

Hannamari Repo

# LASTULEVYJÄTTEEN HYÖTYKÄYTÖN MAHDOLLISUUDET

Opinnäytetyö  
Prosessiteknikan koulutusohjelma

2018



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Hannamari Repo	Insinööri (AMK)	Joulukuu 2018
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		36 sivua 1 liitesivua
Lastulevyjätteen hyötykäytön mahdollisuudet		
<b>Toimeksiantaja</b>		
<b>Ohjaaja</b>		
Ritva Käyhkö		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota yhteen ne lait, asetukset ja määräykset, jotka vaikuttavat puusepänteollisuuden lastulevyjätteen käsittelyyn ja hävittämiseen, sekä etsiä mahdollisia vaihtoehtoja polttamiselle. Lisäksi selvitettiin vastaavien toimijoiden toimintatapoja. Työ tehtiin toimeksiantona erikoiskalusteita valmistavalle yritykselle.</p> <p>Lastulevy on monikäyttöinen, sahateollisuuden sivutuotteesta valmistettu puulevy, joka voidaan pinnoittaa erilaisilla kalvoilla. Pinnoitteilla lisätään levyn kestävyyttä ja parannetaan sen luonnollisia ominaisuuksia. Pinnoitettuna sitä voidaan käyttää lukuisiin eri kohteisiin etenkin sisätiloissa. Materiaalina lastulevy on helposti työstettävissä, jonka vuoksi se on suosittu materiaali puusepänteollisuudessa.</p> <p>Lastulevyjätteen hävittämisestä säädetään ympäristö- ja jätelaissa. Työssä selvitettiin Itä-Suomessa toimivien puusepänteollisuuden yritysten tapoja hävittää omat lastulevyjätteensä. Tutkimus toteutettiin sähköpostikyselyllä, puhelimitse ja käymällä läpi Itä-Suomeen myönnettyjä ympäristölupia. Samalla tutkittiin myös haketus- ja murskausyritysten mahdollisuuksia ottaa jätettä vastaan ja toimittaa murskattuna energiapolttoon.</p> <p>Puusepänteollisuudesta syntyvä lastulevyjäte voidaan kierrättää, mutta käytännössä kierrätysvaihtoehdot eivät ole vielä toimivia. Kierrätysmateriaalin käsittely nostaa valmiin tuotteen hintaa sen verran, ettei se ole kilpailukykyinen neitseellisestä raaka-aineesta valmistetun tuotteen kanssa. Näin ollen jäte päätyy energiapolttoon. Puusepänteollisuuden lastulevyjätteet kuuluvat biopolttoaineisiin ja tämän vuoksi huomioitavaa on, että lastulevyjätteeseen ei sovelleta jätteenpolttoasetusta, mikäli se poltetaan seospolttoaineena vain biopolttoainetta käytävässä polttolaitoksessa. Lastulevyjätettä voidaan polttaa muun biopolttoaineen kanssa, yli 20 MW:n lämpölaitoksissa, kunhan tuotteesta on olemassa alkuperätodistus. Palaminen on yleensä hyvää, mutta laatua on valvottava. Levyssä olevat liimat aiheuttavat haasteita polttoon, mutta seospoltto tasoittaa palamisreaktioita.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
Lastulevy, puujäte, kierrätys, polttaminen		

<b>Author (authors)</b>	<b>Degree</b>	<b>Time</b>
Hannamari Repo	Bachelor of Engineering	December 2018
<b>Thesis title</b>		36 pages 1 appendix page
Recycling potential of chipboard waste		
<b>Commissioned by</b>		
<b>Supervisor</b>		
Ritva Käyhkö		
<b>Abstract</b>		
<p>The objective of this thesis was to summarize the laws, regulations and standards that affect the handling and disposal of chipboard waste from the carpentry industry and to look for possible alternatives for burning. The thesis was commissioned by carpentry company which operate in eastern Finland.</p> <p>The chipboard is a multipurpose wooden board made from sawmill by-products. Chipboard can be coated with different films. The coatings increase the durability of the board and enhance its natural properties. Coated chipboard can be used for multiple purposes, especially indoors, and is therefore a very popular material in the carpentry industry.</p> <p>Chipboard waste from the carpentry industry can be recycled. The industry does not recycle chipboard waste to make new products because using recycled materials raises the price of the finished product so that can't compete with a product made of virgin raw material. Thus, waste goes to energy production, and the fact is that at the moment the waste incineration regulation does not apply to chipboard waste. Chipboard waste can be burned with other biofuels in heating plants of more than 20 MW, as long as the product has a certificate of origin. However, the quality of the burning must be monitored. Adhesives on the board pose challenges on the burning process, but combined burning smoothen the combustion reactions.</p>		
<b>Keywords</b>		
Chipboard, chipboard waste, recycling, burning		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	OPINNÄYTEYTYÖN TOIMEKSIANTAJA .....	7
3	PUUSEPÄNTEOLLISUUDEN LEVYT .....	7
3.1	Lastulevy .....	7
3.2	Lastulevyjen pinnoitteet .....	9
4	PUUSEPÄNTEOLLISUUDEN LASTULEVYJÄTTEITÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT .....	11
4.1	Suomen jätepolitiikka .....	11
4.2	Energiantuotanto Suomessa .....	12
4.3	Ympäristönsuojelulaki (527/2014).....	13
4.4	Jätelaki (646/2011) .....	13
4.5	EU:n jätedirektiivi (2008/98/EY).....	14
4.6	EU:n jätteenpolttodirektiivi (2000/76/EY) ja valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (151/2013).....	14
4.7	Standardit .....	15
4.8	Jätteeksi luokittelun päättyminen (EoW).....	16
5	HUONEKALUTEOLLISUUDEN LASTULEVYÄHTEET .....	16
5.1	Lastulevyjätteen kierrättämisen vaihtoehdot.....	16
5.1.1	Uusiokäyttö lastulevyksi.....	18
5.1.2	Puumuovikomposiitti .....	18
5.1.3	Puukivi .....	19
5.1.4	Bioetanoli .....	20
5.1.5	Kuidutus.....	20
5.1.6	Bioöljy .....	21
5.1.7	Biohiilipelletti .....	22
5.2	Lastulevyjätteen hävittäminen polttamalla .....	23
5.2.1	Kemiallisesti käsitellyn puun ominaisuuksien vaikutus polttoon.....	24
5.2.2	Kemiallisesti käsitellyn puun hyödyntäminen polttolaitoksissa .....	25

6	LASTULEVYJÄTTEEN KIERRÄTYSMAHDOLLISUUDET ITÄ-SUOMESSA.....	27
6.1	Toimeksiantajalle käyttökelpoiset kierrätysmenetelmät .....	27
6.2	Työn toimeksiantajalla syntyvän lastulevyjätteen polttamiseen soveltuvat laitokset Itä-Suomessa .....	28
6.3	Lastulevyä käyttävien yritysten vaihtoehdot.....	29
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	30
	LÄHTEET.....	32

## LIITTEET

Liite 1. Kaavio luokkien A, B ja C todentamisjärjestyksestä.

## 1 JOHDANTO

Tarve tälle opinnäytetyölle syntyi Itä-Suomalaisen puusepäntehtaan tuotannon kasvun myötä. Yrityksen tuotannon kasvu on lisännyt myös tuotannossa syntyvän pinnoitetun lastulevyjätteen määrää yrityksessä. Jättemäärän kasvun takia jätteen hävittämisen kustannukset ovat kasvaneet ja siksi hävittämislle haluttiin hakea vaihtoehtoja.

Opinnäytetyössä on selvitetty lastulevyn ominaisuuksia ja niiden vaikutusta levyjätteen polttoon. Lisäksi haluttiin selvittää lastulevyn hävittämiseen liittyviä lakeja ja asetuksia, sekä koota niitä yhteen. Suomen ympäristöpoliittisten linjausten vuoksi jäte täytyy ensisijaisesti pyrkiä kierrättämään polttamisen sijasta. Sen vuoksi tässä opinnäytetyössä on tutkittu myös erilaisia hyötykäytön vaihtoehtoja polttamiselle.

Työn pääpaino oli kirjallisuuslähteiden, kuten lainsäädännön ja tutkimusraporttien, sisältämän tiedon kokoamisessa. Lisäksi tutkimukseen sisällytettiin lyhyt kysely lastulevyä tai vaneria tuotannossaan käyttäville lähialueen yrityksille. Myös yritysten ympäristöluvut käytiin läpi ja niistä kerättiin kemiallisesti käsitellyn puun hävittämiseen liittyvää tietoa. Kyselyllä haluttiin selvittää muiden toimijoiden menettelytapoja kemiallisesti käsitellyn puujätteen hävittämisessä.

Lastulevyjäte on kemiallisesti käsiteltyä puuta, joka voidaan polttaa seospolttoaineena esimerkiksi turpeen tai hakkeen seassa. Sillä on erinomainen lämpöarvo, ja raaka-aineena se on esimerkiksi hakkeeseen verrattuna huomattavan kuivaa. Sen kemialliset ominaisuudet kuitenkin vaikuttavat niin polttoon kuin polttokattilalta vaadittaviin ominaisuuksiin. Jätepuun luokittelun vuoksi lastulevyjätettä voidaan polttaa myös ainoastaan biopolttoaineita käyttävässä polttolaitoksessa seospolttoaineena, mutta se vaatii erillisen maininnan polttolaitoksen ympäristölupaun. (VTT 2014.) Lastulevyille on olemassa kierrätysvaihtoehtoja, mutta usean vaihtoehdon ongelma on huono kannattavuus. Lisäksi lainsäädäntö, asetukset, sekä EU-direktiivit ja erilaiset standardit vaikuttavat vahvasti lastulevyjätteen hävittämiseen.

## 2 OPINNÄYTEITYÖN TOIMEKSIANTAJA

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Itä-Suomessa toimiva puusepäntehtas. Yritys on toiminut noin 15 vuotta. Yritys valmistaa mittatilaustyönä kalusteita erilaisiin rakennusteollisuuden tarpeisiin, kuten saneeraus- ja uudisrakennuskohteisiin. (Teittinen 2018.)

Yritys käyttää vuosittain noin 1200 m<sup>3</sup> pinnoitettua kalustelevyä. Levyt ovat pääosin laminaattipinnoitettua lastulevyä. Lisäksi käytössä on lastulevy pohjaisia melamiinilevyjä sekä kovalevyä. (Teittinen, 2018.)

Yrityksen toiminnasta syntyy vuosittain noin 60–70 tonnia puusepänteollisuuden lastulevyjätteenä luokiteltavaa, pinnoitettua lastulevyä. Kuukausitasolla määrä on kuudesta kahdeksaan tonniin. Nykyisen toimintamallin korvaajaksi haetaan kustannustehokkaampaa toimintatapaa. (Teittinen, 2018.)

## 3 PUUSEPÄNTEOLLISUUDEN LEVYT

### 3.1 Lastulevy

Lastulevyt valmistetaan puulastuista ja liimasta puristamalla ne korkeassa lämpötilassa ja paineessa. Pintakerroksen lastut ovat ohuempia kuin keskikerroksen lastut, joten lastulevyn pinta on tiiviimpi ja tiheämpi kuin keskusta. Lastulevyissä voidaan käyttää lähes kaikkia puulajeja, mutta Suomessa lastulevyjen tyypillinen pääraaka-aine on mekaanisen metsäteollisuuden sivutuote, kuten sahajauho. Raaka-aineena voidaan käyttää myös muita pienikokoisia jakeita, jotka eivät sovellu esim. selluhakkeeksi. (Koponen 2016, 89.)

Tärkein sideaine lastulevyissä, etenkin sisäkäyttöön tarkoitetuissa vakiolevyissä, on ureahartsipohjainen liima. Pääasiassa levyissä käytetään ureaformaldehydiliimaa, joka ei kestä kosteutta ja soveltuu vain kuviin sisätiloihin. Liiman kokonaismäärä lastulevyssä on alle 10 %, joka jakaantuen niin, että keskiosissa, suuremmassa lastukoossa määrä on 7 – 9 % ja pintalastuilla 10 – 12 %. Levyihin tarvittava hartsimäärä määräytyy liimattavien lastujen muodosta ja koosta sekä lastujen ja valmiin levyn laadusta. (Koponen 2016, 8.)

Lastulevyjä koskee M1-materiaaliluokitus, joka määrittää sisätiloihin tarkoitettujen rakennusmateriaalien päästöjen raja-arvot ja niiden luokituksen. Luokituksen on tarkoitus parantaa sisäilman laatua, sekä edistää vähäpäästöisten rakennusmateriaalien käyttöä ja kehitystyötä. (Rakennustietosäätiö 2018.)

Erilaiset lastulevyt eroavat lähinnä liimatyyppin ja tiheyden mukaan. Nämä ominaisuudet määrittävät soveltuvatko lastulevyt sisäkäyttöön vai kosteisiin tiloihin. Lastulevyn valmistustavan mukaan levyt jaotellaan laaka- ja suulakepuristettuihin levyihin. Näistä laakapuristetut levyt jaotellaan lastukerrostien perusteella tasa- ja muuttuvajakeisiin levyihin. Lisäksi erotellaan tasaisesti sirotellut ja suuntaissirotellut levyt lastujen suunnan mukaan. (Koponen 2016, 87.)

Lastulevy on ominaisuuksiltaan verrattavissa puuhun tai puulevyyn, mutta lastulevyn valmistustavasta johtuen sillä on rakenteellisia etuja. Lastulevyn eläminen tason suunnassa on erittäin vähäistä ja sen lujuus pysyy samana tason erisuunnissa, koska sillä ei ole varsinaista syysuuntaa. (Rakennustietosäätiö 2007.)

Euroopan unioni on laatinut lastulevyille yhteisen yleiseurooppalaisen standardin SFS-EN 312. Standardissa lastulevyt luokitellaan seitsemään eri luokkaan. Taulukossa 1 on esitetty lastulevyjen standardin mukainen luokittelu (Rakennustietosäätiö 2007.)

Taulukko 1. Lastulevyjen, Standardin SFS-EN 312 mukainen luokittelu (Rakennustietosäätiö 2013).

Luokka	Käyttökohde	Käyttöluokka
P1	Rakennuslevyt sisäkäyttöön	1
P2	Kalustelevyt sisäkäyttöön	1
P3	Ei-kantava käyttö, vakiolastulevyä paremmin kosteutta kestävä levy	2
P4	Kuormitusta kestävät levyt sisäkäyttöön	1
P5	Kuormitusta kestävä käyttö, vakiolastulevyä paremmin kosteutta kestävä levy	2
P6	Raskasta kuormitusta kestävät lattialevyt sisäkäyttöön	1
P7	Raskasta kuormitusta kestävä käyttö, vakiolastulevyä paremmin kosteutta kestävä levy.	2



Lastulevyn tiheys vaihtelee välillä 650–750 kg/m<sup>3</sup>. Näin se on selkeästi painavampaa kuin havupuutuotteet, ollen tiheyden suhteen samaa luokkaa kuin koivuvaneri. Männyn tiheys on 370–550 kg/m<sup>3</sup>, kuusen 300–470 kg/m<sup>3</sup>, havuvanerin noin 460–520 kg/m<sup>3</sup>, sekavanerin noin 620 kg/m<sup>3</sup> ja koivuvaneri noin 680 kg/m<sup>3</sup>. (ProPuu 2015.)

### 3.2 Lastulevyjen pinnoitteet

Pinnoitettua lastulevyä käytetään yleensä rakennuspuusepänteollisuudessa ja huonekaluteollisuudessa. Lastulevyn pinnoittamisella pyritään lisäämään lastulevytuotteiden käyttömahdollisuuksia ja parantamaan tuotteiden ominaisuuksia. Lastulevyjen pinnoittamiseen käytetään käyttökohteesta riippuen silotteita, maalausta, maalausohjakkalvoa, melamiinimuovikalvoa, muovilaminaattia, PVC-kalvoa tai puuviiluja. (Saario 2006.)

Lastulevyn pinnoitustarve johtuu puun biologisista ominaisuuksista. Paljas puupinta on altis kulutukselle ja likaantumiselle, sekä erilaisten mikro-organismien aiheuttamille vaurioille, etenkin jos levyjä käytetään tai säilytetään kosteissa tiloissa tai sääolojen vaikutuksen alaisena. (Koponen 2016, 148.)

Lastulevyjen pinnoitteilla halutaan ensisijaisesti lisätä levyn kestävyyttä, mutta sillä voidaan myös tuoda levyyn esteettisiä ominaisuuksia. Pinnoituksella saadaan myös huomattavasti parannettua levyn kestävyyttä säätä ja mikro-organismeja vastaan, mikä lisää levyjen käyttömahdollisuuksia. (Koponen 2016, 148.)

Levyteollisuuden pinnoitteet voidaan jaotella levityshetken olomuodon mukaan levityshetkellä nestemäisiin ja kiinteisiin pinnoitteisiin. Pinnoitteiden tulee kestää puun luonnollinen eläminen, mutta oltava silti riittävän lujia suojatakseen levyä käytössä. (Koponen 2016, 150.)

Lastulevyn pinnalla on ratkaiseva merkitys pinnoittamisen onnistumiseen. Tämän vuoksi valmiit levyt tulee hioa ennen pinnoitusta. Pinnan karkeus vaikuttaa esimerkiksi levyn kiiltoon sekä kulutuksen- ja naarmutuksenkestävyyteen. (Koponen 2016, 150.)

## **Lastulevyjen liimautuvat pinnoitteet**

Puusepänteollisuus käyttää lastulevyissä erilaisia kalvoja. Ne voidaan jaotella sideaineen perusteella liimautuviin ja liimattaviin kalvopinnoitteisiin. Liimattavat kalvot on yleensä valmistettu kestumuvista ja liimautuvat kertamuvista. (Koponen 2016, 156.)

Yleisimpiä pinnoitteita ovat kestumuvia sisältävät pinnoitteet, mutta lisäksi käytetään jonkin verran kertamuveja sisältäviä kalvoja. Kertamuoville on tyyppillistä sen palautumattomuus ja erittäin hyvä kestävyys. Se kovettuu kemiallisten reaktioiden avulla. Kertamuovit ovat yleensä fenoliformaldehydihartsia, melamiiniformaldehydihartsia ja ureaformaldehydihartsia (Koponen 2016, 156). Kertamuovipinnoitteista, jotka tarttuvat lastulevyn pintaan yli 100 °C lämpötilassa ja korotetussa paineessa, tavallisimpia ovat kertamuovilla impregnoidut paperit. (Saario 2006) Niissä puristetaan yhteen useita kerroksia kyllästettyä paperia, jolloin saadaan aikaan luja, kestävä ja hygieeninen pintamateriaali. Tällaiset laminaatit soveltuvat sekä vaaka- että pystypinnoille ja niitä voidaan muotoilla kuumentamalla. (Formica Group 2015.)

Lastulevyä pinnoitetaan ohuilla melamiinikalvoilla ja laminaateilla. Etenkin erilaisten sisusteiden, kalusteiden ja huonekalujen valmistuksessa kalvojen ja laminaattien käyttö on huomattavasti lisääntynyt ja tämä on avannut uusia käyttökohteita lastulevyille. (Koponen 2016, 156.)

Puulevyjen pinnoittamiseen erilaisia loppukäyttökohteita varten on kehitetty erilaisia kuumakovettuvia kalvoja, joista yleisin on hartsilla imeytetty paperi. Paperit voivat olla yksi- tai monivärisiä, ja niihin voidaan painaa kuvio. (Koponen 2016, 156.)

## **Lastulevyjen liimattavat ja nestemäiset pinnoitteet**

Pinnoitteista yleisimpiä ovat kestumuvia sisältävät pinnoitteet. Ne ovat pääsääntöisesti levyn pintaan liimattavia kalvoja, jotka asettavat levyille erilaiset vaatimukset kuin liimautuvat kalvot. Yleisimpiä pinnoitteita ovat viilu, polyvi-

nyylikloridikalvo, lasikuitu ja metallipinnoitteet, liimaamalla kiinnittyvä, melamiinihartsilla kyllästetty paperi ja polyesterillä kyllästetty paperi. (Koponen 2016, 163.)

Kestomuovien ominaisuuksiin kuuluu sen pehmeneminen muovailtavaksi yli 90 asteen lämpötilassa. Jäähdyessään kestumuovin ominaisuudet palautuvat. Yleisin käytössä oleva kestumuovi on PVC. (Koponen 2016, 156.)

PVC:n käyttö puulevyjen pinnoituksessa on antanut levyn kuvioinnille lähes rajattomat mahdollisuudet ja sen suosio onkin lisännyt käyttökohteiden määrää. Kalvojen lisäksi viilutus on lisännyt huonompilaatuisten levyjen käyttömahdollisuuksia, kun pinnoitus tapahtuu korkealuokkaisella viilulla. (Koponen 2016, 163.)

Lastulevyt voidaan myös maalata. Maalattavan pinnan käsittely määräytyy sen mukaan, mikä on valmiin tuotteen käyttökohde ja pinnoitteelta vaadittava kestävyys. Sisätiloissa maalaus tehdään lähinnä värikyyden lisäämiseksi ja likaantumisen estämiseksi. Samalla saadaan aikaan paremmin kulutusta, vettä ja kemikaaleja kestävä levyt. (Koponen 2016, 155.)

## **4 PUUSEPÄNTEOLLISUUDEN LASTULEVYJÄTTEITÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT**

### **4.1 Suomen jätepolitiikka**

Valtioneuvosto on hyväksynyt strategisen suunnitelman, joka ohjaa Suomea kohti kiertotaloutta. Ohjeistuksella pyritään ehkäisemään jätteen syntyä ja kuvaamaan konkreettiset toimenpiteet vuoteen 2023 saakka. Jättesuunnitelman neljä painopistealuetta ovat biohajoava jäte, rakentamisen jäte, sähkö- ja elektroniikkajäte sekä yhdyskuntajäte. (Ympäristöministeriö 2018.)

Jätelaki koskee kaikkea jätettä, lukuun ottamatta joitain erityisjätteitä. Lainsäädäntö pohjautuu EU:n jätelakiin. Suomalainen lainsäädäntö on kuitenkin paikoin tiukempi ja laaja-alaisempi. Jätelaki sekä alan keskeiset asetukset on uudistettu vuosien 2011–2016 aikana. (Ympäristöministeriö 2018.)

Pääperiaatteet ovat jätteiden tuottamisen ja haitallisuuden ehkäisemisessä. Jätehuoltoa ohjaa etusijajärjestys, joka on esitetty kaaviossa 1 ja jossa todetaan:

- *”Ensisijaisesti on pyrittävä välttämään jätteen syntymistä.*
- *”Jos jätettä syntyy, se on valmisteltava uudelleenkäyttöä varten tai uudelleenkäytettävä.*
- *”Ellei uudelleenkäyttö ole mahdollista, jäte on hyödynnettävä ensisijaisesti aineena (kierrätettävä) ja toissijaisesti energiana.*
- *”Kaatopaikoille jäte voidaan sijoittaa vain, jos sen hyödyntäminen ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista.”* (Ympäristöministeriö 2015)

Tästä järjestyksestä tulisi poiketa vain, jos voidaan osoittaa, että jokin muu keino on ympäristön kannalta järkevämpää. Jätehuoltovaihtoehtoa valittaessa täytyy huomioida jätteen ympäristönsuojelu- ja elinkaarivaikutukset, sekä jätehuollon tekniset ja taloudelliset edellytykset. (Ympäristöministeriö 2018.)



Kuva 1. Valtioneuvoston hyväksymän valtakunnallisen jätesuunnitelman viisiportainen etusijajärjestys (ELY-keskus 2016.)

## 4.2 Energiantuotanto Suomessa

Suomalaista energiantuotantoa ohjaa pitkälti ilmastonmuutos ja sen aiheuttama paine fossiilisten energialähteiden vaihtamisesta uusiutuviin raaka-aineisiin. EU on säätänyt jokaiselle jäsenmaalleen uusiutuvan energian lisäämistarpeen vuoteen 2020 mennessä, jonka Suomi on jo omalta osaltaan täyttänyt. (Energiateollisuus.)

Suomessa uusiutuvien energianlähteiden käyttö sähköntuotannossa vuonna 2016 oli 45 % kaikesta käytetystä polttoaineesta. Kaukolämmön tuotanto on ollut kasvussa, ja vuodesta 2015 vuoteen 2016 kasvua on ollut lähes 10 %.

Tuotannossa biopolttoaineiden ja uusiutuvan puun osuus vuonna 2015 oli lähes 57 %. (Suomen virallinen tilasto 2017.)

### **4.3 Ympäristönsuojelulaki (527/2014)**

Ympäristönsuojelulaki (527/2014) on ympäristön pilaantumista ehkäisevä laki. Lain tavoite on estää ympäristön pilaantumista vähentämällä ja poistamalla pilaantumista aiheuttavia haittoja. Lain tarkoitus on myös turvata monimuotoinen, viihtyisä ja terveellinen ympäristö. (Ympäristönsuojelulaki 1.9.2014/527.)

Ympäristölaki määrittää myös jätteistä ja niiden hävittämisestä. Lailla pyritään ehkäisemään ja estämään jätteistä syntyvää ympäristön pilaantumista, sekä tehostamaan ympäristölle riskialttiin toiminnan arviointia. Ympäristönsuojelulaki koskee toimintaa, jossa syntyy tai voi syntyä riski ympäristön pilaantumiselle, tai jos toiminnan vuoksi syntyy jätettä tai käsitellään jätettä. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014.)

### **4.4 Jätelaki (646/2011)**

Nykyinen jätelaki on tullut voimaan 1.5.2012. Jätelaki on pyritty saamaan yhdenmukaiseksi EU- lainsäädännön, sekä ympäristö- ja jätepolitiikan painotusten kanssa. Jätelakia (646/2011) tukevat jäteasetukset sekä valtioneuvoston asetukset. Jätelain tarkoituksena on ehkäistä jätteestä syntyvää haittaa terveydelle ja ympäristölle. Tavoitteena on myös vähentää syntyvän jätteen määrää edistämällä jätteen hyötykäyttöä. Laki koskee ensisijaisesti jätettä ja jätehuoltoa sekä roskaantumista, mutta myös niitä tuotteita ja toimintaa, joiden tuotannosta tai toiminnasta syntyy jätettä. (Jätelaki 1.5.2011/646.)

Jätelaki pyrkii siihen, että syntynyt jäte hyödynnetään ensisijaisesti aineena ja vasta toissijaisesti energiana. Tämän vuoksi mm. puujäte tulisi pyrkiä ensisijaisesti hyödyntämään kierrättämällä ja vasta sen jälkeen käyttää energianlähteenä polttolaitoksessa. Kaatopaikoille jäte tulisi sijoittaa vain niissä tilanteissa, joissa sen muunlainen hävittäminen on taloudellisesti tai teknisesti mahdotonta. Jätteen tuottajan tai haltijan on tiedettävä jätteen laji ja laatu, sen alkuperä ja määrä sekä jätehuollolle merkitykselliset tiedot jätteen ympäristö- ja terveysvaikutuksista. (Jätelaki 2011/646.)

Jätelaki (5.2 §) määrittää tuotannosta syntyvän, käsittelemättömän puuaineksen sivutuotteeksi, mikäli se vastaa luonnosta peräisin olevaa puuta, koostuu ainoastaan puusta, sen jatkokäyttö on varmaa, eikä se sisällä epäpuhtauksia. Teollisuudessa syntynyt puumateriaalijäännös, joka on käsitelty, kuten lastulevyt, vaneri ja työstöjätteet, ovat kuitenkin aina jätelain mukaisesti jätettä. (Ympäristöministeriö 2014.)

#### **4.5 EU:n jätedirektiivi (2008/98/EY)**

Suomen jätelaki (646/2011) pohjautuu pitkälti EU: jätedirektiiviin. Jätedirektiivin tarkoitus on yhdenmukaistaa jätesäädöksiä EU:n alueella edistämällä jätteen uudelleen käyttöä ja kierrätystä sekä ehkäisemällä sen syntyä.

Jätteen kierrätys on määritelty jätedirektiivissä

*Hyödyntämistoimeksi, jossa jätemateriaalit käsitellään tuotteiksi, materiaaleiksi tai aineiksi joko alkuperäiseen tarkoitukseen tai muihin tarkoituksiin. Siihen sisältyy eloperäisen aineksen uudelleen käsittely, mutta ei energian hyödyntäminen eikä uudelleenkäsittely materiaaleiksi, joita käytetään polttoaineena tai maankäyttötoimiin. (2008/98/EY.)*

Jätedirektiivi tavoittelee vaarattomaksi luokitellun rakennus- ja purkujätteen kierrätysasteeksi 70% vuoteen 2020 mennessä, joten jatkossa tullaan entistä enemmän kiinnittämään huomiota tuotteen kierrättämiseen ja hyötykäyttöön energiantuotannon sijasta (200/98/EY).

Euroopan parlamentti ja neuvosto ovat antaneet kesäkuussa 2018 direktiivin 2018/851, joka koskee direktiivin 2008/98/EY muuttamista. Suomen osalta direktiivin muutos lisää kierrätystoimien tehostamisen tarvetta. Keskeisenä tavoitteena on edelleen lisätä kiertotaloutta ja vähentää kaatopaikoille sekä polttoon päätyvän jätteen määrää. (Ympäristöministeriö 2017.)

#### **4.6 EU:n jätteenpolttodirektiivi (2000/76/EY) ja valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (151/2013)**

EU:n jätteenpolttodirektiivi koskettaa niitä laitoksia, joissa poltetaan jätelain (646/2011) määrittämää jätettä. Jäte voi olla kiinteää tai nestemäistä. Myös rinnakkaispolttolaitokset, joissa jätettä poltetaan varsinaisen polttoaineen li-

sänä kuuluvat tämän direktiivin piiriin. Sen tärkein tavoite on ehkäistä ja rajoittaa jätteiden polttamisesta syntyviä päästöjä ja haittaa ympäristölle. (Valtioneuvoston asetus 151/2013.)

Jätteenpolttodirektiivi velvoittaa polttolaitokset valvomaan päästöjä ja siinä on asetettu tiukat päästörajoitukset mm. lyijylle (Pb) ja elohopealle (Hg). Rinnakkaispolttolaitoksessa voidaan soveltaa päästöjen sekoitussääntöä, jossa päästöraja määräytyy painotettuna varsinaisen polttoaineen kaasumäärillä. Jätteenpolttodirektiivin vaatimukset toteutetaan Suomessa valtioneuvoston antaman jätteenpoltoasetuksen avulla. (Valtioneuvoston asetus 151/2013.)

Jätteenpolttodirektiivin ulkopuolelle jää muutamia erikseen määritettyjä polttoaineita. Poikkeukset liittyvät kasviperäisiin polttoaineisiin ja niitä ainoastaan energiantuotantoon käyttäviin laitoksiin. Direktiiviä ei myöskään sovelleta puhtaasti puujätteen polttamiseen, mikäli jäte ei sisällä raskasmetalleja tai halogenoituja orgaanisia yhdisteitä. (Valtioneuvoston asetus 151/2013.)

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta varmistaa, että EU:n jätteenpolttodirektiivin vaatimukset täyttyvät. Jätteenpoltoasetus ohjaa poltto- ja rinnakkaispolttolaitoksien jätteen käsittelyä ja hyödyntämistä niin että ympäristölle koitua haitta jäisi mahdollisimman pieneksi. Samalla pyritään varmistamaan, ettei maaperään tai pinta- ja pohjavesiin aiheudu pilaantumisriskiä. Asetus määrittää myös rajoitukset polttolaitosten haju-, melu- ja terveyshaitoille. (Valtioneuvoston asetus 151/2013.)

Jätteenpoltoasetusta ei kuitenkaan sovelleta niihin polttolaitoksiin, joissa energianlähteenä käytetään ainoastaan biomassaa tai puhtaaksi luokiteltua (A ja B luokat, VTT:n luokittelu) puuta. (Valtioneuvoston asetus 151/2013.)

#### **4.7 Standardit**

Kiinteät biopolttoaineet luokitellaan standardin SFS-EN ISO 17225-1 mukaan. Standardi sisältää biopolttoaineiden luokat ja laatuvaatimukset. Tavoitteena on luoda standardin avulla kiinteille biopolttoaineille selkeät ja yksiselitteiset luokat ja helpottaa näin kaupankäyntiä. (SFS-EN ISO 17225-1)

Standardi SFS-EN-15234-1 varmistaa kiinteiden biopolttoaineiden laadun. Standardi määrittää laatuvaatimukset ja menettelytavat laadunvarmistukseksi, jotta biopolttoaineet täyttävät määritetyt vaatimukset. (SFS-EN-15234-1)

#### **4.8 Jätteen luokittelun päättymisen (EoW)**

Euroopan komissio on määrittänyt EoW- kriteerit eräille jätteille. EoW-käsittelyn päätteeksi materiaalit eivät ole enää jätettä, mikäli ne täyttävät eri materiaaleille annetut ehdot. (Ympäristöministeriö 2018.)

EU:n jätteenpolttodirektiivissä sanotaan EoW-kriteereistä seuraavaa:

*”Milloin tietty jäte lakkaa olemasta jätettä, määrittelemällä sellaisia jätteen luokittelun päättymistä koskevia perusteita, joilla saavutetaan ympäristönsuojelun korkea taso sekä ympäristöä koskeva ja taloudellinen hyöty.” (2008/98/EY.)*

Direktiivissä on myös huomioitu, että jäteluokkia, joiden kohdalla EoW-käsittely on mahdollinen, tulisi tarkastella ja perusteita kehittää. Tulevaisuudessa EoW-käsittelyn piiriin on tarkoitus saada ainakin tuhkia ja kuonia, romumetalli ja renkaat, sekä rakennus- ja purkujäte. Direktiivin mukaan hyödyntämismiksi voisivat riittää jätteen tarkastaminen siltä osin, että voidaan todeta sen täyttävän luokittelun päättymistä vaativat perusteet. (2008/98/EY.)

## **5 HUONEKALUTEOLLISUUDEN LASTULEVYTÄHTEET**

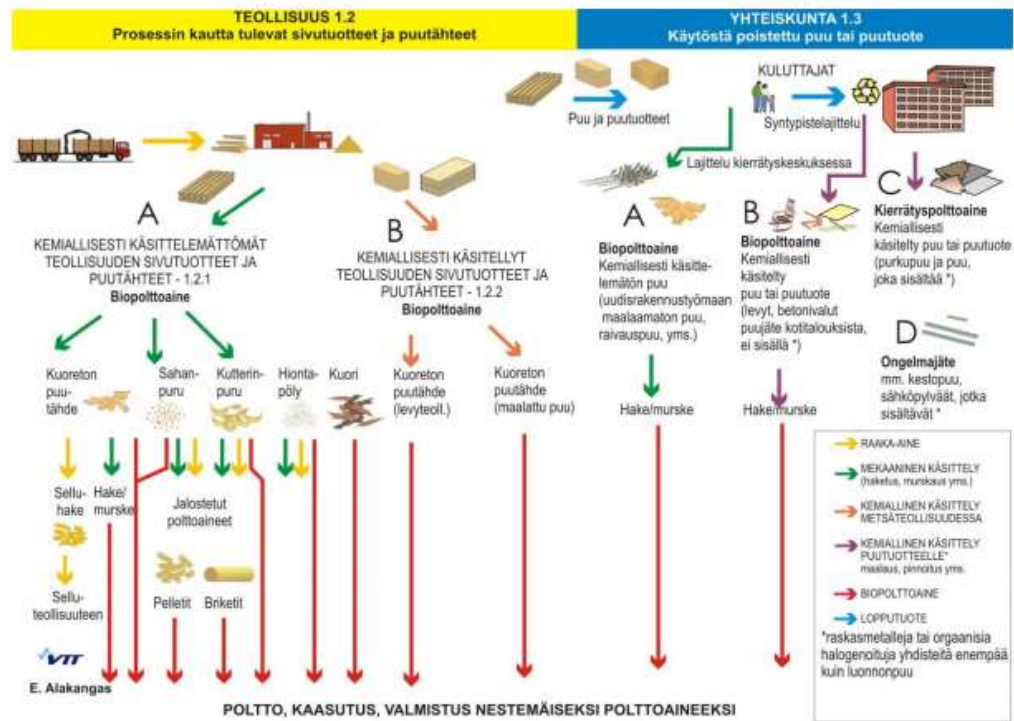
### **5.1 Lastulevyjätteen kierrättämisen vaihtoehdot**

Erilaisten puupakkausten kierrätystä, uusio- ja uudelleenkäyttöä, polttamista ja loppusijoittamista kaatopaikoille ohjataan Suomessa jäte- ja ympäristölailla. Kierrättämistä koskevat usein suurempiin kokonaisuuksiin liittyvät tavoitteet ja velvoitteet. (Metla 2011.) VTT on luonut käytöstä poistetulle puulle luokittelun A-D, jota havainnollistetaan kuvassa 1. Kuvan lisäksi puujätteen todentamista on havainnollistettu liitteessä 1.

Puujätteistä A- ja B- luokkiin kuuluvat jätteet luokitellaan kiinteisiin biopolttoaineisiin. Ne kuuluvat standardiin SFS-EN ISO 17225-1, eikä niihin sen vuoksi sovelleta jätteenpoltoasetusta. Luokka C sisältää puutähteen, jossa on raskasmetalleja ja halogenoituja yhdisteitä enemmän kuin luonnonpuussa, mutta



ei puunkyllästysaineita. Luokkaan D kuuluu kyllästetty puu, joka luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. (VTT 2014.)



Kuva 2. Luokittelu metsäteollisuuden sivutuotteille ja tähteille, sekä käytöstä poistetulle puulle ja puutuotteille (VTT 2014)

Puusepänteollisuuden lastulevytähde luokitellaan luokkaan B, joka on kemiallisesti käsiteltyä puuta, kuitua tai rakenneosia. Luokkaan B vaaditaan todistus tuotteen alkuperästä sekä kuvaus teollisesta tuotantoprosessista. Puutähde ei saa sisältää yli kahta painoprosenttia mekaanisia epäpuhtauksia kuten betonia tai nauloja, eikä sen raskasmetalli- ja typpi-, rikki-, ja klooripitoisuuden keskiarvo saa ylittää luonnonpuun keskiarvoja. (VTT 2014.)

Lastulevy on välituote, joka valmistetaan sahatteollisuuden sivutuotteesta. Lastulevyteollisuudella on valmiudet käyttää raaka-aineena kierrätysmateriaalia, mutta puhtaampaa raaka-ainetta on hyvin tarjolla. Metsäteollisuuden sivutuotteita kuten sahanpurua on suhteessa edullisemmin tarjolla kuin kierrätysmateriaalia, joten puupohjaisena tuotteena lastulevyjätteen ensimmäisenä hävityskäytönä nähdään sen hyötykäyttö energiantuotannossa. On kuitenkin tutkittu erilaisia vaihtoehtoja, joihin lastulevytähdettä voitaisiin käyttää. Jätteestä sivuvirraksi – ajattelun kautta on päädytty seuraavissa kappaleissa esitettyihin vaihtoehtoihin. (Metsäntutkimuslaitos 2011.)

### 5.1.1 Uusiokäyttö lastulevyksi

Lastulevyt tehdään Suomessa pääasiassa metsäteollisuuden sivuvirroista, eli sahanpurusta ja puuhakkeesta. Valmiille lastulevyille on olemassa muun muassa lujusvaatimukset, joiden vuoksi materiaalin hyvä laatu takaa paremman lopputuotteen. (Koponen 2016).

Laadullisesti hyvää, metsäteollisuuden sivutuotteena tulevaa lastulevyn materiaalia on Suomessa hyvin saatavilla, joten jätetuun hyödyntäminen lastulevyteollisuudessa ei tuo säästöjä. Lisäksi puupohjaiset tuotteet ovat melko edullisia valmistaa, joten kierrätystuotteen valmistamiseen tarvittava, tarpeeksi hyvälaatuisen raaka-aineen varmistaminen vie suhteessa liikaa resursseja ollakseen kannattavampaa kuin uuden materiaalin valmistaminen puusta. (Weckman 2015.)

### 5.1.2 Puumuovikomposiitti

Komposiittiteollisuus on ollut viime vuosina vahvasti kasvava teollisuuden ala, joka etsii aktiivisesti erilaisia yhdistelmiä ja käyttökohteita uusille tuotteille. Puu-muovikomposiittien kantavana ajatuksena on yhdistää puun ja muovin hyvät ominaisuudet toimivaksi kokonaisuudeksi. Komposiittien hyviä ominaisuuksia lisää myös se, että valmistuksessa voidaan käyttää kierrätysmateriaaleja.

Puu-muovikomposiitit ovat lisänneet suosiotaan 2000-luvulla etenkin Pohjois-Amerikassa. Euroopassa etenkin autoteollisuus on kasvattanut komposiittien käyttömääriä. Suomessa komposiittien tarjonta ja valmistus on vielä vähäistä, mutta kasvulle on selkeät edellytykset. (Laine 2013.)

Puumuovikomposiitteja voidaan käyttää sekä ulko- että sisätiloissa. Se on ekologinen, kierrätettävä tuote. Tällä hetkellä tärkeimpänä tuotteena on terasilauta, jolla voidaan korvata ympäristölle myrkyllinen kyllästetty puu. (Myller 2015.)

Puumuovikomposiittien valmistuksessa edullisemmalla puukuidulla pyritään vahvistamaan muovimatriisia niin, että saadaan molempien tuotteiden parhaat

ominaisuudet yhteen. Kierrätyskuitu on sopivaa näihin sovellutuksiin, mutta materiaalin heterogeenisuus voi aiheuttaa ongelmia valmistusvaiheessa. (Myller 2015.)

B-luokan jätepuun soveltumista puumuovikomposiitin osaksi on testattu vuosina 2014–2015. Testit suoritettiin neljällä eri yhdistelmällä:

- Luonnonpuu/muovi
- Luonnon puu/kierrätysmuovi
- B-jätepuu/muovi
- B-jätepuu/kierrätysmuovi

Testaustulokset osoittivat, että kierrätysmuovista ja B-jätepuusta valmistettu tuote oli kaikkein heikointa. Myös B-jätepuusta ja muovista valmistettu tuote oli heikompi kuin luonnonpuusta valmistettu vastaava tuote. (Myller 2015.)

Teknisen laadun testit eivät kuitenkaan kerro tuotteen lopullista käyttöikä, joten tulevaisuudessa puumuovikomposiitista voi kehittyä myös lastulevyjätteen kierrätysmahdollisuus. Tuotteen ekologisuutta lisää sen käytettävyys joko energiaksi tai uudelleen puumuovikomposiitin raaka-aineeksi käyttöiän tultua tiensä päähän. Tällä hetkellä jätepuun käyttöä ei kuitenkaan nähdä kannattavana, sillä tarvittava tuotekehitys ja kierrätysstatuksen lisääminen nostavat valmiin tuotteen hintaa. (Myller 2015.)

### **5.1.3 Puukivi**

Uuden sukupolven innovaationa kierrätyksessä voidaan pitää Destaclean Oy:n kehittämää puukiveä. Puukivessä osa betonista on korvattu puhdistetulla kierrätyspuukuidulla. Puukiviä löytyy piharakentamisen tarpeisiin laaja valikoima, ja sen valttikortti ekologisuuden lisäksi on tuotteen keveys verrattuna tavallisiin betoni- tai luonnonkivituotteisiin. (Destaclean 2015.)

Destaclean on Etelä-Suomessa toimiva yritys, joka vastaanottaa rakennusjätettä Helsingissä ja Vantaalla. Se käyttää puukiveen itse puhdistamaansa kierrätyspuuta. Koska yritys vastaanottaa rakennusjätettä, myös lastulevyjäte toimii heillä puukiven raaka-aineena. Yritykselle päätyvä puujäte käy läpi jätedirektiivin mukaisen End Of Waste (EoW) -käsittelyn, jonka jälkeen puusta tulee

puukuitua puukiven rakennusaineeksi, eikä se ole enää jätettä. (Destaclean 2015.)

#### **5.1.4 Bioetanol**

Viime vuosina esimerkiksi ST1 on panostanut bioetanolitutkimukseen ja -tuotantoon. Bioetanolia syntyy, kun entsyymien hiivat hajottavat orgaanista aineesta hapettomassa tilassa. Bioetanolia käytetään noin 80–85 prosenttisenä seospolttoaineena bioetanolin käyttöön soveltuvissa autoissa. (Yle 2015)

Bioetanolia valmistetaan tärkkelyspitoisista viljoista. Suomessa ei ole kiinnostusta käyttää bioetanolin valmistukseen ruuaksi kelpavaa materiaalia, vaihtoehtoisiksi on etsitty materiaaleja, jotka eivät sovellu ravinnoksi. Näin ollen on päädytty käyttämään biojätteitä ja selluloosapohjaisia tuotteita, kuten puuta ja olkia. (Yle 2015)

Ympäri maailmaa tutkitaan ja testataan erilaisia bioetanolin valmistamiseen soveltuvia raaka-aineita (Bioste 2014). Etelä-Koreassa 2010 tehdyssä tutkimuksessa käytettiin neljän erilaisen rakennus- ja purkukohteen jätepuujakeita. Mukana olivat lastulevy, vaneri, MDF-levy ja raakapuu, joista selvitettiin hakeuksen, kuivauksen ja jauhatuksen jälkeen tuotteiden pitoisuudet. Tutkimus osoitti että rakennus- ja purkupaikkojen puu soveltuu etanolin tuotantoon. Saanto MDF-levystä oli heikoin ja raakapuusta parhain. Lisäksi jätepuussa olleet epäpuhtaudet eivät mainittavasti häirinneet itse tuotantoprosessia. (Dae Haeng ym. 2010, Pekin 2017 mukaan.)

Vaikka bioetanolin valmistaminen on Suomessa hyvässä nosteessa ja sen raaka-ainevaihtoehtoja haetaan koko ajan, ei lastulevyjätteen käyttäminen ole vielä saanut jalansijaa. Bioetanolin tuotantokustannukset ovat melko suuret, joten jätepuun hyödyntäminen valmistuksessa voi kääntää kiinnostusta myös sen suuntaan edullisuutensa vuoksi.

#### **5.1.5 Kuidutus**

VTT tutki vuonna 2014 Suomessa syntyvän puupohjaisen rakennusjätteen hyödyntämistä kuiduttamalla sitä erilaisten kuitupohjaisten materiaalien raaka-

aineeksi. Tutkimus lähti EU: asettamasta tavoitteesta hyödyntää rakennusteollisuuden jättepuu nykyistä paremmin. Tutkimuksella selvitettiin, voiko jättepuuta kuiduttaa niin, että se olisi teknisesti ja taloudellisesti mahdollista, ja mitkä ovat syntyneen massan ominaisuudet verrattuna puhtaasta puusta saatuun kuitumassaan. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, ovatko kierrätysraaka-aineesta saadun kuitumassa puhtaus ja tekniset ominaisuudet riittävät niin, että siitä voitaisiin saada raaka-aine uusiin innovaatioihin. (Rautkoski ym. 2015.)

Projektissa käytettiin B- ja C-luokan jättepuuta. Raaka-aine hankittiin valmiiksi puhdistettuna ja murskattuna ja siitä eroteltiin valmiiksi liian suuri ja pieni jae. Tutkimuksessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman samankaltaista seulontaproseduuria kuin massanvalmistusteollisuus käyttää. (Rautkoski ym. 2015.)

Tutkimuksessa testattiin hakkeen mekaaninen ja kemiallinen kuidutus. Kemiallisen keiton osalta jättepuu ei juuri eronnut normaalista raakapuusta. Myöskään sen valkaisu ei kuluttanut enempää valkaisukemikaaleja, vaikka vaaleus ja saanto olivat samaa luokkaa normaalin kuitupuumassan kanssa. Vain jättepuusta valmistetun massan viskositeetti oli huomattavasti normaalia massaa heikompi. Mekaanisen massan jauhatuksessa energian kulutus oli jopa pienempi kuin tuoreella kuusella, mutta kuidun pituus oli jättepuulla selkeästi huonompi. Molemmilla tavoin kuitulanka oli kohtuullisen vahvaa, mutta kaupallisiin lankoihin verrattuna kuitenkin heikkoa. (Rautkoski ym. 2015.)

VTT:n tutkimuksen mukaan B, C ja D luokan jättepuu on soveltuvaa hiertämiseen ja kemialliseen kuidutukseen. Jättepuusta pystytään valmistamaan kuitulankaa ja vaahtoarkkeja, eivätkä epäpuhtaudet tai home ole este valmistukselle. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että niiden yritysten, jotka aikovat käyttää jättepuusta valmistettua kuitua omissa sovellutuksissaan, olisi kannattavaa ostaa valmiiksi haketettu ja seulottu raaka-aine jätteenkäsittely-yhtiöiltä. (Rautkoski ym. 2015.)

### **5.1.6 Bioöljy**

Pyrolyysi on kemiallinen reaktioprosessi, joka toimii sekä kaasutuksen että kiinteiden polttoaineiden palamisreaktion prekursorina. Prosessi perustuu ke-

miallisiin muutoksiin, jotka saadaan aikaan biomassan nopealla kuumentamisella hapettomissa olosuhteissa. Prosessin tuotteina saadaan vettä, hiiltä, pyrolyysiöljyä, metaania, vetyä, häkää ja hiilidioksidia. (Pandey, A. 2011, 65)

Pikapyrolyysin periaatteena on tuottaa nestemäistä biomassaa, jolla voidaan korvata kaikki fossiiliset polttoöljyt. Pikapyrolyysiprosessi tapahtuu korkeassa noin 500 asteen lämpötilassa, ja pyrolyysikaasujen viipymäaika reaktorissa on alle sekunti. Kaasut jäähdytetään nopeasti, jonka jälkeen pyrolyysiöljy voidaan ottaa talteen. Prosessista saatava päätuote on bioöljyä, jota voi olla jopa 80 painoprosenttia kuiva-aineesta. (Pandey, A. 2011, 66)

Lopputuote, eli pyrolyysiöljy on nestemäinen ruskea, tervamainen öljy. Sen ominaisuuksiin kuuluu matala pH, joka aiheuttaa haasteita varastointiin ja kuljetukseen. Muita ominaisuuksia ovat korkea happi- ja vesipitoisuus, sekä vähäiset typpi- ja rikkipäästöt. (Czernik & Bridgwater 2004, Lankinen 2013 mukaan.)

Pyrolyysiöljyn valmistusprosessi on raaka-aineen suhteen erittäin joustava. Raaka-aineeksi soveltuvat metsäbioraaka-aineen lisäksi erilaiset maatalousjätteet, turve tai jopa autonrenkaat. Laajalla raaka-ainevalikoimalla voidaan vähentää taloudellisia riskejä. Huonolaatuinen raaka-aine voi kuitenkin aiheuttaa erillisen pintakerroksen muodostumista öljyn pinnalle. (Huoltovarmuuskeskus 2015.)

### **5.1.7 Biohiilipelletti**

Biohiilipelletti valmistetaan torrefioimalla puubiomassaa. Torrefiointi on termokemiallinen käsittely, jossa puubiomassaa lämmitetään maltillisesti hapettomissa, normaalipaineissa olosuhteissa 200 – 300 °C:n lämpötilaan. Prosessissa biomassasta häviää haihtuvia orgaanisia yhdisteitä sekä lähes kaikki kosteus. Biomassan kuivapainosta häviää noin 30 prosenttia, mutta sen energiasällöstä vain noin 10 prosenttia. Tämä tarkoittaisi laskennallisesti lähes 30 prosentin kasvua energiatihedessä, mutta tutkimuksissa on päästy vain 11 prosentin kasvuun. (Leppänen 2014.)

Torrefioitu biomassa voidaan pelletöidä, jolloin sen polttoaineominaisuudet paranevat. Tätä torrefioitua ja pelletöityä biomassaa kutsutaan muun muassa biohiilipelletiksi ja paahtopelletiksi. Pelkästään torrefioitu biomassa on voimakkaasti pölyävää ja sen mekaaninen kestävyys on heikko. Pelletöinnillä päästään eroon näistä huonoista ominaisuuksista. (Leppänen 2014.)

Biohiilipelletöinti soveltuu kaikille lignoselluloosaa sisältäville biomassoille. Kierrätyspuun sisältämät kemialliset epäpuhtaudet kulkeutuvat torrefioinnissa ainakin osittain torrefiointi- ja savukaasuihin, ja käsittelyajan pidentämisellä 8 – 20 minuuttiin haitalliset yhdisteet hajoavat vähemmän haitallisiksi, joten liimoja sisältävän kierrätyspuun epäpuhtauksista ei välttämättä synny ongelmia. (Leppänen 2014.)

Biohiilipelletöinti on suhteellisen uusi tapa jalostaa uusiutuvia biopolttoaineita. Biohiilipelletin standardi ISO-TS 17225-8 on vuodelta 2015 ja se jättää kierrätysraaka-aineiden käytön lähes kokonaan pois vaihtoehdoista. Tämä voi johtua riittämättömästä mittausdatasta, jolloin standardiin ei voida luoda ominaisuusluokitusta. (Leppänen 2014.)

Lastulevyjätteen hävittämiseen torrefiointi ja pelletöinti voisi olla varteenotettava vaihtoehto, etenkin kun määrä ei ole valtava. Ennen tuotannon aloittamista olisi kuitenkin selvitettävä tarkemmin siitä aiheutuvat päästöt sekä sille asetetut rajoitukset ja suoritettava koeajot. (Leppänen 2014.)

## **5.2 Lastulevyjätteen hävittäminen polttamalla**

Vaikka Suomessa pyritään koko ajan parantamaan puujätteen kierrätysasetta, päätyy silti suurin osa suomalaisesta puujätteestä edelleen poltettavaksi. Vaikka puujätteestä näin ollen tehdään energiaa, ei sitä lasketa kierrätykseksi. Puujätteen osalta voidaan myös todeta, että osa siitä ei kelpaa muualle kuin polttoon, ja lisäksi jossain vaiheessa kaikki puuperäiset tuotteet tulevat elinkaarensa päähän. (Metsäntutkimuslaitos 2011.)

Valtioneuvoston asetuksessa 362/2003 annetaan rajoituksia puun polttoon ja niitä tarkennetaan VTT:n raportissa *Käytöstä poistetun puun luokittelu ja hy-*

*vien käytäntöjen kuvaus.* Luokkaan A kuuluvan puun saa polttaa ilman rajoituksia, mutta käsitelty puujäte (luokka B), johon puusepänteollisuuden lastulevyttähteet kuuluvat, edellyttää yleensä päästömittauksia sekä lupamenettelyä. Luokkaan B kuuluva puu suositellaan käytettäväksi seospolttoaineena yli 20 megawatin laitoksissa, joissa tekniikka on riittävä ja palamista voidaan tarkkailla. (Metsäntutkimuslaitos 2011.) Lainsäädännön vuoksi myös nykyaikaisissa yli 5 megawatin laitoksissa polttotekniikka on riittävän kehittyntä, joten lastulevyttähteen polttaminen onnistuu myös niissä (VTT 2014).

Poltettavasta lastulevyttähteestä on tehtävä alkuperäselvitys, jossa ilmenee käytettyjen laminaattien, liimojen ja pinnoitteiden ainesosat sekä osoitetaan ettei pinnoitettu puulevy sisällä raskasmetalleja tai orgaanisia halogenoituja yhdisteitä (VTT 2008.) Tuotteen toimittaja tai tuottaja vastaa siitä, että polttoaineksi päätyvän lastulevyn laatutieto on oikein. Riittävä tieto saadaan yleensä levyn ja pinnoitteiden alkuperätiedoista. Tunnetuille mekaanisen metsäteollisuuden tuotteille, kuten pinnoitetulle, maalatulle tai liimatulle lastulevyllä, ei tarvitse erikseen tehdä standardin SFS-EN ISO 17225–1 mukaista analyysia tuotteen sisältämistä epäpuhtauksista. Niille tuotteille, jotka vaativat analyysin, se tehdään, kun tuotetta tarjotaan ensimmäisen kerran poltettavaksi. (VTT 2014.)

### **5.2.1 Kemiallisesti käsitellyn puun ominaisuuksien vaikutus polttoon**

Mekaanisen metsäteollisuuden ja puusepänteollisuuden levyttähteet ja muu käytetty puu poltetaan yleensä seospolttoaineena yli 20 megawatin polttolaitoksissa. Hakkeen tai turpeen käyttö seospolttoaineena tasoittaa kemiallisesti käsitellyn puun käyttäytymistä kattilassa. (Alakangas & Wiik 2008.)

Erilaiset teollisuuden puutähteet ovat tyypillisesti hyvin kuivia, joten se tasoittaa kosteamman polttoaineen palamista. Yleensä teollisuuden puutähteen kosteus on alle 20 painoprosenttia ja talvella alle 30 painoprosenttia. Vastaavasti esimerkiksi metsähakkeen kosteus on 25-60 painoprosenttia riippuen hakelajista ja vuodenaikasta. (Alakangas ym. 2008.)

Puusepänteollisuuden lastulevyttähteet ovat puupitoisuutensa vuoksi pääosin hyvin reaktiivisia ja palaminen hyvää. Materiaalin kuivuudesta johtuen sen



lämpöarvo on yleensä korkeampi kuin kuorella tai tuoreella puulla. Vaikka polttoaine sisältää epäpuhtauksia, ne eivät juuri vaikuta puun palamiseen. Epäpuhtaudet voivat lisätä korroosioriskiä ja likaantumista, sekä vaikuttaa päästöihin ja tuhkan laatuun. (Vesanto, ym. 2007.)

Kemiallisesti käsitelty puu voi olla hyvin alkalipitoista, jolloin natriumia (Na) ja kaliumia (K) sisältävän polttoaineen voidaan olettaa olevan kattilaa likaavaa. Kattilan likaantuminen tapahtuu, jos poltossa on läsnä klooria (Cl), joka reagoi natriumin ja kaliumin kanssa muodostaen alkaliklorideja. Alkalikloridit ovat pieniä hiukkasia, jotka takertuvat lämpöpinnoille helposti. Hiukkaskerrostumat aiheuttavat kuumakorroosioriskin tulistinpinnoille. Tätä voidaan kuitenkin välttää polttamalla klooria ja alkaleja (Na, K) sisältävää polttoainetta mm. turpeen kanssa. Turpeen palamisessa syntyy rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>), joka reagoi alkalikloridien kanssa. Tästä syntyvät alkalisulfaatit, jotka vapauttavat kloorin pieninä suolahappopitoisuuksina (HCl) savukaasuihin, eikä kerrostumia synny. Polttokattilan materiaalivalinnoilla voidaan hallita myös kloorin aiheuttamaa korroosiota. (Alakangas ym. 2008.)

Vanerisyryää tai muuta liimapitoista polttoainetta voidaan käyttää seospoltoon arina- ja leijupetikattiloissa. Liimaa sisältäviä polttoaineita käytettäessä on seospoltto suotavaa, jotta petilämpötila ei pääse nousemaan. Lämpötilan noustessa liiman natrium reagoi luonnonhiekassa olevan natriumin kanssa ja tämä voi aiheuttaa silikaattisulaa, eli agglomeraatteja. Agglomeroituminen voi johtaa kattilan alasajoon. Agglomeroitumista ja petiongelmia voidaan ehkäistä valitsemalla kvartsivapaa petimateriaali, kuten diabaasi tai kuona. Lämpötilan hallinnan vuoksi myös polttoaineen syöttö tulee olla hallittua. (Alakangas ym. 2008.)

### **5.2.2 Kemiallisesti käsitellyn puun hyödyntäminen polttolaitoksissa**

Energiantuotantoon käytettävät polttoaineet eroavat toisistaan monin eri tavoin. Helpoimpia raaka-aineita ovat ne, joilla on korkea lämpöarvo ja hyvä poltettavuus. Energialähteiden ongelmat poltettavuudessa liittyvät yleensä haittailmiöihin, jotka esiintyvät kattilassa. Näitä ovat muun muassa kattilan likaantuminen ja kuonaantuminen, sekä korroosioon ja tuhkan sulamiseen liittyvät

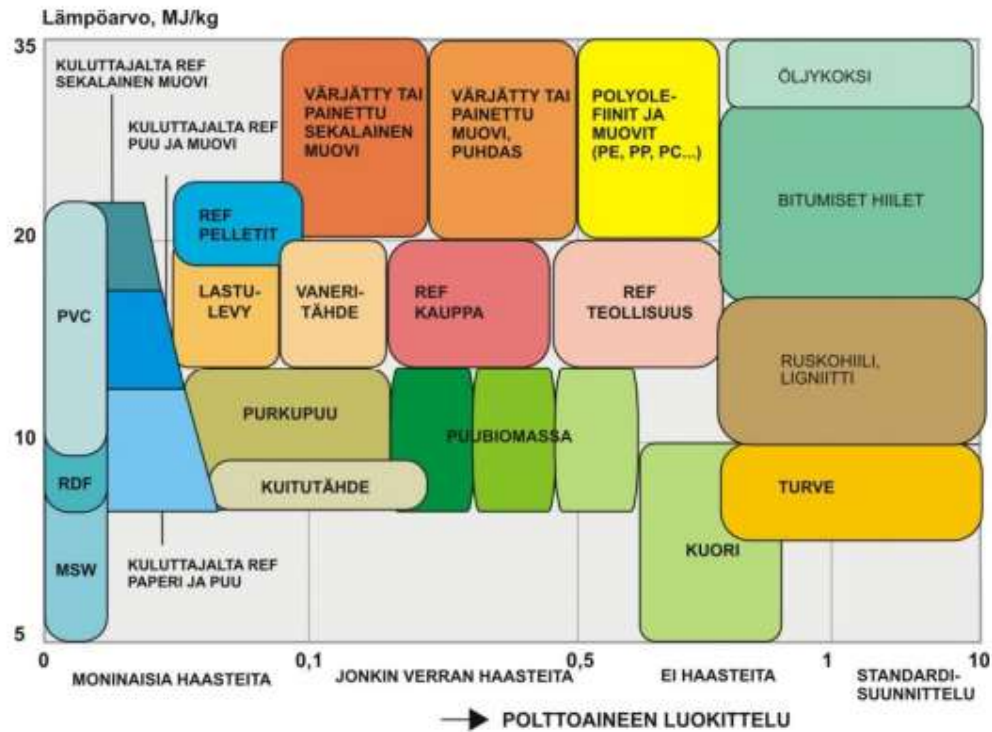
ongelmat. Ongelmat voivat ilmetä myös polttoaineen syötettävyydessä, hygieeniassa tai päästöissä sekä päästöjen hallinnassa. (Alakangas ym. 2016.)

Ympäristönsuojelulaki edellyttää, että tuotantolaitoksilla, joissa käytetään jätteenksi luokiteltavaa puumateriaalia, on ympäristölupa. Luvassa on oltava hyväksyntä jätteenksi luokiteltavan puun hyödyntämisessä polttolaitoksen raaka-aineena. Kuitenkin jos laitos käyttää raaka-aineena vain biopohjaisia tuotteita ja puujätettä, ei siihen sovelleta valtioneuvoston asetusta jätteenpoltosta. Jätettä toimitettaessa polttolaitokselle energiantuotantoon on varmistuttava raaka-aineen puhtaudesta raskasmetallien ja halogenoitujen orgaanisten yhdisteiden osalta. (Ympäristöministeriö 2014.)

Lastulevy, purkupuu ja vaneri voivat olla haaste polttoprosessille. Haasteen aiheuttaa liimoista peräisin oleva natrium, joka voi aiheuttaa agglomeraatiota leijupetikattiloissa. Tähän voidaan kuitenkin vaikuttaa seospoltolla ja kattilan peitimateriaalilla. (Alakangas ym. 2016.)

Kemiallisesti käsitellyn puun polttaminen energiaksi vaatii polttokattilalta riittävä tekniiikkaa. Suositusten mukaan käytössä tulisi olla paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT), jotta palamisen laatua, hiukkaspäästöjä ja savukaasujen koostumusta, sekä lämpötilaa ja viipymäaikoja voidaan seurata. BAT-vaatimukseen sisältyy myös polttoaineina käytävien raaka-aineiden käsittelytekniikka. (Ympäristöministeriö 2012.)

Kuvassa kolme on havainnollistettu erilaisten polttoaineiden lämpöarvoa verrattuna raaka-aineen käyttäytymiseen polttokattilassa. Kuvasta voidaan todeta, että lastulevyllä on hyvä lämpöarvo, mutta sen polttaminen energiaksi aiheuttaa polttokattilan suunnitteluun moninaisia haasteita.



Kuva 3. Raaka-aineen vaikutus polttokattilan suunnitteluun (Alakangas ym. 2016.)

Minimivaatimuksena kaikessa energiaksipolttoinnassa voidaan kuitenkin pitää sitä, että toiminnassa noudatetaan Suomen lakeja ja asetuksia. Lisäksi tulee noudattaa sellaisenaan tai asianmukaisesti soveltaen viranomaisten antamia määräyksiä, säädöksiä ja suosituksia.

## 6 LASTULEVYJÄTTEEN KIERRÄTYSMAHDOLLISUUDET ITÄ-SUOMESSA

Työssä selvitettiin, mitä vaihtoehtoja Itä-Suomessa on lastulevyjätteen hävittämiseen. Aineistoa kerättiin haastatteleamalla puhelimitse alueen toimijoita, sähköpostikyselyllä alueen yrityksille sekä tarkentamalla lainsäädännön ja asetusten tulkintaa viranomaisten avulla. Haastatteluiden ja kyselyjen lisäksi käytiin läpi alueella toimivien yritysten ympäristölupia.

### 6.1 Toimeksiantajalle käyttökelpoiset kierrätysmenetelmät

Lastulevyjätteelle on useita kierrätysmahdollisuuksia, joita on läpikäyty tässä työssä. Vaihtoehtoja useimmat karsiutuvat pois jo sen vuoksi, etteivät ne

tutkimuksista huolimatta ole vakiintuneet käyttöön, eikä tarvetta tämän tyyppiselle raaka-aineelle ole.

Teoreettisesti käyttökelpoiset kierrätysmahdollisuudet ovat Destacleanin valmistama puukivi, johon lastulevyjäte sopisi materiaaliksi erinomaisesti. Valitettavasti Destaclean toimii Etelä-Suomessa, minkä vuoksi kuljetuskustannukset yhdessä Destacleanin jätteenkäsittelymaksun kanssa nousevat huomattaviksi.

Toinen mahdollinen kierrätysmenetelmä voisi olla Mikkeliläisen Torrec Oy:n biohiilipellettitehtaasta. Biohiili on melko uusi tuote ja lastulevyjätteen käytöstä on olemassa vain muutamia tutkimustuloksia. Tutkimustulokset ovat kuitenkin lupaavia lastulevyjätteen kierrättämisen näkökulmasta. Mikäli kemiallisiin ominaisuuksiin liittyvät kysymykset saadaan ratkaistua, voisi kierrätyspuun sekoittaminen metsähakkeeseen torrefiointia varten tarjota kilpailukykyisen vaihtoehdon lastulevyjätteen kierrätykseen.

Edellä mainituista vaihtoehdoista jätteen polttaminen energiaksi on toistaiseksi käyttökelpoisin tapa toimeksiantajan lastulevyjätteen hävittämiseen. Jäte toimitetaan hävitettäväksi edelleen siinä muodossa, jossa se on, eikä jätettä haketeta valmiiksi. Itä-Suomen alueella toimii muutamia yrityksiä, jotka murskaavat kierrätyspuuta ja toimittavat sen suoraan lämpölaitokselle. Tulevaisuudessa myös tällaisen yrityksen palveluiden käyttö voisi olla vaihtoehto.

## **6.2 Työn toimeksiantajalla syntyvän lastulevyjätteen polttamiseen soveltuvat laitokset Itä-Suomessa**

Ne polttolaitokset, jotka voivat käyttää kemiallisesti käsiteltyä puuta polttoaineenaan, ovat ympäristöluvan alaisia kokonsa vuoksi. Ympäristöluvassa tulee olla maininta polttoaineeksi käytettävän raaka-aineen ominaisuuksista. Polttolaitokset ovat ympäristönsuojelulain nojalla velvoitettuja käyttämään parasta käyttökelpoista tekniikka, koska toiminta aiheuttaa ympäristön pilaantumisen vaaraa. Lisäksi laitoksen tulee käyttää BAT:ia päästöjen ehkäisemiseen ja rajoittamiseen. (Panula-Ontto-Suuronen 2018.)

Itä-Suomessa ajetaan bioenergiaohjelmaa, joka vahvistaisi edelleen Itä-Suomen energiaomavaraisuutta, sekä bioenergian käyttöä ja tuotantoa. Alueella

on useita kemiallisesti käsitellyn puun polttamiseen teknisesti soveltuvia laitoksia, mutta suurimmalla osalla on ympäristöluvan perusteella mahdollisuus ottaa vastaan vain erikseen mainittujen tuotantolaitosten kemiallisesti käsiteltyä puuta. Jotta toimeksiantajan lastulevyjäte voitaisiin polttaa lähialueiden kaukolämpölaitoksissa, joissa polttoaineena muutoin on metsähake tai turve, ne tarvitsisivat lisäyksen ympäristölupiinsa tämän tyyppisen polttoaineen käytöstä.

Jätteenpolttolaitokset, jotka soveltuisivat yhteistyökumppaniksi toimeksiantajalle ja voisivat ottaa tämän tyyppistä raaka-ainetta vastaan, ovat maantieteellisesti kaukana, jolloin kuljetuskustannukset nousevat huomattaviksi. Vaihtoehtoisesti, maantieteellisesti lähempänä olevat laitokset ovat itse hinnoitelleet lastulevyjätteen vastaanottomaksun niin korkeaksi, ettei niitä voi pitää ensisijaisena vaihtoehtona jätteen hävittämiselle.

### **6.3 Lastulevyä käyttävien yritysten vaihtoehdot**

Itä-Suomen alueella on useita puusepänteollisuuden yrityksiä sekä muutama mekaanisen metsäteollisuuden sektorille sijoittuva isompi tehdas. Näissä yrityksissä syntyvä kemiallisesti käsitelty puujäte menee energiantuotantoon, sillä Itä-Suomen alueella ei ole vielä juurikaan kierrätystä mahdollistavaa toimintaa. Lastulevyjäte vie huomattavan varastotilan etenkin murskaamattomana tai hakettamattomana, joten selkeintä on tyhjentää varasto tietyin väliajoin ja toimittaa jäte poltettavaksi.

Puusepänteollisuuden lastulevyjätettä on haasteellista säilyttää yrityksen tiloissa. Puujätettä toimitetaan tasaisesti polttolaitokselle joko hakettuna, murskattuna tai käsittelemättömänä. Isompien yritysten kohdalla lähin lämpölaite sijaitsee yrityksen välittömässä yhteydessä, mutta pienemmät yritykset joutuvat kuljettamaan lastulevyjätteen yleensä lähialueen polttolaitokseen. Lastulevyjätteen hävittäminen polttamalla kuitenkin vaatii maininnan puujätteen vastaanottavan polttolaitoksen ympäristöluvassa.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, selventää ja koota yhteen puusepänteollisuuden lastulevyjätteen hävittämiseen liittyviä lakeja, määräyksiä ja yleisiä käytäntöjä. Kirjallisuusosassa on koottu yhteen hävittämiseen liittyvät lait ja standardit, sekä etsitty tutkimustietoa levyjätteelle sopivista kierrätysvaihtoehdoista. Työn tutkimusosassa on selvitetty Itä-Suomessa toimivien, lastulevyä käyttävien yritysten tapoja hävittää lastulevyjäte tai muu kemiallisesti käsitelty puujäte.

Lastulevyjätteen hävittämiseen vaikuttavat useat eri lait ja asetukset, näistä tärkeimpänä jäte- ja ympäristölaki. Suomen lainsäädäntö pyrkii kierrätyksen lisäämiseen ja jätteenpolton vähentämiseen. Puusepänteollisuuden lastulevyjätteen osalta olennainen asia on se, että jätettä ei koske niin sanottu jätteenpolttoasetus, mutta palamista ja sen laatua tulee kuitenkin pystyä valvomaan.

Kierrätyksen lisäämiseksi EU on asettanut tavoitteeksi lisätä End Of Waste (EoW) käsittelyn piiriin kuuluvia tuotteita. EoW-tuotteet käsitellään tapauskohtaisesti. Käsittelyn kautta tuotteiden jätestatus muuttuu jälleen raaka-aineeksi. Tutkimuksissa on kokeiltu kierrätyspuun käyttöä erilaisiin tuotteisiin, mutta valitettavasti lähes kaikkien tuotteiden kohdalla raaka-aineen käsittely riittävän puhtaaksi materiaaliksi seuraavalle tuotteelle nostaa kierrätysmateriaalin hinnan niin korkeaksi, ettei se ole hinta – laatu- suhteeltaan kilpailukykyinen neitseelliseen puumateriaaliin verrattuna.

Puusepänteollisuuden lastulevyjäte luokitellaan puujäteluokkaan B, eli kemiallisesti käsitelty puu. Se voidaan hävittää polttamalla muun muassa hakkeen ja turpeen joukossa. Seospoltto tasoittaa puujätteen käyttäytymistä polttokattilassa. Raaka-aineena lastulevyjätteet ovat reaktiivisia ja sen palaminen on hyvää. Polttaminen kuitenkin vaatii polttolaitokselta riittävää tekniikkaa, jotta raaka-aineen aiheuttamat haasteet, kuten kuumakorroosio ja agglomeroituminen voidaan minimoida. Poltettaessa lastulevyjätettä tulee varmistua polttoaineen alkuperästä ja siitä, ettei tuote sisällä raskasmetalleja tai halogenoituja orgaanisia yhdisteitä.

Itä-Suomessa on useita samankaltaisia yrityksiä kuin työn toimeksiantaja. Yritykset käyttävät tuotannon raaka-aineenaan lastulevyä, vaneria tai muuta samantyyppistä levymateriaalia ja jätemateriaalin hävitys tapahtuu yrityksen lähi-alueen polttolaitoksessa, koska kierrätysvaihtoehtoja ei vielä ole käytettävissä.

Toimeksiantajan on tulevaisuudessa syytä selvittää, voidaanko lastulevyjätettä hävittää lähimmissä polttolaitoksissa, mikäli kyseessä olevien lämpölaitosten ympäristölupaa muutetaan. Tällöin lastulevyjätteen kuljetuskustannukset eivät nousisi huomattavaksi kuluksi jätteen hävittämisessä. On myös hyvä tutkia erilaiset yritykset, jotka murskaavat kierrätyspuun ja toimittavat materiaalin lämpölaitokseen. Murskausyrityksen käyttäminen voi olla kilpailukykyinen vaihtoehto jätteen hävittämiseen. Oman hakettimen tai murskaimen hankinta ei tässä vaiheessa ole perusteltu vaihtoehto. Varsinaisia kierrätysvaihtoehtoja ei vielä ole oikeasti käytettävissä, mutta tekniikoiden kehittyessä voi kierrätysvaihtoehdoista muodostua käyttökelpoinen tapa lastulevyjätteen hävittämiseen.

## LÄHTEET

Alakangas, E. & Wiik, C. 2008. Käytöstä poistetun puun luokittelu ja hyvien käytäntöjen kuvaus. VTT. PDF-dokumentti Saatavissa <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-04989-08.pdf> [Viitattu 26.8.2018]

Alakangas, E. Hurskainen, M. Laatikainen-Luntama, J.& Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf> [Viitattu 12.9.2018]

Bioste. 2014. Bioetanoli. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://bioste.fi/bio-energia/bioetanoli/> [viitattu 23.8.2018]

Destaclean. 2015. Kierrätysraaka-aineiden valmistus ja myynti. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.destaclean.fi/kierratysraaka-aineiden-valmistus-ja-myynti/> [viitattu 23.8.2018]

Energiateollisuus. Ilmastonmuutoksen hillintä ohjaa energiantuotantoa. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiantuotanto](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto) [Viitattu 28.8.2018]

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteenpoltosta 1.12.2000  
2000/76/EY

Formica Group. 2015. Tuoteopas. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.formica.com/fi/fi/knowledge/technical-support-hub/your-guide-to-our-products>. [viitattu 20.8.2018]

Huoltovarmuuskeskus. 2015. Pyrolyysiöljy – uusi lisä energian omavaraisuuteen. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.varmuuden-vuoksi.fi/aihe/huoltovarmuuden\\_toteutuksia/235/pyrolyysioljy\\_-\\_uusi\\_lisa\\_energian\\_omavaraisuuteen](https://www.varmuuden-vuoksi.fi/aihe/huoltovarmuuden_toteutuksia/235/pyrolyysioljy_-_uusi_lisa_energian_omavaraisuuteen) [Viitattu 25.8.2018]

Jätelaki 17.6.2011/646

Koponen, H. 2016. Puulevytuotanto. 4. painos. Helsinki: opetushallitus

Lankinen, A. 2013. Katsaus pyrolyysiöljyn ominaisuuksiin ja soveltavuuteen öljykattilakäyttöön. PDF-dokumentti. Saatavissa: [file:///C:/Users/Hanttu/Downloads/Katsaus\\_Lankinen\\_21022014\\_final.pdf](file:///C:/Users/Hanttu/Downloads/Katsaus_Lankinen_21022014_final.pdf) [Viitattu 25.8.2018]

Laine, A. 2013. Termoplastisen elastomeerin lujittaminen sellukuidulla. Opin- näytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. PDF-dokumentti. Saatavissa:



[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56921/Laine\\_Alina.pdf?sequence=](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56921/Laine_Alina.pdf?sequence=) [Viitattu 25.8.2018]

Leppänen J. 2014. Kierrätyspuun jalostaminen kiinteäksi biopolttoaineeksi. Diplomityö. Tampereen teknillinen Yliopisto. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://docplayer.fi/26614009-Jasmina-leppanen-kierratyspuun-jalostaminen-kiinteaksi-biopolttoai-neeksi-diplomityo.html> [Viitattu 29.9.2018]

Metsäntutkimuslaitos. 2011. Puutuotteiden kierrätys. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp191.pdf> [Viitattu 24.8.2018]

Myller, E. 2015. Sekalaisen puujätteen testaus erilaisten lopputuotteiden valmistuksessa. PDF-Dokumentti. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/158956/YMra\\_28\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/158956/YMra_28_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 23.8.2018]

Pandey, Ashok. 2011 Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes. E-kirja. Saatavissa: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/xamk-ebooks/reader.action?docID=739028&query=> [Viitattu 25.8.2018]

Panula-Ontto-Suuronen, A. 2018. Ympäristönsuojelun asiantuntija. Sähköpostiviesti. 26.9.2018. Etelä-Savon ELY-keskus

Pekki, L. 2017. Jätepuun EoW-menettely teollisuuslaitoksen raaka-aineen käsittelyssä. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/122597/pekki\\_liisa.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/122597/pekki_liisa.pdf?sequence=1) [Viitattu 25.8.2018]

Rakennustietosäätiö. 2007. Lastulevyt. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/kysymyksia-ja-vastauksia/chipboard\\_rt-kortti\\_fi.pdf](https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/kysymyksia-ja-vastauksia/chipboard_rt-kortti_fi.pdf) [viitattu 17.8.2018]

Rakennustietosäätiö. 2018. Rakennusmateriaalien päästöluokitus M1. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://m1.rts.fi/rakennusmateriaalien-paastoluokitus-m1> [Viitattu 17.8.2018]

Rautkoski, H. Kataja, K. Gestranus, M. Liukkonen, S. Määttänen, M. Liukkonen, J. Kouko, J. & Asikainen, S. 2015. Jätepuusta kuitumateriaalia uusille tuotteille (Puukuitu). VTT. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-R-06095-14.pdf> [Viitattu 24.8.2018]

Saario J-M. Hiomattoman ja hiotun lastulevyn melamiinipinnoitus. Opinnäyte-työ. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11728/2006-08-22-26.pdf?sequence=1>. [viitattu 17.8.2018]

SFS-EN 15234-1. Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laadunvarmistus. Osa 1: Yleiset vaatimukset.

SFS-EN ISO 17225-1. Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja luokat. Osa 1: Yleiset vaatimukset.

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2017. Sähkön ja lämmön tuotanto. Verkkojulkaisu. Päivitetty 2.11.2017 Saatavissa: [https://www.stat.fi/til/salatu/2016/salatu\\_2016\\_2017-11-02\\_tie\\_001.fi.html](https://www.stat.fi/til/salatu/2016/salatu_2016_2017-11-02_tie_001.fi.html) [Viitattu 28.8.2018]

Teittinen, H. 2018. Projekti-insinööri. Sähköpostiviesti 15.5.2018 Yritys X

Valtioneuvoston asetus 151/2013

VTT. 2014. Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön – VTT-M-01931-14. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/5097.pdf> [Viitattu 24.8.2018]

Vesanto, P. Hiltunen, M. Moilanen, A. Kaartinen, T. Laine-Ylijoki, J. Sipilä, K. & Wilén, C. 2007. Kierrätyspolttoaineiden ominaisuudet ja käyttö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2416.pdf> [Viitattu 26.8.2018]

Weckman, P. 2015. Uusiomateriaalit kalusteteollisuudessa. Lahden Ammattikorkeakoulu. Materiaalitekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/102184/Weckman\\_Pauli.pdf?sequence=2](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/102184/Weckman_Pauli.pdf?sequence=2) [viitattu 23.8.2018]

Yle. 2015. Bioetanolin tuotantoa lisätään Suomessa huomattavasti – ekoautoilu käy houkuttelevammaksi myös hintatietoiselle. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8431454> [Viitattu 30.8.2018]

Ympäristöministeriö. 2012. Kotimaista polttoainetta käyttävien 0,5...30 mw kattilalaitosten tekniset ratkaisut sekä palamisen hallinta. PDF-dokumentti. Saatavissa: [file:///C:/Users/Hanttu/Downloads/Kotimaista%20polttoainetta%20k%C3%A4ytt%C3%A4vien%20kattilalaitosten%20tekniset%20ratkaisut%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Hanttu/Downloads/Kotimaista%20polttoainetta%20k%C3%A4ytt%C3%A4vien%20kattilalaitosten%20tekniset%20ratkaisut%20(2).pdf) [Viitattu 18.9.2018]

Ympäristöministeriö. 2014. Jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksia. Muistio. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lain-saadanto\\_ ja\\_ohjeet/Jatelainsaadanto/Ohjeet\\_ ja\\_ oppaat](http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lain-saadanto_ ja_ohjeet/Jatelainsaadanto/Ohjeet_ ja_ oppaat) [Viitattu 26.8.2018]

Ympäristöministeriö. 2015. Jätteet. WWW-dokumentti. Päivitetty 20.4.2018. Saatavissa: <http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Jatteet> [Viitattu 26.8.2018]

Ympäristöministeriö. 2017a. Jätedirektiiveistä alustava sopu EU:ssa – uusia kunnianhimoisia kierrätystavoitteita jätteille. Tiedote. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Jatedirektiiveista\\_alustava\\_sopu\\_EUssa\\_\(45460\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Jatedirektiiveista_alustava_sopu_EUssa_(45460)) [Viitattu 26.8.2018]

Ympäristöministeriö. 2017b. Jätelainsäädäntö edistää luonnonvarojen järkevää käyttöä ja ehkäisee jätteistä aiheutuvia haittoja. WWW-dokumentti. Päivitetty 22.8.2018. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto\\_ ja\\_ohjeet/Jatelainsaadanto](http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ ja_ohjeet/Jatelainsaadanto) [Viitattu 27.8.2018]

Ympäristöministeriö. 2018. Kierrätyksestä kiertotalouteen. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY\\_01\\_18\\_FI\\_Kierratyksesta\\_kiertotalouteen.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY_01_18_FI_Kierratyksesta_kiertotalouteen.pdf?sequence=4&isAllowed=y) [Viitattu 26.8.2018]

Ympäristönsuojelulaki. 1.9.2014/527

Kaavio luokkien A, B ja C todentamisjärjestyksestä. (VTT)

