



# PACKALL

PackAlliance:  
European alliance for innovation training  
& collaboration towards future packaging

Korkeakoulut ja yritykset yhdessä.

## Koulutuksen moduulit:

- Uudet materiaalit ja biomateriaalit
- Ekologinen suunnittelu ja uudet valmistusprosessit
  - **Jätteen hallinta ja kierrätys**
- Kansalaisten ja kuluttajien osallistaminen



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

Hanke on rahoitettu Euroopan komission tuella.  
Tästä julkaisusta [tiedotteesta] vastaa ainoastaan sen laatija, eikä komissio ole vastuussa siihen sisältyvien tietojen mahdollisesta käytöstä.





# PACKALL

PackAlliance:  
European alliance for innovation training  
& collaboration towards future packaging

## Korkeakoulut ja yritykset yhdessä.

### Kierrätysjärjestelmät & uudet uusiokäytön businessmallit

- Taloudelliset analyysit jätteenkäsittelylle
  - Jätteenkäsittelyn ympäristöanalyysit
  - Euroopan unionin muovistrategia



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

Hanke on rahoitettu Euroopan komission tuella.  
Tästä julkaisusta [tiedotteesta] vastaa ainoastaan sen laatija, eikä komissio ole vastuussa siihen sisältyvien tietojen mahdollisesta käytöstä.





# PACKALL

PackAlliance:  
European alliance for innovation training  
& collaboration towards future packaging

Korkeakoulut ja yritykset yhdessä.

- **Taloudelliset vaikutukset**
  - Ympäristövaikutukset



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

Hanke on rahoitettu Euroopan komission tuella.  
Tästä julkaisusta [tiedotteesta] vastaa ainoastaan sen laatija, eikä komissio ole vastuussa siihen sisältyvien tietojen mahdollisesta käytöstä.





# Taloudelliset vaikutukset

## *Talteenoton kustannukset*

Muovien talteenotto riippuu merkittävästi keräyskustannusten vaikutuksesta. Keräyskustannukset sisältävät logistiikan (kuljetuksen) ja lajittelun (työ ja lajittelulaitteisto) kustannukset.

Muovijätteen kuljetus pienissä erissä ja automatisoimattomat lajittelulaitteet eivät ole kustannustehokkaita.

Muovijätteen hyötykäytön kustannukset vaihtelevat huomattavasti, ja riippuvat huomattavasti kierrätysohjelmista ja pitkistä välimatkoista



# Taloudelliset vaikutukset

## *Talteenoton kustannukset*

### Saksalainen tutkimus

	Keräyskustannukset	Erottelukustannukset
Polttolaitokset	300-450 DM/ton	230-300 DM/ton
Kaasutus/pyrolyysi	900 DM/ton	
Kaatopaikka	375 DM/ton	





# Taloudelliset vaikutukset

## *Talteenoton kustannukset*

### PET-pulloja koskeva EU-tutkimus

	Keräys		Lajittelu	Yhteensä
	Kaduilla olevat keräyspisteet	Keräyspisteet		
Kierrätys	255-305 €/t	196-242 €/t	474 €/t	508-618 €/t*
Poltto				326-392 €/t
Kaatopaikka				368-434 €/t

\*sisältää uudelleenkäsitellyn materiaalin tulot 540 €/t



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta



# Taloudelliset vaikutukset

## *Talteenoton kustannukset*

### PET-pulloja koskeva EU-tutkimus

	Keräys		Lajittelu	Yhteensä
	Kaduilla olevat keräyspisteet	Keräyspisteet		
Kierrätys	255-305 €/t	196-242 €/t	474 €/t	508-618 €/t*
Poltto				326-392 €/t
Kaatopaikka				368-434 €/t

\*sisältää uudelleenkäsitellyn materiaalin tulot 540 €/t



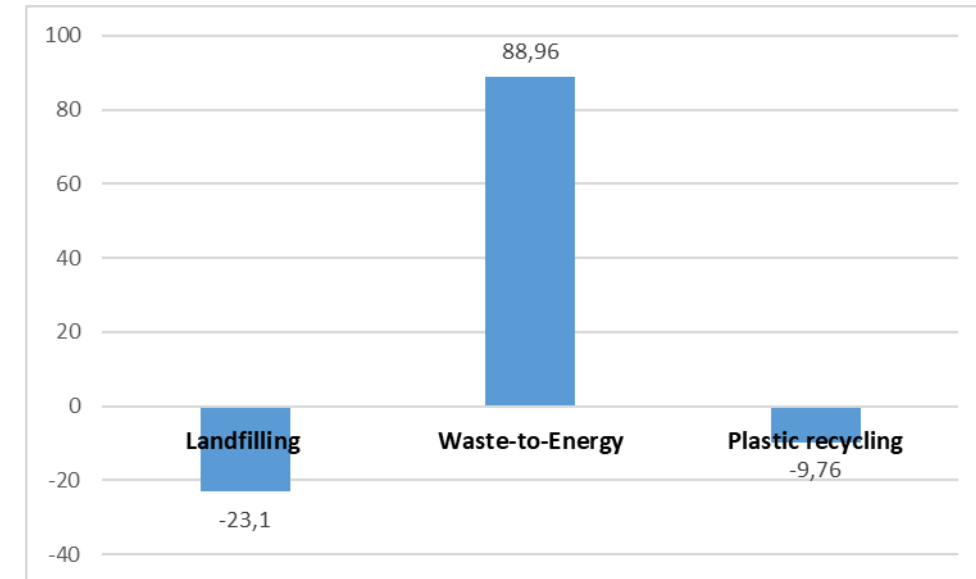
Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

# Taloudelliset vaikutukset

## *Talteenoton kustannukset*

Kuva – Kierrätyksen kannattavuus tonnille muovia kolmella eri jätteenkäsittelymenetelmällä (kaatopaikalle vienti, poltto, muovin kierrätys).

- Poltto: Lämpö ja sähkö kaupallistetaan. On ainoa kannattava menetelmä. Kannattavuusluvut riippuvat tehtaan koosta ja vuosikapasiteetista: mitä suurempi tehdas, sitä alemmat kustannukset ja korkeampi tuotto.
- Muovin kierrätyksen kannattavuus riippuu kahdesta tekijästä, joihin tehdas ei itse voi vaikuttaa: öljyn hinnasta ja kuluttajilta kierrätetyn muovin kierrätysosuudesta.





# Taloudelliset vaikutukset

## *Talteenoton kustannukset*

Jotta muovijätteen kierrätyksen rahallinen arvo voidaan maksimoida, jätevirta pitää lajitella raaka-aineen tyyppin ja värin mukaan.

Käsin tehty, manuaalinen lajittelu ei kuitenkaan ole taloudellisesta järkevää, joten on tarkoituksenmukaista käyttää automaattilajittelua.

Automaattisen lajittelun pääomakustannukset ovat korkeat, ja ne pitää pystyä kattamaan korkealla jätemateriaalivirralla sekä huomioimalla kuljetuskustannukset.



# Taloudelliset vaikutukset

## *Uudelleenprosessoinnin kustannukset ja markkinavoimat*

Pääsyyt polymeerin kierrätyksen puutteeseen ovat käytännössä

- heikko talteenoton aste
- kuljetuskustannusten epäsuotuisa kannattavuus
- kierrätyskustannukset, sisältäen korkeat pääomakustannukset
- kierrätettyjen muovien vaihtelevat markkinat.

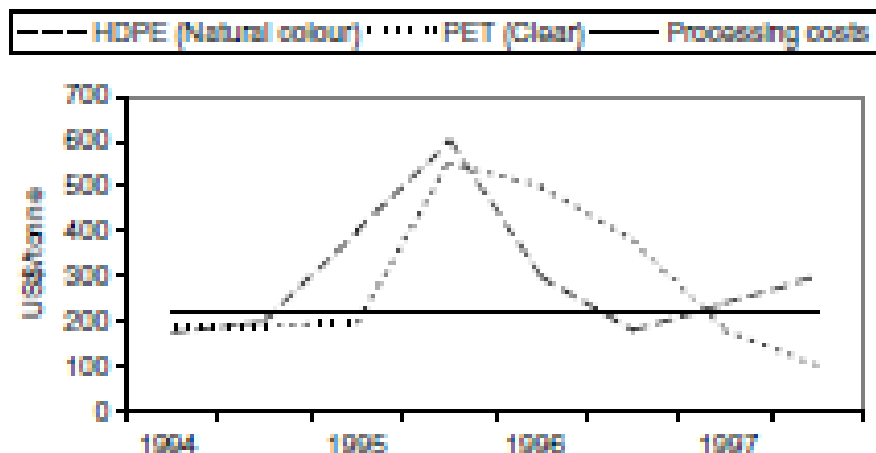
Mekaaninen kierrätys on huomattavasti kustannustehokkaampaa kuin kemiallinen kierrätys – erityisesti termoplastisten muovien tapauksessa.



# Taloudelliset vaikutukset

## *Uudelleenprosessoinnin kustannukset ja markkinavoimat*

Amerikkalainen HDPE- ja PET-pullojen mekaanisesta kierrätyksestä koskeva tutkimus



Kierrätettyjen muovien markkinahinta riippuu öljyn hinnasta, tekee markkinasta erittäin epävakaa eikä siten kannusta kierrätyksen lisäinvestointeihin.

**Kuvio** – Tärkeimpien kierrätyspolymeerien markkinahinnat ja minimiuudelleenkäsittelykustannukset

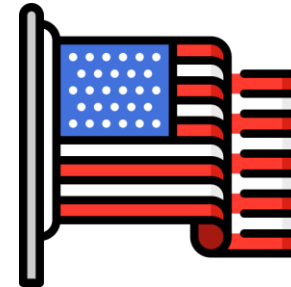


# Taloudelliset vaikutukset

## *Uudelleenprosessoinnin kustannukset ja markkinavoimat*

- Amerikkalainen kemiallisen kierrätyksen kustannuksia (pyrolyysi ja kaasutus) koskeva tutkimus

Toiminta	Kustannukset (\$/tonni)	
	Pyrolyysi	Kaasutus
Keräys	140	140
Lajittelu	200	200
Syötteen valmistelu	160	160
Käsittely	220	180
Kustannukset yhteensä	720	680
Kierrätysmateriaalin myyntihinta	120	300
Menetys	(600)	(380)



Kumpikaan menetelmä ei ollut **taloudellisesti kannattava**.





# Taloudelliset vaikutukset

## *Uudelleenprosessoinnin kustannukset ja markkinavoimat*

Eurooppalainen erilaisten muovipakkausten jätteenkäsittelyvaihtoehtojen määriä koskeva tutkimus

Vaihtoehto	Kierrätys		Poltto	Kaatopaikka
	Mekaaninen	Syötettävä raaka-aine		
1	-	-	-	100
2	12	3	15	70
3	15	-	85	-
4	15	10	75	-
5	25	10	65	-
6	35	15	50	-

*Käsiteltyjen muovijätteen prosenttiosuudet*



# Taloudelliset vaikutukset



## *Uudelleenprosessoinnin kustannukset ja markkinavoimat*

- Eurooppalainen erilaisten muovipakkausten jätteenkäsittelyvaihtoehtojen määriä koskeva tutkimus

Vaihtoehto	Kierrätys		Poltto	Kaatopaikka	Muovijätteen käsittelyn kustannukset	Yhteensä (hyödyt-kustannukset)
	Mekaaninen	Syötettävä raaka-aine				
1	-	-	-	100 %	0,17 €/kg	
2	12 %	3 %	15 %	70 %		
3	15 %	-	85 %	-	0,23 €/kg	<b>MAKSIMI</b>
4	15 %	10 %	75 %	-	0,24 €/kg	
5	25 %	10 %	65 %	-		
6	35 %	15 %	50 %	-	0,67 €/kg	

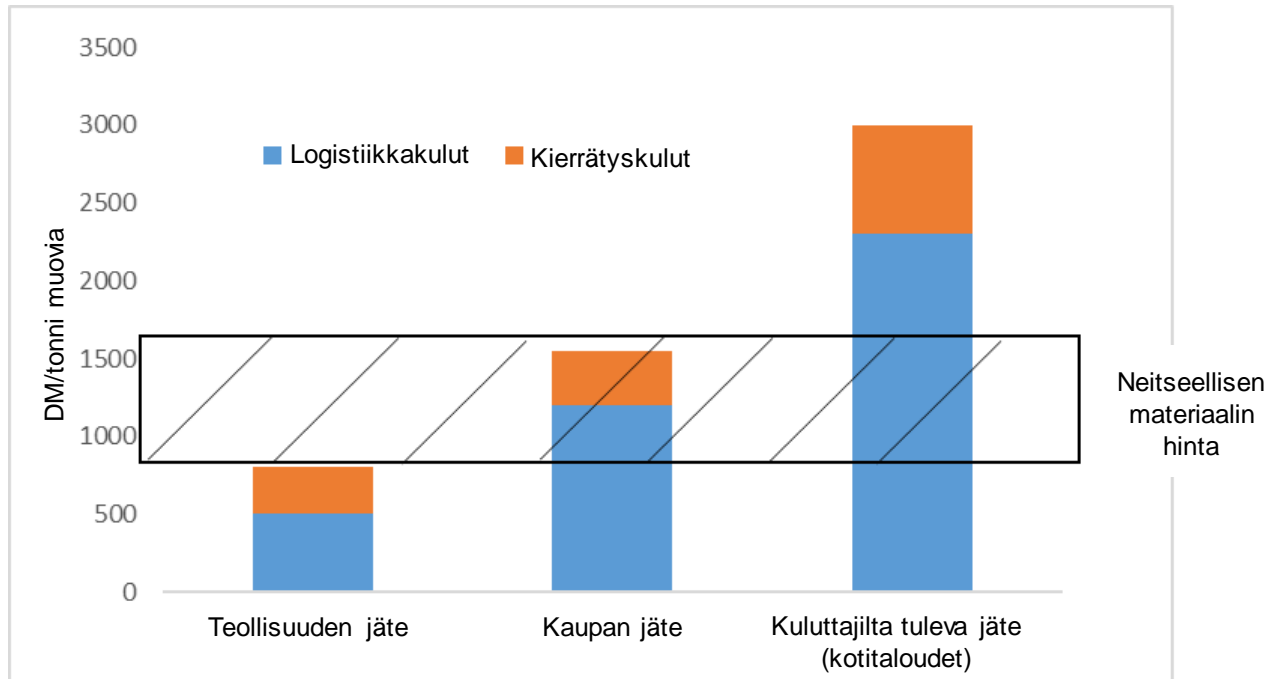


# Taloudelliset vaikutukset



## *Uudelleenprosessoinnin kustannukset ja markkinavoimat*

Saksalainen muovin käsittelyn kustannuksia koskeva tutkimus, jossa huomioitiin materiaalin lähde



### Tutkimuksen johtopäätökset

- Teollinen ja kaupan jätteen kierrätys ovat kannattavia.
- Kuluttajilta kerätyn muovijätteen kierrätys on erittäin kannattamatonta.
- Neitseellisen polymeerin hinta määrittelee muovijätteen kierrätyksen kannattavuuden.

*Saksalainen muovin käsittelyn kustannuksia koskeva tutkimus, jossa huomioitiin materiaalin lähde*



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

# Taloudelliset vaikutukset

## *JOHTOPÄÄTÖKSET*

- Kierrätys voi olla taloudellisesti kannattavaa ainostaan jos kierrätetyn materiaalin hinta on sama tai alhaisempi kuin neitseellisen materiaalin tuottamisen, kun otetaan huomioon vaihtoehtoisten hävitysmenetelmien hinnat.
- Taloudellisesti halvin vaihtoehto kierrätykselle on kaatopaikka (30 \$/t), mutta hävityskustannusten noustessa polymeerien kierrätys voi tulla taloudellisesti kiinnostavammaksi.





# Taloudelliset vaikutukset

## *JOHTOPÄÄTÖKSET*

- Poltto on toiseksi halvin vaihtoehto, seuraavaksi mekaaninen kierrätys.
- Polttolaitoksissa hävittämisen hinta on noin 100 \$/tonni. Euroopassa hinta on 400 €/ton. Vaikka polttamisen ympäristövaikutus on paljon pienempi kuin kaatopaikalle viemisen, kansalaiset vastustavat polttamista.
- Kaatopaikalle vieminen saattaa silti olla halvempaa kuin kierrätys, koska se on alihinnoiteltu. Laskelmassa huomioitu vain näkyvät kustannukset (jätteenkeräys, kaatopaikkamaksut ja kaatopaikan sulkemisen kustannukset), mutta ei muita aineellisia kustannuksia (arvokkaiden resurssien tuhlaaminen ja ympäristönsuojelu).





# PACKALL

PackAlliance:  
European alliance for innovation training  
& collaboration towards future packaging

Korkeakoulut ja yritykset yhdessä.

- Taloudelliset vaikutukset
- **Ympäristövaikutukset**



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

Hanke on rahoitettu Euroopan komission tuella.  
Tästä julkaisusta [tiedotteesta] vastaa ainoastaan sen laatija, eikä komissio ole vastuussa siihen sisältyvien tietojen mahdollisesta käytöstä.



# Ympäristövaikutukset

	Hyödyt	Haitat
<b>Mekaaninen kierrätys</b>	Yksinkertainen prosessi	Lajittelu vaatii paljon työtä ja energiaa
<b>Kemiallinen kierrätys</b>	Mahdollistaa kiinteän sekajätteen kierrätyksen	Suuret pääomakustannukset
<b>Polttolaitos</b>	Halpa	Savukaasut
<b>Kaatopaikka</b>	Halpa	Sosiaaliset ja ympäristövaikutukset

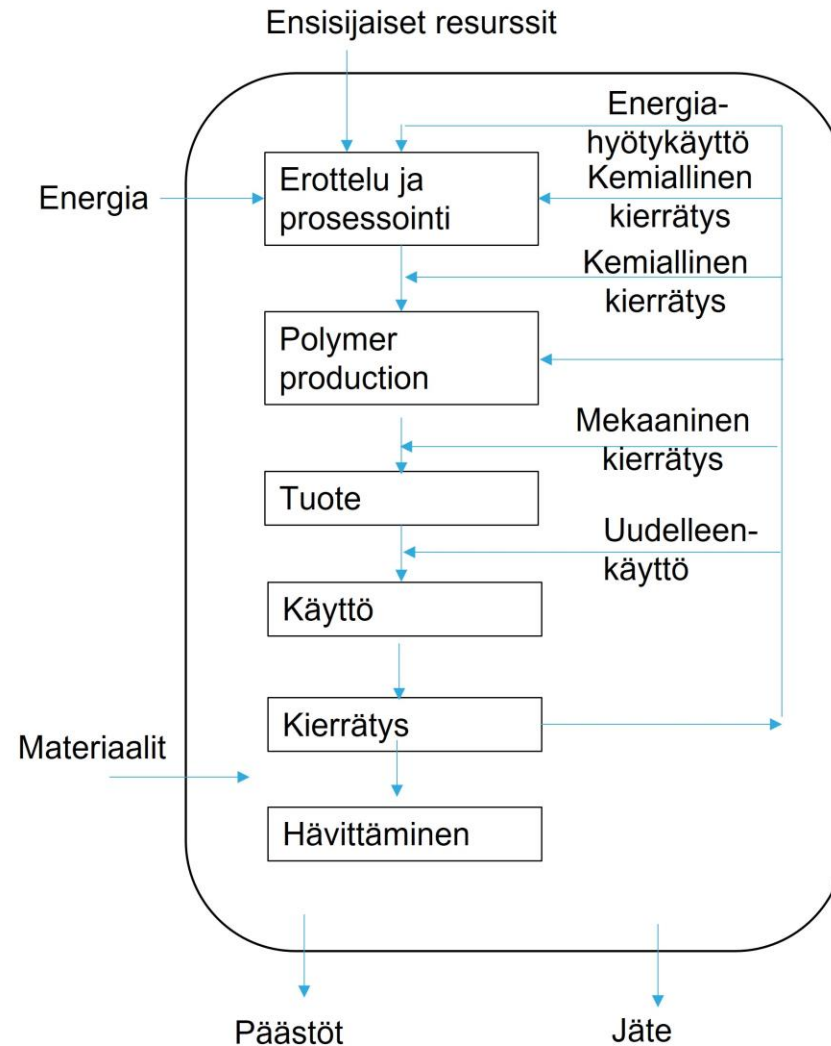
Ympäristövaikutusten mittaaminen taloudellisten vaikutusten rinnalla on välttämätöntä, jotta voidaan valita paras vaihtoehto.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Elinkaariajattelu

Kuviossa esitetään jätemuovin elinkaarisykli neljälle eri loppukäyttökohteelle.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Elinkaariajattelu

- Uudelleenkäyttö: Vaatii jätteen keräämisen, uudelleen jalostuksen ja uudistuotannon. Jokaiseen vaiheeseen tarvitaan lisää energiaa ja materiaaleja.
- Mekaaninen kierrätys: Lajittelu on työtä tai energiaa vaativaa. Määrä riippuu siitä, tehdäänkö lajittelu käsin vai koneellisesti. Murskaaminen vaatii energiaa (14 % PET-pulloihin käytetystä energiasta).
- Yleisimpien muovien polttaminen vaihtelee 3100–3400 kg CO<sub>2</sub>/t verrattuna 1500–2000 kg CO<sub>2</sub>/t tuotettu elinkaaren aikana.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

Loppusijoituksen ympäristövaikutuksia arvioidaan viittä eri vaihtoehtoa vertaillen.

Ympäristövaikutukset arvioidaan elinkaaren arviointi -työkalulla (Life Cycle Assessment tool, LCA).

Elinkaariarviointi muuntaa muovien koko elinkaaren panokset ja tuotokset ympäristömittareiksi.

On tieteellisin ja käyttökelpoisin työkalu ympäristövaikutusten arviointiin.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Suljetun syklin (closed loop) kierrätys: Muovipaneelit

Muovipaneeleita käytetään useissa eri tuotteissa: kopiokoneissa, tietokoneissa, puhelimissa ja fakseissa.

Muovipaneeleille on tärkeää määrittää kestäviä loppukäyttökohteita. Kaatopaikalle vientiä tulee välttää.

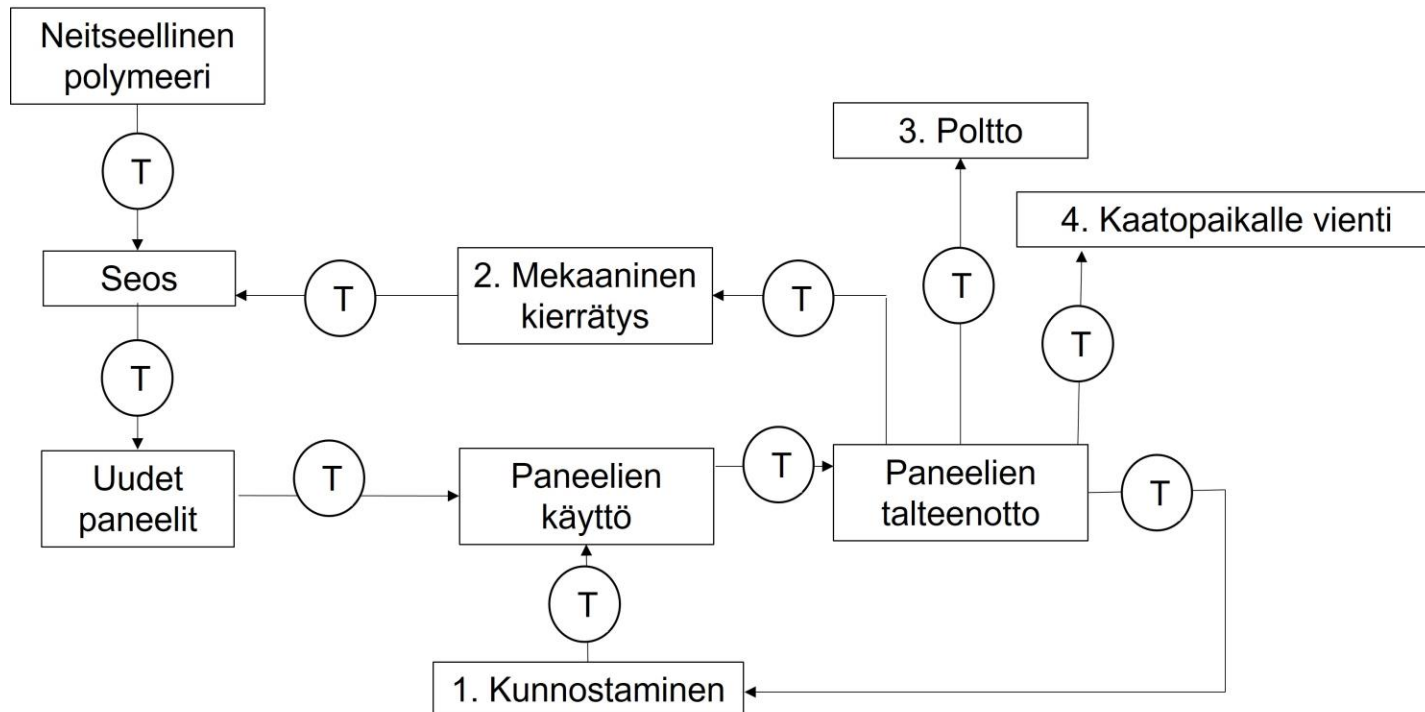
Tässä tapauksessa kopiokoneen etulevyt voidaan käyttää uudelleen. Kierrätyskertoja voidaan kuitenkin toistaa vain tietty määrä, ja sen jälkeen paneelit pitää hävittää (kaatopaikka tai poltto).



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Suljetun syklin (closed loop) kierrätys: Muovipaneelit



Elinkaaren vuokaavio, jossa kuvataan muovipaneelien tuotanto-, uudelleen prosessointi- ja kierrätysvaihtoehdot.





# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Suljetun syklin (closed loop) kierrätys: Muovipaneelit

Tämä tutkimus koski 19000:ta paneelia, joka on vuosittainen kysyntä Isossa-Britanniassa. Käytettävät neitseelliset polymeerit ovat polykarbonaatti ja poly(akrylinitriili-ko-butadieeni) (ABS).

Muovipaneelit voidaan tässä tutkimuksessa käyttää vain kerran uudelleen, mikä johtuu laatuongelmista uudelleen maalauksessa. Kunnostettuja paneeleita ei voida kierrättää mekaanisesti.

- Tutkimuksessa on 5 eri skenaariota.

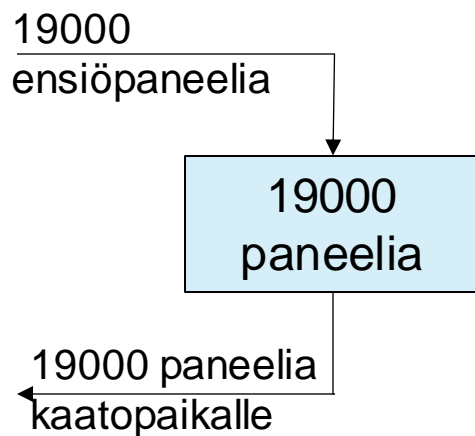


# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

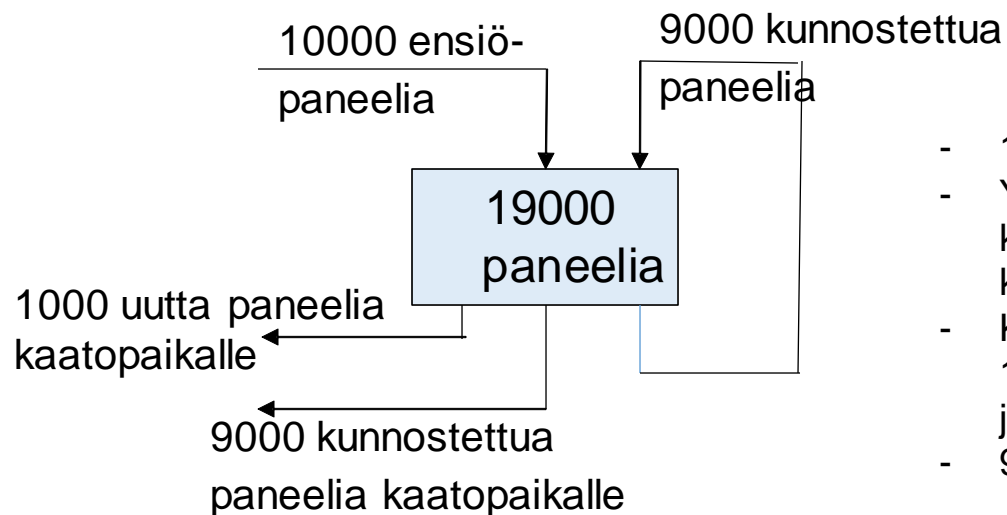
### Suljetun syklin (closed loop) kierrätys: Muovipaneelit

#### Skenaario A



- 19000 paneelia valmistetaan neitseellisestä muovista.
- Paneelit asennetaan ja käytetään kerran ja lopuksi puretaan ja lähetetään kaatopaikalle.

#### Skenaario B



- 10000 paneelia valmistetaan ensiömuovista.
- Yhdessä 9000 kunnostetun paneelien kanssa ne yhdistellään 19000 kopiokoneeseen.
- Käytön jälkeen paneelit puretaan. 9000 10000:sta uudesta paneelista kunnostetaan ja loput 1000 lähetetään kaatopaikalle.
- 9000 kunnostettua paneelia kaatopaikalle.

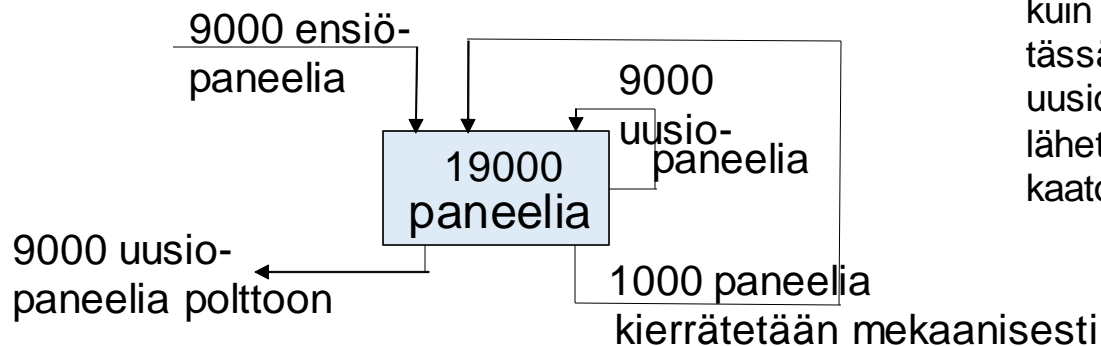


# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Suljetun syklin (closed loop) kierrätys: Muovipaneelit

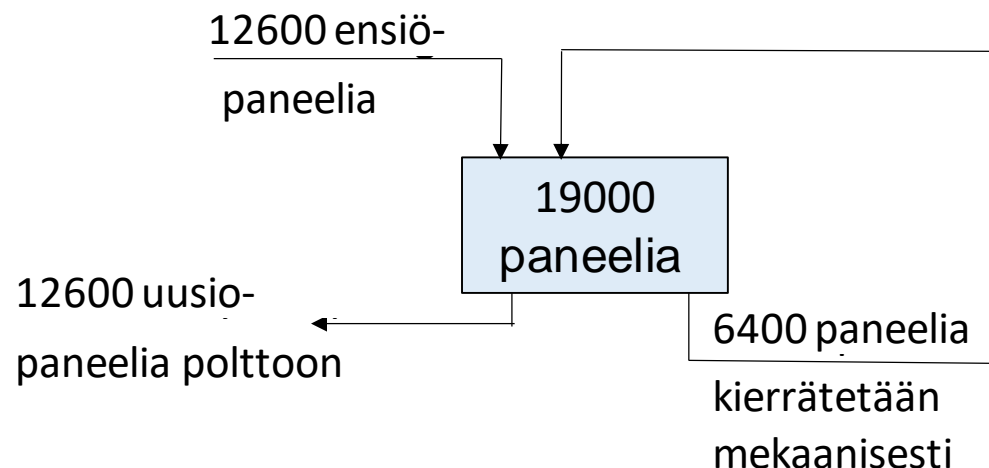
#### Skenaario C



#### Skenaario D

- Sama skenaario kuin C, mutta tässä 9000 uusiopaneelia on lähetetty kaatopaikalle.

#### Skenaario E



- 12600 paneelia valmistetaan ensiömuovista ja 6400 ensiö ja uusiomuovin seoksesta.
- 12600 kierrätettyä paneelia viedään kaatopaikalle.

- 9000 paneelia valmistetaan ensiöpolymeeristä.
- 9000 paneelia kunnostetaan.
- 1000 paneelia valmistetaan mekaanisesti kierrätetystä materiaalista. Tuotantorajoitteiden vuoksi vain 25 % kierrätetystä materiaalista voidaan sekoittaa ensiömuoviin.
- Näin 10000 paneelia kierrätetään, jäljelle jäävät 9000 paneelia poltetaan.



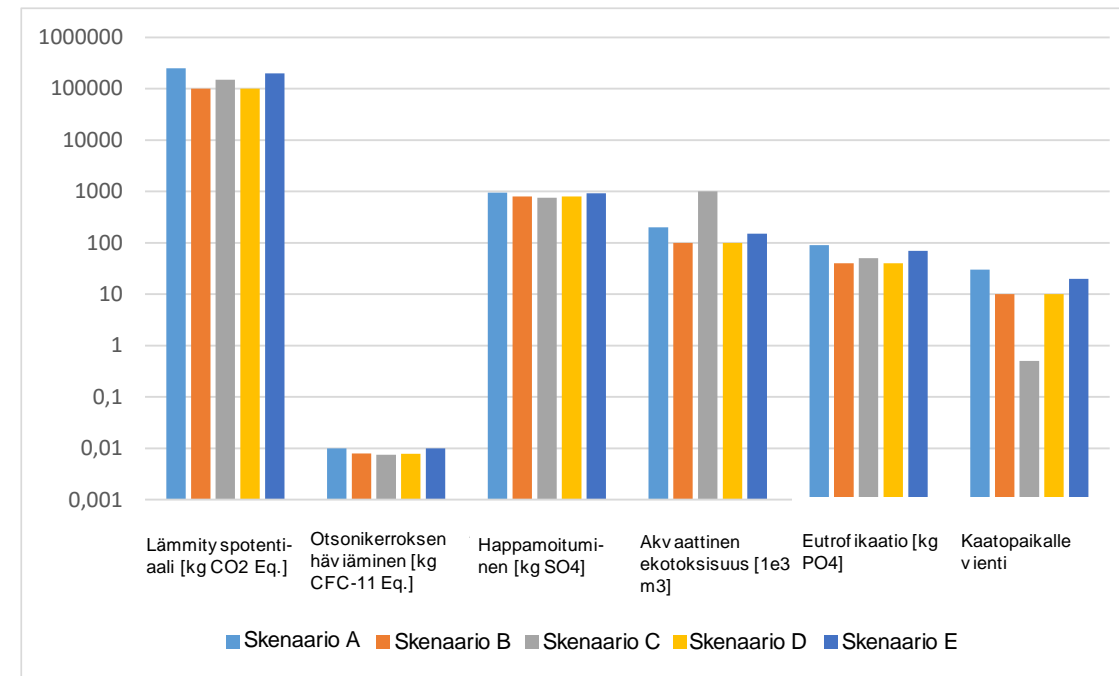
# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Suljetun syklin (closed loop) kierrätys:

#### Muovipaneelit

- Vaihtoehdolla D on pienimmät vaikutukset.
- Vaihtoehto C olisi paras, mutta sillä on korkein vaikutus akvaattiseen ekotoksisuuteen. C-vaihtoehdossa energiaa ei voida talteenottaa polttolaitoksessa.
- B-vaihtoehdolla on toiseksi pienimmät vaikutukset. B-vaihtoehdossa kunnostetut paneelit viedään kaatopaikalle.



**Yhteenveto:** yhdistelmänä suljetun kierron kierrätys (kunnostus ja mekaaninen) on ympäristövaikutuksiltaan paras jälleenkäyttökohde.



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Kaskadikäyttö: Auton laminoidut tuulilasit

Tässä esimerkissä vertaillaan eri muovimateriaaleja, joita voidaan käyttää auton laminoidussa tuulilaseissa.

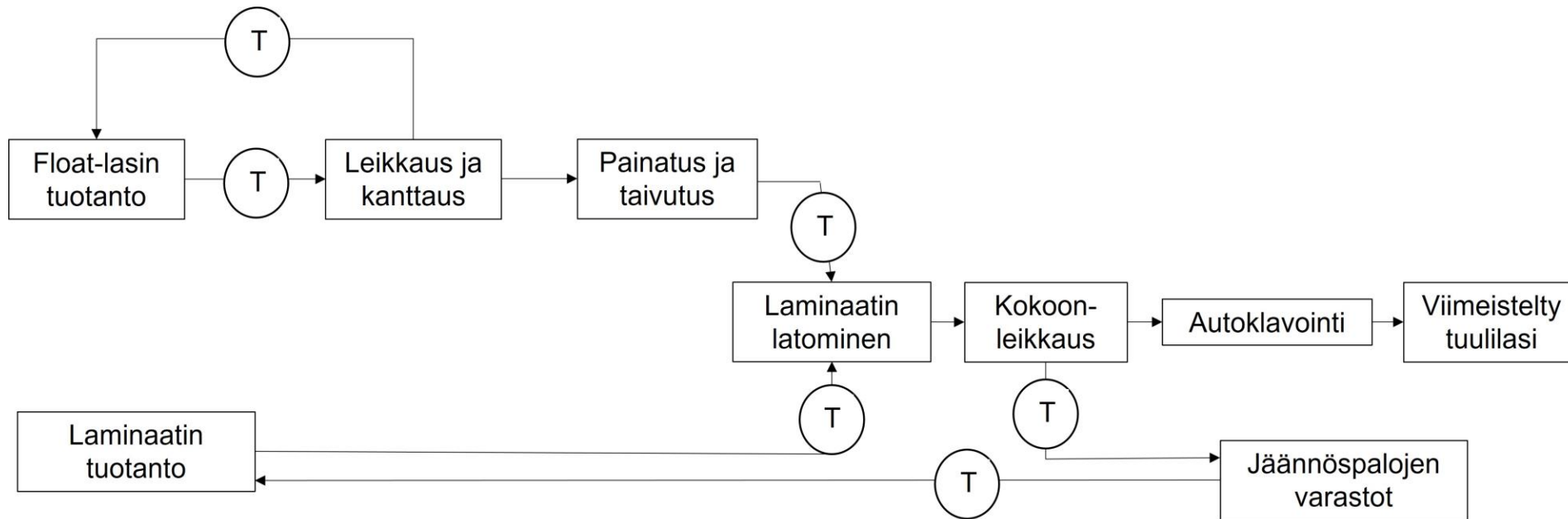
Päätavoite on määrittellä optimi loppukäyttökohde. Nykyään vain lasisia tuulilaseja voidaan kierrättää. Muovi, jota teollisuudessa käytetään, on poly(vinyylibutyyraali) (PVB), mutta myös poly(vinyylidikloridia) (PVC), poly(eteeni-ko-vinyyliasetattia) (EVA) ja polyuretaania (PU) voidaan käyttää.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Kaskadikäyttö: Auton laminoitunut tuulilasit



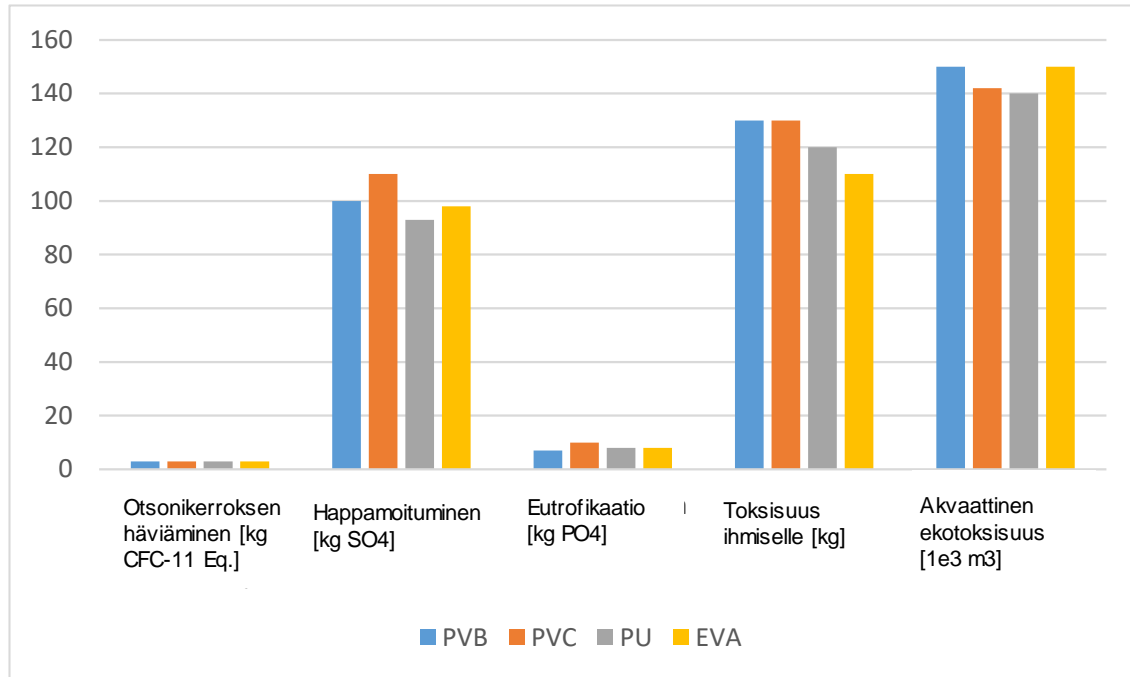
*Laminoitujen tuulilasien elinkaaren vuokaavio.*



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Kaskadikäyttö: Auton laminoidut tuulilasit



*Välikerrosten polymeerien ensiökäyttö: ympäristövaikutusten vertailu elinkaaren aikana. Polymeerit viedään kaatopaikalle.*

	PVB	PVC	PU	EVA
Otsonikerroksen häviäminen [kg CFC-11 Eq.]	2	1	1	1
Happamoituminen [kg SO4]	3	4	1	2
Eutrofiikkaatio [kg PO4]	1	3	2	2
Toksisuus ihmiselle [kg]	3	3	2	1
Akvaattinen ekotoksisuus [1e3 m3]	4	2	1	3

*Välikerrosten luokittelu niiden elinkaaren ympäristövaikutusten suosimisjärjestyksessä.*

Ympäristön kannalta kestävimmän materiaalin valinta ei ole yksiselitteinen.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Kaskadikäyttö: Auton laminoitunut tuulilasit

Kun kriteereinä käytetään taloudellisuutta ja teknisiä ominaisuuksia, PVC and EVA ovat osoittautuneet parhaiksi vaihtoehdoiksi.

Tutkimuksen toisessa osassa tarkastellaan valittujen polymeerien loppukäyttömahdollisuuksia. Polymeerejä ei voida käyttää uudelleen teknisten ominaisuuksien vuoksi, mutta niitä voidaan uudelleenkäyttää toisissa sovelluksissa:

- PVC kierrätetään putkituotannossa.
- EVA kierrätetään kaapelinpäällystyksessä.



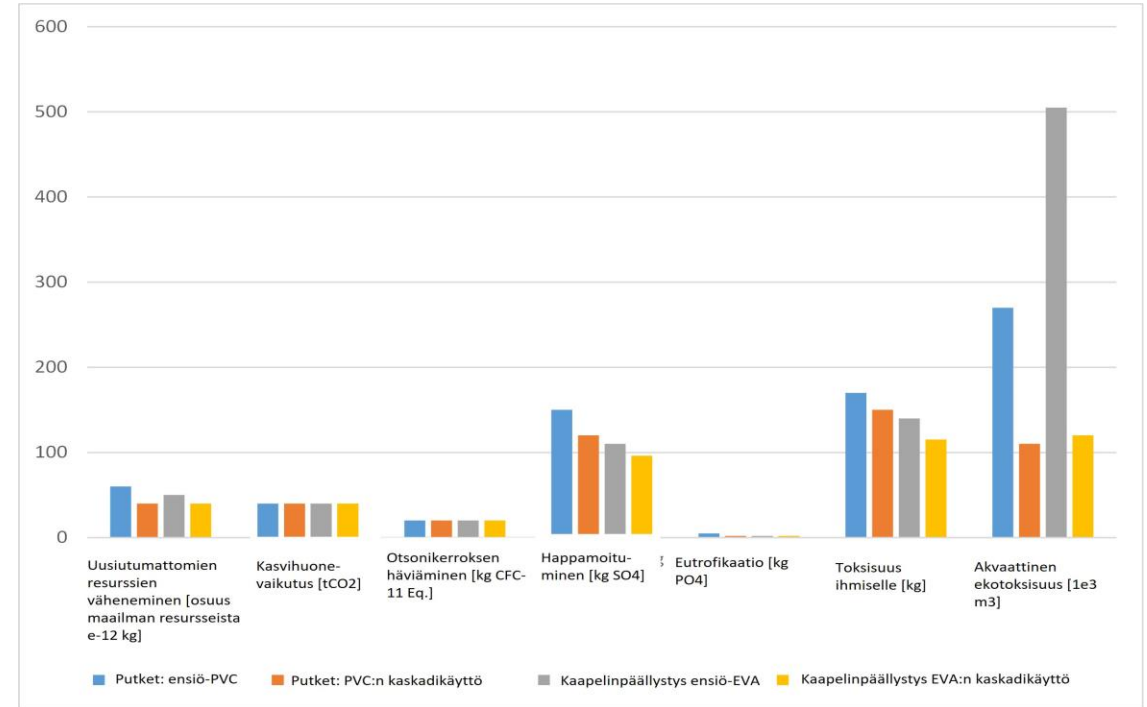


# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Kaskadikäyttö: Auton laminoidut tuulilasit

- Kaskadikäyttö tuottaa alhaisen vaikuttavuuden molemmille materiaaleille.
- Uusiokäytössä EVAn käyttö on paras vaihtoehto.
- Johtopäätös: EVA on paras materiaali, ja sitä tulisi käyttää uudelleen kaapelikuorissa.



*Elinkaarivaikutusten vertailu PVC:n ja EVAn ensiö- ja kaskadikäytössä*



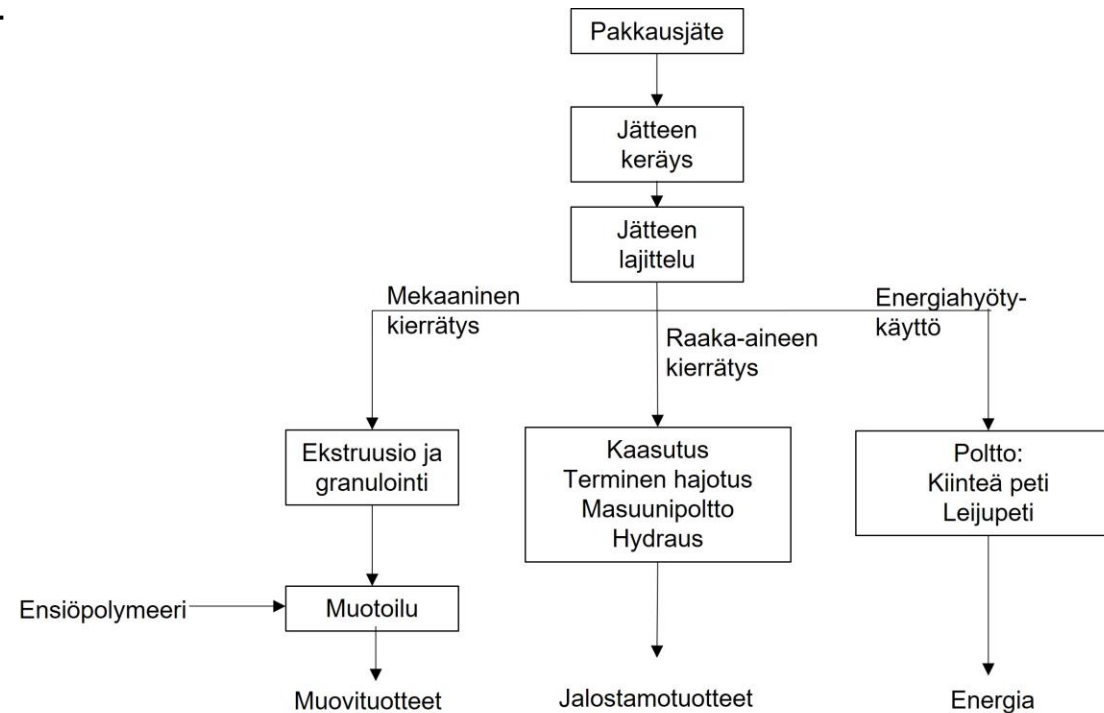
# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

Integroitu muovijätteen käsittely:

Pakkaukset

Mekaanisen ja kemiallisen (raaka-aineen) kierrätyksen ja jättepakkauksista saatavan energian talteenoton ympäristövaikutusten vertailu



*Jätemuovipakkausten kierrätysvaihtoehdot*



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Integroitu muovijätteen käsittely: Pakkaukset

Mekaanista kierrätystä on harkittu vain muovijätteen ja -kalvojen osalta. Vaihtoehtoja ovat

- granulaattien kierrättäminen jättepulloista takaisin pulloiksi
- pakkauskalvon kierrätys takaisin kalvoksi
- kalvon kierrätys jättesäkeiksi
- kalvon kierrätys kaapelipäällysteeksi.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Integroitu muovijätteen käsittely: Pakkaukset

Tässä tapaustutkimuksessa tarkastellut raaka-aineiden kierrätystekniikat ovat

- kaasutus ruskohiilellä kiintopetiuunissa
- kaasutus ruskohiilellä leijupetiuunissa
- muovien termolyysi petrokemian tuotteiksi
- muovien käyttö masuuneissa
- hydraus tyhjiössä yhdessä jäteöljyjen kanssa.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

*Integroitu muovijätteen käsittely: Pakkaukset*

Eri kierrätysvaihtoehtojen ympäristövaikutuksia verrataan kahdessa vaiheessa.

Ensimmäisessä vaiheessa tarkastellaan raaka-aineiden kierrätys- ja energian talteenottovaihtoehtoja.

Toisessa vaiheessa verrataan näitä menetelmiä mekaaniseen kierrätykseen.



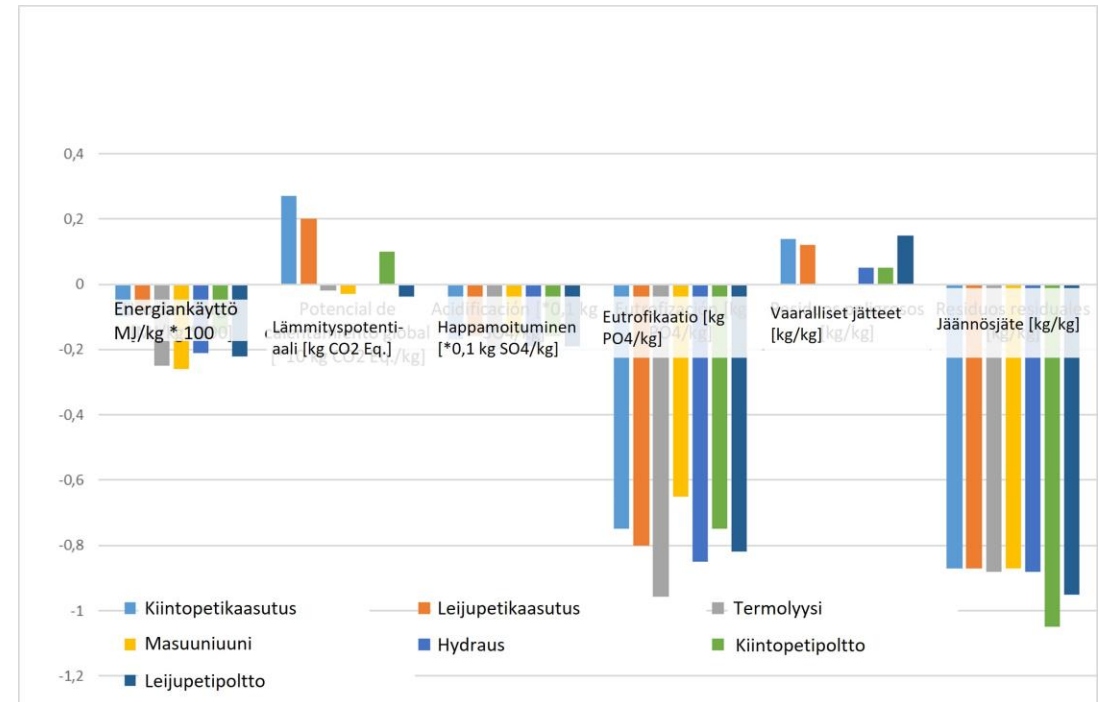
# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

Integroitu muovijätteen käsittely:  
Pakkaukset

### **Ensimmäinen vaihe: Raaka-aineiden kierrätyksen ja energian talteenoton vertailu**

- Vertailuskenaarioksi on valittu kaatopaikalle sijoittaminen.
- Kaikilla raaka-aine- ja energian talteenottovaihtoehtoilla on pienemmät ympäristövaikutukset kuin kaatopaikoilla.



*Elinkaarivaikutusten vertailu raaka-aineiden kierrätykseen ja energian talteenottoon jätemuovipakkauksista*



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

Integroitu muovijätteen käsittely: Pakkaukset

**Ensimmäinen vaihe: Raaka-aineiden kierrätyksen ja energian talteenoton vertailu**

	Energian käyttö	Ilmaston lämpeneminen	Happamoituminen	Rehevöityminen	Vaaralliset jätteet	Jäännösjätteet
Kiintopetikaasutus	6	6	4	6	6	6
Leijupetikaasutus	7	7	5	4	5	5
Termolyysi	2	2	1	1	1	3
Masuuniuuni	1	1	6	7	2	6,7
Hydraus	4	4	3	2	3	4
Kiintopetipoltto	5	5	7	5	4	1
Leijupetipoltto	3	3	2	3	7	2

*Elinkaarivaikutusten vertailu raaka-aineiden kierrätykseen ja energian talteenottoon jätemuovipakkauksista*

- Raaka-aineiden talteenottoa masuuneissa ja termolyysiä voitaisiin suositella kestävimmiksi vaihtoehdoiksi.



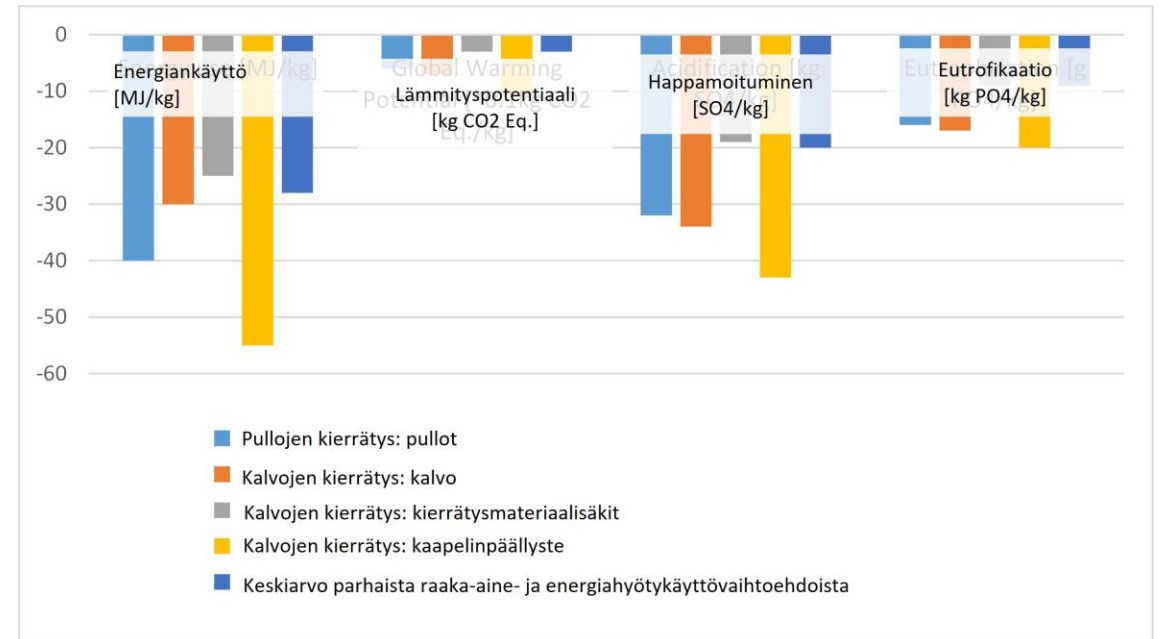
# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Integroitu muovijätteen käsittely: Pakkaukset

### **Toinen vaihe: Mekaanisen kierrätyksen vertailu**

- Kaikkien mekaanisten kierrätysvaihtoehtojen vaikutukset ovat yleisesti ottaen vähentyneet verrattuna vertailuskenaarioon (kaatopaikalle sijoittaminen).
- Paras vaihtoehto kaikkiin vaikutuksiin näyttää olevan kalvon kierrätys kaapelipäällysteeksi.



*Pullojen ja kalvojen kierrätyksen elinkaari-vaikutusten vertailu raaka-aineiden kierrätyksen ja energian talteenoton parhaisiin vaihtoehtoihin*





# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Integroitu muovijätteen käsittely: Pakkaukset

- Yhteenvetona voidaan todeta, että mekaaninen kierrätys on ympäristön kannalta kestävämpää kuin raaka-aineiden tai energian talteenotto
- Kun kuitenkin otetaan huomioon kapasiteettiin, teknologiaan ja lajitteluun liittyvät rajoitukset tällä hetkellä, mekaaninen kierrätys yhdistetään raaka-aineiden kierrätykseen ja energian talteenottoon jätteelle, jota ei voida kierrättää mekaanisesti.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### *Elinkaaren tuotesuunnittelu kemialliseen kierrätykseen: "Waterlily"-pehmuste*

- Tässä tapaustutkimuksessa sovelletaan elinkaarisuunnittelun periaatteita uuden, kierrätettävän huonekalun (patjan) pehmustemateriaalin kehittämiseksi. Materiaali on polyuretaani (PU), ja pehmustemateriaali on nimeltään "Waterlily" (Vesililja).
- Tutkimuksessa on pyritty tunnistamaan PU-vaahdolle sopivimmat käyttöiän loppuvaiheen vaihtoehdot, mikä mahdollistaisi olemassa olevan tuotteen uudelleensuunnittelun kierrätettävyyden parantamiseksi.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

*Elinkaaren tuotesuunnittelu kemialliseen kierrätykseen: ”Waterlily”-pehmuste*

Kierrätysvaihtoehtoja on useita:

Jätelastujen uudelleensitominen maton alustaan (USA:ssa)
Mekaaninen kierrätys hienoksi jauheeksi, jota käytetään joustavan vaahdon tuottamiseen
Poltto
Kemiallinen kierrätys vaiheisiin jaetulla glykolyysillä (engl. Split-phase glycolysis), joka tuottaa puhdasta, joustavaa polyolia, jota käytetään korvaamaan neitseellinen polyoli kokonaan

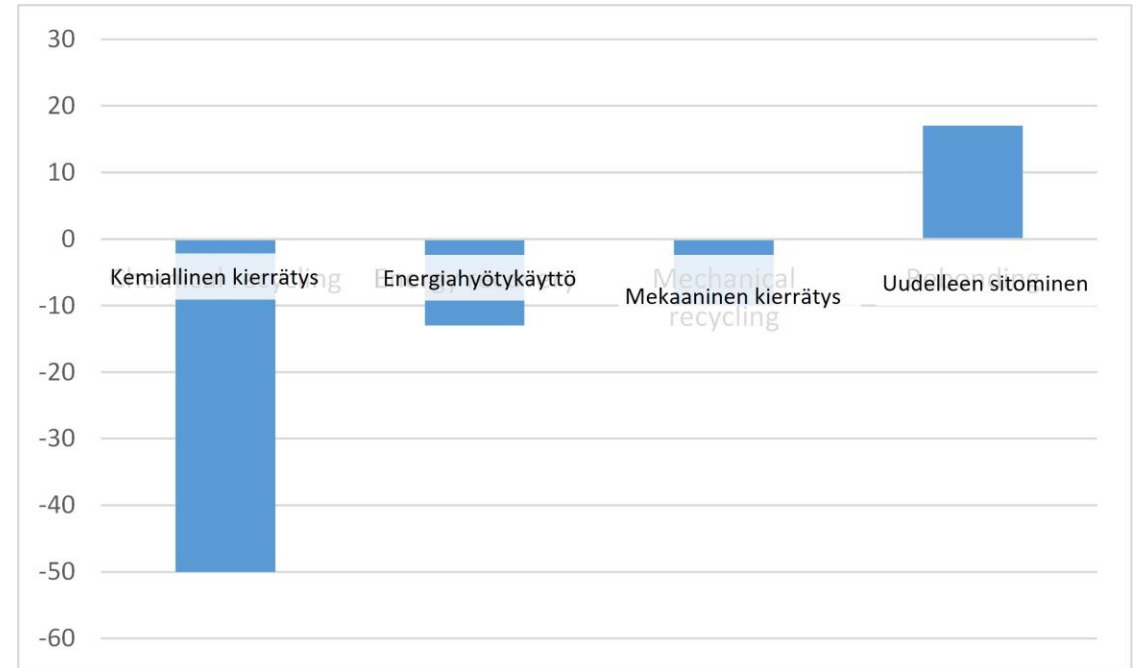


# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

## Eri kierrätysvaihtoehtojen ja -teknologioiden elinkaariarviointi

### Elinkaaren tuotesuunnittelu kemialliseen kierrätykseen: "Waterlily"-pehmuste

- Kemiallisen kierrätyksen suunnittelu osoittautuu tässä tapauksessa kestävimmäksi vaihtoehdoksi.



"Waterlily"-patjojen eri kierrätysvaihtoehtojen vertailu.



# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

**Kaatopaikoille sijoitetun, polttoon ja kaasutuspyrolyysiin menevän paperi- ja muovipakkausjätteen elinkaariarviointi**

Tässä tutkimuksessa arvioitiin ja verrattiin sekamuovijätteen käsittelyn ympäristötehokkuutta käyttäen (1) kaatopaikalle sijoittamista, (2) polttoa ja (3) kaasutuspyrolyysiä. Toiminnallinen yksikkö on 1 kg sekamuovia.

Demetrious, A., Crossin, E. J Mater Cycles Waste Manag 21, 850–860 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10163-019-00842-4>



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

# Kierrätyksen ympäristövaikutukset

**Kaatopaikoille sijoitetun, polttoon ja kaasutuspyrolyysiin menevän paperi- ja muovipakkausjätteen elinkaariarviointi**

Happamoitumis- ja rehevöitymispotentiaalia sekä fotokemiallisen otsonin muodostumispotentiaalia tarkastelemalla voidaan sanoa, että poltto on paras loppukäyttövaihtoehto.

Ilmaston lämpenemispotentiaaliin kaatopaikkasijoitus on paras loppukäyttövaihtoehto.

Demetrious, A., Crossin, E. J Mater Cycles Waste Manag 21, 850–860 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10163-019-00842-4>





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI SALERNO



**Esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajien omia, eivätkä ne välttämättä edusta Euroopan komission kantaa. Euroopan komissio tai sen puolesta toimivat henkilöt eivät ole vastuussa siitä, miten tämän julkaisun sisältämiä tietoja käytetään.**



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta



# PACKALL

PackAlliance:  
European alliance for innovation training  
& collaboration towards future packaging



## Korkeakoulut ja yritykset yhdessä.



CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE  
OF THE EBRO VALLEY



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI SALERNO



El poder de la colaboración



PLASTICS INNOVATION POLE

**Tekijänoikeus:** CC BY-NC-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Tämä lisenssi sallii muiden levittää ja muokata teosta ja luoda sen pohjalta uusia teoksia, mutta ei kaupalliseen käyttöön.

**Kuitenkin vain seuraavilla ehdoilla:**

**Nimeä** — Sinun on asianmukaisesti mainittava alkuperäinen tekijä, annettava linkki lisenssiin ja ilmoitettava, onko muutoksia tehty. Voit tehdä sen millä tahansa kohtuullisella tavalla, mutta et millään tavalla, joka viittaa siihen, että lisenssinantaja tukee sinua tai käyttöäsi.

**EiKaupallinen** — Et saa käyttää materiaalia kaupallisiin tarkoituksiin.

**JaaSamoin** — Jos muunnat tai luot materiaalin pohjalta uutta materiaalia, sinun on jaettava tuotoksesi samalla lisenssillä kuin alkuperäinen.

**Ei lisärajoituksia** — Et saa soveltaa laillisia ehtoja tai teknisiä toimenpiteitä, jotka laillisesti estävät muita tekemästä mitään, mitä lisenssi sallii.



Yhteisrahoitettu  
Euroopan unionin  
Erasmus+ -ohjelmasta

Hanke on rahoitettu Euroopan komission tuella.  
Tästä julkaisusta [tiedotteesta] vastaa ainoastaan sen laatija, eikä komissio ole vastuussa siihen sisältyvien tietojen mahdollisesta käytöstä.