

BIOMUOVI- OPAS



SISÄLLYS

JOHDANTO	7
BIOMUOVIENTEN HISTORIAA	8
BIOMUOVIENTEN NYKYTILAA	9
BIOMUOVIENTEN TULEVAISUUS	13
BIOPOHJAISSUUS	14
BIOHAJOAVUUS	17
KOMPOSTOITAVUUS	23
BIOMUOVIT	27
Biopohjaiset, ei-biohajovat muovit	27
Bio-PET	27
Bio-PE	27
Bio-PP	28
Bio-PA	28
PEF	28
Biopohjaiset, biohajovat muovit	29
PLA	29
PHA:t	29
Selluloosapohjaiset	29

Tärkkelyspohjaiset	29
PBS	30
PGA	30
Biohajovat, ei-biopohjaiset muovit	30
PCL	30
PBAT	30
LISÄ- JA TÄYTEAINEET	33
BIOMUOVIENTEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	34
KIERRÄTYS	36
YHTEENVETO	38
SANASTO	40
KIRJALLISUUTTA	42



JOHDANTO

Biomuovien yleistymistä ohjaavat erilaiset globaalit markkina-ajurit. Ilmastonmuutos ja sen torjunta ohjaavat parhaillaan toimia kaikilla toimialoilla. Hiilineutraalius ja irtautuminen fossiilisista raaka-aineista on otettu yleiseksi tavoitteeksi, johon pääseminen vaatii laajoja toimenpiteitä. Osa on hyvinkin pieniä muutoksia, mutta osa myös valtavia uudistuksia ja suunnanmuutoksia. Globaalin jätehuollon ongelmat ohjaavat osaltaan etsimään ratkaisuja, joilla jätehuollon puutteen aiheuttamia ongelmia voitaisiin minimoida. Asenteissa ja kuluttajien käyttäytymisessä on meneillään suuri muutos kohti tiedostavampaa kuluttamista.

Erilaisten ajureiden ohjaamana bio- ja kiertotalous kehittyy tällä hetkellä huimaa tahtia. Erityisesti biopohjaisten ja biohajoavien materiaalien ominaisuuksien, saatavuuden ja laadun parantamiseen panostetaan valtavasti.

EU julkaisi tammikuussa 2018 muovistrategian, jossa linjattiin, että muovituotteita tulee kehittää Euroopassa uusiutuvaan ja kierrätettävään suuntaan. Samoja tavoitteita tukevat myös EU:n kiertotalouspaketti sekä Single Use Plastics –direktiivi (SUP). Suomessa valmisteltiin muun muassa

näihin muutoksiin valmistava Muovitiekartta, joka julkaistiin 16.10.2018. Tiekartta sisältää 10 toimenpidekokonaisuutta, joista yhtenä toimenpiteenä mainittiin, että panostetaan isosti korvaaviin ratkaisuihin ja perustetaan New Plastics –osaamisverkosto.

New Plastics Center NPC perustettiin vuonna 2019 Muovipoli Oy:n yhteyteen. Yhtenä tavoitteena on jakaa biomuoveihin liittyvää tietoa osaamisverkoston jäsenille. Tähän tiedonjakotavoitteeseen liittyen päätettiin kirjoittaa tämä biomuovien perusopas. Oppaan tarkoituksena on jakaa tietoa biomuovien nykytilasta ja tulevaisuuden näkymistä sekä selkiyttää biomuoveihin liittyvää termistöä.

New Plastics Center NPC:ssä on huomattu, että biomuoveihin liittyy paljon epäselvyyksiä ja virheellisiäkin käsityksiä tiedonpuutteen vuoksi sekä terminologian ja määritelmien sekavuudesta johtuvaa hämmennystä.

Oppaan on koostanut Muovipoli Oy ja se julkaistaan yhteistyössä Muoviteollisuus ry:n kanssa.

BIOMUOVIEIN HISTORIAA

Ihmiset ovat hyödyntäneet luonnonpolymeerejä peräti tuhansien vuosien ajan. Näissä ensimmäisissä tapauksissa kyseessä ovat olleet käytännössä sellaisenaan käytettävissä olevat luonnonpolymeerit, kuten Kerria lacca –hyönteisten kuoresta saatava, vielä nykyisinkin käytössä oleva sellakka. 1500-luvulla kehitettiin puutöiden koristelussa käytetylle kaseiinipohjaiselle materiaalille valmistusresepti. Myös luonnonkumia (guttaperkka) on hyödynnetty teollisesti jo 1840-luvulta lähtien. 1800-luvulla kehitettiin erilaisia selluloosajohdannaisia, kuten nitroselluloosa ja termoplastinen selluloidi. 1900-luvun ensimmäisinä vuosina kehitettiin termoplastinen selluloosa-asetaatti ja sellofaani. Polylaktidi, PLA, kehitettiin 1932 DuPontilla.

Muovit ovat alkujaan olleet biopohjaisia ja ne on kehitetty korvaamaan kallista norsunluuta, jonka käyttö lisäksi uhkasi ajaa norsukannat lähes sukupuuttoon. Yksi ensimmäisistä norsunluuta korvaavista materiaaleista oli Alexander Parkesin 1862 kehittämä selluloosapohjainen ”parkesiini”. Kyseisellä materiaalilla oli kuitenkin lukuisia ongelmia, kuten syttymisherkkyys, halkeilu ja tarvittavien raaka-aineiden korkea hinta. Sen sijaan John Wesley Hyatt onnistui tekemään kestävämpää selluloosapohjaista muovia, selluloidia. Tästä materiaalista yritettiin saada uusi raaka-aine biljardipalloihin, joihin aiemmin käytettiin nor-

sunluuta, mutta myös Hyattin kehittämä selluloidi oli sen verran herkkää syttymään, että sitä ei voitu kuluttajakäytössä käyttää. Materiaalia käytettiin kuitenkin esimerkiksi filmien materiaalina, kunnes selluloosa-asetaatti korvasi selluloidin filmikäytössä 1950-luvulla.

Lopulta muoveja alettiin kuitenkin valmistaa öljystä, koska sitä oli reilusti saatavilla ja muovin jalostaminen siitä oli helppoa ja edullista. PLA:n kehitys oli saatu 1950-luvulla jo teolliseen mittakaavaan, mutta sen valmistus ja käyttö lakkautettiin tuolloin öljypohjaisten muovien ottaessa valta-aseman. Vastaavalla tavoin kävi lopulta 1960-luvulla myös PHA:lle ja PHB:lle.

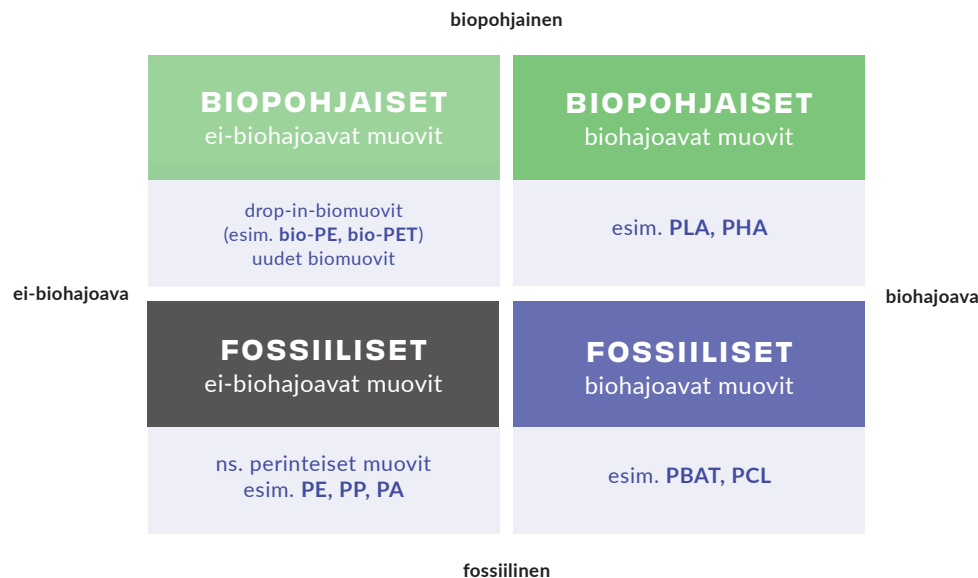
” Muovit ovat alkujaan olleet biopohjaisia ja ne on kehitetty korvaamaan kallista norsunluuta.

BIOMUOVIEIN NYKYTILA

Kun puhutaan biomuoveista, on tärkeää määritellä mitä tällä termillä tarkoitetaan. Biomuovi-termi sellaisenaan ei kerro juuri mitään, eikä termi ole yksiselitteinen. Muovit voidaan jakaa **kuva 1** mukaiseen nelikenttään. Biomuoveihin lasketaan kuuluvaksi kaikki muut paitsi vasemman alanurkan fossiiliset ei-biohajoavat muovit. Biomuoviksi jakautuvat raaka-ainepohjan mukaan biopohjaisiin ja fossiilisiin muoveihin sekä loppukäyttämisen mukaan biohajoaviin ja ei-biohajoaviin.

Näihin termeihin paneudutaan tarkemmin myöhemmin tässä oppaassa.

Biomuoveista käytetään toisinaan erilaisia termejä, kuten biomateriaali tai uusiutuva materiaali. Tämä saattaa helposti aiheuttaa väärinkäsityksiä, jolloin kuluttajat eivät välttämättä hahmota miten tuote tai pakkaus tulisi lajitella. Pahimmillaan voi syntyä mielikuva, että tuotteen tai pakkauksen voisi heittää luontoon.



Kuva 1 Muovien nelikenttäjaottelu

Biopohjaisten muovien raaka-ainelähteet voidaan jakaa eri sukupolviin esimerkiksi seuraavalla tavalla.

RAAKA-AINELÄHTEET



ENSIMMÄINEN SUKUPOLVI

- paljon hiilihydraattia sisältävät kasvit (esim. sokeriruoko, maissi ja muita maatalouden tuotteita)
- etuna on etenkin nopea kasvutahti

TOINEN SUKUPOLVI

- selluloosa ja ei syötäviä ruuantuotannon sivuvirtoja ja rehukasveja (myös esimerkiksi erilaiset puutisleet, kuten mäntyöljy)



KOLMAS SUKUPOLVI

- levät, hiilidioksidi, metaani yms.
- vielä monin osin kehitysvaiheessa olevia raaka-aineita



Toistaiseksi tehokkaimpia, kannattavimpia ja eniten käytettyjä raaka-ainelähteitä ovat ensimmäiseen sukupolveen kuuluvat erilaiset maatalouspohjaiset raaka-aineet, kuten maissi ja sokeriruoko.

Biomuovien kokonaistuotantomäärä on nykyisin hieman yli 2 miljoonaa tonnia. Tämä tarkoittaa alle yhtä prosenttia muovien kokonaistuotantomäärästä. Biomuovien tuottamiseen käytetään tällä hetkellä <0,02 % maailman peltopinta-alasta ja nykyisellä kasvutahdilla peltopinta-alan käyttö olisi noin 0,02 % vuonna 2023. Biopohjaisten muovien kokonaistuotantovolyyminen ei-biohajoavien osuus on hieman alle puolet. Biohajoavien muovien osuus kokonaistuotantovolyyminen on noin 55 % ja näistä suurimmat tuotantovolyymit ovat tärkkelyspohjaisilla muoveilla ja PLA:lla.

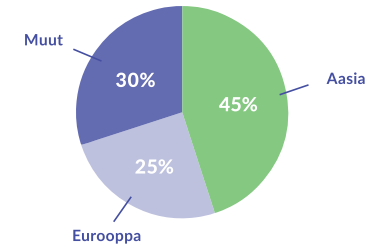
European Bioplastics julkaisee omilla kotisivuillaan säännöllisesti biomuovien tuotantovolyymeja ja jaotteluja materiaaleittain.

<https://www.european-bioplastics.org/market/>

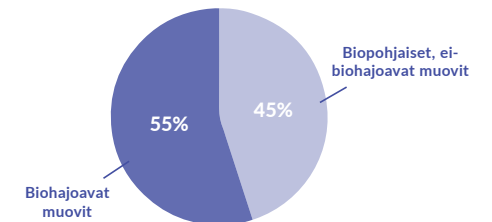
Biomuovien tuotannosta 45 % tapahtuu tällä hetkellä Aasiassa. Euroopassa tuotetaan noin neljäsosa, mutta Euroopan osuus on kasvussa. Eurooppa on kuitenkin biomuovien tutkimuksen ja tuotekehityksen kärkeä ja biomuoviteollisuuden suurin markkina.

Biopohjaisia muoveja käytetään tällä hetkellä eniten erilaisiin pakkauksiin (yli 53 % vuonna 2019). Toiseksi eniten biopohjaisia muoveja käytetään tekstiileihin.

Tuotantokapasiteetin jakautuminen alueittain



Tuotantokapasiteetin jakautuminen biomuovityypeittäin



Vuonna 2019 biopohjaisia muoveja käytettiin yli



erilaisiin muovipakkauksiin.

Muoviala on parhaillaan suuren murroksen alla myös lainsäädännön osalta. Erilaiset pakkausten kierrätysvelvoitteet ja muun muassa SUP -direktiivi (Single Use Plastics) tulevat muuttamaan muovialaa. Lainsäädäntöpuoli on oppaan kirjoitushetkellä vielä esimerkiksi määritelmien osalta kesken, eikä sen vuoksi ole mahdollista kertoa täsmällisesti, miten tuleva lainsäädäntö tulee lopulta vaikuttamaan ja mitä se koskee. Lainsäädännössä ei oteta kantaa muovin raaka-ainepohjaan, joten kaikki muoveja koskeva lainsäädäntö koskee myös biomuoveja siinä missä se koskee fossiilista alkuperää oleviakin muoveja. Ei ole kuitenkaan poissuljettua, etteikö lainsäädäntöön voisi tulla tulevaisuudessa esimerkiksi erilaisia kannustimia, joilla ohjataan voimakkaammin uusiutuvien raaka-aineiden käyttöön.

Biopohjaisten muovien kohdalla muoviteollisuus joutuu pohtimaan kokonaan uusia eettisiä kysymyksiä, joita tällä teollisuuden alalla ei ole aiemmin tarvinnut miettiä. Biopohjaisten muovien raaka-aineeksi kasvatettavien kasvien viljely vie osittain pinta-alaa ruuantuotannolta ja osaa käytettävistä kasveista voitaisiin hyödyntää myös ihmisten tai eläinten ravintona. Vaikka biopohjaisten muovien tuotantomäärä ja siten niiden vaatiman viljelypinta-alan osuus on nykyisin hyvin pieni, tätä seikkaa ei voi täysin jättää huomioimatta ja sivuuttaa. Viljelypinta-alan ja ruuantuotantoon sopivien raaka-aineiden käytön lisäksi biopohjaisten muovien raaka-aineiden vil-

jely voi aiheuttaa eroosiota sekä maan ja pintavesien rehevöitymistä. Metsien ja ruohotasankojen viljelykäyttöön muokkaaminen puolestaan vapauttaa ilmaan niihin varastoitunutta hiilidioksidia ja tuhoaa tärkeitä hiilinieluja. Kaiken kaikkiaan tulisi siis tarkkaan miettiä, mitkä raaka-ainelähteet ovat ekologisesti kestävimpiä biopohjaisten muovien valmistukseen.



BIOMUOVIENTULEVAISUUS

Biomuovien tuotanto- ja käyttömäärät kasvavat ennusteiden mukaan suhteellisen tasaisesti siten, että vuonna 2024 biomuovien tuotantomäärä olisi hieman yli 2,4 miljoonaa tonnia. Kulluttajien kasvanut ympäristötietoisuus, erilaiset hiilineutraaliustavoitteet sekä lainsäädännölliset seikat toimivat olennaisina ajureina biomuovien käytön kasvulle.

Biopohjaisista ei-biohajoavista muoveista biopohjaisen polyeteenin, bio-PE:n, kysyntä on viime vuosina kasvanut merkittävästi ja sen ennustetaan jatkavan edelleen kasvuaan. Bio-PE:lle on suunnitelmassa ottaa käyttöön uutta tuotantokapasiteettia Euroopassa. Joitakin vuosia sitten biopohjaisen polyeteenitereftalaatin, bio-PET:n, tuotannon ennustettiin kasvavan voimakkaammin kuin se on todellisuudessa kasvanut. Bio-PET:n sijaan mielenkiinto on kohdistunut polyeteenifuranooattiin (PEF). PEF:stä odotetaan tulevan PET:n biopohjainen korvaaja. PEF:a ei ole vielä saatavilla kaupallisesti, mutta sen odotetaan tulevan markkinoille lähivuosina. Myös biopohjainen polyporeeni tekee tuloaan laajemmassa mittakaavassa markkinoille. Esimerkiksi Neste ja LyondellBasell julkaisivat kesällä 2019 aloittavansa bio-PP:n kaupallisen tuotannon. Lisäksi syksyllä 2019 Neste ja

Borealis ilmoittivat myös aloittavansa yhteistyön bio-PP:n valmistamiseksi ja valmistus alkoi joulukuussa 2019. Biopohjaisten muovien markkinaosuuden kasvusta suuri osa kohdistuu erilaisiin pakkaussovelluksiin.

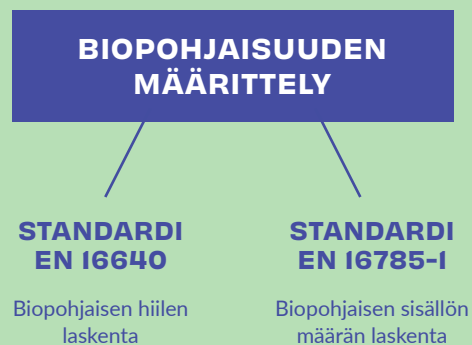
Tulevaisuudessa biomuoveja voidaan todennäköisesti valmistaa monista erilaisista raaka-ainelähteistä, jotka eivät vaadi esimerkiksi kasvien viljelyä. Yksi mahdollinen raaka-ainelähde tulevaisuudessa voi olla ilmakehässä oleva hiilidioksidi. Ilmakehän hiilidioksidista voidaan valmistaa esimerkiksi polyolefiineja. Islantilaisella Carbon Recycling International yhtiöllä on jo laitteisto, jolla pystytään valmistamaan hiilidioksidista ja vedystä metanolia, josta puolestaan on mahdollista valmistaa polyolefiineja. Tässä menetelmässä käytetään lähtöaineena geoperäistä hiilidioksidia ja veden elektrolyysillä saatavaa vetyä. Menetelmässä hiilidioksidin lähtöaineena voidaan kuitenkin käyttää esimerkiksi sellutehtaan biopohjaisessa poltossa syntyvää tai ilmasta kaapattua hiilidioksidia.

BIPOHJAISSUUS

Biopohjainen muovi tarkoittaa eloperäistä, uusiutuvaa alkuperää olevista raaka-aineista valmistettua muovia. Raaka-aineina voidaan käyttää esimerkiksi sokeriruokoa, sellua tai tärkkelystä. On myös huomioitava, että biopohjaisena markkinoitavat muovit voivat olla biopohjaisia joko kokonaan tai vain osittain. Biomuovien termistö aiheuttaa paljon sekaannusta ja sen vuoksi monet saattavat erehtyä luulemaan, että biopohjaisuus tarkoittaa myös biohajoavuutta. Näin ei kuitenkaan automaattisesti ole. Esimerkiksi erilaiset drop-in-biomuovit, kuten bio-PET ja bio-PE eivät ole biohajoavia. Drop-in-biomuovien ominaisuudet ja kemiallinen rakenne ovat täysin identtisiä fossiilisista raaka-aineista valmistettujen vastineidensa kanssa. Näin ollen myös niiden prosessoitavuus ja loppukäyttäytyminen on samanlaista kuin vastaavilla fossiilisilla muoveilla.

Biopohjaisuutta määritellään kahdella erilaisella tavalla. Standardin EN 16640 mukaisesti biopohjaisuutta määritellään biopohjaisen hiilen laskennan avulla hyödyntäen hiilen radioaktiivista isotooppia ^{14}C . Tämän isotoopin puoliintumisaika on noin 5700 vuotta, joten fossiilista alkuperää olevassa raaka-aineessa ei ole radioaktiivisuutta enää jäljellä. Näin ollen ^{14}C isotooppia

voidaan käyttää jäljittimenä biopohjaiselle hiilelle. Standardin EN 16785-1 mukainen biopohjaisen sisällön määrän laskenta on toinen, ehkä hieman vähemmän käytetty tapa määritellä muovin biopohjaisuutta. Nämä kaksi edellä mainittua standardia antavat yleensä hieman toisistaan poikkeavan lopputuloksen. Tämän vuoksi eri tavoilla määritellyt biopohjaisen sisällön määrät eivät ole aivan suoraan vertailukelpoisia, vaikka suuruusluokka onkin samaa tasoa.



Biopohjaisen muovin hyväksytty määritelmä antaa hyvinkin paljon liikkumatilaa sille kuinka iso osuus muovin raaka-aineesta on biopohjaista. Esimerkkinä tästä mainittakoon bio-PET, jonka biopohjainen sisältö voi olla esimerkiksi ainoastaan 30 % ja se luokitellaan silti biopohjaiseksi muoviksi. On siis syytä aina muistaa, että biopohjaisena markkinoidussa muovissakin voi olla jopa reilusti yli puolet fossiilista alkuperää.

On hyvin tyypillistä, että raaka-ainevalmistajat aloittavat biopohjaisten muovien valmistamisen lisäämällä fossiilisen raaka-aineen joukkoon pienen määrän biopohjaista raaka-ainetta ja nostavat osuutta pikkuhiljaa. Tällaisista muoveista puhutaan toisinaan myös **massatasebiomuoveina**. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että asiakas ostaa raaka-ainevalmistajalta tiettyä muovia ja raaka-ainevalmistaja puolestaan lupaa, että he käyttävät muovin valmistuksessa keskimäärin tietyn prosenttimäärän sertifioitua biopohjaista raaka-ainetta. Tätä voisi verrata esimerkiksi sähköön myyntiin. Asiakas voi solmia sähkömyyjän kanssa sopimuksen esimerkiksi vesivoimalla tuotetusta sähköstä, mutta asiakkaan kotona, tuotantolaitoksessa tai liiketilassa pistorasioista tuleva sähkö ei välttämättä ole kuitenkaan tuotettu vesivoimalla.

Biopohjaisista muoveista puhuessa on hyvä muistaa, että biopohjaisuus ei automaattisesti tarkoita pienempää ympäristökuormitusta fossiilipohjaisiin muoveihin verrattuna. Tähän vaikuttaa lopulta niin moni asia, että pelk-

kää raaka-ainepohjaa katsomalla kokonaiskuva jää huomioimatta ja saatetaan päätyä virheelliseen päätelmään. Tuotantomenetelmien ja raaka-ainelähteiden kehittyessä biopohjaisilla muoveilla on kuitenkin nykyistä suurempi mahdollisuus tarjota fossiilipohjaisiin verrattuna ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja.

” Biopohjaisilla muoveilla on mahdollisuus tarjota ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja.



BIOHAJOAVUUS

Kun otetaan aikajänteeksi tuhannet vuodet, kaikki muovit pilkkoutuvat ja hajoavat. Tätä ei kuitenkaan voida luokitella biohajoamiseksi, jossa biohajoavat muovit muuttuvat kohtuullisen ajan kuluessa mikro-organismien avulla hiilidioksidiksi tai metaaniksi sekä vedeksi ja biomassaksi. Biohajoavuudella tarkoitetaan siis tietynlaista muovin loppukäyttäytymistä. Biohajoavuuden osalta tulisi aina määritellä aika sekä olosuhteet, jossa materiaalin on tarkoitus biohajota, sillä biohajoavuus on ajasta ja ympäristöstä riippuvaista. On siis huomattava, että esimerkiksi maaperässä biohajoavaksi tarkoitettu materiaali ei välttämättä biohajoa lainkaan esimerkiksi vesiympäristössä tai se hajoaa niin hitaasti, että sillä ei ole käytännön merkitystä. On myös muistettava, että ollakseen biohajoava, tuotteen kaikkien komponenttien on oltava biohajoavia ja että biohajoavuus ei ota kantaa materiaalin raaka-aineeseen, joten se voi olla öljypohjainen (esim. PBAT) tai biopohjainen (esim. PLA). Biohajoamisen tehokkuuteen vaikuttaa polymeerin kemiallinen rakenne.

Koska biohajoavuus on riippuvaista sekä ajasta että olosuhteista, biohajoavuudelle on olemassa erilaisia standardeja eri olosuhteisiin, kuten kompostointi, maaperä ja meriympäristö. Esimerkkejä



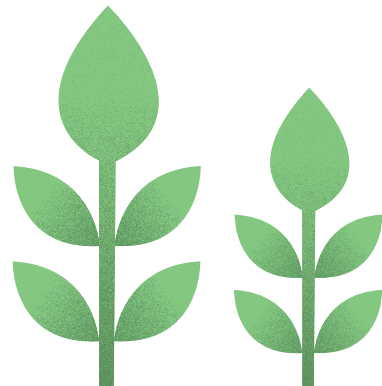
” Biohajoavuus on ajasta ja ympäristöstä riippuvaista.

näistä ovat EN ISO 17556 (Plastics — Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in soil by measuring the oxygen demand in a respirometer or the amount of carbon dioxide evolved) ja EN 14046 (Evaluation of the ultimate aerobic biodegradability and disintegration of packaging materials under controlled composting conditions - Method by analysis of released carbon dioxide). Muovipakkauksien osalta biohajoavuutta on määritelty standardin EN 13432 yhteydessä, joka määrittelee

kriteerit, joilla muovipakkaus on kompostoitava teollisessa kompostoinnissa. Yksi osa standardia on tuotteen biohajoavuus. Muovituotteille vastaavan sisältöinen on standardi ISO 14995. Lisäksi esimerkiksi TÜV Austria ja DIN Certco ovat kehittäneet omat kriteeristönsä biohajoavuudelle tietyissä ympäristöissä ja myöntävät näihin sertifikaatteja, jolloin tuotteeseen voi liittää sertifikaatin kertovan, kyseisten laitosten myöntämän merkin (kuva 2). Laajalti käytetty ja tunnustettu OK biodegradable soil -kriteeristö on toiminut myös pohjana uudelle, vuonna 2018 julkaisutulle standardille EN 17033 (Plastics - Biodegradable mulch films for use in agriculture and horticulture - Requirements and test methods). Kyseisessä standardissa määritellään kriteerit ja testimenetelmät biohajoaville maatalouskalvoille. Amerikkalaislähtöisen ASTM Internationalin ASTM-standardia biohajoavuudelle löytyy lukuisia, kuten esimerkiksi ASTM D6400.

Biohajoavuuden standardointi ja testaaminen luonnon olosuhteissa on vaikeaa, koska olosuhteet vaihtelevat merkittävästi paitsi eri vuodenaikojen, niin myös eri maiden välillä. Uusi, vuonna 2020 ilmestynyt standardi ISO 22403 määrittelee tavat, joilla voidaan osoittaa, onko muovilla potentiaalia hajota meriolosuhteissa.

Kotikompostissa tapahtuvaa biohajoamista ja sen testaamista ei ole ainakaan vielä standardoitu. Tähän on saatavilla vain erilaisia sertifikaatteja.



Kuva 2 TÜV Austria ja DIN Certco -merkit biohajoavuudelle

TÜV Austrian kriteeristöä biohajoavuudelle:

Maaperä (soil)

- Tuotteesta/materiaalista tulee toimittaa yksityiskohtainen kuvaus ja lisäksi vaaditaan kolmen testin läpäisy:
 - biohajoavuus (polymeerin kemiallinen hajoaminen)
 - ekotoksisuus (tuote/materiaali ei saa aiheuttaa haittaa kasveille)
 - raskasmetallipitoisuus
- Lopputuotteille merkin käyttö sallitaan vain sellaisissa tuotteissa, joilla on jokin funktio samassa ympäristössä (tässä maaperä), jossa niiden on tarkoitus biohajota
 - Tässä tapauksessa esimerkiksi erilaiset puutarha- ja maataloustuotteet

Merivesi (marine)

- Tuotteesta/materiaalista tulee toimittaa yksityiskohtainen kuvaus
- Tuote ei saa olla vedessä kelluva (sen tiheyden on oltava suurempi kuin 1,05 g/cm³)
- Merkin käyttö sallitaan vain lopputuotteille, joilla on jokin funktio samassa ympäristössä (tässä merivesi), jossa niiden on tarkoitus biohajota ja lisäksi niiden täytyy olla normaaleissa käyttöolosuhteissaan kellumattomia
- Kriteeristön pohjana amerikkalainen standardi **ASTM D 6691** "Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials in the Marine Environment by a Defined Microbial Consortium or Natural Sea Water Inoculum"

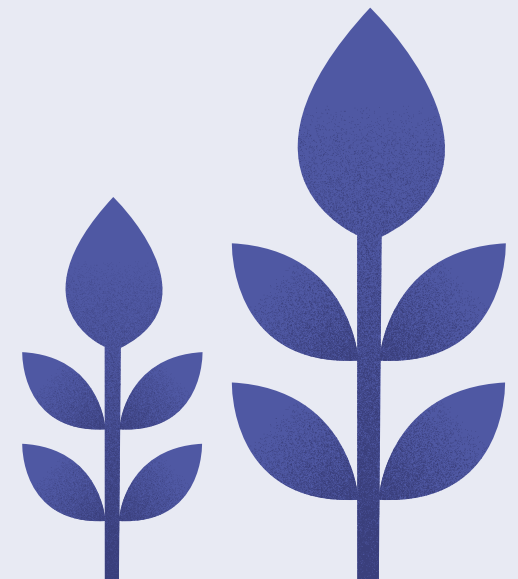
Vesiympäristö (water)

- Tuotteesta/ materiaalista tulee toimittaa yksityiskohtainen kuvaus ja lisäksi vaaditaan biohajoavuustestin läpäisyä
- Lopputuotteille merkin käyttö sallitaan vain sellaisissa tuotteissa, joilla on jokin funktio samassa ympäristössä (tässä vesi), jossa niiden on tarkoitus biohajota

DIN Certcon kriteeristöä biohajoavuudelle:

Merkki tarkoitettu maatalouskalvoille ja pohjautuu standardiin **EN 17033** ja siinä vaaditaan muun muassa seuraavien testien läpäisy:

- Kemiallinen analyysi
- Biohajoavuus maaperässä
- Ekotoksisuus (kasvit, kastemadot)
- Nitrifikaation estokoe maaperän mikro-organismeilla
- IR-spektri





KOMPOSTOITAVUUS

Muovin kompostoitavuudella tarkoitetaan sitä, että muovi hajoaa teollisessa tai kotikompostissa määrättyssä ajassa ja olosuhteissa. Teollisessa kompostissa kompostoitavuus on määritelty standardissa EN 13432. Tämän standardin mukaan muovin tulee biohajota kypsässä kompostissa tietyn ajan kuluessa siten, että materiaalissa olevasta hiilestä 90 % on muuttunut hiilidioksidiksi. Tämän lisäksi muovin täytyy hajota määrättyssä ajassa 90 prosenttisesti alle 2 mm paloiksi. Muovin on myös oltava haitaton sekä kompostointiprosessille että kompostin laadulle, eivätkä siinä olevat raskasmetallipitoisuudet saa ylittää asetettuja raja-arvoja. Eli, jotta tuotteen voidaan sanoa olevan kompostoitava, on materiaalin oltava biohajoavaa, materiaali ei saa olla ekotoksista eikä raskasmetalleja yli asetettujen raja-arvojen. Näiden lisäksi tuotteen tulee hajota standardin mukaisesti. Huomioitavaa on myös, että standardin määritelmät eivät tarkoita, että tuotteessa saisi olla 10 % biohajoamatonta materiaalia. Lisäksi tulee muistaa, että standardin EN 13432 mukaisesti kompostoituvaksi määritelty tuote ei välttämättä kompostoidu kotikompostissa tai siihen kuluu ainakin huomattavasti pidempi aika, sillä kotikompostin lämpötila on tyypillisesti reilusti alhaisempi

kuin kypsän teollisuuskompostin. Biopohjaisten muovien kompostoinnissa ei saada hajoamisenergiaa juurikaan talteen. Sen sijaan poltossa se katsotaan hiilineutraaliksi tuotannoksi.

Kompostoitavuudelle on muutamia logoja, jotka kertovat tuotteen täyttävän standardin EN 13432 vaatimukset. European Bioplasticsin omistama tuotemerkki on ns. itulogo (**kuva 3**). Itulogon saa myöntää TÜV Austria sekä DIN Certco ja se takaa, että tuote on sertifioitu EN 13432 standardin mukaisesti. Logon yhteydessä tulee aina olla myös rekisteröintinumero.



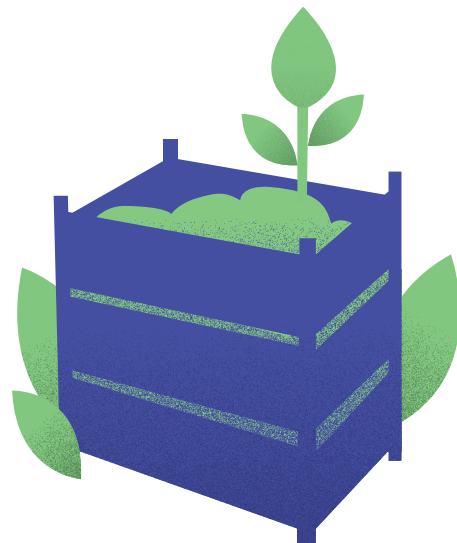
compostable

Kuva 3 European Bioplasticsin rekisteröimä tuotemerkki, ns. itulogo



Kuva 4 TÜV Austria OK -compost merkit

TÜV Austria myöntää itulogon lisäksi myös omaa OK Compost -merkkiä kompostoituville tuotteille (kuva 4). OK compost -merkkejä on kaksi erilaista. Toinen kertoo, että tuote on kompostoitava teollisessa kompostissa (OK compost INDUSTRIAL) ja toinen että tuote on kompostoitava kotikompostissa (OK compost HOME). OK compost INDUSTRIAL -merkki kertoo, että tuote täyttää kaikki EN 13432 standardin vaatimukset. OK compost HOME -merkin osalta tulee huomioda, että tämän merkin sertifiointin vaatimat testit eivät ole minkään standardin mukaisia. Testimenetelmä on kuitenkin kehitetty usean standardin pohjalta. OK compost HOME -sertifikaatin vaatimukset noudattelevat soveltuvin osin standardia EN 13432. Erona on esimerkiksi biohajoamistestauksen lämpötila. Testi tulee suorittaa 20-30 celsiusasteen lämpötilassa, joka vastaa kotikompostorin lämpötilaa. Biohajoaminen tulee tapahtua maksimissaan 12 kuukauden kuluessa.



Myös DIN Certco sertifioi ja myöntää omaa kompostoitavuusmerkkiään itulogon lisäksi (kuva 5). Industrial compostable -merkki kertoo, että tuote on kompostoitava teollisessa kompostissa ja täyttää kaikki standardin EN 13432 vaatimukset. Home compostable -merkki kertoo, että tuote kompostoituu teollista kompostia matalammissa lämpötiloissa kotikompostorissa. Sertifikaatti pohjautuu useampaan eri standardiin, ja sen saadakseen täytyy läpäistä seuraavat testit:

- Kemiallinen karakterisointi
- Biohajoavuus
- Hajoavuus (fyysisesti)
- Ekotoksisuus (kasvit ja kastemadot)

Oxo-hajoavat muovit ovat tavallisia fossiilipohjaisia muoveja, joihin on lisätty sellaisia lisäaineita, jotka nopeuttavat muovin hajoamista. Tällaiset muovit eivät ole biomuoveja eikä niitä voi kompostoida. Oxo-hajoavat muovit pilkkoutuvat pienen pieniksi partikkeleiksi kuten tavanomaiset fossiilipohjaiset muovit, mutta pilkkoutuminen tapahtuu vain nopeammin. Lopputuotteena ei synny hiilidioksidia tai metaania sekä biomasaa ja vettä, joten sitä ei voida pitää biohajoavana. Oxo-hajoava muovi ei myöskään sovi mekaaniseen kierrätykseen eikä biojätteen keräykseen.



Kuva 5 DIN Certcon kompostoitavuusmerkit



BIOMUOVIT

Tässä luvussa esitellään erilaisia biomuoveja. Luvussa on lyhyt katsaus biopohjaisiin ei-biohajoaviin muoveihin, biopohjaisiin biohajoaviin muoveihin sekä biohajoaviin ei-biopohjaisiin muoveihin. Listaus ei ole kaiken kattava, vaan myös muita biomuoveiksi laskettavia muoveja voi löytyä. Lisäksi on huomattava, että monia biomuoveja käytetään myös erilaisina sekoitteina (esim. tarkkelyspohjaiset muovit sekoitteina PHA:n tai PLA:n kanssa).

Biopohjaiset, ei-biohajoavat muovit

Biopohjaisten, ei-biohajoavien muovien joukkoon kuuluu sekä niin sanottuja drop-in-biomuoveja että sellaisia biomuoveja, joilla ei ole fossiilista alkuperää olevia vastineita. Drop-in-biomuoveja kuvataan jo vakiintuneeksi muodostuneella tavalla liittämällä muovin lyhenteen eteen lisämääre ”bio” (esim. bio-PE). Tämä toki kertoo suoraan, että kyseessä on jollakin tavalla ”bio” materiaali, mutta etenkin kuluttajien silmissä tämä voi aiheuttaa väärinkäsityksiä. Kuluttajat saattavat erehtyä luulemaan, että etuliite ”bio” kertoo materiaalin olevan biohajoavaa.

Bio-PET

Polyestereistä käytetyin maailmanlaajuisesti on polyeteenitereftalaatti (PET). PET:a käytetään erilaisissa jäykissä rasioissa ja ruokapakkauksissa, kuten tomaattirasioissa. Tunnetuin PET:n käyttö kohde on kuitenkin virvoitusjuomapullot. Biopohjaisista bio-PET -laaduista, joita on kaupallisesti saatavilla, suurin osa on vain osittain biopohjaisia. Bio-PET:ssä käytettävästä biopohjaisesta raaka-aineesta valtaosa tulee tällä hetkellä sokeriraa-ka-aineista. Taloudelliset näkökulmat ovat toistaiseksi jarruna täysin biopohjaisen bio-PET:n valmistukseen. PET valmistetaan polymeroimalla etyleeniglykolia ja tereftaalihappoa. Näistä ensin mainittua valmistetaan nykyisin myös biopohjaisena. Biopohjaista tereftaalihappoa on toistaiseksi vielä saatavilla hyvin vähän ja lisäksi se on kallista.

Bio-PE

Polyeteeni (PE) on käytetyin muovi maailmassa. Polyeteenistä on olemassa useita eri tyyppisiä. PE-LD tarkoittaa matalatiheyksistä polyeteeniä ja sitä käytetään tyypillisesti erilaisissa kalvo- ja pakkaussovelluksissa. PE-HD tarkoittaa suuri-
tiheyksistä polyeteeniä ja sen käyttökohteet ovat

varsin laajat. Siitä valmistetaan esimerkiksi erilaisia läpinäkyvättömiä pullomaisia pakkauksia (kuten pesuainepulloja), putkia, kastelukannuja, ämpäreitä, leluja, pullonkorkkeja jne. Biopohjainen bio-PE on rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan täysin vastaava kuin fossiilipohjainen vastineensa, mutta se on valmistettu osittain tai kokonaan biopohjaisista raaka-aineista. Pääasiallinen raaka-aine bio-PE:n valmistuksessa on tällä hetkellä bio-etanoli, jota maailman mittakaavassa valmistetaan paljon sokeriruo'osta. Yksi tunnetuimmista biopohjaisista polyeteeneistä on sokeriruo'osta valmistettava I'm green™ PE, jota valmistaa Braskem.

Myös muita raaka-ainelähteitä on mahdollista käyttää bio-PE:n valmistuksessa ja kiinnostus ei-ruokaperäisiin sekä jäteperäisiin raaka-aineisiin on suurta. Esimerkiksi Neste ja LyondellBasell tekevät yhteistyötä biopohjaisen polyeteenin tuottamiseksi kaupallisessa mittakaavassa. Tässä raaka-aineena on tarkoitus käyttää Nesteen biodieseliä, joka valmistetaan pääosin erilaisista jäterasvoista ja tähteistä. UPM ja DOW puolestaan tekevät yhteistyötä valmistaakseen biopohjaista polyeteeniä mäntyöljystä.

Bio-PP

Polypropeeni (PP) on polyeteenin ohella käytetyimpiä muoveja maailmassa. PP on ominaisuuksiltaan monilta osin saman tyyppinen kuin polyeteeni, mutta se kestää esimerkiksi lämpöä paremmin ja on hieman jäykempää. Biopohjaista polypropeenia on vielä hieman huonosti kaupallisesti saatavilla, mutta tuotantomäärät ovat kas-

vusuunnassa. Esimerkiksi LyondellBasellin Circulen -tuoteryhmästä löytyy bio-PP, jonka valmistuksessa on tehty yhteistyötä Nesteen kanssa. Tämän lisäksi Neste on julkistanut yhteistyön myös Borealiksen kanssa. Tämän yhteistyön myötä Borealis on aloittanut joulukuussa 2019 biopohjaisen polypropeenin valmistamisen. Raaka-aineena käytetään Nesteen valmistamaa uusiutuvaa propania. Ainakin aluksi Borealiksen bio-PP on osittain biopohjaista.

Bio-PA

Polyamidi (PA) on jäykkä, mutta sitkeä muovi ja siitä on olemassa useita eri tyyppisiä, jotka erotetaan toisistaan nimen/lyhenteen perään laitetavalla numerolla (esim. PA6). Toisinaan polyamidia kutsutaan myös nimellä nylon. Polyamidit ovat hydrofiilisiä eli ne imevät paljon vettä, joka vaikuttaa polyamidituotteen ominaisuuksiin. Polyamidia löytyy sekä osittain että täysin biopohjaisena. Raaka-aineina monissa biopohjaisissa polyamideissa käytetään risiiniöljyä. Polyamidit sopivat ominaisuuksiensa puolesta vaativampiin käyttökohteisiin. Bio-PA:n kysyntä on kovassa kasvussa ja myös sen tuotanto kasvaa.

PEF

Tällä hetkellä polyetylenifuranoaattiin (PEF) kohdistuu valtavia odotuksia. PEF:stä kaavailaan täysin biopohjaista PET:n korvaajaa. PEF on ominaisuuksiltaan monin osin vastaava kuin PET, mutta esimerkiksi sen termiset ja barrier-ominaisuudet ovat jopa parempia kuin PET:lla. PEF:n ennustetaan tulevan markkinoille lähivuosina. PEF:a

on teknisesti mahdollista kierrättää mekaanisesti omana jakeenaan. Tuotantomäärät ja sitä kautta kierrätykseen tulevat määrät tulevat olemaan ainakin aluksi niin pieniä, että käytännössä omana jakeena kierrätys ei ole järkevää. Joissakin tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että PEF:a voisi olla tiettyssä suhteessa mukana PET:n kierrätysjakeessa ilman, että se heikentää kierrätysjakeen ominaisuuksia. Se, miten PEF:n kierrätys lopulta käytännössä toimii ja onnistuu, jää kuitenkin nähtäväksi vasta tulevaisuudessa materiaalin tullessa markkinoille.

Biopohjaiset, biohajoavat muovit

Tähän joukkoon kuuluu erilaisia biopohjaisia muoveja, jotka ovat myös biohajoavia. Drop-in-bio-muoveja ei tästä kategoriasta löydy.

PLA

Polylaktidi (PLA) on yksi kenties tunnetuimmista biopohjaisista biohajoavista muoveista. Lääketieteessä käytetyistä biopolymeereistä PLA on yksi tärkeimmistä ja käytetyimmistä. Ominaisuuksiltaan PLA on usein polystyreenin kaltainen jäykkä, hauras ja läpinäkyvä. Siitä on kuitenkin saatavilla useita erilaisia laatuja erilaisiin käyttökohteisiin. Sopivia laatuja löytyy niin ruiskuvaluun kuin ekstruusioon. Myös paremmin lämmönkestäviä laatuja löytyy. Monet PLA-laaduista sopivat teolliseen kompostointiin. Polylaktidi on myös mahdollista kierrättää sekä mekaanisesti että kemiallisesti ja sen erottuvuus NIR-tekniikalla on

hyvä. PLA:n valmistajia ovat muun muassa NatureWorks ja Total Corbion.

PHA:t

Polyhydroksialkaonaatit eli PHA:t ovat biopohjaisia polyestereitä, jotka biohajoavat nopeasti. Raaka-aineena voidaan käyttää glukoosia, joka puolestaan voidaan valmistaa muun muassa erilaisista kasviöljyistä, kuten maissi-, palmu- tai soijaöljyistä. Ryhmän muoveista polyhydroksybutyraatti PHB on osakiteinen materiaali ja sopii hyvin ruiskuvaluun. Kalvosovelluksiin sopii paremmin sitkeämpi polyhydroksybutyraatti-co-valeraatti PHBV. PHA-muovit kestävät hyvin rasvoja, kosteutta ja kuumaa vettä. Valmistajia ovat muun muassa Tianjin ja Danimer Scientific.

Selluloosapohjaiset

Selluloosapohjaisista muoveista (CA, CAB, CAP) voidaan valmistaa kirkkaita kalvoja, joilla on hyvä kemikaalien ja rasvan sekä öljyn kesto. Selluloosapohjaisten muovien biohajoavuutta voidaan kontrolloida asetyloinnin asteella. Biohajoavuus katoaa propionaatti- tai butyraatti-komponenteilla, mutta ne parantavat materiaalin vedenkestoa sekä prosessoitavuutta. Käyttökohteita ovat esimerkiksi erilaiset kalvot, kammot ja silmälasien sangat. Valmistajia ovat muun muassa Eastman ja Daicel.

Tärkkelyspohjaiset

Tärkkelyspohjaisia muoveja valmistetaan muun muassa maissista, riisistä ja perunasta. Nämä ovat täysin biopohjaisia muoveja ja ne biohajoa-

vat helposti. Tärkkelyksestä saadaan termoplastista tuhoamalla kiderakenne. Ominaisuuksia voidaan muokata myös esimerkiksi asetyloinnilla. Tärkkelyspohjaisten muovien mekaanisia ominaisuuksia voidaan parantaa seostamalla tärkkelystä muiden muovien kanssa (esim. PBAT, PHA ja PLA). Tyypillinen käyttökohde tärkkelyspohjaisille muoveille on kompostoituvat biojätepusit. Valmistajat ovat muun muassa Novamont ja Biotec.

PBS

Polybuteenisukkinaatista (PBS) löytyy sekä uusiutuvista että fossiilisista raaka-aineista valmistettuja laatuja. Raaka-aineena käytetään esimerkiksi butaanidiolia, meripihkahappoa ja adipiinihappoa. Mitsubishi Chemical Corporation on patentoinut biopohjaisen PBS:n valmistuksen. PBS:n työstöominaisuuksia voidaan verrata polyeteeniin ja lisäksi se biohajoaa alhaisissa lämpötiloissa. Ominaisuuksiltaan PBS on usein joustava ja läpinäkyvä ja sillä on matala sulamispiste. Polybuteenisukkinaatti soveltuu joustopakkauksiin, kuidutukseen, seostamiseen ja pinnoitukseen ja se on elintarvikekelpoinen. PBS voidaan myös seostaa esimerkiksi PHA:n tai PLA:n kanssa.

PGA

Polyglykolihappo (PGA) on nopeasti biohajoava. Se on ominaisuuksiltaan jäykkä ja sillä on hyvät barrier-ominaisuudet. PGA sopii ruiskuvalun ja ekstruusion. Polyglykolihappoa on saatavilla kudosyhteensopivana ja näitä laatuja käy-

tetään muun muassa haavalangoissa. Polyglykolihappoa valmistaa esimerkiksi Kureha.

Biohajoavat, ei-biopohjaiset muovit

Tähän kategoriaan kuuluu muoveja, jotka on valmistettu fossiilisista raaka-aineista, mutta ovat silti biohajoavia.

PCL

Polykaprolaktoni (PCL) valmistetaan fossiilisista raaka-aineista ja se on biohajoavaa. PCL on läpinäkyvää ja sillä on erittäin alhainen lasisiirtymälämpötila. Tyypillisesti polykaprolaktonia käytetään muiden biopolymeerien tai tärkkelyksen kanssa seostettuna, jolloin PCL parantaa tuotteen joustavuutta. Polykaprolaktonia valmistaa muun muassa Dow Chemicals.

PBAT

Polybuteeni-adipaatti-tereftalaatti (PBAT) valmistetaan fossiilisista raaka-aineista ja se on biohajoavaa. PBAT on ominaisuuksiltaan joustavaa ja sitkeää. PBAT voidaan seostaa muiden muovien, kuten PLA:n ja tärkkelyspohjaisten muovien kanssa. Käyttökohteita ovat muun muassa maatalouden katekalvot, tuorekelmut ja pinnoitukset. PBAT:a valmistaa esimerkiksi BASF.

Biopohjaiset, ei-biohajoavat muovit

BIO-PET
BIO-PE
BIO-PP

BIO-PA
PEF

Biopohjaiset, biohajoavat muovit

PLA
PHA:T
PBS
PGA

SELLULOOSA-
POHJAISET

TÄRKKELYS-
POHJAISET

Biohajoavat, ei-biopohjaiset muovit

PCL
PBAT

LISÄ- JA TÄYTEAINEET

Polymeerien joukkoon lisätään tyypillisesti aina erilaisia lisäaineita muun muassa parantamaan muovin ominaisuuksia ja prosessoitavuutta sekä laskemaan hintaa. Lisäaineilla voidaan myös saada aikaan kokonaan uusia ominaisuuksia. Käytössä olevat lisäaineet ovat melko vakiintuneita, mutta biomuovien osalta niitä joudutaan yleensä miettimään hieman uudelleen, jotta lisäaineilla ei kumota biomuovien mahdollisia ympäristöhyötyjä.

Lisäaineet voidaan jakaa perinteisiin ei-biopohjaisiin (yleisesti käytössä fossiilisten muovien kanssa), biopohjaisiin sekä biohajoaviin lisäaineisiin. Biopohjaisten muovien kanssa olisi luonnollisesti ihanteellista käyttää myös biopohjaisia lisäaineita ja biohajoavien kanssa biohajoavia lisäaineita. Lisäksi tulisi ottaa huomioon, etenkin biohajoavien osalta, että käytetyt lisäaineet eivät sisällä ympäristölle haitallisia aineita.

Polymeerien joukkoon sekoitetaan usein myös erilaisia täyteaineita ja lujitteita, joiden tarkoituksena voi olla esimerkiksi alentaa materiaalin hintaa tai muuttaa mekaanisia ominaisuuksia haluttuun suuntaan. Tyypillisiä muoveissa käytettäviä täyteaineita ovat esimerkiksi kalsiumkarbonaatti ja talkki. Mekaanisista ominaisuuksista esimerkiksi lujuutta pyritään muokkaamaan lisäämällä muo-

vin joukkoon erilaisia lujitteita, kuten lasi- tai hiilikuitua. Tällöin puhutaan komposiittimateriaalista, jossa muovi toimii matriisimateriaalina. Biokomposiitista puhutaan tyypillisesti silloin, kun vähintään toinen käytettävistä materiaaleista on biopohjainen. Hyvin tyypillisenä esimerkkinä biokomposiitista voi käyttää puu-muovikomposiittia, jossa muovin (joko biopohjainen tai perinteinen fossiilinen muovi) sekaan lisätään puukuitua. Puu-muovikomposiiteista löytyy sopivia laatuja niin ekstruusioon kuin ruiskuvaluunkin.

LISÄ- JA TÄYTEAINEIDEN PÄÄTEHTÄVIÄ

Parantaa muovin ominaisuuksia

Parantaa prosessoitavuutta

Laskea hintaa

BIOMUOVIENTEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Hiilijalanjäljen laskeminen on tärkeää, kun arvioidaan muovituotteen vaikutuksia ilmastomuutokseen. Muiden ympäristönäkökulmien huomioimiseksi tarvitaan lisäksi muita laskelmia. Hiilijalanjälkeä laskettaessa arvioidaan tuotteen koko elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ja lopputulos ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenttina. Lisäksi laskennassa huomioidaan biopohjaiseen materiaaliin sen kasvun aikana sitoutunut hiilidioksidi sekä maankäytön muutoksen vaikutus hiilijalanjälkeen.

Hiilijalanjälkilaskennassa lopputulos on tyyppillisesti, että uusiutuvia, biopohjaisia raaka-aineita käyttämällä hiilijalanjälki pienenee fossiilisiin verrattuna. Tämä johtuu siitä, että poltettaessa fossiilisista raaka-aineista valmistettua muovia esim. voimalaitoksessa, materiaalin fossiilinen hiili vapautuu ilmaan hiilidioksidina. Biopohjaiset raaka-aineet sen sijaan sitovat hiilidioksidia kasvun aikana, toimivat hiilivarastona käytön aikana ja poltossa vapautuu vain materiaaliin jo aiemmin ilmasta sitoutunut hiilidioksidi. Täten kyseessä on kasvun aikana sitoutuneen ja poltossa vapautuneen hiilen osalta neutraali materiaali.

Biopohjaisella muovilla voisi olla rooli myös hiilidioksidin varastoinnissa CCS-tekniikalla (car-

bon capture and storage eli hiilidioksidin talteenotto ja varastointi). Tämä tarkoittaisi sitä, että biopohjainen muovi varastoidaan käytön päätteeksi paikkaan, jossa se ei hajoa vaan säilöön ja vähentää ilmakehän hiiltä, vähemmällä hapen sitomisella kuin epäorgaaniset CCS-tekniikat.

Biopohjaisten muovien käyttöön liittyy sellaisiakin ympäristönäkökulmia, joita ei fossiilisten muovien käytössä ole tarvinnut huomioida. Yksi suurimmista ympäristönäkökulmista koskee maankäytön muutosten arviointia. Tässä arvioidaan sitä, kuinka paljon kasvihuonekaasuja yhtiöltä sitoutuu ja toisaalta vapautuu. Lisäksi olisi hyvä selvittää millä tavoin biopohjaiset raaka-aineet vaikuttavat esimerkiksi biodiversiteettiin, maaperään tai vedenkulutukseen ja rehevöitymiseen. Näitä voidaan arvioida esimerkiksi laajalla elinkaarianalyysillä (LCA). Biopohjaisten raaka-aineiden käytön vaikutuksia veteen voidaan puolestaan arvioida vesijalanjälkeä laskemalla.

Muovien käytön lopettamista ehdotetaan toisinaan ratkaisemaan muovien aiheuttamia ongelmia. Kuitenkin ympäristön kokonaiskuormituksen kannalta muovi on useissa tapauksissa paras vaihtoehto, eikä sen käyttöä kannata tai edes voi kokonaan lopettaa. Muovien korvaaminen muilla

materiaaleilla kasvattaisi energian kulutusta pelkästään läntisen Euroopan alueella 22,4 miljoonaa öljytonnia vastaavalla määrällä vuosittain. Jos muovien käyttö lopetettaisiin kokonaan, nousisi Euroopan kasvihuonepäästöt vähintään 97 miljoonalla tonnilla. Kaiken kaikkiaan olennaista on valita oikea materiaali oikeaan käyttökohteeseen ja materiaalimäärä tulee optimoida siten, että sitä ei käytetä liikaa eikä liian vähän. Kokonaisympäristökuormitus tulee aina arvioida tapauskohtaisesti.

Power-to-x-tekniologialla voidaan valmistaa synteettisiä polttoaineita hyödyntäen ilmaa, vettä ja puhdasta sähköä. Ilmasta hyödynnetään hiilidioksidia tai tyyppiä ja vedestä vetyä. Lopputuotteina teknologiassa voi olla esimerkiksi metanoli, metaani, dimetyylieetteri ja ammoniakki. Näitä on mahdollista hyödyntää kemianteollisuuden raaka-aineina esimerkiksi muovien valmistuksessa ja metanolia, metaania sekä dimetyylieetteriä myös esimerkiksi kuorma-autojen ja laivojen moottoreissa.



Kokonaisympäristökuormitus tulee aina arvioida tapauskohtaisesti.

Muovien korvaaminen muilla materiaaleilla kasvattaisi energian kulutusta läntisen Euroopan alueella

22,4

miljoonaa öljytonnia vastaavalla määrällä vuosittain.

KIERRÄTYS

Muovien kierrätysmenetelmät voidaan jakaa karkeasti mekaaniseen ja kemialliseen kierrätykseen. Kompostoituvien muovien kierrätyksestä puhuttaessa on lisäksi otettava mukaan myös biojätteen kierrätysmenetelmät, kuten kompostointi ja mädätys. Näitä ei ole tarkoitettu varsinaisiksi muovien kierrätysmenetelmiksi, mutta koska kompostoituvia muoveja kuitenkin laitetaan biojätteen mukana kierrätyslaitoksille, tulee nämä myös huomioida. Muovin tuotantomäärillä ja sen myötä kierrätykseen tulevalla muovimäärällä on merkittävä vaikutus muovin kierrätysmahdollisuuksiin. Pienien muovimäärien kierrättäminen ei ole mahdollista, koska nykyiset kierrätysmenetelmät toimivat ja ovat kannattavia ainoastaan suurilla volyyymeilla. Kuten biomuovien nykytila kappaleessa kerrottiin, biomuovien kokonaistuotantomäärä on hieman yli 2 miljoonaa tonnia vuosittain, joka on alle 1 % muovien kokonaistuotantomäärästä. Iso osa biomuovien kokonaistuotannosta on drop-in-biomuoveja. Biohajoavista muoveista iso osa käytetään tuotteisiin, jotka on tarkoitettu biojätteen keräämiseen.

Teknisesti monia erilaisia biomuoveja on täysin mahdollista kierrättää mekaanisen kierrätyksen menetelmillä. Nykyisin laajasti käytössä ole-

valla infrapunaan perustuvalla tunnistusmenetelmällä (NIR-tekniikka), biomuoveja pystytään tunnistamaan hyvin. Erityisesti drop-in-biomuovit sujahtavat ongelmitta mekaaniseen kierrätykseen, koska ne ovat kemialliselta rakenteeltaan samanlaisia kuin fossiiliset vastineensa. Näin ollen niitä ei edes ole mahdollista erottaa kierrätyslaitoksella fossiilisista vastineistaan. Tämän vuoksi drop-in-biomuovit kiertävät samalla tavoin ja samoissa virroissa kuin vastaavat fossiiliset muovit. Biopohjaisista, ei-biohajoavista muoveista esimerkiksi markkinoille vasta tulossa oleva PEF voidaan kierrättää mekaanisesti. Kuitenkin sen tuotantomäärät tulevat aluksi olemaan niin pieniä, että se tulee todennäköisesti päätyään aluksi energiahyötykäyttöön. Vaikka biohajoavia muoveja ei ole tarkoitettu, eikä niitä ole suunniteltu kierrätettäväksi mekaanisesti, on esimerkiksi PLA:n kierrätys teknisesti mahdollista mekaanisen kierrätyksen menetelmillä. Käytännössä kuitenkin kierrätyslaitoksille päätyvät PLA-muovit ohjautuvat energiahyötykäyttöön.

Biohajoavia muoveja ja aivan erityisesti biojätteen keräämiseen tarkoitettuja biohajoavia muovikasseja voidaan kierrättää biojätteen mukana. Näiden osalta kotitalouksien täytyy kuitenkin tar-

kastaa lajitteluohjeet omalta jäteyhtiöltään, sillä eri puolilla maata biojätettä hyödynnetään jatkojalostukseen eri tavoin ja tämän vuoksi biojätteen lajitteluohjeissa on suuriakin eroja. Toisinaan biohajoavat muovikassit aiheuttavat esimerkiksi laitteisiin kiertymällä ja takertumalla erilaisia ongelmia biojätteen käsittelylaitoksilla. Kompostointiprosessit käsittelylaitoksissa ovat usein niin nopeita, että kompostoituviksi tarkoitettut muovit eivät kuitenkaan ehdi kompostoitua prosessin aikana. Tämän vuoksi muovia joudutaan usein seuloamaan pois kompostin seasta. Ongelmistaan huolimatta kompostoituvat muovikassit edesauttavat biojätteen erilliskeräystä tekemällä siitä hygieenisempää ja helpompaa. Tällä on vaikutusta sekajätteen joukkoon päätyvän biojätteen määrään, joka taas parantaa sekajätteen laatua, jolloin siitä saadaan energiaa talteen paremmin.

Kaikkia biomuoveja voidaan kierrättää myös kemiallisen kierrätyksen menetelmillä. Nämä menetelmät ovat kuitenkin vielä monin osin kehitysvaiheessa ja tässä kohti ei voida sanoa kuinka hyvin biomuovit lähtevät kiertämään kemiallisella kierrätyksellä.

Kaiken kaikkiaan biomuoveista parhaiten kiertävät siis drop-in-biomuovit. Kompostoituvat muovit kiertävät jossain määrin biojätteen joukossa. Kun biomuovien käyttömäärät tulevaisuudessa kasvavat tai onnistutaan kehittämään kierrätysteknologioita siten, että myös pienempien määrien kierrättämisestä tulee mahdollista, myös biomuovien kierrätys laajenee.



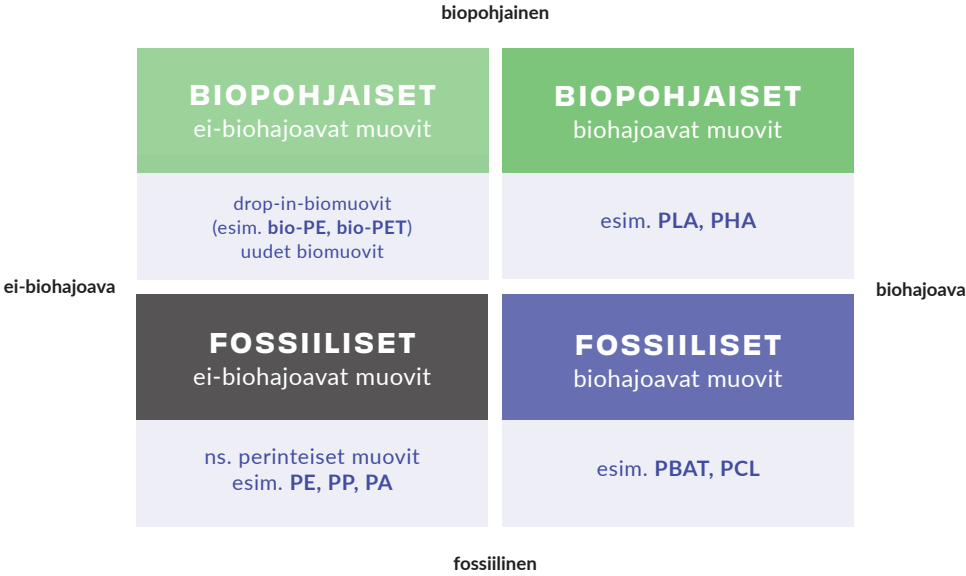
YHTEENVETO

Muovien raaka-ainepohja on vähitellen muuttu-
massa fossiilista raaka-aineista uusiutuvien raa-
ka-aineiden suuntaan. Materiaalit kehittyvät jat-
kuvasti parempaan suuntaan ja myös täysin uusia
raaka-aineita tulee markkinoille.

Terminä biomuovi on hieman hankala, sillä se ei
ole yksiselitteinen ja sillä voidaan tarkoittaa raa-
ka-ainepohjaltaan ja loppukäyttämislään erilai-
sia muoveja. Biomuovilla voidaan tarkoittaa bio-

pohjaista ei-biohajoavaa, biopohjaista biohajoavaa
sekä fossiilista biohajoavaa muovia. Biomuovia
voidaan kuitenkin pitää eräänlaisena kattotermi-
nä, kun puhutaan näistä kaikista yleensä. Tarkoi-
tettaessa pelkästään jotakin nelikentän (alla) tiet-
tyä osaa, olisi hyvä käyttää juuri sitä lokeroa vas-
taavaa termiä.

Biohajoavalla muovilla voidaan tarkoittaa sekä
biopohjaista biohajoavaa muovia (esim. PLA) tai



öljypohjaista biohajoavaa muovia (esim. PBAT).
Biopohjainen muovi ei välttämättä ole biohajoava
(esim. bio-PE) ja se voi olla joko osittain tai koko-
naan uusiutuvista raaka-aineista valmistettua. Bio-
pohjaisia muoveja voidaan valmistaa esimerkik-
si sokeriruo'osta, tärkkelyksestä tai selluloosasta.

Biohajoavuus ja kompostoitavuus ovat riippu-
vaista ajasta ja olosuhteista. Tämän vuoksi bioha-
joavien ja kompostoituvien muovien yhteydes-
sä tulisi aina mainita myös olosuhteet sekä ai-
ka, joissa muovin on määrä biohajota tai kom-
postoitua. Biohajoavuutta ja kompostoitavuut-
ta on määritelty useissa erilaisissa standardeis-
sa ja huomiotavaa on, että biohajoaviksi merki-
tyt muovit eivät välttämättä biohajoa luonnossa.

Muovien raaka-ainepohjan muutos fossiilisista
raaka-aineista kohti uusiutuvia on hyvä ja kann-
tettava asia. Raaka-ainepohjan ei kuitenkaan tulisi
olla pääkriteerinä materiaalia valitessa, vaan ma-
teriaalivalinnassa tulisi ottaa huomioon kokonai-
suus. Jokaiseen käyttökohteeseen tulee valita sii-
hen parhaiten sopiva vaihtoehto kokonaisympä-
ristökuormitus huomioiden, periaatteella oikea
materiaali oikeaan paikkaan.

Muovipoli Oy sekä Muoviteollisuus ry autta-
vat mielellään yrityksiä uudistumaan ja ottamaan
käyttöön uusiutuvista raaka-aineista valmistet-
tuja biomuoveja.



SANASTO

Biohajoava muovi

- Tarkoittaa tietynlaista muovin loppukäyttäytymistä, jossa muovi muuttuu hiilidioksidiksi (tai metaaniksi), vedeksi ja biomassaksi mikro-organismien avulla
- Riippuvaista ajasta ja ympäristöstä

Biokomposiitti

- Kahden (tai useamman) materiaalin yhdistelmä, joista vähintään toinen on biopohjainen. Esimerkiksi biokomposiitti, joka koostuu muovista (biopohjainen tai fossiilinen) sekä puukuidusta.
- Käytössä myös termit puu-muovikomposiitti ja luonnonkuitukomposiitti

Biomuovi

- Muovi, joka on valmistettu biopohjaisista raaka-aineista ja/tai on biohajoava

Biopohjainen muovi

- Eloperäistä, uusiutuvaa alkuperää olevista raaka-aineista valmistettu muovi
- Voi olla kokonaan tai osittain biopohjainen

CCS

- Carbon capture and storage
- Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi
- Tekniikka, jossa hiilidioksidia otetaan talteen ja varastoidaan pitkäaikaiseen säilöön

Drop-in-biomuovi

- Kemialliselta rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan täysin fossiilista alkuperää olevan muovin kaltainen biopohjainen muovi.

Energiahyötykäyttö

- Jätteen sisältämä energia muunnetaan polttamalla lämmöksi ja/tai sähköksi.

Hiilijalanjälki

- Tuotteen, palvelun tai toiminnan aiheuttama ilmastokuormitus eli tuotteen/toiminnan/ palvelun elinkaaren aikana syntyvät kasvihuonekaasut
- Ilmoitetaan tyypillisesti hiilidioksidiekvivalenttina, johon on laskettu yhteen kasvihuonekaasujen yhteismäärä

Kemiallinen kierrätys

- Kemiallisten tai termokemiallisten prosessien avulla tapahtuvaa materiaalien kierrätystä. Näissä menetelmissä polymeerin kemiallinen rakenne pilkotaan ja aikaansaatuja lopputuotteita voidaan käyttää esimerkiksi kemianteollisuudessa uusien, neitseellistä vastaavien muovien valmistukseen

Kompostoitava muovi

- Kontrolloidussa kompostiympäristössä hajoava muovi
- Vaatii usein teollisen kompostointiprosessin
- Täytyy olla haitaton sekä kompostointiprosessille että kompostille
- Ei saa sisältää raja-arvot ylittäviä määriä raskasmetalleja

LCA

- Life cycle assessment
- Elinkaarianalyysi
- Tuotteen ympäristövaikutusten arviointi aina raaka-aineen hankinnasta ja valmistuksesta kierrätykseen/jätteenkäsittelyyn saakka. Arviointi voidaan myös rajata koskemaan vain tiettyä osaa valmistusketjusta.

Massatasebiomuovi

- Fossiilisen muovin sekaan lisätty keskimäärin tietty prosenttimäärä sertifioitua biopohjaista raaka-ainetta
- Vrt. esim. vihreän sähkön myynti

Mekaaninen kierrätys

- Erilaisten mekaanisten prosessien avulla tapahtuvaa materiaalien kierrättämistä samoihin tai uusiin käyttökohteisiin



KIRJALLISUUTTA

Bioplastics – It's a better choice. The fossil-free alternative. Nordisk Bioplastförening. Saatavissa: <http://www.e-magin.se/paper/96523t54/paper/1#/paper/jq88khrd/1>

Carbon recycling international.
<https://www.carbonrecycling.is/>

DIN Certco. Certification of products. Environmental field. Saatavissa: <https://www.dincertco.de/din-certco/en/main-navigation/products-and-services/certification-of-products/environmental-field/overview-environmental-field/>

Dow ja UPM tekevät yhteistyötä valmistaakseen muovia uusiutuvista raaka-aineista. (2019). Lehdistötiedote. Saatavissa: <https://www.upmbiofuels.com/fi/ajankohtaista/uutiset/2019/09/dow-ja-upm-tekevät-yhteistyötä-valmistaakseen-muovia-uusiutuvista-raaka-aineista/>

EN 13432. (2000). Packaging. Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation. Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging.

EN 16640. (2017). Bio-based products - Bio-based carbon content - Determination of the bio-based carbon content using the radiocarbon method.

EN 16785-1. (2015). Bio-based products - Bio-based content - Part 1: Determination of the bio-based content using the radiocarbon analysis and elemental analysis.

EN 17033. (2018). Plastics - Biodegradable mulch films for use in agriculture and horticulture - Requirements and test methods.

European Bioplastics. Saatavissa: <https://www.european-bioplastics.org/>

GUA (Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH), Austria: The contribution of plastics to resource efficiency. 2005

Ilmasto-opas.fi. Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/fd626ba3-8099-40e4-af75-94124d1f5c7f/hiilidioksidin-talteenotto-ja-varastointi.html>

Järvinen, P. (2016). Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa. Muovifakta.

Järvinen, P. (2017). Muovit ja muovituotteiden valmistus. Muovifakta.

Muovi kuuluu kiertoon. Saatavissa: <https://www.muovikuuluukiertoon.fi/>

Muovipoli Oy. Saatavissa: <https://www.muovipoli.fi/>

Muoviteollisuus ry. Saatavissa: <https://www.plastics.fi/>

Neste. Uusiutuvat ja kierrätetyt muovit. Saatavissa: <https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/tuotteet/muovit>

New Plastics Center NPC. Saatavissa: <https://www.muovipoli.fi/new-plastics-center-npc/>

TÜV Austria. Green Marks. Saatavissa: <https://www.tuv-at.be/green-marks/>



muovipoli 



New
Plastics
Center



MUOVITEOLLISUUS RY
Finnish Plastics Industries Federation