



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Niina Tolonen

Meijerin energiankäytön hiilidioksidipäästöjen vähentäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

26.10.2020

Tekijä Otsikko	Niina Tolonen Meijerin energiankäytön hiilidioksidipäästöjen vähentäminen
Sivumäärä Aika	30 sivua + 1 liite 26.10.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	yliopettaja Riitta Lehtinen tuotannon kehityspäällikkö Sini Hoffman
<p>Arla Foods on globaali meijeriyritys ja sillä on tavoitteena olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Arla Foodsilla on toimintaa monessa eri maassa ja Suomessa toimii konserniin kuuluva Arla Oy, joka osallistuu omalla toiminnallaan hiilineutraalin tavoitteen saavuttamiseen. Arla Foodsin hiilineutraalin toiminnan saavuttamiseen liittyvät Net Zero Site -pilotti-hankkeet on käynnistetty vuonna 2020 Tanskassa ja Hollannissa.</p> <p>Arla Oy toimii tämän insinööriyön toimeksiantajana. Insinööriyön tavoitteena oli kartoittaa nykyisten energiamuotojen hiilidioksidipäästöt ja luoda skenaarioita, joiden avulla toimeksiantajan toiminnasta tulee energiankulutuksen näkökulmasta hiilineutraalia.</p> <p>Teoriaosuudessa käsitellään ilmastonmuutosta yleisellä tasolla ja siihen liittyviä keskeisiä termejä selitetään auki. Yritysten välisten päästöjen vertailun problematiikkaa käsitellään esimerkkiyritysten päästöjen ja energiankulutuksen kautta. Yksi haaste päästöjen vertailussa on toisistaan poikkeavat raportointimenetelmät. Kaasu ja sähkö ovat kaksi merkittävintä energiamuotoa, jotka aiheuttavat päästöjä. Niitä voidaan valmistaa eri raaka-aineista, joilla on erilaisia ympäristövaikutuksia.</p> <p>Insinööriyön tuloksena luotiin nykytila-analyysi Arla Oy:n energiankulutuksesta ja siitä aiheutuvista päästöistä. Nykytila-analyysin perusteella tehtiin kolme eri skenaariota, joiden avulla toimeksiantaja voi vähentää energiankulutuksen päästöjään. Päästöjä on mahdollista pienentää uusiutuvan energian avulla, minkä lisäksi toimeksiantajan on mahdollista tulla osittain omavaraiseksi energiantuotannon osalta.</p> <p>Tämän insinööriyön tulosten perusteella toimeksiantaja Arla Oy:llä on hyvät mahdollisuudet edetä kohti hiilineutraalia toimintaa energiankulutuksen näkökulmasta. Teknologian kehittyessä omavaraisen energiantuotannon lisääminen mahdollistuu yhä paremmin.</p>	
Avainsanat	hiilineutraali, ilmastonmuutos, päästöt, elintarviketeollisuus

Author Title Number of Pages Date	Niina Tolonen Reducing Energy Consumption-Related Carbon Dioxide Emissions of a Dairy 30 pages + 1 appendices 26 October 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Riitta Lehtinen, Principal Lecturer Sini Hoffman, Production Development Manager
<p>Arla Foods is a global dairy company that aims to be a carbon neutral company by 2050. Arla Foods has operations in many different countries, and for example, Arla Oy which operates in Finland, contributes to achieving the carbon-neutral goal. The Net Zero Site pilot projects related to achieving Arla Foods' carbon-neutral operations were launched in 2020 in Denmark and the Netherlands.</p> <p>Arla Oy is the client of this thesis. The aim of this thesis was to determine the carbon dioxide emissions of the current forms of energy and to create scenarios that help the client's activities to become carbon neutral from the point of view of energy consumption.</p> <p>The theoretical part of this thesis presents climate change at a general level and explains the key terms related to it. The challenges of comparing emissions between companies are studied through emissions and energy consumption of the example companies. The problem is, for example, the different ways of reporting emissions. Gas and electricity are the two most significant forms of energy that cause emissions. They can be made from different raw materials that have different environmental impacts.</p> <p>As a result of the thesis, an analysis of the current situation of Arla Oy's energy consumption and the resulting emissions was created. Based on the current situation analysis, three different scenarios were developed to enable the client to reduce its energy use emissions. It is possible to reduce emissions with the help of renewable energy, in addition to which it is possible for the client to become partially self-sufficient in energy production.</p> <p>The client of this thesis, Arla Oy, can utilize the results and there is good opportunities to move towards carbon-neutral operations from the perspective of energy consumption. As technology develops, it will become increasingly possible to increase self-sufficient energy production.</p>	
Keywords	carbon neutral, climate change, emissions, food industry

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Ilmastonmuutos	2
2.1	Suomen ilmastotavoitteet	4
2.2	Suomen teollisuuden ilmastotavoitteet	5
2.3	Hiilineutraali Arla Foods 2050	8
3	Yleisimmät energiamuodot	11
3.1	Sähkö	11
3.2	Kaasu	12
4	Nykytila-analyysi	14
4.1	Arla Oy:n tuotantolaitos	14
4.2	Käytössä olevat energiamuodot, niiden kulutus ja mittaus	15
4.2.1	Sankey-diagrammi höyryn kulutuksesta	15
4.2.2	Sankey-diagrammi sähkön kulutuksesta	17
4.3	Energiankäytön kehityskohteet	18
5	Skenaariot	19
5.1	Skenaario 1: Noin 50 % pienemmät päästöt ja hiilineutraali ESL-osasto	20
5.2	SWOT-analyysi skenaariosta 1	21
5.3	Skenaario 2: Kokonaan hiilineutraali prosessi	22
5.4	SWOT-analyysi skenaariosta 2	23
5.5	Skenaario 3: Omavaraisuuden lisääminen energiantuotannossa	24
5.6	SWOT-analyysi skenaariosta 3	25
6	Tulevaisuuden näkymät ja ideat	27
6.1	Yhteistyö	27
6.2	Vuokrattava maa-ala	28
6.3	Tulevaisuuden teknologia	28

7	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liite 1. Osastojen arvioidut höyrynkulutukset (salattu)	

Lyhenteet ja käsitteet

CH ₄	Metaani, kasvihuonekaasu.
CO ₂	Hiilidioksidi, kasvihuonekaasu.
CO ₂ e	Hiilidioksidiekvivalentti. Eri kasvihuonekaasupäästöjen yhteenlaskettu ilmasto lämmittävä vaikutus.
ESL	<i>Extended Shelf Life</i> . Korkeapastörinti eli voimakas lämpökäsittely maidolle.
GHG	<i>Green House Gas</i> . Ilmakehään lämmittävästi vaikuttava kasvihuonekaasu.
GWP	<i>Global Warming Point</i> . GWP-kerroin ilmaisee aineen kasvihuonehaitallisuuden.
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> . Ilmastonmuutospaneeli, joka analysoi ilmastonmuutokseen liittyvää tietoa.
LNG	<i>Liquefied Natural Gas</i> . Nesteytetty maakaasu.
LTO	Lämmön talteenotto.
LVI	Lämmitys-, vesijohto- ja ilmanvaihtotekniikka.
N ₂ O	Dityppioksidi, kasvihuonekaasu.
ODP	<i>Ozon Deployment Potential</i> . ODP-arvo kertoo aineen otsonihaitallisuudesta.
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i> . Analyysimenetelmä, joka huomioi vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat.
UHT	<i>Ultra-High Temperature Processing</i> . Maidon kuumennukseen perustuva säilöntämenetelmä.

1 Johdanto

Onko hiilineutraalia toimintaa mahdollista saavuttaa teollisuudessa? Onko ruokaa mahdollista prosessoida hiilineutraalisti? Kokonaan hiilivapaa yhteiskunta on täysi mahdollisuus, sillä koko luonnon energiatalous perustuu hiilen kiertoon. Kasvit sitovat ilmakehästä hiiltä yhteyttäessään, ja ihminen puolestaan vapauttaa hiiltä ilmakehään esimerkiksi polttamalla fossiilisia polttoaineita. Kyse ei siis ole siitä, että ihminen päästäisi ilmakehään jotain sinne kuulumatonta ainesta, vaan siitä, että ihminen vapauttaa hiilen uudelleen kiertoon. Ilmastonmuutos on ajankohtainen aihe. Ihmisten teoilla ja valinnoilla on merkittävä vaikutus sen hillitsemiseksi. Myös yritysten tulee kantaa oma kortensa kekoon ja muuttaa toimintaansa ilmastoystävällisemmäksi.

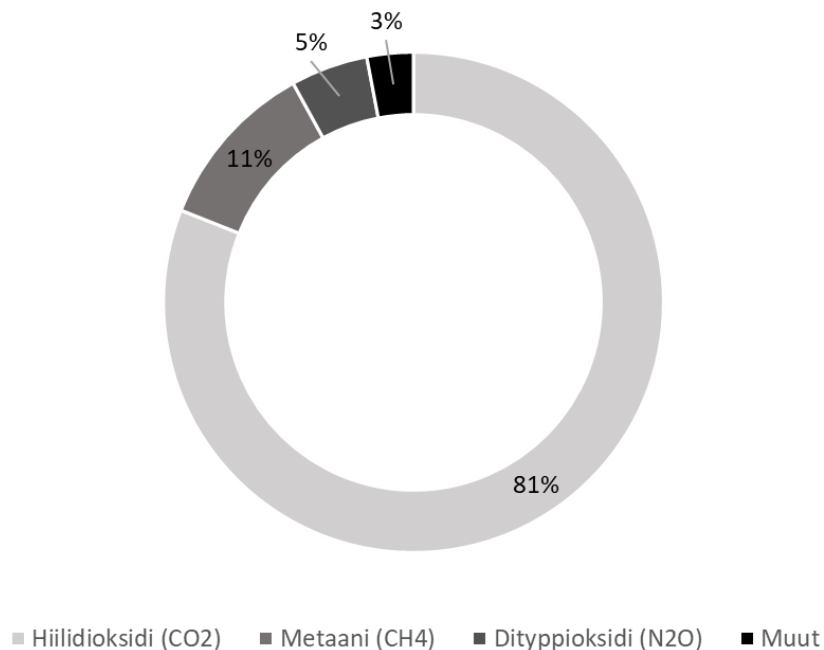
Tässä insinööriyössä käsitellään meijeriteollisuuden energiankulutuksesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä ja niiden vähentämistä erilaisten energiamuotojen avulla. Toimeksiantajana on Suomessa toimiva meijeriyritys Arla Oy, joka toimii globaalina Arla Foodsina. Arla Foodsilla on tavoite olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä, ja tämä tavoite edellyttää myös Arla Oy:ltä toimia. Meijeriteollisuudessa isoimmat päästöt aiheutuvat alkutuotannosta. Alkutuotanto on rajattu aiheen ulkopuolelle, ja tarkastelu keskittyy tuotteen prosessoinnissa käytetyn energian aiheuttamiin päästöihin. Tavoitteena on luoda nykytila-analyysi, joka käsittelee energiankulutusta ja siitä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Nykytila-analyysin perusteella on tavoitteena luoda erilaisia skenaarioita, joiden avulla energiankulutuksesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä saadaan vähennettyä tai mahdollisesti jopa nollattua.

Aluksi tässä insinööriyössä perehdytään ilmastonmuutoksen keskeiseen terminologiaan lähinnä päästönäkökulmasta. Ilmastonmuutosta tarkastellaan myös teollisuuden näkökulmasta, minkä jälkeen syvennytään toimeksiantajan tavoitteeseen olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Yleisimpien energiamuotojen esittely on rajattu kaasuun ja sähköön, jotka esitellään luvussa 3. Perustana eri skenaarioille esitellään nykytila-analyysi, jossa käsitellään energiankulutusta ja siitä aiheutuvia päästöjä. Liitteessä 1 on osastojen arvioidut höyrynkulutukset. Liite on salattu toimeksiantajan pyynnöstä. Lopuksi esitellään toimeksiantajalle tehdyt skenaariot ja SWOT-analyysit hiilineutraalin toiminnan saavuttamiseksi.

2 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutoksessa keskeistä on ilmaston lämpeneminen eri lähteistä muodostuneiden kasvihuonekaasupäästöjen seurauksena. Yleisimmät päästöt ovat hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja dityppioksidi (N₂O), kuten kuvasta 1 käy ilmi. Lisäksi erilaiset fluorihilivedyt ovat kasvihuonekaasuja ja niillä on lämmittävä vaikutus ilmakehään. Niiden osuus on kuitenkin merkittävästi pienempi kuin esimerkiksi hiilidioksidilla. [1.] Ihmisten toiminta 1900-luvun puolivälistä lähtien on ollut merkittävin syy ilmaston lämpenemiselle. Maapallon keskimääräinen lämpötila on noussut lähes yhden celsiusasteen verran vuosien 1880 ja 2012 välillä. [2, s. 53.] Pariisin ilmastopöytäkirjassa on määritetty tavoitteeksi ilmaston lämpenemisen suhteen, ettei maapallon keskilämpötila saa kohota yli 1,5 celsiusastetta [3]. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi tulee tehdä merkittäviä toimenpiteitä. Esimerkiksi CO₂-nettopäästöjen tulee laskea globaalisti nolnaan, jotta ilmaston lämpeneminen saadaan pidettyä kurissa [2, s. 92]. Tavoite on otettu tosissaan, ja monet yritykset, niin pienet kuin suuretkin, ovat kehittäneet toimintamallejaan, jotta tavoite saavutetaan.

Maailman kasvihuonekaasupäästöt jaoteltuna (2017)



Kuva 1. Merkittävimmät ilmastonmuutokseen vaikuttavat kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2017 [1].

Pariisin ilmastosopimuksella on merkittävä rooli ilmastomuutoksen vastaisessa taistelussa. Sopimus on täydennystä vuoden 1992 YK:n (Yhdistyneet kansakunnat) ilmastomuutoksen puitesopimukselle. Pariisin ilmastosopimus astui voimaan vuoden 2016 lopulla, jolloin myös Suomi hyväksyi sen. Sopimuksen on allekirjoittanut yhteensä 194 maata, johon sisältyy kaikki Euroopan unionin maat. Sen ydintavoitteena on pitää ilmastokeskilämpötilan nousu 1,5 celsiusasteessa. Tavoite tullaan saavuttamaan, mikäli kasvihuonekaasujen päästöhuippu saavutetaan mahdollisimman pian ja päästöjä aletaan vähentää radikaalisti heti sen jälkeen. Viiden vuoden välein Pariisin ilmastosopimuksen allekirjoittaneet maat osallistuvat kokonaistarkasteluun, jossa käydään läpi sen hetkinen tilanne ja päivitetään kunkin osapuolen tavoitteet. [3; 4.]

Ilmastomuutoksen hillitsemiseksi ja maapallon yleisen hyvinvoinnin edistämiseksi tehdään jatkuvasti töitä. YK:n tuottama Agenda2030 on kestävän kehityksen toimintaohjelma, jossa on 17 kestävän kehityksen tavoitetta ja 169 alatavoitetta. Tavoitteet liittyvät ilmastomuutoksen hidastamisen lisäksi myös ihmisten hyvinvointiin ja yleismaailmalliseen rauhaan. Monet yritykset pohjaavat oman menettelytapansa ja tavoitteensa tämän toimintaohjelman sisältöön. Ilmastomuutoksen hillitsemisen kannalta oleellimmat tavoitteet ovat seuraavat:

- Tavoite 7. Varmistaa edullinen, luotettava, kestävä ja uudenaikainen energia kaikille.
- Tavoite 13. Toimia kiireellisesti ilmastomuutosta ja sen vaikutuksia vastaan. [5, s. 15.]

Isot toimijat ja organisaatiot antavat teoillaan suuntaviivat toiminnalle ilmastomuutoksen vastaisessa taistelussa. CO₂-päästöillä ja niiden pienentämisellä vedotaan hyvin usein kuluttajiin ja niillä markkinointi on tänä päivänä yleistä. Ilmastomuutokseen liittyviä olennaisia termejä ovat muun muassa hiilijalanjälki, negatiiviset hiilipäästöt ja hiilineutraalius. Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan ihmisen toiminnasta aiheutuvia CO₂-päästöjä, jotka ilmoitetaan usein hiilidioksidiekvivalenttina (CO₂e). Merkittävimmät kasvihuonekaasupäästöt, kuten esimerkiksi metaani (CH₄) ja dityppioksidi (N₂O) ovat muunnettavissa hiilidioksidiekvivalenteiksi. Joissain tapauksissa on mahdollista saavuttaa negatiiviset CO₂-päästöt. Se tarkoittaa, että päästöjä sidotaan hiilinieluihin enemmän kuin niitä syntyy. Hiilineutraalius puolestaan kuvaa toimintaa, jossa CO₂-päästöjä syntyy yhtä paljon kuin niitä pystytään sitomaan hiilinieluihin. [6; 7, s. 17, 18, 30.]

Tasavertainen ja vertailukelpoinen päästöjen laskenta ja raportointi edellyttää yrityksiltä yhtenäisiä menetelmiä. GHG-protokolla (Greenhouse Gas Protocol) eli kasvihuonekaasuprotokolla on yleisimmin käytössä oleva kansainvälinen hiilijalanjäljen laskenta- ja raportointistandardi. GHG-protokollassa suorien ja epäsuorien päästöjen määrittelyn helpottamiseksi, läpinäkyvyyden vuoksi ja raportoinnin käytettävyyden parantamiseksi päästöt jaotellaan kolmeen scopeen. Scope 1 pitää sisällään suorat kasvihuonekaasupäästöt, jotka aiheutuvat yrityksen oman toiminnan seurauksena sen toimipisteissä ja joihin yritys voi itse vaikuttaa. Scope 2 pitää sisällään epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt, jotka muodostuvat yrityksen kuluttaman muualta ostetun sähkön ja höyryn tuotannosta. Scope 3 pitää sisällään muut epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt pois lukien ne päästöt, jotka on jo raportoitu scope 2:ssa. [8, s. 25.]

2.1 Suomen ilmastotavoitteet

Vuonna 2019 Suomen hallitusohjelmassa on otettu huomioon ilmastonmuutos. Strategisissa kokonaisuuksissa on esitetty hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Kokonaisuus pohjautuu hallitusten välisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) ja Pariisin ilmastopimuksen sisältöön. [9.]

Hallitusohjelmassa on tavoitteena hiilineutraali Suomi vuoteen 2035 mennessä, minkä jälkeen edetään kohti hiilinegatiivisia olosuhteita. Suomen toimilla on tarkoitus edistää Euroopan unionin tavoitetta olla hiilineutraali ennen vuotta 2050. Toisena tavoitteena on olla maailman ensimmäinen fossiilivapaa hyvinvointiyhteiskunta. Tämä edellyttää kuta-kuinkin päästötöntä sähkön ja lämmön tuotantoa Suomessa 2030-luvun aikana. Myös ympäristölle haitallisten energiaraaka-aineiden, kuten kivihiilen ja turpeen, käyttöä tul- laan vähentämään. Uusiutuvista raaka-aineista valmistettua energiaa, kuten esimerkiksi uusiutuvaa sähköä ja tuulivoimaa, puolestaan tullaan lisäämään ja niiden valmistusta tuetaan. [9.] Kasvihuonekaasupäästöjä on onnistuttu laskemaan Suomessa ennätyskel- lisen alhaalle. Vuosien 2003 ja 2019 välillä päästöt ovat laskeneet 38 %. [10, s. 5.]

2.2 Suomen teollisuuden ilmastotavoitteet

Suurimmat kasvihuonekaasupäästöt aiheutuvat energia-, teknologia-, metsä- ja kemian-teollisuudesta [11]. Teollisuudenalojen tavoitteet ilmastomuutoksen hillitsemiseksi ja hidastamiseksi pohjautuvat Pariisin ilmastosopimukseen, YK:n kestävän kehityksen tavoitteisiin ja IPCC:n raportteihin. Lisäksi monet eri teollisuudenalojen yritykset, mukaan lukien elintarvikealan yritykset, ovat allekirjoittaneet energiatehokkuussopimuksen. Sen tarkoituksena on edistää energian tehokasta käyttöä ja siten vähentää hiilidioksidipäästöjä. Sopimus on valtion ja toimialojen välinen. [12.] Teollisuudenaloista eniten päästöjä aiheuttaa energiantuotanto, niin Suomen tasolla kuin globaalistikin. Vuonna 2019 Suomen kokonaispäästöt olivat 52,8 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia. Tästä määrästä noin 74 % on energiasektorin toiminnasta aiheutuvia päästöjä. [1; 10, s. 9, 15.]

Elintarvikealan yritykset raportoivat omista tavoitteistaan ja saavutuksistaan esimerkiksi vastuullisuusraporteissa ja vuosikertomuksissa. Taulukossa 1 on koottu joidenkin elintarvikealan yritysten hiilidioksidipäästöjä, tavoitteita päästöjen vähentämiseksi ja toteutuneita päästövähennyksiä. Hiilidioksidipäästöt ilmoitetaan usein yksikössä kg CO₂-ekvivalenttia. Päästöt voidaan myös ilmoittaa yksikössä kg CO₂-ekvivalenttia tuotettua tonnia kohti, jolloin tulosten vertailu on helpompaa, koska on olemassa erityyppisiä toimintoja, jotka tuottavat erilaisia kasvihuonekaasupäästöjä. Päästöjen keskinäiseen vertailuun vaikuttaa myös se ilmoitetaanko päästöt koko konsernin vai vain esimerkiksi Suomessa tapahtuvan toiminnan osalta. Taulukossa 1 esitetyissä HKScanin ja Arla Foodsin tiedoissa on otettu huomioon koko konsernin päästöt, kun taas Valion tiedoissa on huomioitu vain Suomessa muodostuvat päästöt [13, s. 47; 14, s. 51; 15, s. 73]. Myös tavoitteet päästöjen vähentämiseksi voidaan ilmoittaa eri tavoin. Esimerkiksi Fazer on ilmoittanut vähentävänsä päästöjä 50 % tuotettua tonnia kohti vuoteen 2030 mennessä ottaen huomioon koko arvoketjun [17, s. 37]. Arla Foods puolestaan aikoo vähentää vuoteen 2030 mennessä scopejen 1 ja 2 absoluuttisia päästöjä 30 % ja scopen 3 päästöjä 30 % maitokiloa kohti [14, s. 12].

Taulukko 1. Joidenkin elintarvikealan yritysten hiilidioksidipäästöjä ja niiden vähentäminen [13, s. 47, 114; 14, s. 12, 42, 51; 15, s. 28, 73; 16, s. 7, 46; 17, s. 31, 37].

	Hiilidioksidipäästöt	Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen	Toteutuneet vähentämiset
HKScan	117 000 tonnia CO ₂ e (2019).	90 % vähemmän vuoteen 2030 mennessä.	Päästöt laskeneet 51 % vuodesta 2014.
Atria	-	25 % vähemmän vuoteen 2035 mennessä.	Päästöt laskeneet 2,5 % vuodesta 2018.
Fazer	-	50 % vähemmän per tuotettu tonni vuoteen 2030 mennessä.	Päästöt laskeneet 13 % vuodesta 2015.
Valio	Scope 1: 74 600 CO ₂ e t Scope 2: 95 800 CO ₂ e t Scope 3: 1 830 800 CO ₂ e t (2019).	Maidon hiilijalanjälki nolla 2035 mennessä.	-
Arla Foods	Scope 1: 470 000 CO ₂ e t Scope 2: 275 000 CO ₂ e t Scope 3: 17 758 000 CO ₂ e t (2019).	Scope 1 ja 2: 30 % vähemmän ja scope 3: 30 % vähemmän per maitokilo (2030). Hiilineutraali 2050.	Päästöt laskeneet 22 % vuodesta 2005.

Teollisuudessa muodostuvia päästöjä voidaan vähentää esimerkiksi energiankulutuksen kautta. Taulukossa 2 on esitetty muutamien elintarvikealan yritysten energiankulutuksia ja vähentämistavoitteita. Energiankulutus ilmoitetaan usein yksikössä MWh/a, mutta yritysten välisissä vertailutilanteissa voidaan käyttää yksikköä MWh/tuotettua tonnia. Silloin vertailu eri kokoisten yritysten välillä on mahdollista. Yritysten energiankulutuksen vähentämisen tavoitteet kytkeytyvät vahvasti päästötavoitteisiin. Kun energiankulutusta saadaan pienennettyä, myös siitä aiheutuvat päästöt vähenevät. Energiankulutusta pyritään usein vähentämään optimoinnin avulla. Energiankulutuksesta aiheutuvia päästöjä puolestaan yritetään vähentää siirtymällä käyttämään uusiutuvia energianlähteitä. Esimerkiksi Atrialla on käytössä yksi Suomen suurimmista aurinkosähköpuistoista Nurmossa. Sen tuottamalla sähköllä korvataan vuositasolla noin 5 % tehtaan sähköntarpeesta. [18.] Omavaraisuutta uusiutuvan energian saralla on myös Juustoportin Jalasjärven meijerillä, jossa tehtaan katolle on asennettu aurinkopaneeleita. Niiden avulla osa tehtaan toiminnoista pyörii itse tuotetulla uusiutuvalla energialla. [19.]

Taulukko 2. Joidenkin elintarvikealan yritysten energiankulutukset, niiden vähentäminen ja uusiutuvien energianlähteiden käyttö [13, s. 47; 14, s. 42; 15, s. 37; 16, s. 7, 46; 17, s. 30, 37; 18; 19; 20; 21].

	Energiankulutus	Energiankulutuksen vähentäminen	Uusiutuvat energianlähteet
HK	503 000 MWh vuonna 2019.	18 % pienempi kulutus 2025.	100 % uusiutuva sähkö (bio- ja vesivoima).
Atria	523 655 MWh vuonna 2019.	Energiankäytön optimointi.	Aurinkosähköpuisto.
Fazer	0,84 MWh/tuotettua tonnia (2019).	20 % pienempi tuotettua tonnia kohden vuonna 2020.	82 % uusiutuvaa energiaa.
Valio	718 093 MWh (2019).	Energiankäytön tehokkuus paranee 7,5 % (2015–2025) optimoinnin seurauksena.	Tavoitteena nostaa uusiutuvan energian osuus 24 %:sta 70 %:iin (2016–2025).
Arla Foods	-	-	33 % tuotantolaitosten energiankulutuksesta uusiutuvaa.
Juustoportti	-	-	100 % uusiutuvaa sähköä. 90 % lämpöenergiasta bioenergiaa. Jalasjärven meijerillä aurinkovoimala.

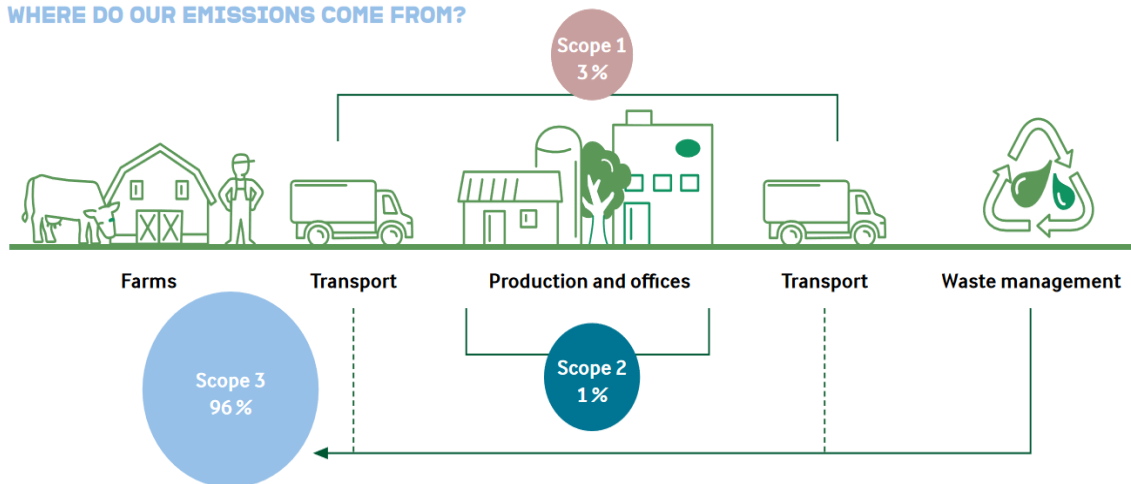
Monet yritykset ovat aloittaneet päästöjen pienentämisen valitsemalla uusiutuvista energianlähteistä valmistettua sähköä. Uusiutuvasta energiasta valmistetulla sähköllä päästöt ovat usein nolla. Se onkin yksi nopeimmin toteutettavissa olevista keinoista leikata päästökuormaa, koska uusiutuvaa sähköä on nykyään laajasti tarjolla. Myös energiankäytön optimointi on yleinen keino, kun lähdetään pienentämään päästöjä. Usein elintarvikealalla ja yleisesti teollisuudessa on melko haastavaa, ellei jopa mahdotonta saavuttaa täysin päästötöntä toimintaa. Päästökompensoinnin avulla yritys voi kuitenkin tehdä toiminnastaan täysin hiilineutraalia. Päästökompensoinnissa ideana on hyvittää omat hiilidioksidipäästöt ostamalla niitä vastaava määrä päästövähennyksiä. Päästövähennykset voivat olla esimerkiksi projekteja, joiden tarkoituksena on lisätä tai kasvattaa hiilinieluja. [22.] Toisinaan päästökompensointi voi olla ainoa ratkaisu, jos toiminnasta aiheutuu välttämättömiä päästöjä, joita ei voida jostain syystä leikata kokonaan pois. Päästökompensointien ostaminen voi toimia myös väliaikaisena ratkaisuna, koska tie nollopäästöihin voi olla pitkä.

2.3 Hiilineutraali Arla Foods 2050

Arla Foods on kansainvälinen meijerialan yritys ja sillä on toimintaa monessa maassa, kuten esimerkiksi Ruotsissa, Tanskassa, Britanniassa ja Hollannissa. Arla Foods -konserni tähtää hiilineutraaliin toimintaan vuoteen 2050 mennessä. Tavoite kattaa koko maitotekijän pellolta pöytään. Arla Foodsin päästötavoitteet on virallisesti hyväksytty Science Based Target -aloitteella. [14, s. 5, 12.]

Arla Foods ilmoittaa päästönsä GHG-protokollan mukaisesti kolmeen scopeen jaoteltuna. Kuvassa 2 on esitetty Arla Foodsin toiminnasta aiheutuvien päästöjen prosentuaalinen jakautuminen eri scopeihin. Scope 3 eli epäsuorat päästöt, aiheuttavat suurimman osan päästöistä, kuten kuvasta 2 huomataan. Scope 3 -päästöt koostuvat esimerkiksi kuljetuksesta, pakkauksista, raakamaidosta ja loppupään kierrätyksestä. Scopet 1 ja 2 aiheuttavat vain muutaman prosentin kokonaispäästöistä. Scope 2 sisältää epäsuoria päästöjä, jotka ovat aiheutuneet yrityksen ostaman sähkön, kaasun, lämmityksen ja jäähdytyksen tuotannosta. Scope 1 sisältää logistiikan Arla Foodsin omilla ajoneuvoilla ja päästöt tuotantolaitoksilla. [14, s. 12.] Tässä insinööriyössä tarkastelu keskittyy scopeihin 1 ja 2.

WHERE DO OUR EMISSIONS COME FROM?



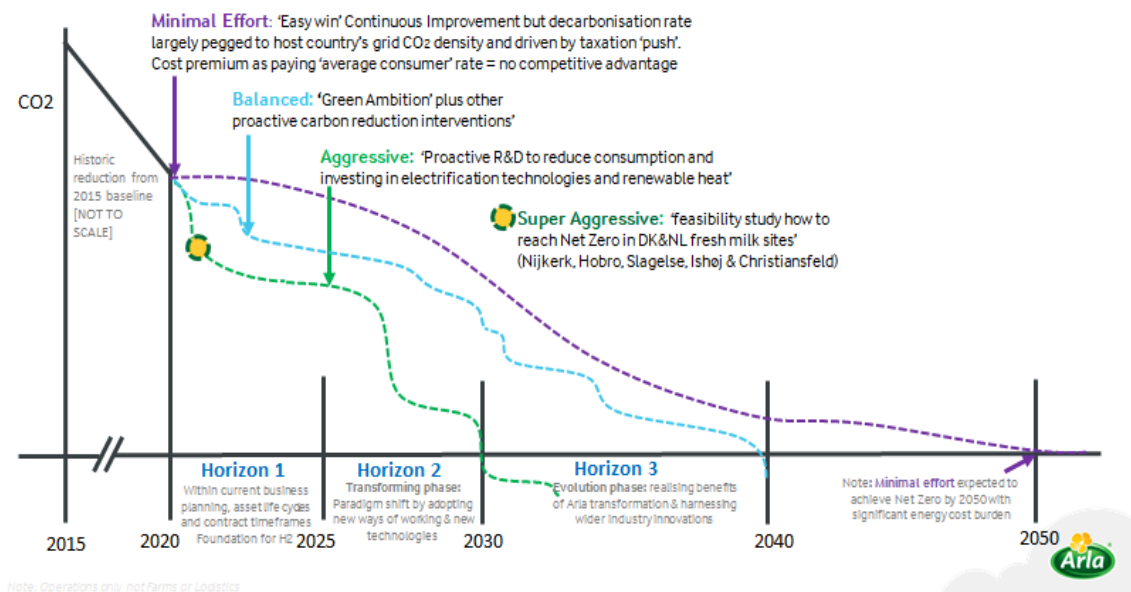
Kuva 2. Arla Foodsin päästöjen osuudet havainnollistettuna GHG-protokollan mukaisilla scopeilla [14, s. 12].

Vuonna 2019 Arla Foodsin päästöt olivat noin 18 000 miljoonaa CO₂-ekvivalenttia. Kokonaispäästömäärästä scope 1 osuus oli 470 miljoonaa kiloa CO₂-ekvivalenttia, scope 2

osuus oli 275 miljoonaa kiloa CO₂-ekvivalenttia ja scope 3 osuus oli noin 17 800 miljoonaa kiloa CO₂-ekvivalenttia. Kuten huomataan, vain pieni osa päästöistä (scopet 1 ja 2) aiheutuu suorasti tai epäsuorasti tuotantolaitoksilla. [14, s. 12, 51.] Siitä huolimatta tuotantolaitosten päästövähennyksillä on merkittävä rooli kokonaiskuvassa.

Hollannissa ja Tanskassa Net Zero Site -pilottihankkeet hiilineutraalin toiminnan saavuttamiseksi ovat jo käynnissä. Pilottihankkeissa on kartoitettu vaihtoehtoisia ympäristöystävällisiä energiamuotoja ja luotu skenaarioita tavoitteen saavuttamiseksi. Kuvassa 3 on havainnollistettu kolmen eri skenaarion aikajana. Mikäli tehdään minimaalisia toimia, eli noudatetaan Arla Foodsin energiastrategiaa mukailevaa toimintaa, hiilidioksidipäästöt saadaan nollaan vuoteen 2050 mennessä. Päästöt voidaan saada nollaan jo ennen vuotta 2050, jos niin sanotut aggressiiviset toimet päästöjen vähentämiseksi otetaan käyttöön. Aggressiivisia toimia ovat esimerkiksi uusiutuvien energianlähteiden käyttäminen fossiilisten sijaan ja uuden teknologian hyödyntäminen. Hiilidioksidipäästöt voidaan aggressiivisimman skenaarion mukaan saada nollaan jo vuonna 2030. [23; 24.]

Final decarbonisation horizons & scenarios to be presented



Kuva 3. Kolme eri skenaariota hiilineutraalin toiminnan saavuttamiseksi Arla Foodsilla [23].

Arla Foodsin toiminnasta syntyy arvokasta biomassaa varsinkin alkutuotannossa. Sitä voitaisiin hyödyntää raaka-aineena esimerkiksi biokaasun valmistuksessa. Hollannissa

on pohdittu uusiutuvaan energiaan siirtymistä esimerkiksi asentamalla aurinkopaneeleita tuotantolaitosten katoille, hyödyntämällä lähellä sijaitsevan tuulivoimalan tuottamaa energiaa tai rakentamalla putkisto läheiseltä biokaasulaitokselta tuotantolaitokselle [23]. Myös Tanskassa on pohdittu uusiutuvaan energiaan siirtymistä aurinkopaneelien avulla, sähköistämisen lisäämistä ja arvioitu Hobron tuotantolaitoksen mahdollisuuksia hyödyntää lähellä sijaitsevaa biokaasulaitosta [24].

Arla Foodsin alla toimii Suomessa Arla Oy, ja sen toimipiste sijaitsee Sipoossa. Tehdasalueella sijaitsee tuotanto, tuotekehitys ja pääkonttori. [25.] Suomessa Arla Oy:n toiminta ja tavoitteet mukailevat Arla Foodsin päästötavoitteita. Arla Oy on omalla toiminnallaan edistänyt tavoitetta olla hiilineutraali. Esimerkiksi pienemmän ilmastovaikutuksen pakkaukset ovat yksi askel kohti hiilineutraalia toimintaa. Myös maidontuotantotiloilla on ryhtytty toimiin, jotta tavoite saavutetaan. [26.]

Noin 85 % Arlan CO₂-päästöistä tulee maataloilta [27]. Alkutuotannon päästöjen vähentäminen onkin tärkeässä roolissa, jotta tavoite hiilineutraalista toiminnasta saavutetaan. Vaikka tuotanto, logistiikka, pakkaukset ja ruokahävikki aiheuttavat huomattavasti vähemmän päästöjä kuin alkutuotanto, niiden aiheuttamien päästöjen vähentäminen on myös tärkeää.

Arla Oy:n hiilineutraaliin tavoitteeseen liittyvä tarkastelu on tässä insinööriyössä rajattu Sipoon tuotantolaitoksen energiankäyttöön liittyvään toimintaan, eli GHG-protokollan mukaisiin scopeihin 1 ja 2. Rajaus sulkee pois alkutuotannon, logistiikan, pakkaukset ja loppupään kierrätyksen sekä ruokahävikin.

3 Yleisimmät energiamuodot

Erilaisia energiamuotoja ovat muun muassa sähkö ja kaasu. Energiaa tarvitaan esimerkiksi lämpötilan säätelyyn sisätiloissa, valaistukseen ja laitteiden toimintaan. Energiaa voidaan valmistaa fossiilisista ja uusiutuvista raaka-aineista. Fossiilisia raaka-aineita ovat esimerkiksi öljy ja kivihiili. Niiden tuotannosta ja käytöstä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä koko elinkaaren ajan. Fossiilisten raaka-aineiden saatavuus maapallolla heikkenee koko ajan, ja lopulta niitä ei ole enää saatavilla. Uusiutuvat raaka-aineet, kuten esimerkiksi vesi, aurinko ja tuuli, eivät puolestaan tule loppumaan maapallolta. Niiden käytöstä aiheutuu todella vähäinen määrä tai ei ollenkaan päästöjä. Päästöjä voi aiheutua esimerkiksi tuulivoimalan rakentamisesta. Uusiutuvalla energialla on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen vastaisessa taistelussa.

3.1 Sähkö

Sähköä voidaan valmistaa erilaisista raaka-aineista. Raaka-aine ei rajaa pois sähkön käyttökohteita, koska se toimii samalla tavalla raaka-aineesta ja tuotantotavasta riippumatta. Sähkön tuotannossa fossiilisia raaka-aineita ovat esimerkiksi öljy ja maakaasu. Uusiutuvia raaka-aineita puolestaan ovat esimerkiksi aurinko ja vesi. Auringonvalosta saatava energia kerätään aurinkopaneelien avulla ja muutetaan sähköksi. Vesisähkön tuotannossa toimintaperiaate perustuu virtaavan veden potentiaalienergiaan, joka muunnetaan sähköksi. Energiatieteellisuuden tietojen mukaan kuluneen kahden vuoden aikana sähköä on tuotettu eniten ydin- ja vesivoimalla sekä puupolttoaineista. Eri raaka-aineiden käyttöasteet ovat pysyneet pitkälti samalla tasolla, mutta turpeen, maakaasun ja kivihiilen käyttö on vähentynyt hieman. Sähkön tuotantomäärä kasvaa talvikuukausien aikana ja vastaavasti laskee kesäkuukausien aikana. [28, s. 1.]

Sähkö on energiamuotona hyvä vaihtoehto ympäristön kannalta, koska esimerkiksi Suomessa tällä hetkellä noin puolet tuotetusta sähköstä on valmistettu uusiutuvista raaka-aineista. Noin kolmannes tuotetusta sähköstä on valmistettu ydinvoimalla, mikä on ympäristön kannalta siinä mielessä suotuisa asia, että siitä ei aiheudu juuri ollenkaan CO₂-päästöjä. [29, s. 14.] Uusiutuvista lähteistä valmistettu sähkö on pääasiassa päästötöntä. Esimerkiksi vesivoimalla tai aurinkoenergialla tuotetun sähkön päästökerroin on 0 g CO₂/kWh. Sähköntuotannon CO₂-päästöt ovat olleet reilussa laskussa kuluneen kahden

vuoden aikana. [28, s. 3, 13.] Keskimääräinen ostosähkön päästökerroin oli vuonna 2019 noin 158 g CO₂/kWh [30].

3.2 Kaasu

Kaasua käytetään energianlähteenä sähköntuotannossa, teollisuuden prosesseissa, polttoaineena ja lämmityksessä. Esimerkiksi lämmitykseen käytetään yleisesti maakaasua, mutta se on mahdollista korvata käyttämällä biokaasua. Biokaasu vastaa ominaisuuksiltaan maakaasua, mutta se on valmistettu uusiutuvista raaka-aineista, toisin kuin maakaasu. Suomessa oleva maakaasuverkosto yltää Kaakkois-Suomesta pääkaupunkiseudun kautta Pirkanmaalle, kuten kuvasta 4 käy ilmi. Valtio-omisteinen Gasum Oy operoi maakaasuverkostoa Suomessa ja vastaa maakaasun maahantuonnista Venäjän puolelta. Gasum Oy:llä on Suomessa kaasuputkiverkoston lisäksi muun muassa biokaasulaitoksia ja LNG-tuotantolaitoksia. Biokaasua voidaan syöttää kaasuverkostoon maakaasun tavoin. [31, s. 13–14.]



Kuva 4. Suomen maakaasuverkosto vuonna 2016 [31, s. 14].

Maakaasun kulutus Suomessa vuonna 2018 oli noin 24,7 TWh [32, s. 3]. Maakaasu on suosittu energianlähde, koska sitä voidaan käyttää sähkö- ja kaukolämpövoimaloissa sekä autojen polttoaineena. Maakaasua on muodostunut aikojen saatossa, kun erilaiset orgaaniset kappaleet ovat kerääntyneet maan pinnalle ja meren pohjaan. Massojen päälle on kerääntynyt hiekka-, liete- ja kalliokerroksia. Paine ja lämpötila ovat saaneet hiili- ja happirikkaan materiaalin muuttumaan maakaasuksi. Maakaasua porataan talteen öljyn tavoin maakerrosten alta. [33.] Maakaasun huonoihin puoliin lukeutuu sen suuri tilavuus. Sen tilavuutta on kuitenkin mahdollista pienentää jopa 600 kertaa pienemmäksi nesteytyksen avulla. Nesteytetty maakaasu eli LNG (liquid natural gas) helpottaa toimintaa logistisesta näkökulmasta. [34.]

Biokaasua voidaan valmistaa orgaanisista raaka-aineista eli biomassasta. Biomassa on orgaanista jätettä, kuten esimerkiksi jätevesilietettä, metsä-, pelto- tai kasvibiomassaa. Biomassa voidaan mädättää biokaasuksi lisäämällä raaka-ainemassaan vettä, jotta käymisprosessi käynnistyy. Mikrobitoiminnan seurauksena massasta alkaa muodostua metaania ja hiilidioksidia, jotka kerätään talteen. Syntynyt biokaasu voi kulkea vielä mahdollisen puhdistusprosessin läpi ennen kuin se lähtee jakeluun. Biokaasun koostumuksesta on noin 94–98 % metaania. [35; 36.] Myös maakaasu on enimmäkseen metaania [37]. Suomessa biokaasua syötetään kaasuverkostoon seuraavissa kaupungeissa sijaitsevilta tuotantolaitoksilta:

- Lahti, kapasiteetti 50 GWh/a
- Riihimäki, kapasiteetti 50 GWh/a
- Espoo, kapasiteetti 24 GWh/a
- Vironlahti, kapasiteetti 20 GWh/a ja
- Kouvola, kapasiteetti 10 GWh/a [32, s. 3].

Suomessa maakaasu toimitetaan Venäjältä ja biokaasua tuotetaan itse. Maakaasun päästökerroin on noin 198–202 g CO₂/kWh ja biokaasun vastaava kerroin on 0 g CO₂/kWh [7, s. 54; 30].

4 Nykytila-analyysi

Arla Oy tekee energiavuosisiraportointia, josta käy ilmi muun muassa vastaanotettujen raaka-aineiden määrä, energiankulutus, vedenkulutus ja jäteveden määrä. Vuonna 2019 Etteplanin toteuttamassa kohdekatselmusraportissa on esitetty Arla Oy:n energian ja vedenkulutukseen liittyvää dataa sekä energiataseita. BAT-selvityksestä käy ilmi esimerkiksi toiminta tehdasalueella. Arla Oy:n kohdalla BAT tarkoittaa Euroopan komission antamaa päätöstä parhaista käytössä olevista tekniikoista elintarvikkeiden ja maidon valmistus- ja jalostustekniikoita varten [38]. Edellä mainittujen dokumenttien perusteella Arla Oy:n toiminnasta on tehty seuraavaksi esiteltävä nykytila-analyysi. Nykytila-analyysin perusteella tässä insinööriyössä esitetään eri skenaarioita, joiden avulla Arla Oy pääsee kohti hiilineutraalia toimintaa.

4.1 Arla Oy:n tuotantolaitos

Arla Oy:n tuotantolaitoksella Sipoossa on toimintaa 24 tuntia vuorokaudessa seitsemänä päivänä viikossa. Tuotantomäärä vuonna 2019 oli yhteensä noin 130 000 tonnia. Maitoa saapuu tuotantolaitokselle vuoden jokaisena päivänä ja se toimii tuotteiden pääraaka-aineena. Raakamaidosta separoidaan, eli erotetaan rasvatonta maitoa ja kermaa. Tuotteita prosessoidaan separoinnin lisäksi vakioimalla, homogenoimalla, pastöroimalla sekä ESL- ja UHT-käsittelyillä. [39; 40.] Tuotantolaitoksella valmistetaan erilaisia tuotteita seuraavien kategorioiden alla:

- ESL-käsitellyt maidot ja kermat (Extended Shelf Life)
- UHT-käsitellyt maidot, kermat, kastikkeet, ruokakermat ja kasvirasvasekoitteet (Ultra-High Temperature Processing)
- jogurtti
- hapanmaito- ja kermatuotteet
- rahka
- voi. [38.]

Jäähdytys Sipoon tuotantolaitoksella tapahtuu ammoniakkikylmälaitoksen avulla. Sen avulla tuotetaan kylmäenergiaa varastojen jäähdytykseen sekä jäävettä prosessin jäähdytykseen. Ammoniakki on energiatehokas kylmäaine, ja se on ympäristön kannalta hyvä valinta, koska sen GWP (Global Warming Potential) on nolla ja ODP (Ozone

Depletion Potential) on nolla. Suuri GWP- tai ODP-luku kertoo kylmäaineen olevan haitallinen ilmastolle ja ympäristölle. Ammoniakin lisäksi valmistusvaraston jäädytykseen käytetään glykolia, mutta sen jäädytyspiiri toimii omana piirinään. Tuotannon prosesseissa syntyvä elintarvikejäte toimitetaan joko rehuksi tai biokaasuksi sen mukaan, missä jäte on syntynyt ja miksi se on kelpaamatonta jatkamaan asiakkaalle. [38.]

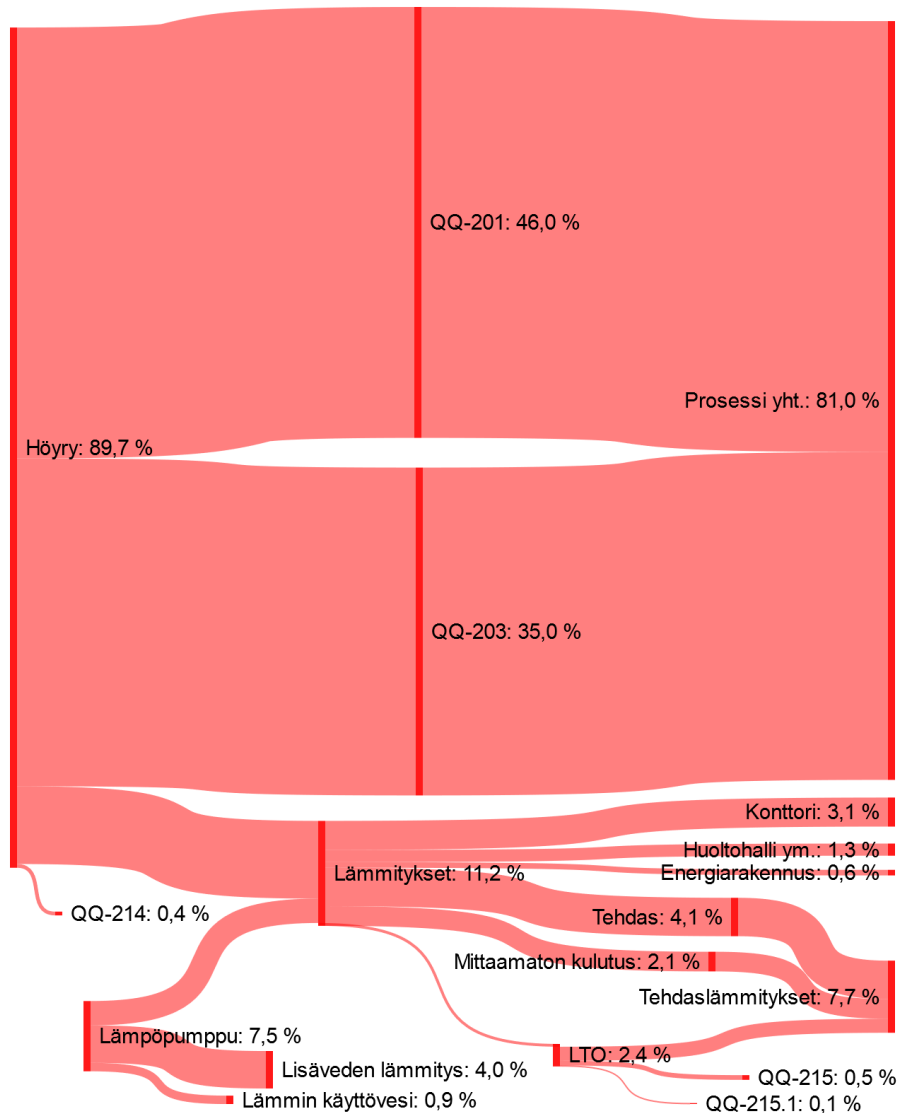
4.2 Käytössä olevat energiamuodot, niiden kulutus ja mittaus

Lämpöä (höyry) käytettiin Arla Oy:n Sipoon tuotantolaitoksella vuonna 2018 yhteensä noin 30 000 MWh. Vuonna 2019 höyrynkulutus oli pysynyt suurin piirtein samalla tasolla. Tehdasalueella on energiarakennuksessa sijaitseva kattilalaitos, jossa tuotetaan maakaasusta höyryä. Höyryä käytetään enimmäkseen eri prosessien lämpökäsittelyvaiheissa, mutta myös esimerkiksi sisätilojen lämmitykseen. Höyry on elintarvikealan prosesseissa turvallinen lämmitysmuoto steriiliyden ja suorakäyttöpuhtauden puolesta. Varapolttoaineena on kevyt polttoöljy. Höyryntuotantoa operoi Keravan Energia. Eniten lämpöä kuluttaa prosessi. [39; 40.]

Arla Oy:n vuoden 2019 sähkönkulutus oli noin 18 500 MWh. Kuusi sähkömuuntajaa sijaitsee energiarakennuksessa ja kaksi tuotantorakennuksen muuntamossa. Eniten sähköä kulutti prosessi, jäädytys ja LVI. Jäädytykseen käytetään ammoniakkipomppu- ja kompresso- reita, jotka sijaitsevat energiarakennuksessa. [39.] Sähkön- ja höyrynkulutuksen prosentuaaliset jakautumiset on esitetty alla olevissa kuvissa 5 ja 6.

4.2.1 Sankey-diagrammi höyrynkulutuksesta

Alla olevassa kuvassa 5 esitetyn Sankey-diagrammin avulla kuvataan höyrynkulutuksen ja lämmitysenergian jakautumista Arla Oy:n tehdasalueella. Sisään tulevasta lämmitysenergiasta noin 90 % on maakaasulla tuotettua höyryä. Loput lämmitysenergiasta muodostuu lämpöpumpusta ja LTO:sta eli lämmöntalteenotosta. Voidaan huomata, että höyry menee lähes kokonaisuudessaan prosessin käyttöön. Sisään tulevasta höyrystä noin 90 % menee prosessin käyttöön. Tehdaslämmitysverkostossa on noin 2 % mittaamatonta lämmönkulutusta, joka menee energiamittausten ohi. [39.]



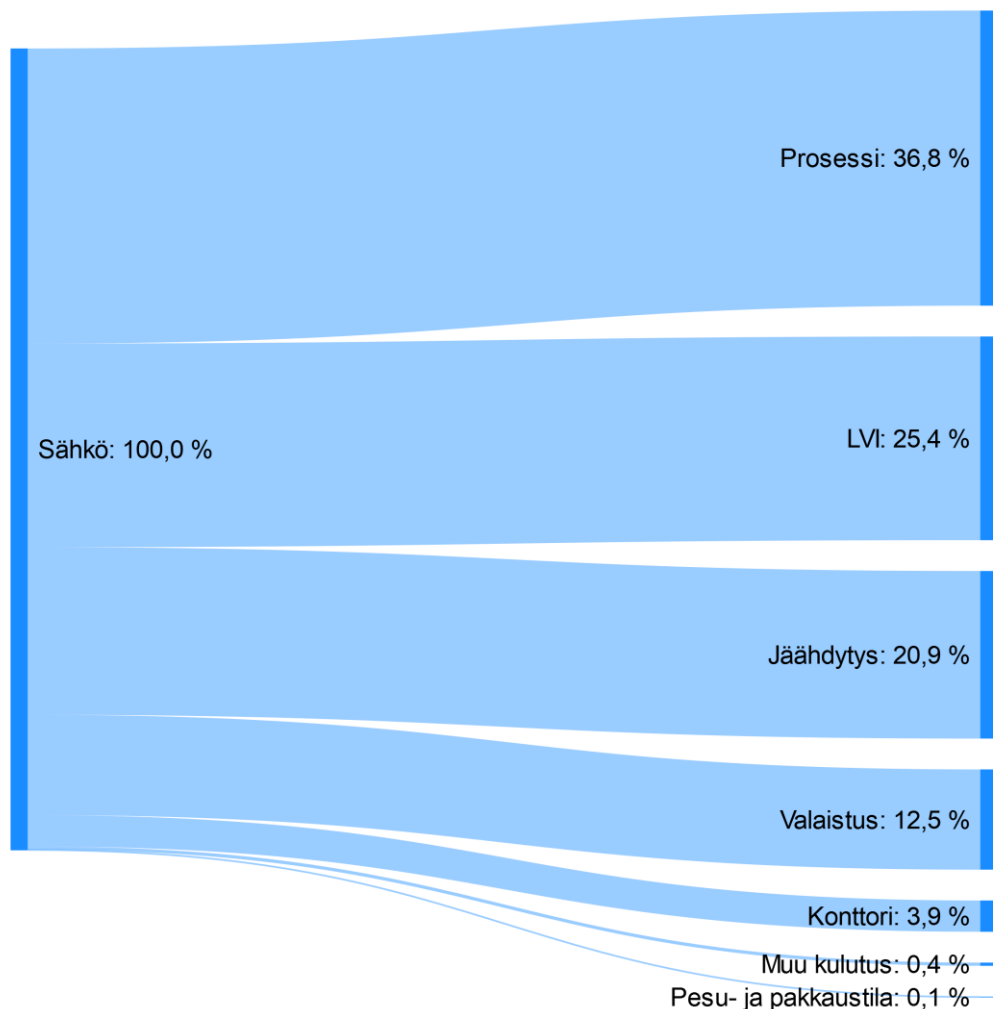
Kuva 5. Sankey-diagrammi Arla Oy:n höyrynkulutuksesta vuonna 2018 [39].

Prosessin höyrynkulutuksen osastokohtaisen jakautumisen analysoinnissa on haasteita, koska prosessin höyrynkulutusta mitataan vain kahdella mittarilla. Nämä kaksi mittaria on esitetty yllä olevassa Sankey-diagrammissa mittaaspositiotunnisteilla QQ-201 ja QQ-203. Kyseisten mittareiden lisäksi prosessissa ei ole osasto- tai laitekohtaisia mittareita, joista kävisi ilmi höyrynkulutuksen tarkkoja arvoja. On kuitenkin arvioitu, että ESL-osasto on prosessin suurin höyrynkuluttaja. [41.] Kyseisellä osastolla on ESL-laitteisto, jonka avulla valmistettavat tuotteet lämpökäsitellään kuumalla höyryllä. Nykytila-analyysia varten ESL-laitteiston höyrynkulutusta ei pystytä mittaamaan, joten se on arvioitu laske-
malla. Laskelmassa on otettu huomioon höyryn massavirtaus, paine, ominaisentalpia ja

laitteiston käyttötunnit. Edellä mainittujen tietojen perusteella ESL-laitteiston laskennallisesti arvioitu höyrynkulutus on hieman yli puolet kokonaishöyrynkulutuksesta. Muiden osastojen laskemalla arvioitujen höyrynkulutukset löytyvät liitteestä 1. [39; 42.]

4.2.2 Sankey-diagrammi sähkön kulutuksesta

Alla olevassa kuvassa 6 esitetyn Sankey-diagrammin avulla havainnollistetaan sähkönkulutuksen jakautumista Arla Oy:n tehdasalueella. Prosessin osuus kokonaiskulutuksesta on noin 36 %, LVI:n osuus noin 25 % ja jäähdytyksen osuus noin 20 %. Alla oleva diagrammi kuvaa koko kiinteistön sähkönkulutusta, mukaan lukien Unilever Ingmanin, joten prosessin suhteellinen osuus on vain arvio Arlan kulutuksesta.



Kuva 6. Sankey-diagrammi Arla Oy:n sähkönkulutuksesta vuonna 2018 [39].

Prosessin sisällä eniten sähköä kuluttavat separaattorit ja homogenisaattorit. Kyseisillä laitteilla käyttöaste on suuri, ja niitä löytyy monilta eri osastoilta prosessista. Erilaiset pumput ja tankkien sekoittajat puolestaan kuluttavat vähiten sähköä ja niillä on pieni käyttöaste. [43.]

4.3 Energiankäytön kehityskohteet

Sipoon tuotantolaitoksella suoritetaan mittauksia ja seuranta sähkö-, lämpö- ja kylmäenergian osalta. Lisäksi paineilman, jääveden ja käyttöveden kulutusta sekä syntyvän jäteveden määrää seurataan. Tuloksista raportoidaan kuukausittain. Vuonna 2019 energian käyttöä Sipoon tuotantolaitoksella on tehostettu muutamien projektien kautta. Energiasäästöjä saavutettiin muun muassa asentamalla LED-valoja pakkaussaliin, toteuttamalla ESL Free Cooling -projekti, hankkimalla uusia NH₃-lauhduttimia ja toteuttamalla Boiler Optimization -projekti. [38.]

Energiankulutuksen optimoinnilla saadaan pienennettyä energiankulutusta, minkä seurauksena energiankulutuksen päästöt vähenevät. Optimoinnin avulla kaikkia päästöjä ei kuitenkaan saada mitätöityä vaan hyöty rajoittuu päästöjen vähentämiseen. Uusiutuvista raaka-aineista valmistetun energian avulla sen sijaan voidaan saavuttaa huomattavia tuloksia. Uusiutuvan energian päästöt ovat lähtökohtaisesti nolla tai todella lähellä nollaa.

5 Skenaariot

Tämän insinööriyön tavoitteena on luoda eri skenaarioita, joiden avulla Arla Oy:n hiilidioksidipäästöt energiankulutuksen osalta saadaan noltaan. Skenaarioissa esitellään vaihtoehtoisia käyttöasteita eri energiamuodoille. Kaikista skenaarioista on tehty SWOT-analyysit, joissa niiden vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia tarkastellaan. Lähtötilanteena pidetään vuoden 2020 olosuhteita, eli lämpö tuotetaan maakaasulla ja sähkö vesivoimalla. Vesisähkön toimittaa Vattenfall, joka kertoo verkkosivuillaan tuottavansa vesisähköä Ruotsissa, Suomessa ja Saksassa [44]. Taulukossa 3 on esitetty lähtötilanne. Laskelmissa on käytetty energiankulutuksen osalta vuoden 2019 dataa ja CO₂-kertoimina vuoden 2019 energiakatselmuksessa esitettyjä arvoja.

Taulukko 3. Lähtötilanne energiankulutuksen ja päästöjen osalta [39].

	Osuus energiankulutuksesta (%)	Kulutus (MWh/a)	CO ₂ -kerroin (kg CO ₂ /MWh)	CO ₂ -päästöt (t kg CO ₂ /a)
Lämpö (maakaasu)	62 %	29 984	198	5 937
Vesisähkö	38 %	18 464	0	-
Yhteensä	100 %	48 448	-	5 937

Kuten taulukossa 3 on esitetty, lähtötilanteessa maakaasun kulutus oli hieman alle 30 000 MWh vuodessa ja siitä aiheutuvat päästöt ovat hieman alle 6 000 t kg CO₂:a vuodessa. Sähkön kulutus puolestaan oli noin 18 500 MWh vuodessa ja siitä aiheutuvat päästöt 0 t kg CO₂ vuodessa. Vesisähkö on uusiutuvaa energiaa ja sen CO₂-kerroin on 0 kg CO₂/MWh [7, s. 54; 30]. Lähtötilanteen päästöt muodostuvat siis kokonaisuudessaan maakaasun käytöstä. Energiankulutuksen päästöt ovat lähtötilanteessa yhteensä hieman alle 6 000 t kg CO₂. Päästöt on laskettu päästökertoimien avulla, jotka on esitetty taulukossa 3.

5.1 Skenaario 1: Noin 50 % pienemmät päästöt ja hiilineutraali ESL-osasto

Seuraava askel kohti nollapäästöjä voisi olla osittainen siirtyminen maakaasusta biokaasuun. Maakaasun CO₂-kerroin saattaa vaihdella eri lähteiden välillä sen ollessa noin 198–202 kg CO₂/MWh. Tässä insinööriyössä esitettyjen skenaarioiden laskelmissa käytetään arvoa 198 kg CO₂/MWh. Biokaasun CO₂-kerroin on 0 kg CO₂/MWh. [7, s. 54; 30; 39.] Taulukossa 4 on esitetty edellä mainittujen kertoimien lisäksi vuoden 2019 energiankulutuksen perusteella lasketut CO₂-päästöt. Tässä skenaariossa sähkö tuotetaan vesivoimalla, kun taas puolet tarvittavasta höyrystä hankitaan maakaasuna ja puolet biokaasuna. ESL-osaston osuus on noin puolet kokonaishöyrynkulutuksesta. Tämä on laskennallisesti muodostettu arvio, joka käy ilmi luvussa 4.2.1. Laskelmasta saatua tarkkaa arvoa ei kuitenkaan käytetä tässä insinööriyössä. ESL-osaston osuus ilmoitetaan salattavuuden vuoksi epätarkalla arvolla, joka on tässä skenaariossa 50 % kokonaishöyrynkulutuksesta. Biokaasun päästöt ovat vesivoimalla tuotetun sähkön tapaan nolla. Näin ollen ainoat energiankulutukseen liittyvät päästöt aiheutuvat kokonaisuudessaan maakaasusta.

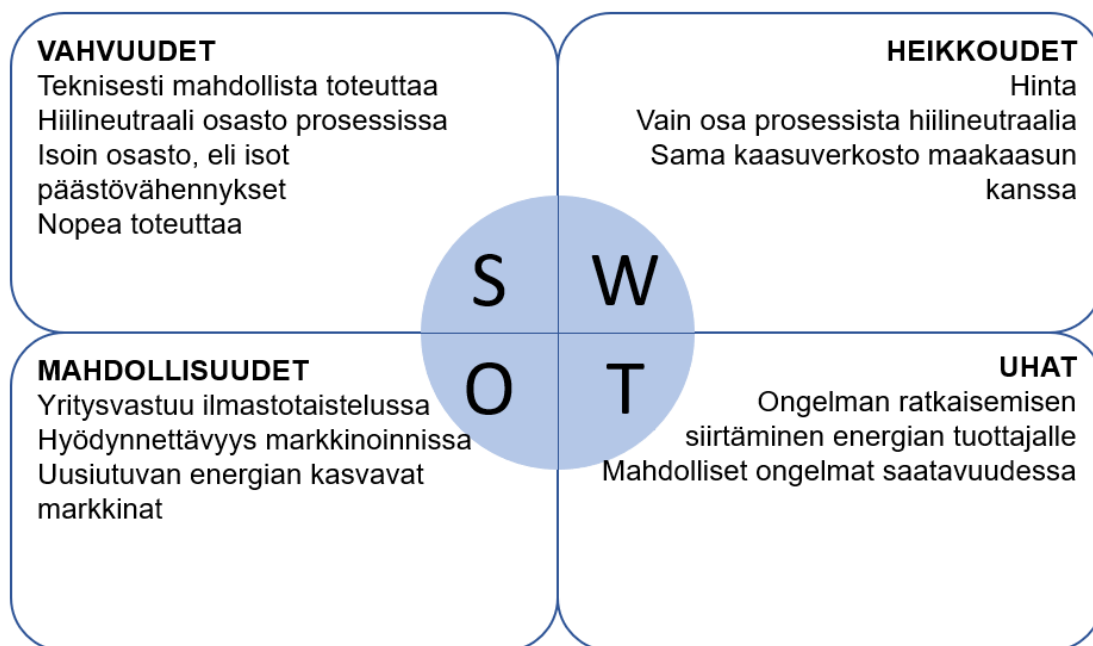
Taulukko 4. Skenaario, jonka mukaan ESL-osaston toiminta on hiilineutraalia. Biokaasua ostetaan ESL-osaston kulutuksen verran muiden osastojen käyttäessä edelleen maakaasua. [39.]

	Osuus energiankulutuksesta (%)	Kulutus (MWh/a)	CO ₂ -kerroin (kgCO ₂ /MWh)	CO ₂ -päästöt (t kg CO ₂ /a)	Toteutettavissa
Lämpö (maakaasu)	31 %	14 992	198	2 968	-
ESL:n lämpö (biokaasu)	31 %	14 992	0	-	Alle 1 vuosi
Vesisähkö	38 %	18 464	0	-	-
Yhteensä	100 %	48 448	-	2 968	-

ESL-osaston höyrynkulutuksesta käytetään salattavuuden vuoksi arvoa 50 % tarkan osuuden sijaan. Kokonaispäästöt tässä skenaariossa ovat noin 3 000 t kg CO₂/a, kun maakaasu korvataan biokaasulla ESL-osastolla. Tämän perusteella CO₂-päästöt vähenvät noin puoleen lähtötilanteesta ja ESL-osastosta tulee energiankulutuksen päästöjen osalta hiilineutraali, koska se käyttää pelkästään uusiutuvaa energiaa.

5.2 SWOT-analyysi skenaariosta 1

Hiilineutraalia ESL-osastoa on käsitelty kuvassa 7 SWOT-analyysin avulla. ESL-osasto on isoin osasto höyrynkulutuksen osalta, joten jo pelkästään sen ollessa hiilineutraali saadaan päästöjä vähennettyä laskennallisen arvion perusteella noin puolet lähtötilanteesta. Tälle skenaariolle ei ole teknisiä esteitä, jotka vaikuttaisivat toteutumiseen. Hiilineutraali ESL-osasto on nopea toteuttaa, koska olemassa oleva kaasuverkosto mahdollistaa sen, että biokaasu voidaan suoraan ostaa ulkopuoliselta toimijalta tekemättä muutoksia jakeluverkostoon. Olemassa oleva kaasuverkosto on samaan aikaan myös heikkous, koska kaasun liikkumista verkostossa ei voida eritellä raaka-aineen perusteella. Vaikka yritys ostaa biokaasua, todellisuudessa ei voida tietää, saapuuko käyttöön maakaasua. Biokaasua valmistetaan kuitenkin sen verran kuin sitä ostetaan, eli se päättyy joka tapauksessa jonkun käyttöön. Prosessin osittainen hiilineutraalius voidaan nähdä vahvuuden lisäksi myös heikkoutena, koska prosessin muiden osastojen tuotanto aiheuttaa edelleen päästöjä. Biokaasu on kalliimpaa kuin maakaasu, joten se vaatii enemmän taloudellisia resursseja. [45.]



Kuva 7. SWOT-analyysi hiilineutraalista ESL-osastosta.

Biokaasun mahdollisuuksiin kuuluu uusiutuvan energian kasvavat markkinat muiden uusiutuvista raaka-aineista valmistettujen energiamuotojen tapaan. Biokaasun tuotanto Suomessa on kuitenkin nykyään vielä sen verran pienimuotoista, että sen saatavuudessa saattaisi mahdollisesti ilmetä ongelmia. Tämän skenaarion tuomia ympäristövaikutuksia olisi mahdollista hyödyntää markkinoinnissa. Kaasun jakeluun tarkoitettu infra on jo olemassa, mikä helpottaa biokaasun jakelua. Uhkana voidaan nähdä se, että biokaasun ostaminen ulkopuoliselta toimijalta on ikään kuin ongelman ratkaisemisen siirtämistä kaasun tuottajalle. [46.]

5.3 Skenaario 2: Kokonaan hiilineutraali prosessi

Toinen skenaario nollapäästöjen saavuttamiseksi on kokonaan hiilineutraali prosessi. Tässä skenaariossa kaikki tarvittava lämpö tuotetaan biokaasulla ja sähkö vesivoimalla, eli energiasta ei aiheudu CO₂-päästöjä. Taulukossa 5 on esitetty energiankulutus ja siitä aiheutuvat päästöt.

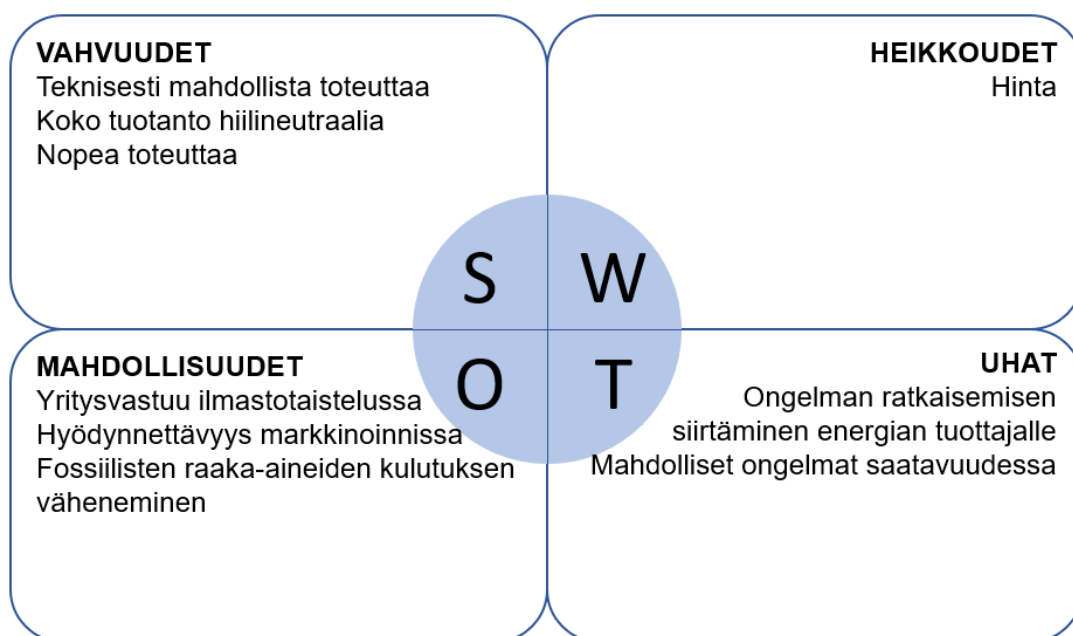
Taulukko 5. Kokonaan hiilineutraali prosessi [39].

	Osuus energiankulutuksesta (%)	Kulutus (MWh/a)	CO ₂ -kerroin (kg CO ₂ /MWh)	CO ₂ -päästöt (t kg CO ₂ /a)	Toteutettavissa
Lämpö (biokaasu)	62 %	29 984	0	0	Alle 1 vuosi
Vesisähkö	38 %	18 464	0	0	Käytössä
Yhteensä	100 %	48 448	-	0	-

Energianäkökulmasta kokonaan hiilineutraali prosessi edellyttää uusiutuvista raaka-aineista valmistettua sähköä ja kaasua. Vesisähkö on jo käytössä, joten lähtötilanteeseen verrattuna ainoa muutos on maakaasusta luopuminen kokonaan. Maakaasu korvataan biokaasulla, joka ostetaan ulkopuoliselta toimijalta. Biokaasun CO₂-kerroin on 0 kg CO₂/MWh, kuten myös vesisähköllä. Kun kaikki tarvittava energia tuotetaan uusiutuvista raaka-aineista, CO₂-päästöt ovat nolla, kuten taulukosta 5 käy ilmi.

5.4 SWOT-analyysi skenaarista 2

Energiankulutuksesta olisi mahdollista tulla hiilineutraalia skenaarion 2 avulla jo 2020-luvulla. Kuvassa 8 on esitetty SWOT-analyysi skenaarista 2. Käytössä oleva vesisähkö on hiilineutraalia, joten ainoat päästöt muodostuvat maakaasun käytöstä. Nämä päästöt saadaan eliminoitua siirtymällä käyttämään biokaasua, joka on vesisähkön tapaan hiilineutraalia. Biokaasun vahvuuksiin kuuluu myös nopea käyttöönotto, koska sitä voidaan toimittaa kaasuverkoston kautta maakaasun tapaan eikä sille tarvitse rakentaa omaa jakeluverkostoa. Skenaario on teknisesti mahdollista toteuttaa. Heikkoutena on hinta, koska biokaasu on maakaasua kalliimpaa.



Kuva 8. SWOT-analyysi kokonaan hiilineutraalista prosessista.

Biokaasuun liittyvät mahdollisuudet ovat muiden uusiutuvista raaka-aineista valmistettujen energiamuotojen tapaan uusiutuvan energian kasvavat markkinat. Lisäksi tämän skenaarion seurauksena syntyviä positiivisia ilmastovaikutuksia voidaan hyödyntää markkinoinnissa. Hiilineutraalilla tuotannolla on mahdollista tehdä tiettyihin kuluttajaryhmiin vetoavaa markkinointia. Biokaasuun siirtyminen on myös tapa osoittaa yritys vastuuta ilmastotaistelussa, vaikkakin se voidaan samanaikaisesti nähdä ongelman ratkaisemisen siirtämisenä energian tuottajalle. Toisaalta biokaasun valitseminen vähentää

fossiilisten raaka-aineiden kulutusta, mikä on positiivinen asia. Ensimmäisen skenaarion tapaan, biokaasulla saattaa olla mahdollisia saatavuusongelmia.

5.5 Skenaario 3: Omavaraisuuden lisääminen energiantuotannossa

Olisi vastuullista, että yritykset osallistuvat uusiutuvan energian tuotantoon, mikäli ne kulluttavat sitä itse. Kun uusiutuvaa energiaa ostetaan muilta, se on ikään kuin ongelman ratkaisemisen siirtämistä energian tuottajalle. Uusiutuvan energian tuottaminen itse vie myös aidosta kiinnostuksesta ilmastomuutosta kohtaan. Siksi on tärkeää kehittää omavaraisuutta ja tuottaa uusiutuvaa energiaa itse. Kun täysin hiilineutraali tuotanto energianäkökulmasta on saavutettu ostamalla energiaa ulkopuolisilta toimijoilta, voidaan aloittaa asteittainen uusiutuvan energian tuotanto itsenäisesti. Taulukossa 6 on esitetty yksi skenaario osittain omavaraisesta energiantuotannosta.

Taulukko 6. Omavaraisuuden lisääminen energiantuotannossa [39].

	Osuus energian-kulutuksesta (%)	Kulutus (MWh/a)	CO ₂ -kerroin (kg CO ₂ /MWh)	CO ₂ -päästöt (t kg CO ₂ /a)	Toteutettavissa
Lämpö (biokaasu)	61 %	29 404	0	0	Alle 1 vuosi
Biokaasu jätejakeista	1,2 %	580	0	0	Alle 2 vuotta
Vesisähkö	38 %	18 196	0	0	Käytössä
Aurinkopaneelit	0,6 %	268	0	0	Alle 1 vuosi
Yhteensä	100 %	48 180	-	0	-

Osa tarvittavasta biokaasusta voitaisiin tuottaa tehdasalueella omista jätejakeista. Biokaasulaitoksen perustaminen ja ylläpito tehdasalueella vaatii resursseja liittyen esimerkiksi laitteistoon ja operointiin. Yksi oleellisesti rajoittava tekijä on meijeritoiminnasta syntyvän biojätteen määrä, joka soveltuu biokaasun tuotantoon. Myös biojätteen laatu vaikuttaa siihen kuinka paljon biokaasua saadaan valmistettua. Toimeksiantaja on toteuttanut selvityksen oman biokaasun tuotantoon liittyen. Siinä on otettu huomioon sivuvirrat ja jäteveden esikäsittelylaitoksella syntyvä liete. Tässä skenaariossa ei kuitenkaan

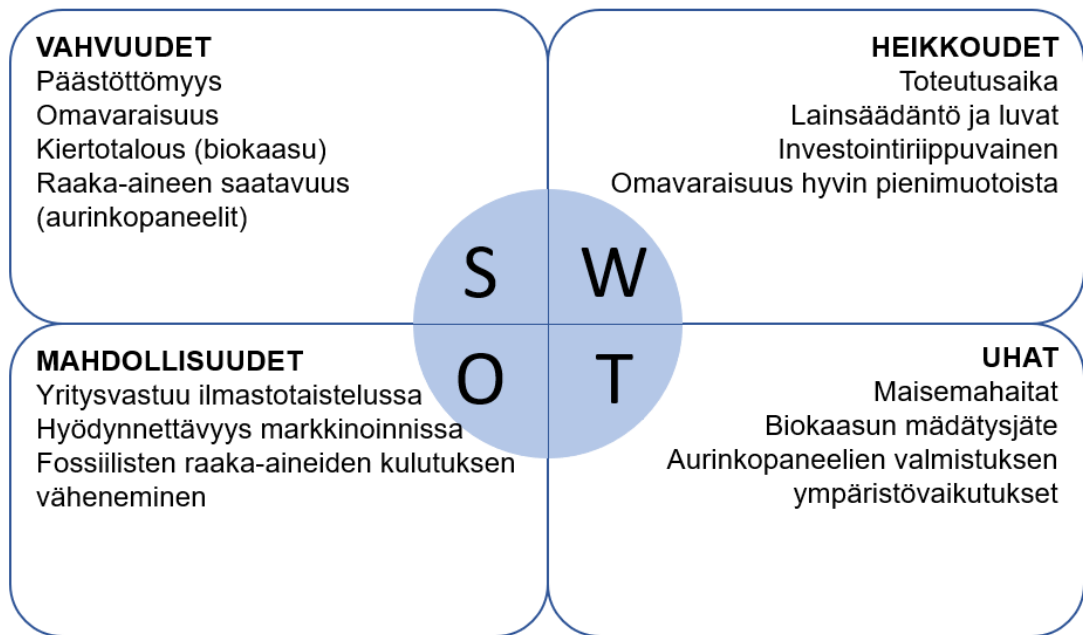
käytetä kyseisen selvityksen arvoja salattavuuden vuoksi. [47.] Oletetaan, että tonni orgaanista jätettä tuottaa 20 m³ biokaasua ja 1 m³ biokaasua tuottaa 6 kWh energiaa. Vuonna 2019 syntyi 4 800 tonnia biokaasuksi kelpavaa jätettä. Tästä määrästä saataisiin tuotettua noin 96 700 m³ biokaasua, eli noin 580 MWh energiaa. Se riittäisi kattamaan arvioidun laskelman perusteella esimerkiksi viilin tuotantoprosessin lämmöntarpeen, jolloin kyseisestä osastosta tulisi hiilineutraali [40; 48].

Yksi vaihtoehtoinen uusiutuvan sähkön tuotantotapa on tehtaan katolle asennettavat aurinkopaneelit. Aurinkopaneeleihin liittyen on tehty selvitys vuonna 2017. Sähköyhtiö Helen teki selvityksen, jonka perusteella katolle asennettavilla aurinkopaneeleilla voitaisiin tuottaa sähköä noin 268 MWh/a eli noin 0,6 % kokonaisenergiatarpeesta ja noin 1,5 % kokonaissähköntarpeesta. [49.] Tämä määrä riittäisi arviolta kattamaan esimerkiksi osan konttorin sähköntarpeesta, osan valaistuksesta tai jotain yksittäisiä laiteryhmiä, esimerkiksi tankkien sekoittajat.

5.6 SWOT-analyysi skenaarista 3

Sähkön ja kaasun ostaminen ulkopuolisilta toimijoilta on helppo ja nopea ratkaisu. Uusiutuvaa päästötöntä energiaa on kuitenkin mahdollista tuottaa myös itse joko omista sivuvirroista tai uusiutuvista raaka-aineista. Osa tarvittavasta energiasta tuotetaan itse skenaariossa 3. Tämän skenaarion SWOT-analyysi on kuvassa 9. Vahvuuksiin tässä skenaariossa lukeutuu tietysti päästöttömyys, koska energian tuotannosta ei synny päästöjä, kun se valmistetaan uusiutuvista lähteistä. Omavaraisuus voidaan nähdä sekä vahvuutena että heikkoutena. Omavaraisuuden ansiosta riippuvaisuus muista toimijoista vähenee, mutta toisaalta varsinkin aluksi energian tuotanto on hyvin pienimuotoista eikä riitä kattamaan läheskään koko tehtaan tarpeita. Biokaasun tuottaminen itse on kiertotalousajattelun mukaista, koska omat jätteet saadaan muunnettua energiaksi ja niiden sisältämä energia takaisin kiertoon. Se on siis selkeä vahvuus aurinkoenergian raaka-aineen loputtoman saatavuuden tavoin. Tämän skenaarion toteutus vie kahteen edelliseen skenaarioon verrattuna enemmän aikaa, mikä voidaan nähdä heikkoutena. Heikkouksiin lukeutuu myös esimerkiksi investointiriippuvuus. Tämä skenaario edellyttää yritykseltä mahdollisuutta investoida oman biokaasulaitoksen toteuttamiseen ja ylläpitoon, sekä aurinkopaneelien hankkimiseen ja ylläpitoon. Oman biokaasutuotannon käynnistäminen ja ylläpito vaatii taloudellisten resurssien lisäksi myös henkilöstöresursseja. Myös

lainsäädännön ja lupa-asioiden monimutkaisuus varsinkin biokaasun tuotantoon liittyen voidaan nähdä heikkoutena.



Kuva 9. SWOT-analyysi osittain omavaraisesta energiantuotannosta.

Mahdollisuuksia tässä skenaariossa on ympäristön kannalta esimerkiksi fossiilisten raaka-aineiden kulutuksen vähentäminen. Tässä skenaariossa on ympäristön kannalta myös toisaalta haitallisia seikkoja. Esimerkiksi aurinkopaneelien valmistukseen tarvittavia harvinaisia mineraaleja ja metalleja on rajallisesti saatavilla. Myös biokaasun valmistuksessa syntyvä mädätysjäte ja sen asianmukainen hävittäminen voidaan nähdä uhkana. Aurinkopaneelit tehdään katolla tai biokaasureaktori tehdasalueella viestisivät kiinnostuksesta ilmastoasioita kohtaan, ja niitä voitaisiin hyödyntää markkinoinnissa. Aurinkopaneeleilla tuotettu sähkö tai omassa biokaasureaktorissa tuotettu biokaasu olisi myös oma panos uusiutuvan energian tuotannossa. Uhkina puolestaan voidaan nähdä maisemahaitat ja aurinkopaneelien valmistukseen tarvittavien raaka-aineiden riittävyys. Mikäli aurinkopaneelit tai biokaasureaktori sijoitetaan näkyvälle paikalle, ne voidaan mieltää maisemahaittana. Biokaasun tuotannosta saattaa aiheutua myös mahdollisia paikallisia hajuhaittoja. Raaka-aineiden riittävyys viittaa aurinkopaneelien valmistuksessa tarvittavien harvinaisten mineraalien ja metallien rajalliseen saatavuuteen.

6 Tulevaisuuden näkymät ja ideat

Hiilineutraalia toimintaa tavoitellessa on merkityksellistä keskittyä korvaamaan nykyisten energiamuotojen fossiilisia raaka-aineita uusiutuvilla. Fossiilisia raaka-aineita, esimerkiksi öljyvarantoja, on rajallisesti eli ne tulevat joskus loppumaan maapalloilta, kun taas uusiutuvia raaka-aineita on loputtomasti. Tämän hetken toiminnalla on merkittävä vaikutus tulevaisuuden ilmastoon, joten teoilla on merkitystä. Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ei ole minkään yhden tietyn sektorin vastuulla, vaan muutoksen tulee tapahtua yhteistyössä sektorirajojen yli. Esimerkiksi energia- ja elintarviketeollisuudella on suurta potentiaalia uusien yhteistyömallien kehittämiseksi, joiden avulla voidaan rakentaa kestävämpi vähäpäästöinen yhteiskunta. Tärkeää olisikin nähdä päästöjen vähentäminen ennemminkin mahdollisuutena kuin taakkana, koska sillä voi olla positiivisesti merkityksellisiä sivuvaikutuksia, kuten työllisyyden lisääntyminen.

Tämän insinööriyön toimeksiantaja Arla Oy voisi kehittää omaa toimintaansa esimerkiksi investoimalla höyryn- ja sähkönkulutuksen osasto- ja laitteistokohtaisiin mittareihin. Niiden avulla olisi mahdollista kerätä spesifimpää dataa toiminnan kehittämistä varten. Tässä insinööriyössä energiankäytön optimointi ja laitekannan energiatehokkuus oli rajattu aiheen ulkopuolelle. Voidaan kuitenkin olettaa, että niiden kautta on mahdollista saavuttaa energiankäytön päästöihin liittyen positiivisia vaikutuksia.

6.1 Yhteistyö

Avaintekijänä tulevaisuudessa hiilineutraalin toiminnan ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi Arlan toiminnassa on yhteistyö ulkopuolisten toimijoiden kanssa. Esimerkiksi muiden elintarvikealan yritysten kanssa toteutettavat yhteistyöt voivat olla tulevaisuudessa mahdollisuus. Eri yritysten biojätteiden yhdistäminen ja prosessoiminen energiaksi voisi olla yksi vaihtoehto. Ongelmana voi tietysti olla tuotetun energian jakaminen, riittävyys ja kannattavuus taloudellisesta näkökulmasta. Yhteistyötä voisi tehdä elintarvikeyritysten sijaan myös energiantuottajien kanssa. Esimerkiksi biojätteiden jatkojalostukseen ja biokaasun tuotantoon liittyviä mahdollisuuksia olisi kannattavaa kartoittaa tulevaisuudessa. Teknologian kehittyessä ja markkinoiden kasvaessa uusia innovaatioita ja mahdollisuuksia syntyy markkinoille.

6.2 Vuokrattava maa-ala

Tässä insinööriyössä esitetyt omavaraisuuteen liittyvät ideat on esitetty siitä perspektiivistä, että energiantuotanto tapahtuu tehdasalueella. On kuitenkin täysin mahdollista tuottaa energiaa tehtaan omaan käyttöön esimerkiksi vuokratulla maa-alueella. Tuotantolaitoksen läheltä voisi vuokrata tai ostaa esimerkiksi peltoalaa, jolle sijoitettaisiin aurinkopaneeleita tai tilan ja muiden mahdollisuuksien salliessa tuulivoimaloita. Pellolle mahdusi sijoittamaan huomattavasti enemmän aurinkopaneeleita kuin tuotantolaitoksen katonalle ja niiden ylläpito sekä huolto olisi vaivattomampaa.

6.3 Tulevaisuuden teknologia

Tulevaisuudessa teknologian kehittyessä markkinoille tulee mitä hienompia innovaatioita uusiutuvan energian tuotantoon liittyen. Esimerkiksi kaksipuoliset tai perovskiiitistä valmistetut aurinkopaneelit tulevat olemaan osa aurinkosähkön tulevaisuutta. Kaksipuolisisissa aurinkopaneeleissa on kummallakin puolella sähköä tuottava pinta, mikä mahdollistaa suuremman sähköntuoton. Auringonvaloa saadaan ohjattua myös takapuolelle jäävälle pinnalle esimerkiksi peilillä, lumella tai muulla heijastavalla materiaalilla. Silloin esimerkiksi talvikuukausina saadaan lisättyä kerättävän aurinkoenergian määrää. Perovskiiitin tuomat mahdollisuudet aurinkoenergian tuotantoon liittyvät sen lähes rajattomaan saatavuuteen maapallolla. Perovskiiitillä saataisiin korvattua nykyään raaka-aineena käytettävää piitä. Se olisi edullisempi, helpommin käsiteltävä ja sitä tarvitaan sähköntuottamiseen vähemmän kuin piitä. [50.]

7 Yhteenveto

Arla Foodsin tavoite olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä koskee myös Suomessa toimivaa Arla Oy:tä. Arla Oy on jo tehnyt muutoksia toiminnassaan vähentääkseen päästöjään. Tässä insinööriyössä perehdyttiin toimeksiantajayritys Arla Oy:n energiankulutukseen ja siitä aiheutuviin päästöihin. Tavoitteena oli luoda nykytila-analyysi energiankäytöstä ja sen aiheuttamista päästöistä. Lisäksi tavoitteena oli luoda nykytila-analyysin perusteella erilaisia skenaarioita, joiden avulla energiankulutuksen päästöt saadaan vähennettyä.

Nykytila-analyysin perusteella kävi ilmi, että prosessi on suurin energiankuluttaja niin sähkön kuin höyryn osalta. Sähkön osalta toimeksiantaja on jo tehnyt päästövähennyksiin vaikuttavia toimia siirtymällä käyttämään vesivoimalla tuotettua sähköä, joka ei aiheuta päästöjä. Energiankulutuksesta muodostuvat päästöt aiheutuvatkin kokonaisuudessaan höyryntuotannosta. Tällä hetkellä höyryn raaka-aineena on maakaasu. Höyrynkulutuksen jakautumista ei mitata prosessissa osastokohtaisesti, vaan kulutus kulkee kahden päämittarin kautta, joten osastokohtainen höyrynkulutus on nykytila-analyysia varten arvioitu laskemalla. Mikäli toimeksiantaja haluaisi tehdä jonkin yksittäisen osaston toiminnasta hiilineutraalia, tulisi osastokohtaiset höyrynkulutukset mitata.

Tässä insinööriyössä muodostettujen skenaarioiden perusteella voidaan todeta, että toimeksiantajalla on mahdollisuudet edetä kohti hiilineutraalia energiankäyttöä. Ensimmäisessä skenaariossa vain ESL-osastosta tehdään hiilineutraali ostamalla sen tarpeita vastaava määrä biokaasua, josta ei aiheudu päästöjä. Tämä vaihtoehto on teknisesti mahdollinen ja nopea toteuttaa, mutta ongelmana on se, että ympäristöystävällisten ratkaisujen tekeminen siirretään energian tuottajalle.

Toisessa skenaariossa koko prosessista tulee hiilineutraali, kun maakaasusta siirrytään kokonaan biokaasuun, josta ei aiheudu päästöjä. Tässäkin skenaariossa on ensimmäisen skenaarion tapaan ongelmana varsinaisten ratkaisujen tekemisen siirtäminen energian tuottajalle. Toisaalta tämä skenaario olisi nopea toteuttaa ja sen avulla saataisiin otettua iso harppaus kohti hiilineutraalia toimintaa.

Kolmannessa skenaariossa on otettu huomioon yritysvastuu ilmastoasioissa ja osallistuminen uusiutuvan energian tuotantoon. Omavarainen uusiutuvan energian tuotanto tuotantolaitoksen alueella osoittaisi aitoa kiinnostusta päästöjen vähentämistä kohtaan, mutta se vaatii henkilöstöresursseja ja on investointiriippuvainen.

Tämän insinööriyön tulosten perusteella voidaan todeta, että toimeksiantajalla on mahdollisuus tulla hiilineutraaliksi energiankulutuksen osalta. Arla Oy:n tavoitellessa koko arvoketjun kattavaa hiilineutraalia toimintaa tulee ottaa huomioon myös tämän insinööriyön ulkopuolelle rajatut alueet, kuten esimerkiksi alkutuotanto, pakkaukset ja logistiikka. Hiilineutraalin toiminnan saavuttaminen edellyttää muun muassa laajoja selvitystöitä eri osa-alueilla ja niiden pohjalta tehtäviä muutoksia nykyisiin toimintatapoihin.

Lähteet

- 1 Kasvihuonekaasupäästöt EU:ssa ja maailmalla. Verkkoaineisto. Euroopan Parlamentti. <<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20180301STO98928/kasvihuonekaasupaastot-eu-ssa-ja-maailmalla-info-grafiikka>>. 7.3.2018. Luettu 5.5.2020.
- 2 Masson-Delmotte, V.; P. Zhai; H.-O. Pörtner; D. Roberts; J. Skea; P.R. Shukla; A. Pirani; W. Moufouma-Okia; C. Péan; R. Pidcock; S. Connors; J.B.R. Matthews; Y. Chen; X. Zhou; M.I. Gomis; E. Lonnoy; T. Maycock; M. Tignor & T. Waterfield. 2019. Global warming of 1.5°C. Verkkoaineisto. IPCC. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf>. Luettu 5.5.2020.
- 3 EU ja Pariisin sopimus: kohti ilmastoneutraaliutta. 2019. Verkkoaineisto. Euroopan Parlamentti. <<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20191115STO66603/eu-ja-pariisin-sopimus-kohti-ilmastoneutraaliutta>>. Päivitetty 28.11.2019. Luettu 5.5.2020.
- 4 Pariisin ilmastopopimus. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/pariisin-ilmastopopimus>>. Luettu 22.7.2020.
- 5 Yleiskokouksen päätöslauselma 25. syyskuuta 2015. Verkkoaineisto. Yhdistyneet kansakunnat. <https://kestavakehitys.fi/documents/2167391/2186383/Agenda2030_ep%C3%A4virallinen+suomenos.pdf/707fe444-6540-49d6-86a3-fd6bee1cf345/Agenda2030_ep%C3%A4virallinen+suomenos.pdf>. 21.10.2015. Luettu 28.4.2020.
- 6 Sjöstedt, Tuula. 2016. Mitä nämä käsitteet tarkoittavat? Verkkoaineisto. Sitra. <<https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>>. Päivitetty 20.6.2019. Luettu 7.5.2020.
- 7 Berninger, Kati. 2012. Hiilineutraali Suomi - miten luodaan ilmastoystävällinen ihmiskunta? Helsinki: Gaudeamus.
- 8 A Corporate Accounting and Reporting Standard. Verkkoaineisto. Green House Gas Protocol. <<https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>>. Luettu 28.4.2020.
- 9 Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <<https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>>. Luettu 8.5.2020.

- 10 Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2019. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2019_2020.pdf>. Luettu 7.9.2020.
- 11 Suuret teollisuuden alat. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö. <<https://tem.fi/suuret-teollisuuden-alat>>. Luettu 7.5.2020.
- 12 Sopimus. Verkkoaineisto. Energiatehokkuussopimukset. <<https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/sopimus/>>. Luettu 15.7.2020.
- 13 HKSCAN Vuosikertomus 2019. Verkkoaineisto. HKScan. <<https://www.hkscan.com/globalassets/hkscan.com/annual-report-2019/pdf/hkscanvuosikertomus2019.pdf#page=33>>. Luettu 25.7.2020.
- 14 Corporate responsibility report 2019. Verkkoaineisto. Arla Foods. <https://www.arla.com/49300f/contentassets/709e7d666e9f4e409e13945884bbc0e4/arlacsr2019_uk_0225a.pdf>. Luettu 10.5.2020.
- 15 Valion vastuullisuusraportti. Verkkoaineisto. Valio <<https://ejulkaisu.grano.fi/files/vastuullisuusraportti2019/files/extfile/DownloadURL.pdf>>. Luettu 25.7.2020.
- 16 Vuosikertomus 2019. Verkkoaineisto. Atria. <https://www.atria.fi/globalassets/atriagroup/yritys/vuosikertomus-2019/atria_vuosikertomus_2019_.pdf>. Luettu 25.7.2020.
- 17 Fazer-konsernin vuosikatsaus 2019. Verkkoaineisto. Fazer. <https://www.fazer-group.com/globalassets/global/fazergroup/about-us/annual-review-2019/fg_annual-review_2019_fi.pdf>. Luettu 25.7.2020.
- 18 Kohti hiilineutraalia ruokaketjua. Verkkoaineisto. Atria. <<https://www.atria.fi/konserni/vastuullisuus/maapallo/hiilineutraali-ruokaketju/>>. Luettu 25.7.2020.
- 19 Einola, Kiia. 2018. Energiaomavaraisuutta aurinkopaneeleilla. Verkkoaineisto. Sähköala. <https://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/energiatehokkuus/fi_FI/energia_omavaraisuutta_aurinkopaneeleilla/>. 6.9.2018. Luettu 25.7.2020.
- 20 Tavoitteemme ympäristön eduksi. 2017. Verkkoaineisto. HK. <<https://www.hk.fi/vastuullisuus/ymparistovastuu/ymparistoasiat-lihantuotannossa/>>. 3.2.2017. Luettu 25.7.2020.
- 21 HK:n tuotteet valmistetaan Suomessa hiilineutraaleilla tehtailla. 2017. Verkkoaineisto. HK. <<https://www.hk.fi/vastuullisuus/ymparistovastuu/hk-n-tuotteet-valmistetaan-suomessa-hiilineutraaleilla-tehtailla/>>. 31.5.2017. Luettu 25.7.2020.

- 22 Usein kysyttyä. Verkkoaineisto. Nordic Offset. <<https://nordicoffset.fi/usein-kysyttya/>>. Luettu 22.7.2020.
- 23 NL: Net Zero Sites – NL. 11.3.2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Arla Foods.
- 24 DK: Net Zero Sites – DK. 14.4.2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Arla Foods.
- 25 Tietoa meistä. Verkkoaineisto. Arla Oy. <<https://www.arla.fi/yritys/arla-suomessa/>>. Luettu 10.5.2020.
- 26 Arla Foodsista hiilineutraali meijeri vuonna 2050. Verkkoaineisto. Arla Oy. <<https://www.arla.fi/artikkelit/arla-foodsista-hiilineutraali-meijeri-vuonna-2050/>>. Luettu 10.5.2020.
- 27 Green Ambition 2050. Verkkoaineisto. Arla Foods. <https://www.arla.com/493b98/globalassets/arla-global/sustainability/climate-ambition/arla_201902_08.pdf>. Luettu 10.5.2020.
- 28 Sähköntuotannon polttoaineet ja CO₂-päästöt. 2020. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <https://energia.fi/files/1414/a_Sahkontuotannon_kk_polttoaineet_Maaliskuu.pdf>. 30.9.2020. Luettu 10.10.2020.
- 29 Hyvä tietää ydinvoimasta. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <https://energia.fi/files/277/ht_ydinvoimasta.pdf>. Luettu 10.10.2020.
- 30 Laskentaperusteet. Verkkoaineisto. WWF. <<http://www.ilmastolaskuri.fi/fi/calculation-basis?country=2&year=10746>>. Luettu 1.10.2020.
- 31 Mutikainen, Mirja; Sormunen, Kai; Paavola, Heli; Haikonen, Turo & Väisänen, Mirva. 2016. Biokaasusta kasvua. Verkkoaineisto. Sitra. <<https://media.sitra.fi/2017/02/27175150/Selvityksia111-2.pdf>>. Luettu 15.9.2020.
- 32 Kaasun toimitusvarmuus vuonna 2019. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12722768/Raportti-kaasun-toimitusvarmuus-2019.pdf/7325ed49-38a0-e8d4-6d70-f527e2e4bc2d/Raportti-kaasun-toimitusvarmuus-2019.pdf>>. 28.11.2019. Luettu 1.10.2020.
- 33 Natural gas explained. Verkkoaineisto. U.S. Energy Information Administration. <<https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/>>. Luettu 10.6.2020.
- 34 LNG - puhdasta energiaa Pohjoismaihin. Verkkoaineisto. Gasum. <<https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/lng/>>. Luettu 10.6.2020.

- 35 Miten biokaasua tuotetaan? Verkkoaineisto. Gasum. <<https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/miten-biokaasua-tuotetaan/>>. Luettu 4.6.2020.
- 36 Biomassan tuotanto ja polttoaineen käyttö ratkaisevassa roolissa bioenergian ilmastohyötyjä arvioitaessa. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/c14a79cd-d384-41f4-a422-32338ecb35ca/bioenergia.html>>. Luettu 4.6.2020.
- 37 Maakaasu vai biokaasu? Verkkoaineisto. Suomen kaasuenergia. <<https://suomenkaasuenergia.fi/maakaasu-ja-biokaasu/>>. Luettu 4.6.2020.
- 38 Sipoon meijerin BAT-selvitys. 6.2.2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Arla Oy.
- 39 Kohdekatselmus. 5.12.2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Arla Oy.
- 40 Energiavuosisiraportointi. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Arla Oy.
- 41 Grönqvist, Gösta. 2020. Kiinteistöpäällikkö, Arla Oy, Sipoo. Tapaaminen. 22.10.2020.
- 42 ESL-osaston PI-kaavio. Yrityksen sisäinen dokumentti. Arla Oy.
- 43 Packalen, Ben. 2020. Projektipäällikkö, Arla Oy, Sipoo. Sähköposti. 19.10.2020.
- 44 Täysvesi-sähkösopimus. Verkkoaineisto. Vattenfall. <<https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/uusiutuva-energia/taysvesi/>>. Luettu 10.10.2020.
- 45 Hoffman, Sini. 2020. Tuotannon kehityspäällikkö, Arla Oy, Sipoo. Sähköposti. 23.10.2020.
- 46 Hostikka, Vesa. 2020. Teknologiapäällikkö, Arla Oy, Sipoo. Sähköposti 10.9.2020.
- 47 Sisäinen selvitys. 15.5.2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Arla Oy.
- 48 Biogas FAQ. Verkkoaineisto. Biogas World. <<https://www.biogas-world.com/biogas-faq/>>. Luettu 19.10.2020.
- 49 Aurinkovoimalaselvitys. 13.7.2017. Yrityksen sisäinen dokumentti. Arla Oy.
- 50 Isomäki, Risto. 2019. Miten Suomi pysäyttää ilmastonmuutoksen. Helsinki: Into Kustannus Oy.

Osastojen arvioidut höyrynkulutukset (salattu)

Liite salattu toimeksiantajan pyynnöstä.