

Aija Hytönen (Toim.)



Maatilojen muovit kiertoon



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Maatilojen muovit kiertoon

AIJA HYTÖNEN
(TOIM.)

Maatilojen muovit kiertoon



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



MTK



LAB University of
Applied Sciences

jamk



Jyväskylän
ammattikorkeakoulu

JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUJA

335

Sarjan vastaava toimittaja • Teemu Makkonen

MAATILOJEN MUOVIT KIERTOON

Aija Hytönen (Toim.)

Kannen kuva • Aija Hytönen
Ulkoasu • Jamk / Pekka Salminen
Taitto ja paino • Punamusta Oy • 2024

ISBN 978-951-830-753-5 (Painettu)

ISBN 978-951-830-754-2 (PDF)

ISSN-L 1456-2332

KUSTANTAJA

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
www.jamk.fi/julkaisut
[sarjajulkaisut\(a\)jamk.fi](mailto:sarjajulkaisut(a)jamk.fi)

©2024

Tekijät & Jyväskylän ammattikorkeakoulu



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons
Nimeä -4.0 Kansainvälinen -lisenssillä

SISÄLLYS

KIRJOITTAJAT.....	8
TIIVISTELMÄ.....	9
ABSTRACT.....	10

Aija Hytönen

1 ALUKSI	11
-----------------------	-----------

Aija Hytönen

2 PERUSTIETOA MUOVISTA	13
-------------------------------------	-----------

2.1 Muovi on ihmisen muovaama orgaaninen materiaali, joka tulisi ensisijaisesti kierrättää.....	13
2.2 Muovin alkuperä ja biohajoavuus	15
2.3 Kierrättämistapa määrittelee muovijätteen esikäsittelyn	18
2.3.1 Mekaaninen kierrättäminen	18
2.3.2 Kemiallinen kierrättäminen	19
2.3.3 Uusia kierrättämismenetelmiä kehitetään koko ajan.....	20
2.3.4 Muovijätteen energiahöydyntäminen	20
2.4 Muovin käyttäjän työtavoilla on väliä	21
2.4.1 Ostopäätöksellä on väliä	21
2.4.2 Tilan koneet ja käytännöt vaikuttavat muovin laatuun.....	22
2.4.3 Syntypaikkalajittelu kannattaa tehdä osaksi arkea.....	23
2.4.4 Keräys ja kuljetus	23

Noora Räsänen

3 MUOVIJÄTTEEN KÄSITTELY KÄYTÖN JÄLKEEN	25
--	-----------

3.1 Vastaanottajan selvittäminen	25
3.2 Syntypaikkalajittelu	26
3.2.1 Paalimuovi ja -verkko.....	28
3.2.2 Aumamuovi.....	30
3.2.3 Mansikan katemuovit ja kasteluletkut	30
3.2.4 Harsot ja kasvustojen suojaverkot	31
3.2.5 Pakkausmuovit	32
3.3 Varastointitavat ja laitteet.....	33
3.4 Turvallisuus varastointiin liittyen.....	39

Kimmo Lehtonen

4 MUOVIJÄTTEEN KERÄILY JA KULJETUS	40
4.1 Kuljetuskalusto.....	40
4.1.1 Koura-auto.....	41
4.1.2 Vaihtolava-auto.....	42
4.1.3 Pakkaava jäteauto.....	43
4.1.4 Rahti- tai kappaletavara- tai muut sivusta lastattavat autot.....	44
4.2 Terminaalit.....	47
4.3 Kustannusten muodostumisesta.....	48
4.4 Kalustovaihtoehtoja ja niiden kustannuksia.....	49
4.5 Logistiikan toimintamallit.....	53
4.5.1 Tiloille ostettujen muovien pohjalta optimoitu toimintamalli ...	53
4.5.2 Pop-up-keräily.....	54
4.5.3 Muut toimintamallit.....	55

Noora Räsänen

5 MAATALOUSMUOVIJÄTTEEN KERÄYKSEN JÄRJESTÄMINEN	57
5.1 Perustiedot keräilystä	57
5.2 Muovijätteen pilottikeräyksen valmistelu.....	58
5.3 Keräyksen kalusto, aikataulu ja valmistelut tilalla.....	59
5.4 Maatalousmuovijätteen keruu ja sen tulokset.....	61
Kuinka pienentää muovin keruun kustannuksia?	65
5.5 Organisoitujen keräilyjen merkitys	65

Gatja Tiusanen & Niko Rintala

6 MUOVIN ANALYSOINTI JA VAIHTOEHTOISTEN MATERIAALIEN KARTOITTAMINEN MUKI-HANKKEESSA	67
6.1 Maatalousmuovien tunnistaminen.....	67
6.1.1 IR-teknologia.....	67
6.1.2 XRF-teknologia.....	70
6.2 Käytetyn maatalousmuovin käsittelytekniikat.....	70
6.2.1 Pyrolyysi jälleenkäsittelyteknikkana	71
6.3 Kierrätetyn maatalousmuovien tutkimukset.....	74
6.3.1 Torjunta-ainetutkimus.....	75
6.3.2 Mekaaniset testit	75
6.4 Uudet vaihtoehtoiset materiaalit maatalousmuovien korvaajiksi	75
6.5 Kierrätetyn maatalousmuovien uusiokäyttökohteet	76

Aija Hytönen

7 MAATILOJEN MUOVIT KIERTOON, MUKI -HANKE 77

LÄHTEET.....80

LIITTEET86

Liite 1. Pilottitiloille annettu keräilyohjeistus (pdf-liite1)86

KIRJOITTAJAT

Aija Hytönen, projektipäällikkö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu/ Biotalousinstituutti

Noora Räsänen (FT), hankeasiantuntija ja marjatalousyrittäjä, MTK Pohjois-Savo

Kimmo Lehtonen, lehtori, Jyväskylän ammattikorkeakoulu/ Uudistuvan teollisuuden instituutti

Gatja Tiusanen, TKI-asiantuntija ja projektipäällikkö, LAB-ammattikorkeakoulu

Niko Rintala, kehitysinsinööri ja TKI-asiantuntija, LAB-ammattikorkeakoulu

Tämä julkaisu on koostettu osana Maatilojen muovit kiertoon, MuKi-hanketta, jonka toimenpiteitä on tämän julkaisun kirjoittajien lisäksi olleet toteuttamassa seuraavat henkilöt:

Jyväskylän ammattikorkeakoulu:

- **Juha Pesonen**, lehtori
- **Ilkka Suur-Uski**, lehtori
- **Tomi Nieminen**, lehtori
- **Maiju Kurtti**, projektityöntekijä
- **Tupu Kyllönen**, projektisihteeri

LAB-ammattikorkeakoulu:

- **Arto Viitanen**, laboratorioinsinööri
- **Elisa Penna**, projektityöntekijä

MTK Pohjois-Savo:

- **Heini Mämmi**, hankeasiantuntija

TIIVISTELMÄ

Aija Hytönen (toim.)

Maatilojen muovit kiertoon

Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja, 335

Maatalousmuoveja käytetään suomalaisilla maataloilla yli 12 000 tonnia vuosittain. Muovi tarjoaa kustannustehokkaan ratkaisun moneen arjen haasteeseen, mutta siitä muodostava jäte aiheuttaa ympäristölle suurta haittaa. Maatalousmuovijätteen hävittäminen on Suomessa haastavaa, sillä toistaiseksi täällä ei ole ollut organisoitua maatalousmuovijätteen keräilyä. Tästä syystä muovijätettä on kertynyt tiloille suuria määriä.

Kierrätystä ajatellen muovi tulisi syntypaikkalajitella tilalla. Lajittelu vaatii osaamista, aikaa ja vaivaa viljelijältä, mutta sen avulla voidaan säästää muun muassa kuljetuskustannuksissa. Kattavalla terminaaliverkostolla on lajittelun ohella suuri merkitys kustannustehokkaassa kierrätyksessä. Muovin uudelleenkäyttöä ajatellen muovijätteen laadulla on merkitystä. On tärkeää, että muovijäte on riittävän puhdasta ja laadultaan kierrätykseen kelpaavaa.

Viljelijöillä on mahdollisuus tehdä pieniä, päivittäisiä tekoja, joilla edellä mainittuja asioita voidaan parantaa. Mitä tehokkaammaksi koko muoviketju saadaan, sitä alhaisemmat kustannukset muovien käyttämisestä koituu yksittäiselle viljelijälle. Tähän julkaisuun on koottu MuKi-hankkeessa tuotettua tietoa maatalousmuovien kierrättämisestä viljelijöille, jotta viljelijän on helpompi toimia osana muoviketjua.

Asiasanat: Maatalousmuovi, kierrätys, maatalous, puutarhatalous, logistiikka, yhteistyö

ABSTRACT

Aija Hytönen (Ed.)

Recycling of agricultural plastics in Finland

Publications of JAMK University of Applied Sciences, 335

Agricultural plastics are used on Finnish farms over 12 000 tons annually. Plastics offer a cost-effective solution to many daily challenges, but creates great environmental risk. Disposal of the agricultural plastics is quite challenging in Finland, due to the lack of organized collection for them. Therefore, large amounts of plastic waste have been accumulated on farms.

In order to succeed in the recycling, plastics should be sorted at the place of origin. Sorting requires know-how, time and effort from farmers, but cost-savings in transportation, among others, can be achieved. A comprehensive network of terminals is also an important factor in cost-effective recycling. Plastic waste should be sufficiently clean and of good quality if the aim is to use it as a recycled material.

Farmers have the opportunity to do small, daily actions to improve the aforementioned issues. The more efficient the entire plastic chain is, the lower the costs of using plastics will be for an individual farmer. In this publication, the information produced in the MuKi project on the recycling of agricultural plastics has been compiled, so that it is easier for the farmer to act as part of the plastic chain.

Keywords: agricultural plastics, recycling, agriculture, horticulture, logistics, cooperation

1 ALUKSI

Aija Hytönen

Muovi on suomalaisille maataloille tärkeä materiaali, jota käytetään monipuolisesti päivittäisissä toimissa: rehujen säilönnässä, kate- ja pakkausmateriaalina, sekä pitämään eri aineet erillään toisistaan. Muovia käytetään eri tiloilla tuotantosuunnasta riippuen vaihtelevasti, mutta vuosittain sitä ostetaan suomalaisille maataloille noin 12 000 – 14 000 tonnia (Alenius 2016 & Surakka 2023). Muovilla on lukemattomia hyviä puolia: se on kevyttä, suhteellisen halpaa, hygieenistä ja sen avulla voidaan vähentää esimerkiksi torjunta-aineiden käyttöä. Muovia on nyky-yhteiskunnassa kaikkialla ja asiantuntijat kuvaavatkin nykyaikaa muovikaudeksi (Kohvakka & Lehtinen 2019, 32).

Niin hyvä materiaali, kuin muovi onkin, sen käyttöön liittyy myös haasteita. Muovin historia on moneen muuhun materiaaliin verrattuna varsin lyhyt, reilut 100 vuotta ja sen aiheuttamiin haittoihin on vasta viime vuosikymmeninä havahduttu. Muovijäte on nyky-yhteiskunnan yksi merkittävimmistä ympäristöongelmien aiheuttajista. (Kohvakka & Lehtinen 2019, 13–14.) Osasyynä tähän ovat ne muovin hyvät ominaisuudet: suhteellisen edullisena materiaalina muovin käyttö on joskus hieman huoletonta ja keveytensä vuoksi sen leviämistä ympäristöön on haastava estää. Ympäristöön muovi ei missään nimessä kuulu, sillä luontoon hajoamaan jätettynä se aiheuttaa merkittävän mikromuoviongelman niin maalla, kuin vesistöissä (Syväne 2019).

Muovin vastuullisen käytön keskiössä on muovin käyttäjä: se joku, joka tekee ostopäätöksen kaupassa, avaa pakkauksen kotona, määrittelee, montako kerrosta paaliin muovia laitetaan tai kuinka usein mansikkapenkin katemuovit vaihdetaan. Se joku, joka päättää lajitellaanko käytetty muovijäte tilalla ja etenkin se joku, joka järjestää, tai jättää järjestämättä, muovijätteen asianmukaisen hävittämisen pois tilalta. Sen ”jonkun” lisäksi tarvitaan myös toimiva jätemuoviketju: se toinen, joka noutaa muovijätteet pois, se kolmas, joka prosessoi muovista uusiomateriaalia, se neljäs, joka valmistaa uusiomateriaalista uusia muovituotteita ostettavaksi ja se viides, joka hyödyntää kierrätykseen kelpaamattoman muovijätteen energiaksi, jonka avulla voidaan taas tuottaa uusia muovituotteita. Vasta kaikkien näiden toimijoiden tekemän työn jälkeen uusiomuovista valmistettu tuote saadaan jälleen logistiikan kautta kauppaan ja kierto suljettua. Jotta koko muoviketju saadaan toimimaan, tarvitaan eri toimijoille tietoa muovin prosessoinnista ja yhteistä halua kehittää kokonaisuutta.

Tämän teoksen tarkoituksena on tarjota tietoa muovijäteteketjun toiminnasta maatalousmuovia päivittäisessä arjessaan käyttäville. Olemme pyrkineet kirjoittamaan sen niin, että voit poimia tästä vain sinua kiinnostavat aiheet, tai vastaavasti perehtyä kokonaisuuteen lukemalla sen kokonaan. Maatalousmuovin kierrätys on helpompaa, kun jokainen ketjussa toimiva ymmärtää koko muoviketjun eri vaiheet ja niissä tapahtuvia toimintoja, haasteita ja pullonkauloja. Niihin perehtymällä voimme itse omalla toiminnallamme olla ratkomassa maatalousmuovien kierrättämiseen liittyviä haasteita ja vaikuttaa siihen, että ketju saadaan toimimaan mahdollisimman kustannustehokkaasti ja kitkattomasti.

Tämän julkaisun sisältö on koostettu osana Maatilojen muovit kiertoon, MuKi-hanketta, joka on etsinyt kestäviä ratkaisuja maa- ja puutarhatilojen muovijätteen varastointiin, logistiikkaan ja uusiokäyttöön Järvi-Suomen alueella kuluneiden puolentoista vuoden aikana. MuKi-hankkeen tiimiläiset toivovat, että tämä julkaisu auttaa hahmottamaan maatalousmuovijäteteketjun toimintaa ja innostaa osallistumaan sen kehittämiseen. Yhteisiä hyviä käytänteitä noudattamalla voimme jatkossakin käyttää tätä tärkeää materiaalia päivittäisissä askareissamme kustannustehokkaasti ja ympäristöä kunnioittaen.

2 PERUSTIETOA MUOVISTA

Aija Hytönen

Eri muovilaatuja on paljon ja ne soveltuvat eri käyttökohteisiin niiden sisältämistä lisäaineista ja prosessoinnista riippuen. Tässä luvussa avataan sitä, mitä muovi on, mikä on biomuovien ero niin kutsuttuihin perinteisiin muoveihin ja mitä kierrättämistapoja muoveille on olemassa.

Kierrättämisen kannalta oleellista on se, miten paljon lisäaineita ja eri muovilaatuja muovijäte sisältää. Eri muovilaaduilla ja niiden sisältämillä lisäaineilla on erilaisia ominaisuuksia, jotka kierrättämismenetelmästä riippuen, voivat haitata uusiomateriaalin valmistusta. Muovijätettä vastaanottavan toimijan käyttämä kierrättämismenetelmä vaikuttaa siihen, miten muovijäte tulee lajitella, käsitellä ja varastoida, jotta muovijätteestä saadaan laadukasta uusiomateriaalia. Aina maatalousmuovijätteen kierrättäminen ei onnistu ja silloin se tulee hävittää energiantuotannossa. Elinkaariajattelun mukaisesti on myös syytä pohtia, onko muovijäte järkevämpää hyödyntää energiaksi, kuin kuljettaa pitkiä matkoja kierrätettäväksi. Hävitettiin muovijäte sitten kierrättämällä tai energiantuotannossa, sitä ei saa haudata maahan tai polttaa omalla tilalla ilman tehokasta ja luvallista polttouunia.

2.1 MUOVI ON IHMISEN MUOVAAMA ORGAANINEN MATERIAALI, JOKA TULISI ENSISIJAISESTI KIERRÄTTÄÄ

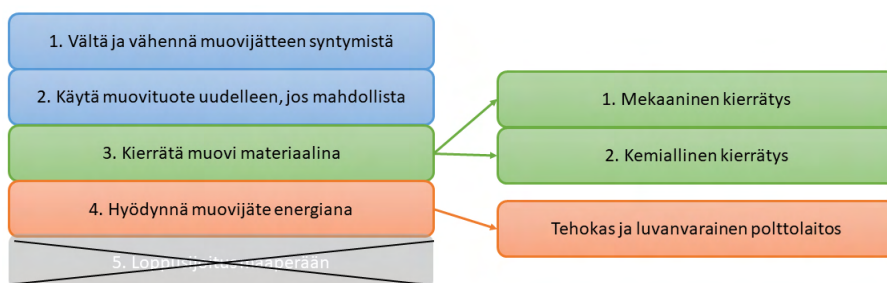
Muovi on polymeereistä ja lisäaineista koostuva orgaaninen materiaali, joka valmistusvaiheessa muovataan lämmön tai paineen avulla. Muovien sisältämät polymeerit ovat suuria orgaanisia molekyyliä, jotka koostuvat monomeereistä, usein toistuvista osasista. Koska ihminen muuntelee orgaanista alkuperää olevia lähtöaineita muovin valmistuksen aikana, voidaan muovia kutsua myös synteettiseksi orgaaniseksi materiaaliksi. Muoville on olemassa virallinen kansainvälinen määritelmä, joka on julkaistu ISO 472 standardissa. (Muovien määrittely.)

Ensimmäiset muovit olivat biopohjaisia. Ne kehitettiin tuhansia vuosia sitten luonnonpolymeereistä, esimerkiksi *Kerria lacca* -hyönteisten kuoresta saatavasta sellakasta. Muovien kehittämisellä on ollut hyvät tarkoitusperät, sillä muovien avulla on lähdetty etsimään korvaavaa materiaalia harvinaisille ja vaikeasti saatavissa oleville materiaaleille. Ennen muovia esimerkiksi norsut ajautuivat lähes sukupuuton partaalle, koska niiden luita käytettiin eri esine-

den valmistamiseen. Öljynjalostuksen yleistyessä muovien raaka-aineeksi valikoitui helposti saatavilla oleva, loppumattomalle raaka-aineelle tuntunut öljy, josta muovin jalostaminen onnistui helposti ja kustannustehokkaasti. (Biomuoviopas.)

Nimensä muovit saavat niiden rakenteessa toistuvien monomeeriyksikköjen mukaan. Monomeerit valmistetaan useimmiten öljyn jalostuksen sivutuotteista, mutta niitä voidaan valmistaa myös biopohjaisista materiaaleista, kuten tärkkelyksestä, selluloosasta, kasvipööräisistä öljyistä tai erilaisista sokereista. Muovien raaka-aineet voivat siis olla peräisin sekä fossiilista, että uusiutuvista, eli biopohjaisista lähteistä. (Hänninen, Karppinen, Leskelä & Pohjakallio 2022, 206.)

Suomen jätelaissa on määritelty jätteiden käsittelyn etusijajärjestys, joka on elinkaariajatteluun pohjautuva sitova velvoite jätteiden käsittelyä koskien. Jätteiden etusijajärjestyksen mukaan jätteen syntyä tulee ensisijaisesti ehkäistä ja toissijaisesti tuotteita tulee käyttää uudelleen. Maatalousmuovijätteen kohdalla nämä eivät useinkaan onnistu. Tällöin jätteet tulee kierrättää. Mikäli tuote ei ole kierrätettävissä ensisijaisesti mekaanisesti ja toissijaisesti kemiallisesti, tulee jätteet käyttää muuhun hyödyntämiseen, eli käytännössä energian tuotantoon. Kannattaa huomioida, että muovijätteen energiapoltto ei ole kierrättämistä. (Laitinen 2023.) Muovin ollessa orgaanista materiaalia, sitä ei saa Suomen lain mukaan enää haudata maaperään tai toimittaa kaatopaikalle. Lain mukaan muovijäte tulee siis hävittää viimeistään energiantuotannon raaka-aineena. (Blauberg 2023.)



Kuva 1. Jätelain mukainen jätteiden käsittelyn etusijajärjestys. Kierrättämisen ollessa kyseessä tulee suosia mekaanista kierrätystä kemiallisen sijaan. Muovijätettä ei saa lain mukaan enää haudata maaperään. (Aija Hytönen 2023)

Maatalousmuovijätteet jaetaan kierrättämistä ajatellen lähtökohtaisesti kahteen ryhmään: pakkausmuoveihin ja muihin maatalousmuoveihin. Tämä jako määrittelee jätteiden kierrätysmaksusta vastaavan tahon: pakkausmuovien kierrätysmaksuista huolehtii tuotteen pakkaaja tai valmistaja, muiden maatalousmuovien kierrätysmaksut menevät käyttäjän piikkiin. Jos viljelijä pakkaa omia tuotteitaan tilalla muovipakkauksiin, voi hän olla velvollinen maksamaan myymiensä tuotteiden pakkausten kierrätysmaksut. (Blauberg 2023.)

Ympäristöministeriön aloitteesta Suomelle on laadittu kansallinen toimenpideohjelma, Muovitiekartta, jossa muovin kestävä kiertotaloutta vauhditetaan ja jalkautetaan käytäntöön. Muovitiekartassa on tavoitteena vähentää ja välttää muovin aiheuttamia ympäristöhaittoja ja kulutusta, sekä tehostaa kierrätystä ja korvata fossiilista alkuperää olevia neitseellisiä muoveja. Muovitiekartta kannattaa käydä lukemassa, sillä siellä on tavoitteita myös maatalousmuovijätettä koskien. (Vähennä ja vältä, kierrätä ja korvaa 2022.)

Toimittipa viljelijä muovijätteensä sitten kiertoon tai energiantuotantoon, jokaisella elinkeinonharjoittajalla, myös viljelijällä, tulee olla sopimus yrityksensä jätehuollosta jonkin jätehuoltopalvelua tarjoavan toimijan kanssa. Mikäli tällaista palveluntarjoajaa ei ole alueella saatavilla, tulee sopimus tehdä kunnallisen jätehuoltoyhtiön kanssa. Sopimushinnan ylittäessä 2 000 euroa vuodessa, tulee siitä tehdä myös tarjouspyyntö Motivan hallinnoimalle materiaalitorille. (Kilpailuta jätehuolto.) Materiaalitori on yritysten ja organisaatioiden kiertotalouden markkinapaikka, jossa jätteiden, sivuvirtojen ja ylijäämämateriaalien tarjoajat kohtaavat tarvitsijan. Materiaalitorin tarjontaa kannattaa käydä katsomassa ennen kauppaan suuntaamista muutenkin, kuin jätehuoltoon liittyen. (Materiaalitori vauhdittaa kiertotaloutta.)

2.2 MUOVIN ALKUPERÄ JA BIOHAJOAVUUS

Eri muovilaatuja on nykyään satoja ja ne voidaan jakaa niiden käyttökohteiden mukaisesti karkeasti kolmeen osaan: valtamuoveihin, teknisiin muoveihin ja erikoismuoveihin. Nämä ryhmät ovat jaettavissa vielä kahteen ryhmään niiden prosessoinnin pohjalta: kestumuoveihin ja kertamuoveihin. Valtamuovit ovat ostohinnaltaan edullisimpia, teknisemmät hieman kalliimpia ja erikoismuovit jo selvästi valtamuoveja kalliimpia. (Muovien luokitus.)

Kierrättämisen kannalta on järkevämpää luokitella muovilaatuja niiden alkuperän ja biohajoavuuden mukaan. Tämän päivän muovit ovat pääosin fossiilista alkuperää olevia, öljypohjaisia muoveja. Näitä perinteisiä öljypohjaisia muovilaatuja käytetään paljon maataloudessa, esimerkiksi polyeteeniä

(PE) paalikalvoina ja katemuoveina, sekä polypropeenina (PP) muun muassa verkoissa ja harsoissa. Nämä niin sanotut perinteiset muovit eivät ole biohajoavia: ne eivät hajoa biologisesti, vaan pilkkoutuvat pienemmiksi ja siitä aina pienemmiksi partikkeleiksi, mikromuoveiksi (0,001 mm – alle 5 mm) ja siitä ajan kuluessa yhä edelleen nanomuoveiksi. (Syväne 2019.)

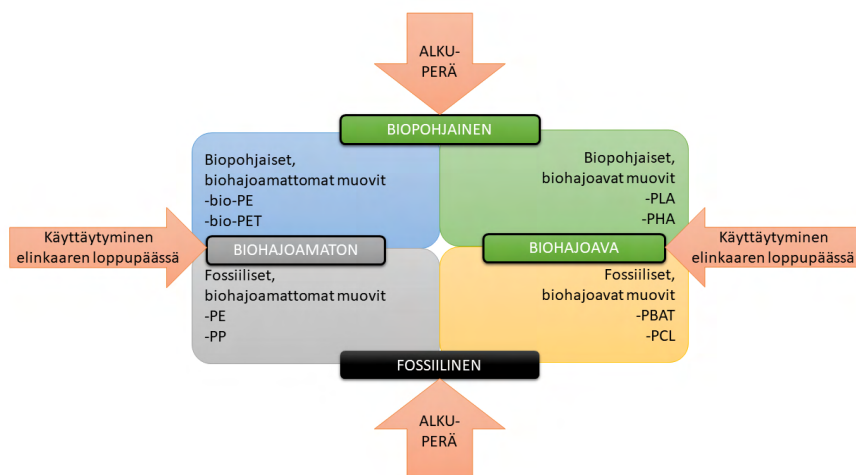
Öljypohjainen muovi voi olla myös biopohjaista. Tällöin muovin sisältämät monomeerit ovat peräisin biopohjaisista raaka-aineista, kuten kasviöljyistä. Muovin sisältämä biopohjainen hiili tai biopohjainen sisältö määrittelevät muovin biopohjaisuuden. Määrittely tehdään standardisoituja laskentamenetelmiä käyttäen ja tulokset voivat hieman vaihdella riippuen siitä, lasketaanko määrittelyssä muovien biopohjaisen hiilen vai biopohjaisen sisällön määrää. Biopohjaiset muovit voivat olla joko kokonaan tai osittain biohajoavia tai biohajoamattomia. (Syväne 2019.)

Biohajoaviksi muoveiksi kutsutaan muoveja, jotka elinkaarensa lopussa hajoavat mikro-organismien avulla hiilidioksidiksi (tai metaaniksi), vedeksi ja biomassaksi tietyssä ympäristössä ja tietyn ajan kuluessa. Biohajoavuus kuvaakin sitä, miten muovi käyttäytyy sen elinkaaren loppupäässä. Biohajoavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mikro-organismit, ympäristö ja aika. Biohajoavuus määritellään usein sertifiointien avulla, mutta sen tarkka standardointi on haastavaa. Ympäristöt ja niissä viihtyvät mikro-organismit vaikuttavat nimittäin muovien hajoamiseen eri tavoin: osa biohajoaviksi ilmoitetuista muoveista saattaa kyllä hajota maaperässä, mutta ei esimerkiksi vesiympäristössä. (Syväne 2019.) Biohajoavat muovit voivat myös olla peräisin sekä biopohjaisista lähteistä, kuten erityisesti lääketieteessä käytetty PLA tai nopeasti hajoava PHA, tai fossiilisista lähteistä, kuten erityisesti joustavuutta muoviseoksiin tuova PCL tai PBAT, jota käytetään esimerkiksi maatalouden katekalvoissa. (Biomuoviopas.)

Jotkin muovit soveltuvat myös kompostoitaviksi tietyin ehdoin. Kompostoituminen on määritelty standardilla, jonka mukaan kompostoitavan muovin sisältämän hiilen tulee hajota 90 prosenttisesti hiilidioksidiksi 58 asteisessa, kypsässä kompostissa, joko kolmen, tai kuuden kuukauden kuluessa. Muovin tulee myös hajota fyysisesti 90 prosenttisesti alle kahden millimetrin kokoisiksi paloiksi 12 viikossa. Pelkkä hajoavuuskaan ei riitä, sillä kompostoitava muovi ei saa olla ekotoksinen, eikä myöskään haitata kompostoitumisprosessia, laskea kompostoidun massan laatua tai ylittää sille määriteltyjä raskasmetalliraja-arvoja. Kompostoitaviksi ilmoitetut muovit vaativat yleensä kontrolloidun kompostiympäristön, jonka olosuhteet säilyvät vakioituna kotikompostoria paremmin. Tästä syystä kompostoitavaksi ilmoitettu muovi ei välttämättä hajoa riittävästi kotikompostorissa. (Syväne 2019.)

Jos muovi on biopohjaista ja/tai biohajoavaa, sitä kutsutaan biomuoviksi. Biomuoveista puhuttaessa, on hyvä muistaa, että ne voivat olla joko biopohjaisia ja biohajoavia, mutta eivät välttämättä niitä molempia tai biohajoavia vain osittain. Esimerkiksi niin kutsutut drop-in biomuovit (bio-PE, bio-PET) ovat biopohjaisia, mutta kemialliselta koostumukseltaan ne vastaavat perinteisiä, fossiilista alkuperää olevia muoveja, eivätkä näin ollen ole biohajoavia. Biomuoveista voidaan myös käyttää termejä uusiutuva materiaali tai biomateriaali. Biomuovi-termi onkin edellisiä yhdistävä kattotermi ja biomuoveiksi voidaan kutsua kaikkia muita, paitsi fossiilisia, biohajoamattomia muoveja. (Biomuoviopas.)

Uusia muovilaatuja kehitetään kiivaaseen tahtiin, kun yhteiskunta pyristelee irti fossiilisista raaka-aineista. Ostotilanteessa uusia muovilaatuja tulee varmasti tulevaisuudessa eteen, ja silloin on tärkeää ymmärtää muovin alkuperän ja elinkaaren loppukäyttämisen vaikutus kyseisen muovin kierrätykseen. Ostotilanteessa onkin tärkeää ottaa selvää, onko biomuovi vain biopohjaista vai biohajoavaa, vai kenties näitä molempia. Jos tuote markkinoidaan biohajoavaksi, kannattaa vielä selvittää, millä kriteereillä lupaus biohajoavuudesta on tuotteelle annettu. Yleisenä sääntönä on siis hyvä muistaa, ettei mitään muovia, ei edes biomuovia, tule jättää luontoon. Alla olevaan kuvaan on koostettu jo edellä mainittujen muovilaatujen alkuperä ja biohajoavuus.



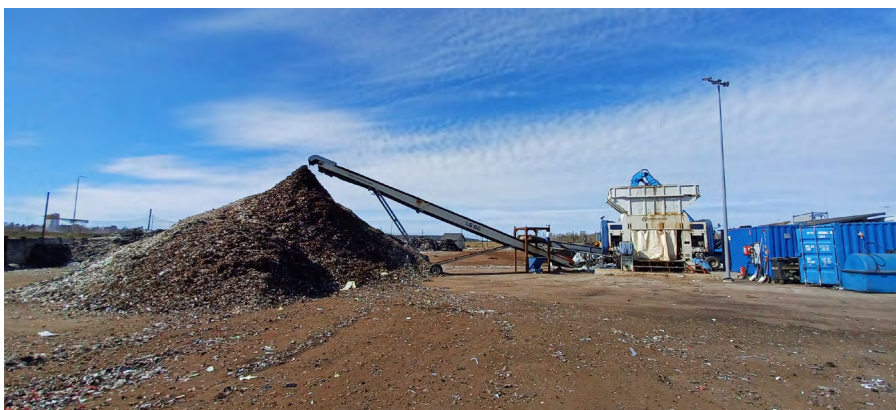
Kuva 2. Eri muovilaadut ovat alkuperältään joko biopohjaisia, tai fossiilisia. Riippumatta alkuperästä ne voivat olla joko biohajoamattomia tai biohajoavia elinkaarensa loppupäässä. (Aija Hytönen 2023)

2.3 KIERRÄTTÄMISTAPA MÄÄRITTELEE MUOVIJÄTTEEN ESIKÄSITTELYN

Yleisimmät valtamuoveihin kuuluvat, fossiiliset maatalousmuovit koostuvat pääosin yhdestä muovilaadusta, kuten paalikalvomuovit polyeteenistä (PE) tai paaliverkot polypropeenista (PP). Jos niiden rakennetta verrataan esimerkiksi elintarvikemuovipakkauksiin, ne sisältävät yleensä vain yhdestä muovilaadusta valmistettuja kerroksia. Elintarvikemuoveissa eri kerrokset sisältävät usein eri muovilaatuja. Maatalousmuovit soveltuvatkin hyvin kierrätettäväksi mekaanisesti juuri homogeenisen rakenteensa ansiosta. (Härkönen 2023.) Eri kierrättämistavoissa on erilaisia tarpeita esikäsittelylle, seuraavassa niitä on avattu hieman tarkemmin.

2.3.1 MEKAANINEN KIERRÄTTÄMINEN

Mekaaninen kierrätys on tämän hetken yleisin ja tehokkain kierrättämistapa. Mekaanisessa kierrätyksessä kierrätettävä tuote kyllä hajotetaan, mutta sen polymeeriset rakennuspalikat ja ominaisuudet pysyvät ennallaan (Harlin & kumppanit 2020). Prosessissa muovijäte lajitellaan, murskataan, pestään, sulatetaan ja granuloidaan muovipelleteiksi. Prosessia ei voida tehdä loputtomasti, sillä jokaisella kierrätyskerralla materiaali heikkenee hieman. Mekaanisesti kierrätetty uusiomuovi on väriltään harmaata, sillä kierrätysprosessin aikana eri värit sekoittuvat keskenään. Mekaanisesti kierrätetyn muovin laadusta joudutaan myös aina hieman tinkimään, eikä sitä voida käyttää tiettyjä poikkeuksia (rPET) lukuun ottamatta esimerkiksi elintarvikemuoveille. (Holopainen 2022.) Mekaaninen kierrättäminen kuluttaa kemialliseen kierrättämiseen verrattuna vähemmän energiaa ja sillä on olemassa oleva vakiintunut, kasvava tuotanto, sovellukset ja markkinat (Härkönen 2023).



Kuva 3. Muovijäte murskataan ennen sen hyödyntämistä. (Aija Hytönen 2023)

Mekaaninen kierrätys vaatii siis lajittelua, joka maatalousmuovien kohdalla tulee tehdä suoraan tilalla. Kuten edellä mainittiin, menetelmä myös laskee materiaalin laatua, minkä vuoksi jo muovijätteeltä vaaditaan riittävän hyvää laatua. Tästä syystä muovijätteen vastaanottajat eivät välttämättä ota vastaan auringossa taivasalla pitkään lojunutta muovikasaa. Mekaanisesti kierrätetystä uusiomuovigranulaatista voidaan valmistaa esimerkiksi muovipusseja, sekä puutarha- tai rakennustuotteita. (Holopainen 2022.)

2.3.2 KEMIALLINEN KIERRÄTTÄMINEN

Kemiallisia kierrätysmenetelmiä on useampia, mutta muovien osalta pyrolysointi on suhteellisen pitkälle kehitetty muoto. Muovijätteen pyrolysoinnista puhuttaessa saatetaan puhua myös termolyysistä tai muovijätteen termokemiallisesta nesteytyksestä. Pyrolyysissä muovijätettä kuumennetaan happottomissa olosuhteissa, joka johtaa sen hajoamiseen. Prosessi synnyttää lämpötilasta ja syötteen laadusta riippuen erilaisia lopputuotteita, yleensä pyrolyysiöljyä tai vahamaista pyrolyysivahaa, kaasua ja hiiltä. Pyrolysoinnilla voidaan kierrättää myös sellaisia muoveja, jotka eivät sovellu mekaanisesti kierrätettäväksi, kuten sekalaista muovijätettä tai komposiitteja. Menetelmällä saadaan tuotettua uutta vastaavaa materiaalia muovituotteiden raaka-aineeksi. (Teittinen, Wahlström, Pohjakallio & Vaajasaari 2020.)

Hyvälaatuisella lopputuotteella on hintansa, mekaaniseen kierrättämiseen verrattuna pyrolysointi kuluttaa enemmän energiaa, koska se vaatii muovin kuumentamiseen 200–1 300 celsiusasteen lämpötilan. Pyrolysointi auttaa kui-

tenkin korvaamaan muovijätteen energiaksi polttamista, eli se aidosti lisää muovin kierrätysastetta. Kemiallisesti kierrätettyä muovia voidaan käyttää hyödyksi myös elintarvikemuovien raaka-aineena, minkä kierrätykselle on suurta tarvetta. (Holopainen 2022.) Pyrolysointia kehitetään Suomessa ja maailmalla kovaa vauhtia ja menetelmän käyttö tulee varmasti yleistymään tulevaisuudessa, kunhan prosessit saadaan toimimaan laitostokokoluokassa. Tämä on hyvä asia, sillä kemiallinen kierrätys tarjoaa huomattavasti enemmän vaihtoehtoja uusiomuovituotteiden valmistukselle, kuin mekaaninen kierrätys, jonka käyttömahdollisuudet ovat rajatut. (Tuomisaari 2023.)

2.3.3 UUSIA KIERRÄTTÄMISMENETELMIÄ KEHITETÄÄN KOKO AJAN

Kehitteillä on myös muita muovinkierrätysmenetelmiä. Eräs esimerkki on depolymerisaatioksiin kutsuttu biotekninen kierrättäminen, jossa mikrobit ja entsyymit vastaavat muovin hajottamisesta. Menetelmän etuna on erityisesti se, että se sopii sekä likaisen, että lajittelemattoman muovin kierrättämiseen. Prosessi ei myöskään vaadi korkeita lämpötiloja. Biotekninen kierrätys ei huononna materiaalin laatua, vaan sitä voidaan toistaa yhä uudelleen. Menetelmän heikkouksiksi luetaan eri mikrobien erikoistuminen vain yhteen muovilaatuun, eli erilaisia mikrobeja tarvitaan useita, jos muovijäte on sekalaista. Prosessi vie myös paljon aikaa. Menetelmää kuitenkin tutkitaan ja kehitetään koko ajan ja demonstraatiolaitoksiakin on jo rakennettu maailmalle. (Koivuranta 2019.)

2.3.4 MUOVIJÄTTEEN ENERGIAHYÖDYNTÄMINEN

Vaikka kierrättämismenetelmiä on useampia, muovijäte saattaa olla liian likaista, laadultaan heikkoa tai lajittelematonta, jotta siitä saataisiin riittävän laadukasta materiaalia uusiokäyttöä ajatellen. Kaikille maataloudessa käytössä oleville muovilaaduille ei myöskään ole vielä olemassa toimivaa kierrätysvirtaa. MuKi-hankkeessa viljelijöille suunnatun kyselytutkimuksen mukaan, noin 90 % tiloille ostetuista muoveista on tällä hetkellä hävitetty energijätteenä. Muovi on usein öljypohjaista, joten se on energiarikas raaka-aine polttoa ajatellen, lähes kivihii-
len veroinen. Sen polttaminen ei kuitenkaan tulisi olla ensimmäinen vaihtoehto, sillä muovijätteeseen sitoutunut öljy olisi hyvä saada pysymään kiertotalouden raaka-aineena. Muovijätettä ei saa polttaa ilman asianmukaista, tehokasta ja siihen luvan saanutta polttolaitosta, jonka avulla siitä syntyvä lämpö ja sähkö voidaan ottaa hyötykäyttöön. Muovien polttamisesta voi myös syntyä myrkyllisiä yhdisteitä, jotka voivat aiheuttaa korroosiota. Muovijätettä polttavan laitoksen palokaasujen käsittelyn tulee myös toimia tehokkaasti. (Holopainen 2022.)

2.4 MUOVIN KÄYTTÄJÄN TYÖTAVOILLA ON VÄLIÄ

Muovi on hyvä materiaali kierrätettäväksi, mutta vaatii käyttäjältään vastuullisuutta. Luontoon jätettävät muoviriekaleet pilaavat maisemaa ja aiheuttavat suuren mikromuovikuormituksen. Vaikka Suomessa on tehokas jätehuolto yhteiskuntajätteille ja -lietteille, silti esimerkiksi Kallaveteen kerrostuu tutkimusten mukaan vuosittain jopa tuhansia muovipartikkeleita neliometriä kohden (Syväne 2019.) Mikromuoveja onkin jo kaikkialla, jopa meissä ihmisissä. Syksyllä 2019 WWF julkaisi maailmanlaajuisen raportin, jonka mukaan ihmisiin on kertynyt jopa 5 g, eli pankkikortin verran, mikromuovia (Harjumaa 2019). Mikromuovien määrät meissä ja ympäristössämme ovat siis hurjia.

Mikromuovit aiheuttavat etenkin avainlajeille, kuten vesistöjen eläinplanktoneille, lisääntymisongelmia ja suoliston tukkeumia. Ne aiheuttavat myös näлкиintymistä, sillä muovi täyttää kyllä vatsaa, mutta ei sisällä mitään ravintoaineita. Ihmisiin mikromuovia päätyy monin tavoin: syömme ja juomme niitä, mutta osa niistä kulkeutuu elimistöömme myös hengityksen kautta. Mikromuovien ihmisille aiheuttamien terveyshaittojen tutkimukset ovat kesken, mutta laboratoriokokeissa on jo todettu, että saamme niistä immuunivasteja tulehdusreaktioita. (Syväne 2019.) On siis tärkeää huolehtia muovijätteet kiertoon tai asianmukaisesti energiantuotantoon, eikä jättää niitä lojumaan ympäristöön. Kun mennään konkretiaan ja päivittäin tehtäviin valintoihin, viljelijällä on monta mahdollisuutta viilata omaa toimintaansa ympäristön kannalta parempaan suuntaan jo nyt.

2.4.1 OSTOPÄÄTÖKSELLÄ ON VÄLIÄ

Muovia kaupasta ostettaessa ensimmäisenä mietitään tietysti sitä, että tuote soveltuu omiin tarpeisiin, työtapoihin ja laitteisiin. Joskus on kuitenkin hyvä katsella, onko vastaavaa tuotetta saatavilla uusiomateriaalista valmistettuna. Uusia tuotteita kehitetään huimaa vauhtia ja niistä on välillä hyvä kysäistä myös myyjiltä. Se, että uusiomuovista valmistettuja tuotteita ostetaan, lisää niiden kysyntää, joka puolestaan alkaa pidemmän päälle laskemaan kierrättämisen kustannuksia. Kysyntä myös kannustaa muovituotteiden valmistajia kehittämään lisää tuotteita uusiomateriaaleista. Tärkeänä tekijänä on tässä yhteydessä mainittava, että uusiomuovista valmistetun tuotteen ostaminen vähentää neitseellisen, eli ensiömuovin menekkiä, mikä puolestaan vähentää muovintuotannosta kertyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Muovintuotannossa suurimmat kasvihuonepäästöt tulevat hartsin valmistuksesta. Tutkimukset osoittavat, että uusiomuovintuotteen käytöllä voidaan näitä päästöjä laskea merkittävästi. (Zheng & Suh 2019.)

Perinteistä paalimuovia ostettaessa on hyvä miettiä myös värejä. Jos ei osteta uusiomuovista valmistettua muovia, joka lähtökohtaisesti ei ole valkoista, kannattaa ensiöpaalimuovi ostaa aina valkoisena. Jos halutaan käyttää useamman värisiä muoveja yhdessä paalissa, niitä ei kannata sekoittaa valkoisen muovin kanssa. Tämä siitä syystä, että valkoiselle paalimuoville on oma kierrätysvirtansa, kun muun väriset paalimuovit kierrätetään sekaisin.

2.4.2 TILAN KONEET JA KÄYTÄNNÖT VAIKUTTAVAT MUOVIN LAATUUN

Tämän hetken kalliiden myyntihintojen keskellä lienee turha sanoa, että älä haaskaa muovia. Varmasti sitä ei kukaan turhaan käytä. Työskentelyn lomassa on kuitenkin hyvä välillä pysähtyä pohtimaan, riittäisikö paaliin kuitenkin puoli kierrosta vähemmän verkkoa tai limittykö muovi paaliin optimaalisesti. Myös esimerkiksi paalauksen jälkeisellä paalien päällekkäin pinoamisella vähennetään paalien kontaminaatiota maaperästä kertyvään kosteuteen ja sen takia rehut saattavatkin säilyä kenties yhtä muovikerrosta vähemmällä määrällä. On toki ymmärrettävää, että käytäntöjä on useita, mutta muovin säästäminen paalatesa tuo suoraa säästöä myös muovin ostokustannuksiin.



Kuva 4. Paalien pinoaminen päällekkäin voi vähentää tarvittavan muovin määrää ja pitää muovit puhtaampana. (Aija Hytönen 2023)

Käytön vähentämisen lisäksi myös muovien käsittelyssä voi pyrkiä siihen, ettei sotke muoveja liikaa. Mitä puhtaampaa muovijäte on, sitä laadukkaampaa uusiomuovia siitä saadaan. Ja työntekokin on mukavampaa, kun omat vaatteet ja laitteet eivät ole kurassa joka kerta, kun paaleja tai niiden muoveja käsittelee. Päivittäiseen työskentelyyn on olemassa laitteita, joilla voidaan helpottaa esimerkiksi paalien käsittelyä ja sitä kautta pitää niiden muovit puhtaampina. Muun muassa muovin siepparilla varustettu paalileikkuri toimii eläintilan arjessa hyvin ja on investointikustannuksiltaan suhteellisen edullinen. Paalileikkurin avulla paali saadaan avatuksi ja muovi poistetuksi kertaakaan traktorin hytistä poistumatta. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, ettei paalia tarvitse laskea likaiseen maahan muovin poiston takia ennen sen nostamista ruokintahäkkiin. Näin muovit ja myös itse rehu säilyvät puhtaampina ja työ-
turvallisuuskin huomattavasti parempana. Rehusiiloa tai aumaa avatessa on hyvä pohtia, voisiko sen suojana olevaa muovia leikata sitä mukaa pois, kun siilo tyhjenee. Näin suuren, painavan ja likaisen aumamuovin sijaan sitä olisikin pienempinä palasina, jotka olisi helpommin ravisteltavissa puhtaaksi. Pienempien muovikappaleiden kääriminen tai paketointi on myös itselle helpompaa. Omia työtapoja kannattaa siis välillä miettiä ja hyviä käytänteitä kysellä myös kollegoilta.

2.4.3 SYNTYPAIKKALAJITTELU KANNATTAÄ TEHDÄ OSAKSI ARKEA

Syntypaikkalajittelu on muovin kierrätystä ajatellen koko toiminnan tärkein vaihe. Huolellisella syntypaikkalajittelulla varmistetaan, että muovijäte on riittävän laadukasta, puhdasta ja eri muovijakeet erilleen eroteltua. Jätemuovien eri varastointipisteet tai säiliöt on hyvä sijoittaa lähelle jätteen syntypaikkaa, jos se suinkin on mahdollista. Mikäli suurin osa muovijätteestä syntyy esimerkiksi ulkotarhoihin vietävistä paaleista, muovivarasto kannattaa tehdä jätteen noutopaikalle. Kun tilan jätehuolto mietitään niin, että syntypaikkalajittelu ja muu jätteenkäsittely on helposti tehtävissä, tulee se helpoksi osaksi arkea, eikä kuormita tekijäänsä liikaa.

2.4.4 KERÄYS JA KULJETUS

Pelkkä muovijätteen lajittelu ja varastointi ei vielä lisää kierrätystä, sillä jätemuovi pitää myös saada tilalta eteenpäin. Logistiikan osalta kannattaa hyödyntää alueellisia keräyksiä, sillä usein ne ovat kustannuksiltaan edullisimpia. Yhteistyö on myös tässä asiassa hyvä väylä säästää. Kun lähiseudulta saadaan samaan kyytiin muovijätettä useammalta eri tilalta, logistiikka on mahdollista

optimoida kustannustehokkaaksi. Kannattaa siis tehdä yhteistyötä naapurien kanssa ja osallistua yhdessä keräyksiin. Paikalliset toimijat ovat yleensä parhaiten oman kunnan jätehuoltoyhtiön, tai ympäristö- ja maatalousviranomaisten tiedossa. Kannattaa siis kysellä ja haastaa paikallisia toimijoita aktiivisesti asian tiimoilta.

3 MUOVIJÄTTEEN KÄSITTELY KÄYTÖN JÄLKEEN

Noora Räsänen

3.1 VASTAANOTTAJAN SELVITTÄMINEN

Maatalousmuovijätteen vastaanottajia on harvassa. Suurin syy, miksi maatalousmuovi ei kelpaa kierrätettäväksi, on sen likaisuus. Kuitenkaan likaisuutta ei perustella yleensä sen tarkemmin, tai mihin muovilaatuun tämä kyseinen perustelu liittyy: onko kyseessä esimerkiksi paalimuovit vai marjatilojen katemuovit.

Maatalousmuovijätteen osalta viljelijöiden on vaikea tavoittaa vastaanottajia. Lisäksi tunnettujen toimijoiden toiminnassa on katkoja, jolloin muovijätteen noutoa tilalta on jouduttu odottamaan. Tarkkaa aikaa noudolle on ollut hankala määrittellä, koska yleensä samaan kuormaan noudetaan useamman tilan muovijätteet samalta alueelta.

Tällä hetkellä sekalaista, ja jopa useamman vuoden vanhaa maatalousmuovijätettä vastaanotetaan energiantuotantolaitoksiin, jossa se poltetaan tehokkaasti yleensä jonkin toisen materiaalin kanssa. Sekalaista maatalousmuovijätettä ei voida toimittaa maksutta energiantuotantoon, vaan jätteentoimittamiseen sisältyy vastaanottomaksu, jolla kustannetaan mm. jätteenkäsittely ja siihen liittyviä lupia ja sertifikaatteja (Jätelaki 17.6.2011/646). Vastaanottomaksun suuruus vaihtelee eri toimijoiden välillä. Lajitellun jätteen osalta vastaanottomaksua ei yleensä ole peritty, jos se päättyy uusiomateriaaliksi, näin tapahtui mm. muovijätteen keruu pilotissa 2023.

Paikalliset jätekuntayhtymät tai yritykset voivat tietää maatalousmuovijätettä vastaanottavia tahoja tai yrittäjiä, jotka tarjoavat maatalousmuovijätteen keräyspalveluja. Lisäksi kunnan ympäristöviranomaisen voi olla selvillä siitä, mitä muovijätteelle voi tehdä ja tukeeko kunta yrittäjiä rahallisesti maatalousmuovijätteen asianmukaisessa hävittämisessä. Viranomaisiin kannattaa siis rohkeasti ottaa yhteyttä.

3.2 SYNTYPAIKKALAJITTELU

Kaikessa jätteen käsittelyssä on olennaisinta syntypaikkalajittelu, oli kyseessä sitten metalli-, paperi- tai muovijäte. Syntypaikkalajittelulla tarkoitetaan toimintatapaa, jossa jätteeksi muuttuvat materiaalit erotellaan kaikki omiin jakeisiinsa siinä vaiheessa, kun se muuttuu käytössä olevasta materiaalista jätteeksi. Jälkikäteen jätteitä on hankalaa ja aikaa vievää alkaa erittelemään. Etenkin maatalousmuovijätteen kohdalla syntypaikkalajittelu auttaa hallitsemaan jätteistä aiheutuvia kuluja. Lajittelusta jätekasasta eroon pääseminen on myös huomattavasti helpompaa. Syntypaikkalajittelussa olennaista on erotella muovimateriaalit toisistaan erilleen niiden ominaisuuksien ja laadun mukaan jo maatilalla jätteen syntyhetkellä, esimerkiksi pyöröpaalia avatessa, tai katemuoveja mansikkapenkeistä poistaessa. Muovijätteitä pakattaessa on hyvä ottaa huomioon myös siitä muodostuvan jätepaketin paino, sillä se voi aiheuttaa työturvallisuusriskin tai ongelmia lastauksen yhteydessä. Syntypaikkalajittelu kannattaa lähtökohtaisesti tehdä muovijätettä vastaanottavan tahon kriteerien mukaisesti, jos mahdollista.

Syntypaikkalajittelun osalta on tärkeää tunnistaa, mitä muovilaatua muovijätteet ovat. Maatalousmuovien laaduista on kerrottu selkeästi muun muassa LiMuKe-hankkeen loppuraportissa (Alakoski & kump. 2018), josta kooste kuvassa 5. Muovilaatu käy ilmi muovimateriaalin nimestä, josta on johdettu myös lyhenne, esimerkiksi polypropeeni on lyhenteeltään PP. Muovien laadut saa selville yleensä tuotteiden pakkauksista, valmistajien internetsivuilta tai asiaa kannattaa kysyä myyjältä tuotetta ostettaessa. Valitettavasti tieto yleensä häviää viimeistään siinä vaiheessa, kun muovien pakkaus avataan ja hävitetään. Voi myös olla, ettei sitä ole lainkaan mainittu pakkauksessa. Tämä yleensä hankaloittaa muovinlaadun selvittämistä siinä vaiheessa, kun muovimateriaali on käytössä tai poistettu käytöstä eli muuttunut jätteeksi. Maatalousmuovien laadut voi ja kannattaakin merkitä muistiin niitä ostettaessa, jolloin lajittelu onnistuu myöhemmin helpommin. Samoja tuotteita, esimerkiksi verkkoja, voidaan myös valmistaa useammasta eri muovilaadusta, joten jo ostaessa kannattaa olla selvillä, mitä muovia juuri se kyseinen tuote on.

Maatalousmuovi	Muovilaatu
paalimuovi (kirstekalvo, paalikalvo, käärintäkalvo)	lineaarinen pientiheyspolyeteeni (PE-LLD)
aumamuovi, katemuovi (mansikkamuovi), piensäkki, lavahuppu, suursäkkien sisäsäkki	pientiehsypolyeteeni (PE-LD)
kanisteri, käärintäverkko*, paalimuovihylsy, tihku- ja kasteluletku	suuritiehsypolyeteeni (PE-HD)
paalinaru, katekangas, käärintäverkko*, kanisterin korkki, kirstekalvohylsy*, katemuovihylsy*, harso, tihku- tai kasteluletku*	polypropeeni (PP)
kirstekalvohylsy*, tihku- ja kasteluletku*	polyvinyylikloridi (PVC)
styrox	solupolystyreeni (EPS)

*muovilaatu vaihtelee eri valmistajilla, tarkista muovilaatu valmistajalta tai pakkauksesta

Kuva 5. Taulukkoon on koottu yleisimpiä maatalousmuoveja ja niiden muovilaatuja (Räsänen 2024)

Syntypaikkalajittelussa kannattaa ensisijaisesti miettiä kuuluuko muovijäte pakkausmuoveihin, sillä pakkausmuovit kuuluvat tuottajavastuun alaisuuteen: niiden kierrättämisen kustannuksista vastaa joko tuotteen pakkaaja, tuottaja tai maahan tuoja. Kannattaa huomioida, että pakkausmuovien osalta viljelijä on kuluttajan, ei tuottajan roolissa. Viljelijä, joka myy kauppakunnostettuja tuotteita muoviin pakattuna, voi joissain tapauksissa lukeutua myös muovin tuottajaksi. Jos olet epävarma asian suhteen, voit ottaa yhteyttä Sumi Oy:n (entinen Suomen Uusiomuovi Oy).

Pakkausmuovit voidaan toimittaa maksutta Sumi Oy:n vastaanottoterminaaleihin. Tällaisia tuottajavastuunalaisia pakkausmuoveja ovat mm. pesuainepakkaukset, vedinkastotynnyrit, ruukut, taimilavetit (styrox ja muovilo-kerikot), purupaalien muovikääreet ja muut vastaavat muoviset pakkaukset. Terminaalien sijainnit ja yhteystiedot löytyvät Sumi Oy:n nettisivuilta. Terminaaleihin täytyy olla yhteydessä puhelimitse ennen kuin sinne aikoo toimittaa tuottajavastuunalaista jätettä. Paalimuovit on rajattu pakkausmuovien ulkopuolelle, eli ne eivät kuulu tuottajavastuun alaisuuteen. Vaikka pakkausmuovit saa toimittaa Sumin terminaaleihin ilman vastaanottomaksua, tulee viljelijän kuitenkin itse kustantaa kuljetus terminaaleihin. Muiden kuin pakkausmuovien kierrättämisen kustannuksista vastaa lain mukaan jätteiden tuottaja, eli viljelijä.



Kuva 6. Sumin vastaanottoterminaleja on eri puolilla Suomea. (Kuvakaappaus Sumi Oy:n verkkosivuilta 2023)

Suomeen on perustettu myös uusi vapaaehtoinen kierrätisyhteisö Suomen maatalousmuovien kierrätys Oy, jonka olisi tarkoitus aloittaa kierrätykseen kelpaavien paalimuovien ilmainen keräily elokuussa 2024. Organisaatio ei tule keräämään sekalaisia muovijätteitä, joten tästäkin syystä syntypaikkalajittelu kannattaa aloittaa jo nyt. On hyvä huomioida, että Suomen maatalousmuovien kierrätys Oy toimii vapaaehtoisesti, eikä sen toimintaa voi rinnastaa laissa määriteltyyn pakkausmuovien tuottajavastuuseen.

3.2.1 PAALIMUOVI JA -VERKKO

Pyöröpaaleissa käytetään yleensä kahta eri muovilaatua: verkkoa, joka tukee paalin rakennetta ja rehupaalia suojaavaa paalikalvomuovia, josta puhuttaessa käytetään myös termejä kiristekalvo tai käärintäkalvo. Paalimuovi ja verkko ovat valmistettu eri muovilaatuista, joten ne on syntypaikkalajittelun yhteydessä eroteltava toisistaan omiin jakeisiinsa uusiokäyttöä tavoiteltaessa.

Pyöröpaaleja käytettäessä, verkoista syntyy suhteessa huomattavasti vähemmän muovijätettä, kuin paalikalvoista, eikä niille ole tällä hetkellä uudelleenkäyttömahdollisuutta. Käytännössä verkot päätyvät toistaiseksi poltettavaksi energiajätteeksi. Pyöröpaalia purettaessa, verkot on kuitenkin eriteltävä pois paalimuovin seasta, jotta paalimuovi saadaan omana

jakeenaan soveltumaan uudelleen käytettäväksi. Eri väristen paalimuovien osalta lajittelu on selkeää: kokonaan valkoinen paalikalvo laitetaan omaan jakeeseensa ja kaikki muut värit sekaisin omaksi jakeeksi. Kaikki muut paalikalvomuovit valkoista lukuun ottamatta voidaan siis lajitella yhteen kasaan, eli esimerkiksi vihreät, vaaleanpunaiset, kaksiväriset ja mustat, kaikki yhteen samaan jakeeseen.

Paalimuovit ja -verkot eivät tällä hetkellä kuulu tuottajavastuunalaisiin muovijätteisiin, eli niiden kierrättämisen kustannuksista vastaa lähtökohtaisesti niiden käyttäjä. Paalimuovit on yleensä valmistettu lineaarisesta pientiheys polyeteenistä (lyhenteenä käytetään seuraavia PE-LD, LDPE, PE-LLD, LLDPE, 04), jonka kierrätysmerkissä on numero 04. Paali- tai käärintäverkkojen materiaali vaihtelee hieman valmistajien mukaan. Yleensä ne on valmistettu joko suuritiheys polyeteenistä (PE-HD, PEHD, HDPE tai HD-PE, 02) tai polypropeenista (PP, 05). Muovilaatuja voi olla vaikea erottaa toisistaan, joten kannattaa katsoa merkki pakkauksesta, jos mahdollista.



Kuva 7. Pyöröpaaleissa kiristekalvomuovin alla oleva verkko on eri muovilaatua ja tulee lajitella erilleen. (Aija Hytönen 2023)

3.2.2 AUMAMUOVI

Aumamuoveja käsiteltäessä on ehdottoman tärkeää poistaa kaikki muu aines muovijätteen ympäriltä, esimerkiksi painona toimineet renkaat. Myös suuret rehumäärät voivat haitata aumamuovijätteen jatkokäsittelyä murskausvaiheessa ja mukaan kuulumaton rehumäärä lisää myös aumamuovijätteen painoa, lisäten siten jätteiden noudon kustannusta. Aumamuovia kannattaa olosuhteiden salliessa pilkkoa pienempiin palasiin jo aumaa avatessa, jolloin sen käsittely ja pakkaaminen auman tyhjennyttyä on helpompaa. Jos aumamuovit halutaan kierrätykseen, tulisi niistä eritellä eri muovilaatukerrokset erilleen. Tällä hetkellä niille ei kuitenkaan vielä ole erillisiä kierrätysjätevirtoja, vaan ne päätyvät energiantuotantoon.

Aumamuovit eivät tällä hetkellä kuulu tuottajavastuunalaisiin muovijätteisiin, eli niiden kierrättämisen kustannuksista vastaa lähtökohtaisesti niiden käyttäjä. Aumamuovit on yleensä valmistettu polypropeenista (PP, 05), mutta eri kerroksissa mukana voi olla myös polyvinyylidikloridia (PVC, 03) ja/tai paisutettua polystyreeniä (EPS, 06). Yleisenä ohjeena kannattaa muistaa, että PVC käy pieninä määrinä energijätteen sekaan, mutta suuremmissa määrissä se tulee toimittaa lajitteluasemien erilliskeräilyyn.

3.2.3 MANSIKAN KATEMUOVIT JA KASTELULETKUT

Mansikan katemuovien poiston yhteydessä on huolehdittava, ettei katemuovijätteeseen jää suuria määriä peltomaata, kiviä tai isoja määriä kasvinosia, kuten mansikkapuskia tai juolavehnanjuuria. Nämä ja muut muovijätteen mukaan kuulumattomat materiaalit voivat haitata katemuovijätteen murskauskäsittelyä: kivet voivat rikkoa murskauslaitteen ja ylimääräinen aines lisää myös painoa nostaten muovijätteen käsittelyn kustannuksia.

Jos viljelyssä on käytössä tihkukastelu, tulee tihkuletku ja katemuovi eritellä toisistaan niiden poiston yhteydessä. Katemuovia ja tihkulettoa ei siis saa kerätä samaan pakettiin, koska ne ovat eri muovilaatuja, vaan ne tulee kerätä omiksi vyyhdeikseen. Tihkulettoa ja katemuovia poistettaessa kannattaa ottaa huomioon sen jatkokäsittely. Käytetyt letkut on hyvä kääriä mahdollisimman tiiviiksi rullaksi tai pakettiksi, jolloin ne on helppo siirrellä ja nostaa jäteauton kyytiin. Katemuovit kannattaa pakata joko jätessäkkeihin tai kääriä rullalle tai muuteen tiiviiksi paketeiksi.

Katemuovit ja kasteluletkut eivät kuulu tällä hetkellä tuottajavastuunalaisiin muovijätteisiin, eli niiden kierrättämisen kustannuksista vastaa lähtökohtaisesti niiden käyttäjä. Katemuovit on yleensä valmistettu pientiheys polyeteenistä

(PE-LD, LDPE, 04). Kasteluletkut valmistetaan yleensä suurtiheys polyeteenistä (PE-HD, PEHD, HDPE tai HD-PE, 02), mutta ne voi olla valmistettu myös polyvinyylikloridista (PVC, 03). Yleisenä ohjeena kannattaa muistaa, että PVC käy pieninä määrinä energijätteen sekaan, mutta suuremmissa määrissä se tulee toimittaa lajitteluasemien erilliskeräilyyn.



Kuva 8. Eri muovilaadut on pakattu erikseen ja helposti lastattavaan muotoon. Lastausta olisi helpottanut vielä muovien varastointi kovalla alustalla. (Heikki Kuronen 2023)

3.2.4 HARSOT JA KASVUSTOJEN SUOJAVERKOT

Hallaharso tai kasvuharso, sekä suojaverkot on hyvä kääriä mahdollisimman tiiviiksi, erillisiksi rulliksi ilman rullan sisälle jätettävää hylsyä. Tällöin harson ja suojaverkon jatkokäyttö uusiomateriaalina on mahdollista. Hylsyn, esimerkiksi lankun pätkän, ympärille käärityn harson uusiokäyttö estyy ja se kelpaa vain poltettaviin jätteisiin. Jos hylsyä halutaan käyttää, tulee sen olla materiaaliltaan samaa, kuin siihen käärittävä muovijäte. Tällöin eri muovijakeet eivät sekoitu ja uusiokäyttömahdollisuus säilyy. Harsot kannattaa myös suojata sateelta, sillä kastuessaan se imee paljon nestettä sisäänsä. Tämä nostaa sen painoa ja lisää näin kuljettamisen kustannuksia.



Kuva 9. Harsot voivat olla suuria ja pitkänomaisia muovikappaleita, jotka on hyvä kääriä kerätessä rullalle. (Aija Hytönen 2023)

Harsot ja suojaverkot eivät kuulu tällä hetkellä tuottajavastuunalaisiin muovijätteisiin, eli niiden kierrättämisen kustannuksista vastaa lähtökohtaisesti niiden käyttäjä. Harsot valmistetaan yleensä polypropeenista (PP, 05) ja verkot suurtiheys polyeteenistä (PE-HD, PEHD, HDPE, HD-PE, 02) tai polypropeenista (PP, 05).

3.2.5 PAKKAUSMUOVIT

Pakkausmuovit kuuluvat tuottajavastuun alaisuuteen, mutta kannattaa huomioda, että pakkausmuovien osalta viljelijä on kuluttajan, ei tuottajan roolissa. Pakkausmuovit voidaan toimittaa maksutta Sumi Oy:n (entinen Suomen Uusiomuovi Oy) vastaanottoterminaaleihin. Tällaisia tuottajavastuunalaisia pakkausmuoveja ovat mm. pesuainepakkaukset, vedinkastotynnyrit, ruukut, taimilavetit (styrox ja muovilokerikot), purupaalien muovikääreet ja muut vastaavat muoviset pakkaukset. Terminaalien sijainnit ja yhteystiedot löytyvät Sumi Oy:n nettisivuilta. Terminaaleihin täytyy olla yhteydessä puhelimella ennen kuin sinne aikoo toimittaa tuottajavastuunalaista jätettä.

Lannoitesäkit

Lannoitesäkit kuuluvat tuottajavastuun alaisiin pakkausmuoveihin, joten ne saa toimittaa ilmaiseksi Sumi Oy:n vastaanottoterminaaleihin. Terminaalit löytyvät Sumi Oy:n verkkosivuilta. Suursäkkien keräilyyn on usealla paikkakunnalla jär-

jestetty myös 4H:n Reilu teko -keräys, jonne ne on voinut toimittaa ilmaiseksi. Suursäkit on yleensä valmistettu pientiheys polyeteenistä (PE-LD, LDPE, 04) ja/tai polypropeenista (PP, 05).

Muut muovijätteet

Vasikkaiglut, pressut ja kevytpeitteet, salaojaputket sekä PEH-erikoisputket kuten vedensiirtoon tarkoitetut sadetuslinjat ja tihkupäisteputket on toimitettava paikalliselle jätteenkäsittelylaitokselle. Putkia on tarvittaessa pätkittävä kuljetusta varten. Muovilaadut voivat vaihdella eri tuotteiden välillä ja se saattaa olla merkitty muovikappaleeseen.

IBC-kontit

IBC, eli Intermediate Bulk Container -kontteja, etenkin suuria 600 l, 800 l ja 1000 l kontteja kannattaa tarjota uusiokäyttöön tai käyttää itse, jos sellaiselle on tarvetta. Muuten ne tulee toimittaa jätteenkäsittelylaitokselle. IBC-kontit on valmistettu suuritiheys polyeteenistä (PE-HD, PEHD, HDPE, HD-PE, 02).

3.3 VARASTOINTITAVAT JA LAITTEET

Syntypaikkalajittelun ohella on ensiarvoisen tärkeää pakata maatalousmuovijätteet mahdollisimman tiiviisti ja jatkokäyttöä ajatellen järkevästi. Tämä tarkoittaa sitä, ettei eri materiaalit ja/tai muovilaadut mene varastoinnissa sekaisin. Esimerkiksi paaliverkot ja käärintäkalvot eivät saa mennä sekaisin. Muovijäte olisi hyvä säilyttää katteen alla, tai katetussa tilassa, jotta välttyttäisiin veden kertymiseltä jätteisiin. Muovin vastaanottajilta saadun tiedon mukaan kertynyt vesi voi nostaa jätteen painoa jopa puolella, ja samalla nousevat muovijätteen nouto- ja vastaanotokustannukset turhaan.

Pienet määrät rehua, muita kasvijätteitä tai multaa ei yleensä haittaa maatalousmuovijätteen käsittelyä. Suuret määrät rehua pyöröpaalimuoveissa, kivet tai sora esimerkiksi mansikan katemuoveissa sen sijaan haittaavat. Lisäksi suurien rehumäärien mukana olo nostaa jätteen painoa turhaan ja aiheuttaa myös rehuhukkaa. Yleensä puhutaan ravistelupuhtaasta muovista, ja se tarkoittaa sellaista muovijätettä, josta on ravistettu suurimmat rehujämmät tai mullat pois joko käsin tai vaikka kaivinkoneella.

Jos muovijätteet noudetaan tilalta koura-autolla, on suositeltavaa varastoida ne kovalle alustalle. Jos tämä ei ole mahdollista, ne kannattaa siirtää varastosta kovalle alustalle siinä vaiheessa, kun muovijätteitä tullaan noutamaan.

Hyväksi havaittuja alustoja ovat esimerkiksi betonilaatta, asfaltti tai tiivistynyt maanpinta. Huonoimpia mahdollisia paikkoja ovat pehmeät maapohjat, esimerkiksi metsän tai pellon laita.



Kuva 10. Muovijätteet on kerätty ja varastoitu pakkaamatta metsän laitaan. Tämän kasan lastaaminen vaatii kuskilta sekä taitoa, että aikaa, jotta kalusto ei mene rikki, eikä mukaan tartu liikaa maa-ainesta. (Heikki Kuronen 2023)

Eri maatalousmuoveille voidaan suositella erilaisia pakkaustapoja. Puristimet ovat käteviä, mutta ne voivat olla kustannuksiltaan hintavia. Kannattaa pohtia, löytyykö alueelta innokkuutta ostaa sellaisen esimerkiksi maamiesseuran, yhdistyksen tai muun ryhmittymän yhteiskäyttöön. Hyväksi vaihtoehdoksi on todettu myös katteellinen vaihtolava tai merikontti. Nämä ovat toimivia etenkin silloin, kun muovijätettä tulee määrällisesti paljon. Eri muovilaatuja kertyy myös eri verran, esimerkiksi paalimuovien ollessa kyseessä kalvomuovia muodostuu huomattavasti enemmän, kuin verkkoa. Tällöin kalvomuovit voi varastoida esimerkiksi katteellisella vaihtolavalla ja verkoille voi riittää esimerkiksi 600 litran jäteastia. Merikontti, etenkin aumamuovien säilytyksessä voi olla kätevä ja tulla edullisemmäksi hankintakustannuksiltaan, kuin puristavaan lava tai kontti.



Kuva 11. Merikonttiin saadaan lastattua muovijätteet traktorin etukuormaimella. Kontin sijoittaminen avattava ovi hieman takapäätystä alemmaksi varmistaa, että ylimääräinen vesi pääsee valumaan pois muovien seasta varastoinnin aikana. (Anssi Laamanen, 2023)

Muovi on materiaalina kevyttä ja ilmavaa, joten se vie paljon tilaa. Paalien kiristekalvomuovit kannattaakin puristaa paaliksi, jos suinkin mahdollista. Mekaanisen puristimen voi ostamisen sijaan rakentaa myös itse, joko hydrauliseksi tai erillisellä painolla tiivistäväksi. Puristuksen jälkeen syntynyt muovipaali tulee sitoa, jotta se ei palaudu muotoonsa paalaimen paineen hellittäessä. Huomio, että kierrätykseen menevän muovipaalin tulee olla kokonaan samasta materiaalista. Käytännössä tässä kysytään huolellisuutta lajittelijalta. Paalia sitoessa kannattaa muistaa myös se, että kiristekalvoista tehtyä muovipaalia ei voi sitoa paalinarulla, sillä silloin muovipaalissa sekoittuu sen sisältämä kiristekalvojen polyeteeni ja paalinarujen polypropeeni. Ota kuitenkin aina ensin selvää vastaanottajan käytänteistä, jotta varmistut, että kehittelemäsi pakkausmenetelmä soveltuu vastaanottajan käsittelylaitteistoihin.

Esimerkki paalimuovin käsittelystä tilalla

1. Avaa paali mahdollisimman puhtaalla alustalla tai käytä paalileikkuria.
2. Erottele paalimuovi verkosta paalin purkamisen yhteydessä.
3. Laita verkko omaan säilytysastiaan.
4. Erittele paalikalvot värin mukaisesti omiin kasoihin: valkeat omaansa, muun väriset voi laittaa sekaisin.
Valkea paalimuovi kannattaa pyrkiä säilyttämään ja pakkaamaan siistinä, sillä sille on kysyntää vastaanottajien päässä.
5. Tiivistä kiristekalvot paaliksi esimerkiksi lämpö-, muovi- tai pahvipaalaimella tai pakkaa ne muuten tiiviimmäksi paketiksi. Huomioi, että kierrätykseen menevää kiristekalvopaalia tai -pakettia ei voi sitoa kiinni paalinarulla.
6. Säilytä paali kovalla alustalla mielellään suojassa sateelta ja suoralta auringonpaisteelta muiden samaa materiaalia olevien muovipaalien kanssa.
7. Tilaa kuljetus, kun varastotila tai kuorma on täynnä. Arvioi haettavan jätteen määrä kuutioina.

Mansikan katemuovit voidaan pakata jättesäkkeihin muovien poiston yhteydessä. Tällöin niitä on viljelijänkin helppo liikutella paikasta toiseen ja säkki estää muovijätteen kastumisen, vaikka niitä säilytettäisiin avotaivaan alla. Katemuovit voidaan myös kääriä rullalle, mutta jos rullan sisällä on muuta muovimateriaali tai puuta hylsynä, se kelpaa vain poltettavaan jätteeseen. Katemuovikaistaleet voi myös kierä palloiksi tai koota tiiviiksi paketiksi. Täysin

irtonainen ja vapaasti kasattu katemuovi on todella hankalaa jatko käsittellä ja kerryttää helpoiten itseensä ylimääräistä vettä. Katemuovit kannattaakin aina pakata tiiviimmäksi paketiksi pelloilta poiston yhteydessä.



Kuva 12. Katemuovit voi pakata samaa materiaalia oleviin jätösäkkeihin. Jätösäkit suojaavat muovijätettä kosteudelta ja ne on helposti lastattavissa keräilyn yhteydessä. (Heikki Kuronen 2023)



Kuva 13. Katemuovit on kääritty tiiviisti hylsyn ympärille. Varastointi olisi hyvä tehdä alustalla, jossa muoveihin ei tartu maa-ainesta. (Antti Tolvanen 2022)

Esimerkki poistettaessa mansikkamaan katemuovia

1. Katemuovia poistettaessa, huolehdi ettei muoviin jää kasvijätettä tai peltomaata suuria määriä, ravistele puhtaaksi.
2. Erottele mahdollinen tihkukasteluletku ja katemuovi erilleen omiksi jakeiksi.
3. Pakkaa poistettu katemuovi tiiviisti joko jätesarjoihin pakkaamalla, tai kääri katemuovi itsensä tai samasta muovilaadusta olevan hylsyn ympärille.
4. Varastoi muovijätteet mahdollisimman kovalla alustalla.
5. Suojaa säältä jos mahdollista.
6. Tilaa muovijätteille nouto kun kaikki sen kasvukauden muovijäte on kerätty, arvioi haettavan määrä kuutioina.

3.4 TURVALLISUUS VARASTOINTIIN LIITTYEN

Maatalousmuoveja säilyttäessä on hyvä ottaa huomioon paloturvallisuus ja tuholaiset. Suuria muovijättemääriä rakennusten välittömässä läheisyydessä säilytettäessä lisäävät palokuormaa merkittävästi. Lisäksi rotat ja hiiret pesivät mielellään muovijätetasassa aiheuttaen tautien leviämistä ja sähköpaloriskin lähirakennuksille. Muovijäte aiheuttaa maahan jätettynä riskin, että se päätyy eläinten ruoansulatuselimistöön ja aiheuttaa siellä tukoksen. Muovijäte on myös liukas materiaali, joka etenkin talvella maahan jätettynä aiheuttaa kaatumisvaaran ihmisille, joten irralliset muovin kappaleet kannattaa poimia maasta välittömästi talteen. Muovijätettä käsitellessä, on hyvä ottaa huomioon myös hyvä työturvallisuus ja ergonomia: tiiviisti pakattu muovijätetaali tai pakkaus voi painaa satoja kiloja, joten niiden siirtely kannattaa ensisijaisesti tehdä koneellisesti.

4 MUOVIJÄTTEEN KERÄILY JA KULJETUS

Kimmo Lehtonen

Maatalousmuovien keräilyssä logistiikkaan liittyy tunnistettuja haasteita, jotka liittyvät vuodenaikoihin, tiestön kuntoon ja kattavan terminaaliverkoston olemassaoloon. Jos muoveja säilytetään ilman peittämistä ja ne ovat alttiina vesi- ja lumisateille, hyödynnettävän raaka-aineen lisäksi kuljetettavaksi päätyy paljon kiertoon kelpaamatonta, turhaa painoa eli käytännössä vettä tai jäätä. Lisäksi varastopaikoille pääsy voi olla haastavaa lumella ja liukkaalla. Kelirikkoaika taas rajoittaa liikennettä, jos tiet eivät kestä kuorma-autoilla ajamista. Samaan aikaan talvisin ja keväällä paalien kulutus on yleensä tiloilla suurinta. Vaikka Suomessa on tiheä verkosto jätehuoltoterminaleja, maatalousmuovien vastaanottoa ei ole joka paikassa. Terminaalit eivät ole ottaneet muoveja vastaan niiden liian pienen volyymin ja tehokkaan jatkologistiikan puuttumisen vuoksi.

Logistiikalla on haasteensa, mutta sen merkitys on suuri. Sen avulla tiloilla syntyvä jäte muuttuu seuraavan portaan raaka-aineeksi.

4.1 KULJETUSKALUSTO

Soveltuvan kaluston valintaan vaikuttaa ensisijaisesti tiloilla tehtävä synty- paikkalajittelu. Jos lähtevää materiaalia ei ole pakattu mitenkään, on ainut vaihtoehto noudolle koura-auto. Pakkaamaton muovi on usein pitkänoimaista, jolloin lastaaminen etukuormaajalla tai käsin ei ole realistinen vaihtoehto. Tilalla tehtävät valinnat varastointitavasta ja -tilasta vaikuttavat hyödynnettävien kalustovaihtoehtojen määrään. Jos tilalla on lajittelematonta muoviraaka-ainetta, on koura-autolla tehtävä keräily todennäköisesti ainut ja järkevin vaihtoehto kuljettaa raaka-aine polttolaitokselle.

4.1.1 KOURA-AUTO

Maatalousmuovien keräilyssä on eniten käytetty kuorma-autoja, jotka on varustettu nosturilla ja kouralla. Tällainen auto pystyy itsenäisesti lastaamaan ja purkamaan kuorman, eikä muovien varastointitavalla ole merkitystä. Kouralla varustettu nosturi pystyy noutamaan kuorman tilalta, kunhan varastopaikalle johtaa riittävän kantava, leveä ja kuorma-autolle muuten sopiva tie. Nosturin käyttö vaatii vapaata tilaa myös ylöspäin, eli varastokasa on sijoitettava riittävän avoimelle paikalle. Investointi- ja käyttökustannuksiltaan koura-auto on kuitenkin kallis ratkaisu. Tämän vuoksi nosturilla varustetulla autolla pitäisi maksimoida nosturityöskentelyä ja minimoida pitkien runkosiirtymien ajamista. Samalla voidaan paremmin hyödyntää erityisammattitaitoinen kuljettaja tekemään vaativaa kuormakäsittelytyötä, kun runkosiirtymillä tarvittava ammattitaito on erilaista.

Maatalousmuovien lastaaminen nosturilla vaatii kuljettajalta erilaista osaamista ja ammattitaitoa, kuin esimerkiksi puutavarakuorman teko raakapuu-kuljetuksissa. Koska pakkaamaton, käytetty muovi on tilavuudeltaan suurta, mutta painoltaan pientä, kuljettajan on lastatessa pystyttävä ravistelemaan, pyörittämään, tiivistämään ja painelemaan kuormaa. Tällöin kuormaan saadaan enemmän kierrätykseen kelpaavaa raaka-ainetta, vähemmän sinne kuumattomia aineita, kuten vettä tai maa-ainesta.

Maatalousmuovia kerätään muunkin raaka-aineen keräilyyn sopivalla kalustolla. Tällaisia raaka-aineita ovat esimerkiksi biopohjaiset kannot, risut ynnä muut energian lähteet, tai metalliromun keräilyyn rakennetut autot. Koska maatalousmuovien keräily on huomattavasti kevyempää toimintaa kuorma-auton alustalle, kuin raakapuun ajaminen, on yleistä hyödyntää vanhoja puutavara-autoja ja niiden rakennetta. Tällöin kuormatilat korvataan erilaisilla ratkaisuilla, jotka mahdollistavat pakkaamattoman kuorman kuljettamisen. Kuvassa 14 on nähtävissä koura-auto, joka on rakennettu pakkaamattoman raaka-aineen keräilyyn ja kuljetukseen vanhasta puutavara-autosta ja -perävaunusta. Samalla kuvasta näkyy nosturi vaatima työskentelytila ylöspäin.



Kuva 14. Savon nostokuljetus Oy:n koura-auto (Lehtonen 2023)

4.1.2 VAIHTOLAVA-AUTO

Vaihtolava-autot, eli vaihdettavilla kuormatiloilla varustetut kuorma-autot (kuvassa 15), muodostavat merkittävimmän rungon kaikelle kiertotalouden raaka-aineiden kuljettamiselle Suomessa. Tällaisella kalustolla on tehokasta kuljettaa erilaisia raaka-aineita, jotka voidaan purkaa kippaamalla. Olemassa olevaa liiketoimintaa ja kalustoa on liikkeellä kaikkialla Suomessa. Vaihdettavilla kuormatiloilla varustettu auto tarvitsee terminaaleja, jotta saadaan aikaan taloudellisesti tehokas ja ympäristöä mahdollisimman vähän kuormittava toimitusketju.

Vaihdettavilla kuormatiloilla toimiva auto on tehokas valinta runkoliikenteeseen eli pitkille matkoille. Toisaalta maatalousmuovien keräily tiloilta terminaaliin voidaan järjestää hyvin myös samanlaisella, mutta pienemmällä kalus-

tolla. Jos tilalla syntyvän käytetyn muovin määrä on sopiva, muovia voidaan hyvin varastoida vaihtolavalla tai muulla siirrettävällä kuormatilalla. Tällöin kuorma-autolla noudetaan täyttynyt kuormatila sovitusti. Logistiikan tehokkuuden parantamiseksi olisi hyvä, jos samanlainen varastointiratkaisu olisi tehty useammalla tilalla lähiympäristössä. Tällöin kuorma-auto voisi uutta täyttä kuormatilaa, esimerkiksi vaihtolavaa hakiessaan viedä jo tyhjän vaihtolavan tilalle. Tämä vähentää turhaa, tyhjänä ajamista merkittävästi.



Kuva 15. Transitar Oy:n vaihtolava täysperävaunuyhdistelmä (Transitar tuo kokoa ja tehokkuutta kiertotalouden logistiikkaan 2021)

4.1.3 PAKKAAVA JÄTEAUTO

Pakkaavalla jäteautolla tehtävä keräily on mahdollista ja kannattavaa tehdä, jos useita tiloja sijaitsee sopivalla etäisyydellä toisistaan. Tiloilla käytetyn muovin varastointi hoidetaan tällöin jäteastioissa, jotka pakkaava jäteauto käy tyhjentämässä sovitulla ajorytmillä. Riippuen tilan koosta, on käytössä voi olla eri määrä astioita, jotta alueelle saadaan kaikille tiloille sopiva tyhjennysväli.

Pakkaavat jäteautot ovat hyvin kustannustehokkaita, kun riittävän pieneltä alueelta saadaan kerättyä riittävä volyymi käytettyä muovia samalla ajokerralla. Joissain tapauksissa keräilyssä voisi hyödyntää kaksiosastoista autoa, jolloin tiloilta voisi kerätä samalla myös jotain muuta kerättävää raaka-ainetta, tai kahta eri muovilaatua kierrätettäväksi.

Käytetyn muovin laatu pysyy erinomaisena, kun se varastoidaan suoraan jäteastiaan ja tyhjennysväli on tiheä. Tällöin raaka-aineen ominaisuudet eivät ala heikkenemään, eikä muita ylimääräisiä aineita, kuten vettä tai kuormauksen yhteydessä mukaan tarttuvaa maa-ainesta, kuljeteta keräyksessä mukana. Älymuovi-hankkeessa Satakunnan ja Varsinais-Suomen alueella toteutettiin tämän kaltainen pilottikeräily 1.10.2020 – 31.8.2023 välisellä ajalla. Siitä saadut kokemukset olivat monelta osin positiivisia (Jokinen 2023).



Kuva 16. Pakkaava jäteauto (L&T:n Lahden yksiköstä löytyy Suomen ensimmäinen sähköinen jäteauto 2022)

4.1.4 RAHTI- TAI KAPPALETAVARA- TAI MUUT SIVUSTA LASTATTAVAT AUTOT

Jos lähtöpaikassa eli tilalla on mahdollisuus paalata tai pakata käytetty muovi tiiviisti, voidaan sen kuljettamisessa hyödyntää todella runsaasti liikenteessä olevaa kalustoa. Tällaisia autoja ovat mm. kaikenlaista pakattua tavaraa kul-

jettavat, sivusta lastattavat autot. Myös sivusta aukeavat hakeautot soveltuvat tällöin raaka-aineen ajoin. Olennaista tällöin on paalata muovia tiiviisti sopivan kokoiseen muotoon ja lastata se tilalta esimerkiksi paalirullien käsittelyyn tarkoitetulla kalustolla. Paalin olisi hyvä olla mitoiltaan 1,2 metriä pituus tai leveys suunnassa, jotta kuorman täyttöaste saadaan hyväksi. Kuvassa 17 on nähtävissä irlantilaisen yrityksen ratkaisu käytetyn paalimuovin paalaamisesta pyöröpaalin muotoon.



Kuva 17. Vaihtehto maatalousmuovien paalaamiseen tilalla (Kuvakaappaus *TidyWrap Recycling Bin* -markkinointivideosta)

Sivusta lastattavalla kalustolla tehtävä keräily vaatii muovin huolellista puhdistamista ennen paalausta, jotta kuormatilojen likaantuminen ei estä kustannustehokasta kuljettamista. Tällöin on hyvä huomioida myös se, ettei paaleista leviä valumavesiä kuljetuksen aikana. Kuvassa 18 on kokosivuaukeavalla elintarvikekorilla varustettu kuorma-auto, jonka tyylinen auto voisi toimia käytetyn ja paalutun maatalousmuovin keräilyssä. Elintarvikeajoa tekevät kuorma-autot eivät ole hyvä ratkaisu kierrätyslogistiikassa, mutta kuormakorin ATP-luokituksen vanhennuttua voidaan tämä kalusto hyödyntää hyvin monenlaisissa muissa kuljetustehtävissä. Maatalousmuovien kierrätyslogistiikka on yksi kohde, jonka avulla kuljetuskaluston käyttöikä voidaan pidentää. Erilaisia kuormatilaratkaisuja on olemassa lukematon määrä, joista todennäköisesti käytännöllisimmät olisivat pressuseinäiset tai eristämättömät kuormatilat.



Kuva 18. Kokosivuaukeava kuorma-auto (Lehtonen 2023)

4.2 TERMINAALIT

Terminaalit, eli ne pisteet, joissa keräilykuljetukset kohtaavat pitkän matkan runkokuljetukset, muodostavat tärkeän osan tehokkaassa toimitusketjussa. Terminaaliverkostoa hyödyntämällä voidaan operoida monipuolisemmalla kalustolla ja kaluston ja kuorman koko voidaan optimoida. Terminaaliverkoston tarjoaa myös useamman toimintamallin hyödyntämisen, sillä terminaalilta voidaan toimittaa käsittelylaitokselle raaka-aineita haluttu määrä oikeassa aikataulussa. Sumi Oy:llä on 70 terminaalia Suomessa (Terminaalit kartalla n.d). Kaikilla terminaaleilla ei ole valmiuksia vastaanottaa ja käsitellä maatalousmuovijätettä, sillä sen varastointi vaatii omanlaisensa ympäristöluvut muun muassa valumavesien hallinnan vuoksi. Terminaalien valmiudet ja tilanteet vaihtelevat, joten on hyvä varmistaa etukäteen, että kyseinen terminaali pystyy ottamaan vastaan maatalousmuovijätettä, ennen sen toimittamista terminaaliin.

Terminaalien hyödyntäminen maatalousmuovien kierrätyslogistiikassa varmistaa myös laadukkaan toiminnan niin raaka-aineen laadunvarmistamisessa, kuin toiminnan operatiivisen puolen osalta. Raaka-aineen laadun varmentaminen mahdollisimman lähellä kuljetusketjun alkupistettä pienentää turhaa kuljettamista. Samalla terminaalilla eri tavalla pakatut tai varastoidut raaka-aineet voidaan käsitellä sopivaksi tehokasta runkokuljetusta varten. Raaka-aineet voidaan paalata tai puristaa haluttuun muotoon, kokoon tai kuljettaa pakkaamattomana sopivalla runkokuljetuskalustolla. Terminaalilta voidaan sitten toimittaa käsittelylaitoksille, tai muihin terminaaleihin, haluttuja eräkokoja halutunlaista laatua olevia raaka-aineita. Kuvassa 19 on nähtävillä kasa lajiteltua, pääosin pakkaamatonta valkoista paalimuovia terminaalilla. Koura-auto on tuonut muovit lähitiloilta ja terminaalilta ne lastataan vaihtolava-autoon, joka vie sovitun kokoisen erän käsittelylaitokselle.



Kuva 19. Valkoista paalimuovia Ylä-Savon jätekeskuksella (Lehtonen 2023)

4.3 KUSTANNUSTEN MUODOSTUMISESTA

Käytetyn muovin saaminen takaisin kiertoon aiheuttaa monenlaisia kustannuksia, mutta on lähes kaikissa tapauksissa halvempaa, kuin lajittelemattoman muovijätteen hävittäminen. Tämän vuoksi syntypaikkalajittelu ja sen optimointi, ovat tärkeimpiä vaiheita kokonaiskustannusten kannalta. Logistiikkakustannukset muodostuvat muovin keräilystä, mahdollisesta terminaalikäsittelystä ja toimittamisesta käsittelylaitokselle. Erilaisten toimintamallien kustannusra-

kenne on erilainen. Parhaimmassa tapauksessa kierrätyslogistiikan kannalta kuljetuskalusto pystyy yhdistämään muuta kuljetustoimintaa osaksi keräilyä, jolloin tarpeettomien kilometrien ajaminen voidaan minimoida. Toisaalta taas keräilyyn räätälöidyn kaluston, kuten pakkaavan jäteauton, käytössä ei ole mahdollista toimittaa muita tavaroita samalla ajokerralla, tällöin optimoitu reitti ja aikataulusuunnitelma muodostavat hyötyjä kustannustenhallinnassa.

Tuotteiden käsittely, eli lastaaminen ja purkaminen, muodostavat myös kustannuksia. Nämä käsittelykerrat ja sitä myöden kustannukset kasvavat, kun logistiikan toimintamalli pitää sisällään väliterminaaleja. Terminaalien käyttö puolestaan parantaa keräilyn tehokkuutta, tuotteiden laadunvarmistamista, sopivimman kaluston käyttöä siirtoajossa ja toimituseräkokojen parempaa hallintaa. Näillä toimilla terminaalikäsitteily aiheuttamat kustannukset todennäköisesti parantavat kokonaisuuden taloudellista kannattavuutta merkittävästi. Hinnan muodostumiseen vaikuttaa merkittävästi muun muassa syntypaikkalajittelu ja sen laatu. Tämän vuoksi eri terminaalilla kustannukset voivat olla hyvin erilaisia. Terminaalitoiminnan alueellinen optimointi on tärkeä osa kustannustehokasta logistiikkaketjua. Maatalousmuovijätteestä uusiomuovigranulaattia tekevän Clean Plastic Finland osakeyhtiön perustajaosakas Mika Tuomisaari on arvioinut vuonna 2021, että keräysterminaalikustannukset ovat 30 €/tn, sisältäen käsitteilyn, varastoinnin ja lastaamisen (Tuomisaari 2021). Arvio voi olla nykymittapuun mukaan hieman alakanttiin, koska maailmalla on tämän jälkeen tapahtunut eri raaka-aineiden hintojen nousua tapahtumia.

4.4 KALUSTOVAIHTOEHTOJA JA NIIDEN KUSTANNUKSIA

MuKi-hankkeessa haastateltiin ja kerättiin arvioita tiloilta tapahtuvan jätemuovinkeräilyn kustannuksista. Haastatteluissa kysyttiin kustannusarviota erilaisten kalustojen käytöstä jätemuovin keräilyssä, sekä kilometrikustannuksia, kun kalustolla liikutaan pidempiä siirtymiä esimerkiksi tilalta käsitteilylaitokselle. Kustannusarviot ovat pääosin syksyiltä 2023 ja perustuvat sen hetkiseen kustannusrakenteeseen ja erityisesti polttoaineen hintaan. Hinnat eivät sisällä mahdollisia lisäpalveluita tai joissain tapauksissa polttoainelisiä, joka on käytössä eri toimialoilla eri tavalla.

MuKi-hankkeessa tehtiin syksyllä 2023 koura-autolla tehtävä pilottikeräily Pohjois-Savon alueella. Keräily oli MTK Pohjois-Savon organisoima ja kuului MuKi-hankkeen muovien kierrätyksen kehittäminen maatilayrityksissä -työpakettiin. Tässä keräilyssä autolla noudettiin tiloilta pakkaamatonta muovia, joka oli pääosin lajittelematonta. Raaka-aine päättyi tämän vuoksi poltetta-

vaksi Varkauteen. Pisimmillään autolla haettiin muovia yli 200 km päästä, jolloin tyhjänä ajettuja kilometrejä kertyi merkittävästi. Rahdinmaksajalta on veloitettu tällaisessa tapauksessa kilometrikustannukset meno-paluuna eli yli 400 km. Kustannusrakenne koura-autolla operoidessa muodostuu ajetuista kilometreistä ja aikaperusteisesti laskutettavasta nosturin käytöstä kuorman lastaamisessa tai purkamisessa. Arvio kilometrikustannuksesta on muodostettu kolmen eri yrityksen haastattelujen pohjalta. Nämä kaikki yritykset eivät olleet mukana pilottikeräilyssä.

Kilometrikustannus ajetusta kilometristä oli näiden haastattelujen pohjalta 2,20 €/km, nosturin käyttökustannukset taas 120 €/h. Jos lasketaan, että pakkaamatonta muovia, joka sisältää muun kierrätykseen kelpaamattoman aineksen kuten veden, saadaan kuormaan mahtumaan 30 tonnia. Tällöin koura-autolla liikuttaessa tonnikilometrille (tkm) tulee hintaa 0,073 €/tkm. Päälle lisätään vielä lastaukseen ja purkamiseen käytetty aika, joka voi vaihdella 1–2 tunnin välillä.

Rahtiautolla ja muilla vastaavilla kilometrikustannusrakenne on saman suuntainen, kuin koura-autolla. Kaluston monipuolisen käytön vuoksi yleisesti käytetään rahditusperusteena vain kilometrejä, jotka muodostuvat lähtöpaikasta määränpähän. Samalla kuorman lastaus sisältyy usein hintaan. Riippuen lähtevän tavaran määrästä vapaa lastausaika vaihtelee 1–2 tunnin välillä. Tonnikilometrillä hinta siis on samaa tasoa, kuin koura-autolla, mutta laskutettavia kilometrejä kertyy rahtiautolla vähemmän. Rahtiauton käyttö vaatii syntypaikkalajittelua ja käytetyn muovin paalaamista tai säkittämistä. Samoin lähettäjällä on usein oltava valmius lastata kuorma noutavalle autolle. Jos rahtiautolla tehdään pienempien, terminaalille toimitettavien erien keräilyä, muodostuu hinta lähtevän tavaran määrän ja etäisyyden mukaan. MuKi-hankkeessa hyödynnettiin hinnastoa, josta esimerkkinä kuvassa 20 on nähtävissä 3 000 – 3 199 kg tai 9,6 m³ kokoisen erän kuljetuskustannukset eri kilometrietäisyyksillä.

1 - 29 999 kg €/lähetys, 30 000 kg ja yli € / tonni

KM -->	1	50	100	150	200	250
	-49	-99	-149	-199	-249	-299
3000 - 3199	-9,60	189,60	195,38	207,27	219,16	229,83
					229,83	278,09

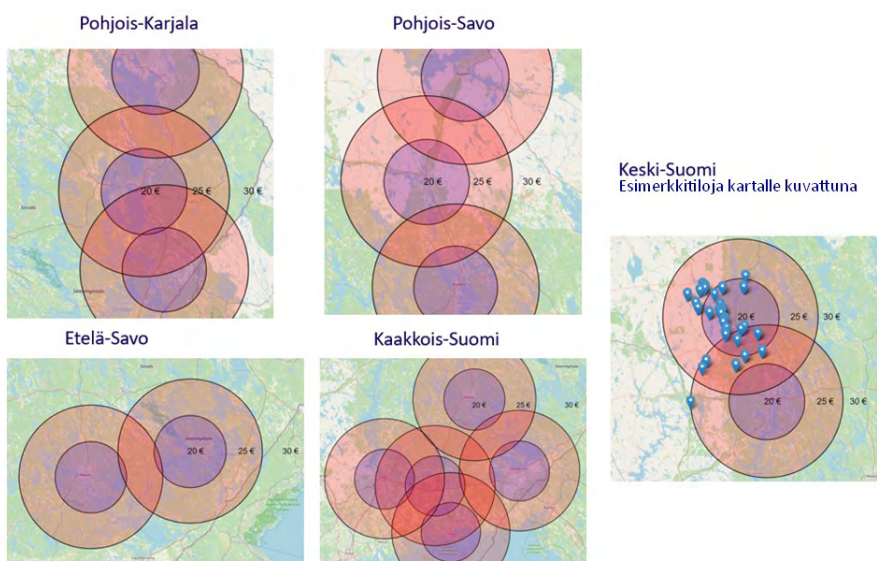
Kuva 20. Rahtihinnasto (Nimetön kuljetusliike 2023)

Vaihtolava-autolla tapahtuva keräily yhdistettynä kattavaan terminaaliverkostoon, voi muodostaa kustannuksiltaan ja raaka-aineen laadun kannalta hyvän toimintamallin joillakin alueilla. Kustannusten kannalta olennaista on, että sopivan etäisyyden päässä terminaalista on riittävä määrä sopivia tiloja. Kaluston operoinnista aiheutuu kustannuksia 60 €/h tai 1,3 €/km, kun liikutaan pelkällä kuorma-autolla. Optimaalisella toimintamallilla tilalle voidaan toimittaa tyhjä vaihtolava tai puristinkontti samalla, kun sieltä noudetaan lastattu, täysi kuormatila. Tämä vähentää tyhjänä ajoa merkittävästi. Kustannuksia aiheutuu vaihtolavojen tai puristinkonttien hankinnasta tai vuokraamisesta. Näitä kustannuksia voidaan kuitenkin hallita paremmin, jos lähellä toisiaan olevat tilat esimerkiksi hyödyntävät keskitettyä, yhteistä keräyspistettä. Vaihtolavojen kuukausivuokrahinnat vaihtelevat lavojen ominaisuuksien mukaan muutamien kymmenien eurojen luokasta ylöspäin. Puristinkonttien vuokrat ovat korkeampia. Muovin varastointi lavalla, säältä suojattuna varmistaa kierrätettävän raaka-aineen laadun ja mahdollistaa siistin toimintaympäristön tilalla.



Kuva 21. Vaihtolava voi muodostua tilalle käteväksi ja kustannustehokkaaksi muovinvarastointiratkaisuksi. Malli toimii erityisesti sellaisilla alueilla, joissa tilat ovat lähekkäin. (L&T:n Lahden yksiköstä löytyy Suomen ensimmäinen sähköinen jäteauto 2022)

Pakkaavalla jäteautolla voidaan kerätä melko pienillä tiloilla syntyvä käytetty muovi tehokkaasti ja samalla säilyttää raaka-aineen laatu parhaana mahdollisena. Tämä toimintamalli vaatii aina kattavan terminaaliverkoston toiminnan tueksi. Älymuovihankkeessa vuosina 2020–2023 pilotoitiin keräilyä hevostiloilta. Tällöin saatiin hyviä kokemuksia keräilyn toimivuudesta ainakin paikallisesti (Älymuovi n.d). Pakkaavalla jäteautolla pyritään noin 90 euron tuntilaskutukseen. Hinnoittelu perustuu kiinteään käyntimaksuun, jossa noutopaikasta tyhjenetään kaikki samaa raaka-ainetta sisältävät jäteastiat. Tilalta kertyvän muovijätteen määrä määrittää tarvittavien astioiden lukumäärän. Olennaisinta on saada samalla alueella toimiville tiloille sama, kaikille sopiva tyhjennysrytmi. Jäteastioista peritään yleisesti vuokraa noin 5 €/kk. Kuvassa 22 on nähtävillä MuKi-hankkeen alueellisiin työpajoihin muodostetut karttakuvat esimerkkihinnoin, verrattuna Sumin terminaalien sijainteihin alueella. Pakkaavalla jäteautolla pystytään keräämään sujuvasti myös paalattuja muoveja, mutta tällöin paalien rakenne rikkoontuu keräilyn yhteydessä.



Kuva 22. Kartat astiakeräilyn hinnoista (Nieminen 2023)

4.5 LOGISTIIKAN TOIMINTAMALLIT

Toimitusketjun eri vaiheissa syntyvän datan hyödyntäminen optimaalisen toimintamallin määrittämisessä on olennaista. Laadukasta dataa on saatavilla ja kerättävissä maatalojen muovien paluulogistiikassa, kun toimintamallit sekä käytettävät järjestelmät ovat kaikkien toimitusketjuun osallistuvien toimijoiden käytettävissä. Kerätyn datan olisi hyvä mahdollistaa erilaisten toimintamallien yhdistely. Tällöin eri puolilla Suomea voisi optimoida juuri kullekin alueelle sopivan mallin, mutta samalla kokonaisuuden hallinta säilyisi järjestelmää ylläpitävällä taholla.

Yleisimmin käytössä oleva logistiikan toimintamalli perustuu lähettäjän tekemään kuljetustilaukseen tai noutopyyntöön, silloin kun lähtevää tavaraa on kertynyt sopiva määrä. Tässä toimintamallissa kuljetusten tehokas optimointi hoidetaan yhdistelemällä sopivia noutopaikkoja ja saatavilla olevaa kalustoa. Yleensä se tarkoittaa kuljetuksia operoivan tahon tarpeiden priorisointina, joka voi näkyä lähettäjälle heikkona palveluna. Yleensä palvelulupauksessa on annettu joku reagointiaika tai lupaus noudon kuljetuksen suorittamisesta tietyn ajan sisällä tilauksesta. Tällöin kuljetusten tehokkuus voi kärsiä, kun reittejä ei voida optimoida loputtomiin. Toisaalta perinteinen paluulogistiikka, esimerkiksi elintarvikejakelussa ruokakauppoihin, perustuu säännöllisiin toimituksiin ja samalla mukaan kerättäviin, ennalta ilmoittamattomiin, palautusten keräilyyn. Maatalousmuovien kohdalla tällainen kiertotalousratkaisu ei ole mahdollista, koska muovien toimitukset tiloille eivät ole säännöllisiä ja riittävän tiheäsyklisiä.

4.5.1 TILOILLE OSTETTUJEN MUOVIEEN POHJALTA OPTIMOITU TOIMINTAMALLI

Käytetyn maatalousmuovin kerääminen uusiokäyttöön on mahdollista organisoida ja hallita tulevaisuudessa muovin oston ja toimituksen yhteydessä muodostuvaa tietoa hyödyntämällä. Tämä toimintamalli mahdollistaa kulurakenteen paremman hallinnan ja budjetoinnin ja on toteutettavissa esimerkiksi Suomeen 2023 perustetun vapaaehtoisen tuottajayhteisön Suomen maatalousmuovien kierrätys Oy:n tai vastaavan tahon kautta. Tällöin tilallisen hankkiessa esimerkiksi paalimuovia, voidaan oston yhteydessä kerätä tieto käytetyn maatalousmuovin noutopaikan sijainnista, sinne kuukausittain kertyvästä keskimääräisestä muovimäärästä, sekä tilan varastointikapasiteetista ja -tavasta. Aina hankittaessa maatalousmuovia, sille muodostetaan erätunniste, joka seuraa muovierää koko matkan läpi toimitusketjun.

Jos tilan toimintaan liittyy valmiiden paalien hankkimista, olisi paalien myyjällä oltava mahdollisuus siirtää hankkimansa paalimuovien erätunniste ja noutosijainti ostajan määrittämään osoitteeseen, myydyn tai ostetun muovimäärän osalta. Kuljetuksista vastaava taho pystyisi kertyvän tiedon avulla seuraamaan varastomääriä ja optimoimaan kuljetuksia alueella liikkuvien autojen tai käsittelylaitosten tilausten mukaan.

Jos keräily suoritetaan terminaaleja hyödyntämällä, voidaan siinä hyödyntää kaikkia edellä mainittuja keräystapoja ja kalustoja. Tällöin huolellinen ja laadukas datanhallinta, sekä sen ylläpito muodostuisivat tehokkaan toiminnan kulmakiviksi. Samalla viestintä ja kommunikointi tilojen, keräilyn, terminaalien ja käsittelylaitosten välillä voitaisiin hoitaa tehokkaasti. Noutojen ajankohdat olisivat näin sekä lähettäjän, kuljetusliikkeen, että vastaanottajan nähtävillä reaaliajassa.

4.5.2 POP-UP-KERÄILY

Tuomisaari (2021) on esitellyt pop-up-keräilymallia Maaseudun muoveista uutta liiketoimintaa -tapahtumassa vuonna 2021. Tästä toimintamallista on havainnekuva nähtävissä kuvasta 23. Toimintamalli perustuu alueellisiin vastuisiin keräilyssä. Pop-up-mallissa alueen keräilystä vastaava taho järjestää aikataulutettua keräilyä liikkuvan keräyspisteen avulla. Tilalliset ja muovin käyttäjät toimittavat keräyspisteeseen itse muovijätteensä ja saavat samalla todistuksen toimittamansa muovijätteen laadusta ja määrästä. Ennen toimitusta raaka-aineen tuojan on ilmoitettava arvio keräykseen toimitettavasta muovijätteen määrästä, laadusta ja toimitusaikataulusta. Tällä tavoin keräilijä pystyy varautumaan keräyspisteelle oikeanlaisella kalustolla tai henkilöstömäärällä. Raaka-aineen laadun varmistus saadaan tehtyä kerääjän toimesta muovien vastaanoton yhteydessä. Tällainen kiertävä keräily ei vaadi jokaiselle keräyspisteille omia ympäristölupia, sillä muovijätettä ei varastoida keräilypaikoilla pitkiä aikoja. Maatalousmuovijätteen keräilyn yhteyteen voidaan liittää samalla myös muiden kierrätykseen soveltuvien jätteiden tai raaka-aineiden keräilyä. Pop-up-keräilypisteestä raaka-aineet toimitetaan alueterminaaliin, jossa tuotteet käsitellään ja kuljetetaan käsittelylaitokselle sopivissa erissä.

dun säilyminen hyvänä, mikäli noutoajat ovat harvoja ja käytetyt muovit on varastoitu ulos.

Syntypaikkalajittelulla on keskeinen rooli, kun suunnitellaan logistiikan toimintamalleja. Jos käytettyjä muoveja ei ole paalattu tai säkitetty käytön jälkeen, sekä varastointi tapahtuu maassa eikä missään kuljetusyksikössä, on ainut mahdollinen noutokalusto käytännössä koura-auto. Tämä rajoittaa käytössä olevaa kalustoa ja toimijoita merkittävästi. Lisäksi haasteita voi syntyä keräilyn mahdollisesta kausiluonteisuudesta. Jos varastointipaikka ja -tapa ei mahdollista noutoa talvella tai kelirikko aikaan, on keräilylle käytännössä vain osa vuodesta mahdollista operointiaikaa. Tällöin keräilyyn pystyvällä kalustolla tehtävät mahdolliset pitkät siirtymät käsittelylaitoksille laskevat keräilyn tehokkuutta. Myöskään käsittelylaitoksille ei saada toimitettua raaka-ainetta tasaisena virtana, jos terminaaleja ei ole käytössä.

5 MAATALOUSMUOVIJÄTTEEN KERÄYKSEN JÄRJESTÄMINEN

Noora Räsänen

Pohjois-Savossa tehtiin MuKi-hankkeen aikana MTK Pohjois-Savon organisoima maatalousmuovijätteen pilottikeräily. Alue valikoitui pilottikohteeksi olemassa olevien yhteistyöverkoston vuoksi ja siksi, että alueen eteläisissä osissa oli aiemmista keräilyistä peräisin olevaa raportointitietoa. Keräily tehtiin yhden kuskin ja koura-auton voimin, jolla siihen mukaan ilmoittautuneilta tiloilta noudettiin pääosin lajittelematonta ja pakkaamatonta maatalousmuovijätettä. Kerätty muovijäte päätyi pääosin poltettavaksi Varkauteen. Keräilystä vastasi Savon Nostokuljetus Oy.

5.1 PERUSTIEDOT KERÄILYSTÄ

Organisoitu maatalousmuovijätteen keruu kattoi koko Pohjois-Savon maakunnan alueen. Mukaan haluavilta ei vaadittu esimerkiksi MTK:n jäsenyyttä, vaan kaikki keräyksestä kiinnostuneet alueen tilat otettiin mukaan keräykseen. Tiedotusta hoidettiin pääsääntöisesti MTK-Pohjois-Savon liiton jäsenviestinnän kautta, mutta myös maaseutusihteerien ja muiden yhteistyökumppaneiden kautta. Maatalousmuovijätteen keräilyn tarve ja kiinnostus siihen osallistumiseen kartoitettiin tarvekartoituskyselyn avulla vuoden 2023 alussa. Keräykseen osallistumisesta kiinnostuneita oli 283 tilaa 20:lta eri paikkakunnalta (eläintiloja 202, marja- ja vihannestiloja 18, kasvinviljelytiloja 50 ja muita, esimerkiksi hevostiloja 3 kpl).

Kyselyn mukaan suurin keräystarve koski paalimuoveja, aumamuoveja, verkkoja ja katemuoveja. Lisäksi harsoille, sekä lannoite- ja siemensäkeille, torjunta-aineastioille sekä mm. pesuainekanismereille, hylsille ja muille tuotajavastuunalaisille muovijätteille kaivattiin keräystä ja määränpäättä. Muovijätettä arvoitiin tilallisten mukaan kertyvän vuosittain 63–3 000 m³ verran ja kun kaikkien vastanneiden tilojen muovijättemäärien arviot laskettiin yhteen, saatiin tulokseksi 22 000 m³ kerättävää muovijätettä. Kyselyyn vastanneilta tiloilta arvioitiin pelkästään paalikalvomuvien määrän olevan 220 000 kiloa (220 tn). Karkea arvio keräykseen ilmoitetulle kaikelle muovijätteelle oli miljoona kiloa (1 000 tn), kun kertymää oli useammalta vuodelta (2–5 vuotta) sekä jäte pääosin ulkona säilytettyä sekalaista muovijätettä. Suurin syy muovijätteen

kertymiseen tilalle oli keräilyä tarjoavan toimijan puute (74,4 % vastaajista). Toiseksi yleisimmäksi syyksi kerrottiin muovin noudon hinta, joka koettiin liian kalliiksi (51,3 % vastaajista).

Muovijätteen keruuta suoritti Savon Nostokuljetus Oy, joka hoiti myös päivittäisen reittisuunnittelun ja tilojen laskuttamisen. Tilalliset kattoivat itse kaikki muovijätteen keruusta muodostuneet kustannukset, jotka koostuvat auton edestakaisesta kilometrikustannuksesta, kuormaus- ja purkuajalta muodostuneesta tuntiperusteisesta kustannuksesta, sekä vastaanotto- tai porttimaksusta, joka laskettiin muovijätteen painon mukaan. Kustannukset jakautuivat useamman tilan kesken, mikäli auton kyytiin mahtui useamman, kuin yhden tilan muovijätettä. Lasku jaettiin suhteessa muovijätteen määrään ja ajettuihin kilometreihin. Hinta siis vaihteli eri tilojen kesken sen mukaan, kuinka pitkä noutomatka ja lastausaika oli.

Tässä maatalousmuovikeräyksessä kerättiin pääsääntöisesti sekalaista muovijätettä energiantuotantoon, mutta mukaan otettiin myös kierrätykseen toimitettavan valkoisen paalimuovin keräys, koska sitä oli alueella valmiiksi lajiteltuna. Sekalainen maatalousmuovijäte kerättiin Varkaudessa sijaitsevalle polttolaitokselle. Kuljetusyrittäjä ja polttolaitos tekivät asiasta keskinäisen sopimuksen ja ajoluvat muovijätteen ajolle keräilyn ajaksi. Kerättävään muovijätteeseen kelpasi vuosiakin vanha ja sekalainen maatalousmuovijäte, esimerkiksi paalimuovit verkkoineen.

Lajiteltu, valkoinen paalimuovi ajettiin kahteen eri terminaaliin, jotka sijaitsivat jätekeskusten jäteasemilla Leppävirralla ja Iisalmessa. Sieltä ne toimitettiin Merikarvialle Clean Plastic Finland Oy:n tehtaalte.

5.2 MUOVIJÄTTEEN PILOTTIKERÄYKSEN VALMISTELU

Keräyksen sujuvoittamiseksi viljelijöille laadittiin toinen, tarkempi verkkokysely, joka kohdennettiin erityisesti tarvekartoituskyselyyn vastanneille. Kyselyn tarkoituksena oli kerätä tietoa sellaisista seikoista, jotka vaikuttaisivat keräyksen ennakointiin ja sujuvuuteen. Samalla vastanneet sitoutuivat keräykseen, jotta logistiikan suunnittelu oli mahdollista.

Tarkemmassa kyselyssä kysyttiin yhteyshenkilön, yhteystietojen ja laskutustietojen lisäksi myös osoitetta, jossa muovijäte sijaitsee, sillä maatalousmuovijäte saattaa olla tilakeskuksen ulkopuolella olevien peltojen laitaan kasattuna. Muovimäärän arvio pyydettiin kuutioina, sekä tieto siitä, onko kyse sekalaisesta vai lajitellusta muovijätteestä ja pääseekö paikalle pelkällä kuorma-auton nupilla vai koko yhdistelmällä. Lisäksi tiedusteltiin, kuinka ajoissa yhteyshenkilöön tulee olla yhteydessä ennen muovijätteen

noutoa, jotta esimerkiksi muovijätteet ehdittiin tarvittaessa siirtää pois kate-
tusta varastosta lastausta odottamaan. Näiden annettujen tietojen pohjalta
kuljetusyritys teki reittisuunnitelman. Reittisuunnitelman laatimiseen vaikutti
tilan sijainnin lisäksi ilmoitettu muovijätteen määrä, sekä muovijätteen laatu,
joka määräsi muovijätteen lopullisen sijoituspaikan joko kierrätykseen tai
energiantuotantoon.

Kyselyn ohessa välitettiin maatalousmuovijätteen lajittelu- ja pakkaus-
ohjetta (liitteenä 1). Kyselyyn vastasi ja keräykseen sitoutui kesäkuun puoliväliin
mennessä 142 tilaa eli puolet siitä määrästä, jotka vuoden alussa vastasivat
tarvekartoituskyselyyn olevansa kiinnostuneita. Keräilyyn lähdettyä liikkeelle
kesällä 2023 siihen ilmoittautui kuitenkin jatkuvasti mukaan lisää tiloja ja jou-
lukuun 2023 alkuun mennessä keräyksessä oli mukana yhteensä 186 tilaa.
Jälkikäteen mukaan ilmoittautui siis vielä 44 tilaa, usein siitä syystä, että näki
keräysauton liikkuvan naapuritilalla.

5.3 KERÄYKSEN KALUSTO, AIKATAULU JA VALMISTELUT TILALLA

Keräys tehtiin yhdistelmäkouura-autolla. Vetoauton kuormatilan tilavuus oli 40
kuutiota ja kantavuus 10 tonnia ja peräkärryn tilavuus 66 kuutiota ja kantavuus
23 tonnia. Vetoautoa oli aiemmin käytetty muun muassa energiapuun ajossa
ja sen kuormatilassa oli korkeat laidat. Peräkärri oli entinen tukkikuljetuksissa
käytetty kärri, johon oli pankkojen lisäksi teetetty metalliset laidat ja ritilä-
katto. Auton kuormain oli alun perin tukkipuiden kuormaamiseen tarkoitettu
kourakuormain. Ahtaimpiin noutopaikkoihin varauduttiin ajamaan pelkällä
vetoautolla ilman peräkärriä.



Kuva 24. Savon nostokuljetus Oy suoritti muovijätteen keruun entisellä puunkuljetusautolla. (Aija Hytönen 2023).

Maatalousmuovijätekeräilyn aikataulun tavoite alkuperäisen suunnitelman mukaan oli touko – elokuu 2023. Tarvekartoituskyselyyn vastanneiden tilallisten mukaan paras keruuajankohta tilojen näkökulmasta ajoittuu kevään, kesän tai syksyn ajalle, jolloin tiet ovat yleensä parhaimmassa kunnossa, talvella kertyneet muovijätevarastot on hyvä tyhjentää ennen uuden sisäruokintakauden alkua ja marjatiloiilla on entiset mansikkakasvustojen katemuovit poistettu.

Tiloja pyydettiin ennakoimaan saapuvaa maatalousmuovijätteen keruuta muun muassa pakkaamalla muovijätteitä, jos siihen pystyi vielä vaikuttamaan. Käytännössä suurin osa kerättävästä muovijätteestä oli sekalaista muovijätettä. Se pyydettiin pakkaamaan mahdollisimman tiiviisti ennen noutoa: sekalaiseksi luokiteltu muovijäte esimerkiksi suursäkkeihin, jotka ovat tilavia ja helposti kyytiin lastattavissa.



Kuva 25. Osalla tiloista muovit oli pakattu helposti haettaviksi paaleiksi. (Kuronen 2023)

5.4 MAATALOUSHUOVIJÄTTEEN KERUU JA SEN TULOKSET

Muovijätettä päästiin keräämään juhannuksen 2023 tienoilla ja keruu jatkui aina vuoden 2023 joulukuun puoleen väliin saakka. Keräys aloitettiin Pohjois-Savon etelä- ja länsiosista.

Suurin osa kerätystä maatalousmuovijätteestä oli sekalaista maatalousmuovia, joka käytännössä tarkoittaa paaleista peräisin olevia erivärisiä ja sekalaisia paalikalvo- ja verkkomuoveja, mansikan katemuoveja, aumamuoveja, harsoja, kanistereita ja tihkuletkuja. Tätä sekalaiseksi luokiteltua muovia kerättiin 137 tilalta noin 1 200 tonnia kesäkuun lopun ja joulukuun alun välisenä aikana. Suurin yksittäinen määrä yhdeltä tilalta oli 72 tonnia ja pienin 0,8 tonnia (keskiarvo 8,4 tonnia, mediaani 5,3 tonnia). Lajiteltua, valkeaa paalimuovia kerättiin alle 200 tonnia.

Muovijätteet olivat joko pakattuina tiiviisti paaleihin, säkkeihin, tai rulliksi. Kuitenkin keräyksessä oli myös täysin pakkaamatonta, vain kasaan kerättyä muovijätettä. Irtonainen, pakkaamaton muovijäte on hidasta lastata kyytiin ja

pitkät muovisuikaleet, kuten mansikka- tai aumamuovit, sotkevat auton kyljet ja lisäävät kaluston huoltotarvetta.

Pakkaamattoman, ja pitkien muovisuikaleiden lastaaminen on huomattavan paljon hitaampaa kuin hyvin pakatun muovijätteen. Pakkaamaton jäte hidastaa muovijätteen keruulogistiikkaa ja nostaa muovijätteen hävittämiskuluja tilalle. Hyvin pakatun jätteen lastausaika voi olla 30 minuuttia, kun samanlaisen pakkaamattoman jätemäärän lastamiseen voi kolminkertainen aika, tunti ja 30 minuuttia. Lisäksi irrallaan oleva muovijäte voi muodostua liian painavaksi nostaa kourakuormaimella, sillä kouran nostorajoitus voi olla esimerkiksi 1 000 kg ja sotkuinen kasa tihkuletkaa voi painaa jopa yli 1 300 kg.



Kuva 26. Pakkaamattomat muovit voivat olla todella hitaita ja hankalia lastattavia. (Heikki Kuronen 2023)



Kuva 27. Kuljettajan on pitänyt pyöritellä muovin riekaleita kouralla, jotta hän on saanut ne lastattua kyytiin. Märkä muovi on painavaa, joten kouran nostokapasiteetti voi tulla vastaan. (Heikki Kuronen 2023)

Yksi tärkeimpiä muovijätteen keräyksen aikana tehtyjä huomioita oli muovijätteen määrän arvioinnin haasteellisuus. Tilallisilta pyydettiin arviota kuutioidena sen vuoksi, että se on mahdollista mitata esimerkiksi metrimittaa apuna käyttäen. Tilallisten antamat arviot olivat pääsääntöisesti aina liian pienet, joten jonkinlaista mittavälinettä olisi jatkossa hyvä käyttää. Tilallisten antamat kuutiomäärät olivat keskimäärin puolet liian pieniä, eli arvion ollessa 10 m³, se oli todellisuudessa 20 m³. Kiloina annetut arviot heittivät toteutuneista myös saman suuntaisesti. Syinä liian pieniin arvioihin oli muun muassa se, että vuosia kertynyt muovijäte painuu tiiviimmäksi vuosien saatossa ja arviot tehtiin silmämääräistä, ilman minkäänlaista mittavälinettä. Lähimmäksi todellista muovijättemäärää pääsi tulosten mukaan, kun kertoi arvioidun muovimäärän kahdella tai kolmella. Tuloksista selvisi myös se, että mitä useammin tila oli osallistunut muovijätteen noutoon aiemmin, sitä paremmin määräarvio yleensä pitää paikkaansa.

Syy, miksi painoa (kg tai tonneja) ei pyydetty muovijätteen määrää arviotaessa, oli se, että jätteenä muovi painaa enemmän, kuin mitä paalimuovia on uutena käytetty paalia kohden, tai kuinka monta kiloa katemuovia on levitetty peltoon hehtaaria kohden. Jätteeseen kertyy aina muutakin massaa kuin itse muovin massa, kuten rehujäämiä, maa-ainesta, kosteutta ynnä muuta sellaista. Muun massan määrä riippuu suuresti muovijätteen käsittelytavasta. Jokainen muun muassa tulkitsee muovin ravistelupuhtauden eri tavoin, joten se on käsitteenä vaikea. Lisäksi muovijätteen säilytystapa vaikuttaa suuresti muovijätteen painoon: ulos säälle alttiiksi jätetty kasa kerää paljon vettä, joka lisää jättekasan painoa.

Pohjois-Savon maatalousmuovien keräyksen suunniteltu kesto oli siis neljä kuukautta. Todellisuudessa keruu kesti yli puoli vuotta. Syinä keruun viivästyymiseen olivat liian pieneksi arvioidut jätemäärät, pakkaamattoman muovijätteen pidempi lastausaika, sekä tilallisten maksuvaikeudet, joiden vuoksi kuljetusyrittäjän piti tehdä muuta työtä välissä, jotta sai omat kulunsa katettua. Riskinä keräilylle oli vain käyttää keräilyyn vain yhtä ihmistä ja kuorma-autoa. Tästä selvittiin onneksi vain pienillä viivästyksillä konerikosta tai sairastumisesta johtuen.

Merkitävimmiksi tekijöiksi tulevaisuuden keräilyjen onnistumista ajatellen voidaankin nimetä mittavälinettä apuna käyttäen tehty realistinen muovijätteen arviointi ja muovijätteiden pakkaaminen lastausta helpottavaan muotoon.

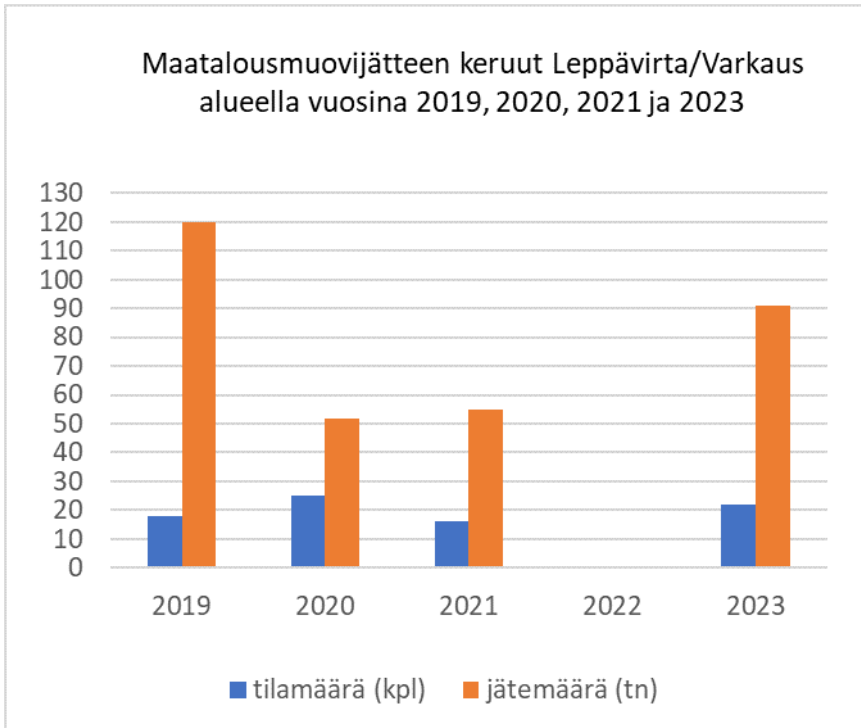
Kuinka pienentää muovin keruun kustannuksia?

1. Lajitele muovijätteet muovilaaduittain ja paalimuoveissa vielä valkoiset muovit erilleen muun värisistä.
2. Pakkaa muovijätteet mahdollisimman tiiviiksi ja suojaa vedeltä.
3. Arvioi muovimäärä reilusti yläkanttiin, kun ilmoitat muovijätettä noudettavaksi.

5.5 ORGANISOITUJEN KERÄILYJEN MERKITYS

Maatalousmuovien, sekä lajitellun, mutta etenkin sekalaisen muovijätteen organisoidulla ja jatkuvalla keräilyllä on merkitystä maataloille. Muovijätteet saadaan tällöin säännöllisesti pienemmissä erissä pois tiloilta, jolloin siitä syntyvät kustannukset ovat kerralla pienempiä, tila pysyy edustavana ja siistinä ja mahdolliset tulipalo- ja tuholaisriskit jäävät pienemmiksi. Usein noudettavaa jätettä on myös mielekkäämpi lajitella ja säilyttää suojattuna tai pakattuna tilalla. Useamman vuoden aikana kertyneet muovijätteet ovat hankalamminkin hävitettäviä, sillä suurten muovimäärien nouto tilalta tulee maksamaan useita tuhansia euroja ja voi siten olla liian suuri kerralla maksettavaksi. Tällöin muovijäte jätetään herkästi varastoon, kun jäädään odottamaan edullisempaa noutoa. Lopulta voi käydä niin, ettei suuresta muovimäärästä ole mitään mahdollisuutta päästä laillisesti eroon.

Muovijätteitä keräävien yrittäjien tauot keräyksissä, ja noutojen pitkät odotusajat aiheuttavat jätteiden kertymistä tilalle. Jo yhden vuoden tauko keräyksessä voi aiheuttaa jätteiden suurta kertymää verrattuna tilanteeseen, jossa muovijätteen noudolle on mahdollisuus joka vuosi. Leppävirran ja Varkauden alueella on kerätty maatalousmuovia saman yrittäjän toimesta vuosina 2019, 2020, 2021 ja 2023. Yhden keräysvuoden väliin jääminen näkyi heti keräysten muovimäärästä, vaikka keräilyihin tuli joka vuosi mukaan myös uusia tiloja. Muovia kerättiin keskimäärin per tila vuonna 2019 6,7 tn/tila, 2020 2,1 tn/tila, 2021 3,4 tn/tila ja vuonna 2023 4,1 tn/tila.



Kuva 28. Kerätty muovimäärä kasvaa heti, mikäli keräilyä ei tehdä vuosittain. (Noora Räsänen 2024).

6 MUOVIN ANALYSOINTI JA VAIHTOEHTOISTEN MATERIAALIEN KARTOITTAMINEN MUKI-HANKKEESSA

Gatja Tiusanen & Niko Rintala

Muovien jatkoprosessoinnin kannalta muovijätteen lajittelu ja puhdistus ovat avaintekijöitä. Muovilaatujen lajittelu maataloilla on haastavaa, samoin niiden puhdistaminen. Tiloilla ei myöskään ole käytettävissä materiaalitunnistimia, joilla varmistaa kierrätysmuovien materiaalit. Kannettavia materiaalitunnistimia on kaupallisesti saatavilla, mutta ne ovat kohtalaisen kalliita hankittaviksi maatalousyrittäjän satunnaiseen käyttöön.

6.1 MAATALOUSMUOVIEIN TUNNISTAMINEN

LAB-ammattikorkeakoulu on MuKi-hankkeessa keskittynyt maataloilta kerättyjen materiaalien tunnistamiseen pääsääntöisesti FTIR tekniikalla ja selvittänyt vaihtoehtoja käytetyn maatilamuovien prosessointiin ja uusiokäyttöön. Lisäksi on selvitetty mahdollisia käsittelymenetelmiä, joiden avulla käytetyt paali-, auma- ja katemateriaalit olisi mahdollista kierrättää uusiomateriaalina uusille tuotteille ja uusiin käyttökohteisiin.

6.1.1 IR-TEKNOLOGIA

Maatalousmuovien tunnistamiseen voidaan käyttää IR-tekniologiaa. IR-tekniologiaan perustuvassa tunnistamisessa tutkittavaan materiaaliin ohjataan infrapunasäteilyä, joka saa materiaalissa olevien molekyylien väliset sidokset värähtelemään niille tyypillisellä aallonpituudella. Laitteessa olevan detektorin avulla värähtely saadaan muunnettua infrapunaspektriiksi, josta voidaan värähtelyaallonpituuksien perusteella tunnistaa materiaalille tyypilliset molekyylit ja niiden kautta tunnistaa kyseessä oleva materiaali vertaamalla saatua IR-spektriä spektrikirjaston tunnistettuihin materiaaleihin.

Materiaalitunnistusta on tehty MuKi-hankkeessa pilottitiloilta saatujen muovinäytteiden avulla.



Kuva 29. Pilottitiloilta kerättiin sekalaista, likaista muovijätettä, jonka seassa oli muun muassa säilörehua. (Niko Rintala 2023).



Kuva 30. Näytteenä oli muun muassa valkea ja kulunut sangon kansi, joka oli puu-
purun peitossa. (Niko Rintala 2023).

Tunnistamiseen on käytetty REISKA – Resurssitehokkuuden parantamisella tehoja liiketoimintaan -hankkeessa kehitettyä REISKAtex-laitetta, sekä samaan teknologiaan perustuvaa FTIR laitetta (Fourier transformed infra red). REISKA-tex-laitteen ja FTIR-laitteen ero perustuu niiden lähettämään eri aallonpituiseen säteilyyn. REISKAtex-laitteessa käytetään NIR aallonpituusalueita (Near infrared, aallonpituus n. 750–2500nm) ja FTIR-laitteessa käytetään MID-IR aallonpituutta (n. 2,5–25 μm).



Kuva 31. Kuvassa REISKAtex-laite ja sen linja, jossa vasemmalla ohjauskaappi ja linjaston takana puiset lajittelulokerot.

Pilottinäytteiden analyysi onnistui REISKAtex-laitteella hyvin ja melkein kaikki saadut materiaalit oli mahdollista tunnistaa, poikkeuksena mustat materiaalit, joihin NIR-tekniikka ei ole soveltuva. Materiaalin musta väri imee energiaa intensiivisemmin kuin vaaleat sävyt, jolloin molekyylien värähtelyn havainnointi hankaloituu merkittävästi. Erityisen rohkaisevaa oli kuitenkin se, että NIR-menetelmää ei juurikaan haitannut muoveissa mukana ollut orgaaninen jäte, vaan kyseisellä tekniikalla pystyttiin tunnistamaan materiaalit epäpuhtauksista huolimatta.

6.1.2 XRF-TEKNOLOGIA

IR-tunnistamisen lisäksi saaduista pilottitilojen muovinäytteistä tunnistettiin XRF-laitteella, eli röntgenfluoresenssilaitteella, näytteiden sisältämät alkuaineet. Kyseinen analyysi voi antaa viitteitä haitallisten yhdisteiden kertymisestä jätemuoveihin.

Röntgensäteilyyn perustuva laite saa materiaalin atomirakenteessa aikaan elektronikuoren järkkymistä, jota havainnoimalla kyetään pääättelemään näytteen alkuainekoostumus. Laite on tarkka, mutta ei sovellu kaikille alkuaineille. Kuitenkin valtaosa alkuaineista kyetään pääättelemään ja näytteen kokonaiskoostumuksesta voidaan havainnoida haitallisia yhdisteitä niiden sisältämien alkuaineiden perusteella.

XRF-testien perusteella pilottitiloilta saatuja näytteitä toimitettiin analyysilaboratorioon tarkempaa kemiallista analyysiä varten, jotta saataisiin tarkempi kuva siitä, mitä yhdisteitä muovinäytteisiin on käytössä siirtynyt.

6.2 KÄYTETYN MAATALOUSMUOVIN KÄSITTELYTEKNIIKAT

Maatalousmuovien kierrätyksessä logististen haasteiden lisäksi haasteena on myös muovien tarkka lajittelu ja puhdistus tiloilla. Maatiloilla ei ole mahdollisuutta muovien pesuun, ja tunnistaminenkin voi olla haastavaa puutteellisten materiaalitietojen vuoksi. Kannettavat tunnistuslaitteet ovat maatiloille liian kalliita hankittavia, eikä materiaalitunnistamisen voi myöskään olettaa kuuluvan tilojen ydintoimintaan. Näin ollen kerättävä maatalousmuovi lajitellaan pesemättömänä, suurimmat roskat ja orgaanisen materiaali pois ravisteltuna.

Maatalousmuoveja kierrätetään jo nyt, mutta ei vielä siinä mittakaavassa kuin potentiaalia olisi. Rajoitteena on tarvittavien esikäsittelyprosessien määrä, hinta ja hitaus. Jotta maatalousmuovien kierrätystä voitaisiin tehostaa, tulisi löytää tehokkaampia prosesseja niiden käsittelyyn.

Maatalousmuovien prosessointiin voidaan käyttää perinteisiä menetelmiä kuten mekaanista kierrätystä ja energiakäyttöä. Mekaaninen kierrätys soveltuu muoveille parhaiten silloin, kun kyseessä on puhdas ja vain yksi muovilaatu, joten maatalousmuoveille mekaaninen kierrätys on mahdollinen, mutta haastava ja monia prosessivaiheita vaativa. Toistaiseksi yleisin kierrätysmenetelmä maatalousmuoveille on niiden hyödyntäminen energiana, eli poltto siihen soveltuvissa käsittelylaitoksissa. Kaikesta kierrätykseen kerätystä muovista noin 70 % päättyy tällä hetkellä polttoon. Kaikkia muoveja ei ole mahdollista kierrättää, joten energiakäyttö tulee jatkossakin olemaan muoveille merkittävä

kierrätysmenetelmä sen helppouden vuoksi, koska poltettavaa materiaalia ei tarvitse puhdistaa ja lajitella.

Muovin kierrätykseen on kehitteillä eri vaihtoehtoja kuten esimerkiksi kemiallinen kierrätys (pyrolyysi, kaasutus, solvolyyysi, hydrokatalyyttinen nesteytys), terminen kierrätys lähinnä synteettisille kuiduille, ja biotekninen kierrätys, joka teoriassa soveltuisi myös maatalousmuoveille, koska se ei vaadi materiaalin puhdistusta tai tunnistamista, vaan soveltuu puhdistamattomalle sekamuovijätteelle.

6.2.1 PYROLYYSI JÄLLEENKÄSITTELYTEKNIKKANA

Koska kierrätykseen menevien muovien puhdistaminen ja tunnistaminen on tiloilla haastavaa, on selvityksissä etsitty muovien käsittelymenetelmiä, jotka eivät välttämättä vaadi materiaalin pesua ja tunnistamista. Luonnollisesti, jos halutaan tuloksena puhtaampaa ja tasalaatuisempaa lopputuotetta, on pesu ja lajittelu hyvä tehdä. Toistaiseksi pyrolyysimenetelmä on osoittautunut ainoaksi jo käytössä olevaksi menetelmäksi, jossa voidaan hyödyntää puhdistamatonta muovisekajätettä.

Pyrolyysimenetelmässä pyrolysoitava materiaali syötetään käsittelykamioon täysin puhdistamattomana. MuKi-hankkeen pyrolyysitestissä LAB-ammattikorkeakoulun pyrolyysilaitteen käsittelylämpötila oli 600°C ja prosessia ylläpidettiin noin kahdeksan tuntia, lämmitys- ja jäähdytysvaiheet mukaan luettuna. Pyrolyysissä orgaaninen aines lämmitetään hapettomissa olosuhteissa, jolloin palamisprosessi ei käynnisty, ellei materiaalissa itsessään ole mukana happea.



Kuva 32. Pyrolyysilaitte



Kuva 33. Lauhdutuskolonnit

Palamisprosessissa syntyy tuhkaa, hiilidioksidia ja erilaisia kaasumaisia aineita. Pyrolyysissä tavoitellaan sitä, että hiiliatomit kiteytyvät keskenään hiileksi laitteen keruustiaan ja muut aineet kaasuuntuvat ja kulkeutuvat suoja kaasun mukana korkeassa lämpötilassa lauhdutuskolonneihin, jossa ne nesteytyvät tuottaen pyrolyysiöljyä. Nesteytymättömät kaasut kulkeutuvat puhdistavaan jälkipolttuuniin.



Kuva 34. Pyrolyysikoeajon tuotokset lasipurkeissa (hiili ja pyrolyysiöljy) (Niko Rintala 2023)

Pyrolyysiöljy, joka prosessista tulee, on puhdistamatonta, kaikki syötetyssä materiaalissa olevat komponentit sisältävä, joten se sisältää myös runsaasti erilaisia epäpuhtauksia. Pyrolyysiöljyn jatkojalostaminen uuden tuotteen raaka-aineeksi vaatii tuotteen puhdistamista ja muita lisäprosesseja, joita ei MuKi-hankkeessa ole tarkemmin selvitetty. Myös syntyvän hiilen joukkoon kertyy mahdollisesti mm. raskasmetalleja, jonka takia hiilelle täytyy suorittaa koostumusanalyysiä ennen sen käyttöönnottoa.



Kuva 35. Näkymä purkin päältä, jossa näkyy sakeaa, ruskeaa, paksua öljyä. (Niko Rintala 2023)

LAB-ammattikorkeakoulussa pyrolyysikokeita toteutettiin Ecomation Oy:n LAB-ammattikorkeakoululle yksilöllisesti suunnitteleamalla ja valmistamalla pyrolyysilaitteistolla. Pyrolyysitestissä pilottiloilta saatuja käytettyjä, orgaanista materiaalia sisältäviä muoveja oli n. 12 kg, jotka pyrolysoitiin kaikki kerralla. Saannoksi saatiin n. 11 litraa lauhdutettua pyrolyysiöljyä, josta suurin osa (n. 80 %) oli epäpuhtauksia ja puhdasta pyrolyysiöljyä n. 20 %. Saadun hiilen määrä oli n. 2,5 dl.



Kuva 36. Pyrolyysinäytteet nimettiin analysointeja varten. (Niko Rintala 2023)

Pyrolyysiöljystä voidaan analysoida hiili (C), vety (H), typpi (N) sekä rikki (S). CHNS-analyysin lisäksi on mahdollista tehdä haihtuvien aineiden analyysi, raskasmetallianalyysi sekä mitata pH. Näiden analyysien avulla voidaan päätellä mahdollisia pyrolyysituotteiden uudelleenkäyttömahdollisuuksia.

6.3 KIERRÄTETYN MAATALOUSMUOVIN TUTKIMUKSET

Jotta on mahdollista etsiä maatalousmuoveista saadulle uusiomateriaalille uusia käyttökohteita ja vaihtoehtoja, on ensin selvitettävä materiaalin tekniset ominaisuudet sekä mahdolliset materiaalin sisältämät haitta-aineet. Maatalousmuoveissa erityisesti katemateriaaleihin kohdistuu kemiallinen rasite käytettyjen kasvinsuojeluaineiden ja lannoitteiden vuoksi. Paali- ja aumamuoveissa vastaavaa rasitetusta ei todettu siinä määrin olevan, joten MuKi-hankkeessa tutkimukset keskittyivät katemuoveihin.

6.3.1 TORJUNTA-AINETUTKIMUS

Torjunta-aine tutkimuksen tavoitteena on selvittää haitallisten aineiden siirtymistä muovimateriaalin mukana uusiomateriaaliin. MuKi- hankkeessa teetettiin torjunta-aineanalyysi, joka kattaa 171 erilaista EU-alueella käytössä olevaa torjunta-ainetta. Tutkimuksen kohteena on ollut sekä uusia käyttämättömiä että käytettyjä LDPE (Low-density polyethylene) katemuoveja.

6.3.2 MEKAANISET TESTIT

Mekaanisissa testeissä vertaillaan uutta ja kierrätettyä materiaalia rasittamalla niitä koneellisesti sellaisilla voimilla, joita katemateriaaleille odotetaan kohdistuvan. Testit suoritetaan standardoiduilla menetelmillä, jotta voidaan varmistaa tulosten vertailukelpoisuus. Myös näytteiden olosuhdekestoja testattiin altistamalla materiaalit Suomen säätä vastaaville olosuhteille.

6.4 UUDET VAIHTOEHTOISET MATERIAALIT MAATALOUSHUOVUJEN KORVAAJIKSI

MuKi-hankkeessa on ollut tavoitteena selvittää mahdollisia uusia vaihtoehtoja muovipohjaisten maatalousmuovien korvaajiksi. Hankkeessa oli mukana pilttilojoja, joiden yrittäjiä haastateltiin asiaan liittyen. Haastatteluissa kysyttiin muovien käyttöön liittyvistä käytännön haasteista ja erityisesti käytännön sanelemista vaatimuksista päivittäisessä toiminnassa käytettäville materiaaleille ja tuotteille. Merkityksellisimmät seikat käytettävien materiaalien osalta haastattelijien perusteella ovat hinta ja kestävyys. Biopohjaisten tai biohajoavien muovien käyttö tiloilla on haastattelijien perusteella vähäistä niiden heikon mekaanisen kestävyuden vuoksi. Näin ollen tilalliset suosivat siis perinteistä LDPE-kalvoa sen kestävyden ja helppokäyttöisyyden vuoksi.

Maatiloilla tarpeet ovat hyvin erilaiset riippuen siitä mitä tiloilla tuotetaan. Karjatilallisilla tarpeet ovat enemmän paalimuoveissa ja vastaavasti marjatilallisilla käytetään erilaisia katemateriaaleja. Teknisiltä ominaisuuksiltaan kyseiset käyttökohteet vaativat erilaisia tuotteita. Paalimuoveille merkityksellistä on vetolujuus ja puhkaisulujuus, johtuen paalien käsittely- ja käyttötavoista. Katemateriaaleille puhkaisulujuus ei ole niin merkityksellinen, kuin paalimuoveille, mutta katemateriaalin tulisi kestää maassa vähintään 3 vuotta, mieluummin 5 vuotta. Lisäksi myös katemateriaalilla veto-ominaisuus on merkityksellinen.

Koska biopohjaisten ja biohajoavien materiaalien veto- ja puhkaisuominaisuudet ovat yleisesti ottaen, ja erityisesti käyttäjien kommenttien mu-

kaan, heikompia ja siten eivät niin suosittuja paalimuoveina, keskityttiin MuKi-hankkeessa selvittämään vaihtoehtoisia materiaaleja, jotka voisivat soveltua katemateriaaliksi.

Tarkasteltaessa kaupallisesti saatavilla olevia biopohjaisia tai biohajoavia muovivaihtoehtoja, niiden saatavuus oli aika niukkaa. Lisäksi ne vaihtoehdot, mitä on saatavilla, olivat toimitusmääriltään tuotantomittakaavaa, eikä sellaisia määriä voitu tilata pelkkiä laboratoriotestejä varten. Testeihin on otettu vertailutuotteiksi kaupallisesti saatavilla olevia, kuluttajille suunnattuja biohajoavia tuotteita, sekä lisäksi valmistettu myös omaa 100 % biopohjaista tuotetta.

Testimateriaaleille suoritettiin olosuhdetestaus sekä mekaaniset testit olosuhdealtistuksen jälkeen ja niiden vertailumateriaalina toimi käyttämätön kaupallinen LDPE:stä valmistettu katemuovi.

6.5 KIERRÄTETYN MAATALOUSHUOVIN UUSIOKÄYTTÖKOHEET

Kierrätetyn muovimateriaalin uusiokäyttökohteisiin vaikuttaa monet seikat. Suurimpana määrävänä tekijänä kierrätetyn materiaalin soveltuvuuteen uudeksi tuotteeksi, on uuden tuotteen käyttö ja käytön asettamat vaatimukset. Usein kierrätetyn materiaalin mekaaniset ominaisuudet ovat heikentyneet siinä määrin, etteivät ne ole soveltuvia käyttökohteisiin, joissa vaaditaan mekaanista lujuutta. Lisäksi muoviin imeytyy epäpuhtauksia ja haitta-aineita, jotka monissa käyttökohteissa ovat haittaavia tekijöitä ja näin ollen estävät uusiomuovin käytön uusissa tuotteissa. Sen vuoksi kierrätettävälle materiaalille tulee tehdä kattavia kemiallisia ja mekaanisia testejä, joilla voidaan kartoittaa uusiomateriaalin ominaisuudet ja sitä kautta mahdolliset uudet sovelluskohdet. Kaikkien edellä mainittujen testien tulosten perusteella voidaan verrata käytettyä materiaalia eri käyttökohteiden asettamiin vaatimuksiin.

Saaduille pilottitilojen muovinäytteille on suoritettu sekä kemiallisia että mekaanisia testauksia ja niiden testien perusteella uusiokäyttökohteet maatalousmuoveille ovat heikot. Kemiallisten analyysien perusteella esteitä eri käyttökohteille ei ole havaittu, mutta mekaanisten ominaisuuksien merkittävä heikkeneminen rajoittaa käyttökohteita laajasti.

7 MAATILOJEN MUOVIT KIERTOON, MUKI -HANKE

Aija Hytönen

Maatilojen muovit kiertoon, MuKi -hanke on etsinyt kestäviä ratkaisuja maa- ja puutarhatilojen muovijätteen varastointiin, logistiikkaan, ja uusiokäyttöön. Hankkeen toiminnan on mahdollistanut Manner-Suomen maaseudun kehittämissuohjelma, Järvi-Suomen maaseudun ympäristö- ja ilmasto-ohjelma JÄSMYn kautta. Hanke on toiminut 1.9.2022–29.2.2024 välisellä ajalla Keski-Suomen, Etelä-Savon, Kaakkois-Suomen, Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon ELY-keskusalueista muodostuvan Järvi-Suomen alueella.

MuKi-hankkeen tavoitteena on ollut:

- Kehittää, pilotoida ja luoda uusia toimintatapoja muovijätteen lajitteluun, pakkaamiseen ja varastointiin sekä likaisten muovien käsittelyyn
- Tunnistaa ja mallintaa hankealueen maatalousmuovien keskimääräinen materiaalivirta sekä olemassa olevat varastotermiinaali
- Tuottaa kerätyn ja analysoidun datan perusteella kustannustehokas kierrättämisen toimintamalli
- Luoda edellytyksiä uudelle, kestäväälle liiketoiminnalle ja tilojen väliselle yhteistyölle
- Välittää tietoa muovijätteen kierrättämisestä tapahtumien ja sähköisten materiaalien avulla

Pitkällä tähtäimellä hankkeen toiminnalla pyritään vähentämään muovien käyttöä, etsimään kestäviä vaihtoehtoja muoveille ja kehittämään muovijakeiden jatkokäyttöä ja jalostamista.

Hankkeen hallinnoinnista on vastannut Jyväskylän ammattikorkeakoulun (Jamk) Biotalousinstituutti, joka hankkeen hallinnoinnin lisäksi on tuonut toimintaan verkostoja ja osaamista maataloutta ja viestintää koskien. Lisäksi Jamkilta tärkeän panoksen hankkeen toimintaan on tuonut Uudistuvan teollisuuden instituutti, josta hankkeeseen on saatu asiantuntijuutta logistiikkaan liittyen.

Hankkeen osatoteuttajina toimivat LAB-ammattikorkeakoulu (LAB), sekä MTK Pohjois-Savo. LAB toi hankkeeseen asiantuntijuutta muovi- ja mate-

riaalitekniikasta, sekä mahdollisuuden hyödyntää laboratorioita muovinäytteidien tunnistamisessa ja analysoinnissa. MTK Pohjois-Savon mukana olo toi mukanaan asiantuntijuutta puutarha- ja maataloudesta, sekä erittäin tärkeän väylän viljelijöille suunnattuun viestintään.

MuKi-hankkeessa on järjestetty yhteensä 12 webinaaria/hybriditapahtumaa, joista viisi fyysisesti eri puolilla hankealuetta. Lisäksi tiimiläiset ovat tehneet kartoituksia, keränneet ja analysoineet näytteitä, osallistaneet mukaan eri alojen opiskelijoita erilaisin toimeksiannoin, ja verkostoituneet ja välittäneet tietoa maatalousmuovien kierrätyksestä erilaisilla tapahtumissa, julkaisuissa ja tiedotusvälineissä. Hankkeen infotilaisuuksista tehdyt tallenteet, ovat avoimesti katsottavissa Biotalouskampuksen YouTube-kanavalta.

MuKi-hankkeen ehdottomasti parhaisiin puoliin on kuulunut hankehenkilöstön erilaiset taustat ja osaamiset, joiden vuoksi maatalousmuovien kierrätystä on voitu tarkastella useasta eri näkökulmasta. Toteuttajaorganisaatioiden lisäksi MuKin toiminnan on mahdollistanut lukematon joukko eri yrittäjiä, yhteistyökumppaneita, sekä aiheeseen liittyviä hankkeita, joiden tiimiläisten kanssa muovin kierrätystä on pohdittu ja ideoita jatkojalostettu. Erityiset kiitokset MuKin tiimiläiset haluavat osoittaa Savon Nostokuljetus Oy:n Heikki ja Jaana Kuroselle, hankkeen pilottitiloille, sekä ohjausryhmän jäsenille. Loppuun vielä kiitokset kaikille hankkeen toimintaan jollain tavoin osallistuneelle, ilman teitä, ei kehittämistyötä olisi mahdollista tehdä.

Lähteet

LÄHTEET

Alenius, M. 2016. Maatalousmuovien materiaalihyödyntämisen edistäminen Case: Envor Group Oy. Opinnäytetyö, AMK. Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala, ympäristötekniikan koulutusohjelma. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201601181422>.

Biomuoviopas. N.d. Muovipoli Oy:n julkaisema opas biomuoveista. Viitattu 5.1.2024. <https://www.muovipoli.fi/wp-content/uploads/2020/11/Biomuoviopas.pdf>.

Blauberg, T.-R. 2023. Katsaus jätelainsäädäntöön maatalouden muovien näkökulmasta. Asiantuntijapuheenvuoro Maatilojen muovit kiertoon -hankkeen webinaarissa 2.2.2023.

Alakoski, H., Erälinna, L., Fabrin, P., Järvenpää, A.-M., Katajisto, P., Kirsiaho, S., Kokkonen, E., Kontu, M., Kukko, M., Nurmio, J., Sariola, M. & Stenberg, M. 2018. Maatalousmuovijätteen keräys ja kierrätys – haasteet ja mahdollisuudet. Toim. L. Erälinna & A.-M. Järvenpää. Turun yliopisto. https://issuu.com/limuke.raportti/docs/limuke_final-eng.

Harjumaa, M. 2019. Tutkimus: mikromuovia päätyy ihmisen elimistöön pankkikortin verran viikossa. Artikkelin Ylen verkkosivuilla. Viitattu 8.1.2029. <https://yle.fi/a/3-10827176>.

Harlin, A., Härkönen, M., Immonen, K., Jähi, M., Järnefelt, V., Koivuranta, K., Lantto, R., Laukkanen, A., Lehtonen, J., Mannila, J., Nakari-Setälä, T., Nieminen, M., Oasmaa, A., Pelto, J., Penttilä, M., Pohjakallio, M., SaadQureshi, M., Ritschoff, C., Valkokari, K., Vikman, M., Vuorinen, T., Wikström, L. & Ylén P. 2020. A Circular Economy of Plastics – A vision for redesigning plastics value chains. VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.

Holopainen, J. 2022. Muovien kierrätyksen uudet teknologiat. Kandidaatintyö. Oulun yliopisto, ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. <http://jultika oulu.fi/files/nbnfioulu-202203041310.pdf>.

Hytönen, A. 2023. Kuvia hankkeen toiminnan ajalta.

Hänninen, H., Karppinen, M., Leskelä, M. & Pohjakallio, M. 2018. Tekniikan kemia. Otavan Kirja-paino Oy: Keuruu.

Härkönen, M. 2023. Muovin kemiallinen kierrättäminen. KieMaRa -hankkeen Syven-
tymistä kier-totalouden innovaatioihin-arvoketjuja biohiillelle ja maatalousmuoville
-webinaari 22.3.2023.

TidyWrap Recycling Bin. N.d. JFCAgri -yrityksen verkkosivut. Viitattu 10.12.2023. [https://
eu.jfcagri.com/en-ie/tidywraprecyclingbin/tidywrap-recycling-bin-trb1](https://eu.jfcagri.com/en-ie/tidywraprecyclingbin/tidywrap-recycling-bin-trb1).

Jokinen, L. Toimitusjohtaja. Hyötykeräys Oy. Haastattelu 13.4.2023.

Jätelaki 646/2011. Laki jätteiden käsittelystä. Viitattu 11.1.2024. [https://www.finlex.fi/
fi/laki/ajantasa/2011/20110646](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646)

Kilpailuta jätehuolto. N.d. Materiaalitorin verkkosivut. [https://info-materiaalitori.fi/
jatehuoltopalvelut/jatehuollon-kilpailutus/](https://info-materiaalitori.fi/jatehuoltopalvelut/jatehuollon-kilpailutus/).

Kohvakka, J., & Lehtinen, L. 2019. Hyvä, paha muovi – vähennä viisaasti. Minerva.

Koivuranta, K. 2019. Tulevaisuuden mahdollisuus muovin käsittelylle? (Plast bug).
Asiantuntijapuheenvuoro Espoossa 8.5.2019.

Kuronen, H. 2023. Kuvia hankkeen pilottikeräilystä.

Laamanen, A. N.d. Kuva muovin varastoimiskontista.

Laitinen, K. 2023. Muovien kierrättämishjeita tiloille. Asiantuntijapuheenvuoro Maa-
tilojen muovit kierto -hankkeen webinaarissa 2.2.2023.

Lehtonen, K. 2023. Kuvia hankkeen vierailuista eri kohteissa.

L&T:n Lahden yksiköstä löytyy Suomen ensimmäinen sähköinen jäteauto. 2022. Artik-
keli 10.11.2022 L&T:n verkkosivuilla. Viitattu 10.12.2023. [https://lassikko.lt.fi/ltn-lahden-
yksikosta-loytyy-suomen-ensimmainen-sahkoinen-jateauto](https://lassikko.lt.fi/ltn-lahden-yksikosta-loytyy-suomen-ensimmainen-sahkoinen-jateauto).

Materiaalitori vauhdittaa kiertotaloutta. N.d. Motivan verkkosivut. Viitattu 8.1.2024.
<https://www.motiva.fi/ratkaisut/kiertotalous/materiaalitori>.

Muovien luokitus. N.d. Muoviteollisuus ry:n verkkosivut. Viitattu 4.1.2024. https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/.

Muovin määrittely. N.d. Muoviteollisuus ry:n verkkosivut. Viitattu 4.1.2024. https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovin_maarittely/.

Nieminen, T. 2023. Hankkeen karttakuvat. Viitattu 19.12.2023.

Rintala, N. 2023. Kuvia hankkeen testaustoiminnasta.

Räsänen, N. 2023. Kuvia eri muovinkeräyksistä.

Surakka, M. 2023. Asiantuntijapuheenvuoro Maatalousmuovien teemapäivässä Lahdessa 6.10.2023.

Syvänne, J. 2020. Kierrätys biomuovien näkökulmasta. Viitattu 5.1.2024. <https://www.muovipoli.fi/new-plastics-center-npc/biomateriaalitietoa/kierratys-biomuovien-nakokulmasta/>.

Teittinen, T., Wahlström, M., Pohjakallio, M., & Vaajasaari, K. 2020. CHEMPLAST: Kansallisten EoW-asetusten mahdollisuudet muovijätteiden kemiallisen kierrätyksen edistämiseksi. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Asiakasraportti No. VTT-CR-01281-19. https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/27257473/VTT_CR_01281_19.pdf

Terminaalit kartalla. N.d. Sumi Oy:n www-sivut. Viitattu 9.12.2023. <https://extranet.sumi.fi/organisaatiot/>

Transitar tuo kokoa ja tehokkuutta kiertotalouden logistiikkaan. 2021. Artikkelin VR Transpointin verkkosivulla 18.11.2021. Viitattu 10.12.2023. <https://www.vrtranspoint.fi/vr-transpoint/linked/artikkeli/transitar-tuo-kokoa-ja-tehokkuutta-kiertotalouden-logistiikkaan-181120210824/>.

Tuomisaari, M. 2021. Kierrätysmuoveista tuotteiksi. Viitattu 19.12.2023. <https://www.jamk.fi/sites/default/files/2022-01/maatalousmuovien-kerays-20211123-tuomisaari.pdf>

Tuomisaari, M. 2023. Kierrätysmuovien vastaanottajan puheenvuoro. Asiantuntijapuheenvuoro Maatilojen muovit kiertoon -hankkeen webinaarissa 16.3.2023.

Vähennä ja vältä, kierrätä ja korvaa, Muovitiekartta 2.0. N.d. Ympäristöministeriön julkaisu. 32–33. p. <https://muovitiekartta.fi/wp-content/uploads/2022/06/Muovitiekartta-2.0.pdf>.

Zheng, J. & Suh, S. 2019. Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics. *Nature climate change*, 9(5), 374–378. Viitattu 7.1.2024. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z>.

Älymuovi-hanke. N.d. Älymuovi-hankkeen verkkosivut. Viitattu 19.12.2023. <https://maatalousmuovijate.fi/hanke/>.

Liitteet

LIITTEET

LIITE 1. PILOTTITILOILLE ANNETTU KERÄILYOHJEISTUS (PDF-LIITE1)

LAJITTELUOHJE

Maatalousmuovien keruu Pohjois-Savossa kesällä 2023

Teemme MuKi-hankkeessa maatalousmuovien keruukampanjan 2023 touko-elokuun välisenä aikana. Nämä lajitteluohjeet koskevat edellä mainitun MuKi-hankkeen keräystä. Muista tarkistaa aina eri toimijoiden oma ohjeistus.

Muovijätteen keruu maksaa, ja hinta muodostuu km-kulusta (2,10 €/km, lähtöpaikka Varkaus), kuluva lastausajasta (80 €/tunti) ja ei-lajitellun muovijätteen vastaanottomaksusta (23 €/tonni), hintoihin lisätään vielä alv 24%.

Mitä nopeammin muovit ovat lastattavissa kyytiin, sitä edullisempaa sinulle keräys on. Voit pakata sekalaisen, lajittelemattoman muovijätteen myös suursäkkeihin ja kanisterit voi sitoa yhteen paalinarulla tai muulla muovinarulla.


Valkoinen, erilleen lajiteltu paalimuovi kerätään erikseen. Valkoisen paalimuovien seassa ei saa olla yhtään mitään muuta muovijätettä! Ei edes 10 cm pituisia pätkeä eriväristä paalimuovia tai palaakaan verkkoa! Sillä jos seassa on hitunenkin muuta muovijätettä, koko lajiteltu paalimuovierä muuttuu sekalaiseksi. Tässä asiassa ollaan ehdottoman tarkkoja.

LAJITTELUOHJEET MAATALOUSMUOVIJÄTTEELLE MTK-POHJOIS-SAVON KAMPANJASSA 2023

SAA SISÄLTÄÄ:

- Valkoiset ja muun väriset päällyskiristeet (PE-LLD-muovilaatu) saa sisältää paalinaruja ja paaliverkkoa
- Aumamuovit, suojahuput, tyhjennetyt lannoitesäkit, harsot
- Katemuovit eli mansikkamuovit, tihkuletkut, pakkaa mahdollisimman tiiviiksi nipuksi/jätesäkkeihin
- Tyhjennetyt suursäkit, saa täyttää muilla muoveilla
- Vain alle 50 L kokoiset kanisterit, sidottuna esim. paalinarulla toisiinsa (huuhdellut ja ilman korkkia)
- Muovilaadut (PE-LLD, PE-LD, PE-HD)

EI SAA SISÄLTÄÄ:

- Muovikontit (1000 L) tai muovitynnyrit (200 L)
- Vasikkaigluja tai -karsinoita
- Maata, heinää, multaa tai muita epäpuhtauksia
- Lannoite ja vaarallisten aineiden jäämiä
- Muita jätteitä kuten öljynsuodattimia, talikoita, lapioita, hankoja, traktorin osia, renkaita
- PVC ja EPS-muoveja
- PE-putkea
- Kiviä, metallia, puuta 

Muovin joukossa ei saa missään tapauksessa olla **metallia tai kiveä** (vaurioittaa murskaimen) eikä nestemäisiä kemikaaleja, jotka aiheuttavat höyrvystyessään räjähdysvaaran. Epäilyttävät muovijätekasat jätetään keräämättä. Muovin välivarastointi tulisi toteuttaa niin, että se säilyy kuivana ja puhtaana. Ei maata vasten tai pelloilla.

Esimerkkejä säilytyspaikoista:

- puulavat
- asfalttikenttä
- paalain tai puristin
- betonilaatta

Lisätietoja voi kysyä:

MuKi-hanke, Noora Räsänen, MTK-Pohjois-Savo, noora.rasanen@mtk.fi, 040 154 1234



Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisut.



Avoimet julkaisumme tekevät tunnetuksi
Jamkin laajaa ja monialaista
opetus-, tutkimus- ja kehittämistyötä.

▶ jamk.fi/julkaisut

jamk | Jyväskylän
ammattikorkeakoulu



Jyväskylän ammattikorkeakoulu

PL 207, 40101 Jyväskylä
Rajakatu 35,
40200 Jyväskylä
Puh. +358 20 743 8100
Fax. +358 14 449 9694

jamk.fi

Jamkin julkaisut tutkittua tietoa sinulle.

Maatalousmuovijätteen hävittäminen voi olla viljelijälle kallista ja hankalaa, etenkin jos tilalla ei tehdä muovijätteen syntypaikkalajittelua. Maatilojen muovit kiertoan, MuKi-hanke on etsinyt kestäviä ratkaisuja maatalousmuovien kierrättämisen haasteisiin. Tähän julkaisuun on koostettu MuKi-hankkeessa tuotettua tietoa maatalousmuovijätteen käsittelystä, logistiikasta ja uudelleen käyttöön vaikuttavista asioista, jotta viljelijän olisi helpompi toimia osana muoviketjua. Yhteisiä käytänteitä noudattamalla viljelijällä on mahdollisuus laskea muovijätteiden hävittämisen kustannuksia merkittävästi.

MuKi-hanke toteutettiin Manner-Suomen maaseudun kehittämissuohjelman JÄSMY-rahoituksella 1.9.2022-29.2.2024. Hanketta hallinnoi Jyväskylän ammattikorkeakoulu ja se toteutettiin yhteistyössä LAB-ammattikorkeakoulun ja MTK Pohjois-Savon kanssa. Hankkeen toteutukseen osallistui laaja joukko viljelijöitä, yrityksiä ja eri hankkeiden toimijoita.

ISBN 978-951-830-753-5

jamk