

Opinnäytetyö (AMK)
Energia- ja ympäristötekniikka
2021

Ville Lehtimäki

AB-KIERRÄTYSPUUN LAADUNKARTOITUS EKOPARTNERIT TURKU OY:LLE



Ville Lehtimäki

AB-KIERRÄTYSPUUN LAADUNKARTOITUS EKOPARTNERIT TURKU OY:LLE

[Click here to enter text.](#)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Ekopartnerit Turku Oy:lle saapuvan AB-kierrätyspuun tämänhetkinen laatu, minkälaisia epäpuhtauksia kierrätyspuukuormissa pääasiassa on ja miltä asiakkaalta epäpuhtaat kuormat tulevat. Työ tehtiin toimeksiantajan pyynnöstä, koska tiedossa oli epäpuhtauksien määrän olevan huomattavan suuri, mutta niiden tarkkaa määrää tai toimittajaa ei ollut tiedossa. Kuormien joukossa saapuvien epäpuhtauksien määrä selvitettiin, jotta saatiin kokonaiskuva kuormien laadusta. Epäpuhtien kuormien toimittaja oli tärkeä selvittää, että voitiin yhdistää, saapuko epäpuhtas kuorma usein samalta asiakkaalta ja näin ollen kyseiseen asiakkaaseen voitiin olla yhteydessä toimenpiteistä epäpuhtauksien poistamiseen jo kuorman syntypaikalla. Asiakkaille lähetettiin epäpuhtaasta kuormasta reklamaatio, joka yleensä sisälsi veloituksen työkonetunneista tai jätelajin vaihdosta. Työ alkoi 2,5 kuukauden mittaisella tarkkailujaksolla, jonka aikana yritykseen tuli 957 kuormaa kierrätyspuuta, joiden sisältämät epäpuhtaudet dokumentoitiin Excel-taulukkoon.

Työssä käydään myös läpi kierrätyspuun käyttöä energianlähteenä, laadunhallintaa, sekä tarkemmin minkälaisia laatuvaatimuksia kierrätyspuun käyttäminen polttoaineena vaatii. Seurantajakson aikana saapuneista kuormista 7,1 % reklamoitiin, joka tarkoittaa 63 reklamaatioita. Selvisi, että näistä 63 epäpuhtaasta kuormasta 62 % toi sama yritys. Yli puolet (55 %) reklamaatioista lähetettiin liiallisen muovin määrän vuoksi.

ASIASANAT:

Kierrätyspuu, biopolttoaine, laadunhallinta, näytteenotto

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Energy and environmental engineering
2021 | 36 pages, 3 pages in appendices

Ville Lehtimäki

QUALITY MAPPING OF AB RECYCLED WOOD IN EKOPARTNERIT TURKU OY

The thesis investigates recycled wood at Ekopartnerit Turku Oy. The main purpose of this thesis was to examine the current quality of recycled wood, inspect the impurities found in the loads of AB recycled wood and also, to keep track of the suppliers who deliver the loads. The company was aware of the notable number of impurities but there was a gap in the information on the exact amount and supplier of each load of wood produce. It was of paramount importance to connect the impure load with the supplier in order to see if this particular supplier often delivers impure loads. Action could then be taken instantly when the wood load is delivered to Ekopartnerit Turku Oy. The supplier of an impure load receives a complaint, which includes a charge for the hourly use of power tools or the change of waste category. The job began with a 2,5-month observance period, during which the company received 957 loads of recycled wood. The impurities of the loads were documented on an excel sheet.

The thesis discusses the use of recycled wood as an energy source, quality control on a general level and also, the quality demands of recycled wood when used as fuel. A complaint was filed for 7,1 % of the incoming loads that arrived during the observance period, which concludes in 63 complaints. As a result, it was discovered that out of the 63 impure loads of wood, 62% was delivered by the same supplier.

KEYWORDS:

recycled wood, biofuel, quality control, sampling

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 KIERRÄTYSPUU	9
2.1 Puumateriaali kierrätyspolttoaineena	9
2.2 Kierrätyspuun ominaisuudet poltettaessa	10
2.2.1 Kosteus	11
2.2.2 Lämpöarvo	12
2.2.3 Tuhka	13
2.3 Kierrätyspuun murskaus	14
3 KIERRÄTYSPUUN LAADUNHALLINTA	17
3.1 Laadun määrittelyryhmät	17
3.2 Kierrätyspuun laatumääritelmät	18
4 KIERRÄTYSPUUN LAADUNKARTOITUS	20
4.1 Kierrätyspuun määrät	20
4.2 Laadunvalvontataulukko	21
4.3 Kierrätyspuukuormien reklamaatiot	23
4.4 Laadunhallintaprosessi yrityksessä	25
5 KIERRÄTYSPUUN NÄYTTEENOTTO	27
5.1 Näytteenotto	27
5.2 Näytteenottoprosessi yrityksessä	28
5.3 Laboratorioanalyysit kierrätyspuusta	30
6 YHTEENVETO JA POHDINTA	32
LÄHTEET	34

KAAVAT

Kaava 1. Kosteuden määrittämiseen käytettävä laskukaava. (Alakangas, 2016.)	12
Kaava 2. Laskukaava teholliselle lämpöarvolle (Alakangas ym., 2016)	13

KUVAT

Kuva 1. Kiinteiden puupolttoaineiden osuudet vuosina 2000 – 2020. (Luonnonvarakeskus, 2020.)	10
Kuva 2. Ominaisuudet puuhakkeen ja -murskeen luokittelulle (Alakangas ym., 2014).	11
Kuva 3. Esimerkkikuva murskausprosessista mobiilimurskaimella.	15
Kuva 4. Hyvälaatuinen kierrätyspuuhake. Hyvänlaatuisen siitä tekee tasainen palakoko ja vähäiset epäpuhtaudet, kuten muovit tai metallit.	15
Kuva 5. Käytöstäpoistettujen puutuotteiden luokittelu. (Alakangas ym., 2014).	19
Kuva 6. Vastaanotetun kierrätyspuun varastokasa.	21
Kuva 7. Esimerkkikuva epäpuhtaasta kierrätyspuukuormasta, joka sisälsi huomattavan määrän muovia.	24
Kuva 8. Reklamaatioiden syyt prosentteina.	25
Kuva 9. Laadunhallinnan prosessikaavio.	26
Kuva 10. Näytteenottoa havainnollistava kuva. Kuvassa punaiset ympyrät edustavat näytteenottoaikoja ja musta poikkiviiva aluetta, josta ei saa ottaa näytettä.	29
Kuva 11. Näytteen jakaminen tasaeriksi. Muokattu (Alakangas ym., 2014) julkaisemasta kuvasta.	29
Kuva 12. Asfaltille levitetty näyte dokumentointia varten.	30

TAULUKOT

Taulukko 1. Seurantajakson ajaksi kehitetty laadunvalvontataulukko.	23
---	----

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys
Kierrätyspuu	Energiantuotannossa käytettävä kierrätysmateriaali
Kiinteä kierrätyspolttoaine	Jätteestä tuotettua polttoainetta
Kokoomanäyte	Kokoomanäytteeseen yhdistetään useampi osanäyte
Lämpöarvo	Täydellisessä palamisessa syntyvän lämpöenergian määrä
mg/kg	Milligrammaa yhtä kilogrammaa kohden
mm	Millimetri
Tekninen analyysi	Teknisestä analyysistä selviää polttoaineen ominaisuudet

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Ekopartnerit Turku Oy:lle asiakkailta saapuvan AB-kierrätyspuun laatu ja käydä läpi AB-kierrätyspuun käyttämistä kierrätyspolttoaineena, kierrätyspuun laadunhallintaa sekä näytteenottoa. AB-kierrätyspuulla tarkoitetaan käytöstä poistettua puujätettä, joka koostuu käsittelemättömästä puusta, kuormalavoista, puretuista betonilautoista, oksista ja risuista. Yrityksen ongelmana oli ennen työn alkua kierrätyspuukuormien joukossa tulevat epäpuhtaudet, jotka murskauksen jälkeen päätyvät valmiiseen lopputuotteeseen huonontaan sen laatua. Opinnäytetyössä selvitetään, kuinka paljon epäpuhtauksia asiakkailta tulee, miltä yrityksiltä ne pääasiassa tulevat ja mitä epäpuhtaat kuormat sisältävät. Työssä esitellään myös muutamia teollisuudesta jo tuttuja laadunhallintatyökaluja sekä kerrotaan kierrätyspuun ominaisuuksista energianlähteenä. Kierrätyspuusta säännöllisesti lähetettyjen kokoomanäytteiden laboratorioanalyysistä puretaan työn aikana ja käydään läpi niistä selvinneitä tuloksia ja ongelma-kohtia.

Opinnäytetyöhön sisältyy noin 2,5 kuukauden mittainen seurantajakso, jonka tarkoituksena oli tarkkailla yritykseen saapuvia kierrätyspuukuormia. Tarkkailujakson ajalle luotiin Excel-taulukko, johon merkattiin kaikki asiakkaille lähetetyt reklamaatiot kierrätyspuukuormista, mikäli asiakkaan tuoma kuorma sisälsi jotain sinne kuulumatonta materiaalia. Kyseinen noin 10 viikon otanta edustaa yritykseen tulevan kierrätyspuun laatua. Opinnäytetyötä varten löytyi yritykseltä jo ennestään esimerkiksi yrityksen käyttöön tarkoitettu laadunhallintakäsikirja, sekä laboratorioon lähetettyjen kierrätyspuuhakenäytteiden tutkimustuloksia.

Toimeksiantajana toimi Ekopartnerit Turku Oy, joka on Turun alueella toimiva jäte- ja ympäristöhuollon palveluja tarjoava yritys. Yrityksen päätavoitteena on ohjata materiaalit kierrätykseen tai energiahyötykäyttöön ja tätä kautta minimoida jätteiden loppusijoittaminen.

Opinnäytetyön luvussa 2 käsitellään kierrätyspuuta polttoaineena sekä sen ominaisuuksista kosteutta, lämpöarvoa sekä tuhkaa. Luvussa 3 esitellään laadun määrittelyryhmiä, laadunhallinnassa käytettäviä työkaluja sekä kerrotaan, miten kierrätyspuu jaetaan A-, B-, C- tai D-luokan kierrätyspuuksi. Luvussa 4 kerrotaan opinnäytetyöhön liittyvästä 2,5

kuukauden seurantajaksosta, kierrätyspuukuormien laadun kartoittamisesta sekä minkälaisia epäpuhtauksia asiakkaiden kuormat sisälsivät. Luku 5 käsittelee näytteenottoa ja siihen liittyviä ohjeistuksia sekä standardeja näytteenotto paikalla ja laboratoriossa. Luvussa käydään läpi myös, minkälainen on Ekopartnereiden näytteenotto prosessi.

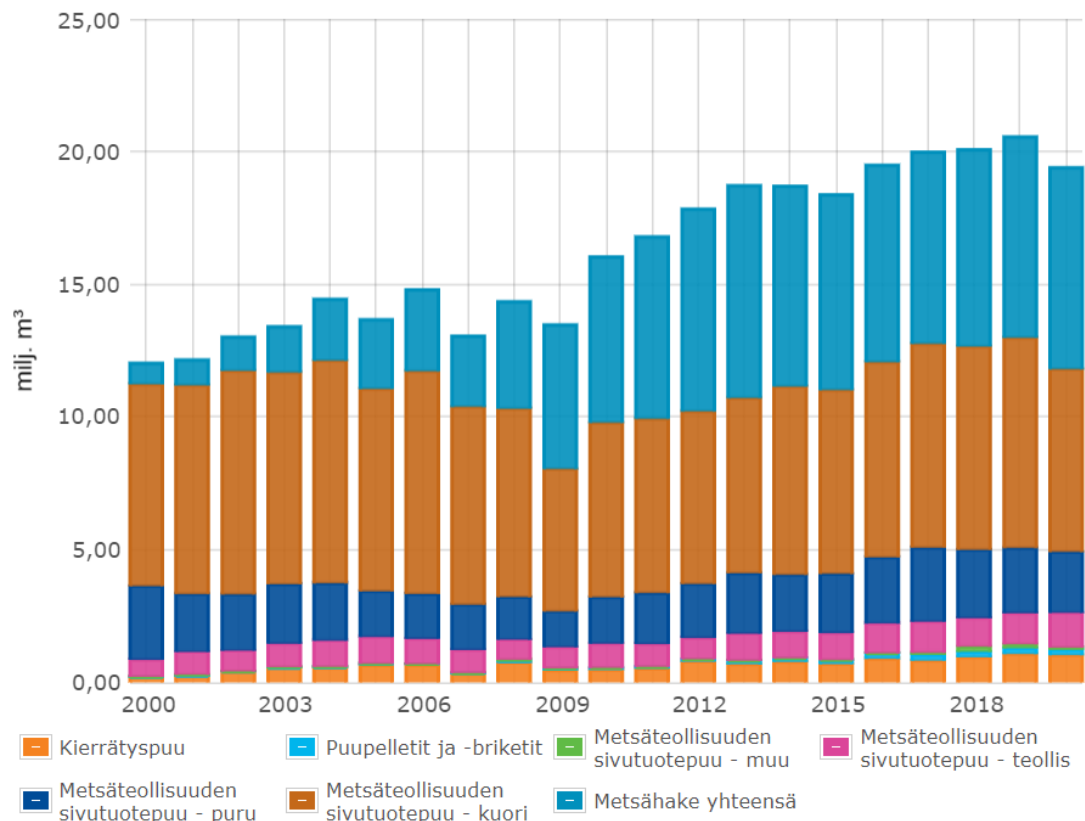
2 KIERRÄTYSPUU

Tässä luvussa käsitellään kiinteitä kierrätyspolttoaineita sekä tarkemmin kierrätyspuuta energianlähteenä. Luvussa kerrotaan kierrätyspuun ominaisuuksista ja minkälaisia asioita tulee ottaa huomioon, kun kierrätyspuusta tuotetaan energiaa. Suomessa kierrätyspuun osuus vuonna 2020 käytetyistä puupolttoaineista oli 5,1 % (Luonnonvarakeskus, 2020).

2.1 Puumateriaali kierrätyspolttoaineena

Jätteestä tuotettua polttoainetta kutsutaan tavanomaisesti kiinteäksi kierrätyspolttoaineeksi, joka voi olla peräisin esimerkiksi rakennus- ja purkutyömailta tai vaikka kauppojen pahvipuristimista. Kiinteän kierrätyspolttoaineen käyttö tapahtuu jätteenpoltoasetuksen (151/2013) mukaisissa laitoksissa. (Alakangas ym., 2014.)

Kierrätyspuu on käytöstä poistettua puumateriaalia, jota hyödynnetään kierrätyspolttoaineena energiantuotannossa. Kuvasta 1 käy ilmi vuosien 2000–2020 kiinteiden puupolttoaineiden osuudet lämpö- ja voimalaitoksissa. Vuonna 2020 Suomen lämpö- ja voimalaitoksissa käytettiin 19,5 miljoonaa kiintokuutiometriä puupolttoaineita, joka vastaa energiasisällöltään 37,6 terawattituntia. Kierrätyspuuta vuoden 2020 puupolttoaineista oli 1,0 miljoonaa kiintokuutiometriä, joka on 5,1 % vuoden kokonaismäärästä. Puupolttoaineista vuonna 2020 suurin osa koostui metsähakkeesta, jota poltettiin 7,6 miljoonaa kiintokuutiometriä, sekä metsäteollisuuden sivutuote- ja jätetuusta, jota paloi 10,6 miljoonaa kiintokuutiometriä. (Luonnonvarakeskus, 2020.)



Kuva 1. Kiinteiden puupolttoaineiden osuudet vuosina 2000–2020. (Luonnonvarakeskus, 2020.)

2.2 Kierrätyspuun ominaisuudet poltettaessa

Kierrätyspuun ominaisuuksista oleellisimpina pidetään teknistä analyysia, joka sisältää kosteuden, lämpöarvon, poltettaessa haihtuvat aineet sekä tuhkan sulamiskäyttäytymisen. Tekninen analyysi ja lämpöarvomääritelmä ovat ominaisuuksista oleellisimpia, koska ne yhdessä antavat pohjan kierrätyspolttoaineen myymiselle. (Alakangas ym., 2016.)

Kierrätyspuuhake ja -murske voidaan määritellä kolmella eri tavalla niiden ominaisuuksien mukaan. Ensimmäisenä on velvoittavat ominaisuudet, joita on raaka-aine, palakoko ja kosteus eli toisin sanoen fyysiset ominaisuudet. Toisena vaihtoehtona on kemialliset ominaisuudet ja silloin ilmoitetaan muun muassa typpi- ja klooriarvot sekä muut kemialliset yhdisteet. Kolmantena on opastavat ominaisuudet eli tehollinen lämpöarvo, irtotiheys sekä tuhkan sulamiskäyttäytymien. Näitä ominaisuuksia ei ole pakko ilmoittaa,

mutta ne suositellaan kuitenkin ilmoitettavaksi. (Alakangas ym., 2016.) Kuva 2 havainnollistaa vielä edellä mainitut asiat.

Velvoittavat ominaisuudet (pakollisia, määriteltävä aina)
Raaka-aine Palakoko (mitat) Kosteus, M (p-% kuiva-aineessa)
Velvoittavat ominaisuudet (pakollisia ainoastaan kemiallisesti käsitellylle biomassalle)
Typpi, N (p-% kuiva-aineessa) Kloori, Cl (p-% kuiva-aineessa)
Opastavat ominaisuudet (vapaaehtoisia, mutta suositellaan ilmoitettavaksi)
Tehollinen lämpöarvo, Q (MJ/kg tai kWh/kg saapumistilassa) Irtotiheys, BD (kg/m ³ saapumistilassa) Tuhkansulamiskäyttäytyminen (°C)

Kuva 2. Ominaisuudet puuhakkeen ja -murskeen luokittelulle (Alakangas ym., 2014).

Seuraavissa alaluvuissa esittelen ominaisuuksista kosteutta, lämpöarvoa ja tuhkaa tarkemmin.

2.2.1 Kosteus

Puupolttoaineita käytettäessä ominaisuuksista yhtenä tärkeimpänä pidetään puun kosteutta eli polttoaineen sisältämää vesimäärää prosenttiyksikköinä. Kosteuden tulisi olla polttolaitoksesta riippuen noin 40 %, koska se vaikuttaa polttolaitoksilla päästöihin, teholliseen lämpöarvoon, polttoaineen käsittelyyn laitoksella, sekä se vaikuttaa myös kuljetuskustannuksiin kosteuden nostaessa polttoaineen painoa huomattavasti. (Alakangas ym., 2016).

Kiinteiden biopolttoaineiden tapauksessa kosteuden mittaukseen käytetään SFS-EN ISO 18134 -standardin mukaista uunikuivausmenetelmää. Uunikuivausmenetelmässä tutkittava materiaali murskataan alle 31,5 millimetrin palakokoon, joka on ennalta määrätty maksimipalakoko. Tutkittavan materiaalin toimenpiteet, esimerkiksi edellä mainittu murskaus tai materiaalin sekoitus, on tehtävä aina huolellisesti, mutta kuitenkin nopeasti, ettei materiaali ehdi kuivumaan ennen kosteuden mittaamista ja näin ollen anna väärää kuvaa materiaalin oikeasta kosteudesta saapumistilassa. (Alakangas ym., 2016.)

Tutkittava materiaali punnitaan ennen kuivauksen aloittamista, minkä jälkeen se asetetaan välittömästi kuivatuskaappiin (105±2 °C). Materiaalia kuivatetaan niin kauan,

kunnes sen paino ei enää muutu 60 minuutin aikana 0,2 p-% enempää. Yleensä 16 tunnin kuivausaika on riittävä. Tämän jälkeen näyte pitää punnita välittömästi uudelleen, kun se otetaan pois kaapista. (Alakangas ym., 2016). Kaavaa 1 käytetään kierrätyspuun sisältämän kosteuden määrittämiseen.

Kaava 1. Kosteuden määrittämiseen käytettävä laskukaava. (Alakangas, 2016.)

$$M_{ar} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

jossa

M_{ar}	kosteus saapumistilassa, p-%
m_1	tyhjän kuivausastian paino, g
m_2	kuivausastian ja näytteen yhteispaino ennen kuivausta, g
m_3	kuivausastian ja näytteen yhteispaino kuivauksen jälkeen, g

2.2.2 Lämpöarvo

Lämpöarvo on lukema, joka kertoo täydellisessä palamisessa syntyvän lämpöenergian määrän poltettua massaa kohti. Lämpöarvo voidaan ilmoittaa kolmessa eri muodossa, jotka ovat kalometrinen lämpöarvo, kuiva-aineen lämpöarvo sekä lämpöarvo saapumistilassa. Lämpöarvo ilmoitetaan kiinteissä ja nestemäisissä polttoaineissa yleensä megajouleina polttoainekiloa kohden eli MJ/kg. (Alakangas ym., 2016.)

Kalometrinen lämpöarvo on yleensä muita lämpöarvoja suurempi luku, koska se sisältää vedyn palamistuotteena syntyvän veden sekä materiaalin sisältämän kosteuden höyrystymisenergian. Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa on yleisemmin käytössä oleva tapa ilmoittaa polttoaineen lämpöarvo, joka saadaan kalometrisesta lämpöarvosta laskukaavan avulla. Tässä lämpöarvossa otetaan huomioon energia, joka syntyy veden höyrystymisestä. Kierrätyspuussa tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa on yleensä vaihteluvälillä 18,5-20MJ/kg. (Alakangas ym., 2016.) Kaavasta 2 käy ilmi kuinka tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa saadaan, kun kalometrisen lämpöarvon tulos on selvillä.

Kaava 2. Laskukaava teholliselle lämpöarvolle (Alakangas ym., 2016)

$$q_{p,net,d} = q_{v,gr,d} - 212,2 \times w(H)_d - 0,8 \times [w(O)_d + w(N)_d]$$

jossa

$q_{p,net,d}$ kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo vakiopaineessa, J/g tai kJ/kg

$q_{v,gr,d}$ kuiva-aineen kalorimetrinen lämpöarvo vakiotilavuudessa, J/g tai kJ/kg

$w(H)_d$ vetypitoisuus kuivassa biopolttoaineessa (sisältäen vedyn mineraaliaineksen hydraatioveden sekä polttoaineen sisältämän vedyn), p-%

$w(O)_d$ happipitoisuus kuivassa polttoaineessa, p-%

$w(N)_d$ typpipitoisuus kuivassa polttoaineessa, p-%

Huomaa $[w(O)_d + w(N)_d]$ voidaan laskea vähentämällä 100 p-%:sta polttoaineen tuhka-, hiili-, vety- ja rikkipitoisuus kuiva-aineessa (p-%).

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on matalin lämpöarvo näistä kolmesta ja sen mukaan polttoaine myydään asiakkaalle. Siitä poistetaan se energiamäärä, joka kuluu polttoaineen sisältämän kosteuden ja poltettaessa syntyvän veden haihtumiseen. (Alakangas ym., 2016.)

2.2.3 Tuhka

Tuhka on polttamisesta jäljelle jäävä epäorgaanisen aineen massa, joka ilmoitetaan yksiköllä p-% kuiva-aineesta. Tuhkan koostumus riippuu poltettavan aineen mineraalikoostumuksesta ja se vaikuttaa tuhkan sulamisominaisuuksiin. Polttamisesta syntyvän tuhkan sulamiskäyttäytyminen on oleellinen osa polttolaitteiden kunnossapidon osalta, sillä tuhkan sulamiskäyttäytyminen vaikuttaa polttolaitteiden likaantumiseen, kuonaantumiseen sekä sintraantumiseen. Biomassoja poltettaessa ongelmia aiheuttavat yleisimmin korkeat natriumsulfaatti-, natriumkloridi-, kaliumkloridi- sekä kaliumsulfaattipitoisuudet. (Alakangas ym., 2014; Hirvonen 2018.)

Kierrätyspuun laadulliset ominaisuudet vaikuttavat tuhkan koostumukseen. Kierrätyspuun sisältämät mahdolliset epäorgaaniset epäpuhtaudet, kuten kivet, maa-aines ja metallit jäävät tuhkaan poltettaessa. Jos tuhkassa on paljon epäpuhtauksia, sen

jatkokäyttömahdollisuudet rajoittuvat. Yleisimpiä jatkokäyttömahdollisuuksia tuhkalle ovat lannoite- ja maanrakennuskäyttö. (Luomi, 2021).

2.3 Kierrätyspuun murskaus

Murskaus on laadun kannalta kriittinen prosessi polttoon päätyvän kierrätyspuun valmistuksessa. Mikäli murskaus tehdään huolimattomasti tai väärällä kalustolla voi laadukaastakin syötteestä tehdä huonolaatuista mursketta. Murskauksia tehdään Suomessa kiinteillä murskaimilla sekä mobiilimurskaimilla. Kiinteä murskain tarkoittaa, että syöte kuljetetaan linjaston luo. Se on kuitenkin yritykselle kallis investointi ja sen vuoksi murskaus otetaan yleensä ulkopuoliselta toimijalta mobiilimurskaimella paikan päällä tehtynä. Kiinteä murskaimen tuottama laatu on tasaisen hyvää, koska se sisältää yleensä useamman magneetin, sekä ei-magneettisia metalleja poistavan pyörrevirtaerottimen, jotka yhdessä poistavat metalleja syötteestä eikä ne näin ollen päädy polttoon ja aiheuta vaurioita polttokattioissa. Mobiilimurskainta käytetään silloin, kun materiaalia on pieniä määriä tai sitä on useammassa paikassa, jolloin kiinteään linjastoon ei ole järkevää kustannussyistä investoida. (Luomi, 2021.)

Murskatessa tärkeässä roolissa laadullisesti on murskaimen säädöt eli syöttönopeus, joka vaihtelee kymmenestä jopa sataan tonniin tunnissa sekä hakepatjan paksuus kuljettimella, jossa magneetti poistaa syötteestä metalleja. Myös magneettien määrä, niiden teho sekä etäisyys kuljettimesta vaikuttaa läpi kulkevan materiaalin vierasainepitoisuuksiin. (Luomi, 2021.) Kuvista 3 ja 4 käy ilmi minkälaisella kalustolla murskaus voi esimerkiksi tapahtua ja miltä näyttää hyvänlaatuinen kierrätyspuuhake.



Kuva 3. Esimerkkikuva murskausprosessista mobiilmurskaimella.



Kuva 4. Hyvälaatuinen kierrätyspuuhake. Hyvänlaatuisen siitä tekee tasainen palakoko ja vähäiset epäpuhtaudet, kuten muovit tai metallit.

Kierrätyspuun yleisin käytetty palakoon määritelmä P63 tarkoittaa, että materiaalista 75 p-% pitää olla kooltaan 8–63 mm, ≤ 5 p-% saa olla yli 100 mm ja kaiken materiaalin pitää olla alle 300*50*35 mm kokoista. Hienoainesta ($< 3,15$ mm) saa olla materiaalista enintään 6 p-%. Kosteus ja vierasainepitoisuuksien rajat eivät ole kaikilla samat vaan ne ovat laitoskohtaisia. Esimerkiksi joissakin laitoksissa vierasaineiden raja-arvo on 0,1 p-%, kun taas toisessa se voi olla jopa 2 p-% eli 20 kertaa suurempi. Uudemmissa suuremman kokoluokan laitoksissa on yleistynyt In-Ray-röntgenskanauus, jossa kuljettimessa on kiinteänä röntgenlaite, joka mittaa aineen tiheyttä ja siten tunnistaa joukkoon kuulumattomia vieraskappaleita. Röntgenlaite voi tarvittaessa jopa pysäyttää kuljettimet huomattaessaan jotakin sinne kuulumatonta. Kuitenkaan kaikilla laitoksilla ei ole kykyä seurata saapuvan materiaalin vierasainepitoisuuksia muuten kuin havainnoimalla sitä silmämääräisesti hakkeesta tai tuhkan seasta paljastuvista palamattomista materiaaleista, kuten kivistä. (Luomi, 2021.)

3 KIERRÄTYSPUUN LAADUNHALLINTA

Laadulla tarkoitetaan standardin ISO 9000 mukaan sitä, kuinka hyvin tuotteelta vaaditut ominaisuudet täyttyvät. Laadun voi jakaa karkeasti viiteen eri määrittelyryhmään, jotka ovat tuoteperusteinen määrittely, tuotantoperusteinen määrittely, rahallinen arvoperusteinen määrittely, reaalitaloudellinen arvoperusteinen määrittely sekä heuristinen ja myyttinen määrittely (Anttila & Jussila, 2016). Tässä luvussa esitellään edellä mainitut viisi määrittelyryhmää sekä kierrätyspuun kohdalla sovellettavia laatumääritelmiä.

3.1 Laadun määrittelyryhmät

Edellisessä kappaleessa mainitut viisi määrittelyryhmää laadulle eivät ole tarkkoja rajoituksia, vaan niitä voidaan pitää suuntaa antavina määrittelyinä. Tuoteperusteisessa määrittelyssä on usein kyse siitä, että jokin tuote valmistetaan laadukkaammista raaka-aineista laadukkaammalla tuotannolla, kuin jokin toinen kilpaileva tuote, jolloin korkealaatuisemmasta tuotteesta voidaan pyytää korkeampaa hintaa. Tuotantoperusteinen määrittely tarkoittaa sitä, kuinka hyvin tuotteen valmistuksessa onnistutaan täyttämään tuotteelle määrättyt ominaisuudet. (Anttila & Jussila, 2016.)

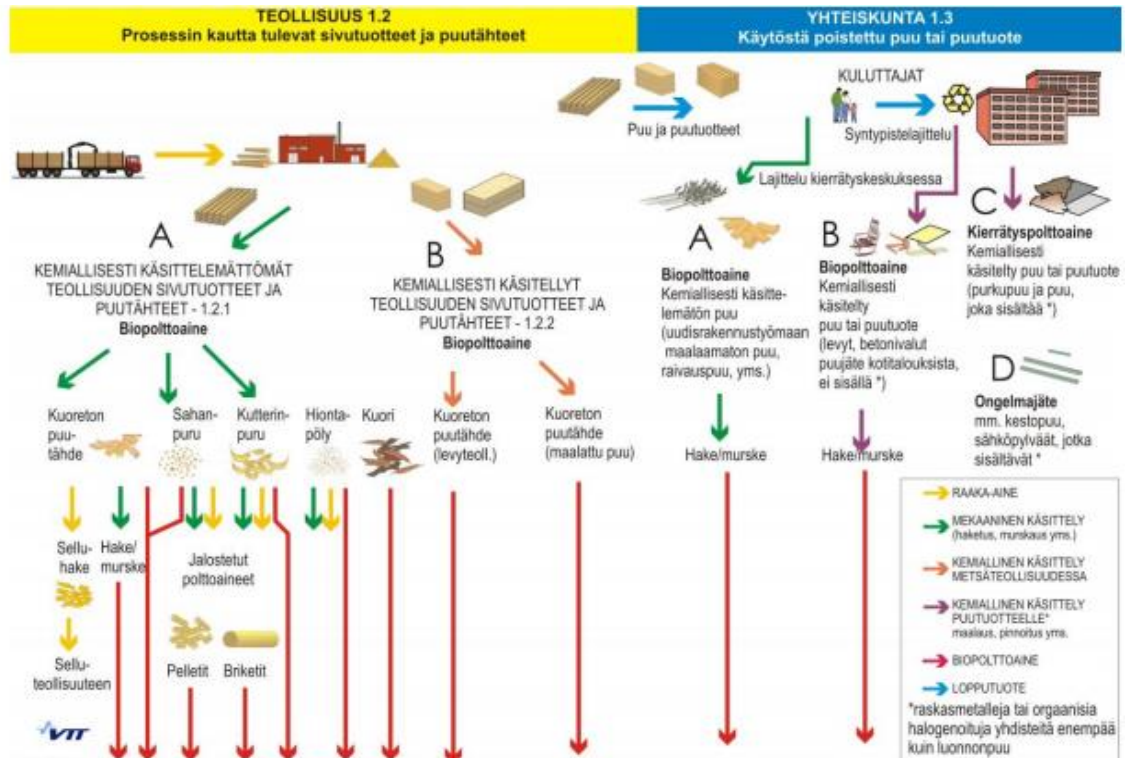
Rahallinen arvoperusteinen määrittely tarkoittaa tuotteen arvon ja laadun suhdetta toisiinsa eli kuinka paljon laadukkaista materiaaleista ja laadukkaalla tuotannolla valmistettu tuote kerää jalostusarvoa. Esimerkiksi hyvän laaduisesta kierrätyspuusta asiakas on valmis maksamaan yleensä enemmän, koska suuret vierasainemäärät aiheuttavat polttolaitoksille kunnossapitokuluja ja lisäksi lyhentävät laitteiden käyttöikää kuluttamalla niitä. Reaalitaloudellinen arvopohjainen määrittely on sitä, kuinka hyvin tuote täyttää asiakkaan/käyttäjän tarpeet ja odotukset koko tuotteen elinkaaren ajan. Heuristinen ja myyttinen määrittely tarkoittaa ihmisen omaa ymmärrystä laadusta eikä siinä ole yhtä tiettyä linjausta mitä laatu on, vaan jokaisella on siitä oma näkemyksensä. (Anttila & Jussila, 2016.)

Yrityksen toiminnan tai tuotteen laadun parantamiseksi ei ole yhtä ainoaa oikeaa tapaa, vaan yrityksessä tulee kokeilla useita eri tapoja parhaiden keinojen löytämiseksi. Yleisimmin käytössä olevia laadunhallintatyökaluja ovat tilastollinen prosessien

laadunhallinta sekä tilastollinen laadunhallinta. Edellä mainittujen keinojen avulla yritys saa pienellä vaivalla vertailukelpoista dataa laadun sen hetkisestä tilasta. Laadun parantamiseksi löytyy myös muita käyttökelpoisia menetelmiä, kuten tarkistuslistat, työnkulukaaviot ja aivoriivet. Kyseiset menetelmät toimivat laadunseurannassa ja esimerkiksi aivoriiven avulla voidaan saada kehitysideoita siihen osallistuvilta tahoilta. (Kaurila & Laitinen, 2010, s. 28.)

3.2 Kierrätyspuun laatumääritelmät

Käytöstä poistettu puu jaetaan neljään luokkaan A, B, C ja D. Jokaisella edellä mainitulla luokalla on omat määritelmänsä. A- ja B-luokan puu määritellään kiinteäksi biopoltoaineksi ja niiden kohdalla ei sovelleta jätteenpoltoasetusta. AB-luokan kierrätyspuun materiaali koostuu puhtaasta käsittelemättömästä puusta, kuormalavoista, puretuista betonilautoista, oksista ja risuista. Se saa sisältää enintään 10 % maalattua puuta, lastulevyä, vaneria tai kovalevyä. A- ja B-luokan kierrätyspuu kuuluvat standardiin SFS-EN ISO 17225–1. C-luokan kierrätyspuu sisältää orgaanisia halogenoituja yhdisteitä ja raskasmetalleja, mutta niitä ei ole käsitelty kyllästeaineilla. C-luokan kierrätyspuu kuuluu kierrätyspoltoaineisiin ja sen kohdalla sovelletaan jätteenpoltoasetuksia, se kuuluu standardiin SFS-EN 15359. D-luokan kierrätyspuu määritellään vaaralliseksi jätteeksi, koska se on käsitelty puunkyllästeaineella. (Alakangas 2014; Luomi, 2021). Kuvasta 5 käy ilmi käytöstä poistettujen puumateriaalinen luokittelu syntypaikalla A-, B-, C- tai D-luokan kierrätyspuuksi.



Kuva 5. Käytöstä poistettujen puutuotteiden luokittelu. (Alakangas ym., 2014).

Kierrätyspuuta vastaanotettaessa oletusarvona on, että asiakkaan tuoman kuorman sisältö on kokonaisuudessaan luvussa 3.2 mainittujen A tai B luokan mukaista puumateriaalia. Kuorma ei saa sisältää yhtään C tai D-luokan puuta eikä mitään muutaakaan materiaalia, kuin AB-luokan puuta. Mikäli kierrätyspuuksi ilmoitetussa kuormassa havaitaan huomattava määrä esimerkiksi muovia, metalleja tai puumateriaalia, joka kuuluu C tai D-luokkaan, niin asiakkaalle lähetetään kuorman eteen tehdyistä toimenpiteistä niiden mukainen reklamaatio.

4 KIERRÄTYSPUUN LAADUNKARTOITUS

Työn tarkoituksena oli selvittää Ekopartnereille saapuvan AB-kierrätyspuukuormien laatu sekä mitä epäpuhtauksia kuormien joukossa enimmäkseen tulee. Yrityksellä oli entuudestaan jo tiedossa, että asiakkailta saapuvissa kierrätyspuukuormissa on epäpuhtauksia, mutta minkäänlaista aiempaa yhtäjaksoista seurantaa pelkälle kierrätyspuulle ei ole ollut. Kesällä 2021 suoritettiin 2,5 kuukauden mittainen seurantajakso, jonka aikana tarkoituksena oli tarkastaa jokainen asiakkaalta saapuva kierrätyspuukuorma ja kirjata ylös sekä reklamoida asiakasta, mikäli kuorma sisälsi jotakin kierrätyspuun joukkoon kuulumatonta materiaalia.

4.1 Kierrätyspuun määrät

Vuonna 2020 Ekopartnereille saapui noin 8000 tonnia kierrätyspuuta. Vuonna 2021 tammikuun ja heinäkuun välisenä aikana kierrätyspuuta tuli 5100 tonnia, joka on noin 900 tonnia enemmän kuin edeltävä vuonna samalla aikavälillä. 2,5 kuukauden seurantajakson aikana asiakkailta tuli 957 kuormaa kierrätyspuuta, joka on kiloina keskiarvoltaan noin 36 000 kg joka arkipäivä. Kierrätyspuulle on yrityksen alueella oma varastopaikka, jonne asiakkaat purkavat tuomansa kuorman. Varastokasassa puumateriaali säilytetään siihen asti, kunnes se murskataan hakkeeksi. Varastokasa on nähtävillä kuvasta 6.



Kuva 6. Vastaanotetun kierrätyspuun varastokasa.

Kuormien ja tonnimäärien perusteella voidaan päätellä kierrätyspuun volyymin Ekopartnereilla olevan todella korkea, jolloin onnistuneella laadunseurannalla voidaan vaikuttaa paljon polttolaitoksille lähtevän lopputuotteen laatuun.

4.2 Laadunvalvontataulukko

Opinnäytetyön ensimmäinen vaihe oli suunnitella laadunvalvontataulukko, jonka avulla kartoitetaan asiakkailta saapuvien kierrätyspuukuormien vierasaineiden määrä ja selvitetään, mitä kierrätyspuukasaan kuulumatonta materiaalia puukuormien joukossa tulee eniten. Jokainen seurantajakson aikana tontille saapunut kierrätyspuukuorma tarkastettiin joko omasta toimestani tai konekuski ilmoitti kierrätyspuukasan viereen ilmestyneestä epäilyttävästä kuormasta. Mikäli tarkastettu kuorma paljastui epäpuhtaaksi, niin sille etsittiin vaakajärjestelmästä ja alueella olevista kameroista sen tuonut asiakas. Asiakkaalle lähetettiin reklamaatio, joka sisälsi laskun epäpuhtauksien poistamiseen kuluista työkonetunneista tai laskun materiaalin jätelajin vaihtamisesta esimerkiksi purkujätteeksi, mikäli kuorma oli laadultaan kelvoton kierrätyspuuksi.

Yrityksellä oli valmiina reklamaatiolomake, mikä sisälsi kaiken tarpeellisen tiedon laadunvalvontataulukkoa varten, johon epäpuhtauksia sisältänyt kuorma kirjattiin sen jälkeen, kun reklamaatio oli lähetetty. Taulukkoon merkattiin reklamoidusta kuormasta seuraavia asioita: päivämäärä, kuorman tuonut yritys, asiakkaan ilmoittama jätelaji kuormaa tuodessa, reklamaation syy, jouduttiinko jätelaji vaihtamaan kuorman huonon laadun vuoksi, kuormaan kuluneet ylimääräiset työkonetunnit sekä lähetettiinkö reklamaatio asiakkaalle asti vai merkattiinko se vain seurantataulukkaan.

Taulukon avulla saatiin tarkkailujakson ajalta prosentuaalinen määrä siitä, kuinka usein asiakkaiden kuormat pitivät sisällään jotain muuta, kuin puhdasta AB-kierrätyspuuta. Taulukosta (Taulukko 1) voitiin seurantajakson jälkeen tehdä yhteenveto ja sen perusteella kehittää toimenpiteitä, joilla jatkossa kuormien laatua saataisiin parannettua.

Taulukko 1. Seurantajakson ajaksi kehitetty laadunvalvontataulukko, jonka avulla seurattiin reklamaatiomäärien muutosta prosentteina. Taulukosta selviää myös reklamaation syy.

Kuormien määrä	Reklamaatioiden määrä	%	Ylimääräiset työkonetunnit	Yritys A	Reklamaatiot	%
886	63	7,1	46,5	197	39	20
Päivämäärä	Asiakas	Ilmoitettu jätelaji	Reklamaation syy	Vaihdettiin jätelaji	Työkonetunnit	Lähetettiin reklamaatio
19.5.2021	Yritys B	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		Kyllä
20.5.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
20.5.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Villa	Ei		1 Kyllä
21.5.2021	Yritys C	Kierrätyspuu	Muovi	Kyllä		Kyllä
21.5.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
21.5.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
21.5.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
25.5.2021	Yritys D	Kierrätyspuu	Metalli	Ei		2 Kyllä
25.5.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
25.5.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
25.5.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
28.5.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
28.5.2021	Yritys A	kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
1.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
2.6.2021	Yritys E	Kierrätyspuu	Villa	Kyllä		Kyllä
2.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
3.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
3.6.2021	Yritys C	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		Ei
3.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
3.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
4.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muu	Ei		Kyllä
4.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Metalli	Kyllä		Kyllä
8.6.2021	Yritys F	Kierrätyspuu	Muu	Kyllä		1 Kyllä
8.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Metalli	Ei		1 Kyllä
8.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Metalli	Ei		1 Kyllä
8.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
8.6.2021	Yritys F	Kierrätyspuu	Muu	Kyllä		1 Kyllä
9.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Metalli	Ei		1 Kyllä
9.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
9.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei	0,5	Kyllä
10.2.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
14.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
14.6.2021	Yritys G	Kierrätyspuu	Muu	Ei	0,5	Kyllä
15.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
17.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
18.6.2021	Yritys H	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		Ei
19.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
21.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Metalli	Ei		1 Kyllä
22.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Metalli	Ei		1 Kyllä
22.6.2021	Yritys I	Kierrätyspuu	Muu	Kyllä		Kyllä
22.6.2021	Yritys I	Kierrätyspuu	Muu	Kyllä		Kyllä
22.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä
23.6.2021	Yritys A	Kierrätyspuu	Muovi	Ei		1 Kyllä

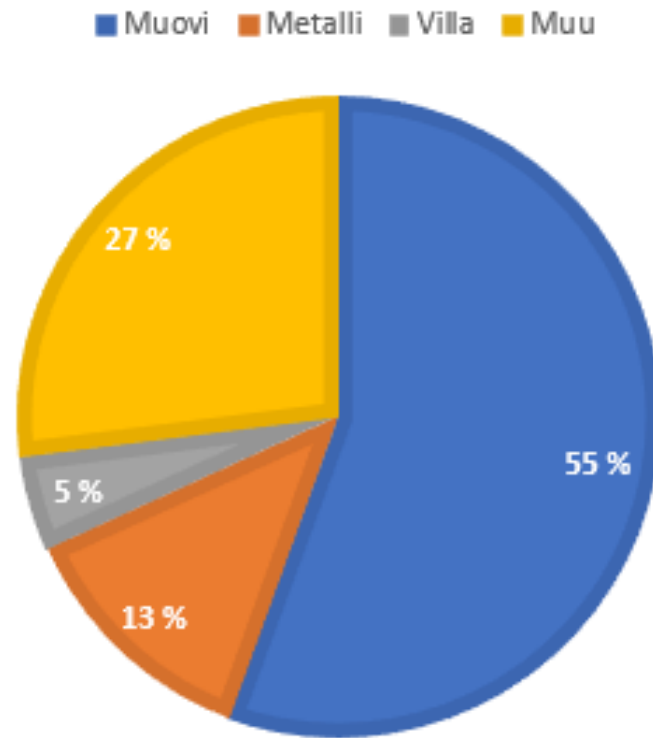
4.3 Kierrätyspuukuormien reklamaatiot

Kierrätyspuukuormista tehdyt reklamaatiot jaettiin neljään mahdolliseen vaihtoehtoon, jotka olivat muovi, metalli, villa ja muu. Ennen seurannan aloitusta oli jo selvillä, että todennäköisesti erilaiset muovit (kuva 7) tulevat olemaan suurimpana ongelmana kuormien sisällössä ja se epäily selvisikin todeksi nopeasti aloittamisen jälkeen.



Kuva 7. Esimerkkikuva epäpuhtaasta kierrätyspuukuormasta, joka sisälsi huomattavan määrän muovia.

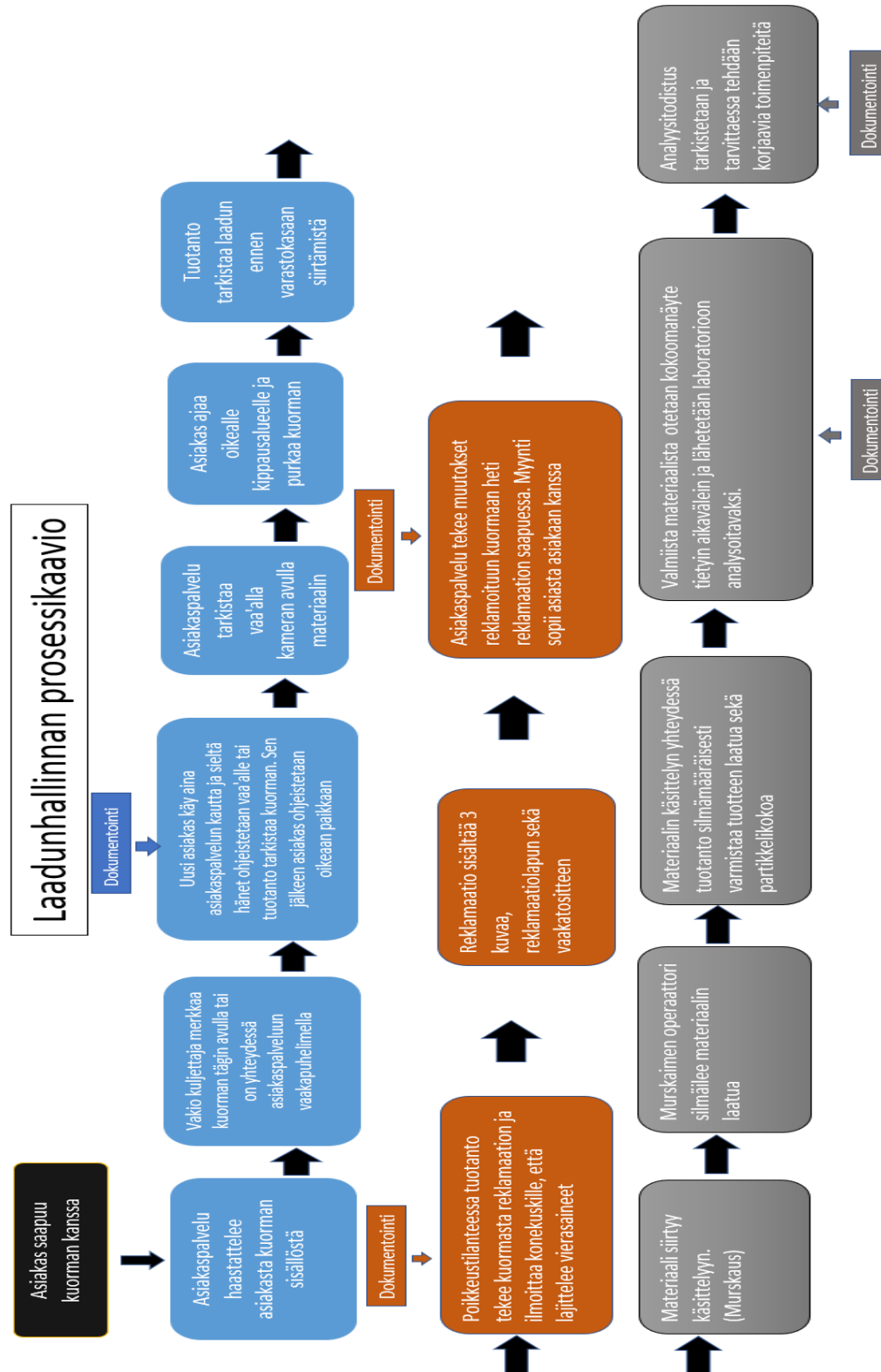
2,5 kuukauden mittaisen seurannan jälkeen reklamaatioita oli lähetetty yhteensä 63 kappaletta, joista 35 reklamaatiota (55 %) johtui liiallisesta muovin määrästä kuormassa. Yleensä kuormissa oleva muovi oli pakkausmuovia puisien pakkauslaatikoiden sisällä tai muovia oli trukkilavoissa kiinni. Toiseksi suurimpana reklamaatioiden syynä tuli ”muu” (27 %), johon sisältyi käytännössä kaikki muut materiaalit, jotka eivät ole erikseen vaihtoehtona reklamaation syyksi, kuten aerosolipullot, asfaltti, betoni, kipsilevy, verhoillut huonekalut sekä kyllästeaineella käsitelty puujäte. Erilaiset metallit, kuten alumiini ja ruostumaton teräs, sekä villa reklamaation syynä oli hieman harvinaisempia, mutta toisinaan niitäkin paljastui kuormista. Kuva 8 havainnollistaa reklamaatioiden prosenttijauman.



Kuva 8. Reklamaatioiden syyt prosentteina.

4.4 Laadunhallintaprosessi yrityksessä

Seurantajakson aikana luotiin saapuville kierrätyspuukuormille laadunhallinnanprosessikaavio, josta käy ilmi kuorman koko matka siitä hetkestä, kun se ilmoitetaan asiakaspalvelussa aina siihen pisteeseen, kun murskatusta hakkeesta otettujen kokoomanäytteiden laboratorioanalysejä tarkastellaan. Prosessikaavio on nähtävissä kuvasta 9.



Kuva 9. Laadunhallinnan prosessikaavio.

5 KIERRÄTYSPUUN NÄYTTEENOTTO

Tässä luvussa käsitellään kierrätyspuun näytteenottoa yleisesti sekä näytteenottoa prosessia Ekopartnereilla. Luvun tarkoituksena on kertoa, minkälaisia asioita tulee ottaa huomioon ja mitä standardeja käytetään, kun kierrätyspolttoaineesta lähdetään ottamaan näytettä. Näytteenotto on tärkeä osa laadunseurantaa, koska ainoastaan sen avulla saadaan selville polttoaineen lämpöarvo, kosteus tai kemialliset ominaisuudet. Luvussa käydään myös läpi, millä tavoin laboratoriohenkilökunnan tulee toimia näytettä käsitellessä.

5.1 Näytteenotto

Näytteenotto tarkoittaa, että suuresta erästä materiaalia irrotetaan pienempi analysoitavaksi soveltuva erä, jonka ominaisuudet vastaavat alkuperäisen materiaalierän ominaisuuksia. 80 % analyysitulosten virheistä arvioidaan tulevan näytteenotossa tapahtuvista asioista, joten on selvää miten tärkeää on panostaa näytteenoton laatuun, suorittaa se aivan suunnitelmien mukaisesti sekä joka kerta samalla tavalla, jotta analyysitulokset ovat vertailukelpoisia ja kertovat sen hetkisen laadun suunnan (Alakangas ym., 2016). Näytteenottosuunnitelma tehdään aina yrityskohtaisesti, mutta siihen tulee kuitenkin soveltaa standardeja SFS-EN ISO 18135:2017, sekä SFS-EN 14780:2017, jotka antavat yleisohjeistuksen pohjaksi näytteenotolle.

SFS-EN ISO 18135:2017-standardi ohjeistaa näytteenottosuunnitelman sekä näytteenottotodistuksen oikeaoppiseen tekemiseen. Se ohjeistaa myös tarkat tavat itse näytteenottoon suoraan raaka-aineen syntypaikalla, kuljetusvaiheessa tai varastointivaiheessa. Standardiin on listattu kiinteiden polttoaineiden ominaisuuksia, joihin sitä voidaan soveltaa. Edellä mainitut ominaisuudet ovat palakooltaan tasainen hienojakoinen materiaali (< 10 mm), palakooltaan epäsäännöllinen materiaali (< 200 mm), paaleihin pakattu heinä, palakooltaan iso materiaali (> 200 mm), paperituotannon sellu tai jokin vastaava kuitumainen tähde, metsästä kaadettu puu tai biomassa, joka on tiivistetty. (SFS 181125 2018, s. 9.)

SFS-EN 14780:2017-standardi antaa ohjeistuksen kiinteiden polttoaineiden kokoomänäytteen käsittelylle laboratoriossa. Standardi ohjeistaa laboratorion henkilökuntaa

pillkkomaan kokoomanäytteen pienemmiksi laboratorionäytteiksi tai laboratorionäytteen osanäytteeksi ja yleiseksi analyysinäytteeksi. Standardin kuvaamia menetelmiä käytetään esimerkiksi niissä tapauksissa, kun näytteestä mitataan ominaisuuksia, kuten lämpöarvoa, kosteutta tai tuhkapitoisuuksia. (SFS 14780:2017, s. 8.)

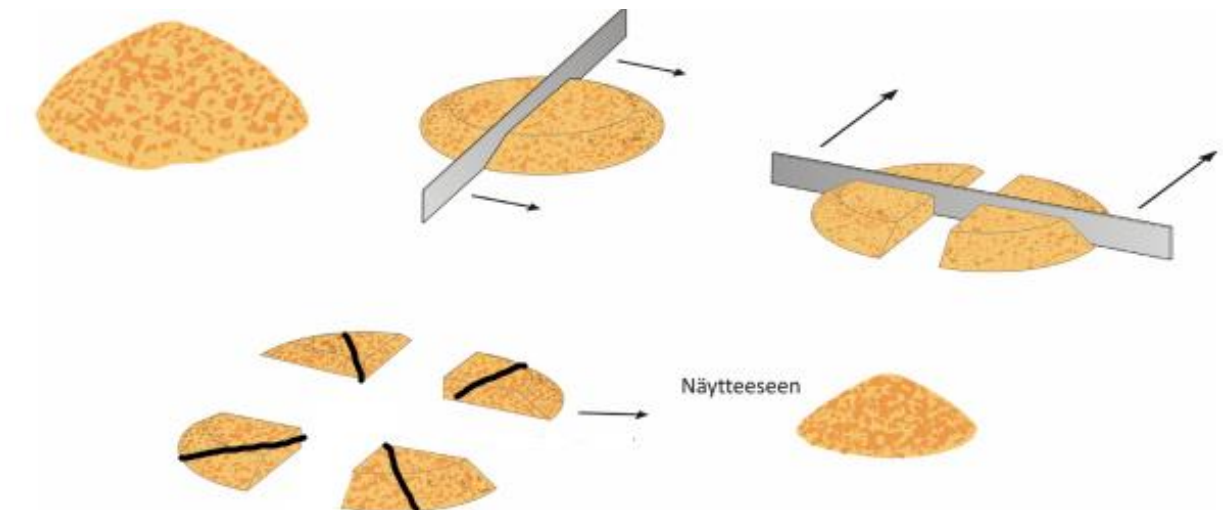
5.2 Näytteenotto prosessi yrityksessä

Ekopartnereilla ei ole käytössä kirjallista näytteenottosuunnitelmaa, mutta näytteenotto on kuitenkin hyvin suunniteltu ja se tehdään joka kerralla samalla tavalla, jotta jokainen tehty analyysi on varmasti samanlainen. Samanlaista näytteenottomenetelmää käyttämällä varmistetaan, että analyysituloksia voidaan pitää vertailukelpoisena toisiinsa nähden. Kaikki laboratorionäytteet kirjataan Excel-tilukseen talteen, jotta laadun kehittymistä tai huononemista edellisiin tuloksiin verrattuna voidaan seurata.

Näyte otetaan jokaisesta murskatusta erästä, joka tehdään noin 1000 tonnin välein tai vähintään kerran kolmessa kuukaudessa riippumatta siitä onko kierrätyspuuta murskattu lisää vai ei. Näytteenotto suoritetaan 10 litran kokoomanäytteenä (noin 5 kg), joka otetaan murskatusta hakekasasta kahdeksasta eri kohdasta kuitenkin ottamatta liian läheltä maata (kuva 10), tämän jälkeen näyte asetellaan puhtaalle asfaltille. Sen jälkeen, kun näyte on siirretty yhteen kasaan, se jaetaan neljäksi tasaeräksi, joista jokainen tasaerä jaetaan vielä puoliksi (kuva 11). Neljästä puoliksi jaetusta tasaerästä toinen puolikas siirretään laboratorioon lähtevään näyteämpäriin ja toinen yritykselle säilöön jäävään kopioämpäriin.



Kuva 10. Näytteenottoa havainnollistava kuva. Kuvassa punaiset ympyrät edustavat näytteenottopaikkoja ja musta poikkiviiva aluetta, josta ei saa ottaa näytettä.



Kuva 11. Näytteen jakaminen tasaeriksi. Muokattu (Alakangas ym., 2014) julkaisemasta kuvasta.

Mikäli laboratorioanalyysistä käy ilmi jonkin arvon olevan koholla, niin yrityksellä tallessa olevasta kopionäytteestä voidaan selvittää, minkälainen erä laboratorioon on lähetetty. Laadunseurantajakson aikana näytteenottoon lisättiin vielä dokumentointi kuvan muodossa. Kuva otetaan siinä vaiheessa, kun näyte on levitetty tasaiseksi kerrokseksi asfaltille ennen näyteämpäreihin siirtoa (kuva 12).



Kuva 12. Asfaltille levitetty näyte dokumentointia varten.

Näytteenoton jälkeen näyte lähetetään analysoitavaksi laboratorioon, joka tutkittuaan sen lähettää sähköpostitse raportin, mistä voidaan todeta materiaalin ominaisuuksia, kuten lämpöarvo, kosteus tai tuhkapitoisuuksia. Laboratorioanalyysistä selviää myös materiaalin kemialliset ominaisuudet esimerkiksi kloori-, typpi- tai rikki- pitoisuudet.

5.3 Laboratorioanalyysit kierrätyspuusta

Yritykseltä saatiin viimeaikaisia kierrätyspuunäytteiden laboratorioanalyyskejä, joista heidän toimestansa on kerätty ylös oleellisia tuloksia. Laboratorioanalyysistä käy ilmi, että näytteissä koholla olevia arvoja ovat typpi- sekä sinkkiarvot. Mikäli kyseisten yhdisteiden määrät polttoaineessa ovat raja-arvoja suurempia, on todennäköistä, että

laitoksen polttoprosessi häiriintyy. Esimerkiksi leijupetikattilassa petihiekka voi alkaa sulamaan, mikä aiheuttaa epätasaisen polttoprosessin. Jotkin kemialliset yhdisteet alkavat kerääntyä kattilan lämpöpinnoille aiheuttaen hyötysuhteen laskua. Lisäksi polttolaitosten täytyy huolehtia ympäristöluvan mukaisista päästöraja-arvoista, jotka eivät saa ylittyä (Luomi, 2021).

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyössä selvitettiin Ekopartnerit Turku Oy:lle minkä laatuista AB-kierrätyspuuta asiakkailta saapuu yritykseen ja mikä materiaali toistuu reklamoiduissa kuormissa usein. Työhön liittyi 2,5 kuukauden mittainen seurantajakso, jonka aikana tarkastettiin lähes kaikki asiakkailta saapuvat kierrätyspuukuormat. Seurantajakson ajalle luotiin laadunvalvontataulukko, johon kerättiin dataa reklamoiduista epäpuhtaista kuormista. Näytteenotto on tärkeä osa laadunhallintaa, koska vain sen avulla on mahdollista seurata hakeessa olevia kemiallisia epäpuhtauksia, joita ei voi havaita silmämääräisesti. Opinnäytetyössä onnistuttiin tekemään realistinen arvio, kuinka usein asiakkaalta tullutta kierrätyspuukuormaa joudutaan lajittelemaan epäpuhtauksien vuoksi tai pahimmassa tapauksessa luokittelemaan eri jätelajiksi. Sain hyvän käsityksen, kuinka yrityksessä pidetään kierrätyspuun laadusta huolta ja minkälaisia toimenpiteitä se vaatii.

2,5 kuukauden seurantajakson aikana saapuneesta 957 kuormasta reklamoiitiin 63 kuormaa, joka on 7,1 prosenttia kaikista saapuvista kuormista. Reklamaatioprosentti oli seurannan ensimmäisillä viikoilla korkeampi (10–15 %), mutta seurannan aikana kuormien reklamaatioprosentti kääntyi laskusuuntaan. Viimeisten viikkojen ajan prosentti pysyi melko stabiilina, joten sen voidaan todeta olevan realistinen kertomaan kuormien jatkuvasta laadusta. Vierasmateriaaleina kuormissa oli useimmiten muovi (55 %), mikä oli ennen seurannan aloitustakin jo osittain tiedossa. Huomattavan suuri muovin määrä johdetaan pääasiassa suojamuoveista, joita puisiin kuljetuslaatikoihin on jätetty käytön jälkeen. Puhtaisiin kierrätyspuukuormiin ei käytännössä kuuluisi kulua ollenkaan konetyötunteja, joten keräsimme myös dataa paljonko, reklamoiuihin kuormiin kului ylimääräisiä tunteja ja seurantajakson ajalta saatiin vastaukseksi 46,5 h, joka tarkoittaa yritykselle huomattavaa tappiota, mikäli niitä tunteja ei laskutettaisi asiakkailta takaisin. Epäpuhtaan kuorman tuonut asiakas on tärkeä selvittää, koska vain sen avulla voidaan ohjeistaa asiakasta syntypaikkalajittelusta, millä asiakas voi välttää reklamaation mukana tulleen las-kun ja samalla Ekopartnereilla kierrätyspuun laatu paranee.

Näytteenotosta saaduista laboratoriotuloksista ilmeni typen ja sinkin kohdalla raja-arvojen ylitystä, joiden päästöylitykset saattavat vaikuttaa polttolaitoksen polttoprosessiin, polttokattiloiden kuntoon ja lisäksi ne ylittävät ympäristöluvan määräämät päästöraja-

arvot. Sinkkiarvojen kohdalla ehdittiin jo seurantajakson lopulla aloittaa tutkimusta, mistä kyseinen ongelma johtuu ja ongelma paikannettiin muutamaan eri puumateriaaliin, jotka sisälsivät huomattavan suuret sinkkiarvot ja ne olivat ikkunankarmi, ikkunanpoka sekä maalattu trukkilava. Typpiäryvojen ylitykseen ei tämän seurannan aikana vielä ehditty perehtymään.

Uudet lainsäädännöt, kuten päästökaupan ohjaama päästöoikeuksien hinnan nousu fossiililla polttoaineilla ohjaavat polttolaitoksia käyttämään vaihtoehtoisia polttoaineita. Ensimmäiset fossiilisia polttoaineita korvaavat tuotteet ovat biopolttoaineet, kierrätyspuu ja muut kierrätyspolttoaineet. Koska neitseellistä biopolttoainetta on rajoitetusti saatavilla niin, siitä johtuen kaikkien kierrätyspolttoaineiden kysyntä on kasvanut ja tulee kasvamaan lähivuosina. Myös uusi jätelainsäädäntö vaatii kierrätysvelvoitteiden kasvattamista, kierrätyspuun osalta tämä tarkoittaa, että uusiokäytön määrää tulee kasvattaa 5 % polttamisen sijasta. Tästä johtuen polttoon päätyvän kierrätyspuun laatu heikkenee, koska uusiokäyttöön menevä materiaali on yleensä puhtainta.

Tulevaisuudessa kaikille yrityksen jätelajeille tulisi tehdä jatkuvaa laadunseurantaa, koska pelkän kierrätyspuun 2,5 kuukauden mittaisella seurannalla voitiin todeta sen sisältävän huomattavan määrän sinne kuulumattomia materiaaleja. Kierrätyspuun kohdalla tällaisen samanlaisen 2,5 kuukauden seurantajakson voisi toteuttaa esimerkiksi vuoden tai kahden päästä uudelleen ja tarkistaa onko laatu tähän seurantaan nähden kehittynyt, onko edelleen pysytty samoissa reklamaatioprosenteissa vai onko kuormien laatu lähtenyt huomattavaan laskuun.

Jätejakeiden laadunseurannassa voisi olla siihen määrätty työntekijä, joka tarkkailisi asiakkailta saapuvia kuormia jatkuvasti ja samalla yritys saisi laajempaa kuvaa kaikkien jätelajien laadusta eikä epäpuhtaita kuormia enää pääsisi läpi. Yritys voisi tämän tiedon avulla antaa parempaa ohjeistusta asiakkailleen syntypaikkalajitteluun, jolloin asiakkaalla olisi tietotaito materiaalien lajittelusta eikä epäpuhtaita kuormia syntyisi. Syntypaikkalajittelun haasteena on, että sitä tekee suuri joukko henkilöitä eri motiiveilla. Olisi mielenkiintoista selvittää, miten syntypaikkalajittelua saataisiin kehitettyä niin, että siitä tulisi uusi normi.

LÄHTEET

Alakangas, E. Hurskainen, M. Laatikainen-Luntama, J. Korhonen, J. 2016. Suomessa Käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. [Verkkajulkaisu]. VTT TECHNOLOGY 258. Viitattu 12.8.2021. Saatavana: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Alakangas, E. Impola, R. 2014. Puupolttoaineiden laatuohje. [Verkkajulkaisu]. VTT-M-07608-13 – päivitys 2014. Viitattu 4.8.2021. Saatavana: https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/maat/2014/VTT-M-07608-13_2014_%20update.pdf

Alakangas, E. Kurki-Suonio, K. Tikka, T. Fredriksson, T. 2014. Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön. [Verkkajulkaisu]. VTT-M-01931-14. Viitattu 6.8.2021. Saatavana: https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2020/03/Kaytosta_poistetun_puun-soveltamis-ohje_Lokakuu2014.pdf

Anttila, J. Jussila, K. 2016. Mitä on laatu?. [Verkkosivu]. Viitattu 14.7.2021. Saatavana: <https://sfs.fi/mita-laatu-on/>

Hirvonen, T. 2018. Tuhkan ominaisuudet kotimaisissa puupolttoaineissa. [Verkkajulkaisu]. Viitattu 16.8.2021. Saatavana: https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158696/Kandi_Hirvonen.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hulkko, L. 2016. Voimalaitoksen polttoaineiden ominaisuustiedon hyödyntäminen päästöjen hallinnassa. [Verkkajulkaisu]. Viitattu 6.9.2021. Saatavana: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113960/en%20polttoaineiden%20ominaisuustiedon%20hyodyntaminen%20paastojen%20hallinnassa%20Laura%20Hulkko%20Opinnaytetyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kaurila, T. Laitinen, T. 2010. Laadunhallinta ja sen kehittäminen. [Verkkajulkaisu]. Viitattu 17.7.2021. Saatavana: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/6831/Kaurila_Tomi_ja_Laitinen_Tuukka.pdf?sequence=1

Luomi, J. 9.9.2021. Supply Chain Planner. Fortum waste solutions Oy. Haastattelu.

Tolvanen, O. 2017. Standardin SFS-EN 14778 mukaisen käsinäytteenoton vaikutus metsätähdehakkeen kosteusarvoon. [Verkkajulkaisu] Viitattu 16.8.2021. Saatavana: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/126889/Tolvanen_Onni.pdf?sequence=1