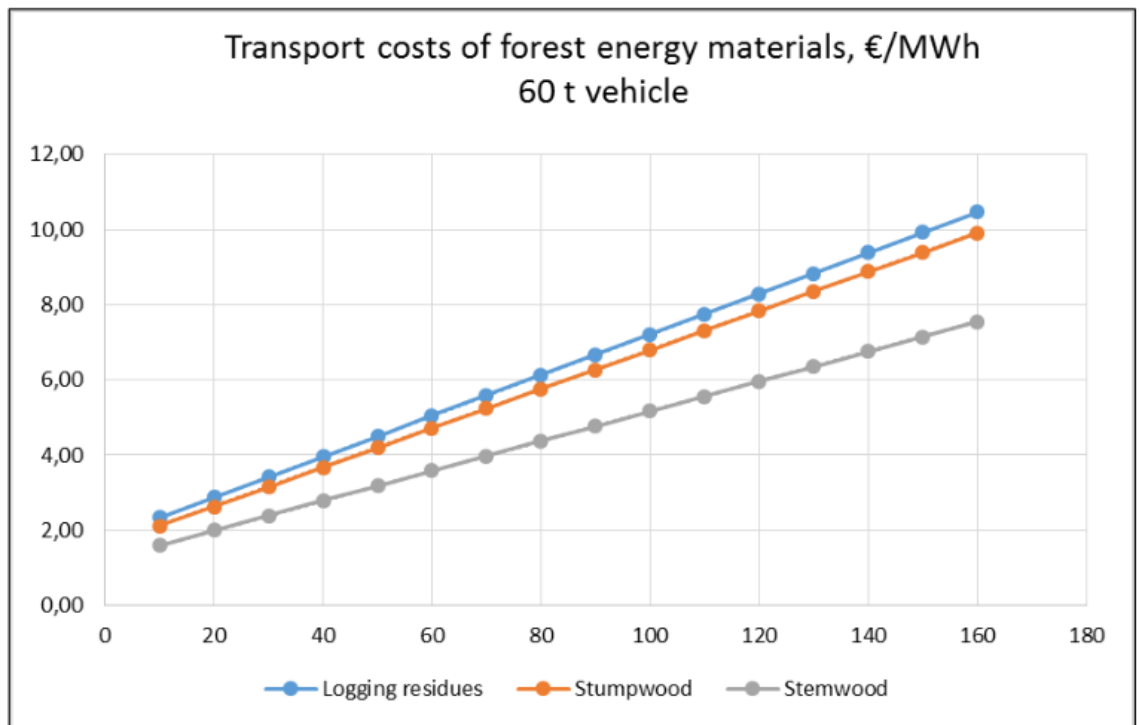
### **4.3 Vaihtoehtojen tekniset ratkaisut ja taloustarkastelut**

Tässä luvussa tarkastellaan erilaisten bioenergian jakelumallien teknisiä ratkaisuita ja niiden taloudellista kannattavuutta. Erilaisia jakelumalleja on siis terminaaliverkostomalli, tienvarsihaketusmalli ja terminaalihaketusmalli. Yhteisesti oletetaan kaikissa eri malleissa olevan käytössä samankaltainen kalusto ja saman verran henkilötyövuosia, joten niistä ei eri mallien kustannuksiin tule eroja. Vastaavasti kaluston huoltokulut ja käyttöenergiankulutus voidaan olettaa kaikissa malleissa samaksi, koska perusoletuksen mukaisesti käytetään samaa kalustoa. Käytännössä erot eri mallien osalta tulevat siis kuljetusmatkoista ja niiden mahdollisista synergioista, sekä terminaalialueiden kustannuksista.

Tämän työn puitteissa on kyse enemmänkin pienemmistä toimitusmääristä, joten käytetään 60 tonnin ajoneuvon arvoja laskentaan. Puuhakkeen kuljetuskustannus 60 tonnin ajoneuvoa käytettäessä kuvattu kuvassa 13. 60 tonnin ajoneuvon mahtuu puuhaketta kyytiin noin 100 MWh edestä ja energiapuuta noin 82 MWh per kuorma. Ja hakettamattoman energiapuun kuljetuskustannus eri ajoneuvoilla on vastaavasti kuvattu kuvassa 14. (Metsäteho Oy 2015)

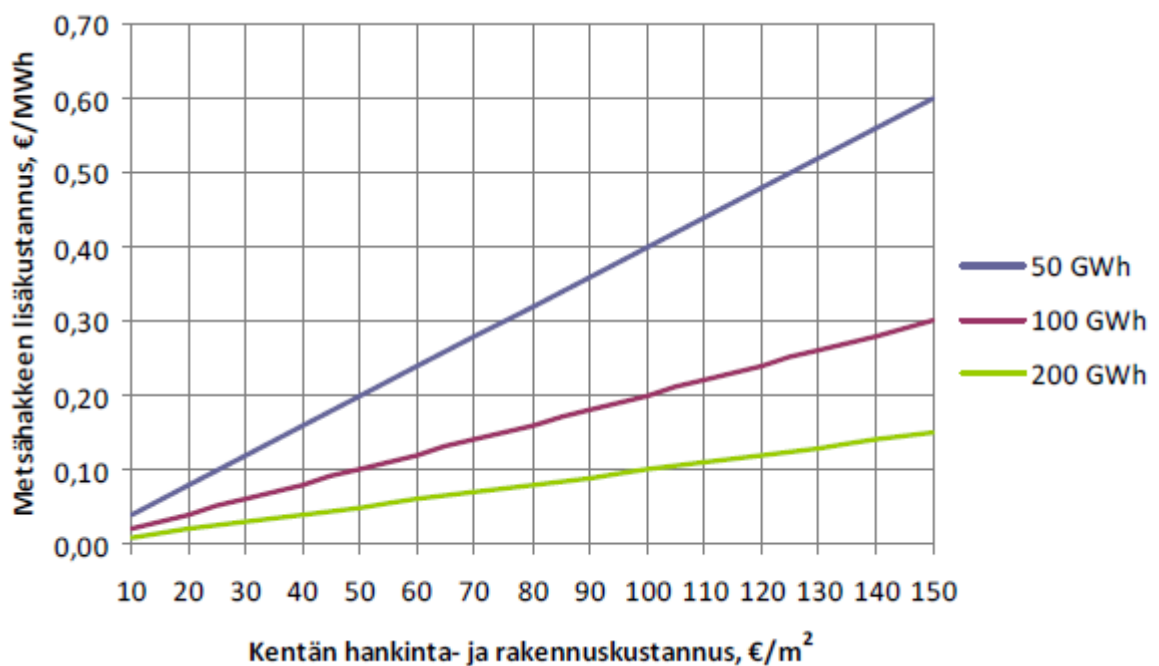


Kuva 13. Puuhakkeen kuljetuskustannukset 60 tonnin rekalla, kuljetusmatkan suhteen kuvattuna. (Metsäteho Oy 2015)



Kuva 14. Energiapuun kuljetuskustannukset 60 tonnin rekalla, kuljetusmatkan suhteen kuvattuna. (Metsäteho Oy 2015)

Terminaalikentän vaikutus metsähakkeen kustannukseen €/MWh hankinta- ja rakennuskustannuksien suhteen on esitetty kuvassa 15. Terminaalimallissa käytämme laskennassa isompaa asfaltoitua terminaalia eli 100 GWh vuosikapasiteetin käyrää ja terminaaliverkostomallissa laskemme vaihtoehdot kahden ja neljän terminaalin mukaan 50 GWh hiekkapäällysteisillä terminaaleilla. Asfaltoidun terminaalikentän perustamiskustannus on 62 €/m<sup>2</sup> ja hiekkakentän 47 €/m<sup>2</sup>. Kaikkien terminaalien yhteydessä oletetaan, että terminaalialueelle johtaa jo käyttökelpoinen tie. (Karttunen et al. 2010, 130)



Kuva 15. Terminaalikentän kustannusvaikutus perustamiskustannusten mukaan. (Karttunen et al. 2010, 130)

Kuvan 15 mukaisesti 100 GWh vuosituotannolla ja 62 €/m<sup>2</sup> perustamiskustannuksella terminaalikentän kustannusvaikutus on noin 0,12 €/MWh. Vastaavasti 50 GWh vuosituotannolle suunnitellun ja 47 €/m<sup>2</sup> perustamiskustannuksella olevan hiekkapohjaisen terminaalikentän kustannusvaikutus on noin 0,18 €/MWh.



### 4.3.1 Tienvarsihaketusmalli

Tienvarsijakelumalli on näistä kolmesta yksinkertaisin ja vaatii vähiten taloudellista panostusta. Tämän kaltainen järjestelmä on jo monessa paikassa toiminnassa. Puuta hankitaan suoraan metsänomistajilta tai metsänhoitoyhdistyksiltä ja sitten se haketetaan puupinolla tien varressa ja ajetaan suoraan asiakkaalle käyttöön. Uutena komponenttina tähän olemassa olevaan malliin tulee tässä tapauksessa lähinnä puhallinauto. Puhallinautojakelu tarjoaa joustavampaa kuljetusta, mutta sen hyötyjä ei ehkä voida täysin hyödyntää, koska tässä toimintamallissa puu menee useimmiten yhdelle käyttäjälle yhdestä paikasta ja juuri joustavuus on puhallinautojakelun suurimpia etuja.

Tienvarsihaketusmallissa hakkuria ja puhallinautoa siirrellään aina metsissä olevilta tienvarsi-varastolta toiselle. Etelä-Savo ei ole maantieteellisesti kovin suuri alue, mutta silti sielläkin välimatkat voivat helposti kasvaa jopa 100 kilometriin, jos joudutaan kiertämään järvi-alueita.

Keskikokoisen hakkurin käyttö metsätienvarressa olevalla välivarastolla maksaa noin 316 snt/MWh, tästä 36 % on pääoma- ja vakuutuskuluja, 32 % Työvoima- ja hallintokuluja, 13 % huoltokuluja ja 19 % käyttöenergiakuluja. Suurella hakkurilla vastaavat kulut ovat 327 snt/MWh ja ne jakautuvat seuraavasti: Pääoma ja vakuutukset 42 %, Työvoima ja hallinto 29 %, Huolto 12 % ja käyttöenergia 17 %. (Rinne Samuli 2010, 68–70)

Edellä mainitut luvut ovat vuodelta 2010, joten voidaan olettaa, että kulut ovat hieman kasvaneet vuosikymmenen aikana. Käytetään tilastokeskuksen rahanarvonmuunninta muuttamaan nuo 2010 lasketut lukemat vuodelle 2019 (Tilastokeskus rahanarvomuuunnin 2020). Keskikokoisen hakkurin käyttökulut vuonna 2019 olisivat siis noin 355 snt/MWh ja suuri-kokoisen hakkurin käyttökulut 368 snt/MWh.

Koska tienvarsihaketusketjun kuljetusmatkat ovat keskimäärin aika lyhyitä, niin valitaan keskimääräiseksi matkaksi Etelä-Savon mittakaavaan sopiva 40 km. Kuvasta 6 nähdään että pienpuuhakkeen kuljetuskustannus 40 km matkalla on noin 2,25 €/MWh. Joten

tienvarsihaketusketjun kokonaiskustannukset voidaan laskea kaavalla (1). Kaavassa  $KK$  on kokonaiskustannus ja alaindekseinä keskikokoinen hakkuri ja suuri hakkuri.

$$KK = \text{haketuksen kustannus} + \text{kuljetuksen kustannus} \quad (1)$$

$$KK_{\text{keskikokoinen}} = 3,55 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 2,25 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 5,8 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$$

$$KK_{\text{suuri}} = 3,68 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 2,25 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 5,93 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$$

Käytännössä näihin kuluihin tulee vielä lisäksi puhallinautolla tyhjänä ajettu matka ja hakurin siirtokulut tienvarsivarastolle. Kokonaiskustannus jää kuitenkin noin 6 €/MWh luokkaan tienvarsihaketusmallissa.

#### 4.3.2 Terminaalihaketusmalli

Terminaalihaketusmalli on käytännössä yksinkertaisempi versio terminaaliverkostomallista. Tässä olisi siis käytössä ainoastaan yksi terminaalialue, jonne kaikki puu kuljetettaisiin joko hakkeena tai haketettavaksi. Tämä tarkoittaa käytännössä pitempiä kuljetusmatkoja ja suurempaa tilan tarvetta kuin useampi pienempi terminaalivaatisi. Pidemmät kuljetusmatkat toteutuvat käytännössä sekä terminaaliiin suuntautuvassa, että terminaalista ulos suuntautuvassa liikenteessä. Terminaalin sijainnilla voidaan lyhentää kuljetusmatkojen pituutta vain rajallisesti, koska puuta todennäköisesti hankitaan laajalta alueelta ja haketta toimitetaan useaan eri paikkaan.

Keskikokoisen murskaimen käyttökulut terminaalissa ovat 215 snt/MWh. Kuluista 38 % on Pääoma- ja vakuutuskuluja, 22 % Työvoima- ja hallintokuluja, 15 % Huoltokuluja ja 25 % Käyttöenergiasta johtuvia kuluja. Suurella murskaimella vastaavat kustannukset ovat 185 snt/MWh ja ne jakautuvat seuraavasti: Pääoma ja vakuutukset 38 %, Työvoima ja hallinto 19 %, Huolto 17 % ja käyttöenergia 26 %. (Rinne Samuli 2010, 72–74)

Vastaavasti kuten tienvarsihaketusmallissakin nämä luvut ovat kymmenen vuoden takaa ja niitä täytyy korjata. Vuoden 2019 rahanarvolla keskikokoisen murskaimen käyttökulut terminaalissa olisivat noin 242 snt/MWh ja suuren murskaimen käyttökulut olisivat noin 208

snt/MWh. Terminaalin kustannusvaikutus on siis tässä tapauksessa 0,12 €/MWh. Yhden terminaalin tapauksessa voidaan olettaa, että kuljetettavat välimatkat ovat pitempiä kuin muissa vaihtoehtoisissa, käytetään tässä tapauksessa energiapuun keskimääräisenä kuljetusmatkana 60 km sekä terminaaliin saapuvalla puulla, että terminaalista poistuvalla hakkeella. 60 km kustannus energiapuulle on kuvan 7 mukaan noin 3,6 €/MWh ja puuhakkeelle kuvan 6 mukaan noin 3 €/MWh.

Yhteenlaskettu kustannus voidaan laskea kaavalla (2), jossa  $KK$  on kokonaiskustannus,  $MK$  murskaimen käyttökulut,  $TP$  on terminaalin perustamiskulut,  $KP$  energiapuun kuljetuskulut ja  $KH$  hakkeen kuljetuskulut. Lisäksi käytetään alaindekseinä keski ja suuri murskainten koon mukaan.

$$KK = MK + TP + KP + KH \quad (2)$$

$$KK_{keski} = 2,42 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 0,12 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 3,6 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 3 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 9,14 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$$

$$KK_{raskas} = 2,08 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 0,12 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 3,6 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 3 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 8,8 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$$

Laskelman perusteella yhden terminaalin järjestelmässä suurinta osaa hinnasta näyttelee kuljetus matkat ja sen jälkeen haketuskulut, itse terminaalin kulut ovat hyvin pienet verrattuna muihin kuluihin.

### 4.3.3 Terminaaliverkostomalli

Käytännössä terminaaliverkostomalli vaatii laajan omistusohjan ja runsaasti yhteistyötä eri toimijoiden kanssa. Terminaaliverkosto koostuisi siis useista pienemmistä terminaaleista ja puun hankintaa toteutettaisiin paikallisesti aina lähimmälle terminaalille. Terminaaliverkosto myös palvelisi aina lähimpiä loppukäyttäjiä, joten kuljetusmatkat pystytään pitämään suhteellisen lyhyinä. Mahdollisesti kauempana olevat pienemmät terminaalit voisivat myös toimia välivarastoina, ennen kuin puu kuljetetaan toiseen terminaaliin. (Karttunen et al 2010, 111)

Terminaaliverkostomallissa hakettamisen kustannukset ovat samantapaiset, kuin terminaalimallissa, tässä tapauksessa koska on kyseessä pienempi terminaalii, on todennäköistä, että käytetään vain keskikokoisia murskaimia, joten käytämme laskuissa vain sellaisen arvoja. Murskauksen kustannus on siis 2,42 €/MWh. Hiekkakenttäpohjaisen terminaaliiin perustamiskulujen vaikutus on aiemmin mainittu 0,18 €/MWh.

Kahden terminaaliiin mallissa voidaan olettaa kuljetusmatkojen olevan keskimäärin lyhyempiä, kuin yhden terminaaliiin järjestelmässä, mutta pidempiä kuin neljän terminaaliiin järjestelmässä. Käytetään siis kahden terminaaliiin tapauksessa kuljetusmatkana 40 km ja neljän terminaaliiin tapauksessa 20 km, molemmissa tapauksissa käytetään samaa matkaa sekä energiapuun että hakkeen kuljetuksiin. Kahden terminaaliiin tapauksessa energiapuun kuljetuskustannus on kuvan 7 mukaan noin 2,8 €/MWh ja puuhakkeelle 2,3 €/MWh. Vastaavasti kuvan 6 mukaan neljän terminaaliiin kuljetuskustannukset ovat energiapuulle 2 €/MWh ja puuhakkeelle 1,8 €/MWh.

Usean terminaaliiin tapauksessa kustannukset voidaan laskea kaavalla (3), jossa KK on kokonaiskustannus, MK murskaimen käyttökulut, TP on terminaaliiin perustamiskulut, KP energiapuun kuljetuskulut ja KH hakkeen kuljetuskulut. Lisäksi käytetään alaindekseinä kaksi ja neljä terminaaliiin määrän mukaan. Samaten kertoimena TM käytetään kahden terminaaliiin tapauksessa arvoa 2 ja neljän terminaaliiin tapauksessa arvoa 4.

$$KK = MK + TM * TP + KP + KH \quad (3)$$

$$KK_{kaksi} = 2,42 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 2 * 0,18 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 2,8 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 2,3 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 7,88 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$$

$$KK_{neljä} = 2,42 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 4 * 0,18 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 2 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 1,8 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 6,94 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$$

Laskujen perusteella terminaaliiin lukumäärän kasvaminen ei nosta kustannuksia, vaan koska samalla myös kuljetusmatkat lyhenevät, niin kokonaiskustannukset laskevat.

## 4.4 Lisäpalvelut

Terminaalitoiminta mahdollistaa myös erilaisia lisäpalveluja, olemassa olevan bioterminaalien toimintaa voidaan esimerkiksi laajentaa muihin biopolttoaineisiin, kuten turpeeseen tai suolla kasvatettavaan ruokohelpeen. Lisäksi on mahdollista tehdä sekoitepolttoaineita erilaisista biopolttoaineista sellaisille polttolaitoksille, joilla ei ole polttoaineiden sekoitusmahdollisuuksia. Myös hevosenlantakuiviketta voidaan käyttää polttoaineseoksessa, esimerkiksi sekoittamalla hevosenlantakuiviketta turpeeseen. Silloin kostea polttoaine voidaan sekoittaa kuivempaan ja saadaan silti käyttökelpoista polttoainesekoitusta. (Tanskanen 2017, 97) Turvetuotantoalueella toimiminen tuo myös sen edun, että ne ovat yleensä kaukana asutuksesta ja se helpottaa ympäristölupien hankkimista, koska lähistöllä ei ole asukkaita, joille aiheutuisi pöly- tai meluongelmia. (Impola R, Tiihonen I 2011, 30)

Yksi mahdollisuus on perustaa terminaali olemassa olevan teollisuuslaitoksen läheisyyteen, jolloin voidaan hyödyntää esimerkiksi sahojen sivutuotteita raaka-ainelähteenä. Erilaisten puunkuorimateriaalien tai jopa kierrätyspuuerien jatkojalostus biopolttoaineeksi onnistuu hakkurilla helposti. Myös muu poltettavien puutuotteiden jalostaminen on vaihtoehto. Terminaalissa voidaan jalostaa kuivia puupolttoaineita, kuten pellettejä tai halkoja, joko erillisesti hankittavasta materiaalista, tai oheismateriaalivirroista. Esimerkiksi juuri sahanpurusta voidaan puristamalla tehdä poltettavia pellettejä. (Impola R, Tiihonen I 2011, 30)

## **5 HAKETERMINAALIN JA HAKKEEN PIENJAKELUN LIKETOIMINTAMALLI**

Tässä kappaleessa tarkastellaan haketerminaalin ja hakkeen pienjakelun liiketoimintamallia. Lähtökohtaisesti pienjakelussa toimitettaisiin haketerminaaliyrityksen omistamaa bioenergiaa lämpökoneteilla varustetuille suurkiinteistöille tai vaihtoehtoisesti pienille alueellisille lämpövoimaloille. Tällöin on mahdollista hyödyntää puhallinauton mahdollisuuksia ja jaella haketta tietty määrä eri kohteisiin samasta kuormasta.

### **5.1 Liiketoimintamallit eri haketerminaalivaihtoehdoissa**

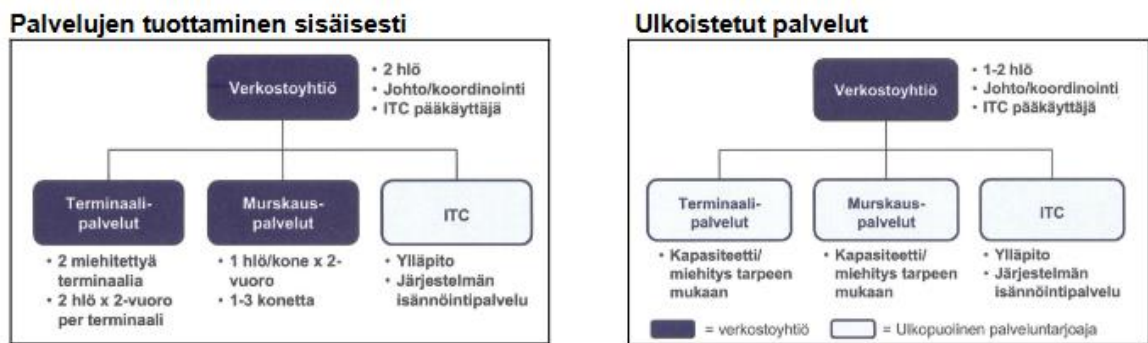
Yksinkertaisin liiketoimintamalli on biopolttolaitosyrittäjä, jonka omistaa yksi monialayritys, joka vastaa myös terminaalin toiminnasta. Tällöin yritys voi itse suoraan hankkia bioenergiaa toimittajilta, valmistaa sitä itse ja myös myydä sitä lähiseudun voimalaitoksille. Mahdollista on myös se, että kyseinen yritys omistaa myös oman lämpökeskuksen, josta myydään lämpö kunnan kaukolämpöverkkoon. Tällöin loogisin sijoituspaikka terminalille on myös yrityksen oman lämpövoimalan alue, jolloin vältytään lyhyiltä kuljetusmatkoilta terminalin ja oman polttolaitoksen välillä. Tämä liiketoimintamalli toimii parhaiten yhdestä terminalista koostuvassa toimitusketjussa tai. Tällaisessa liiketoimintamallissa on mahdollista myös oman terminalitoiminnan lisäksi kuljettaa haketta myös tien varressa olevilta välivarastoilta suoraan kuluttajille. (Impola R, Tiuhonen I 2011, 27)

Toinen vaihtoehto biopolttolaitosyrittäjän tai terminalien liiketoimintaa varten on yhteisomistuksessa oleva verkostoyhtiö, jonka omistajina voivat olla esimerkiksi kunta, metsänhoitoyhdistys, bioenergiayritys, lämpövoimala, ja niin edelleen. Tällöin verkostoyhtiö vastaa terminalin hallinnoinnista ja koordinoi sekä johtaa terminalin toimintaa. Tässä vaiheessa verkostoyhtiön toiminnassakin on kaksi vaihtoehtoa, joko verkostoyhtiö tuottaa itse palvelut sisäisesti, eli vastaa hakettamisesta, kuljetuksista, purusta, lastauksesta ja muista terminalin päivittäisistä toiminnoista. Tällainen liiketoimintamalli toimii myös hyvin yhdestä terminalista koostuvassa terminalimallissa. Toki lisänä voi olla myös alihankintana toteutettavia

terminaalien ulkopuolisia palveluja, kuten tienvarressa välivarastoidun puun hakettamista suoraan puhallinautoon ja sen jakelua asiakkaille. (Impola R, Tiihonen I 2011, 27)

Toinen vaihtoehto on se, että verkostoyhtiö ulkoistaa joko kaikki tai osan toiminnoista aliurakoitsijoille, jotka sitten vastaavat terminaalien päivittäisistä toiminnoista. Tällainen ratkaisu on luonteva varsinkin, jos terminaaleja on useita ja ne sijaitsevat eri paikkakunnilla, silloin paikalliset urakoijat voivat hoitaa suurimman osan terminaalien päivittäisestä toiminnasta ja verkostoyritys vastaa vain toiminnan organisoinnista. Tällaisen mallin toimintaan soveltuu myös erityisen hyvin tienvarsihaketusketjujen hallinta.

Molemmissa verkostoyhtiömallissa itse verkostoyhtiö on käytännössä vastuussa kaikesta toiminnasta asiakkaiden suuntaan ja samalla organisoii joko omaa tai aliurakoitsijoiden toimintaa. Ulkoistettujen palvelujen mallissa on myös se etu, että sen mukaan toimittaessa on usein halvempaa ja helpompaa myös käynnistää uusia terminaaleja, koska paikallisilla aliurakoitsijoilla on usein valmiiksi kalustoa ja sekä osaamista, että paikallistuntemusta. Kuvassa 16 on esitetty molempien verkostoyritysmallien toimintaa. (Impola R, Tiihonen I 2011, 27)

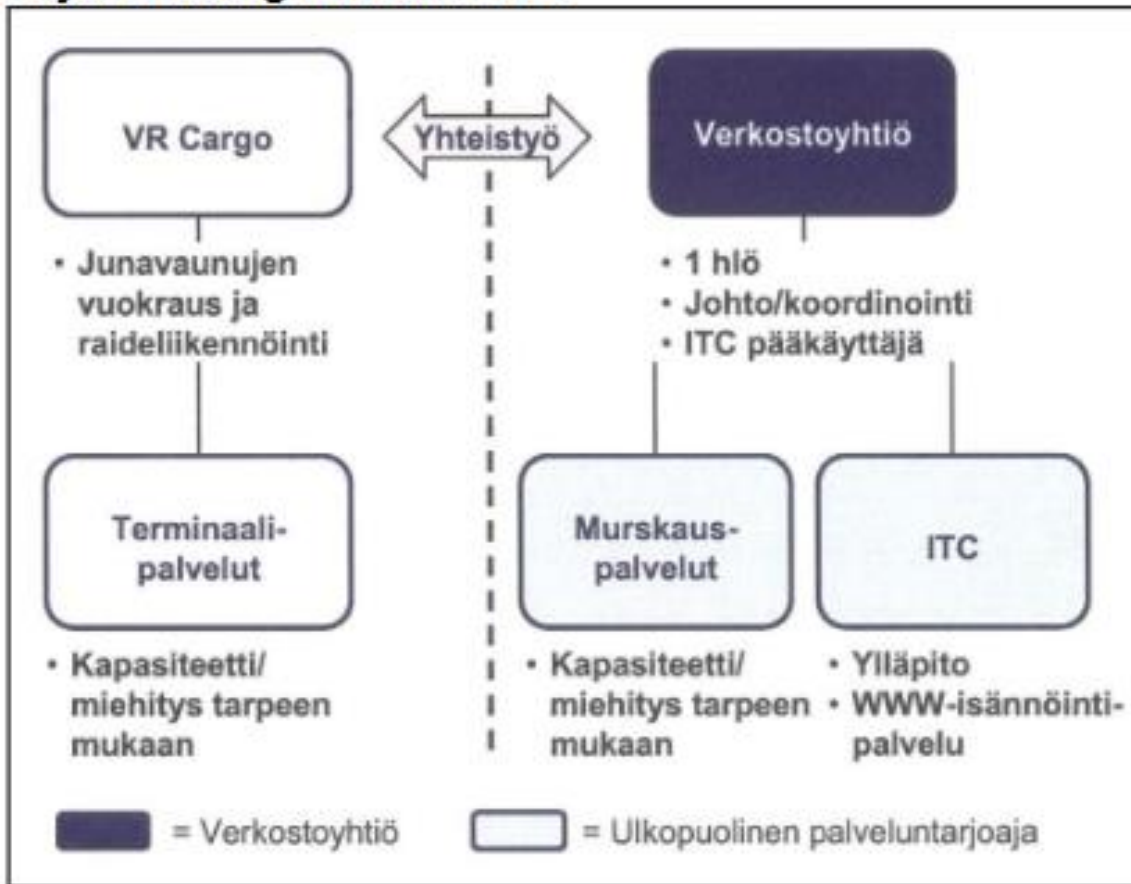


Kuva 16. Verkostoyritysten liiketoimintamallit (Impola R, Tiihonen I 2011, 28)

Terminaalitoiminnan mahdollisesti laajentuessa on myös mahdollisuus ottaa junakuljetukset käyttöön, tällöin käyttöön tulisi ottaa hajautettu organisaatiomalli, jossa terminaalipalvelut ja junakuljetukset hoitaa VR Cargo ja verkostoyhtiö vastaa bioenergian hankinnasta, hakeuksesta ja kuljetuksesta radanvarsiterminaliin ja sieltä pois. Tämän kaltainen liiketoiminta kuitenkin vaatii ympärivuotista toimintaa ja suuria volyymejä, jotta toiminta olisi

kannattavaa. Kuvassa 17 on esitetty hajautetun organisaatiomallin periaate. (Impola R, Tiihonen I 2011, 28)

### Hajautettu organisaatiomalli



Kuva 17. Hajautetun organisaatiomallin periaate.

## 5.2 Hakkeen jakelulogistiikan vaikutus hakelämmitysketjuun

Hakkeen jakelulogistiikalla ei ole suurta vaikutusta nykyiseen hakelämmitysketjuun, koska pääsääntöisesti toimitetaan suuria määriä haketta isommille toimijoille. Jos ja kun öljylämmitysjärjestelmiä aletaan korvaamaan hakekäyttöisillä lämmityskonteilla puhallinautojakelu alkaa näyttämään kyntensä ja tuottamaan lisää etuja verrattuna perinteisiin kuljetusmuotoihin. Tällöin puhallinautojakelu mahdollistaa hakkeen jakelun hiilijalanjäljen pienentämisen yhdistelemällä kuljetuksia ja sitä kautta pienentämällä fossiilisten polttoaineiden kulutusta.



Puhallinautojakelun toinen kiistaton etu on se, että purkaminen ei vaadi paljoa tilaa. Lisäksi hakkeen purkaminen puhallinautosta onnistuu putken tai jäykän letkun avulla haastavampiinkin paikkoihin, kuten siilon huipulle, tai vaikka vanhan rakennuksen hiilivarastoon, jota myös voitaisiin käyttää hakkeen säilytyspaikkana. Tällöin voidaan haketta jaella myös paikkoihin, joihin se ei nykyisillä järjestelmillä ole mahdollista.

Vaikka puhallinauton purkaminen on normaalia hakepurkua hitaampaa, niin silläkin on omat etunsa. Nimittäin kolmas merkittävä hyöty puhallinautojakelussa on se, että auton kuljettaja voi purkamisen aikana tehdä huoltotöitä miehittämättömissä lämpökeskuksissa. Tämä vähentää asiakkaiden henkilöstökuluja, kun ei tarvita erillistä huoltomiestä tekemään ajoittaisia huolto- ja tarkkailutoimenpiteitä.

## 6 KESKUSTELU TYÖN TULOKSISTA

Suomen energiantuotantoa ollaan muuttamassa hiilineutraaliksi nopealla aikavälillä, varsinkin polttoöljyn käyttö kiinteistöjen lämmittämiseen on tarkoitus lopettaa asteittain jo reilun kymmenen vuoden kuluttua. Tähän haasteeseen yksi vastaus on lämmityskontti, jossa voidaan polttaa joko puuhaketta tai pellettejä. Lämpökontti voidaan asentaa kiinteistössä jo olevan lämmitysjärjestelmän yhteyteen ja suurta remonttia ei tarvitse tehdä. Tällaisilla lämpökonteilla voidaan helposti muuntaa suuri osa öljylämmitteisistä kiinteistöistä käyttämään uusiutuvia polttoaineita.

Erilaisia hakkeen hankinta- ja toimitusmalleja on useita, ja niistä voidaan kulloinkin valittava toimivin. Käytäntö on osoittanut olemassa olevassa toiminnassa, että monimuotoisuus toiminnassa on merkittävä etu. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka käytettäisiin terminaalialuetta, niin sen lisäksi haketta kannattaa myös kuljettaa suoraan tienvarsivarastoista asiakkaalle. Ja taas päinvastoin, pelkästään tienvarsihaketusta on vaikea hyödyntää, koska se on sääolosuhteiden varassa toimivaa ja näin ollen terminaalitoiminta parantaa toimitusvarmuutta huomattavasti. Toimitusvarmuuden lisäksi terminaalitoiminta mahdollistaa hakkeen toimittamisen viikonloppuisin, koska tienvarsihaketusta tehdään hyvin harvoin viikonloppuisin. Lisäksi tienvarsihaketus on hieman halvempaa, joten sitä kannattaa kuitenkin mahdollisuuksien mukaan harrastaa, varsinkin jos toimitusmatkoja saadaan merkittävästi lyhennettyä.

Puhallinauton käytöstä ei vielä ole merkittävästi etua hakkeen jakelussa, koska suurin osa hakkeesta käytetään vielä paikoissa, joihin on helppo purkaa kuorma perinteisellä tavalla. Monien alueellisten lämpökeskusten tai maatilojen polttoainesiiilot voidaan täyttää joko suoraan tyhjentämällä hake lavalta siiloon, tai kumoamalla kuorma maahan ja siitä työkoneella siirtämällä polttoainesäiliöön. Jos hakkeen pienkäyttö lisääntyy tulevaisuudessa merkittävästi, niin myös puhallinauton edut tulevat paremmin esille. Puhallinautolla on esimerkiksi huomattavasti helpompi toimittaa pieniä määriä haketta ja siksi sillä on mahdollista toimittaa haketta yhdestä kuormasta useampaan käyttöpaikkaan. Tällä hetkellä hakkeen jakelulogiikalla ei ole suurta vaikutusta hakkeen käyttöön, suuri osa hakkeesta kulkee teollisessa mittakaavassa, jolloin puhallinautosta ei ole hitaan purkutahtinsa takia hyötyä.

Tienvarsihaketuksen kokonaiskustannukset ovat noin 6 €/MWh, kun vastaavasti yhden terminaalien tapauksessa ne ovat luokkaa 9 €/MWh. Yhden terminaalien sijaan useammasta terminaalista koostuva verkosto tulee kokonaiskustannuksiltaan halvemmaksi. Kahden terminaalien mallin kustannukset ovat luokkaa 8 €/MWh ja neljän terminaalien mallin kustannukset luokkaa 7 €/MWh. Käytännössä siis terminaalien määrän lisääntyminen ei nosta merkittävästi kokonaiskustannuksia, vaan lyhentyneiden kuljetusmatkojen takia kokonaiskustannukset jopa laskevat.

Tienvarsihaketus on pääsääntöisesti vähemmän joustava toimitustapa kuin terminaalista hakkeen toimittaminen, koska hakettamistilanteeseen täytyy aikatauluttaa kaksi eri toimijaa, hakkuri auto ja hakerekka. Toisaalta tienvarsihaketus vähentää kuluja, koska se poistaa yhden kuljetusvaiheen ja varastointitilan tarpeen. Tienvarsihaketuksilla päästään myös joissain tapauksissa lyhyempiin kuljetusmatkoihin, kuin terminaalimallissa, joskin aina näin ei ole. Varsinkin jos haketetaan ja kuljetetaan energiayhtiön ostamaa puutavaraa, voi se olla kauempana, kuin jos voitaisiin vain valita lähin tienvarsivarasto, josta puuta noudetaan.

Yhden terminaalien ketju on toimiva ratkaisu, jos toiminta on pientä ja sitä pyörittää yksi monitoimialainen yritys. Yhden terminaalien mallissa on tyypillistä, että terminaalialue sijoittuu jonkin muun jo yrityksellä olevan toiminnon oheen, siis samalle maa-alueelle. Käytännössä tämä toiminta on usein jonkinlainen lämpökeskus, saha, maatila tai vastaava paikka, jota käytetään toiminnassa muutenkin tukikohtana.

Useista terminaaleista koostuva verkosto vaatii suuremmat vuosittaiset tuotantomäärät, käytännössä useampia alueellisia lämpökeskuksia tai jopa kaupunkien CHP laitoksia. Toisaalta useita terminaaleja omistava yritys pystyy toimimaan huomattavasti laajemmalla alueella, ilman että toimitusmatkat kasvavat liian pitkiksi.

Erilaisista oheistoiminnoista lisäarvon hakeminen parantaa myös toiminnan tuottavuutta ja lisäksi joissain tapauksissa voidaan hyödyntää toisten toimijoiden sivuvirtoja ja luoda niille lisäarvoa. Esimerkiksi sahan vieressä toimiva haketerminaali voi hyvinkin laajentaa toimintaansa myös puupellettien valmistukseen, ja näin laajentaa asiakaspohjaansa ja tuloja.

Toisaalta turpeentuotantoalueella toimiva terminaali voi luoda lisäarvoa erilaisilla sekoitepolttoaineilla ja lämpölaitoksen yhteydessä toimiva terminaali omalla lämmöntuotannolla tai vastaavasti toimituksilla toisille toimijoille.

Erilaisia liiketoimintamallejakin on erilaisia, yritys, joka suorittaa haketuksen ja hakkeen toimituksen itsenäisesti asiakkaalle. Tällöin yritys joko hakettaa omaa tai ostamaansa metsää ja toimittaa sitä asiakkaille tai vaihtoehtoisesti suoraan asiakkaan ostamaa puutavaraa, jolloin yritys toimii vain hakettajana ja toimittajana. Tällainen yritys on yleensä pieni ja vastaa itse markkinoinnista ja kaikesta hallinnosta sekä asiakas yhteyksistä.

Verkostoyritys taas koostuu useista eri toimijoista, tyypillisesti omistajia voivat olla lämpötoimittajat, haketoimittajat, puunomistajat, kunta tai vaikkapa sahatteollisuus. Verkostoyrityksellä on käytännössä kolme mahdollista toimintatapaa. Joko verkostoyritys tuottaa kaikki palvelut itse ja vastaa kaikista toiminnoista omalla kalustolla, tai se ostaa palveluita alihankintajana pienemmiltä yrityksiltä, jotka usein ovat verkostoyrityksessä osakkaina. Kolmas tapa on näiden kahden ääripään välimuoto, eli tuotetaan osa palveluista itse ja ostetaan loput alihankintana.

Yleisesti ottaen verkostoyhtiömallisesti toteutettu ja alihankintana toimintaa pyörittävä liiketoimintamalli on toimivampi ratkaisu kuin verkostoyhtiö, joka tuottaa itse kaikki palvelut. Tähän on syynä se, että alihankintaketjua on selkeästi helpompi ja joustavampi laajentaa, kuin itse tuotettuja palveluja. Lisäksi päästään hyödyntämään paikallisten yrittäjien omaa olemassa olevaa kalustoa, joka vähentää yrityksen perustamiskuluja. Optimitilanteessa joko verkostoyritys tai sen osakkaat omistavat yhden tai useampia alueellisia lämpölaitoksia ja terminaali-toimintaa voidaan pyörittää näiden alueella. Vaihtoehtoisesti voidaan etsiä sahoja, turvetuotantoalueita tai muita paikkoja, joista voidaan saada lisäarvoa toiminnalle vaikkapa pellettien valmistuksen, sekoitepolttoaineiden tai muiden vastaavien toimintojen avulla.

Viimeisimpänä on hajautettu toimintamalli, jossa verkostoyritys toimii, kuten edellisissä tapauksissa, mutta ainakin osasta terminaali ja kuljetustoiminnoista vastaa jokin toinen yritys. Hyvä esimerkki tällaisesta toiminnasta on esimerkiksi se, että hakkeen kaukokuljetuksiin käytetään junia tai laivoja ja tällöin voidaan juna-aseman tai sataman yhteydessä olevan

terminaalin toiminta jättää junaoperaattorin tai satamaoperaattorin huoleksi. Tällöin siis verkostoyritys voi toimia muuten samalla tavalla kuin aiemmissakin vaihtoehdoissa, mutta se toimittaa haketta myös yhteistyökumppanin terminaaliin, josta haketta voidaan kuljettaa kauemmas käytettäväksi.

## 7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomen energiasektori on murrostilassa ja tulevaisuuden tavoitteet, niin turpeen kuin polttoöljyn ja muiden fossiilisten polttoaineiden käytön lopettamiseksi pakottaa energia-alan toimijat päivittämään toimintaansa. Yksi varteenotettava vaihtoehto kiinteistöjen öljylämmitykselle on hake tai pellettipolttoaineella toimiva lämpökontti. Lämpökontilla voidaan öljylämmitys helposti korvata suhteellisen pienillä kustannuksilla. Kontti vaatii vain kevyet perustukset, sähköliitännän ja kytkennän kiinteistön lämmitysjärjestelmään ja siten sillä voidaan suoraan korvata jo olemassa olevia öljylämmittimiä.

Yksittäistä parasta tapaa haketerminalin toiminnan järjestämiseen ei käytännössä ole. On monia vaihtoehtoja, mutta onneksi näistä suurin osa ei sulje toisiaan pois, vaan niitä voidaan hyödyntää samanaikaisesti. Moniterminalitoiminta yhdistettynä tienvarsihaketuksiin voi kattaa maantieteellisesti suuriakin alueita, ilman että kuljetusmatkat kasvavat kovin pitkiksi.

Useamman terminalin ja tienvarsihaketuksen toimintaa tukee myös se, että suuri osa suomen metsänomistajista on pienomistajia, joten metsänhoitoyhdistysten kanssa yhteistyössä suoritetut hankinnat tuottavat energiapuuta saataville pieniä määriä mutta mahdollisesti laajemmalle alueelle. Tällöin tienvarsihaketuksen toimitusmatkat voivat jäädä hyvinkin lyhyiksi. Toisaalta liian pienet puuerät, käytännössä alle rekallisen haketta tuottavat, kasvattavat hakkurin siirtokuluja ja samalla menetetään tienvarsihaketuksen etuja. Toisaalta metsänhoitoyhdistysten kautta metsien pienomistajat voivat myydä suurempia määriä kerralla ja saada paremman korvauksen, koska korjuu ja toimituskustannukset pienentyvät.

Hakeliiketoimintaa on jo hyvin kattavasti Etelä-Savon alueella, jossa toimii muutama yritys, joilla on useampia omia hakkureita ja kuljetuskalustoa hakkeen toimituksia varten. Osalla yrityksistä on myös oma lämpövoimala, josta toimitetaan lämpöenergiaa ympäristön käyttäjille. Käytännössä nykyinen liiketoiminta perustuu tienvarsihaketukseen, joka on riippuvainen sääolosuhteista, joten mahdollisesti useammasta terminalista koostuva verkostomalli olisi mahdollisesti parannus nykytilanteeseen ja hakkeen toimitusvarmuuteen.

Nykyiset yritykset voisivat olla osana verkostoyritystä, joka perustettaisiin koordinoimaan ja organisoimaan hakkeen toimituksia Etelä-Savon alueella. Tällaisella järjestelyllä saavutettaisiin koordinoitumpaa toimintaa ja mahdollisesti optimoituja kuljetusjärjestelyitä. Osalle varsinkin pienemmistä yrityksistä voisi olla jopa eduksi verkostoyrityksen hallinnointi järjestelmä, joka siirtäisi suuren osan asiakasrajapintatyöstä yrittäjältä verkostoyritykselle ja yrittäjä itse voisi keskittyä enemmän varsinaiseen liiketoimintaansa. Isommat hakkeyritykset eivät vastaavaa hyötyä niinkään saisi, mutta mahdollisesti kasvava puuhakkeen käyttö kasvattaisi kuitenkin heidänkin liiketoimintaansa.

Puhallinauto ei sinällään tuo nykytilanteeseen suurta muutosta. Tulevaisuudessa mahdollisuudet ovat kuitenkin selkeät, jos rakennusten lämmityksessä aletaan käyttämään hakkeella toimivia lämpökontteja. Tästä seuraisi hakkeen pientoimitusten lisääntyminen ja tällöin puhallinauton hyödyt tulevat paremmin esiin. Suurimpina etuina pienempien hakemäärien jakelu useaan paikkaan samasta kuormasta, mikä pienentää kuljetuskustannuksia ja se, että kuljettaja voi haketta purkaessaan tehdä tarvittavia huoltotöitä lämmityskontissa.

## LÄHTEET

Bioenergianeuvoja 2020. Hakkeen valmistus ja hankinta. [verkkoaineisto] [päivitetty 2020] [viitattu 30.11.2020] Saatavissa: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/hake-polttoaineena/>

Biofire 2020. [verkkoaineisto]. [päivitetty 2020] [viitattu 25.10.2020] Saatavissa: <https://www.biofire.fi/hakelampokontti/>

Föhr Jarno, Raghu KC, Karhunen Antti, Laihanen Mika, Ranta Tapio. 2019. An innovative Solution for Solid Biomass Delivery and Mobile Heat Containers to Replace Oil—Fires Heating. Mikkeli: Laboratory of Bioenergy, LUT University

Föhr Jarno, Raghu KC, Ranta Tapio, Miettinen Markku. 2020. Hydraulically Powered Wood Chip Blower in Test and Its Use Opportunity in Biofuel Supply Chain Mikkeli: Laboratory of Bioenergy, LUT University

Haastattelu Kotimaiset Energiat Oy 2020. Jyväskylä Suoritettu 11.3.2020

Impola Risto, Tiihonen Ismo. 2011. Biopolttoaineterminaalit Ohjeistus terminaalien perustamiselle ja käytölle. Jyväskylä: Vtt

Karhunen Antti, Laihanen Mika, Föhr Jarno, Ranta Tapio. 2019. Replacing Oil Based Heating by Domestic Biofuels Mikkeli: Laboratory of Bioenergy, LUT University

Karttunen Kalle, Föhr Jarno, Ranta Tapio. 2010. Energiapuuta Etelä-Savosta LUT University [verkkoaineisto] [päivitetty 12.03.2010] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-265-023-8>

Energiateollisuus 2018. Kaukolämpötilasto 2018. [verkkoaineisto] [viitattu: 15.11.2020] [päivitetty: 2019] Saatavissa: <https://energia.fi/files/3935/Kaukolampotilasto2018.pdf>



Kotimaiset Energiat [verkkoaineisto]. [päivitetty 2020] [viitattu 23.10.2020] Saatavissa: <http://www.kotimaisetenergiat.fi/>

LUT Bioenergy [verkkoaineisto] [päivitetty 2020] [viitattu 23.10.2020] Saatavissa: <https://www.lut.fi/web/en/lut-mikkeli/laboratory-of-bioenergy>

Lämpösi Oy [verkkoaineisto]. [päivitetty 2020] [viitattu 23.10.2020] Saatavissa: <https://lamposi.fi>

Metsäteho Oy 2016. Energiapuun kuljetuskaluston ja menopaluukuljetusten skenaariot. [verkkoaineisto] [päivitetty 10.3.2016] [viitattu 26.11.2020] Saatavissa: [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja\\_2016\\_02a\\_Energiapuun\\_kuljetuskaluston\\_ja\\_meno-paluukuljetusten\\_skenaariot.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2016_02a_Energiapuun_kuljetuskaluston_ja_meno-paluukuljetusten_skenaariot.pdf)

Metsäteho Oy 2015. Energiapuuvirtojen optimointi. [verkkoaineisto] [päivitetty 2/2015] [viitattu 26.11.2020] Saatavissa: [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja\\_2015\\_03\\_Bigger\\_vehicles\\_to\\_improve\\_forest\\_energy\\_transport\\_ak.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2015_03_Bigger_vehicles_to_improve_forest_energy_transport_ak.pdf)

Partaharjun Puutarha 2020. [verkkoaineisto] [päivitetty 2020] [viitattu 22.11.2020] Saatavissa: <https://www.partaharju.fi/>

Rinne, Samuli. 2010. Energiapuun haketuksen ja murskauksen kustannukset. Jyväskylä: LUT University

Romanet Sarl 2020. [verkkoaineisto]. [päivitetty 2020] [viitattu 27.10.2020] Saatavissa: <http://www.sarl-romanet.com/pages/nos-produits/souffleur-pour-pellets-benne-souffleuse-pour-bois-dechiquetes-de-romanet-sarl.html>

SFS 17225:2014. Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja -luokat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS.

SolarBiox 2020. [verkkoaineisto]. [päivitetty 2020] [viitattu 25.10.2020] Saatavissa: <https://www.solarbiox.fi/tuotteet/bioenergia/pellettihakekattilat-20-500>

Tanskanen Riikka 2017. Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana. [verkkojulkaisu] [viitattu 27.11.2020] [päivitetty 2017] Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/123007/URNISBN9789523440050.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tilastokeskus 2019. Asumisen energiankulutus 2018. [verkkojulkaisu] [viitattu: 15.11.2020] Saatavissa: [https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen\\_2018\\_2019-11-21\\_fi.pdf](https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_fi.pdf)

Tilastokeskus Rahanarvonmuunnin 2020. [verkkoaineisto] [päivitetty 2020] [käytetty 26.11.2020] Saatavissa: <http://tilastokeskus.fi/tup/laskurit/rahanarvonmuunnin.html>

Tilastokeskus 2020. Suomen hiilidioksidipäästöt 2019. [verkkoaineisto] [päivitetty 28.05.2020] [viitattu: 30.11.2020] Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/khki/2019/khki\\_2019\\_2020-05-28\\_kat\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/khki/2019/khki_2019_2020-05-28_kat_001_fi.html)

Tilastokeskus 2 2020. Rakennukset lämmitysaineen mukaan 1970–2019 [verkkodokumentti] [päivitetty 27.5.2020] [viitattu 1.12.2020] Saatavissa: [https://www.stat.fi/til/rakke/2019/rakke\\_2019\\_2020-05-27\\_tau\\_003\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/rakke/2019/rakke_2019_2020-05-27_tau_003_fi.html)

Valtioneuvosto 2020. Hallitusohjelma 3.1 Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. [verkkoaineisto] [päivitetty 2020] [viitattu 30.11.2020] Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>