OAMK
OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

Niklas Aho

KIERTOTALOUS POLYMEERITEOLLISUUDESSA

KIERTOTALOUS POLYMEERITEOLLISUUDESSA

Niklas Aho
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Niklas Aho
Opinnäytetyön nimi suomeksi: Kiertotalous polymeeriteollisuudessa
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Circular Economy in Polymer Industry
Työn ohjaaja: Juha Männistö
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2020
Sivumäärä: 34 + 0 liitettä

Opinnäytetyön aiheena oli edistää polyuretaani- ja kumituotteita valmistavan yrityksen kiertotaloutta. Työn tavoitteena oli nostaa ympäristönsuojelun tasoa, pienentää päästöjä sekä tutkia uusia käyttökohteita elastomeerijätteille kestävän kehityksen näkökulmasta.

Työn alkuvaiheessa kartoitettiin yrityksen jätehuollon taso tutkimalla, mitä jätelaatuja kierrätetään ja miten ne kierrätetään. Tämän jälkeen jätemäärät ja niistä aiheutuneet kustannukset taulukoitiin. Seuraavaksi käytiin läpi, mitä energiamuotoja on käytössä ja miten niiden käyttö jakautuu yrityksessä. Yrityksen energian kulutus, siitä aiheutuneet kustannukset ja päästöt taulukoitiin. Tämän jälkeen käytiin läpi fossiilisten polttoaineiden vaikutukset yrityksen päästöihin ja selvitettiin, millä toimenpiteillä päästöjä voidaan vähentää. Ratkaisuille laskettiin lopulliset kustannukset ja takaisinmaksuaika. Lopuksi kartoitettiin alan nykyinen tilanne polyuretaanien ja kumien kierrätykselle. Tämän lisäksi tutkittiin, mitkä tekniikat voivat olla tulevaisuudessa ratkaisu elastomeerijätteiden kierrätykselle.

Heti työn alkuvaiheessa oli selvää, että yritys on panostanut ympäristöasioihin muun muassa sertifioimalla ympäristöjärjestelmänsä ISO-14001:2015 mukaisesti. Ympäristön näkökulmasta parannuksia on kuitenkin saavutettavissa vähentämällä fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Polttoöljytoiminen höyrykattila voidaan vaihtaa sähkökäyttöiseen ja maakaasun käyttöä voidaan vähentää tuottamalla osa lämmöstä ilma-vesilämpöpumpuilla. Polyuretaanijätteitä voidaan hyödyntää täyteaineena uusissa tuotteissa. Kumijätteitä voidaan toimittaa yritykselle, joka jalostaa niistä uusia tuotteita.

Asiasanat: polyuretaani, kumi, ISO-14001:2015, elastomeeri

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme of Mechanical Engineering, Production Technology

---

Author: Niklas Aho
Title of thesis: Circular Economy in Polymer Industry
Supervisor: Juha Männistö
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020
Pages: 34 + 0 appendices

This thesis was commissioned by a company that produces a wide range of technical polyurethane and rubber products. The goal was to improve their environmental performance by reducing emissions, energy consumption and wastes. The secondary goal was to find new sustainable ways to treat elastomer wastes.

The first task was to investigate the current level of waste management. The waste types and quantities were inspected, also the current method for recycling was evaluated. The next step was to investigate the energy consumption. Different fuel types and their effect on emissions were examined. Methods to reduce usage of fossil fuels were collected and repayment times were calculated. Lastly the project focused on finding alternative ways to handle polyurethane and rubber wastes. The current and future technologies were studied.

In the very beginning it was obvious that company had already invested in improving their environmental performance. For instance, they have recently certified their environmental management system according to the ISO-14001:2015 standard. However, continual improvements can always be achieved. Reducing the use of fossil fuels would reduce emissions greatly. A fuel oil -driven steam boiler could be replaced with an electric boiler. Air to water heat pumps could be installed to support the natural gas heating system. Polyurethane elastomer wastes can be used as a filler in new polyurethane products. Rubber wastes can be delivered to a company that has specialized in rubber waste management. This way rubber wastes will be processed to new products instead of incineration.

Keywords: polyurethane, rubber, ISO-14001:2015, elastomer

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ 3
ABSTRACT 4
SISÄLLYS 5
1 JOHDANTO 7
2 ELASTOMEERIT 8
2.1 Polyuretaani 9
2.2 Polyuretaani-elastomeeri 10
2.2.1 Valettavat polyuretaanit 11
2.2.2 Termoplastiset polyuretaanit 11
2.3 Luonnonkumi 12
2.4 Synteettinen kumi 12
2.5 Kumisekoitukset 13
2.6 Kumin prosessointi 14
3 YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄT JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY 16
3.1 Jatkuva parantaminen 16
3.2 Responsible Care 16
3.3 Jätelaki 17
3.4 Jätteiden esikäsittely 18
3.5 Hyödyntäminen energiana 18
4 YRITYKSESSÄ SYNTYVÄT JÄTTEET 20
4.1 Energiajäte 21
4.2 Epäsuorat kustannukset 23
4.3 Kemikaalihävitys 23
5 ENERGIAN KULUTUS JA PÄÄSTÖT 24
5.1 Sähkönkulutus 24
5.2 Päästöt 24
6 ELASTOMEERIEN KIERRÄTTÄMINEN 26
6.1 Polyuretaani 26
6.2 Kumi 26
7 RATKAISUT 29
7.1 Energian kulutus ja ympäristövaikutukset 29

7.2 Polyuretaanin kierrätys 29
7.3 Kumin kierrätys 29
8 YHTEENVETO 31
LÄHTEET 33

1 JOHDANTO

Ympäristövastuullisuus on liiketoiminnan yksi tärkeimmistä arvoista. Vastuullisella toiminnalla sidosryhmien jatkuvasti tiukentuvia vaatimuksia pystytään täyttämään, negatiiviset ympäristövaikutukset pienenevät sekä yrityksen imago paranee. Opinnäytetyö tehdään yritykselle, joka valmistaa polyuretaani- ja kumituotteita asiakkaan toiveiden mukaisesti. Työssä tutkitaan kohdeyrityksen ympäristönsuojelun tasoa, ja ensisijaisena tavoitteena on löytää jatkuvan parantamisen kohteita jätteiden käsittelyyn, energian kulutukseen sekä päästöihin. Toissijaisena tavoitteena on löytää uusia hyödyntämistapoja polyuretaani- ja kumijätteelle.

Polyuretaani- ja kumituotannossa syntyvät sivuvirrat ja hukka kierrätetään energiajätteenä. Energiajätteiden poltosta syntyy päästöjä, ja lisäksi jätteiden hävittäminen aiheuttaa yritykselle kuluja. Tästä syystä kohdeyrityksellä on haluja löytää jätteille muita hyödyntämis- ja kierrätyskohteita. Näistä tavoista on saatavilla yleisesti vain vähän tietoa, minkä vuoksi on tärkeä selvittää nykyiset parhaat käytössä olevat tekniikat sekä tutkia, mitä tekniikoita tulevaisuudessa kannattaa seurata.

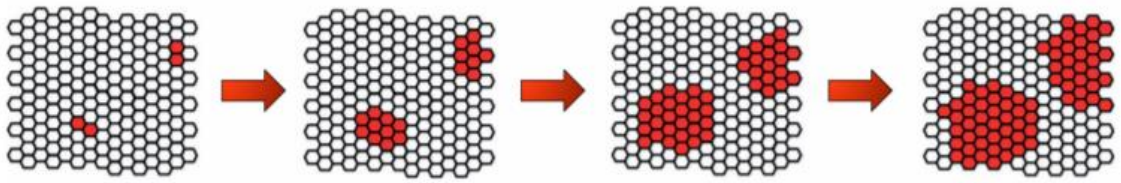
Työn aikana tutustutaan polyuretaani- ja kumimateriaaleihin muun muassa tarkastelemalla näiden valmistusta, ominaisuuksia sekä käyttökohteita. Teoreettisella tasolla ympäristöasioita tarkastellaan lain näkökulmasta sekä tutustutaan ympäristöjärjestelmään, jonka kohdeyritys on vuoden 2020 aikana sertifioinut.

2 ELASTOMEERIT

Elastomeerillä tarkoitetaan ainetta, joka jännityksen aiheuttaman muodonmuutoksen jälkeen pystyy palautumaan nopeasti alkuperäiseen muotoonsa jännityksen aiheuttajan poistuttua. Elastomeerejä voidaan kuvata elastisiksi polymeereiksi. (1, s. 8.) Luonnossa polymeerejä on esiintynyt aina. Synteettisten polymeerien valmistus aloitettiin jo 1860-luvulla, mutta vasta 1920-luvulla todellinen ymmärrys niistä alkoi kasvamaan. Tuolloin polymeerien rakenteeseen alettiin kiinnittämään huomiota, jonka vuoksi polymeerimateriaalien kehitys lähti nousuun. (2, s. 15.)

Polymeerit voidaan jaotella monin eri tavoin. Selkein jaottelu tehdään niiden alkuperän mukaan luonnollisiin ja synteettisiin polymeereihin. Polymeerejä voidaan luokitella myös muilla tavoilla, kuten niiden rakenteen, polymerointitekniikan, valmistuksen tai lämpökäyttäytymisen mukaan. (2, s. 20.) Polymeereistä puhuttaessa käytetään perinteisesti termejä addition- sekä kondensaatiopolymeeri riippuen polymerointireaktiotavasta. Vaihtoehtoisesti näistä käytetään nimityksiä ketju- ja askelpolymerointi. (3, s. 14.)

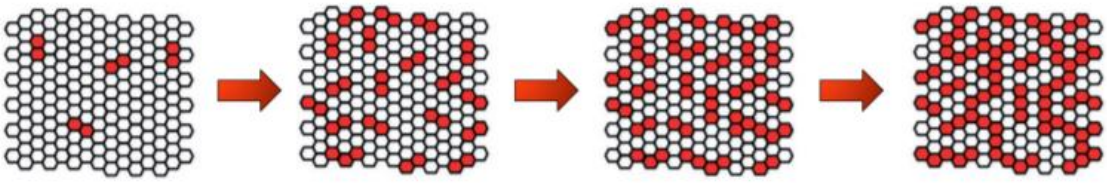
Ketjupolymerointi tapahtuu kolmessa vaiheessa. Aloitusvaihe eli initiaatio käynnistyy initiaattorin vaikutuksesta, jolloin se liittyy lähtömonomeerin kaksoissidokseen. Etenemis- eli propagaatiovaiheessa polymeeriketjut kasvavat pituutta. Reaktio päättyy terminaatiovaiheeseen. (4, s. 11.) Kuvassa 1 on havainnollistettu polymeerin muodostumista ketjupolymeroitumalla. Valkoiset täplät esittävät reagoimattomia monomeerejä ja punaiset polymeroituneita alueita.



KUVA 1. Ketjupolymerointi (5, s. 65)

Askelpolymeroinnissa kaikki monomeeriyksiköt ja kasvavat polymeeriketjun päät osallistuvat etenemisvaiheeseen koko polymeroinnin ajan. Monomeerit ehtyvät

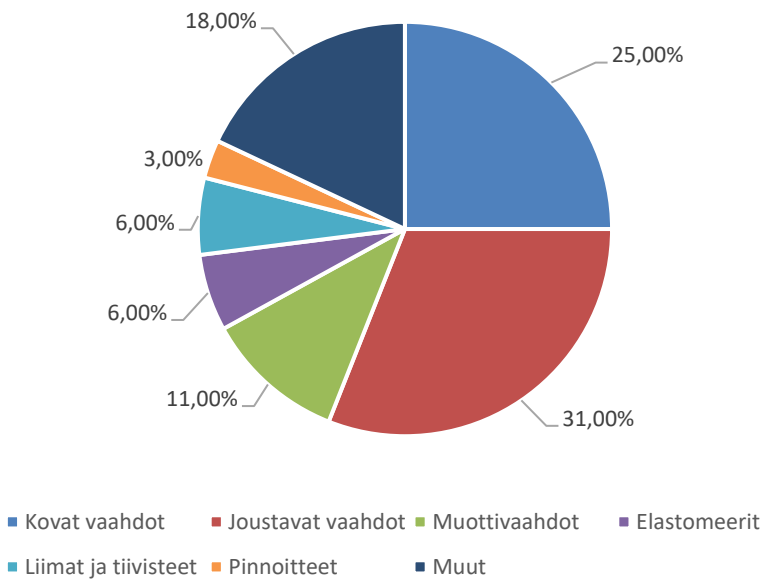
aikaisessa vaiheessa ja korkean moolimassan polymeerit muodostuvat vasta myöhemmässä vaiheessa. (3, s. 15 - 16.) Polymeeriketju kasvaa hitaasti ja se voidaan helposti lopettaa alhaiseen polymerointiasteeseen (4, s. 10). Kuvassa 2 on havainnollistettu polymeerin muodostumista askelpolymeroitumalla.



KUVA 2. Askelpolymeroituminen (5, s. 65)

2.1 Polyuretaani

Polyuretaanit ovat polymeerejä, jotka koostuvat enimmäkseen uretaanisidoksista ja tyypillisesti sisältävät monia muitakin kemiallisia sidoksia. Ne muodostuvat kondensaatioreaktiolla isosyanaatin ja polyolin välillä. Niiden kemiallinen rakenne voi olla termosettinen tai termoplastinen. (3, s. 3) Polyuretaanista voidaan valmistaa paljon erilaisia tuotteita kuten pehmeitä tai jäykkiä vaahtoja, pinnoituksia, liimoja sekä elastomeerejä (3, s. 38). Polyuretaanit säilyttävät suuren iskulujuutensa alhaisissa lämpötiloissa, sitä pystytään vaahdottamaan helposti, se on kulutuskestävää ja sillä on tyypillisesti suuri repimislujuus (3, s. 4). Lisäksi ne kestävät hyvin hiilivetyjä, öljyjä sekä otsonia (3, s. 63). Markkinoilla polyuretaanin käyttö jakautui vuonna 2016 kuvan 3 mukaisesti.



KUVA 3. Polyuretaanin kulutus eri olomuodoissa vuonna 2016 (6, linkit Resin zone -> Resin prices -> PU)

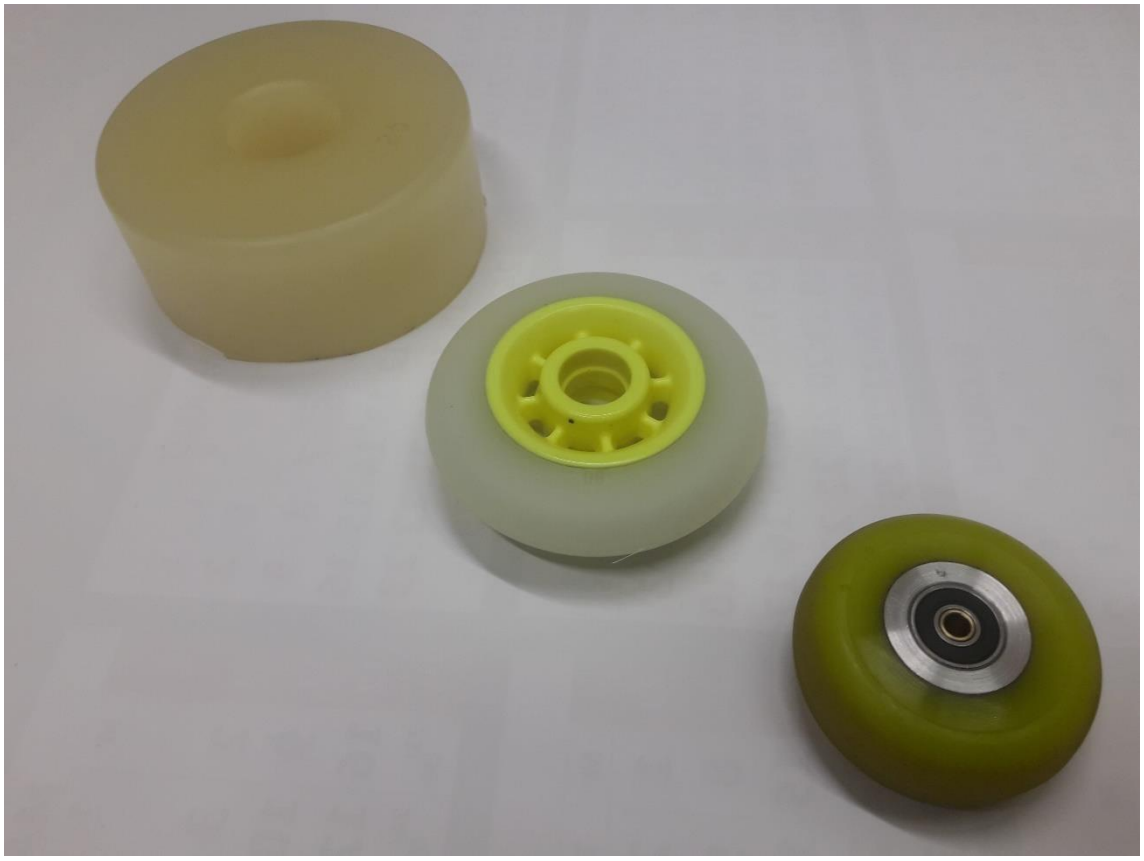
Polyuretaanin kokonaistuotannosta suurin markkinaosuus on joustavilla vaahdoilla, joista tehdään monenlaisia pehmusteita kuten patjoja. Kovasta vaahdosta valmistetaan eristeitä muun muassa rakennusteollisuuteen. Muottiin valettua vaahtoa käytetään lähinnä auto- ja huonekaluteollisuudessa. Muut tuotteet kattavat esimerkiksi kengät ja kuitumateriaalit, joita voidaan valmistaa polyuretaanista. Polyuretaanivaahdot kattavat siis yli kaksi kolmasosaa kaikesta polyuretaanin tuotannosta. (6, linkit Resin zone -> Resin prices -> PU.)

2.2 Polyuretaani-elastomeeri

Polyuretaani-elastomeeriä eli PU-elastomeeriä valmistetaan tyypillisesti kolmesta pääraaka-aineesta, polyoli, isosyanaatti sekä dioli (3, s. 42). PU-elastomeeri muodostuu vuorottain polyoli-pitoisista pehmeistä segmenteistä ja isosyanaatti-pitoisista kovista segmenteistä. Erityyppisillä isosyanaateilla, polyoleilla ja ketjunjatkajilla sekä näiden seossuhteita vaihtamalla voidaan vaikuttaa lopputuotteen ominaisuuksiin. (3, s. 45 - 46.) Valmistusvaiheessa tuotteeseen voidaan myös lisätä muita sen ominaisuuksia parantavia aineita esimerkiksi erityyppisiä täyteaineita ja väriaineita (3, s. 173).

2.2.1 Valettavat polyuretaanit

Valettavien polyuretaanituotteiden valmistus voidaan aloittaa todella pienillä investoinneilla, mutta saatavilla on myös täysin automaattisia laitteistoja. Valmistusperiaate on käytännössä aina sama: ensin mitataan käytettävät pääraaka-aineet ja sekoitetaan ne keskenään. Tämän jälkeen seos valetaan esilämmitettyyn muotiin ja viedään uuniin kypsytykseen. Lopuksi muotti puretaan ja tuote viimeistellään. (7, s. 9.) Kuvassa 4 on muottiin valamalla valmistettuja polyuretaanituotteita.



KUVA 4. Polyuretaanista valmistettuja tuotteita

2.2.2 Termoplastiset polyuretaanit

Termoplastiset polyuretaanit eli TPU:t eroavat muista polyuretaaneista siten, että niitä voidaan sulattaa ilman merkittävää materiaalin heikentymistä. Tämä tarkoittaa sitä, että niitä voidaan käsitellä ruiskuvalu-, suulakepuristin sekä muottivalulaitteistoilla. (7, s. 12.) TPU:sta valmistetaan muun muassa tiivisteitä, o-renkaita sekä kalustepyöriä (3, s. 10).

2.3 Luonnonkumi

Luonnonkumin eli NR:n pääraaka-aineena käytetään kumipuusta kerättyä lateksia. Lateksi sisältää polyisopreenia, proteiineja, lipidejä, muita aineita sekä vettä. (1, s. 48 - 49.) Lateksia korjataan *Hevea brasiliensista* eli kumipuusta valuttamalla. Puun kuoreen tehdään viilto, jota pitkin lateksi valutetaan keräysastiaan. Puun kuori kasvaa takaisin vaurioituneeseen kohtaan, joten prosessi voidaan toistaa lukemattomia kertoja. (8, s. 14.)

Lateksin prosessointi aloitetaan siivilöimällä pois kaikki kiinteät epäpuhtaudet kuten puunkuori tai lehdet (8, s. 18). Tämän jälkeen lateksi koaguloidaan, jolloin se muuttuu hyytelömäiseksi. Koaguloidusta lateksista poistetaan vettä rullaamalla se telojen läpi. Viimeisellä rullauksella pintaan painetaan uria, jolloin lateksi arkin pinta-ala kasvaa. Arkit upotetaan hetkeksi p-nitrofenoliliuokseen, jollei liuosta ole jo lisätty ennen koagulointia. Liuoksen tarkoituksena on estää bakteerien leviäminen. Arkeista annetaan valua vielä ylimääräinen vesi pois ennen kuin ne siirretään kuivaamoon. Kuivaaminen tehdään joko savulla tai ilmalla. Kuivatuksen jälkeen arkit lajitellaan laadun mukaan. Lopuksi ne pakataan ja lähetään jatkoprosessoitavaksi. (8, s. 19 - 22.)

2.4 Synteettinen kumi

Synteettisiä kumi-elastomeerejä on kehitetty ratkaisemaan luonnonkumissa piileviä heikkouksia, kuten huonoa lämmön, valon, hapen ja otsonin kestoa. Synteettisiä kumeja valmistetaan polymeroimalla kahta tai useampaa monomeeriä (8, s. 49 - 51).

Kumi-elastomeerit voidaan luokitella niiden käytön mukaan seuraavasti:

- yleiskäyttöön tarkoitetut (NR, IR, SBR, BR)
- erikoiskäyttöön tarkoitetut (EPDM, IIR, CR, NBR)
- erikoiselastomeerit (esimerkiksi FPM, Q) (1, s. 45).

Styreenibutadeenikumi eli SBR-kumi on yleisin käytetty synteettinen elastomeeri. Sitä valmistetaan polymeroimalla styreeniä ja butadieeniä vesiemulsiossa. SBR-kumin hyviä ominaisuuksia ovat edullinen hinta sekä hyvä happojen ja emäksien kesto. SBR turpoaa voimakkaasti polttonesteiden ja öljyjen vaikutuksesta, mikä

rajoittaa sen käyttöä. SBR:n suurin käyttökohde on rengasteollisuus. (1, s. 53 - 54.)

Eteenipropeenidieenikumi eli EPDM-kumi on erikoiskäyttöön tarkoitettu elastomeeri. Se kestää hyvin kulutusta, lämpöä, säätä ja otsonia. EPDM ei kestä öljyjä eikä polttoaineita. EPDM on hinnaltaan suhteellisen edullista, joten sitä käytetäänkin yleisesti teknisissä kumituotteissa kuten tiivisteissä ja koneiden osissa. (1, s. 58 - 59.)

Fluorikumi eli FPM on erikoiselastomeeri, jota käytetään kohteissa, jotka vaativat erinomaista lämmön tai kemikaalien kestävyyttä. FPM on hinnaltaan yksi kalleimmista elastomeereistä, ja siksi sitä käytetään vain kohteissa, jotka vaativat kaikkia kyseisen laadun erikoisominaisuuksia. (1, s. 68 - 69.)

2.5 Kumisekoitukset

Arkikielessä kumista puhuttaessa tarkoitetaan mustaa venyvää materiaalia, josta valmistetaan kumituotteita. Kumi ei kuitenkaan ole vain yhtä ainetta vaan koostuu usean eri aineen seoksesta. Kumisekoitus koostuu elastomeeriosasta, kuten luonnonkumista tai synteettistä kumista. (1, s. 39 - 40.) Täyteaineita lisätään parantamaan kumin fysikaalisia ominaisuuksia kuten vetolujuutta. Mustan värin kumituotteet saavat yleisimmin käytetystä täyteaineesta eli noesta. (1, s. 72.) Pehmittimien avulla kumin kovuutta ja työstettävyyttä voidaan säädellä. Useimmiten pehmittimet ovat mineraaliöljyjä. Kumiseokseen lisätään myös suoja-aineita, joiden tarkoituksena on estää tai hidastaa ympäristötekijöiden vaikutusta lopputuotteeseen. Kumisekoitukseen voidaan lisätä myös muita aineita, esimerkiksi väriaineita. (1, s. 41 - 43.)

Kumituotteen lopulliset kumimaiset ominaisuudet saavutetaan vasta vulkanoinnilla. Kumin elastomeeriketjut sidotaan kemiallisesti toisiinsa, jolloin materiaaliin muodostuu verkkorakenne. Vulkanointi tapahtuu lämmön ja vulkanointiaineen yhteisvaikutuksesta, joista yleisin on rikki. Rikin reaktio itsessään on kuitenkin hidas, joten vulkanointisysteemissä käytetään myös kiihdyttäjiä, jotka tarvitsevat toimiakseen aktivaattoreita. (1, s. 42, 84.)

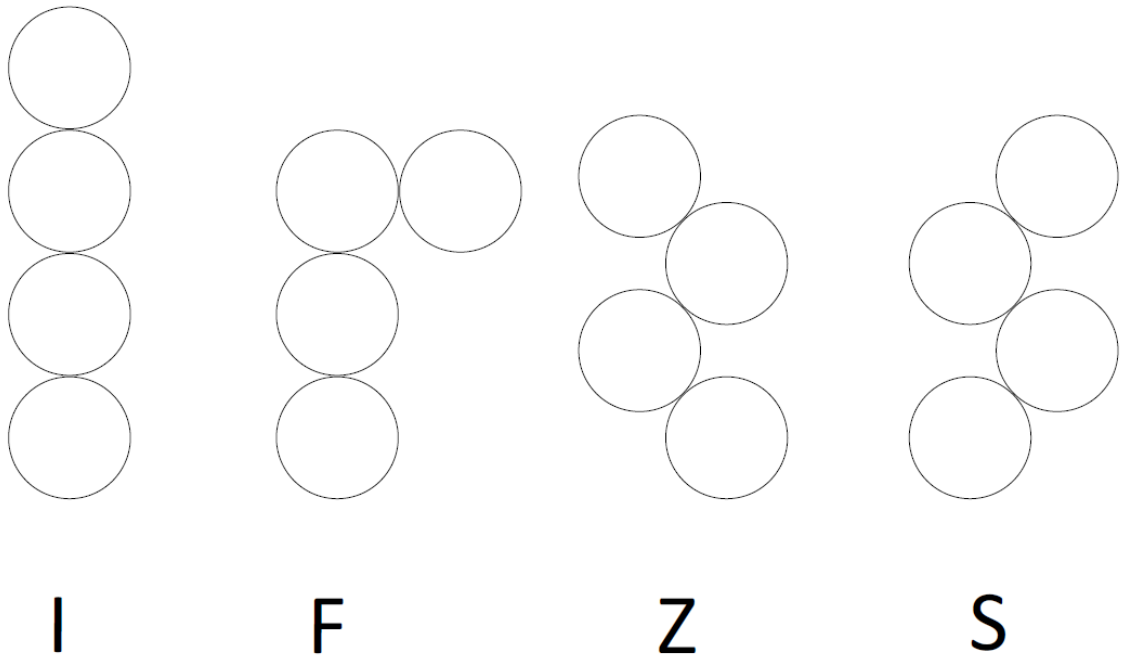
Kumin valmistuksessa käytetään sekoituskonetta. Koneita on useita erityyppisiä, joista yleisimmin käytetty on sisäsekoittaja. Sekoituskoneen avulla muokataan elastomeeri viskositeetiltaan sopivaksi. Tämä on erityisen tärkeää silloin, kun elastomeerinä käytetään luonnonkumia. Muokkaamisen eli mastisoinnin aikana luonnonkumin polymeeriketjut pilkkoutuvat lyhyemmiksi, jolloin viskositeetti laskee. Synteettiset kumit valmistetaan usein valmiiksi tiettyihin viskositettiluokkiin, jolloin mastisointia ei varsinaisesti tarvita. Mastisoinnin lisäksi sekoituskoneella sekoitetaan kumin raaka-aineet yhtenäiseksi massaksi. (1, s. 107 - 111.) Kuvassa 5 kumia sekoitetaan pienellä sekoitusvalssilla.

KUVA 5. Kumin sekoitusta valssilla

2.6 Kumin prosessointi

Kumisekoituksesta prosessoidaan kumituotteita useilla työstömenetelmillä. Ne voidaan jakaa viiteen pääprosessiin: kalanterointi, valaminen, muottityöskentely, suulakepuristus sekä vulkanointi. Prosessit voivat sisältää useita alaprosesseja sekä prosessiyhdistelmiä. (1, s. 129.)

Kalanterointi on laitteisto, jonka avulla kumiseoksesta saadaan tehtyä tasapaksuisia määrämittaisia levyjä. Kalanteroinnissa kumi ajetaan kahden tai useamman samassa kehyksessä olevan telan läpi. Sekoitusvalssikin voidaan pitää yksinkertaisena kalanterina, mutta useamman telan avulla pinnanlaatua voidaan parantaa. Kalanterit jaetaan niiden tyypin mukaan I-, F-, L-, S-, ja Z-tyyppisiin kalantereihin. (1, s. 160.) Kuvassa 6 on havainnollistettu telojen sijoittelua erityyppisillä kalantereilla. Valmis levy voi itsessään olla osa lopputuotetta tai se voi olla aihio muihin jatkojalostusprosesseihin. (1, s. 160.)



KUVA 6. Telojen sijoittuminen erityyppisillä kalantereilla (1, s. 161)

3 YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄT JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY

Kestävä kehitys on tavoite, joka tarkoittaa tasapainoa ympäristön, yhteiskunnan ja talouden välille, siten että nykyhetken tarpeet voidaan tyydyttää ilman, että se vaikuttaa tulevaisuuden sukupolvien mahdollisuuksiin tyydyttää omia tarpeitaan. Yhteiskunnalliset odotukset tätä tavoitetta kohtaan ovat kasvaneet, minkä vuoksi organisaatiot pyrkivät lähestymään ympäristöasioita entistä järjestelmällisemmin. (9, s. 5.)

Ympäristöjärjestelmä ISO 14001:2015:n tarkoituksena on tarjota runko ympäristönsuojeluun ja vastata jatkuvasti muuttuviin ympäristöolosuhteisiin siten, että tasapaino yhteiskuntaan ja talouteen liittyvien tarpeiden kanssa säilyy. Tuotteen tai palvelun ympäristövaikutuksia tulee tarkastella tuotteen koko elinkaaren näkökulmasta. (9, s. 5.)

Ympäristöjärjestelmällä yritys voi lujittaa asemaansa markkinoilla ottamalla käyttöön ympäristön kannalta parempia vaihtoehtoja. Taloudellisia ja toiminnallisia hyötyjä voidaan myös saavuttaa ottamalla ympäristöjohtaminen osaksi liiketoimintastrategiaa ja siten osoittamalla sidosryhmille, että yrityksellä on käytössään vaikuttava ympäristöjärjestelmä. (9, s. 5.)

3.1 Jatkuva parantaminen

Ottamalla käyttöön ympäristöjärjestelmän yritys sitoutuu jatkuvasti parantamaan sitä, jotta ympäristönsuojelun tasoa voidaan kasvattaa (9, s. 14). Jatkuvaa parantamista tukevien toimenpiteiden tason, laajuuden ja aikataulun määrittää yritys itse. Toimenpiteet voivat koskea koko ympäristöjärjestelmää tai jotain sen osa-aluetta. (9, s. 38.)

3.2 Responsible Care

Responsible Care -ohjelma on kemianteollisuuden vastuullisuusohjelma. Ohjelman tarkoituksena on tukea kestävää kehitystä ja se sisältää kaikki yrityksen kestävään toimintaan liittyvät osa-alueet. Keskeisiä teemoja ohjelmassa ovat

luonnonvarojen kestävä käyttö, tuotannon ja tuotteiden kestävyys ja turvallisuus, hyvinvoiva työyhteisö sekä avoin vuorovaikutus ja yhteistyö. Ohjelma on kansainvälinen ja pelkästään Suomessa siihen on vuonna 2020 sitoutunut yli 90 yritystä. Suomessa ohjelmaan sitoutuneet yritykset kattavat noin 80 prosenttia koko Suomen kemianteollisuuden tuotannosta. (10, s. 24.)

Yritykset keräävät koko toimintakentältään indikaattoritietoja, jotka raportoidaan kerran vuodessa kemianteollisuudelle. Kahdenkymmenen vuoden aikana ohjelmalla on saavutettu tuotannon päästöjen vähenemistä, parannettu turvallisuustasoa sekä parannettu energia- ja materiaalitehokkuutta. (10, s. 24.)

3.3 Jätelaki

Suomessa jätteiden käsittelylle on säädetty jätelaki. Lain tarkoituksesta todetaan luvussa 1 1§ seuraavaa (11.):

''Lain tarkoituksena on ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä, varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista.''

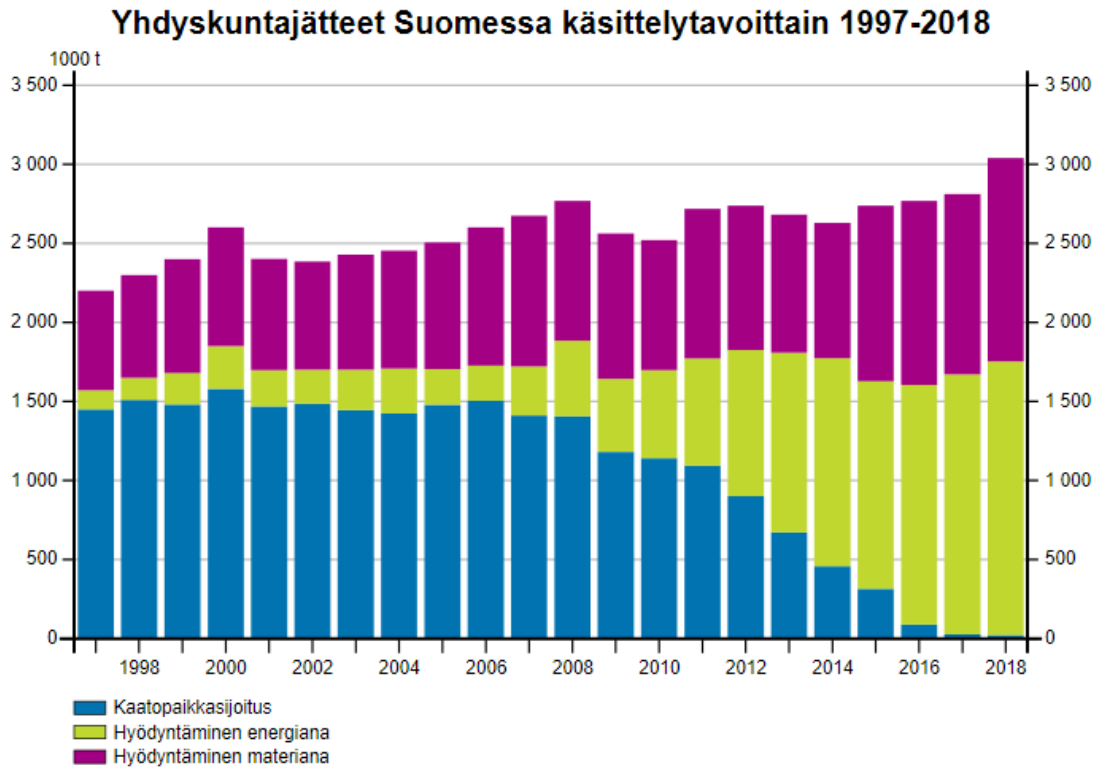
Yleisenä velvollisuutena laissa on noudattaa etusijaisjärjestystä. Järjestyksestä sanotaan luvussa 2 8§ näin (11.):

''Kaikessa toiminnassa on mahdollisuuksien mukaan noudatettava seuraavaa etusijajärjestystä: Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmisteltava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä se. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä.''

Jäte voidaan hyödyntää kierrättämällä tai energiana. Kierrätyksessä jätteen sisältämä aine palautetaan takaisin tuotantoon. Kierrätykseen ei lasketa käytetyn tavaran uudelleen käyttöä. (12, linkit tilastot -> ympäristö ja luonnonvarat -> jätetilasto -> 2018 -> käsitteet ja määritelmät.)

3.4 Jätteiden esikäsittely

Hyötyjätteen erottelu sekalaisesta yhdyskuntajätteestä on teknisesti vaikeaa ja taloudellisesti kallista. Jotta jätteet voidaan hyödyntää tehokkaasti ja kestävästi, tulee ne lajitella jo jätteen syntypaikalla. (13, s. 41.) Suomessa suurimmat erilliskerätyt materiaalit ovat olleet jo pitkään paperi, kartonki sekä biojäte. Puun, muovin sekä lasin erilliskeräys on myös kasvussa. Tätä selittävät muun muassa uudet kierrätyskohteet. Loppusijoitettavan eli kaatopaikalle päätyvän jätteen osuus oli vuonna 2018 enää noin 0,7 prosenttia. Kuvassa 7 on esitetty Suomessa syntyneet yhdyskuntajätteet ja niiden käsittely. (12, linkit tilastot -> ympäristö ja luonnonvarat -> jätetilasto -> 2018 -> käsitteet ja määritelmät.)



KUVA 7. Yhdyskuntajätteet Suomessa käsittelytavoittain (12, linkit tilastot -> ympäristö ja luonnonvarat -> jätetilasto -> 2018 -> käsitteet ja määritelmät)

3.5 Hyödyntäminen energiana

Noin puolet Suomessa syntyvästä yhdyskuntajätteestä poltetaan jätevoimaloissa, jolloin jätteen energiasisältö muutetaan lämpöenergiaksi. Yhteistuotantolaitoksissa osa energiasta johdetaan kaukolämpöverkkoon ja osa muutetaan

sähköenergiaksi. (14, linkit energiahyödyntäminen -> jäte energiaksi -> lämpöä ja sähköä.)

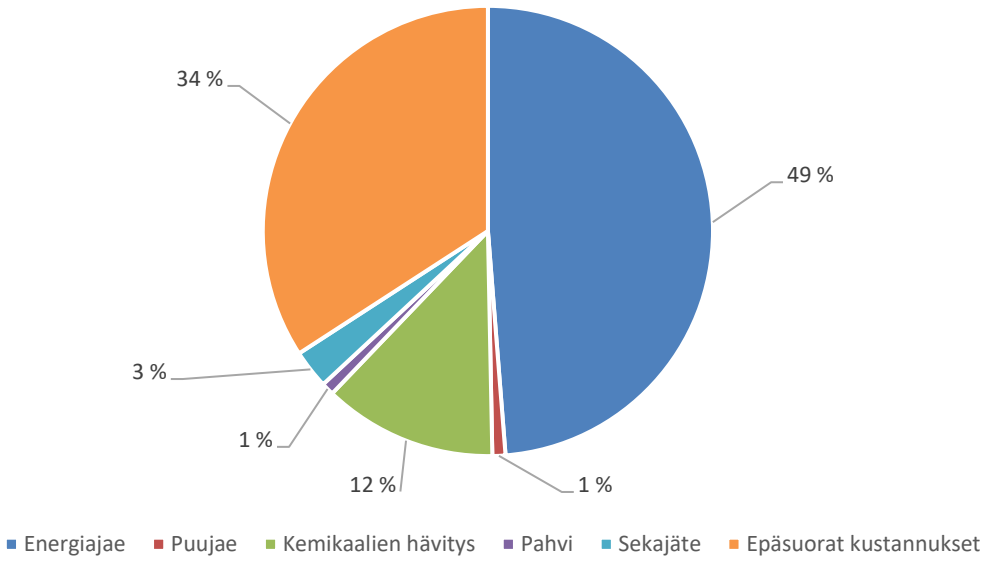
Yhdyskuntajätettä polttamalla vähennetään kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrää. Vuonna 2011 jätteenpolttolaitosten yleistyessä kaatopaikalle sijoitettavan jätteen osuus on lähtenyt laskuun.

Muovien sisältämä lämpöarvo on korkea 20 - 46,5 MJ/kg verrattuna yhdyskuntajätteen polttokelpoisista jätejakeista valmistetun polttoaineen lämpöarvoon 10 - 15 MJ/kg (15, s. 155). Kumirouheen vastaava arvo on noin 39 MJ/kg (15, s. 163). Jätettä poltettaessa syntypaikkalajittelun merkitys korostuu. Jotta tehokas ja puhdas polttoprosessi voidaan toteuttaa, on tunnettava poltettava jäte ja sen ominaisuudet. Esimerkiksi PVC-muovi sisältää paljon klooria, joka on merkittävin kattilan tulistimien kuumakorroosion aiheuttaja. (15, s. 150, 198.)

4 YRITYKSESSÄ SYNTYVÄT JÄTTEET

Ympäristöpolitiikan on todettu olevan yrityksessä hyvällä tasolla, ja yritys onkin sertifioinut ympäristöjärjestelmänsä ISO 14001:2015 mukaisesti vuoden 2020 alussa. Jätevirtoja ja niistä aiheutuvia kuluja ei ole kuitenkaan dokumentoitu kovinkaan laajasti. Tästä syystä työssä päätettiin tutkia vuoden aikana syntyneet jätemäärät ja niistä aiheutuneet kustannukset.

Tarkastelussa selvisi, että yrityksessä on kierrätyspiste energiajätteelle, metallijätteelle, pahville ja paperille. Kerran vuodessa toimipisteillä suoritetaan inventaario kemikaaleille, jolloin vanhoista kemikaaleista hankkiudutaan eroon. Kuvassa 8 on havainnollistettu jätekustannusten jakautumista jätelajeittain.



KUVA 8. Jätekustannusten jakautuminen jätelajeittain

Metallin osuutta ei ole otettu huomioon kuvassa, sillä jäteyhtiöt maksavat kerätystä metallijätteestä. Metallilavan vuokran, tyhjennysten ja muiden kulujen jälkeen tulos jää positiiviseksi. Biojätettä on alettu keräämään vasta hiljattain, joten sitä ei otettu tässä tarkastelussa huomioon.

Lähes puolet jätekustannuksista koostuvat energiajätemaksusta. Toiseksi suurin kustannusten aiheuttaja oli epäsuorat kustannukset. Epäsuorat kustannukset

muodostuvat vaihtolavojen vuokrista, punnituksista ja kuljetuksista. Kemikaalien hävitys kattaa noin 10 prosenttia vuotuisista jätekustannuksista.

4.1 Energiajäte

Energiajätettä syntyy yrityksessä prosessin sivuvirtana ja hukkana. Sivuvirtana syntyvää jätettä ei voida poistaa. Muotti-tuotteissa sivuvirtaa syntyy valukanavista sekä ylitäytöstä. Ylitäytöllä varmistetaan, että materiaali täyttää koko muotin. Käsikumiointeja tehtäessä vulkanoimattomat hukkapalat voidaan laadusta riippuen kalanteroida kerran uudelleen. Muussa tapauksessa syntyvät ylijäämät ovat energiajätettä.

Suurin osa energiajätteestä syntyy rullien ja telojen uudelleen pinnoituksista. Pinnoitus voi olla polyuretaania tai kumia. Molemmissa tapauksissa prosessi aloitetaan vanhan pinnan poistolla. Vanha pinta poistetaan yleensä sorvaamalla. Seuraavaksi metallinen tela puhdistetaan, minkä jälkeen pintaan levitetään sidosaine. Rullien kumipinnoituksessa kumilevyä rullataan kuvan 9 mukaisesti telan pintaan. Telaan jätetään työvara, minkä takia aihio on hieman paksumpi kuin lopputuotteen tulee olla.

KUVA 9. Telan kumiointia (16)

Kumi puristetaan tiukasti telaa vasten kiristyssiteellä, minkä jälkeen kumi vulkanoidaan. Vulkanoinnin jälkeen side poistetaan ja tela sorvataan tai hiotaan määrättyyn mittaan. Prosessissa syntyy joko hienoa kumipölyä tai pitkää sorvilastua, jotka molemmat ovat energiajätettä.

Polyuretaanipinnoituksessa tela valetaan muotin sisään. Muotti valmistetaan hieman suuremmaksi kuin haluttu lopputuote. Esilämmitettyyn muottiin valetaan polyuretaani, minkä jälkeen se viedään uuniin asettumaan. Tela poistetaan muotista, minkä jälkeen se sorvataan määrämittaan. Sorvatessa syntyy pitkää sorvilastua, joka on energiajätettä.

Muovi- ja kumijätteellä on erinomainen tehollinen lämpöarvo, ja tästä syystä se on järkevää polttaa. Yrityksessä syntyvät jätteet ovat kuitenkin haastavia käsitellä polttolaitoksilla. Varsinkin pitkät sorvilastut ovat aiheuttaneet ongelmia polttolaitosten kuljettimilla. Lisäksi pitkä lastu vie jätelavalla paljon tilaa, mikä kasvattaa tyhjennystarvetta. Kuvassa 10 on esimerkkiä pitkästä polyuretaanilastusta.

KUVA 10. Sorvatessa syntyvää lastua

Elastomeerituotteen valmistamiseen tehdään paljon arvoa lisäävää työtä. Laitteiden koneajat ovat kalliita ja raaka-aineet suhteellisen kalliita. Kestävän kehityksen näkökulmasta materiaali tulee hyödyntää uudelleen tuotannossa, mutta jos se ei ole mahdollista, voi materiaalin hävittää polttamalla. Näistä syistä on järkevää tutkia uusiokäyttökohteita elastomeerijätteelle.

4.2 Epäsuorat kustannukset

Epäsuorat kustannukset syntyvät kaikkien jätelaatujen jätelavojen sekä astioiden tyhjennyksistä. Nämä tyhjennetään lähtökohtaisesti kerran kuukaudessa. Kustannusten vähentämiseen voidaan vaikuttaa vähentämällä jätteen syntymistä sekä pakkaamalla jätteet tiiviimmin, jolloin tyhjennystarve vähenee. Tehokkaalla lajittelulla myös vähennetään kustannuksia.

4.3 Kemikaalihävitys

Kerran vuodessa yritys tekee inventaarion, jossa tarkastellaan, onko varastoihin kertynyt vanhentuneita tai pilalle menneitä kemikaaleja. Useimmat kemikaalit luokitellaan vaarallisiksi jätteiksi, ja tästä syystä vaarallisiin jätteisiin erikoistunut yritys ottaa ne vastaan ja käsittelee ne asianmukaisesti. Vaarallisten jätteiden käsittely on kallista, ja tästä syystä niiden vähentämiseen kannattaa panostaa.

5 ENERGIAN KULUTUS JA PÄÄSTÖT

Työn aikana päätettiin aloittaa polyuretaani- ja kumituotannon energian kulutuksen järjestelmällinen seuraaminen sekä samalla ottaa näiden aiheuttamat ympäristövaikutukset huomioon. Responsible Care -ohjelma vaatii tietoja yrityksessä veteen ja ilmaan syntyvistä päästöistä. Lisäksi tulee kerätä tietoa syntyvistä kasvihuonepäästöistä.

5.1 Sähkönkulutus

Sähkönkulutus saatiin selville vuoden aikana kertyneistä sähkölaskuista. Näistä ei kuitenkaan käy ilmi, miten tehokkaasti kulutettu sähkö edistää yrityksen toimintaa, minkä vuoksi se kannattaa suhteuttaa esimerkiksi liikevaihtoon tai tuotantomääriin. Tällöin voidaan tarkemmin määrittää, miten sähkönkäytön tehokkuutta on pystytty parantamaan. Esimerkiksi jakamalla liikevaihto sähkönkulutuksella saadaan liikevaihtoon suhteutettu energian kulutus. Kohdeyrityksen tapauksessa suhdeluku on 4,14. Tämä tarkoittaa, että jokaista käytettyä kilowattituntia kohden yritys on kasvattanut liikevaihtoa 4,14 eurolla.

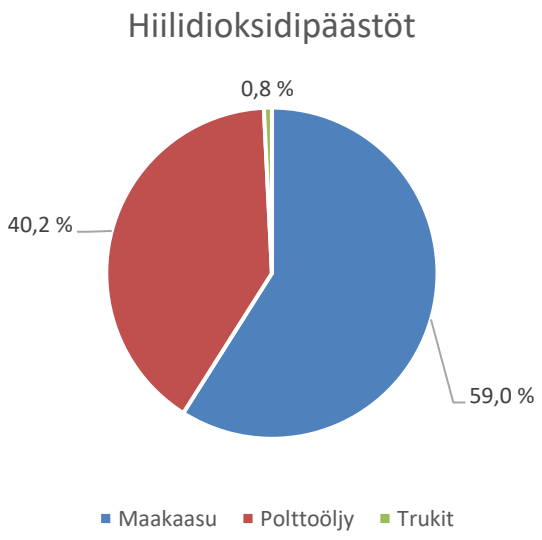
Yrityksen käyttämästä sähköstä 11,1 % tuotetaan uusiutuvilla energian lähteillä, 44,1 % fossiilisilla polttoaineilla ja 44,8 % ydinvoimalla. Aiemmin on mietitty sähkön omatuotantoa aurinkopaneeleilla, mutta tarjouksia kuultaessa huomattiin investoinnin kustannusten nousevan liian suuriksi. Aurinkopaneeleita ei ole unohdettu ja tarjouksia kuullaan jatkuvasti varsinkin kumituotannon yksikössä, joka sijaintinsa puolesta olisi optimaalinen aurinkosähkön tuotannolle.

5.2 Päästöt

Päästöjä lähdettiin kartoittamaan Responsible Care -ohjelman indikaattorien perusteella. Päästöt käytiin läpi palaverissa, jossa mukana olivat kehityspäällikkö ja yksikön johtaja. Vettä käytetään yrityksessä talousvetenä, pesuvetenä sekä jonkin verran valssin jäähdytysvetenä. Responsible Care:ssa pyydettiin ilmoittamaan sulfaatti-, fosfori-, typpi-, COD-, elohopea-, kadmium-, lyijy-, arseeni-, kromi-, nikkeli-, kupari- ja sinkkipäästöt. Palaverissa todettiin, ettei tuotannossa käytetty vesi pääse saastumaan niin, että siitä aiheutuisi näitä päästöjä.

Ilmaan meneviä päästöjä ovat rikkipäästöt, typpioksidipäästöt, hiukkaspäästöt ja VOC eli haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöt. Käydyissä keskusteluissa todettiin, että rikki- ja typpioksidien päästöjä ei synny tuotannossa. Kumisekoittamon poistoilmaan tehtiin vuonna 2018 hiukkaspäästöjen mittaus. Tuloksista selvisi hiukkaspäästöjen olevan 9,4 mg/m3, joka vastaa 0,01 kg/h. Vuositasolla hiukkaspäästöjä kertyy niin vähän, että ne jätetään huomioimatta vuosittaisessa raportoinnissa. VOC-päästöt ilmoitettiin liuottimien ja liimojen käytön mukaisesti. Liimat toimivat sidosaineena pinnan ja pinnoitteen välillä eli ne eivät haihdu kokonaan. Liimojen raportoinnissa käytettiin suhdelukua 0,75.

Kasvihuonepäästöt muodostuvat tuotantotilojen lämmityksestä, autoklaavista sekä kaasutrukeista. Kumituotannon tuotantotilat lämmitetään maakaasulla mikä aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä. Autoklaavit lämmitetään joko sähköllä tai vesihöyryn avulla. Höyry tuotetaan öljykattilalla missä polttoaineena käytetään polttoöljyä. Kuvassa 11 on esitetty hiilidioksidipäästöjen jakautuminen yrityksessä.



KUVA 11. Yrityksen hiilidioksidipäästöt

6 ELASTOMEERIEN KIERRÄTTÄMINEN

Yrityksen mielenkiinto elastomeerijätteiden kierrättämistä kohtaan on herännyt viime vuosina, kun jätteen potentiaalista arvoa on alettu ymmärtämään. Jalostamalla jäte oman tai jonkin muun teollisuuden raaka-aineeksi se parhaimmillaan vähentää päästöjä ja mahdollisesti myös alentaa kustannuksia.

6.1 Polyuretaani

Haasteena polyuretaanien kierrättämisessä on todella laaja materiaalivalikoima, minkä seurauksena yksiselitteistä kierrätystapaa ei ole. Polyuretaanien hyötykäyttöä tehdään yleisesti pehmeillä ja kovilla vaahdoilla, sillä näillä tuotteilla on markkinoilla eniten kysyntää. Kierrätystavat jaetaan mekaaniseen ja kemialliseen kierrätykseen. (17, s. 11.)

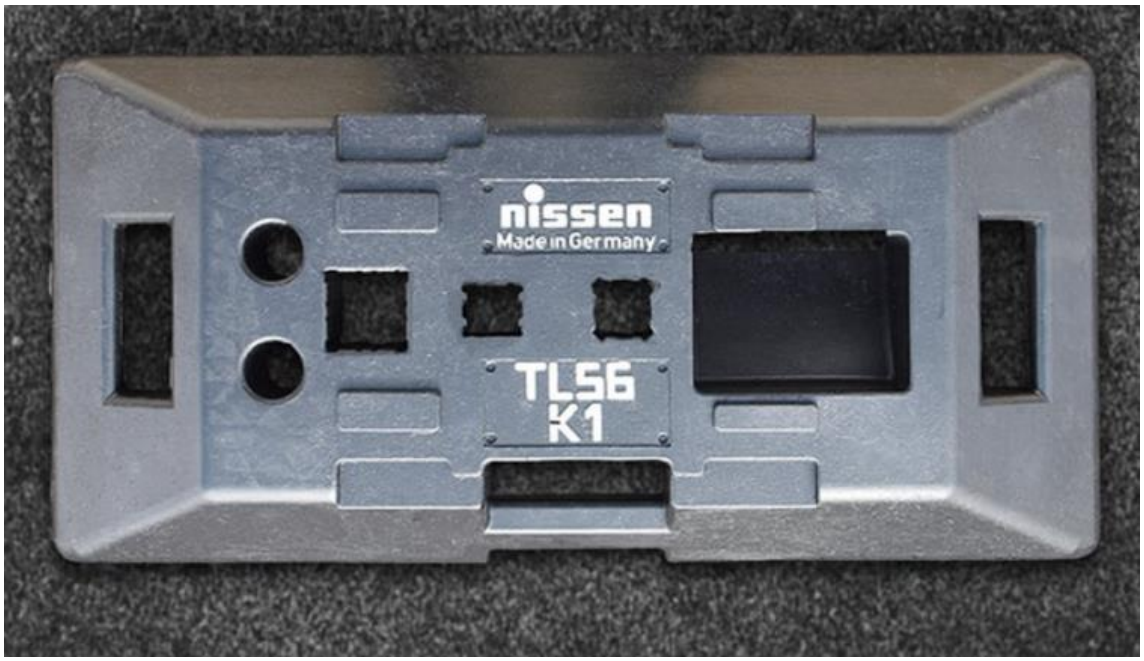
Kemiallisessa kierrätyksessä materiaali muutetaan takaisin raaka-aineiksi kuten polyoliksi. Lisäksi materiaali voidaan muuttaa lämpökemiallisesti esimerkiksi pyrolyysillä kiinteiksi, nestemäisiksi ja kaasumaisiksi tuotteiksi. Kemiallisilla metodeilla materiaalin sisältämät kallisarvoiset materiaalit saadaan takaisin hyötykäyttöön. (17, s. 19 - 21.)

Mekaanisessa kierrättämisessä polyuretaani jauhetaan tai murskataan partikkeleiksi, joita voidaan käyttää täyteaineena uusissa polyuretaanituotteissa. Täyteaineen sitominen uuteen tuotteeseen voidaan toteuttaa usealla menetelmällä. Elastomeereille näistä menetelmistä järkevin vaihtoehto on jätepartikkeleiden ja polyolin sekoittaminen homogeeniseksi seokseksi erilliessä tankissa, josta se annostellaan lopputuotteeseen. (17, s. 11 - 13.)

6.2 Kumi

Kumijätettä voidaan hyötykäyttää uudelleen materiaalina sekä sitä voidaan pyrolyysillä jalostaa uusioraaka-aineiksi. Mekaanisesti kumijäte jauhetaan kumirouheeksi, jota voidaan sellaisenaan hyödyntää esimerkiksi maarakentamisessa.

Lisäksi kumirouheesta voidaan valmistaa monenlaisia uusiotuotteita kuten liikennemerkkienjalustoja. Kuvassa 12 on Saksassa kierrätysmateriaaleista valmistettu aidanjalusta.



KUVA 12. Aidan jalusta (18)

Suomessa autonrenkaita kierrätetään todella tehokkaasti. Valtioneuvoston asetuksessa 257/2013 2§ on säädetty seuraavaa (19):

''Renkaan tuottajan on järjestettävä käytöstä poistettujen renkaiden erilliskeräys ja hyödyntäminen siten, että vuosittain vähintään 95 painoprosenttia tämän markkinoille saattamien renkaiden määrää vastaavasta määrästä renkaita valmistellaan uudelleenkäyttöön, kierrätetään tai muutoin hyödynnetään.''

Suomessa vuonna 2019 vastaanotettiin käytöstä poistuneita renkaita noin 61 000 tonnia ja näistä lähes kaikki päätyvät hyödynnettäväksi. Energiana renkaista hyödynnetään noin 8 prosenttia, materiaalina ja muuna hyötykäyttönä 90 prosenttia. (20, linkit -> laki ja tilastot -> kierrätystilastot) Renkaiden kierrättäminen on suoraviivaista, sillä kyseessä on kohtuullisen tasalaatuinen materiaali, jota on saatavilla suuria määriä.

Kohdeyrityksessä syntyvien kumijätteiden kierrättäminen muulla kuin energiahyödyntämisellä on haastavaa, sillä eri kumilaatuja on kymmeniä ja rengasteollisuuteen nähden määrät ovat pieniä. Kerran valssattu tai kalanteroitu vulkanoimaton kumi voidaan hyötykäyttää kalanteroimalla tai valssaamalla se uudelleen. Useasti valssattu tai kalanteroitu kumi on menettänyt fysikaalisia ominaisuuksiaan, joten tämä toimenpide on järkevää suorittaa vain kerran.

Kumin devulkanointi tarkoittaa vulkanoinnissa muodostuneiden verkkorakenteiden osittaista tai täydellistä pilkkomista. Prosessin jälkeen lopputuotteena saadaan vulkanoimatonta kumia, jota voidaan hyödyntää uusissa kumisekoituksissa. Kierrätyskumista tehtyjen sekoitusten tuottaminen devulkanoinnin avulla on vielä toistaiseksi taloudellisesti kannattamatonta. Sitä on kuitenkin syytä tutkia, sillä tulevaisuudessa se voi olla yksi ratkaisu kumijätteen kierrättämiselle. (21.)

7 RATKAISUT

7.1 Energian kulutus ja ympäristövaikutukset

Yrityksen hiilidioksidipäästöt muodostuvat polttoöljyn ja maakaasun käytöstä. Öljykattilan muutos sähkökäyttöiseksi vähentäisi päästöjä noin 40 prosenttia. Kattilan on todettu olevan teholtaan ylimitoitettu nykyisiin tarpeisiin nähden. Sähkökäyttöisellä kattilalla saataisiin aikaan merkittäviä säästöjä ja investointi maksaisi itsensä takaisin noin viiden vuoden kuluttua. Maakaasun käyttöä voitaisiin vähentää lisäämällä vesi-ilmalämpöpumppuja tukemaan tuotantotilojen lämmitystä. Ilmalämpöpumpuilla tuotettu energia on hiilineutraalia, joten päästöjä saataisiin vähennettyä merkittävästi.

Sähkösopimuksia kilpailuttaessa kriteerinä on ollut mahdollisimman alhainen hinta. Työssä selvitettiin, mikä vaikutus energian alkuperällä on sen hintaan kohdeyrityksessä. Kyselyissä selvisi, että uusiutuvilla energian lähteillä tuotettu sähkö ei ole merkittävästi kalliimpaa kuin uusiutumattomilla tuotettu sähkö. Huomioitavaa kuitenkin on se, että uusiutuvan energian hinta voi vaihdella.

7.2 Polyuretaanin kierrätys

Energiahyödyntämisen lisäksi polyuretaani-elastomeereille ei tämän työn aikana löydetty muuta hyödyntämiskeinoa kuin jätteen hyötykäyttö uusiotuotteissa. PU-jäte murskataan haluttuun raekokoon esimerkiksi 0,5 mm, minkä jälkeen se sekoitettiin polyuretaaniin. Lopputuotteen ominaisuuksista on saatavilla hieman ristiriitaista tietoa, mutta on kuitenkin selvää, että ne tulevat heikkenemään. Tuotekehitykseen kannattaa kuitenkin investoida, sillä saavutettavissa on säästöjä raaka-aine kuluissa.

7.3 Kumin kierrätys

Kumijätteelle ei löytynyt hyötykäyttökohteita yrityksen omassa tuotannossa. Mahdollisia käyttökohteita voisi olla kierrätystuotteet kuten liikenneaitojen jalustat, joita valmistetaan sitomalla kumijäte esimerkiksi epoksiin. Kumijäte voidaan ener-

giahyödyntämisen lisäksi toimittaa kumijätteisiin erikoistuneelle kierrätyslaitokselle, joka jalostaa kumisivuvirroista uusiotuotteita kuten kenttäpinnoitetta. Tämän lisäksi kierrätyslaitos investoi pyrolyysitekniikkaan, jonka avulla jätteet saadaan entistä monipuolisemmin hyötykäyttöön. Devulkanointi voi tulevaisuudessa olla yksi tärkeimmistä kumijätteen kierrätystavoista. Teknologian kehitys on kuitenkin vielä alkuvaiheessa eikä kaupallisia sovelluksia ole saatavilla.

8 YHTEENVETO

Työn alussa tutustuttiin elastomeereihin materiaalina ja käytiin läpi, miten niitä valmistetaan. Tämän jälkeen tutustuttiin kohdeyrityksessä käytettäviin elastomeerimateriaaleihin ja tutkittiin niiden ominaisuuksia. Tarkasteluissa huomattiin, että polyuretaani- ja kumielastomeerit ovat ainutlaatuinen materiaali moneen tarkoitukseen ja niitä tulee vastaan päivittäin, vaikka sitä ei ehkä tule ajateltua.

Seuraavaksi tarkasteltiin ympäristöjärjestelmä standardia ja kemianteollisuuden Responsible Care -ohjelmaa. Ympäristöjärjestelmän standardointi on järkevä tapa osoittaa yrityksen halua toimia kestävästi ja pyrkiä kehittämään toimintaansa ympäristön kannalta vastuullisempaan suuntaan. Responsible Care tarjoaa erinomaisia työkaluja, joiden avulla voidaan vähentää päästöjä ja energian kulutusta. Keskeisenä teemana on myös avoin vuorovaikutus ja yhteistyö.

Työssä tarkasteltiin myös, miten Suomessa käsitellään jätteitä. Tutkimuksessa huomattiin, että Suomessa lainsäädäntö antaa ohjenuorat jätehuollolle. Jätteiden syntyä tulee estää, mutta jos jätettä syntyy, tulee se lajitella jo syntypaikallaan tarkasti, jotta jätteen käsittely olisi mahdollisimman ekologista ja taloudellisesti järkevää.

Energian kulutusta voidaan vähentää muuttamalla polttoöljyllä toimiva kattila sähkökäyttöiseksi. Tiedusteluissa selvisi, että kattila on nykyisiin tarpeisiin liian tehokas. Uusia sähkösopimuksia tehdessä kannattaa ympäristöystävällisyys ottaa yhdeksi valinnan kriteeriksi. Uusiutuvilla energianlähteillä tuotettu sähkö on nykypäivänä hinnaltaan todella kilpailukykyinen uusiutumattomilla energianlähteillä tuotettuun sähköön verrattuna.

Kumijätteet voidaan toimittaa niiden käsittelyyn erikoistuneelle yritykselle, joka jalostaa niistä uusiotuotteita. Tällä tavalla jäte ei päädy polttoon, mikä on kestävän kehityksen kannalta parempi vaihtoehto. Polyuretaanijätettä voidaan hyödyntää omassa tuotannossa uusien PU-tuotteiden täyteaineena. Jäte tulee käsitellä valukoneelle sopivaksi esimerkiksi murskaamalla. Parhaan mahdollisen reseptin

löytäminen vaatii tuotetestausta, joka voi olla pitkä ja aikaa vaativa prosessi. Potentiaaliset säästöt ovat kuitenkin merkittäviä, joten tähän kannattaa tulevaisuudessa investoida.

Työ tarjosi minulle paljon haasteita, sillä tuntemus elastomeereistä oli hyvin vähäistä ennen työn aloittamista. Työssä sainkin paljon tietoa näiden materiaalien ominaisuuksista, niiden valmistuksesta ja siitä, miksi ne ovat moniin kohteisiin korvaamattomia. Työn alussa oli myös selvää, että astuisin oman mukavuusalueeni ulkopuolelle myös ympäristöasioissa. Tästä syystä koin työn itselleni hyödylliseksi, sillä pääsin tutustumaan yritykseen, jolla ympäristönsuojelu oli jo lähtökohtaisesti korkealla tasolla. Opin, että ympäristönsuojelun tasoa voi aina kasvattaa, sillä uusia ja parempia tekniikoita syntyy jatkuvasti. Tuotteita ja palveluita hankittaessa kuluttajat näkevät ympäristön huomioimisen yhtenä tärkeimmistä arvoista, minkä vuoksi yrityksien tulee investoida ekologisuuteen ja sen markkinointiin.

LÄHTEET

1. Laurila, Timo 2007. Kumitekniikka. Helsinki: Edita Prima.

2. Ebewele, Robert 2000. Polymer Science and Technology. Boca Rato: CRC press.

3. Szycher, Michael 2012. Szycher's handbook of Polyurethanes second edition. Boca Rato: CRC press.

4. Polymeerimateriaalien perusteet osa 1. 2010. Tampereen teknillinen yliopisto - Mikkelin Ammattikorkeakoulu - Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiö - Åbo Akademi University - Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu - Lahden Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.yumpu.com/fi/document/read/27374526/polymeerimateriaalien-perusteet-osa-1. Hakupäivä 17.1.2020.

5. Maximilians, Julius 2017. Coordination of dynamic metallosupramolecular polymers. Väitöskirja. Würzburg: Würzburgin yliopisto.

6. Plastics Insight. 2019. Plastic Insight. Saatavissa: www.plasticsinsight.com. Hakupäivä 21.1.2020.

7. Clemitson, Ian 2017. Castable Polyurethane Elastomers second edition. Boca Rato: CRC press.

8. White, J.R – De, S.K 2001. Rubber Technologist's Handbook. Shawbury: Rapra technology Ltd.

9. SFS-EN ISO 14001:2015. Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS

10. Pentjärvi, Johanna 2020. Responsible Care - kemianteollisuuden vastuullisuusohjelma. Yleisesitys ja tulokset. Helsinki: Kemianteollisuus ry

11. L 17.6.2011/646. Jätelaki. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646. Hakupäivä 27.2.2020.

12. Jätetilasto. Suomen virallinen tilasto (SVT) 2020. Jätetilasto. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/jate/index.html. Hakupäivä 2.3.2020.

13. Hänninen, Kari 2010. Jätteiden käsittely ja kierrätys Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.

14. Vastuullista jätehuoltoa. Jätelaitosyhdistys ry. Saatavissa: http://vanha.jly.fi/. Hakupäivä 13.2.2020.

15. Alakangas, Eila – Hurskainen, Markus – Laatikainen-Luntama, Jaana – Korhonen, Jaana 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia.

16. How we repair rubber rollers. 2014. Elastomeri d.o.o. Saatavissa: https://youtu.be/bCLfcGupZu8. Hakupäivä 20.2.2020.

17. Alavi Nikje, Mir Mohammad 2019. Recycling of polyurethane wastes. Berlin/Boston: De Gruyter.

18. Base Plate TL 56 K1. Nissen Germany. Saatavissa: https://nissen-germany.com/en/product/Base-Plates/sicherheitsfu-szligplatte-nbsptl-56-nbspk1-167/. Hakupäivä 28.2.2020.

19. 527/2013. Valtioneuvoston asetuskäytöstä poistettujen renkaiden erilliskräyksestä ja hyödyntämisestä. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130527. Hakupäivä 28.2.2020.

20. Me teemme mustasta vihreää. Suomen rengaskierrätys. Saatavissa: https://www.rengaskierratys.com/. Hakupäivä 28.2.2020.

21. de Sousa, Fabiula Danielli Bastos. 2017. Devulcanization of Elastomers and Applications. Lontoo: IntechOpen. Saatavissa: https://www.intechopen.com/books/elastomers/devulcanization-of-elastomers-and-applications. Hakupäivä 31.3.2020.