



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Lasse Immonen

Eläinperäisten sivutuotteiden synnyttämät ohuet virrat volyymi- ja logistiikkamallinnus

Case: Honkajoki Oy

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö
Tuotantotalouden pro gradu -tutkielma
Teknologiajohtaminen ja tuotannon kehittäminen

Vaasa 2022

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Lasse Immonen		
Tutkielman nimi:	Eläinperäisten sivutuotteiden synnyttämät ohuet virrat volyymi- ja logistiikkamallinnus : Case: Honkajoki Oy		
Tutkinto:	Kauppätieteiden maisteri		
Oppiaine:	Teknologiajohtaminen ja tuotannon kehittäminen		
Työn ohjaaja:	Petri Helo		
Valmistumisvuosi:	2022	Sivumäärä:	54

TIIVISTELMÄ:

Teollisuudessa vallitseva kulutusjärjestelmä on perustunut lineaariseen kulutusmalliin, joka perustuu tuotteen hävittämiseen sen elinkaaren päätyttyä. Tämä on johtanut resurssien ehtymiseen ja jätemäärien kasvuun. Kiertotaloudessa tämä malli on tarkoitus korvata niin, että tuotteet ja materiaalit hyödynnetään mahdollisimman pitkään palauttamalla ne kiertoon ja tuottamaan arvoa. Elintarviketeollisuuden prosesseissa syntyy välttämättömiä sivutuotevirtoja, joiden arvo voidaan tuoda takaisin kiertoon hyödyntämällä niitä raaka-aineina esimerkiksi rehun, lannoitteiden ja energian muodossa. Sivutuotteiden keräämiseen liittyy kuitenkin erilaisia haasteita, kuten pienet materiaalivirrat, huono ennustettavuus ja materiaalien vähäinen arvo, jonka vuoksi niiden kerääminen on logistinen haaste kustannusten vuoksi.

Tämä tutkimus on osa KiertoDigi-hanketta, jonka tarkoituksena on luoda uusia konsepteja kiertotaloudesta syntyvien pienten kiertojen hallintaan. Tutkimus keskittyy mallintamaan eläinperäisten sivutuotteiden pienten virtojen volyymia ja niiden keräilyn logistisia kustannuksia. Tutkimuksen taustana toimii case-yrityksen Honkajoki Oy:n halu kasvattaa raaka-aineen saantia ja osallistua kiertotalouden kehittämiseen.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, että missä ja kuinka paljon eläinperäisten sivutuotteiden ohuita virtoja syntyy ja vertailla erilaisten logististen mallien kustannuksia niiden keräämiseen rajatulla alueella arvioidun volyymin perusteella. Tutkimusongelman ratkaisemisen apuna käytetään päätöksentekoa tukevia järjestelmiä, kuten reittioptimointiohjelmaa reittien laskemiseen ja Exceliä kustannuslaskentaan, volyymikarttakuvien ja kuvaajien luomiseen. Tutkimusta varten tietoa on kerätty case-yritykseltä sekä verkkolähteistä. Teoriassa käsitellään kiertotaloutta ja logistiikkaa.

Tutkimuksessa luodun volyymikertoimen perusteella ohuiden virtojen synnyttämää sivutuotetta syntyy Suomessa jopa yli kolme miljoonaa kiloa ja sivutuotetta esiintyy eniten Länsi- ja Etelä-Suomen läänissä. Logistiikkamallinnusten vertailussa todettiin, että pienten sivutuotevirtojen kerääminen olisi kannattavaa yhdistämällä pienillä kuorma-autoilla kerättyjä sivutuotevirtoja välivarastoon, joka noudettaisiin isomman kuljetuskapasiteetin omaavalla täysperävaunulla case-yrityksen tuotantolaitokselle. Lisäksi tutkimuksessa todettiin, että laskemalla keräystiheyttä vähän materiaalivirtaa tuottavista lähteistä saadaan laskettua keräilykuljetusten kustannuksia. Tutkimuksessa otettiin huomioon myös mahdollinen isomman tuotantolaitoksen volyymin yhdistäminen sivutuotteen paluukuljetukseen kuljetuskapasiteetin jäädessä vajaaksi ja todettiin, että se laskee €/kg suhdetta keräyskuljetuksissa. Tutkimuksen tulosten perusteella ehdotettiin hybridikeräysmallia, jossa pieniä kuorma-autoja käytettäisiin keräysautoina, jotka yhdistettäisiin ja noudettaisiin täysperävaunulla. Pienemmät sivutuotevirran lähteet, jotka poikkeavat kustannustehokkailta noutoreiteiltä noudettaisiin harvemmin keräämällä sivutuotetta asiakkaiden luokse sijoitettaviin pakastimiin / välivarastoihin.

AVAINSANAT: kiertotalous, sivutuote, logistiikka, ajoneuvon reititysongelma

Sisällys

1	Johdanto	7
1.1	Tutkielman kohde ja tausta	7
1.2	Tutkielman tavoitteet ja aiheen raja	7
1.3	Tutkielman rakenne	8
2	Kiertotalous	10
2.1	Lineaarisesta kulutusmallista kiertotalouteen	10
2.2	Kiertotalouden määritelmä	12
2.3	Kiertotalouden mahdollisuudet & haasteet	14
2.3.1	Kiertotalous mahdollistajana	14
2.3.2	Haasteet kiertotaloudessa	15
2.4	Kiertotalouden liiketoimintamallit	16
2.4.1	Esimerkkejä kiertotalouden liiketoimintamalleista	17
2.5	Elintarviketeollisuus osana kiertotaloutta	19
3	Logistiikka	21
3.1	Sivuvirtojen logistiikka	21
3.2	Käänteinen logistiikka	22
3.3	Logistiikan suunnittelu	23
3.4	Reititysongelmat	23
4	Tutkimusmenetelmät	26
4.1	Menetelmä	26
4.2	Tiedon kerääminen	26
4.3	Aineiston käsittely	27
5	Tutkimustulokset	28
5.1	Laskentaperusteet	28
5.1.1	Volyymin arvioidun määrän laskeminen	28
5.1.2	Potentiaaliset uudet lähteet raaka-aineille ja niiden sijainti	31

5.1.3	Potentiaalisten uusien lähteiden arvioitu volyymi ja sijainti	32
5.2	Logistiikkamallinnus	33
5.2.1	Keräyskalusto ja logistiikan kustannukset	34
5.2.2	Nouto- ja keräyspisteet logistiikka-analyysille	35
5.2.3	Logistiikkamalli 1	36
5.2.4	Logistiikkamalli 2	38
5.2.5	Logistiikkamalli 3	40
5.2.6	Logistiikkamalli 4	43
5.2.7	Logistiikkamalli 5	46
5.3	Kustannusten vertailu	48
6	Johtopäätökset	51
6.1	Pohdinta	52
	Lähteet	54
	Liitteet	60
	Liite 1. Logistiikkamalli 1 laskelmat	60
	Liite 2. Logistiikkamalli 2 laskelmat.	61
	Liite 3. Logistiikkamalli 3 laskelmat.	63
	Liite 4. Logistiikkamalli 4 laskelmat.	65
	Liite 5. Logistiikkamalli 5 laskelmat.	67
	Liite 6. Ruokaviraston liha-alan laitokset volyymi toimialan mukaan suodatettuna	68
	Liite 7. Kuvakaappaus Honkajoki Oy:n ERP-järjestelmästä	69

Kuvat

Kuva 1. Linear Economy Model (European Commission, 2016)	11
Kuva 2. Kiertotalouden malli (Ellen MacArthur, 2021)	11
Kuva 3. Liha-alan laitokset Suomen kartalla suodatuksen jälkeen	31
Kuva 4. Arvioidun sivutuotteen jakautuminen Suomen kartalla pylväs- ja lämpökaaviona.....	32
Kuva 5. Sivutuotteen keräyskohteet	33
Kuva 6. Sivutuotteen asiakkaiden ja kilojen jakautuminen nykyisten ja mahdollisten asiakkaiden kesken.	34
Kuva 7. Laskenta-arvot eri kuljetusmuodoille	35
Kuva 8. Logistiikkamallien prosessikaavio.	36
Kuva 9. Logistiikkamalli 1 prosessikaavio.....	37
Kuva 10. Logistiikkamalli 1 keräysreitti.	37
Kuva 11. Logistiikkamalli 1 kustannusten jakautuminen.	38
Kuva 12. Logistiikkamalli 2 prosessikaavio.....	39
Kuva 13. Logistiikkamalli 2 kustannusten jakautuminen.	40
Kuva 14. Logistiikkamalli 3 prosessikaaviot.	42
Kuva 15. Logistiikkamalli 3 kustannusten jakautuminen.	43
Kuva 16. Logistiikkamalli 4 prosessikaavio.....	44
Kuva 17. Logistiikkamalli 4 kustannusten jakautuminen.	45
Kuva 18. Logistiikkamalli 5 prosessikaavio.....	46
Kuva 19. Logistiikkamalli 5 kustannusten jakautuminen.	47

Taulukot

Taulukko 1. Kiertotalouden määritelmät	13
Taulukko 2. Sivutuotteen kerroinlaskelma.....	29
Taulukko 3. Toteutunut sivutuotemäärä suhteessa liikevaihtoon	30
Taulukko 4. Kertoimella laskettu sivutuotemäärä suhteessa liikevaihtoon.....	30
Taulukko 5. Arvioitu sivutuotepotentiaali suomalaisista liha-alan laitoksista.....	32

Taulukko 6. Laskentaluvut.....	35
Taulukko 7. Logistiikkamallin laskelmat.	38
Taulukko 8. Logistiikkamalli 2 laskelmat.	40
Taulukko 9. Logistiikkamalli 3 laskelmat.	42
Taulukko 10. Logistiikkamalli 4 laskelmat.	45
Taulukko 11. Logistiikkamalli 5 laskelmat.	47
Taulukko 12. Logistiikkamallien kustannusten vertailutaulukko.	48

1 Johdanto

1.1 Tutkielman kohde ja tausta

Tämä tutkimus on osa KiertoDigi-hanketta, jonka tarkoituksena on luoda uusia konsepteja kiertotaloudesta syntyvien pienten kiertojen hallintaan. Yhtenä hankkeen tavoitteista toimii pienten virtojen keräämisen analysointi alueella logistisesti. Tässä tutkielmassa perehdytään eläinperäisten sivutuotevirtojen keräämiseen. Tutkielman kohteena ovat suomalaiset elintarviketeollisuuden liha-alan laitokset, joista sivutuotevirtoja syntyy. KiertoDigi-hankkeen toteuttajana toimivat Vaasan sekä Tampereen yliopistot ja rahoittajana Euroopan Aluekehitysrahasto EAKR.

Tutkimus tehdään toimeksiantona Honkajoki Oy :lle, joka on Atrian ja HKScanin omistama kiertotalouden yritys. Tutkimuksen taustana toimii yrityksen halu kasvattaa raaka-aineiden saantia ja osallistua kiertotalouden kehittämiseen. Yrityksellä on olemassa jo toimintamalli sivutuotteiden isojen virtojen sekä maatilojen raatojen keräämiseksi ja tutkimuksen tarkoituksena on tutkia toimintamallia pienempien virtojen keräämiseksi.

1.2 Tutkielman tavoitteet ja aiheen raja

Tämän tutkielman tavoitteena on arvioida elintarviketeollisuudesta syntyvien sivutuotevirtojen volyymi sekä analysoida niiden keräämisen logistiset kustannukset rajatulla alueella. Tavoitteeseen pääsemiseksi pyrkimyksenä on laskea sivutuotteiden potentiaalinen volyymi sekä laskea niiden keräämisen kustannukset erilaisilla logistisilla vaihtoehdoilla perustuen arvioihin volyymien määrästä ja ehdottaa logistista vaihtoehtoa sivutuotteen keräämiselle. Tutkielmassa keskitytään pienempiin lihateollisuuden laitoihin, joiden tuottama potentiaali on alle 10 000 kg viikossa. Logististen kustannusten mallinnus rajataan maantieteellisesti tietylle alueelle tutkimuksen kohtuullisuuden vuoksi.

Tutkimuskysymys : Millainen logistinen malli olisi kannattava pienten sivutuotevirtojen keräämiseen Varsinais-Suomen alueella?

Alakysymykset :

Mikä on pienten virtojen volyymi ja sijainti?

Opinnäytetyön tarkoituksena on edistää kestävästä kehitystä ja kiertotaloutta, jossa eläin- ja ruokateollisuuden sivutuotteita hyödynnetään tehokkaasti kierrättämällä ja maksimoimalla niiden tuottama arvo palauttamalla ne takaisin hyötykäyttöön. Sivutuotteista syntyy hyödykkeitä, joita käytetään raaka-aineena esimerkiksi eläinten ruoissa, lannoitteissa, kosmetiikassa ja polttoaineissa.

1.3 Tutkielman rakenne

Tämä tutkimus koostuu kahdesta pääosuudesta. Ensimmäinen osio on teoreettinen osuus, jossa perehdytään kiertotalouden ja logistiikan merkitykseen. Teoriaosuus koostuu aiheen kirjallisuudesta ja tutkimuksesta, jotka luovat viitekehyksen tutkimukselle. Empiirisessä osiossa sovelletaan kerättyä tietoa ja dataa ja pyritään löytämään ratkaisu tutkimuskysymyksiin kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän avulla.

Tutkielma on jaettu kuuteen pääkappaleeseen. Ensimmäinen kappale on johdanto, jonka tarkoituksena on lukijan johdattaminen aiheeseen tutkimuksesta ja kertoo tiivistetysti tutkielman sisällön. Toinen ja kolmas kappale sisältävät teoriaosuuden tutkielmaan liittyvään aiempaan tutkimustietoon ja kirjallisuuteen. Teoriaosuuden pääkappaleet koostuvat kiertotaloudesta ja logistiikasta. Kiertotalouden kappaleessa esitellään kiertotalous yleisesti, sen määritelmät ja erilaiset liiketoimintamallit ja periaatteet. Logistiikka-kappaleessa esitellään logistiikan määritelmää ja teoriaa liittyen sivuvirtojen logistiikkaan ja reititysongelmiin. Neljännessä kappaleessa käydään läpi tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät, sekä mistä tieto tutkimusta varten on saatu. Kappaleessa käydään myös läpi tutkimuksessa käytettävää aineistoa ja sen käsit-

telyä tutkimusta tehtäessä. Viidennessä kappaleessa esitetään empiirisen tutkimuksen tuloksia analysoimalla. Tulokset perustuvat Excel-laskentataulukoiden ja reitioptimoitsovelluksen avulla saatuihin kustannuslaskelmiin. Viimeisenä on johtopäätökset, jossa pohditaan tutkimuksen avulla saatuja tuloksia.

2 Kiertotalous

2.1 Lineaarisesta kulutusmallista kiertotalouteen

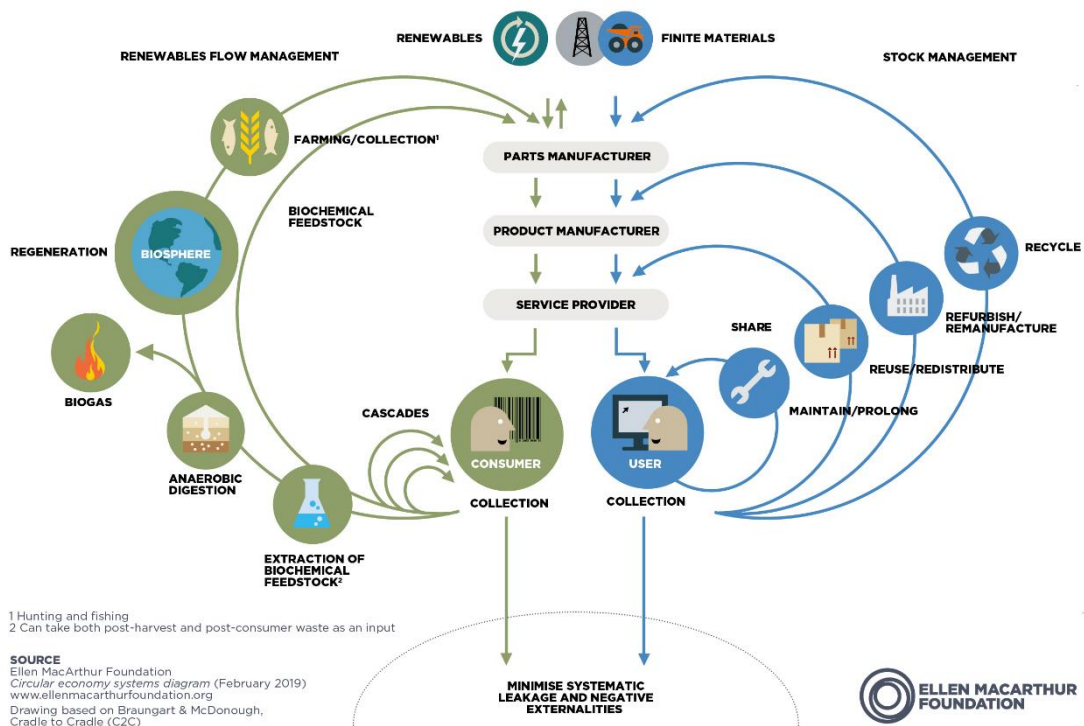
Teollinen vallankumous on perustunut viimeiset 150 vuotta lineaariseen tuotanto- ja kulutusmalliin. Lineaarinen kulutusmalli perustuu siihen, että raaka-aineista valmistetaan tuotteita, jotka myydään, otetaan käyttöön ja heitetään pois tai poltetaan jätteenä. (Radu ja muut, 2020). Tätä kutsutaan myös 'ota-tee-hävitä'-taloudeksi. Lineaarisella talousmallilla on ollut suuri merkitys ilmastonmuutoksen ja ekosysteemien rappeutumisen etenemiseen. Jätteen syntyminen on perujaan nykyaikaisesta sosiaalisesta elämäntavasta ja se nähdään yhtenä suurimmista ongelmista liittyen ympäristöön ja ihmisten terveyteen. (World Economic Forum, 2014)

Kiertotalouden tarkoituksena on korvata perinteinen lineaarinen kulutusmalli, joka perustuu tuotteen hävittämiseen sen elinkaaren päätyttyä. Siirtymistä lineaarisesta kulutusmallista kiertotalouden malliin on nopeuttanut maailmantalouden epävakaas ja resurssien ehtyminen. (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Kiertotalouden malli perustuu siihen, että olemassa olevia tuotteita ja materiaaleja hyödynnetään mahdollisimman pitkälle. Kiertotaloudella pyritään pidentämään tuotteiden elinkaarta lainaamalla, vuokraamalla, uudelleen käyttämällä, korjaamalla, kunnostamalla ja kierrättämällä. Kiertotaloudella pyritään minimoimaan jätteen määrän syntyminen palauttamalla tuotteet ja materiaalit kiertoon, jolloin ne tuottavat uudestaan lisäarvoa. Tämän mahdollistaminen vaatii uudenlaista materiaalinsuunnittelua, tuotteita, järjestelmiä sekä liiketoimintamalleja. (Euroopan Parlamentti, 2015).

Kuvissa 1 ja 2 on esiteltyä lineaarisen ja kiertotalouden mallit.



Kuva 1. Linear Economy Model (European Commission, 2016)



Kuva 2. Kiertotalouden malli (Ellen MacArthur, 2021).

Ellen MacArthurin Säätiön (2013) mukaan kiertotalous perustuu viiteen yksinkertaiseen periaatteeseen.

1. Jätteen tuotesuunnittelu
2. Sietokyvyn rakentaminen monimuotoisuuden avulla
3. Uusiutuvista lähteistä olevan energian käyttäminen
4. Järjestelmäajattelu
5. Jäte raaka-aineena

Oikein suunnittelemalla tuotteiden biologiset ja teknisten komponentit voidaan sovittaa materiaalikiertoon, jotka voidaan hyödyntää purkamalla ja kunnostamalla. Biologiset ravintoaineet voidaan kompostoida. Tekniset ravinteet suunnitellaan käytettäväksi uudelleen energiatehokkaasti ja laatu säilyttäen. Monimuotoisuuden avulla voidaan rakentaa sietokykyä, joka on joustavaa ja muuntautumiskykyistä hyödyntämällä onnistuneita luonnonjärjestelmiä. Kiertotaloudessa tulisi pyrkiä käyttämään uusiutuvia energianlähteitä tukien kiertotaloudelle ominaista raaka-aineiden kiertoa. Järjestelmäajattelulla pyritään ymmärtämään kokonaisuuksia, jossa elementit kuten infrastruktuuri, ympäristö ja sosiaaliset kontekstit otetaan huomioon. Tämä auttaa korostamaan virtauksia ja yhteyksiä luoden edellytyksiä uudistuville olosuhteille. Kiertotaloudelle ominaista on jätteen muuttaminen raaka-aineeksi. Biologisissa ravintoaineissa ideana on tuoda raaka-aine takaisin kiertoon korjaavien silmukoiden avulla. Teknisten raaka-aineiden kohdalla laadun parantaminen on jopa mahdollista.

2.2 Kiertotalouden määritelmä

Kirccherin ja muiden (2017) mukaan kiertotalous on kasvattanut suosiotaan niin tutkijoiden kuin ammattinharjoittajien keskuudessa, mistä kertoo myös kiertotaloudesta tehtyjen vertaisarvioitujen tutkimusten määrän kasvu viime vuosina. Heidän mukaansa kiertotalous on tarkoittanut eri asioita eri ihmisille, ja tämä on johtanut kritiikkiin erilaisista kiertotalouden määritelmistä. Taulukko 1. sisältää erilaisia yleisiä kiertotalouden määritelmiä, joka auttaa ymmärtämään kiertotalouden kontekstia tutkimuksessa.

Taulukko 1. Kiertotalouden määritelmät

Kirjoittaja	Kiertotalouden määritelmä
Geissdoerfer, Savaget, Bocken and Hultink (2017)	<i>“Kiertotalous on uusiutuva järjestelmä, jossa resurssien syöttö ja hukka, päästöt ja energiavuoto minimoidaan hidastamalla, sulkemalla ja kaventamalla materiaali- ja energiasilmukoita. Tämä voidaan saavuttaa pitkäkestoisella suunnittelulla, huollolla, korjauksella, uudelleenkäytöllä, uudelleenvalmistuksella, kunnostuksella ja kierrätyksellä”</i> (Geissdoerfer, ja muut. 2017)
Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017).	<i>“Kiertotalous on taloudellinen järjestelmä, joka korvaa ”käyttöiän päättymisen” käsitteen vähentämällä, vaihtoehtoisesti uudelleenkäyttöä, kierrättämistä ja talteenottoa tuotanto-/jakelu- ja kulutusprosesseissa. Se toimii mikrotasolla (tuotteet, yritykset, kuluttajat), meso-tasolla (ekoteollisuuspuistot) ja makrotasolla (kaupunki, alue, kansakunta ja muualla) tavoitteenaan kestävä kehitys ja samalla luoda ympäristön laatua, taloudellista vaurautta ja sosiaalista tasa-arvoa nykyisten ja tulevien sukupolvien hyödyksi. Sen mahdollistavat uudet liiketoimintamallit ja vastuulliset kuluttajat”.</i> (Kirccher ja muut. 2017)
Ellen MacArthur Foundation	<i>“Kiertotalous on teollinen järjestelmä, joka on aikomukseltaan ja suunnitelmaltaan palauttava tai uudistava. Se korvaa käyttöiän päättymisen käsitteen restauroinnilla, siirtymällä uusiutuvan energian käyttöön, eliminoi myrkyllisten kemikaalien käytön, jotka heikentävät uudelleenkäyttöä ja pyrkivät eliminoidaan jätteet materiaalien, tuotteiden ja järjestelmien ylivoimaisella suunnittelulla ja liiketoimintamalleilla.”</i> (Ellen MacArthur Foundation, 2013, s. 7)
Korhonen, Nuurb, Feldmann, Birkie (2018).	<i>“Kiertotalous on kestävän kehityksen aloite, jonka tavoitteena on vähentää yhteiskunnan tuotanto-kulutusjärjestelmien lineaarisia materiaali- ja energiansiirtovirtoja soveltamalla materiaalikiertoja, uusiutuvia ja kaskadityyppisiä energiavirtoja lineaariseen järjestelmään. Kiertotalous edistää arvokkaita materiaalikiertoja perinteisemmän kierrätyksen rinnalla ja kehittää järjestelmäjä hestymistapoja tuottajien, kuluttajien ja muiden yhteiskunnallisten toimijoiden yhteistyöhön kestävässä kehitystyössä.”</i> (Korhonen ja muut 2018)

2.3 Kiertotalouden mahdollisuudet & haasteet

2.3.1 Kiertotalous mahdollistajana

Korhosen ja muiden (2018) artikkelin mukaan kiertotalouden kehityksen etenemiseksi on tärkeää myös tuoda esiin siihen liittyvät taloudelliset tavoitteet, jolla on merkitystä myös yhteiskunnalle. Sarja ja muut (2021) mainitsevatkin taloudellisen hyödyn yhtenä ilmeisimmistä syistä kiertotalouteen pyrkimiselle. Taloudellisiin etuihin kuuluvat Sarjan ja muiden (2018) mukaan kustannusten aleneminen resurssitehokkuuden myötä, kestävän kehityksen myötä lisääntynyt kilpailuetu ja mahdollisuuden markkinoiden laajentumiselle. Korhosen ja muiden (2018) mukaan liiketaloudellinen arvo syntyy raaka-aineiden monipuolisemmasta hyödyntämisestä ja elinkaaren pidentämisestä toteuttamalla kiertotaloutta, jonka tavoitteena on alentaa lineaarisesta tuotantotavasta syntyviä raaka-aineiden, energiakustannusten, jätehuollon sekä päästöjen hallintakustannuksia. Sarja ja muut (2021) nostavat esiin mahdollisuuden jätehuollon kustannusten alentamiseksi jätevirtojen ohjaamisen yrityksille, jotka hyödyntävät jätteitä raaka-aineina ja näin ollen mahdollistaisi jätekustannusten alentamisen tai lisätulojen saamisen.

Kiertotalouden toteuttamisella on myös muita ulkoisia mahdollisuuksia. Korhosen ja muiden (2018) mukaan kiertotalouden toteuttaminen voi johtaa parantuneeseen imagoon yrityksessä sekä mahdollistaa vihreän markkinoinnin asiakkaiden houkuttelemiseksi. Lahti ja muut (2018) kertovat kiertotaloudella olevan myös positiivista vaikutusta asiakassuhteisiin. Euroopan Komissio (2019) kuvaa kiertotaloutta peruuttamattomaksi ja globaaliksi megatrendiksi. Lahden ja muiden (2018) mukaan kiertotalouden toteuttaminen on myös osa riskienhallintaa ja se vähentää altistumista markkinoille ja toimitusketjujen riskeille, joten yritysten tarve kiertotalouden käyttöönottoon kasvaa markkinoiden epävakauden myötä.

2.3.2 Haasteet kiertotaloudessa

Valtioneuvoston (2016) mukaan yritysten toiminnan siirtyminen kohti kiertotalouden periaatteita vaatii julkisia toimia infrastruktuurin ja politiikan suhteen. Ghisellinin (2016) mukaan muutos lineaarisesta mallista kiertotalouteen vaatii muutosta nykyiseen talousmalliin sekä totuttuihin toimintatapoihin. Korhonen ja muut (2018) mainitsevat myös muutoksen tarpeen kuluttajien kulutuskulttuurissa. Ghisellini (2016) mainitsee kiertotalouden työkaluna, jonka avulla saadaan radikaali muutos totuttuun talousjärjestelmään. Korhonen ja muut (2018) mainitsevat ympäristölainsäädännön ja verotuksen riskitekijöinä kiertotalouden etenemisessä, joita tulisi alentaa kiertotalouden edistämiseksi. Heidän mukaansa myös kiertotaloudessa on helposti poimittavissa olevia malleja, mutta käytännön toteutus vaatii vielä suurempia ratkaisuja. Rannan ja muiden (2018) mukaan nykyinen lainsäädäntö suosii liikaa lineaarista kulutusmallia.

Sauvén ja muut (2016) toteavat artikkelissaan, että kestävien ja kierrätettävien tuotteiden valmistus on usein kalliimpaa kuin kertakäyttöisten ja liiketoiminnassa voiton maksimointi kannustaa lineaarisen talousmallin mukaiseen valmistukseen. Valtioneuvoston (2016, s.16) julkaisussa esteitä kiertotalouden kehittymiselle on useita: luonnosta saatavan raaka-aineen käyttäminen on taloudellisesti kannattavampaa verrattuna kierrätettyihin raaka-aineisiin, verotuksen painottuminen enemmän työhön kuin luonnon resurssien käyttämiseen, jätettä poltetaan liian paljon ja se on kustannuksiltaan liian tehokasta, kierrätetyn raaka-aineiden markkinoiden puuttuminen sekä kierrätyksen järjestämisen kannattamattomuus. Myös Ghisellinin (2016) mukaan jätehuollossa hallitseva toimintamalli on edelleen jätteiden vieminen kaatopaikalle sekä polttaminen, joka johtaa materiaalin arvon hukkaamiseen. Hän mainitsee, että kiertotaloudessa kierrätys on ymmärretty väärin ja sitä on painotettu liikaa, sillä kiertotalouden tulisi tukea ylimääräisten resurssien minimointia ja raaka-aineiden uusiokäyttöä kierrättämisen sijaan. Ellen MacArthur (2015) säätö nostaa esille myös logistiikan merkityksen ja erilaiset toimet, joiden myötä tuotteet saadaan takaisin kiertoon. Rakentamalla tehokas paluulogiikka ja tehostamalla toimia materiaalit saadaan pidettyä suljettujen silmukoiden sisällä. Tämä vaatii kuitenkin muutoksia olosuhteisiin ja infrastruktuuriin kierto-

talouden toteutumiseksi. Liederin ja Rashidin (2016) mukaan kiertotalous on painottunut myös liikaa ympäristön etuihin kuten jätteiden vähentymiseen ja resurssitehokkuuteen. Tämän takia liike-elämän ja talouden näkökulma on jäänyt vähemmälle huomiolle eivätkä kaikki yritykset ole perillä kiertotalouden tuomista eduista, joka voi johtaa negatiiviseen vaikutukseen kiertotalouden edistämisessä.

Useissa tutkimuksissa ilmenee tutkijoiden yksimielisyys siitä, että, muutos kohti kiertotaloutta vaatii eri toimijoiden laaja-alaista yhteistyötä. Ghisellinin ja muiden (2016) mukaan kokonaiskuvan ymmärtäminen ja radikaalit ratkaisut kuuluvat kiertotalouden toteuttamiseen sen sijaan, että lisätään vain vihreää teknologiaa. Nylen & Salminen (2019) mainitseekin, että haasteena kiertotalouden toteuttamisessa on, että kukin toimija pystyy muotoilemaan sen sopimaan omiin tarkoituksiinsa, joka johtaa siihen, että toimintatavat saadaan näyttämään kestäviltä tekemättä muutoksia toimiinsa.

2.4 Kiertotalouden liiketoimintamallit

Liiketoimintamallien määritelmässä on eroja, mutta useimmat määritelmät perustuvat siihen, että liiketoimintamalli kertoo kuinka yritys luo, toimittaa ja vangitsee arvoa (Lah- ti, Vincent & Parida (2018). Mentinkin (2014) mukaan kiertotalouden liiketoimintamal- leja voidaan pitää liiketoimintamallien alakategoriana. Mentink (2014) määrittelee kier- totalouden liiketoimintamallin perustuvan siihen, miten organisaatio luo, toimittaa sekä vangitsee arvoa suljetuissa materiaalisilmukoissa sekä niiden sisällä. Lahden ja muiden (2018) mukaan kiertoliiketoimintamalli auttaa selventämään, miten yritys käyttää inno- vaatioita arvon luomiseen, toimittamiseen ja talteenottamiseen toteuttamalla kiertota- louden periaatteita, jossa liiketoiminta linjataan uudelleen toimijoiden ja sidosryhmien välillä huomioiden ympäristölliset, sosiaaliset ja taloudelliset hyödyt. Mentink (2014) kertoo, että kiertotalouden liiketoimintamallin ydin on se, että se ei perustu pelkästään materiaalisilmukoiden sulkemiseen itsessään sisäisten järjestelmien sisällä, vaan se voi toimia osana liiketoimintamallien ekosysteemiä, jotka yhdessä sulkevat materiaalisil- mukoita. Suljetut materiaalisilmukat ovat osa kiertotalouden liiketoimintamallia, jolloin liiketoimintamallin tarkoitus muuttuu perinteisestä voiton tekemisestä tuotteiden

myynnillä siihen, että voittoa tehdään resurssien, materiaalin ja tuotteiden virroilla (Lahti ja muut, 2018). Kiertotalouden liiketoimintamallin tarkoituksena on tuottaa myös taloudellista tuottoa, mutta tämän tulee tapahtua kestävä kehityksen ehdoilla (Lahti ja muut 2018). Antikaisen & Valkokarin (2016) mukaan perinteiseen malliin nähden se tuottaa kuitenkin arvoa laajemmalle sidosryhmälle, koska siinä otetaan huomioon myös ympäristölliset ja sosiaaliset näkökulmat.

2.4.1 Esimerkkejä kiertotalouden liiketoimintamalleista

Kiertotalouden liiketoimintamalleja on tutkittu paljon viime aikoina ja niistä löytyy useampia malleja. Liiketoimintamallit ovat usein sisällöltään hyvin samanlaisia, mutta niitä esitetään eri tavoin ja kategorioin.

Keeblen ym. artikkelin (2014) ja Sitran (2018) kiertotalouden käsikirjan mukaan kiertotalouden liiketoimintamallit voidaan luokitella viideksi eri malliksi:

1. Kiertävät resurssit
2. Resurssien palauttaminen
3. Tuotteen elinkaaren pidentäminen
4. Jakamislustat
5. Tuote palveluna

Kiertäviin resursseihin perustuva liiketoimintamalli pohjautuu uusiutuvien, kierrätettävien ja biohajoavien resurssien toimittamiseen joidenka tarkoituksena on tukea kiertävää tuotanto- ja kulutusjärjestelmää. Kiertävien resurssien avulla pyritään luopumaan lineaarisuuteen perustuvasta tuotannosta sekä niukkojen resurssien käytöstä. Mallin avulla voidaan vähentää hukkaa ja lisätä kiertoihin perustuvien resurssien tehokkuutta. (Keeble ja muut 2014 & Sitra 2018). Keeblen ja muiden (2014) mukaan malli sopii parhaiten yrityksille, joiden liiketoiminta perustuu niukkojen resurssien käyttämiseen tai omaa suuren ympäristöjalanjäljen.

Resurssien palauttamisen liiketoimintamallilla tarkoitetaan elinkaarensa loppuun tulleiden tuotteiden sekä raaka-aineiden takaisin keräämistä uudelleen hyödyntämistä varten (Sitra 2018). Sitran (2018) mukaan upotettu arvo otetaan talteen palautusketjuja hyödyntämällä ja jätteestä tuotetaan arvoa käyttämällä innovatiivisia kierrätys- ja uusiokäyttöteknologioita. Erona perinteiseen kierrätysmalliin on uusien teknologioiden hyödyntäminen joiden avulla resurssien arvo otetaan talteen. Teknologioiden avulla resurssien alkuperäistä arvoa on mahdollista jopa korottaa. Yleisiä malleja ovat teolliset symbioosit, integroidut suljettujen silmukoiden kierrätys sekä Cradle-to-Cradle -malli. Cradle-To-Cradle perustuu hävitettyjen tuotteiden uudelleen prosessointiin. Mallin avulla pyritään poistamaan materiaalivuotoja ja maksimoidaan palautusvirtojen taloudellinen arvo. Resurssien palauttamiseen perustuvat liiketoimintamallit sopivat yrityksille joiden toiminnassa syntyy isoja määriä sivutuotteita tai jotka pystyvät ottamaan talteen jättemateriaalia sekä käsittelemään sitä uudelleen kustannustehokkaasti.

Tuotteen elinkaaren laajentamisella tarkoitetaan tuotteiden ja omaisuuden elinkaaren pidentämistä. Mallissa tuotteiden arvo pyritään säilyttämään ennakoivilla ja korjaavilla toimenpiteillä kuten huoltamisella, päivittämisellä, uudelleen valmistamisella ja markkinoinnilla. (Sitra 2018, Keeble ja muut. 2014). Liiketoimintamalli perustuu lisätulojen saamiseen pidennetyn käytön avulla. Elinkaarta pidentämällä varmistetaan tuotteiden hyödyllisyys mahdollisimman pitkään. Kohdennetut tuotepäivitykset kuten komponentin vaihto uuden tuotteen sijaan ovat olennaisia tälle liiketoimintamallille. Keeblen ja muiden (2014) mukaan tämä malli sopii parhaiten pääomaa sitoviin B2B-aloihin kuten teollisuuslaitteisiin sekä B2C-yrityksiin, joiden markkinat perustuvat vanhoihin tai kierrätettyihin tuotteisiin tai yrityksiin, joiden uudet mallit tuottavat vain vähän lisäarvoa edelliseen verrattuna.

Jakamislustoihin perustuvan liiketoimintamallin tarkoituksena on hyödyntää yhteisiä jakoalustoja erilaisten sidosryhmien kuten käyttäjien, yksilöiden ja organisaatioiden kesken ja parantaa saatavuutta. (Sitra 2018, Keeble ja muut. 2014) Mallin avulla pyritään tasoittamaan ylikapasiteetin ja vajaakäytön suhdetta mikä johtaa tuottavuuden ja

käyttäjärvon luomiseen. Mallin tarkoituksena on pitää tuotteet ja omaisuudet jatkuvassa käytössä ja se hyödyttää yrityksiä, joissa näiden käyttö- sekä omaisuusaste on pieni. (Keeble ja muut. 2014). Sitran (2018) mukaan esimerkiksi vajaakäytössä olevat koneet ja tavarat voidaan hyödyntää alustojen avulla joko vuokraamalla tai vaihtamalla.

Tuote palveluna liiketoimintamalli toimii kiertotalouden keskiössä. Perinteisen ostamisen ja omistamisen sijaan tuotteet vuokrataan tai lainataan käyttösopimuksen avulla yhdelle tai useammalle käyttäjälle. Malli kannustaa tuotteen pitkään elinkaareen sekä laadukkuuteen, jolloin paine siirtyy volyymien rakentamisesta kestävyYTEEN. Tuotteiden elinkaaren pidentäminen kiertotaloudellisen suunnittelun avulla helpottaa kunnostamista ja korjaamista. Pitkäikäisyys, uudelleenkäytettävyys ja jakaminen johtavatkin tulojen nousuun ja kustannusten alenemiseen. Keeblen ja muiden (2014) mukaan malli sopii yrityksille, joiden käyttökustannusten osuus on korkea ja jotka omistavat ammattitaitoetua liittyen tuotteiden ylläpidon hallintaan kuten jälkimarkkinoiden hyödyntämiseen sekä lisäpalveluiden arvonn tuottamiseen.

2.5 Elintarviketeollisuus osana kiertotaloutta

Jenny Bergin (2016) tekemän jäte- ja sivuvirtaselvityksen mukaan elintarviketeollisuudessa on lähes mahdotonta välttää sivuvirtojen syntymiseltä ja niitä syntyy toimialasta huolimatta ja siksi niiden hyödyntämiseen tulisi panostaa tulevaisuudessa enemmän. Hänen mukaansa elintarviketeollisuus, josta sivuvirtoja syntyy, liittyy olennaisesti kiertotalouteen, sillä kiertotaloudelle olennaista on, että materiaalit ja arvot kiertävät. Elintarviketeollisuuden sivuvirroista on mahdollista tuottaa arvoa tuottavia elintarvikkeita ja materiaalit, jotka eivät päädy elintarvikkeiksi voidaan hyödyntää eri tavoin, kuten rehun, lannoitteen ja energian muodossa, jolloin niiden arvo saadaan takaisin kiertoön. Bergin (2018) mukaan sivuvirroiksi kutsutaan prosessien ja valmistamisen yhteydessä syntyviä materiaalivirtoja, joiden syntymistä ei voi estää eivätkä ne päädy tuotteisiin. Esimerkkejä sivuvirroista ovat yli jääneet raaka-aineet, jotka kelpuutettaisiin elintarvikkeina, mutta kuluttajat eivät ole halukkaita niitä ostamaan. Toinen esimerkki on lihate-

ollisuuden ja teurastamojen tuottamat sivutuotteet, jotka ovat huonompia ruhonosia eikä niille nähdä käyttöä elintarvikkeina. Sivuvirtoja voidaan kutsua myös valmistuksen yhteydessä syntyviksi jätteiksi.

Tutkimuksen case-yritys Honkajoki Oy:n liiketoimintamalli perustuu eläinperäisten sivuvirtojen hyödyntämiseen jalostamalla niistä raaka-aineita eri teollisuudenalojen hyötykäyttöön. Eläinperäisistä sivutuotteista jalostetaan raaka-aineita esimerkiksi energia-, kosmetiikka-, lannoite ja rehuteollisuuteen sekä lemmikkieläinruoan valmistukseen (Honkajoki Oy, 2022). Honkajoen suurimpana liiketoiminta-alueena on teollisuuden yrityksille myytävä prosessoitu eläinvalkuainen ja puhdistettu rasva. Lisäksi yritys hyödyntää eläinperäisten sivutuotteiden prosesseissa valmistettavaa jätettä energiantuotannossa ja hyödyntää ylijäämäenergiaa myymällä sitä muille yrityksille, joka laskee energiakustannuksia (Sitra, 2019). Toisena esimerkkinä eläinperäisten sivutuotteiden hyödyntämisestä on suomalainen polttoainevalmistaja Neste, joka on yksi maailman suurimmista jätteistä valmistetun uusiutuvan dieselin valmistajista. Neste hankkii lihan tuotannon jätteistä renderöityä eläinrasvaa, josta valmistetaan biopolttoaineita (Neste).

3 Logistiikka

Karruksen (2001, s. 13) määritelmän mukaan logistiikka on:

Materiaali-, tieto- ja pääomavirtojen, hankinnan, tuotannon, jakelun ja kierrätyksen, huolto- ja tukipalvelujen, varastointi-, kuljetus- ja muiden lisäarvopalvelujen sekä asiakaspalvelun ja -suhteiden kokonaisvaltaista johtamista ja kehittämistä. Käsitteenä logistiikka on suhteellisen nuori, mutta kuitenkin yritysten perustoimintona erittäin vanha. Nykyinen logistiikka käsite on syntynyt materiaalitalouden ja kuljetustalouden perillisenä lähinnä kuvaamaan materiaalien hyödykkeiden toimittamiseen liittyviä koordinoititehtäviä.

Logistiikan tarkoitus on ohjata materiaalivirrat oikeaan paikkaan, oikeaan aikaan sekä oikean laatuksena mahdollisimman pienin kustannuksin. Logistiikkaan kuuluu olennaisesti myös materiaalien varastointi. (Logistiikan maailma, 2020a). Logistiikassa tulee huomioida myös ympäristön kuormittavuus sekä huomioida turvallisuusriskit. Materiaali-, tieto- ja rahavirtojen lisäksi suunnittelu sisältää myös yhteiskunnallisten sekä ympäristövaikutusten tarkastelua.

3.1 Sivuvirtojen logistiikka

Sitran kiertotalouden tiekartan (2016) mukaan raaka-aineiden ja sivuvirtojen liikuttaminen on edellytys kiertotalouden toiminnalle, sillä olennainen osa kiertotaloutta on tuotteiden ja materiaalien palautusvirrat ja takaisinottaminen tuottajalle tai jälleenmyyjälle, joka johtaa elinkaaren pidentämiseen sekä materiaalien kierrätykseen. Sitran (2018) mukaan kiertotalouteen liittyy myös käänteisen logistiikan hyödyntäminen ja kuljetusreittien sekä materiaalivirtojen optimointi. Sivutuotteiden ja sivuvirtojen hyödyntämisessä on kuitenkin useita pullonkauloja, jotka liittyvät logistiikan ratkaisuihin ja niiden hyödyntämisen liiketaloudelliseen kannattavuuteen.

Sitra (2018) kertoo, että yritysten ja sidosryhmien välisellä yhteistyöllä olisi mahdollista alentaa sivuvirtojen keräämisestä kertyviä korkeita logistiikkakustannuksia sekä kehittämällä teknologioita ja prosessia voidaan parantaa sivuvirtojen liiketoiminnan kannattavuutta. Lehdon ja muiden (2021) mukaan logistiikan kustannuksiin voitaisiin

vaikuttaa kaluston yhteiskäytöllä sekä kuljetusten yhdistämisellä, joka johtaisi korkeampiin käyttöasteisiin. Aminoffin ja Kettusen (2016) mukaan logistiikalla on merkittävä vaikutus kiertotalouden periaatteisiin, mutta haasteita tuovat materiaalivirtojen hallintaan tuovat materiaalin alhainen arvo, huono ennustettavuus sekä pienet erät. Jenny Bergin (2018) suoritti jäte- ja sivuvirtaselvityksessään haastattelun sivuvirtoja tuottaville yrityksille joiden perusteella logistiikan kustannukset koettiin yhdeksi suurimmista haasteista sivuvirtojen hyödyntämiselle. Ongelmina toimivat pitkät kuljetusmatkat sekä materiaalin vähyys kiertotaloutta hidastavina tekijöinä. Berg (2018) tuo myös esiin yhteiskuljetukset sekä muut yhteistyötavat, kuten samalla alueella toimivien yritysten yhteistyö volyymien yhdistämiseksi, jolloin sivuvirtojen hyödyntämisestä tulisi kannattavampaa.

3.2 Käänteinen logistiikka

Sitran (2018) mukaan käänteinen logistiikka on osa kiertotaloutta. Käänteinen logistiikka eroaa perinteisestä logistiikasta materiaalin virtaussuunnassa. Eteenpäin suuntautuvassa logistiikassa tuotteet lähtevät toimittajalta ja kuljetetaan asiakkaalle. Käänteisessä logistiikassa tuotteet ja materiaalit liikkuvat vastakkaiseen suuntaan arvon luomiseksi, takaisinsaamiseksi tai asianmukaiseksi hävittämiseksi (Julianelli ym. 2020). Karvosen ym. (2015) mukaan käänteisessä logistiikassa on olennaista toimitusketjun hallinta, jossa käytetyt materiaalit, osat ja tuotteet noudetaan uudelleen käsittelyä varten. Heidän mukaansa se eroaa perinteisestä eteenpäin suuntautuvasta logistiikasta liittyen epävarmuuteen palautuvien materiaalien lukumäärästä, laadusta ja ajoitukselta. Demirel & Gökcen (2008, s. 1197-1199) mukaan paluulogistiikan käsittelyssä olennaista on kokonaiskustannusten optimointi, sillä sen kannattavuutta mitataan kuljetettavien matkojen ja materiaalin määrän perusteella. Tarkoituksena on päästä optimaaliseen ratkaisuun niin, että kustannukset eivät nouse korkeammaksi kuin kerättävästä materiaalista saatava hyöty. Ratkaisuna kokonaiskustannusten optimoimiseen tarvitaan mahdollisimman korkeita täyttöasteita keräilyyn liittyen sekä materiaalivirtojen tasaisuutta.

3.3 Logistiikan suunnittelu

Maantieliikenteessä kuljetusten suunnitteluun vaikuttaa moni eri tekijä. Kuljetustenohjauksessa painottuu reitin ja kuorman suunnittelu, jota kutsutaan ajojärjestelyksi. Kuljetuksista vastaavalle paras vaihtoehto on se, joka aiheuttaa vähiten kustannuksia. Kuljetuskustannuksiin vaikuttaa olennaisesti myös kuljetustavan valinta. Kuljetuskaluston valinnassa tulisi ottaa huomioon kuljetuskapasiteetit sekä välttää kaluston vajaata käyttöä. Liian ison kuljetuskaluston käyttö tuo myös muita negatiivisia vaikutuksia, sillä teollisuusalueilla sekä kaupungeissa ongelmia aiheuttaa ahtaus, ruuhkat sekä kaluston saaminen lastauspaikoille. Tämän vuoksi pienemmällä kalustolla suoritettava keräily on tällaisissa paikoissa tehokkaampaa sekä joustavampaa. Kuljetuksia suunniteltaessa tulisi myös huomioida vaatiiko lasti erikoiskalustoa. Omat haasteensa kuljetuksensuunnittelulle tuo myös noudatettavat työaikalainsäädännöt sekä tieliikennelain määrittelemät ajoneuvojen sallimat mitat sekä painot. (S, Hokkanen & J, Karhunen, 2014, s. 192.)

3.4 Reititysongelmat

Bing ym. (2016) mukaan käänteistä logistiikkaa on tutkittu paljon jätteiden keruuseen liittyen ja niissä ilmenee käytäntöjä, jotka johtavat erilaisiin ongelmiin. Näiden ongelmien ratkomiseen löytyy kirjallisuudesta erilaisia lähestymistapoja, jotka analysoivat erilaisten reititysongelmien variaatioita. Lähestymistavat ovat liittyneet näkökohtiin kuten, keräyksen tyyppi, kerättyjen jätevirtojen määrä sekä dynaamiset ominaisuudet. Yksi vanhimmista ja tutkituimmista ratkaisuista liittyen reititysongelmien ratkaisuun on Dantzigin ja Ramserin v. 1959 kehittämä ajoneuvon reititysongelma (VRP). Johanssonin (2006) mukaan sen pyrkimyksenä on saada minimoitua kokonaiskustannukset, jotka koostuvat useiden ajoneuvojen reitittämisestä erilaisten solmukohtien, kuten asiakkaiden ja varastojen kautta takaisin lähtöpisteeseen. Ajoneuvon reititysongelmasta on kehittynyt useita variaatioita vuosien aikana ja sitä voidaanakin muokata kaluston tyypillä, varikkojen lukumäärällä, toimintojen tyypeillä. Yksi esimerkki tästä on CVRP eli kapasiteettirajoitetun ajoneuvon reititysongelma, jossa kapasiteettia ei saa ylittää ja reitit

muodostetaan mahdollisimman tehokkaasti rajoitteet huomioiden (Toth & Vigo, 2002). Tämä taas saattaa johtaa useampaan keräilykierrokseen, joka johtaa kapasiteettirajoitetun ajoneuvon useiden ajokertojen reititysongelmaan (CVRPMT) (Zmazek ym, 2005). Variaatiot ajoneuvon reititysongelmasta ovat siis kehittyneet paljolti tutkitun ongelman luonteen mukaan.

Jorge ym. (2022) käsittelevät jätteiden keräysongelmaa tutkimuksessaan ja esittelivät hybridimetaheuristisen tavan ratkaista reititysongelmaa suurikokoisten tapausten ratkaisemiseksi työkuormitusongelmilla. Tutkimuksessa oli useita parametreja, joita tuli ottaa huomioon, kuten minä päivänä keräys on tarpeen, mitkä säiliöt tulee noutaa (ovat täynnä tai ennustetaan täyttyvän ennen seuraavaa keräyspäivää) ja parhaat reitit käydä noutamassa jätteet. Tutkimuksessa metaheuristiikka otti huomioon historiatiedot jäteastioiden kerääntymisasteista sekä tarkastelee tulevaisuuden täyttöasteita keräyksen optimoimiseksi. Tutkimuksessa kannattavimmat reitit luotiin simuloidun hehkutus/naapurustonhakualgoritmin (SANS) avulla. Tutkimuksessa todettiin, että hybridimetaheuristiikan avulla pystyttiin päättämään laadukkaisiin ratkaisuihin reittien järjestyssä. Tutkimuksessa luotua hybridimetaheuristiikkaratkaisua sovellettiin myös tapaustutkimuksena Lissabonin kierrätysmateriaalin keräämisessä ja menetelmän avulla huonoinakin sovellettu ratkaisu toi jopa 45 % paremman tuloksen suhteessa menoihin ja tuloihin aiempaan tapaustutkimuksen yrityksen käyttämään ratkaisuun nähden. Jorge ym. (2022) kuitenkin totesi myös tutkimuksessaan, että metaheuristiikan avulla sovelletut ratkaisut ovat satunnaisia, joten tulokset vaihtelevat ajokohtaisesti.

Johansson (2006) tutki jätteenkeräyksen reititysongelmia dynaamisen aikataulun- ja reitityskäytäntöjen avulla. Johanssonin mukaan moni tutkimus liittyen reititysongelmien tutkimiseen liittyy staattisiin ongelmiin, jossa kaikki tieto on suunnittelijan tiedossa etukäteen, vaikka vastaaville ongelmille on ominaista stokastinen ja dynaaminen informaatio. Staattisten ajoitus- ja reititysongelmien ratkaisu perustuu heuristiseen algoritmiin. Staattisille reititysongelmille ominaista on, että menetelmä perustuu alustaviin laskelmiin optimaalisesta keräystiheydestä, jonka perusteella ryhmitellään ke-

räyspäivät ja pyritään minimoimaan keräyskustannukset. Tämä vaatii, että suunnittelijalla on tiedossa jätteen syntymisen keskiarvo sekä hajonta, jonka avulla tehokkain reitti ratkaistaan. Dynaamisen aikataulun- ja reitityskäytännön ratkaisuissa hyödynnetään reaaliaikaista tietoa jätekonttien täyttöasteista. Kierrätyssäiliöt on varustettu erilaisilla tasoantureilla sekä langattomilla viestilaitteilla, joiden perusteella keräyskuljetus optimoidaan. Johansson suoritti tutkimuksen analyyttisena mallintamisena sekä diskreettien tapahtumien simulointina, jossa käytettiin reaaliaikaista dataa. Tutkimuksen mukaan dynaamisen aikataulu- ja reitityskäytännön avulla voidaan saavuttaa alhaisempia käyttökustannuksia, lyhyempiä kuljetusmatkoja sekä kerätä vähemmän kontteja verrattuna usein käytettyyn staattiseen reititysongelman ratkaisuun. Tutkimuksessa todettiin, että dynaamisella aikataulutus- ja reitityskäytännöllä saavutetaan alhaisempia kustannuksia varsinkin epäsäännöllisen kysynnän vuoksi, joka on olennainen ongelma jätteenkeräyksessä. Vaikka tutkimus suoritettiin analyyttisten ja simulaatiomallin avulla Johanssonin mukaan tulokset olivat yhdenmukaisia jätteenkeräysalan ammattilaisten kokemusten kanssa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan huomioitu antureiden investointikustannuksia, joilla on vaikutusta kokonaiskustannuksiin.

Hannan ym. (2018) tutkivat myös jätteiden keruun optimointiongelmaa, jossa käytettiin älykkäitä jäteastioita, jotka sisältävät useita antureita keräten reaaliaikaista tietoa jäteastian täyttöasteesta. He ehdottivat parhaaksi vaihtoehdoksi jätteen keräämiselle ja reitin optimoimiselle muokattua hiukkasparvioptimointipohjaista (PSO) kapasiteettirajoitetun ajoneuvon reititysongelmaa (CVRP), joka käyttää jätetason kynnyksen mittaus- ta (TSW). PSO-algoritmia käyttävällä CVRP-mallilla optimoidaan reitit, jotka aikataulute- taan TWL:n ajoituskonseptin perusteella. Heidän mukaansa tämän avulla jätteenkeruu, reitin optimointi ja niihin liittyvät tehokkuudet ovat optimaalisia. Tutkimuksen perus- teella kyseistä mallia käyttämällä saadaan parannettua tehokkuutta jätteenkeräyksessä niin kustannusten kuin kulutuksen puolesta, jolloin ympäristövaikutuksetkin vähenevät.

4 Tutkimusmenetelmät

4.1 Menetelmä

Tämä tutkimus toteutettiin kvantitatiivisella tutkimusmenetelmällä. Vilkan (2007, s. 14) mukaan kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimustapa, perustuu tiedon tulkintaan numeerisesti. Heikkilän (2014, s. 16) mukaan kvantitatiivista menetelmää kutsutaan myös tilastolliseksi tutkimusmenetelmäksi, koska sen avulla pyritään löytämään vastauksia tutkimuskysymyksiin prosenttiosuuksien ja lukumäärien avulla.

Tutkimuksen empiirisessä osiossa on käytetty päätöksentekoa helpottavia normatiivisia järjestelmiä. Päätöksentekijärjestelmiksi kutsutaan työkaluja, joiden tarkoitus on auttaa löytämään sopivin tai optimaalisin ratkaisu ongelmaan. Päätöksentekijärjestelmä on useimmiten kvantitatiivinen työkalu, johon käytetään käytettävissä olevia oletuksia ja ympäristöstä kerättyä tietoa. (Helo, Tuomi, Kantola & Sivula, 2019 s. 19).

4.2 Tiedon kerääminen

Vilka (2007, s.35) mukaan kerätessä tietoa tutkimusta varten on tärkeää, että tutkimuksessa käytettävä aineisto kerätään mitattavassa muodossa tai se kyetään muuttamaan mitattavaan muotoon. Tässä tutkimuksessa käytettävä aineisto on peräisin kolmesta eri lähteestä. Kohdeyritykseltä on saatu toiminnanohjausjärjestelmän tuottamaa tosiasiallista dataa jo noudetuista sivutuotemääristä valmiilta asiakkailta kahdelta eri kuukaudelta 2020 lokakuulta sekä 2021 tammikuulta (ks. Liite 7, ote ERP-järjestelmän datasta). Logistiikan kustannukset perustuvat kohdeyrityksen asiantuntijoilta kerätyistä oletuksista kustannuksista. Sekundaaritiedot eli ulkoinen toissijainen data on kerätty verkosta saatavilla olevista rekistereistä. Potentiaaliset uudet lähteet sivutuotteiden keräämiselle on saatu Ruokaviraston ylläpitämästä rekisteristä suomalaisista rekisteröidyistä liha-alan laitoksista. Potentiaalisten uusien lähteiden volyymin arvioimisessa on käytetty yritysten taloustietoja vuodelta 2020, jotka on kerätty suomalaisesta Finde-ristä, joka ylläpitää suomalaisten yritysten taloustietoja.

4.3 Aineiston käsittely

Lähtötietoina tutkimukselle saatiin kohdeyrityksen asiantuntijan oletusarviot kuljetuskustannuksista eri kuljetuskalustoille sekä ERP-järjestelmän tuottama data tehdyistä noudoista asiakasyrityksiltä lokakuulta 2020 sekä tammikuulta 2021. Tutkimuksen ensimmäisenä vaiheena oli selvittää arvio siitä, kuinka paljon potentiaaliset uudet asiakkaat tuottavat raaka-ainetta eli sivutuotetta. Arviota sivutuotteen määrästä lähdettiin selvittämään takaisinmallinnuksen menetelmällä, jossa jo noudettujen paikkojen kilometrimäärät suhteutettiin heidän liikevaihtoonsa. Tämän avulla saatiin kerroin, että montako kiloa per liikevaihdollinen euro jo valmiit asiakkaat tuottavat. Kun kerroin oli selvitetty, noudettiin Eviran ylläpitämän ruokaviraston sivuilta lista Suomalaisista hyväksytyistä liha-alan laitoksista. Näille liha-alan laitoksille haettiin vuoden 2020 liikevaihtotiedot Finderista, joka ylläpitää suomalaisten yritysten taloustietoja. Kun potentiaalisten uusien asiakkaiden liikevaihdot oli kerrottu aiemmin luodulla kiloa per euro -kertoimella, saatiin arvio potentiaalisesta sivutuotteen määrästä.

Tutkimuksen toinen vaihe keskittyi logistiikkavaihtoehtojen kuljetuskustannusten vertailuun erilaisilla logistiikkamenetelmillä. Alue haluttiin rajata tutkimuksen kohtuullisuuden vuoksi, joten Excelin 3D Maps-sovelluksen avulla luotiin karttakuvat, jotka näyttivät miten sivutuotteen volyymit jakautuvat Suomen kartalla ja löytyykö sieltä sopiva keskittymä, jolle logistiikkamallinnus suoritetaan. Logistiikkamallinnuksen alueeksi valikoitui laajennetusti Varsinais-Suomen alue, sillä alueella oli hyvä keskittymä potentiaalista raaka-ainetta sekä aiempia asiakkaita. Alueelle suoritettiin logistiikkakustannusten laskelmat käyttämällä kolmea erikokoista keräysautoa sekä kahta erilaista varastomallia. Mallien reitit optimoitiin käyttämällä Open Route Service -sovellusta, jonka avulla saatiin reiteille kilometrit sekä kestot. Kuljetuskustannukset laskettiin Excelillä.

5 Tutkimustulokset

5.1 Laskentaperusteet

5.1.1 Volyymin arvioidun määrän laskeminen

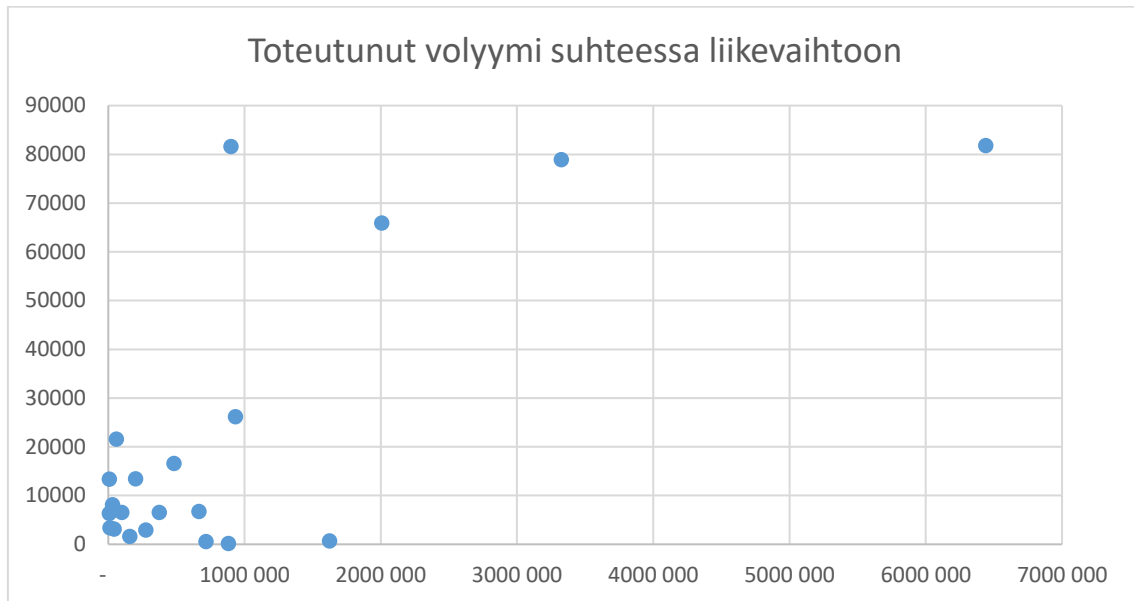
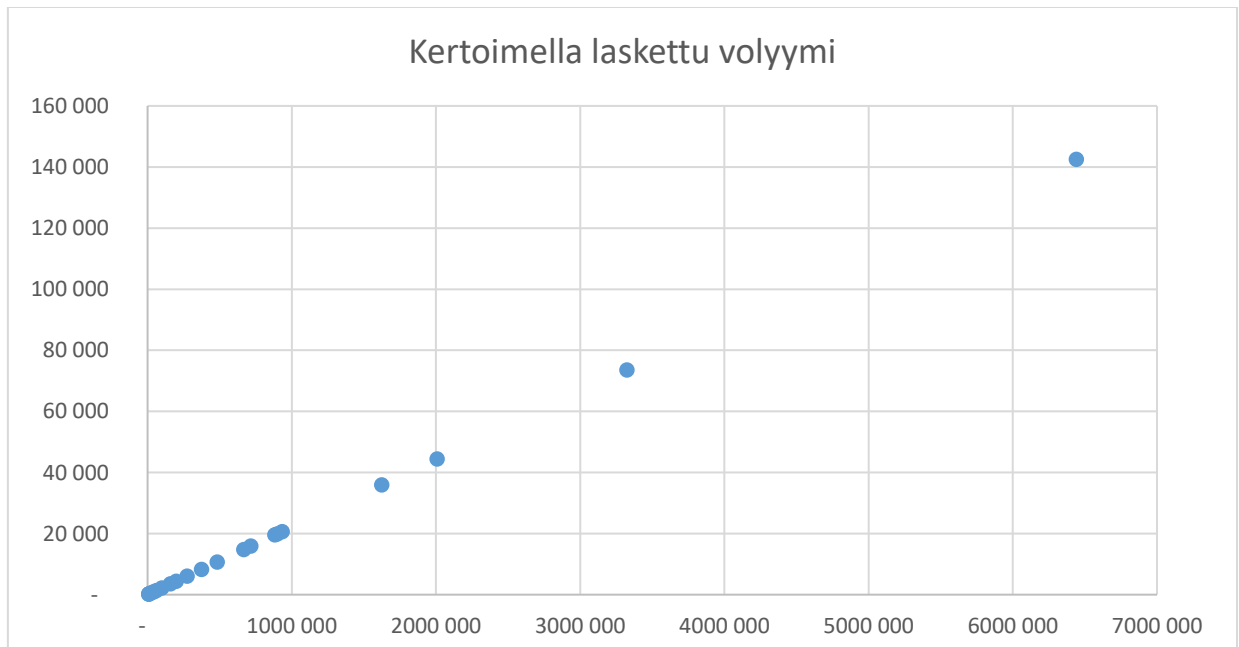
Koska tutkimusta tehdessä ei ole tiedossa volyymeja potentiaalisista ohuiden virtojen lähteistä, pitää Ruokaviraston rekisteröimille paikoille arvioida volyymit. Mahdollisimman toden mukaisen volyymin laskemiseksi arviot päädyttiin laskemaan kertoimella, joka perustuu case-yrityksen aiempiin noutotietoihin. Case-yrityksen luovuttaman datan perusteella saatiin tiedot kilomääristä lokakuulta 2020 ja tammikuun 2021 noudoista. Keskiarvo näiden noutojen kilomääristä suhteutettiin yritysten liikevaihtoon. Yritysten taloustiedot on haettu Finderistä, joka ylläpitää rekisteriä suomalaisten yritysten taloustiedoista. Näiden laskelmien avulla saatiin kerroin, jonka avulla arvioidaan kuinka monta kiloa yritys tuottaa sivutuotetta per euro liikevaihdosta.

Case-yritykseltä saadun datan perusteella noutoja on tehty 21 paikasta lokakuussa 2020 ja tammikuussa 2021. Kaikista paikoista ei ole tehty noutoja molempina kuukausina.

Taulukko 2. Sivutuotteen kerroinlaskelma

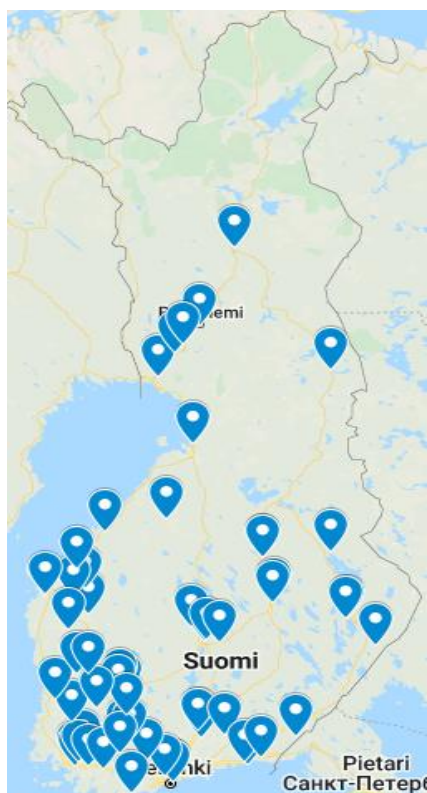
Asiakas	Määrä Loka	Määrä Tammi	Yhteensä	Liikevaihto €	Yhteensä/2	Liikevaihto / kk	kg / e per kk	LV mukainen volyyymi	Ennuste - Toteutunut
Asiakas 1	860	370	1230	101 000 €	615	8 417 €	0,07	186	- 429
Asiakas 2	20 137	8 860	28 997	733 000 €	14 499	61 083 €	0,24	1 351	- 13 147
Asiakas 3	17 845	14 530	32 375	3 300 000 €	16 188	275 000 €	0,06	6 085	- 10 103
Asiakas 4	475	710	1185	5 800 000 €	593	483 333 €	0,00	10 694	10 101
Asiakas 5	65 936	71 939	137 875	10 800 000 €	68 938	900 000 €	0,08	19 913	- 49 025
Asiakas 6	48 277	31 012	79 289	11 200 000 €	39 645	933 333 €	0,04	20 650	- 18 994
Asiakas 7	132 964	90 912	223 876	24 100 000 €	111 938	2 008 333 €	0,06	44 435	- 67 503
Asiakas 8	35 135	33 910	69 045	39 900 000 €	34 523	3 325 000 €	0,01	73 567	39 045
Asiakas 9	7 771	5 285	13056	4 500 000 €	6528	375 000 €	0,02	8 297	1 769
Asiakas 10	4 788	8 700	13488	8 000 000 €	6744	666 667 €	0,01	14 750	8 006
Asiakas 11	2 050	1 250	3300	1 900 000 €	1650	158 333 €	0,01	3 503	1 853
Asiakas 12	8 463	18 440	26903	2 400 000 €	13452	200 000 €	0,07	4 425	- 9 026
Asiakas 13	1 379	-	1379	19 500 000 €	690	1 625 000 €	0,00	35 954	35 264
Asiakas 14	380	-	380	10 600 000 €	190	883 333 €	0,00	19 544	19 354
Asiakas 15	-	1 100	1100	8 600 000 €	550	716 667 €	0,00	15 857	15 307
Asiakas 16	12 410	3 800	16210	377 000 €	8105	31 417 €	0,26	695	- 7 410
Asiakas 17	3 450	2 850	6300	525 000 €	3150	43 750 €	0,07	968	- 2 182
Asiakas 18	7 334	5 406	12740	99 000 €	6370	8 250 €	0,77	183	- 6 187
Asiakas 19	13 060	-	13060	1 200 000 €	6530	100 000 €	0,07	2 213	- 4 317
Asiakas 20	3 680	3 160	6840	164 000 €	3420	13 667 €	0,25	302	- 3 118
Asiakas 21	84 861	78 708	163569	77 300 000 €	81785	6 441 667 €	0,01	142 525	60 741
Yhteensä			852 197	231 099 000	426 099	19258250	0,0221		

Laskelman mukaan volyymikerroin on 0,0221 kg per liikevaihdollinen euro kuukaudessa. Tätä kerrointa käytetään arvioidessa potentiaalisten uusien lähteiden tuottamaa sivutuotevolyyymiä. Alla olevat kuvaajat näyttävät, että volyymin määrä ei kasva lineaarisesti liikevaihdon mukana, mutta antaa kuitenkin keskiarvollisen arvion määrästä, jota voidaan käyttää arvioidun volyymin laskemiseen logistiikkakustannusten mallintamisessa.

Taulukko 3. Toteutunut sivutuotemäärä suhteessa liikevaihtoon**Taulukko 4. Kertoimella laskettu sivutuotemäärä suhteessa liikevaihtoon**

5.1.2 Potentiaaliset uudet lähteet raaka-aineille ja niiden sijainti

Tutkimuksen olennainen osa oli selvittää potentiaaliset uudet lähteet raaka-aineen keräämiselle. Suomen Ruokavirasto (2021) ylläpitää rekisteriä hyväksytyistä suomalaisista liha-alan laitoksista, sillä elintarvikelainsäädäntö edellyttää, että elintarvikehuoneistot, jotka käsittelevät eläinperäisiä elintarvikkeita vaativat hyväksynnän toiminnan aloittamiseksi valvontaviranomaiselta. Ruokaviraston listalta löytyi 329 kappaletta liha-alan laitoksia. Alkuun Ruokaviraston listalta suodatettiin pois sopimattomat laitostyyppit kuten isommat teurastamot, jotka toimivat jo asiakkaina isomman volyymin muodossa, porolaitokset, leipomot, teollisuuskeittiöt ja elintarvikekehitykseen keskittyneet laitokset. Tämän jälkeen jäljelle jääneet laitokset suodatettiin vielä yrityksen toimialan mukaan ja listaan otettiin mukaan yritykset, joiden toimialana on lihatuote, teurastamo, lihakauppa tai lihatukku. Listalle jäi 68 kpl liha-alan laitosta, joiden maantieteellinen sijainti on havaittavissa alla olevassa kuvassa.



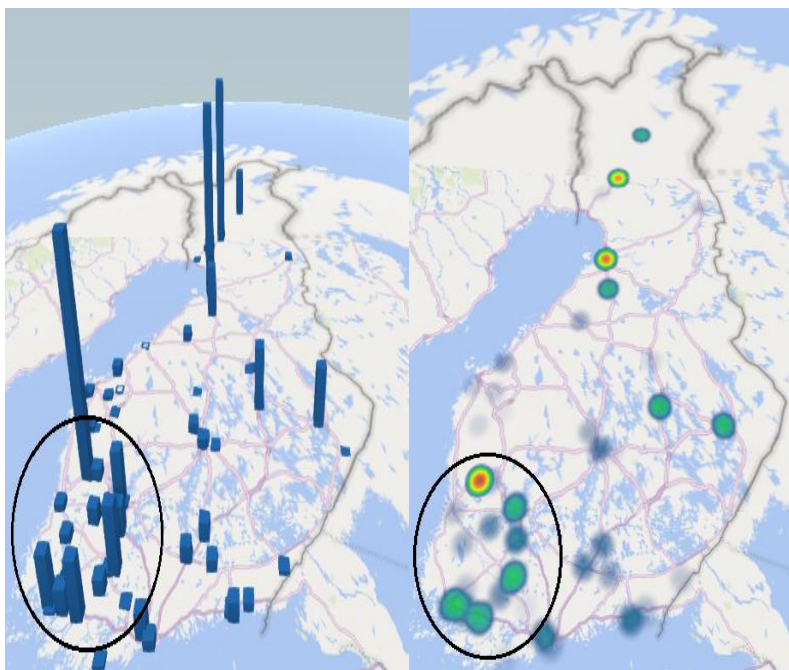
Kuva 3. Liha-alan laitokset Suomen kartalla suodatuksen jälkeen

5.1.3 Potentiaalisten uusien lähteiden arvioitu volyymi ja sijainti

Ruokaviraston listalle jääneille 68:lle yrityksille haettiin liikevaihtotiedot vuodelta 2020, joka kerrottiin aiemmin lasketulla volyymikertoimella ks. Liite 6. Volyymikertoimeen perustuvan laskelman mukaan näiden potentiaalinen materiaalivirta olisi 60 886 kg viikossa.

Taulukko 5. Arvioitu sivutuotepotentiaali suomalaisista liha-alan laitoksista

Potentiaalisten yritysten määrä (kpl)	Arvioitu volyymi (vko)	Arvioitu volyymi (kk)	Arvioitu volyymi (vuosi)
68	60 886 kg	243 543 kg	3 166 056 kg



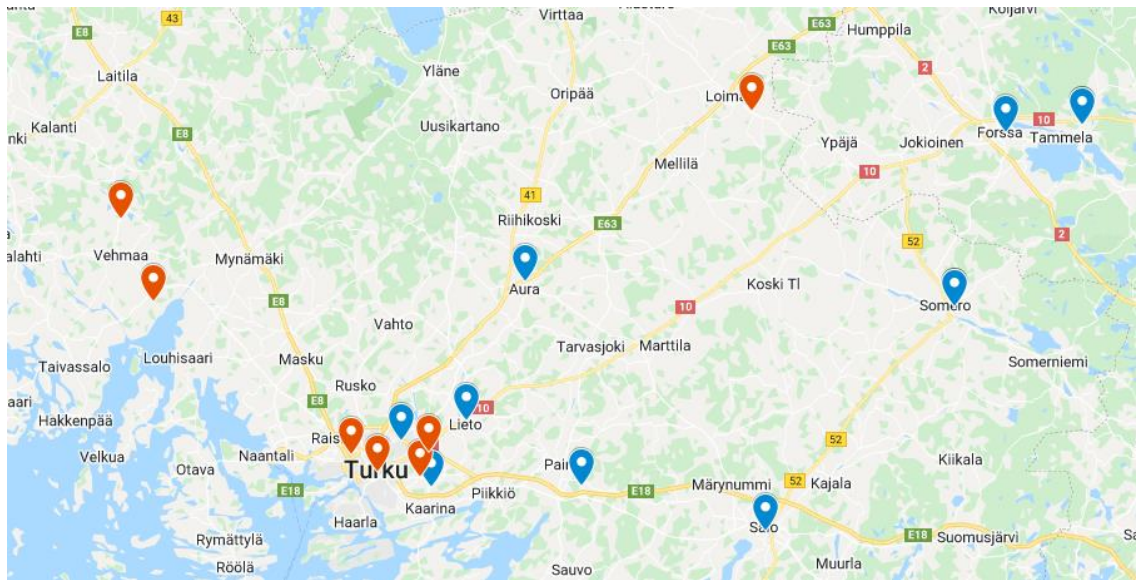
Kuva 4. Arvioidun sivutuotteen jakautuminen Suomen kartalla pylväs- ja lämpökaaviona.

Excelin 3D Mapsin avulla luoduissa karttakuvissa näkyvät Ruokaviraston listalla olevat paikat ja pylväskaavio sekä lämpökartta kuvaamassa niiden volyymia ja sijaintia. Karttakuvien perusteella eniten volyymia sijaitsee Länsi- ja Etelä-Suomen läänissä, muutamaa yksittäistä suurempaa lähdeä lukuun ottamatta. Lisäksi karttakuvasta voidaan päätellä, että on useampia alueita, joissa potentiaalisia sivutuotepaikkoja on lähellä toisiaan. Ympyröidyt alueet osoittavat, että Varsinais-Suomessa ja sen lähialueilla on pienellä

alueella useampi mahdollinen noutopaikka potentiaalisella volyymilla. Tutkimuksen kohtuullisuuden rajaamiseksi logistiikkakustannusten mallinnus suoritetaan laajennetusti ympyröidylle Varsinais-Suomen alueelle.

5.2 Logistiikkamallinnus

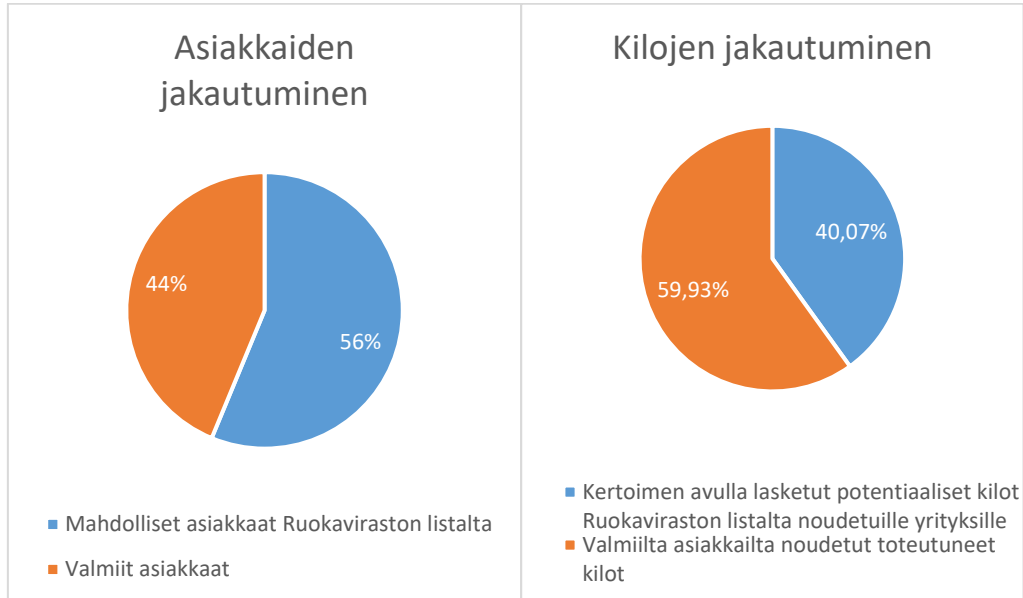
Logistiikkamallinnus toteutetaan Varsinais-Suomen alueella sijaitseville mahdollisille noutopisteille. Mukaan otetaan myös Forssassa ja Tammelassa sijaitsevat noutopisteet, sillä näiden sijainti sijaitsee lähellä Varsinais-Suomen noutopaikkoja. Tutkimusalueella on yhteensä 16 kappaletta noutopaikkoja, joista 7 kpl on jo valmiita asiakkaita ja niiden volyymitiedot perustuvat case-yritykseltä saatuihin noutotietoihin. 11 kpl noutopisteistä on mahdollisia uusia asiakkaita, joiden volyymitiedot perustuvat aiemmin tutkimuksessa selvitettyyn volyymikertoimeen. Alla olevassa karttakuvassa on sijaintitiedot noutopisteistä. Punaisella merkityt paikat ovat valmiita asiakkaita ja sinisellä merkityt ovat Ruokaviraston listalta alueella olevia potentiaalisia asiakkaita.



Kuva 5. Sivutuotteen keräyskohteet

Laskelman mukaan alueella olisi potentiaalisesti 26 142 kg noudettavaa sivutuotetta. Alueella on 8 kpl valmiita asiakkaita case-yritykseltä saaduilta listoilta. 9 kpl alueen yri-

tyksistä on potentiaalisia uusia asiakkaita Ruokaviraston listalta. Alueen potentiaalisesta volyymista 10 474 kg olisi potentiaalista volyymia ja 15 668 kg on toteutunutta volyymia case-yrityksen noutohistorian perusteella.



Kuva 6. Sivutuotteen asiakkaiden ja kilojen jakautuminen nykyisten ja mahdollisten asiakkaiden kesken.

5.2.1 Keräyskalusto ja logistiikan kustannukset

Alueellista noutokeräystä varten logistiikkaan on tarjolla kolme erilaista ajoneuvoa, joilla sivutuotteen keräys voidaan suorittaa. Case-yrityksen mukaan yhtiöllä on käytössä kolme erilaista vaihtoehtoa: täysperävaunu, kuorma-auto ja kevyt kuorma-auto. Logistiikka-analyysin tarkoituksena on laskea rajatun alueen noutojen kustannukset eri ajoneuvoja sekä varastointimenetelmiä käyttämällä. Ajoneuvoissa on eroja kilometrikustannuksissa, kapasiteetissa ja noudon/purun kestossa, jotka näkyvät alla olevassa taulukossa. Taulukossa näkyvät kustannukset ja kestot perustuvat case-yritykseltä saatuihin tietoihin. Laskentamalleissa hyväksytään 20 % muutos kuljetuskapasiteetissa, sillä luvut perustuvat arvioituihin määriin.

Ajoneuvo	Täysperävaunu	Kuorma-auto	Kevyt kuorma-auto
Kilometrikustannus	1,5 €	1,35 €	0,85 €
Palkka / h (muu kuin ajo)	30 €	30 €	30 €
Nouto / purku (kesto) *	30 min	20 min	15 min
Nouto / purku (hintaa)	15 €	10 €	7,5 €
Kuljennallinen kapasiteetti *	36 000 kg	12 000 kg	5500 kg

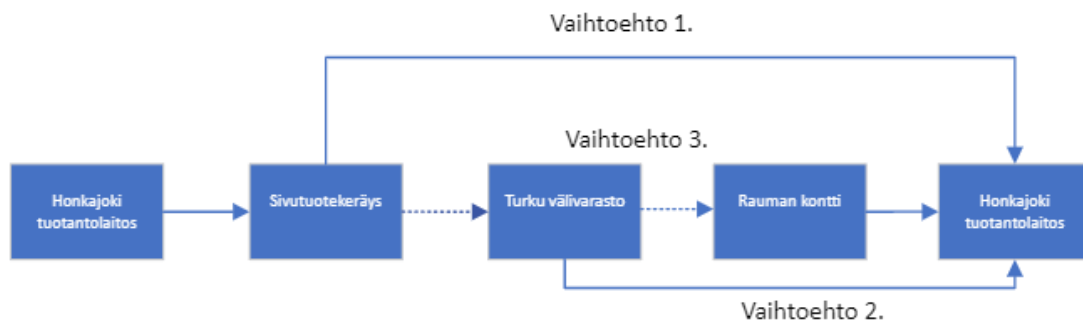
Kuva 7. Laskenta-arvot eri kuljetusmuodoille

Taulukko 6. Laskentaluvut

Keräilykustannukset =	Noutojen kesto (h) x palkka € / h
Kilometrikustannukset =	Kilometrit (km) x automallin kilometrikustannukset € / km
Noutojen kesto =	Noutojen ja purkujen määrä (kpl) x ajoneuvokohtainen noudon kesto (h)
Noudon kokonaiskesto =	Ajon kesto (h) + noutojen / purkujen kesto (h)

5.2.2 Nouto- ja keräyspisteet logistiikka-analyysille

Case-yrityksen tuotantolaitos, joka toimii sivutuotteen loppusijoituspaikkana, sijaitsee Honkajoella Satakunnassa. Jokainen tutkimuksessa käytetty kuljetus päättyy sinne. Tämän lisäksi tutkimuksessa otetaan huomioon mahdollinen väliterminaali, joka sijaitsee Turussa jätekäsittelyalueella Topinojan kaatopaikalla. Tutkimuksessa on myös laskettu logistiikan kustannukset sisällyttämällä reitteihin mukaan Rauman tuotantolaitos, josta on mahdollista lisätä sivutuotteen määrää kuorman jäädessä vajaaksi. Logistiikkamallien Excelillä suoritettut kustannuslaskelmat löytyvät tutkimuksen lopusta liitteistä 1-5.



Kuva 8. Logistiikkamallien prosessikaavio.

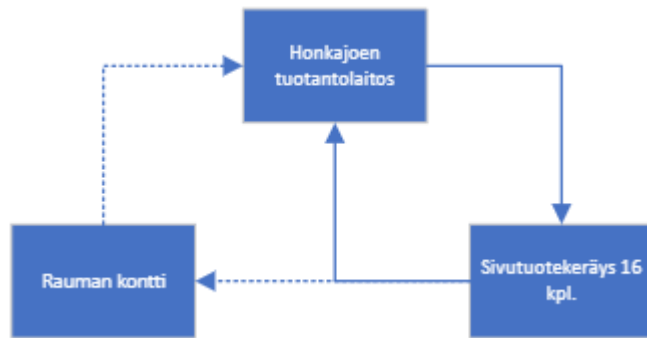
5.2.3 Logistiikkamalli 1

Ensimmäinen logistiikkamalli on laskettu täysperävaunuyhdistelmällä, jonka kuljetuspotentiaali on 36 000 kg sivutuotetta kerralla, joka koostuu kolmesta 12 000 kilon kontista. Mallin tarkoituksena on noutaa alueen kaikki paikat (16 kpl) yhdellä kertaa. Täysperävaunun reitti alkaa sijoituskohteesta Honkajoelta ja päättyy Honkajoelle, eikä mallissa käytetä välivarastointia tai muita keräysautoja.

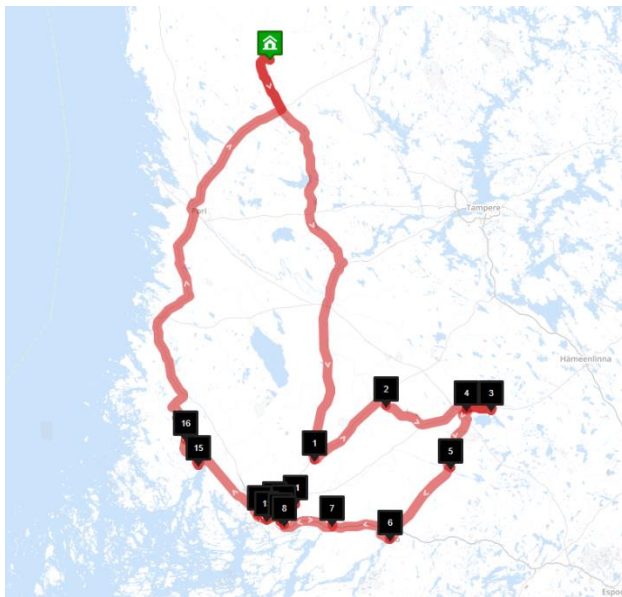
Tämän logistiikkamallin etuna on se, että reitti voidaan optimoida täysin koska alueen potentiaali on vähemmän kuin auton kuljetuksellinen potentiaali, joten ylimääräisiä kilometrejä mallissa ei tule. Malli ei myöskään vaadi välivarastoja, vaan kuljetuspotentiaalin vuoksi noudot voidaan tehdä kerran viikossa suoraan asiakkailta. Viikoittaisessa noutosyklissä kuljetuspotentiaalia jää asiakkailta noutojen jälkeen n. 10 000 kg, joten siihen voidaan tarvittaessa yhdistää isomman tuotantolaitoksen kontti Raumalta, joka auttaa laskemaan kg/e kustannuksia.

Mallin ongelmaksi muodostuu keräykseen kuluva aika. Laskelmien mukaan tämän reitin ajamiseen kerralla menisi n. 19 tuntia ilman lakisääteisiä kuljettajan taukoja, joka koostuu ajon kestosta 10,66 h sekä noutojen ja purkujen kokonaiskestosta 8,5 h. Lisäksi mallissa tulee 36,6 kilometriä taajama-ajoa, mikä nostaa kuljetuskustannuksia täysperävaunu yhdistelmällä. Kuskin vuorokautinen ajoaika saa olla kerralla 9 tuntia, jota voidaan pidentää kahdesti viikossa kymmeneen tuntiin (Työsuojelu, 2022). Tämä tarkoit-

taa, että keräysreittiä ei voida suorittaa kerralla yhdellä kuskilla, vaan se vaatii joko kuskin vaihdon tai reitin ajamisen kahden vuorokauden sisällä sisältäen kuskin lakisääteisen vuorokausilevon, jotka nostavat kustannuksia entisestään. Kuljetuksen hinta on viikossa 1312,69 € ja mallissa 81 % kustannuksista syntyvät ajosta ja 19 % nou-to/purkukustannuksista.



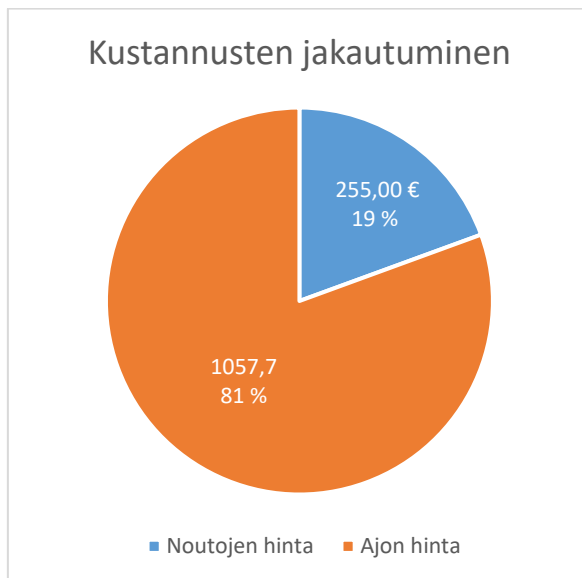
Kuva 9. Logistiikkamalli 1 prosessikaavio.



Kuva 10. Logistiikkamalli 1 keräysreitti.

Taulukko 7. Logistiikkamallin laskelmat.

Noudot	16	kpl
Purut	1	kpl
Kilometrit	641,2	km
Noutojen kesto	8,5	h
Noutojen hinta	255	€
Ajon hinta	1057,7	€
Kilomäärä	26 142	kg
e/kg	0,050	€
Taajama-ajo	36,6	km
Ajon kesto	10,66	h
Kokonaiskesto	19,16	h
Hinta yhteensä	1312,7	€

**Kuva 11. Logistiikkamalli 1 kustannusten jakautuminen.**

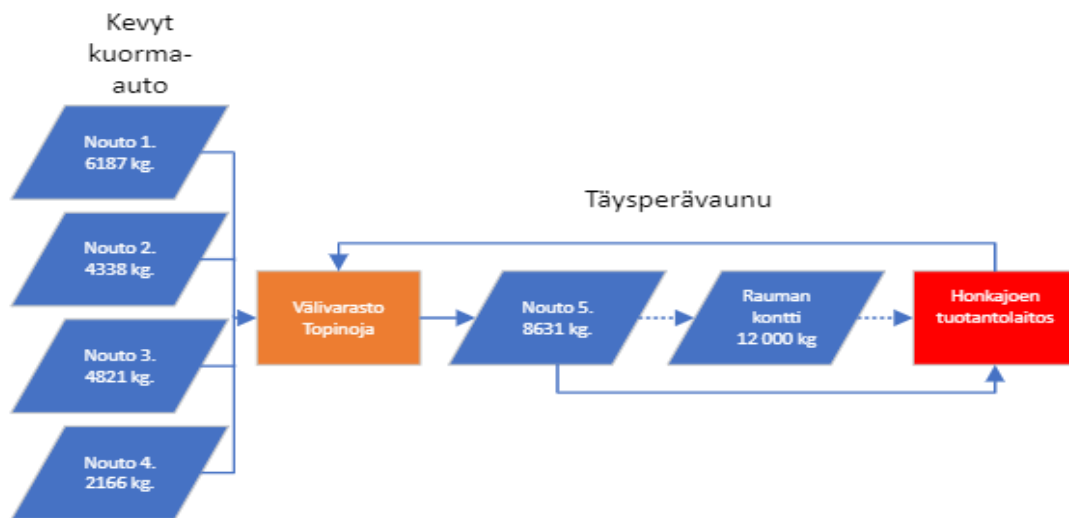
5.2.4 Logistiikkamalli 2

Toisessa logistiikkamallissa laskettiin kuljetuskustannukset käyttämällä pieniä kuorma-autoja keräysautona (kuljetuksellinen potentiaali 5500 kg 20 % muutoksella). Mallin tarkoituksena on, että pienellä kuorma-autolla käydään keräämässä kerran viikossa raaka-aine asiakkailta. Tapahtuma vaatii neljä eri keräysajoa, joissa raaka-aine noudetaan asiakkailta Topinojan välivarastolle. Kun pienempi keräysauto on toimittanut raa-

ka-aineen Topinojan välivarastolle, niin täysperävaunu Honkajoelta lähtee noutamaan raaka-aineen Topinojan välivarastointipaikalta ja ottaa kyytiin samalla pienkuorma-auton kapasiteetille liian ison noudon 5. Noutojen jälkeen kuljetukseen voidaan yhdistää kontti Rauman tuotantolaitokselta, jolloin täysperävaunun kuljetuskapasiteetti 36 000 km saadaan optimoitua.

Mallissa käytetään Topinojan kaatopaikalla sijaitsevaa välivarastoa sekä pienempiä autoja, jotka tuovat kuljetuksiin ketteryyttä, nopeuttamalla ja helpottamalla noutoja lasien kokonaiskustannuksia. Myöskään kuljetuksiin käytettävä aika ei nouse ongelmaksi, sillä ajot voidaan jakaa useamman auton / päivän kesken.

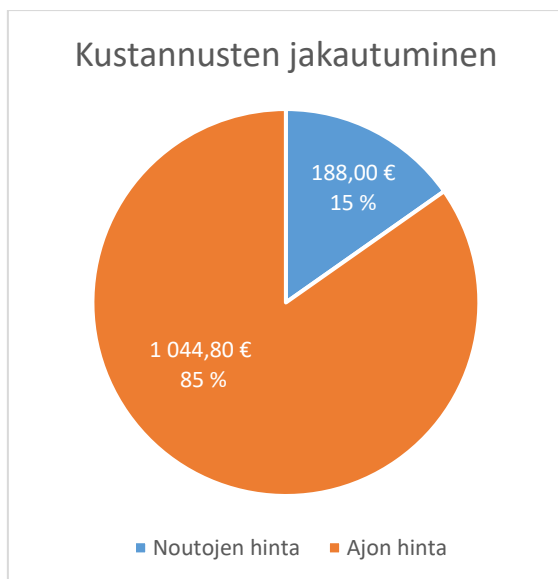
Mallissa kuitenkin kilometrit lisääntyvät täysperävaunuun verrattuna, sillä mallissa ajetaan edestakaisin välivaraston ja asiakkaiden välillä kuljetuspotentiaalin ollessa pienempi. Malli vaikeuttaa myös kilometrien optimointia, sillä rajallisen kuljetuskapasiteetin takia pelkkä reittioptimointi ei riitä, vaan pitää ottaa huomioon noudettavat kilomäärät.



Kuva 12. Logistiikkamalli 2 prosessikaavio.

Taulukko 8. Logistiikkamalli 2 laskelmat.

Noudot	17	kpl
Purut	5	kpl
Siirtoajokilometrit	401,3	km
Keräilykilometrit	521	km
Noutojen/purkujen kesto	6,25	h
Noutojen hinta	188	€
Ajon hinta	1044,8	€
Kilomäärä	26 142	kg
e/kg	0,047	€
Pienkuorma-auto keräykset	4	kpl
Keräilyajon kesto yht.	12,77	h
Siirtoajon kesto	7,3	h
Kokonaiskesto	20,07	h
Hinta yhteensä	1232,8	€

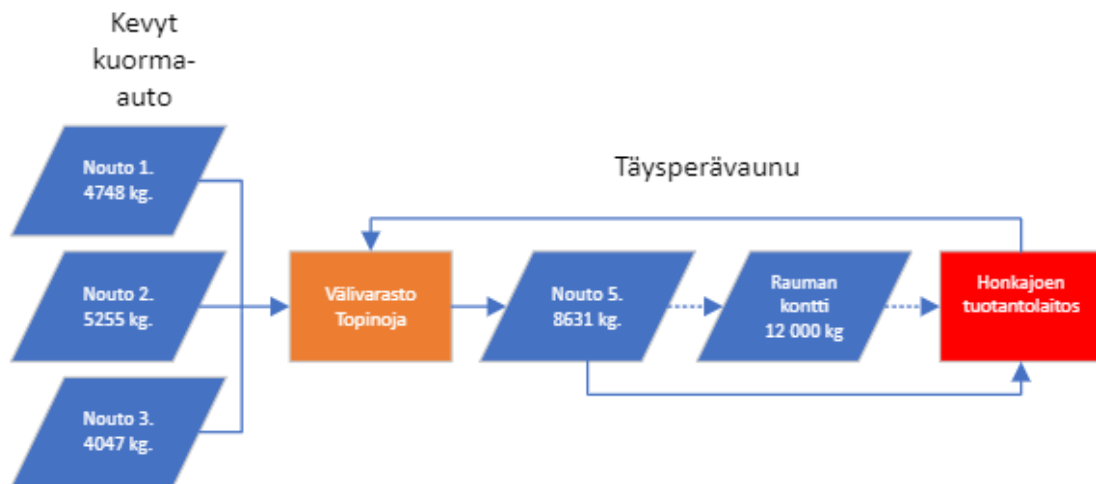
**Kuva 13. Logistiikkamalli 2 kustannusten jakautuminen.**

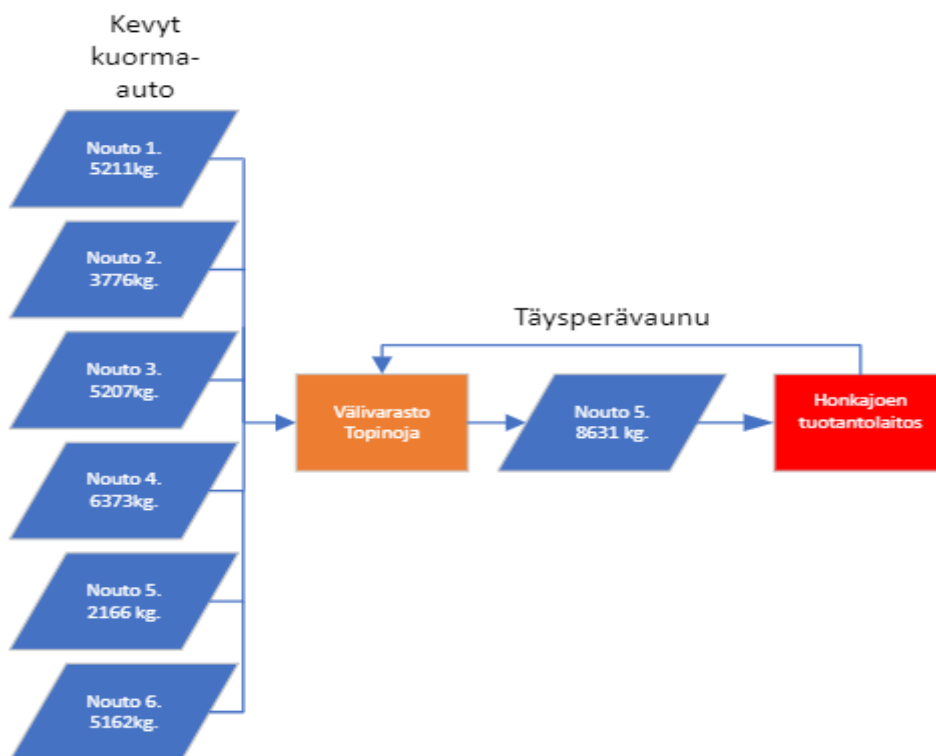
5.2.5 Logistiikkamalli 3

Tässä logistiikkamallissa tarkoituksena on noutaa raaka-aine kerran viikossa asiakkailta, joiden tuottama potentiaali on yli 1000 kg raaka-ainetta viikossa (tässä mallissa 7 kpl, potentiaali 22 681 kg per viikko). Noudot toteutetaan pienkuorma-autoilla Topinojan

kaatopaikan välivarastolle. Alle 1000 kg / viikko paikat noudettaisiin kerran kuukaudessa pienkuorma-autoilla Topinojan kaatopaikan välivarastolle käyttämällä välivarastoja / pakastimia asiakkaiden tiloissa, yhdessä yli 1000 kg / viikko paikkojen kanssa. Kolme kertaa kuukaudessa täysperävaunu noutaa raaka-aineen Topinojalta ja yhdistää sen tarvittaessa Rauman tuotantolaitoksen konttiin. Kerran kuukaudessa täysperävaunu noutaa raaka-aineen Topinojalta, johon on yhdistetty isompien kuormien viikkovolyymi yhdessä pienempien kuormien kuukausivolyymiin. Tämä kerran kuukaudessa suoritettava nouto riittää täyttämään täysperävaunun potentiaalin, sillä arvioitu raaka-aineen volyymi olisi 36 525 kg, joten sitä ei pysty yhdistämään enää Rauman tuotantolaitoksen konttiin.

Tämän mallin avulla saadaan laskettua kuljetusten kustannuksia, sillä käyttämällä pakastimia / välivarastoja asiakkaiden luona saadaan laskettua noutojen määrää ja kilometrejä per kuukausi. Mallin toteutuminen vaatii kuitenkin varastoinnin / pakastimen asiakkaille, jotka lisäävät mahdollisesti kustannuksia. Varastointipotentiaalin tarve on 500-3000 kg riippuen asiakkaan tuottamasta volyymistä. Varastoinnin avulla voidaan kuitenkin saada tasaisempaa materiaalivirtaa.

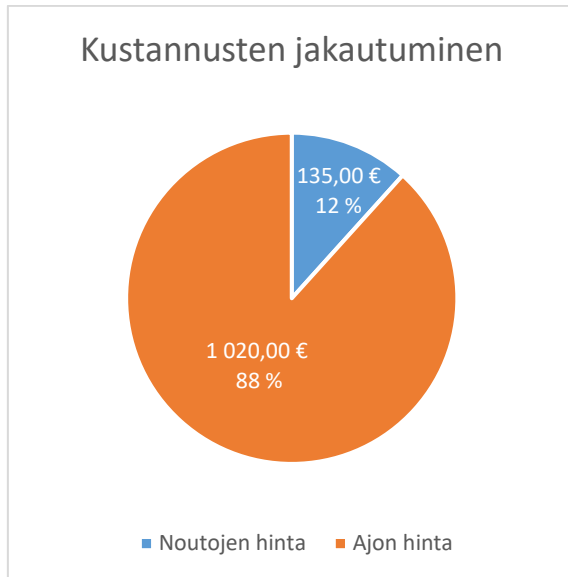




Kuva 14. Logistiikkamalli 3 prosessikaaviot.

Taulukko 9. Logistiikkamalli 3 laskelmat.

Noudot	17	kpl
Purut	5	kpl
Siirtoajokilometrit	401,3	km
Keräilykilometrit	493	km
Noutojen/purkujen kesto	5	h
Noutojen hinta	135	€
Ajon hinta	1020,0	€
Kilomäärä	26 142	kg
e/kg	0,044	€
Pienkuorma-auto keräykset	4	kpl
Keräilyajon kesto yht.	10,37	h
Siirtoajon kesto	7,3	h
Kokonaiskesto	17,67	h
Hinta yhteensä	1155,0	€



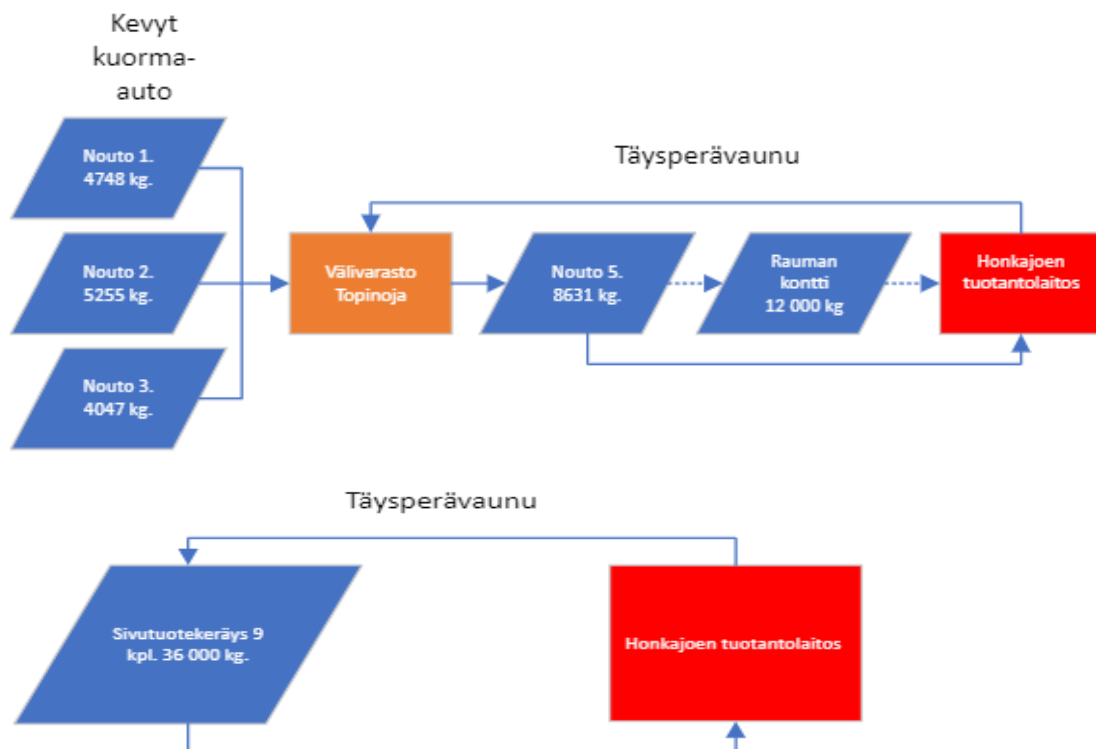
Kuva 15. Logistiikkamalli 3 kustannusten jakautuminen.

5.2.6 Logistiikkamalli 4

Tässä logistiikkamallissa keräys muodostuu kahdesta eri keräyskokonaisuudesta. Yli 1000 kg / viikko raaka-ainetta tuottavat paikat noudetaan kerran viikossa pienkuorma-autoilla Topinojan kaatopaikan välivarastopisteelle, jonka jälkeen täysperävaunu Honka-joelta noutaa raaka-aineen Topinojalta ja ottaa kyytiin pienkuorma-autolle liian ison kuorman. Tämä malli mahdollistaa viikoittain Rauman tuotantolaitoksen kontin (12 000 kg) yhdistämisen täysperävaunun kuormaan, sillä viikoittainen arvioitu materiaalmäärä on vakio 22 681 kg raaka-ainetta, joten kuljetettavaa potentiaalia täysperävaunulle jää $36\,000\text{ kg} - 22\,681\text{ kg} = 13\,319\text{ kg}$. Alle 1000 kg / vko tuottavia paikkoja kerrytettäisiin asiakkaiden luona sijaitsevien välivarastojen / pakastimien avulla niin, että niiden potentiaali täyttäisi täysperävaunun kuljetuksellisen potentiaalin 36 000 kg. Alle 1000 kg / viikko paikkojen yhteenlaskennallinen materiaaliarvio on 3461 kg/vko ja vuosittainen arvio $52\text{ vko} \times 3461\text{ kg} = 179\,972\text{ kg}$ / vuosi. Vuodessa raaka-ainetta kertyy noin viiden täysperävaunullisen verran, joten noudot tapahtuisivat 10,4 viikon eli noin 2,5 kk välein viisi kertaa vuodessa.

Tämä malli mahdollistaa Rauman raaka-ainekontin hyödyntämisen viikoittain vrt. toiseen pakastimia hyödyntävään logistiikkamalli 3:een, joka laskee euroa per kilo hintaa.

Mallissa nousee kuitenkin esille sama ongelma kuin logistiikkamalli 1:ssä, jossa noudetaan raaka-ainetta isoimmalla kalustolla useammasta paikasta. Etäisyys Honkajoen keräyspaikkoihin on pitkä ja isolla kalustolla useamman paikan kerääminen on hidasta, joten alle 1000 kg / vko paikkojen keräämisessä isolla kalustolla tulee vastaan aikarajoite. Reittioptimointisovelluksen mukaan keräilyajon kesto olisi yhteensä 14,2 tuntia, joka ylittää kuskin lainsäädännöllisen työajan. Lisäksi tämä malli vaatii suuremmat varastot / pakastimet asiakkaille (1500-9450 kg), joka lisää kustannuksia.



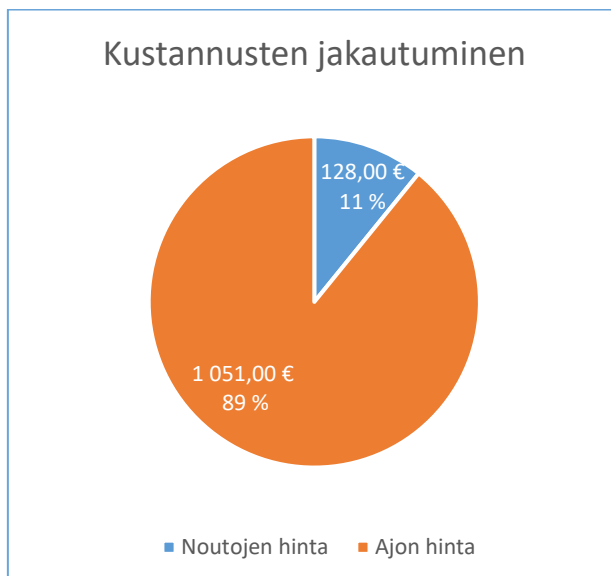
Kuva 16. Logistiikkamalli 4 prosessikaavio.

Taulukko 10. Logistiikkamalli 4 laskelmat.

Yli 1000 kg / viikko paikat		
Noudot	7	kpl
Purut	4	kpl
Siirtoajokilometrit	401,3	km
Keräilykilometrit	426	km
Noutojen/purkujen kesto	3,75	h
Noutojen hinta	113	€
Ajon hinta	963,0	€
Kilomäärä	22 681	kg
e/kg	0,045	€
Pienkuorma-auto keräykset	3	kpl
Keräilyajon kesto yht.	8,5	h
Siirtoajon kesto	7,3	h
Kokonaiskesto	15,8	h
Hinta yhteensä	1076,0	€

Alle 1000 kg / viikko paikat		
Noudot	17	kpl
Kilometrit	560	km
Noutojen/purkujen kesto	5	h
Noutojen hinta	150	€
Ajon hinta	128	€
Kilomäärä	36000,0	kg
e/kg	0,028	kg
Ajon kesto	9,2	h
Kokonaiskesto	14,2	h
Hinta yhteensä	990	€

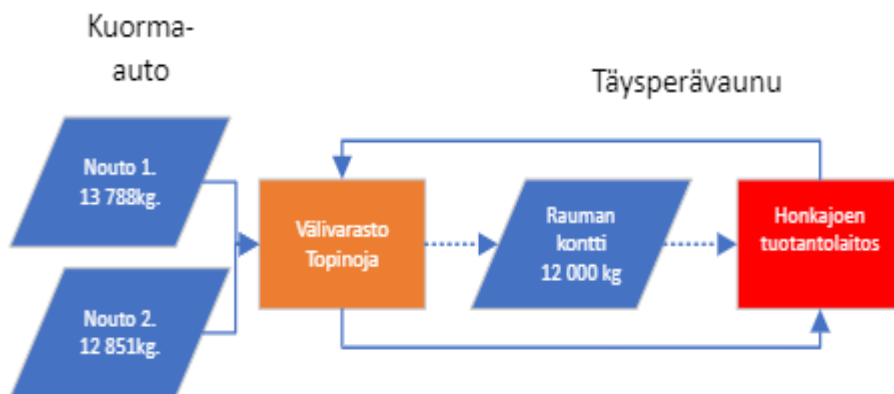
Noutojen hinta	128,00 €
Ajon hinta	1 051,00 €
Yhteensä	1 179,00 €

**Kuva 17. Logistiikkamalli 4 kustannusten jakautuminen.**

5.2.7 Logistiikkamalli 5

Tässä logistiikkamallissa tarkoituksena on noutaa sivutuotteet asiakkailta Topinojan kaatopaikan välivarastolle keskikokoisella kuorma-autolla, jonka kuljetuspotentiaali on 12 000 kg. Kohdeyritys on käyttänyt tätä kuljetuskalustoa aiemmin yksittäisten pienempien sivutuotemäärien noutoon. Koska kuljetuspotentiaalia on enemmän kevyeen kuorma-autoon verrattuna, onnistuu 16 asiakkaan sivutuotteen noutaminen kahdessa erässä. Täysperävaunu noutaa sivutuotteen Topinojan jätekeskukselta Honkajoen tuotantolaitoksella.

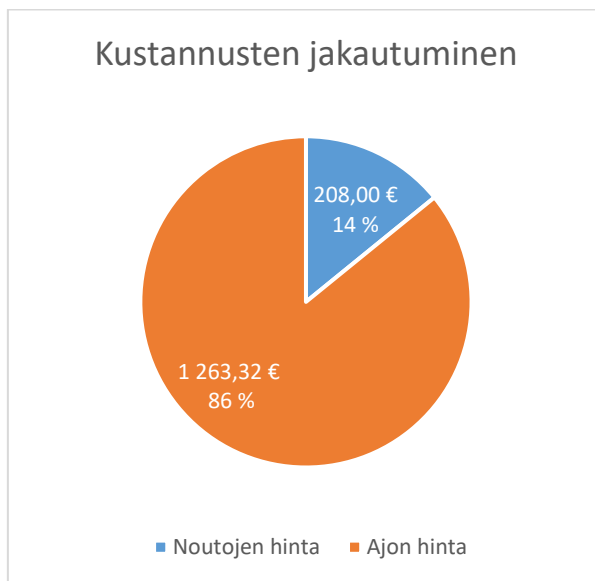
Vaikka keskikokoista kalustoa käyttämällä sivutuotteiden noutokerrat sekä kilometrit pienenevät, on tämän kuljetuskaluston kilometrikustannukset suhteessa kuljetuspotentiaaliin huonoimmat. Mallissa korkeimmat kustannukset tuottaa ajon hinta, joka on jo kustannuksiltaan korkeampi, kuin logistiikkamalli 2:ssa kokonaishinta. Kuljetuskalusto sopii paremmin siis yksittäisiin kuljetuksiin, joissa kuljetettava kilomäärä on optimoitu ajoneuvon kuljetuskapasiteettiin.



Kuva 18. Logistiikkamalli 5 prosessikaavio.

Taulukko 11. Logistiikkamalli 5 laskelmat.

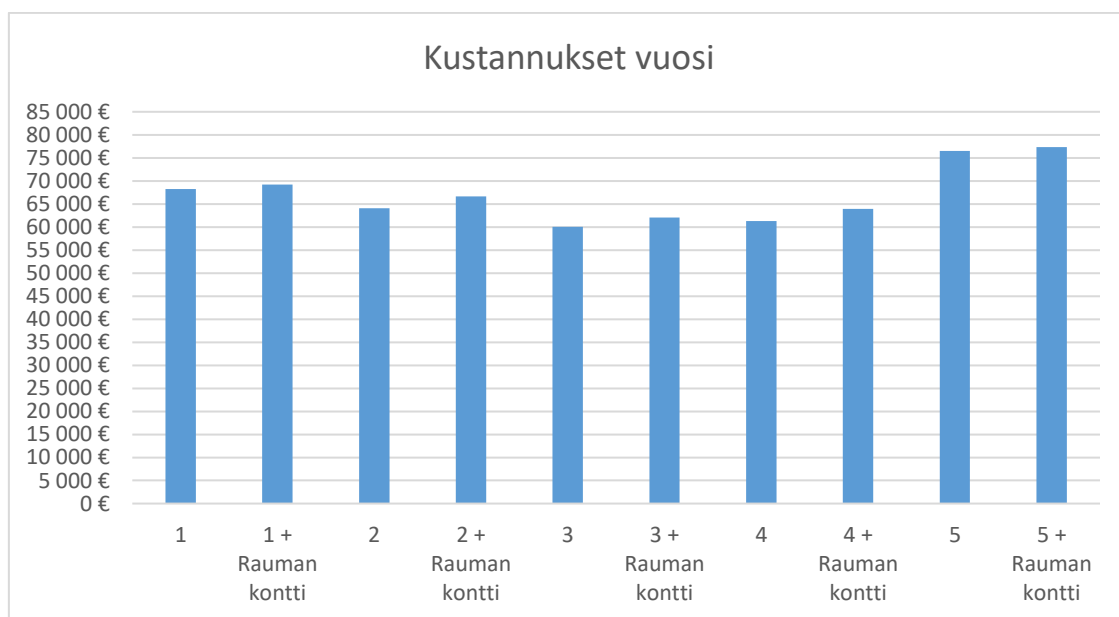
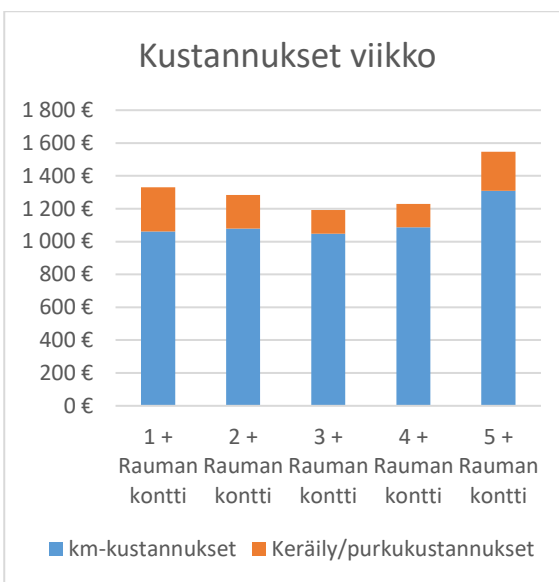
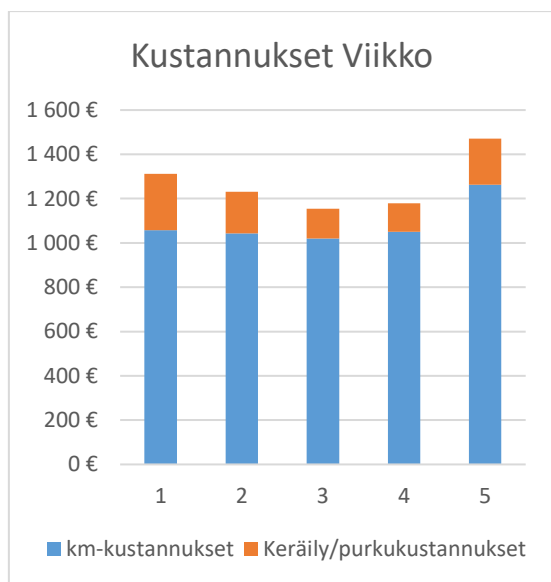
Noudot	16	kpl
Purut	3	kpl
Siirtoajokilometrit	401,3	km
Keräilykilometrit	497,9	km
Noutojen/purkujen kesto	6,94	h
Noutojen hinta	208	€
Ajon hinta	1263,3	€
Kilomäärä	26 142	kg
e/kg	0,056	€
Kuorma-auto keräykset	2	kpl
Keräilyajon kesto yht.	13,34	h
Siirtoajon kesto	6,66	h
Kokonaiskesto	20	h
Hinta yhteensä	1471,3	€

**Kuva 19. Logistiikkamalli 5 kustannusten jakautuminen.**

5.3 Kustannusten vertailu

Taulukko 12. Logistiikkamallien kustannusten vertailutaulukko.

Logistiikkamalli	km-kustannukset	Keräily/purkukustannukset	e/kg	Kilometrit yht.	hinta/nouto	Kustannukset vko	Kustannukset kk	Kustannukset vuosi	Erotus vuodessa	%-erotus
1	1 057 €	255 €	0,050 €	641	82,0 €	1 312 €	5 248 €	68 224 €	-8 320 €	10,9 %
1 + Rauman kontti	1 061 €	270 €	0,035 €	644	78,3 €	1 331 €	5 324 €	69 212 €	-8 112 €	10,5 %
2	1 044 €	188 €	0,047 €	922	77,1 €	1 233 €	4 931 €	64 106 €	-12 438 €	16,3 %
2 + Rauman kontti	1 080 €	203 €	0,034 €	946	75,4 €	1 282 €	5 128 €	66 664 €	-10 660 €	13,8 %
3	1 020 €	135 €	0,044 €	874	72,2 €	1 155 €	4 620 €	60 060 €	-16 484 €	21,5 %
3 + Rauman kontti	1 047 €	146 €	0,033 €	898	70,2 €	1 193 €	4 772 €	62 036 €	-15 288 €	19,8 %
4	1 051 €	128 €	0,045 €	1059	73,7 €	1 179 €	4 716 €	61 308 €	-15 236 €	19,9 %
4 + Rauman kontti	1 087 €	143 €	0,032 €	1084	72,4 €	1 230 €	4 920 €	63 960 €	-13 364 €	17,3 %
5	1 263 €	208 €	0,054 €	899	92,0 €	1 472 €	5 888 €	76 544 €		
5 + Rauman kontti	1 309 €	238 €	0,038 €	923	92,9 €	1 487 €	5 948 €	77 324 €		



Vertailemalla logistiikkamalleja, joita ei ole yhdistetty Rauman konttiin on logistiikkamalli 3 kustannuksiltaan halvin vaihtoehto niin kokonaiskustannuksiltaan kuin, €/kg suhteeltaan. Logistiikkamalli 5, jota käytetään case-yrityksessä tällä hetkellä yksittäisten pienempien sivutuotevirtojen keräämiseen, on kallein vaihtoehto ja laskelmien mukaan vuosittainen hintaero olisi 16 484 € logistiikkamalli 3:een verrattuna ja kustannukset laskisivat tähän malliin verrattuna 21,5 %. Toiseksi halvin vaihtoehto on logistiikkamalli 4 ja kolmanneksi logistiikkamalli 2. Kolmea halvinta mallia yhdistää pienempien kuorma-autojen käyttäminen keräysautona sekä kuljetusten yhdistäminen ja kahdessa halvimmassa mallissa keräystiheyden harventaminen pienemmiltä asiakkailta käyttämällä pakastimia / varastoja asiakkaiden tiloissa.

Rauman kontin yhdistäminen laskee €/kg hintaa kuljetuksissa, sillä tutkimuksessa käytetyssä sivutuotearviossa täysperävaunun kuljetuksellinen potentiaali ei jokaisessa mallissa täyty, joten kapasiteetin täydentäminen on kannattavaa. €/kg suhteen perusteella halvin vaihtoehto on logistiikkamalli 4. Vaikka logistiikkamalli 4 ei ole kustannuksiltaan halvin, sen parempaa €/kg suhdetta toiseksi halvimpaan logistiikkamalli 3:een selittää se, että logistiikkamalli 4 pystyy hyödyntämään Rauman kontin yhdistämisen kuljetukseen viikoittain, kun logistiikkamalli 3:ssä Rauman kontti jää hyödyntämättä kerran kuukaudessa.

Kustannuksia vertailemalla voidaan huomata, että logistiikkamalli 5:ssä kilometrikustannukset ovat huomattavasti korkeammat verrattuna muihin malleihin. Logistiikkamalleissa 1-4 ei kilometrikustannuksissa ole niin huomattavia eroja, mikä johtuu malleissa 1 pienemmistä kilometrimääristä ja malleissa 2-4 pienempien keräysautojen käyttämisestä. Pienempiä kuorma-autojen käyttäminen keräysautoina kasvattavat kilometrejä, mutta niiden kilometrikustannukset ovat pienempiä verrattuna suurempiin keräysautoihin. Suurimman eron kustannuksiin tekee kuitenkin keräily/purkukustannukset, jotka ovat pienimpiä malleissa 2-4. Pienemmät keräys/purkukustannukset johtuvat pienempien kuorma-autojen käyttämisestä, jolloin noutaminen ja purkaminen on nopeampaa.

Myös keräystiheyden harventaminen malleissa 3 & 4 johtaa keräily/purkukustannusten laskuun, sillä jokaisella keräyspisteellä ei tarvitse käydä viikoittain.

6 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia Suomalaisten liha-alan laitosten tuottamien ohuiden virtojen sivutuotevolyyymia ja niiden sijaintia sekä analysoida erilaisia logistisia malleja niiden keräämiseksi kustannusten ja toteuttamiskelpoisuuden perusteella. Tutkimuksen ensimmäisen osion tuloksia tarkastellessa voidaan havaita, että potentiaalia sivutuotteen volyyymien lisäämiselle olisi. Tutkimuksen ensimmäisen osion oli tarkoitus vastata tutkimuskysymykseen: ”Mikä on pienten virtojen volyyymi ja sijainti?”. Sivutuotteen volyyymia kuvaavien karttakuvien perusteella voidaan todeta, että eniten sivutuotepotentiaalia esiintyy Länsi- ja Etelä-Suomen läänissä, lisäksi on olemassa keskittymiä, joissa sivutuotetta tuottavia yrityksiä esiintyy lähellä toisiaan. Näihin keskittymiin voitaisiin tarvittaessa soveltaa tässä tutkimuksessa toteutettua kuljetusten yhdistämistä. Tutkimuksessa laaditun sivutuotteen potentiaalikertoimen mukaan Suomessa ohuista sivutuotevirroista syntyisi jopa yli kolme miljoonaa kiloa raaka-ainetta tutkimuksessa listatuissa liha-alan laitoksissa. Sijainteihin liittyen tutkimuksessa luotiin karttakuvat, jotka esittävät sijainnit sivuvirtoja tuottavista yrityksistä, sekä liitteistä löytyy myös tarkat yritysten osoitetiedot.

Tutkimuksen toisessa osiossa vertailtiin erilaisia logistisia malleja sivutuotteiden keräämiseen. Osion tarkoituksena oli löytää vastaus tutkimuksen pääkysymykseen: ”Millainen logistinen malli olisi kannattava sivutuotevirtojen keräämiseen Varsinais-Suomen alueella?”. Tuloksia vertaillen havaittiin, että täysperävaunun käyttäminen sivutuotteiden keräämiseen mallissa olevalla alueella ei ole kustannustehokasta, eikä sitä voida suorittaa yhden ajovuoron aikana. Yrityksellä nykyisin käytössä oleva malli, jossa ohuet virrat noudetaan käyttämällä keskikokoista kuorma-autoa, osoittautui kalleimmaksi vaihtoehdoksi, sillä sen kilometrikustannukset nousevat huomattavasti, kun sivutuotetta noudetaan useammasta paikasta. Kustannuksiltaan halvimmaksi vaihtoehdoksi sivutuotteiden keräämiseen nousi vaihtoehdot, joissa käytettiin pieniä kuorma-autoja keräykseen ja ne yhdistettiin isommaksi kuormaksi Turussa Topinojan välivarastointipaikalla, joka noudettaisiin Honkajoelle täysperävaunua käyttämällä. Vastauksena tutkimuskysymykseen tulosten perusteella ehdottaisiin, että sivutuotevirrat kerättäisiin pie-

nillä kuorma-autoilla Topinojalle, josta ne noudettaisiin Honkajoen tuotantolaitokselle täysperävaunulla. Tähän malliin voitaisiin yhdistää hybridimallin mukaisesti myös pakastimet / välivarastot asiakkaille, jotka tuottavat vain vähän sivutuotetta ja joiden reitit poikkeavat kannattavampien reittien osalta. Näin niiden keräystiheyttä voitaisiin laskea ja pakastimien avulla kerätä tasaisempaa materiaalivirtaa, jolloin niiden noutaminen olisi kannattavampaa. Lisäksi täysperävaunun noutaessa yhdistettyjen kuljetusten materiaalivirrat, tulisi sen kapasiteetin salliessa täydentää kuorma Rauman tuotantolaitoksella, jolloin kuljetukselle saadaan parempi €/kg suhde.

6.1 Pohdinta

Tutkimuksessa päästiin haluttuihin tavoitteisiin ja löydettiin vastaukset tutkimuskysymyksiin riittävän hyvällä tasolla. Tutkimuksen tarkoituksena ei ollut löytää optimiratkaisua vaan saavuttaa mahdollisimman hyvä lopputulos tutkijan käytettävissä olevat työkalut ja menetelmät huomioiden, sekä tuottaa tietoa case-yritykselle päätöksenteon tueksi. Tutkimus perustui luotuihin hypoteettisiin malleihin, joiden materiaalivirrat oli laskettu kertoimella perustuen yrityksen aiempiin noutotietoihin sivutuotemääristä ja suhteutettu liikevaihtotietoihin. Mikäli tarkkoja tietoja potentiaalisista sivutuotevirroista haluttaisiin selvittää, tämä voitaisiin tehdä erillisenä kyselytutkimuksena. Lisäksi tutkimuksessa käytettävissä logistisissa malleissa materiaalivirrat olivat tasaisia, kun taas teorian mukaan niille on olennaista huono ennustettavuus ja pienet erät. Tutkimuksen avulla saatiin tuotettua kuitenkin tärkeää tietoa pienten sivutuotevirtojen keräämisestä, joka osoittaa sen, että pienten virtojen keräily voisi olla kannattavampaa hyödyntämällä pieniä keräysautoja ja välivarastoja niin kustannusten, kuin aikarajoitteiden vuoksi. Täysperävaunun käyttäminen keräilyautona ilman välivarastointia sekä useampi keräyskäynti johtaa pitkiin ajoaikoihin, joita ei ole mahdollista suorittaa yhden kuskin vuoron aikana. Logistiikkamallin kannattavuus voi kuitenkin vaihdella todellisessa tapauksessa ja olennaisesti volyymien määrillä on vaikutusta eri mallien keräysten kannattavuuteen. Tutkimuksen tulokset ovat laskettu mallissa käytetylle laajennetulle Varsinais-Suomen alueelle, joten tuloksia ei voida yleistää koko Suomen mittakaavaan. On kuitenkin mahdollista, että keräysten yhdistämisestä voisi olla hyötyä myös muilla tutkimuksessa ha-

vaituissa sivutuotekeskittymissä. Tutkimuksessa ei myöskään otettu huomioon varastoinnista / pakastimista mahdollisesti tulevia investointikustannuksia, joilla on vaikutusta mallien kannattavuuteen.

Tutkimuksen validiteettia miettiessä tulee ottaa huomioon, että volyymit perustuvat arvioon eikä tietoa ole kerätty potentiaalisilta asiakasyrityksiltä. Logistiikkamallien kustannukset perustuvat reitinoptimointiohjelman antamiin tietoihin reittien pituuksista ja kustannukset case-yrityksen asiantuntijan antamiin arvioihin kustannuksista, joten tosielämän ratkaisuihin voi nousta esiin uusia rajoitteita, joita tutkimuksessa ei ole otettu huomioon. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että mikäli tutkimuksessa käytettävät kustannukset muuttuvat, voi sillä olla vaikutusta tutkimuksen tuloksiin.

Tutkimusta tehdessä mielestäni alan jatkotutkimuksille olisi tarvetta. Ensinnäkin tärkeää olisi selvittää, kuinka paljon sivutuotetta olisi oikeasti saatavilla ja saada tieto siitä, paljonko niiden keräämisestä oltaisiin valmiita maksamaan. Kun tarkat volyymit ja hinnat olisi tiedossa, voitaisiin lähteä miettimään potentiaalista toimintamallia niiden keräämiseen. Vaikka sivutuotteet toimivat raaka-aineena, on tärkeää, että niiden keräämisestä saatava hyöty ylittää keräämisestä kertyvät kustannukset. Toisena asiana nostaisin esiin teoriaosuudessa esiteltyt mallit, jossa jätekonttien täyttymisasteita seurataan langattoman tekniikan avulla ja kuljetukset optimoidaan perustuen reaaliaikaiseen dataan. Olisi mielenkiintoista tietää, voisiko tällaista teknologiaa hyödyntää myös sivutuotteen keräämiseen ja saataisiinko sillä aikaan kannattavia toimintamalleja sivutuotteen keräämiseksi. Kolmantena jatkotutkimuksena nostaisin esiin mahdollisuuden siitä, että luotaisiin ns. yhteisiä sivutuotekeräysastioita alueelle, joissa on pieniä sivutuotevirtoja, mutta niiden noutaminen ei ole kannattavaa ja asiakkaat kuljettaisivat sivutuotteen itse konttiin, josta yritys noutaa ne, kun kannattava kuljetuskapasiteetti kontissa on ylitetty.

Lähteet

Aminoff, A., & Kettunen, O. (2016, April). Sustainable supply chain management in a circular economy—towards supply circles. In *International Conference on Sustainable Design and Manufacturing* (pp. 61-72). Springer, Cham

Antikainen, M., & Valkokari, K. (2016). A framework for sustainable circular business model innovation. *Technology Innovation Management Review*, 6(7).

Berg, J. (2016). ETL: n jäte- ja sivuvirtaselvitys 2016. *Elintarviketeollisuusliitto ETL*.

Bing, X., Bloemhof, J. M., Ramos, T. R. P., Barbosa-Povoa, A. P., Wong, C. Y., & van der Vorst, J. G. (2016). Research challenges in municipal solid waste logistics management. *Waste management*, 48, 584-592.

Demirel, N. Ö., & Gökçen, H. (2008). A mixed integer programming model for remanufacturing in reverse logistics environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(11), 1197-1206.

Ellen MacArthur foundation (2013). Towards the Circular Economy - Economic and business rationale for an accelerated transition. [Verkkodokumentti] Saatavilla: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Euroopan Komissio. (2019). [Verkkodokumentti]. Saatavilla osoitteesta: https://ec.europa.eu/info/publications/report-implementation-circular-economy-action-plan-1_fi

Euroopan parlamentti. (2015). [Verkkodokumentti] saatavilla: <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/economy/20151201STO05603/mit-a-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of cleaner production*, 143, 757-768.

Hannan, M. A., Akhtar, M., Begum, R. A., Basri, H., Hussain, A., & Scavino, E. (2018). Capacitated vehicle-routing problem model for scheduled solid waste collection and route optimization using PSO algorithm. *Waste management*, 71, 31-41.

Helo, P., V. Tuomi, J. Kantola & A. Sivula (2019). Quick guide for Industrial Management thesis works. Vaasan yliopiston raportteja 14:1-39

Hokkanen, S., Karhunen, J., & Luukkainen, M. (2014). 7. uudistettu painos. *Johdatus logistiseen ajatteluun. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.*

Honkajoki Oy (2022). Yritys. Saatavilla osoitteesta: <https://honkajokioy.fi/yritys/>

Johansson, O. M. (2006). The effect of dynamic scheduling and routing in a solid waste management system. *Waste management*, 26(8), 875-888

Jorge, D., Antunes, A. P., Ramos, T. R. P., & Barbosa-Póvoa, A. P. (2022). A hybrid metaheuristic for smart waste collection problems with workload concerns. *Computers & Operations Research*, 137, 105518

Julianelli, V., Caiado, R. G. G., Scavarda, L. F., & Cruz, S. P. D. M. F. (2020). Interplay between reverse logistics and circular economy: critical success factors-based taxonomy and framework. *Resources, Conservation and Recycling*, 158, 104784.

Karrus, K. E. (2001). Logistiikka. 3. uud. painos. Helsinki: WSOY. 419 s. ISBN 951-0-25497-5.

Karvonen, I., Jansson, K., Vatanen, S., Tonteri, H., Uoti, M., & Wessman-Jääskeläinen, H. (2015). Uudelleenvalmistus osana kiertotaloutta. *VTT Technology*, 207.

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, 127, 221-232

Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*, 143, 37-46

Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of cleaner production*, 175, 544-552

Lahti, T., Wincent, J., & Parida, V. (2018). A definition and theoretical review of the circular economy, value creation, and sustainable business models: where are we now and where should research move in the future?. *Sustainability*, 10(8), 2799.

Lehto, M., Erkamo, E., Kuisma, R., Mäki, M., Haikonen, T., Jallinoja, M., & Kymäläinen, H. R. (2021). Elintarviketuotannon sivujakeiden hyödyntäminen: Liha-, kala- ja kasvistuotannon sivujakeet. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus, nro 68/2021, Luonnonvarakeskus (Luke). Saatavilla osoitteesta: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-281-0>

Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of cleaner production*, 115, 36-51.

Logistiikan maailma. 2020a. Logistiikka. Saatavissa osoitteesta: Logistiikka: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/>

Mentink, B. A. S. (2014). Circular business model innovation: a process framework and a tool for business model innovation in a circular economy. Saatavilla osoitteesta: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:c2554c91-8aaf-4fdd-91b7-4ca08e8ea621>

Nylén, E. J. A., & Salminen, J. M. (2019). How does the circular economy discourse affect policy-making? The case of streamlining waste utilisation in Finnish earthworks. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 532-540.

Neste Oyj (2022). Jätteet ja tähteet raaka-aineena. Saatavilla osoitteesta: <https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/tuotteet/raaka-aineet/jatteet-ja-tahteet>

Radu, V.-M., Chiriac, M., Deak, G., Pipirigeanu, M., & Izhar, T.N.T. (2020). Strategic Actions for Packaging Waste Management and Reduction. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/616/1/012019>

Sarja, M., Onkila, T., & Mäkelä, M. (2021). A systematic literature review of the transition to the circular economy in business organizations: Obstacles, catalysts and ambivalences. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125492.

Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental development*, 17, 48-56.

Sitra (2016). Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. [Verkkodokumentti]. Saatavilla osoitteesta: <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia117-3.pdf>

Sitra (2018). Kestävää kasvua kiertotalouden liiketoimintamalleista. [Verkkodokumentti]. Päivitetty versio saatavilla osoitteesta:

<https://www.sitra.fi/app/uploads/2022/02/kestavaa-kasvua-kiertotalouden-liiketoimintamalleista-2-1.pdf>

Sitra (2019). Eläinperäiset jätteet hyötykäyttöön. Saatavilla osoitteesta: <https://www.sitra.fi/caset/elainperaiset-jatteet-hyotykayttoon/>

Suomen Ruokavirasto. Hyväksytyt elintarvikehuoneistot. Saatavilla osoitteesta: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikeyrityksen-perustaminen/elintarvikehuoneistot/hyvaksytyt-elintarvikehuoneistot/>

Toth, P., & Vigo, D. (Eds.). (2002). *The vehicle routing problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

Työsuojelu. Ajo- ja lepoaikasäädökset. Saatavilla osoitteesta: <https://www.tyosuojelu.fi/tyosuhde/ajo-ja-lepoajat/saadokset>

Valtioneuvosto. (2019). [Verkkodokumentti]. Saatavilla osoitteesta: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79586>

Vilkka, H. (2007). Tutki ja mittaa – Määrällisen tutkimuksen perusteet. Tammi, Helsinki.

World Economic Forum. (2014). *Towards the Circular Economy: Accelerating the scaleup across global supply chains. Prepared in collaboration with the Ellen MacArthur 111 Foundation and McKinsey & Company. [Raportti]*. http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf

Zmazek, B., Taranenko, A., & Smid, M. (2005, June). Capacitated VRP with time windows and multiple trips within working day. In *27th International Conference on Information Technology Interfaces, 2005*. (pp. 104-109). IEEE.

Liitteet

Liite 1. Logistiikkamalli 1 laskelmat

Asiakas	Osoite	Kunta	Postinumero	Viikkovolyymi	Kuukausivolyymi				
Turun kaupunki kiinteistönhuolto	Eerikinkatu 16	Turku	20100	301	1 205				
Turun Mestaripalvi Oy	Radiomiehentienkatu 4	Turku	20320	1 522	6 090				
Viktor Elo Oy	Autokatu 12	Turku	20380	2 166	8 664				
Benoa oy	Littoistentie 81	Turku	20610	148	593				
Suomen LaatuLiha Oy	Kaarinantie 270	Kaarina	20660	125	500				
Auran Palvituote Oy	Huuskantie 7	Aura	21380	291	1 164				
Dynameat Oy	Kärpijoentie 1	Lieto	21420	645	2 580				
Landeli Group Oy	Länsi-Avantintie 8	Lieto	21420	8 631	34 523				
Paimion Palaliha Oy	Lenkkitie 8	Paimio	21530	1 060	4 240				
Metsästysseura Eräveikot Ry	Kalannintie 520	Vinkkilä	23200	231	925				
Vallan Maukas Oy	Vallilantie 98	Vehmaa	23200	788	3 150				
Perniön Liha Oy	Valimonkatu 4	Salo	24100	2 443	9 772				
Hakalan Lihavalmisteet Oy	Saksankatu 4-6	Forssa	30100	241	964				
Maatilan Lihakauppa Makuliha Oy	Kärsäkuja 6	Tammela	31300	2 812	11 248				
Someron Palvimyynti Oy	Lummetie 2 A	Somero	31400	691	2 764				
Aristo Group	Hämeentie 168	Loimaa	32200	4 047	16 188				
Noudot						Hinnasto			
Nouto 1						Laskelmat			
Noudot	16	kpl				Kuljetukset yht.	1 312,69 €	Täysperävaunu	1,5 e/km
Purut	1	kpl				e/kg	0,050 €	Kuorma-auto	1,35 e/km
Kilometrit	604,6	km				Kesto yht (h)	19,16	Kuorma-auto pieni	0,85 e/km
Noutojen kesto	8,5	h				Keräilykustannukset	255,00 €	Palkka	30 e/h
Noutojen hinta	255	€				Ajokustannukset	1057,692	Noutokesto TPV	0,5 h
Ajon hinta	982,296	€				Keräilykilometrit	641,2	Noutokesto K-A	0,33 h
Noudon hinta yhteensä	1 313	€				Taajama-alueen kustannus	75,40 €	Noutokesto PA	0,25 h
Kilomäärä	26 142	kg						Taajama-alue TPV	2,06 e/km
e/kg	0,050	€							
Taajama-alueen kustannus	75,396	€							
Ajon kesto	10,66	h							
Kokonaiskesto	19,16	h							
Taajama-ajo	36,6	km							

Liite 2. Logistiikkamalli 2 laskelmat.

Asiakas	Osoite	Kunta	Postinumero	Viikkovolyymi	Kuukausivolyymi				
Turun kaupunki kiinteistönhuolto	Eerikinkatu 16	Turku	20100	301	1 205				
Turun MestariPalvi Oy	Radiomiehentienkatu 4	Turku	20320	1 522	6 090				
Viktor Elo Oy	Autokatu 12	Turku	20380	2 166	8 664				
Benoa oy	Littoistentie 81	Turku	20610	148	593				
Suomen LaatuLiha Oy	Kaarinantie 270	Kaarina	20660	125	500				
Auran Palvituote Oy	Huuskantie 7	Aura	21380	291	1 164				
Dynaeat Oy	Kärpiöntie 1	Lieto	21420	645	2 580				
Landeli Group Oy	Länsi-Avantintie 8	Lieto	21420	8 631	34 523				
Paimion Palaliha Oy	Lenkkitie 8	Paimio	21530	1 060	4 240				
Metsästyseura Eräveikot Ry	Kalannintie 520	Vinkkilä	23200	231	925				
Vallan Maukas Oy	Vallilantie 98	Vehmaa	23200	788	3 150				
Perniön Liha Oy	Valimonkatu 4	Salo	24100	2 443	9 772				
Hakalan Lihavalmisteet Oy	Saksankatu 4-6	Forssa	30100	241	964				
Maatilan Lihakauppa Makuliha Oy	Kärsäkuja 6	Tammela	31300	2 812	11 248				
Someron Palvimyynti Oy	Lummetie 2 A	Somero	31400	691	2 764				
Aristo Group	Hämeentie 168	Loimaa	32200	4 047	16 188				
Noudot			Hinnasto			Laskelmat			
Nouto 1			Kuljetukset yht.		1 232	Täysperävaunu	1,5	e/km	
Noudot	4	kpl	e/kg		0,047	Kuorma-auto	1,35	e/km	
Purut	1	kpl	Kesto yht (h)		20,07	Pakettiauto	0,85	e/km	
Kilometrit	218	km	Keräilykustannukset		188	Palkka	30	e/h	
Noutojen kesto	1,25	h	Ajokustannukset		1044,8	Noutokesto TPV	0,5	h	
Noutojen hinta	38	€	Keräilykilometrit		521	Noutokesto K-A	0,33	h	
Ajon hinta	185,3	€	Sirtoajokilometrit		401,3	Noutokesto PA	0,25	h	
Noudon hinta yhteensä	223	€	Kokonaiskilometrit		922,3				
Kilomäärä	6 187	kg							
e/kg	0,036	€							
Ajon kesto	3,25	h							
Kokonaiskesto	4,50	h							
Nouto 2									
Noudot	2	kpl							
Purut	1	kpl							
Kilometrit	134	km							
Noutojen kesto	0,75	h							
Noutojen hinta	22,5	€							
Ajon hinta	113,9	€							
Noudon hinta yhteensä	136,4	€							
Kilomäärä	4 338	kg							
e/kg	0,031	€							
Ajon kesto	1,75	h							
Kokonaiskesto	2,5	h							
Nouto 3									
Noudot	8	kpl							
Purut	1	kpl							
Kilometrit	165,4	km							
Noutojen kesto	2,25	h							
Noutojen hinta	67,5	€							
Ajon hinta	140,59	€							
Noudon hinta yhteensä	208,09	€							
Kilomäärä	4 821	kg							
e/kg	0,043	€							
Ajon kesto	2,92	h							
Kokonaiskesto	5,17	h							
Nouto 4									
Noudot	1	kpl							
Purut	1	kpl							
Kilometrit	3,6	km							
Noutojen kesto	0,5	h							
Noutojen hinta	15	€							
Ajon hinta	3,06	€							
Noudon hinta yhteensä	18,06	€							
Kilomäärä	2 166	kg							
e/kg	0,008	€							
Ajon kesto	0,1	h							
Kokonaiskesto	0,6	h							
Nouto 5									
Noudot	2	kpl							
Purut	1	kpl							
Kilometrit	401,3	km							
Noutojen kesto	1,5	h							
Noutojen hinta	45	€							
Ajon hinta	601,95	€							
Noudon hinta yhteensä	646,95	€							
Kilomäärä	26 142	kg							
e/kg	0,025	€							
Ajon kesto	5,8	h							
Kokonaiskesto	7,3	h							

Liite 3. Logistiikkamalli 3 laskelmat.

Asiakas	Osoite	Kunta	Postinumero	Viikkovolyymi	Kuukausivolyymi				
Turun kaupunki kiinteistönhuolto	Eerikinkatu 16	Turku	20100	301	1 205				
Turun Mestaripalvi Oy	Radiomiehenkatu 4	Turku	20320	1 522	6 090				
Viktor Elo Oy	Autokatu 12	Turku	20380	2 166	8 664				
Benoa oy	Uittoistentie 81	Turku	20610	148	593				
Suomen Laatulihä Oy	Kaarinantie 270	Kaarina	20660	125	500				
Auran Palvituote Oy	Huuskantie 7	Aura	21380	291	1 164				
Dynameat Oy	Kärpijontie 1	Uieto	21420	645	2 580				
Landeli Group Oy	Länsi-Avantintie 8	Uieto	21420	8 631	34 523				
Paimion Palaliha Oy	Lenkkitie 8	Paimio	21530	1 060	4 240				
Metsästyseura Eräveikot Ry	Kalannintie 520	Vinkkilä	23200	231	925				
Vallan Maukas Oy	Vallilantie 98	Vehmaa	23200	788	3 150				
Perniön Liha Oy	Valimonkatu 4	Salo	24100	2 443	9 772				
Hakalan Lihavalmisteet Oy	Saksankatu 4-6	Forssa	30100	241	964				
Maatilan Lihakauppa Makuliha Oy	Kärsäkuja 6	Tammela	31300	2 812	11 248				
Someron Palvimyynti Oy	Lummetie 2 A	Somero	31400	691	2 764				
Aristo Group	Hämeentie 168	Loimaa	32200	4 047	16 188				
Noudot				Hinnasto 3 x / kk		Laskelmat			
Nouto 1				Kuljetukset yht.	1 076	Täysperävaunu	1,5	e/km	
Noudot	3	kpl		e/kg	0,047	Kuorma-auto	1,35	e/km	
Purut	1	kpl		Kesto yht (h)	15,80	Pakettiauto	0,85	e/km	
Kilometrit	77,6	km		Keräilykustannukset	113	Palkka	30	e/h	
Noutojen kesto	1,00	h		Ajokustannukset	963	Noutokesto TPV	0,5	h	
Noutojen hinta	30	€		Keräilykilometrit	426	Noutokesto K-A	0,33	h	
Ajon hinta	65,96	€		Siirtoajokilometrit	400,6	Noutokesto PA	0,25	h	
Noudon hinta yhteensä	96	€		Kokonaiskilometrit	826,6				
Kilomäärä	4 748	kg		Hinnasto 1 x / kk					
e/kg	0,020	€		Kuljetukset yht.	1392				
Ajon kesto	1,12	h		e/kg	0,038				
Kokonaiskesto	2,12	h		Kesto yht (h)	22,27				
Nouto 2				Keräilykustannukset	203				
Noudot	2	kpl		Ajokustannukset	1189,355				
Purut	1	kpl		Keräilykilometrit	692,3				
Kilometrit	215,2	km		Siirtoajokilometrit	400,6				
Noutojen kesto	0,75	h		Kokonaiskilometrit	1092,9				
Noutojen hinta	22,5	€		Hinnasto KA Kuukausi					
Ajon hinta	182,92	€				Kuukausi		Viikko	
Noudon hinta yhteensä	205,42	€		Kuljetukset yht.	4 619		1 155		
Kilomäärä	5 255	kg		e/kg	0,044				
e/kg	0,039	€		Keräilykustannukset	541		135		
Ajon kesto	3,33	h		Ajokustannukset	4 078		1 020		
Kokonaiskesto	4,08	h		Kokonaiskilometrit	3572,7		893		
Nouto 3				Keräilykilometrit	1970,3		493		
Noudot	1	kpl		Siirtoajokilometrit	1602,4		401		
Purut	1	kpl		Noutojen kesto	18,00		5		
Kilometrit	133,2	km							
Noutojen kesto	0,5	h							
Noutojen hinta	15	€							
Ajon hinta	113,22	€							
Noudon hinta yhteensä	128,22	€							
Kilomäärä	4 047	kg							
e/kg	0,032	€							
Ajon kesto	1,8	h							
Kokonaiskesto	2,3	h							
Nouto 4									
Noudot	2	kpl							
Purut	1	kpl							
Kilometrit	400,6	km							
Noutojen kesto	1,5	h							
Noutojen hinta	45	€							
Ajon hinta	600,9	€							
Noudon hinta yhteensä	645,9	€							
Kilomäärä	26 142	kg							
e/kg	0,025	€							
Ajon kesto	5,8	h							
Kokonaiskesto	7,3	h							

Asiakas	Osoite	Kunta	Postinumero	Viikkovolyymi	Kuukausivolyymi
Turun kaupunki kiinteistönhuolto	Eerikinkatu 16	Turku	20100	301	1 205
Turun MestariPalvi Oy	Radiomiehenkatu 4	Turku	20320	1 522	6 090
Viktor Elo Oy	Autokatu 12	Turku	20380	2 166	8 664
Benoa Oy	Littoistentie 81	Turku	20610	148	593
Suomen Laattuliha Oy	Kaarinantie 270	Kaarina	20660	125	500
Auran Palvituote Oy	Huuskantie 7	Aura	21380	291	1 164
Dynameat Oy	Kärpijöntie 1	Lieto	21420	645	2 580
Landeli Group Oy	Länsi-Avantintie 8	Lieto	21420	8 631	34 523
Paimion Palaliha Oy	Lenkkitie 8	Paimio	21530	1 060	4 240
Metsästyseura Eräveikot Ry	Kalamintie 520	Vinkkilä	23200	231	925
Vallan Maukas Oy	Vallilantie 98	Vehmaa	23200	788	3 150
Perniön Liha Oy	Valimonkatu 4	Salo	24100	2 443	9 772
Hakalan Lihavalmisteet Oy	Saksankatu 4-6	Forssa	30100	241	964
Maatilan Lihakauppa Makuliha Oy	Kärsäkuja 6	Tammela	31300	2 812	11 248
Someron Palvimyynti Oy	Lummetie 2 A	Somero	31400	691	2 764
Aristo Group	Hämeentie 168	Loimaa	32200	4 047	16 188

Noudot	
Nouto 1	
Noudot	2 kpl
Purut	1 kpl
Kilometrit	133,9 km
Noutojen kesto	0,75 h
Noutojen hinta	23 €
Ajon hinta	113,815 €
Noudon hinta yhteensä	136 €
Kilomäärä	5 211 kg
e/kg	0,026 €
Ajon kesto	1,48 h
Kokonaiskesto	2,23 h

Nouto 2	
Noudot	2 kpl
Purut	1 kpl
Kilometrit	193,9 km
Noutojen kesto	0,75 h
Noutojen hinta	22,5 €
Ajon hinta	164,815 €
Noudon hinta yhteensä	187,315 €
Kilomäärä	3 776 kg
e/kg	0,050 €
Ajon kesto	2,9 h
Kokonaiskesto	3,65 h

Nouto 3	
Noudot	2 kpl
Purut	1 kpl
Kilometrit	167,9 km
Noutojen kesto	0,75 h
Noutojen hinta	22,5 €
Ajon hinta	142,715 €
Noudon hinta yhteensä	165,215 €
Kilomäärä	5 207 kg
e/kg	0,032 €
Ajon kesto	2,66 h
Kokonaiskesto	3,41 h

Nouto 4	
Noudot	5 kpl
Purut	1 kpl
Kilometrit	113 km
Noutojen kesto	1,5 h
Noutojen hinta	45 €
Ajon hinta	96,05 €
Noudon hinta yhteensä	141,05 €
Kilomäärä	6 373 kg
e/kg	0,022 €
Ajon kesto	2,1 h
Kokonaiskesto	3,6 h

Nouto 7	
Noudot	2 kpl
Purut	1 kpl
Kilometrit	400,6 km
Noutojen kesto	1,5 h
Noutojen hinta	45 €
Ajon hinta	600,9 €
Noudon hinta yhteensä	645,9 €
Kilomäärä	26 142 kg
e/kg	0,025 €
Ajon kesto	5,8 h
Kokonaiskesto	7,3 h

Nouto 6	
Noudot	1 kpl
Purut	1 kpl
Kilometrit	3,4 km
Noutojen kesto	0,50 h
Noutojen hinta	15 €
Ajon hinta	2,89 €
Noudon hinta yhteensä	17,89 €
Kilomäärä	2 166 kg
e/kg	0,008 €
Ajon kesto	0,1 h
Kokonaiskesto	0,6 h

Nouto 5	
Noudot	3 kpl
Purut	1 kpl
Kilometrit	80,2 km
Noutojen kesto	1,00 h
Noutojen hinta	30 €
Ajon hinta	68,17 €
Noudon hinta yhteensä	98 €
Kilomäärä	5 162 kg
e/kg	0,019 €
Ajon kesto	1,48 h
Kokonaiskesto	2,48 h

Hinnasto 1 x / kk	
Kuljetukset yht.	1 392
e/kg	0,038
Kesto yht (h)	22,27
Keräilykustannukset	203
Ajokustannukset	1189,355
Keräilykilometrit	692,3
Sirtoajakilometrit	400,6
Kokonaiskilometrit	1092,9
Keräilyajon kesto	15,97

Laskelmat	
Täysperävaunu	1,5 e/km
Kuorma-auto	1,35 e/km
Pakettiauto	0,85 e/km
Palkka	30 e/h
Noutokesto TPV	0,5 h
Noutokesto K-A	0,33 h
Noutokesto PA	0,25 h

Liite 4. Logistiikkamalli 4 laskelmat.

Asiakas	Osoite	Kunta	Postinumero	Viikkovolyyymi	Kuukausivolyyymi				
Turun kaupunki kiinteistönhuolto	Eerikinkatu 16	Turku	20100	301	1 205				
Turun Mestaripalvelu Oy	Radiomiehentie 4	Turku	20320	1 522	6 090				
Viktor Elo Oy	Autokatu 12	Turku	20380	2 166	8 664				
Benoa Oy	Littoistentie 81	Turku	20610	148	593				
Suomen Laatu Oy	Kaarintie 270	Kaarina	20660	125	500				
Auran Palvituote Oy	Huuskantie 7	Aura	21380	291	1 164				
Dynameat Oy	Kärpiöentie 1	Lieto	21420	645	2 580				
Landeli Group Oy	Länsi-Avantintie 8	Lieto	21420	8 631	34 523				
Paimion Palaliha Oy	Lenkkitie 8	Paimio	21530	1 060	4 240				
Metsästysseura Eräveikot Ry	Kalantie 520	Vinkkilä	23200	231	925				
Vallan Maukas Oy	Vallantie 98	Vehmaa	23200	788	3 150				
Perniön Liha Oy	Valimontie 4	Salo	24100	2 443	9 772				
Hakalan Lihavalmisteet Oy	Saksankatu 4-6	Forssa	30100	241	964				
Maatilan Lihakauppa Makuliha Oy	Kärsäkuja 6	Tammela	31300	2 812	11 248				
Someron Palvityyry Oy	Lummetie 2 A	Somero	31400	691	2 764				
Aristo Group	Hämeentie 168	Loimaa	32200	4 047	16 188				
Noudot				Hinnasto 4 x / kk		Laskelmat			
Nouto 1				Kuljetukset yht.	1 076 €	Täysperävaunu	1,5	e/km	
Noudot	3	kpl		e/kg	0,041	Kuorma-auto	1,35	e/km	
Purut	1	kpl		Kesto yht (h)	15,80	Pakettiauto	0,85	e/km	
Kilometrit	77,6	km		Keräilykustannukset	113 €	Palkka	30	e/h	
Noutojen kesto	1,00	h		Ajokustannukset	963 €	Noutokesto TPV	0,5	h	
Noutojen hinta	30	€		Keräilykilometrit	426	Noutokesto K-A	0,33	h	
Ajon hinta	65,96	€		Siirtoajokilometrit	400,6	Noutokesto PA	0,25	h	
Noudon hinta yhteensä	96	€		Kokonaiskilometrit	826,6				
Kilomäärä	4 748	kg		Hinnasto 5 x / vuosi		Kuukausitaso			
e/kg	0,020	€		Kuljetukset yht.	4950		413	€	
Ajon kesto	1,12	h		e/kg	0,034676658				
Kokonaiskesto	2,12	h		Kesto yht (h)	20,79				
				Keräilykustannukset	750		63	€	
Nouto 2				Ajokustannukset	4200		350	€	
Noudot	2	kpl		Keräilykilometrit	2800		233,3		
Purut	1	kpl		Siirtoajokilometrit	400,6				
Kilometrit	215,2	km		Kokonaiskilometrit	1012,7		84,4		
Noutojen kesto	0,75	h		Hinnasto KA Kuukausi					
Noutojen hinta	22,5	€				Kuukausi	Viikko		
Ajon hinta	182,92	€		Kuljetukset yht.	4 715		1 179	€	
Noudon hinta yhteensä	205,42	€		e/kg			0,045		
Kilomäärä	5 255	kg		Keräilykustannukset	513		128	€	
e/kg	0,039	€		Ajokustannukset	4 202		1 051	€	
Ajon kesto	3,33	h		Kokonaiskilometrit	3390,791667		848		
Kokonaiskesto	4,08	h		Keräilykilometrit	1937,333333		484		
				Siirtoajokilometrit	1602,4		401		
Nouto 3									
Noudot	1	kpl							
Purut	1	kpl							
Kilometrit	133,2	km							
Noutojen kesto	0,5	h							
Noutojen hinta	15	€							
Ajon hinta	113,22	€							
Noudon hinta yhteensä	128,22	€							
Kilomäärä	4 047	kg							
e/kg	0,032	€							
Ajon kesto	1,8	h							
Kokonaiskesto	2,3	h							
Nouto 4									
Noudot	2	kpl							
Purut	1	kpl							
Kilometrit	400,6	km							
Noutojen kesto	1,5	h							
Noutojen hinta	45	€							
Ajon hinta	600,9	€							
Noudon hinta yhteensä	645,9	€							
Kilomäärä	26 142	kg							
e/kg	0,025	€							
Ajon kesto	5,8	h							
Kokonaiskesto	7,3	h							

Asiakas	Osoite	Kunta	Postinumero	Viikkovolyymi	Kuukausivolyymi				
Turun kaupunki kiinteistönhuolto	Eerikinkatu 16	Turku	20100	301	1 205				
Turun Mestaripalvi Oy	Radiomiehenkatu 4	Turku	20320	1 522	6 090				
Viktor Elo Oy	Autokatu 12	Turku	20380	2 166	8 664				
Benoa oy	Littoistentie 81	Turku	20610	148	593				
Suomen Laatulihä Oy	Kaarinantie 270	Kaarina	20660	125	500				
Auran Palvituote Oy	Huuskantie 7	Aura	21380	291	1 164				
Dynameat Oy	Kärpijöntie 1	Lieto	21420	645	2 580				
Landeli Group Oy	Länsi-Avantintie 8	Lieto	21420	8 631	34 523				
Paimion Palaliha Oy	Lenkkitie 8	Paimio	21530	1 060	4 240				
Metsästysseura Eräveikot Ry	Kalannintie 520	Vinkkilä	23200	231	925				
Vallan Maukas Oy	Vallilantie 98	Vehmaa	23200	788	3 150				
Perniön Liha Oy	Valimonkatu 4	Salo	24100	2 443	9 772				
Hakalan Lihavalmisteet Oy	Saksankatu 4-6	Forssa	30100	241	964				
Maatilan Lihakauppa Makuliha Oy	Kärsäkuja 6	Tammela	31300	2 812	11 248				
Someron Palvimyynti Oy	Lummetie 2 A	Somero	31400	691	2 764				
Aristo Group	Hämeentie 168	Loimaa	32200	4 047	16 188				
				Hinnasto 1 x / kk		Laskelmat			
Noudot				Kuljetukset yht.	990	Täysperävaunu	1,5	e/km	
Nouto 1				e/kg	0,028	Kuorma-auto	1,35	e/km	
Noudot	9	kpl		Kesto yht (h)	14,20	Pakettiauto	0,85	e/km	
Purut	1	kpl		Keräilykustannukset	150	Palkka	30	e/h	
Kilometrit	560	km		Ajokustannukset	840	Noutokesto TPV	0,5	h	
Noutojen kesto	5,00	h		Keräilykilometrit	560	Noutokesto K-A	0,33	h	
Noutojen hinta	150	€		Sirtoajokilometrit	0	Noutokesto PA	0,25	h	
Ajon hinta	840	€		Kokonaiskilometrit	560				
Noudon hinta yhteensä	990	€							
Kilomäärä	5 211	kg							
e/kg	0,190	€							
Ajon kesto	9,2	h							
Kokonaiskesto	14,20	h							

Liite 5. Logistiikkamalli 5 laskelmat.

Asiakas	Osoite	Kunta	Postinumero	Viikkovolyymi	Kuukausivolyymi				
Turun kaupunki kiinteistönhuolto	Eerikinkatu 16	Turku	20100	301	1 205				
Turun Mestaripalvelu Oy	Radiomiehenkatu 4	Turku	20320	1 522	6 090				
Viktor Elo Oy	Autokatu 12	Turku	20380	2 166	8 664				
Benoa Oy	Littoistentie 81	Turku	20610	148	593				
Suomen LaatuLiha Oy	Kaarintie 270	Kaarina	20660	125	500				
Auran Palvituote Oy	Huuskantie 7	Aura	21380	291	1 164				
Dynameat Oy	Kärpiöentie 1	Lieto	21420	645	2 580				
Landeli Group Oy	Länsi-Avantintie 8	Lieto	21420	8 631	34 523				
Paimion Palaliha Oy	Lenkkitie 8	Paimio	21530	1 060	4 240				
Metsäystysseura Eräveikot Ry	Kalannintie 520	Vinkkilä	23200	231	925				
Vallan Maukas Oy	Vallilantie 98	Vehmaa	23200	788	3 150				
Perniön Liha Oy	Valimontkatu 4	Salo	24100	2 443	9 772				
Hakalan Lihavalmisteet Oy	Saksankatu 4-6	Forssa	30100	241	964				
Maatilan Lihakauppa Makuliha Oy	Kärsäkuja 6	Tammela	31300	2 812	11 248				
Someron Palvimiynä Oy	Lummetie 2 A	Somero	31400	691	2 764				
Aristo Group	Hämeentie 168	Loimaa	32200	4 047	16 188				
Noudot				Hinnasto 1 x / kk		Laskelmat			
Nouto 1				Kuljetukset yht.	1 472	Täysperävaunu	1,5	e/km	
Noudot	3	kpl		e/kg	0,056	Kuorma-auto	1,35	e/km	
Purut	1	kpl		Kesto yht (h)	20,00	Pakettiauto	0,85	e/km	
Kilometrit	157,4	km		Keräilykustannukset	208,20	Palkka	30	e/h	
Noutojen kesto	1,32	h		Ajokustannukset	1263,315	Noutokesto TPV	0,5	h	
Noutojen hinta	40	€		Keräilykilometrit	497,9	Noutokesto K-A	0,33	h	
Ajon hinta	212,49	€		Sirtoajokilometrit	394,1	Noutokesto PA	0,25	h	
Noudon hinta yhteensä	252	€		Kokonaiskilometrit	892				
Kilomäärä	13 738	kg							
e/kg	0,018	€							
Ajon kesto	1,48	h							
Kokonaiskesto	2,80	h							
Nouto 2									
Noudot	13	kpl							
Purut	1	kpl							
Kilometrit	340,5	km							
Noutojen kesto	4,62	h							
Noutojen hinta	138,6	€							
Ajon hinta	459,675	€							
Noudon hinta yhteensä	598,275	€							
Kilomäärä	12 405	kg							
e/kg	0,048	€							
Ajon kesto	5,92	h							
Kokonaiskesto	10,54	h							
Nouto 4									
Noudot	1	kpl							
Purut	1	kpl							
Kilometrit	394,1	km							
Noutojen kesto	1	h							
Noutojen hinta	30	€							
Ajon hinta	591,15	€							
Noudon hinta yhteensä	621,15	€							
Kilomäärä	26 142	kg							
e/kg	0,024	€							
Ajon kesto	5,66	h							
Kokonaiskesto	6,66	h							

Liite 6. Ruokaviraston liha-alan laitokset volyymi toimialan mukaan suodatettuna

Asiakas	Kaupunki	Postinumero	Liikevaihto	Ala	Liikevaihto / Ala	LV muk. Volyymi	LV muk. Volyymi v1	Kerros	0,0221255047
Lihakonttori	Helsinki	00580	1 000 000	lihatuote/teurastamo	83 333 €	1 844	461		
Lihatukku	Helsinki	00580	1 950 000	lihatuote/teurastamo	162 500 €	3 595	899		
Expert Food	Espoo	02920	2 300 000	lounasravintola/lihatuote/teurastamo	191 667 €	4 241	1 060		
Lihames	Karkkila	03600	219 000	lihatuote/teurastamo	18 250 €	404	101		
Viltgård	Inkoo	10210	405 000	lihakauppa	33 750 €	747	187		
A.O. Vuori	Lahti	15100	160 000	lihakauppa	13 333 €	295	74		
Maatila	Lahti	15800	1 300 000	lihatuote/teurastamo	108 333 €	2 397	599		
Päijät-Häme	Lahti	15800	280 000	lihatukku	23 333 €	516	129		
Lihasauna	Heinola	18100	1 700 000	lihatukku	141 667 €	3 134	784		
Viktor Eläin	Turku	20380	4 700 000	lihatuote/teurastamo	391 667 €	8 666	2 166		
Suomen Kana	Kaarina	20660	272 000	lihakauppa	22 667 €	502	125		
Auran Puhuri	Aura	21380	631 000	lihatuote/teurastamo	52 583 €	1 163	291		
Dynamiikka	Lieto	21420	1 400 000	lihakauppa	116 667 €	2 581	645		
Paimion Lehti	Paimio	21530	2 300 000	lihatuote/teurastamo	191 667 €	4 241	1 060		
Marskogen	Pälkäne	22310	101 000	lihatuote/teurastamo	8 417 €	186	47		
Pernön	Salo	24100	5 300 000	lihatuote/teurastamo	441 667 €	9 772	2 443		
Keltasilta	Köyliö	27710	898 000	lihatuote/teurastamo	74 833 €	1 656	414		
Sata-Liha	Uusikaupunki	28400	713 000	lihatuote/teurastamo	59 417 €	1 315	329		
Hakalan	Forssa	30100	522 000	lihatuote/teurastamo	43 500 €	962	241		
Maatila	Tammela	31300	6 100 000	lihatuote/teurastamo	508 333 €	11 247	2 812		
Somero	Uusikaupunki	31400	1 500 000	lihatuote/teurastamo	125 000 €	2 766	691		
Tampere	Tampere	33270	300 000	lihatuote/teurastamo	25 000 €	553	138		
Sausage	Tampere	33330	37 000	lihatuote/teurastamo	3 083 €	68	17		
Veljekset	Yläjärvi	33470	4 800 000	lihatuote/teurastamo	400 000 €	8 850	2 213		
Teivon Liha	Nokia	37150	613 000	lihatuote/teurastamo	51 083 €	1 130	283		
My Food	Viljala	37830	2 800 000	lihatuote/teurastamo	233 333 €	5 163	1 291		
Lihatukku	Sastamala	38200	1 600 000	lihatuote/teurastamo	133 333 €	2 950	738		
Huhtahy	Kankaanpää	38700	20 600 000	lihatuote/teurastamo	1 716 667 €	37 982	9 496		
Järvinen	Järvi-Pöytäjärvi	38800	1 100 000	lihatuote/teurastamo	91 667 €	2 028	507		
Parihtu	Kaavi	40320	513 000	lihatuote/teurastamo	42 750 €	946	236		
Viafood	Kaavi	40320	513 000	lihatuote/teurastamo	42 750 €	946	236		
Säilyke	Uusikaupunki	41230	937 000	lihatuote/teurastamo	78 083 €	1 728	432		
Tiituspöytä	Leppävesi	41310	800 000	lihatuote/teurastamo	66 667 €	1 475	369		
Keski-Suomi	Uusikaupunki	41400	306 000	lihatuote/teurastamo	25 500 €	564	141		
Nauris	Kannonkoski	43300	71 000	lihatuote/teurastamo	5 917 €	131	33		
Liha	RENAISSAN	47400	1 100 000	lihatuote/teurastamo	91 667 €	2 028	507		
Kotkan Liha	Kotka	48100	1 800 000	lihatukku	150 000 €	3 319	830		
Neittam	Kotka	48400	530 000	lihatuote/teurastamo	44 167 €	977	244		
Takaladon	Hamina	49400	784 000	lihatuote/teurastamo	65 333 €	1 446	361		
Tilateur	Simola	54330	553 000	teurastamo	46 083 €	1 020	255		
Ilmajoen	Pohjanmaa	60760	185 000	lihatuote/teurastamo	15 417 €	341	85		
Nortulan	Puhtimäki	61440	-	lihatuote/teurastamo	0 €	-	-		
Hahtola	Orismäki	61550	466 000	teurastamo	38 833 €	859	215		
Kauhajoen	Kauhajoki	61850	11 000	lihatuote/teurastamo	917 €	20	5		
Laidun	Kaavi	64770	183 000	lihatuote/teurastamo	15 250 €	337	84		
Laidun	Kaavi	64770	183 000	lihatuote/teurastamo	15 250 €	337	84		
Herrgård	Maalahti	66100	504 000	lihatuote/teurastamo	42 000 €	929	232		
Oravais	Oravais	66800	1 100 000	lihatuote/teurastamo	91 667 €	2 028	507		
Oy Björk	Kokkola	67600	-	lihatuote/teurastamo	0 €	-	-		
Eväsme	Kuopio	70780	334 000	lihatuote/teurastamo	27 833 €	616	154		
Savo-Karjala	Kuopio	70800	6 000 000	lihatuote/teurastamo	500 000 €	11 063	2 766		
Jussi LK	Ilkka	74100	108 000	lihatuote/teurastamo	9 000 €	199	50		
Pekan Puhuri	Ilkka	74520	247 000	lihatuote/teurastamo	20 583 €	455	114		
Väisäse	Ilkka	74520	46 000	lihatuote/teurastamo	3 833 €	85	21		
Nurmek	Nurmes	75500	700 000	lihatuote/teurastamo	58 333 €	1 291	323		
Karelian	Tampere	80400	5 600 000	lihatuote/teurastamo	466 667 €	10 325	2 581		
Soodi Oy	Ylämaa	80400	572 000	lihatuote/teurastamo	47 667 €	1 055	264		
Raja-Karjala	Tohmajärvi	82600	46 000	lihatuote/teurastamo	3 833 €	85	21		
Sikabaan	Savonlinna	84880	1 000 000	lihatuote/teurastamo	83 333 €	1 844	461		
Kotivara	Oulu	90400	19 200 000	lihatuote/teurastamo	1 600 000 €	35 401	8 850		
Kylmäne	Rantsila	92501	5 200 000	lihatuote/teurastamo	433 333 €	9 588	2 397		
Sotkam	Kuusamo	93600	109 000	lihatukku	9 083 €	201	50		
Kuusam	Kuusamo	93601	481 000	lihatuote/teurastamo	40 083 €	887	222		
Kemin	Liedakkala	95319	25 000	lihatuote/teurastamo	2 083 €	46	12		
Meän Liha	Koulu	95340	240 000	lihatuote/teurastamo	20 000 €	443	111		
Lapin Liha	Rovaniemi	96101	17 900 000	lihatuote/teurastamo	1 491 667 €	33 004	8 251		
Leivejoe	Murola	97140	90 000	lihatuote/teurastamo	7 500 €	166	41		
Kylmäne	Sodankylä	99600	5 200 000	lihatuote/teurastamo	433 333 €	9 588	2 397		

Liite 7. Kuvakaappaus Honkajoki Oy:n ERP-järjestelmästä

Honkajoki Oy		Tilakohtainen noutoraportti			Sivu	1
R206 17.3.2021 13.22.02						
Nouto aika 1.10.2020 - 31.10.2020						
Asiakas	Bonus Carnis Oy / Sopimusasiakas!				Tilatunnus	
Osoite	Lepola-Kermolantie 41 59800 KESÄLAHTI				Y-tunnus 28400196	
Tilaus Tuote	Eläintunnus	Lkm	Paino	Keräilyn tns	Nouto aika	
Nouto-osoite	Myllypurontie 2 59800 KESÄLAHTI					
342246 Sivutuote (ke)			3680	476045	14.10.2020 07.28	
** Yhteensä			3 680			