

# TUTKIMUS KERTAKÄYTTÖMUKIEN KÄYTÖSTÄ PORIN SUOMALAISEN YHTEISLYSEON LUKIOSSA SEKÄ KIERTOTALOUDEN SOVELLUSMAHDOLLISUUDET KOULUSSAMME

TUTKIMUS ON TEHTY YHTEISTYÖSSÄ CIRCWASTE-OSAHANKE LUUPIN KANSSA. PORIN KAUPUNKI ON VIIDELLÄ OSAHANKKEELLAAN MUKANA VALTAKUNNALLISESSA CIRCWASTE – KOHTI KIERTOTALOUTTA - HANKKEESSA, JOKA SAA RAHOITUSTA EU:N LIFE-OHJELMASTA. OSAHANKKEESSA LUUPPI KESKITYTÄÄN YMPÄRISTÖKASVATUKSEEN JA KOULUYHTEISTYÖ ON SIINÄ TÄRKEÄSSÄ OSASSA.

AFRIN SARASVIRTA, JOHANNA NYMAN, ANNI PÖRSTI, KRISTA SAVOLAINEN, MAIJA TIITTANEN



# Sisällys

1. Yhteenveto
2. Johdanto
  - 2.1. Kiertotalous
  - 2.2. Tutkimuskysymys
  - 2.3. Tutkimussuunnitelma
  - 2.4. Suomessa ja maailmalla
  - 2.5. Artikkeleita aiheesta
  - 2.6. Muovi elinympäristössämme
3. Käsitteet
4. Kertakäyttömuki ja kestromuki
  - 4.1. Kertakäyttömukien käyttö
  - 4.2. Kertakäyttömukien materiaalit
    - 4.2.1. PLA-muovi
    - 4.2.2. Kartonki, IPE-muovi
  - 4.3. Kestomuki
  - 4.4. Kertakäyttömukien kierrätys
    - 4.4.1 PLA:n kierrätys
    - 4.4.2 Kartongin kierrätys
5. Tutkimus
  - 5.1. Kyselyn toteutus
  - 5.2. Laskenta
  - 5.3. Tulokset ja päätelmät
    - 5.3.1 Take – away mukeja ja kansia ostettu yhdellä välipalalla keskimäärin
    - 5.3.2 Take – away mukeja ja kansia ostettu yhteensä vuoden aikana
    - 5.3.3 Kyselyn tulokset
6. Lopputulokset ja kiertotalouden sovellusmahdollisuudet
7. Kiitokset
8. Lähteet

# 1. Yhteenveto

Teimme tutkimuksen Porin suomalaisen yhteislyseon lukion kahvikuppien ostamisesta välipalalta. Tutkimuksessa saimme apua Cygnaeuksen ruokapalvelukeskukselta, sillä sen työntekijät toimivat tutkimuksemme laskijoina. Tutkimus suoritettiin niin, että jokaisella välipalamyynnillä laitettiin 100 kpl Take away -mukeja ja kerättiin ylös määrä, joka mukeja oli myynnin aikana ostettu. Laskimme saamastamme tuloksesta jokaiselle myyntikerralle keskiarvon. Tulokseksi saimme keskimäärin 47 Take away-mukin kantta ja 50 Take away-mukia. Yhteensä laskennan aikana Take away -mukeja ostettiin 906 kappaletta, kansia 849 kpl ja korvallisista pahviukeja 73. Koska pahvimukien lukumäärä on niin pieni verrattuna Take away-mukien määrään emme tarkastelleet sitä tuloksissa. Teetimme myös kyselyn kuluttajatottumuksista koulussamme ja kyselyyn vastasi 285 oppilasta 715, eli noin 40%. Lisäksi keräsimme tietoa mukin materiaaleista, kierrätyksestä ja niiden ympäristövaikutuksista.

## 2. Johdanto

### 2.1. Kiertotalous

Kiertotaloudessa kuluttaminen ei perustu materiaalin omistamiseen vaan palveluiden ostamiseen ja käyttötuotteiden vuokraamiseen sekä kierrätykseen. Oleellinen osa kiertotaloutta on se, että tuotteet valmistetaan alun perinkin kestävästi käyttäen mahdollisimman paljon ja olemaan hyödyllisiä myös kierrätysvaiheessa. Kiertotalous eroaa kierrätyksestä siten, että kierrätyksessä pyritään pääsemään eroon jo syntyneestä jätteestä, kun taas kiertotalous pyrkii estämään jätteen syntyä mahdollisimman pitkälle.

lähteet: [2.1 – 1] , [2.1 – 2] , [2.1 – 3]

### 2.2 Tutkimuskysymys

Tutkimuksemme on tehty yhteistyössä Circwaste - Kohti kiertotaloutta – osahankkeen kanssa, jossa Porin kaupunki on mukana. Tutkimme kertakäyttömukien kulutusta koulumme opiskelijoiden keskuudessa ja selvitimme mukeissa käytettyjen materiaalien valmistusta, kierrätystä ja ympäristöystävällisyyttä sekä kiertotalouden sovellusmahdollisuuksia koulussamme.

Tavoitteenamme on selvittää olisiko koulussamme mahdollista siirtyä kestromukien käyttöön sekä onko kestromukien käyttö ympäristöystävällisempää tai taloudellisempää kuin kertakäyttömukien.

Hypotesimme on, että olisi hyödyllistä siirtyä kestromukien käyttöön.

### 2.3. Tutkimussuunnitelma

Tutkimussuunnitelma on lähteestä Hakala, Juha T. 1999: Graduopas muunneltuna. Suunnitelma näyttää tutkimuksen karkeat päälinjat.

## SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto (tutkimuksen lähtökohdat) \* tutkimuksen aihe eli mitä tutkitaan \*  
väljästi tutkimuksen tausta eli ne olosuhteet, joista aihe nousee \* aiheen merkitys a) tieteellisenä tutkimuksen b) (mahdollisesti) yhteiskunnallisen käytön kannalta

2. Tutkimuksen tavoite  
\* tutkimustehtävä esimerkiksi 1—3  
selvänä kysymyksenä  
\* tutkimustehtävän rajaus ja rajauksen perustelu

3. Teoriatausta  
\* kirjallisuuskatsaus, jossa esitetään  
lyhyt yhteenveto niistä tutkimuksista ja teorioista, jotka liittyvät tutkimustehtävään  
\* käsitteelliset lähtökohdat ja keskeisten termien määrittely

4. Menetelmät  
\* menetelmät, joiden avulla tutkimustehtävät ovat ratkaistavissa

maininta mahdollisesta  
esitutkimuksesta  
\* menetelmien filosofisia  
perusteita ei  
tarvitse selittää vielä tässä  
vaiheessa

5. Aineisto  
\* ihmiset, koehenkilöt tai  
kirjallisuus,  
joiden avulla tutkimuksen  
tavoite  
saavutetaan  
\* mahdollinen aineistonkeruun  
aikataulusuunnitelma 2-3 sivua  
\* suunnitelma mahdollisista  
aineistonkeruun kustannuksista

6. Tutkimuksen raportointi ja  
alustavat  
lähteet, joita aikoo käyttää  
\* opinnäytteen muoto, mikäli  
se  
poikkeaa perinteisestä (esim.  
sähköinen)  
\* tulosten luonne ja niiden  
esittämisen  
tapa  
\* tulosten hyödynnettävyys  
(ellei sitä  
esitetä kohdassa 1)  
\* mahdolliset  
salassapitokysymykset

## LÄHDELUETTELO

lähde: [2.3 – 1] Hakala, Juha T. 1999: Graduopas muunneltuna

### 2.4. Suomessa ja maailmalla

Kiertotalouteen panostaminen hyödyttää Suomea. Nykyinen hallitus tukee laajasti biotaloutta sekä puhtaita ratkaisuja. Hallituksen tavoitteena on hyödyntää niin kiertotaloutta kuin puhtaita energiamuotojakin. Lainausta Sitran sivuilta (lähde [2.4 – 4] :

<https://www.sitra.fi/tapahtumat/kiertotalous-suomessa/> ) : ” *Kiertotalouden potentiaali on valtava: Sitran tuoreen selvityksen mukaan kiertotalous tarjoaa Suomen taloudelle vähintäänkin 1,5 – 2,5 miljardin euron vuotuisen kasvupotentiaalin, siinä missä globaalien markkinoiden arvoksi on laskettu yli 800 miljardia euroa.* ”

Elinkeinon perustaa pyritään siirtämään yhä enemmän palveluihin digitaalisiin tuotteisiin kuten nettisivujen tai pelien suunnitteluun.

Vuoden 2018 alussa julkaistiin EU:n muovistrategia. Sen pyrkimyksenä on parantaa muovien talteenottoa ja hyötykäyttöä. Muovistrategia kuuluu osana suurempaan kokonaisuuteen, joka pyrkii edistämään kiertotaloutta.

Kiertotalouden osuutta opinnoissa on myös pyritty kasvattamaan niin peruskoulussa kuin myös lukiassa. Yliopistoissa on mahdollista opiskella opintokokonaisuuksia liittyen kiertotalouteen.

lähteet: [2.4 – 1] , [2.4 – 2] , [2.4 – 3] , [2.4 – 4] , [2.4. – 5]

### 2.5. Artikkeleita aiheesta

Muovin käytöstä on uutisoitu mediassa paljon lähiaikoina. Alla on kuvaleikkeitä artikkeleista, jotka koskevat muovien käyttöä.



Kuva 2.5 – 1.

Kuvan 2.5 - 1 lähde: [2.5 – 1].



Kuva 2.5 – 2.

Kuvan 2.5 – 2 lähde: [2.5 – 2].



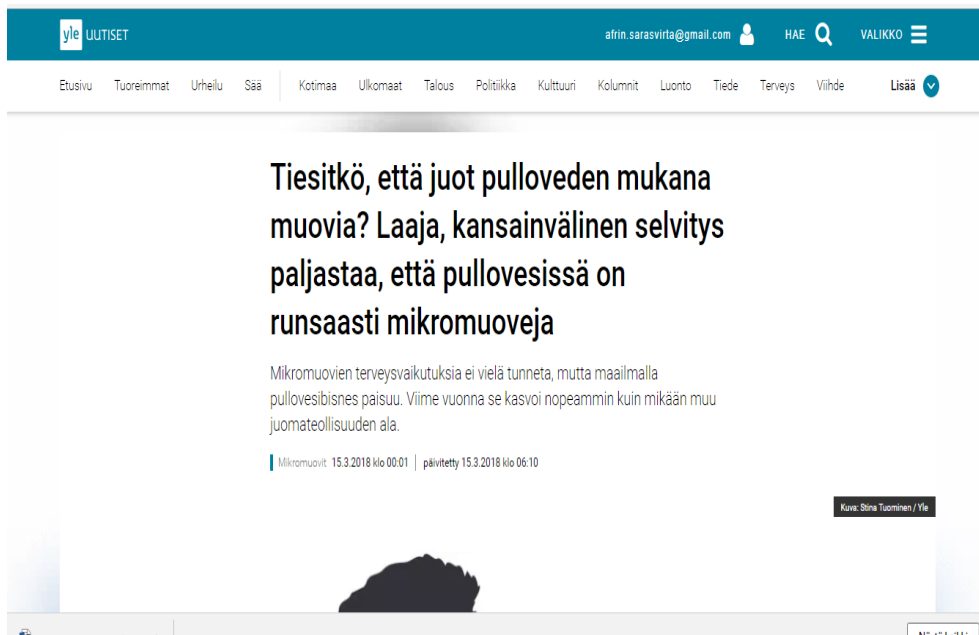


Kuva 2.5 – 3.

Kuvan 2.5 – 3 lähde: [2.5 – 3]

Kuva 2.5 - 4.

Kuvan 2.5 – 4 lähde: [2.5 – 4].



Kuva 2.5 – 5.

Kuvan 2.5 – 5 lähde: [2.5 – 5].

## 2.6 Muovi elinympäristössämme

Muovi on materiaali, joka ympäröi meitä lähes kaikkialla ja se onkin mahdollistanut nykyisen elintasomme. Muovilla on materiaalina monia hyviä puolia. Se on edullinen, kevyt ja sen ominaisuuksia voidaan helposti muokata. Muovin käytöstä on kuitenkin tullut ongelma. Se on väärin kierrätettynä riski eläimille. Mikromuovien vaikutusta ihmisiin tutkitaan, koska pullovesissä on todettu olevan mikromuovia.

Muovijätettä kertyy meriin runsaasti kaatopaikoilta ja laivoista. Muovia voi esiintyä meressä eräänlaisina riuttoina. Muovia kertyy myös maalle, mutta se on suurempi ongelma meressä. Eläinten ruuansulatuselimistöön joutuu muovia helposti ja se voi aiheuttaa kipuja, muita ongelmia ja jopa kuoleman. Eläin saattaa myös jäädä jumiin tai puristuksiin luonnossa olevaan muoviroskaan. Esimerkkinä roskasta, johon eläin voi jäädä jumiin on muovinen juomatölkkiin pidike.

Muoveissa käytetään myös lisäaineita. Lisäaineet voivat olla ympäristöhaitta, mikäli muovi hävitetään väärin.

Muovien hajoaminen luonnossa on hidasta. Hajoamisnopeuteen vaikuttavat hapen ja UV-säteilyn määrä.

Vaikka muovien vaikutusta ihmiseen ei vielä täysin tunnetakkaan, kulkeutuu muovia silti ihmisen elimistöön ravinnon mukana.

lähteet: [2.6 – 1] , [2.6 – 2]

### 3. Käsitteet

aloitekatalyytti = Katalyytti alentaa aktivoitumisenergiaa ja aloitekatalyytti myös saa reaktion käynnistymään.

biohajoava muovi = Biohajoavalla muovilla tarkoitetaan muovia, joka hajoaa hiilidioksidiksi ja vedeksi biokemiallisen prosessin seurauksena.

biotalous = Biotalousessa käytetään uusiutuvia luonnonvaroja. Luonnonvaroja pyritään käyttämään ja kierrättämään mahdollisimman hyvin.

dekstroosi = D-glukoosi eli rypälesokerin muoto.

eksoterminen palamisreaktio = Kemiallinen reaktio, jossa palava aine reagoi hapen kanssa. Reaktiossa syntyy hiilidioksidia ja vettä ja ympäristöön vapautuu energiaa lämpönä.

entsyymi = Entsyymit katalysoivat kemiallisia reaktioita. Ovat proteiineja.

epätäydellinen palamisreaktio = Palamisreaktiossa happea ei ole tarpeeksi läsnä, joten kaikki palava aine ei muutu hiilidioksidiksi.

eteeni = Yksinkertainen alkeeni, joka koostuu hiilestä ja vedystä. Alkeenissa on kaksoissidos hiiliatomien välillä.

glukoosi = Rypälesokeri.

hydrolyysi = Hydrolyysireaktiossa aineeseen lisätään vettä ja lisäyksen seurauksena aine hajoaa lähtöaineikseen.

Kannellinen Take away -muki = kk-muki



3-1

Kansi = Take away -mukin kansi



3-2

kiertotalous = Talouden muoto, joka perustuu palvelujen toimintaan ja tuotteiden kestävyteen.

laktidirengas = Laktidirenkaista valmistetaan PLA:ta eli laktidi on PLA:n esiaste.

maitohappo = Syntyy hapettomissa oloissa, kun solut pyrkivät vapauttamaan energiaa.

mikromuovi = Muovia, joka on erittäin pieninä osina.

monomeeri = Molekyyli, joka kykenee sitoutumaan myös toisiin molekyyliin.

muovistrategia = EU:n suunnitelma, jonka tavoitteena on parantaa muovin käyttöä ja muokata käyttöä siten, että muovituotteet sopisivat paremmin uudelleenkäyttöön ja korjattavaksi.

PAH = Polysyklinen aromaattinen hiilivety, karsinogeeni, jota syntyy esimerkiksi muovien epätäydellisessä palamisessa.

PET = Polytyleenitereftalaatin, käytetään erityisesti pakkausmateriaalina esimerkiksi juomapulloissa.

PLA = PLA eli polyaktidi eli polymaitohappo on biohajoavasta materiaalista valmistettu muovilaatu.

polyadditioreaktio = Polyadditioreaktiossa kaksoissidoksia sisältävät yhdisteet liittyvät toisiinsa kaksoissidoksen auetessa.

polymerointi = Aineita yhdistetään toisiksi aineiksi katalyyttiä apuna käyttäen.

pulppi = Paperiteollisuudessa säiliö, jossa selluloosa liotetaan veteen, jotta siitä tulisi lietettä.

radikaali = Radikaalin atomin tai molekyylin elektronimäärä on pariton.

sakkaroosi = Kuuluu disakkarideihin. On ruokosokeri eli kaikkein tavallisin sokeri.

Valkoinen pahvimuki = korvallinen kk-muki =



3-3

## 4. Kertakäyttömuki ja kestonmuki

### 4.1. Kertakäyttömukien käyttö

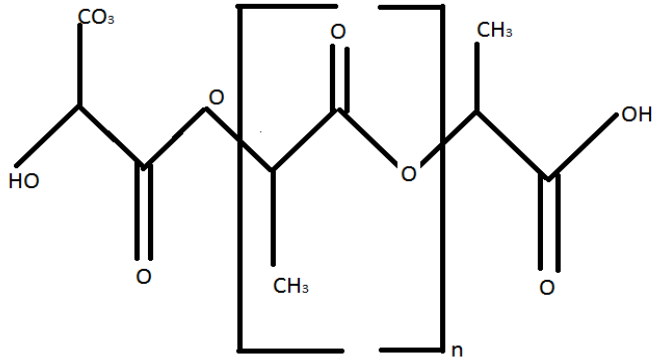
Koulumme välipalalla myydään kuumia juomia (kahvi, tee) ja juoman saa pahviseen mukiin. Mukeja on kahta erilaista. Toinen mukeista on valkoinen kertakäyttömuki (kuva 3-3) ja toinen on Take away -muki (kuva 3-1). Koulumme opiskelijat ostavat myös muualta juomia, jotka myydään kertakäyttöisiin mukeihin. Yleisimpiä ostopaikkoja koulun välipalan lisäksi ovat R-kioski, K- ja S-market.

### 4.2. Kertakäyttömukien materiaalit

Kertakäyttömukien materiaalit sekä niiden valmistus.

#### 4.2.1. PLA-muovi

Alla olevassa kuvassa (kuva 4.2.1 – 1) näkyy PLA:n rakennekaava.



Kuva 4.2.1 – 1.

Kuva on itse piirretty muunneltuna lähteestä [4.2.1 – 3] löytyvästä kuvasta.

PLA eli polyaktidi eli polymaitohappo on biohajoavasta materiaalista valmistettu muovilaatu. Tätä muovia käytetään kertakäyttömukien kansissa ja sisäpinnoilla. Polyaktidia käytetään myös muun muassa 3D-tuloksessa. PLA on ominaisuuksiltaan pitkälti tavallisten muovien kaltainen.

PLA on valmistettu maitohaposta uuttamalla biopohjaisista aineista dekstroosia eli sokeria. Maitohappo valmistetaan bakteerikantojen avulla, joiden ravinto koostuu glukoosista tai sakkaroosista. Bakteerikannat tuotetaan teollisesti. Raaka-aineena voidaan käyttää esimerkiksi maissia, muita viljoja tai sokeriruokoa. Kasvit jauhetaan pienemmiksi, jonka jälkeen niistä uutetaan glukoosia. Ensyymien avulla glukoosista valmistetaan dekstroosia hydrolyysin avulla. Tämän jälkeen dekstroosi käytetään maitohapoksi. Kaksivaiheisessa prosessissa maitohaposta valmistetaan laktidirenkaita ja niistä edelleen polyaktidia.

Polymaitohapolla eli polyaktidilla on kaksi valmistustapaa. PLA:ta voidaan valmistaa maitohappomonomeeristä (monomeerilla tarkoitetaan pientä yhdistettä, joka voi edelleen reagoida ja siten muodostaa polymeerejä) poistamalla siitä vesi. Reaktion lopputuotteena saatava aine on moolimassaltaan pieni. Molekyyliä saadaan suurennettua laittamalla monomeeri reagoimaan reaktiivisen yhdisteen kanssa. Tällainen yhdiste voi esimerkiksi olla isosyanaatti  $R-N=C=O$ . Tässä tapauksessa merkintä R tarkoittaa monomeeria, jonka kanssa isosyanaatin on tarkoitus reagoida. Moolimassaa säätelemällä muokataan polymeerirakennetta ja siten saadaan eri laatuja. Veden poistaminen tapahtuu yleensä liuottimen, alipaineen ja korkean lämpötilan vaikutuksella. Toinen tapa on poistaa vesi ilman liuotinta. Mikäli vesi poistetaan ilman liuotinta, syntyy välituote, jota täytyy edelleen

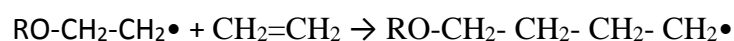
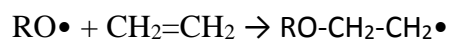
muokata. Laktidi on prosessissa syntyvä väliaine ja se syntyy, kun vesi poistetaan ilman liuotinta. Laktidirengas avataan polymeroinnin avulla ja liitetään uudelleen yhteen polyaktidin polymeeriksi. Näistä pitkistä ketjuista tehdään pellettejä, joista erilaisia tuotteita sitten valmistetaan. Polyaktidia voidaan tuottaa kolmella eri tuotantolinjalla: ruiskupuhallusmuovaus, puhallusmuovaus, lämpömuovaus. PLA:n valmistuksessa on huolehdittava riittävästä kuivuudesta, koska kyseinen materiaali hajoaa herkästi kosteuden ja lämmön ollessa läsnä.

Polyaktidin valmistus on kemiallista synteesiä eli siinä yksinkertaisimmista komponenteista valmistetaan yhdisteitä.

lähteet: [4.2.1 – 1] , [4.2.1 – 2] , [4.2.1 – 3] , [4.2.1 – 4] , [4.2.1 – 5] , [4.2.1 – 6] , [4.2.1 – 7] , [4.2.1 – 8] , [4.2.1 – 9] , [4.2.1 – 10] , [4.2.1 – 11] , [4.2.1 – 12] , [4.2.1 – 13] , [4.2.1 – 14] , [4.2.1 – 15] , [4.2.1 – 16] , [4.2.1 – 17] , [4.2.1 – 18]

#### 4.2.2. Kartonki, 1PE-muovi

Kartonki on paksua paperia, jossa on usein monta kerrosta. Sitä valmistetaan kartonkikoneella. Kartongin raaka-aineena käytetään yleensä puumassaa. Kartonkia käytetään monenlaisiin tarkoituksiin, muun muassa pakkauksissa ja rakennusmateriaaleissa. Sitä voidaan myös päällystää esimerkiksi muovilla, jolloin sen käyttömahdollisuudet laajenevat. Tutkimuksessamme käyttämämme kupit on päällystetty bio 1 PE –muovilla. PE eli polyeteeni on käytetyin muovin raaka-aine, jota voidaan myös valmistaa sokeriruo'osta. Se on ominaisuuksiltaan vahamaista, eikä se reagoi kemiallisesti kovinkaan helposti. Sitä valmistetaan polymeroimalla eteeniä. Polyeteeniä syntyy polyadditioreaktiolla. Reaktiota mallinnetaan niin sanotulla radikaalimekanismilla. Reaktio saadaan käynnistymään herätevaiheella, jossa aloitekatalyytin avulla monomeereistä syntyy radikaaleja. Nämä syntyneet radikaalit ovat hyvin reaktiivisia, koska niissä on parittomia elektroneja. Radikaalit liittyvät toisiinsa ja muodostavat pitkiä ketjuja. Tätä vaihetta kutsutaan etenemisvaiheeksi. Reaktio etenee, kunnes seokseen ei enää jää reagoimattomia hiukkasia. Tätä vaihetta kutsutaan päättymisvaiheeksi.





jne.

Päättymisvaihe:



lähteet: [4.2.2 – 1] , [4.2.2 – 2] , [4.2.2 – 3] , [4.2.2 – 4] , [4.2.2 – 5], [4.2.1 – 18]

### 4.3. Kestomuki

Kestomukilla tarkoitetaan mukana kuljetettavaa mukia, joka kestää myös kuumia juomia. Kestomukeja on mahdollisuus ostaa tai tilata useista kaupoista. Kestomukina voidaan pitää myös tavallista kotitaloudesta löytyvää mukia. Kestomukien materiaalit ovat useimmiten muovia tai posliinia.

Kestomukin käyttäjän on huolehdittava itse mukin hygieenisyydestä.

### 4.4. Kertakäyttömukien kierrätys

Kertakäyttömukeissa käytetyt materiaalit ovat kartonki ja PLA-muovi. PLA-muovi on biohajoavaa, joten se voidaan kompostoida. Kartonki voidaan käyttää uudelleen.

Molemmat materiaalit voidaan myös hyödyntää energiana.

#### 4.4.1. PLA:n kierrätys

EU:n alueella valmistetut tuotteet voidaan kompostoida, jos niillä on EU:n sertifikaatti EN 13432/14995. Pakkauksiin on saatettu liittää erillinen pakkausmerkintä, joka kertoo kuluttajalle tuotteen olevan biohajoava (kuva 4.4.1-1).

Suomessa PLC kierrätetään pääasiassa polttamalla energiaksi.

PLC on kuitenkin biohajoava muovi, joten se voidaan myös kompostoida.



*Kuva 4.4.1-1 Kuva pakkausmerkinnästä, joka kertoo tuotteen olevan biohajoava. Kuvankaappaus lähteestä [4.4.1 – 7].*

Jotta hajoaminen alkaisi kompostissa, PLA on aktivoitava korkealla lämpötilalla, joka saavutetaan vain teollisessa kompostoinnissa, jossa olosuhteita voidaan kontrolloida.

Kontrolloitavia ominaisuuksia ovat jätteen koko, kosteus, hapen määrä, lämpötila, pH ja typpi/hiili-suhde. Biohajoavien muovien kompostointi kestää 6-12 viikkoa. Kompostoinnissa mikrobien toiminnan seurauksena PLA hajoaa vedeksi, hiilidioksidiksi ja biomassaksi kompostointiprosessin lopussa. Mikrobit hajottavat PLA:ta ja muuta biojätettä entsyymien avulla ja vapauttavat samalla energiaa, joka havaitaan kompostin lämpötilan nousuna jopa +70°C:seen. Kompostoinnin alussa kompostin pH laskee orgaanisten happojen muodostuessa, mutta kompostoinnin edetessä happoja aineenvaihdunnassaan käyttävät mikrobit hajottavat hapot ja pH nousee. Kun kompostimulta on kypsää, mikrobitoiminta on alhaista ja kompostin lämpötila on alle 40°C ja sen pH on 7-8.

Suomessa biohajoaville muoveille ei ole erillisiä teollisia komposteja. Teollisuudessa biojätettä kompostoidaan lyhyt aika ja biohajoavat muovit, kuten PLA, ei ehdi hajoamaan. Valmis kompostimulta seulotaan ja epäpuhtaudet, kuten hajoamaton muovi, hyödynnetään energiana.

lähteet: [4.4.1 – 1] , [4.4.1 – 2] , [4.4.1 – 3] , [4.4.1 – 4] , [4.4.1 – 5] , [4.4.1 – 6] , [4.4.1 – 7]

Suomessa PLA kierrätetään energiaksi, kuten suurin osa kaikesta Suomen muovijätteestä. PLA-jäte, tässä tapauksessa kertakäyttökupin kansi, lajitellaan usein joko sekajätteen tai energiajakeen sekaan. Suomessa on useampia jätteenpolttolaitoksia, kuten Westenergy Oy Ab Vaasassa ja Vantaan Energia Oy Vantaalla, jotka polttavat yhteiskuntajätettä. PLA päätyy jätteenpolttolaitokselle, jossa se palaa vapauttaen siihen sitoutuneen kemiallisen energian eksotermisessä palamisreaktiossa.

Jätteenpolttolaitoksessa poltettava jäte kaadetaan jätebunkkeriin, jossa jätteitä sekoitetaan, jotta polttoaine olisi tasalaatuisempaa. Polttoaine palaa arinassa ja palamisessa syntynyt kaasu johdetaan kattilaan, jossa on vettä. Kuuma kaasu lämmittää kattilan vettä, joka höyrystyy. Höyry johdetaan turbiinille, jossa höyryn lämpöenergia muuttuu turbiinin liike-energiaksi ja edelleen generaattorin muutamana sähköksi. Jos jätteenpolttolaitos tuottaa myös kaukolämpöä, vesihöyry johdetaan turbiinin jälkeen lämmönvaihtimeen, missä kaukolämpöverkon vesi lämpenee kuumen höyryn ansiosta ja vesihöyry tiivistyy nesteeksi

ja johdetaan takaisin kattilaan. Poltossa syntyneessä kaasussa on paljon haitallisia yhdisteitä, kuten rikkidioksidia, typen oksideja ja hiilimonoksidia. Kaasu puhdistetaan lisäämällä siihen erilaisia aineita, esimerkiksi aktiivihiltä, ja suodattamalla, jotta haitallisia yhdisteitä päätyisi mahdollisimman vähän ilmaan. Jätteenpolttolaitosten on mitattava eri yhdisteiden pitoisuuksia kaasusta ja noudatettava EU:n ja Suomen määäämiä päästörajoja.

PAH-yhdisteet, eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat karsinogeeniä ja ympäristömyrkyjä. Niitä syntyy, kun palamisreaktio on epätäydellinen. PLA:n palaessa epätäydellisesti sen reaktiotuotteina on myös PAH-yhdisteitä. PLA muodostaa vähemmän PAH-yhdisteitä kuin tavallisten muovien, kuten PET:n (polytyleenitereftalaatin), palaessa. Tämä lisää PLA:n polton ympäristöystävällisyyttä.

lähteet: [4.4.1 – 8] , [4.4.1 – 9] , [4.4.1 – 10] , [4.4.1 – 11] , [4.4.1 -12]

#### 4.4.2. Kartongin kierrätys

Kartongin uusiokäytöstä vastaa Suomessa Corenso United Oy Ltd, jonka tehdas sijaitsee Porissa. Kartongin voi uusiokäyttää ja esimerkiksi Corenso tekee kierrätyspaperista ja -kartongista paperihylsyjä. Kartonki voidaan kierrättää yhdessä normaalin paperin kanssa. Se paalataan muun paperijätteen kanssa ennen sen kuljettamista jatkokäsittelyyn.

Jotta kartonkia voidaan uusiokäyttää, se käy läpi teollisen prosessin, jonka ensimmäinen vaihe on pulpperi. Pulpperissa paperipaalit leikataan pieniksi palasiksi. Korkea lämpötila ja erilaiset kemikaalit auttavat paperia hajoamaan takaisin kuiduiksi. Massasta erotetaan epäpuhtaudet, kuten muste ja erilaiset liima-aineet, veden tai kemikaalien ja kuplien avulla. Massa myös seulotaan, jolloin siitä voidaan erottaa eri kokoisia kuituja. Lika ja metallit voidaan erottaa massasta niiden painon avulla niin kutusuissa pyörre-erottimissa. Kartonki voidaan myös hyödyntää energiaksi jätteenpolttolaitoksilla.

lähteet: [4.4.2 – 1] , [4.4.2 – 2] , [4.4.2 – 3] , [4.4.2 – 4]

## 5. Tutkimus

### 5.1. Kyselyn toteutus

Kysely toteutettiin kyselynteko-ohjelma Lyytin avulla.

Kysely toteutettiin yhteistyössä Porin kaupungin ympäristö- ja lupapalveluiden kanssa.

Teimme kysymykset ja lähetimme ne ympäristö- ja lupapalveluille ja heiltä saimme linkin valmiiseen kyselyyn. Linkki kyselyyn jaettiin koulumme opiskelijoille. Kysely oli kohdistettu lukion ensimmäisen, toisen, kolmannen ja neljännen vuosikurssin opiskelijoille. Kysymykset teimme omien havaintojemme sekä koulumme välipalamyynnin aikataulujen pohjalta.

### 5.2. Laskenta

Koulumme välipalalla myydään kuumia juomia (kahvi, tee) ja juoman saa pahviseen mukiin. Mukeja on kahta erilaista. Toinen mukeista on valkoinen kertakäyttömuki (kuva 3-3) ja toinen on Take away -muki (kuva 3-1). Jälkimmäistä on saatavilla niin vihreänä kuin tumman ja vaalean ruskeana. Myytyjen juomien ja siten myös käytettyjen mukien määrä saatiin selville laittamalla välipalamyyntiin esille tietty määrä mukeja ja myynnin loputtua katsottiin mukien kulutus. Laskennassa laskettiin myös kuinka paljon Take away -kupprien kansia myytiin. Laskennan suoritti Cygnaeuksen ruokapalvelukeskus. Tuloksissa ja päätelmissä keskitytään pääasiassa Take away-mukeihin, sillä valkoisia, korvallisia kertakäyttömukeja ostettiin laskennan aikana vähän verrattuna Take away -mukeihin.

### 5.3. Tulokset ja päätelmät

Alla olevan taulukon mukaan mukeja ostettiin eniten maanantaina 30.10.2017. Niitä ostettiin silloin 160 kappaletta. Kansia ostettiin taas 116, eli 44 mukia ostettiin ilman kantta. Emme huomio tuloksissa korvallisia kertakäyttömukeja, sillä niitä ostettiin huomattavasti vähemmän kuin Take away -mukeja, kuten voi huomata taulukosta, jossa käsitellään ostettujen mukein ja kansien (kuva 3-2) määrää yhteensä. On huomioitavaa, että perjantaisin

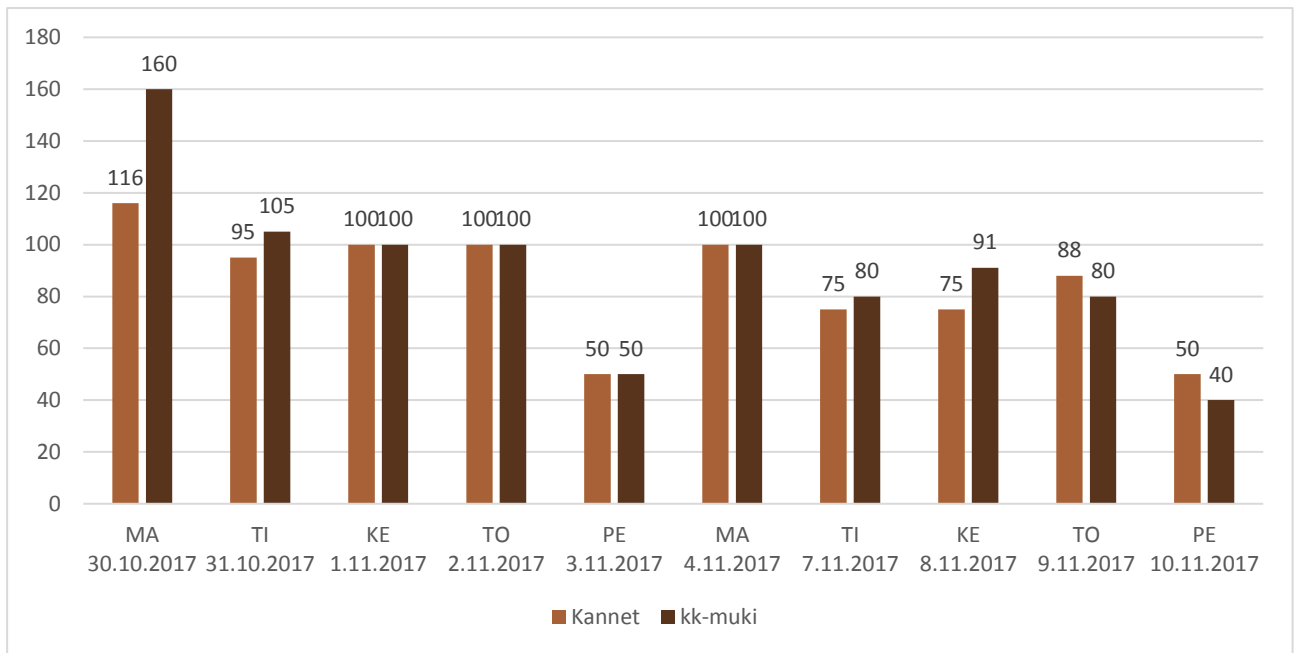
välipalamyynti on vain aamulla, josta johtuu perjantain keskimäärin puolta pienempi kupprien menekki. Viikossa on näin ollen 9 myyntikertaa.

MA	TI	KE	To	PE	MA	TI	KE	TO	PE	<b>yhteen</b>
30.10.20	31.10.20	1.11.20	2.11.20	3.11.20	4.11.20	7.11.20	8.11.20	9.11.20	10.11.20	<b>sä</b>
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
116	95	100	100	50	100	75	75	88	50	<b>849</b>
160	105	100	100	50	100	80	91	80	40	<b>906</b>

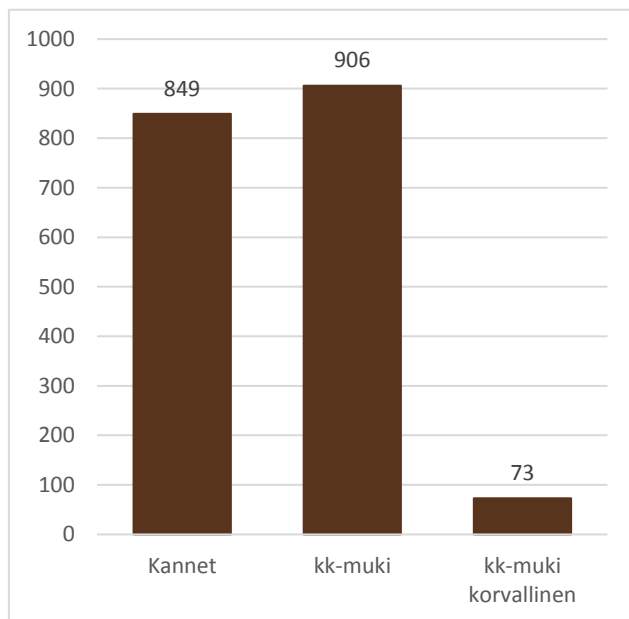
Ostettujen kertakäyttömukien ja niiden kansien määrä koulupäivinä välillä ma 30.10 - pe 10.11. Toisella rivillä on kansien ja kolmannella Take away -mukien määrä.

	<b>yhteensä</b>
<b>Kannet</b>	849
<b>kk-muki</b>	906
<b>kk-muki</b>	73
<b>korvallinen</b>	

Ostettujen kertakäyttömukien ja niiden kansien määrä



Ostettujen kertakäyttömukien ja niiden kansien ostamisen lukumäärä koulupäivinä välillä ma 30.10. - pe 10.11.



Ostettujen kansien, Take away -mukien ja korvallisten kertakäyttömukien lukumäärä koko tutkimuksen aikana.

### 5.3.1. Take away -mukeja ja kansia ostettu yhdellä välipalalla keskimäärin

Take away -mukien kansien ostamisen määrä yhdellä välipalalla voidaan selvittää, kun jaetaan kansien lukumäärä myyntikerroilla.

$$\frac{\text{kansien yhteenlaskettu määrä}}{\text{myyntikerrat}} = \frac{849}{18} = 47,1667 \approx 47$$

Take away -mukin keskimääräinen ostamismäärä yhdellä välipalalla voidaan selvittää, kun jaetaan kansian lukumäärä myyntikerroilla.

$$\frac{\text{Take away – mukien yhteenlaskettu määrä}}{\text{myyntikerrat}} = \frac{906}{18} = 50,3333 \approx 50$$

### 5.3.2. Take away -mukeja ja kansia ostettu yhteensä vuoden aikana

Se, kuinka monta mukia ja kantta vuodessa ostettaisiin, voidaan laskua, kun tiedetään myyntikerrat ja myyntikerran keskimääräinen myynti. Kyseessä on teoreettinen tulos. Laskuissa ei ole huomioitu erikoispäiviä, jolloin välipalamyyntiä ei ole ollut.

Koulupäiviä vuodessa on 190. Oletetaan kouluvuoden alkavan maanantaista ja loppuvan perjantaihin. Perjantapäiviä on 1/5, eli 38, sekä muita päiviä 152. Lasketaan, että perjantaina yksi välipala, muina päivinä kaksi välipalaa.

Mukeilla

$$(38 + 152 * 2) * 50,333 = 17213,9 \approx 17000$$

Kansilla

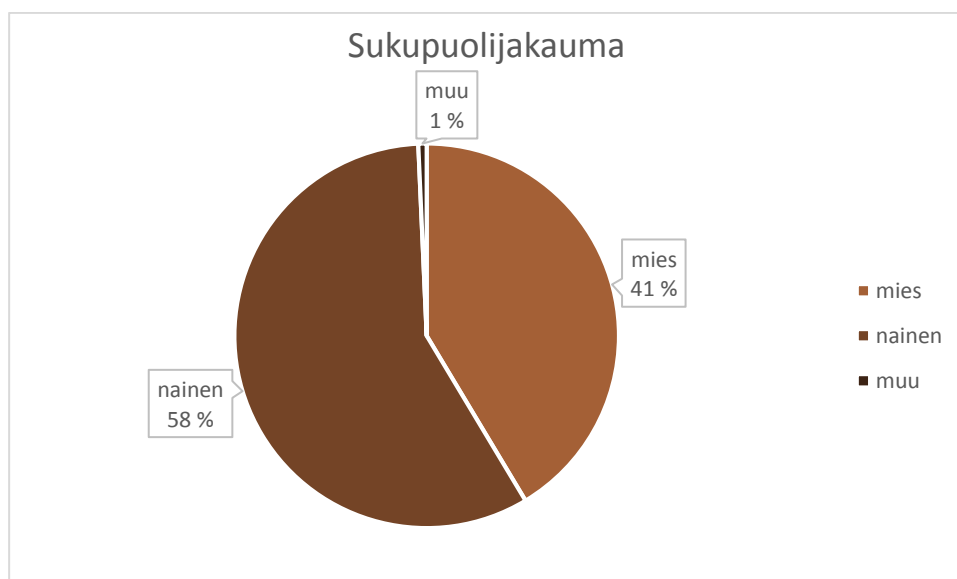
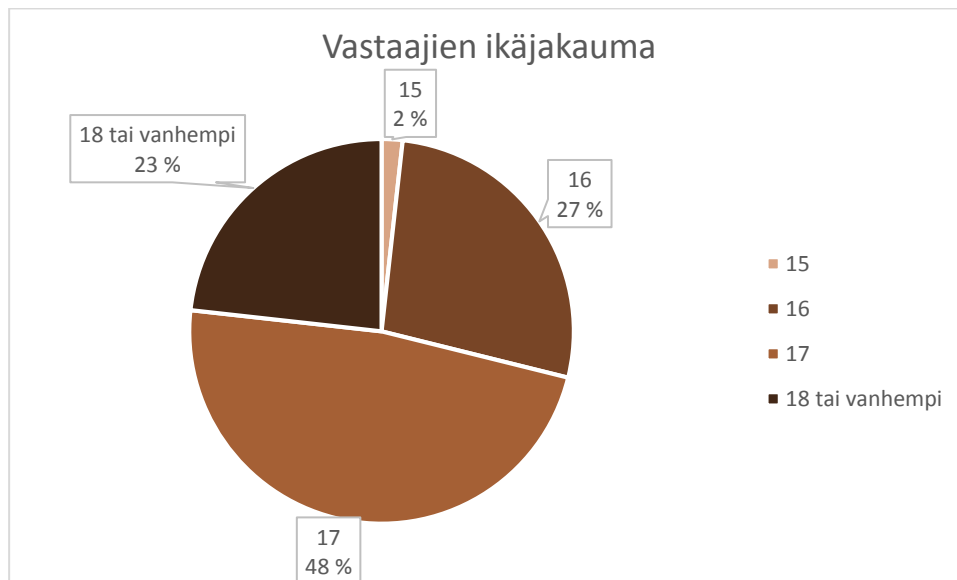
$$(38 + 152 * 2) * 47,1667 = 16131 \approx 16000$$

Tuloksista voidaan huomata, että kansia tämän tutkimusajanjakson mukaan jäisi 1000 kpl yli. On kuitenkin huomattava, että kyseinen tutkimus kesti vain kahden viikon ajan, joten tätä kansien ja mukien erotusta ei voida pitää yleispätevänä. Jos tutkimusta oltaisiin jatkettu esimerkiksi kahden kuukauden ajan, voisi tuloksista tehdä tarkempia päätelmiä.

### 5.3.3. Kyselyn tulokset

Kysely teetettiin ryhmänohjauksessa, niin, että opettajat jakoivat linkin kyselyyn. Näin pyrimme varmistamaan, että mahdollisimman moni vastaisi kyselyyn. Olemme huomanneet, että pelkästään Wilman, koulun sisäisen viestintäsivuston, kautta tulleet terveystiedon kyselyt eivät välttämättä saa niin paljon vastauksia kuin ryhmänohjauksessa järjestetyt. Kun Wilmassa tulee viesti, jossa lukee ”kysely” tai jokin vastaavaa vaivaa vaativa viesti, se ei houkuta opiskelijoita avaamaan sitä. Kaikkien opiskelijoiden on osallistuttava ryhmänohjaukseen. Olemme myös huomanneet, että kolmannen vuosiluokan opiskelijat käyvät ryhmänohjauksissa vähemmän kuin ensimmäisen luokan opiskelijat. Kolmannen vuosiluokan opiskelijoista suurin osa oli kyselyn aikaan täyttänyt 18 vuotta.

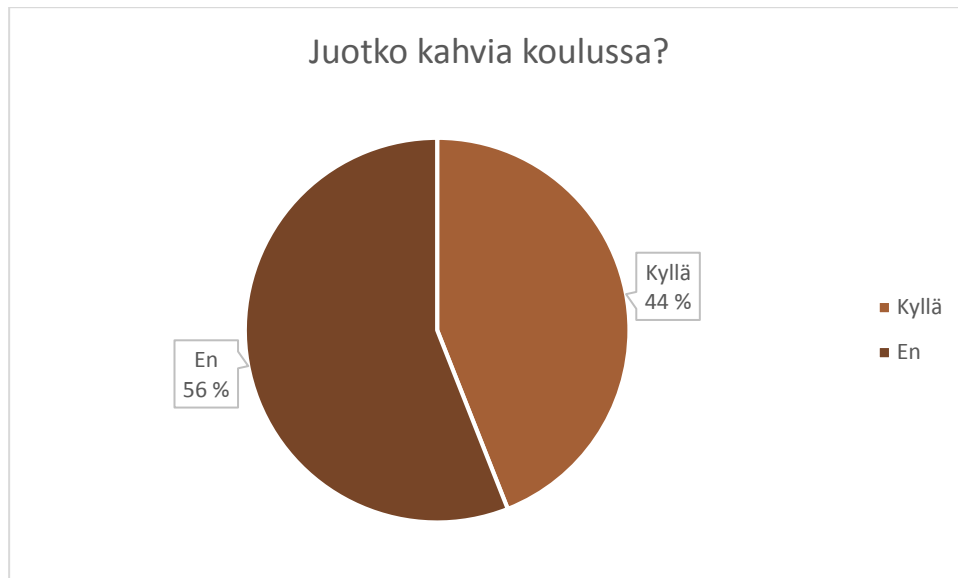
Kyselyyn vastanneista 23% oli 18. Suurin osa kyselyyn vastanneista oli 17-vuotiaita (48%). 17-vuotiaita ovat joko kolmannen vuoden opiskelijoita, jotka täyttävät 18 vasta kyselyn toteuttamisen jälkeen tai toisen vuoden opiskelijoita, jotka ovat täyttäneet 17 ennen kyselyn toteutusta. 16-vuotiaat ja sitä nuoremmat ovat joko toisen vuoden opiskelijoita, jotka eivät ole vielä täyttäneet 17 tai ensimmäisen vuosiluokan opiskelijoita.



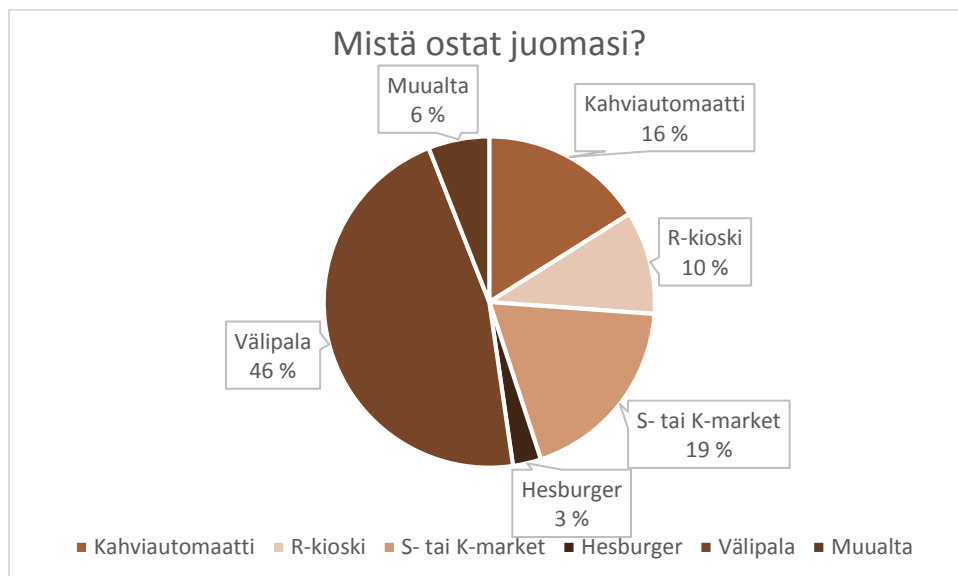
Kyselyn vastauksista on havaittavissa, että kahvin tai muun vastaavan kuuman juoman juonti koulussamme on melko yleistä. Lähes puolet kyselyyn vastanneista (44 %) kertoi juovansa kahvia tai muuta sellaista koulupäivän aikana. Lisäksi yli puolet heistä (62 %) ostaa juomansa koulusta, joko välipalalta (46 %) tai kahvikoneesta (16 %). Vaikka hieman yli puolet vastasi ostavansa kahvia vain 1–2 kertaa viikossa, koulun on siis ehdottomasti järkevää pitää yllä kahvinmyyntiä, niin välipalojen aikana kuin kahvikoneen kautta. Sitä

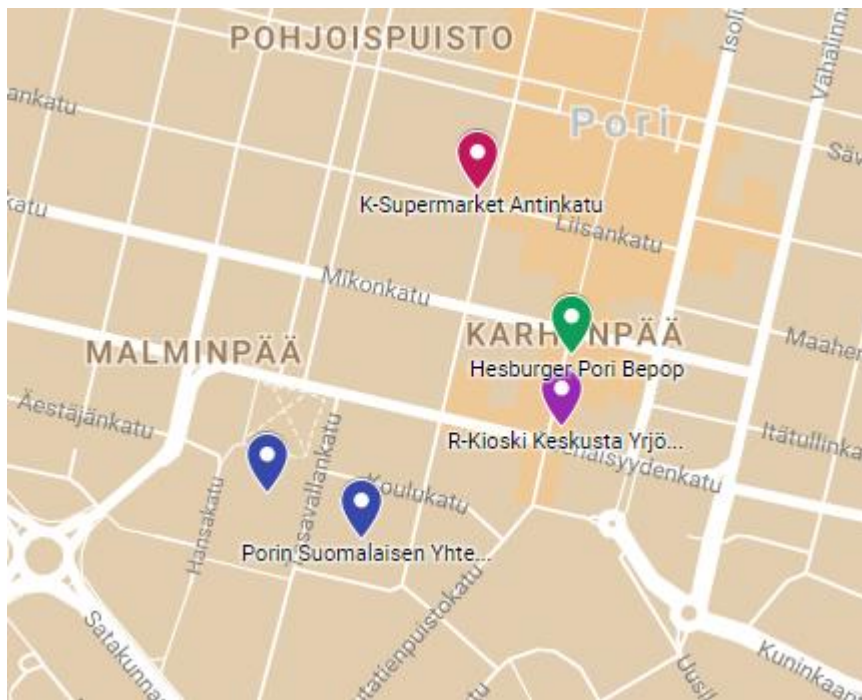


paitsi kyselyyn vastanneista suurin osa (82 %) kertoi kahvin olevan pääasiallinen syy mennä välipalalle tai kauppaan koulupäivän aikana. On myös huomattavaa, että jopa 11 % sanoi ostavansa kahvia enemmän kuin 7 kertaa viikossa, mikä tarkoittaa, että käy joinakin päivinä useampaan kertaankin välipalalla tai muualla ostamassa sitä.

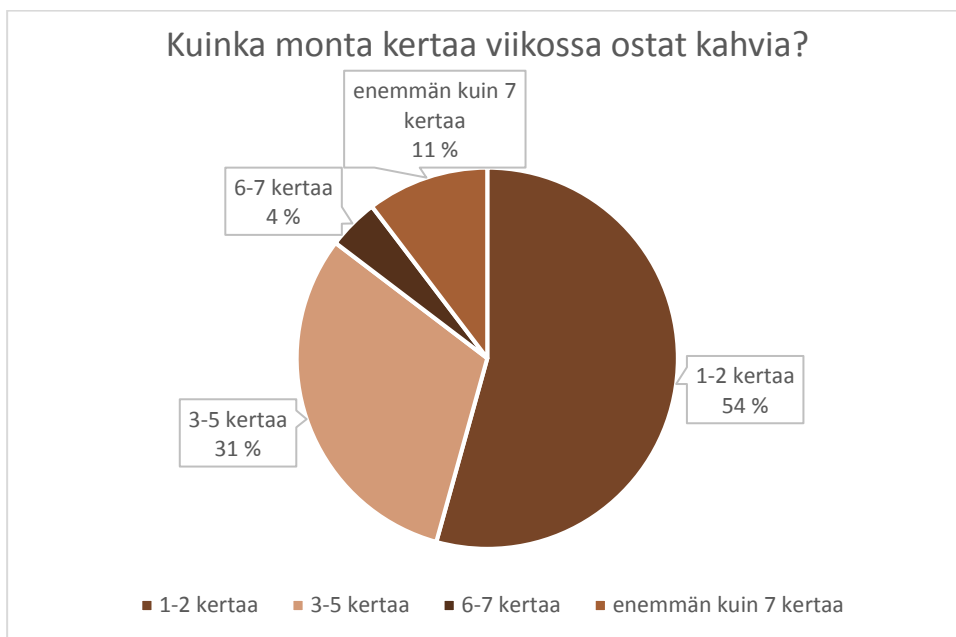


Kun kysyimme, mistä juomat ostetaan, saimme seuraavan ympyrädiagrammin mukaisen tuloksen. Teimme tästä kartan (kartta 5-1), joka havainnollistaa kyseisten myyntipaikkojen sijaintia.

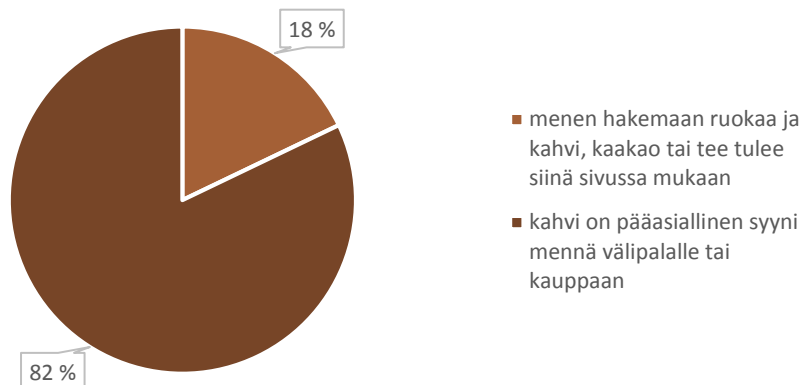




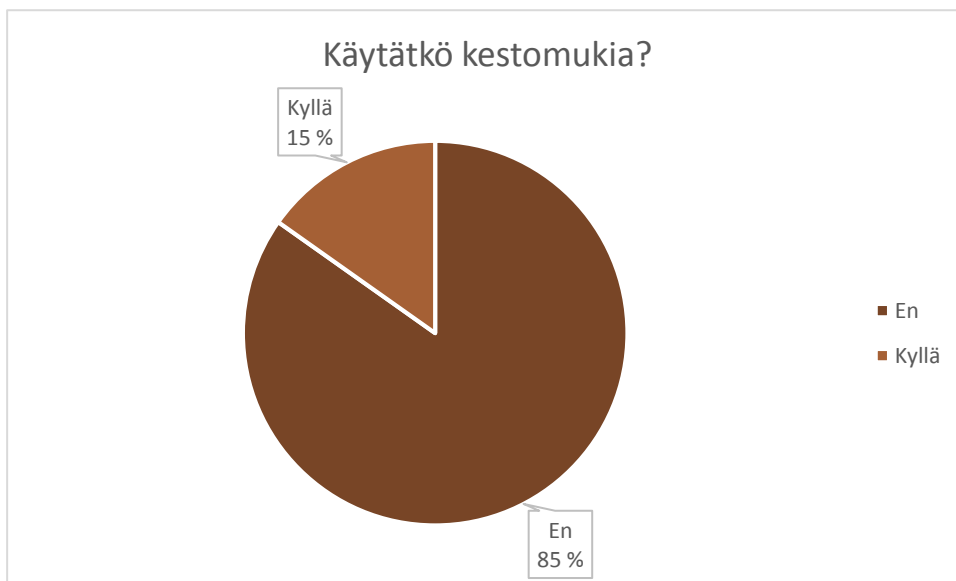
kartta 5-1. Mahdolliset paikat ostaa juoma. Kartta tehty Google Mapsin pohjalle.



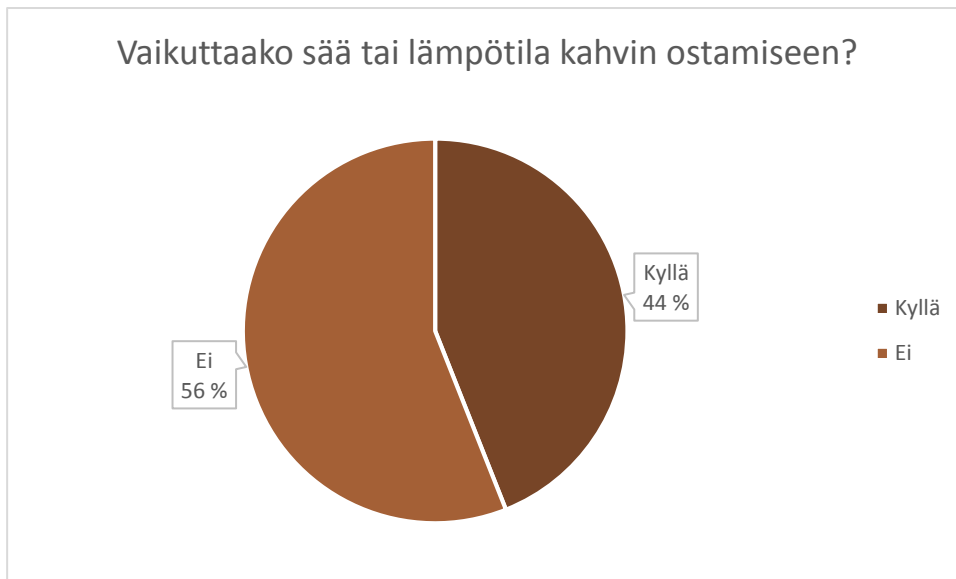
### Syy käydä välipalalla tai kaupassa ostamassa kahvia



Kestomukien käyttäjiä oli kyselyyn vastanneista 15 %.



Kyselyyn vastanneista lähes puolet (44 %) kertoi, että sää tai lämpötila vaikuttaa kahvin ostamiseen. Voimme siis olettaa, että kahvin ja sitä kautta mukien menekki on mitä luultavimmin suurempaa talvikuukausien aikana kuin esimerkiksi loppukeväästä tai alkusyksystä.



Kannen ottamisen osalta kyselyn tulokset ja myytyjen kertakäyttömukien ja kansien määrät vastaavat hyvin toisiaan. Kansia oli useana päivänä kulunut hieman vähemmän kuin kertakäyttömukeja. Esimerkiksi maanantaina 30.10.2017 mukeja oli mennyt 160 kappaletta, kun taas samana päivänä kansien kulutus oli 116 kappaletta. Kansia jäi siis ”yli” 44 kappaletta. Lisäksi koko kahden viikon seurantajakson aikana kertakäyttömukien menekki oli kansia suurempi mukien menekin ollessa 906 kappaletta ja kansien vastaavan 849 kappaletta. Toisaalta seuranta-ajalla oli myös päiviä, jolloin kansia oli kulunut enemmän kuin mukeja, mutta yleisesti ottaen näin tapahtui harvemmin.



Kyselyn tulosten luotettavuutta heikentää selvästi se, että läheskään jokainen lukiomme opiskelija ei vastannut kyselyyn. Tämän vaikutusta pyrimme vähentämään sillä, että pidimme kyselyn ryhmänohjaustunnin aikana, jolloin mahdollisimman moni saattaisi

jaksaa nähdä vaivaa ja käydä vastaamassa, koska kyselyyn vastaaminen oli ryhmänohjaustunnin yksi ”ohjelmanumero”. Tästä huolimatta kyselyyn vastasi vain 285 opiskelijaa, mikä ei vastaa läheskään lukion opiskelijoiden kokonaismäärää. Lisäksi jotkut saattoivat vastata kyselyyn ajattelematta sen enempää, mikä on yksi tutkimuksessa huomioitava virhelähde.

## 6. Lopputulokset ja kiertotalouden sovellusmahdollisuudet

Jos oletuksena on, että jokainen oppilas toisi kouluun itse oman kertakäyttömukinsa ja huuhtelisi sen itse, säästettäisiin koulun varoja. Ongelmana on kuitenkin se, että jos mukit olisivat eri kokoisia, hinnoittelu olisi hankalaa. Olisi mahdollista, että olisi tietty mitta, joka täytetään, ja sen saa tyhjentää omaan mukiin, jolloin kahvia tulisi kaikille sama määrä. Näin vähennettäisiin myös kertakäyttömukien päätymistä ympäri koulua pöydille, lattioille ja niin edelleen. Tämä myös vähentäisi roskisten täyttymistä. Toisaalta tämä mittajärjestelmä saattaa olla hankala toteuttaa ja voisi ruuhkauttaa entisestään välipalan ruuhkia.

Toinen mahdollisuus on tehdä koululle vuosittainen yhteistilaus, jossa opiskelijat voisivat ostaa itselleen standardikokoisen kestromukin.

Pohdimme yhtenä vaihtoehtona järjestelmää, jossa opiskelija saa pienen alennuksen kahvistaan/muusta kuumasta juomasta käyttäessään kestromukia. Kertakäyttömukit ovat kuitenkin halpoja, joten alennus ei voisi olla kertakäyttömukin hintaa suurempi, koska välipala hinnat ovat jo nyt opiskelijaystävälliset.

Kahviautomaatissa oman kestromukin käyttö on erittäin hankalaa, sillä kone itse täyttää oman sisällään olevan kupin. Tämä aiheuttaa sen, että laitetta pitäisi muokata, joka on hankalaa.

Ongelmana kertakäyttömukien käytössä on se, että vaikka ne ovatkin biohajoavia, Suomessa niitä ei pystytä käsittelemään niin, että ne saataisiin biohajotettua, eli loppujen lopuksi nekin päätyvät polttoon. Hyötynä on se, että kertakäyttömuki on pahvia, joka on öljyntuotannollisesti kannattavampaa kuin muovi, sillä puu on uusiutuva luonnonvara.

Koulumme suuren koon vuoksi on toimivaa kestromukijärjestelmää hankala toteuttaa, joten tulimme lopputulokseen, että kertakäyttöiset mukit ovat tällä hetkellä paras vaihtoehto. Jos kuitenkin järjestelmä voitaisiin kehittää sopimaan myös kestromukeille kannattaisi kiertotalouden näkökulmasta niihin siirtyä.

## 7. Kiitokset

Tutkimuksen tekeminen oli mielenkiintoista ja ainutlaatuinen tilaisuus. Kiitokset Porin kaupungin ympäristö- ja lupapalveluille avusta tutkimuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Haluamme myös kiittää koulumme henkilökuntaa, tutkimukseen osallistuneita opiskelijoita sekä Cygnaeuksen ruokapalvelukeskusta. Erityiskiitos Johanna Riihimäelle, joka toimi ohjaavana opettajana tutkimuksessamme. Kiitokset myös Porin suomalaisen yhteislyseon rehtorille Mari Aallolle ideasta tutkia kertakäyttömukien käyttöä.

## 8. Lähteet

- [2.1 – 1] <http://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Kiertotalous> (16.5.2018)
- [2.1 – 2] [http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Kiertotalous](http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Kiertotalous) (16.5.2018)
- [2.1 – 3] Talouden uudet muodot, Mikko Jakonen ja Tiina Silvasti, Into Kustannus 2015
- [2.3 – 1] Hakala, Juha T. 1999: Graduopas muunneltuna
- [2.4 – 1] <http://valtioneuvosto.fi/hallitusohjelman-toteutus/biotalous> (16.5.2018)
- [2.4 – 2] <https://www.sitra.fi/artikkelit/kierrolla-karkeen-suomen-tiekartta-kiertotalouteen-2016-2025/> (16.5.2018)
- [2.4 – 3] <https://www.sitra.fi/hankkeet/kiertotalousopetusta-kaikille-koulutusasteille/#ajankohtaista> (16.5.2018)
- [2.4 – 4] <https://www.sitra.fi/tapahtumat/kiertotalous-suomessa/> (16.5.2018)
- [2.4 - 5.] [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/EUn\\_komissio\\_tarttui\\_muoviongelmaan\(45742\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/EUn_komissio_tarttui_muoviongelmaan(45742)) (16.5.2018)
- [2.5 – 1] <https://yle.fi/uutiset/3-9808207> (16.5.2018)
- [2.5 – 2] <https://www.mtv.fi/uutiset/ulkomaat/artikkeli/surullinen-naky-joutsenen-poikaset-varttuvat-muovilajassa/6870058#gs.iLKwLVs> (16.5.2018)
- [2.5 – 3] <https://yle.fi/uutiset/3-10163072> (16.5.2018)
- [2.5 – 4] <https://www.satakunnankansa.fi/kotimaa/meret-taytyvat-muovista-ja-ihmisen-pelkaavat-etta-mikromuovi-imeytyy-juomapullosta-veteen-selvitimme-mitka-vaihteet-muovista-ovat-totta-ja-mitka-tarua-200879018/> (16.5.2018)
- [2.5 – 5] <https://yle.fi/uutiset/3-10109332> (16.5.2018)
- [2.6 - 1] <https://muovienkierratys.wordpress.com/muovien-haitat/> (17.5.2018)
- [2.6 – 2] <https://fi.wikipedia.org/wiki/Muovij%C3%A4te> (17.5.2018)
- [4.2.1– 1] <https://muovienkierratys.wordpress.com/biohajoavat-muovit/> (16.5.2018)



- [4.2.1 – 2] <https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-kehitt%C3%A4%C3%A4-styroksille-ymp%C3%A4rist%C3%B6%C3%A4-s%C3%A4%C3%A4st%C3%A4v%C3%A4n-vaihtoehdon-biomuovista> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 3] <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201505121508.pdf> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 4] <http://www.resinex.fi/polymeerilaatuja/pla.html> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 5] <https://www.natureworksllc.com/What-is-Ingeo/How-Ingeo-is-Made> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 6] <https://muovienkierratys.wordpress.com/biohajoavat-muovit/> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 7] <http://www.pakkaus.com/biopohjainen-ja-biohajoava-muovi-eivat-tarkoitaa/> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 8] <https://ekoodit.fi/ekooditon-aine/9006/dekstroosi/> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 9] <https://fi.wikipedia.org/wiki/Gluukoosi> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 10] <http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/entsyymit1/> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 11] <http://www.helsinki.fi/kemmi/data/kemiaa-kumpulassa/biohajoavat.pdf> (16.5.2018)
- [4.2.1 – 12] <https://fi.wikipedia.org/wiki/Moolimassa> (16.5.2018)
- [4.2.1 - 13] Muovit ja muovituotteiden valmistus, Pasi Järvinen, Bookwell Oy 2017
- [4.2.1 - 14] [http://www.huhtamaki.com/fi\\_FI/web/foodservice-finland/tuotekatalogi?p\\_p\\_id=122\\_INSTANCE\\_xe9HEdbyfARh&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2-2&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=2&p\\_r\\_p\\_564233524\\_resetCur=true&p\\_r\\_p\\_564233524\\_categoryId=115458](http://www.huhtamaki.com/fi_FI/web/foodservice-finland/tuotekatalogi?p_p_id=122_INSTANCE_xe9HEdbyfARh&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&p_r_p_564233524_resetCur=true&p_r_p_564233524_categoryId=115458) (12.5.2018)
- [4.2.1 – 15] [http://www.huhtamaki.com/fi\\_FI/web/foodservice-finland/-/biolid-white-80mm](http://www.huhtamaki.com/fi_FI/web/foodservice-finland/-/biolid-white-80mm) (12.5.2018)
- [4.2.1 – 16] [http://www.huhtamaki.com/en\\_US/web/foodservice-spain/product-catalogue?p\\_p\\_id=101\\_INSTANCE\\_fMSBVC90gwtV&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2-3&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_101\\_INSTANCE\\_fMSBVC90gwtV\\_delta=12&\\_101\\_INSTANCE\\_fMSBVC90gwtV\\_keywords=&\\_101\\_INSTANCE\\_fMSBVC90gwtV\\_advancedSearch=fals](http://www.huhtamaki.com/en_US/web/foodservice-spain/product-catalogue?p_p_id=101_INSTANCE_fMSBVC90gwtV&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2-3&p_p_col_count=1&_101_INSTANCE_fMSBVC90gwtV_delta=12&_101_INSTANCE_fMSBVC90gwtV_keywords=&_101_INSTANCE_fMSBVC90gwtV_advancedSearch=fals)

e&\_101\_INSTANCE\_fMSBVC90gwtV\_andOperator=true&p\_r\_p\_564233524\_resetCur=false&\_101\_INSTANCE\_fMSBVC90gwtV\_cur=2 (12.5.2018)

[4.2.1 – 17] <http://www.huhtamaki.com/web/foodservice/paper-hot-drink-cups> (12.5.2018)

[4.2.1 – 18] <http://www.huhtamaki.com/fi/web/foodservice-finland/> (17.5.2018)

[4.2.2 – 1] Mooli 4, Kalle Lehtinen ja Leena Turpeenoja, OTAVA 2013

[4.2.2 – 2] <https://www.chemguide.co.uk/mechanisms/freerad/polymtt.html> (17.5.2018)

[4.2.2 – 3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable\\_Polyethylene](https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_Polyethylene) (17.5.2018)

[4.2.2 – 4] <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kartonki> (17.5.2018)

[4.2.2 – 4] <https://fi.wikipedia.org/wiki/Polyeteeni> (17.5.2018)

[4.4.1 – 1] Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa, Pasi Järvinen, Söderkulla: Muovifakta 2016

[4.4.1 – 2] <https://bit.ly/2rNZSbz> (7.4.2018)

[4.4.1 – 3] <https://bit.ly/2IplvJN> (7.4.2018)

[4.4.1 – 4] <https://bit.ly/2Ks5uPJ> (7.4.2018)

[4.4.1 – 5] <https://bit.ly/2INdNbv> (7.4.2018)

[4.4.1 – 6] <https://bit.ly/2wLwCHB> (7.4.2018)

[4.4.1 – 7] <https://bit.ly/2Gp6wtz> (16.5.2018)

[4.4.1 – 8] <https://bit.ly/2IOyZxU> (8.4.2018)

[4.4.1 – 9] <https://bit.ly/2k4k0Cd> (8.4.2018)

[4.4.1 – 10] Yi-Chi Chien, Chenju Liang, Shou-Heng Liu & Shu-Hua Yang (2010)

Combustion Kinetics and Emission Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Polylactic Acid Combustion, Journal of the Air & Waste Management Association,

[4.4.1 – 11] <https://bit.ly/2KvOY15> (8.4.2018)

[4.4.1 – 12] Ahokas, Pauliina (2016) PAH-yhdisteet bitumikatteissa ja niiden aiheuttamat riskit bitumikatteen kierrätykselle, opinnäytetyö, Lahden ammattikorkeakoulu,

<https://bit.ly/2wLIyJf> (8.4.2018)

[4.4.2 – 1] <https://bit.ly/2L6SoIX> (20.4.2018)

[4.4.2 – 2] <https://bit.ly/2IpoUUN> (20.4.2018)

[4.4.2 – 3] Uusitalo, Elisa (2016) Kartongin elinkaari – Materiaalihyödyntämisen ja energiankäytön vertailu, kandidaattityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto,

<https://bit.ly/2wOWuIT> (20.4.2018)

[4.4.2 – 4] <https://bit.ly/2k2Qa0F> (20.4.2018)