

# Muovi-ilmio 2.0



**Maija Pohjakallio**

Pilottikouluina Ymmerstan koulu (Päivi Klemetti, Seppo Mattila) ja  
Helsingin Suomalainen Yhteiskoulu (Katariina Lokki, Katariina Yliheikkilä)



**MUOVITEOLLISUUS RY**  
Finnish Plastics Industries Federation

# MUOVI ILMIÖNÄ

Muovit ovat suhteellisen uusi tulokas materiaalien joukkoon. Niitä on käytetty laajamittaisesti vasta vajaa vuosisata. Nykyisin muoveja on lähes kaikkialla. Sen sijaan ei ole helppoa löytää kattavaa tietoa muoveista. Muoveilla on laaja käyttöalue ja myös erilaisia merkityksiä eri elämänalueilla.

Muovit ovat osa teollista ja jälkiteollista historiaamme. Ne ovat tietysti kemiaa ja fysiikkaa. Muovit kuvaavat yhteiskunnan muutosta, elintason nousua, liikkumisen lisääntymistä, jopa kulttuurien muuntautumista uudeksi. Muovien näkökulmasta pääsee kiinni myös luonnonsuojeluun säästön ja kulutuksen kantilta. Kuinka monen elämä liittyykään muoveihin rakentamisen, askartelun, taiteen, muotoilun tai käsityön välityksellä? Yrittäjäyys, high-tech, design, liikunta - jopa biologia, näissä kaikissa muovien kehitys on jollain tavoin mukana. Ei ole enää mahdollista tai oikeastaan älyllisesti reilua tyytyä määrittelemään muovia kaavamaisesti:

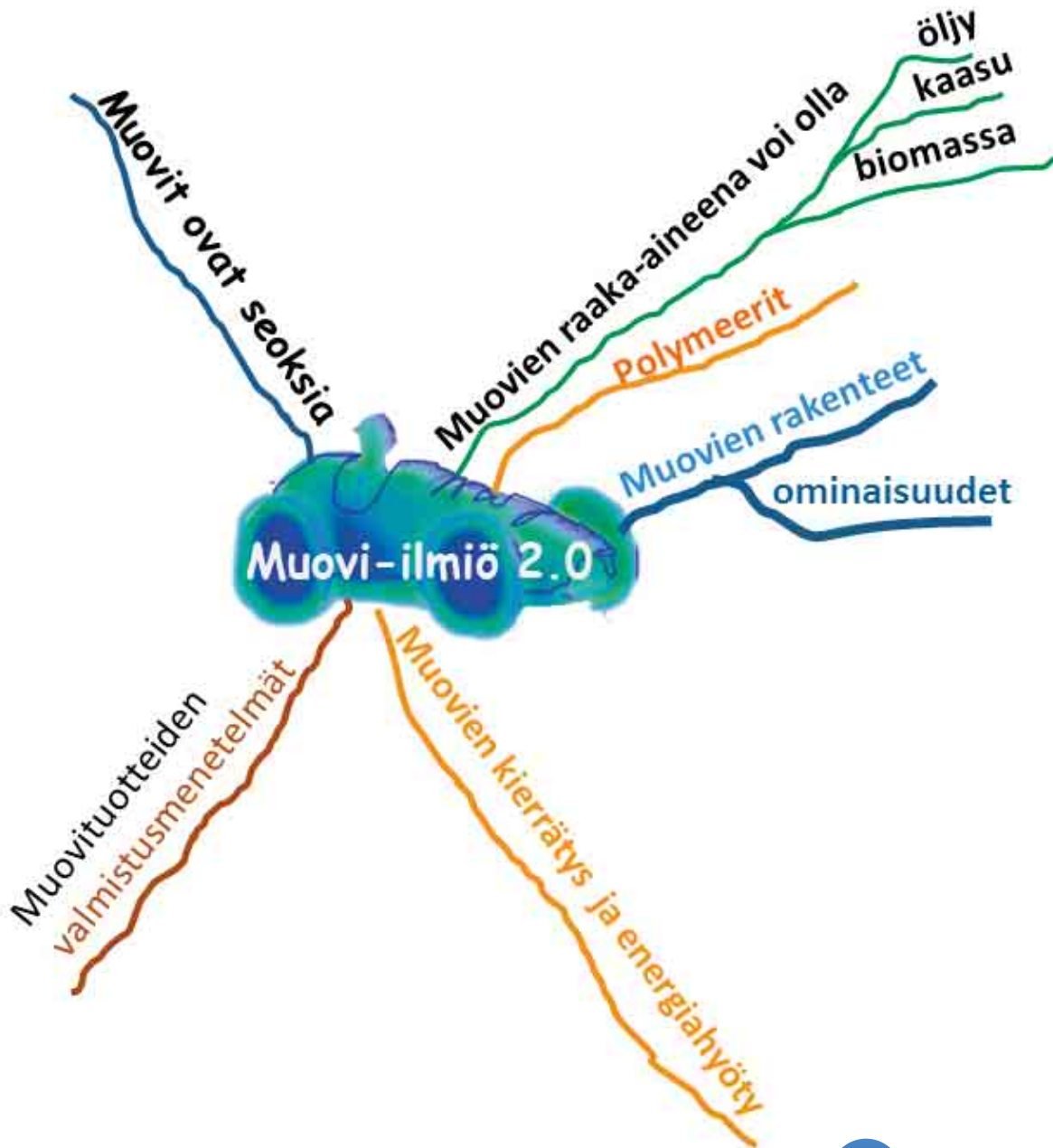
muovi = polymeeri + (täyte- ja lisäaineet). Uusinta uutta muoviteollisuudessa ovat biopohjaiset raaka-aineet sekä tuotteiden valmistus 3D-tulostimella.

Tämä on pilottiprojektin pohjalta kehitetty oppilaan vihko **Muovi-ilmiö 2.0**. Muoviteollisuus ry kannustaa kaikkia muovi-ilmiön ihmettelyyn ja testaamaan, miten sen avulla voisi rakentaa oppimista, löytää uusia näkökulmia ja parantaa epäkohtia.

Kuulen mielelläni lisää ideoita sinulta ja luokaltasi, kerro vaikka omasta muovi-ilmiöstänne, palautetta voit laittaa suoraan minulle: [vesa.karha@plastics.fi](mailto:vesa.karha@plastics.fi)

Muoviteollisuus ry  
Vesa Kärhä





## Muovi-ilmio 2.0

1. Muovit ovat seoksia.....	5
2. Muovien raaka-aineena voi olla öljy tai vaikkapa tärkkelys .....	6
3. Polymeerit .....	9
Luonnonpolymeerit .....	10
Muunnellut luonnonpolymeerit .....	11
Synteettiset polymeerit .....	12
4. Muovien rakenteet ja ominaisuudet .....	16
I Polymeerin koostumus .....	16
II Polymeeriketjujen pituus ja haaroittuneisuus.....	17
III Polymeeriketjujen väliset vuorovaikutukset .....	17
IV Polymeeriketjujen avaruudellinen eli kolmiulotteinen muoto .....	18
V Muovin sisältämät muut aineet .....	19
Kestomuovien yhteiset ominaisuudet.....	19
5. Muovituotteiden valmistusmenetelmät .....	23
Seitsemän menetelmää ja lujitemuovit .....	24
6. Muovien kierrätys, energiahyötykäyttö ja hävittäminen .....	27
Älä viskaa muoveja mäkeen! .....	27
7. Internetistä löytyviä muoveihin ja polymeereihin liittyviä videoita .....	31

Lisää tietoa muoveista ja tehtäväkortteja löydät osoitteesta [www.plastics.fi/muovi-ilmio](http://www.plastics.fi/muovi-ilmio)

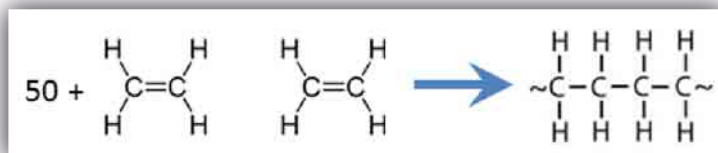


## 1. Muovit ovat seoksia

**Muovit** ovat materiaaleja, jotka koostuvat pitkistä polymeeriketjuista sekä lisäaineista ja jotka jossakin valmistuksen vaiheessa ovat muovattavissa esimerkiksi lämmön ja paineen avulla. **Muovit ovat siis seoksia**, kun taas polymeerit ovat puhtaita kemiallisia yhdisteitä. **Polymeerejä esiintyy myös luonnossa.**

Polymeeri on nimitys yhdisteille, jotka koostuvat pitkistä ketjumaisista molekyyleistä, joissa on jokin toistuva osa. Polymeeriketjut ovat muodostuneet siten, että pieniä monomeerimolekyyliä on **liittynyt yhteen eli polymeroitunut** pitkiksi ketjuiksi. Etuliite poly tarkoittaa monta ja mono tarkoittaa yksi. Molekyyli on kemian termi sellaiselle aineen rakenneosalle, jossa atomeja on liittynyt toisiinsa yhteisten elektroniparien avulla.

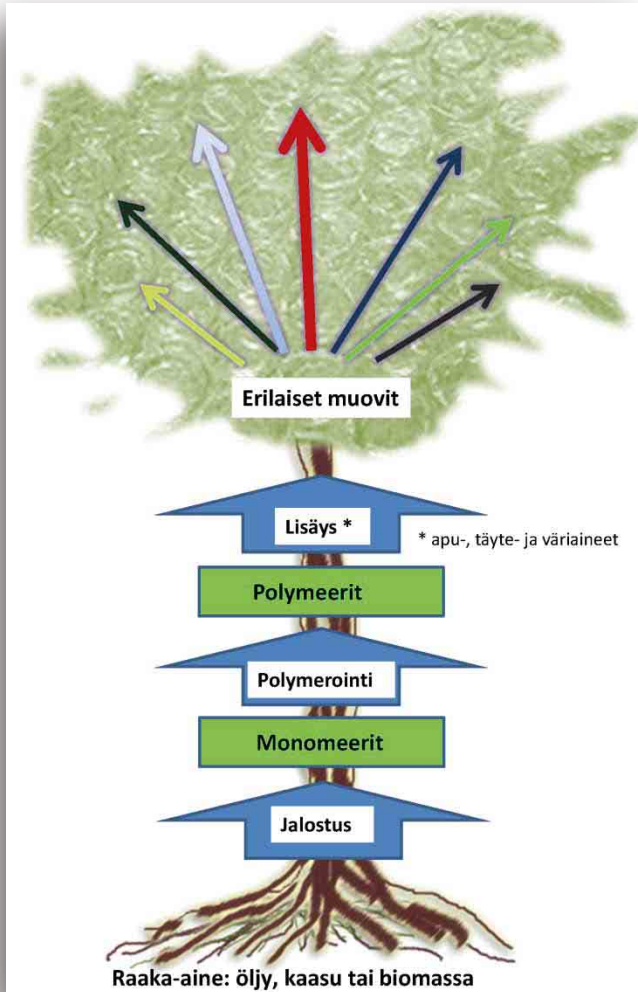
Kun yli 50 monomeeria liittyy yhteen, muodostuu polymeeriketju.



**Kuva 1.** Polymeerit koostuvat ketjumaisista molekyyleistä, jotka muodostuvat monomeerien liittyessä yhteen. Kuvassa polyeteenin muodostuminen eteeni-monomeereista esitettyinä kahdella erilaisella mallilla: **pallomalli** (atomeja on kuvattu palloilla) ja **rakennekaavamalli** (atomeja on kuvattu kirjaimilla ja atomien välisiä sidoksia viivoilla). Polymeeriketjuista on esitetty vain osa, eli ketjut jatkuvat molemmista päistään.



Vaikka muovit ovat seoksia, ne kuitenkin nimetään niiden sisältämän polymeerin mukaan. Esimerkiksi nimitys polyeteeni voi tarkoittaa puhdasta kuvan 1 mukaista polyeteenipolymeeriä tai polyeteenimuovimateriaalia, jossa polyeteenipolymeerin joukkoon on sekoitettu myös muita aineita.



## 2. Muovien raaka-aineena voi olla öljy tai vaikkapa tärkkelys

Monien yleisten muovien, kuten polyeteenin ja polypropeenin pääraaka-aine on öljy. Öljystä saadaan jalostuksen avulla erotettua erilaisia molekyyliä, jotka voidaan polymeroida. Kaiken kaikkiaan raakaöljystä käytetään muovien valmistamiseen kuitenkin vain noin 4 %.

Nykyinen suuntaus on **suosia luonnosta saatavia tai luonnontuotteita jäljitteleviä** raaka-aineita uusien muovien kehittämisessä. Esimerkiksi biohajoava polylaktidimuovi valmistetaan polymeroimalla maitohappoa, jota voidaan valmistaa muun muassa maissitärkkelyksestä.

**Kuva 2: Raaka-aineesta muoviksi**

© Muoviteollisuus ry



**Teknologioiden kehityksen ansiosta myös perinteisiä muoveja voidaan valmistaa biopohjaisista raaka-aineista.** Esimerkiksi polyeteeniä valmistetaan jo joissain tehtaissa sokeriruukoperäisestä etanolista valmistetusta eteenistä. Euroopassa kunnianhimoisena tavoitteena on, että vuoteen 2030 mennessä 50 % muovintuotannosta olisi biopohjaista.

Tavallisten muovien, kuten jugurttipurkeissa käytetyn polypropeenin lisäksi valmistetaan erikoismuoveja, jotka voivat olla:

- korkean lämmönkeston muoveja
- sähköä johtavia
- äärikevyyttä
- bioyhteensopivia
- antibakteerisia
- itsepuhdistuvia
- väriä vaihtavat
- kosketuksen aistivia muoveja tai pintoja.

Erikoismuoveja ovat esim. Teflon, jota käytetään paistinpannuissa, palomiesten puvuissa käytettävät polyamidikuidut, hävittäjien moottoreissa käytettävä lujitettu bismaleimidi ja moottorin osissa käytettävä polyeetterieetteriketoni (PEEK). PEEK on myös bioyhteensopiva, jolloin siitä voidaan valmistaa ihmiskehoon sopivia proteeseja. Erikoismuoveista on myös valmistettu läpinäkyvä auton kori.

Yleisesti muoveille ominaista on materiaalin pehmeneminen ja lopulta rakenteen hajoaminen kun lämpötila nousee.

Erikoismuovit sen sijaan saattavat olla hyvin lämpövakaita säilyttäen ominaisuutensa 350 °C ja jopa 1 000 °C asti.

Erikoismuovit sopivat jo käyttökohteisiin, joissa aikaisemmin on käytetty pääasiassa keraamisia aineita.



**Kuva 3.** PEEK -muovinen kalloimplantti





Monet erikoismuovit kestävät myös suuria lämpötilanvaihteluita. Avaruudessa lämpötilat voivat vaihdella  $-180^{\circ}$  ja  $+160^{\circ}\text{C}$  välillä. Tämän takia monia keveitä erikoismuoveja käytetään mm. avaruusalusten tai satelliittien rakenteissa. Esimerkiksi uuden sukupolven avaruuspuvut valmistetaan pääosin muovista. Avaruuspuku säilyttää oikean paineen, kestää  $-120^{\circ}\text{C}$  pakkasta ja  $150^{\circ}\text{C}$  lämpöä sekä suojaa kosmiselta säteilyltä, auringon säteilyltä ja elektromagneettisilta kentiltä. Vanhanmallinen avaruuspuku painaa 125kg. NASA on jo vuosia kehittänyt kevyempiä ja ketterämpiä pukuja.



**Kuva 4.** Avaruudessakin voi 3D-printata © Made in Space

Erikoismuoveilla on lämmönkestävyyden lisäksi muita ylivoimaisia ominaisuuksia. Polyftaalamidi tai polytetrametyleenidipamidi ovat täysin kulutuskestäviä. Oli sitten kyseessä kitka tai syövyttävä kulutus, nämä materiaalit kestävät. Näitä erikoismuoveja käytetään kohteissa, joissa osia ei voi jatkuvasti vaihtaa, esimerkiksi ylläänilentokoneissa, vaihde- ja kytkinmekanismeissa sekä hammasrattaissa.

Lääketeollisuudessa käsitellään paljon korroosiota aiheuttavia aineita sekä tutkimuksessa että diagnostiikassa. Polyeetteriimidi soveltuu erinomaisesti esimerkiksi koeputkiksi tai lääketieteellisiin diagnostisiin kuvausmenetelmiin, koska se kestää erinomaisen hyvin kemikaaleja ja on hygieeninen.

Erikoismuovit ovat luonnollisesti huomattavasti kalliimpia kuin valtamuovit.





### 3. Polymeerit

**Tehtaassa tai laboratorioissa valmistettuja polymeerejä sanotaan synteettisiksi.** Monia niistä käytetään erilaisten muovien valmistukseen. Ensimmäinen täysin synteettinen muovi, bakeliitti, patentoitiin vuonna 1907 ja sitä käytettiin erilaisissa teknisissä laitteissa ja kulutustavaroissa.

Suomen ensimmäinen muovituotteita valmistanut yritys Sarvis Oy perustettiin vuonna 1921. Muovien valmistus öljystä tuotetuista kemikaaleista alkoi 1930-luvulla.

**Luonnossa esiintyviä polymeerejä ovat muun muassa selluloosa, tärkkelys, proteiinit, DNA ja kautsu eli luonnonkumi.** Uusia **muovimateriaaleja** on kehitteillä myös joistakin luonnonpolymeereistä, esimerkiksi maissin ja perunan tärkkelyksestä. Kumit ovat oma polymeereistä valmistettava materiaaliryhmänsä, joiden tärkeitä ominaisuuksia ovat joustavuus, venyvyys ja muodon palautuminen. **Kumimateriaaleja** valmistetaan sekä kautsusta että synteettisistä polymeereistä.

Ensimmäiset muovituotteet valmistettiin puolisynteettisesti kasvipohjaisesta materiaalista. Vuonna 1862 keksittiin käsitellä puuvillavanun selluloosakuituja typpihapolla, jolloin saatiin selluloosanitraattia. Sitä käytettiin muun muassa koristeiden, pianon koskettimien, biljardipallojen ja kalusteiden valmistukseen. Keksintö säästi monen norsun hengen, sillä biljardipallot oli ennen tätä muovia valmistettu norsunluusta. 1900-luvun alussa alettiin valmistaa muovia kaseiinista, joka on yksi maidon sisältämistä proteiineista. Kaseiini on käsiteltävä formaliiniliuoksella (5 % formaldehydiä liuotettuna veteen) ennen kuin siitä pystytään valmistamaan pysyviä tuotteita. Kaseiinimuovia käytettiin muun muassa nappien, neulojen, veitsenkahvojen ja korujen valmistukseen. Öljypohjaiset muovit syrjäyttivät kaseiinin 1960-luvulla, ja sitä valmistetaan enää hyvin vähän. Uudessa-Seelannissa, jossa tuotetaan paljon maitoa, valmistetaan edelleen kaseiininappeja.

Muovien ja kumien lisäksi polymeerejä käytetään teollisuudessa myös muun muassa tekstiilikuitujen, liimojen ja maalien valmistukseen.



## Luonnonpolymeerit

Luonnossa esiintyy paljon erilaisia polymeerejä. Yleisiä niistä ovat selluloosa, tärkkelys ja proteiinit.

### *Selluloosa*

Selluloosa on luonnon polymeeri, jota esiintyy kasveissa. Puhdasta selluloosaa valmistetaan kasviperäisistä biomassoista. Esimerkiksi puuvilla- ja pellavakankaat koostuvat selluloosakuiduista. Selluloosaa käytetään muun muassa paperin ja etanolin valmistukseen. Selluloosasta voidaan valmistaa erilaisia johdannaisia, joita käytetään elintarvikkeissa, lääkkeissä ja liistereissä.



Karboksimetyyliselluloosa eli CMC on esimerkki selluloosajohdannaisesta. Sitä käytetään mm. sakeuttamisaineena jäätelössä, pesuaineissa ja öljynporauksessa.



### *Tärkkelys*

Tärkkelystä on monissa kasveissa. Erityisesti perunassa ja maississa on paljon tärkkelystä, jota hyödynnetään suurusteina ruuanlaitossa. Sen lisäksi tärkkelystä käytetään teollisuudessa esimerkiksi liimojen, paperien, etanolin ja tekstiilien valmistuksessa. Perunajauhoja voi valmistaa itse, mutta helpointa on ostaa perunajauhot, maissitärkkelys tai ohrakas kaupasta.

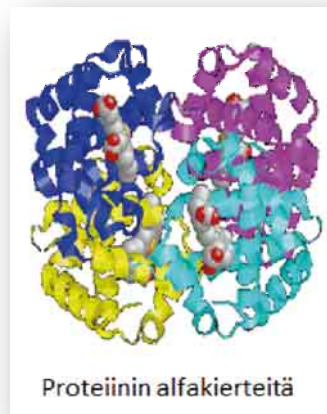
### Proteiinit eli valkuaisaineet

Proteiinit ovat tärkeitä ihmisten ja eläinten ravintona. Elintarvikkeproteiineja saadaan mm. palkokasveista, lihasta ja maitotuotteista. Myös kakkujen ja hyytelöiden valmistuksessa käytettävä liivate on proteiinia.

Biokatalyytit eli entsyymit ovat myös rakenteeltaan proteiineja. Entsyymejä käytetään mm. tekstiili-, paperi- ja pesuaineteollisuudessa.

Proteiineja voidaan tuottaa erilaisista biomassoista. Entsyymejä ja lääkeaineproteiineja valmistetaan myös bioteknisesti mikrobien avulla.

Silkkikangaskin on proteiinia, josta silkkiperhosen toukka on valmistanut kotelonsa. Myös villa koostuu pääosin proteiineista.



### Muunnellut luonnonpolymeerit



Esimerkiksi viskoosi on paljon käytetty muunneltu luonnonpolymeeri.

#### Viskoosi

Viskoosi on puolisynteettinen, tehtaassa valmistettu materiaali. Raaka-aineena on puusta tai kaislasta saatu selluloosa, lisäksi tarvitaan rikkihappoa ja natriumhydroksidia sekä rikkihiiltä. Viskoosikuidusta tehdään kangasta vaatteisiin ja huonekaluihin, vaippoja ja puhdistusvanuja.

**Kuva 5:** Viskoosin suljettu kierto  
©Kelheim Fibres GmbH



### Selluloosa-asetaatti

Selluloosa-asetaatti on selluloosasta muunneltu materiaali, josta voi valmistaa esimerkiksi silmälasikehyksiä. Elokvateollisuuden alkuaikoina selluloosa-asetaatista valmistettiin filmiä.

**Kuva 6:** Ympäristöystävällisissä teipeissä on selluloosa-asetaattia.

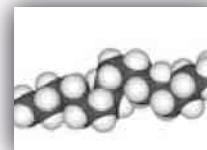


## Synteettiset polymeerit

On olemassa lukuisia synteettisiä polymeerejä, joista tavallisimmat esitellään tässä.

### *Polyeteeni (PE)*

Polyeteenistä tehtyä muovia käytetään muun muassa elintarvike- ja kosmetiikkapakkauksissa sekä muovikassien valmistamiseen. Polyeteeniä valmistetaan tehtaassa synteettisesti polymeroimalla eteeniä.



Eteeniä voidaan valmistaa esimerkiksi:

- raakaöljystä jalostamalla tai
- etanolista kemiallisesti käsittelemällä.

Etanolia voidaan tuottaa biopohjaisesti tärkkelyksestä, sokereista tai selluloosasta.

On olemassa erityyppisiä polyeteenimuoveja: PE-LD, PE-LLD, PE-HD



PE-LD on matalatiheksinen polyeteeni, josta valmistettu muovituote on pehmeä, sitkeä ja läpinäkyvä. Esimerkiksi läpinäkyvät muovipussit valmistetaan PE-LD:stä.



**Kuva 7:** limutölkkien ympärillä oleva pakkausmuovi on PE-LD:tä



PE-HP on korkeatiheyksinen polyeteeni. Siitä valmistetut tuotteet ovat sameita, joustavia ja pehmeitä, kuten mehukanisterit.

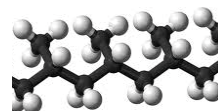
**Kuva 8:** 10 litran kanisterissa on rypsiöljyä hevosille © Tmi Auringonvalo



### *Polypropeeni (PP)*

Polypropeenista valmistettua PP-muovia käytetään mm. kännykkäkuorissa, autojen puskureissa ja pakkauksissa.

Polypropeeni valmistetaan tehtaassa synteettisesti polymeroimalla propeenaa. Propeeni saadaan pääasiassa raakaöljystä jalostamalla, mutta sitä voidaan valmistaa myös biomassasta.



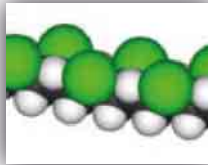
### *Polystyreeni (PS)*

Polystyreenistä valmistettua PS-muovia käytetään paljon jugurttipurkeissa, rasioissa ja kertakäyttöastioissa.

Polystyreeni valmistetaan synteettisesti tehtaassa polymeroimalla styreeniä. Styreeni saadaan pääasiassa raakaöljystä jalostamalla.

Suomessa styroksina tunnettua EPS-muovia valmistetaan paisuttamalla polystyreeniä kaasun avulla. EPS-muovia käytetään paljon eristeissä. Esimerkiksi kalamiesten suosimat kylmälaukut, joiden päällä voi jopa istua pilkkimässä, ovat EPS-muovia.





### *Polyvinyylikloridi (PVC)*

Kun eteeniin lisätään klooria, siitä tulee kloorieteeniä eli vinyylkloridia. Kun kloorieteeniä polymeroidaan siitä tulee polyvinyylkloridia.



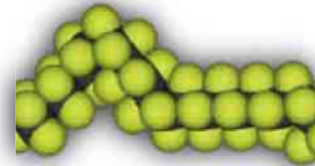
Polyvinyylkloridista valmistettua PVC-muovia käytetään monissa eri tuotteissa. Esimerkiksi luottokorteissa, sadetakeissa, pehmeissä heijastimissa ja viemäriputkissa käytetään PVC-muovia.

**Kuva 9:** Pehmeitä heijastimia © Saintex Oy

### *Polytetrafluorieteeni (PTFE) eli Teflon*

Polytetrafluorieteenistä valmistettua PTFE-muovia käytetään mm. paistinpannujen pinnoitteissa ja säänkestävissä tekstiileissä.

PTFE polymeeriä saadaan polymeroimalla tetrafluorieteeniä, joka on eteeniä johon on lisätty fluoria.





### *Polyeteenitereftalaatti PET*

Yleisin muovipullojen materiaali on PET. PET-muovia käytetään myös monissa muissa pakkauksissa. PET-muoveja on erilaisia, elintarvikekelpoisten PET-muovien lisäksi on myös teknistä PET-muovia. Esimerkiksi kännykän osissa ja silitysraudoissa voidaan käyttää teknisiä PET-muoveja.

PET-muovisten palautuspullojen kierrätys on Suomessa järjestetty hyvin. Kierrätetyistä PET-pulloista valmistetaan esimerkiksi fleece-kangasta.

**Kuva 10:** Pramia Plastic Oy: Suomalaisia PET-pulloaihoita kierrätysmuovista:



### *Polylaktidi PLA*

Polylaktidista valmistettu PLA-muovi on biohajoava ja bioyhteensopiva materiaali. PLA-muovista valmistetaan roskapusseja biojätteelle, mukeja ja teepusseja. Myös ihmiskehon kirurgiset varaosat esimerkiksi hampaissa, polvilla ja jopa kalloissa voivat olla PLA-muovia.

Polylaktidia valmistetaan polymeroimalla maitohappoa.

**Kuva 11:** PLA-muovinen tii © Rasmus Pinomaa



### *Polyvinyylialkoholi PVA*

Polyvinyylialkoholista valmistettu PVA-muovi on vesiliukoinen materiaali, josta voidaan valmistaa vesiliukoisia muovipusseja pyykeille tai suoja-aineita erilaisiin työkaluineisiin.











## 4. Muovien rakenteet ja ominaisuudet

Muovien rakenteeseen ja siten myös niiden ominaisuuksiin vaikuttavat monet asiat, joista viisi päätekijää on esitetty tässä kappaleessa. Vaikuttamalla kohtiin I-V voidaan valmistaa muovimateriaaleja, joilla on juuri haluttuja ominaisuuksia eli muovien **ominaisuudet voidaan räätälöidä** käyttökohteeseen sopiviksi.

### I Polymeerin koostumus

Polymeerejä voi muodostua erilaisista monomeereista. Polymeeriketjujen koostumus vaikuttaa ominaisuuksiin monella tavalla ja tasolla. Koostumus kertoo, millaisia atomeja ja atomiryhmiä polymeeri sisältää, ja vaikuttaa myös polymeerimolekyylien muotoon ja keskinäisiin vuorovaikutuksiin. Se, millaisista atomeista ja sidoksista polymeeriketjut koostuvat, voidaan esittää esimerkiksi pallo- tai rakennekaavamalleilla. Eri atomeilla on pallomalleissa omat värinsä ja rakennekaavamalleissa omat kirjainsymbolinsa.

 vety (H)	 hiili (C)	 happi (O)	 typpi (N)	 kloori (Cl)	 fluori (F)
---	--	--	--	--	---

**Kuva 12:** Atomien pallomalleja ja kirjainsymboleja.

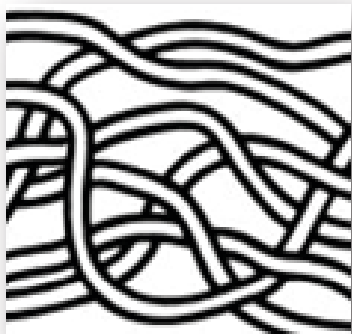


## II Polymeeriketjujen pituus ja haaroittuneisuus

Polymeeriketjujen pituus ja haaroittuneisuus voivat vaihdella paljonkin. Sekä pituus että haaroittuneisuus vaikuttavat ominaisuuksiin. Esimerkiksi pidemmistä molekyyliketjuista koostuva polymeeri vaatii yleensä korkeamman lämpötilan sulakseen kuin vastaava lyhyemmistä ketjuista koostuva polymeeri.

## III Polymeeriketjujen väliset vuorovaikutukset

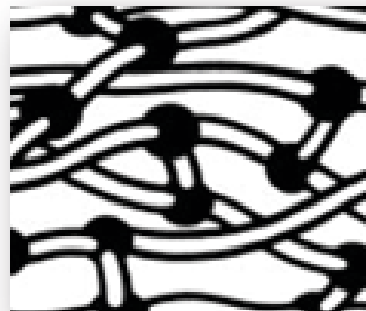
Muovit jaetaan **kesto- ja kertamuoveihin** sen perusteella, voidaanko muovi toistuvasti sulattaa ja muovata uudestaan. Määräävä tekijä on, onko muovien sisältämien polymeeriketjujen välillä heikkoja vai vahvoja vuorovaikutuksia.



**Kuva 13a:**

Polymeeriketjujen välillä on vain heikkoja vuorovaikutuksia. Tällainen muovi on **kestomuovi** eli se voidaan toistuvasti sulattaa ja muovata uudestaan. Suuri osa valtamuoveista, kuten polyeteeni, ovat kestumuoveja.

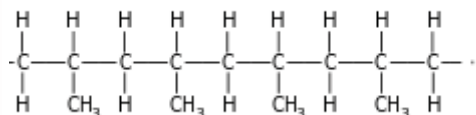
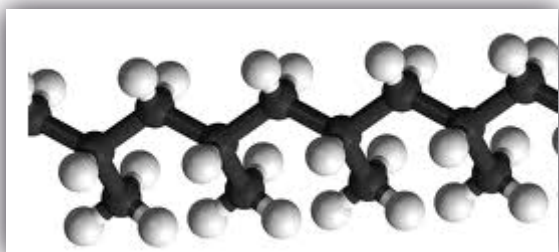
**Kuva 13b:** Polymeeriketjujen välillä on vahvoja sidoksia. Tällainen muovi on **kertamuovi** eli sitä ei voida lämmön avulla pehmentää ja muovata uudestaan. Kertamuoveja käytetään esimerkiksi lujitemuoviveneissä.



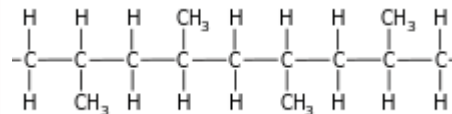
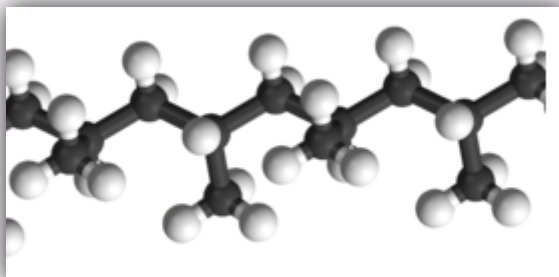
Polymeerimolekyylien väliset vuorovaikutukset määräävät myös sen, miten polymeeriketjut toisiinsa nähden asettuvat. Vuorovaikutuksiin vaikuttavat muun muassa **polymeerimolekyylien koostumus, sekä lämpötila, paine ja mekaaninen työstö**. Muovit ovat yleensä amorfisia (kiteytymättömiä) materiaaleja, joissa polymeeriketjut eivät ole järjestäytyneet. Muovit voivat myös olla osakiteisiä, jolloin niissä on järjestäytyneitä alueita.

#### IV Polymeeriketjujen avaruudellinen eli kolmiulotteinen muoto

Monilla polymeerimolekyyleillä on erilaisia 3D-rakenteita. Kuvassa 5 on esitetty kaksi erilaista polypropeeniketjun 3D-rakennetta, isotaktinen ja syndiotaktinen. Näiden lisäksi on olemassa myös ataktisia polypropeeniketjuja, joissa CH<sub>3</sub>-ryhmän avaruudellinen sijainti ketjussa ei ole säännönmukainen. Isotaktinen polypropeeni, jonka seassa on 5-20 % ataktista rakennetta, on yleensä paras muoto moniin polypropeenin käytännön sovelluksiin.



isotaktinen polypropeeni



syndiotaktinen polypropeeni

**Kuva 14.** Kaksi erilaista polypropeenimolekyylin kolmiulotteista rakennetta pallomalleilla ja rakennekaavoilla esitettynä.



## V Muovin sisältämät muut aineet

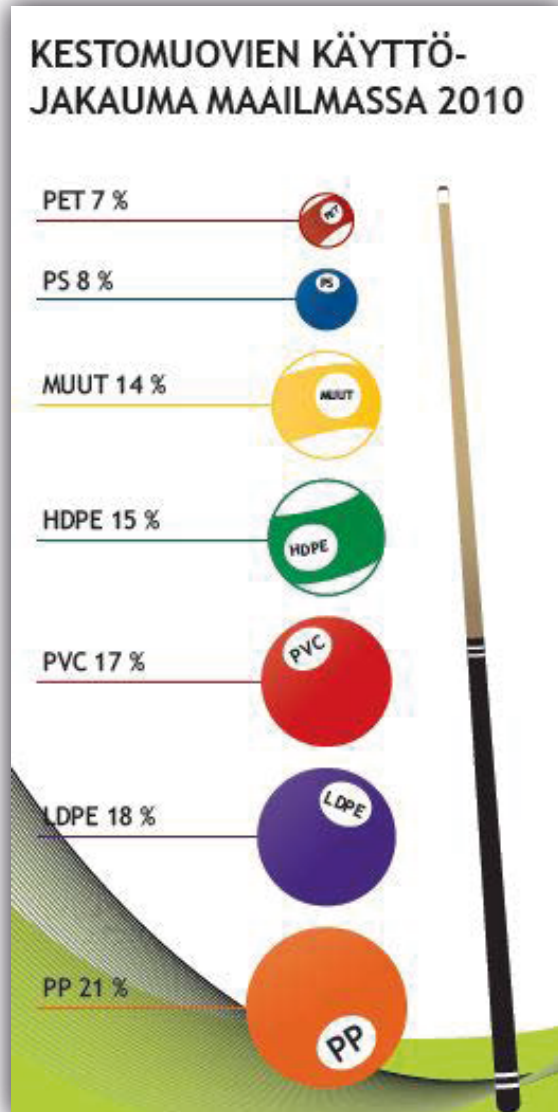
Pelkkä polymeeri on ani harvoin käyttökelpoinen materiaaliksi. Se hajoaa helposti, on väritön ja mekaanisesti erittäin rajoitetusti käyttökelpoinen.

Muoveja valmistettaessa voidaan polymeerien sekaan lisätä täyteaineita, seosaineita, apuaineita ja lujitteita. Täyteaineet kuten kalsiitti, talkki ja kaoliini vähentävät muovien kutistumista ja parantavat näin muovituotteen laatua. Muovien monia muita ominaisuuksia muokataan seosaineilla, joita ovat muun muassa erilaiset pehmittimet, stabilisaattorit, palon- ja mikrobienestoaineet, sähköisyyttä vähentävät aineet ja väripigmentit.

## Kestomuovien yhteiset ominaisuudet

Muoveilla voi olla hyvinkin erilaisia ominaisuuksia, mutta monille kestumuoveille yhteistä on muotoiltavuus (yleensä lämmön ja paineen avulla), keveys ja sähköneristävyys. Tyypillistä on, että ne eivät ruostu, eivät liukene veteen, eikä niillä ole terävää sulamispistettä. Kestumuovit soveltuvat hyvin tuotteiden valmistamiseen suurissa sarjoissa.



**Kuva 15.** Kestomuovien

käyttöjakauma 2010:

Yhteensä 215 miljoonaa tonnia muovia käytettiin.

Samana vuonna käytettiin 45 miljoonaa tonnia kertamuoveja.

Muovien lyhenteet on selitetty taulukossa,

jossa kerrotaan myös

esimerkkejä käyttökohteista.

*Esimerkkejä muovien moderneista käyttökohteista*

<b>Muovi</b>	<b>Muovin ominaisuuksia</b>	<b>Esimerkkejä muovin käyttökohteista</b>
Polyamidikuitu	Kevyt, joustava, kulumista kestävä, tulenkestävä	Formulakusmien haalarit, palomiehen suojatakin ja -housujen ulkomateriaali, kiipeilyköydet
Polykarbonaatit (PC)	Iskunkestävä, helppo työstää	Autojen etulyhdyt, matkapuhelimien näytöt, cd-levyt
Polyeteenitereftalaatti (PET)	Monikäyttöinen, osa PET-muoveista kestää myös kuumuutta	Takkien ja peitteiden täytteet, virvoitusjuomapullot ja uuninkestävät vadit. Myös fleece-kankaat kudotaan PET-kuiduista, joita voidaan tehdä muun muassa kierrätetystä virvoitusjuomapullojätteestä.
Polyaniliini, polypyrroli	Johtavat sähköä	Elektroniikan komponentit, esim. kondensaattorit
Polyvinyylialkoholi (PVA)	Liukenee veteen	Vesiliukoiset muovipussit esim. pyykeille
Polylaktidi (PLA)	Biohajoava Bioyhteesopiva	Roskapussit biojätteille, mukit, teepussit Kirurgiset implantit, kuten ruuvit, elimistöön
Polyglykoli happo (PGA)	Biohajoava Bioyhteesopiva	Elintarvikepakkaukset Kirurgiset implantit, kuten ruuvit, elimistöön
Polyakrylaatit, joiden seassa kvartssia	Kun massa laitetaan hampaaseen ja altistetaan UV-valolle, tapahtuu polymeroituminen ja paikka kovettuu	Hammaspaikat



**Muoveja tarvitaan lähes kaikkialla**, arjessa kotona, monissa harrastuksissa sekä lääketieteen ja uuden huipputeknologian kehittämisessä. Auto on hyvä esimerkki tuotteesta, jossa muoveja käytetään runsaasti. Viimeisen 25 vuoden aikana muovien käyttö autoissa on lisääntynyt yli 100 %, ja muoviosiensä ansiosta tavallinen henkilöauto on edeltäjiään ainakin 200 kg kevyempi.



Lentokoneissa ja autoissa muovien osuus lisääntyy koko ajan. Kun kulkuvälineet kevenevät, ne tarvitsevat yhä vähemmän polttoaineita. Tavoitteena on muun muassa hiilidioksidipäästöjen vähentäminen.

Myös muovisten pakkausmateriaalien etuja ovat keveys ja kestävyys, jolloin pakatun tuotteen kuljettamiseen tarvitaan vähemmän energiaa.

**Kuva 16:** Aika pakkaus © Pakkaustutkimus PTR



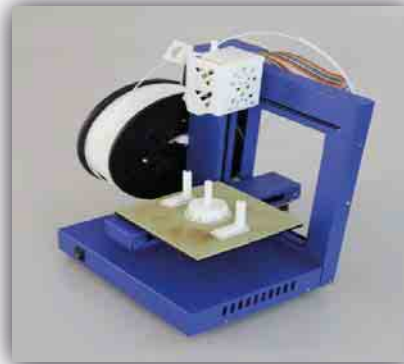
## 5. Muovituotteiden valmistusmenetelmät

Muovituotteita valmistetaan erilaisilla menetelmillä. Esimerkiksi muoviputkia valmistetaan suulakepuristamalla (ekstruusio) ja muovipusseja puhaltamalla ilmaa sulaan muoviin.

Ruiskuvalukoneella, joissa sula muovimassa puristetaan muottiin, valmistetaan monenlaisia muoviesineitä. Muotissa kappale kovettuu muovimassan jäähtyessä. Esimerkiksi muovipullojen valmistuksesta tehtaassa on katsottavissa videoita.

Uusi muoviesineiden valmistusmenetelmä on 3D-tulostus. Tästä käytetään myös nimitystä ainetta lisäävä työstö. Tuotteen virtuaalinen malli tehdään tietokoneella, minkä jälkeen 3D-tulostin tulostaa mallin fyysiseksi esineeksi. Muovin lisäksi tai ohella tulostimessa voidaan käyttää materiaaleina esimerkiksi metallia, keraamia, lasia tai vaikkapa suklaata. Tulostusmateriaalit ovat yleensä omissa kaseteissaan, joista materiaalia johdetaan tulostuspäähän esimerkiksi nauhana tai jauheena. Tulostuspää liuottaa materiaalin nesteeseen tai sulattaa sen, ja suihkuttaa sen jälkeen nestemäisen materiaalin tulostinalustalle ohuina kerroksina.

Jos ei omista omaa tulostinta, haluamastaan tuotteesta voi tehdä 3D-mallin tietokoneella, ladata sen internet-palveluun ja saada valmiin tuotteen kotiinsa. Tuotteita voi myös valita ja tuunata ammattilaissuunnittelijoiden laatimista kirjastoista. Teollisuudessakin 3D-tulostus valtaa alaa. Edelläkävijöitä ovat auto- ja ilmailuteollisuus sekä lääkinnällisten laitteiden valmistajat. Suuri tutkimuskohde on ihmiskudoksen tulostus. Yleistyessään 3D-tulostus mullistaa koko valmistusteollisuuden



**Kuva 17. STEP 3D-tulostin** © Step Systems Oy

Muoveja käytetään myös paljon erilaisissa **komposiitti- eli yhdistelmäateriaaleissa** kuten lasi- ja hiilikuiduilla lujitetuissa muoveissa. Materiaalit kehittyvät koko ajan, ja uusimpia materiaaleja ovat muun muassa puumuovikomposiitit, joista valmistetaan esimerkiksi terrasilautoja sekä kipsaus- ja lastoitusratkaisuja lääketieteeseen.





## Seitsemän menetelmää ja lujitemuovit

Muovituotteiden seitsemän yleisintä valmistusmenetelmää on esitetty seuraavien kuvien yhteydessä.



**Ruiskuvalussa** (injection molding, eng., formsprutning sv.) muovi kuumennetaan ja sekoitetaan. Massaa painetaan suurella paineella suljettuun muottiin. Esimerkiksi käynnykän kuoret, hammaspyörät ja ämpärit valmistetaan ruiskuvalamalla.

**Lämpömuovauksessa** (thermoforming, varmformning) muovilevyä lämmitetään. Lämmennyt muovilevy muotoillaan muotilla tuotteeksi paineen tai alipaineen avulla. Esimerkiksi vappunaamarit valmistetaan lämpömuovaamalla.



**Puhallusmuovauksessa** (blow molding, formblåsning) muoviaihiö kuumennetaan ja suljetaan muottiin. Kevyellä paineella sula muovi puhalletaan muotin reunoille, jollain saadaan sisältä ontto kappale, esimerkiksi pullo tai säiliö.

**Rotaatiovalussa** (rotation molding, rotationsgjutning) muovijauhe tai -tahna kuumennetaan suljetussa muotissa. Muottia pyöritetään kunnes sen seinämät ovat peittyneet tasaisella muovikerroksella. Rotaatiovalumenetelmällä valmistetaan isot, ontot kappaleet kuten roskakorit, polttoainesäiliöt ja erilaiset lieriöt



**Kalvonpuhalluksessa** (film and sheet extrusion, filmblåsning) sulaa muovi puristetaan renkaan muotoisen suuttimen läpi. Muovi paisuu puhalletun ilman vaikutuksesta ohutseinäiseksi letkuksi, jota voi jatkoystää. Esimerkiksi muovipussit ja kalvot valmistetaan näin.

**Ekstruusio** (extrusion, strängsprutning) on työstömenetelmä, jossa kuuma muovi työnnetään muotoillun suulakkeen läpi. Näin syntyvät esimerkiksi putket, levyt ja erilaiset profiilit. Myös pastakoneen toiminta muistuttaa ekstruusiota. Ekstruusio-päälystysmenetelmällä (strängsprutningsbelägning) voidaan erilaisia materiaaleja kuten kartonkia ja kangasta päälystää muovilla. Esimerkiksi maito- ja mehutölkit valmistetaan yleensä muovilla päälystetystä kartongista.



**Kalanterointi** (calendering, kalandrering) on vanha tuotantomenetelmä, jossa kuumennettu muovi syötetään telan väliin. Telat puristavat muovin ohueksi levyksi. Kalanteroituja tuotteita ovat erilaiset päälysteet, vahakankaat, laatat, paneelit ja pinnoitteet.

**Lujitemuovit** (reinforced plastics, armerade plaster) ovat erilaisilla kuiduilla vahvistettuja muovirakenteita. Lujitemuoveilla on omat valmistusmenetelmät. Kuidut lisäävät muovin lujuutta jopa moninkertaiseksi ja niiden avulla päästään kevyihin ja kestäviin ratkaisuihin.



Muovimatriisina käytetään yleensä kertamuoveja, mutta myös kestumuoveja voidaan lujittaa kuiduilla. Vahvistukseen käytetään eniten lasikuitua ja hiilikuitua. Myös luonnonkuituja, kuten pellavaa, puuvillaa ja hampua sekä kestumuovikuituja voidaan käyttää muovin lujittamiseen. Hiilikuitu on lasikuituun verrattuna paljon kestävämpää ja kalliimpaa, ja sitä käytetään sellaisissa lujitemuoveissa, joita on muun muassa lentokoneissa ja urheiluvälineissä.

Lujitemuovituotteiden **yleisimmät valmistusmenetelmät** ovat laminointi, puristus, injektointi sekä suulakepuristus.

**Laminointimenetelmillä** eli käsilaminoinnilla ja ruiskulaminoinnilla tehdään esimerkiksi veneitä. Myös kuitukelaus, jolla tehdään muun muassa lipputankoja ja säiliöitä, on laminointia.

**Puristusmenetelmiä**, puolestaan käytetään esimerkiksi autojen puskureiden valmistuksessa.

**Injektointia** eli muottiin ruiskuttamista tai alipaineella imemistä käytetään useiden erilaisten tuotteiden kuten veneiden, suojakoteloiden ja tuulivoimaloiden siipien valmistamiseen.

**Lujitemuovien suulakepuristusmenetelmillä** tehdään putkimaisia kappaleita kuten hiihtosauvoja, sählymailoja ja teleskooppivapoja sekä purjelaudan mastoja.



## 6. Muovien kierrätys, energiahyötykäyttö ja hävittäminen

Kaikessa kulutuksessa on lähdettävä siitä, että ensisijainen tavoite on jätteen määrän minimointi. Muodostuva jäte pitäisi myös yrittää saada uusiokäyttöön. Vasta sellainen materiaali, jota ei enää voi käyttää uudelleen, hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan energian tuottamiseen.

Suomessa valmistetaan kierrätetyistä muovipakkauksista esimerkiksi muovilankkuja ja -putkia. Myös monet kaupan muovikassit ovat uusiomuovia. Tehokkaan kierrätyksen työkaluiksi kehitetään jatkuvasti uusia teknologioita, joiden avulla muovit voidaan prosessoida alkuperäisiksi raaka-aineiksi tai muiksi kemikaaleiksi.

Muovipakkausten kierrätys ja muu hyötykäyttö parantavat muovien ekotehokkuutta. Kaikkien materiaalien, myös muovien, uusiokäytössä tulee jossain vaiheessa vastaan piste, jossa keräys ja kierrätys eivät enää säästä luonnonvaroja. Esimerkiksi materiaalin pesemiseen käytettävän veden ja kierrätykseen kuljettamiseen tarvittavan polttoaineen määrä vaikuttavat tämän pisteen saavuttamiseen. Kun piste on saavutettu, on tarkoituksenmukaista hyödyntää käytetty materiaali energiatuotantoon.

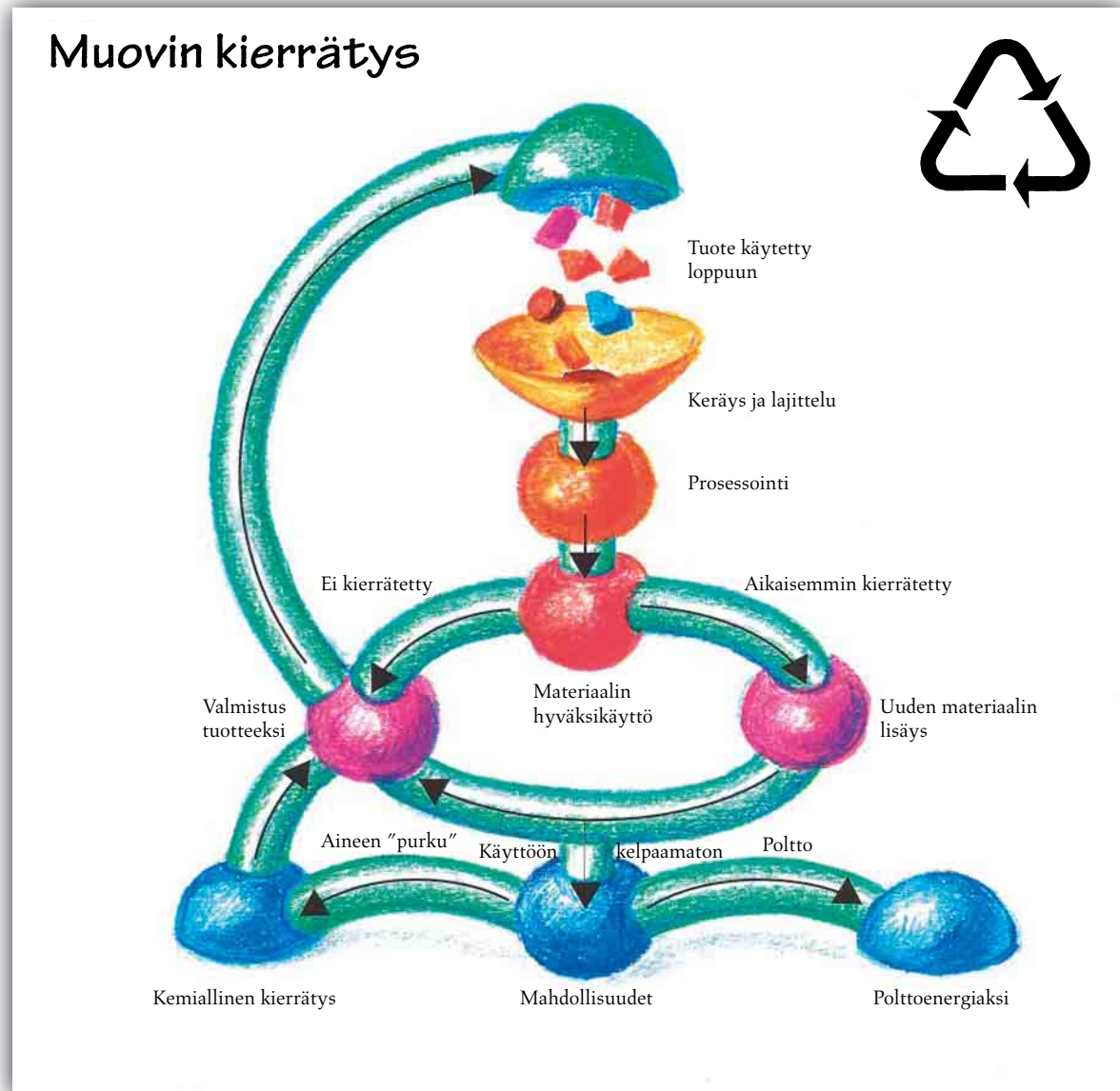
### Älä viskaa muoveja mäkeen!

Muoveja ei saa heittää luontoon! Suuri osa muovituotteista ei sinänsä saastuta ympäristöä, mutta haittana on, että muovit (lukuun ottamatta biohajoavia erikoismuoveja) hajoavat luonnossa hitaasti. Jokainen meistä voi huolellisella ja asianmukaisella jätteenkäsittelyllä vaikuttaa ratkaisevasti minkä tahansa materiaalin ympäristökuormituksen määrään.



Suomessa muovien uusiokäyttöä ja kierrätystä koordinoi Suomen Uusiomuovi Oy. **Älä viskaa muoveja mäkeen** video kuvaa öljytipan matkaa muovituotteesta toiseen ja lopulta energiaksi.





**Kuva 18.** Käytetyn muovituotteen kierrätys uudeksi tuotteeksi, muovirakeiksi, molekyyleiksi ja lopulta energiaksi © Orthex, Muoviopas



Eri maissa on erilaisia kierrätysohjelmia. Kierrätys ja energiakäyttö toimivat sitä tehokkaammin, mitä tehokkaammin jäte lajitellaan. Muovien koodimerkinnot kertovat, mistä muovista tuote on valmistettu. Koodijärjestelmä on apuna muovien tunnistamisessa niitä lajiteltaessa. Muoviteollisuus, pakkausteollisuus ja vähittäiskaupat kierrättävät osan omasta muovijätteestään. Esimerkiksi panttipulloista valmistetaan polyesteriä.

Suuri osa muoveista voidaan polttaa energiaksi asianmukaisessa voimalaitoksessa ilman, että syntyy haitallisia aineita. Se, muodostuuko muovin palaessa haitallisia aineita vai ei, riippuu siitä, millaisia atomeja ja sidoksia muovi sisältää sekä poltto-olosuhteista.

Monet tavalliset muovit, kuten polyeteeni ja polypropeeni, sisältävät pääasiassa vain hiili- ja vetyatomeja, joten niiden palaessa **täydellisesti** syntyy hiilidioksidia ja vettä. **Muoveja poltettaessa lämpötilan on oltava riittävän korkea**, sillä osa epätäydellisen palamisen tuotteista voi olla haitallisia. Jätemuoveista tuotetaan kustannus- ja ekotehokkaasti lämpöä ja sähköä monissa Euroopan kaupungeissa. Suomessakin on jätevoimaloita, jotka tuottavat jätteistä energiaa.

**Kaikki muovit eivät kuitenkaan sovi poltettavaksi.** Tällaisia ovat esimerkiksi kloori- tai fluoriatomeja sisältävät muovit kuten PVC ja Teflon, koska niistä vapautuu poltettaessa haitallisia kaasuja. Muoveissa on yleensä merkintä siitä, voidaanko jäte hävittää polttamalla.

Jätteiden kierrätys-, erottelu- ja hyödyntämistekniikat kehittyvät koko ajan. Yksi uusi suuntaus on monostream: hyötyjätteelle on vain yksi keräyspiste, josta jäte kuljetetaan keskitetysti lajitteluun, jossa eri materiaalit, kuten muovit ja metallit, erotellaan ja siirretään hyötykäyttöön.





*Tavallisimpien muovien merkinnät, käyttökohteet ja kierrätys Suomessa.*

MUOVITYYPPI OMINAISUUDET		YLEISET OMINAISUUDET	ESIMERKKEJÄ KÄYTTÖKOHTEISTA JA HYÖTYKÄYTÖSTÄ
Polyeteeni- tereftalaatti PET		Kirkas, kova, kemikaaleja kestävä	Virvoitusjuoma- ym. pullot, tekstiilit.  Pullot voi palauttaa kauppojen automaatteihin.
Polyeteeni high-density PE-HD		Samea tai värillinen, joustava, vahamainen pinta	Mehupullot, ämpärit, virvoitusjuomakorit.  Soveltuvat energiahyötykäyttöön. Eräillä paikkakunnilla on PE-HD- muovipakkausten kierrätyspisteitä.
Polyvinyyli- kloridi PVC		Erittäin moni- muotoinen ja -piirteinen	Putket, letkut, rakennusmateriaalit.  PVC-muovia ei saa polttaa eikä laittaa muovipakkauskierrätykseen.
Polyeteeni low-density PE-LD		Pehmeä, joustava, vahamainen pinta	Muovikassit, pussit, kalvot.  Soveltuvat energiahyötykäyttöön. Pussit voi laittaa muovipakkaus- kierrätykseen tai palauttaa kauppojen palautusautomaattien yhteydessä oleviin keräysastioihin.
Polypropeeni PP		Jäykkä, sitkeä, hyvin moni- käyttöinen	Narut, rasiat, tekniset osat, kalvot, pehmusteet.  Soveltuvat energiahyötykäyttöön.
Polystyreeni PS		Lasin kirkas tai värjätty, hauras, vaahdotettu (EPS)	Rasiat, purkit, pehmusteet, eristeet.  Soveltuvat energiahyötykäyttöön.
Muut		Kaikkien ylläolevien yhdistelmät ja muut materiaalit	Soveltuvat vain laitosmaiseen polttoon, Tämän merkin tuotteiden soveltuminen muualle kuin sekajätteeseen pitää tarkistaa paikalliselta jätehuolloilta.



## 7. Internetistä löytyviä muoveihin ja polymeereihin liittyviä videoita

### Älä viskaa muoveja mäkeen

kesto 3.02 min, suomenkielinen, piirretty

sisältö: Lähtee liikkeelle öljypisaroista, painopiste muovituotteissa ja kierrätyksessä. Etenee koko ajan makrotasolla, mikromaailmaa (molekyylejä) ei mukana. [www.suomenuusiomuovi.fi/](http://www.suomenuusiomuovi.fi/)

### Onbone kipsi

suomenkielinen video (kesto 3.18 min) lääketieteessä käytettävän puumuovikomposiitin kehityksestä ja käytöstä on katsottavissa osoitteessa <http://www.youtube.com/watch?v=DGzqaafTdB8>

### How Plastic Bottles Are Recycled Into Polyester

kesto: 5.29 min, lataaja: [Triwood1973](#)

sisältö: videoitu koko prosessi: PET-pullojätteestä polyesterivaatteeksi. Havainnollistaa hyvin kestäviä materiaalivirtoja. <http://www.youtube.com/watch?v=zyF9Mxlcltw>

### Polyethene

kesto: 0.58 min, lataaja: [madmisterk](#), kieli: ei puhetta (vain taustamusiikki)

sisältö: pallomalleista rakennettujen eteenimolekyylien yhteenliittyminen polyeteeniksi <http://www.youtube.com/watch?v=gUUSPtyvdHk>

### The Polymer Party

kesto: 6.37 min, tekijä: Jimmy Wu (Assistant Professor of Chemistry at Dartmouth College)

sisältö: Esittelee hauskesti tyyppisiä synteettisiä ja luonnonpolymeerejä: kumi, selluloosa, polyesterit, nylon, DNA, proteiinit <http://www.youtube.com/watch?v=SgWgLioazSo>

### How It's Made - sarja tekijä: Discovery/Science Channel's

**Bubble Gum** kesto: 4.46 min, lataaja: [juliuswaag](#)

kieli: englanti <http://www.youtube.com/watch?v=WB3st6SQnsk>

**Pasta** kesto: 5.28 min, lataaja: [thatsmynamedude](#)

kieli: englanti <http://www.youtube.com/watch?v=75bfUmqx82s>

**Plastic Bottles** kesto: 4.50 min,

kieli: englanti <http://www.youtube.com/watch?v=8QkxpQT967w>

sisältö: videoitu muovipullojen valmistusprosessi tehtaassa. Mukana asiaa kierrätyksestä.

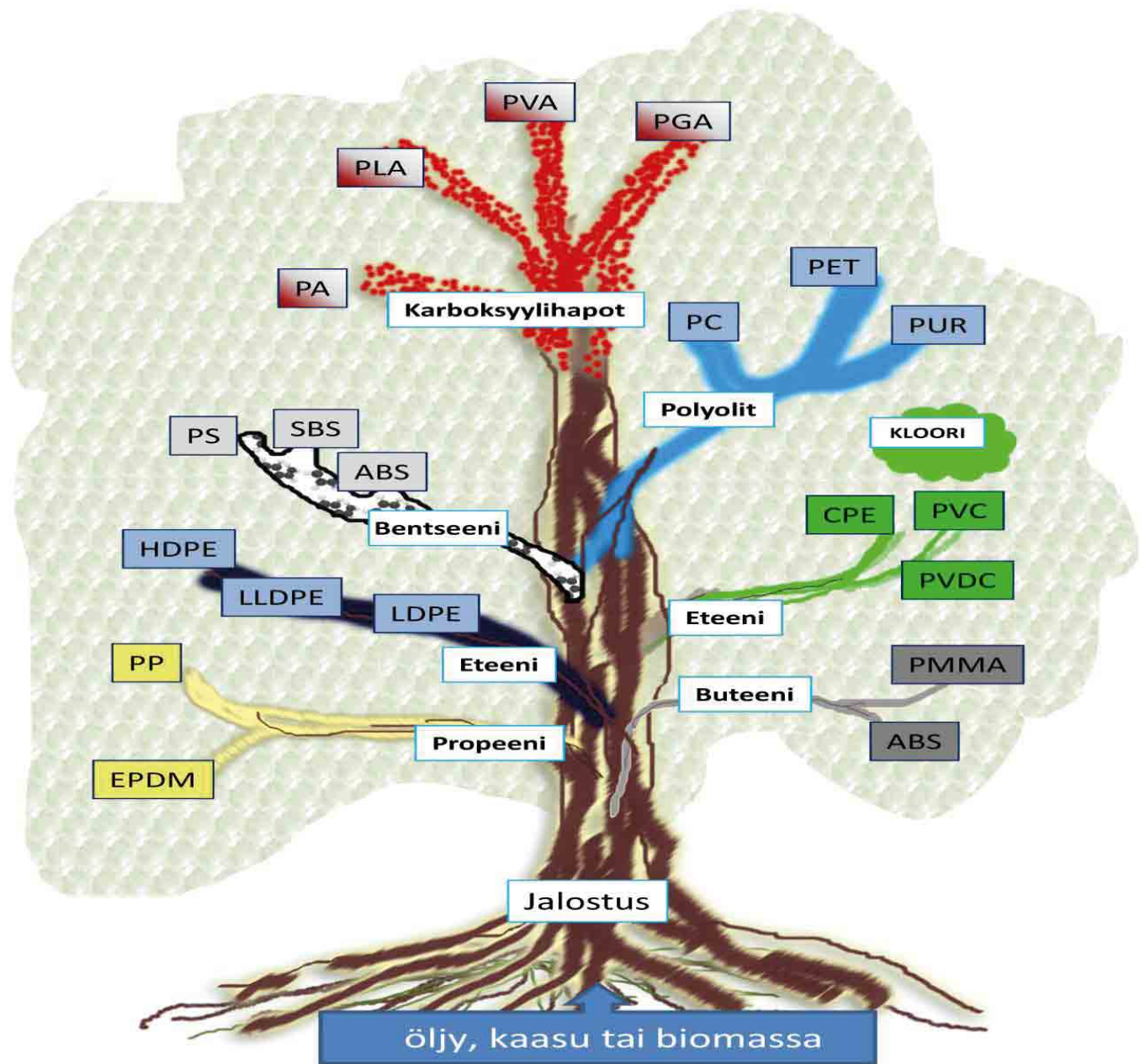
**Tire** kesto 4.50, lataaja: Rebecca Meyer

kieli: englanti <http://www.youtube.com/watch?v=lf5t783NZFY>

### Ranskankieliset versiot nimellä: Comment c'est fait

Aiheeseen liittyviä linkkejä ja ruutukoodeja lisää [www.plastics.fi/muovi-ilmio](http://www.plastics.fi/muovi-ilmio)





Muovi-ilmiö virikepaketin laatimiseen ovat Muoviteollisuus ry:stä osallistuneet Vesa Kärhä, Lena Jenytn, Kari Kuivalainen, Aulis Nikkola ja Rasmus Pinomaa.  
Etukannen kuva Rasmus Pinomaa.



Muoviteollisuus ry  
PL 4, 00131 HELSINKI

[www.plastics.fi](http://www.plastics.fi)

©Muoviteollisuus ry, 2000, 05-2014, Helsinki