



Truc Pham

Nestemäisen lentotarjoilujätteen eri hävitysvaihtoehtojen ympäristövaikutusten arviointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

27.11.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Truc Pham
Otsikko:	Nestemäisen lentotarjoilujätteen eri hävitysvaihtoehtojen ympäristövaikutusten arviointi
Sivumäärä:	31 sivua
Aika:	27.11.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine:	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat:	Yliopettaja Riitta Lehtinen QSE Senior Manager Kaisa Jaakkola

Opinnäytetyö tehtiin suomalaiselle lentotarjoilupalvelua tarjoavalle yritykselle. Työssä selvitettiin nestemäisen lentotarjoilujätteen hävitysvaihtoehtoja ympäristönäkökulmasta sekä ideoitiin hävikin ennaltaehkäisykeinoja. Tavoitteena oli tunnistaa hävitysvaihtoehdot ja muodostaa yritykselle suositus tulevasta toimintatavasta.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin sekä yrityksen sisäisiä että ulkoisia asiantuntijoita sekä tarkasteltiin muiden saman alan yritysten toimintatapoja. Hävitysvaihtoehdoiksi nousi yrityksen nykyinen viemärintäpö sekä nestemäisen jätteen hyödyntäminen biokaasun tai bioetanolin valmistuksessa.

Kolmesta hävitysvaihtoehdoista viemärintä oli ympäristön kannalta huonoin, sillä muissa vaihtoehdoissa nestemäinen jäte pystytään hyödyntämään ilman infrastruktuurin räsitusä. Asumajäteveden mukana nestemäinen jäte kuluttaa kemikaaleja ja energiaa ilman mitään suoranaista hyötyä. Biokaasunvalmistus olisi vaihtoehtona mainio, sillä korkean hiilihydraattipitoisuuden ansiosta jäte on jopa toivottua valmistusprosessille. Yritys toimittaa jo omat pakatut biojätteet biokaasulaitokselle, joten yrityksellä on jo valmis yhteys biokaasulaitokselle. Bioetanolin valmistusprosessi aiheuttaa suurempia päästöjä kuin biokaasun, mutta bioetanolin tuomat hyödyt ympäristölle ovat myös suuremmat kuin biokaasun.

Työn aikana huomattiin, kuinka vähän nestemäisen jätteen vaikutuksia on tutkittu, etenkin alkoholipitoisten jätteiden kohdalla. Tämä aiheuttaa suuria ongelmia eri hävitysvaihtoehtojen tehokkuuksien vertailun suhteen eikä mahdollista ympäristövaikutusten tarkkaa analysointia.

Avainsanat: nestemäinen jäte, biokaasu, bioetanol

Abstract

Author: Truc Pham
Title: Assessment of the Environmental Effects of Different Disposal Options for Liquid In-Flight Catering Waste
Number of Pages: 31 pages
Date: 21 September 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major: Biotechnology and Food Engineering
Supervisors: Riitta Lehtinen, Principal Lecturer
Kaisa Jaakkola, QSE Senior Manager

The thesis was done for a Finnish company offering flight catering services. In the thesis, disposal options for liquid in-flight catering waste were investigated from an environmental point of view, and measures to prevent loss were also devised. The goal was to identify the disposal options and form a recommendation for the company about the future course of action.

Both internal and external experts of the company were used in the thesis, and the operating methods of other companies in the same field were examined. The disposal options were the company's current drainage method and the utilization of liquid waste in the production of biogas or bioethanol.

Out of the three disposal options, drainage was the worst from an environmental point of view, because in the other options, liquid waste can be utilized without stressing the infrastructure. Along with domestic sewage, liquid waste consumes chemicals and energy without any direct benefit. Biogas production would be an excellent alternative, because thanks to the high carbohydrate content, the waste is even desirable for the manufacturing process of biogas. The company already delivers its own packaged biowaste to a biogas plant, so they already have a ready connection to the biogas plant. The production process of bioethanol causes higher emissions than that of biogas, but the benefits that bioethanol brings to the environment are also greater than the benefits of biogas.

During the thesis project, it was noticed how little the effects of liquid waste have been studied, especially in the case of alcoholic waste. This causes major problems in terms of comparing the efficiencies of different disposal options, and makes it impossible to accurately analyze the environmental effects.

Keywords: liquid waste, biogas, bioethanol

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yrityksen nykytilanne	2
2.1	Nestemäisen hävikin määrät	2
2.2	Hävikin syyt	2
3	Jätevedenpuhdistus	3
3.1	Jätevedenpuhdistusprosessi	4
3.2	Viemäröinnin vaikutukset	5
4	Biokaasu	7
4.1	Biokaasun valmistus	7
4.2	Nestemäisen jätteen ympäristövaikutukset	9
5	Bioetanol	11
5.1	Elintarvikejätepohjaisen bioetanolin valmistus	11
5.2	Bioetanolin ympäristövaikutukset	12
6	Eri nestejätetyyppien ominaisuudet	13
6.1	Viinit	13
6.2	Oluet	14
6.3	Virvoitusjuomat	15
6.4	Juomien pH-arvot	15
6.5	Orgaaninen aines, typpi ja fosfori	16
7	Alan yritysten menetelmät sekä asiantuntija- ja yrityshaastattelut	16
7.1	Hartwall	16
7.2	Alko	17
7.3	HSY	18
7.4	Gasum	19
8	Hävikin ennaltaehkäisy ja hyödyntäminen	20
9	Päätelmät	22

10	Yhteenveto	24
	Lähteet	27

Lyhenteet

BHK₇ Biologisen hapenkulutuksen määrä seitsemän vuorokauden aikana

CO₂-ekv. Hiilidioksidiekvivalentti

FIFO First In First Out, ensimmäisenä sisään ensimmäisenä ulos

GHG Greenhouse gases, kasvihuonekaasut

HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut

1 Johdanto

Opinnäytetyö tehdään suomalaiselle lentoyhtiölle, joka tuottaa, kehittää ja toimittaa lentoateriapalveluita Helsingissä reitti- ja liikelentoja sekä rahtiliikennettä operoiville lentoyhtiöille. Lentoateriapalveluiden lisäksi yhtiö tarjoaa lentokoneemyyntiin kattavan valikoiman erilaisia elintarvikkeita, kuten virvokkeita ja välipaloja. Yrityksellä on tavoitteena huomioida vastuullisuus ja ympäristönäkökulmat kaikissa toiminnoissaan ja päätöksenteossa. Kohdeyrityksen osalta materiaalien kiertotalous on yksi keskeisimmistä osa-alueista. Emoyrityksen pitkän tähtäimen tavoitteena on hiilineutraali lentäminen 2045 vuoteen mennessä. Yritys on myös sitoutunut Yhdistyneiden kansakuntien kestävä kehityksen 17 tavoitteeseen. Yksi vahvasti projektiin liittyvä tavoite on tavoite 12 eli vastuullinen kuluttaminen. Tavoitteeseen kuuluu muun muassa hävikin vähentämistä sekä kestävä jätteiden käsittelyn varmistamista.

Yrityksessä on jo vuosia systemaattisesti seurattu ja vähennetty syntyvää ruoka- ja juomajätettä sen suurten ympäristövaikutusten vuoksi. Ruoka- ja juomahävikki puolitettiin tavoitekauden 2018–2020 aikana ja lahjoituskäytäntöjä hyväntekeväisyyteen vahvistettiin. Vuosina 2020–2022 ruoka- ja juomahävikkiä vähennettiin vielä 30 %, mutta nestemäisen jätteen hävikki yrityksessä ei ollut vähentynyt yhtä selvästi kuin muiden tuotteiden hävikki. Tästä syystä yritys halusi selvittää nestemäisen jätteen hävittämisvaihtoehtoja.

Yrityksen tuotannon monivaiheisessa prosessissa syntyy paljon hävikkiä, josta osa on nestemäistä. Tämän osalta yrityksessä haluttiin tutkia, millaisia vaihtoehtoja nestejätteen hävittämiselle on sekä millaisia ympäristövaikutuksia niillä olisi. Sen lisäksi pohdittaisiin, kuinka voitaisiin mahdollisesti hyödyntää nestehävikkiä, niin ettei se päätyisi jätteeksi. Projektissa tarkastellaan yrityksen nykyistä tilannetta ja nestejätteiden hävitystapaa, jotta nykyistä hävitystapaa voidaan vertailla muihin hävitysvaihtoehtoihin. Työssä hyödynnettiin sekä yrityksen sisäisiä asiantuntijoita että ulkoisia yhteistyökumppaneita ja viranomaisia.

2 Yrityksen nykytilanne

2.1 Nestemäisen hävikin määrät

Tarkastellessa vuotta 2022 nestemäisen lentotarjoilujätteen hävikin määrä varastoinnin aikana oli noin 12 000 kg ilman pakkauksia ja pakkauksineen noin 15 000 kg. Nestemäisen jätteen osuus on jopa 1/3 yrityksen varastoinninaikaisesta jätteestä. Määrä on merkittävä, kun huomioidaan, että edellä mainittu jätteen määrä on syntynyt pelkästään yrityksen varastointi- ja myyntipakkauspuolelta. Nestemäisen lentotarjoilujätteen kokonaismäärää ei voida määrittää, sillä osa hävitetään jo lennon aikana lavuaareihin ja osa hävitetään kohdeyrityksen tiloissa muun jätteen mukana tai viemäroidään mittaamatta.

Vuoden 2022 hävikkidatasta saadaan selville, että noin 51 % nestemäisestä hävikistä on mietoja juomia, eli yli 0 til-%, mutta alle 22 til-% sisältäviä alkoholeja. Miedoista juomista suurin osa on erilaisia valko- ja punaviinejä, loput oluita ja cocktaileja eli juomasekoituksia. Noin 48 % hävikeistä on alkoholittomia juomia eli lähinnä virvoitusjuomia ja vettä sekä pieniä määriä mehuja. Väkevien eli yli 22 til-%, mutta alle 80 til-% sisältävien alkoholien määrä oli vain alle 0,5 %.

2.2 Hävikin syyt

Kun hävikkiä syntyy varastointivaiheessa, syynä on yleensä erääntynyt päiväys ja se, että tuotetta ei ole kulunut odotettuun tahtiin tai odotettuja määriä. Joskus syynä voi myös olla, että toimitetut tuotteet ovat jo saapuessa lähellä eräpäiväänsä tai tuotteita on toimitusketjussa toimitettu tai yrityksessä käytetty FIFO-periaatteen (First In First Out) vastaisesti. Inhimillisiä arviointivirheitä sattuu yleensä uusien tai sesonkituotteiden kohdalla, kun ei ole osattu arvioida tuotteen kysyntää oikein. [1.] Sen lisäksi on mahdollista, että valmistajan virheestä johtuen tuote-erä on viallinen. Esimerkiksi vuonna 2022 tuli noin 3 500 kg hävikkiä yhden tuotteen kohdalla, sillä sen erän kohdalla oli tullut valmistusvirhe. Tuote oli täytetty liian täyteen, minkä myötä lentojen aikainen paine-ero sai pulot ylivuotamaan niitä avatessa. [2.] Joidenkin tuotteiden kohdalla valmistajalla

on ollut haasteita saada vakiopakkausmateriaalia koronapandemian takia, joten on saatettu joutua karsimaan pakkauksen laadusta hieman, mikä on johtanut kasvaneeseen hävikkiin vuotavien ja rikkoutuvien pakkausten myötä [1].

Monien viinituotteiden kohdalla on ollut ongelmia korkin kanssa, kuten korkkien vuotamisen tai rikkoontumisen suhteen. Korkit eivät siis aukea halutulla tavalla vaan jäävät pyörimään tyhjää. Vuotamiset ovat ikäviä, sillä ne usein saavat muut samassa kaukalossa olevat tuotteet kosteiksi ja tahmeiksi, minkä myötä tuotteet saatetaan poistaa tarjoiltavista. Korkkien rikkoontuessa riippuen miehistöstä jotkut yrittävät saada korkin irti esimerkiksi pihdeillä. Näin voidaan vähentää hävikkiin meneviä tuotteita, mutta tapa heikentää työturvallisuutta. [1].

Lisäksi tuotteita on jouduttu poistamaan ulkonäkövirheen takia, esimerkiksi jos pakkauksessa on etikettiliima levinnyt hieman etiketin ulkopuolelle tai ylipäättänsä varastoinnin tai valmistuksen aikana tullut roiskeita tai lommoja. Yrityksen sisällä on ohjeistettu pakkaajia myyntikunnostamaan tuotteita, mikäli siihen pysyvät tai kerkeävät. Tällä hetkellä myyntikunnostaminen on aika yksilöllistä ja epätasaista, sillä se on jokaisen työntekijän oman päätännän varassa. [2.]

Itse tuotteeseen liittymätön hävikin syntymisen syy on esimerkiksi tuotteiden huono pakkaaminen. Kaukalot on voitu täyttää liian ahtaasti, jolloin yllä oleva kaukalo vahingoittaa tuotetta. Kylmiä juomia jäähdyttävät jäälevyt on laitettu liian lähelle alumiinitölkkejä, minkä myötä tölkit ovat rypistyneet ja laajentuneet. Sen lisäksi tuotteita purkaessa on voitu avata pahvilaatikot tai muovikäareet veitsellä liian syvältä, minkä myötä tuotteiden pakkaukseen on voinut tulla viiltoja tai reikiä. [2.]

3 Jätevedenpuhdistus

Jäteveden puhdistuksen periaatteena on tehdä jätevedestä ympäristölle turvalliseksi poistamalla haitalliset aineet niin, että niiden laskeminen vesistöihin ei ole vaarallista. Jätevesien puhdistusprosessissa syntyy sivutuotteena biokaasua ja lietettä.

Jätevedenpuhdistuksen prosessivaiheet ovat

- esikäsittely
 - (a) välppäys
 - (b) hiekanerotus
 - (c) esi-ilmastus
- esiselkeytys
- ilmastus
- jälkiselkeytys
- biologinen suodatin [3, s. 9].

Näitä vaiheita avataan tarkemmin seuraavassa osiossa.

Jätevedenpuhdistusprosessiin tarvitaan monen eri menetelmän yhdistelmää, esimerkiksi mekaanista, biologista ja kemiallista. Näiden menetelmien avulla vedestä saadaan vesistölle turvallisempaa poistamalla roskia ja suuri osa orgaanisesta aineesta sekä orgaanisen aineen mukana oleva typpi ja fosfori. Puhdistusprosessissa poistettavat orgaaniset aineet voivat aiheuttaa ympäristölle erilaisia haittoja, kuten happikatoa vesiekosysteemeissä. Vesistöille erityisen haitallista olisi typen ja fosforin päätyminen vesistöihin, sillä nämä kyseiset aineet edistävät runsaasti vesistöjen rehevöitymistä ja sitä myötä vaikuttavat vahvasti vesistön ekosysteemin rakenteeseen. [4.]

3.1 Jätevedenpuhdistusprosessi

HSY:n (Helsingin Seudun Ympäristöpalvelun) Viikinmäen jätevedenpuhdistuslaitoksen puhdistusprosessi alkaa mekaanisella välppäyksellä, eli jätevesi ajetaan säleikön läpi, joka suodattaa välppiin jäävän kiinteän materiaalin pois vedestä. Sen jälkeen jätevesi menee hiekanerotusaltaaseen, jossa raskas aine ja hiekka laskeutuvat pohjalle ja vedestä poistetaan sekä erotetaan rasva. [3, s. 10.]

Esi-ilmastusvaiheessa jäteveteen lisätään ferrosulfaattia ($FeSO_4$), joka saa fosforin saostumaan helpommin poistettavaan muotoon. Tällä kemiallisella

menetelmällä saadaan saostettua noin 97 % jäteveden fosforista sakaksi, joka poistuu lietteen mukana jatkokäsittelyyn [5]. Puhaltamalla prosessiin ilmaa saadaan saostuskemikaalit sekoittumaan paremmin ja näin pystytään edistämään kemiallisia ja biologisia prosesseja [6].

Esiselkeytysaltaissa jätevesi poistuu ylivuotokourujen kautta niin, että suuri osa jäteveden kiinteästä aineksesta laskeutuu pohjalle. Osa fosforista saadaan tämän kiintoaineen mukana poistettua lietteen mukana jatkokäsiteltäväksi. [7.] Riippuen onko tuleva jätevesi hapanta vai emäksistä, esiselkeytysvaiheessa saatetaan lisätä kalkkia (CaO) tai rikkihappoa (H_2SO_4), jotta jäteveden pH saadaan halutulle tasolle eli noin arvoon 6,5–7,5 [8, s. 19]. Veden alkaliniteetin eli veden puskurikyvyn tai hapon sitomiskyvyn parantamiseksi voidaan lisätä sammutettua kalkkia ($Ca(OH)_2$). Tämä tarkoittaa, että vesiliuoksessa olevat emäkset kykenevät neutraloimaan siihen lisätyt hapot. [9, s. 4.]

Ilmastusaltaassa, eli aktiivilieteprosessissa, tapahtuu biologinen käsittely, jossa ammoniumtyppi hapettuu nitraattitypeksi (NO_3), joka pelkistyy ilmakehään poistuvaksi typpikaasuksi (N_2). Aktiiviliete koostuu mikrobeista ja muusta biomassasta. Ilmastuksen myötä aktiivilietteen bakteerit kasvavat ja kuluttavat samalla jäteveden typpeä. Typenpoistamista tehostetaan vielä lopussa biologisilla suodattimilla, minkä ansiosta saadaan poistettua suurin osan jäteveden tyyppistä [10.]

Jälkiselkeytysaltaissa aktiivilietteessä kasvaneen biomassan annetaan laskea altaiden pohjalle, mistä ne poistetaan palautuslietteenä ilmastusaltaan alkupäähän. Jälkiselkeytyksen jälkeen typenpoistamista tehostetaan vielä lopussa biologisilla suodattimilla, missä denitrifikaatiota, eli nitraattien tai nitriittien muuttamista typpikaasuksi, tehostetaan lisäämällä metanolia. [10.]

3.2 Viemäroinnin vaikutukset

Yksi yleinen tapa käsitellä nestemäistä biojätettä on viemärointi, jonka kautta biojäte kulkeutuu jätevedenpuhdistamoihin. Biokaasun ja bioetanolin tuotantoon

verrattuna viemärointi on usein yrityksille yksinkertaisin menettelytapa. Suurin osa jätevesistä kulkeutuu suoraan putkistoja pitkin lähimpään puhdistuslaitokseen, joten jätteen kuljetuksesta ei aiheudu samaan tapaan päästöjä kuin kahdesta muusta vaihtoehdoista. Jäteveden puhdistuksen sivuvirroista voidaan valmistaa myös biokaasua puhdistamon omaan käyttöön, jolloin ei tarvita ollenkaan tai ainakaan yhtä paljon ulkopuolista energiaa. Puhdistamoilla voidaan myös hyödyntää lämmöntuotantolaitoksia ja kerätä talteen puhdistusprosessissa muodostuvaa lämpöä. [11.] On hyvä huomioida, että jätevedenpuhdistusprosessissa käytetään erilaisia kemikaaleja, joiden valmistus aiheuttaa lisäpäästöjä itse puhdistukseen käytettävän energian lisäksi.

Jätevedenpuhdistusprosessin sivutuotteena syntyvä biokaasu yleensä hyödynnetään jo jätevedenpuhdistamojen omissa prosesseissa. Biokaasun jalostusarvoa pystytään maksimoimaan myös pidemmälle, jos sitä jalostetaan ajoneuvo-polttoaineeksi tai lämmöntuottoa varten [12, s. 18]. Puhdistusprosessin lopussa olevaa lietettä voidaan myöskin jalostaa esimerkiksi mullaksi, joka tukee kierto-talouden tavoitetta. Yhden kuution jäteveden prosessoinnin hiilijalanjälki on ar-vion mukaan noin 0,5–0,8 CO₂-ekv. (hiilidioksidiekvivalenttia). Tähän lukuun on otettu huomioon koko jäteveden elinkaari, eli hiilijalanjäljestä on vähennetty bio-kaasun tuottamat hyödyt [13, s. 49].

Virvoitusjuomien ja alkoholipitoisten juomien viemärointi on hyväksyttävää, jos määrät eivät ylitä paikallisen vedenkäsittelylaitoksen määrittelemää raja-arvoa. Pienet määrät alkoholi- ja virvoitusjuomia ei aiheuta sen suurempia haittoja, sillä ne sekoittuvat muun jäteveden kanssa niin, että vedenkäsittelylaitokselle saapu-van jäteveden pH ei ole liian matala. Jäteveden pH-luvun raja-arvo Helsingin seudun ympäristöpalveluiden alueella on 6,0–11,0 [14]. Jätevedenlaitoksella nestemäinen jäte saattaa aiheuttaa myös hajuhaittoja. Suurien määrien virvoi-tusjuomien ja alkoholipitoisten juomien viemärointi voi myös pikkuhiljaa aiheut-taa orgaanisen jätteen kertymisen putken sisäpintaan ja häiritä veden virtausta. Kiinni oleva orgaaninen jäte alkaa mätänemään tuottaen rikkivetyä, joka hau-rastuttaa putkia. Pahimmassa tapauksessa putki syöpyy tai tukkiutuu niin pa-hasti, että voi aiheutua suurempia vesivahinkoja. [15.] Myös viemärointipaikan

hygieenisuus kärsii pahasti, kun on avoin viemäri, joka houkuttelee hyönteisiä paikalle.

Operatiivisen työn näkökulmasta viemäröinti on todella aikaa vievää, kun jokainen pullo joudutaan avaamaan käsin, tyhjentämään ja kierrättämään. Sen lisäksi on myös työturvallisuusnäkökulma, kun joudutaan käsittelemään erilaisia materiaaleja käsin, etenkin lasipullojen ja metallikorkkien kohdalla. Pulloja avatessa voi helposti saada viiltoja. [2.]

4 Biokaasu

Biokaasu syntyy mikrobien hajottaessa orgaanista ainetta hapettomissa olosuhteissa. Se koostuu lähinnä hiilidioksidista (CO₂) ja metaanista, joiden suhde riippuu valmistusprosessista ja työstettävästä biomassasta. Metaania on biokaasussa yleensä noin 50–70 % ja hiilidioksidia noin 30–50 %. Loput aineet ovat muun muassa happea, vetyä, vettä, rikkivetyä ja ammoniakkia. Biokaasua käytetään Suomessa lähinnä lämmön ja sähkön tuotantoon ja osa tieliikenteen polttoaineena. [16.]

Biokaasua voidaan valmistaa märkä- tai kuivaprosesseilla, mutta märkäprosessi on näistä yleisempi ja tunnetumpi [17]. Biokaasun valmistusprosessissa voidaan hyödyntää monipuolisesti erilaista biohajoavaa ainesta. Biomassaksi sopii lähes kaikki eloperäinen materiaali paitsi puuperäinen aines sellaisenaan. Biokaasun valmistamiseen voidaan hyödyntää esimerkiksi biojätettä, jätevesilietettä, lantaa ja teollisuuden sivuvirtoja, kuten leipomojätettä. [18.]

4.1 Biokaasun valmistus

Biokaasun valmistus alkaa raaka-aineen valmistelemisellä, eli kiinteä jäte murskataan mahdollisimman tasaiseksi massaksi. Sen jälkeen massa lietetään, niin että kiinteää ainesta on noin kymmenesosa kokonaisvolyymista. Liettäminen tarkoittaa nesteiden lisäämistä biomassaan, jotta sitä olisi helpompi käsitellä mädätysprosessissa. Massasta erotetaan samalla biohajoamattomat jätteet, kuten

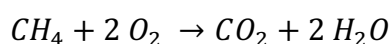
pakkausmuovit, jotka viedään poltettavaksi lämmön ja sähkön saamiseksi. Tähän massaun sekoitetaan laitokselle jo lietteenä tulleet biomassat, esimerkiksi jätevedenpuhdistamoiden lietteet, jonka jälkeen ne viedään esimädätysäiliöihin. Siellä bakteerien erittämien entsyymien avulla biomassa muuntuu entistä tasaisempaan muotoon. Ennen biokaasureaktoriin pumpaamista massa käy läpi hygienisoinnin eli massa lämmitetään tunniksi yli 70 asteen lämpöiseksi, jotta haitalliset bakteerit kuolisivat. Sen jälkeen biomassa pumpataan pääreaktoriin, jossa varsinainen biokaasun muodostuminen tapahtuu. [19.]

Bioreaktorissa tapahtuvassa mädätysprosessissa tapahtuu neljä vaihetta, jotta orgaaninen aine saadaan muunnettua biokaasuksi. Ensimmäisessä hydrolyysivaiheessa tietyt bakteerit hajottavat orgaanisten polymeerien, kuten hiilihydraattien, proteiinien ja lipidien molekyylit jätet pienemmiksi partikkeleiksi eli sokereiksi, aminohapoiksi ja pitkäketjuisiksi rasvahapoiksi. Näin seuraavat mikrobit voivat prosessoida massan paremmin ja helpommin. Asidogeneesi- eli happokäymisvaiheessa haponmuodostajabakteerit muuttavat yksinkertaiset sokerit ja aminohapot hiilidioksidiksi, vedyksi, orgaanisiksi hapoiksi ja ammoniakiksi. Kolmannessa asetogeneesivaiheessa asetogeneettiset bakteerit hajottavat reaktiotuotteet asetaateiksi, hiilidioksidiksi ja vedyksi. Viimeisessä mädätysprosessin vaiheessa, eli metanogeneesissä, metanogeenit muuntavat edellisissä vaiheissa muodostuneet välituotteet metaaniksi ja hiilidioksidiksi. [20.]

Kaasuaineet puhdistetaan lopuksi epäpuhtauksista ja hiilidioksidista. Jäljelle jäänyt massa, joka sisältää materiaaleja, mitä mikrobit eivät pysty käsittelemään ja kuolleita mikrobeja, viedään jatkokäsittelyyn. Massa voidaan johtaa jälkimädätysreaktoriin käsiteltäväksi, jolloin se sopii hyvin peltojen kierrätyslannoitteiksi tai se voidaan viedä linkoukseen, jossa neste ja kiinteä osa erotetaan toisistaan. Kiinteää mädätysjännöstä voidaan hyödyntää lannoitteena tai jälkiprosessoinnin avulla myös multana. Linkoamisesta erotettua nestettä hyödynnetään liettämiseen, jotta voidaan vähentää puhtaan veden käyttöä. [19.]

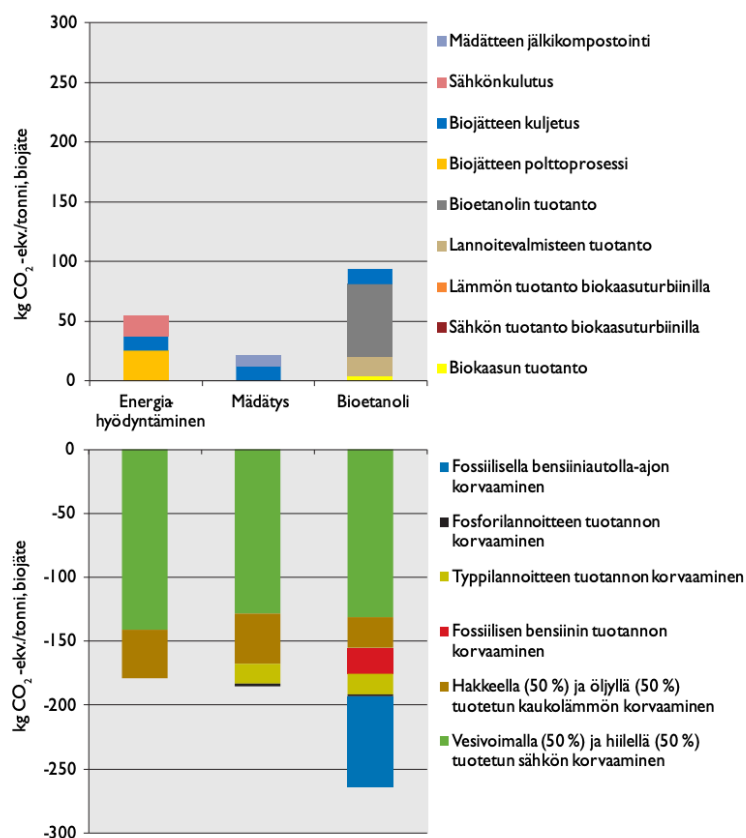
4.2 Nestemäisen jätteen ympäristövaikutukset

Biokaasun ympäristöystävällisyydestä on monia mielipiteitä ja kantoja, mutta yleisesti sitä pidetään huomattavasti ympäristöystävällisempänä kuin öljypohjaisia polttoaineita ja luonnon maakaasua. Euroopan biokaasuyhdistyksen teettämän tutkimuksen mukaan biokaasulla ja biometaanilla on potentiaalia vähentää maailman kasvihuonekaasuja (GHG) 10–13 %. EU-maiden fossiilipolttoaineisiin verrattuna biokaasun valmistaminen voi vähentää kasvihuonekaasuja jopa 240 % ja biometaanin valmistus jopa 202 %. [21.] Biokaasu on uusiutuvaa energiaa toisin kuin uusiutumattomat fossiilipohjaiset polttoaineet ja sen avulla voidaan olla vähemmän riippuvaisia rajallisista fossiilipolttoaineista, kuten öljystä ja kivihiilestä. Fossiilisten polttoaineiden korvaamisen lisäksi biokaasu vähentää päästöjä estämällä metaanin leviämistä ympäristöön lannasta, tuottamalla viherrannoitteita ja mahdollistamalla hiilen uudelleenkäyttö. Biokaasu on todella monikäyttöinen ja helppo raaka-aine, sillä sen voi syöttää suoraan kaasuverkkoon ilman tarvetta muuttaa verkkoinfrastruktuuria tai käyttäjien kulutuslaitteita. [21.] Biokaasun valmistusprosessi myös lieventää biomassan kasvihuonepäästöjen vaikutuksia muuntamalla metaania hiilidioksidiksi, joka on metaania yli 25 kertaa heikompi kasvihuonekaasu. Metaanin muuntuminen hiilidioksidiksi kuvataan seuraavassa reaktioyhtälössä [22].



Biokaasun valmistuksessa myös syntyy sivutuotteina kierrätyslannoitetta tai multaa, jolloin biomassaa pystytään hyödyntämään tehokkaammin ja pidemmälle biokaasun valmistuksen jälkeenkin. Yhdessä ympäristöministeriön vuonna 2016 julkaisemassa raportissa mädätyksen, energiahyödyntämisen ja biopolttoaineen tuotannon elinkaarenaikaisiin ympäristövaikutuksiin liittyen mainittiin, kuinka erään tuotantolaitoksen mädätysprosessilla valmistetun biokaasun hyötysuhde on 85 %, josta sähkön osuus on 39 % ja lämmön osuus 61 % [23, s. 20].

Kuten kuva 1 osoittaa, mädätyksellä valmistetussa biokaasussa prosessin suurimpien päästöjen aiheuttajat ovat biojätteen kuljetus ja mädätteen jälkikompostointi.



Kuva 1. Biojätteen käsittelyvaihtoehtojen ympäristövaikutukset hiilidioksidiekvivalenteina, eriteltynä elinkaarivaiheittain [23, s. 26].

Kuvassa 1 ei näy mädätyksen kohdalla lämmön ja sähkön tuotantoa biokaasuturbiinilla tai sähkönkulutusta, sillä siinä oletetaan, että biokaasulaitos hyödyntää itse tuottamaansa sähköä ja lämpöä valmistusprosessissaan. Ylijäämät myydään ulkopuolisille, eikä valmistusprosessissa oleteta käytettävän apuaineita, toisin kuin bioetanolin kaasulaitoksessa. Mädätteen jatko-prosessointi lannoitteeksi ja mullaksi aiheuttavat lisäpäästöjä, mutta sen hyötyjen painoarvo on suurempi. [23, s. 26] Gasumin biokaasulaitoksen tuottama hiilijalanjälki on 19,7

CO₂ -ekv./MJ. Tähän lukuun on otettu huomioon kaikki jäte, josta on tehty bio-
kaasua, eli nestemäisen jätteen hiilijalanjälki ei ole eritelty. [24.]

5 Bioetanoli

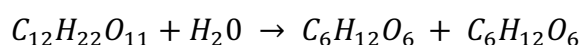
Bioetanoli on nestemäinen biopolttoaine, jota voidaan valmistaa monesta raaka-
aineesta fermentoinnin avulla. Sitä voidaan valmistaa eri teollisuudenalojen, ku-
ten elintarvike- tai metsäteollisuuden jätteistä ja sivuvirroista. Bioetanolin val-
mistukseen kelpaa muun muassa

- leipomoiden prosessitähteitä
- vähittäiskaupan ylijäämäleivät ja lajiteltu biojäte
- panimoiden ja virvoitusjuomatuotannon jätteet [25].

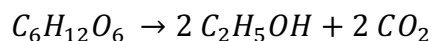
Biokaasun tapaan bioetanolin valmistus perustuu orgaanisten aineiden hajotta-
miseen mikrobien avulla hapettomissa olosuhteissa. Näin prosessista saadaan
bioetanolia ja sivutuotteina lämpöä, energiaa tai rehua riippuen raaka-aineesta.
[25.] Bioetanolia voidaan valmistaa monella eri tavalla, mutta tässä työssä käy-
dään läpi hiilihydraattipitoisten jätteen fermentoinnilla valmistettua etanolia.

5.1 Elintarvikejättepohjaisen bioetanolin valmistus

Bioetanolin valmistusprosessin alussa saapuva raaka-aine esikäsitellään eli se
homogenoidaan tasaiseksi massaksi jauhamalla. Sen lisäksi poistetaan proses-
siin kuulumattomat asiat, kuten muovikääreet ja -pakkaukset. Tämän jälkeen
massa käy läpi hydrolyysivaiheen, jossa lisätään massan sekaan lämmintä
vettä ja entsyymejä. Entsyymit ovat katalyyttejä, jotka tehostavat ja nopeuttavat
reaktioita. Näin biomassan tärkeimmät sokerit saadaan pilkkoutumaan pie-
nemiksi monosakkarideiksi. Esimerkiksi seuraavassa reaktioyhtälössä on ku-
vattu sakkaroosin pilkkoutumista katalyyysin avulla fruktoosiksi ja glukoosiksi.



Ennen varsinaista fermentointia, massa viilennetään sopivan lämpöiseksi. Näin voidaan taata mahdollisimman optimaalinen ympäristö lisättävälle hiivalle ja entsyymeille. Seuraavassa reaktioyhtälössä kuvataan, miten fermentointivaiheessa monosakkaridista syntyy hiilidioksidia ja etanolia.



Sivuvirtana muodostunut hiilidioksidi kerätään ja puhdistetaan, kun taas muu massa käy läpi vielä tislausvaiheen. Tislausvaiheessa etanoli saadaan erotettua muusta massasta, joka sitten konsentroidaan ja kuivataan, jotta saadaan yli 96 % puhtaampaa bioetanolia eli absolutoitua etanolia. Jäljelle jäänyt tislusjäte, eli mäski, voidaan hyödyntää esimerkiksi rehuna tai biokaasun tuotannon raaka-aineena. [26.]

5.2 Bioetanolin ympäristövaikutukset

Kuten kuvassa 1 näkyy (luku 4.2), bioetanolin valmistaminen kokonaisuudessaan aiheuttaa enemmän päästöjä kuin mädättämällä tuotettu biokaasu, mutta sen tuomat hyödyt voivat olla parempia. Bioetanolin prosessissa valmistuvalla biokaasulla voidaan korvata epäympäristöystävällisempiä lämmön ja sähkön tuotantotapoja. Sen lisäksi voidaan vähentää fossiiliperäisen polttoaineen tarvetta ja sitä myötä pienentää fossiilisen bensiinin valmistuksesta aiheutuvia päästöjä sekä fossiiliperäisellä bensiinipolttoaineella kulkevista ajoneuvoista aiheutuvia päästöjä. Ympäristöministeriön tekemän raportin mukaan tonni etanolia voi korvata noin 0,6 tonnia bensiiniä [23, s. 19]. Etanolin tuotantoprosessissa syntyneen biokaasun hyötysuhde on taas noin 80 %, josta sähköntuotannon osuus on noin 49 % ja lämmöntuotannon noin 51 % [23, s. 18].

Biojätteen käsittelytapojen vertailussa suurimmat ilmastonmuutosvaikutukset aiheutuivat bioetanolin tuotantovaiheessa energiankulutuksen, kemikaalien ja entsyymien takia [23, s. 27] Etanolin tislaminen ja väkevöintiprosessi kuluttaa suhteellisen paljon energiaa [12, s. 19]. Sen lisäksi sivutuotteiden jatkojalostaminen ja biokaasun tuottaminen aiheuttaa päästöjä, sillä kyseisiin prosesseihin

tarvitaan energiaa ja apuaineita, joiden valmistus aiheuttaa lisäpäästöjä. Kuten mädättämällä valmistetussa biokaasussa, itse biomassan kuljetus aiheuttaa jonkin verran päästöjä. [23, s. 27–28] Biojätteestä valmistetun bioetanolin hiilijalanjälki riippuu pääasiassa tuotantoon käytetyn energian hiilijalanjäljestä, koska bioetanolin tuotantoon vaadittava energiamäärä on suuri.

6 Eri nestejätetyyppien ominaisuudet

Nestemäisen jätteiden ominaisuudet vaikuttavat hävittämismuotoihin. Kuten aiemmin mainittiin, biokaasun ja bioetanolin valmistus pohjautuu orgaanisen aineen hajottamiseen, joten hiilihidraattien määrä nestejätteessä vaikuttaa olennaisesti prosessin toimintaan. Sen lisäksi pH-arvo vaikuttaa muun muassa reaktioihin ja mikrobien toimintaan.

6.1 Viinit

Viinit, eli viinirypäleistä valmistetut juomat, jaotellaan yleensä neljään tyyppiin: valko-, puna-, kuohu- ja roseeviineihin. Yleisesti viinit sisältävät noin 12,5–15 % alkoholia, joka on muodostunut sokerin käymisestä hiivan avulla [27]. Viinirypäleen sisältämä sokerin määrä riippuu sen kypsyyssasteesta, eli mitä kypsempi rypäle on sen suuremman sokeripitoisuuden se tuottaa. Mikäli rypäleet ovat luonnollisesti vähäsokerisia, saatetaan viiniin lisätä sokeria ennen käymistä tai sen aikana. Tätä menetelmää kutsutaan chaptalisoinniksi, jolla pyritään nostamaan alkoholipitoisuutta. Riippuen millaista viiniä halutaan valmistaa, sokerin käymistä kontrolloidaan, jolloin kaikki sokeri ei muunnu alkoholiksi. Jäljelle jäänyttä sokeria kutsutaan jäännössokeriksi.

Viinien makeusasteet yleisesti ovat makean, puolimakean, puolikuivan ja kuivan välillä:

- makea: sokeria enemmän kuin 45 g/l
- puolimakea: sokeria enemmän kuin 12 g/l, mutta enintään 45 g/l
- puolikuiva: sokeria enintään 12 g/l

- kuiva: sokeria enintään 4 g/l. [28.]

Kuohuviini

Kuohuviinit jaotellaan makeusasteensa mukaan hieman eri tavalla. Edellisen listan neljän erittelytyypin lisäksi on erittäin kuiva makeusaste. Sen lisäksi makeusasteiden sisältämät sokeripitoisuudet ovat erilaiset kuohuviineissä kuin muissa viineissä:

- makea: sokeripitoisuus yli 50 g/l
- puolimakea: sokeripitoisuus 32–50 g/l
- puolikuiva: sokeripitoisuus 17–32 g/l
- kuiva: sokeripitoisuus 12–17 g/l
- erittäin kuiva: sokeripitoisuus 0–12 g/l. [28.]

Väkevöidyt viinit

Väkevien viinien alkoholipitoisuus on tyypillisesti 15–22 %. Näitä viinejä on väkevöity, eli niihin on lisätty alkoholia tietyissä valmistusvaiheissa, joko käymisen aikana, jonka myötä käyminen keskeytyy ja juomaan jää ominainen makeus tai tuotannon loppuvaiheessa, jolloin syntyy erityisen kuivaa viiniä. [29] Väkevöityjen viinien sokeripitoisuus on yleensä noin 100 g/l, mutta joissain tuotteissa sokeripitoisuus voi olla yli 200 g/l [30].

6.2 Oluet

Oluet sisältävät yleensä paljon hiilihydraatteja. Esimerkiksi vahvassa 7,5–8-prosenttisessa oluessa on sokeria jopa 61 g/l ja 4,5-prosenttisessä keskioluessa on sokeria noin 41 g/l [31]. Määrä on huomattava verrattuna mietoihin puna- ja valkoviineihin. Oluessa löytyy myös alkoholittomia ja vähäsokerisia vaihtoehtoja, joiden hiilihydraattipitoisuus on pienempi.

6.3 Virvoitusjuomat

Virvoitusjuomat voivat olla sokerittomia tai sokerilla makeutettuja. Sokerittomissa virvoitusjuomissa on käytetty keinotekoisia makeutusaineita, kuten aspartaamia, sukraloosia ja asesulfaamia. Sokeria sisältävissä juomissa on taas makeuttajina esimerkiksi sakkaroosi, glukoosi eli rypälesokeri tai fruktoosi eli hedelmäsokeri. Sokeria sisältävissä juomissa sokerin määrä on noin 35-120 g/l välillä riippuen tuotteista. Maustetut kivennäisvedet sisältävät huomattavasti vähemmän sokeria kuin limonadit. Esimerkiksi Novelle Plus ananas & passion -juoma sisältää sokeria 35 g/l ja Coca-Cola-juomassa on sokeria jopa 106 g/l [32; 33]. Fosforin määrät virvoitusjuomissa ovat kasvaneet huomattavasti lisäaineiden kasvun seurauksena, mutta vaihtelevat huomattavasti eri tuotteiden välillä [34].

6.4 Juomien pH-arvot

Juomien pH-arvot vaihtelevat tuoteryhmästä ja tuotteesta riippuen, mutta luku liikkuu noin 2-7 välillä eli happaman puolella. Monissa juomissa on erilaisia happoja luonnostaan tai lisätynä. Hedelmät sisältävät luontaisesti happoja ja juomiin monesti lisätään esimerkiksi sitruunahappoa (E330), askorbiinihappoa (E300) tai fosforihappoa (E338), jotka usein toimivat happamuudensäätöaineena. Sen lisäksi hiilihappojen lisääminen juomiin alentaa myös pH-arvoa. [35.]

Eri tuoteryhmien pH-arvot:

- viini noin 3–4
- virvoitusjuomat noin 3–4
- oluet noin 4–4,5
- hiilihapotettu lähdevesi noin 4–5
- kivennäisvedet noin 4,5–5,5
- lähdevesi noin 6–7. [35, s. 6; 36].

6.5 Orgaaninen aines, typpi ja fosfori

Alkoholi- ja virvoitusjuomien typpi ja fosfori tulee usein lisäaineiden kautta. Väriaineissa, happamuudensäätö-, stabilointi- ja säilöntäaineet voivat sisältää typpeä ja fosforia. Esimerkiksi foolihappo sisältää fosforia, aspartaami ja sokerikuulööri (E150a) typpeä. Juomat sisältävät paljon orgaanista ainetta muun muassa korkean hiilihydraattipitoisuuden ja lisäaineiden myötä. Näiden perusteella yrityksen nestehävikin orgaanisen aineksen, typen ja fosforin määrä on korkeampi kuin normaalissa asumajätevedessä. Esimerkiksi kolajuomassa fosforia on keskimäärin 150–200 mg/l ja lain mukaan jäteveden käsittelyn jälkeinen kokonaisfosforin pitoisuus täytyy olla alle 1 mg/l HSY:n toimialueella. [37; 38.]

7 Alan yritysten menetelmät sekä asiantuntija- ja yrityshaastattelut

Yhtenä tapana lähestyä päätöstä parhaasta hävittämistavasta on katsoa, miten muut yritykset, joilla tulee myös suhteellisen paljon alkoholi- ja virvoitusjuoman hävikkiä, ovat ongelmansa ratkaisseet. Tällaisia ovat muun muassa Alko, joka on Suomen valtion omistama juomien vähittäismyyjä, ja Hartwall, virvoitus- ja alkoholijuomien valmistaja.

7.1 Hartwall

Suuri virvoitus- ja alkoholijuomien valmistaja, Hartwall, on SBTi eli Science Based Targets initiative -hankkeessa mukana. Myös kohdeyrityksen emoyritys on kyseisessä hankkeessa mukana. Hankkeen tavoitteena on pitää maapallon lämpötilan nousu alle 1,5 asteessa eri päästövähennyskohteilla. Hartwallin tavoitteena on puolittaa koko arvoketjunsä päästöt vuoteen 2030 mennessä ja yhtenä ratkaisuna on fossiilipohjaisen maakaasun käytöstä siirtyminen biokaasuun. [39.] Hartwallin Lahden-tehtaan yhteydessä on jo oma biokaasulaitos, jossa valmistetaan panimon mäskistä energiaa ja ylijäävästä rejektistä lannoitetta, jota hyödynnetään lähipelloilla. Mäskipohjaisen lannoitteen typpi ja fosfori

on kasveille helpommin käytettävässä muodossa verrattuna eläinperäiseen lannoitteeseen. [40.]

Konsernitasolla pakkausmateriaalit ovat olleet suurin yksittäinen päästölähde Hartwallilla, joka kattaa jopa kolmasosan päästöistä. Yritys on tehnyt päätöksen ja töitä sen eteen, että vuoden 2023 loppuun mennessä kaikki pullovalmistetaan kierrätettäväksi ja kierrätysmuovista. Suomessa valmistettavien Pepsi-juomien pullovalmistus vaihdettiin rPET-pulloihin, eli kierrätysmuovista valmistettaviin pulloihin jo vuonna 2022. Kierrätysmuoviin siirtyminen vaikutti tuotteen hiilijalanjälkeen huomattavasti. Yksistään tuotteen siirtyminen rPET-pulloihin vähensi juomien hiilijalanjälkeä 40 %. [41.] Tämän lisäksi Hartwall on tehnyt töitä muovipullojen keventämiseksi. Vähennys pulloa kohden on pieni, esimerkiksi 0,33 litran pullossa 1,5 gramman kevennys, mutta vaikutukset huomattavat. Vuonna 2019 tehdyt kevennykset säästivät lähes 115 000 kiloa muovia. Säästetyllä muovimäärällä pystyttäisiin valmistamaan yli kolme miljoonaa 1,5 litran pulloa. [42.]

7.2 Alko

Alkon nesteiden hävikkimäärä oli vuonna 2021 yhteensä noin 230 000 litraa [43]. Alkon ilmoittama hävikkimäärä on verrannollinen kohdeyrityksen määrään, sillä myös Alkon asiakkailta syntyy hävikkiä, josta ei ole dataa, kuten kohdeyrityksellä ei ole tarkkaa dataa lentojen aikaisista hävikkimääristä. Alkon hävikkimäärä on noin 19-kertainen opinnäytetyön kohdeyritykseen verrattuna, mutta yrityksen volyymit ovat myös huomattavasti suuremmat ja yrityksellä on myymälöitä jopa 373 kappaletta [44]. Mikäli hävikin määrä jaetaan myymälöiden lukumäärällä, hävikkiä syntyy 616 litraa myymälää kohti vuodessa. Kaikista myydyistä juomalitroista hävikkiä syntyy vuosittain noin 0,3 %. Hävikkiä syntyy Alkolla eniten panimotuotteiden kohdalla, sillä niissä on suhteellisen lyhyt hyllyikä. Panimotuotteiden osuus koko hävikistä on jopa 68 %. Muita syitä hävikin syntymiseen on muun muassa tuotteiden takaisin veto syystä tai toisesta, tuotteiden likaantuminen tai vaurioituminen sekä asiakkailta palautetut tuotteet. [43.]

Alko on myös ottanut esille, kuinka alkoholia sisältävien hävikkijuomien hyödyntäminen on paljon haastavampaa kuin esimerkiksi ruokahävikin. Niitä ei voida lahjoittaa eikä haluta myydä alennuskampanjoilla toisin kuin ruokahävikkejä. Yrityksen mukaan tärkein keino pienentää hävikin määrää on valikoiman hallinnan parantaminen. On tärkeää olla tarkat tilausmäärät ja osata ennakoida asiakkaan tarpeita ja sitä mukaa optimoida valikoimaa ja volyymeita. [43.]

Hävikkiin päätyy vuosittain noin 20 000 pakkausta, joissa on etiketti- ja pakkausvaurioita. Alko on testannut 2021 loppuvuodesta uutta vaurioitunut pakkauskauluria, jonka tavoitteena on pitää ulkoa vahingoittuneet, mutta sisällöltään moitteettomat tuotteet myynnissä. Tuotteiden etiketit tai pakkaukset ovat voineet kolhiintua tai likaantua kuljetusten aikana tai myymälässä. Tuotteita ei ole myynnissä halvemmalla, vaan asiakkaat tekevät ostoksensa puhtaasti vastuullisuuden nimissä. Ensimmäisen käyttövuoden aikana Alko sai pelastettua yli 3 000 tuotetta, joka on noin 15 % vuosittain päätyneistä vaurioituneista tuotteista. [43.]

7.3 HSY

HSY on pääkaupunkiseudulla toimiva kunnallisen vesihuollon ja jätehuollon palveluita tarjoaja. Kohdeyritys kuuluu HSY toiminta-alueen piiriin ja on siten HSY:n palveluita hyödyntävä. HSY:n puoleen on käännytty viemäroinnin vaikutuksista ympäristön sekä heidän prosessinsa näkökulmasta. HSY:n mukaan jätevedenpuhdistamot ovat ensisijaisesti tarkoitettu asumajätevesien käsittelyyn, jolloin niiden laatu muun muassa biologisen hapenkulutuksen määrän (BHK₇) ja typen osalta ovat varsin erilaiset kuin virvoitus- ja alkoholituotteiden. BHK₇-arvo kuvaa biologista hapenkulutusta eli kuvaa hapen määrää, jonka orgaaniset aineet kuluttavat biologisessa reaktiossa ja alaindeksissä oleva numero kuvaa hapenkulutusta seitsemässä vuorokaudessa. Näiden ominaisuuksien osalta asumajätevesi on paljon laimeampaa, jolloin se kuluttaa vähemmän happea ja kemikaalia. [45.] Esimerkiksi kolajuomassa fosforia on keskimäärin 150–200 mg/l, ja lain mukaan jäteveden käsittelyn jälkeinen kokonaisfosforin pitoisuus täytyy olla alle 1 mg/l HSY:n toimialueella. [37; 38.]

Mikäli suuria määriä virvoitus- ja alkoholituotteita viemäroitäisiin, se nostaisi puhdistamon käyttökustannuksia. Sen sijaan, että loka-autoilla kuljetetaan esimerkiksi kerätyt olutjätteet, ne voitaisiin syöttää suoraan jätevedenpuhdistamon mädättämöön, josta saataisiin valmistettua biokaasua laitoksen omaan käyttöön laitoksen kaasumootoreihin. Ympäristönäkökulmasta on siis parempi, että hävikki kerättäisiin ja toimitettaisiin suoraan puhdistamolle, jolloin energiaa saadaan talteen toisin kuin viemäroinnissä, jossa energiaa kuluu jätteen ollessa asuma-jäteveden seassa. [45.]

HSY:n mukaan alle 500 litran erät voi kaataa jätevesiviemäriin, mutta kaatamisen ajankohta sekä määrä ja laatu pitäisi ilmoittaa heille etukäteen. Näin he voivat ilmoittaa verkkoyksiköillensä sekä pumppaamoryhmälle siltä varalta, että jätevedenpuhdistamoilla ilmenee hajuja. Jätevesiviemäriin päätyvät nestejätteet kuluttavat myös kemikaaleja ja happea, mikä lisää jätevedenpuhdistamon käyttökustannuksia. Yli 500 litran erät voi toimittaa suoraan Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle loka-autoilla, mistä ne johdetaan suoraan jätevedenkäsittelyyn. Tästä peritään sako- ja umpikaivojen vastaanottohinta, joka on 26,15 €/kuorma + alv. [46.]

7.4 Gasum

Gasum Oy on suomalainen energiayhtiö, joka tuottaa biokaasua muun muassa biohajoavista jätteistä. Gasum hyödyntää monipuolisesti eri sektoreiden, kuten olutpanimoiden, kotitalouksien, elintarvike- ja meijeriteollisuuden, biojätettä prosesseissaan. Heidän mukaansa alkoholipitoinen nestejäte tuottaa hyvin biokaasua, ja mitä hiilihydraattipitoisempi jäte on niin sen parempi. Kaikenlaiset alkoholit ovat tervetulleita biokaasun tuotantoprosessiin. Nestejätteen pieni määrä ei ole heidän mukaansa ongelma jäteoperaattorin näkökulmasta, joten sinne toimitettavan eräkoon alarajan määrittäminen tulee siitä, kuinka pientä määrää on mielekästä kuljettaa, varsinkin jos pitää tehdä vielä tuhoamistodistus. [47.]

Nestemäisten lentotarjoilujätteiden suurimmat ongelmat ovat pakkaukset sekä jätteen tuotantopaikan selvitys. Yrityksen valikoimassa on alumiini- ja

lasipakkauksissa olevia tuotteita, joita Gasum ei ota vastaan. Hävikkiin joutuneet tuotteet jouduttaisiin tyhjentämään erikseen ja lajittelemaan pakkaukset erikseen. Gasumin mukaan monien lentoyhtiöiden biojätejakeet ovat kaatuneet siihen, että he ovat keränneet kaikki jätteet yhteen paikkaan eivätkä ole pystyneet todentamaan niiden tuotantopaikkaa. [47.]

8 Hävikin ennaltaehkäisy ja hyödyntäminen

Ideaalitilanteessa hävikkiä ei syntyisi ollenkaan ja nestemäisen jätteen hävitysvaihtoehtoa ei tarvittaisi. Ideaalitilanteeseen on kumminkin vaikea päästä, joten on ensiarvoisen tärkeää ennaltaehkäistä hävikin syntyä ja mikäli mahdollista, antaa hävikille pidemmän elinkaaren.

Kohdeyrityksessä ennaltaehkäisemistä parannetaan entistä paremmalla suunnittelulla, johon kuuluu menekin ennakoiminen ja tuotevalikoiman suunnittelu.

Tavoiteltaessa entistä vastuullisempaa ja ympäristöystävällisempää toimintaa voitaisiin tarkastella valikoimassa olevia pakkausmateriaaleja. Valikoimaa suunniteltaessa voitaisiin suosia ympäristöystävällisempiä pakkauksia. Alkon vuosina 2018 ja 2019 teettämässä tutkimuksessa selvitettiin viinin eri pakkausmateriaalien hiilijalanjälkeä. Tutkimuksessa todettiin, että perinteisellä lasilla on suurin hiilijalanjälki ja laatikkoviinin pakkauksella pienin. Alla listattuna eri pakkausmateriaalien hiilijalanjälki suuremmasta pienempään:

- perinteinen lasipullo (n. 540 g) 675 g CO₂-ekv./l
- kevyt lasipullo (n. 420 g) 525 g CO₂-ekv./l
- PET-muovipullo 245 g CO₂-ekv./l
- alumiinitölkki 190 g CO₂-ekv./l
- viinipussi 96 g CO₂-ekv./l
- kartonkipakkaus 85 g CO₂-ekv./l
- laatikkoviini 70 g CO₂-ekv./l. [48.]

Viinien ja oluiden kohdalla pakkausmateriaalin valmistuksen osuus voi olla melkein puolet kokonaisilmastovaikutuksista riippuen pakkausmateriaalista.

Lasipulloissa olevilla viineillä tämä luku on 46 % ja oluilla 49 %. Suurin syy siihen on lasinvalmistukseen kuluva suuri energiantarve, sillä pakkauksien valmistukseen tarvitaan noin 1 400 –1 600 °C:n lämpötila. Pakkausmateriaalien ilmastovaikutukset korreloivat myös pakkausten hävitettävyyden kanssa. Esimerkiksi korkean ilmastovaikutuksen omaavat lasipakkaukset eivät sovi biokaasuprosessiin, kun taas pienemmän ilmastovaikutuksen omaavat kartonkipakkaukset ja laatikkoviinit sopivat biokaasuprosessiin. Pakkausvalmistuksen jälkeen seuraavaksi eniten ilmastovaikutusta aiheuttaa itse tuotteen valmistusprosessi. Vahvojen alkoholien kohdalla suurin ilmastovaikutus aiheuttaa tislaamojen energiankulutus, joka on noin 49 % kokonaisvaikutuksesta. Näiden tuotteiden kohdalla pakkauksen valmistus aiheuttaa toiseksi eniten päästöjä, mikäli ne ovat lasista tehty. Sen osuus on noin 20 % kokonaisilmastovaikutuksesta. Valmiin tuotteen kuljetuksen osuus on noin 3 %. Lukuun vaikuttaa muun muassa kuljetusmuoto, tuotteiden pakkaustapa ja pakkaustyyppi. Suomeen kuljetetut tuotteet tuodaan yleensä laivalla tai rekka-autolla, joiden ilmastovaikutus on pienempi kuin ilmateitse tuodut. Mitä painavampi lasti lentokoneessa sitä enemmän polttoainetta tarvitaan, sitä enemmän se aiheuttaa päästöjä. [49.]

Lasipullot ovat hyviä pitkään säilytettävälle viineille, joiden on tarkoitus kypsyä vielä pitkään pullossa. Suurin osa viineistä on tehty juotaviksi pian ostohetken jälkeen, joten lasipulloille ei ole tarvetta. [50.] Lasipullojen käyttö viineissä on enemmänkin tottumuskysymys ja ylellisen elämyksen tuottaminen. Lasipakkauksen sijaan PET-pullo ja laatikkoviinit olisivat mainioita vaihtoehtoja. Laatikkoviinit olisivat siinä mielessä parempi vaihtoehto, että niiden matalan hiilijalanjäljen lisäksi ne voitaisiin kierrättää kohdeyrityksen pakatun biojätteen seassa. Litteät täysin kierrätetystä PET-muovista valmistetut pullot ovat yksi pakkausinnovaation tulos. Niiden litteän muodon ansiosta ne voidaan pakata tiiviimmin yhteen laatikkoon. Perinteisiin pyöreisiin lasipulloihin verrattuna lavalliseen mahtuu yli kaksinkertainen määrä viiniä litteillä muovipulloilla. Logistiikan päästöjä voidaan vähentää jopa 60 %. [51.]

9 Päätelmät

Hävittäessä isoja määriä nestemäistä jätettä viemärin kautta siitä aiheutuu haittaa ympäristölle, sillä se vaikuttaa jätevedenkäsittelyyn negatiivisesti kuluttamalla enemmän energiaa ja kemikaaleja. Lisäksi se saattaa aiheuttaa vaurioita viemäristöverkostoon ja hajuhaittaa. Vaikka viemäröintivaihtoehdossa ei tule logistiikan myötä päästöjä, niin jäteveden mukana nestemäinen virvoitus- ja alkoholi-hävikki olisi vain haittana. Ympäristönäkökulmasta on parempi hyödyntää nestemäinen jäte suoraan biokaasun tai bioetanolin tuotantoon ja sitä kautta energian tuottamiseen kuin jäteveden mukana kuluttamassa energiaa. Näissä hävittämisvaihtoehdoissa muodostuu päästöjä logistiikan myötä, mutta voitaisiin ajatella, että syntyvä energia kompensoisi muodostuvan päästön. Gasumin Oulun biokaasulaitoksen tuottaman kaasun koko elinkaarenaikainen hiilijalanjälki on 0,819 CO₂-ekv./kg [52]. Eri vaihtoehtojen hiilijalanjälkiä on kuitenkin vaikeaa verrata toisiinsa, sillä jäteveden orgaaninen aines on laimennettuna suureen määrään vettä toisin kuin biokaasun valmistuksessa, joka valmistetaan esim. biojätteestä tai muusta kiinteästä aineksestä.

Yrityksen haasteena on se, että nestemäistä lentotarjoilujätettä syntyy epätasaisia määriä ja eri pakkauksissa, joten mikäli halutaan kerätä jäte ja toimittaa biokaasulaitokselle, jäte jouduttaisiin säilyttämään suhteellisen pitkiäkin aikoja ja edelleen käsin tyhjentämään tuotteet esimerkiksi erilliseen muovikanisteriin, jotta voitaisiin toimittaa kerralla isompi määrä nestemäistä jätettä laitokselle. Muovikanisterin pitäisi olla tiivis ja sen sijainti pitäisi miettiä tarkasti, sillä makea jäte houkuttelee hyönteisiä ja saattaa aiheuttaa hajuhaittoja. Toinen vaihtoehto on rakentaa putkisto, joka johtaa suoraan yrityksen valmiina olevaan pakatun biojätteen konttiin. Tämä olisi suurempi urakka, pakkaukset pitäisi edelleen käsin tyhjentää ja pakkausmateriaalin kirjo vaikeuttaa kierrättämistä. Nestejätteen toimittaminen biokaasulaitokselle olisi hyvä vaihtoehto, sillä yritys tekee jo tällä hetkellä yhteistyötä tällaisen laitoksen kanssa muun jätetyypin kohdalla. Sen lisäksi heille voi myös toimittaa pienempiäkin määriä nestemäistä jätettä, mikäli sen kuljettaminen on järkevää kohdeyrityksen mielestä.

Mikäli nestemäistä jätettä syntyisi vain pieniä määriä, viemärointi olisi käytännöllisin vaihtoehto, mutta kuten aiemmin mainittu, niin vastuullisuuden ja ympäristöystävällisyyden kannalta se ei ole hyväksi. Asumajäteveden mukana yrityksen nestemäinen jäte olisi taakkana jätevedenpuhdistusprosessille, sillä se kuluttaa enemmän kemikaaleja ja happea. Ympäristön kannalta olisi parempi, jos jäte voitaisiin hyödyntää suoraan energiantuotantoon eikä se olisi asumajäteveden mukana kuluttamassa energiaa. Myös jätevedenpuhdistamot hyödyntävät lietteensä ja suuria määriä biokaasun valmistukseen soveltuvia jätteitä suoraan, jotta he voivat valmistaa energiaa omaan käyttöön.

Kuten työn alussa on mainittu, niin yrityksessä on havaittu tiettyjen tuotteiden kohdalla toistuvia ongelmia pakkauksien suhteen. Näiden pakkauksien tai tuotteiden välttäminen tuotevalikoimassa olisi yksi tapa ennaltaehkäistä hävikin syntymistä. Pakkausten valinnassa voitaisiin myös suosia pakattuun biojätteeseen ja biokaasuprosessiin soveltuvia pakkauksia. Sen lisäksi myyntikunnostamista pakkausprosessin aikana pitäisi tehostaa yhteisellä ja selkeällä ohjeistuksella, ja pakkausprosessin aikana olevaa luppoaikaa tulisi hyödyntää entistä enemmän myyntikunnostamiseen.

Alkon tyyliä hävikkituotteisiin, jotka ovat vahingoittuneet ulkoisesti, mutta jotka ovat sisällöltään moitteettomia, voitaisiin tehdä myös kaulurit tai tarrat, jotka tiedottavat asian kuluttajille. Kuluttajat haluavat tehdä entistä enemmän vastuullisia ympäristötekoja, joten kaulurivaihtoehto olisi mainio siihen. Ongelmana on kuitenkin operatiivinen puoli, eli kuinka tämä toteutetaan käytännössä. Alkolla on siinä mielessä etua kohdeyritykseen verrattuna, sillä heillä on kivijalkamyymälöitä, joissa hävikkivalikoima voidaan pitää esillä kuluttajia varten helposti. Eri lentojen hävikkivalikoiman jatkuva muuttuminen toisi haasteita ja jouduttaisiin perehtymään tarkemmin viranomaissäädöksiin, etenkin kun ilmailualan säädökset voivat olla todella tiukat ja moniulotteiset. Näitä ulkoisesti vahingoittuneita tuotteita, joista on maksettu verot, voitaisiin myydä eteenpäin esimerkiksi lentokentällä oleville ravintoloille, kahviloille tai loungeille. Esimerkiksi loungeissa näitä tuotteita voitaisiin hyödyntää juomasekoituksiin, jolloin kuluttajat eivät edes huomaisi vioittunutta pakkausta.

Tuotteiden pakkausmateriaalilla voidaan myös vaikuttaa vastuullisuuteen valitsemalla ympäristöystävällisempiä materiaaleja. Hiilijalanjäljen perusteella lasipakkauksissa olevia tuotteita tulisi välttää tai niistä pitäisi luopua kokonaan. Anoskokoisissa tuotteissa ympäristöystävällisin vaihtoehto on kartonkipakkaukset, mutta ne eivät ole vielä laajasti käytössä. Tällä hetkellä käytännöllisin korvike lasipakkauksille on muovipullot. Muovipullojen pienestä hiilijalanjäljestä huolimatta ne aiheuttavat muita ympäristöhaittoja muun muassa haastavan kierrätettävyyden takia. Pitäisi suosia tilavuudeltaan suurempia pakkauksia, esimerkiksi laatikoissa ja kartonkitölkeissä olevia juomia. Näiden pakkauksien hiilijalanjälki olisi huomattavasti alhaisempia kuin lasista ja PET-muovista valmistettujen pakkauksien. Tilavuudeltaan suurempien pakkauksien haasteena lennoilla on muun muassa tilanpuute ja miehistön työturvallisuus, kun esimerkiksi ranne rasittuu enemmän kaataessa isosta pakkauksesta juomia. Tilanpuutteen vuoksi suuret pakkaukset tarkoittaisivat myös sitä, että valikoima ei voisi olla yhtä monipuolinen kuin, jos käytettäisiin pieniä pakkauksia.

10 Yhteenveto

Lentoyhtiöillä on nykypäivänä suuri ulkoinen paine eri sidosryhmiltä muuttaa toimintaansa vastuullisemmaksi. Työhön kohdistuva yritys tuottaa suuria määriä nestemäistä jätettä, jonka takia yritys halusi selvittää nestemäisen jätteen hävitysvaihtoehtojen ympäristövaikutuksia sekä tapoja vähentää hävikkiä. Nestemäistä jätettä syntyy yritykselle erityisesti tuotteiden vanhenemisen tai tuoterän viallisuuden seurauksena. Pakkauksien valinta on merkittävää niin hävikkimäärän kuin myös ympäristövaikutusten kannalta, sillä esimerkiksi lasipullon käyttö aiheuttaa merkittävän hiilijalanjäljen vaativan valmistuksen ja kuljetuksen takia.

Parhaimpana käsittelyvaihtoehtona ulkoisesti viallisille tuotteille on niiden jälleenmyynti toista kautta, kunhan tuotteet ovat vielä käyttökelpoisia. Tuotteita voitaisiin myydä monissa lentokenttäalueella toimivissa yrityksissä, niin että tuotteiden viallisuus mainitaan asiakkaille. Ihmisten ympäristötietoisuuden

kasvu on luonut monille hävikkituotteille markkinan, jonka ansiosta niiden myynti voi olla kannattavaa.

Kun tuotteet eivät ole enää käyttökelpoisia, ne tulee kuitenkin hävittää. Yrityksen nestemäisen jätteen hävitys toimii tällä hetkellä pääsääntöisesti viemäröinnin kautta. Viemäröinti on vaivaton tapa jätteen tuottajalle hävittää jäte, mutta suurissa määrissä se aiheuttaa ylimääräistä kuormitusta jätevedenpuhdistamoille. Jätevedenpuhdistamo joutuu erilaisilla kemikaaleilla muun muassa saostamaan jätteestä orgaaniset aineet pois ja joissain tapauksissa myös muuttamaan jäteveden pH-arvoa. Kaikki tämä aiheuttaa erilaisia haittoja jätevedenpuhdistuslaitokselle, esimerkiksi energian kulutuksena ja kemikaalien kustannuksina. Vaihtoehtoisia nestejätteen hävitystapoja ovat biokaasun ja bioetanolin tuotanto.

Biokaasu on uusiutuva energianlähde, joka voi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä jopa 240 % EU:n yleisiin fossiilipolttoaineisiin verrattuna. Myös biokaasun tuotanto aiheuttaa huomattavia kasvihuonepäästöjä, mutta sen käytön tuoma CO₂-ekv. vähennys on merkittävä, kun huomioidaan fossiilisten polttoaineiden korvaaminen ja viemäröinnin aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Biokaasun tuotanto ehkäisee myös vesistöjen kuormittamista, joka on riskinä viemäröinnissä.

Bioetanoli on myös uusiutuva energianlähde, mutta siinä biojäte on jalostettu hieman pidemmälle kuin biokaasun kohdalla. Pidempi jalostusprosessi luonnollisesti johtaa suurempiin ympäristöhaittoihin, mutta myös suurempiin hyötyihin. Bioetanolia käytetään nykyään pääsääntöisesti polttoaineiden seosaineena, jonka ansiosta saadaan muutettua osa polttoaineesta uusiutuvaksi. Bioetanolin tuotantoprosessissa syntyy myös biokaasua, joten bioetanolin tuotantoon päätyvä jäte ei ole pois biokaasun tuotannolta.

Päätäminen bioetanolin ja biokaasun tuottamisen välillä riippuu pääasiassa niiden tarpeesta kysytyllä aikajaksolla. Vaikka molempien vaihtoehtojen valitseminen on ympäristön kannalta hyödyllistä, tulisi tulevaisuudessa selvittää

nestemäisen jätteen kuljetuksesta aiheutuvia ympäristöhaittoja ja jätteen tuotto-potentiaalien erot eri hävitysvaihtoehtojen välillä, jotta voitaisiin saada täysi ymmärrys vaihtoehtojen välisistä ympäristövaikutuksista. Vaikka biokaasun ja -etanolin ympäristövaikutukset ovat hyvin tiedossa, tällä hetkellä saatavan kirjallisuuden perusteella on vaikeaa vertailla vaikutuksia vain nestemäisen jätteen osalta.

Kartonkipakkauksiin siirtyminen on yksi hyvä tapa vaikuttaa ympäristövaikutuksiin. Varsinkin annoskokoisten tuotteiden suhteen kartonkipakkaukset eivät ole vielä monen juoman, kuten viinien, kohdalla vakiintunut pakkausmateriaali, joten tuotteiden valikoima heikkenisi huomattavasti niihin siirryessä. Näin ollen yhtenä vaihtoehtona olisi annoskokoisista pakkauksista luopuminen näiden tuotteiden kohdalla ja siirtyminen suurempiin pakkauskokoihin, joista voidaan annostella aina asiakaskohtaisesti.

Yrityksellä on siis monia vaihtoehtoja toimintansa vastuullisemmaksi muuttamiseen. Tulevaisuudessa yrityksen tulisi selvittää erityisesti yhteistyökumppaneiden halua hävikkituotteiden myyntiin ja seurata nestemäisen jätteen ympäristövaikutuksiin liittyviä tutkimuksia, sillä aiheeseen liittyvää tutkimustietoa on vielä erittäin niukasti. Yrityksen pitää hävitysvaihtoehdon päättämisen jälkeen kehittää hävityksen operatiivista puolta. Sen lisäksi myyntikunnostamisen ohjeistusta olisi hyvä tarkentaa ja yhtenäistää.

Lähteet

- 1 Ostaja. 2023. Kohdeyritys. Vantaa. Keskustelu. 28.2.2023.
- 2 Vuoropäälikkö. 2023. Kohdeyritys. Vantaa. Keskustelu. 16.2.2023.
- 3 Viikinmäen jätevedenpuhdistamon virtuaalivierailun vaihtoehtokuvaus. Verkkoaineisto. HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut. <<https://www.hsy.fi/globalassets/vesi-ja-viemarit/tiedostot/viikinmaen-virtuaalivierailun-vaihtoehtokuvaus.pdf>>. Luettu 14.4.2023.
- 4 Näin vesihuolto toimii. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. <<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/nain-vesihuolto-toimii/#J%C3%A4tevesien%20puhdistus%20on%20vesiensuojelua>>. Luettu 13.4.2023.
- 5 Heinonen, Mari. 2016. Näin moderni jätevedenpuhdistamo toimii. Verkkoaineisto. HSY. <https://www.youtube.com/watch?v=MLcdu-VGJc0w&ab_channel=HSY>. Katsottu 13.4.2023.
- 6 Mörttinen, Valtteri. 2018. Jäteveden ongelmat Suomessa: kipugeelit erityisen hankalia vesistöjen kannalta. Verkkoaineisto. Apu. <<https://www.apu.fi/artikkelit/jateveden-ongelmat-suomessa-kipugeelit-erityisen-hankalia-vesistojen-kannalta>>. Luettu 14.4.2023.
- 7 Esiselkeytys. Verkkoaineisto. Turun seudun puhdistamo. <<https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/esiselkeytys>>. Luettu 14.4.2023
- 8 Hiltunen, Juho. 2017. Jäteveden ilmastuksen vaikutus puhdistamon toimintaan. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. LUTPub-tietokanta.
- 9 Viikinmäen jätevedenpuhdistamo. Verkkoaineisto. HSY. <https://niini.fi/wp-content/uploads/2021/01/HSY0012_Viikinmaen_jatevedenpuhdistamo.pdf>. Luettu 3.5.2023.
- 10 Jätevedenpuhdistusprosessi. Verkkoaineisto. HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut. <<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/jatevedenpuhdistusprosessi-lyhyesti/>>. Luettu 10.5.2023.
- 11 Mäentausta, Riina. 2023. Jätevedenpuhdistamo ja kaukolämpöyhtiö virittelevät yhteistyötä Jyväskylässä: lämpöä käsitellyistä jätevesistä, lietteestä ehkä biometaania. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/a/74-20014434>>. Luettu 3.5.2023.

- 12 Saavalainen, Jarkko. 2014. Biopolttoaineet ja niiden ympäristövaikutukset. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 13 Awaitey, Alexis. 2020. Carbon footprint of Finnish Wastewater Treatment Plants. Maisterin tutkielma. Aalto-yliopisto. AaltoDoc-tietokanta.
- 14 Viikinmäen ja Blominmäen jätevedenpuhdistamoille johdettavien jätevesien raja-arvot. Verkkoaineisto. HSY. <<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/jateveden-raja-arvot/>>. Luettu 24.5.2023.
- 15 Näin biologinen viemärinhoito toimii. Verkkoaineisto. ProjectPipe Oy. <<https://www.protectpipe.fi/>>. Luettu 24.5.2023.
- 16 Biokaasu. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu>. Päivitetty 6.8.2020. Luettu 04.05.2023.
- 17 Lehtoranta, Suvi & Grönroos, Juha. 2019. Biokaasukaan ei ole päästö-töntä. Verkkoaineisto. Suomen ympäristökeskus. <[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Havaintojablogi/Suvi_Lehtoranta_ja_Juha_Gronroos_Biokaas\(51540\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Havaintojablogi/Suvi_Lehtoranta_ja_Juha_Gronroos_Biokaas(51540))>. 04.09.2019. Luettu 4.6.2023.
- 18 Biokaasu osana kiertotaloutta. Verkkoaineisto. Gasum Oy. <<https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/>>. Luettu 4.5.2023.
- 19 Miten biokaasua tuotetaan? Verkkoaineisto. Gasum Oy. <<https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/miten-biokaasua-tuotetaan/>>. Luettu 4.5.2023.
- 20 Anaerobic digestion. Verkkoaineisto. Department of Environment and Conservation. <<https://www.tn.gov/environment/program-areas/sw-mm-organics/anaerobic-digestion.html>>. Luettu 4.5.2023.
- 21 Avoided emissions from biogas and biomethane can lead to a negative carbon footprint. Verkkoaineisto. European Biogas Association. <<https://www.europeanbiogas.eu/avoided-emissions-from-biogas-and-biomethane-can-lead-to-a-negative-carbon-footprint/>>. Luettu 5.5.2023.
- 22 Importance of Methane. Verkkoaineisto. United States Environmental Protection Agency. <<https://www.epa.gov/gmi/importance-methane>>. Päivitetty 22.5.2023. Luettu 8.6.2023.
- 23 Manninen, Kaisa; Judl, Jáchym & Myllymaa, Tuuli. 2016. Mädätyksen, energiahyödyntämisen ja biopolttoaineen tuotannon elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset. Raportti. Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön raportteja 3/2016. Helsinki.

- 24 Salo, Marja; Nissinen, Ari; Mattinen, Maija K; Manninen, Kaisa; Dahlbo, Helena; Judl, Jáchym. 2019. How is the carbon footprint calculated in the Climate diet tool? Verkkoaineisto. Ilmastodieetti. <https://www.p5.ymparisto.fi/ilmastodieetti_storage/documentation/CalculationInfo.pdf>. 14.3.2019. Luettu 27.7.2023.
- 25 Edistyneitä polttonesteitä jätteistä. Verkkoaineisto. St1 Oy. <<https://www.st1.com/fi/st1-lyhyesti/tietoa-yrityksesta/liiketoiminta-alueet/edistyneita-polttonesteita-jatteista>> Luettu 9.5.2023.
- 26 St1 - Biowaste into Bioethanol. 2015. Verkkoaineisto. St1. <https://www.youtube.com/watch?v=-JC7o-PD72I&t=5s&ab_channel=St1>. Luettu 9.5.2023.
- 27 Kevyet juomanautinnot. Verkkoaineisto. Alko. <<https://www.alko.fi/juoma-ruoka/vinkit/seurustelu/kevyet-juomanautinnot>>. Luettu 27.5.2023.
- 28 Pakarinen, Lasse. Viinin sokeri tulee rypäleistä. Verkkoaineisto. Alko Oy. <<https://www.alko.fi/juoma-ruoka/juomatietous/viinit/viinin-sokerit>>. Luettu 27.5.2023.
- 29 Väkevä viini – makujen runsautta ja aromien rikkautta. Verkkoaineisto. Viinihetki. <<https://viinihetki.fi/vakeva-viini-makujen-runsautta-ja-aromien-rikkautta>>. Luettu 30.5.2023.
- 30 Tuotteet. Verkkoaineisto. Alko. <https://www.alko.fi/tuotteet/tuotelistaus?SearchTerm=*&PageSize=12&SortingAttribute=&PageNumber=3&SearchParameter=%26%40QueryTerm%3D*%26ContextCategoryUUID%3DdK_AqHh4bdIAAFVGWQcppid%26OnlineFlag%3D1%26productId%3DproductGroup_320>. Luettu 30.5.2023.
- 31 Olut, vahva, 7,5-8 til% alkoholia. Verkkoaineisto. Fineli. <<https://fineli.fi/fineli/elintarvikkeet/940?q=olut&foodType=ANY&portionUnit=G&portionSize=100&sortByColumn=points&sortOrder=asc&component=2331&>>. Luettu 2.6.2023.
- 32 Coca-Cola. Verkkoaineisto. Sinebrychoff. <<https://www.sinebrychoff.fi/tuotteet/coca-cola/coca-cola/?Ckey=4848>>. Luettu 7.8.2023.
- 33 Novelle Plus B12 Muistille. Verkkoaineisto. Hartwall. <<https://www.hartwall.fi/juomat/vedet/novelle/novelle-plus-b12-muistille/>>. Luettu 7.8.2023.
- 34 Wickham, Erica. 2014. Phosphorus Content in Commonly Consumed Beverages. Journal of Renal Nutrition vol. 24:1.

- 35 Juomilla on väliä – harkitse mitä juot. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/teemat/terveytta-edistava-ruokavaliio/kuluttaja-ja-ammattilaismateriaali/julkaisut/juomilla-on-valia-harkitse-mita-juot.pdf>>. Luettu 26.7.2023.
- 36 Usein kysytyt kysymykset. Verkkoaineisto. Hartwall. <<https://www.hartwall.fi/ota-yhteytta/usein-kysytyt-kysymykset/>>. Luettu 2.9.2023.
- 37 Guarnotta, Valentina; Riela, Serena; Massaro, Marina; Bonventre, Sebastiano; Inviati, Angela; Ciresi, Alessandro; Pizzolanti, Giuseppe; Benvenga, Salvatore; Giordano, Carla. 2017. The Daily Consumption of Cola Can Determine Hypocalcemia: A Case Report of Postsurgical Hypoparathyroidism-Related Hypocalcemia Refractory to Supplemental Therapy with High Doses of Oral Calcium. *Frontiers in endocrinology* vol. 8:7.
- 38 Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2021. Verkkoaineisto. HSY. <<https://julkaisu.hsy.fi/jatevedenpuhdistus-paakaupunkiseudulla-2021.html#cjwcTAysGS>>. Luettu 17.8.2023.
- 39 Hartwallilla on kunnianhimoiset ilmastotavoitteet: tällainen on Science Based Targets -hanke. Verkkoaineisto. Hartwall. <<https://www.hartwall.fi/vastuullisuus/science-based-targets/>>. Luettu 9.6.2023.
- 40 Paikallinen kiertotalousratkaisu varmistaa hiilineutraalin tuotannon Lahdessa. Verkkoaineisto. Hartwall. <<https://www.hartwall.fi/vastuullisuus/paikallinen-kiertotalousratkaisu-varmistaa-hiilineutraalin-tuotannon/>>. Luettu 9.6.2023.
- 41 Vastuullisuus Hartwallilla 2022. Verkkoaineisto. Hartwall. <<https://www.hartwall.fi/globalassets/vastuullisuus/vastuullisuus-hartwallilla-2022.pdf>>. Luettu 9.6.2023.
- 42 Miljoonia pulloja muutamasta grammasta muovista. Verkkoaineisto. Hartwall. <<https://www.hartwall.fi/vastuullisuus/miljoonia-pulloja-muutamasta-grammasta-muovia/>>. Luettu 9.6.2023.
- 43 Juomahävikin pienentäminen ja hyödyntäminen Alkossa. Verkkoaineisto. Alko. <<https://www.alko.fi/vastuullisesti/yritysvastuu-alkossa/juomahavikin-pienentaminen-ja-hyodyntaminen-alkossa>>. Luettu 4.4.2023.
- 44 Myymälöiden lukumäärä. Verkkoaineisto. Alko. <<https://www.alko.fi/alkooy/liikepaikat/myymaloiden-lukumaara>>. Luettu 4.4.2023.
- 45 Tarima, Anu. 2023. Valvontainsinööri. HSY. Sähköposti. 10.8.2023.
- 46 Tarima, Anu. 2023. Valvontainsinööri. HSY. Sähköposti. 18.4.2023.

- 47 Gasum. 2023. Sähköposti. 15.5.2023.
- 48 Beverage packing material has a significant climate impact. Verkkoaineisto. Alko. <<https://www.alko.fi/en/responsibly/sustainability-of-products/beverage-packing-material-has-a-significant-climate-impact>>. Luettu 4.6.2023.
- 49 Production of alcoholic beverages puts a strain on the environment. Verkkoaineisto. Alko. <<https://www.alko.fi/en/responsibly/sustainability-of-products/production-of-alcoholic-beverages-puts-a-strain-on-the-environment>>. Luettu 4.6.2023.
- 50 Asimov, Eric. 2022. The Problem with Wine Bottles. Verkkoaineisto. The New York Times. <<https://www.nytimes.com/2022/08/04/dining/drinks/wine-bottles-climate-change.html>>. 4.8.2022. Luettu 5.9.2023.
- 51 Kierrätysmuovinen viinipullo on ympäristöystävällinen valinta. Verkkoaineisto. Alko. <<https://www.alko.fi/alko-oy/uutishuone/ajankohtaista/media-tiedotteet/kierratysmuovinen-viinipullo-on-ymparistoystavallinen-valinta>>. 30.6.2020. Luettu 5.9.2023.
- 52 Kumpulainen, Esa. 2011. Sähköauto ei pelasta, ainoastaan polttoaineella on merkitystä. Verkkoaineisto. Uusiuutiset. <<https://www.uusiuutiset.fi/sahkoauto-ei-pelasta-ainoastaan-polttoaineella-on-merkitysta>>. 30.11.2021. Luettu 5.9.2023.