



PÄIVITTÄISTAVARAKAUPOISSA SYNTYVÄN JÄTEMUOVIN KIERRÄTTÄMINEN

Niko Keinonen

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2014
Paperi-, tekstiili- ja
kemianteeniikan
koulutusohjelma
Kemianteeniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikka

NIKO KEINONEN:

Päivittäistavarakaupoissa syntyvän jätemuovin kierrättäminen

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Kesäkuu 2014

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää päivittäistavarakaupoista syntyvän muovijätteen määrä, muovimateriaalien laadut, niiden kierrätettävyyttä sekä optimoida muovien kierrättäminen kaupoista kierrättävälle yritykselle. Kierrätysprosessi kohdistui suuriin, keskikokoisiin sekä pieniin vähittäistavarakauppoihin Pirkanmaalla.

Käytännön tutkimuksissa Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskuksessa Tampereella huomattiin sekajätekuormassa olevan kierrätyskelpoista muovimateriaalia noin 20 % kokonaispainosta. Todellisuudessa muovien osuus sekajätteestä on suurempi, sillä sekajätteen joukossa oli myös paljon pahvia. Pahvi sekajätteen joukossa on epäedullista, sillä oikein kierrätettynä pahvista saa hyvitetten. Sekajätteen tyhjentämisestä on omat kustannukset. Muovilaadut olivat perinteisiä valtamuoveja (PE-LD, PE-HD, PP, PS, PS-E ja PET), joihin luetaan nykyään myös virvoitusjuomapullojen materiaali polyeteenitereftalaatti.

Saaduista tuloksista voidaan laskea vuosittaiset säästöt kauppaketjulle, kun ylijäävä sekajäte muutetaan energiajätteeksi. Vuotuiset säästöt olisivat kymmeniä tuhansia euroja. Ehdotan, että värillinen muovi tullaan keräämään kirkkaan muovin tavoin jättesäkkeihin ja säkit paalataan. Näin saadaan värillisten muovien varastointi ja kuljetus tehokkaaksi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Chemical Engineering
Chemical Engineering

NIKO KEINONEN:
Recycling of the Plastic Waste in Grocery Shops

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 7 pages
June 2014

The purpose of the thesis was to clarify the amount of the plastic waste which is created from the grocery shops, the qualities of the plastic materials, recyclability of the plastics and to optimize the recycling of plastics from the shops to the recycling company. The recycling process was directed to a big, middle size and small grocery shops in the Pirkanmaa region in Finland.

In practical studies it was noticed that about 20 % of the total weight of the mixed waste in the Tarastenjärvi landfill site in Tampere was recyclable plastic material. In reality the share of plastics in the mixed waste is bigger because there is also much cardboard among mixed waste. The cardboard among mixed waste is disadvantageous because the company can get compensation from the cardboard recycled right. There are own costs from the emptying of mixed waste. Plastic materials were traditional mass consumption plastics (PE-LD, PE-HD, PP, PS, PS-E and PET). Polyethylene terephthalate is the material of soft drink bottles and it is nowadays considered as mass consumption plastic.

The annual savings can be calculated from the obtained results to the chain of stores when the mixed waste is converted to energy waste. The annual savings would be tens of thousands of euros. I suggest that the colored plastic will be collected to the refuse sacks like clear plastic and the sacks baled. This way the storage and transport of colored plastics can be made efficient.

Key words: recycling, mixed waste, plastic, PET

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	YRITYKSET	8
	2.1 Ekokem Oy	8
	2.2 POK (Pirkanmaan Osuuskauppa)	8
3	MUOVIEN JAOTTELU	9
	3.1 Kesto- ja kertamuovit sekä elastit	9
	3.2 Osakiteiset ja amorfiset muovit	9
	3.3 Valtamuovit, tekniset muovit ja erikoismuovit.....	10
4	POLYETEENIT, PE-LD ja PE-HD	11
	4.1 Yleistä	11
	4.2 Matalatiheksinen polyeteeni	12
	4.3 Lineaarinen matalatiheksinen ja keskitiheksinen polyeteeni	13
	4.4 Korkeatiheksinen polyeteeni.....	14
5	POLYPROPEENI, PP	15
	5.1 Yleistä	15
	5.2 Polypropeenin tyypit.....	15
	5.3 Ominaisuudet	15
	5.4 Käyttökohteet.....	16
6	POLYSTYREENI, PS, SB ja PS-E.....	18
	6.1 Yleistä	18
	6.2 Ominaisuudet	18
	6.3 Käyttökohteita.....	19
7	POLYETEENITEREFTALAATTI, PET	20
	7.1 Historia.....	20
	7.2 Rakenne	20
	7.3 Ominaisuuksia	21
	7.4 Käyttökohteita.....	21
8	KIERRÄTTÄMINEN	24
	8.1 Kierrättäminen Suomessa	24
	8.2 Muovijätteen käsittely.....	24
	8.3 PET-pullojen kierrätysprosessi	26
	8.4 Lainsäädännön vaatimukset.....	27
	8.5 Kierrättäminen Ekokemillä.....	27
9	TUTKIMUSMENETELMÄ	29
	9.1 FTIR-spektroskooppi	29
	9.2 Tarastenjärvi 7.5.2014	30

9.3 Tarastenjärvi 13.5.2014	32
10 POHDINTA.....	33
LÄHTEET.....	35
LIITTEET	36
Liite 1. Kirjallisuusspektri polyeteenitereftalaatille	36
Liite 2. Pantittoman Sprite-pullon IR-spektri	37
Liite 3. Minttu koskenkorva-pullon IR-spektri	38
Liite 4. Marli mehupullon IR-spektri	39
Liite 5. X-tra mehupullon IR-spektri.....	40
Liite 6. Juomadollyn pohjalevyn IR-spektri.....	41
Liite 7. Välikennolevyn IR-spektri.....	42

TERMIT

amorfinen	rakenne, jossa ei ole kiteisyyttä
kertamuovi	kertamuovautuva muovi, jota ei voida muovata uudelleen ilman kemiallisen rakenteen hajottamista
kestomuovi	kestomuovautuva muovi, jota voidaan muovata ja sulattaa ilman kemiallisen rakenteen hajottamista
kiteisyys	molekyylitasolla esiintyvä kolmiulotteinen järjestyneisyys
monomeeri	aine, jonka pienehkö molekyyli kykenee reagoimaan samanlaisen tai toisen samalla tavoin reagoivien molekyylien kanssa
PET	polyeteenitereftalaatti, tekninen muovi
polymeeri	aine, joka on muodostunut monomeerien liittyessä yhteen
tekninen muovi	yleinen, käyttömäärältään valtamuovia pienempi muovi
viruminen	pitkäaikaisen jännityksen kappaleeseen aiheuttama venymä

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia toimiva konsepti päivittäistavarakauppoihin värillisen muovin kierrättämiseksi. Tarkoituksena on selvittää syntyvän jätemuovien määrä, muovien laatu, niiden kierrättäminen, sekä konkreettiset toimenpiteet eri yksiköissä muovien kierrättämiseksi. Pahvi ja kirkas muovi kierrätetään jo, mutta tavoite olisi saada värillinen muovi näiden rinnalle hyötykäyttöön. Kyseessä on Pirkanmaan Osuuskaupan suuret, keskikokoiset sekä pienet toimipisteet, joiden jätemuovien kierrättämismahdollisuuksia Ekokem Oy:ssä selvitetään tässä opinnäytetyössä. Työ on tehty yhteistyössä kummankin yrityksen kanssa.

Opinnäytetyö sisältää kirjallisen- sekä tutkimusosion. Kirjallisessa osiossa on tarkoitus perehtyä syntyvän muovijätteen eri laatuihin, ominaisuuksiin sekä niiden kierrättämiseen. Polyeteenitereftalaattiin on perehdytty hieman muita muovilaatuja tarkemmin, sillä ajatus tästä työstä alkoi pantittomista PET-pulloista ja usein polyeteenitereftalaatti luetaan tekniseksi muoviksi. Materiaalina PET on mielenkiintoinen sen ominaisuuksien monimuotoisuuden vuoksi.

Tutkimusosiossa selvitetään konkreettisesti Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskuksessa Tampereella, millaista muovijätettä kaupoilta syntyy ja kuinka paljon kierrätettävää muovimateriaalia on sekajätteen joukossa. Lisäksi selvitetään eri tason yksiköissä värillisen muovin kierrätysmahdollisuuksia niin lajittelun, kuin varastoinninkin osalta. Pullonpalautuspisteisiin tulevia pantittomia PET-pulloja vertailtiin FTIR-laitteella. Vuosittaisille säästöille laskettu arvio pohjautuu vain värillisistä muoveista saatavaan hyvitteeseen. Säästöissä ei ole otettu huomioon kuljetus- ja käsittelykustannuksia.

2 YRITYKSET

2.1 Ekokem Oy

Ekokem Oy tarjoaa materiaali- ja energiatehokkuutta parantavia kierrätys-, hyötykäyttö- ja loppusijoitusratkaisuja sekä maaperänkunnostuksen ja ympäristörakentamisen palveluja. Jäteperäisen energian tuottajana Ekokem on merkittävä. Luotettavuuden ympäristö- ja turvallisuusasioihin yrityksessä tuo osaaminen ja tinkimättömyys. Ekokemin palvelut yltävät kattavasti koko Suomeen. (Ekokem: Liiketoiminta.)

Yrityksen liiketoiminta on jaettu neljään aihealueeseen: käsittelykeskukset, ympäristö- ja jätepalvelut, energia ja vesi sekä ympäristörakentaminen. Vuonna 2013 Ekokem konsernin liikevaihto oli 196 miljoonaa euroa ja yritys työllisti 480 henkilöä. (Ekokem: Liiketoiminta.)

2.2 POK (Pirkanmaan Osuuskauppa)

Pirkanmaan Osuuskauppa on yksi kahdestakymmenestä alueosuuskaupasta. Alueosuuskaupparakenne syntyi 1980-luvulla, kun alueellisesti toimivat osuuskaupat yhdistyivät. Alueosuuskaupat yhdessä kahdeksan paikallisosuuskaupan kanssa muodostavat S-ryhmän. Paikallisosuuskaupat ovat itsenäisiä yrityksiä ja niillä on oma hallinto. S-ryhmään kuuluu osuuskauppojen lisäksi Suomen Osuuskauppojen Keskuskunta (SOK) tytäryhtiöineen. S-ryhmän omistavat asiakasomistajat. SOK harjoittaa päivittäistavara- ja ravitsemuskauppaa, sekä matkailu- ja ravitsemuskauppaa Baltian alueella ja Pietarissa. (S-kanava: S-ryhmän rakenne.)

Kuluttajille S-ryhmä tuottaa päivittäistavara- ja käyttötavara- ja liikennemyymälä ja polttonestekaupan, matkailu- ja ravitsemuskaupan, auto- ja autotarvikekaupan sekä maatalouskaupan palveluja. Pankkipalveluja S-ryhmä tarjoaa S-pankista. Osuuskauppana S-ryhmän omistavat noin kaksi miljoonaa asiakasomistajaa. Vähittäismyynti vuonna 2012 S-ryhmällä oli 12 miljardia euroa ja työntekijöitä yli 43 000 henkilöä. (S-kanava: S-ryhmän rakenne.)

3 MUOVIEN JAOTTELU

3.1 Kesto- ja kertamuovit sekä elastit

Kesto ja kertamuovit erotellaan toisistaan niiden uudelleenkäytön perusteella. Nimen mukaisesti kestopuovia voidaan käyttää uudelleen. Kestomuovien suorat tai haaroittuneet polymeeriketjut irtoavat toisistaan sekundäärisidoksista, jotka pitävät muovin molekyyliä paikallaan. Lämmitettäessä muovia, nämä heikot sidokset katkeavat ja muovi sulaa. Kun sulaa massaa muovataan uudelleen ja se jäähdytetään, polymeeriketjut kiinnittyvät uudestaan toisiinsa. (Kurri, Malén & Sandell 2002, 21-22.)

Kertamuovin rakenne puolestaan hajoaa työstövaiheessa, kun sitä sulatetaan. Kertamuovin polymeeriketjut ovat ristosilloittuneita, jonka vuoksi niissä on vahvoja poikittaissuuntaisia sidoksia. Tämän vuoksi lämmittäminen ei irrota polymeeriketjuja toisistaan. Kertamuovin polymeerejä ei saada irrotettua ilman, että polymeerien kemiallinen rakenne hajoaa. (Kurri, Malén & Sandell 2002, 21-22.)

Elastit ovat oma polymeeriryhmänsä, joiden yhteinen tekijä on erittäin suuri kimmoisuus eli palautuva venyvyys. Elastit voidaan jakaa kumeihin ja termoelasteihin. Kumit käyttäytyvät työstössä kertamuovien tavoin, eli uudelleen sulatuksessa niiden rakenne hajoaa. Työstövaiheessa kumit yleensä vulkanoidaan, jolloin polymeeriketjujen väleihin saadaan luotua vahvoja rikkisiltoja. Termoelastit ovat puolestaan kestopuovien kaltaisia, niitä voidaan työstää uudelleen rakenteen hajoamatta ja niiden kierrättäminen on helpompaa. (Kurri, Malén & Sandell 2002, 22.)

3.2 Osakiteiset ja amorfiset muovit

Molekyylit muodostavat kiderakenteita sulan polymeerin jäähtyessä kiinteään olomuotoon. Mikäli molekyylitasolla ei olomuodon muutosvaiheessa tapahdu kiteytymistä, kutsutaan polymeeriä amorfiseksi. Osakiteisissä polymeereissä puolestaan syntyy kiderakenteita. (Järvinen 2008, 22.)

Osakiteisten muovien ominaisuuksia ovat matta väri, tarkka sulamispiste, suuri kutistuma (1-6 %), hyvä kemikaalikestävyys, jännityssäröily on harvinaista, hyvä kulutuksen kestävyys, suuri lämpölaajeneminen, hyvät liukuominaisuudet sekä korkea viruminen. Amorfisten muovien ominaisuudet ovat päinvastaiset kuin osakiteisillä muoveilla. Ne voivat olla lasinkirkkaita, sulamispiste epäselvä, kutistuma on vähäistä, kemikaalin kestävyys on heikompaa, jännityssäröily yleistä, lämpölaajeneminen vähäistä, huonommat liukuominaisuudet ja alhainen viruminen. (Järvinen 2008, 22.)

3.3 Valtamuovit, tekniset muovit ja erikoismuovit

Kestomuovit voidaan jaotella markkinoiden, hinnan ja suorituskyvyn perusteella. Valtamuoveja käytetään eniten ja ne ovat hinnaltaan edullisia. Yleisimmin valtamuoveiksi luokitellut muovit ovat polyeteeni (PE), polypropeeni (PP), polyvinyylidikloridi (PVC), polystyreeni (PS) ja joskus myös amorfinen polyeteenitereftalaatti (PET-A). (Järvinen 2008, 22-23.)

Tekniset muovit ovat käyttömäärältään pienempiä kuin valtamuovit ja ne ovat kalliimpia, silti hyvin yleisiä muoveja. Teknisiin muoveihin luokitellaan akryylinitriilibutadieenistyreeni (ABS), styreeniakrylinitriili (SAN), polyamidit, polyeteenitereftalaatti (PET), polymetyylimetakrylaatti (PMMA), polykarbonaatti (PC), polyasetaali (POM) sekä polybuteenitereftalaatti (PBT). (Järvinen 2008, 22-23.)

Erikoismuovien käyttö on varsin vähäistä ja lisäksi ne ovat kalliita. Erikoismuovilla haetaan jotain tiettyä ja haluttua ominaisuutta tarkoin määritellyissä kohteissa. Erikoismuoveja ovat esimerkiksi polyfenyleenisulfoni (PSU), polyeetteri-imidi (PEI), nestekidemuovi (LCP) ja polyfenyleenisulfidi (PPS). (Järvinen 2008, 22-23.)

4 POLYETEENIT, PE-LD ja PE-HD

4.1 Yleistä

Polyeteeni on käytetyin muovi, kun lasketaan yhteen kaikki eri PE – tyypit. Polyeteeni keksittiin jo 1930-luvulla ja sen monimuotoiset tyypit tuovat laajat käyttömahdollisuudet polyeteenille. Polyeteeniä käytetään kalvopakkausista erilaisiin kuituihin ja liukulaakereihin. Polyeteenin molekyyliketju on yksinkertainen hiilivety, minkä vuoksi se ei reagoi muihin aineisiin ja näin soveltuu vaikka ihmiskehon sisäisiin implantteihin. Polyeteenin pinta on varsin liukas ja likaa hylkivä. Näitä ominaisuuksia käytetään hyväksi monissa sovelluksissa, mutta polyeteenin liimaus ja pinnoitus työstövaiheessa on hankalaa. (Järvinen 2008, 28-29.)

Polyeteeni voidaan jakaa karkeasti kahteen eri päätyyppiin: matalatiheyskainen polyeteeni, PE-LD sekä korkeatiheyskainen polyeteeni, PE-HD. Näistä päätyypeistä on lukuisia alatyyppejä, jotka voidaan erottaa toisistaan kopolymeerien, erimuotoisten molekyyliketjujen tai käytettyiden seosaineiden perusteella. PE-LD:n ja PE-HD:n erottaa toisistaan niiden ominaispaino eli tiheys. PE-LD:n tiheys on 0,91-0,93 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ja PE-HD:n tiheys on 0,94-0,97 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Joissain yhteyksissä, kuten puhallusmuovauksessa käytetään keskitiheyksistä polyeteeniä, jonka tiheys on näiden päätyyppien välissä. (Järvinen 2008, 29.)

Polyeteenit ovat laaja ryhmä muoveja, mutta silti niillä on monia yhteisiä ominaisuuksia. Seos- ja apuaineilla voidaan lisätä tai vähentää jotakin haluttua ominaisuutta, mutta yhteisiä ominaisuuksia polyeteeneille ovat:

- hyvä kemikaalikestävyys (pois lukien vahvat hapot)
- alhainen lämmönkestävyys, mutta hyvä kuumasaumattavuus
- hyvä sähköneristävyys, veden alhainen absorptio
- sitkeys, keveys ja edullisuus
- kellastuminen UV-säteilyssä, korkea lämpölaajenemiskerroin
- liukas tai vahamainen pinta
- soveltuvuus elintarvikepakkausihin
- hyvä ekstruusiotyöstettävyys.

(Muovimuotoilu: Valtamuovit.)

4.2 Matalatiheksinen polyeteeni

PE-LD keksittiin vuonna 1933, mikä oli todella merkittävää muoviteollisuuden historiassa. Keksittiin muovi, mikä oli joustavaa, sitkeää ja kemiallisesti kestävää ilman haitallisia pehmittimiä. Kilpailussa johtavaa muovia PVC:tä vastaan, PE-LD:n polymerointitekniikan ja jalostuksen piti kehittyä, sekä sen hinnan laskettava. 1960-luvulla PE-LD alkoi yleistyä muovikalvona moniin tarkoituksiin myös Suomessa ja se tunnettiin nimellä ”plastiikki”. 1970-luvulla se alkoi ottaa valtaa myös muovikassina. (Järvinen 2008, 30.)

Matalatiheksinen polyeteeni on Suomessa käytetyin muovi niin polyeteeneistä, kuin myös kaikista muoveista. Nimitys matalatiheksinen tulee sen molekyylistä, missä on yleensä paljon sivuhaaroja, joten sen kiteisyysaste ja tiheys jäävät pieneksi. PE-LD:n ominaisuuksia kuvaa parhaiten muovikassi: kestävä, venyvä ja joustava, myös matalissa lämpötiloissa. Muita tyypillisiä ominaisuuksia ovat kosteuden läpäisemättömyys, pieni kaasun suoja, liukas pinta, kemikaalinkestävyys sekä hyvä läpinäkyvyys ohuena kalvona. (Järvinen 2008, 29-30.)

Elintarvikepakkauksissa käytettävä PE-LD toimii pääosin kosteussuojana. Mahdollinen kaasunsuoja, eli barrier-kerros valmistetaan joko eteenin kopolymeeristä, tai muista muoveista kuten polyamidista. Barrier-kerroksen liittäminen muovikerrokseen tapahtuu liima- eli adheesiokerroksen avulla. Tämä monikerroskalvo valmistetaan joko ekstruusiolla, tai laminoimalla. Yhdistelmäkalvoilla pyritään suojaamaan juusto- ja lihatuotteita. Ekstruusiopäällystettyä kartonkia käytetään muun muassa maitopurkeissa. Kartongista tuote saa muodon, polyeteeni antaa kosteussuojan ja mahdollinen barrier-kerros estää kaasujen läpäisyn (kuva 1). (Järvinen 2008, 32.)

Kerros	g/m ³	Ulkopinta
PE-LD	15	
Kartonki	300	
PE-LD	20	
Liima- eli adheesiokerros	6	
Kaasunsuojakerros, EVOH	6	
Liima- eli adheesiokerros	6	
PE-LD	20	
		Sisäpinta

KUVA 1. Ekstruusiopäällystetyn monikerros-pakkauksen rakenne. (Järvinen 2008, 32.)

4.3 Lineaarinen matalatiheyksinen ja keskitiheyksinen polyeteeni

PE-LLD keksittiin vasta 1970-luvulla. Se on eteenin kopolymeeri, jossa toisena monomeerinä on joko buteeni, hekseeni tai okteeni. Yleisimmin käytetään buteenipohjaisia kopolymeerejä. PE-LLD polymeroidaan poiketen PE-LD:n polymeroinnista, matalapainereaktorissa. PE-LLD:n sivuhaarat ovat lyhyemmät ja niitä on vähemmän verraten PE-LD:hen. PE-LLD on ominaisuuksiltaan lähes samanlainen kuin PE-LD, mutta sen sitkeys ja lujuus ovat paremmat niin korkeissa, kuin matalissakin lämpötiloissa. (Järvinen 2008, 30.)

PE-LLD:tä käytetään lähinnä kiristekalvoissa, mutta sitä voidaan sekoittaa myös tavallisen PE-LD:n kanssa optimoitaessa ominaisuuksia sekä työstettävyyttä. Kiristekalvoja käytetään pääasiassa kuormalavapakkausten suojauksessa, tartuntakalvoissa ja säilörehukääreissä (kuva 2). Vaikka muovikassit ovat näkyvimpiä muovituotteita, niiden valmistuksessa käytetään vähemmän muoviraaka-ainetta kuin esimerkiksi kiristekalvoihin tai suursäkkeihin. (Järvinen 2008, 30-33.)



KUVA 2. Säilörehupaali PE-LLD kääreellä. (Järvinen 2008, 33.)

Keskitiheyspolyeteenin tiheys on $0,93-0,94 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. PE-MD:tä käytetään esimerkiksi vahvojen kalvojen valmistamiseen sekä puhallusmuovaustuotteiden raaka-aineena. (Järvinen 2008, 30.)

4.4 Korkeatiheksinen polyeteeni

PE-HD kehiteltiin vasta 1950-luvulla, selvästi PE-LD:n jälkeen. Tuolloin polymeroinnissa käytettiin kiihdyttimenä Ziegler-Natta-katalyyttiä, mikä kantaa vieläkin keksijänsä nimeä. Katalyytin avulla eteeni saadaan polymeroitumaan huomattavasti alhaisemmassa paineessa kuin PE-LD. Suuremman tiheydensä vuoksi PE-HD:stä voidaan valmistaa paljon jäykempiä tuotteita kuin PE-LD:stä. Muotonsa pitäviä PE-HD tuotteita ovat erilaiset ämpärit ja vadit, Sarvis- ja Orthex-pulkat, olutkorit ja pesuainepullot. (Järvinen 2008, 36-37.)

PE-HD molekyylissä on vain lyhyitä sivuhaaroja, tämän vuoksi polyeteenimolekyylit ovat järjestäytyneet tiheämmäksi rakenteeksi. PE-HD on jäykempää ja sen kaasuläpäisevyys on pienempi kuin PE-LD:llä. PE-HD on liukaspintaista ja sen painaminen ja liimaaminen ilman esikäsitteilyä on varsin vaikeaa. (Järvinen 2008, 37.)

Korkeatiheksisen polyeteenin käyttökohteet voidaan jakaa karkeasti neljään ryhmään: putket, puhallusmuovatut tuotteet, kalvot ja ruiskuvaletut tuotteet. Polyeteeni kilpailee PVC:n ja metallin kanssa putkimarkkinoilla, etenkin vesi- ja kaasuputkissa. Usein käytetään nimitystä PEH-putki. Muovia käytetään myös metalliputkien pinnoituksessa. Lattialämmitysputkissa on lisäksi eräänlainen barrier-kerros, mikä estää hapen kulkeutumisen putken sisälle. (Järvinen 2008, 37-38.)

Puhallusmuovauksessa PE-HD on käytetyin muovi ja siitä valmistetaan pieniä pakkauksia esimerkiksi voiteille, sinapeille, jogurttijuomille sekä hiustenhoitotuotteille. Elintarviketeollisuudessa käytetään hyödyksi monikerrospuhallusta, jolloin samaan tuotteeseen saadaan useampaa eri muovia. Muita puhallusmuovattavia tuotteita ovat mehu-, autonöljy- sekä pesuainepullot. Hyvän kemikaalinkeston vuoksi autojen bensatankit valmistetaan PE-HD:stä. Suuremmat PE-HD tuotteet kuten suurtankit ja kontit valmistetaan muovijauheesta rotaatiovalulla. PE-HD:stä valmistetaan myös kauppojen rapisevat hedelmäpussit. Usein pussimuoveja sekoitetaan keskenään, jotta saataisiin muovikasseille parempia ominaisuuksia. (Järvinen 2008, 37-38.)

Ruiskuvalettuja PE-HD-tuotteita ovat ämpärit, korit, pulkat, keinut ja lelut. Juomapullojen korkit valmistetaan polyeteenistä, mutta mikäli korkissa on filmisarana (ketsuppipullot), valmistetaan korkki polypropeenista. (Järvinen 2008, 38.)

5 POLYPROPEENI, PP

5.1 Yleistä

Polypropeeni keksittiin 1950-luvulla vuosi PE-HD:n keksimisen jälkeen. PP muistettiin pitkään polyeteenin kaltaisena muovina, mikä ei kestänyt pakkasta. Molekyyli-modifioinnin ja eri seosten avulla polypropeenia kehitettiin paremmaksi kylmänkestossa ja iskulujuudessa. Näiden avulla siitä tuli toiseksi käytetyin muovi, jota käytetään muun muassa auton osissa ja pakkauksissa. Kuitumuovina PP:tä käytetään edullisten narujen, nauhojen sekä täytekuitujen materiaalina. Polypropeenista on tullut PE-HD:n kilpailija paremman lämmönkeston, mittatarkkuuden ja helpomman prosessoitavuuden vuoksi. Kehityksen ja kilpailun myötä PP:stä on tullut myös edullisempää. Vaikka polypropeenin pinta ei ole yhtä liukas kuin polyeteenin, niin sen liimattavuus, maalaaminen sekä painaminen ovat vaatineet runsaasti kehitystyötä. (Järvinen 2008, 40.)

5.2 Polypropeenin tyypit

Polypropeeni voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: homopolymeeri, blokkikopolymeeri sekä satunnais- eli randomkopolymeeri. Perinteisin PP:n muoto on homopolymeeri. Blokkikopolymeerissä propeenin kanssa on polymeroitu eteeniä ja eteenijaksot sijaitsevat polymeerissä selkeinä, säännöllisinä jaksoina. Satunnais- eli randomkopolymeerissä eteenijaksojen sijainti vaihtelee niin pääketjussa kuin sivuketjuissakin. (Järvinen 2008, 40.)

5.3 Ominaisuudet

Polypropeeni on varsin kiteinen muovi. PP-homopolymeerituotteet ovat rinnastettavissa PE-HD tuotteisiin. Polypropeeni säilyttää polyeteeniä paremmin mekaaniset ominaisuutensa korkeammassa lämpötiloissa, eikä sen pinta ole yhtä liukas kuin polyeteenillä. PP:n kylmänkesto on kuitenkin heikompi kuin polyeteenillä, eikä se kestä vahvoja happoja. PP:tä käytetään paljon kuitujen valmistamiseen ja sen sitkeyden

ansiosta polypropeenista valmistetaan ohuita filmisaranoita, joita voidaan taivuttaa kymmeniätuhansia kertoja, esimerkiksi ketsuppipullon korkki. Ilman stabilointia polypropeeni haurastuu herkästi UV-valon vaikutuksesta. Blokkikopolymeerit kestävät paremmin alhaisia lämpötiloja ja niistä voidaan valmistaa joustavia ja pehmeitä tuotteita. PP-satunnaispolymeeristä on kehitetty lähes lasinkirkas muovi, mutta sen lämmönkesto on hyvin lähellä homopolymeeriä. Se kestää alhaisia lämpötiloja selvästi blokkikopolymeerejä huonommin. Polypropeenituotteet kestävät höyrysteriloinnin. (Muovimuotoilu: Valtamuovit.)

5.4 Käyttökohteet

Polypropeenin käyttökohteita on eniten, kun huomioidaan kaikki muovilaadut. Polypropeenista voidaan valmistaa muun muassa kuituja, kalvoja, ruiskuvalettuja pakkauksia, levyjä, putkia sekä auton osia. Euroopassa vuonna 2007 polypropeenia työstettiin lähes saman verran ekstruusiolla kuin ruiskuvalamalla. Ekstruusiossa käytetään homopolymeerejä ja ruiskuvalussa blokki- ja randomkopolymeerejä. Kuituekstruusion eri kuiduista voidaan valmistaa mattoja, teollisuussäkkejä, köysiä, huonekalukankaita sekä vaippojen pintakerroksia. Vaippojen, terveystiteiden ja urheiluvaatteiden pintakerros on polypropeenina sen vedenimemättömyyden vuoksi. Näin kosteus siirtyy iholta seuraaviin kerroksiin, jotka sitovat kosteuden. (Järvinen 2008, 41-42.)

Ruiskuvaletuissa pakkauksissa polypropeeni kilpailee HD-polyeteenin kanssa pakasterasioiden, kansien sekä elintarvikepakkauksien kanssa. Lämmitettävissä elintarvikepakkauksissa PP on käytetympi materiaali. Ruiskuvalulla voidaan valmistaa myös autoteollisuuteen erilaisia osia. PP:tä käytetään muun muassa puskureiden, ovipaneelien, ilmasuodattimien sekä sisätilan varusteiden materiaalina. PP on pääasiallinen materiaali etenkin sisäosien valmistuksessa, muita muovimateriaaleja käytetään erittäin harvoin. (Järvinen 2008, 41.)

PP:n käyttö lämpömuovausmuovina on yleistynyt viime vuosina. Siitä valmistetaan leviterasioita sekä mikrossa lämmitettäviä valmisruokapakkauksia. Lämpömuovausmateriaalina PP on sivuuttanut lähes täysin aiemmin käytetyt polystyreenit sekä PVC:n. Polypropeenista valmistettua kalvoa käytetään paljon

ruokapakkauksissa. Kalvoa venytetään pitkittäis- ja poikittaissuunnissa valmistuksen yhteydessä, jolloin se saadaan kiteytymään ja näin se on huomattavasti kestävämpää. Tämä biaksiaalisesti orientoitu kalvo on kestävä, kirkasta ja suojaa elintarviketta hyvin kosteudelta. Usein tämä kalvo laminoidaan alumiinikerroksen kanssa yhteen, josta valmistetaan pakkauksia makeisille, perunalastuille, makaroneille sekä tupakka-askeille. Yksisuuntaisesti orientoitua PP-kalvoa käytetään ruokapakkausten lisäksi myös lääkepakkauksissa. Muita käyttökohteita polypropeenille ovat erilaiset putket, joiden materiaalikipailusta huolimatta PVC-muovia käytetään vielä selvästi enemmän. Perinteiset valkoiset puutarhatuolit ovat esimerkki PP-tuotteesta, jossa on käytetty täyteaineena talkkia. (Järvinen 2008, 41.)

6 POLYSTYREENI, PS, SB ja PS-E

6.1 Yleistä

Polystyreeni on tunnetuin kova, lasinkirkas muovi, joka valmistettiin korvaamaan lasimateriaalit 1930-luvun alussa. Polystyreenistä alettiin valmistaa edustavia koriste-esineitä, valaisimia sekä kertakäyttöisiä ruokailuvälineitä. Suomessa tunnetuimmat käyttökohteet polystyreenille ovat polkupyörien kissansilmät sekä heijastimet. Helposta työstettävyydestä ja edullisuudesta huolimatta polystyreeni on varsin haurasta, eivätkä sen muutkaan ominaisuudet ole kilpailukykyisiä. Haurauden poistamiseksi polystyreeniin alettiin sekoittaa 1940-luvulla butadieeni-tekokumia, jolloin tämä kopolymeeri oli käyttökelpoinen moniin massatuotteisiin, kuten vaateripustimiin ja säilytyslaatikoihin. Styreenibutadieeni ei ole läpinäkyvää, mutta sen keksimisen jälkeen siitä tuli käytetyin materiaali kertakäyttöisissä astioissa, jogurtti- ja leviterastapurkeissa. SB-lyhenteestä käytetään myös toista termiä PS-HI, jossa polystyreenin parempaa iskulujuutta korostetaan yleisillä termeillä ”high impact”. (Järvinen 2008, 57.)

6.2 Ominaisuudet

Polystyreeni on verrattavissa läpinäkyvyydeltään lasiin. Muita positiivisia ominaisuuksia PS:llä on pintakovuus sekä jäykkyys. Polystyreenillä on laajat värjäysmahdollisuudet sekä alhainen veden absorptio. Polystyreeni on kuitenkin erittäin hauras muovi, millä on huono kemikaalien sekä UV-säteilyn kesto. PS:stä valmistetaan tavallisimmin ohutseinäisiä ruiskuvalukappaleita. Polystyreenin työstettävyys on helppoa, edullista ja sillä on alhainen muottikutistuma. Styreenibutadieeni puolestaan ei ole läpinäkyvää, mutta se on jäykkää ja melko sitkeää. Runsaasti kumia sisältävät seokset ovat selvästi taipuisampia, mutta niiden iskulujuus on suurempi. Kemikaalin- sekä UV-säteilyn kesto SB:llä on heikko. (Muovimuotoilu: Valtamuovit.)

6.3 Käyttökohteita

Polystyreeniä käytetään eniten levyekstruusiossa. Levyistä lämpömuovataan tavallisimmin pakkaustuotteita maito- ja lihatuotteille, sekä kertakäyttöastioita. Valmissalaattiastiat ovat pääasiassa lämpömuovattuja PS-tuotteita. Raaka-aineena voi olla joko PS tai SB. Näiden kilpailijaksi elintarvikepakkauksissa on noussut PP. Polystyreenistä valmistetaan ekstrudoinnin yhteydessä vaahdotettavaa, niin kutsuttua XPS -levyä, mitä käytetään rakennusten eristemateriaalina. Lähes poikkeuksetta jääkaappien sekä pakastimien seinät on valmistettu lämpömuovattua SB:stä. Ruiskuvalettuja polystyreenituotteita on muun muassa televisioiden kuoret, kynät, säästölippaat sekä CD-levyjen kotelot. (Järvinen 2008, 59.)

7 POLYETEENITEREFTALAATTI, PET

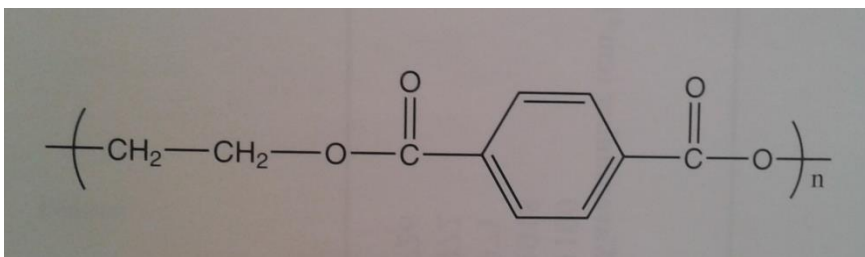
7.1 Historia

Jo tuhansia vuosia luonnossa esiintyviä polyestereitä on käytetty erilaisissa tarkoituksissa. Muun muassa muinaisessa Egyptissä käytettiin lakkakirvojen erittämää sellakkaa muumioiden balsamointiin. Myöhemmin sellakkaa käytettiin 1900-luvun alkupuolelle asti äänilevyissä. 1930-luvulla synteettisten alifaattisten polyestereiden tuotanto käynnistettiin Yhdysvalloissa. Silloinen materiaali oli kuitenkin tekstiileihin käyttökelpotonta suuren moolimassansa ja pesukemikaaliliuokseen liukenemisen vuoksi. Polyesterin kehittämistä jatkettiin Englannissa, mutta aikaa ei ollut riittävästi käyttökelpoisen materiaalin kehittämiseen ennen toista maailmansotaa. Polyesteriä valmistettiin tereftaalihaposta, sen dimetyyliesteristä sekä etyleeniglykolista. (Tampereen teknillinen yliopisto: Muovit vaatetustekniikassa 2010)

Polyeteenitereftalaatti on nimenä vielä varsin tuntematon muovin käyttäjille. Entiseltä nimeltään tunnettu kuidutettu polyesteri keksittiin vuonna 1946. PET on muoveista läheisin ja eniten käytetty materiaali tekstiilien sekä teknisten kuitumateriaalien valmistuksessa. PET -muovia käytetään myös läpinäkyvien Look-paistopussien materiaalina. Tämän päivän suurimmat markkinat puhallusmuovauskappaleissa ovat vesi- ja virvoitusjuomapullojen valmistuksessa. (Järvinen 2008, 74-77.)

7.2 Rakenne

Polyeteenitereftalaattia saadaan tereftaalihapon ja eteeniglykolin polymeroitumistuotteena. Sivutuotteena lohkeaa vesimolekyyli. PET:n rakennekaava on esitetty kuvassa 3. Polyesterillä, jota käytetään tekstiilimateriaaleissa, tarkoitetaan suoraketjuisia makromolekyyliä. Niiden ketju tulee olla vähintään 85 painoprosenttisesti jonkin diolin tai tereftaalihapon estereitä. Puhuttaessa polyeteenitereftalaatista tekstiilimateriaalina, voidaan käyttää lyhenteitä PES, PL, PE tai PET. (Tampereen teknillinen yliopisto: Muovit vaatetustekniikassa 2010)



KUVA 3. Polyeteenitereftalaatin kemiallinen kaava. (Verleye, Roeges & De Moore 2001, 37.)

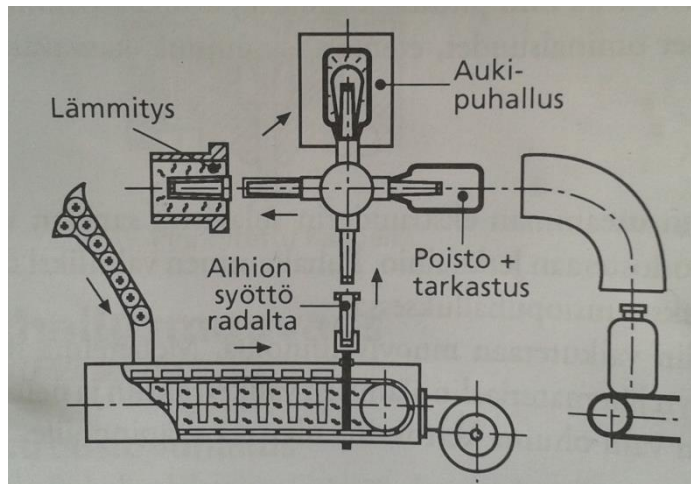
7.3 Ominaisuuksia

PET -muovia on olemassa kahdenlaista tyyppiä, osakiteinen sekä amorfinen. PET-A:n kasvanut osuus puhallusmuovausmarkkinoilla on johtanut polyeteenitereftalaatin luokittelun jopa valtamuoviksi. PET-C luokitellaan tekniseksi muoviksi ja sen yleisin työstötapa on ruiskuvalu. (Raaka-ainekäsikirja 2001, 50.)

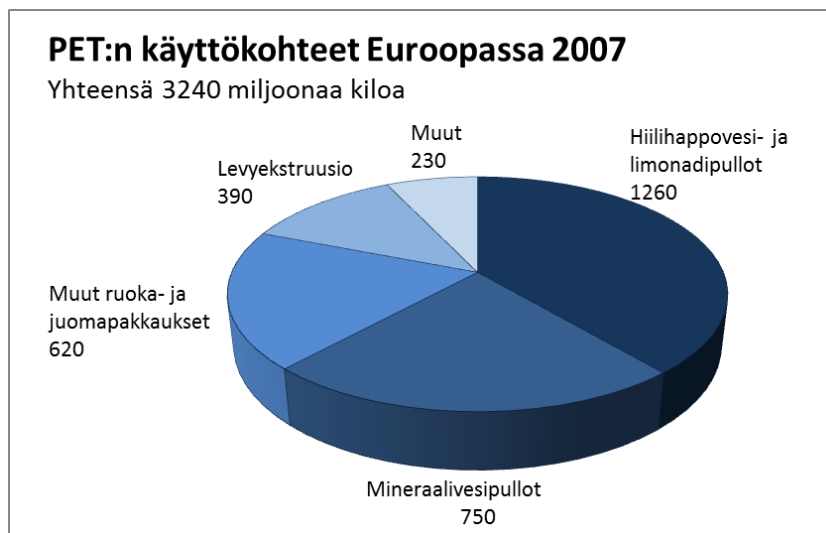
PET-A on lasinkirkas muovi. Lämmitettäessä PET-A:ta yli 70 °C:een lämpötilaan, se alkaa vähitellen kiteytyä ja muuttuu valkoiseksi PET-C:ksi. PET-A on jäykkyydeltään verrattavissa polystyreeniin, mutta iskulujuudet ovat PET-A:lla selvästi paremmat. Levynä PET-A on tullut kilpailijaksi PVC:n, PMMA:n ja PC:n rinnalle. PET-C on valkoinen muovi, se on jäykkä ja hyvin lämpöä kestävä. Ominaisuuksiltaan PET-C muistuttaa PBT:tä. (Raaka-ainekäsikirja 2001, 50.)

7.4 Käyttökohteita

PET-A:n käyttömäärältään suurimmat kohteet ovat vesi- ja virvoitusjuomateollisuudessa puhallusmuovauksella (kuva 4) valmistettavat juomapullot. Amorfisesta polyeteenitereftalaatista voidaan valmistaa ekstruusiolla suojakaasupakkauskalvoja elintarviketeollisuuteen. Siitä voidaan valmistaa erilaisia kelarunkoja ruiskuvalutekniikalla. Muovilevyteollisuudessa PET-A -levyjä käytetään lasituksissa sekä lämpömuovatuissa suojalevyissä. PET:n käyttökohteiden jakautumista on havainnollistettu kaaviossa 1. (Raaka-ainekäsikirja 2001, 50.)



KUVA 4. PET -pullojen aihioden puhallusmuovausta (Kurri, Malén & Sandell 2002, 118.)



KUVIO 1. PET:n käytön jakautumista Euroopassa 2007 (Järvinen 2008, 76.)

Virvoitusjuomapullot valmistetaan tyypillisesti ensin ruiskuvalmalla aihio, joka muistuttaa paksua koeputkea ja jonka yläpäässä on kierteet. Lopullisen muodon pullo saavat puhallusmuovauksella. Aihioden koeputkimuoto helpottaa niiden varastointia ja pullojen muodon määrittäminen on aihioden ostajille helpompaa. (Järvinen 2008, 75.)

Elintarviketeollisuudessa käytetään amorfisesta polyeteenitereftalaattilevystä lämpömuovaamalla valmistettuja ruokapakkauksrasioita. Lämmittämällä PET-A:ta se vähitellen kiteytyy, ja tästä valmistettuja ruokapakkauksia käytetään uunissa lämmitettävien pakasteiden pakkausmateriaalina. Ne ovat hyvin käyttökelpoisia myrkyttömyyden ja hajuttomuuden vuoksi. PET-A:n ultravioletin ja lämmökestävyys ovat kuitenkin rajalliset. (Järvinen 2008, 75-76.)

PET -muovia käytetään myös kangaskuituna. Kuitutuotannossa kuidusta käytetään vanhaa termiä, polyesteriä. Tämä pitää sisällään erilaisia PET – tyyppisiä, kuin mitä elintarvikepakkauksissa käytetään. Kuituja saadaan muun muassa kierrätetyistä PET-pulloista. Amorfisesta polyeteenitereftalaatista valmistetaan lämpömuovauksella erilaisia kuplapakkauksia. Esimerkiksi matkapuhelimien laturipakkauksien PET on korvannut PVC:n lähes täysin (kuva 5). (Järvinen 2008, 76.)



KUVA 5. PET kuplapakkaus (Järvinen 2008, 132.)

8 KIERRÄTTÄMINEN

8.1 Kierrättäminen Suomessa

Suomessa muovijätettä syntyy vuosittain noin 160 000 000 kiloa. Noin puolet tästä määrästä on käytettyjä pakkauksia. Loput ovat erilaisia, loppuunkäytettyjä muovituotteita tai muoviosia. Jäte sisältää kemiallisesti hyvin erilaisia muoveja, jotka ovat usein osana jotakin muuta kappaletta. Kierrätykseen tästä jätemäärästä päätyy noin 30 000 tonnia. 20 000 – 30 000 tonnia muovijätettä käytetään energiahyötykäytössä, joten vuosittain noin 100 000 tonnia muovia päätyy Suomessa jätteenkäsittelykeskuksiin. (Järvinen 2008, 158.)

Viime vuosien aikana kasvanut ympäristötietoisuus, kohonneet raaka-ainehinnat sekä kaatopaikkamaksujen voimakas nousu ovat lisänneet kiinnostusta muovijätteen hyötykäytöstä. Joihinkin tuoteryhmiin on lailla asetettu tuottaja velvoitteita, jolloin tuotteen viimeiselle haltijalle on taattu oikeus palauttaa elinkaarensa päähän tullut tuote tämän valmistajalle, myyjälle tai maahantuojalle. (Järvinen 2008, 158.)

Euroopan Unioni on asettanut jätehierarkian muovimäärien vähentämiseksi. Tässä niin kutsutussa neljän R:n hierarkiassa tärkeimpänä on muovijätteen vähentäminen (reduce), toisena on uudelleenkäyttö (reuse), kolmantena kierrätys (recycle) ja neljäntenä hyötykäyttö (recover). Muovin vähentäminen tapahtuu käytännössä muovipakkausten keventämisessä sekä hävikin pienentämisessä. Uudelleen käyttöön soveltuvia tuotteita ovat erilaiset laatikot, levyt sekä korit. (Uusiomuovi: Muovi kiertää)

8.2 Muovijätteen käsittely

Syntynyt muovijäte voidaan ottaa uudelleen käyttöön. Tämä tarkoittaa sitä, että tuote jatkaa elinkaartaan samanlaisena kuin se on aluksi valmistettu. Yleensä tuote jatkaa olemassaoloaan kotikäytössä, jossakin toisessa tarkoituksessa kuin mihin kuluttaja tuotteen on ostanut. (Kurri, Malén & Sandell 2002, 202.)

Jäte voidaan kierrättää kemiallisesti, jolloin ainesosien molekyylit hajotetaan raaka-aineeksi, jota voidaan käyttää jalostamiseen tai petrokemian- ja kemianteollisuudessa. Kierrätystapoja on useita, joista pyrolyysissä molekyylit hajotetaan tyhjiössä kuumentamalla. Tuotteena saadaan hiilivetyseoksia, joita voidaan jalostaa uudelleen. Hydrogenoinnissa muoveja käsitellään vedyllä korkeassa lämpötilassa, jolloin muovi muuttuu hiilivetyöljyiksi. (Kurri, Malén & Sandell 2002, 203-204.)

Kaasutuksessa muoveja kuumennetaan puhtaalla hapella tai ilmalla. Tuotteeksi saadaan hiilimonoksidia ja vetyä sisältävää kaasuseosta, jota voidaan käyttää metanolin tai ammoniakkin valmistuksessa. Kemolyysissä polyesterit ja polyamidit palautetaan alkuperäisiksi monomeereiksi sopivilla depolymerointireaktioilla. Kemiallisen kierrättämisen etuna on monomeereiksi pilkotut polymeerit, joista voidaan valmistaa alkuperäisen veroisia polymeerituotteita. (Kurri, Malén & Sandell 2002, 204.)

Mekaanisessa kierrätyksessä jätemuovi rouhitaan ja yleensä muutetaan granulaattimuotoon. Rouhittu muovi johdetaan ekstruuderiin, jossa muovi sulatetaan ja sekoitetaan. Syntyvät epäpuhtauskaasut johdetaan kaasunpoistojärjestelmällä pois prosessista. Sula muovi johdetaan reikälevyn läpi ja pyörivällä terällä nauhoista katkaistaan sopivan mittaisia granulaatteja. Mitä puhtaampana jätemuovi saadaan mekaaniseen kiertoon, sitä parempilaatuista uusiomuovi on. Tästä huolimatta muovin ominaisuudet heikkenevät jokaisella kierrätyskerralla. Uusiomuovin heikentyviä ominaisuuksia voidaan kuitenkin apuaineilla parantaa, tätä kutsutaan muovin räätälöinniksi. (Kurri, Malén & Sandell 2002, 204-205.)

Energian talteenotossa kierrätykseen kelpaamaton muovi kannattaa polttaa ja hyödyntää materiaaliin sitoutunut energia. Polttamalla muoveja muun yhdyskuntajätteen joukossa, saadaan siitä erinomaista energiaa lämmittämiseen sekä sähköntuotantoon. Lämpöarvoltaan muoveja voidaan verrata kivihiiileen. Vaikka muovijätteen osuus yhdyskuntajätteen määrästä on vain 7 paino-%, on sen lämpöenergiasisältö yhdyskuntajätteestä 50 %:a. Parhaiten yhdyskuntajätteen poltto onnistuu energian talteenottolaitoksissa. (Kurri, Malén & Sandell 2002, 205.)

Muuta hyötykäyttöä muovijätteelle on sulattaa se mäntyöljyjalostuksen sivutuotteena syntyvään mäntypikeen. Nesteytettyä massaa voidaan käyttää asfalttipäällysteen bitumina. Näin asfaltista saadaan kimmoisampi, sekä sen lämmönkesto paranee niin

korkeissa kuin matalissa lämpötiloissa. Tulevaisuudessa nesteytettyä jätemuovia voidaan mahdollisesti sekoittaa raskaan polttoöljyn sekaan, jolloin öljy palaa tehokkaammin loppuun sekä siitä saatava hyötysuhde paranee. Jätemuovista voidaan mahdollisesti sopivilla lisä- ja apuaineilla valmistaa puristamalla erilaisia rakennusmateriaaleja, mitkä eivät läpäise kosteutta. Mahdollisia käyttökohteita olisivat meluaidat sekä huoltoasemien sekä kaatopaikkojen maapohjaeristykset. (Kurri, Malén & Sandell 2002, 206.)

8.3 PET-pullojen kierrätysprosessi

Tavalliset juomapullot valmistetaan puhtaasta polyeteenitereftalaatti muovista. Olut pulloissa käytetään kahden PET-kerroksen välissä barriermuovikerrosta, minkä tarkoituksena on estää hapen kulku tuotteeseen ja näin estetään tuotteen pilaantuminen. Barriermuovina käytetään polyamidia. Pullojen korkit on yleensä ruiskuvalettu PE-HD:stä. (Järvinen 2008, 168-169.)

Kierrätysprosessista pulloista käytetään kaikki osat hyötykäyttöön. Puhdistettu ja kiteytetty PET-muovi on käyttökelpoista esimerkiksi uusiin pulloihin. Korkeista saatava polyeteeni käytetään uusien muovituotteiden valmistamiseen. Etikettipaperit toimitetaan kierrätyspaperiksi tai ne pelletoidaan ja käytetään tuotantolaitoksen lämpöenergiaksi. Mahdolliset metalliosat toimitetaan metallien kierrätykseen erikoistuneille yrityksille. (Järvinen 2008, 168-169.)

PET -pulloista tehty murska pestään kuumassa emäsluoksessa. Tämän jälkeen murska pelletoidaan. Pelletti kuljetetaan kiinteän tilan polykondensaatioreaktoriin, jonka jälkeen se on valmista käytettäväksi esimerkiksi pulloaihioiden valmistamiseen. Aihiota valmistettaessa raaka-aine kuumenee niin, että siinä olevat bakteerit tuhoutuvat. Sama tapahtuu pulloaihion puhallusmuovauksessa, jossa ahiota lämmitetään ja sen sisälle puhalletaan kuumaa ilmaa. Näin valmis PET -pullo on varsin hygieeninen ja elintarvikekelpoinen. (Järvinen 2008, 168-169.)

8.4 Lainsäädännön vaatimukset

Suomessa muovien käyttöä ei varsinaisesti säätele tai rajoita mikään jätelainsäädäntö vaan jätelainsäädännön piiriin kuuluvat tekijät tukevat muovien kestäväää käyttöä ja ohjaavat jätemuoveja hyötykäyttöön. Suomessa muoveja valmistavat, työstävät, kierrättävät tai muuten käyttävät yritykset kuuluvat ympäristölupamenettelyn piiriin, mikä ei suoraan johdu muovin käytöstä vaan oheistoiminnasta tai -aineista. Näitä ovat esimerkiksi muovien painatuksessa käytettävät liuottimet tai oma voimalaitos. Ympäristöluvan hakemisen yhteydessä yritys tekee selvityksen kaikkien syntyvien jätteiden käsittelystä. (Järvinen 2008, 158-159.)

Yritys saa melko vapaasti valita syntyvien jätteiden loppuosoitteen ja käsittelijän. Yritys voi laatia sopimuksen niin yksityisen kuin kunnallisenkin toimijan kanssa. Kotitalousjätteen jatkokäsittelystä vastaa asuinkunta. Jätteen vastaanottavalla toimijalla tulee olla ammattimaisen jätteenkäsittelyn kattava ja viranomaisen myöntämä ympäristölupa. Yrityksen tulee laatia kirjallinen sopimus jätehuollostaan ja tämän yhteydessä se on velvollinen tarkistamaan jätteenkäsittelijän luvat. Mikäli jätteen luovuttaa luvattomalle toimijalle, on jätteen huolehtimisvelvoite edelleen yrityksellä. (Järvinen 2008, 158-159.)

8.5 Kierrättäminen Ekokemillä

Jätemuovin kulku käsittelypaikoille alkaa muovin keräämisestä sen syntypaikalla. Syntypaikkoina voivat olla joko yritykset tai yleisen muovinkeräyspisteet. Tämän jälkeen jätemuovit esikäsitellään, mitä voi olla muun muassa paalaaminen. Paalit kuljetetaan käsittelykeskuksiin, joissa paalit otetaan vastaan, tarkistetaan ja puretaan. Purettu materiaali syötetään linjastolle, jossa muovi pestään ja haketetaan. Hake kuivatetaan, jonka jälkeen se hierretään jauheeksi ja tässä vaiheessa massaun lisätään lisä- ja apuaineet, mikäli niitä tarvitaan. Haluttu hierremassa granuloidaan lämmittämällä massa juoksevaksi ja puristamalla se reikälevyn läpi. Syntyvät nauhat katkaistaan sopivan mittaisiksi ja granulit jäädytetään. Käsittelyn jälkeen jätemuovi on valmista pakattavaksi ja myytäväksi, tai siitä voidaan valmistaa suoraan uusia tuotteita. (Uusiomuovi: Muovi kiertää)

Osuuskaupalta kierrätettävät muovit kierrätetään Ekokemillä siten, että ensin ne liitetään kotitalouksilta kerättävään muovijakeeseen. Kierrätysmuovin käsittely tapahtuu kuten aiemmin on mainittu. Muovirakeet käytetään joko uusiomassaan tai niistä tehdään erilaisia profiileja. (Koivuniemi M, Jätemuovia)

9 TUTKIMUSMENETELMÄ

9.1 FTIR-spektroskooppi

FTIR-spektroskopiaa (Fourier Transformed Infra Red) käytetään erilaisen aineiden tunnistamiseen ja niiden molekyyliarakenteiden selvittämiseen. Tutkittavilla näytteillä on niille ominainen spektrinsä, joita vertaamalla referenssispektriin voidaan tunnistaa kyseinen näyte. IR-spektri määräytyy molekyylin rakenteesta ja siinä esiintyvistä atomeista sekä sidosryhmistä. Spektrin piikit osoittavat aineen sisältämät atomit ja atomiryhmät sekä sidosryhmien tyypit. (Tampereen ammattikorkeakoulu: FTIR-käyttöohje.)

IR-analytiikassa käytetään tavallisimmin aallonpituusaluetta 2-50 μm . Absorptioiden paikat ilmoitetaan aaltolukuina eli aallonpituuden käänteisarvona. Aaltolukujen vaihteluväli on 5000-200 cm^{-1} . Käytettävä IR-säteily on lämpösäteilyä, mikä saa näytteen molekyylit värähdys- ja pyörimisliikkeeseen. Orgaanisten aineiden aaltolukualue on 5000-400 cm^{-1} ja epäorgaanisilla aineilla 5000-200 cm^{-1} . Funktionaalisten ryhmien värähdykset havaitaan välillä 4000-1000 cm^{-1} . (Tampereen ammattikorkeakoulu: FTIR-käyttöohje.)

Intensiteettiakseli ilmoitetaan tavallisimmin IR-spektrissä transmittanssiasteikkona 0-100 %. Transmittanssi on kääntäen verrannollinen näytteen konsentraatioon. Kvantitatiivisissa mittauksissa spektrit on yleensä esitetty absorbanssimuodossa, mutta ne käännetään transmittanssimuotoon, sillä manuaaliset spektrikirjastot ovat ilmoitettu transmittanssi asteikolla. (Tampereen ammattikorkeakoulu: FTIR-käyttöohje.)

FTIR-spektroskoopilla näytteet voidaan analysoida KBr-tabletin avulla tai ATR-tekniikalla (Attenuated Total Reflectance). ATR-tekniikka soveltuu tilanteisiin, joissa IR-säde ei kykene läpäisemään tutkittavaa kappaletta. ATR mittaa näytteen pinnalla tapahtuvaa kokonaisheijastusta. (Tampereen ammattikorkeakoulu: FTIR-käyttöohje.)

Kirjallisuudesta saadaan polyeteenitereftalaatille IR-spektri (liite 1), jota voidaan verrata saatuihin spektreihin (liitteet 2-7). Spektrien piikit osoittavat jonkin funktionaalisen ryhmän ja PET spektrissä ensimmäinen piikki havaitaan hieman ennen 3000 cm^{-1} .

Tämä piikki osoittaa metyyliiryhmää. Seuraava, todella selvä piikki havaitaan hieman alle 1720 cm^{-1} , joka on hapen ja hiilen välinen kaksoissidos. Spektrissä seuraavana voidaan havaita useita, matalampia piikkejä, jotka tulevat fenyyliryhmästä. Näiden piikkien vaihteluväli kirjallisuudessa on $1600 - 1325\text{ cm}^{-1}$. Aallonpituuskohdassa 1260 cm^{-1} havaitaan piikki, joka tulee hiili-happi, mahdollisesti myös kaksoissidoksellinen happi, sekä hiili-vety - sidoksista. Leveä ja useakärkinen piikki on kirjattu kohtaan 1100 cm^{-1} ja tämä osoittaa happi-hiili sekä hiili-vety – sidokset. Hiili-vety – sidokset näkyvät myös piikkeinä $1018, 970$ ja 870 cm^{-1} kohdissa. Viimeinen piikki spektrissä osoittaa fenyyliryhmää, mikä löytyy kohdasta 720 cm^{-1} . (Verleye, Roeges & De Moore 2001, 38.)

Tutkittavina näytteinä oli PET -pulloja sekä pari PET -muovilevyä. Pullojen kyljestä leikattiin terävällä veitsellä pieni neliön muotoinen kappale, joka pestiin ja kuivattiin hyvin. Myös muovilevyistä leikattiin pienet palat ja ne puhdistettiin. Näytepulloina (kuva 6) oli pantiton vihreä Sprite-pullo, pantiton Minttu koskenkorva-pullo, Marli mehupullo ja X-tra mehupullo. Muovilevyinä oli juomadollyn pohjalevy sekä välikennolevy.



KUVA 6. Tutkitut näytepullot sekä -levyt

9.2 Tarastenjärvi 7.5.2014

Ensimmäinen selvitys syntyvien muovijätteiden kartoittamiseen suoritettiin Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskuksella, jonne toimitettiin S-Market Pirkkalan sekajätepuristimen sisältö (kuva 7). Tutkimuksessa eroteltiin muun jätteen joukosta mahdollisesti kierrätykseen kelpaava muovijäte. Jätteiden joukossa olleet kierrätykseen kelpaavat muovilaadut olivat PE-LD, PE-HD, PP, PS, PS-E ja PET. Erotellut muovit näkyvät selvemmin kuvassa 8.



KUVA 7. S-Market Pirkkalan sekajätepuristimen sisältö



KUVA 8. Sekajätteestä eroteltua muovijätettä. Laatuina PE-LD, PE-HD, PP ja PS.

Muovit kerättiin kirkkaisiin 200 litran jätessäkkeihin ja tutkimuksen päätteeksi jätessäkit punnittiin WEDO Packet 50 vaa'alla. Vaa'an tarkkuudeksi oli annettu 50 grammaa. PS-E paloitetiin pienemmiksi paloiksi ja kerättiin erilleen muista muovilaaduista. Saadut punnitustulokset on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Värillisten muovien kertapunnitukset, eriteltynä PS-E.

Muovit (kg)				PS-E (kg)	
7,30	9,60	7,90	9,70	2,25	2,55
8,60	4,00	9,40	4,30	2,20	2,25
10,50	9,20	11,40	4,15	2,75	2,20
7,60	8,90	8,00	8,00	2,60	2,75
4,10	5,50	7,30	8,30	2,30	2,40
5,60	3,40	5,75	2,10	2,80	
6,55	7,90	3,10	8,90		
3,20	4,30	4,05			

9.3 Tarastenjärvi 13.5.2014

Toinen tutkimus oli samankaltainen kuin ensimmäinenkin käynti Tarastenjärvellä. Tutkittavana oli Lentolan Prisman sekajätekuorma. Muutoksena ensimmäiseen tutkimuskertaan, styroksin kerääminen jätettiin pois. PS-E:tä oli jätekuormassa (kuva 9) niin paljon, että käytössä olleet jätessäkit olisivat loppuneet kesken, mikäli kaikki styroksit olisi eroteltu kasasta.

Styroksia voitiin arvella olevan liki kaksinkertainen määrä ensimmäiseen jätekuormaan verrattuna. Muutoin sekajätettä tutkittaessa otettiin talteen kaikki kierrätettäväksi kelpaava muovijäte. Käytössä ollut vaaka oli sama kuin ensimmäisessäkin tutkimuksessa. Punnitustulokset on taulukoitu taulukkoon 2.



KUVA 9. Lentolan Prisman sekajätekuorman sisältö

TAULUKKO 2. Värillisten muovien kertapunnitukset

Muovit (kg)				
2,56	5,70	4,40	9,45	6,75
8,80	12,10	8,80	3,75	10,35
5,90	8,15	5,50	3,68	7,60
8,20	6,65	8,05	5,55	8,16
9,30	5,90	6,30	6,62	12,25
7,40	6,40	5,20	6,90	9,10
6,40	7,55	5,65	6,65	3,30
2,10	4,85	6,10	6,10	3,40
3,40	5,50	6,45	9,20	4,00
1,30	6,80	5,80	3,95	0,90

10 POHDINTA

Vertailtaessa FTIR -laitteella ajettujen näytteiden spektrejä kirjallisuusspektriin, voidaan huomata, että tutkittavana materiaalina jokaisessa tapauksessa oli selvästi polyeteenitereftalaatti. Vertailuspektrien piikkien tyviosat ovat paljon leveämmät kuin kirjallisuudessa. Tämä saattaa johtua tietokoneohjelman skaalauksesta. PET -pullojen spektreissä on myös havaittavissa niin kutsuttuja fenyylisormia, joiden ilmenemisalue on $2300 - 1950 \text{ cm}^{-1}$. Värjätyin PET -muovin spektrissä ei ole havaittavia eroja kirkkaiden PET -muovien spektreihin.

Tarastenjärvellä punnittujen kierrätykseen kelpaavien värillisten muovien määrä ensimmäisellä tutkimuskerralla oli 235,7 kg. Tästä painosta vähennetään käytettyjen jätessäkkien massa, joka oli $30 \cdot 0,14 \text{ kg} = 4,2 \text{ kg}$. 1140 kg kokonaispainosta muovien osuus oli 20,3 %. Tämän osuuden avulla voidaan laskea suuntaa antava arvio vuotuiselle muovijätteen määrälle, joka olisi noin 300 tuhatta kilogrammaa. Tästä määrästä puuttuu pullonpalautuspisteistä kerätyt muovipussit, sillä ne lajitellaan yksiköissä erilleen sekajätteestä. Vuoden 2011 tilaston mukaan voidaan pullonpalautuspuseja arvella tulevan tänä vuonna noin 20 tuhatta kilogrammaa.

Värilliselle muoville hyvite voi olla esimerkiksi 90 euroa tuhatta kilogrammaa kohden. Laskennalliset vuosittaiset säästöt värillisestä muovista olisivat $320\,000 \text{ kg} \cdot 90 \frac{\text{€}}{1000 \text{ kg}} = 28\,800 \text{ €}$. Kun värillinen muovi saadaan sekajätteen joukosta pois, pienenee sekajätteen käsittelymaksu vuodessa noin $300\,000 \text{ kg} \cdot 25 \frac{\text{€}}{1000 \text{ kg}} = 7\,500 \text{ €}$. Sekajätteen käsittelymaksuhinnasto on saatavilla Pirkanmaan Jätehuollon internet-sivuilla. Jos sekajätteen ja energijätteen tyhjennysmaksun erotukseksi oletetaan esimerkiksi $30 \frac{\text{€}}{1000 \text{ kg}}$, niin jäteastioiden tyhjennyksestä syntyvät säästöt olisivat noin $1\,200\,000 \text{ kg} \cdot 30 \frac{\text{€}}{1000 \text{ kg}} = 36\,000 \text{ €}$. Yhteen laskettuna säästösumma olisi 72 300 euroa vuodessa. Tässä summassa ei ole huomioitu hyvitetä, joka tulee pahvista ja kirkkaasta muovista, jotka olivat sekajätteen joukossa. Kuljetuskustannuksia, muita käsittelymaksuja ja verotuksen osuutta ei ole myöskään otettu laskelmissa huomioon, tämän vuoksi säästölaskelmat ovat vain suuntaa antavia.

Toisesta sekajätekuormasta punnittujen muovien yhteismassaksi saatiin 314,9 kg. Tästä luvusta kuitenkin puuttuu PS-E:n määrä, mikä karkeasti ottaen arvioitiin kaksinkertaiseksi edelliseen nähden. Mikäli arvioidaan PS-E:n massaksi noin 50 kg, mikä ei ole ihan kaksinkertainen aiempaan määrään verrattuna, saadaan muovien osuudeksi jätekuorman kokonaispainosta 18,8 %. Kummastakin sekajätekuormasta löytyi kohtalaisen paljon muun muassa pahvia, mikä tulisi lajitella omaan puristimeen. Tämä asia vaatii jatkossa erityishuomiota jokaisessa yksikössä, sillä kierrätyspahvista saa hyvitetten. Pahvin lajittelut sekajätteeksi tuo kaksinkertaisen tappion, sillä hyvite jää saamatta ja samalla siitä veloitetaan tyhjennyshinta, kun pahvia on sekajätteen joukossa.

Mikäli kierrätettävä muovimateriaali haluttaisiin pois sekajätteen seasta, voitaisiin jätteenkäsittelykeskukseen päätyvät muovikalvot kerätä värillisiin jätessäkkeihin ja kovat muovipakkaukset jätepuristimeen. Muovikalvot paalattaisiin muovipaaleiksi niissä yksiköissä, joista löytyy muovipaalin. Kirkasta ja värillistä muovia ei tule sekoittaa keskenään. Värilliset muovikalvot varastoidaan esimerkiksi rullakoihin siksi aikaa, kunnes kirkasmuovipaali saadaan tehtyä. Värillinen muovi varastoidaan, sillä kirkas muovi tulisi olla mahdollisimman puhdasta ja sen korvaushinta on korkeampi.

Kovat muovipakkaukset, kuten PET-pullot, kukkakennot, ämpärit sekä elintarvikepakkaukset voitaisiin kerätä olemassa oleviin sekajätepuristimiin. Kovat muovit tulisi pitää erillään muovikalvoista jatkotoimien helpottamiseksi, sillä muovikalvot päätyvät eri prosessiin kuin kovat muovipakkaukset. Sekajäte voitaisiin kerätä 600 litran säilytysastioihin, jolloin puristin vapautuu muovijätteelle. Kovan muovijakeen joukkoon voitaisiin laittaa myös styroksi. Pullonpalautusmuovipussit kerättäisiin jätessäkeissä. Pullonpalautussäkkien paalaamisesta sekä varastoinnista annetaan yksikkökohtaiset ohjeistukset.

Paalaaminen olisi paras ratkaisu muovikalvojen varastointiin, sillä paalauksessa muovit puristetaan, jolloin ne vievät pienemmän tilan varastoissa. Lisäksi niiden kuljettaminen on helpompaa ja tehokkaampaa, kun muovit ovat tiiviisti pakattuja. Paalaimen menevien muovien tulee olla puhtaita, sillä kastikkeiden loput ja muut epäpuhtaudet pilaavat ja ruostuttavat paalaimet hyvin nopeasti. Tuleva sekajäte, kuten epäpuhtaat muovit, mahdolliset puulaatikot ja -korit sekä siivousjätteet kerättäisiin erillisiin 600 litran jättestioihin. Siivousjäte pitää sisällään kova- ja pehmopaperia sekä taukotilojen roskat. Syntyvä jäte toimitettaisiin energiajätteen keräyskeskukseen.

LÄHTEET

Ekokem. Liiketoiminta. Luettu 4.4.2014.

<http://www.ekokem.fi/fi/ekokem/liiketoiminta>

Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Koivuniemi, M. Tehdaspäällikkö. Jätemuovia. Sähköpostiviesti. mikko.koivuniemi@ekokem.fi. Luettu: 14.5.2014.

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 2002. Muovitekniikan perusteet. 3. tarkistettu painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET. Raaka-ainekäsikirja 4. 2001. 2. uudistettu painos. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Muovimuotoilu. Valtamuovit. Luettu 10.6.2014

<http://www.muovimuotoilu.fi/content/view/32/63/>

S-kanava. S-ryhmän rakenne. Luettu 4.4.2014.

<https://www.s-kanava.fi/web/s/s-ryhma/s-ryhman-rakenne>

Seppälä, J. 2008. Polymeeritekniikan perusteet. 6. painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

Tampereen ammattikorkeakoulu. FTIR-käyttöohje. Luettu 4.4.2014

Tampereen teknillinen yliopisto. 2010. Muovit vaatetustekniikassa. [pdf]. Julkaistu 28.2.2010. Päivitetty 31.3.2010. Luettu 4.4.2014.

<https://www.tut.fi/ms/muo/polyko/materiaalit/LAMK/pruju.pdf>

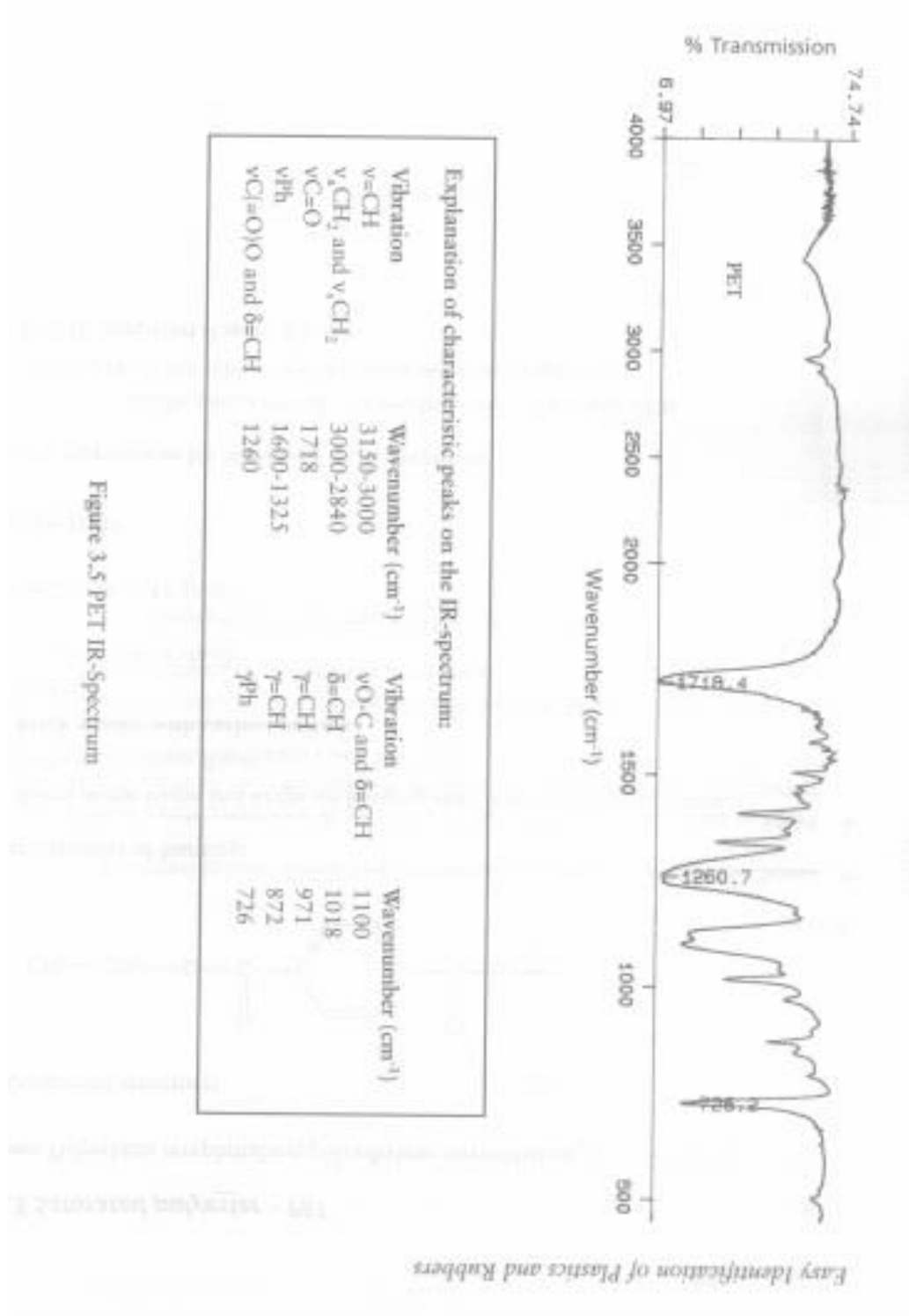
Uusiomuovi. Muovi kiertää. Luettu 21.5.2014

http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi_kiertaa/muovien_kierratys/

Verleye, G.A.L., Roeges, N.P.G. & De Moor, M.O. 2001. Easy Identification of Plastics and Rubbers. Shawbury, Shrewsbury, Shopshire, UK: Rapa Tecnology Limited.

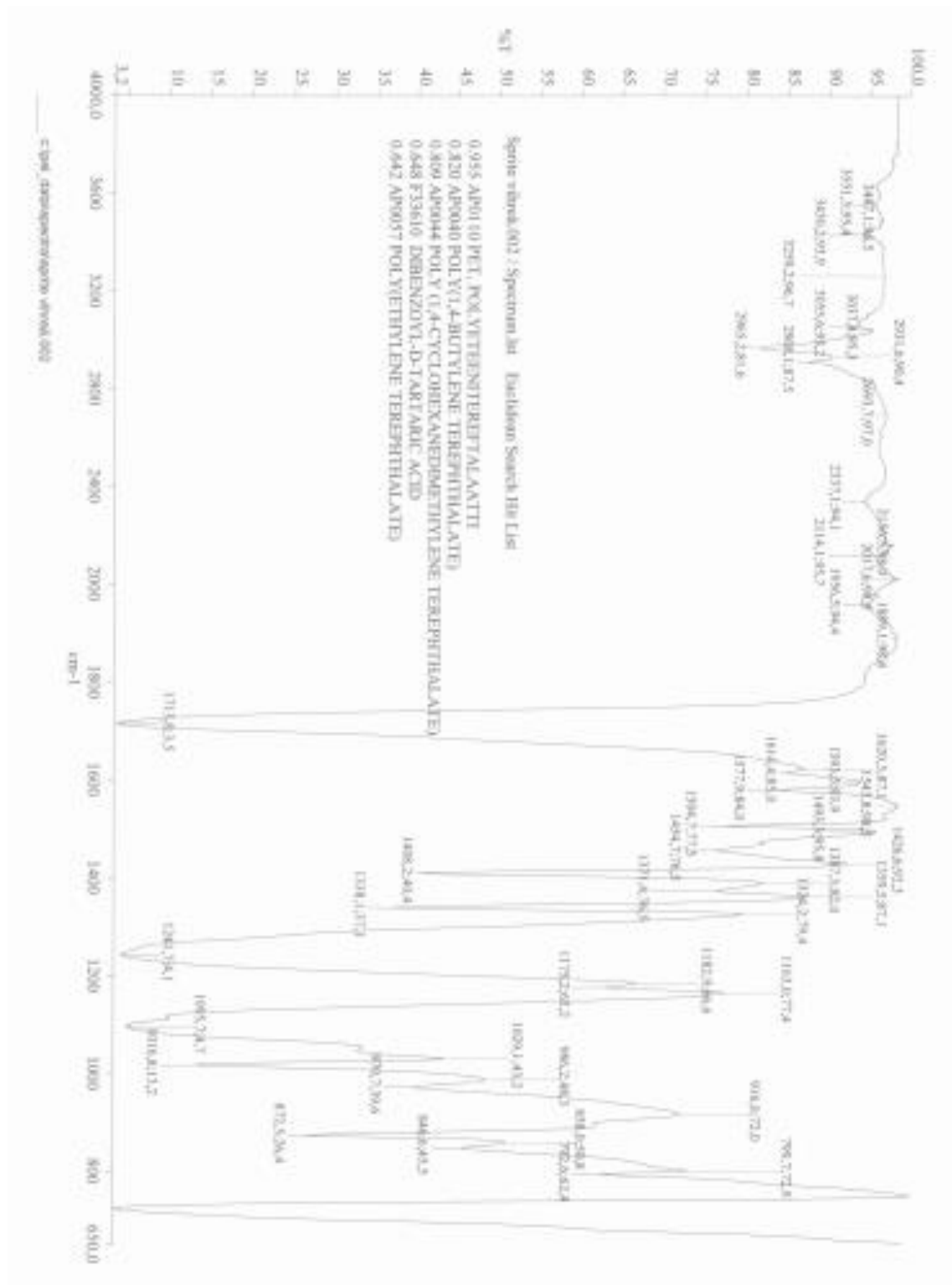
LIITTEET

Liite 1. Kirjallisuusspektri polyeteenitereftalaatille

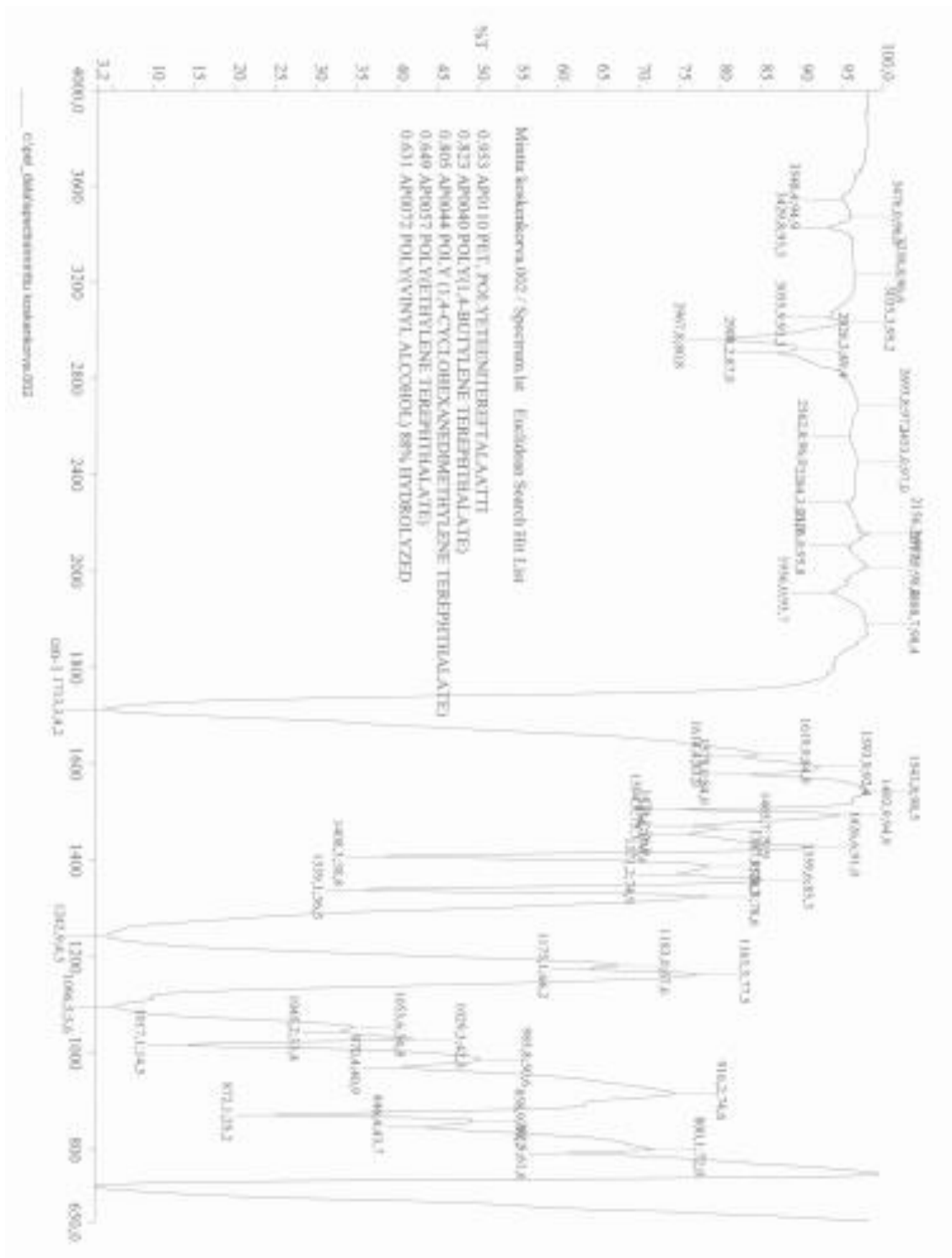


(Verleye, Roeges & De Moore 2001, 38.)

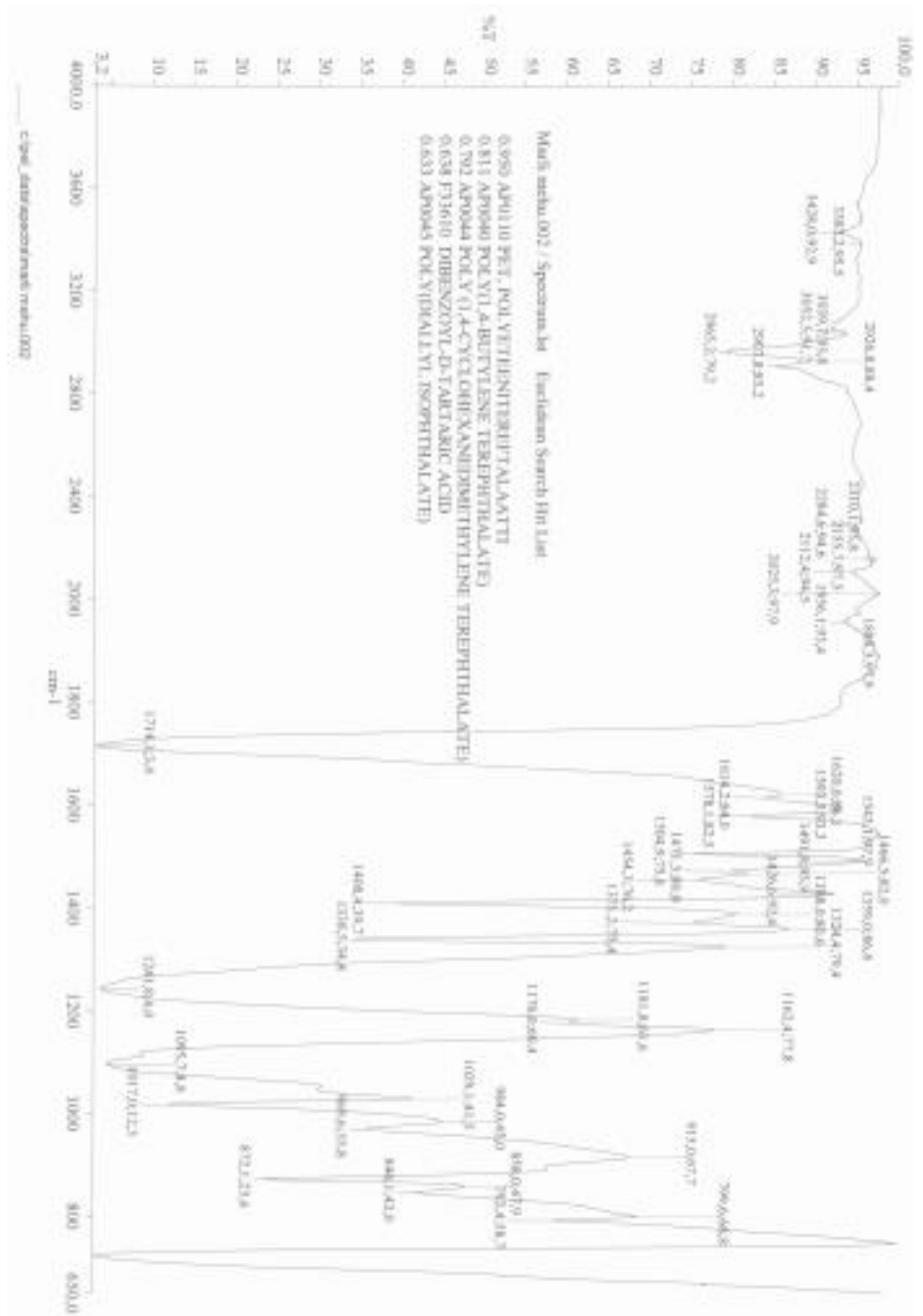
Liite 2. Pantittoman Sprite-pullon IR-spektri



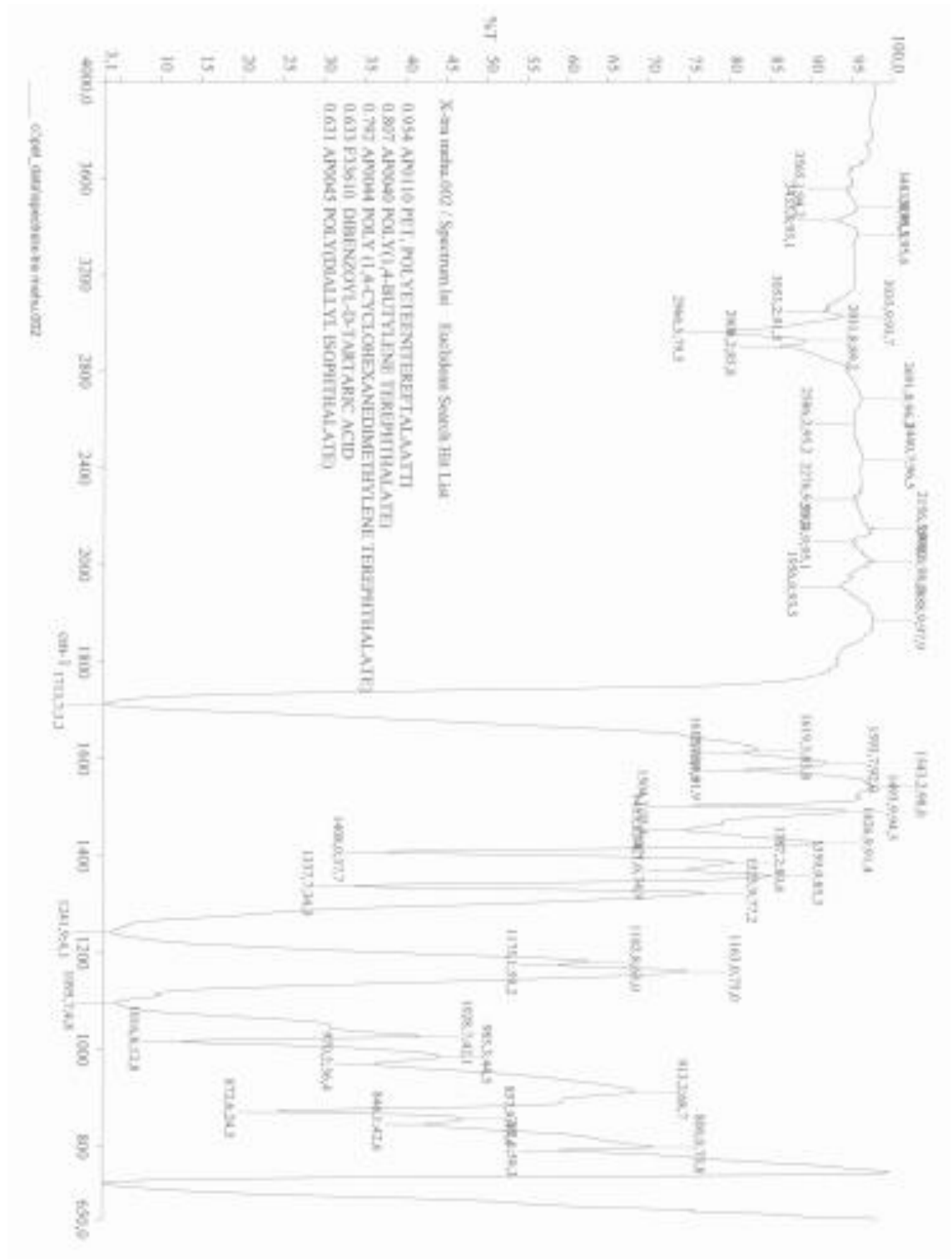
Liite 3. Minttu koskenkorva-pullon IR-spektri



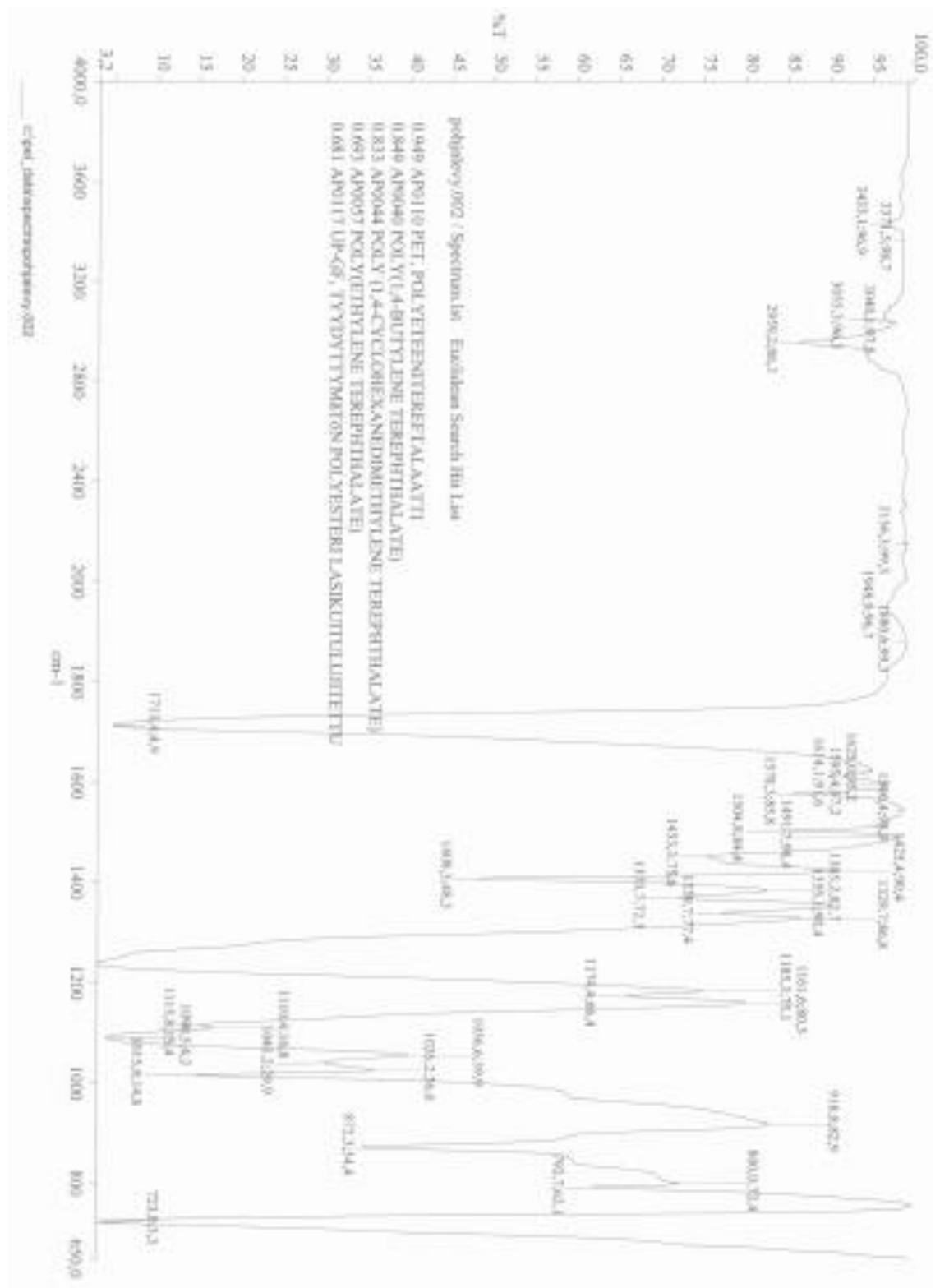
Liite 4. Marli mehupullon IR-spektri



Liite 5. X-tra meहुpullon IR-spektri



Liite 6. Juomadollryn pohjalevyn IR-spektri



Liite 7. Välikennolevyn IR-spektri

