



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

MAIDONTUOTANTOTILAN HIILIJALANJÄLKI

FarmCALC 2.1 -laskurin käyttö hiilijalanjäljen laskennassa

TEKIJÄ: Hilikka Hiltunen

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Agrologin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Hilkka Hiltunen	
Työn nimi Maidontuotantotilan hiilijalanjälki. FarmCALC 2.1 -laskurin käyttö hiilijalanjäljen laskennassa	
Päiväys	19.4.2018
Sivumäärä/Liitteet	31/4
Ohjaajat) Teija Rantala, Heli Wahlroos	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Luonnonvarakeskus, Ilmastoviisaita ratkaisuja maaseudulle -hanke, Riitta Savikko	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Maatalous on yksi merkittävimmistä ilmastonmuutoksen aiheuttajista. Ilmastonmuutos on ilmaston lämpenemistä, jota aiheuttavat kasvihuonekaasupäästöt. Maataloudessa kasvihuonekaasupäästöjä tulee maankäytöstä, energias- ta, kotieläinten ruoansulatuksesta ja lannan käsittelystä.</p> <p>Ilmastonmuutos tuo suomalaiselle maataloudelle uusia haasteita, mutta voi myös jossain määrin parantaa maata- louden edellytyksiä. Ilmaston lämpeneminen on nopeampaa pohjoisilla leveyspiireillä, mikä pidentää kasvukautta ja tuo uusia keskieuropallaisia viljelykasveja suomalaiseen maanviljelykseen. Ilmastonmuutoksen haitat ovat kuiten- kin merkittävämpiä koko maailman mittakaavassa kuin sen hyödyt. Siksi ilmaston lämpenemistä on hillittävä.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin ilmastonmuutosta ja maatalouden vaikutuksia siihen laskemalla hiilijalanjälki kahdelle maitotilalle. Hiilijalanjälki laskettiin tuotettuja kiloja kohden kasvintuotannossa ja kotieläintuotannossa. Maitotiloille määritettiin myös koko tilan hiilijalanjälki. Hiilijalanjälkien laskennassa käytettiin Helsingin Yliopistossa kehitettyä FarmCALC 2.1 -hiilijalanjälkilaskuria. Tuotekohtaisen hiilijalanjäljen laskeminen auttoi löytämään suurimpien kasvi- huonekaasupäästöjen lähteet.</p> <p>Kasvintuotannon ja kotieläintuotannon hiilijalanjäljellä ei tutkimustilojen välillä ollut suuria eroja. Myös lähteenä käytetyssä samalla laskurilla tehdyssä pro gradu -tutkielmassa tulokset olivat samaa luokkaa. Kasvikohtaisia eroja löytyi. Eroihin vaikuttivat muun muassa satojen suuruus ja laitumen päästöissä laidunnuspaine. Maidon ja lihan tuotannossa merkittävimmät erot muodostuivat kuivikkeiden päästöistä turpeen sitoessa itseensä ammoniakkaa ja vähentäen näin di-typpioksidipäästöjä.</p> <p>Maatilojen tuotekohtaisten hiilijalanjälkien perusteella esimerkiksi viljojen hiilijalanjälkiä ja niiden muodostumista vertailemalla voitiin löytää keinoja kasvihuonekaasujen vähentämiseen. Tilojen välisiä eroja vertailemalla löydettiin keinoja hiilijalanjäljen pienentämiseen. Toisella tilalla hyväksi havaittu ja päästöjä pienentävä menetelmä voidaan ottaa käyttöön myös toisella tutkimustilalla esimerkiksi laiduntamisessa tai turpeen käytössä kuivituksessa.</p>	
Avainsanat ilmastonmuutokset, hiilijalanjälki, maidontuotanto, kasvihuonekaasut, kasvihuonekaasupäästöt	

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Program in Agriculture and Rural Development			
Author Hilkka Hiltunen			
Title of Thesis Carbon footprint of milk production farm. Use of FarmCALC 2.1 Counter for Carbon Footprint Calculation			
Date	19.4.2018	Pages/Appendices	31/4
Supervisors Teija Rantala, Heli Wahlroos			
Natural Resources Institute Finland, Climate-wise solutions for the countryside –project, Riitta Savikko			
<p>Abstract</p> <p>Agriculture is one of the major causes of climate change. Climate change is a global warming caused by greenhouse gas emissions. In agriculture, greenhouse gas emissions come from land use, energy, digestion of livestock and manure treatment.</p> <p>Climate change brings new challenges to Finnish agriculture, but can also improve the conditions for agriculture to some extent. Global warming is faster with northern latitudes, which prolongs the growing season and brings new Central European crops to Finnish agriculture. However, the disadvantages of climate change are more significant on a global scale than its benefits. Therefore, global warming must be contained.</p> <p>The thesis examined climate change and the impact of agriculture on it by calculating the carbon footprint of two milk farms. The carbon footprint was calculated per produced kilo in plant production and livestock production. The carbon footprint of the whole farm was also calculated for dairy farms. In the calculation of carbon footprints, the FarmCALC 2.1 Carbon Footprint Counter developed at the University of Helsinki was used. Calculating the product-specific carbon footprint helped to find the sources of major greenhouse gas emissions.</p> <p>The carbon footprint of crop production and livestock production did not differ widely between research facilities. The results of the Master's thesis in the same counter as the source were also the same. Plant-specific differences were found. The differences were affected, among other things, by the size of the crops and the grazing pressure in pasture emissions. In milk and meat production, the most significant differences consisted of bedding emissions from peat to bind ammonia, thereby reducing di-oxide emissions.</p> <p>On the basis of product-specific carbon footprints of farms, for example, by comparing the carbon footprints of cereals and their formation, ways to reduce greenhouse gases could be found. By comparing the differences between the premises, ways were found to reduce the carbon footprint. The second-best-proven and emission-reducing method can also be deployed in another research facility, for example, in grazing or in peat use during drainage.</p>			
Keywords climate changes, carbon footprint, milk production, greenhouse gases, greenhouse gas emissions			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	HIILIJALANJÄLKI JA KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT	6
3	ILMASTONMUUTOS MAAILMALLA JA SUOMESSA	7
3.1	Ilmastonmuutoksen haitat ja hyödyt Suomen maataloudessa	8
3.2	Maatalouden päästölähteet ja päästöjen vähentäminen	9
4	HIILIJALANJÄLKILASKURI	13
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	15
5.1	Eettisyys ja luotettavuus	15
5.2	Tutkimustilat	16
5.3	Aineiston kerääminen	17
6	KUMPULAN HIILIJALANJÄLKI	19
7	LAURINNIEMEN HIILIJALANJÄLKI	22
8	HIILIJALANJÄLKIEK VERTAILU	24
9	KOKEMUKSIA HIILIJALANJÄLKILASKURISTA	26
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	27
11	POHDINTA	29
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	30
	LIITE 1 TUOTANTOTIEDOT KUMPULA	32
	LIITE 2 TUOTANTOTIEDOT LAURINNIEMI	33
	LIITE 3 KUMPULAN KOKONAISPÄÄSTÖT	34
	LIITE 4 LAURINNIEMEN KOKONAISPÄÄSTÖT	35

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutos koskettaa jokaista ihmistä maapallolla. Sen hillitsemiseksi on asetettu päästörajoja ja tavoitteita. Euroopan unionissa on esimerkiksi asetettu vuoden 2030 tavoitteeksi ainakin 40 prosenttia pienemmät päästöt kuin vuonna 1990 (Euroopan ympäristökeskus 2017). Niihin pääsemiseen on tehtävä työtä myös maaseudulla. Yksi lähtökohta työn tekemiseen ilmastonmuutoksen torjumisessa on tutkimus. Tutkimus antaa tietoa päästöjen lähteistä ja tarjoaa keinoja niiden vähentämiseen.

Ilmastonmuutokseen liittyvät olennaisesti kasvihuonekaasupäästöt. Kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi. Muun muassa tuote-, toiminta- ja palvelu kohtaisia kasvihuonekaasupäästöjä voidaan mitata laskemalla hiilijalanjälki. Hiilijalanjälki on esimerkiksi toiminnan tuottamien kasvihuonekaasujen kokonaismäärä. (Syke s.a.) Hiilijalanjäljen ja kasvihuonekaasupäästöjen yksikkönä on hiilidioksidiekvivalentti. Hiilidioksidiekvivalentti on ilmastotieteen termi, jolla tarkoitetaan ilmastonmuutoksen voimistumiseen vaikuttavaa kaikkien kasvihuonekaasujen määrää (Tieteen termipankki 2014).

Maatalous on yksi merkittävimmistä kasvihuonekaasujen tuottajista energiasektorin jälkeen. Maataloudessa kasvihuonekaasupäästöjä muodostuu eniten maatalousmaasta, kotieläinten ruoansulatuksesta ja lannankäsittelystä sekä energian kulutuksesta. Merkittävin maatalousmaan päästölähde on eloperäiset maat. (Tilastokeskus 2018.) Eloperäisten maiden kasvihuonekaasupäästöjä voidaan hillitä keventämällä muokkausta ja pitämällä pellot kasvipeitteisinä esimerkiksi nurmella (MTT 2005, 9).

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan maidontuotantotilojen hiilijalanjälkeä. Opinnäytetyössä lasketaan kahden pohjoiskarjalaisen maitotilan kasvihuonekaasupäästöt olemassa olevaa laskuria hyödyntäen. Tietoa ilmastonmuutoksesta ja sen vaikutuksesta maatalouteen sekä päästöistä ja niiden vähentämisestä kootaan opinnäytetyöhön luotettavista lähteistä kuten Luonnonvarakeskuksen tutkimuksien raporteista ja oppaista.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Ilmastoviisaita ratkaisuja maaseudulle -hanke (Vilma-hanke). Vilma-hanke on Luonnonvarakeskuksen koordinoima valtakunnallinen ilmastonmuutoksen hillintään ja sen vaikutuksiin sopeutumiseen tähtäävä maaseutuhanke. Hankkeen tarkoituksena on tiedottaa ja opastaa ilmastonmuutokseen liittyvissä kysymyksissä maaseudulla. Hankeen aikana järjestetään työpajoja ja webinaareja eri puolella Suomea. Webinaareihin voi osallistua myös etänä ja luennot ovat kuunneltavissa myöhemminkin. (Vilma-hanke 2016.)

Opinnäytetyön tavoitteena on tuoda lisätietoa suomalaisen, pohjoiskarjalaisen maitotilan hiilijalanjäljestä. Samalla tutkimuksessa olevat tilat saavat tietoa kasvihuonekaasulähteistä ja hiilijalanjäljen pienentämismahdollisuuksista. Opinnäytetyössä kerrotaan ilmastonmuutoksesta ja hiilijalanjäljestä sekä testataan FarmCALC 2.1 -laskuria.

2 HIILIJALANJÄLKI JA KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT

Hiilijalanjälki- käsite tarkoittaa tuotteen, palvelun tai toiminnan valmistuksen, käytön ja hävityksen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä kokonaisuudessaan. Ihmisen hiilijalanjälki sisältää päästöjä muun muassa asumisesta, liikkumisesta, ruoasta ja kulutuksesta. Yksityistalouksissa suurimmat kasvihuonekaasupäästöt muodostuvat asumisesta eli lämmityksestä, sähkönkäytöstä ja rakentamisesta. Liikkuminen ja ensisijaisesti autoilu ovat myös suuria kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajia. (Syke s.a.)

Merkittävimpiä kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi. Hiilidioksidi on yleisin kasvihuonekaasu jota muodostuu palamisessa ja sen ihmisen tuottaman vaikutuksen hajoaminen ilmakehästä kestää jopa satoja vuosia. Ilmastonmuutoksen pääsyy on fossiilisten polttoaineiden käytön seurauksena ilmakehään päätynyt hiilidioksidi. (Ilmatieteenlaitos s.a. b.) Metaania syntyy hapettomassa hajoamisessa muun muassa turvesoilla, märehtijöiden ruoansulatuksessa ja märän puun huonossa palamisessa. Se hajoaa ilmakehässä vedeksi ja hiilidioksidiksi noin kahdessatoista vuodessa. (Ilmatieteenlaitos s.a. c.)

Dityppioksidia syntyy lähinnä maataloudessa ja maaperässä. Dityppioksidi on voimakkaasti lämmitävä kasvihuonekaasu, vaikka sen pitoisuudet ovat ilmakehässä vähäisemmät kuin hiilidioksidin ja metaanin. Dityppioksidin poistuminen ilmakehästä vie noin 110 vuotta. Dityppioksidi hajoaa ainoastaan ilmakehän ylimmissä kerroksissa korkeaenergisien ultraviolettisäteilyn avulla. (Ilmatieteenlaitos s.a. d.)

Muita kasvihuonekaasuja ovat niin sanotut halogenoidut hiilivedyt, joissa osa vetyatomeista tai ne kaikki ovat korvautuneet fluorilla tai kloorilla. Nämä ovat voimakkaita kaasuja, jotka vaikuttavat myös otsonikerrokseen. Niiden hajoaminen kestää fluoripitoisuudesta riippuen noin yhdestä vuodesta jopa 50 000 vuoteen. Halogenoituja hiilivetyjä on ilmakehässä huomattavasti vähemmän kuin muita kasvihuonekaasuja ja niiden vaikutus ilmaston lämpenemiseen on vähäinen muihin verrattuna. Halogenoitujen hiilivetyjen päästölähteitä ovat kylmälaiteet ja teollisuus. Ne eivät ole luonnollisia kaasuja. (Ilmatieteenlaitos s.a. e.)

3 ILMASTONMUUTOS MAAILMALLA JA SUOMESSA

Ilmastonmuutos on kasvihuonekaasujen vaikutuksesta johtuvaa ilmaston keskilämpötilan nousua eli ilmaston lämpenemistä. Ilmastomallien mukaan lämpeneminen keskittyy manneralueille, erityisesti pohjoisen pallonpuoliskon pohjoisosiin sekä meristä kaukana oleville, kuiville alueille. (Ilmatieteen laitos s.a. a.) Jo nyt on maapallon keskilämpötila noussut yhden asteen esiteolliseen aikaan verrattuna (IPCC 2018). Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta trooppisten myrskyjen voima kasvaa ja haihdunta lisääntyy kaikkialla. Sadannan lisääntyminen keskittyy lähinnä korkeille leveyspiireille ja alemmilla leveyspiireillä sateen määrä vähenee. Monsuunialueilla sadekaudet tulevat olemaan voimakkaampia kuin ennen ja talvikausi kuivempi. Jäätiköt sulavat vähitellen, mikä aiheuttaa meren pinnan nousua sekä muutoksia merivirroissa. (Ilmatieteen laitos s.a. a.)

Ilmastoennusteiden mukaan Suomen ilmasto muuttuu enemmän talvella kuin kesällä. Suomen keskilämpötila on noussut yli kaksi astetta viimeisen 150 vuoden aikana. Lämpötilan nousu näkyy voimakkaimmin alkutalvesta, erityisesti joulukuussa. (Ilmatieteen laitos 2018.) Keskilämpötilan nousu on pohjoisilla leveyspiireillä nopeampaa kuin muualla maailmassa. Lumen määrä vähenee etenkin eteläisessä ja keskisessä Suomessa ja kovia pakkasia ilmenee vähemmän. Sateiden määrä ja pilvisuus talvisin lisääntyvät. Sademäärän ennustetaan kesällä pysyvän lähes muuttumattomana, mutta sateet tulevat enenemässä määrin rankkasateina. Kesällä hellejaksoja on enemmän ja uusia lämpöennätyksiä syntyy. Itämerellä talvinen jääpeite ohenee ja veden korkeus nousee. (Ilmatieteen laitos 2017.)

YK:n ilmastonmuutosta koskeva puitesopimus tuli voimaan vuonna 1994. Sitä täydentämään laadittiin vuonna 1997 Kioton pöytäkirja. Kioton pöytäkirja tuli voimaan ratifioinnin jälkeen vuonna 2005. Euroopassa ilmastonmuutoksen torjuntaa ohjaa Euroopan Unionin ilmastopolitiikka, missä ensimmäisessä vaiheessa vuosina 2008–2012 tavoitteena oli vähentää kasvihuonekaasupäästöjä kahdeksan prosenttia vuoden 1990 tasolta. Toisessa vaiheessa vuosina 2013–2020 kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta. (Syke 2015 a.)

YK:n ilmastopöytäkirjan osapuolikokouksessa 21.12.2015 tehtiin Pariisin ilmastopöytäkirja, johon lähes kaikki maailman maat ovat valmiita sitoutumaan. Sopimus on kattava ja oikeudellisesti sitova ja se täydentää ilmastonmuutoksen puitesopimusta. Pariisin sopimuksen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu esiteolliseen aikaan verrattuna reilusti alle kahdessa asteessa ja ilmastonmuutosta torjuvien toimien vaikutuksella alle 1,5 asteessa. Tuloksia tarkastellaan viiden vuoden välein maailmanlaajuisesti. Sopimus astui voimaan 4.11.2016. (Ympäristöministeriö 2016.)

Suomen tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Suomi on hyväksynyt Euroopan unionin energia- ja ilmastopaketissa sovitun tavoitteen vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä vuoteen 1990 verrattuna. Vähennyksiin pyritään energiatehokkuuden lisäämisellä, energian säästöllä ja uusiutuvan energian lisäämisellä. Suomessa tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 16 prosenttia päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla eli esimerkiksi rakentamisessa, asumisessa, lämmityk-

sessä, maataloudessa, liikenteessä ja jätteiden käsittelyssä. Uusiutuvan energian tavoitteena on 38 prosenttia käytetystä energiasta. (Ympäristöministeriö 2018.)

3.1 Ilmastonmuutoksen haitat ja hyödyt Suomen maataloudessa

Ilmastonmuutos tuo muutoksia myös maatalouteen. Maailman mittakaavassa ruoantuotanto on vaikeutumassa perinteisten viljelyalueiden kuivumisen vuoksi. Ihminen voi auttaa luontoa sopeutumaan ilmastonmuutokseen. Ruoantuotannossa voidaan käyttää viljelykasveja, jotka sopeutuvat muuttuviin olosuhteisiin.

Ilmastonmuutos tuo suomalaiselle maataloudelle merkittäviä haasteita, mutta myös hyötyä. Säiden vaihteluiden aiheuttamat haasteet ovat suurimmat haitalliset vaikutukset. Niiden vaikutukset yltyvät koko ruokaketjuun ja huoltovarmuuteen. Kotimainen ruoantuotanto olisi kuitenkin olosuhteista huolimatta säilytettävä. (Peltonen-Sainio ym. 2017, 38.)

Ilmaston lämpeneminen pidentää kasvukautta, mikä lisää viljeltävien kasvien valikoimaa koko Suomessa. Lämpimämmässä maaperässä orgaanisen aineksen hajoaminen ja hiilen sekä ravinteiden vapautuminen tapahtuvat nopeammin, mikä nopeuttaa ja parantaa kasvin kasvua. Ilmaston lämpenemistä aiheuttava kasvihuonekaasu hiilidioksidi nopeuttaa kasvien yhteyttämistä ja parantaa veden käyttöä. (MTT 2005, 4.) Kasvukauden pidentyminen tuo uusia kasvilajeja ja lajikkeita viljelyyn. Niiden viljelyä auttavat myös lauhemmat talvet. Kasvukauden pidentyminen koko maassa helpottaa pidempää kasvukautta vaativien kasvien kuten vehnän sekä öljy- ja palkokasvien viljelyä entistä pohjoisempana. (Peltonen-Sainio ym. 2017, 7.)

Säänvaihtelut ovat suomalaiselle maanviljelijälle tuttuja jo nykyään. Ilmastonmuutoksen myötä vaihtelevuus lisääntyy ja sään ääri-ilmiöiden kuten voimakkaiden rankkasateiden todennäköisyys kasvaa. Säämuutokset aiheuttavat myös satovaihtelua ja satokuiluja. Satokuilulla tarkoitetaan potentiaalisen sadon ja toteutuneen sadon eroa. Pidentynyt kasvukausi uusien viljelykasvien myötä tuo Suomeen uusia kasvintuhoojia. Kasvukauden pidentyminen saattaa lisätä myös rikkakasvien kilpailuvoimaa viljelykasveihin nähden. Sään ääri-ilmiöt voivat kasvattaa maan rikkasiemenpankkia voimakkain sykyksin, kun säätilan aiheuttamat satovahingot ovat merkittäviä. (Peltonen-Sainio ym. 2017, 8–9.)

Syyskylvöisten kasvien talvehtiminen voi heikentyä talviaikaisen säänvaihtelun vuoksi. Kylmien ja leutojen jaksojen vuorottelu, lumen vähäisyys ja maan sulaminen sekä uudelleen jäätyminen vaikeuttavat kasvien talvehtimistä. Ilmastonmuutoksen aiheuttama talvien pysyvä leudontuminen, joka parantaa syyskylvöisten lajien menestymistä, olisi ennusteiden mukaan edessä vasta useamman vuosikymmenen kuluttua. Syksyisin lisääntyvä sadanta voi heikentää syyskylvöisten kasvien itämistä ja taimettumista. (Peltonen-Sainio ym. 2017, 9.) Roudan puutos altistaa syyskylvöiset kasvit lumihomeelle ja heikentää savimailla mururakenteen muodostusta (Tolpo 2018).

Ilmastoennusteiden mukaan kuivuus lisääntyy, vaikka sademäärät pysyisivät samana. Tämä johtuu sateiden kuuroluonteisuudesta. Kuuroluonteinen sade ei pysty täyttämään kasvien tasaista veden tarvetta. Kesän kohoavat lämpötilat lisäävät haihduntaa, jolloin kasvin veden tarve lisääntyy. (Peltonen-Sainio ym. 2017, 10.) Vuoden 2018 kesä on osoittanut miten suuri vaikutus kuivuudella on satotappioihin. Keväällä alkaneet helteet kuivattivat kevät kosteuden nopeasti, jolloin kylvöjen itämisessä oli ongelmia etenkin rinnepelloilla. Koko kesän jatkunut vähäinen sadanta heikensi kasvua ja saadoista tuli pienet.

Ilmastoennusteiden mukaan viljelysmaan rakenne ja ominaisuudet heikkenevät mistä on jo merkkejä. Myös maaperän hiilivarannot ovat vähentyneet. Viljelysmaan rakenteen ja ominaisuuksien parantaminen on mahdollista, mutta hidasta. Viljelysmaan heikkenemisen lisäksi myös eroosio sekä torjunta-aineiden ja ravinteiden huuhtoutuminen lisääntyy ilmastoennusteiden mukaan. Huuhtoutumisen ja eroosion riskiä kasvattaa sateiden lisääntyminen syksyllä ja talvella sekä rankkasateet. (Peltonen-Sainio ym. 2017, 13.)

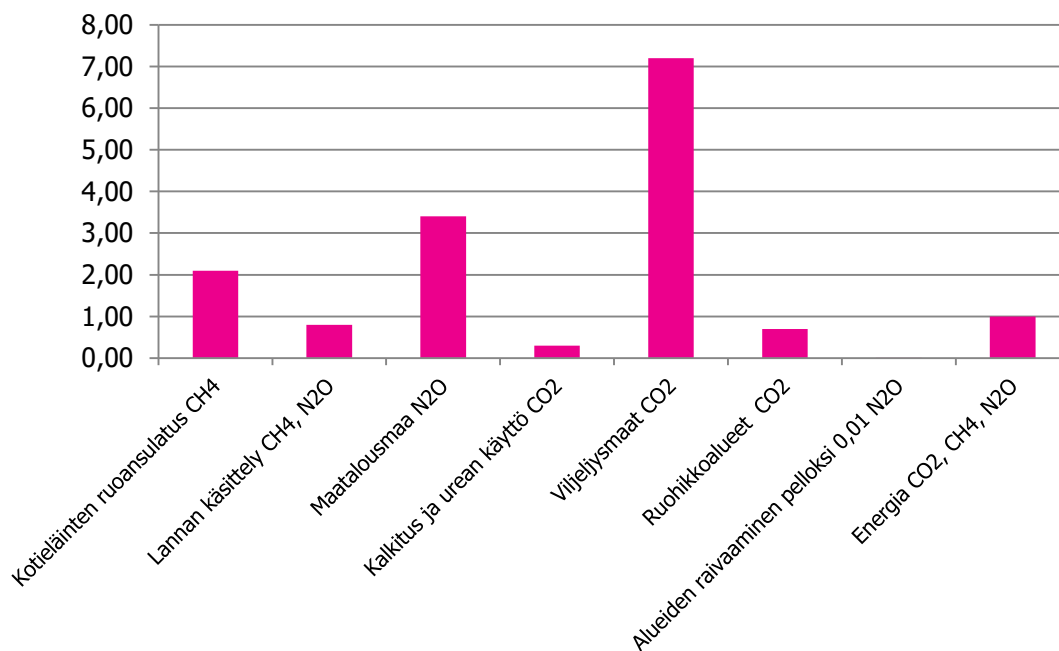
3.2 Maatalouden päästölähteet ja päästöjen vähentäminen

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 12 prosenttia Suomen kokonaispäästöistä. Se on toiseksi suurin päästölähde energiasektorin jälkeen, mihin sisältyy suurimpina energiateollisuus, kotimaan liikenne, teollisuus ja rakentaminen. Vuonna 2017 energiasektorilla muodostui 74 prosenttia Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Kasvihuonekaasupäästöt raportoidaan ilmastopöytäkirjalle vuosittain 15.4. mennessä. Maatalouteen liittyviä päästöjä muodostuu kolmella päästöjen raportoinnin sektorilla: maataloussektorilla ja maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous (LULUCF) -sektorilla sekä energiasektorin maatalouden energian osuudella. (Tilastokeskus 2018.)

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat metaania CH₄, hiilidioksidia CO₂ ja dityppioksidia N₂O. Kuviossa 1 käy ilmi maatalouden suurimmat päästölähteet. Maatalousmaan dityppioksidi-päästöt ovat 53 prosenttia maataloudensektorin päästöistä. Kotieläinten ruoansulatuksen metaanipäästöt ovat 32 prosenttia maataloudensektorin päästöistä. Lannankäsittelystä tulee sekä metaani- että dityppioksidipäästöjä, jotka ovat 11 prosenttia maataloudensektorin päästöistä. (Tilastokeskus 2018.)

Suomen maataloussektorin kokonaispäästöt vähenivät 11 prosenttia vuosina 1990–2011. Nautakarjan ja typpilannoituksen päästöt ovat vähentyneet, mutta eloperäisten maiden käyttöön otto uusina raivioina lannanlevitysalatarpeen kasvaessa on lisännyt maaperän di-typoksiidi-päästöjä tällä vuosituhannella. Eloperäisiä maita on uudesta, vuosina 2000–2009 käyttöön otetusta peltoalasta noin 30 prosenttia. (Regina ym. 2014, 13.)

Kasvihuonekaasut milj. tonnia CO₂-ekv.



KUVIO 1. Maatalouden päästölähteet . (Tilastokeskus 2018.)

Maatalousmaan tuottamissa päästöissä ja maan kyvyssä sitoa hiiltä on eroa, mikä johtuu maalajeista. Esimerkiksi turvemaan päästöt ovat suuria verrattuna kivennäismaahan. Maankäytön muutoksien yhteydessä maaperän hiilidioksidi- ja dityppioksidi päästöt ovat suurimpia. Tällainen muutos on esimerkiksi metsän raivaaminen pelloksi, jolloin maan pintakerroksen orgaaninen aines altistuu hajottaville mikro-organismeille maan muokkauksen takia. (Regina ym. 2014, 14.)

Maatalousmaan suurimmat päästöt tulevat eloperäisiltä mailta, joissa muokkaaminen ja lannoitus kiihdyttävät eloperäisen aineksen hajoamista. Kivennäismaat ovat kesän sääoloista riippuen enimmäkseen hiiltä sitovia. Uusista alle kaksikymmentä vuotta sitten käyttöön otetuista kivennäismaista tulee jonkin verran kasvihuonekaasupäästöjä. Nurmialueilla kivennäismaiden hiilensitomiskyky on huomattavasti suurempi, kuin yksivuotisten kasvien viljelyssä. Kasvillisuus auttaa hiilen sitomisessa juuristoon, juurieritteisiin ja kasvintähteisiin yhteytyksellä. Kasvintähteiden ja juuriston orgaanisten aineksien hajoaminen tuottaa hiilidioksidia, mutta osa hiilestä jää maahan maa-aggregaattien sisälle ja sitoutuneena saveshiukkasiin. (Regina ym. 2014, 14–15.)

Maatalouden energiapäästöihin sisältyvät maatalouskoneiden, viljankuivauksen ja lämmityksen päästöt. Maatalouden energiapäästöjen vähentäminen ei juuri vaikuta koko energiasektorin päästöihin sen pienen osuuden vuoksi. Tämän takia energiapäästöjen vähentäminen kannattaa ottaa huomioon koko maataloussektorin päästövähennyksissä. (Regina ym. 2014, 16.)

Maa- ja metsätalousministeriö on tehnyt oppaan maatalouden päästöjen vähentämisestä: Maatalouden ilmasto-ohjelma – Askeleita kohti ilmastoystävällistä ruokaa. Opas sisältää viljelijälle suunnattuja ohjeita kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen ja viimeisissä toimenpiteissä myös kuluttajan näkökulman. Maatalouden ilmasto-ohjelmassa on tunnistettu kahdeksan tärkeintä toimenpidettä ruo-

antuotannon ja -kulutuksen alueella. Ensimmäinen toimenpide on hiilen sitominen maaperään. Lisäämällä maaperään orgaanista ainesta parannetaan pellon veden- ja ravinteiden pidätyskykyä. Tämä parantaa pellon tuottavuutta ja sopeutumiskykyä sekä kasvattaa maaperän hiilivarastoja, mikä vähentää hiili- ja typpipäästöjä maaperästä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2014, 9.)

Turvemaiden käyttöön liittyvät toimet ovat toinen mainittu toimenpide. Turvemaiden muokkaaminen lisää turpeen hajoamista ja samalla hiilipäästöjä ilmakehään. (Maa- ja metsätalousministeriö 2014, 9.) Pitkäaikainen nurmenviljely turvemaidella vähentää päästöjä. Turvemaiden suorakylvöllä voidaan vähentää hiilipäästöjä, mutta typpipäästöt voivat lisääntyä. Myös pohjaveden nosto turvemaidella vähentää hajotustoimintaa ja samalla hiilipäästöjä. (Regina ym. 2014, 29–30.)

Kolmas toimenpide liittyy kasvinjalostukseen. Jalostuksen tavoitteena on tuottaa viljelykasveja vaihteleviin ja muuttuviin olosuhteisiin. Alkuperäislajikkeet, jotka ovat sopeutuneet suomalaisiin olosuhteisiin, ovat tärkeitä geenivarantoja uusien ominaisuuksien kehittämisessä kasvinjalostuksessa. Kasvilajin- ja lajikkeen valinnalla viljelijä voi vaikuttaa kannattavuuteen ja kestävään maatalouteen. Lajikkeen mukaan voidaan myös lannoitusta ja kasvunsaateiden tai torjunta-aineiden käyttöä optimoida. (Maa- ja metsätalousministeriö 2014, 9.)

Kasvin- ja eläinterveys sekä haitallisten vieraslajien leviämisen estäminen on neljäs toimenpide. Lämpenevän ilmaston myötä Suomeen voi levitä haitallisia kasvintuhoojia sekä eläintauteja. Näiden seurantarjestelmiä on kehitettävä edelleen. Muualla maailmassa käytetyt energiakasvit voivat Suomen olosuhteissa muodostua haitallisiksi vieraslajeiksi. Tällaisten uusien kasvilajien käyttöönotossa on oltava varovainen ja niiden leviäminen on estettävä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2014, 9.)

Viides toimenpide koskee lannan käsittelyä ja typpilannoituksen tarkentamista. Lannasta aiheutuvia ammoniakki- ja metaanipäästöjä voidaan vähentää ravinteita kierrättämällä sekä lannan käsittelyä tehostamalla. Samalla voidaan korvata fossiilisella energialla tuotettua typpilannoitetta. (Maa- ja metsätalousministeriö 2014, 9.) Lannan käsittely biokaasutuksella muuttaa ravinteet liukoiseen muotoon, mikä auttaa kasveja käyttämään ravinteet kokonaan hyödyksi. Separoimalla lietelannasta kiintoaine ja neste erikseen saadaan typpipitoista nestemäistä lannoitetta ja fosforipitoista kiinteää lannoitetta, joita on helppo siirtää kauemmaksi tilalta. (Regina ym. 2014, 21–22.) Tämä parantaa mahdollisuutta levittää lanta jo olemassa oleville peltoalueille, eikä uuden pellon raivaamisen tarvetta lannanlevitysalaksi ole (maa- ja metsätalousministeriö 2014, 9).

Maatilan energiatehokkuuden parantaminen ja uusiutuvan energian tuotanto ja käyttö ovat kuudes toimenpide. Parantamalla energiatehokkuutta vähennetään päästöjen syntymistä tuotettua energiayksikköä kohti. Uusiutuva energia korvaa fossiilista energiaa. Sen tuottaminen ja käyttäminen vaikuttaa positiivisesti aluetalouteen ja parantaa huoltovarmuutta. (Maa- ja metsätalousministeriö 2014, 10.)

Seitsemäs ja kahdeksas toimenpide koskevat eniten kuluttajia. Ruokahävikin vähentäminen koko ruokajärjestelmässä vaatii asennemuutosta, koska iso osa poisheitetystä ruoasta on edelleen syönteikelpoista. Ruokahävikki rasittaa ilmastoa nimenomaan turhaan tuotetun ruoan ilmastovaikutuksilla. Lihan syönnin vähentäminen on yksi tehokas keino vähentää ruoantuotannon ja -kulutuksen kasvihuonekaasupäästöjä. Valitsemalla kestävimmin tuotetun lihan, vähennetään lihantuotannon ilmastovaikutuksia. Tuotantopanosten tehokkaan käytön näkökulmasta tämä tarkoittaa yhdistettyä maidon- ja lihantuotantoa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2014, 10, 22–23.)

4 HIILIJALANJÄLKILASKURI

Tutkimuksen tekemisen alussa tutustuttiin kahteen erilaiseen hiilijalanjätkilaskuriin. Ensimmäinen oli Euroopan komission englanninkielinen erittäin laaja laskuri Carbon Calculator. Tämä laskuri on tehty ensisijaisesti Keski-Euroopan olosuhteisiin (Kekkonen 2015). Käyttämäni laskuri on FarmCALC 2.1 -kasvihuonekaasulaskuri maatiloille. Laskuri ei ole vielä julkisesti saatavissa. Laskuri on tehty osana Kasvinviljely- ja kotieläintilojen välinen yhteistyö ja tuotannon kestävä tehostaminen (Keste) -hanketta. Laskurin tekijä on Aki Niemelä Helsingin yliopiston maataloustieteiden laitokselta. (Niemelä 2016.)

Tutkimuksessa käytettiin FarmCALC 2.1 -laskuria, koska siinä on sovellettu saatavissa olevia kotimaisia päästökertoimia. Suomalaisia päästökertoimia käyttämällä päästään oikeampiin tuloksiin Suomessa syntyvistä kasvihuonekaasupäästöistä. Laskurin valintaan vaikuttivat myös laskurissa käytetty kieli ja laskurin yksinkertaisuus verrattuna Euroopan komission tuottamaan laskuriin. FarmCALC 2.1 -laskurissa kirjataan kasvinviljelyn ja kotieläintuotannon tiedot halutulta vuodelta. Laskuri laskee niistä muodostuvat päästöt virallisten ja kansallisten päästökertoimien perusteella. Päästökertoimien lähteinä on muun muassa VTT:n, IPCC:n ja Tilastokeskuksen tekemiä tutkimuksia. Lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden valmistuksesta muodostuvat päästöt lasketaan mukaan maatilan hiilijalanjälkeen.

Tervetuloa käyttämään FarmCALC -kasvihuonekaasulaskentamenetelmää maatiloille!
Versio 2.1.

Maatilan tiedot syötetään seuraaville välilehdille:
Peltoviljely, Tilan kasvintuotannon tiedot tälle välilehdelle
Eläinmäärät, Tilan eläintuotannon tiedot tälle välilehdelle

Tulokset ovat luettavissa seuraavilta välilehdiltä:
Tulokset, Pelto; Peltoviljelyn päästöt
Tulokset, Eläin; Eläintuotannon päästöt
Yhteenveto; Tärkeimpiä kuvaajia tilan päästöistä

Muilta välilehdiltä käy ilmi laskentaperusteet kullekin päästöarvolle.

Antoisia laskentahetkiä!

Aki Niemelä, Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos.
 Osana "Kasvinviljely- ja kotieläintilojen välinen yhteistyö ja tuotannon kestävä tehostaminen" (Keste) hanketta.
 Helsingissä 10.10.2015

KUVA 1. FarmCALC 2.1 -hiilijalanjätkilaskurin etusivu (Niemelä 2015).

Laskuriin kirjattavat kasvintuotannon tiedot jaotellaan viljelytietoihin, polttoaineen kulutukseen ja lannoitustietoihin. Lisäksi kirjataan kasvinsuojeluaineiden käyttö tehoaineen määränä, pellosta kerättyjen kasvintähteiden osuus prosentteina ja nurmen kiertoaika. Jokaisen viljelykasvin pinta-alat kirjataan taulukkoon. Viljelytiedoissa kirjataan jokaiselle viljelykasville kokonaissato, joka on saatu koko kasvin viljelyalalta. Sen perusteella ohjelma laskee keskisadon. Lisäksi kirjataan ostettujen siementen kokonaismäärä, josta ohjelma laskee käytetyn siemenmäärän hehtaaria kohden. Omien siementen hiilijalanjälki sisältyy sadontuottoon. Polttoaineen kulutuksessa kirjataan viljelytoimissa kulunut

traktorin polttoaine, puimurin polttoaineet ja viljankuivakseen käytetyn polttoaineen määrä. Polttoaineella tarkoitetaan kevyttä polttoöljyä. Laskuri ei ota huomioon vaihtoehtoisia polttoaineita. Lannoitustiedoissa merkitään kasvilajikohtaisesti synteettisten lannoitteiden typen, fosforin ja kaliumin kokonaismäärät. Erikseen merkitään levitetyn lannan kokonaistypen määrä.

Tuotantoeläinten tiedot kirjataan omalle välilehdelle. Jokaisen tuotantoeläimen määrä kirjataan erikseen. Lisäksi kirjataan vuoden aikana tuotetun maidon ja lihan kokonaismäärä sekä laidunkauden pituus. Lannan käsittelyssä kirjataan tuotetun lannan kokonaismäärät ja niiden sisältämän kokonaistypen määrä, joka on sama kuin pelloille levitetyn lannan kokonaistypen määrä, kun kaikki karjanlanta levitetään omille pelloille. Eläinten syömien rehujen kulutus kirjataan rehujakeittain säilörehusta, kuivaheinästä ja laitumesta kuiva-ainekiloina ja viljoissa ja ostorehuissa kilogrammoina. Rehuista myös kirjataan tilalla tuotetun rehun määrä, jotta rehun tuotannon päästöjä ei lasketa useaan kertaan. Laitumen päästöarvo on tilakohtainen johtuen laitumen käytöstä ja viljelyn kasvihuonekaasupäästöistä. Lisäksi kirjataan käytetyn kuivikkeen määrä, kun kuivitukseen käytetään turvetta, sähkönkulutus ja polttoaineen kulutus kotieläinten hoitoon liittyvässä traktorin käytössä ja lämmityksessä.

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat: Mitä hiilijalanjälki tarkoittaa maidontuotannossa? Minkä verran maitotilan eri päästölähteistä syntyy kasvihuonekaasupäästöjä? Tutkimuksessa tutustuttiin hiilijalanjälkilaskuriin ja laskettiin esimerkkinä kahden maitotilan hiilijalanjälki. Ongelmaa lähestyttiin tutustumalla edeltäviin tutkimuksiin ja lähdekirjallisuuteen. Ongelman selvittämiseksi tutkittiin kahden pohjoiskarjalaisen maitotilan hiilijalanjälki käyttämällä Helsingin yliopiston Maataloustieteiden laitoksella kehitettyä FarmCALC 2.1 -laskuria.

Tutkimuksen tarkoitus on kartoittaa hiilijalanjälkeen kuuluvia kasvihuonekaasupäästöjä maidontuotantoa toteuttavalla maatilalla ja etsiä selityksiä päästöjen lähteille ja keinoja niiden vähentämiseen. Maanviljelyssä ja maidontuotannossa on aikaisemmin tilakohtaisesti keskitytty enimmäkseen tuotannon seurantaan talouden ja tuottavuuden kannalta. Hiilijalanjäljen laskenta tehdään samoista lähteistä, mutta sillä haetaan eri tuloksia ja uusia näkökulmia myös maatalouden kehittämisen kannalta.

Opinnäytetyössä toteutettava tutkimus on tapaustutkimus, jossa haetaan tietoa hiilijalanjäljestä ja kasvihuonekaasupäästöistä rajatulta ja pieneltä joukolta. Tässä tapaustutkimuksessa tutkimus tehdään pienelle joukolle, jolta kerätään aineistoa haastattelemalla ja dokumentteja tutkien. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kahta yksittäistä maatilaa ja keskitytään näiden kahden tilan hiilijalanjälkeen ja sen perusteisiin.

Tapaustutkimus on yksi kvalitatiivisen tutkimuksen lajeista (Hirsjärvi ym. 2015 s. 162). Maataloudessa ja kasvintuotannossa hiilijalanjälkeen vaikuttavat tulokset ovat suoraan yhteydessä tutkimusvuoden sääolosuhteisiin, viljelijän käyttämiin tuotantopanoksiin ja tuotantoalueeseen, missä tutkittava tila sijaitsee. Yhden maitotilan, yhden tuotantovuoden hiilijalanjälki ei vielä kerro koko maidon tuotannon hiilijalanjälkeä, mutta antaa lähtökohtia hiilijalanjäljen vertailuun ja mahdollisuuksia olosuhteet tuntien sen kehittämiseen.

5.1 Eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyön aiheen valintaan vaikutti tekijän oma kiinnostus tehdä työ ilmastonmuutokseen liittyen. Aihetta suunniteltaessa otettiin yhteyttä mahdolliseen toimeksiantajaan, jonka kanssa mietittiin rajausta. Lopulta päädyttiin maidontuotannon hiilijalanjälkeen johtuen tekijän omasta yhteydestä maidontuotantoon (aviopuoliso omistaa puolet maitotilasta) ja sen suuresta merkityksestä maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen lähteenä. Aiheen valintaan vaikuttivat myös aiemmin tehdyt aiheeseen liittyvät gradut.

Opinnäytetyössä käytettävät lähteet ovat luotettavia: ne ovat pääasiassa MTT:n ja Luken raportteja esimerkiksi tutkimuksista tai hankkeiden tuloksista sekä MTT:n ja MMM:n oppaita, jotka perustuvat tutkittuun tietoon. Lähteet ovat yhtä lukuun ottamatta julkaistu viimeisen kahdeksan vuoden aikana.

Viljelijä ja ilmastonmuutos -opas on julkaistu jo 2000-luvun alussa, mutta sen tiedot pitävät edelleen paikkaansa.

Tiedot tutkimukseen saatiin viljelykirjapidosta, rehukirjanpidosta ja eläinrekisteristä. Osa tiedoista voi olla arvioita, jolloin luotettavuus kärsii. Laskenta suoritettiin Helsingin yliopiston maataloustieteiden laitoksella luodulla laskurilla. Tuloksia voidaan vertailla keskenään sekä verrata aiempiin tutkimuksiin. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää suurimmat päästölähteet ja ohjata vähentämään päästöjä. Tilojen erot muodostuvat erilaisista kasvupaikoista ja erilaisesta ruokinnasta.

5.2 Tutkimustilat

Tutkimustiloja valittaessa päädyttiin kahteen opinnäytetyön tekijää lähellä olevaan tilaan. Opinnäytetyön aiheen laajuuden vuoksi rajattiin tilat kahteen. Kahden tilan hiilijalanjäljen laskeminen antaa vertailutietoa. Itäsuomalaisten maitotilojen hiilijalanjälkiä ei ole aiemmin tutkittu. Opinnäytetyön tekijän kotipaikan perusteella tutkimustilat valittiin Pohjois-Karjalasta.

Tutkimustilat ovat hieman Suomen keskimääräistä tilakokoa suurempia sekä peltopinta-alaltaan, että karjakooltaan. Tilojen valinnassa päädyttiin opinnäytetyön tekijän puolison maitotilaan ja samalla paikkakunnalla sijaitsevaan sukulaistilaan. Molemmat tilat osallistuivat tutkimukseen mielellään. Tilat olivat suurin piirtein samaa koko luokkaa, mutta ruokinnassa, lannankäsittelyssä ja keskituotoksessa oli eroja. Erojen pohjalta voitiin päätellä mahdollisia kasvihuonekaasupäästöjen vähennyskeinoja.

Ensimmäisellä tutkimustilalla, Kumpulassa on noin 120 hehtaaria peltoa viljelyksessä. Tilalla on vuonna 1999 rakennettu välikatollinen lypsykarjapihatto, jossa on 45 lypsylehmäpaikkaa ja noin 30 paikkaa hiehoille ja vasikoille. Tilalla oli tutkimusvuonna 2016 keskimäärin 36 lypsylehmää, 18 hiehoa ja yhdeksän vasikkaa. Lehmien lypsy tapahtuu 2*3 paikkaisella tandem-lypsyasemalla. Säilörehu jaetaan siilosta pienkuormaajalla ja väkirehun lehmät saavat kahdesta kioskista. Pihatossa on koneellinen ilmanvaihto.

Vuonna 2016 Kumpulassa tehtiin säilörehua noin 35 hehtaarilta. Kauraa viljeltiin 29 hehtaarilla ja ohraa 22 hehtaarilla. Kevätvehnää viljeltiin vajaalla 11 hehtaarilla ja syysvehnää oli 3,8 hehtaaria. Laidunalue on noin 14 hehtaaria mistä vajaa viisi hehtaaria on turvepeltoa. Nurmipeitteisenä kesantona oli vuonna 2016 noin kuusi hehtaaria peltoa. Laitumena olevaa turvepeltoa lukuun ottamatta Kumpulassa kaikki pellot ovat enemmän tai vähemmän multavia karkeitä hietamaita tai hietamoreenia.

Kumpulassa säilörehu korjataan kaksi kertaa kesässä noukinvaunulla kahteen suureen laakasiilon. Viljat puidaan kahdella pienellä omalla puimurilla ja kuivataan naapurin kuivaamossa. Tutkimusvuonna 2016 oli viljelyksessä ensimmäistä kertaa vehnää. Vehnä myytiin tutulle viljan viljelijälle, joka kävi puimassa viljan, kuivasi sen ja myi eteenpäin. Liitteestä 1 selviää Kumpulassa kasvintuotannon ja kotieläintuotannon tiedot.

Toisella tutkimustilalla, Laurinniemessä oli vuonna 2016 viljelyksessä 125 hehtaaria peltoa. Tila sijaitsee järven rannalla ja pelloista lähes puolet rajoittuu vesistöön. Laurinniemessä on parsinavetta, jota on laajennettu muutama vuosi sitten. Tilalla on käytössä aperuokinta. Parsinavetassa on noin 49 lypsylehmää, 30 hiehoa ja 25 vasikkaa. Lehmät ja hiehot pääsevät kesäisin jaloittelemaan noin 1,5 hehtaarin laitumelle.

Laurinniemessä säilörehuala oli vuonna 2016 noin 36 hehtaaria. Kauraa viljeltiin vajaalla 60 hehtaarilla ja ohraa noin 16 hehtaarilla. Nurmipeitteistä kesantoa Laurinniemessä oli tutkimusvuonna noin 11,5 hehtaaria ja laidunta puolitoista hehtaaria. Laurinniemen pelloista iso osa on savimaita.

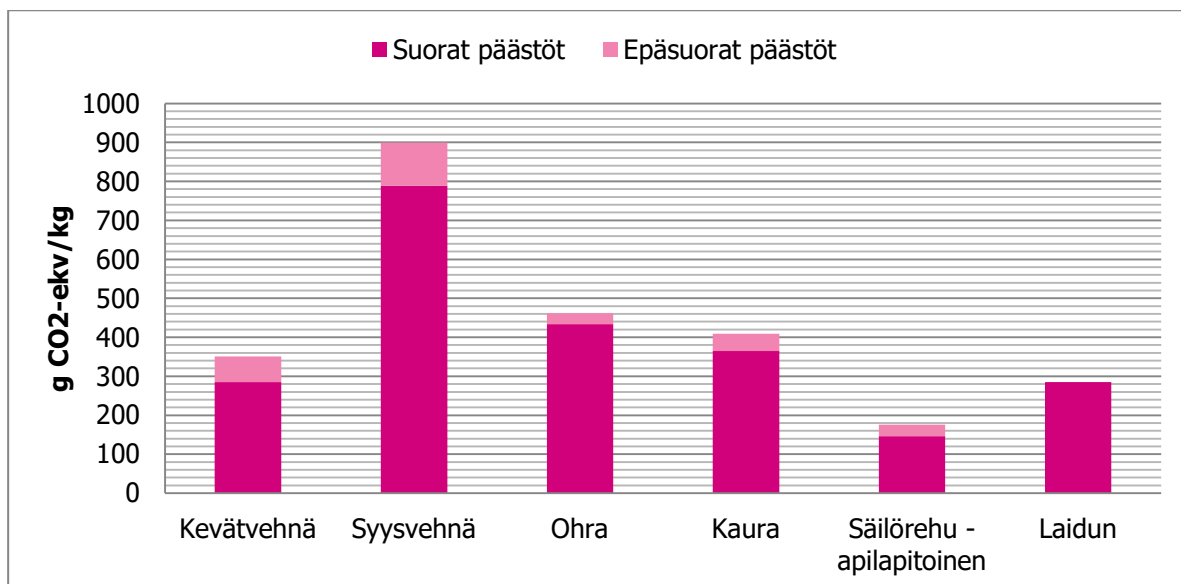
Laurinniemessä säilörehu korjataan kaksi kertaa kesässä. Osa rehusta korjataan noukinvaunulla laakasiiloihin ja osa paalataan pyöröpaaleihin. Suurin osa viljasta syötetään omille eläimille. Sekä ohran että kauran oljet kerätään kuivikkeiksi. Lisäksi kuivikkeena käytetään turvetta ja kutterin purua. Tilalla on oma puimuri ja viljan kuivaamo. Laurinniemen tuotantotiedot selviävät liitteestä 2.

5.3 Aineiston kerääminen

Aineisto kerättiin kahdelta edellä mainitulta Liperissä sijaitsevalta lypsykarjatilalta. Tutkimusvuodeksi valittiin vuosi 2016, koska silloin oli sääolosuhteiltaan melko tyypillinen kesä. Maitotilojen hiilijalanjälkilaskelmia varten tarvittavia tilojen tietoja saatiin tilojen viljelysuunnittelu- ja kirjanpito-ohjelmasta, navettakirjanpidosta ja tuotosseurannan tiedoista.

Tutkimus suoritettiin haastattelemalla tilallisia 12.12.2017 ja 14.4.2018. Hiilijalanjälkilaskelmat tehtiin täyttämällä Excel-pohjaista laskuria. FarmCALC-laskurissa tilojen tiedot merkitään kahdelle eri lomakkeelle niin, että kasvintuotannon ja kotieläintuotannon tiedot ovat omilla välilehdillään. Laskuri laskee päästökertoimien perusteella päästöt kasvintuotannolle sekä maidon- ja lihantuotannolle.

Viljelyn suunnittelu- ja kirjanpito-ohjelmasta saatiin viljelytiedot vuodelta 2016. Traktorin käytön tiedot saatiin isäntiä haastattelemalla. Kasvintuotannon päästöt muodostuvat suorista ja epäsuorista päästöistä. Suoria päästöjä ovat energiapäästöt polttoaineen kulutuksesta traktorilla, puimurilla ja viljan kuivauksessa sekä maaperän päästöt. Maaperän suoria päästöjä ovat synteettisten lannoitteiden ja lannan käytöstä muodostuvat päästöt sekä kasvijätteiden ja eloperäisten maiden hajoamisesta tulevat päästöt. Epäsuoria päästöjä ovat lannoitetypen huuhtoutumisesta ja laskeumasta muodostuvat dityppioksidipäästöt. (Regina ym. 2014, 12–16). Kuviossa 2 on esimerkki kasviviljelyn suorien ja epäsuorien päästöjen määristä tietyillä viljelykasveilla FarmCALC -laskurin mukaan.



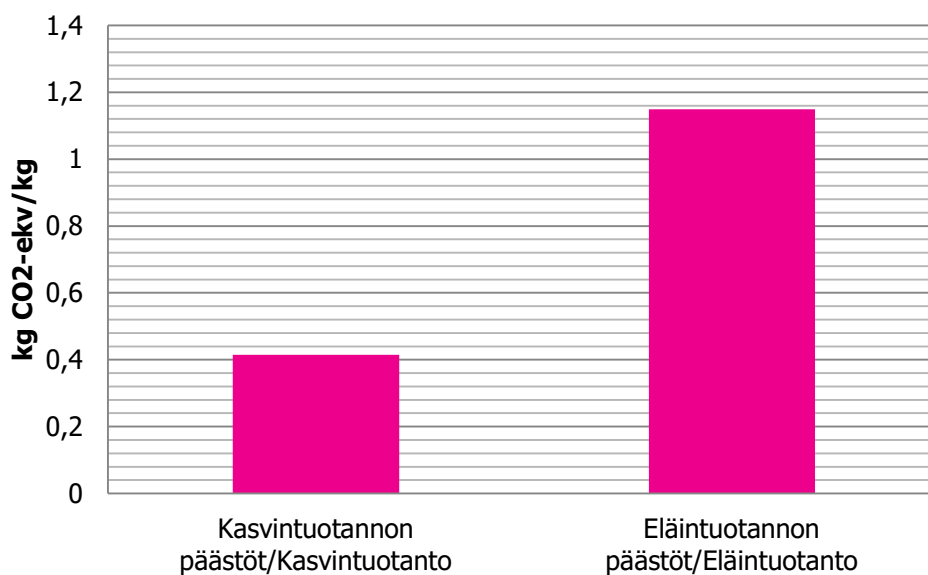
KUVIO 2. Kasvintuotannon suorat ja epäsuorat päästöt tuotettua kiloa kohti eräillä tuotantokasveilla Kumpulassa vuonna 2016

Kotieläintuotannon aineisto on saatu tuotosseurannan tiedoista, varastokirjanpidosta ja haastattelemalla isäntiä. Maatilan sähkönkulutus on kuivaamon ja kotieläintuotannon kulutusta. Traktoria käytetään säilörehun ottamisessa ja appeen teossa tutkimustilalla 2. Säilörehun jakaminen tapahtuu pienkuormaajalla tutkimustilalla 1, joka sisältyy laskelmassa traktorin polttoainepäästöihin.

Kotieläintuotannon päästöt ovat lähinnä suoria päästöjä. Ainoastaan rehutiivisteiden, rypsin ja sähkön sekä kuivitusturpeen päästöt ovat epäsuoria, koska ne ovat ostettavia tuotantopanoksia. Kotieläintuotannon päästöt jaetaan tuotettujen maito- ja lihakilojen mukaan. Kotieläintuotannon päästöt muodostuvat ruoansulatuksesta, lannankäsittelystä, rehusta ja energiasta.

6 KUMPULAN HIILIJALANJÄLKI

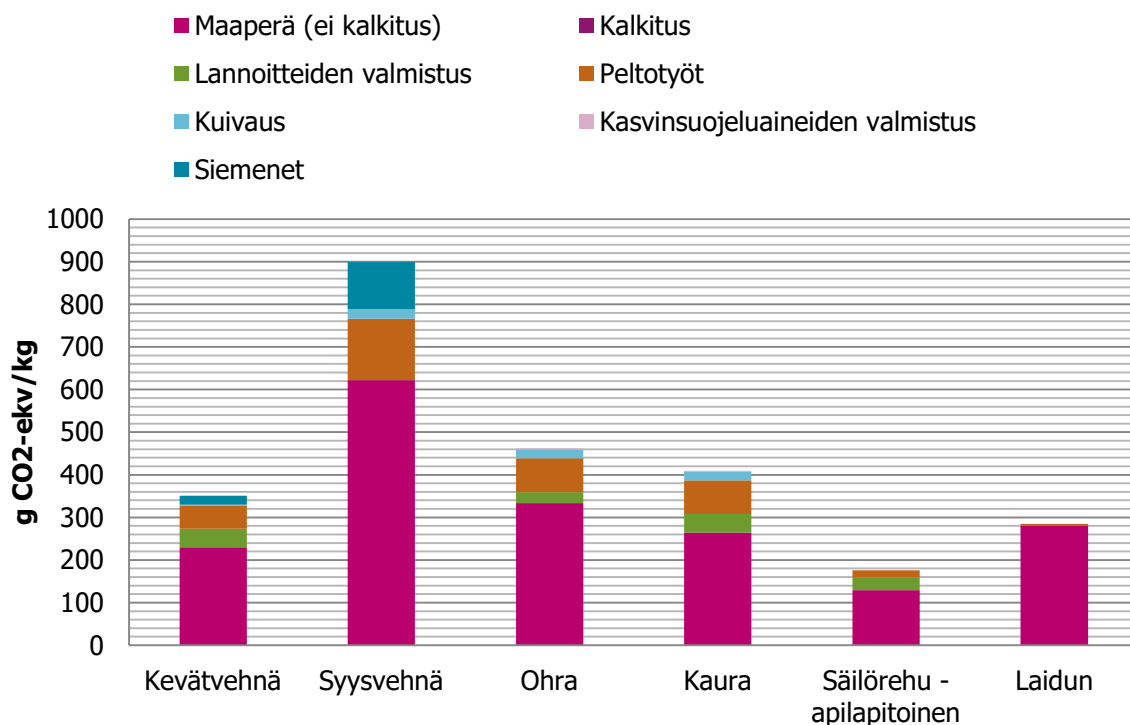
Kasvintuotannon kokonaispäästöt ovat Kumpulan maatilalla 0,41 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua kiloa kohden ja eläintuotannon päästöt 1,15 kilogrammaa (kuvio 3). Kasvintuotannon päästöistä rehuntuotantoon liittyvät kasvihuonekaasupäästöt lasketaan eläintuotannon päästöihin, kun tilan kokonaispäästö määrää lasketaan. Kumpulan maatilalla kotieläintuotannon kokonaispäästöt ovat 334 760 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia ja kasvintuotannon päästöt omien eläinten rehu- na syötettyjen kasvien päästöt pois lukien 39 512 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia (liite 3). Kumpulan maatilalla hiilijalanjälki on kokonaispäästöt yhteen laskettuna 374 272 kilogrammaa hiilidi- oksidiekvivalenttia.



KUVIO 3. Kumpulan maatilalla kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt tuotettua kiloa kohden

Kasvintuotannossa suurimmat päästöt olivat syysvehnällä (kuvio 4), mikä johtui lähinnä siitä, että tammikuussa 2016 oli lähes kolmenkymmenen asteen pakkaset, eikä suojaavaa lumipeitettä ollut lainkaan, jolloin syyskasveilla oli talvehtimisvaurioita. Heikon sadon vuoksi päästöt tuotettua vehnä- kiloa kohden muodostuivat laskelmassa suuriksi. Lannoitukseen syysvehnällä käytettiin ainoastaan karjanlantaa. Pienimmät päästöt ovat säilörehulla. Tämä johtuu kahdesta sadonkorjuuerästä kesän aikana. Kevätvehnän kasvihuonekaasupäästöt olivat 351, syysvehnän 899, ohran 462, kauran 409, säilörehun 176, kesannon 26 ja laitumen 285 grammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua kiloa kohden. Säilörehulla, kesannolla ja laitumella kasvihuonekaasupäästöt lasketaan tuotettua kuiva- ainekiloa kohden.

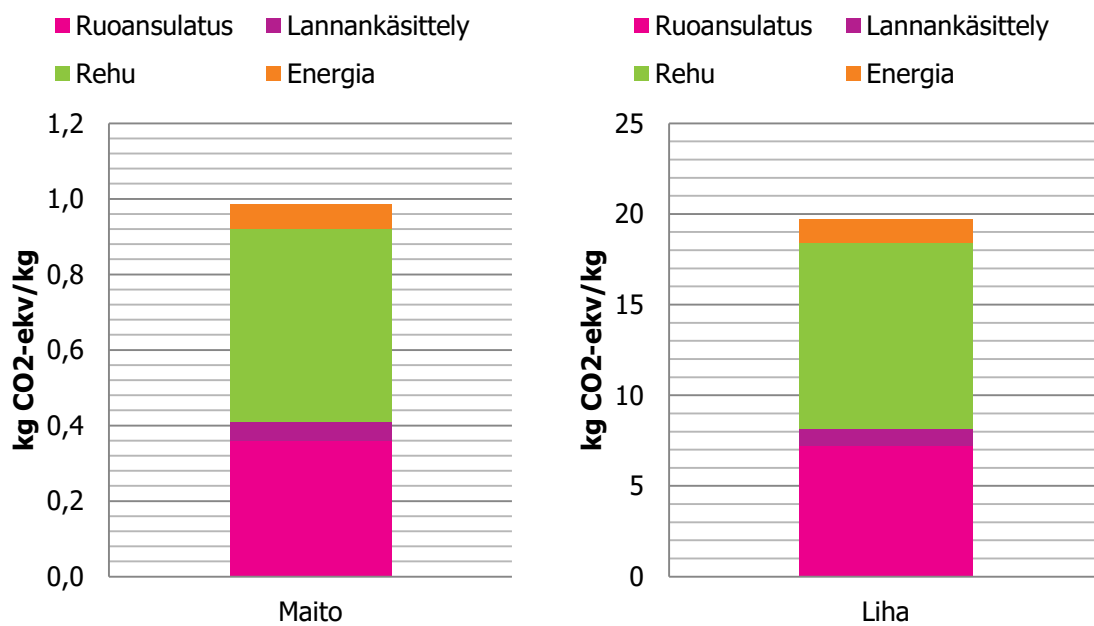
Maaperän päästöt ovat suoraan verrannollisia lannoitukseen ja sadon suuruuteen. Maaperästä tulee lähinnä hiilidioksidi- ja typpioksiduulipäästöjä. Kumpulan maatilalla ei ole panostettu kalkitukseen, mikä sulkee pois kalkituksen päästöt, mutta lisää maaperän päästöjä vaikuttamalla satoihin ja lannoituksen hyödyntämiseen. Lannoitteissa, kasvinsuojeluaineissa ja kalkituksessa maatilalla kasvihuonekaasupäästöihin lasketaan niiden valmistuksesta muodostuneet päästöt. Ohralla ja kauralla ei tule laskelmassa siemenille päästöjä, koska niissä on käytetty tilan omaa siementä, jonka päästöt sisältyvät edellisen vuoden kasvintuotannon kasvihuonekaasupäästöihin.



KUVIO 4. Kumpulan maatilán kasvintuotannon päästöt tuotettua kiloa kohden

Kuviosta 5 näkyy Kumpulan kotieläintuotannon kasvihuonekaasupäästöt päästölähteittäin. Maidontuotannon kokonaispäästöt ovat Kumpulan maatilalla 0,98 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua maitokiloa kohden ja lihantuotannon päästöt 19,7 kiloa tuotettua lihakiloa kohden. Kasvihuonekaasujen laskennalliset määrät näkyvät liitteessä 3. Kotieläintuotannon suurimmat kasvihuonekaasupäästöt tulevat rehusta ja eläinten ruoansulatuksesta. Pienemmät päästöt tulevat energiasta ja lannan käsittelystä.

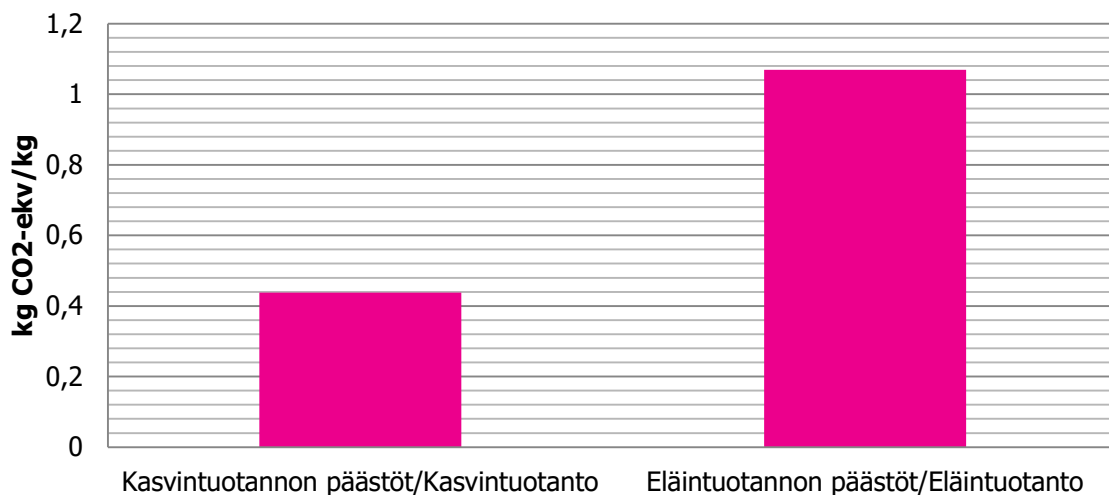
Maidon hiilijalanjäljestä rehun osuus on 0,51 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua kiloa kohden. Ruoansulatuksen metaanipäästöt ovat 0,36 ja energian ja lannankäsittelyn kasvihuonekaasupäästöt yhteensä 0,11 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua maitokiloa kohden. Lihantuotannossa päästöt ovat huomattavasti suurempia kuin maidontuotannossa, koska yhden eläimen tuottama lihamäärä on huomattavasti pienempi kuin sen tuottama maitomäärä. Tällöin lihakiloon kohdistuvat päästöt ovat suurempia. Laskurin tekijä on päätyneet käyttämään ruokintaan perustuvaa osittamista, jossa lihantuotannon kasvihuonekaasupäästöt ovat 15 prosenttia ja maidontuotannon päästöt 85 prosenttia. Osittaminen tehtiin suurimman päästölähteen eli rehujen perusteella. (Niemi 2016.)



KUVIO 5. Maidon ja lihan kasvihuonekaasupäästöt lähteittäin tuotettua kiloa kohden Kumpulassa

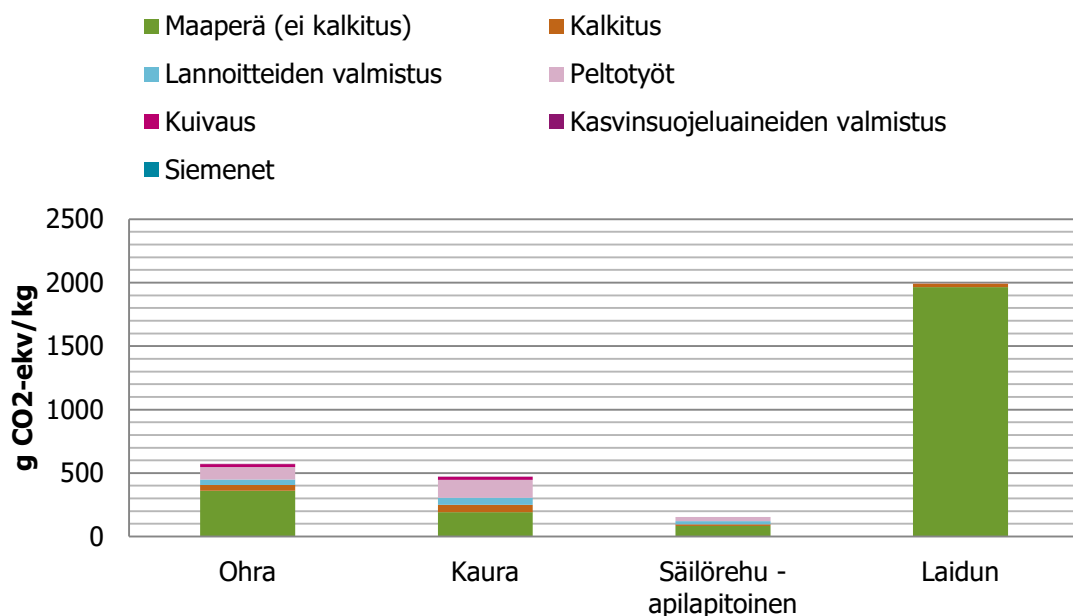
7 LAURINNIEMEN HIILIJALANJÄLKI

Laurinniemessä kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat kasvintuotannossa 0,44 kilogrammaa ja eläintuotannossa 1,07 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua kiloa kohden (kuvio 6). Kasvintuotannon kokonaispäästöt olivat 29 474 kilogrammaa ja eläintuotannon kokonaispäästöt 474 293 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia (liite 4). Laurinniemen tilan hiilijalanjälki on kokonaispäästöt yhteensä laskettuna 492 434 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia.



KUVIO 6. Laurinniemen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt tuotettua kiloa kohden

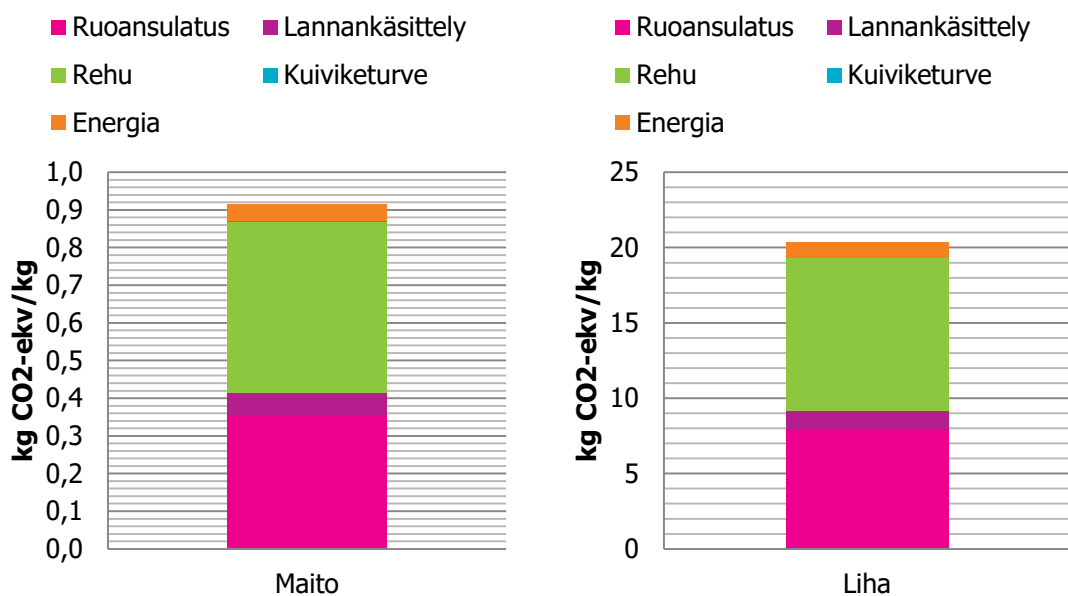
Laurinniemen tilalla suurimmat kasvihuonekaasupäästöt tulevat laitumelta, joka on laidunnuspaikeen vuoksi lähinnä jaloittelutarha jolloin lannan päästöt ovat suuret (kuvio 7). Ohran kasvihuonekaasupäästöt ovat 575, kauran 472, säilörehun 154, kesannon 163 ja laitumen 1995 grammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua kiloa kohden. Tilalla käytetään viljoilla omaa siementä, jonka kasvihuonekaasupäästöt sisältyvät edellisen vuoden viljelyn päästöihin. Peltojen kalkitus näkyy päästönä kasvintuotannossa, mutta se vähentää lannoituksen ja maaperän päästöjä parantamalla kasvien ravinteiden ottoa.



KUVIO 7. Laurinniemen kasvintuotannon kasvihuonekaasupäästöt tuotettua kiloa kohden

Laurinniemen tilan kotieläintuotannon kasvihuonekaasupäästöt ovat 0,92 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua kiloa kohden ja lihantuotannon päästöt 20,33 kiloa (kuvio 8). Maidontuotannon päästöistä suurimmat päästöt tulevat rehun tuotannosta 0,46 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua kiloa kohden. Ruoansulatuksen metaanipäästöt ovat seuraavaksi suurimmat, 0,36 kiloa. Lannankäsittelystä ja energiasta tulee yhteensä 0,1 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia kasvihuonekaasupäästöjä tuotettua maitokiloa kohden. (Liite 4.)

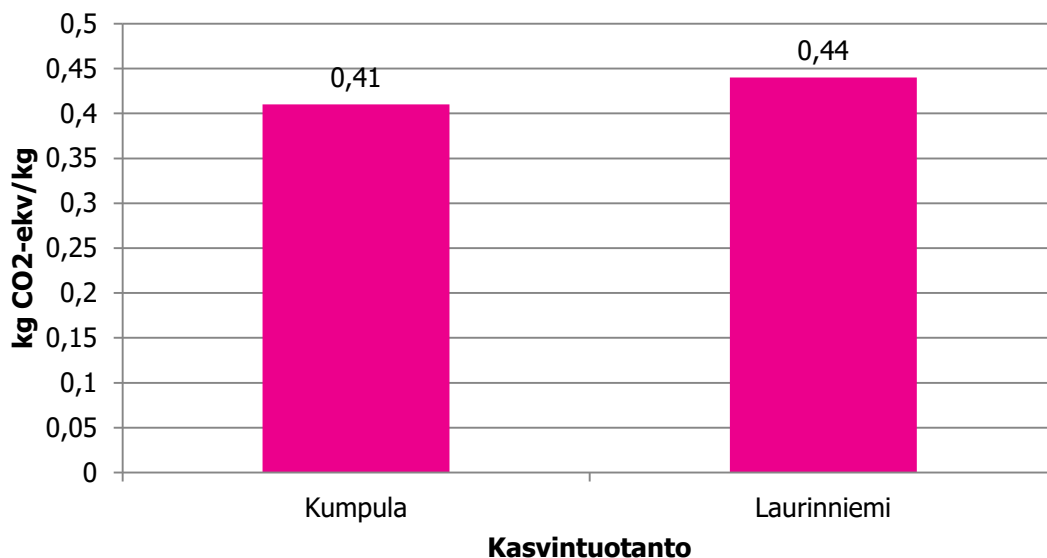
Lihantuotannon päästöissä suurimmat kasvihuonekaasupäästöt tulevat rehun tuotannosta kuten maidontuotannossakin. Rehun kasvihuonekaasupäästöt ovat 10,12 hiilidioksidiekvivalenttia yhtä tuotettua lihakiloa kohden. Ruoansulatuksen päästöt ovat 1,89, lannankäsittelyn 1,30, kuiviketurpeen 0,02 ja energian 1,0 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia tuotettua lihakiloa kohden. (Liite 4.)



KUVIO 8. Maidon ja lihan kasvihuonekaasupäästöt lähteittäin tuotettua kiloa kohden

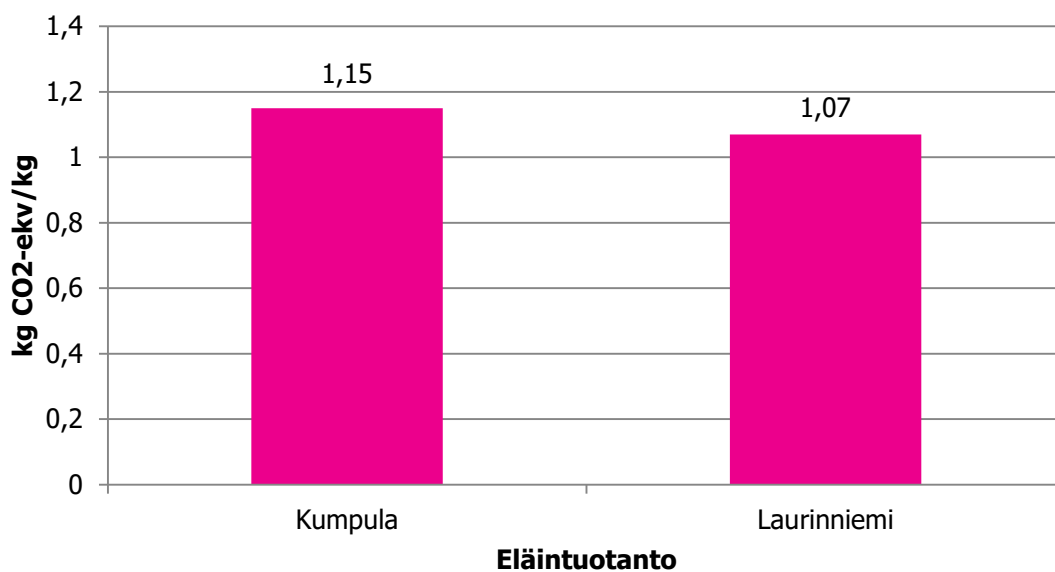
8 HIILIJALANJÄLKIEN VERTAILU

Tutkimustilojen vertailu onnistuu parhaiten vertailemalla päästöjen suhdetta tuotettuihin kiloihin. Kasvintuotannon kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt tuotettua kiloa kohti olivat molemmilla tutkimustiloilla samaa luokkaa. Kasvintuotannossa Laurinniemen päästöt ovat vähän suuremmat kuin Kumpulan tilalla. Tämä johtuu suuremmasta lannoitteiden käytöstä ja kalkituksesta. (Kuvio 9.)



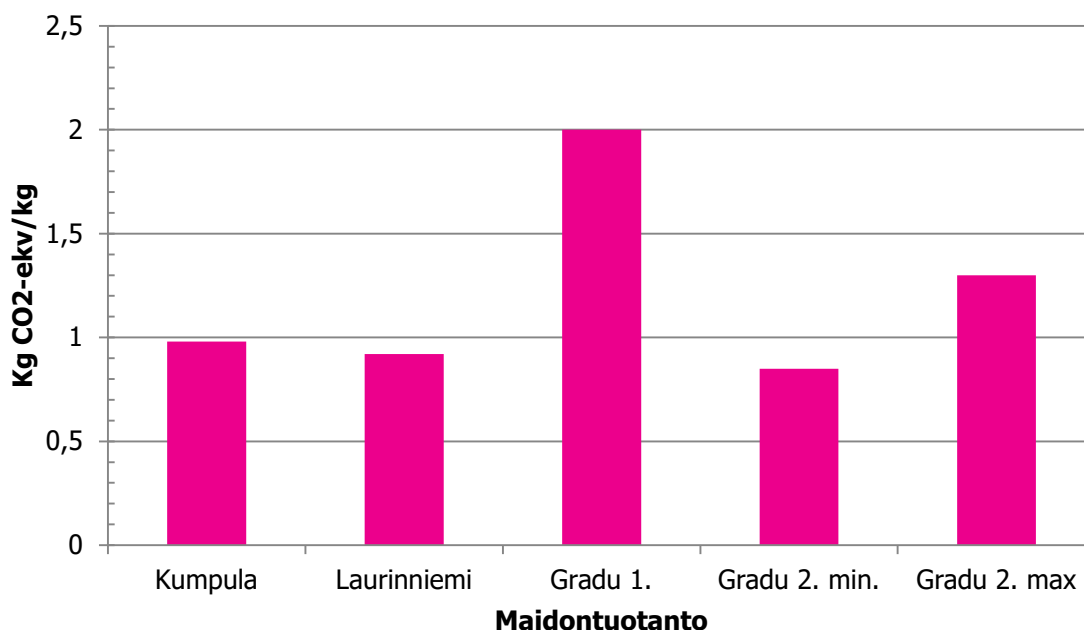
KUVIO 9. Kasvintuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vertailu tutkimustiloilla

Kotieläintuotannossa tuotosta kohden laskettuna näiden tilojen välillä ei ole suuria eroja. Kumpulan maatilalla ovat eläintuotannon päästöt hieman suuremmat kuin Laurinniemessä. (Kuvio 10.) Merkittävin vaikutus kotieläintuotannon kasvihuonekaasupäästöjen suuruuteen on eläinten kestävyys ja tuotos.



KUVIO 10. Eläintuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vertailu tutkimustiloilla

Kuviossa 11 on maidontuotannon kasvihuonekaasupäästöjä vertailtu tutkimustilojen lisäksi kahden Helsingin yliopistossa tehtyjen Pro gradu -tutkielmien välillä. Ensimmäisessä tutkielmassa oli käytetty eri laskentaohjelmaa, mistä johtuu todennäköisimmin selvä ero päästöjen suuruudessa tuotettua maitokiloa kohden. Toisen Pro gradu -tutkielman maidon päästöt asettuvat molemmin puolin tutkimustilojen päästöjä. Siinä tutkielmassa oli käytetty samaa laskuria, kuin tässä opinnäytetyössä. Vertailua vaikeuttaa tarkkojen lukemien puuttuminen molemmissa maisterintutkielmissa.



KUVIO 11. Maidontuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vertailu

Hanna Kekkosen (2015) Pro gradu -tutkielmassa maidontuotannon päästöt on laskettu energiakorjattua maitokiloa kohden, kun FarmCALC -laskurissa kasvihuonekaasut lasketaan olettaen että yksi maitolitra painaa yhden kilogramman (Niemelä 2016). Kekkosen (2015) työssä on käytetty Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen Carbon Calculator -laskuria, jossa on kasvihuonekaasujen laskennassa huomioitu muun muassa vuotuinen sadanta ja maalajit, jotka eivät ole mukana FarmCALC -laskurissa. Tuloksien eroja voi selittää myös laskureissa käytetyt päästökertoimet, jotka FarmCALC -laskurissa ovat ensisijaisesti kansallisia ja Carbon Calculator -laskurissa IPCC:n päästökertoimia. Päästökertoimissa voi olla erilaisista olosuhteista johtuvia eroja, kun kansalliset kertoimet on tehty Suomen olosuhteisiin ja IPCC:n kertoimet Euroopan olosuhteisiin.

9 KOKEMUKSIA HIILIJALANJÄLKILASKURISTA

Huolellinen viljelykirjanpito helpottaa viljelytietojen kirjaamista laskuriin. Viljelyyn käytettyjen polttoaineiden kirjaamisessa tarvittiin käytettyjen traktori- ja puimurituntien määrä ja polttoaineen kulutus, joiden perusteella polttoaineen kokonaiskulutus voitiin laskea. Nämä eivät kuulu maatalouden tukipolitiikan täydentävien ehtojen kirjaamisveloitteeseen, joten niitä ei välttämättä kirjata muistiin. Toisella tutkimustiloista nämä tiedot jouduttiinkin arvioimaan polttoaineen kokonaiskulutuksen ja viljelyyn tarvittavien traktori- ja puimuritöiden perusteella. Viljan kuivaamiseen käytettävän polttoaineen määrä näkyy kuivaamon tiedoissa tai ostopalveluna kuivauslaskussa.

Kotieläintiedoissa tuotetun maidon ja lihan määrät näkyvät selvimmin meijerin ja teurastamon vuoden lopun koontitiedossa. Tarkkailuun kuuluvassa karjassa rehun kulutuksesta ja karjan koosta pidetään kirjaa. Nämä tiedot löytyvät maatalouden laskentakeskuksen karjakohtaisista tilastoista karjan kokoon ja koostumukseen liittyvältä osalta ja rehukirjanpidosta rehun kulutukseen liittyvältä osalta. Tuotetun karjanlannan ja viljelyyn käytetyn karjanlannan tietojen on oltava samat silloin, kun koko karjan tuottama lanta levitetään omille pelloille ja lannan määrä on vakio. Huomioon on kuitenkin otettava se, ettei tutkimusvuonna lannoitteena käytetty lanta ole kokonaisuudessaan samana vuonna tuotettua, jolloin tuotetun lannan ja levitetyn lannan määrissä voi olla eroja. Levitetyn lannan tyyppien määrä sisältyy viljelykirjanpidon tietoihin. Tuotetun lannan määrä on usein arvio, johon vaikuttaa lantasaailiön koko ja levitetyn lannan määrät.

Laskurin tuloksien perusteella ja samalla laskurilla laskettujen eri maatilojen tuloksia vertailemalla voidaan löytää keinoja eri tiloilla hiilijalanjäljen pienentämiseen. Tarkemmalla tilakohtaisella tarkastelulla voidaan löytää syy- ja seuraus suhteita viljelyn tai kotieläintuotannon parempaan tai heikompaan tulokseen. Hyviä tuloksia voidaan hyödyntää omalla tilalla muissakin kohteissa esimerkiksi viljalajikohtaisesti ja heikompia tuloksia parantaa ottamalla vinkkejä parempia tuloksia saaneilta tiloilta.

Opinnäytetyössä käytetty FarmCALC -hiilijalanjälkilaskuri oli helppokäyttöinen. Siinä oli vain kaksi välilehteä, joihin tiedot viljelystä ja kotieläimistä syötettiin. Tiedonhaku oli hyvin suunnattua lomakkeiden otsakkeiden mukaan. Hiilijalanjälkeen vaikuttavat kuitenkin myös muun muassa laskurin ulkopuolelle jätetyt maalajien ja maaperän multavuuden vaikutukset. Koko maatilan hiilijalanjälkeen vaikuttaa myös tilan omistamat metsät, jotka hiilinieluinä pienentävät tilan kokonaishiilijalanjälkeä. Se ei kuitenkaan vaikuta suoraan tuotekohtaiseen hiilijalanjälkeen. Maatilan kokonaishiilijalanjäljen laskennassa kannattaisi kuitenkin ottaa myös metsien hiilinielut huomioon.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimustilojen hiilijalanjäljissä tuotettua kiloa kohden ei ole paljon eroa. Myös samalla laskurilla tehdyn tutkimuksen tulokset ovat samaa luokkaa. Kasvikohtaisia eroja on tilojen välillä. Kasvikohtaisiin kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttaa eniten sadon suuruus ja tuotantopanosten käyttö tuotettua kiloa kohden. Eläintuotannossa päästöerot tutkimustiloilla olivat hyvin vähäiset. Maitokilon hiilijalanjälki vaihtelee 0,98 ja 0,92 hiilidioksidiekvivalentin välillä ja lihakilon 19,7 ja 20,33 välillä.

Maidon- ja lihantuotannon päästöihin voi vaikuttaa nostamalla lehmien keskituotosta ja parantamalla kestävyyttä. Rehuntuotannon päästöjen vähentäminen pienentää myös maidon- ja lihantuotannon päästöjä. Energiaa voisi säästää maidontuotannossa asentamalla maidon lämmön talteen otton, joka jäädyttäisi maitoa ennen tankkiin menoa ja siirtäisi maidon lämmön käyttöveteen.

Lannan kasvihuonekaasupäästöt voidaan lähes nollata biokaasulaitoksessa, jossa lannasta otetaan mikrobikäymisen avulla metaani talteen ja lannan ravinteet muuttuvat liukoiseen muotoon, mikä parantaa niiden lannoitusvaikutusta peltoviljelyssä (Luostarinen ja Pyykkönen 2016). Biokaasutetusta lannasta voidaan myös separoinnilla erotella puhdas vesi, fosforia sisältävä kuiva-aines ja typpipitoinen neste. Tämä parantaa lannan käyttöä peltojen lannoituksessa, kun typpi ja fosfori voidaan levittää pellolle erikseen. (Valio 2017.) Lantaloiden kattaminen vähentää suoria di-typpioksidipäästöjä lantalasta. Myös turpeen käyttö kuivikkeena vähentää päästöjä sitomalla ammoniakkia. (MTT 2005, 10.)

Kumpulan maatilalla voisi hiilijalanjälkeä pienentää panostamalla nurmen tuotantoon, jotta saataisiin peltojen koko kasvupotentiaali käyttöön ja päästäisiin suurempiin satoihin. Tilalla olisi mahdollista viljellä nurmea niin, että omille eläimille otetaan vain kevätsato säilörehuksi ja kesätsato sekä mahdollinen syyssato tarjotaan lihatilalliselle korjattavaksi. Loppupeltoalalla voidaan viljellä rehuksi tuleva kaura ja ohra, kun parannetaan niidenkin satotasoa ja ravinteiden ottoa kalkitsemalla ja täsmälannoituksella.

Laurinniemen tilalla olisi tarvetta parantaa kauran satoja nykyisen keskisadon jäädessä alle kolmeen tonniin hehtaarilta. Laidunalan kasvattaminen pienentäisi laidunnuspainetta ja laitumen lantapäästöjä. Toinen vaihtoehto pienen laitumen käyttöön olisi tehdä alustasta niin kiinteä, että sinne kertyvä lanta voidaan kerätä talteen ja levittää nykyistä laajemmalle alueelle. Toisin sanoen vaihtoehtona on muuttaa pieni laidun jaloittelutarhaksi.

Kokonaisuudessa molemmilla tiloilla kasvintuotannon päästöjä olisi mahdollista pienentää tuotettuihin kiloihin verrattuna panostamalla rehuntuotantoon ja satojen kasvattamiseen. Maan kasvukunto tulisi pitää hyvänä ja vesitalous kunnossa. Tehokas ravinteiden kierrättäminen esimerkiksi alus- ja kerääjäkasveja viljelemällä vähentää myös hiilijalanjälkeä. Turvemaiden pitkäaikainen tai pysyvä kasvipeitteisyys esimerkiksi nurmen viljelyllä ja muokkauksen keventäminen vähentävät niiden kasvihuonekaasupäästöjä. (MTT 2005, 9.)

Energian säästöä tulisi jättämällä pois traktorin turhat ajot ja joutokäynnit erityisesti Kumpulan tilalla. Polttoaineissa voidaan säästää myös mitoittamalla työkoneen koko työtehtävään, mikä tarkoittaa, ettei kaikkia töitä tehdä suurimmalla traktorilla. Energian hiilijalanjälkeä voidaan pienentää myös vähentämällä mahdollisuuksien mukaan fossiilisten polttoaineiden käyttöä esimerkiksi muuttamalla viljan kuivaamo hakelämmityksellä toimivaksi. (MTT 2005, 11.)

11 POHDINTA

Opinnäytetyöni tavoitteena oli tutustua hiilijalanjäljen laskentamenettelyihin ja ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja ehkäisyyn maataloudessa. Tavoitteena oli myös laskea kahden pohjoiskarjalaisen maitotilan hiilijalanjälki. Tavoitteet saavutettiin lähdekirjallisuuteen tutustumalla ja laskemalla kahdelle tilalle hiilijalanjälki Helsingin yliopistossa kehitetyllä FarmCALC -laskurilla.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin miettimällä aihetta ja ottamalla yhteys toimeksiantajaan. Alkuperäisen aiheen laajuuden vuoksi opinnäytetyö rajattiin koskemaan vain hiilijalanjälkeä ja kahta maitotilaa kotimaakunnassani. Aiheeseen perehtyminen alkoi lähdekirjallisuuteen tutustumalla. Lähdekirjallisuutta ja Suomessa tehtyjä tutkimuksia löytyi kiitettävästi, vaikka aihe on melko uusi maailmanlaajuisesti. Lähdekirjallisuuteen tutustuminen antoi paljon uutta tietoa sekä ilmastonmuutoksesta yleisesti, että maatalouden vaikutuksista ja keinoista ilmastonmuutoksen torjumisessa.

Hiilijalanjälki terminä ja siihen sisältyvät kaasut ja laskentamenetelmät tulivat tutuiksi prosessin aikana. Ennen opinnäytetyön tekemisen aloittamista tutustuttiin kahteen erilaiseen laskuriin, joita käytetään maataloudessa. Heikon englanninkielen osaamisen ja opinnäytetyön rajallisen aikataulun pohjalta päädyttiin suomenkieliseen Suomessa tehtyyn laskuriin Euroopan unionin tekemän laskurin sijasta. Laskurin käyttö oli helppoa, ja soveltuu käytettäväksi myöhemminkin hiilijalanjäljen laskentaan myös muilta vuosilta kuin tutkimuksessa käytetyltä vuodelta 2016. Eri vuosien kasvuolosuhdeerojen vuoksi olisi hyvä laskea hiilijalanjälkeä samalla tilalla eri vuosia. Tämä auttaisi ymmärtämään olosuhteiden vaikutuksia hiilijalanjälkeen ja muodostuvien kasvihuonekaasujen määrään.

Suomessa on tutkittu maatalouden hiilijalanjälkiä toistaiseksi vielä hyvin vähän. Vertailukelpoisten tutkimustulosten saamiseksi tutkimuksia on tehtävä enemmän. Myös kasvukauden sääolosuhteiden vaikutusta hiilijalanjäljen muodostumiseen voisi tutkia jatkossa. Tämä opinnäytetyö oli vain pieni osuus ilmastonmuutoksen ja hiilijalanjäljen tutkimista suomalaisessa maataloudessa.

Opinnäytetyön tekeminen maatalouden hiilijalanjäljen ja ilmastonmuutoksen syiden ja torjunnan parissa antoi paljon uutta tietoa, mutta myös halua perehtyä aiheeseen enemmän myös jatkossa. Toiveena olisi työskennellä aiheen parissa myös tulevaisuudessa. Aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja tänä päivänä hyvin ajankohtainen koko maailman miettiessä keinoja ilmastonmuutoksen torjumiseen ja ilmaston lämpenemisen ehkäisemiseen.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- EUROOPAN YMPÄRISTÖKESKUS 2017. Ilmastonmuutoksen hillitseminen [verkkoartikkeli]. Euroopan unioni. [Viitattu:2019-01-10.] Saatavissa: <https://www.eea.europa.eu/fi/themes/climate/intro>
- HIRSJÄRVI, Sirkka, REMES, Pirkko ja SAJAVAARA, Paula 2015. Tutki ja kirjoita. 20. painos. Helsinki: Tammi
- ILMATIETEEN LAITOS 2017. Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2017-04-24.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto-/artikkeli/74b167fc-384b-44ae-84aa-c585ec218b41/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa.html>
- ILMATIETEEN LAITOS 2018. Suomen ilmasto on lämmennyt [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2018-11-16.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto-/artikkeli/16266ad3-e5f5-4987-8760-2b74655182d5/suomen-ilmasto-on-lammennyt.html>
- ILMATIETEEN LAITOS s.a. a Maapallon ilmasto tulevaisuudessa [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2017-04-24.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/6c5a9908-7033-47a8-9855-e745b4fa7604/maapallon-ilmasto-tulevaisuudessa.html>
- ILMATIETEENLAITOS s.a. b Hiilidioksidi ja hiilen kertokulku [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2018-10-10.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/1e92115d-8938-48f2-8687-dc4e3068bdbd/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku.html>
- ILMATIETEENLAITOS s.a. c Metaani [verkkoartikkeli]. [Viitattu: 2018-10-10.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/dec264e2-6350-418c-a1bc-3ef7c80676aa/metaani.html>
- ILMATIETEENLAITOS s.a. d Dityppioksidi [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2018-10-10.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/8de2c2ef-71c1-41b4-90d7-d61125c3a3a6/dityppioksidi.html>
- ILMATIETEENLAITOS s.a. e Halogenoidut hiilivedyt [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2018-10-10.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/08b056f8-7d77-4e27-a3a3-be1191728261/halogenoidut-hiilivedyt.html>
- IPCC 2018. Summary for Policymakers [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2018-11-16.] Saatavissa: http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf
- KEKKONEN, Hanna 2015. Maidontuotantotilojen kasvihuonekaasupäästöt kansainvälisessä vertailussa. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos. Kasvintuotantotieteet. Maisterintutkielma. [Viitattu 2018-10-11.] Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155810/ProGradu%2018.5.2015%20LOPULLINEN.pdf?sequence=5>
- LAAKSO, Teija 2010. Miljoonat pakenevat ilmastonmuutosta [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2017-04-24.] Saatavissa: <http://global.finland.fi/public/default.aspx?contentid=185098>
- LUOSTARINEN, Sari ja PYYKKÖNEN, Ville 2016. Maatilojen biokaasulla energiaa, päästövähennyksiä ja ravinnekiertoja [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-01-09.] Saatavissa: http://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2013/07/biokaasu_www_24052016.pdf
- MAA- JA METSÄTALOUSHALLITUS 2014. Maatalouden ilmasto-ohjelma Askeleita kohti ilmastoystävällistä ruokaa [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-04-25.] Saatavissa: http://mmm.fi/documents/1410837/1801204/Maatalouden_ilmasto-ohjelma_WEB_03072015.pdf/fa6d10c1-62e5-473d-a69f-534d39392db4
- MTT 2005. Viljelijä ja ilmastonmuutos [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-04-25.] Saatavissa: http://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2013/02/MTT_Ilmastonmuutos_SUO.pdf
- NIEMELÄ, Aki 2015. FarmCALC 2.1 [tietokoneohjelma].

NIEMELÄ, Aki 2016. Maatilojen yhteistyön ja vähennetyt typpilannoituksen vaikutus tilojen kasvi-huonekaasupäästöihin. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos. Kasvinviljelytiede. Maisterintut-kielma. [Viitattu 2018-10-11.] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/161665/Aki_Niemela_Pro_Gradu_2016.pdf?sequence=2

PELTONEN-SAINIO, Pirjo, SORVALI, Jaana, MÜLLER, Michael, HUITU, Otso, NEUVONEN, Seppo, NUMMELIN, Tuomas, RUMMUKAINEN, Arto, HYNYNEN, Jari, SIEVÄNEN, Risto, HELLE, Pekka, RASK, Martti, VEHANEN, Teppo ja KUMPULA, Jouko 2017. Sopeutumisen tila 2017. Luonnonvara- ja biota-louden tutkimus 18/2017. [Viitattu 2018-10-01.] Saatavissa: http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/538722/luke-luobio_18_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

REGINA, Kristiina, LEHTONEN, Heikki, PALOSUO, Taru ja AHVENJÄRVI, Seppo 2014. Maatalouden kasvi-huonepäästöt ja niiden vähentäminen. MTT Raportti 127. [Viitattu 2017-04-24.] Saatavissa: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti127.pdf>

SYKE 2015. a Euroopan unionin ilmastopolitiikka ohjaa jäsenmaita [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2018-11-27.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/b82589fa-efc6-41c0-b7fd-0f1233b76c86/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka-ohjaa-jasenmaita.html>

SYKE 2015. b Suomen ilmastopolitiikalla pyritään vähentämään kasvi-huonekaasupäästöjä [verkkoar-tikkeli]. [Viitattu: 2018-10-04.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/161b48de-bc6a-44ef-97fe-83d184fc257a/suomen-ilmastopolitiikalla-pyritaan-vahentamaan-kasvi-huonekaasupaastoja.html>

SYKE s.a. Kestävät kuluttajavalinnat [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2018-10-10.] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/28259fe8-7b5e-4806-8ab6-7c06739ef5cc/kestavat-kuluttajavalinnat.html>

TIETEEN TERMIPANKKI 2014. Hiilidioksidiekvivalentti [verkkosanakirja]. [Viitattu 2018-11-12.] Saa-tavissa: <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Geofysiikka:hiilidioksidiekvivalentti>

TILASTOKESKUS 2018. Suomen kasvi-huonekaasupäästöt 1990–2017 [verkkojulkaisu]. Tilastokeskus. [Viitattu 2018-11-16.] Saatavissa: http://tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_ka-hup_1990-2017_2018_19735_net.pdf

TOLPO, Antje 2018. Roudan puute tiivistää pellon kovaksi kuin betonin: "Vedessä lillivä savi menet-tää rakenteensa" [verkkoartikkeli]. Yle. [Viitattu 2018-10-02.] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10003651>

VALIO 2017. Lehmän lannan ravinteet luontoa vaalien kiertoon ja tehokkaaseen käyttöön [verkkoar-tikkeli]. [Viitattu 2019-01-09.] Saatavissa: <https://www.valio.fi/yritys/media/uutiset/lehman-lannan-ravinteet-luontoa-vaalien-kiertoon-ja-tehokkaaseen-kayttoon/>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ 2016. Pariisin ilmastopöytäkirja [verkkopöytäkirja]. [Viitattu 2017-04-24.] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/pariisi2015>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ 2018. Kansallinen ilmastopolitiikka [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2018-11-16.] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansallinen_ilmastopolitiikka

LIITE 1 TUOTANTOTIEDOT KUMPULA

Kasvintuotannon tiedot

		Kevätvehnä	Syysvehnä	Ohra	Kaura	Säilörehu - apilapitoinen	Kesanto	Laidun
Viljelytiedot	Viljelyala (ha)	10,7	3,8	22,3	29,2	34,7	5,9	14,7
	Sato (kg)	40000	6500	70000	92000	346500	8800	85000
	Sato (kg)/ha	3738	1711	3139	3151	9986	1492	5782
	Siemenmäärä (kg)/ha	224	211	0	0	6	6	6
	Siemenmäärä (kg)	2400	800			218	37	93
Polttoaineen kulutus (l)	Traktori	833	294	1785	2354	2167	59	147
	Leikkuupuimuri		59	304	402			
	Kuivaus		54	540	702			
Synteettisten lannoitteiden kulutus (kg)	N	501,9		527,6	1151,9	3011		
	P	53		52,7	99,3	26		
	K	193,4		150,3	426,3	1363		
Levitetyn lannan sisältämän typen määrä (kg-N)		141,6	451,9	1300,1	1542,6	2639		1771
Kasvinsuojeluaineiden käyttö (kg tehoainetta)		8,1	0,2	33,3	25			
Osuus kasvitähteistä, joka korjataan (esim. olki) (%)					80			
Nurmien kiertoaika (v)						4		

Kotieläintuotannon tiedot

				Lypsylehmä	Emolehmä	Sonni	Hieho	Vasikka
Tuotanto	Maito (litraa)	288765		Eläinmäärä (kpl)	35,5		18	9
	Liha (kg)	2550		Laiduntavat eläimet (kpl)	35,5	0	0	18
Lannan käsittely; Lannan sisältämä kokonaistyyppimäärä (kg-N)	Lietelanta	1285		Laidunkauden pituus (d)	120	Oletus naudatiloilla Suomessa 120.		
	Kuivikelanta	50		Tilan sato				
Rehu (kg)	Apilapit. säilörehu (k.a.)	372750	340000	346500	Itsetuotetun rehun määrä (kg k.a.)			
	Kuivaheinä (k.a.)	22100		0	Itsetuotetun rehun määrä (kg k.a.)			
	Ohra	48000	48000	70000	Itsetuotetun rehun määrä (kg)			
	Kaura	72000	72000	92000	Itsetuotetun rehun määrä (kg)			
	Rehutiivisteet	27368						
Laidun (k.a.)	85000	285	Tilakohtainen laitumen päästöarvo g CO ₂ -ekv./kg k.a.					
Kuiviketurve (kg k.a.)			85000	laitumen sato (kg k.a.)				
Sähkö (kWh)	55000							
Polttoaine (l)	Traktori	3596						
	Lämmitys							

LIITE 2 TUOTANTOTIEDOT LAURINNIEMI

Kasvintuotannon tiedot

		Ohra	Kaura	Säilörehu - apilapitoinen	Kesanto	Laidun
Viljelytiedot	Viljelyala (ha)	16,03	59,87	36,04	11,59	1,47
	Sato (kg)	56000	165000	427000	17257	8000
	Sato (kg)/ha	3493	2756	11848	1489	5442
	Siemenmäärä (kg)/ha	0	0	10	9	10
	Siemenmäärä (kg)			342	110	14
Polttoaineen kulutus (l)	Traktori	2074	8758	5391	12	8
	Leikkuupuimuri	38	113			
	Kuivaus	433	1277			
Sähkön kulutus (kWh)	Kuivaus	428	1262			
Synteettisten lannoitteiden kulutus (kg)	N	741	2769	3029		
	P			208		
	K	27	103	514		
Levitetyn lannan sisältämän typen määrä (kg-N)		1253	335	176		
Kasvinsuojeluaineiden käyttö (kg tehoainetta)		15,8	59,2			
Kalkin käyttö (kg)	CaCO ₃	5650	21074	12686	4080	510
Osuus kasvitähteistä, joka korjataan (esim. olki) (%)		80	80			
Nurmien kiertoaika (v)				3		

Kotieläintuotannon tiedot

				Lypsylehmä	Emolehmä	Sonni	Hieho	Vasikka
Tuotanto	Maito (litraa)	440000		Eläinmäärä (kpl)	49		30	25
	Liha (kg)	3500		Laiduntavat eläimet (kpl)	49	0	0	20
Lannan käsittely; Lannan sisältämä kokonaistyyppimäärä (kg-N)	Virtsa	750		Laidunkauden pituus (d)	120	Oletus nautatiloilla Suomessa 120.		
	Kuivikelanta	1014		Tilan sato				
Rehu (kg)	Apilapit. säilörehu (k.a.)	434700	420000	427000	Itsetuotetun rehun määrä (kg k.a.)			
	Ohra	55000	55000	56000	Itsetuotetun rehun määrä (kg)			
	Kaura	110000	110000	165000	Itsetuotetun rehun määrä (kg)			
	Rehutiivisteet	40822						
	Rypsipuriste	40150						
	Laidun (k.a.)	8000	1995	Tilakohtainen laitumen päästöarvo g CO ₂ -ekv./kg k.a.				
Kuiviketurve (kg k.a.)	5400		8000	laitumen sato (kg k.a.)				
Sähkö (kWh)	86057							
Polttoaine (l)	Traktori	1534						

LIITE 3 KUMPULAN KOKONAISPÄÄSTÖT

Eläintuotannon päästöt

Tilan kokonaispäästöt eläintuotannossa		334760 kg CO₂-ekv
Maito		284546 kg CO₂-ekv
Liha		50214 kg CO₂-ekv
Tilan kokonaispäästöt per tuotekilo	Maito	1,0 kg CO₂-ekv/kg
	Liha	19,7 kg CO₂-ekv/kg
Päästölähteet per tuotekilo		
Maito	<i>Ruoansulatus</i>	0,36 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Lannankäsittely</i>	0,05 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Rehu</i>	0,51 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Energia</i>	0,06 kg CO ₂ -ekv/kg
Liha	<i>Ruoansulatus</i>	7,21 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Lannankäsittely</i>	0,97 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Rehu</i>	10,24 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Energia</i>	1,28 kg CO ₂ -ekv/kg

Kasvintuotannon päästöt

Kasvintuotannon kokonaispäästöt vähennettynä omille eläimille syötetyn oman rehun päästöillä				
Sato (kg)	Eläimille syötetty (kg)	Ei rehuna käytetty (kg)	Kokonaispäästö kg CO ₂ -ekv	
40000	0	40000	14024	Kevätvehnä
6500	0	6500	5846	Syysvehnä
70000	48000	22000	10162	Ohra
92000	72000	20000	8183	Kaura
346500	340000	6500	1141	Säilörehu -apilapit.
			156	Kesanto
555000	460000	95000	39513	Yhteensä

LIITE 4 LAURINNIEMEN KOKONAISPÄÄSTÖT

Eläintuotannon päästöt

Tilan kokonaispäästöt eläintuotannossa		474293 kg CO₂-ekv
Maito		403149 kg CO₂-ekv
Liha		71144 kg CO₂-ekv
Tilan kokonaispäästöt per tuotekilo	Maito	0,9 kg CO₂-ekv/kg
	Liha	20,3 kg CO₂-ekv/kg
Päästölähteet per tuotekilo		
Maito	<i>Ruoansulatus</i>	0,36 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Lannankäsittely</i>	0,06 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Rehu</i>	0,46 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Kuiviketurve</i>	0,00 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Energia</i>	0,04 kg CO ₂ -ekv/kg
Liha	<i>Ruoansulatus</i>	7,89 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Lannankäsittely</i>	1,30 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Rehu</i>	10,12 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Kuiviketurve</i>	0,02 kg CO ₂ -ekv/kg
	<i>Energia</i>	1,00 kg CO ₂ -ekv/kg

Kasvintuotannon päästöt

Kasvintuotannon kokonaispäästöt vähennettynä omille eläimille syötetyn oman rehun päästöillä				
Sato (kg)	Eläimille syötetty (kg)	Ei rehuna käytetty (kg)	Kokonaispäästö kg CO ₂ -ekv	
56000	55000	1000	573	Ohra
165000	110000	55000	25933	Kaura
427000	420000	7000	1076	Säilörehu -apilapit.
			1893	Kesanto
648000	585000	63000	29474	Yhteensä