



# **MUOVIJÄTTEEN KEMIALLISEN KIERRÄTYSPROSESSIN IMPLEMENTOINTI YRITYKSEN TOIMINTAAN**

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Kestävä kehitys

Kevät 2024

Mia Astikainen

Kestävä kehitys

Tekijä Mia Astikainen

Työn nimi Muovijätteen kemiallisen kierrätysprosessin implementointi yrityksen toimintaan

Ohjaaja Sanna Hakkarainen

Tiivistelmä

Vuosi 2024

---

Tämä toiminnallinen opinnäytetyö keskittyy muovijätteen kemiallisen kierrätysprosessin implementointiin yrityksen toimintaan. Opinnäytetyön tilaaja on ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikkö, joka valmistaa sähköasennuskalusteita ja -tarvikkeita Porvoossa. Koska Suomessa kierrätettiin tämän opinnäytetyön toteuttamishetkellä pääasiassa muovipakkauksia, oli tarve saada prosessikaavio, jota ABB:n muut yksiköt voisivat hyödyntää siirtyessään muun muovijätteen kemialliseen kierrätykseen. Opinnäytetyö taustoittaa prosessia ja avaa sen tavoitteita ja vaiheita tarkemmin.

Kiertotalouden edistäminen on keskeinen tavoite sekä kansallisesti, että yritystasolla. Euroopan unioni (EU) on asettanut hiilineutraalisuuden tavoitteeksi vuoteen 2050 mennessä, kun taas Suomi pyrkii saavuttamaan sen jo vuoteen 2035 mennessä. Yritykset ovat yhä aktiivisemmin mukana oman hiilijalanjälkensä pienentämisessä, ja monet vaativat myös yhteistyökumppaneiltaan vastaavia toimia. Jotta näihin tavoitteisiin olisi mitenkään mahdollista päästä, on yritysten, kuntien, kaupunkien ja kuluttajien alettava toteuttamaan erilaisia kiertotalousmalleja. Materiaalien ja raaka-aineiden kierrättäminen on tärkeä osa kiertotalousmallia.

Opinnäytetyön lopputulos on toimiva prosessi, jossa polypropeeni muovijäte lajitellaan ja toimitetaan kemialliseen kierrätykseen. Tämä vähentää yrityksen sekajätteen määrää ja parantaa kierrätysastetta. Toimivan prosessin lisäksi, lopputuloksena saatiin prosessikaavio. Kemiallinen kierrätys ei poista tarvetta mekaaniselle kierrätykselle, eikä toisinpäin. Molempia menetelmiä tarvitaan, jotta muovi saataisiin mahdollisimman hyvin kierrätettyä ja uusiokäytettyä. Muovien kierrättäminen on myös yksi keino vähentää hiilidioksidipäästöjä ja hillitä ilmaston lämpenemistä ja se mahdollistaa vihreän siirtymän muoviteollisuudelle.

Avainsanat Kemiallinen kierrätys, muovinkierrätys, kiertotalous, muoviteollisuus, kestävä kehitys

Sivut 47 sivua ja liitteitä 5 sivua

Degree Programme in Sustainable Development

Author Mia Astikainen

Subject Implementation of the Chemical Recycling Process of Plastic Waste into the Company's Operations

Supervisor Sanna Hakkarainen

Abstract

Year 2024

---

In this functional thesis, the chemical recycling process of plastic waste was implemented into the company's daily operations and a process diagram was created. The commissioner of the thesis was ABB Oy's Wiring Accessories unit, which manufactures electrical installation materials and wiring accessories in Porvoo, Finland. The aim of this thesis was to provide the knowledge base to the process and open its goals and stages in more detail. Since mainly plastic packages are currently recycled in Finland, there was a need for a process diagram that the other units of ABB can utilize when implementing the chemical recycling process of other plastic waste.

The transition toward a sustainable and circular economy is a pressing global imperative. In this context, achieving carbon neutrality has become a central goal for both nations and corporations. The European Union (EU) has set an ambitious target of carbon neutrality by 2050, while Finland aims to achieve this milestone even earlier, by 2035. Companies worldwide are increasingly involved in reducing their own carbon footprints and implementing models of the circular economy, often extending these efforts to their supply chains. Recycling of materials and raw materials is an important part of the circular economy model.

The key outcome of the thesis is a functional, successfully implemented process, that includes the successful sorting and delivery of polypropylene plastic waste for chemical recycling and a process diagram of the implemented process. Chemical recycling complements mechanical recycling, ensuring efficient utilization of plastic materials. The outcomes result in reduced mixed waste and improved recycling rates. The environmental benefits of this approach underscore its relevance to achieve circular economy objectives. Furthermore, implementing this process contributes to the broader discourse on mitigating carbon dioxide emissions and fostering a green transition within the plastics industry.

Keywords Chemical recycling, plastic recycling, circular economy, plastic industry, sustainability

Pages 47 pages and appendices 5 pages

# Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Tutkimuskysymys ja -menetelmät .....	2
3	Tietoperusta .....	3
3.1	Kestävä kehitys.....	4
3.1.1	Taloudellinen kestävyys.....	5
3.1.2	Sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys .....	6
3.1.3	Ekologinen kestävyys .....	6
3.1.4	YK:n kestävän kehityksen tavoitteet .....	7
3.2	Kiertotalous.....	9
3.3	Muovien määritelmä.....	11
3.3.1	Polypropeeni .....	13
3.3.2	Polykarbonaatti.....	13
3.4	Muovin kierrätysmahdollisuudet Suomessa .....	13
3.4.1	Mekaaninen kierrätys.....	14
3.4.2	Kemiallinen kierrätys.....	15
3.4.3	Kemiallisen kierrätyksen hiilikädenjälki .....	16
4	Kehittämistyön tarkoitus ja tavoite .....	19
4.1	ABB:n Kestävän kehityksen strategia.....	20
4.2	Jätelaki ja Muovitiekartta 2.0 .....	22
4.3	Jätehierarkia .....	22
5	Prosessin implementoinnin ja prosessikaavion suunnittelu ja toteutus .....	24
5.1	Alkuperäinen tavoite .....	24
5.2	Yhteistyökumppanit.....	24
5.3	Toteutus.....	25
5.3.1	Prosessikaavio ja sen vaiheet.....	26
5.3.2	Lopputulos lukuina.....	34
5.3.3	Viestintä.....	35
5.4	Haasteet prosessin implementoinnissa ja prosessikaavion luomisessa .....	37
5.4.1	Mekaaninen kierrätys.....	37
5.4.2	Keräysastiat ja lattiatila .....	38
5.4.3	Polykarbonaatti.....	38
5.4.4	Kuljetuskustannukset.....	39
5.4.5	Messinki .....	39
5.5	Tulevaisuuden mahdollisuudet ja näkymät.....	40

6	Johtopäätökset ja pohdinta .....	41
	Lähteet.....	44

## **Liitteet**

- Liite 1.      Prosessikaavio
- Liite 2.      Lajitteluastioiden ohjeistus

# 1 Johdanto

Luontokadon ja ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi on löydettävä tehokkaita tapoja saada materiaalit kiertämään, eli varsinkin yritysten on entistä enemmän siirryttävä kohti kiertotalousmalleja. Myös vuonna 2021 uudistunut jätelaki ohjaa yrityksiä tähän suuntaan (Jätelaki 646/2011). Jätteeseen menevissä materiaaleissa on iso potentiaali ja niitä olisi mahdollista hyödyntää huomattavasti nykyistä enemmän. Jäte-määritelmän käyttöä olisi syytä vähentää, jotta jakeet nähtäisiin ennemmin materiaaleina kuin hävitettävänä jätteinä. Kiertotalouden avulla päästöjä olisi mahdollista pienentää huomattavasti ja sen myötä saavuttaa EU:n sekä Suomen asettamat hiilineutraalisuustavoitteet. Sähköasennuskalusteita ja -tarvikkeita ei olla juurikaan kierrätetty aiemmin, joten benchmarking ei ollut tätä opinnäytetyötä tehdessä mahdollista. Siitä syystä lopputuotos on valmis prosessi ja prosessikaavio siitä, miten muovin kemiallinen kierrätysprosessi implementoitiin yrityksen toimintaan ja lisäksi tämä opinnäytetyö, joka taustoittaa ja selventää prosessikaavion vaiheita. Opinnäytetyön tutkimuskysymys on "Miten implementoida tuotannon sivuvirtojen muovijätteen kemiallinen kierrätys yrityksen toimintaan?"

Tämä opinnäytetyö on tehty ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikölle. Yksiköllä on valmistava tehdas Porvoossa, jossa ruiskuvalutekniikalla valmistetaan sähköasennuskalusteita ja -tarvikkeita erilaisista muoviraaka-aineista. Esimerkkejä valmistettavista tuotteista ovat pistorasia, kytkin, jako- ja kojerasia. Valmistusprosessin aikana syntyy vuosittain useita tonneja muovijätettä, jolle ei aiemmin olla löydetty muuta vastaanottajaa kuin seka- tai energijätteen polttolaitos. Yksikön yksi strateginen tavoite on vähentää polttoon menevää jätettä ja lisätä tehtaan kierrätysastetta. Tähän tavoitteeseen halusin tarttua ja tämän opinnäytetyön avulla auttaa yksikköä pääsemään tavoitteeseensa, luoda prosessikaavio ja samalla itse oppia enemmän muovin kierrätysmahdollisuuksista.

ABB on globaali yritys, jolla on henkilöstöä Suomessa noin 5000 ja maailmanlaajuisesti noin 100 000. Tästä syystä opinnäytetyön tuloksia ja prosessikaaviota on mahdollista hyödyntää laajaltikin. Opinnäytetyön tarkoitus on toimia oppaana tai tiekarttana muille yksiköille, jotka haluavat siirtyä muovituotteiden kemialliseen kierrätykseen ja luoda prosessikaavio, joka selkeyttää prosessia. Tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa olen ollut seitsemän vuotta töissä ABB Oy:n Asennustuotteet-yksiköllä. Työtehtävieni kirjo on laaja, mutta tähän opinnäytetyöhön liittyviä työtehtäviä ovat ympäristöasiantuntijana toimiminen, tehtaan jätehuollon ja kierrätyksen tehtävien hoitaminen, yksikön kestävän kehityksen ja kiertotaloustoimenpiteiden perehdyttäminen uusille työntekijöille ja sisäinen viestintä. Teen

jatkuvasti töitä yhdessä yksikön jokaisen tiimin kanssa, joten minulle on kerääntynyt laaja yleisnäkemys tehtaan toiminnasta ja eri tiimien työtehtävistä ja tavoitteista, ja tästä on ollut hyötyä myös tämän opinnäytetyön onnistuneessa toteuttamisessa. Olin tiiviisti mukana prosessin jokaisessa vaiheessa kemiallisen kierrättäjän kontaktoimisesta aina prosessin viimeistelyyn asti. Lopuksi loin prosessin implementoinnista prosessikaavion.

Irtaantuessamme fossiilisista polttoaineista tulee myös alati kasvavan muovin tuotannon perustua jatkossa muuhun kuin fossiiliseen raaka-aineeseen. Muoviteollisuus tarvitsee siis vihreän siirtymän, mikä on mahdollista vain, mikäli muovijätteen erilliskeräily tehostuu ja muovijätteen kierrätykseen tulee mekaanisen kierrätyksen rinnalle uusia teknologioita, kuten kemiallinen kierrätys. Opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan polypropeeni ja polykarbonaatti muovilaatujen kemialliseen kierrätykseen ja avataan mekaanisen kierrätyksen haasteita. Rajaus on tehty sillä perusteella, että ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikön käytetyimmät muoviraaka-aineet ovat nämä kaksi muovilaatua ja niistä myös syntyy suurimmat määrät jätettä. Polypropeenista käytetään lyhennettä PP ja polykarbonaatista PC. Tässä opinnäytetyössä keskitytään muovijätteen kemiallisen kierrätysprosessin implementointiin yrityksen toimintaan.

## 2 Tutkimuskysymys ja -menetelmät

Tämän opinnäytetyön tutkimuskysymys on “Miten implementoida tuotannon sivuvirtojen muovijätteen kemiallinen kierrätys yrityksen toimintaan?” Tavoitteena on taustoittaa tutkimuskysymystä mahdollisimman hyvin ja luoda ABB Oy:lle selkeä manuaali siitä, miten saada muovien kierrätys toimivaksi osaksi yrityksen jokapäiväistä toimintaa. Kyseessä on toiminnallinen opinnäytetyö, jossa ratkaisut argumentoidaan aiemmilla tutkimuksilla, itse kootulla tutkimusaineistolla ja muulla lähdeaineistolla.

Tutkimusmenetelminä on käytetty itsedokumentointia, osallistuvaa havainnointia ja yksittäisiä asiantuntija haastatteluja. Menetelmät valikoituivat pitkälti määritellyn työn halutusta lopputuloksesta. Koska tilaaja toivoi manuaalia ja prosessikaaviota siitä, miten kemiallinen kierrätys implementoitiin osaksi yrityksen toimintaa, oli implementointiprosessin jokaisessa vaiheessa sekä havainnoitava, että kirjattava ylös havainnot ja muut huomiot. Hanna Vilkan mukaan itsedokumentoinnin tapoja on monia ja tässä opinnäytetyössä käytetty päiväkirjan pitäminen on yksi itsedokumentoinnin muoto. Vilkan mukaan osallistuvassa havainnoinnissa opinnäytetyön tekijä osallistuu työhön itse aktiivisesti, samalla havainnoiden. (Vilka, 2021, ss. 81-86) Koska tällaista prosessia ei oltu implementoitu missään muussa ABB:n yksikössä,

olivat yhteistyökumppanien asiantuntijuus ja lausunnot tärkeitä, jotta implementoinnin lopputulos olisi mahdollisimman onnistunut. Strukturoituja haastatteluja ei tehty, vaan kysymykset esitettiin asiantuntijoille implementoinnin edetessä. Asiantuntijanlausuntoja ovat antaneet ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikön kiinteistöpäällikkö Josi-Pekka Roppola ja valmistuslinjapäällikkö Victor Gustafsson, Verdis Oy:n suurasiakaspäällikkö Tero Tykkyläinen ja WasteWise Group Oy:n toimitusjohtaja Kaisa Suvikangas ja tuotantopäällikkö Ari Sillanpää. Opinnäytetyön ohjaajana toimi Asennustuotteet-yksikön osalta liiketoimintajohtaja Mikaela Ahlnäs-Mäkeläinen ja Hämeen ammattikorkeakoulun osalta Sanna Hakkarainen.

### 3 Tietoperusta

Tietoperustassa syvennytään siihen, mitä kestävä kehitys ja kiertotalous ovat ja miten muovien kierrättäminen niihin liittyvät. Muovien mekaaninen kierrätys on pyritty avaamaan luvussa 3.4.1 ja kemiallinen kierrätys luvussa 3.4.2. Muovien määritelmää on avattu sekä yleisesti, että tarkennettu polypropeeniin ja polycarbonaattiin. Neste on vuonna 2022 tutkinut muovien kemiallista kierrätystä ja analysoinut sen vaikutusta kasvihuonepäästöihin ja fossiilisten energiaraaka-aineiden ehtymiseen sekä jätehuollon, muovituotannon, että kiertotalouden näkökulmasta. Nesteen tutkimuksesta on lisää tietoa luvussa 3.4.3.

Kemiallista kierrätystä on aiemmin tehty jonkun verran muille materiaaleille, mutta muovin kemiallinen kierrätys on Suomessa vielä hyvin alkutekijöissään ja monelle muovituotteelle on ollut hankala löytää kierrätysmenetelmiä. Esimerkiksi Lasse Lampainen on omassa opinnäytetyössään selvittänyt muovien kierrätysmahdollisuuksia Suomessa ja todennut, että mekaaninen kierrätys asettaa liikaa vaatimuksia muovipakkausjätteelle ja tämän opinnäytetyön prosessin aikana on voitu todeta samaa myös muiden muovituotteiden osalta. (Lampainen, 2022, s. 10) Lampaisen työn tuloksia on avattu tarkemmin luvussa 3.4. Keskusteluissa kemiallisten kierrättäjien kanssa käy ilmi, että he eivät halua vastaanottaa muoveja, jotka voidaan mekaanisesti kierrättää, joten mekaanisen kierrätyksen mahdollisuuksien selvittäminen on näin ollen tärkeä osa prosessia, kun muovijätteen kemiallinen kierrätys implementoidaan yrityksen toimintaan. Jotta mekaanisen kierrätyksen mahdollisuudet voidaan selvittää, täytyy muovijätteen ominaisuudet olla tarkasti tiedossa. Seuraavissa luvuissa käydään läpi mitä perusteluja muovien kierrätykselle on ja mitä mahdollisuuksia sille on Suomessa.



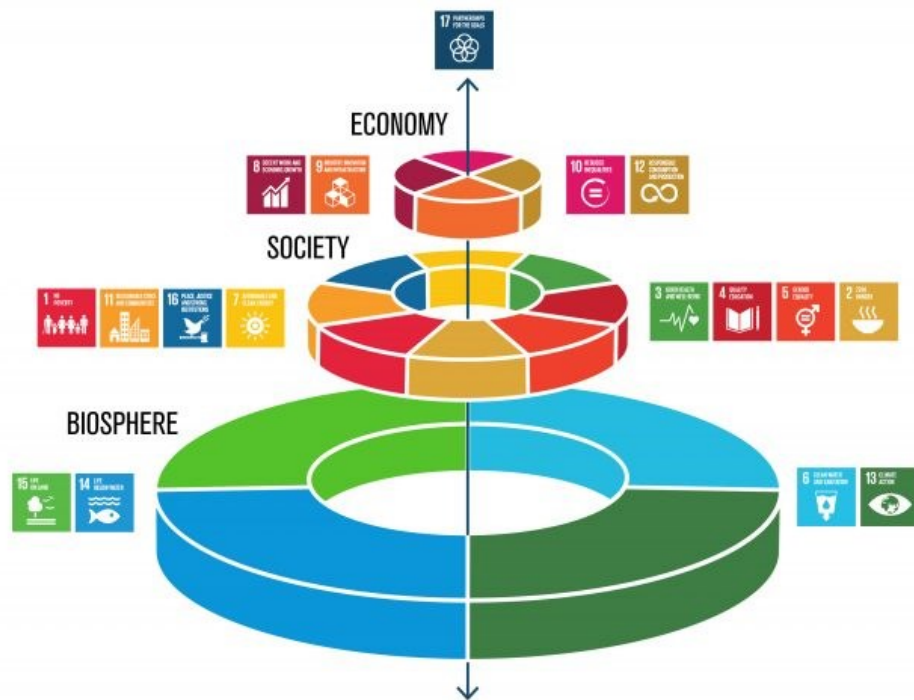
### 3.1 Kestävä kehitys

Kestävä kehitys määriteltiin alun perin vuonna 1987 siten, että se on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa. Ympäristöministeriö kuvailee tänä päivänä kestävästä kehityksestä seuraavasti: ”Kestävä kehitys on maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Tämä tarkoittaa myös, että ympäristö, ihminen ja talous otetaan tasavertaisesti huomioon päätöksenteossa ja toiminnassa.” (Ympäristöministeriö, 2023)

Muovien ja muovinkierrätyksen osalta, kestävä kehitys voisi tulkita esimerkiksi siten, että muovi valmistetaan fossiilisten polttoaineiden sivutuotteista ja fossiiliset polttoaineet kiihdyttävät ilmaston lämpenemistä, joten teollisesti valmistettu muovi ei ole kestävä kehityksen periaatteiden mukaista. Toisaalta, jos tähän mennessä valmistettu muovi saataisiin pysymään kierrossa, eli kierrätettyä ja käytettyä uudelleen materiaalina, asetelma olisi toinen. Muovi on laajasti käytetty, monipuolinen, kestävä ja kevyt materiaali, joka edellä mainittujen ominaisuuksien takia voisi olla huomattavasti vastuullisempi materiaali kuin moni muu. Muovituote olisi suunniteltava ja valmistettava siten, että sen koko elinkaari on huomioitu ja muovi pysyy käytössä, joko uudelleenkäytön tai kierrätyksen avulla ja varmistettava, että muovi ei päädy ympäristöön esimerkiksi mikromuovien muodossa.

Kestävä kehitys jaetaan yleensä kolmeen ulottuvuuteen, jotka ovat taloudellinen, kulttuurinen ja sosiaalinen sekä ekologinen kestävyys. Seuraavissa luvuissa näitä ulottuvuuksia on avattu ja selkeytetty, miten ne liittyvät muovijätteen kemiallisen kierrätyksen implementointiin yrityksen toimintaan. Kuvassa 1. on esitetty Stockholm Resilience Centre:n vuonna 2016 luoma kuva kestävä kehityksen ulottuvuuksista. Kuvassa näkyvä biosphere-sana tarkoittaa biosfääriä, society-sana yhteiskuntaa ja economy-sana taloutta. Tavallisesti ulottuvuudet esitetään siten, että kaikki kolme linkittyvät toisiinsa kolmena tasavertaisena ulottuvuutena, mutta tässä Stockholm Resilience Centre:n kuvassa kaiken pohjana on ekologinen kestävyys ja sosiaalinen ja taloudellinen ulottuvuus sisältyvät siihen. (Stockholm Resilience Centre, n.d.) Kuvassa näkyy myös YK:n 17 kestävä kehityksen tavoitetta, joita on avattu lisää luvussa 3.1.4.

Kuva 1. Kestävän kehityksen ulottuvuudet (Stockholm Resilience Centre, n.d.).



### 3.1.1 Taloudellinen kestävyys

Taloudellista kestävyttä voi määritellä monella eri tapaa, mutta esimerkiksi Opetushallitus kirjoittaa sen olevan tasapainoista talouden kasvua, joka ei perustu luonnonvarojen hävittämiseen tai velkaantumiseen (Opetushallitus, n.d.–b). Se, että yrityksellä on taloudellisesti kannattavaa liiketoimintaa, on myös edellytys sille, että henkilöstöllä on työpaikka ja sen myötä heidän oma taloudellinen tilanteensa on vakaa.

Taloudellisesti kannattava liiketoiminta luo myös otolliset olosuhteet henkilöstön hyvinvoinnin panostamiseen. Kiertotalous- ja kierrätystoiminta onkin oltava yritykselle yhtä lailla kannattavaa kuin muukin yritystoiminta, jotta sen pystyy implementoimaan yrityksen toimintaan. Ainakin hyödyn on oltava perusteltavissa joko lyhyellä tai pitkällä aikavälillä, mikäli käytetty metodi on kalliimpaa kuin vähemmän kestävä ratkaisu. Monesti kestävät ratkaisut ovatkin toimia, joiden hyödyt tulevat selkeiksi vasta pitkällä aikavälillä ja se aiheuttaa joskus haasteita nykypäivän nopeatempoisessa yritysmaailmassa. Esimerkiksi kemiallinen kierrätys on sellaisenaan hieman kalliimpaa, kuin energiana polttaminen. ABB:n strategiassa on kuitenkin mainittu luonnonvarojen säästäminen ja vähähiilisemmän yhteiskunnan luominen, joten kiertotaloudelle löytyy strategista pohjaa ja yrityksen

intressissä on olla mukana vihreässä siirtymässä ja jalkauttamassa kiertotalouden malleja omaan toimintaansa ja tätä kautta luoda itselleen kilpailuetua.

### **3.1.2 Sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys**

Sosiaalisella kestäväällä kehityksellä tarkoitetaan sitä, että hyvinvoinnin edellytykset siirtyvät sukupolvelta toiselle (THL, 2023). Työturvallisuus ja ihmisten kokonaisvaltainen hyvinvointi on tärkeä osa kestävästä kehityksestä. Hyvinvoiva ihminen, jolla on riittävä toimeentulo ja side ympäröivään yhteiskuntaan on ihminen, jolla on henkiset, fyysiset ja taloudelliset resurssit tehdä kestäviä valintoja.

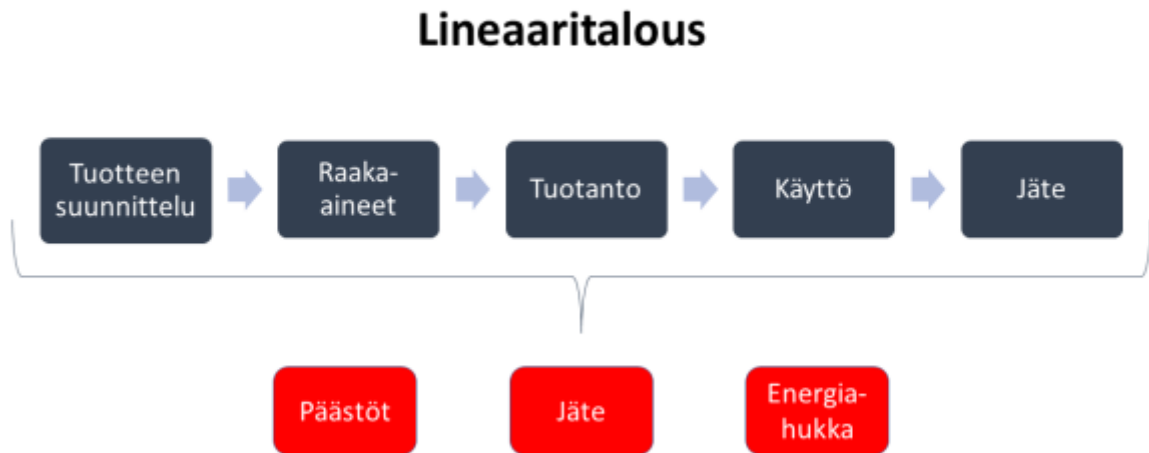
Turvallisuuskulttuuri on ollut vahva ABB Oy:llä jo vuosikausia. Myös vastuullisuus- ja kiertotalouskulttuuri on saamassa jalansijaa, sitä mukaa kun työntekijöiden, asiakkaiden ja toimittajien ymmärrys vastuullisuusasioista lisääntyy. Kaksi edellä mainittua kulttuuria olisikin hyvä saada yhtä vahvaksi ja luonnolliseksi osaksi yrityskulttuuria, kuin työturvallisuus. Kulttuurien muodostumiseen edesauttaa viestintä ja esimerkillinen toiminta. Teoista muodostuu kulttuuri, silloin kun niistä muodostuu toistuvia tapoja. Kulttuurin muodostuminen vaatii myös sen, että toimintatavat ovat yleisesti hyväksytyjä kyseisessä yhteiskunnassa, työpaikassa tai ryhmässä. Monesti sosiaalinen ja kulttuurinen kestävä kehitys mielletään ainoastaan ihmisten hyvinvoinniksi ja kulttuurien säilyttämiseksi, mutta se on myös kestävä kehityksen sisällyttämistä olemassa oleviin kulttuureihin.

### **3.1.3 Ekologinen kestävyys**

Ekologisella kestävyydellä tarkoitetaan monimuotoisen ja hyvinvoivan luonnon säilyttämistä ja erilaisten talousmallien sopeuttamista luonnon ja ekosysteemien kantokykyyn (Ympäristöministeriö, 2023). WWF Suomen mukaan suomalaiset kuluttavat oman osuutensa maailman luonnonvaroista kolmessa kuukaudessa (WWF, 2023). Tämänhetkinen lineaarinen kulutusmalli ei siis ole ekologisesti kestävä ja kulutamme Suomessa luonnonvaroja paljon nopeammin, kuin mitä ne pystyvät uusiutumaan. Linearisella kulutusmallilla tarkoitetaan sitä, kun tuotteita valmistetaan, käytetään ja lopuksi hävitetään jätteenä. Kuvassa 2. on Kiertotalousosaamiskeskuksen laatima kuva lineaarisesta talousmallista. (Kiertotalousosaamiskeskus n.d.) Kiertotalous on tärkeässä roolissa päästöjen ja luonnonvarojen kulutuksen vähentämisessä, sillä erilaisten kiertotalousmallien avulla pystytään hyödyntämään olemassa olevia raaka-aineita, materiaaleja ja tuotteita

mahdollisimman pitkään ja uusia raaka-aineita tarvitaan vähemmän. Kiertotalous käsitettä on avattu tarkemmin luvussa 3.2.

Kuva 2. Lineaarinen kulutusmalli (Kiertotalousosaamiskeskus n.d.).



Ekologista kestävyyttä ei ole mahdollista saavuttaa ilman sosiaalista ja taloudellista kestävyyttä, eikä sosiaalista ja taloudellista kestävyyttä ilman ekologista kestävyyttä. Sen takia, kaikki kolme ulottuvuutta ovat tärkeitä ja ne sekä tukevat, että täydentävät toisiaan. Ekologinen kestävyys vaatii kestäviä talousmalleja, jotka eivät kuluta luonnonvaroja loppuun, eivätkä lisää kasvihuonepäästöjä. Ihmisten elinolosuhteiden on oltava sosiaalisesti kestäviä, jotta heillä on henkiset, fyysiset ja taloudelliset mahdollisuudet elää ekologisesti kestävä elämää. Jotta ihmisten elinolosuhteet ovat sosiaalisesti kestäviä, vaatii se sen, että yhteiskunnassa on yrityksiä, jotka ovat taloudellisesti kestäviä ja kannattavia. Sosiaalinen kestävyys vaatii myös monimuotoisen ja terveen luonnon ja elinympäristön, jotta ihmiset voivat luonnosta ammentaa sekä raaka-aineita, että terveyttä ja hyvinvointia edistäviä aineettomia resursseja. Luonnon tärkeimmät ekosysteemipalvelut on kuitenkin syytä nostaa esille ja muistettava, että happi, puhdas vesi, ravinto ja lääkeaineet ovat kaikki näiden toimivien ekosysteemien tuottamia elintärkeitä palveluja (Opetushallitus, n.d.–a).

### 3.1.4 YK:n kestävän kehityksen tavoitteet

Kestävään kehitykseen liittyy vahvasti myös Yhdistyneiden kansakuntien, eli YK:n, tavoiteohjelma nimeltä Agenda 2030 ja sen kestävän kehityksen tavoitteet. YK on työstänyt

näitä tavoitteita yhdessä jäsenmaidensa kanssa vuosikausia ja lopullisen muotonsa ne saivat vuonna 2015, kun Agenda 2030 -tavoiteohjelma julkaistiin ja hyväksyttiin kaikkien jäsenmaiden toimesta. Kestävän kehityksen tavoitteita on 17 ja alatavoitteita 169 ja niiden tarkoitus on luoda jäsenmailleen yhteiset tavoitteet, joilla turvataan planeetan ja ihmisten hyvinvointi nyt ja tulevaisuudessa. (United Nations, n.d.) Kuvassa 3. on esitetty YK:n kestävän kehityksen tavoitteet. Nämä symbolit ovat nähtävissä myös kestävän kehityksen ulottuvuuksia esittävässä kuvassa 1. ABB on monen muun yrityksen tavoin sitonut näitä tavoitteita omiin kestävän kehityksen toimenpiteisiinsä. Tästä esimerkkinä vuoden 2022 kestävän kehityksen raportti, missä tehtyjä toimenpiteitä esitetään ja kerrotaan mihin YK:n kestävän kehityksen tavoitteisiin niiden avulla on pystytty myönteisesti vaikuttamaan. (ABB, 2023)

Kuva 3. Kestävän kehityksen 17 tavoitetta (Suomen YK-liitto n.d.).



Muovimateriaalin kierrättäminen voidaan sitoa ainakin tavoitteeseen 9, kestävää teollisuutta, innovaatiota ja infrastruktuuria, tavoitteeseen 12, vastuullista kuluttamista sekä tavoitteeseen 13, ilmastotekoja. Tavoitteessa 9 pyrkimyksenä on rakentaa maailmanlaajuisesti kestävä infrastruktuuria ja edistää kestävä teollisuutta ja innovaatioita. Yhtenä alatavoitteena on tehostaa resurssien käyttöä ja lisätä puhtaiden ja ympäristöystävällisten tuotantoprosessien käyttöönottoa. Tavoitteella 12 pyritään varmistamaan kulutus- ja tuotantotapojen kestävyys ja yhtenä alatavoitteena on vähentää jätteiden syntymistä ennaltaehkäisy, kierrätyksen ja uudelleen käytön avulla. Tavoite 13 on toimia kiireellisesti ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia vastaan. Siinä mainitaan öljyteollisuuden vaikutus ilmaston lämpenemiseen. Muovin kierrätyksen avulla pystytään siis edistämään kestävä teollisuutta, vähentämään jätteiden määrää ja tehdä toimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi.

### 3.2 Kiertotalous

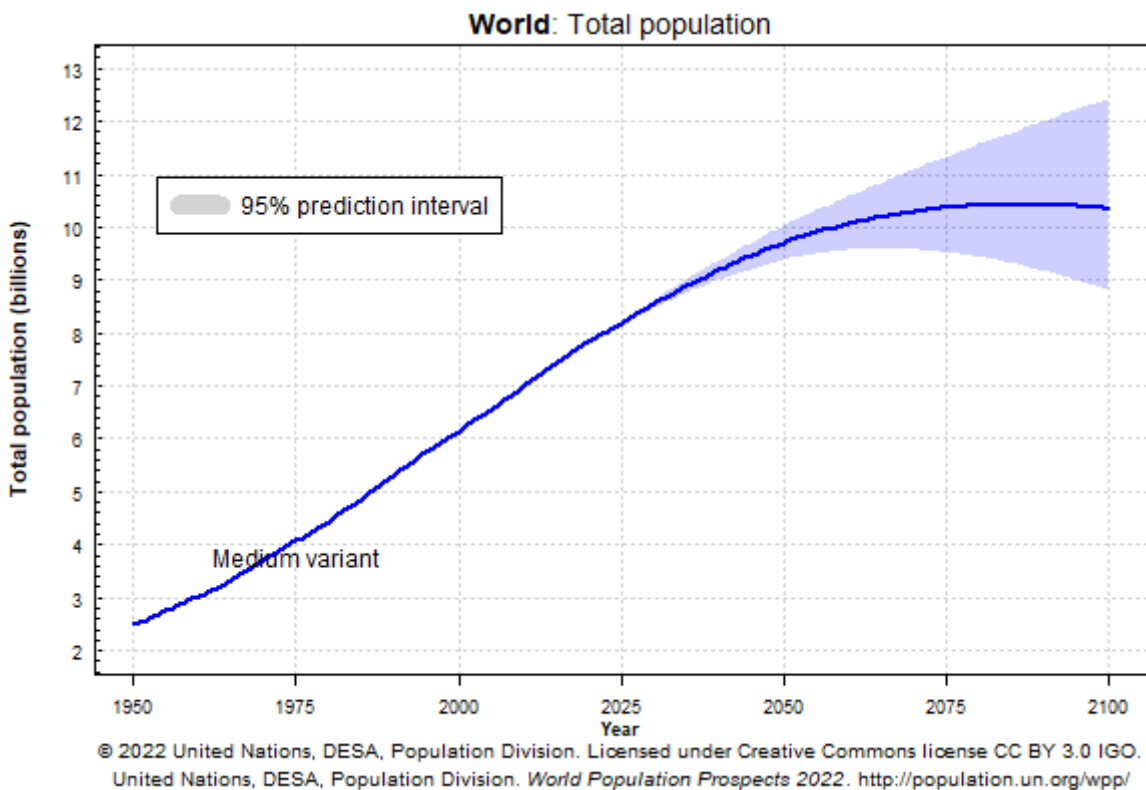
Kiertotalous on malli, jolla pyritään pitämään eri raaka-aineet, materiaalit ja tuotteet mahdollisimman kauan käytössä ja kierrossa, jotta uusia raaka-aineita tarvittaisiin mahdollisimman vähän. Melkein kaikki tarvitsemamme raaka-aineet ja materiaalit ammennetaan luonnosta. Tästä syystä luonnonvarat hupenevat, luonnon monimuotoisuus köyhtyy ja ekosysteemit järkkyvät. Kiertotalouden avulla pystytään hillitsemään globaaleja haasteita, kuten ilmastonmuutosta, luonnonvarojen ylikulutusta ja luontokatoa. (Kiertotalous-Suomi, 2023) Kiertotalous mielletään monesti ainoastaan kierrätykseksi, mutta se on todellisuudessa paljon laajempi talousmalli ja kierrätys on yleensä yksi osa sitä. Kiertotalouteen liittyy kierrätysmateriaalien hyödyntämisen lisäksi myös muun muassa jakamistalous ja tuotteiden leasing, omistamisen sijaan. Kuvassa 4. on Euroopan parlamentin luoma kuva kiertotalousmallista, joka visuaalisuudellaan selventää mitä mallilla tarkoitetaan. Kuvassa on kiertotalousmalli jonkin tuotteen osalta, ei täydellistä kokonaiskuvaa kiertotalousmallista, joka sisältäisi esimerkiksi edellä mainitun jakamistalouden.

Kuva 4. Kiertotalousmalli (Euroopan parlamentin tutkimuspalvelu, 2023).



Maapallon väkiluku on kasvanut 1960-luvun kolmesta miljardista ihmisestä tämän päivän noin kahdeksaan miljardiin, eli se on lisääntynyt viidellä miljardilla noin 60 vuodessa. Väkiluvun on arvioitu olevan noin 10 miljardia vuonna 2050 (United Nations, 2022). Tämä tarkoittaa sitä, että ruokaa, energiaa ja raaka-aineita tarvitaan yhä enemmän ja mikäli tämänhetkinen tapa kuluttaa jatkuu, luonnonvarat tulevat ehtymään ja ekosysteemit luhistumaan. Maailman väkiluvun kehitys on esitetty kuvassa 5. Luonnonvaroja ei riitä loputtomiin ja ratkaisu näihin haasteisiin on kiertotalous ja kasvispainotteisempi ruokavalio. Tässä opinnäytetyössä keskitytään muovien kierrättämiseen liittyvään kiertotalousmalliin.

Kuva 5. Maailman väkiluvun kehitys (United Nations, 2022).



Muovit ovat tärkeä osa monen yrityksen liiketoimintaa, eikä hyvää tai yhtä kustannustehokasta korvaavaa materiaalia ole vielä markkinoilla. Tästä syystä on tärkeää löytää keinoja, miten muovien kierrätystä voisi lisätä ja jo valmistetut muoviraaka-aineet pitää kierrossa mahdollisimman pitkään. Tarve erilaisille kiertotalousmalleille voi tulla myös pakotetusti ulkoisista ja joskus yllättävistäkin tekijöistä. Esimerkiksi pandemiat, luonnonkatastrofit ja muut kriisit voivat rajoittaa merkittävästi raaka-aineiden ja materiaalien saatavuutta. Tällaisia tilanteita on tullut eteen myös Asennustuotteet-yksikössä, kun COVID-19 sulki muoviraaka-ainetta valmistavia tehtaita ja muovin saatavuudessa oli haasteita. Tämä motivoi yksikköä hyödyntämään tuotannossa syntyviä muovin sivuvirtoja ja vähentämään syntyvää hukkaa.

Tällä hetkellä muovin kierrätykselle on kaksi vaihtoehtoa; mekaaninen ja kemiallinen kierrätys. Nämä kierrätysvaihtoehdot on avattu tarkemmin luvussa 3.4. Muovien kierrätystekniikoiden avulla muovipakkaukset, muovikelmut ja muut muovituotteet saadaan kierrätettyä, tehtyä niistä uusioraaka-ainetta ja luotua muoveille kiertotalousmalli.

### 3.3 Muovien määritelmä

Muovin kansainvälinen määritelmä löytyy ISO 472 standardissa ja on vapaasti suomennettuna seuraavanlainen: ”Rakennemateriaali, jonka olennainen ainesosa on suurimolekyylinen polymeeri ja jota tuoterakenteita valmistettaessa jossain vaiheessa muovataan virtaavassa tilassa.” (Muoviteollisuus RY, n.d.–c) Kaikkien muovien perusraaka-aineet ovat hiili ja vety ja ne koostuvat pitkistä polymeeriketjuista. Polymeeriketjuja muodostuu, kun yli 50 pientä monomeerimolekyyliä liittyy yhteen. Muovin lisäaineet riippuvat siitä, mitä muovilaatua halutaan valmistaa ja mitä ominaisuuksia muovilta halutaan. Kaikki muovit ovat siis sekoituksia. Polymeerit ovat puhtaita kemiallisia yhdisteitä, joita esiintyy myös luonnossa. (Pohjakallio, 2013)

Nykyään käyttämämme muovi on pääosin öljypohjaista, teollisesti valmistettua ja tarvittavat raaka-aineet saadaan öljyteollisuuden sivuvirroista. Kun raakaöljystä valmistetaan polttoainetta, syntyy sivutuotteena esimerkiksi hiilivetyjä ja monomeereja ja muovi valmistetaan näistä orgaanisista yhdisteistä liittämällä ne laboratorioissa peräkkäin ketjuiksi. Laboratorioissa tai tehtaassa valmistettuja polymeerejä kutsutaan synteettisiksi. Synteettistä muovia on valmistettu vasta noin sadan vuoden ajan, siitä lähtien kun öljynjalostus alkoi kehittyä 1930-luvun alussa. Muoveja on myös mahdollista valmistaa biopohjaisista materiaaleista ja ennen öljynjalostuksen aikaa, kaikki muovit olivatkin biopohjaisia. Suomessa ensimmäinen muovinvalmistaja oli Sarvis Oy, joka alkoi 1920-luvulla valmistamaan kaseiinista muovia ja muovituotteita. Kaseiini on proteiini, jota esimerkiksi maito sisältää. (Ekokumppanit Oy, 2023)

Muovit voidaan jakaa eri ryhmiin, eri perusteluin. Mahdollisesti tunnetuin jako perustuu muovien fysikaalisiin ominaisuuksiin, jolloin muovilaadut jaetaan kesto- ja kertamuoveihin. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävät muovilaadut, eli polypropeeni ja polykarbonaatti kuuluvat molemmat kestomuoveihin. Kestomuoveja voidaan kierrättää useaan kertaan. (Muoviteollisuus RY, n.d.–a)

4–6 % koko maailman raakaöljyn kulutuksesta käytetään muovituotteiden valmistukseen. Vuonna 2022 maailman öljynkulutus oli noin 97,3 miljoona barreliä päivässä (Statista, 2023).



Yksi barreli tarkoittaa 159 litraa öljyä. Muovituotteiden valmistukseen ei siis kulu määrällisesti merkittävää osaa raakaöljyn kulutuksesta, mutta koska fossiilisten polttoaineiden käyttö kiihdyttää merkittävästi ilmaston lämpenemistä, olisi niiden käyttöä syytä vähentää huomattavasti ja mieluiten luopua niistä kokonaan lähivuosien aikana. YK:n järjestämässä COP28 ilmastokokouksessa maailman johtajat kokoontuivat yhteen sopimaan yhteisistä ilmastotoimista ja -vastuista. Tässä joulukuussa 2023 päättyneessä kokouksessa yksi tavoitteista oli saada osallistujamaat sopimaan fossiilisten polttoaineiden käytön luopumisesta nykyisessä laajuudessa maailmanlaajuisesti vuoteen 2050 mennessä ja tämä tavoite myös saavutettiin. (Euroopan Unionin Neuvosto, 2023) Tämä on kuitenkin valtava muutos, joka vaatii uusia prosesseja, raaka-aineita ja infrastruktuuria. Päätös kuitenkin vahvistaa sen, että olemme siirtymässä kohti aikakautta, jossa fossiilisia polttoaineita ei enää käytetä. Ennen kuin edellä mainittu muutos on arkipäivää, on löydettävä malleja, joilla pystytään hyödyntämään jo valmistetut muoviraaka-aineet ja pitämään valmistettu muovi kierrossa mahdollisimman pitkään. Kuvassa 6. on esitetty Ympäristöministeriön näkemys muovin arvoketjusta. Kuvassa näkyy hyvin eri toimijoiden roolit muovin arvoketjussa. Vastuu muovin toimivasta kiertotalousmallista ei ole ainoastaan muovituotteiden suunnittelijoilla tai raaka-aineiden valmistajilla, vaan myös lainsäädännöllä ja kansalaisten tai kuluttajien toiminnalla on roolinsa siinä, että muovi pysyy kierrossa mahdollisimman pitkään.

Kuva 6. Muovin arvoketju (Ympäristöministeriö, 2022).



ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikössä käytetyimmät muovilaadut ovat polypropeeni ja polykarbonaatti. Polypropeenin prosenttiosuus Asennustuotteet-yksikön romutetusta muovista on noin 71 % ja polykarbonaatin prosenttiosuus noin 25 %. Näiden muovilaatujen ominaisuuksia avataan seuraavissa luvuissa.

### 3.3.1 Polypropeeni

Polypropeeni on Suomessa hyvin yleinen muovilaatu, niin sanottu valtamuovi. Sen lyhenne on PP ja kemiallinen kaava  $(C_3H_6)_n$ . Polypropeeni valmistetaan propeenista ja on yksi käytetyimmistä muovilaaduista sen saatavuuden edullisuuden, kestävyuden ja hyvän työstettävyyden takia. Sitä käytetään esimerkiksi kalvoissa, köysissä ja putkissa. Polypropeenin korroosion- ja lämmönsietokyky on hyvä. (Lindholm, 2021, s. 11)

ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikössä polypropeenia käytetään pääosin seinän sisään asennettaviin asennustuotteisiin, kuten koje- ja jakorasioihin (ABB, n.d.–b). Polypropeeni on monipuolinen materiaali ja sen ympäristövaikutukset riippuvat suuresti siitä, miten sitä käytetään ja miten se hävitetään. Kierrätys ja vastuullinen käyttö ovat avainasemassa vähentämään sen ympäristövaikutuksia.

### 3.3.2 Polykarbonaatti

Polykarbonaatti-muovin lyhenne on PC ja kemiallinen kaava  $C_{16}H_{14}O_3$ . Yksi sen tärkeimmistä ominaisuuksista on sen iskunkestävyys ja sen lisäksi se on helppo materiaali työstää. Se naarmuuntuu kuitenkin helposti. Polykarbonaattia käytetään yleisesti esimerkiksi kypärien, matkapuhelimien näyttöjen ja suojalasiin linssien valmistukseen. (ScienceDirect, n.d.)

Polykarbonaattia käytetään ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikössä asennuskalusteiden valmistamiseen, eli seinän ulkopuolelle asennettaviin, näkyviin kalusteisiin. Asennuskalusteita ovat esimerkiksi pistorasiat, kytkimet ja peitelevyt. (ABB, n.d.–a)

## 3.4 Muovin kierrätysmahdollisuudet Suomessa

Jätteiden kierrätyksellä tarkoitetaan toimintaa, jossa jäte käsitellään ja valmistellaan aineeksi, materiaaliksi tai tuotteeksi, jota voidaan hyödyntää neitseellisen materiaalin sijaan. Lasse Lampainen on omassa kandidaatintyössään selvittänyt muovien kemiallista kierrätystä ja sen käyttöönoton kannattavuutta Suomessa, ja samalla kartoittanut muovin

kierrätysmahdollisuuksia ja jätetilastoja. Lampaisen työstä selviää, että erilliskerätty muovijäte kerätään pääosin jätelaissa määritellyn tuottajavastuujärjestelmän pohjalta. Tästä syystä erilliskerättävä muovijäte koostuu tällä hetkellä valtaosin muovipakkauksista. (Lampainen, 2022, s. 4) Heli Alenin tekemän insinööriyön tuloksista selviää, että muuta muovijätettä kuin pakkausmuovia on sekajätteen seassa keskimäärin 1,7 painoprosenttia (Alen, 2022, s. 34). Eskelisen ym. raportista vuodelta 2016 puolestaan selviää, että Euroopassa kierrätettiin vuonna 2012 6,6 miljoonaa tonnia muovijätettä, mistä 82 % oli pakkausmuovia (Eskelinen ym., 2016, s. 4). Tämä vahvistaa oletusta siitä, että valtaosa muovijätteestä on pakkausmuoveja, mutta myös muita muoveja on sekajätteen seassa ja niille tulisi tulevaisuudessa löytää kierrätysmenetelmiä.

ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikön tuotannon sivuvirtana syntyvän muovijätteen osuus oli noin 40 % sekajätteen määrästä, eli merkittävä osuus. Tämä määrä selvisi vertaamalla tehtaan tuotannon romutuskirjanpitoa jäteraporttiin. Syntyvä jäte ei ollut pakkausmuovia tai kalvomuovia, eikä se soveltunut yritysmuovin- tai kotitalouksien muovituotteiden keräykseen. (ABB Oy, henkilökohtainen tiedonanto n.d.) Tällä hetkellä jätehuoltoyrityksillä löytyy vastaanottopisteitä yritysmuoveille, kuluttajamuovipakkauksille, kalvomuoveille ja kotitalouksien muovituotteille. Yritykset voivat myös sopia alihankkijoiden kanssa muovijätteidensä mekaanisesta tai kemiallisesta kierrätyksestä, mikäli muovin kierrättäjä toteaa sen soveltuvan kierrätykseen. Kemiallista kierrätystä harjoittavan WasteWise Group Oy:n toimitusjohtaja Kaisa Suvilammen mukaan, ainoastaan 6 % valmistetusta muovista, globaalissa mittakaavasta tarkasteltuna, on tällä hetkellä valmistettu kierrätysmuovista. Tästäkin syystä muovinkierrätyskapasiteettia pitäisi lisätä ja kierrätysmenetelmiä kehittää. (henkilökohtainen tiedonanto, 22.10.2023) Seuraavissa luvuissa on avattu, mitä tarkoittaa mekaaninen ja kemiallinen kierrätys kun kyse on muovinkierrätyksestä.

### **3.4.1 Mekaaninen kierrätys**

Muovien mekaanisella kierrätyksellä tarkoitetaan kierrätystapaa, jossa muovi murskataan tai rouhitaan mekaanisin menetelmin. Murskauksen tai rouhimisen jälkeen, muovia voi käyttää uudestaan sellaisenaan tai granuloida. Jos muovi uudelleengranuloidaan, se sulatetaan, jolloin siihen voi lisätä lisäaineita ja sulatuksen jälkeen luodaan sille haluttu profiili ekstruusion avulla. Ekstruusio on työstömenetelmä, jossa kuuma muovi työnnetään muotoillun suulakkeen läpi. (Muoviteollisuus RY, n.d.–b) Mekaaninen kierrätys soveltuu hyvin tasalaatuisille ja sellaisille muovituotteille, jotka sisältävät ainoastaan yhtä muovilaatua ja mahdollisimman vähän lisäaineita tai esimerkiksi metalleja. Mekaaninen kierrätys on pääasiassa energiatehokkaampaa kuin kemiallinen kierrätys, mutta muovin ominaisuudet

toisaalta heikkenevät ja muuttuvat mekaanisessa kierrätysmenetelmässä. (Astikainen, 2012, s. 11) ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikössä mekaanista kierrätystä tehdään sekä tehtaalla, että ulkopuolisten yhteistyökumppaneiden toimesta. Kun mahdollisia yhteistyökumppaneita on tehtaan henkilökunnan toimesta kontaktoitu ja heille on lähetetty koe-eriä tehtaalla syntyvistä muovijätteen sivuvirroista, ovat mekaanista kierrätystä tekevät yritykset ilmoittaneet haasteellisiksi heille lähetettyjen koe-erien sisältämät metallit, lisäaineet (esimerkiksi palonestoaineet ja väriaineet) ja eri muovilaadut yhdessä tuotteessa.

Tämän opinnäytetyön kirjoittamishetkellä Asennustuotteet-yksikkö pystyy mekaanisesti kierrättämään ainoastaan pienen osuuden muovijätteestään ja isompien määrien kierrätys vaatisi paljon erilaisia keräysastioita, jotta muovijäte saataisiin lajiteltua tarpeeksi hyvin, siten että se vastaisi mekaanisten kierrättäjien laatuvaatimuksia. Tämä hidastaisi ja hankaloittaisi henkilökunnan työskentelyä merkittävästi. Tehtaalla tehdään kuitenkin sisäisesti jonkun verran mekaanista kierrätystä tiettyjen valmistusprosessien yhteydessä. Valmistuslinjoilla syntyy muovijätettä tai hukkaa, joka murskataan ruiskuvalukoneen yhteydessä sijaitsevassa myllyssä ja se pystytään näin ollen palauttamaan prosessiin.

### **3.4.2 Kemiallinen kierrätys**

Kemiallisella kierrätyksellä tarkoitetaan kierrätysmenetelmää, jossa hyödynnetään kemiallisia reaktioita hajottamaan jätteen kemiallista rakennetta. Kemiallista kierrätystä käytetään myös muiden materiaalien kierrätyksessä, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään muovien kemialliseen kierrätykseen. Kemiallisen kierrätyksen eri menetelmien avulla saadaan lopputuotteita pääosin nestemäisessä tai kaasumaisessa muodossa. Kemiallisen kierrätyksen menetelmiä ovat esimerkiksi kemolyysi, termolyysi ja krakkaus. (Lampainen, 2022, s. 11-18) Tässä opinnäytetyössä muovien kemialliseen kierrätykseen käytetään termistä krakkausta, eli pyrolyysiä ja se on menetelmä, jota seuraavaksi avataan tarkemmin.

Pyrolyysiprosessissa muoviraaka-aineen kemiallinen rakenne hajotetaan takaisin molekyyleiksi, hapettomissa olosuhteissa ja erittäin korkeassa lämpötilassa. WasteWise Group Oy:n Toimitusjohtajan Kaisa Suvilammen mukaan, muovien pyrolyysiprosessin lämpötila on tyypillisesti 300–700 astetta. ABB Oy Asennustuotteet-yksikön yhteistyökumppani ja pyrolyysiprosessin suorittaja on WasteWise Group Oy. He vastaanottavat Nokialla sijaitsevalle laitokselleen muovijätteen, murskaavat sen ja poistavat magneettien avulla metalliosat ja lisäävät sen jälkeen muovimurskeen pyrolyysireaktoriin. Pyrolyysireaktorissa muovipolymeerit pilkkoutuvat erittäin kuumissa, hapettomissa olosuhteissa lyhytketjuisiksi hiilivedyiksi. Yksinkertaistettuna se tarkoittaa sitä, että muovijäte

muuttuu pyrolyysireaktorissa kaasuksi. Pyrolyysiprosessin loppupäässä pyrolyysiöljy saadaan talteen lauhduttamalla kaasu nestemäiseen muotoon ja talteen otettu lopputuote, eli öljy, lähetetään lopuksi öljyjalostamolle. Öljyjalostamo jatkojalostaa sen lopputuotteeksi, eli raaka-aineeksi muoviteollisuudelle. Prosessin aikana syntyneet lauhtumattomat hiilivetykaasut hyödynnetään prosessin sisäisessä energiantuotannossa ja sivutuotteena syntynyt kiintoaines, eli pyrolyysihiili, hyödynnetään uudelleen raaka-aineena. (WasteWise Group Oy, n.d.)

### 3.4.3 Kemiallisen kierrätyksen hiilikädenjälki

Koska muovien kemiallinen kierrätys on Suomessa vielä alkutekijöissään, eikä näin ollen tutkimuksia aiheesta vielä juurikaan ole, valikoitui tähän opinnäytetyöhön Nesteen tekemä tutkimus kemiallisen kierrätyksen ympäristövaikutuksista muovien eri arvoketjuissa. Nesteen öljyjalostamo Porvoossa jalostaa kemiallisesti kierrätettyä öljytuotetta takaisin muoviteollisuuden käyttöön ja on tutkinut miten kemiallinen kierrätys vaikuttaa kasvihuonepäästöihin ja fossiilisten energiaraaka-aineiden ehtymiseen ja tarkastellut sitä vaihtoehtona jätemuovin polttamiselle ja neitseellisten fossiilisten raaka-aineiden käytölle muovituotannossa, sekä osana muovien kiertotaloutta. Tutkimusta ja sen tuloksia on arvioitu ulkopuolisen asiantuntijapaneelin toimesta. (Neste, 2022)

Kuvassa 7. on kaavan muodossa tulokset, kun tutkimuksessa on tarkasteltu muovien kemiallista kierrätystä ja jätemuovien polttoa, eli jätehuollon näkökulmasta. Tuloksista voi päätellä, että kemiallinen kierrätys vähentää kasvihuonepäästöjä lähitulevaisuudessa noin 50 % ja fossiilisten energiaraaka-aineiden ehtymiseen vähintään 75 %.

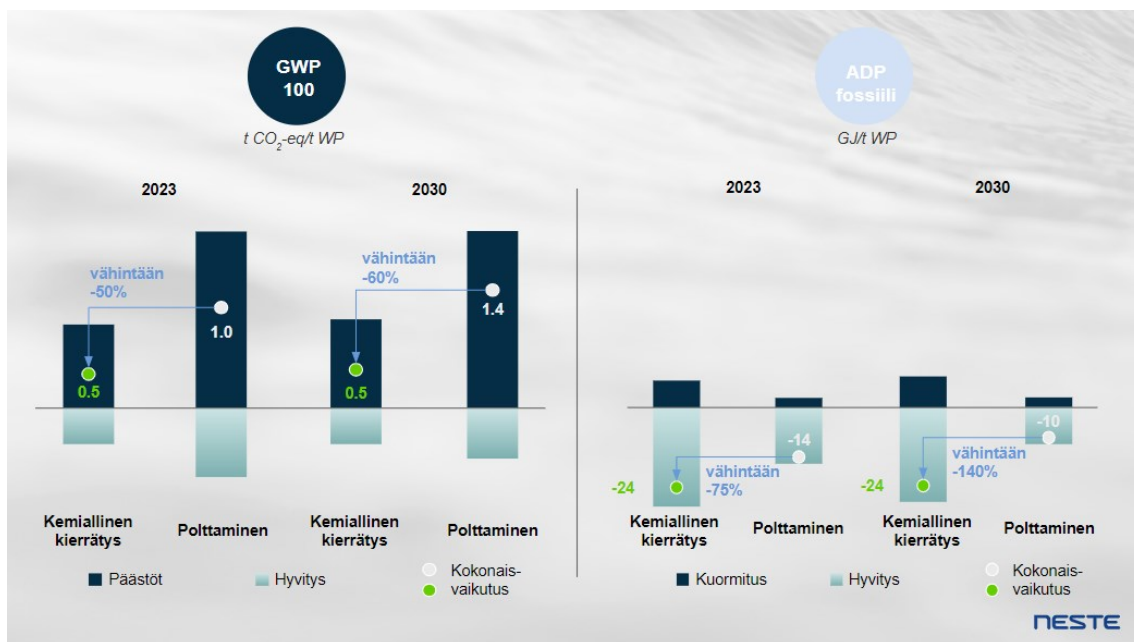
Kuvassa 8. on kaavan muodossa tulokset, kun tutkimuksessa on tarkasteltu muovien kemiallisen kierrätyksen ja neitseellisen polypropeenin valmistuksen vaikutusta kasvihuonepäästöihin ja fossiilisten energiaraaka-aineiden ehtymiseen, eli muovien tuotannon näkökulmasta. Tuloksista voi päätellä, että kemiallinen kierrätys vähentää kasvihuonepäästöjä lähitulevaisuudessa vähintään 60 % ja fossiilisten energiaraaka-aineiden ehtymistä vähintään 30 %.

Kuvassa 9. on kaavan muodossa tulokset, kun tutkimuksessa on tarkasteltu kemiallista kierrätystä kiertotalouteen perustuvassa arvoketjussa ja verrattu sitä nykyiseen lineaariseen arvoketjuun, eli kiertotalouden näkökulmasta. Tuloksista voidaan päätellä, että vuonna 2030 kemiallinen kierrätys vähentäisi kasvihuonepäästöjä vähintään 35 % ja fossiilisten energiaraaka-aineiden ehtymistä vähintään 35 %. Mikäli polymeerien tuotannossa

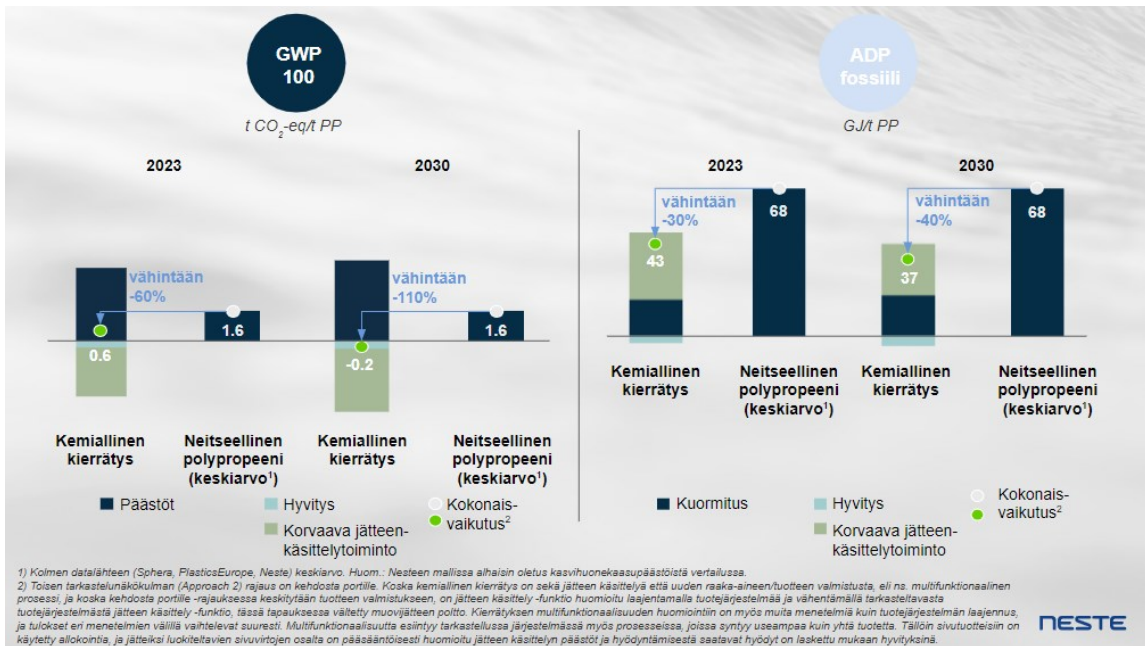
käytettäisiin uusiutuvia raaka-aineita, kasvihuonepäästöt vähenisivät vähintään 60 % ja fossiilisten energia-raaka-aineiden ehtyminen vähintään 80 %.

Nesteen tutkimusta ei tässä opinnäytetyössä analysoida tämän tarkemmin. Voidaan kuitenkin todeta, että tästä ulkopuolisen asiantuntijapaneelin tarkistamasta tutkimuksesta voidaan vetää johtopäätös, että kemiallinen kierrätys on sekä ilmaston lämpenemisen, että fossiilisten luonnonvarojen ehtymisen kannalta parempi vaihtoehto sekä jätehuollon, muovin tuotannon, että kiertotalouden näkökulmasta tarkasteltuna. Tutkimuksessa ei verrata kemiallista kierrätystä mekaaniseen kierrätykseen. Vertaaminen ei toisaalta välttämättä ole tarpeen, sillä molempia kierrätysmenetelmiä tarvitaan täydentämään toisiaan. Mekaaniseen kierrätykseen soveltumaton muovijäte voidaan tietyissä tapauksissa kierrättää kemiallisen kierrätyksen avulla.

Kuva 7. Muovien kemiallinen kierrätys ja jätemuovien energianpolton vaikutus kasvihuonepäästöihin ja fossiilisten energiaraaka-aineiden ehtymiseen (Neste, 2022).



Kuva 8. Muovien kemiallinen kierrätyksen ja neitseellisen polypropeenin valmistuksen vaikutus kasvihuonepäästöihin ja fossiilisten energiaraaka-aineiden ehtymiseen (Neste, 2022).



Kuva 9. Lineaarisen ja kiertotalouteen perustuvan muovien arvoketjun vaikutukset kasvihuonepäästöihin ja fossiilisten energiaraaka-aineiden ehtymiseen (Neste, 2022).



## 4 Kehittämistyön tarkoitus ja tavoite

ABB Oy: n Asennustuotteet-yksikkö on pyrkinyt aktiivisesti vähentämään syntyvän sekajätteen määrää ja nostamaan kierrätysastettaan. Yksikön omasta romutusseurannasta selviää, että muovijätettä syntyy useita tonneja vuositasolla ja se on merkittävä osuus sekajätteen määrästä. Noin 40 % yksikön sekajätteestä oli tuotannon sivuvirroista syntyvää muovijätettä. (ABB Oy, henkilökohtainen tiedonanto n.d.) Jätehuolto-yhtiö Verdis Oy:n (ent. Urbaser Oy) tukemana, pyrittiin ensin tämän opinnäytetyön tekijän johdolla selvittämään voisiko muovijätettä kierrättää mekaanisesti. Tätä selvitystyötä tehtiin arviolta kaksi vuotta. Sekä jätehuolto-yhtiö, että yksikön oma henkilöstö kontaktoi muovin mekaanisia kierrättäjiä Suomessa ja myös yhtä mekaanista kierrättäjää Ruotsissa. Samat haasteet toistuivat jokaisen mekaanisen kierrättäjän kohdalla; tuotteet sisältävät metalliosia ja lisäaineita, jotka aiheuttavat haasteita mekaanisessa kierrätyksessä. Mekaaniset kierrättäjät voisivat vastaanottaa vain pientä osaa Asennustuotteet-yksikön muovijätteestä, ja yksikön tavoite oli kierrättää valtaosa. Koska mekaanisesta kierrätyksestä ei löytynyt ratkaisua, aloitti yksikkö vuoden 2022 kesällä kehitystyön kemiallisen kierrättäjän WasteWise Group Oy:n kanssa, joka pyrolyysitekniikan avulla pystyi käsittelemään muovijätettä, joka ei mekaaniseen kierrätykseen soveltunut. Vastaavaa prosessia ei oltu toteutettu muussa ABB:n yksikössä, eikä tiedossa ollut, että vastaavaa prosessia olisi toteutettu samantyyppisissä sähköasennustarvikkeita valmistavissa tehtaissa ylipäänsä. Prosessiin toteutuksen tueksi ei siis ollut prosessikaaviota ja tämän opinnäytetyön myötä, sellainen haluttiin luoda. Sen myötä haluttiin helpottaa sekä ABB:n muiden yksiköiden, että muiden yritysten siirtymistä muovin kemialliseen kierrätykseen. Työn tuloksia hyödyntää toivottavasti mahdollisimman moni yritys, sekä Suomessa, että globaalisti. Prosessikaavio antaa vastauksen opinnäytetyön tutkimuskysymykseen ” Miten implementoida tuotannon sivuvirtojen muovijätteen kemiallinen kierrätys yrityksen toimintaan?”.

Moni Asennustuotteet-yksikön asiakkaiden kestävä kehityksen strategiat vaikuttavat epäsuorasti yksikön toimintaan. Asiakkaat haluavat vastuullisia toimittajia ja vaativat esimerkiksi hiilipäästöjen vähentämistä myös toimittajiltaan. Asiakastarvetta vahvempi ajuri on kuitenkin yksikön oma tavoite saada omille tuotteilleen toimiva kiertotalousmalli. Koska muovien kierrättäminen on Suomessa, muiden kuin pakkausten osalta, vielä alkutekijöissä, vaaditaan yrityksiltä rohkeutta kokeilla uusia toimintatapoja. (ABB Oy, henkilökohtainen tiedonanto n.d.)



## 4.1 ABB:n Kestävän kehityksen strategia

ABB:llä on globaali kestävä kehityksen strategia, jonka pää tavoitteiksi on määritelty yhteiskunnallisen kehityksen edistäminen, luonnonvarojen varjeleminen ja vähähiilisen yhteiskunnan edistäminen (ABB, n.d.–c). Muovin kierrätys linkittyy sekä luonnonvarojen varjelemiseen, että vähähiilisen yhteiskunnan edistämiseen. Kuvassa 10. on ABB:n kestävä kehityksen strategian tavoitteet visualisoitu ja luotu loputtomuutta kuvastava kahdeksikko, johon on kirjattu tavoitteet. Nämä samat tavoitteet on tuotu myös ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikön omaan strategiaan, eli globaalia strategiaa toteutetaan paikallisesti ja se ohjaa vahvasti tekemistä käytännön tasolla. Kuvassa 11. on Asennustuotteet-yksikön strategiakuva, joka löytyy heidän sisäisestä kuvapankistaan, eikä ole vielä missään julkisesti jaettu. ABB:n kestävä kehityksen strategiasta löytyy myös tavoite siitä, että 80 % yrityksen tuotteista ja ratkaisuista, olisi kiertotalouden piirissä vuoteen 2030 mennessä.

Kuva 10. ABB:n globaalin Sustainability Strategy 2030 tavoitteet (ABB, n.d.–c).



Kuva 11. ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikön strategiakuva (Julkaisematon lähde).



Asennustuotteet-yksikössä on tehty useampia toimenpiteitä vuosien mittaan luonnonvarojen varjelemiseksi ja vähähiilisen yhteiskunnan edistämiseksi. Tehtaalla tehtiin edistysellinen energiaremontti vuonna 2021, jonka ansiosta kokonaisenergiatehokkuus parani noin kolmellakymmenellä prosentilla ja tehdas saavutti hiilineutraalisuuden. Kuluttajamuovista tehtyä kierrätysraaka-ainetta on käytetty vuodesta 2020 ja vuonna 2024 kierrätysraaka-aineen kulutuksen arvioidaan olevan jo 75 tonnia. Vuoden 2023 lokakuussa yksikkö lanseerasi uuden kalustesarjan, SAGA™ jonka raaka-aineena on käytetty noin 70 % biopohjaista muovia. Tuotteita on siis suunniteltu luonnonvarojen varjelemista ajatellen ja valmistetaan hiilineutraalissa tehtaassa. (ABB, n.d.–d) Kiertotalousmallin puuttuva palanen on kuitenkin ollut tuotannon sivuvirtojen muovijätteen kierrätys ja myös valmistettujen tuotteiden kierrätys niiden elinkaaren lopussa. Löytämällä muoveille kierrätysratkaisuja yritys saa tuotteilleen niin sanotusti suljetun kierron. Asennustuotteet-yksikkö on lisäksi halunnut toimia inspiroivana edelläkävijänä ja pyrkinyt omalla esimerkillään ja toimilla vaikuttamaan positiivisesti omiin yhteistyökumppaneihinsa ja sidosryhmiinsä.

Kaikki edellä mainitut ratkaisut ovat toki myös olleet taloudellisesti kannattavia ja tehty yhtä paljon kannattavuus- kuin ympäristönäkökulmasta. Luonnonvaroja säästävät ja kasvihuonepäästöjä vähentävät ratkaisut ja tuotteet ovatkin monesti yritykselle myös taloudellisesti kannattavia. World Economic Forumin mukaan kiertotalousmarkkinoiden kasvupotentiaali globaalissa mittakaavassa, on jopa 4,5 biljoonaa dollaria (World Economic Forum, 2019) ja Sitran selvityksen mukaan resurssien kierron tehostaminen tarjoaa

Suomelle 1,5–2,5 miljardin euron vuotuisen kasvupotentiaalin vuoteen 2030 mennessä (Sitra, 2014).

## 4.2 Jätelaki ja Muovitikartta 2.0

Jätelain tarkoituksena on edistää kiertotaloutta ja luonnonvarojen käytön kestävyyttä, vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle, varmistaa toimiva jätehuolto sekä ehkäistä roskaantumista (Jätelaki 646/2011).

Suomen ensimmäinen Muovitikartta valmistui vuonna 2018 ja on muovin kiertotalouden toimenpideohjelma. Suomen Muovitikartan laati ympäristöministeriön työryhmä.

Loppuvuodesta 2021 ympäristöministeriö käynnisti Muovitikartan päivityksen ja tämän opinnäytetyön laatimishetkellä uusien toimenpideohjelma on nimeltään Suomen muovitikartta 2.0. Muovitikartan tarkoitus on vähentää muovista aiheutuvaa roskaantumista ja muita ympäristöhaittoja, tehostaa muovin kierrätystä, välttää muovin turhaa kulutusta, sekä korvata perinteistä fossiilista muovia muilla materiaaleilla ja ratkaisulla. (Ympäristöministeriö, 2022)

Sekä jätelaki, että Muovitikartta 2.0 ohjaavat yrityksiä parantamaan muovinkierrätystään ja edistämään kiertotaloutta. Muovien kemiallinen kierrätys linkittyvät vahvasti näihin tavoitteisiin, sillä pyrolyysiprosessin avulla muovijäte saadaan palautettua öljytuotteeksi ja takaisin muoviteollisuuden käyttöön.

## 4.3 Jätehierarkia

Jätehierarkia, eli jätteiden etusijajärjestys on määritelty EU:n jätedirektiivissä ja on yleensä esitetty käänteisenä pyramidina, jossa ylimpänä ja isoimpana osana on jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen, seuraavina tasoina on uudelleenkäyttö, kierrätys ja hyödyntäminen energiana, tässä tärkeysjärjestyksessä. Alimpana, eli pyramidin kärjessä pienin osa on loppusijoitus. Jätehierarkia on esitetty kuvassa 12. Jätehuoltodirektiivin ja jätehierarkian avulla Euroopan unionille luodaan oikeudellinen kehys, jonka tarkoitus on muun muassa korostaa jätteiden hyödyntämisen tärkeyttä luonnonvaroihin kohdistuvien paineiden vähentämiseksi ja suojella ympäristöä ja ihmisten terveyttä. (Direktiivi 2008/98/EY jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta)

Kuva 12. Jätehierarkia (Lakeuden etappi, n.d.).



ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikössä jätehierarkiaa on pyritty toteuttamaan esimerkiksi optimoimalla eri väristen tuotteiden valmistamista siten, että muottiin ruiskutettavan muovimassan värinvaihto tehdään mahdollisuuksien mukaan aina vaaleammasta väristä tummempaan. Tämä vähentää värinvaihdossa syntyvän muovijätteen määrää. Tuotteiden valmistuksen yhteydessä syntyy muovijätettä, kun ruiskuvalukoneiden kylmäkanavissa muovi jähmettyy kanaviin. Tämä muovi palautetaan joissakin valmistuslinjoilla prosessiin murskaamalla ja murskattu muovi hyödynnetään, lisäämällä sitä tiettyinä prosenttiosuuksina neutraalin raaka-aineen sekaan. Tällä tavalla muovi uudelleenkäytetään jo tehtaalla ja jätehierarkiassa tärkeimpänä mainittu jätteen määrän vähentäminen toteutuu. Jätteitä ja materiaaleja lajitellaan ja kierrätetään yksikössä tehokkaasti ja tehtaalla löytyy kierrätysastioita viidelletoista eri materiaalille. Esimerkiksi yritysmuovit, kalvomuovit, metallit ja SER-jäte ovat jakeita, joita tehtaalla kierrätetään. Kemialliseen kierrätykseen ei toimiteta muoveja, joita voi kierrättää esimerkiksi kalvo- tai yritysmuoveina. (ABB oy, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

## **5 Prosessin implementoinnin ja prosessikaavion suunnittelu ja toteutus**

Selvitystyötä muovin mekaanisen kierrätyksen mahdollisuuksista oli Asennustuotteet-yksikön ja tämän opinnäytetyön kirjoittajan toimesta tehty jo useamman vuoden, ennen kuin suunnittelu ja toimenpiteet muovin kemiallisen kierrätyksen aloituksesta käynnistettiin. Suunnitteluvaiheessa käytiin pääasiassa keskustelua kemiallisen kierrättäjän, eli WasteWise Group Oy:n edustajien ja Asennustuotteet-yksikön välillä ja toteutusvaiheessa tehtiin käytännön toimenpiteitä prosessin implementoimiseksi yksikön toimintaan, yhteistyössä jätehuoltoyhtiön Verdis Oy:n ja WasteWise Group Oy:n kanssa. Näistä yhteistyökumppaneista on kerrottu lisää luvussa 5.2.

### **5.1 Alkuperäinen tavoite**

Kemialliseen kierrätykseen oli alun perin tarkoitus saada tuotannon sivuvirroista syntyvä polykarbonaatti ja polypropeeni muovijäte. Tällöin yksikön sekajätteen määrä olisi vähentynyt noin 40 prosenttia ja hyötykäyttö energiana prosenttiosuus laskenut 40 prosenttiin ja hyötykäyttö materiaalina prosenttiosuus noussut noin 60 prosenttiin.

WasteWise Group Oy:n toiveesta prosessi aloitettiin ainoastaan polypropeenilla, joka oli heille tuttu muovilaatu ja olivat siksi melko varmoja siitä, että kemiallinen kierrätys onnistuisi. Asennustuotteet-yksikön polykarbonaatti muovijätteen soveltuvuus kemialliseen kierrätykseen testattiin myöhemmässä vaiheessa ja todettiin, että se ei siihen sovellu. Polykarbonaatin kierrätyshaasteet on avattu tarkemmin luvussa 5.4.3. ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikön tavoite oli tehdä lajittelusta mahdollisimman helppoa ja selkeää henkilökunnalle, jotta henkilökunnan työmäärä ei merkittävästi lisääntyisi tai työnteko hankaloituisi. Lajittelun helppous ja selkeys myös vähentää virheitä lajittelussa.

### **5.2 Yhteistyökumppanit**

ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikön yhteistyökumppaneina implementoidessa kemiallista kierrätystä yrityksen toimintaan toimi jätehuoltoyhtiö Verdis Oy (ent. Urbaser Oy) ja kemiallisen kierrätysprosessin suorittaja WasteWise Group Oy.

Verdis Oy on toiminut Asennustuotteet-yksikön jätehuoltoyhtiönä monia vuosia ja prosessia implementoidessa yhteyshenkilönä ja asiantuntijana toimi Verdis Oy:n suurasiakaspäällikkö

Tero Tykkyläinen. Tykkyläinen tuki yksikköä selvittämällä mitä yrityksiä Suomesta löytyy, jotka voisivat mekaanisesti kierrättää muovijätettä ja kontaktoi heitä. Jätehuolto-yhtiö oli myös tärkeässä roolissa saada erilliskerätyt muovijätteet lisättyä Asennustuotteet-yksikön jäteraportille ja sopia laskutusasiat WasteWise Group Oy:n kanssa. Näin yksikkö sai kemiallisen kierrätyksen implementoitua samalla tavalla sekä jäteraporttiin, että jätelaskutukseen, kun muutkin jätejakeet. Tämä oli tärkeää, jotta yksikön kokonaiskuva pysyi selkeänä.

WasteWise Group Oy oli Asennustuotteet-yksikölle uusi yhteistyökumppani. Tämän opinnäytetyön kirjoittaja näki sattumalta heidän tarinansa kiertotalouden erikoislehden, eli Uusiouutisten uutiskirjeessä ja otti heihin yhteyttä. Asennustuotteet-yksikön tehtaanjohtajan hyväksytyä mahdollisen yhteistyön aloittamisen, alkoi pohdinta yhteistyön kehittämisestä. WasteWise Group Oy:n laitos sijaitsee Nokialla ja liiketoiminta perustuu muovituotteiden ja autonrenkaiden kemialliseen kierrätykseen pyrolyysitekniikan avulla. He ovat aloittaneet liiketoimintansa kierrättämällä renkaita, mutta ovat viime vuosina panostaneet vahvasti muovijätteen kemialliseen kierrättämiseen. WasteWise Group Oy:n toimitusjohtajan Kaisa Suvilammen mukaan vastaavaa prosessia ei Suomesta, eikä edes maailmalta löytynyt, joten he ovat itse räätälöineet pyrolyysiprosessinsa soveltumaan muovien kemialliseen kierrätykseen. Suvilammen mukaan, noin 80 % heille toimitetusta muovijätteestä saadaan pyrolyysiprosessissa muunnettua öljytuotteeksi. WasteWise Group Oy on ISCC Plus -sertifioitu toimija. ISCC Plus on kansainvälinen kestävän kehityksen sertifikaatti, joka edellyttää koko arvoketjun sitoutumista jäljitettävyyteen ja kasvihuonepäästöjen vähentämiseen (ISCC, n.d.).

### 5.3 Toteutus

Seuraavissa alaluvuissa on avattu tarkemmin sekä liitteessä 1, että kuvissa 13–15. löytyvän prosessikaavion vaiheita ja sen myötä selvennetty, miten muovin kemiallinen kierrätys implementoitiin onnistuneesti ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikön toimintaan. Kaiken kaikkiaan prosessikartan mukaiseen toteutukseen kului aikaa noin kaksi ja puoli vuotta, mutta kaksi ensimmäistä vuotta kului muovin mekaanisen kierrätysmahdollisuuksien selvittämiseen. Kemiallisen kierrättäjän kontaktoimisesta valmiiseen kierrätystoimintaan kului aikaa noin puoli vuotta. Alaluvun 5.3.1 kaikki tieto on prosessin implementoinnin edetessä saatua, julkaisemattomista lähteistä peräisin olevaa tietoa ja henkilökohtaisia tiedonantaja tilaajan, kemiallisen kierrättäjän tai jätehuolto-yhtiön asiantuntijoilta.

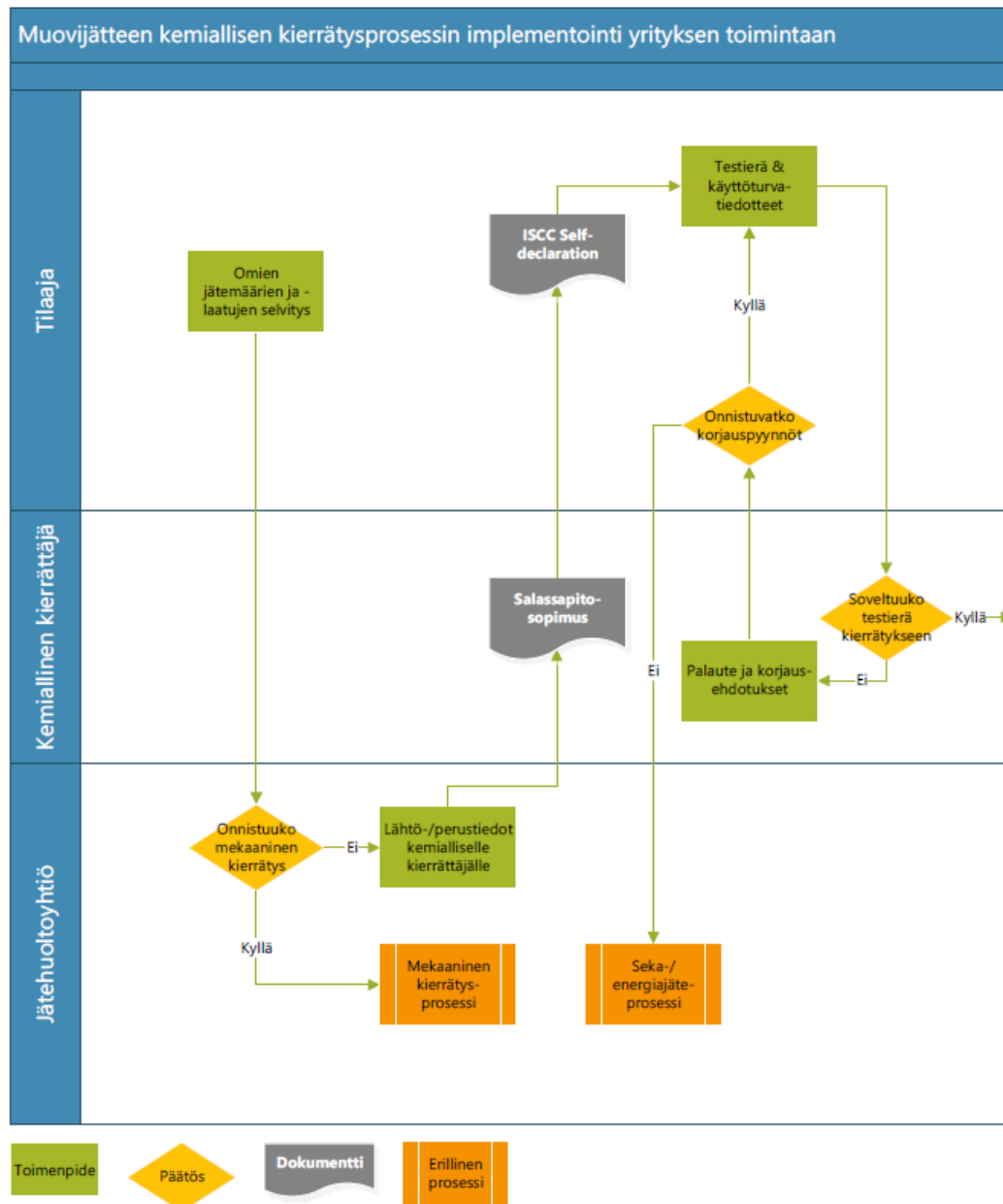
Prosessikaavio alkaa omien jätemäärien ja laatujen selvityksestä ja päättyy prosessin seurantaan ja jatkuvaan parantamiseen. Sen vaiheet on merkitty eri värein ja muodoin selkeyttämään prosessia visuaalisesti ja kaikkien värien ja muotojen merkitykset löytyvät prosessikaavion vasemmasta alakulmasta. Vihreä suorakulmio tarkoittaa toimenpidettä, keltainen vinoneliö päätöstä, harmaa dokumenttia ja oranssit suorakulmiot erillistä prosessia.

### **5.3.1 Prosessikaavio ja sen vaiheet**

Prosessikaavion vaiheet löytyvät kuvista 13–15, sekä liitteestä 1. Prosessikaaviossa on pyritty esittämään jokainen vaihe, joiden avulla päästiin haluttuun lopputulokseen, eli miten muovijätteen kemiallinen kierrätys implementointiin yrityksen toimintaan. Tässä luvussa avataan tarkemmin, mitä prosessikaavion vaiheet pitävät sisällään.

Implementointiprosessin vaiheita kuvatessa on ABB Oy:n Asennustuotteet-yksiköstä käytetty nimitystä tilaaja, WasteWise Group Oy:stä kemiallinen kierrättäjä ja Verdis Oy:stä nimitystä jätehuolto-yhtiö. Tämä opinnäytetyön kirjoittaja oli mukana prosessin jokaisessa vaiheessa ja huolehti siitä, että prosessi eteni vaihe vaiheelta ja kommunikoi, viesti ja pyysi lausuntoja kaikkien osapuolten asiantuntijoilta.

Kuva 13. Prosessikaavion ensimmäiset vaiheet.



**Omien jättemäärien ja -laatu- selvitys:** Kaikki lähtee tilaajan muovijättemäärien ja -laatu- selvityksestä. Asennustuotteet-yksikössä selvitettiin, paljonko muovia on sekajätteen seassa tarkastelemalla romutustaulukoita. Yksikössä pidetään kirjaa siitä, paljonko raaka-aineesta päätyy valmiiseen tuotteeseen ja paljonko syntyy niin sanottua hukkaa. Näistä romutustaulukoista saatiin tieto, paljonko ja millaista muovia romutetaan. Tuotannon sivuvirtana muodostuva jätemuovi on pyritty hyödyntämään ja uudelleenkäyttämään mahdollisuuksien mukaan omissa sisäisissä valmistusprosesseissa, mutta se mitä ei pystytty hyödyntämään lajiteltiin sekajätteeseen, ennen tämän prosessin implementointia. Muita vaihtoehtoja muovijätteen kierrättämiselle ei aiemmin ollut. Ensimmäisessä vaiheessa tilaajan kannattaa myös selvittää millaisesta muovijätteestä on kyse, dokumentoimalla ja



valokuvaamalla se. Esimerkiksi pistorasian kierrättäminen saattaa poiketa merkittävästi kilon painavan sulan muovimassan kierrättämisestä.

**Onnistuuko mekaaninen kierrätys:** Kemialliseen kierrätykseen pyritään ensi sijassa toimittamaan muovijätettä, jota ei voi mekaanisesti kierrättää. Siitä syystä on tärkeää selvittää mahdollisimman kattavasti muovin mekaanista kierrätystä tekevät toimijat ja selvittää onko heidän mahdollista vastaanottaa yrityksen jätemuovi. Paras yleiskuva muovin mekaanisista kierrättäjistä on mitä todennäköisimmin jätehuoltoyhtiöllä. Tässä vaiheessa tehdään päätös, siirrytäänkö mekaaniseen kierrätysprosessiin, vai ei. Mikäli päädytään siihen, että muovijäte voidaan mekaanisesti kierrättää, jatketaan mekaanisen kierrätysprosessin implementointia, eikä kemiallista kierrätysprosessia jatketa tämän pidemmälle. Mekaanisen kierrätyksen implementointi voidaan suorittaa melko samalla kaavalla, kun tässä opinnäytetyössä prosessikaaviossa on esitetty kemiallisen kierrätysprosessin implementointi. Mikäli päätös on se, että muovijätettä ei voida mekaanisesti kierrättää, jatketaan kemiallisen kierrätysprosessin implementointiprosessia.

**Lähtö-/perustiedot kemialliselle kierrättäjälle:** Kun muovin mekaaninen kierrättäminen on poissuljettu vaihtoehto, ottaa jätehuoltoyhtiö yhteyttä kemialliseen kierrättäjään ja ilmoittavat lähtö-/perustiedot, eli millaista ja kuinka paljon muovijätettä olisi tarve kierrättää. Tässä vaiheessa saattaa olla hyödyllistä lähettää mahdolliselle yhteistyökumppanille muovijätteestä otettu kuva. Monesti kuva selkeyttää enemmän kuin pitkä selostus.

**Salassapitosopimus:** Tiedonvaihtoa varten on kemialliselle kierrättäjälle syytä toimittaa salassapitosopimus allekirjoitettavaksi. Jätehuoltoyhtiön ei tämän prosessin implementoinnin takia tarvinnut allekirjoittaa erillistä salassapitosopimusta, sillä tilaaja ja jätehuoltoyhtiö olivat tehneet yhteistyötä jo vuosia ja salassapitosopimus oli olemassa.

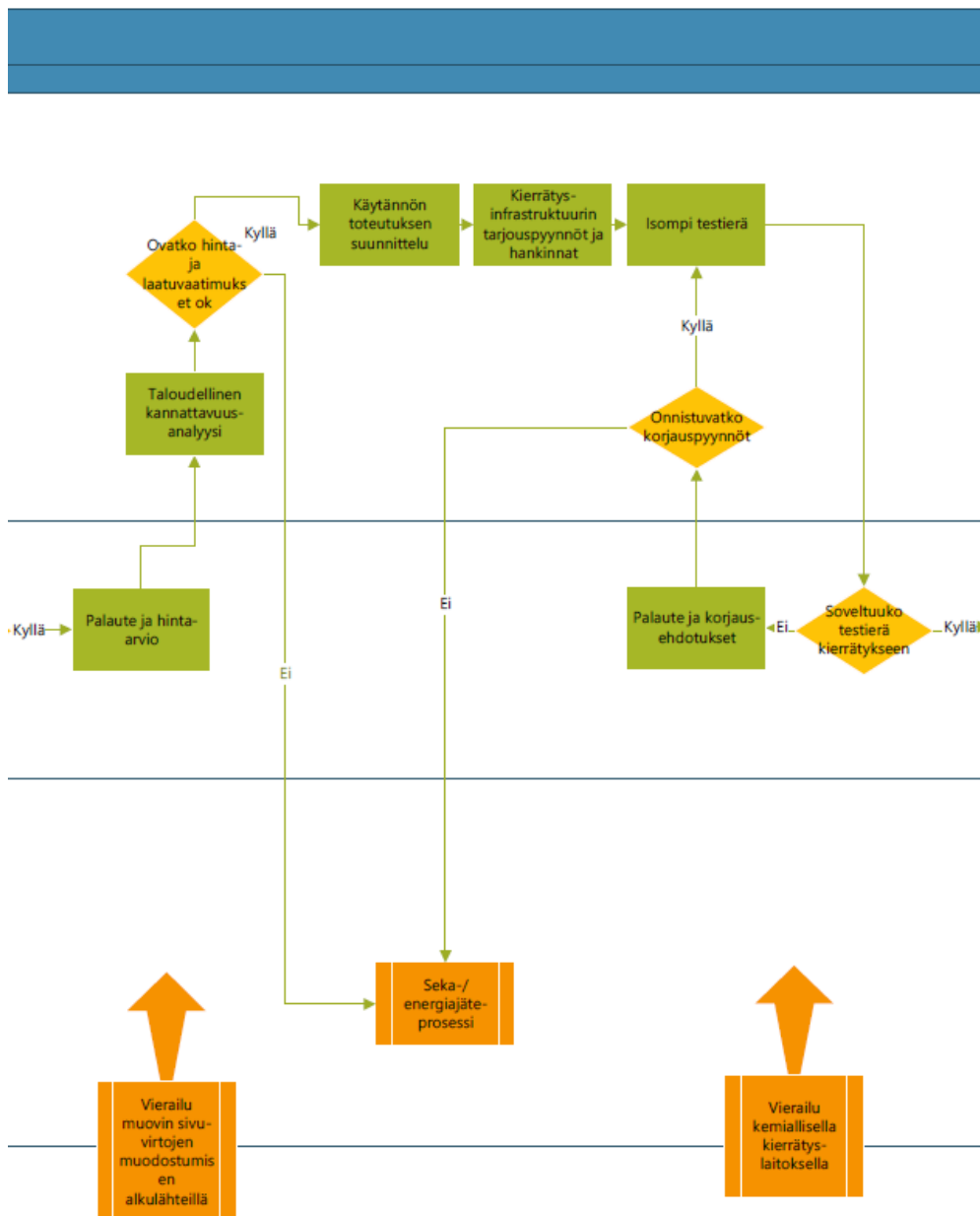
**ISCC Self declaration:** WasteWise Group Oy on ISCC sertifioitu toimija ja tästä syystä heidän on varmistuttava siitä, että yhteistyökumppanit täyttävät sertifikaatin vaatimukset. Siitä syystä, tilaaja täyttää ISCC Self declaration -lomakkeen ja palauttaa sen täytettynä ja allekirjoitettuna kemialliselle kierrättäjälle.

**Testierä ja käyttöturvatiedotteet:** Seuraavaksi kerätään pieni testierä, joka lähetetään kemialliselle kierrättäjälle. Sen olisi syytä olla sisällöltään mahdollisimman samanlainen, kun mitä jatkossa on tarkoitus erilliskerätä, ainoastaan pienemmässä mittakaavassa. Testierän sisältö on tärkeä dokumentoida mieluiten sekä kuvaamalla, että kirjaamalla tuotteet ja materiaalit, jotta tiedetään millaista muovijätettä kemialliselle kierrättäjälle on lähetetty.

Testierän lisäksi toimitetaan sen sisältämien muoviraaka-aineiden käyttöturvatiedotteet kemialliselle kierrättäjälle analysoitavaksi.

**Soveltuuko testierä kierrätykseen:** Kemiallinen kierrättäjä päättää, soveltuuko muovijäte, ensimmäisen testierän ja käyttöturvatiedotteiden perusteella, kemialliseen kierrätysprosessiin. Jos päätös on kyllä, voidaan siirtyä prosessin seuraavaan vaiheeseen ja jos päätös on ei, kerrotaan palaute ja korjausehdotukset tilaajalle, joka näiden perusteella kerää uuden testierän. Mikäli todetaan, että korjausehdotukset eivät onnistu, tai kaikista tehdyistä korjaustoimenpiteistä huolimatta muovijäte ei sovellu kemialliseen kierrätykseen, on palattava muovijätteen lajitteluun seka-/energiajätteeksi.

Kuva 14. Prosessikaavion keskivaiheet.



**Palaute ja hinta-arvio:** Kemialliselta kierrättäjältä olisi tärkeää saada palautetta heti ensimmäisestä testierästä ja varsinkin heille esiin tulleista haasteista, jotta tilaaja osaa tehdä prosessiin ja lajitteluun tarvittavat toimenpiteet. Kemialliselta kierrättäjältä on myös saatava hinta-arvio siitä, paljonko muovijätteen käsittely pyrolyysiprosessissa tulee maksamaan, jotta tilaaja pystyy tekemään taloudellisen kannattavuusanalyysin.

**Taloudellinen kannattavuusanalyysi:** Kun tilaaja saa alustavan hinta-arvion muovin kemialliselle kierrättämiselle, tehdään taloudellinen kannattavuusanalyysi, missä analysoidaan, onko prosessi taloudellisesti kannattava. Jos prosessi ei ole kannattava, tarkastellaan, löytyykö implementoinnille muita perusteita, esimerkiksi strategisista tavoitteista. Lisäksi analyysissä kannattaa huomioida tuoko se tilaajalle mahdollisesti muita etuja, kuten imagollista hyötyä tai liiketoiminnan jatkuvuuteen, kuten tarvittavien raaka-aineiden riittävyyteen tulevaisuudessa.

**Ovatko hinta ja laatuvaatimukset ok:** Taloudellisen kannattavuusanalyysin ja laatuvaatimusten perehtymisen jälkeen tilaaja päättää jatketaanko prosessia seuraavaan vaiheeseen. Jos vastaus on ei, päättyy prosessi tähän ja tilaaja palaa lajittelemaan muovijätteen seka- tai energiajätteeseen. Jos vastaus on kyllä, siirrytään käytännön toteutuksen suunnitteluun.

**Käytännön toteutuksen suunnittelu:** Tässä vaiheessa alkaa valmistelut isomman testierän keruuta varten ja viimeistään nyt on tilaajan tärkeää aloittaa keskustelu oman henkilökunnan kanssa. Keskustelu käydään heidän kanssaan, ketkä lajittelua tulevat tekemään. Paras tieto ja ymmärrys löytyy heiltä, ketkä omassa työarjessaan muovina lajittelevat ja romuttavat. Avoin viestintä ja keskustelu mahdollisimman aikaisessa vaiheessa myös vähentää henkilökunnan huolta ja minimoi epäselvyydet prosessin implementoinnissa.

**Kierrätysinfrastruktuurin tarjouspyynnöt ja hankinnat:** Kierrätysinfrastruktuurin tarjouspyynnöt ja hankinnat voi hoitaa myös jätehuolto-yhtiö, mutta tässä prosessissa sen hoiti tilaaja. Koska muovijättemäärät ovat isoja ja tiedossa on, että kuljetuskustannukset ovat isoin kuluerä, on syytä saada mahdollisimman paljon muovijätettä toimitettua kemialliselle kierrättäjälle yhdellä kuljetuskerralla. Tästä syystä tilaaja päätyi jätipuristimeen, johon sisällä olevat keräysastiat tyhjenetään. Puristintoimittajalta tai -toimittajilta pyydetään tarjoukset, sekä toimitusajankohta puristimelle. Kun tiedetään, millainen puristin on tulossa, pyydetään kuljetustarjoukset. Tämän voi hoitaa joko jätehuolto-yhtiö, kemiallinen kierrättäjä tai jätteen tuottaja. Tässä tapauksessa kuljetustarjouksia pyysi jätehuolto-yhtiö sekä kemiallinen kierrättäjä. Kuljetusyhtiö haluaa tietää mitä pitää kuljettaa, mistä ja minne.

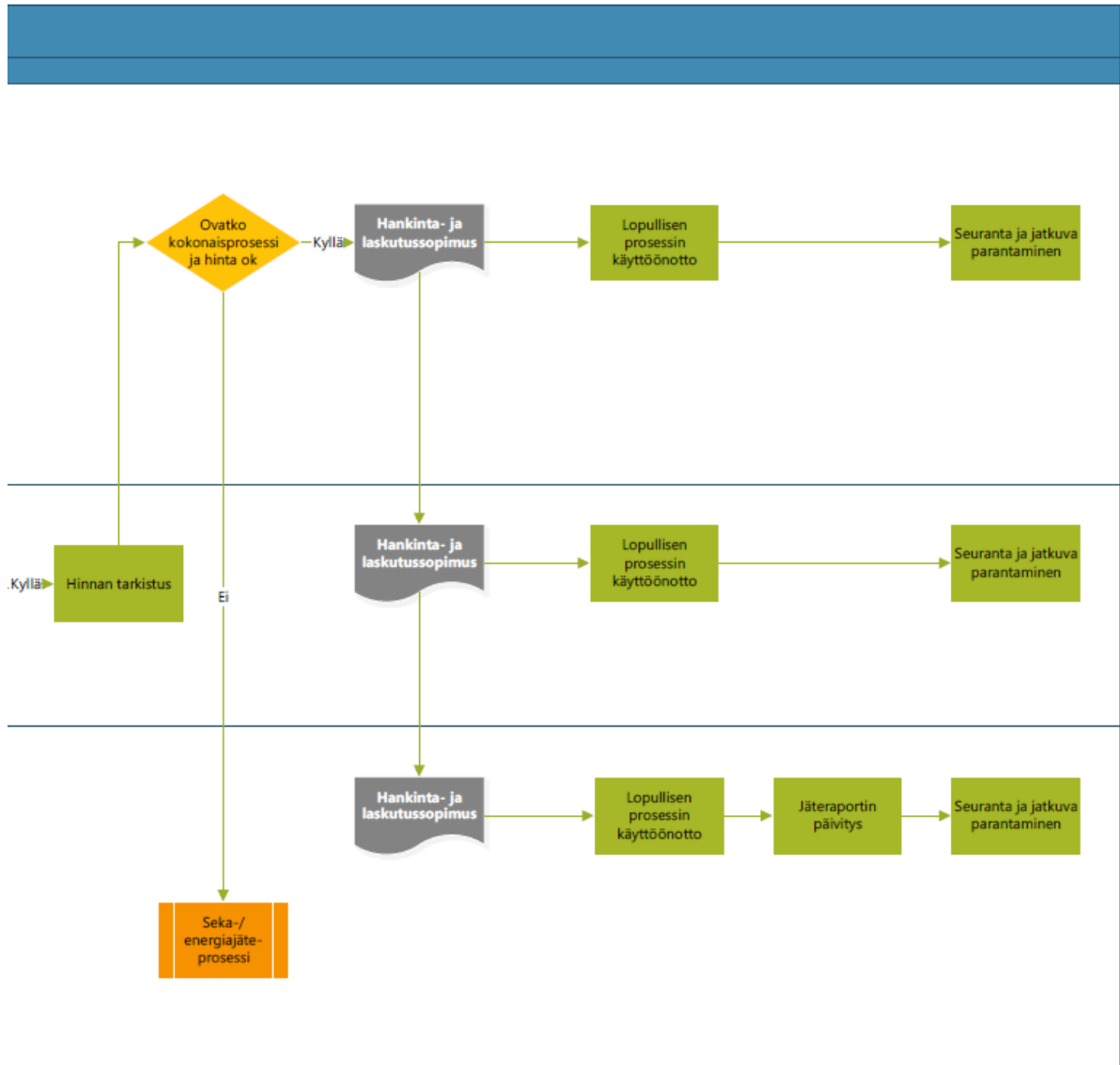
Kun puristintoimittaja ja kuljetusyrittäjä on valittu, keskustelut on käyty ja käytännön asiat sovittu henkilökunnan kanssa, tilataan vielä tarvittava määrä keräysastioita. Astioiden on oltava tarkoituksenmukaisia, eli tarpeeksi isoja, jotta henkilökunta saa helposti romutetun muovin kipattua astiaan, mutta ei liian isoja, jotta ne eivät vie tarpeettomasti lattiatilaa. Niiden on myös sovellettava tilattuun puristimeen tyhjennettäväksi. Tärkeää on myös, että astian väri on selkeästi eri värinen, kun esimerkiksi sekajätteen tai kalvomuovin keräysastia. Muovin kemialliseen kierrätykseen menevälle jätteelle ei löydy vakiintunutta astiaväriä, joten tilaaja päätyi tässä tapauksessa oranssiin keräysastiaan, joka erottuu selkeästi muista astioista. Keräysastioista on löydyttävä mahdollisimman selkeät lajitteluohjeet, jotta lajitteluvirheitä ei ainakaan ohjeistuksen puutteesta pääsisi tapahtumaan. Lisäksi koko henkilökunnalle on tiedotettava muovinlajittelun ja -kierrätyksen aloittamisesta. Asennustuotteet-yksikössä tämä hoidettiin lähettämällä sähköpostia koko henkilökunnalle, lisäämällä tieto infotelevisioon ja käymällä asia läpi yksikön henkilöstöinfossa.

**Isompi testierä:** Kun keräysastiat ovat paikoillaan, puristin toimitettu ja kytketty ja henkilökuntaa informoitu, voi tilaaja aloittaa isomman testierän keruun. Kemiallinen kierrättäjä ilmoitti, että pyrolyysiprosessin minimierä, on noin 5000 kiloa muovijätettä, joten sen verran tilaaja keräsi isompaan testierään muovijätettä. Tilaaja ja kemiallinen kierrättäjä olivat sopineet, että tässä vaiheessa kerätään tilaajan kaikki polypropeeni muovijäte. Kun puristin on täynnä, sille tilataan kuljetus ja punnitaan se. Myöhemmässä vaiheessa tilaaja pyysi puristintoimittajaa aktivoimaan puristimeen hälytystoiminnon, mikä tunnistaa, kun puristin on melkein täynnä ja lähettää siitä sähköpostia tilaajan varastohenkilökunnalle, jätehuoltoyhtiölle ja kemialliselle kierrättäjälle. Tilaajan varastohenkilökunta haluaa tietää, että puristin on lähdössä tyhjennettäväksi ja on melkein yhden kokonaisen työpäivän poissa käytöstä. Jätehuoltoyhtiö tietää tilata tyhjennyskuljetuksen, kun he saavat siitä sähköpostia ja kemiallinen kierrättäjä tietää, että kuljetus on tulossa ja osaavat valmistautua ottamaan se vastaan.

**Soveltuuko testierä kierrätykseen:** Isompi testierä käsitellään normaalin pyrolyysiprosessin mukaisesti ja mahdolliset haasteet ja muut tärkeät havainnot kirjataan ja analysoidaan kemiallisen kierrättäjän toimesta. Lisäksi kemiallinen kierrättäjä analysoi pyrolyysiöljyn ja määrittelee, soveltuuko se ominaisuuksiltaan jatkojalostukseen. Analyysien tulokset raportoidaan sekä tilaajalle, että öljynjalostamolle. Pyrolyysiöljystä lähetetään myös pieni erä öljynjalostamolle, joka tekee vielä omat analyysinsä öljystä. Öljynjalostamo tekee lopullisen päätöksen, hyväksyykö pyrolyysiöljyn syötteen prosessiinsa. Mikäli päätös on kyllä, jatketaan prosessin implementointia ja siirrytään seuraavaan vaiheeseen. Jos päätös on ei, on tilaajalle informoitava korjauspyynnöt ja tilaajan päätettävä onnistuvatko pyydetyt

korjauspyynnöt. Jos onnistuvat, tekee tilaaja tarvittavat korjaustoimenpiteet ja kerää uuden testierän, joka lähetetään kemialliselle kierrättäjälle. Mikäli ei onnistu, palaa tilaaja lajittelemaan muovijätteen seka- tai energiajätteeseen.

Kuva 15. Prosessikaavion viimeiset vaiheet.



**Hinnan tarkistus:** Kun testierän pyrolyysiöljy on hyväksytty sekä kemiallisen kierrättäjän, että öljynjalostamon toimesta, ilmoitetaan tilaajalle vielä lopullinen hinta.

**Ovatko kokonaisprosessi ja hinta ok:** Prosessin viimeisenä päätöksenä on se, onko kokonaisprosessi ja kemiallisen kierrättäjän ilmoittama lopullinen hinta sellainen, että tilaaja haluaa siirtyä seuraavaan vaiheeseen, eli tekemään hankinta- ja laskutussopimuksia. Mikäli päätös on kielteinen tilaaja palaa lajittelemaan muovijätteen seka- tai energiajätteeseen.

**Hankinta- ja laskutussopimus:** Mikäli tilaaja toteaa kokonaisprosessin ja hinnan sellaisiksi, että prosessia halutaan ja pystytään jatkamaan, tehdään tarvittavat hankinta- ja laskutussopimukset. Asennustuotteet-yksikkö halusi, että kemiallinen kierrätysprosessi toimisi laskutuksen ja raportoinnin osalta samalla tavalla, kun muutkin jätejakeet, eli siten, että kemiallinen kierrättäjä laskuttaa jätehuoltoyhtiötä, jätehuoltoyhtiö laskuttaa tilaajaa ja kemialliseen kierrätykseen lähetetty muovi näkyy jäteraportilla muiden jätejakeiden tapaan. Tästä syystä WasteWise Group Oy ja Verdis Oy sopivat keskenään laskutuksen yksityiskohdista ja hankintasopimuksesta ja Asennustuotteet-yksikkö ja Verdis Oy sopivat keskenään laskutuksen yksityiskohdista ja hankintasopimuksesta.

**Lopullisen prosessin käyttöönotto:** Kun hankinta- ja laskutussopimukset ovat kunnossa, alkaa lopullisen implementointiprosessin käyttöönotto. Tässä vaiheessa on hyvä analysoida, vaaditaanko kierrätysprosessiin, -infrastruktuuriin tai esimerkiksi lajitteluohjeisiin muutoksia, vai voidaanko käyttöönotto tehdä sellaisenaan. Asennustuotteet-yksikön prosessi oli pyritty rakentamaan alusta alkaen sellaiseksi, että siihen ei suuria muutoksia tarvitsisi enää tehdä lopullisessa käyttöönottovaiheessa.

**Jäteraportin päivitys:** Jätehuoltoyhtiö lisää kemialliseen kierrätykseen menevän muovijätteen tilaajan jäteraportille. Kemialliseen kierrätykseen menevä muovijäte luokitellaan jätteeksi, joka hyödynnetään materiaalina, näin ollen tilaajan kierrätysaste nousee ja sekajätteen määrä vähenee.

**Seuranta ja jatkuva parantaminen:** Kun prosessi on onnistuneesti implementoitu yrityksen toimintaan, on jokaisen osapuolen tärkeää jatkaa seurantaa ja tehdä parannuksia prosessiin tarpeen mukaan. Tämä tarkoittaa keskinäistä kommunikointia osapuolten kesken ja myös lajittelua tekevän henkilökunnan kanssa.

**Erilliset prosessit:** Prosessikaavioon on merkitty neljä erillistä prosessia, joita ei olla avattu tarkemmin tässä opinnäytetyössä. Erilliset prosessit ovat mekaaninen kierrätysprosessi, seka-/energiajäteprosessi, vierailu muovin sivuvirtojen muodostumisen alkulähteillä ja vierailu kemiallisella kierrätyslaitoksella.

Mekaaniseen kierrätysprosessiin siirrytään heti prosessin alussa, mikäli yrityksen muovijäte siihen soveltuu ja siinä on pitkälti samat vaiheet, kun kemiallisen kierrätysprosessin implementoinnissa.

Seka-/energiajäteprosessiin palataan, mikäli kemiallisen kierrätysprosessin tietyissä päätösvaiheissa päädytään siihen päätökseen, että implementointi ei onnistu, korjaavien toimenpiteiden jälkeenkään.

Jätehuoltoyhtiön ja kemiallisen kierrätyslaitosten edustajien on hyvä vieraillla tuotannossa, missä muovijäte syntyy. Tehdasvierailun yhteydessä voidaan käydä läpi koko prosessi muovin valmistuksesta romutukseen ja romutuksesta kemialliseen kierrätykseen aina takaisin öljytuotteeksi. On tärkeää, että molemmat osapuolet ymmärtävät pääpiirteittäin kaikki prosessin vaiheet, ja että kemiallinen kierrättäjä saisi jo tässä vaiheessa hyvän kuvan siitä, millaista muovijätettä heille on tulossa prosessoitavaksi. Mikäli vierailua ei tapahdu, samat asiat on silti syytä käydä jollain tapaa läpi. Vierailu ei siis ole pakollinen osa prosessia, ja sen takia se näkyy implementointiprosessissa erillisenä prosessina.

Prosessiin kokonaisuuden hahmottaminen helpottuu myös, mikäli kemiallisen kierrätyksen tilaaja vierailee kemiallisella kierrätyslaitoksella prosessin jo hieman edettyä. Tämän opinnäytetyön prosessia implementoidessa, myös jätehuoltoyhtiön edustaja kävi tutustumassa kemialliseen kierrätyslaitokseen. Vierailuprosessit eivät siis ole välttämättömiä, mutta sujuvoittavat implementointia.

### **5.3.2 Lopputulos lukuina**

Kun tarkastellaan Asennustuotteet-yksikön vuoden 2023 jäteraporttia, nähdään, että tammi-joulukuun osalta jätteiden osuus, jotka hyötykäyttettiin energiana oli 48,1 %, hyötykäyttö materiaalina 49,5 % ja hyötykäyttö uusiokäyttönä 1,6 %. Vastaavat luvut tammi-joulukuulle 2022 on hyötykäyttö energiana 58,5 %, hyötykäyttö materiaalina 31,7 % ja hyötykäyttö uusiokäyttönä 6,2 %. Näissä luvuissa ei olla huomioitu aiemmin mainittua ruiskuvalukoneiden kylmäkanavissa jähmettyvää muovijätettä, joka hyödynnetään suoraan prosessissa, ainoastaan jätehuoltoyhtiölle asti kulkeutuva jäte. Edellä mainitut luvut on esitetty taulukossa 1. (ABB Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

Kemialliseen kierrätykseen menevä muovi luokitellaan hyötykäytöksi materiaalina. Uusiokäytön prosenttiosuuden pienentyminen vuodesta 2022 vuoteen 2023 selittyy sillä, että uusiokäyttöön menevät ainoastaan puiset kuormalavat. Vuonna 2022 Asennustuotteet-yksikössä kokeiltiin hetken aikaa uuden yhteistyökumppanin kanssa kuormalavojen kierrätystä ja heille lähetettiin sellaisia lavoja, joita ei normaalisti lähetetä uusiokäyttöön. Yhteistyökumppani kuitenkin totesi, etteivät hekään pysty näitä lavoja hyödyntämään, joten niiden osalta palattiin vanhaan käytäntöön ja tästä syystä uusiokäytön prosenttiosuus laski

vuonna 2023 verrattuna vuoteen 2022. Taulukosta voi päätellä, että yksikön implementoitua muovijätteen kemiallisen kierrätysprosessiin toimintaansa vuoden 2023 ensimmäisen kvartaalin aikana, on jätteiden hyötykäyttö energiana vähentynyt 10,4 prosentilla ja hyötykäyttö materiaalina lisääntynyt 17,8 prosentilla vuodesta 2022 vuoteen 2023. Tilaajan romutustaulukoista selviää, että kierrätys vähensi sekajätteeseen menevää muovijätteen määrää noin 50 % ja vuoden 2024 aikana luvun arvioidaan olevan noin 65 %.

Taulukko 1. Asennustuotteet-yksikön jätelajien hyötykäyttöaste vuosilta 2022 ja 2023. (ABB Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

Jätelaji	Yhteensä 2022	Yhteensä 2023
Ei hyötykäyttöön menevät jätteet (%)	3,7	0,8
Hyötykäyttö energiana (%)	58,5	48,1
Hyötykäyttö materiaalina (%)	31,7	49,5
Hyötykäyttö uusiokäyttönä (%)	6,2	1,6
<b>Yhteensä (%)</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

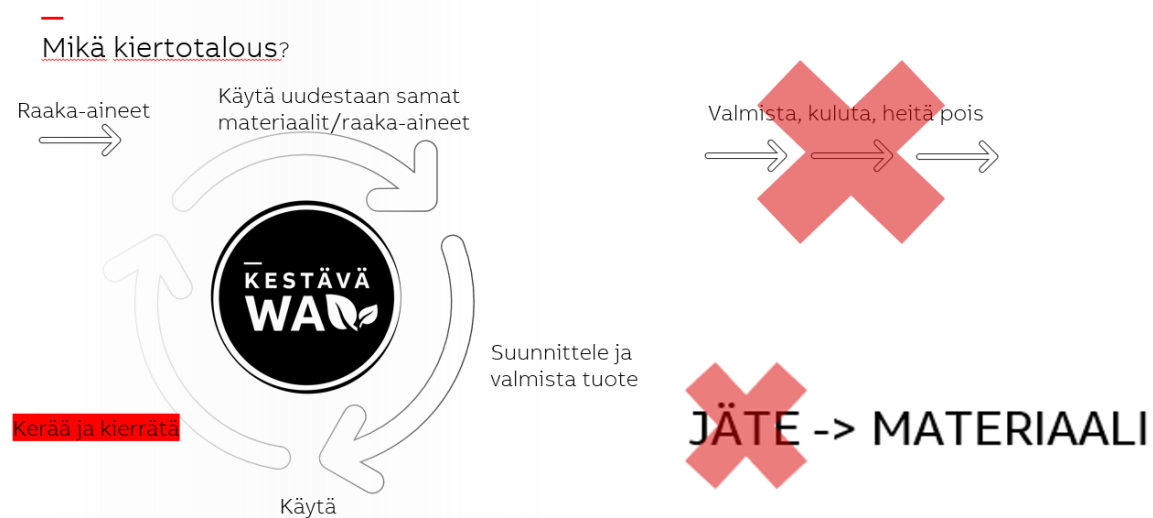
### 5.3.3 Viestintä

Viestinnän rooli työelämässä ja projekteissa on kiistatta hyvin tärkeä, varsinkin sisäinen viestintä. Riittävä kommunikointi sekä henkilökunnan, että yhteistyökumppaneiden kanssa sujuvoittaa projektin etenemistä ja vähentää myös henkilökunnan huolta. Mitä isompi muutos, sen parempaa muutosjohtamista ja -viestintää tarvitaan. Helka Pirinen kirjoittaa kirjassaan Esimies muutoksen johtajana, että muutosviestinnässä tärkeää on viestin konkretia, selkeys ja ymmärrettävyys. Myös kuuntelemisen taito korostuu. (Pirinen, 2014, Muutosviestintä on yhteisen ymmärryksen luomista -luku, ensimmäinen kappale) Kemiallisen kierrätyksen implementoinnissa yrityksen toimintaan oli erittäin tärkeää kuunnella ja keskustella henkilökunnan kanssa hyvissä ajoin siitä, miten prosessi saadaan toimimaan siten, ettei työn tekeminen hankaloituisi tai henkilökunnan työmäärä merkittävästi lisääntyisi. Oleellista oli selvittää, mitkä ovat keräysastioiden optimaaliset sijainnit ja miten kommunikoidaan se, mitä muoveja keräysastioihin laitetaan. Niina Raittonen kartoitti omassa Asennustuotteet-yksikölle tehdyssä opinnäytetyössään polypropeeni ja polykarbonaatti jätteen suurimpia syntypaikkoja ja tämän tiedon, sekä henkilökunnan kokemuspohjan avulla sijoitettiin myös kemialliseen kierrätykseen menevien muovien keräysastiat (Raittonen, 2023, s. 9-12). Viestintäkanavina käytettiin sekä henkilökohtaisesti käytyjä keskusteluita, sähköpostia, infotelevisiota ja koko henkilöstölle suunnattua yksikköinfotilaisuutta.



Tärkeää on myös, että koko arvoketju ymmärtää ainakin pääpiirteittäin niin sanotun ison kuvan, eli miksi muovien kierrättäminen on tärkeää. Tällä tarkoitetaan johdannossakin mainittua irtaantumista fossiilisista polttoaineista ja muovin tuotannon perustuminen jatkossa muuhun kuin fossiiliseen raaka-aineeseen. Muoviteollisuuden vihreän siirtymän mahdollistaa muovijätteen erilliskeräilyyn tehostuminen ja se, että mekaanisen kierrätyksen rinnalle tulee uusia teknologioita. Ruiskuvaluosaston henkilökunnan kanssa keskustelua käytiin tiimeittäin ja koko henkilökunnalle uudesta prosessista kerrottiin koko yksikön infossa, sähköpostilla ja pitämällä asiaa esillä info televisiossa. Kuvassa 16. on esitetty, miten henkilökunnalle visualisointiin, mitä on kiertotalous ja mikä osuus kierrätyksellä on kiertotalousmallin toteutumisessa. Yksikköinfossa pyrittiin myös vaikuttamaan henkilöstön ajatusmalliin siitä, että jäte mielletäisiin enemmän hyödynnettävänä materiaalina, kuin jätteenä. Myös kierrätysastioiden yhteydessä löytyvä selkeä ohjeistus on tärkeässä roolissa. Liitteessä 2 on keräysastioista löytyvä ohjeistus. Liitteen 2 ohjeistuksen lisäksi astioissa on raaka-aine listaus, mitä muoviraaka-aineita astioihin voi laittaa. Tätä listausta ei tähän opinnäytetyöhön lisätä, Asennustuotteet-yksikön toiveesta. Yhteenvetona voisi todeta, että kommunikointia ja viestintää täytyy olla projektin alusta loppuun ja että kuunteleminen on tärkeä osa kommunikointia.

Kuva 16. Tämän opinnäytetyön kirjoittajan tekemä esimerkkikuva siitä, miten termi kiertotalous selitettiin henkilökunnalle ja miten muovien lajittelu ja kierrätys siihen liittyy.



Kun sisäinen viestintä on hoidettu ja prosessi implementoitu, kannattaa pohtia, voisiko prosessista viestiä myös ulkoisesti. Muovituotteiden kemiallinen kierrättäminen on suhteellisen uusi asia Suomessa, joten Asennustuotteet-yksikössä todettiin, että siinä saattaa olla uutisarvoa ja näin ollen siitä myös päätettiin julkaista lehdistötiedote. Lehdistötiedotekin tehtiin yhteistyössä Verdis Oy:n ja WasteWise Group Oy:n kanssa.

Tiedotteessa haluttiin nostaa esille yhteistyön merkitys ja Asennustuotteet-yksikön tahto ja halu etsiä uusia teknologioita, jotta päästäisiin askel kerrallaan kohti kiertotaloutta ja vähähiilisempää yhteiskuntaa. Lehdistötiedote ei tämän opinnäytetyön valmistumiseen mennessä ehditty julkaista, mutta se on kokonaisuudessaan luettavissa ABB Oy:n verkkosivuilta. (<https://new.abb.com/fi/media>) Keskustelussa oli myös vaihtoehto, että ABB julkaisisi globaalin lehdistötiedotteen.

Koska viherpesu on todellinen ongelma tämän päivän viestinnässä ja markkinoinnissa, on yritysten oltava hyvin tarkkoja siitä, miten asioista viestitään julkisuuteen. Asennustuotteet-yksikkö on kuitenkin pyrkinyt avoimesti viestimään tehdyistä toimenpiteistä, mutta pitänyt huolen, että väittämät perustuvat faktoihin ja luotettavaan dataan. Kestävä kehitys ja vastuullisuus ovat tällä hetkellä kiinnostavia aiheita, ja niistä on hyvä viestiä mahdollisuuksien mukaan myös sidosryhmille.

## **5.4 Haasteet prosessin implementoinnissa ja prosessikaavion luomisessa**

Haasteita opinnäytetyön aikana, oli lähinnä kemiallisen kierrätysprosessin toteuttamisessa ja implementoinnissa yrityksen toimintaan, ei niinkään prosessikaavion tekemisessä.

Prosessikaavion tekemisen ainoana haasteena, oli oikeastaan päätös siitä, missä vaiheessa jokin vaihe olisi ollut syytä tehdä. ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikkö toteutti prosessin hieman eri vaiheiden kautta, kuin miten se olisi optimaalisesti voitu toteuttaa.

Prosessikaavioon haluttiin optimaalisin tapa ja sitä jouduttiin hieman pohtimaan.

Seuraaviin alaotsikoihin on kerätty niitä haasteita, joita ABB Oy:n Asennustuotteet yksikkö ja WasteWise Group Oy kohtasivat, kun muovijätteen lajittelua ja kemiallista kierrätystä jalkautettiin yrityksen arkeen.

### **5.4.1 Mekaaninen kierrätys**

Muovin mekaanista kierrätystä tekevien yritysten löytäminen oli haaste. Kunnollista kokonaiskuvaa ei vaikuttanut olevan kenelläkään ja tässä olisi parannettavaa. Ratkaisu voi olla esimerkiksi konsultti, joka hoitaa selvitystyön yrityksen puolesta tai sovellus tai muu vastaava digitaalinen tapa, jolla saisi kartoitettua muovien kierrättäjät.

Kaikilla muovin mekaanisilla kierrättäjillä on hieman omat toimintatapansa, joten olisi tärkeää tavoittaa muovien mekaaniset kierrättäjät mahdollisimman hyvällä otannalla. Silloin voidaan varmistua siitä, että mekaanisen kierrätyksen mahdollisuudet on perin pohjin selvitetty. Edes jätehuoltoyhtiön edustajalla ei vaikuttanut olevan selkeää verkostoa muovin kierrättäjistä. Syy tähän on todennäköisesti se, että vakiintunutta muovinkierrätystoimintaa on pääasiassa muovipakkauksilla, mutta ei muilla muovituotteilla, eikä tällaista kartoitusta olla aiemmin juurikaan kaivattu. Yhden mekaanisen kierrättäjän kontaktointi kerrallaan, sitä mukaa kun yrityksiä sattui löytymään, vei suhteettoman kauan aikaa.

#### **5.4.2 Keräysastiat ja lattiatila**

Asennustuotteet-yksikössä on rajallinen määrä lattiatilaa. Keräysastioiden on kuitenkin oltava tarpeeksi suuria, jotta muovijätteen kaataminen astiaan käy mahdollisimman helposti. Ne oli myös sijoitettava mahdollisimman lähelle jätteiden syntyä paikkoja, jotta henkilökunnan ei tarvitsisi kuljettaa muovijätettä pitkiä matkoja.

Muovijäte syntyy pääasiassa ruiskuvaluosastolla, jossa lattiatilaa on hyvin niukasti ja keräysastioiden sijoittelu aiheutti haasteita. Tässä oli tärkeää kuunnella henkilökuntaa ja auttaa heitä mahdollisimman paljon oikeanlaisten keräysastioiden löytämiseen ja sijoitteluun. Heille annettiin myös vapaat kädet siirtää astioita tarvittaessa toimivampaan sijaintiin ja tilata lisää keräysastioita. Selkeät lajitteluohjeet astioihin ja oikean yhteyshenkilön yhteystiedot olivat myös tärkeää saada näkyviin. Jatkossa seka- ja energijäteastioiden määrää on tarkoitus vähentää, sekä kokoa pienentää, jolloin lajitteluastioille tarkoitettua lattiatilaa tarvitaan vähemmän.

#### **5.4.3 Polykarbonaatti**

WasteWise Group Oy ei pystynyt vastaanottamaan polykarbonaatti muovilaatua, vaikka se oli Asennustuotteet-yksikön alkuperäinen tavoite. Pienen testierän vastaanottamisen, prosessoinnin ja analysoinnin jälkeen, WasteWise Group Oy ilmoitti, että polykarbonaatti muovijäte muodostaa pyrolyysiprosessissa merkittävän määrän tolueenia, joka on vahva liuotin ja aiheuttaa siksi ongelmia prosessissa, eikä yhtiö tästä syystä voi vastaanottaa Asennustuotteet-yksikön polykarbonaatti muovijätettä. Tämä oli merkittävä takaisku, sillä polykarbonaatti jäte on Asennustuotteet-yksikön toiseksi suurin muovijätelaatu ja sen poisjättäminen tarkoitti, että muovijätettä ei saatu kierrätykseen niin paljon kun mitä alun perin haluttiin, eikä näin ollen kierrätysastettakaan saatu toivotulle tasolle. Mikäli polykarbonaatti

olisi saatu onnistuneesti kemialliseen kierrätykseen, olisi se tarkoittanut sitä, että noin 95 % yksikön muovijätteestä olisi saatu kierrätettyä.

Polykarbonaatin osalta selvitystyö kierrätysmahdollisuuksien saralla jatkuvat ja tulokset ovat siinäkin lupaavia. Asennustuotteet-yksikössä selvitetään muun muassa, pystytäänkö polykarbonaatti muovijäte palauttamaan omaan prosessiin ja hyödyntämään sitä tiettyihin omiin tuotteisiin mekaanisen kierrätyksen ja uudelleengranuloinnin jälkeen.

#### **5.4.4 Kuljetuskustannukset**

Yksikön sekajäte kuljetetaan Vantaan Energian jätevoimalaan, joka sijaitsee noin 40 kilometrin etäisyydellä Porvoosta, jossa Asennustuotteet-yksikkö sijaitsee. WasteWise Group Oy sijaitsee Nokialla, johon matkaa Porvoosta on noin 200 kilometriä. Tämä tarkoittaa sitä, että kuljetuskustannukset olivat huomattavasti paljon isompia, kun muovijäte vietiin kemialliseen kierrätykseen energiahyödyntämisen sijasta. Jos kustannukset kasvavat, täytyy toimenpiteen tai prosessin muuta hyötyä yleensä perustella yrityksen johtoryhmälle ja ottaa huomioon taloudellista kannattavuusanalyysiä tehdessä.

Kuljetuskustannuksiin ei pystytty vaikuttamaan muuten, kun huolehtimaan siitä, että kuljetetaan mahdollisimman suuria määriä muovijätettä kerralla. Tämä oli yksi syy, miksi Asennustuotteet-yksikkö valitsi puristimen, joka jonkun verran tiivistää muovijätettä ja maksimoi kuljetettavan muovimäärän.

#### **5.4.5 Messinki**

WasteWise Group Oy ilmoitti, että heillä oli polypropeenin esikäsitellyssä haasteita muovijätteen sisältämien messinkiosien kanssa. He murskaavat muovin ja erottelevat magneettien avulla metallit muoveista, ennen pyrolyysiprosessia. Messinki ei jää kiinni magneettiin ja messinkiosat jatkavat matkaansa pyrolyysiprosessiin. Tämä ei kuitenkaan ollut ylitsepääsemätön ongelma, mutta lisää pyrolyysiprosessissa muodostuvan pyrolyysihiilen jatkokäsittelytarvetta.

Tällaiset haasteet on muistettava kertoa muovituotteita valmistavan yrityksen tuotekehitykselle ja tuotejohdolle, jotta he osaavat ottaa ne huomioon tuotesuunnittelussa ja -kehityksessä. Näin toimittiin myös Asennustuotteet-yksikössä ja selvityksen alla on, onko messinki tarkoituksenmukainen ja optimaalisin materiaali tietyissä tuotteissa.

## 5.5 Tulevaisuuden mahdollisuudet ja näkymät

Tätä opinnäytetyötä tehdessä, on käynyt selväksi, että erilaisia muovinkierrätysmenetelmiä tarvitaan. Muoveja, erilaisine ominaisuuksineen, on maassamme paljon ja yhdellä kierrätysmenetelmällä ei ole mahdollista päästä lopputulokseen, jossa muovi saataisiin uudelleenkäytettyä tai kierrätettyä mahdollisimman tehokkaasti. Mekaanista kierrätystä harjoittavat yritykset eivät pystyneet kierrättämään kaikkia ABB Oy:n Asennustuotteet-yksikön muovijätteitä, ja siksi mekaaninen kierrätys tarvitsee rinnalleen muita kierrätysvaihtoja.

Jatkossa Asennustuotteet-yksikössä olisi hyvä pohtia, miten muovien kemiallista kierrätysprosessia voisi hyödyntää yrityksen sidosryhmien kanssa. Toki toivottavaa olisi, että jätehuoltoyritys tarjoaisi muovien kemiallista kierrätystä omille asiakkailleen ja näin muovien kierrätysaste saataisiin Suomessa nousuun. Olisiko kuitenkin myös mahdollista kehittää uusia liiketalousmalleja esimerkiksi asiakkaiden ja myytyjen sähköasennustuotteiden ja -kalusteiden osalta? Parhaimmat tulokset hiilipäästöjen ja luonnon monimuotoisuuden hupenemisen minimoinnissa, saadaan yhteistyön ja opitun tiedon jakamisen kautta.

Asennustuotteet-yksikköä kiinnostava kemiallisen kierrätyksen yritys on tällä hetkellä Lamor, joka rakentaa Kilpilahteen, eli aivan tehtaan lähetyville, uutta muovien kemiallisen kierrätyksen laitosta (Lamor, 2023). Tämänhetkinen yhteistyökumppani kemiallisessa kierrätystoiminnassa, WasteWise Group Oy on laajentamassa laitospotentiaaliaan ja pyrkivät kehittämään toimintaansa jatkuvasti ja se saattaa tarkoittaa myös kehitysmahdollisuuksia Asennustuotteet-yksikön muovinkierrätykselle. (WasteWise Group Oy, 2023) Kemiallisen kierrätyksen lisäksi myös mekaaniset kierrättäjät kehittävät jatkuvasti menetelmiään ja mahdollisuuksien kartoittaminen ja parantaminen on oltava jatkuvaa. Yksikön tulisi muistaa, että heidän käytetyn kierrätys- ja biopohjaisen muovin määrä lisääntyy koko ajan ja myös käytetyn muoviraaka-aineen ominaisuuksia ja koostumusta kehitetään jatkuvasti, mikä tarkoittaa, että sivuvirtojen muovimateriaali muuttuu. Tällä on todennäköisesti vaikutusta sekä mekaanisen, että kemiallisen kierrätyksen lopputuotteeseen.

On mahdollista, että elämme tulevaisuudessa maailmassa, jossa muovituotteiden valmistamiseen tarvittavaa neitseellistä raaka-ainetta ei ole enää saatavilla. Tällöin yksi mahdollinen tulevaisuusskenaario on se, että muovia käytetään ainoastaan siellä, missä sille ei olla löydetty muuta korvaavaa materiaalia ja käytössä on ainoastaan kierrätysraaka-ainetta. Tässä skenaariossa on ratkaisevan tärkeää saada kerättyä talteen ja kierrätettyä kaikki mahdollinen muovi. Asennustuotteet-yksikössä valmistettujen tuotteiden elinkaari on

pitkä, monesti jopa 20–30 vuotta ja niitä myydään myös vientiin. Jos yksikkö toivoo niin sanottua suljettua kiertoa omien tuotteidensa osalta, heidän täytyy ottaa huomioon, että tänään valmistettu tuote palaa uudelleenkäytettäväksi tai kierrätettäväksi heille vasta noin vuonna 2050. Materiaalin kierto on siis pitkä ja aiheuttaa tiettyjä haasteita. Täydellisessä kiertotalousmaailmassa yksikkö valmistaisi pistorasian, kytkimen tai putken, joka asennetaan seinään ja elinkaarensa lopulla se puretaan seinästä ja se palautuu valmistajalle. Valmistaja pystyy hyödyntämään palautuneen tuotteen kaikki osat, metallit ja muovit, joko sellaisenaan tai hyödyntämällä yhteistyökumppaneita niiden muuttamisessa kierrätysraaka-aineeksi. Ideaali kiertotalousmalli olisi siis sellainen, jossa yritys ostaa tarvitsemansa materiaalin ja se pysyy heidän käytössään sen jälkeen ikuisesti, koska siitä valmistettu tuote palaa heille aina uudelleenkäytettäväksi. Tällainen malli vaatii isoja muutoksia esimerkiksi logistiikkaverkostoihin, tuotesuunnitteluun, käytäntöihin ja ajattelumalleihin. Uusia toimijoita tarvitaan kiertotalousmarkkinoille ja kysyntä täytyy vastata tarjontaa, tai kysyntää olla jopa enemmän, kun tarjontaa, jotta asiat kehittyvät. Ennen kuin ollaan täydellisen suljetussa materiaalikierrossa, on pyrittävä lisäämään kierrätysmateriaalien käyttöä mahdollisimman paljon ja luotava tarve erilaisille toimijoille kiertotaloudessa. Materiaaleja olisi käytettävä vain tarvittava määrä, eikä hukkaa saisi olla. Tuotteiden olisi oltava laadukkaita ja suunniteltu siten, että elinkaarensa lopulla ne jatkavat matkaansa joko raaka-aineeksi tai uudelleenkäytettäväksi. Yhteistyötä olisi lisättävä ja erilaisia sivuvirtoja osattava hyödyntää tehokkaammin.

## 6 Johtopäätökset ja pohdinta

Kun yritys siirtyy jätteen poltosta jonkin materiaalin kierrätykseen, saattaa sen hiilijalanjälki jopa kasvaa. Yrityksen hiilipäästöihin lasketaan jätteiden tai materiaalin kuljetus syntypaikasta seuraavalle käsittelylaitokselle. Tässäkin tapauksessa sekajäte kuljetetaan Porvoon tehtaalta Vantaan energianpolttolaitokselle ja kemialliseen kierrätykseen menevät kuljetetaan Nokialle. Nokialle on useita satoja kilometriä pidempi matka kuin Vantaalle, joten yrityksen laskennallinen hiilijalanjälki kasvaa, kun siirrytään muovin kierrätykseen. Todellinen vaikutus syntyy kuitenkin siinä, että kemiallisesti kierrätetty muovi synnyttää huomattavasti vähemmän päästöjä, kuin jos käytettäisiin fossiilisista raaka-aineista valmistettua muovia, joten kokonaiskuvassa kemiallinen kierrätys on parempi vaihtoehto kuin energianpolto, vaikka se ei suoraan pienennäkään yrityksen laskennallista hiilijalanjälkeä. Tärkeää on siis ymmärtää kokonaisvaikutus, eikä ainoastaan tarkastella yrityksen omia lukuja. Tärkeää on myös osata tämä perustella arvoverkostolle ja kun vaikutukset on onnistuneesti perusteltu,

on myös todennäköisempää, että arvoverkoston kumppaneita saadaan mukaan kiertotalousliiketoiminnan kehittämiseen ja ilmastonmuutoksen ja luontokadon hillitsemiseen.

Tuotteen tai materiaalin suunnitteluvaiheessa pystytään vaikuttamaan valtaosaan tuotteen elinkaaren aikaisista päästöistä. (Ilmasto-opas, 2018) Valmistavissa yrityksissä tämä olisi huomioitava ja tarkasteltava tuotteen tai materiaalin ympäristö- ja ilmastovaikutuksia sen koko elinkaaren ajalta. Tulevaisuudessa on myös todennäköisesti kierrätysmenetelmiä ja kiertotalouteen liittyvää yritystoimintaa ja klustereita enemmän kuin mitä tällä hetkellä on. (Sitra, 2022) Yrityksissä olisi hyvä olla henkilö, jonka vastuulla olisi uusien kierrätysmenetelmien ja kiertotalousyritysten kartoittaminen esimerkiksi vuosittain. Tämä vastuu voisi olla myös konsultilla tai muulla vastaavalla ulkopuolisella asiantuntijalla, mutta se vaatisi sen, että kyseisellä asiantuntijalla olisi tarpeeksi riittävä ymmärrys yrityksen tuotteista ja valmistusprosessista. Jotta päästäisiin mahdollisimman tehokkaaseen kiertotaloustoimintaan, olisi eri toimijoiden ja yritysten tehtävä tiivistä yhteistyötä. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi jätehuoltoyhtiötä, muovituotteiden ja -raaka-aineiden valmistajia, kierrätystoimintaa tekeviä yrityksiä, asiantuntijoita, tutkijoita ja öljynjalostamoita. Yhteistyön avulla tieto ja ymmärrys lisääntyy puolin ja toisin ja toimivien kiertotalousmallien löytyminen helpottuu. Sekä mekaanista, että kemiallista kierrätystä tarvitaan täydentämään toisiaan, eikä vastakkainasettelulle ole tarvetta. Jotta muovi saadaan mahdollisimman hyvin kiertämään, on kierrätysmenetelmiä löydettävä useita ja infrastruktuuri muovinkeräykselle saatava paremmaksi. Muovin kierrätysmahdollisuuksia on yrityksissä seurattava aktiivisesti ja tulosten mittaaminen ja jatkuva parantaminen ei saa unohtua

Tämän opinnäytetyön tutkimuskysymys oli "Miten implementoida tuotannon sivuvirtojen muovijätteen kemiallinen kierrätys yrityksen toimintaan." Uusien prosessien implementoinnin sujuvuus on paljolti kiinni jokusesta perusasiasta. Jos kaikilla yhteistyökumppaneilla on sama motivaatio ja kiinnostus saada implementointi onnistumaan, se myös todennäköisesti etenee jouhevasti. Tämän opinnäytetyön prosessissa, jokaisella implementointiin osallistuneella kumppanilla oli mukana oman alansa asiantuntijoita ja sujuvalla viestinnällä ja vuorovaikutuksella, jokaisen asiantuntijan ääni tuli kuuluviin ja eteen tulleet haasteet selätettiin. Henkilökunnan mielipiteet otettiin huomioon, eikä opinnäytetyöstä tai prosessin implementoinnista tullut negatiivista palautetta. Muovin kierrätysprosessi on tällä hetkellä osana Asennustuotteet-yksikön arkea ja sitä seurataan, kehitetään ja optimoidaan opinnäytetyön kirjoittajan ja yksikön muun henkilökunnan toimesta. Tutkimuskysymykseen vastaava prosessikaavio on luotu minun toimestani ja löytyy opinnäytetyön liitteestä 1. Apuna prosessikaavioviimeistelyssä oli Asennustuotteet-yksikön henkilökuntaa ja sain heiltä arvokasta asiantuntijanäkemyksiä.

Asennustuotteet-yksiköllä on myös aito halu edistää kiertotaloutta ja muovin kierrätystä, vaikka se hetkellisesti viekin henkilöstöresursseja. Minulla olikin tätä opinnäytetyötä tehdessä koko ajan johtoryhmän ja esihenkilön tuki. Jälkikäteen huomasin dokumentoinnin tärkeyden. Osa selvitystyöstä ja asiantuntija haastatteluista hoidettiin puhelimitse, niiden kiireellisyyden takia, jolloin sähköpostiketjuihin ei jäänyt tietoa, milloin keskustelu oli käyty, ja mihin lopputulokseen päädyttiin. Puhelimessa käydyt keskustelut olisi olleet hyvä dokumentoida esimerkiksi erilliselle dokumentille. Myös hyvät lähteet olisi syytä tallentaa heti kun niitä löytyy. Tiesin lukeneeni tietyistä asioista, mutta tietolähdettä oli joissain tapauksissa jälkikäteen vaikea löytää. Opin kemiallisesta kierrätyksestä sekä muovin lajittelusta ja kierrätyksestä valtavasti tämän opinnäytetyön aikana. Opin myös, että minun on tärkeä ylläpitää oppimaani ja pyrkin jatkossa osallistumaan erilaisiin työpajoihin, webinaareihin ja seminaareihin muovin kierrätykseen ja tulevaisuuden näkymiin liittyen. Erityisen kiitollinen olen kaikista asiantuntijalausunnoista ja heidän tuestaan ja kärsivällisyydestään prosessia implementoidessa.

Vaikka luonnon monimuotoisuuden hupeneminen ja ilmastonmuutos ovat huolestuttavia ja viheliäitä ongelmia, tuovat uudet kierrätysmenetelmät ja kiertotalousmallit toivoa siitä, että suunta on yhä muutettavissa. Jokainen askel oikeaan suuntaan on tärkeä ja yritysten välinen yhteistyö merkittävässä roolissa. Näistä askelista olisi tärkeää viestiä, sekä henkilökunnalle, että yrityksen sidosryhmille, jotta tietoisuus lisääntyy ja muutospaine kasvaa ja myös siksi, että toivo hyvästä tulevaisuudesta säilyy, niin yrityksillä kun yksityishenkilöillä.



## Lähteet

ABB (n.d.–a). *Asennuskalusteet*. <https://www.asennustuotteet.fi/products/asennuskalusteet>

ABB (n.d.–b). *Asennustarvikkeet*. <https://www.asennustuotteet.fi/products/asennustarvikkeet>

ABB. (n.d.–c). *Sustainability Strategy 2030*.  
<https://global.abb/group/en/sustainability/sustainability-strategy-2030>

ABB. (n.d.–d). *Vastuullista asennustuotteiden valmistusta*. <https://new.abb.com/low-voltage/fi/kampanjat/ymparisto>

ABB. (2023). *Sustainability Report 2022*.  
<https://sustainabilityreport.abb.com/2022/servicepages/downloads/files/sustainability-performance-abb-csr22.pdf>

Alen, H. (2022). *Sekajätteessä olevan muun muovijätteen kuin pakkausmuovin määrä ja laatu*. [insinöörityo, Metropolia Ammattikorkeakoulu] <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202204074677>

Astikainen, P. (2012). *Muovien kierrätys Pohjoiskarjalaisissa kestopuovialan yrityksissä*. [opinnäytetyö, Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu] <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012100314134>

Direktiivi 2008/98/EY jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/Fl/legal-content/summary/eu-waste-management-law.html>

Ekokumppanit Oy. (2018). *Muoviopas*. <https://oppaat.ekokumppanit.fi/muoviopas2018/>

Eskelinen, H., Haavisto, T., Salmenperä, H. & Dahlbo, H. (11.4.2016). *Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet*. <http://www.syke.fi/download/noname/%7B5903968F-2B4E-4BEA-BC45-099C7D210D36%7D/117935>

Euroopan parlamentin tutkimuspalvelu. (30.6.2023). *Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä?*  
<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/economy/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>

Euroopan Unionin Neuvosto. (4.12.2023). *COP28-ilmastohuippukokous, Dubai, Yhdistyneet arabiemiirikunnat, 1.–2. joulukuuta 2023.*

<https://www.consilium.europa.eu/fi/meetings/international-summit/2023/12/01-02/>

Ilmasto-opas. (2.11.2018). *Kestävä suunnittelu vähentää tuotteiden ilmastovaikutuksia.*

Suomen ympäristökeskus. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/kestava-suunnittelu-vahentaa-tuotteiden-ilmastovaikutuksia>

ISCC. (n.d.). *Certification Scheme: ISCC PLUS.* <https://www.iscc-system.org/certification/iscc-certification-schemes/iscc-plus/>

Kiertotalousosaamiskeskus. (n.d.). *Yleistä kiertotaloudesta.*

<https://www.kiertotalousosaamiskeskus.fi/mita-kiertotalous-on/>

Kiertotalous-Suomi. (2023). *Kiertotalous.* <https://kiertotaloussuomi.fi/tieto/kiertotalous/>

Lakeuden etappi. (n.d.). *Jätehuolto osana arjen kiertotaloutta.*

<https://www.etappi.com/jateneuvonta/jatehierarkia-ohjaa-toimintaa/>

Lamor. (5.1.2023). *Lamorin kemiallisen muovinkierrätyksen hanke etenee seuraavaan vaiheeseen.* <https://www.lamor.com/fi/artikkelit/lehdist%C3%B6tiedotteet/lamorin-kemiallisen-muovinkierrätyksen-hanke-etenee-seuraavaan-vaiheeseen>

<https://www.lamor.com/fi/artikkelit/lehdist%C3%B6tiedotteet/lamorin-kemiallisen-muovinkierrätyksen-hanke-etenee-seuraavaan-vaiheeseen>

Lampainen, L. (2022). *Muovien kemiallinen kierrätys Suomessa.* [kandidaatintyö, Tampereen yliopisto] <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202212229733>

Lindholm, S. (2021). *Selluloosapohjaiset polypropeenibiokomposiitit.* [kandidaatintutkielma, Oulun yliopisto] <https://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202103191407>

Muoviteollisuus RY. (n.d.–a). *Muovien luokitus.*

[https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien\\_luokitus/](https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/)

Muoviteollisuus RY. (n.d.–b). *Muovien tuotantomenetelmät.*

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/tuotantomenetelmat/>

Muoviteollisuus RY. (n.d.–c). *Muovin määrittely.*

[https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovin\\_maarittely/](https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovin_maarittely/)

Neste. (2022). *Jätemuovin kemiallinen kierrätys vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja fossiilisten luonnonvarojen ehtymistä*. <https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/ratkaisut/muovit/torjumme-muovisaastetta-yhdessa-kumppaneiden-kanssa/jatemuovin-kemiallinen-kierratys-vahentaa-kasvihuonekaasupaastoja-ja-fossiilisten-luonnonvarojen-ehtymista>

Opetushallitus. (n.d.–a). *Ekosysteemipalvelut*. <https://www.oph.fi/fi/oppimateriaali/luovasti-luonnonvaroista/suomen-luonnonvarat/ekosysteemipalvelut>

Opetushallitus. (n.d.–b). *Taloudellinen kestävyys ja kuluttaminen*. <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/taloudellinen-kestavyys-ja-kuluttaminen>

Pirinen, H. (2014). *Esimies muutoksen johtajana*. Alma talent.

Pohjakallio, M. (2013). *Muovi-ilmiö*. Muoviteollisuus RY. [https://www.plastics.fi/document.php/1/134/muovi-ilmiö\\_virikekooste/d6b55c8d0cfcf0c071a88d52b18ff222](https://www.plastics.fi/document.php/1/134/muovi-ilmiö_virikekooste/d6b55c8d0cfcf0c071a88d52b18ff222)

Raittonen, N. (2023). *PC ja PP-muovien kierrätysmahdollisuuksien kartoittaminen*. [insinööriyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu] <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023051210361>

ScienceDirect. (n.d.). *Polycarbonate*. <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/polycarbonate>

Sitra. (2014). *Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle*. <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia84-1.pdf>

Sitra. (10.11.2022). *Kiertotalous tulevaisuuden työelämässä*. <https://www.sitra.fi/julkaisut/kiertotalous-tulevaisuuden-tyoelamassa/>

Statista. (2023). *Oil consumption worldwide from 1998 to 2022*. <https://www.statista.com/statistics/265239/global-oil-consumption-in-barrels-per-day/>

Stockholm Resilience Centre. (n.d.). *Contributions to Agenda 2030*. <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2017-02-28-contributions-to-agenda-2030.html>

Suomen YK-liitto. (n.d.). *Kestävän kehityksen tavoitteet*. <https://www.ykliitto.fi/kestava-kehitys>

THL. (5.12.2023). *Sosiaalisesti kestävä kehitys*. <https://thl.fi/fi/web/hyvinvointi-ja-terveyserot/tavoitteet/sosiaalisesti-kestava-kehitys>

United Nations. (n.d.). *The 17 goals*. <https://sdgs.un.org/goals>

United Nations. (2022). *World Population Prospects 2022*.  
<https://population.un.org/wpp/DataQuery/>

Vilkka, H. (2021). *Näin onnistut opinnäytetyössä*. PS-Kustannus.

WasteWise Group Oy. (3.7.2023). *Ilmastorahastolta 4,2M€ Wastewiselle vaikeasti kierrätettävien muovien uusiokäyttöön*. <https://www.ilmastorahasto.fi/ilmastorahastolta-42me-wastewiselle-vaikeasti-kierratettavien-muovien-uusiokayttoon/>

WasteWise Group Oy. (n.d.). *Teknologia*. <https://www.wastewise.fi/>

World Economic Forum. (2019). *It's time for the circular economy to go global - and you can help*. <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/its-time-for-the-circular-economy-to-go-global-and-you-can-help/>

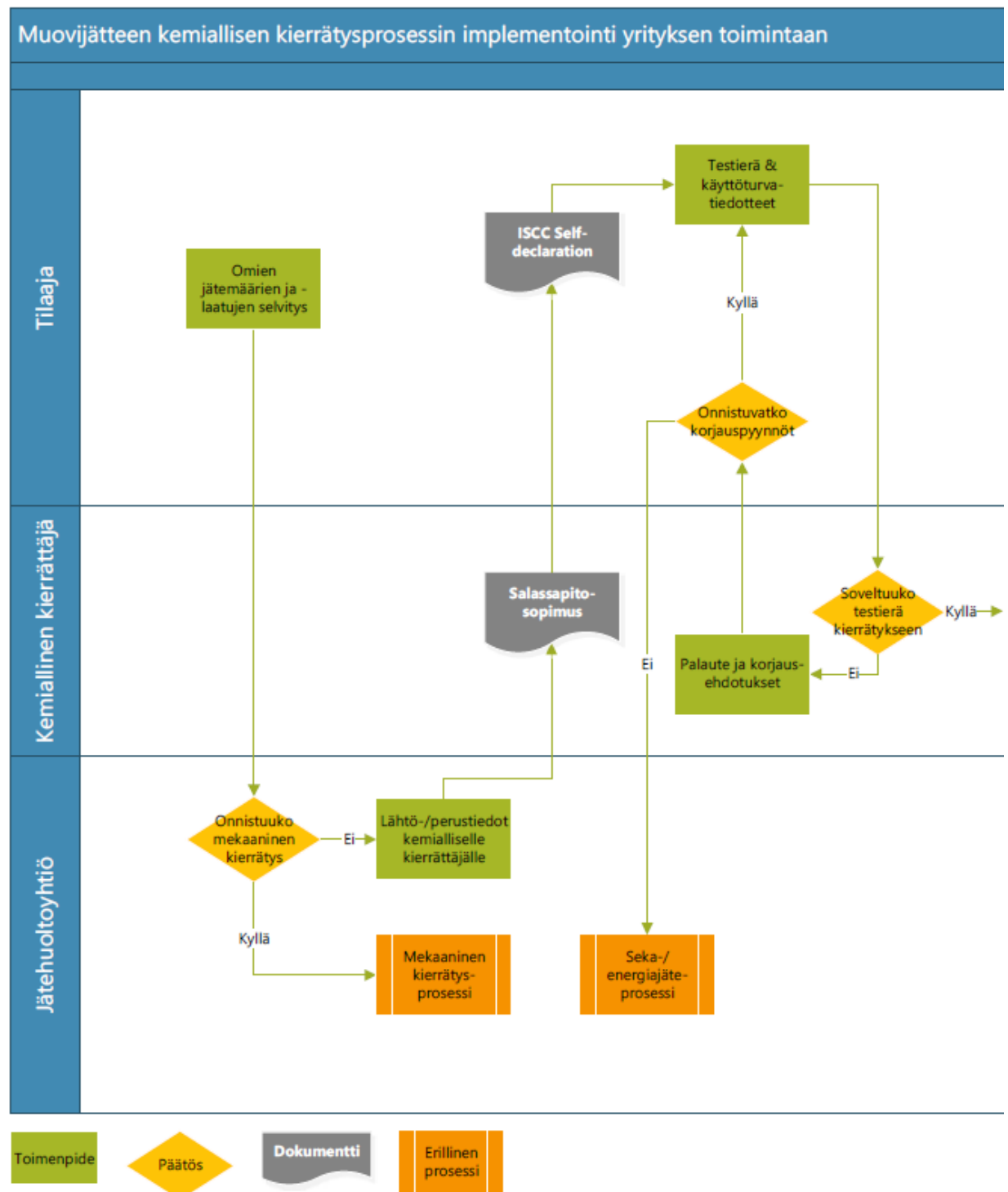
WWF. (31.3.2023). *Suomen ylikulutuspäivä on tänään – Ylitämme kestävä kulutuksen rajat noin nelinkertaisesti*. <https://wwf.fi/uutiset/2023/03/suomen-ylikulutuspaiva-on-tanaan-ylitamme-kestavan-kulutuksen-rajat-noin-nelinkertaisesti/>

Ympäristöministeriö. (15.3.2023). *Mitä on kestävä kehitys*. <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>

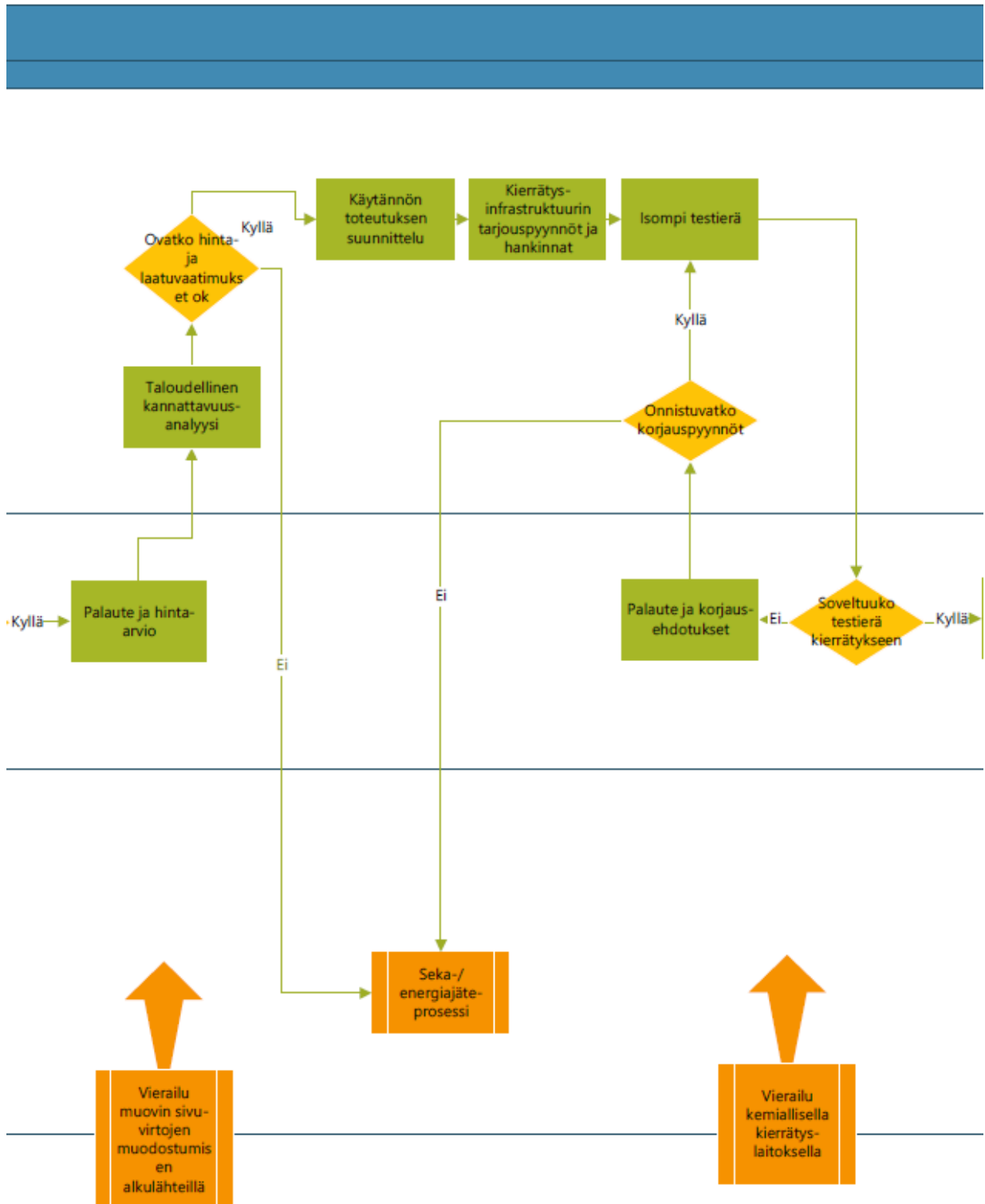
Ympäristöministeriö. (2022). *Muovin arvoketju*.  
<https://ym.fi/documents/1410903/42733297/Muovin+arvoketju+-kuva.png/54179085-051f-7bb0-1b0a-d7690b61017f?t=1681804352613>



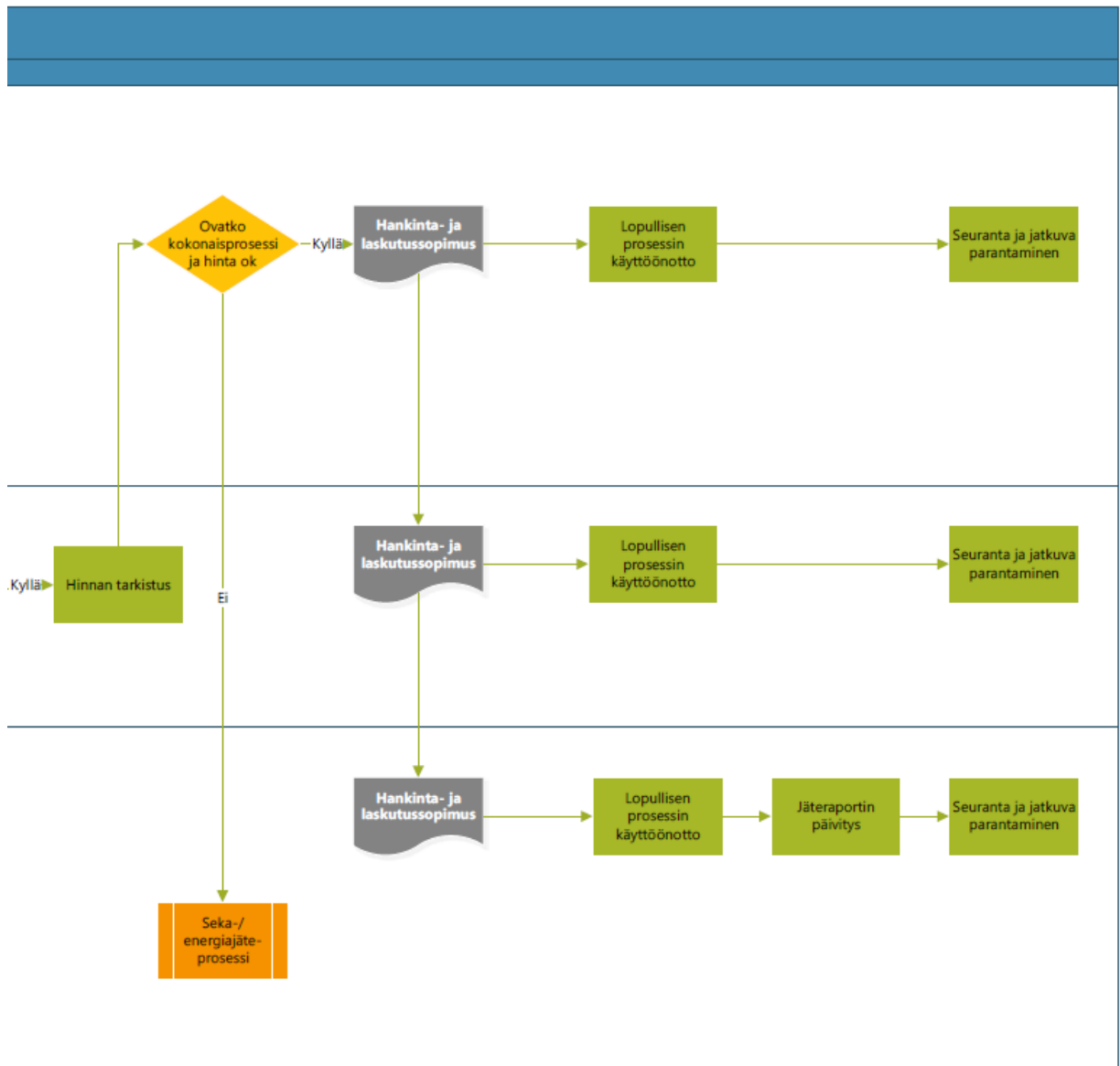
## Liite 1. Prosessikaavio suurennettuna osa 1.



Liite 1. Prosessikaavio suurennettuna osa 2.



Liite 1. Prosessikaavio suurennettuna osa 3.





## Liite 2. Lajitteluastioiden ohjeistus



**ABB**

### **PP-MUOVINKERÄYSASTIA**

#### **TÄHÄN AINOASTAAN ROMUTETTUJA PP-TUOTTEITA**

ROMUTETUT TUOTTEET KIPATAAN TÄSTÄ ASTIASTA  
ULKONA SIJAITSEVAAN PRÄSSIIN.  
KUN PRÄSSI ON TÄYNNÄ, TUOTTEET LÄHTEVÄT NOKIALLE  
KEMIALLISEEN KIERRÄTYKSEEN JA NIISTÄ TULEE TAAS ÖLJYÄ  
PYROLYYSIN AVULLA.  
ÖLJY KÄYTETÄÄN MUOVITUOTTEISIIN, EI POLTTOAINEEKSI.  
TÄLLÄ TAVALLA UUSIOÖLJYÄ TARVITAAN VÄHEMMÄN,  
RAAKA-AINEET PYSYVÄT KÄYTÖSSÄ, LUONNONVAROJA SÄÄSTYÄ  
JA HIILIJALANJÄLKEMME PIENENEÄ.

**KIITOS KUN LAJITTELET!**