

**VILJELYKIERROT LUONNONMUKAISESSA
KASVINTUOTANNOSSA: VILJELYKIERTOSUUNNITELMIEN
TOTEUTUMINEN SEKÄ VILJELYKIERTOJEN ALUEELLINEN
VERTAILU**

Nina Andersson
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Agroekologia
Kesäkuu 2015

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Nina Andersson			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Viljelykierrat luonnonmukaisessa kasvintuotannossa: viljelykiertosuunnitelmien toteutuminen sekä viljelykiertojen alueellinen vertailu			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agroekologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma	Aika — Datum — Month and year Kesäkuu 2015	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 64 s. + 2 liitettä	
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Viljelykierto on tärkeä tuotantomenetelmä luonnonmukaisessa kasvintuotannossa. Monipuolisten viljelykiertojen on osoitettu nostavan tuottavuutta ja lisäävän maatalousympäristön monimuotoisuutta, ja luomusäädökset velvoittavat luomuviljelijöitä noudattamaan monipuolisia viljelykiertoja. On kuitenkin epäselvää, minkälaisina luomutilojen viljelykierrat käytännössä toteutuvat.</p> <p>Tässä maisterintutkielmassa tutkittiin, minkälaisia viljelykiertoja luomutiloille suunniteltiin ja kuinka hyvin luomusopimukseen liitettävät viljelykiertosuunnitelmat toteutuivat vuosina 2008–2012 21 kasvinviljelytilalla Satakunnassa ja Uudellamaalla. Lisäksi tutkittiin, oliko viljelykierroissa alueellisia eroja. Aineistoina käytettiin viljelykiertosuunnitelmien lisäksi maataloustukijärjestelmästä saatavaa tietoa tiloilla viljeltyistä kasveista.</p> <p>Toteutuneet viljelykierrat koostuivat tyypillisesti nurmen ja viljan vuorottelusta eri tahtiin eri kasvulohkoilla, mutta myös syysruis–kaura–nurmivuodet oli tyypillinen luomutilojen kasvinvuorotus. Viljelykiertosuunnitelmien ja toteutuneiden viljelykiertojen vertailuun kehitetyn toteutumisindeksin avulla osoitettiin, että viljelykiertosuunnitelmat toteutuivat keskimäärin vuosi vuodelta huonommin, mutta monilla tiloilla viljelykiertosuunnitelmiin myös palattiin ensimmäisen neljän vuoden aikana. Viljelykiertosuunnitelmista poikkeaminen johti siihen, että yhden tilan pelloista ei yleensä muodostunut viljelykierron kautta yhteen nivoutuvaa kokonaisuutta, vaan viljelykierrat suunniteltiin ennemminkin lohko kerrallaan. Viljelykiertosuunnitelmissa oli huomattavia alueellisia eroja. Uudellamaalla viljelykierrat suunniteltiin kasvityyppien avulla, kun taas Satakunnassa viljeltävät kasvilajit identifioitiin tarkemmin.</p> <p>Jatkossa tulisi tarkemmin tutkia, mikä viljelykierron merkitys luomukasvinviljelyssä on, miten viljelijät suunnittelevat tuotantoaan ja miten viljelykiertosuunnitelmien mukauttaminen vaikuttaa luomutuotannon ekologiseen kestävyYTEEN sekä satoihin pitkällä aikavälillä.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Viljelykierto, luonnonmukainen maatalous, luomu, kasvinvuorotus, viljelykiertosuunnitelma, tuotantojärjestelmä, tuotantojärjestelmän suunnittelu			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasi Juha Helenius			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Nina Andersson			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Crop rotations in organic agriculture: The realization of the crop rotation plans and the regional comparison of the crop rotations			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agroecology			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year June 2015	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 64 p. + 2 attachments
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Crop rotation is an important farming practice in organic agriculture. In the research it has been shown that diverse crop rotations enhance productivity as well as agrobiodiversity, and thus the organic regulations of EU obliges the farmers to have diverse rotations on their farms. However, it is unclear what kinds of crop rotations have been implemented on Finnish farms.</p> <p>In this master's thesis the aim was to find out what kinds of crop rotations plans there were used on 21 organic arable farms on Uusimaa and Satakunta regions in the Southern Finland and how the plans were put into practice during 2008–2012. The aim was also to study, if there were differences between the regions. The study material consisted of the crop rotation plans which are required from the farmers in the beginning of 5-year organic subsidy period and of the information from EU's IACS-database about the crops grown on farms.</p> <p>The typical crop rotation on the organic farms was the alternation between cereals and ley, in different pace on different field plots. Also the winter rye – oat – two- or three-year ley was a typical crop rotation. Crop rotation plans and realized crop rotations were compared with each other by "realization index", which was developed by this study. The realization index showed that the plans were followed every year less and less on the average, but on the same time it was also typical to come back to the plans. However, as a consequence of the changes made into the plans, the field area of the farm was usually not an entity, bound together by crop rotation, but the crop rotation was planned for the each field plot separately. There were statistically significant differences in crop rotations plans between regions. In Uusimaa region the crop rotations were based on crop types whereas in Satakunta region the crops to be grown were identified more precisely.</p> <p>Several future research topics emerged, such as the significance of crop rotations in organic agriculture, farmer's strategies in crop rotation design and the sustainability as well as productivity of those strategies.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Crop rotation, organic agriculture, crop sequence, cropping plan, farming system, farming system design			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences and Viikki campus library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisor: Juha Helenius			

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TEOREETTINEN VIITEKEHYS	8
3	VILJELYKIERROT	10
3.1	Viljelykierto	10
3.2	Viljelykiertovaikutus	12
3.2.1	Viljelykiertovaikutuksen synty maaperässä	12
3.2.2	Viljelykiertovaikutuksen synty kasvustossa	13
3.3	Tutkimus	14
3.4	Viljelykiertojen vaikutus tuottavuuteen	15
3.5	Viljelykiertojen vaikutus agroekosysteemiin	17
4	VILJELYKIERROT LUONNONMUKAISESSA KASVINTUOTANNOSSA.....	17
4.1	Periaatteet	17
4.2	Viljelykiertojen suunnittelu luomutiloilla	18
4.2.1	Tavoitteet.....	18
4.2.2	Lähtökohdat	19
4.2.3	Suosituksset	20
4.2.4	Suunnitelmien mukauttaminen.....	22
4.3	Viljelysuunnitteluohjelmat.....	22
4.4	Toteutuneet viljelykierrot Euroopan unionissa ja Suomessa	24
5	TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	25
6	AINEISTO JA MENETELMÄT	26
6.1	Aineisto	26
6.2	Uusimaa ja Satakunta.....	27
6.3	Menetelmät	29
6.3.1	Viljelykiertojen luonnehdinta.....	29
6.3.2	Toteutumisindeksi	29
6.3.3	Viljelykasvien prosenttiosuuksien laskeminen.....	31
6.3.4	Tilastolliset menetelmät.....	32
7	TULOKSET	33
7.1	Viljelykasvit	33
7.2	Viljelykierrot.....	33
7.3	Kasviryhmäkohtaiset erot suunniteltujen ja toteutuneiden viljelykiertojen välillä	34

7.4	Viljelykiertosuunnitelmien toteutuminen	35
7.5	Alueelliset erot	39
7.5.1	Suunnitellut viljelykierrot.....	39
7.5.2	Toteutuneet viljelykierrot.....	41
7.5.3	Toiminnalliset erot ja viljelykiertosuunnitelmien toteutuminen	43
8	TULOSTEN TARKASTELU	45
8.1	Viljelykiertojen monipuolisuus	45
8.2	Viljelykiertosuunnitelmien toteutuminen	46
8.3	Tuotantostrategiat	48
8.4	Toteutumisindeksin luotettavuus	49
8.5	Alueelliset erot	51
8.6	Jatkotutkimus	53
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	54
	KIITOKSET	55
	LÄHTEET	55
	LIITE 1: VILJELYKIERTOSUUNNITELMIEN JA TOTEUTUNEIDEN VILJELYKIERTOJEN ANALYSOINTIIN KÄYTETYT TAULUKOT.....	65
	LIITE 2: TOTEUTUMISINDEKSIN LASKEMISESSA KÄYTETYT KASVIRYHMÄT	67

1 JOHDANTO

Luonnonmukainen maatalous on sertifioitu maatalouden tuotantjärjestelmä, jossa tarkoituksena on kierrättää ravinteita mahdollisimman tehokkaasti, käyttää säästeliäästi luonnonvaroja ja edistää maatalousympäristön luonnon monimuotoisuutta. Lisäksi tavoitteena on vähentää maatalouden aiheuttamia ilmastopäästöjä ja vesistökuormitusta, sekä pitää huolta ympäristön ja ruoan turvallisuudesta ja terveellisyydestä niin ihmisille kuin muillekin eliöille. Luonnonmukaisessa tuotannossa on myös sosiaaliseen kestävyysliittymiä tavoitteita (EY 2007, IFOAM 2013).

Luomuviljelyn periaatteiden toteutumista käytännön viljelyssä on tutkittu melko vähän – useimmissa tutkimuksissa luonnonmukainen tuotantotapa käsitetään yhtenäisenä kokonaisuutena ja sitä esimerkiksi verrataan tavanomaiseen tuotantoon. Todellisuudessa luonnonmukainen tuotantotapa vaihtelee tiloittain. Viljelijän omilla päätöksillä on suuri merkitys siihen, miten hyvin luomuviljelyn ekologisuuteen tähtäävät tavoitteet toteutuvat (Guthman 2000, Michelsen 2001).

Tässä maisterintutkielmassa tutkitaan suunniteltuja ja toteutuneita viljelykiertoja suomalaisilla luomukasvinviljelytiloilla Uudellamaalla ja Satakunnassa. Viljelykierto, eli eri kasvilajien vuorottelu samalla peltolohkolla eri vuosina, on tärkeä tekijä luomutuotannon ekologisten tavoitteiden saavuttamisessa (Hansen ym. 2001), ja viljelykierto onkin EU:n luomulainsäädännössä nimetty yhdeksi luonnonmukaisen tuotannon kulmakivistä (EY 2007). Viljelykierron vaihtelevat tila- ja aluekohtaisesti, ja on mahdollista, että viljelykiertojen ekologisessa kestävydessä on eroja. Luomutuotannon kehittämistä ajatellen on tärkeää tietää, mitkä tekijät vaikuttavat viljelykiertojen muotoutumiseen luomutiloilla. Vuonna 2013 noin yhdeksän prosenttia Suomen peltopinta-alasta oli luomuviljelyssä (Tike 2014a).

Luonnonmukaista tuotantoa tuetaan maatalouden ympäristötuen erityistukisopimuksella. Erityistukisopimuksessa viljelijä sitoutuu viljelemään peltojaan luonnonmukaisesti viiden vuoden ajan, ja vastineeksi tästä hän saa hehtaarikohtaisen korvauksen. Luonnonmukaisen

tuotannon tuen saamiseksi tilan on kuuluttava Eviran luomuvalvontajärjestelmään sekä oltava sitoutunut ympäristötukeen (Maa- ja metsätalousministeriö 2007). Viisivuotisen sopimuskauden alussa viljelijän tulee tehdä vähintään viiden vuoden ajalle ulottuva viljelykiertosuunnitelma, joka ei kuitenkaan sido viljelijää noudattamaan sitä. Viljelykiertosuunnitelma on ”oman toiminnan laadullisen kehittämisen apuväline”, jonka tulisi siis edesauttaa ja helpottaa viljelyjärjestelmän suunnittelua (Evira 2013). Viljelykiertosuunnitelma tehdään yleensä talvella ennen kasvukauden alkamista.

Tässä tutkimuksessa viljelykiertoja tutkitaan vertailemalla luomutilojen viljelykiertosuunnitelmia sekä maataloustukijärjestelmän kautta saatavaa tietoa toteutuneista viljelykierroista kahdella luonnonolosuhteiltaan samankaltaisella maantieteellisellä alueella. Näin saadaan tietoa niin suunnitelmien toteutumisesta kuin alueellisista eroista. Jos alueelliset erot suunnitelmien välillä ovat suurempia kuin alueelliset erot toteutuneiden viljelykiertojen välillä, voidaan olettaa, että erilainen viljelykulttuuri on erojen taustalla ennemminkin kuin ekologiset tekijät.

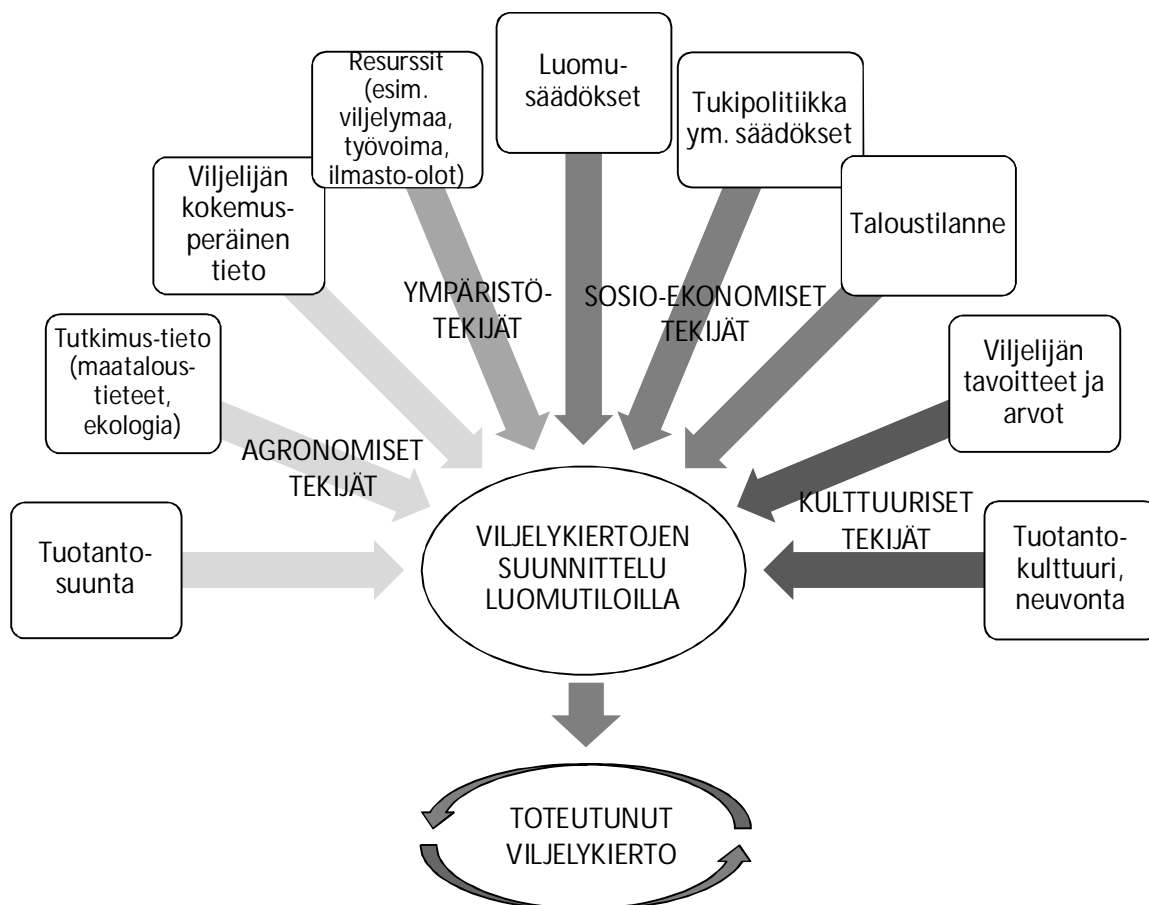
Luonnonmukainen maatalous on paljon kiistelty tuotantojärjestelmä, jonka vaikutukset ympäristöön ja kestävyYTEEN eivät ole pelkästään myönteisiä (Tuomisto ym. 2012). Tässä tutkimuksessa ei pyritä ottamaan kantaa, onko luonnonmukainen tuotantotapa kestävämpi kuin tavanomainen. Sen sijaan luomu nähdään tässä tutkimuksessa tavanomaiselle tuotannolle rinnakkaisena järjestelmänä, joka voi hyödyttää tavanomaista tuotantoa tarjoamalla uusia innovaatioita ja päinvastoin.

Tämän pro gradu -työn aihe juontaa juurensa luomuneuvoja Reijo Käen havainnosta viljelykiertojen alueellisesta vaihtelevuudesta. Maisterintutkielman puitteissa oli luontevaa tutkia, mistä nämä alueelliset erot voisivat johtua. Tutkimus toimii keskustelunavauksena ja johdatuksena aiheeseen, johon sisältyy monia mielenkiintoisia jatkotutkimuskysymyksiä.

2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Tutkimusaihetta tarkastellaan ensisijaisesti agroekologian näkökulmasta. Agroekologiassa tutkitaan, miten ruokaa voitaisiin tuottaa kestävästi kaikki kestävyiden osa-alueet, kuten ekologinen, sosiaalinen, taloudellinen ja kulttuurinen kestävyys huomioiden (Gliessman 2007). Lähtökohtana on, että ekologisesti kestävästä viljelykiirroista on jo olemassa melko paljon luonnontieteellistä tietoa – joskin viljelykierrat ovat vaikeasti tutkittava aihe, ja tietoaukkoja löytyy yhä (Bennett ym. 2012). Vähemmän tutkittu ja agroekologian näkökulmasta kiinnostava aihe on, miten viljelijät suunnittelevat tuotantoaan ja kuinka hyvin he toteuttavat ekologisesti kestäviä viljelykiertoperiaatteita tuotannossaan, johon vaikuttavat myös lukuisat muut tekijät kuin pyrkimys ekologiseen kestävyteen (kuva 1).

Maaseutuviraston tietohallintajärjestelmistä sekä viljelykiertosuunnitelmista saatavan tiedon yhdistely on uudenlainen tapa analysoida käytännön luomuviljelyä. Tällainen ihmistieteitä lähestyvä tutkimusote on tarpeellinen, kun yritetään löytää keinoja sopeutua globaaliin ympäristön muutokseen (Reid ym. 2009, Reid ym. 2010). Tutkimustuloksia voidaan myöhemmin täydentää esimerkiksi haastattelututkimuksella.



Kuva 1. Luomuviljelyn viljelykiertoihin vaikuttavat tekijät. Kaaviossa on eri sävyisten nuolien avulla esitetty tekijöiden jakautuminen agronomisiin, sosio-ekonomisiin, ympäristö- ja kulttuurisiin tekijöihin. Muokattu Rounsevellin ym. (2003), Castellazzin ym. (2007) sekä Rodriguezin ym. (2014) mukaan.

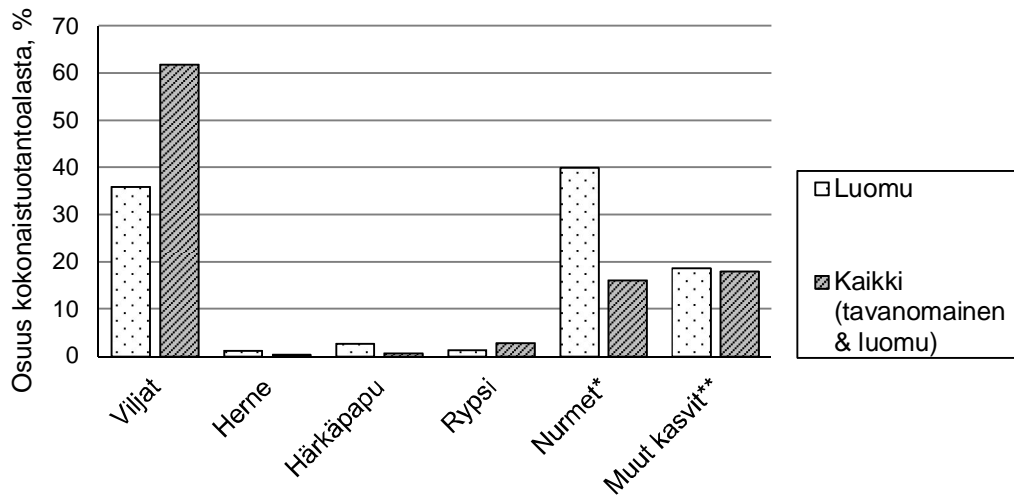
3 VILJELYKIERROT

3.1 Viljelykierto

Viljelykierto eli kasvinvuorotus on viljelymenetelmä, jossa samalla peltolohkolla viljellään eri vuosina eri kasvilajeja, joilla on erilaiset fysiologiset ominaisuudet (Drinkwater 1999). Usein sama kasvijärjestys toistuu vuosien mittaan (Karlen ym. 1994), eli viljelykierrot ovat syklisiä. Viljelykierto hyödyttää peltokasvintuotantoa monin tavoin: onnistuneessa viljelykierrossa maaperän orgaanisen aineksen pitoisuus kasvaa, kasvitauti- ja tuholaispaine pienenee, rikkakasvien määrä vähenee, ravinteiden kierto tehostuu ja maan rakenne paranee (Rajala 2006, 104–107).

Viljelykiertoja on hyödynnetty eri aikoina vaihtelevasti. Yleistäen viljelykierrot on tuotantomenetelmänä otettu käyttöön silloin, kun viljavaa maata ei ole enää ollut määrättömästi tarjolla. Viljelykierroilla kompensoidaan tuotantoa rajoittavia tekijöitä. Yleensä tavoitteena on maan viljavuuden parantaminen typpeä ja orgaanista ainesta lisäämällä (Karlen ym. 1994). Kuivilla alueilla tavoitteena voi olla myös säilyttää veden riittävyys viljelyjärjestelmässä tai estää viljelymaata suolaantumasta (Turner 2004).

Viljelykierrot voidaan karkeasti jakaa kahteen luokkaan, jotka ovat lyhyet viljelykierrot (*short crop rotations*) ja monipuoliset, pitkät viljelykierrot (*extended crop rotations*). Monipuoliset viljelykierrot olivat tavallisia ennen 1900-luvun puolivälin vihreää vallankumousta, jonka myötä markkinoille tuli uusia lajikkeita, maatalous koneellistui, lannoitteiden hinnat halpenivat, tilakoko kasvoi ja tuotanto tehostui. Tämä kehitys johti siihen, että viljelykierrot lyhenivät tai muuttuivat monokulttuureiksi suuressa osassa maailmaa (Karlen ym. 1994). Viljelykiertoja voidaan myös luokitella niiden toistuvuuden mukaan. Samanlaisina useita kertoja peräkkäin toistuvat viljelykierrot ovat syklisiä ja pysyviä (*fixed / rigid crop rotations*) ja vuosien mittaan muuntuvat viljelykierrot mukautuvia (*flexible / plastic crop rotations*) (Rodriguez ym. 2011, Dury ym. 2013).



*Yksi-, monivuotiset ja pysyvät nurmet, viherlannoitusnurmi

** Kasvipeitteiset kesannot, vihantavilja, juurikasvit, erikoiskasvit, puutarhakasvit

Kuva 2. Kasvilajin/kasvityypin osuus kokonaistuotantoalasta Uudenmaan ja Satakunnan ELY-keskusten alueilla vuonna 2012 luonnonmukaisessa sekä kaikessa kasvinviljelyssä. Luomutilojen osuus Uudenmaan ja Satakunnan viljelypinta-alasta oli 6,2 prosenttia. Kuvan tietolähteet: Evira 2012, Tike 2013.

Viljelykierrat ovat tavanomaisessa tuotannossa usein lyhyitä, ja viljelykiertoa käytetään pääasiassa kasvintuhoojien tai rikkakasvien torjumiseen (Karlen ym. 1994, Ball ym. 2005). Kasvilajeja on kahdesta kolmeen (Ball ym. 2005). Yhdysvalloissa tyypillinen lyhyt viljelykierto on maissin ja soijapavun vuorottelu (Karlen ym. 1994, Ball ym. 2005). Suomessa kevätvehnää viljelevien tilojen tyypillinen viljelykierto koostui vuosina 2007–2011 vain kevätiljoista (24 prosenttia tiloista) tai kevätiljoista ja rypsistä tai rapsista (28 prosenttia tiloista) (Keskitalo ja Jauhiainen 2012).

Luomuviljelyssä viljelykierrat ovat yleensä monipuolisempia ja nurmivaltaisempia (Weibull ja Östman 2003, Pimentel ym. 2005, Norton ym. 2009). Esimerkiksi vuonna 2012 uusimaalaisilla ja satakuntalaisilla peltokasvinviljelytiloilla nurmen osuus oli yli kaksinkertainen kaikkiin tiloihin verrattuna (kuva 2).

3.2 Viljelykiertovaikutus

Monipuoliset viljelykierrat lisäävät agroekosysteemin monimuotoisuutta (Karlen ym. 1994). Tämän tuloksena on viljelykiertovaikutus (*rotation(al) effect*) (esimerkiksi Gliessman 2007), joka tarkoittaa agroekosysteemin toiminnan tehostumista ja tuottavuuden nousua monista eri tekijöistä johtuen. Viljelykiertovaikutusta ei ole pystytty tieteellisesti kattavasti selittämään, sillä ilmiö on lukuisien ekologisten prosessien ja niiden välisten vuorovaikutusten tulosta (Smith ym. 2008). Viljelykiertovaikutus eroaa esikasvivaikutuksesta siten, että siinä ei ole kyse kahden eri viljelykasvin keskinäisistä ajallisista vuorovaikutussuhteista, vaan viljelykierron aiheuttamasta muutoksesta maan viljavuuteen (Rajala 2005, 162, Smith ym. 2008). Rajalan (2005, 162) mukaan esikasvivaikutus voi ulottua korkeintaan kahden vuoden päähän siitä, kun esikasvia on viljelty.

3.2.1 Viljelykiertovaikutuksen synty maaperässä

Viljelykiertovaikutus syntyy maaperässä erilaisten viljelymaan rakenteeseen ja koostumukseen vaikuttavien fysikaalisten, biologisten ja kemiallisten prosessien myötä. Erilaiset viljelykasvit tuottavat maahan eri määriä orgaanista ainesta, joka on keskeinen maan viljavuuteen vaikuttava tekijä. Orgaaninen, kasviperäinen aine hajoaa mikrobitoiminnan myötä ja jää maaperään tai päätyy liukoisina ravinneioneina kasvien käyttöön tai kulkeutuu pois pelloilta (Ball ym. 2005). Esimerkiksi nurmet tuottavat maahan runsaasti juurimassaa, joka lisää maaperän orgaanisen aineksen määrää (Robson ym. 2002).

Kasvijätteet toimivat myös ravinnelähteenä tuleville viljelykasville sekä hajottajille. Kasvijätteiden merkitystä viljelykasvien ravinnelähteenä on kuitenkin joskus liioiteltu (Bullock 1992). Esimerkiksi suomalaisten poiskorjattavien apilanurmien kuiva-ainepitoisuudesta tulisi olla yli 40 prosenttia apilaa, jotta typpitase olisi positiivinen (Nykänen 2008). Ei ole myöskään näyttöä siitä, että viljelykierrolla olisi pellon fosforipitoisuutta nostavaa vaikutusta (Karlen ym. 1994). Erilaiset viljelykasvit myös muokkaavat maaperää eri tavoin juurillaan. Erityisen hyödyllistä on viljellä kasveja, joilla on eri syvyyskuviin ulottuvat juuret (Karlen ym. 1994, Robson ym. 2002). Juurten ritsosfäärissä on paljon mikrobitoimintaa, jonka seurauksena maaperään syntyy esimerkiksi juurieritteitä,

mikrobimassaa ja sienijuurta, jotka puolestaan edesauttavat maamurujen muodostumista (Ball ym. 2005). Palkokasvien on osoitettu edistävän viljoja tehokkaammin maamurujen muodostumista (Haynes ja Beare 1997). Viljelymaan hyvä rakenne parantaa pellon vesitaloutta ja vähentää eroosiota ja ravinnehuuhtoumia (Karlen ym. 1994).

Nykyään keskeisenä viljelykiertovaikutuksen syntyyn vaikuttavana tekijänä pidetään maaperän mikrobiston monipuolistumista ja mikrobitoiminnan tehostumista (Bennett ym. 2012). Monimuotoinen mikrobisto hillitsee viljelykasvien kasvulle haitallisten pieneliöiden, kuten kasvitaudinaiheuttajien ja muiden kasvin kasvua häiritsevien mikrobien kantojen kasvua (Pankhurst ym. 2003, Verbruggen ym. 2010). Haitallisten mikrobien vähyys voi parantaa viljelykasvin juurten kasvua ja ravinteidenottokykyä (Copeland ja Crookston 1992, Stevenson ja van Kessel 1996) sekä kasvin kykyä hyödyntää vettä kasvussaan (Anderson 2005). Monipuoliset viljelykierrat vaikuttavat myös siihen, että mykorritsa pystyy hyödyttämään isäntäkasviaan paremmin (Johnson ym. 1997). Sveitsiläisessä tutkimuksessa havaittiin, että monipuolisilla viljelykiertoin viljellyillä luomupelloilla oli parempi maan rakenne ja monipuolisempi mikrobisto kuin tavanomaisilla pelloilla, ja osa arbuskelimykorrhizalajeista oli lähes toimintakyvyttömiä tavanomaisesti, lyhyin viljelykiertoin viljellyillä pelloilla (Oehl ym. 2004). Myös Verbruggen ym. (2010) havaitsivat, että luomupeltojen arbuskelimykorrhizalajikoostumus oli monimuotoisempi kuin tavanomaisilla pelloilla. Toisaalta he eivät pystyneet todistamaan sitä, että luomupeltojen monimuotoisuus johtui nimenomaan monipuolisista viljelykiertoista.

Maan muokkauksella on iso merkitys viljelykierron saatavaan hyötyyn. Viljelykierron vaikutus voi olla erilainen esimerkiksi silloin, kun viljelymenetelmänä on suorakylvö perinteisen maan muokkauksen sijaan (Ball ym. 2005).

3.2.2 Viljelykiertovaikutuksen synty kasvustossa

Monipuoliset viljelykierrat luovat myös maan päälle monimuotoisuutta suuremman viljelykasvilajivalikoiman ja nurmiviljelyn myötä. Monipuoliset viljelykierrat hillitsevät etenkin monivuotisten rikkakasvien yleistymistä ja vaikuttavat rikkakasvilajiston koostumukseen. Kasvijätteillä voi olla allelopaattisia vaikutuksia rikkakasveihin (Karlen ym.

1994). Jotkut viljelykasvit, kuten vehnä ja maissi, erittävät autotoksiineja, jotka hillitsevät saman kasvin kasvua tulevina vuosina (Bennett ym. 2012) – kasvinvuorotuksella voidaan siis tällaisten lajien kohdalla estää satotappioita.

Monipuolisten viljelykiertojen on otaksuttu vaikuttavan tehostavasti myös biologiseen torjuntaan (Karlen ym. 1994). Tästä ei kuitenkaan ole näyttöä. Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan maatalousmaiseman monimuotoisuudella on huomattavasti suurempi vaikutus biologiseen torjuntaan kuin monipuolisilla viljelykierroilla, jotka saattavat jopa vähentää biologista torjuntaa pienipiirteisessä maisemassa (Rusch ym. 2013). Myös peltolohkojen sijainti toisiinsa nähden vaikuttaa siihen, kuinka suuri hyöty viljelykierroista saadaan. Useimpien viljelykiertoihin liittyvien tutkimusten lähtökohta on, että viljelykierron kaikki vaiheet ovat viljelyjärjestelmässä edustettuina samana vuonna. Tämä on yleensä edellytys myös tulosten luotettavuudelle (Brandt ym. 2010). Toisaalta käytännössä voi olla joskus hyödyksi, että tilatasolla olisi edustettuna vain yksi tai muutama viljelykierron eri vaihe, ja viljelykierto toteutuisi sen sijaan alueellisella tasolla. Tällöin kasvintuhoojien siirtyminen kasvustosta toiseen hidastuisi ja kasvuston reunoihin kohdistuvat tuhot pienenisivät (Helenius 1997).

3.3 Tutkimus

Viljelykiertovaikutuksen tutkiminen on ilmiön monimutkaisuudesta johtuen kallista, hidasta ja epävarmaa, ja kenttäkokeista saadut tulokset pätevät yleensä vain paikallisella tasolla (Bennett ym. 2012). Monipuolisista viljelykierroista saatavat hyödyt realisoituvat usein vasta vuosien päästä (Brandt ym. 2010). Viljelykiertotutkimukselle on siksi ollut vaikeaa löytää riittävästi tutkimusrahoitusta (Pesticide action network 2013).

Viljelykiertoihin liittyvissä kenttäkokeissa analysoidaan usein viljelykierron vaikutusta yhteen tai muutamaan ekologiseen muuttujaan (Brandt ym. 2010) sekä toisaalta satotasoon, joka on tärkeä agroekosysteemin toimintaa kuvaava indikaattori peltokasvinviljelyssä (Smith ym. 2008). Satotasojen mittaaminen on yksi harvoista keinoista, joilla voidaan tutkia viljelykiertovaikutusta ilmiönä (Ball ym. 2005).

Viljelykiertoihin liittyvää tutkimusta on tehty paljon Yhdysvalloissa ja Kanadassa (taulukko 1). Myös Euroopassa on tehty merkittäviä, pitkäkestoisia viljelykiertokokeita, mutta niistä saatuja tuloksia ei ole vertailtu keskenään tieteellisessä kirjallisuudessa (Pesticide action network 2013). Esimerkiksi Englannissa Rothamstedin tutkimusasemalla on tutkittu viljelykiertoja vuodesta 1843 lähtien ja Unkarissa, Ranskassa ja Moldovassa on käynnissä pitkäkestoisia kokeita (Pesticide action network 2013). Kasvinvuorotus on tärkeä viljelymenetelmä myös teollisuusmaiden ulkopuolella, ja viljelykiertoihin liittyvä tutkimus on tarkoituksenmukaista joka puolella maailmaa (Ball ym. 2005).

Smith ym. (2008) esittävät, että viljelykiertotutkimuksessa voitaisiin rohkeammin hyödyntää ekologista tietoa, joka on saatu luonnontilaisempia ekosysteemejä tutkimalla. Esimerkiksi Kirwan ym. (2007) ja Verbruggen ym. (2010) ovat tutkimuksissaan käyttäneet puoliluonnontilaisia nurmia vertailukohtana intensiivisempään viljelyyn. Luonnontilaisempien ekosysteemien tutkimuksessa kasvilajimonimuotoisuuden on havaittu vaikuttavan maanpäälliseen tuottavuuteen (Hector ym. 1999, Kirwan ym. 2007). Myös ajallinen vaihtelevuus on tärkeä luonnontilaisten ekosysteemien toimintaan vaikuttava tekijä (Isbell ym. 2011).

3.4 Viljelykiertojen vaikutus tuottavuuteen

Viljelykiertovaikutus on seurausta monista samanaikaisista ja toisiinsa vaikuttavista ekologisista prosesseista agroekosysteemissä (Smith ym. 2008). Useissa tutkimuksissa on havaittu, että viljelykiertovaikutuksen ansiosta viljelykasvin sadot ovat suurempia kuin viljelyjärjestelmältään vastaavassa, optimiolosuhteissa toimivassa monokulttuurissa, jossa viljellään esimerkiksi viljoja vuodesta toiseen (taulukko 1, Karlen ym. 1994, Gliessman 2007, Smith ym. 2008). Monokulttuureissa viljelykierron hyödyntämättä jättämistä pyritään kompensoimaan ulkoisilla tuotantopanoksilla ja kasvinjalostuksella (Bennett ym. 2012). Vaikka viljelykiertojen vaikutuksesta satotasoihin ei ole tiettävästi tehty meta-analyysia, maataloustieteissä yleisesti hyväksytty käsitys on, että viljelykierron nostavat satoja pitkällä aikavälillä, vähentävät riippuvuutta ulkoisista tuotantopanoksista ja mahdollistavat kestävä

Taulukko 1. Esimerkkejä viljelykiertokokeista, joissa on tutkittu viljelykierron vaikutusta satotasoihin.

Paikka ja kokeen kesto	Viljelyjärjestelmä	Viljelykierto	Sadonlisäys monokulttuuriin verrattuna	Julkaisu
Minnesota, Yhdysvallat 1981–1989	tavanomainen	2 v.: maissi – soijapapu	maissi 10 %, soijapapu 8 %	Crookston ym. 1991
Saskatchewan, Kanada 1996–2000	tavanomainen	2 v.: palkovilja – durumvehnä 2 v.: rypsi – durumvehnä 3 v.: palkovilja – rapsi – durumvehnä (suorakylvö)	durumvehnä 7 % durumvehnä 5 % durumvehnä 15 %	Gan ym. 2003
Michigan, Yhdysvallat 2000–2004	luonnonmukainen	3 v.: maissi – soijapapu – syysvehnä (välikasveina puna-apilaa, veriapilaa ja ruista)	maissi >100 %, soijapapu 32 %, syysvehnä 53 %	Smith ym. 2008

tuotantotavan toteutumisen (Mitchell ym. 1991, BIO Intelligence Service 2010, 87). Viljelykierrosta hyötyminen edellyttää kuitenkin aina tilalle sopivan viljelykierron valitsemista (BIO Intelligence Service 2010, 87). Viljelymenetelmillä on vaikutusta siihen, kuinka suuri hyöty viljelykierrosta saadaan: esimerkiksi suorakylvö ja perinteinen maanmuokkaus saattavat aiheuttaa erilaiset viljelykiertovaikutukset (Gan ym. 2003).

Smith ym. (2008) analysoivat viljelykasvilajien monimuotoisuuden (*crop diversity*) eli viljelykierron vaikutusta satoihin, liukoisen typen määrään maaperässä sekä rikkakasvien esiintymiseen viisivuotisessa, luonnonmukaisesti viljelyssä kokeessa. Viljelykierto kaksinkertaisti maissin satotason, ja vaikutti lisäävästi myös syysvehnän ja soijapavun satoihin. Sen sijaan viljelykierroilla ei ollut suoraa vaikutusta liukoisen typen määrään tai rikkakasveihin. Vaikka sadonlisäys voidaan osittain selittää esimerkiksi esikasvivaikutuksella – eli ensimmäinen kasvi hyödyttää sen jälkeen tulevaa – tutkijat

kuitenkin päätyivät siihen, että myös kasvilajimonimuotoisuudella eli kasvilajien määrällä viljelykierrossa on itsessään vaikutusta satotasoihin.

3.5 Viljelykiertojen vaikutus agroekosysteemiin

Viljelykierroilla on merkitystä myös maatalousmaiseman monimuotoisuuden kannalta. Peltojen viljelykasvilajien monimuotoisuus on tärkeä agrobiodiversiteetin osatekijä siinä missä maatalousympäristöön assosioitunut biodiversiteettikin, ja nämä agrobiodiversiteetin osat ovat keskenään vuorovaikutuksessa (Helenius ym. 2004, Tschardt ym. 2012). On kuitenkin vielä epäselvää, mikä viljelykasvilajien monimuotoisuuden merkitys agroekosysteemin kokonaistoiminnan ja kestävämpien tuotantojärjestelmien kannalta on (Snapp ym. 2010). Viljelykiertojen tuottaman monimuotoisuuden analysoimista hankaloittaa aikaperspektiivi: viljelykiertojen analysoinnissa tulisi ottaa huomioon useamman vuoden ajanjakso ja myös se, että pelloista muodostuu usein viljelykiertojen kautta yhteen nivoutuva kokonaisuus (Castellazzi ym. 2007).

Osa tutkijoista pitää monipuolisia viljelykiertoja tärkeänä osatekijänä kestävyiden tavoitteiden saavuttamisessa (Castellazzi ym. 2007), mutta vastakkaisen näkemyksen mukaan esimerkiksi muokkausmenetelmät ovat paljon tärkeämpi tekijä ja tutkimusaihe kestävyiden kannalta (Snapp ym. 2010). Toisaalta myös kasvinvuorotuksella on iso vaikutus siihen, minkälaisia muokkaustoimenpiteitä tehdään ja mihin aikaan vuodesta (Ball ym. 2005, Norton ym. 2009).

4 VILJELYKIERROT LUONNONMUKAISESSA KASVINTUOTANNOSSA

4.1 Periaatteet

Luonnonmukaisessa tuotannossa monipuolisten viljelykiertojen merkitys tuotannolle on tavanomaista tuotantoa suurempi (taulukko 1, Robson ym. 2002). Viljelykierron tulisi edesauttaa kasvintuhoojien hallinnan lisäksi ravinteiden kiertoa tuotantojärjestelmässä,

parantaa maan kasvukuntoa (Olesen ym. 1999, Watson ym. 1999, Wijnands 1999, Robson ym. 2002, Ball ym. 2005) sekä edistää ekologista kestävyyttä (Ball ym. 2005). Palkokasvien tulisi tuottaa tyypeä viljelyjärjestelmään (Robson ym. 2002), mutta toisaalta myös tilan ulkopuolelta tulevan lannan ja erilaisten kierrätyslannoitteiden käyttö on sallittu (EY 2007). Luomutilan ei tarvitse olla ravinneomavarainen: luomutuotannossa pyritään paikallisesti järjestettyihin maataloussysteemeihin, jotka pohjautuvat uusiutuvien luonnonvarojen käyttöön (Luomutietopankki 2015). Wijnandsin (1999) mukaan luonnonmukaisen maatalouden viljelykiirroissa on oleellista saavuttaa sopiva rytmi maan viljavuuteen eri tavoin vaikuttavien kasvien vuorottelussa. Lisäksi tulisi ottaa huomioon eri kasvilajien alttius kasvitaudeille niin, että samoille kasvitaudinaiheuttajille alttiita lajeja ei viljeltäisi liian usein. Luomutukien saamisen ehtona olevien Eviran ohjeiden mukaan luonnonmukaisen kasvinviljelytilan viljelykierron on sisällettävä vähintään 30 prosenttia palkokasveja. Viljan viljely on sallittu samalla peltolohkolla enintään kolmena peräkkäisenä vuotena, ja saman suvun yksivuotisia erikoiskasveja sekä perunaa voi samalla peltolohkolla viljellä enintään kaksi vuotta peräkkäin (Evira 2013).

4.2 Viljelykiertojen suunnittelu luomutiloilla

4.2.1 Tavoitteet

Viljelykierto ja kasvien vuosittainen allokointi viljelypinta-alalle on keskeinen tuotantoon vaikuttava päätös (Dury ym. 2013). Tavoitteena viljelykierron suunnittelussa on lähes aina tuotannon kannattavuus (Wijnands 1999, 32-33, Dury ym. 2013) tilan biofysikaalisten olosuhteiden kuten maaperän, topografian ja ilmaston puitteissa (Ball ym. 2005). Toisaalta viljelijällä on kasvinvuorotuksen suunnittelussa usein monia, keskenään ristiriitaisiakin tavoitteita (Olesen 1999). Kannattavuuden lisäksi tavoitteena voi olla esimerkiksi riskien hallinta (Rodriguez ym. 2011), ympäristönsuojelu (Dury ym. 2012), ekologisten viljelyperiaatteiden noudattaminen (suullinen tiedonanto Reijo Käki, Luomuliitto, 10.6.2014), oman työn tehokkuus, viljelyn tekninen sujuvuus (Wijnands 1999, Seppänen ym. 2000, 57, Dury ym. 2012) sekä työhuippujen tasaaminen (Rajala 2006, 114). Paikallinen viljelykulttuuri ja käytävissä olevat neuvontapalvelut voivat vaikuttaa siihen,

minkälaisiksi tilojen viljelykierrat muodostuvat (suullinen tiedonanto Reijo Käki, Luomuliitto, 10.6.2014).

4.2.2 Lähtökohdat

Lähtökohta viljelykierron suunnittelulle on yleensä se, mikä on tilan tuotantosuunta ja mitkä ovat sen tuottamat päätuotteet ja millä peltopinta-alalla päätuotteita viljellään vuosittain (Rajala 2005, 35–36). Jos tilalla on karjaa, rehun riittävyys seuraavalle tuotoskaudelle tulee ottaa huomioon viljelykierron suunnittelussa (Rajala 2005, 35). Tilojen välinen yhteistyö vaikuttaa viljelykiertoihin. Jos esimerkiksi maito- ja viljatila tekevät yhteistyötä rehuntuotannossa, kasvilajivalinnat voivat olla erilaisia kuin karjattomassa luomussa (Riiko 2015).

Viljelykiertoja suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon eri kasvien esikasvi- ja viljelykiertovaikutukset ja pohtia, minkälainen kasvijärjestys olisi paras viljelijän tavoitteiden saavuttamiseksi. Viljelykierto voidaan suunnitella jakamalla kierron vaiheet viljavuutta parantavaan vaiheeseen (*fertility-building phase*) ja taloudellisesti tuottavaan vaiheeseen (*income-generating phase*) (Robson ym. 2002). Rajala (2005, 35) käyttää näissä vaiheissa viljeltävistä kasveista käsitteitä täydentävät kasvit ja päätuotantokasvit. Myös viljavuutta parantavassa vaiheessa on järkevää viljellä kasveja, joita voidaan hyödyntää myös esimerkiksi rehuna tai joita voidaan myydä tilan ulkopuolelle (Robson ym. 2002). Luonnonmukaiseen maatalouteen suositellut viljelykierrat ovat pohjoismaissa tyypillisesti kestoltaan neljästä kahdeksaan vuoteen (Wijnands 1999, Rajala 2005, 34).

Viljelykiertojen suunnittelun helpottamiseksi eri kasvilajit ovat jaettavissa ryhmiin, jotka perustuvat siihen, miten eri kasvit vaikuttavat maan kasvukuntoon. Esimerkiksi Rajala (2005, 27–34) on jakanut viljelykasvit neljään eri pääryhmään niiden biologisten ominaisuuksien perusteella. Pääryhmät ovat 1) viljat, 2) palkoviljat / palkokasvipitoinen viherrehu, 3) juurikasvit / öljykasvit / kesanto sekä 4) nurmikasvit. Rajala (2005, 28, 2006, 108) on luokitellut kasveja myös niiden maata kuluttavan vaikutuksen mukaan. Monivuotiset nurmet ja viherlannoituskasvustot ovat maata parantavia kasveja, viljat, palkoviljat ja öljykasvit

maata lievästi kuluttavia kasveja ja peruna, monet vihannekset ja juurikasvit maata voimakkaasti kuluttavia kasveja.

Erilaisten kerääjäkasvien (aluskasvit, pyydyskasvit) viljely pääviljelykasvien lomassa (Smith ym. 2008) sekä talviaikainen kasvipeitteisyys (Rajala 2005, 28) voivat tehostaa viljelykiertovaikutusta. Luomutilojen viljelykierron ovat usein monimutkaisia ja pelkkien pääviljelykasvien viljelyjärjestyksen kuvailu antaa viljelykierron yksipuolisen kuvan (Rajala 2006, 206–224, Smith ym. 2008).

Viljelykiertojen suunnittelussa on kasvijärjestyksen suunnittelun lisäksi otettava huomioon myös viljelykierron tilallinen ulottuvuus, eli viljelijän tulee päättää, onko tilalla käytössä yksi vai useampi viljelykierto ja miten viljelykasvit allokoitetaan vuosittain käytettävissä oleville peltolohkoille (Wijnands 1999, Castellazzi ym. 2007). Tiloilla voi olla myös yhteinen viljelykierto, jolloin useammat tilan pellot muodostavat yhden peltokokonaisuuden, jolle suunnitellaan viljelykierto (Riiko 2015). Esimerkiksi vihannesviljelyssä tilojen yhteisellä viljelykierrolla voidaan saavuttaa etuja työvoimakustannuksissa ja varastoinnissa.

4.2.3 Suositukset

Suomessa viimeaikaisimpia luomuviljelyä ja luomuviljelyn viljelykiertoja käsitteleviä teoksia ovat agronomi ja pitkäaikainen luomuviljelijä Jukka Rajalan Luomuviljelyn suunnittelu (Rajala 2005) sekä Luonnonmukainen maatalous (Rajala 2006). Viime aikoina kiinnostus viljelykiertojen monipuolistamiseen on herännyt myös luomuviljelyn ulkopuolella: esimerkiksi ProAgria -keskusten liitto julkaisi vuonna 2015 teoksen Viljelykiertojen monipuolistaminen, jossa käydään läpi viljelykiertojen tuottamia hyötyjä maatalouden muuttuvassa toimintaympäristössä (Toukoluoto ja Peltonen 2015). Oppaiden mukaan suositeltava viljelykierto on esimerkiksi viisivuotinen kierto, jossa kahden nurmivuoden jälkeen viljellään runsaasti typpeä hyödyntävää syyskylvöistä kasvia (esimerkiksi syysvehnää), sitten maan parantuneesta rakenteesta hyötyvää kasvia kuten öljy- tai palkokasveja, sitten kevätiljaa ja lopuksi kaksi vuotta nurmia (Kotimäki ym. 2015). Wijnandsin mukaan (1999) luomutilan viljelykierron optimikesto on kuusi vuotta. Luonnonmukaisille tiloille tarkoitettuna ROTOR-viljelysuunnitteluohjelman kehittämisen

lähtökohtana olivat kolmesta kahdeksaan vuoteen kestävät viljelykierrat (Bachinger ja Zander 2006).

Palkokasveja tulisi olla luomupeltokasvinviljelytilojen viljelykiirroissa mukana riittävästi, karjattomilla tiloilla tyypillisesti 30–60 prosenttia, ja luomunurmiseoksen tulisi sisältää nurmipalkokasveja (Rajala 2006, 109, 320). Tyypillisiä luonnonmukaisessa tuotannossa käytettäviä nurmipalkokasveja ovat puna-apila, alsikeapila, valkoapila, sini- ja sirppimailanen, vuohenherne, keltamaite, mesikät, persianapila, veriapila, ruisvirna, rehuvirna ja rehuherne. Tyypillisiä nurmiheiniä ovat timotei, nurminata, ruokonata, punanata, englannin raiheinä, niittyurmikka, koiranheinä, italian raiheinä ja Westerwoldin raiheinä (Rajala 2006, 324).

Ideaalitulanteessa jokaista viljelykierrossa esiintyvää viljelykasvia (tai kasvityyppiä, kuten nurmea) viljellään vuosittain eri lohkoilla viljelykiertosuunnitelman mukaisesti. Samalla kasvulla olevan pinta-alan tulisi pysyä vuosien mittaan yleensä suurin piirtein samana (Wijnands 1999, Rajala 2005, 35–36). Tilalla voi olla yhtä aikaa käynnissä useampia viljelykiertoja: esimerkiksi maaperältään erilaiset lohkot voivat muodostaa oman kokonaisuutensa (Rajala 2005, 35–36). Toisaalta joskus saman suuruista pinta-aloista poikkeaminen voi olla perusteltua esimerkiksi työn sujuvuuden takia tai kasvintuhoojien leviämisen estämiseksi (Helenius 1997, Brandt ym. 2010, Riiko 2015).

Luomuoppaat ja -tutkimus antavat viljelykiertojen suunnitteluun joiltakin osin lainsäädäntöä tiukempia ohjeita. Esimerkiksi Rajalan (2006) mukaan samaa viljelykasvia tulee viljellä korkeintaan kaksi vuotta peräkkäin. Luomuviljelyn viljelysuunnitteluohjelma ROTOR:ia kehittäneiden Bachingerin ja Zanderin (2006) mukaan leveälehtisiä viljelykasveja, kuten perunaa, ei tule viljellä peräkkäisinä vuosina. Vehnää ei tulisi viljellä muiden viljojen jälkeen eikä palkoviljoja palkoviljojen tai palkokasvivaltaisen nurmen jälkeen (Bachinger ja Zander 2006, Rajala 2006, 110–111).

4.2.4 Suunnitelmien mukauttaminen

Vaikka osa viljelijöistä pysyy tarkasti etukäteen päätetyssä, syklisessä viljelykierrrossa, useimmat viljelijät tekevät jatkuvasti muutoksia viljelykierrössään (Wijnands 1999, Rodriguez ym. 2011). Jokin kasvi voidaan korvata toisella kierron pysyessä muuten ennallaan, tai kiertoon voidaan lisätä tarvittaessa lisävuosia, jolloin viljelykierto muuttuu enemmän. On myös olemassa sattumanvaraisia, opportunistisia kasvinvuorotuksia, jotka eivät perustu mihinkään ennalta laadittuun suunnitelmaan tai ajatukseen kierron toistuvuudesta (Castellazzi ym. 2007). Dury ym. (2013) Ranskassa nurmitiloille tehdyssä tutkimuksessa saatiin selville, että 53 prosenttia viljelijöistä suunnitteli tilansa viljelykierron pitkällä aikavälillä, 22 prosenttia 1–4 vuoden aikajänteellä ja 25 prosenttia viljelijöistä otti viljelykiertojen suunnittelussa huomioon vain tulevan vuoden eli viljelykierron olivat opportunistisia. Tiloilla saattoi olla kuitenkin useampia viljelykiertoja, ja useimmat viljelijät yhdistelivät eri tuotantostrategioita (Dury ym. 2013). Australialaisessa tutkimuksessa viljelykiertojen mukauttaminen osoittautui parhaaksi strategiaksi, kun tutkittiin sitä, miten viljelijät pystyvät vastaamaan ilmastonmuutokseen muutaman vuosikymmenen aikajänteellä ja silti pitämään tuotannon kannattavana (Rodriguez ym. 2011). Tutkimuksessa tutkittiin tavanomaisia tiloja, joiden tilakoot olivat huomattavasti Suomea suuremmat.

Viljelykiertojen suunnittelu ja suunnitelmien mukauttaminen perustuu usein kokemuseräiseen tietoon (Rodriguez ym. 2011). Viljelykiertoja muutetaan yleensä vuosien mittaan ulkoisten muospaineiden, kuten sääolosuhteiden, panosten hintojen, luomuviljamarkkinoiden (kuva 1; Dury ym. 2013, Wijnands 1999, 32-33) tai ympäristötuen ehtojen tai muiden säädösten takia (Doering 1992) takia. Myös tilan sisältä tulevat muospaineet, kuten vaikea rikkakasvi- tai kasvitautitilanne, saavat viljelijät muuttamaan viljelykiertojaan (Dury ym. 2013).

4.3 Viljelysuunnitteluohjelmat

Erilaiset viljelysuunnitteluohjelmat auttavat viljelijöitä suunnittelemaan tuotantoa tiloilla. Monet viljelijät käyttävät myös neuvontapalveluita viljelyn suunnittelussa. Viljelysuunnitteluohjelmat voidaan karkeasti jakaa tuotantojärjestelmän kokonaisvaltaiseen

suunnitteluun painottuviin ohjelmiin (*rule/expert-based models*), joissa pyritään auttamaan viljelijöitä tilakokonaisuuden hallinnassa maatalouden muuttuvassa toimintaympäristössä (Rodriguez ym. 2014), sekä melko yksityiskohtaisia viljelytekniisiä ohjeita antaviin ohjelmiin (*data-driven deterministic models*). Viljelytekniset ohjelmat tarvitsevat paljon lähtötietoja toimiakseen (Adams ym. 2001), ja ovat yleisempiä kuin tuotantojärjestelmän kokonaisvaltaiseen ja pitkäjänteiseen suunnitteluun keskittyvät ohjelmat (Rodriguez ym. 2014). Tuotantojärjestelmän kokonaisvaltaiseen suunnitteluun painottuvat ohjelmat toisaalta auttaisivat viljelijöitä paremmin varautumaan esimerkiksi ilmastonmuutoksen aiheuttamiin muutoksiin tuotannossa (Rodriguez ym. 2011).

Esimerkki tuotantojärjestelmän kokonaisvaltaiseen suunnitteluun painottuvasta ohjelmasta on luonnonmukaisen kasvintuotannon suunnittelun tueksi kehitetty ROTOR (Bachinger ja Zander 2006), joka ehdottaa tilakohtaisesti erilaisia viljelykiertoja sekä muita viljelytoimenpiteitä. Viljelijä voi valita niistä omiin tavoitteisiinsa parhaiten sopivat. Toisin sanoen ohjelma auttaa viljelijää viljelyyn liittyvien riskien hallinnassa. Ohjelma kehitettiin Pohjois-Saksassa peltokasvinviljelytiloja varten. ROTOR-ohjelman ehdottamat viljelykierrat ja muut viljelytoimenpiteet perustuvat toisaalta toimivaan tynen kiertoon tuotantojärjestelmässä ja typpihävikin minimoimiseen, ja toisaalta hyvien satojen saavuttamiseen ja rikkakasvien hallintaan, sekä viljelykiertojen kohdalla myös kasvitautiriskin pienentämiseen (Bachinger ja Zander 2006). ROTOR on ladattavissa esimerkiksi Beras-hankkeen (Building Ecological Recycling Agriculture and Societes) verkkosivuilta (Beras 2015), ja se on osoittautunut käyttökelpoiseksi työkaluksi luomutilojen viljelysuunnittelussa, joskin ohjelma vaatisi vielä jatkokehittelyä (Carof ym. 2013).

Suomessa viljelykierrat suunnitellaan yleensä ilman tarkoitukseen erityisesti kehitettyjä tietokoneohjelmia. Tarvittaessa apua saa esimerkiksi luomuneuvojilta. ProAgrian lohkotietopankki mahdollistaa satotasojen tarkastelemisen lohko kohtaisesti ja vertailemisen muihin vastaaviin tiloihin ja auttaa siten tuotannon kehittämisessä (ProAgria 2014).

4.4 Toteutuneet viljelykierrot Euroopan unionissa ja Suomessa

EU:ssa luonnonmukaisilla tiloilla viljellään tavanomaisia tiloja useammin nurmia ja palkokasveja: pysyvät laitumet sekä viherlannoitusnurmet vievät yhteensä noin 60 prosenttia luomuviljelyyn käytetystä peltopinta-alasta. Luomuviljoja viljellään vain 14,6 prosentilla luomuun käytetystä peltopinta-alasta, kun viljojen osuus koko EU:n peltopinta-alasta on 31,8 prosenttia (Euroopan komissio 2013). Tilastojen mukaan näyttäisi siis siltä, että luomutilat ovat tavanomaisia useammin yhdistettyjä kotieläin- ja kasvintuotantotiloja tai laajaperäisesti viljeltyjä tiloja. Myös karjaton luomu on yleistynyt niin Euroopassa kuin Pohjois-Amerikassakin (Ball ym. 2005). Viljantuotantoon painottuvien luomutilojen viljelykierroista ei ole koottua tilastotietoa Euroopan unionin alueelta.

Suomessa luomuviljelty peltopinta-ala oli vuonna 2013 noin 200 000 hehtaaria, joka on noin yhdeksän prosenttia koko Suomen peltopinta-alasta. Peltopinta-alasta yli puolet käytettiin rehunurmen viljelyyn. Runsaalla kymmenellä prosentilla peltopinta-alasta viljeltiin tuoreviljaa, runsaalla kymmenellä prosentilla kauraa ja noin kymmenellä prosentilla muita viljoja (Tike 2014a) – tavanomaisessa viljelyssä viljojen osuus viljelypinta-alasta oli yli 50 prosenttia (Tike 2014b). Herneen ja härkäpavun viljely oli luomussa yleisempää kuin tavanomaisessa viljelyssä (Tike 2014a).

5 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tässä tutkimuksessa selvitetään, minkälaisia viljelykiertoja suomalaisille luomukasvinviljelytiloille suunnitellaan ja minkälaisina ne toteutuvat. Tavoitteena on tutkia, miten tarkoin toteutuneet kasvinvuorotukset vastaavat luomusopimuksen liitteenä esitettyä viljelykiertosuunnitelmaa. Tutkimusoletuksena on, että viljelykiertosuunnitelmissa pidättäydytään sitä vähemmän, mitä pidempi aika suunnitelman laatimisesta on.

Tavoitteena on lisäksi selvittää, onko analysoitavien tilojen joukosta mahdollista erottaa erilaisia suunnitelmien toteuttamiseen tai toteuttamatta jättämiseen liittyviä viljelijäryhmiä ja näihin ryhmiin liittyviä tuotantostrategioita.

Kolmantena tavoitteena on selvittää, toteutuuko luomun periaate monipuolisista viljelykierroista jollain maantieteellisellä alueella paremmin kuin toisella tutkimalla eroja Uudenmaan ja Satakunnan luomutilojen välillä. Tutkimushypoteesina on, että luomun kasvilajivalinnoissa on eroa luonnonolosuhteiltaan samankaltaistenkin alueiden välillä (Evira 2012, suullinen tiedonanto Reijo Käki, Luomuliitto, 10.6.2014).

6 AINEISTO JA MENETELMÄT

6.1 Aineisto

Tutkimuksen havaintoyksikköinä olivat uusimaalaiset ja satakuntalaiset luomutilat, joille oli tehty ympäristötuen erityistukisopimus luonnonmukaisesta tuotannosta vuosille 2008–2012 ja joiden päätuotantosuunta oli peltokasvintuotanto (N=202). Tutkimusaineisto koostui Maaseutuviraston tietohallintajärjestelmistä haetuista tiedoista tiloilla viljellyistä kasveista sekä luomusopimukseen liitetystä viljelykiertosuunnitelmista.

Maaseutuviraston tiedot sisälsivät kasvulohkojen tunnuksot ja pinta-alat ja tiedon kunkin kasvulohkon viljelykasvista jokaiselta vuodelta ajanjaksolla 2008–2012. Näitä tietoja verrattiin luomusopimuksen yhteydessä esitettyihin, viljelijöiden tai maatalousneuvojien viljelijöille tekemiin viisivuotisiin viljelykiertosuunnitelmiin, jotka ovat arkistoituna paperikopioina alueellisissa ELY-keskuksissa (elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus).

Tiloista valittiin tutkimuksen kohteeksi satunnaisotannalla 30 tilaa. Näistä kahdeksan karsiutui pois siksi, että tila oli nurmitila, tai siksi, että viljelykiertosuunnitelmaa ei löytynyt tai viljelykiertosuunnitelmassa esitettyjen lohkojen tunnuksot eivät täsmänneet Maaseutuviraston lohkotunnusten kanssa. Tila laskettiin nurmitilaksi, jos nurmien osuus oli yli 75 prosenttia peltopinta-alasta (Maa- ja metsätalousministeriö 2014). Lisäksi yksi tila jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä luomuviiljely loppui suurimmalla osalla tilan lohkoista kesken tarkastelujakson vuonna 2011. Lopullisessa analyysissä oli mukana 21 tilaa (N=21), joiden pinta-alat olivat 6–77 hehtaaria.

Tutkimuksessa ei analysoitu niitä lohkoja, jotka olivat koko sopimuskauden (2008–2012) ajan nurmena, laitumena tai kesantona. Tutkimuksessa ei myöskään analysoitu laajaperäisessä viljelyssä olevia kasvulohkoja, kuten luonnonlaitumia ja -niittyjä, metsälaitumia, hakamaita, suojavyöhykenurmia tai maatalouskäytön ulkopuolella olevia erityistukisopimusaloja, kuten kosteikkoja tai metsäsaarekkeita. Myös monivuotisilla puutarhakaasveilla olevat lohkot sekä kasvimaat jätettiin pois analyysistä. Analyysiin otettiin

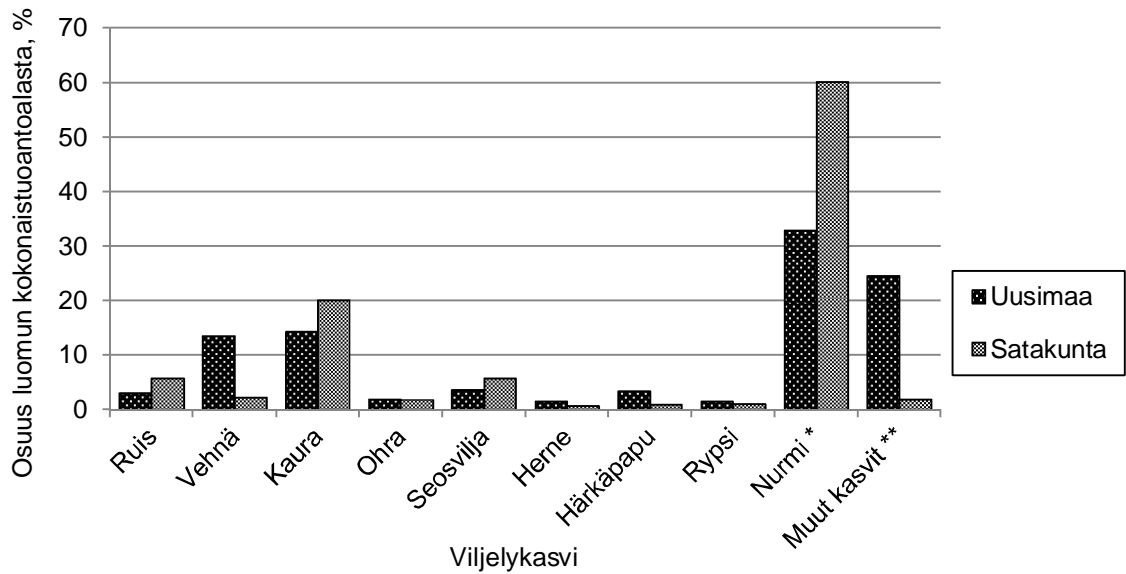
mukaan vain ne lohkot, jotka olivat luonnonmukaisessa viljelyssä jokaisena vuonna tutkittavalla ajanjaksolla.

6.2 Uusimaa ja Satakunta

Uusimaa ja Satakunta ovat korkeussuhteiltaan samankaltaisia, melko tasaisia alueita, joiden korkeusasema merenpinnasta on pääosin 0-100 metriä. Poikkeuksen muodostaa Satakunnan koilliskulmalla oleva Karvian seutu, jossa maasto on korkeammalla merenpinnasta. Suurin osa Satakunnan peltopinta-alasta sijoittuu maakunnan etelä- ja lounaisosaan Pori-Huittinen-linjan eteläpuolelle (Kersalo ja Pirinen 2009). Uusimaa ja Satakunta ovat molemmat vahvasti peltokasvinviljelyyn painottuneita alueita, joilla eri tuotantosuuntien jakauma on samankaltainen. Satakunnassa on hieman enemmän kotieläintiloja kuin Uudellamaalla (Tike 2014c, 49).

Uudenmaan maakunta sijaitsee Suomenlahden rannikolla I viljelyvyöhykkeellä, ja sen maatalousalueiden vallitseva maalaji on savi. Selkämeren rannikolla sijaitseva Satakunta sijoittuu suurimmaksi osaksi I ja II viljelyvyöhykkeille. Satakunnan koilliskulmassa sijaitseva Karvian seutu sijoittuu III viljelyvyöhykkeelle (Seppänen ym. 2008). Satakunnassa tyypillinen viljelymaan maalaji on hieta, ja Pori-Huittinen-linjan pohjoispuolella esiintyy tyypillisesti myös multa- ja turvemaita (Palomäki ja Mikkonen 1999). Uudellamaalla tehoisaa lämpösummaa kertyi ajanjaksolla 1971–2010 keskimäärin 1250–1400 astetta (°C) ja Satakunnassa 1250–1300 astetta, lukuun ottamatta Satakunnan koillisosaa, jossa lämpösummaa kertyi noin 1100 astetta (Kersalo & Pirinen 2009).

Uudenmaan ja Satakunnan luomutilojen yleisin vilja viljelypinta-alan perusteella vuonna 2012 oli kaura, mutta Uudellamaalla viljeltiin paljon myös vehnää. Satakunnassa viljeltiin enemmän nurmia, kun taas Uudellamaalla kasvipeitteisten kesantojen osuus oli suurempi (kuva 3).



* Yksi-, monivuotiset ja pysyvät numet, viherlannoitusnurmi

** Kasvipeitteiset kesannot, vihantavilja, juurikasvit, erikoiskasvit, puutarhakasvit

Kuva 3. Eri viljelykasvien ja viljelykasvityyppien osuudet luomun kokonaistuotantoalasta Uudenmaan ja Satakunnan ELY-keskusten alueilla vuonna 2012. Kuvan tietolähde: Evira 2012.

Tähän tutkimukseen valikoitui yhdeksän uusimaalaista tilaa ja 12 satakuntalaista tilaa. Tilakoossa tai keskimääräisessä kasvulohkokokoossa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri alueiden välillä (taulukko 2). Keskiarvojen perusteella näyttää kuitenkin siltä, että satakuntalaiset tilat olivat keskimäärin hieman pienempiä kuin uusimaalaiset tilat ja myös lohkokoko oli pienempi. Suuremman tutkimusaineiston ($N > 30$) avulla voitaisiin varmistua, ovatko erot todellisia vai sattumasta johtuvia.

Taulukko 2. Alueelliset erot uusimaalaisten ja satakuntalaisten luomutilojen välillä.

	Uudenmaan tilat (N=9), tilojen keskiarvo	Satakunnan tilat (N=12), tilojen keskiarvo	Alueiden välinen ero, <i>P</i> - arvo *	Merkitsevyystaso
Tilakoko ilman laajaperäistä viljelyä, puutarhaviljelyä ja maatalouskäytön ulkopuolisia alueita (ha)	36,81	28,18	0,345	n.s.
Kasvulohkon keskimääräinen pinta-ala (ha)	3,02	2,23	0,111	n.s.

* Independent-Samples Mann-Whitney U Test

6.3 Menetelmät

6.3.1 Viljelykiertojen luonnehdinta

Maaseutuviraston tietoaaineistot käsiteltiin Microsoft Excel -ohjelmalla, jonka avulla saatiin näkyviin kaikkien tilojen toteutuneet viljelykierrat (N=202). Näiden toteutuneiden viljelykiertojen yhteyteen kirjoitettiin tiedot suunnitelluista viljelykiirroista niiden tilojen osalta, jotka valikoituivat mukaan tutkimukseen satunnaisotannassa (N=30). Tiedonkeruu tapahtui Uudenmaan ja Satakunnan ELY-keskuksen tiloissa vuoden 2014 syksyllä. Jokaisen tilan tiedot koottiin taulukoihin, joiden mallit on esitetty liitteessä 1 (liite 1, taulukot 1 ja 2). Taulukoiden yhteyteen kirjoitettiin, mikä oli tilan tyypillisin tai tyypillisimmät viljelykierrat ja minkä pituisia ne olivat, jos se selvästi ilmeni suunnitelmasta. Viljelykiertojen analysoinnissa käytettiin teoriaohjaavaa sisällönanalyysia (Silvasti 2014), eli aineistosta pyrittiin löytämään tiettyjä alan kirjallisuudessa esitettyjä lainalaisuuksia.

6.3.2 Toteutumisindeksi

Tämän tutkimuksen myötä kehitetty toteutumisindeksi kertoi siitä, kuinka tarkasti tilan viljelykiertosuunnitelma toteutui vuosittain. Toteutumisindeksin laskeminen perustui suunnitellun ja toteutuneen viljelykierron vertaamiseen toisiinsa.

Toteutumisindeksin laskemista on havainnollistettu liitteessä 1 (liite 1, taulukko 2). Toteutumisindeksin laskemisessa käytettiin Rajalan (2005, 33) määrittelemiä kasviryhmiä, jotka olivat (1) viljat; (2) palkoviljat ja palkokasvipitoinen viherrehu; (3) juurikasvit, öljykasvit ja kesanto; sekä (4) nurmikasvit. Kasviryhmät on koostettu siten, että viljelykiertovaikutukseltaan samantyyppiset kasvit ovat samassa ryhmässä. Eri kasvilajien ja kasvityyppien sijoittuminen kasviryhmiin on esitetty liitteessä 2 (liite 2, taulukot 1 ja 2).

Toteutumisindeksi laskettiin kasvulohko kerrallaan. Yhtenevää kasvulohkon kasviryhmää suunnitellussa ja toteutuneessa viljelykierrossa kuvattiin arvolla yksi, eriävää arvolla nolla. Jos vain osa kasvulohkon pinta-alasta oli viljelty suunnitellusti, toteutumisindeksin arvo oli nollan ja yhden väliltä sen mukaan, kuinka suuri osa pinta-alasta oli viljelty suunnitelman mukaisesti. Tämän jälkeen tilan kasvulohkojen toteutumisindeksit laskettiin yhteen. Toteutumisindeksin arvo laskettiin jokaiselle vuodelle erikseen ajanjaksolla 2008–2012. Yhteenlaskussa kasvulohkojen toteutumisindeksit painotettiin kasvulohkon pinta-alan mukaan kaavan 1 mukaisesti.

$$i_y = \sum_{i=1}^x \left(\frac{a_x}{a_{tila}} \times b_x \right) \quad (1)$$

jossa

i_y = vuosittainen toteutumisindeksi

x = lohkojen lukumäärä

a_x = lohkon pinta-ala

a_{tila} = lohkojen yhteen laskettu pinta-ala

b_x = lohkoittainen toteutumisindeksin arvo (nollasta yhteen).

Toteutumisindeksin laskemisessa sallittiin 0,1 hehtaarin poikkeama kasvulohkon pinta-alassa eri vuosien välillä. Jos poikkeama oli enemmän kuin 0,1 hehtaaria, lohkon pinta-alana käytettiin mediaaniarvoa. Laskemisen perustana oli viljelijän tekemä lohkojako.

Kasvipeitteiset kesannot eli luonnonhoitopellot ja viherkesannot luettiin kuuluivaksi kesantoihin, sillä kasvipeitteisissä kesannoissa tuli olla alle 20 prosenttia typensitojakasvien

siemeniä ja niiden tavoitteena oli edistää ympäristönsuojelua ja luonnon monimuotoisuutta (Maaseutuvirasto 2010). Luonnonhoitopelloille ei yleensä aseteta satotavoitteita, vaikka sadonkorjuu onkin sallittu (Mäkinen ym. 2010 ref. Toivonen 2011). Kasvipeitteisten kesantojen tuottaman viljelykiertovaikutuksen voidaan siten olettaa olevan erilainen kuin luomunurmien, joiden tavoitteena on viljelymaan rakenteen parantamisen lisäksi tuottaa tyypeä viljelyjärjestelmään (Robson ym. 2002), ja jotka sisältävät lähtökohtaisesti typensitojakasvien siemeniä (Rajala 2006, 320). Luomutiloilla yleisessä viherlannoitusnurmessa typensitojakasvien siemeniä on oltava vähintään 20 prosenttia (Maaseutuvirasto 2014). Myös Luonnonvarakeskuksen tilastoissa on käytetty vastaavaa jakoa lukuun ottamatta viherlannoitusnurmia, jotka on Luonnonvarakeskuksen tilastoissa luokiteltu kuuluvaksi kesantoihin (Tike 2009).

6.3.3 Viljelykasvien prosenttiosuuksien laskeminen

Viljelykiertojen alueellisessa vertailussa viljelykiertoja analysoitiin kasvilajien ja kasvityyppien (esimerkiksi nurmi) tasolla. Sekä suunnitelluista että toteutuneista viljelykierroista laskettiin eri kasvilajien ja kasvityyppien prosenttiosuudet viljelykierrossa kasvien viljelypinta-aloihin perustuen. Viljojen, palkoviljojen, öljykasvien ja perunan osuudet laskettiin yksittäisen kasvilajin tasolla. Lisäksi avokesannot muodostivat oman luokkansa. Nurmet, viherkesannot ja luonnonhoitopellot sekä seoskasvustot käsiteltiin kasvityyppinä, sillä niiden tarkasta kasvilajikoostumuksesta ei ollut tietoa.

Kasvien ja kasvityyppien prosenttiosuuksien avulla analysoitiin sitä, poikkesivatko suunnitellut ja toteutuneet viljelykierrot toisistaan Uudenmaan ja Satakunnan välillä, ja olivatko erot isompia suunnitelmissa vai toteutuneissa viljelykierroissa. Alueiden välisessä vertailussa käytettiin Sørensenin monimuotoisuusindeksin avulla muodostettavaa NMDS-ordinaatiota (Ranta ym. 1991, 509–513, McCune ja Grace 2002, 48, 125–142), joka kertoi yksittäisen tilan viljelykasvilajien monimuotoisuudesta suhteessa toisiin tiloihin niin suunnitelluissa kuin toteutuneissa viljelykierroissa. NMDS-ordinaatiota käytetään yleensä monilajisten kasvustojen lajikoostumuksen analysoimiseen. Analyysi tehtiin RStudio-ohjelmalla (versio 0.97.551, RStudio, Inc.). RStudio-ohjelmalla suoritettiin myös Permanova-analyysi (*permutational multivariate analysis of variance*) (Anderson 2001),

jossa analysoitiin, olivatko alueiden väliset erot tilastollisesti merkitseviä. Permanova-analyysissä käytettiin funktiota Adonis, joka perustuu Bray-Curtisin etäisyysmittaan.

Lopuksi kaikkien tilojen (N=21) viljelykiertosuunnitelmista ja suunnitelluista viljelykierroista laskettiin kasviryhmäkohtaiset (Rajala 2005, 33) keskiarvot, joita vertailtiin toisiinsa. Näin saatiin tietoa viljelyssä tapahtuneista muutoksista suhteessa viljelykiertosuunnitelmiin vuosina 2008–2012.

6.3.4 Tilastolliset menetelmät

Edellä mainittuja NMDS-ordinaatioita ja Permanova-analyysiä lukuun ottamatta kaikki tilastolliset analyysit tehtiin IBM SPSS Statistics -ohjelmalla (versio 22.0.0.1, IBM Corp.). Tutkimuksessa käytettiin ei-parametrisia menetelmiä, sillä otoskoko oli alle 30 ja osa muuttujista epänormaalisti jakautuneita. Käytetyt testit olivat Wilcoxon-merkittyjen sijalukujen testi (Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test) sekä kahden riippumattoman otoksen Mann-Whitney U -testi. Molemmat perustuivat sijalukuihin ja niiden vertaamiseen toisiinsa (Ranta ym. 1991, 195–202, 214–215).

7 TULOKSET

7.1 Viljelykasvit

Nurmet, kaura ja syysruis olivat aineiston luomutiloilla yleisimmät viljelykasvit. Nurmien osuus oli hieman yli 40 prosenttia, kauran noin 20 prosenttia ja syysrukiin hieman yli kymmenen prosenttia kokonaisviljelypinta-alasta.

Analysoidut viljelykierrot sisälsivät aina vähintään nurmia ja viljoja. Lisäksi viljelykierroissa oli rypsiä, hennettä, seoskasvustoja, viherkesantoja ja luonnonhoitopeltoja sekä yksittäistapauksina esimerkiksi kuminaa, perunaa ja porkkanaa. Monilajiset kasvustot eli nurmet, luonnonhoitopellot, viherkesannot ja palkoviljavaltaiset seoskasvustot veivät noin 50 prosenttia analysoidusta viljelypinta-alasta.

7.2 Viljelykierrot

Syysruis – suojavilja (usein kaura) – monivuotinen nurmi oli tyypillinen kasvinvuorotus, johon monen tilan viljelykiertosuunnitelmat (11/21) ja toteutuneet viljelykierrot (7/21) perustuivat. Lopuilla tiloilla viljelykierroissa oli kyse pääasiassa nurmen ja viljan vuorottelusta luomusäädösten puitteissa (taulukko 3) ilman selvää, lohkolta toiselle toistuvaa kaavaa.

Viljelykiertosuunnitelmiin kirjatut viljelykierrot olivat kestoaltaan kolmesta seitsemään vuoteen. Tyypillisin kesto oli viisi vuotta. Useimmilla tiloilla oli yksi viljelykierto, jonka mukaan tuotanto suunniteltiin, mutta muutamilla tiloilla suunniteltuja viljelykiertoja oli kaksi tai kolme. Lähes kaikilla tiloilla oli yksittäisiä peltolohkoja, joille suunniteltu viljelykierto poikkesi tilalla yleisimmin käytetystä viljelykierrasta. Lähes jokaisella tilalla oli myös laajaperäisessä viljelyssä olevia peltolohkoja, kuten esimerkiksi laitumia tai perinnebiotooppeja, jotka eivät sisällyneet viljelykiertojen analyysiin.

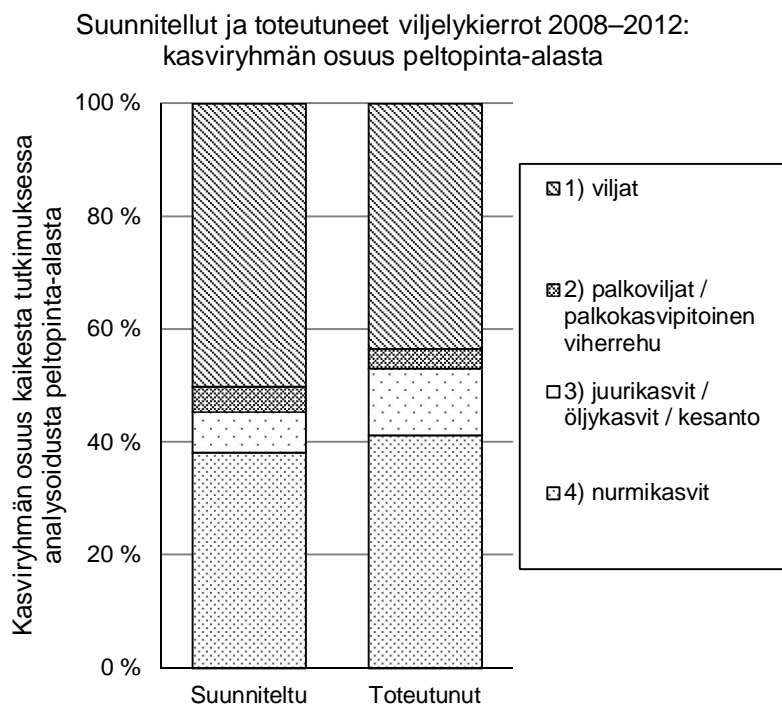
Taulukko 3. Tyypillisimmät suunnitellut viljelykierrat. Yhdellä tilalla saattoi olla useampi viljelykierto.

Suunniteltu viljelykierto	Frekvenssi
Syysruis – kaura – nurmivuodet	5/21
Syysruis – palkokasvi / palkokasvivalentainen seoskasvusto – kaura/rypsi – nurmivuodet	5/21
Syysruis – vilja – vilja/rypsi – nurmivuodet	2/21
Palkokasvi – vilja – nurmivuodet	1/21
Vilja- ja nurmivuosien vuorottelu	10/21

Monissa viljelykiertosuunnitelmissa oli tyypillistä, että ensimmäisenä vuonna suunnitellut viljelykasvit ilmoitettiin lajin tarkkuudella, mutta myöhemmin ilmoitettiin kasvityyppi, joka kertoi kasvin merkityksestä ja tehtävästä viljelykierrossa (esimerkiksi kasvityyppi suojavilja). Toisilleen vaihtoehtoisia kasvilajeja tai -tyyppejä oli kirjattu vain muutamaan suunnitelmaan satunnaisesti. Kolmasosalla tiloista viljelykiertosuunnitelman laatijaksi oli merkitty luomuneuvoja tai joku muu henkilö kuin viljelijä.

7.3 Kasviryhmäkohtaiset erot suunniteltujen ja toteutuneiden viljelykiertojen välillä

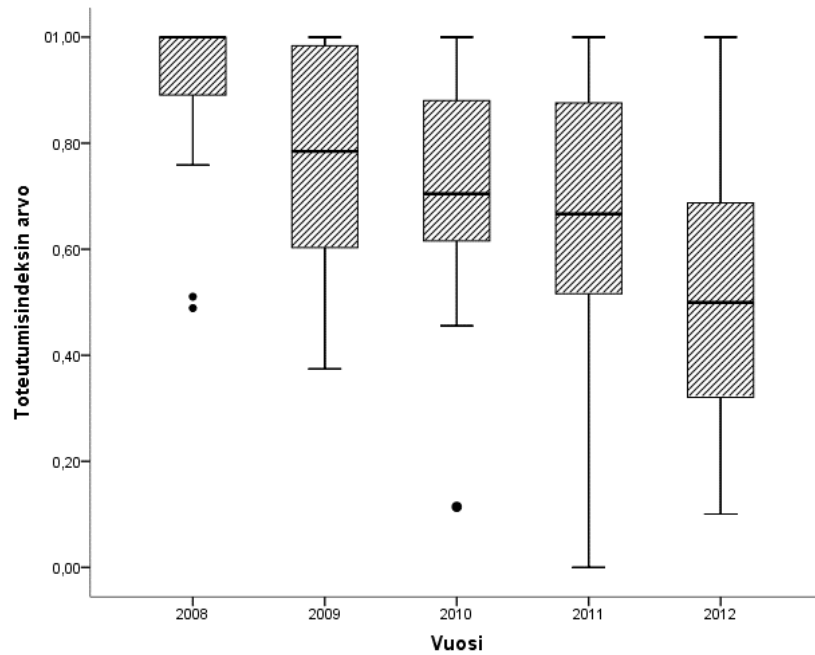
Suunnitelluissa ja toteutuneissa viljelykiirroissa ei ollut vuosina 2008–2012 suuria kasviryhmäkohtaisia eroja. Viljojen osuus oli jonkun verran suunniteltua pienempi ja kesannon ja öljykasvien osuus hieman suunniteltua isompi. Nurmien osuus pysyi suurin piirtein samana (kuva 4). Toisaalta kasviryhmien prosenttiosuuksien muutokset saattoivat olla tilakohtaisesti isoja.



Kuva 4. Luomutilojen (N=21) viljelypinta-alan jakautuminen eri kasviryhmiin kesken viljelykiertosuunnitelmissa ja toteutuneissa viljelykierroissa 2008–2012. Kasvien ryhmittely perustuu Rajalan (2005, 33) kasviryhmiin.

7.4 Viljelykiertosuunnitelmien toteutuminen

Viljelykiertosuunnitelmia seurattiin sitä vähemmän, mitä pidempi aika suunnitelman tekemisestä oli kulunut (kuva 5). Viiden vuoden tarkastelujaksolla viljelykiertosuunnitelmat toteutuivat parhaiten ensimmäisenä vuonna 2008, jolloin monet suunnitelmat toteutuivat täydellisesti. Seuraavana kolmena vuonna eli jaksolla 2009–2011 viljelykiertosuunnitelmia noudatettiin vielä noin 70-prosenttisesti. Vuonna 2012 toteutunut kasvinvuorotus oli jo hyvin erilainen vuonna 2008 tehtyyn suunnitelmaan nähden. Erot viljelykiertosuunnitelmien toteutumisessa olivat tilastollisesti merkitseviä vuosien 2008–2009 ja 2011–2012 välillä (taulukko 4). Tilojen välinen hajonta oli suurta kahtena viimeisenä vuonna (taulukko 4): siinä missä osa viljelijöistä pitäytyi vielä melko tarkasti viljelykiertosuunnitelmissaan, osalla tiloista lähes kaikki vuonna 2008 viljelle aiotut peltolohkot olivat nurmella tai muilla viljelykasveilla ja päinvastoin.



Kuva 5. Viljelykiertosuunnitelmien (N=21) toteutuminen 2008–2012 esitettyinä boxplot-kuvaajassa. Musta vaakaviiva kertoo toteutumisindeksin mediaaniarvon jokaisena vuonna ja laatikon ala- ja yläreunat kvartaalit molempiin suuntiin. Uloimmat vaakaviivat näyttävät toteutumisindeksin vuosittaiset minimi- ja maksimiarvot. Toteutumisindeksi saa teoreettisesti arvoja väliltä 0–1 (0 = viljelykiertosuunnitelma ei toteutunut miltään osin, 1 = viljelykiertosuunnitelma toteutui täydellisesti). Vuoden 2008 ja 2010 alimmat arvot on näytetty kuvaajassa arvopisteinä, N=3.

Taulukko 4. Viljelykiertosuunnitelmien toteutuminen 2008–2012.

Vuosi	Toteutumisindeksin		Ero edelliseen vuoteen	
	Keskiarvo	Keskihajonta	Testiarvo (<i>P</i> -arvo) *	Merkitsevyys- taso
2008	0,912	0,155		
2009	0,770	0,211	0,011	<i>p</i> < 0,05
2010	0,711	0,221	0,149	n.s.
2011	0,663	0,267	0,122	n.s.
2012	0,530	0,278	0,030	<i>p</i> < 0,05

* Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test

Viljelykiertosuunnitelma toteutui täydellisesti vain kahdella tilalla, mutta monella tilalla suunnitelmaan palattiin vuosien myötä: peräti 12 tilalla viljelykiertosuunnitelma toteutui jonain vuonna paremmin kuin edellisenä. Suurimmalla osalla tiloista viljelykiertosuunnitelmaa seurattiin kuitenkin vuosi vuodelta vähemmän (taulukko 5). Viljelypinta-ala ja keskimääräinen lohkokoko eivät vaikuttaneet toteutumisindeksin arvoihin. Vaikutusta tutkittiin yksisuuntaisella regressioanalyysillä, jossa selitettävänä muuttujana olivat toteutumisindeksin arvot vuosina 2008–2012 sekä niiden keskiarvo.

Taulukko 5. Toteutumisindeksissä vuosien 2008–2009, 2009–2010, 2010–2011 ja 2011–2012 välillä tapahtuneet muutokset. Alaviisto nuoli kuvaa laskua viljelykiertosuunnitelman toteutumisessa. Yläviisto nuoli kuvaa sitä, että viljelykiertosuunnitelma toteutui jälkimmäisenä vuonna paremmin. Vaakasuora nuoli kuvaa sitä, että muutosta ei ollut tai se oli $\pm 0,05$. Tilat (N=21) on järjestetty sen mukaan, kuinka iso muutos keskimäärin oli (viimeinen sarake).

Muutos toteutumisindeksissä					Muutos toteutumisindeksin arvossa keskimäärin
Tila	2008–2009	2009–2010	2010–2011	2011–2012	
1	↗	↗	↘	→	0,01
2	↘	↗	→	↗	0,00
3**	→	→	→	→	0,00
4**	→	→	→	→	0,00
5	↗	→	↘	→	-0,01
6	→	→	↘	↘	-0,04
7	↘	→	↗	↘	-0,06
8	→	↘	↗	↘	-0,07
9	→	↘	↗	→	-0,08
10*	↘	→	↘	↘	-0,09
11*	→	↘	↘	↘	-0,10
12	→	↘	↗	↘	-0,11
13	↘	↗	↘	→	-0,13
14	↘	↘	↘	↗	-0,13
15	↘	↗	→	↘	-0,15
16	↘	→	↘	→	-0,15
17	↗	↘	→	↘	-0,17
18	↘	↘	↘	↗	-0,17
19*	↘	↘	→	↘	-0,17
20*	↘	↘	→	↘	-0,18
21	↘	↗	↘	↘	-0,22

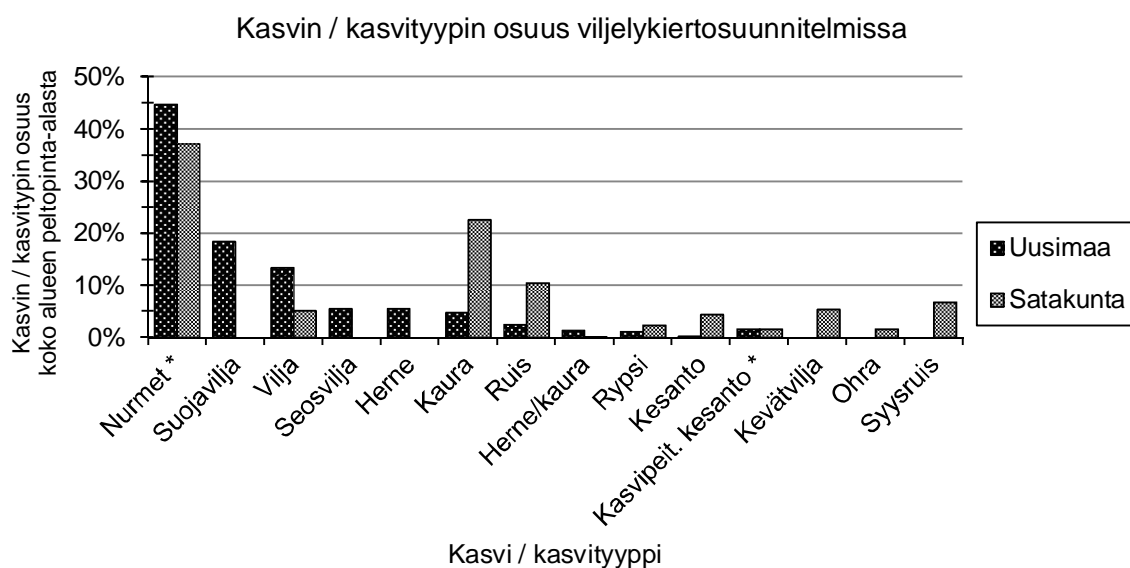
*Tilat, joilla muutos kolmena vuotena neljästä negatiivinen ja ei positiivista muutosta

**Viljelykiertosuunnitelman noudattajat

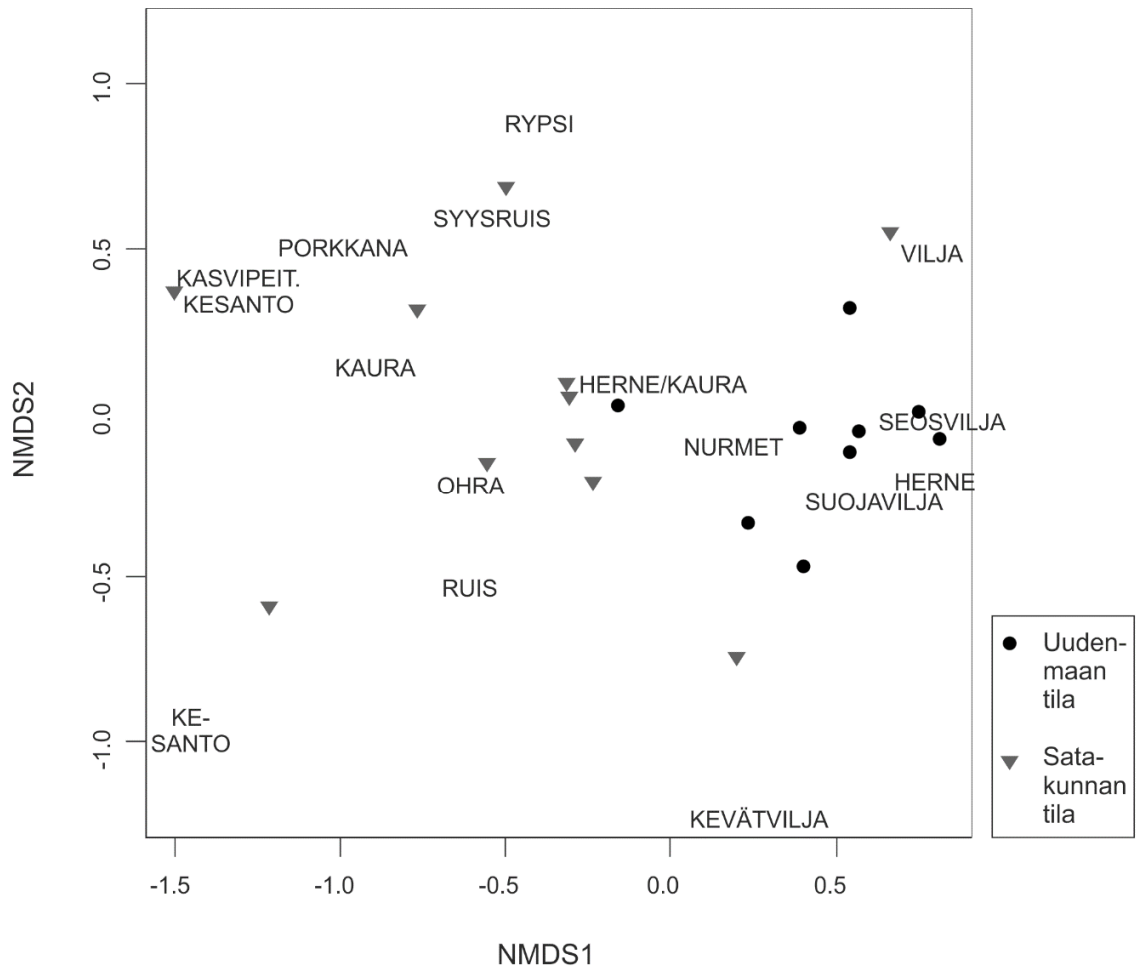
7.5 Alueelliset erot

7.5.1 Suunnitellut viljelykierrot

Uudenmaan ja Satakunnan viljelykiertosuunnitelmat erosivat toisistaan huomattavasti siten, että Uudenmaan viljelykiertosuunnitelmat tehtiin Satakunnan tiloja yleisemmällä, kasvityyppien tasolla, kun taas Satakunnassa eri kasvilajit yksilöitiin tarkemmin. Uudenmaan viljelykiertosuunnitelmissa yleisiä kasvityyppejä olivat esimerkiksi suojavilja ja vilja, kun taas Satakunnan suunnitelmissa yleisiä viljelykasveja olivat esimerkiksi ruis, kaura, kevätvilja ja syysruis (kuva 6). Erot Uudenmaan ja Satakunnan viljelykiertosuunnitelmien välillä olivat tilastollisesti merkitseviä ($P < 0,001$, Permanova-analyysi). Satakunnan viljelykiertosuunnitelmissa oli myös enemmän tilakohtaista vaihtelua kuin Uudenmaan viljelykiertosuunnitelmissa, jotka olivat keskenään yhtenäisempiä (kuva 7).



Kuva 6. Kasvin / kasvityypin osuus viljelykiertosuunnitelmissa (2008–2012) kasville osoitetun pinta-alan perusteella Uudellamaalla ja Satakunnassa. Harvinaisimmat viljelykasvit / kasvityypit (osuus alle yksi prosentti) eivät näy kuvassa.

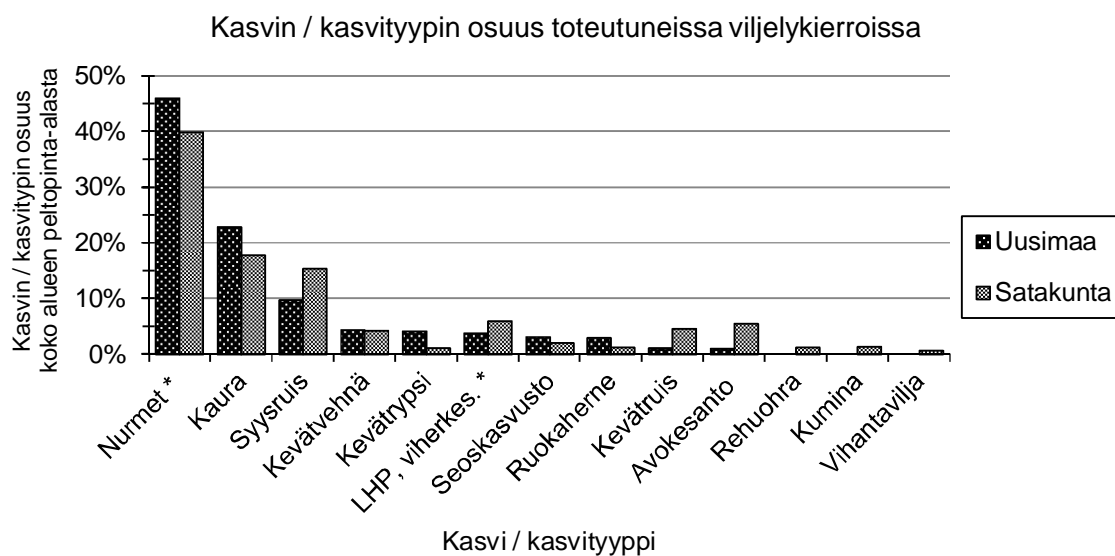


Kuva 7. Suunniteltujen viljelykiertojen samankaltaisuus NMDS-ordinaatistossa. Tilojen viljelykierröt (N=20) on luokiteltu alueen (Uusimaa tai Satakunta) mukaan, ja ne sijoittuvat viljelykiertosuunnitelmien kasvilajikoostumusta parhaiten selittävien akselien suhteen. Yksi, muista huomattavasti poikkeava tila ei ole mukana kuviossa.

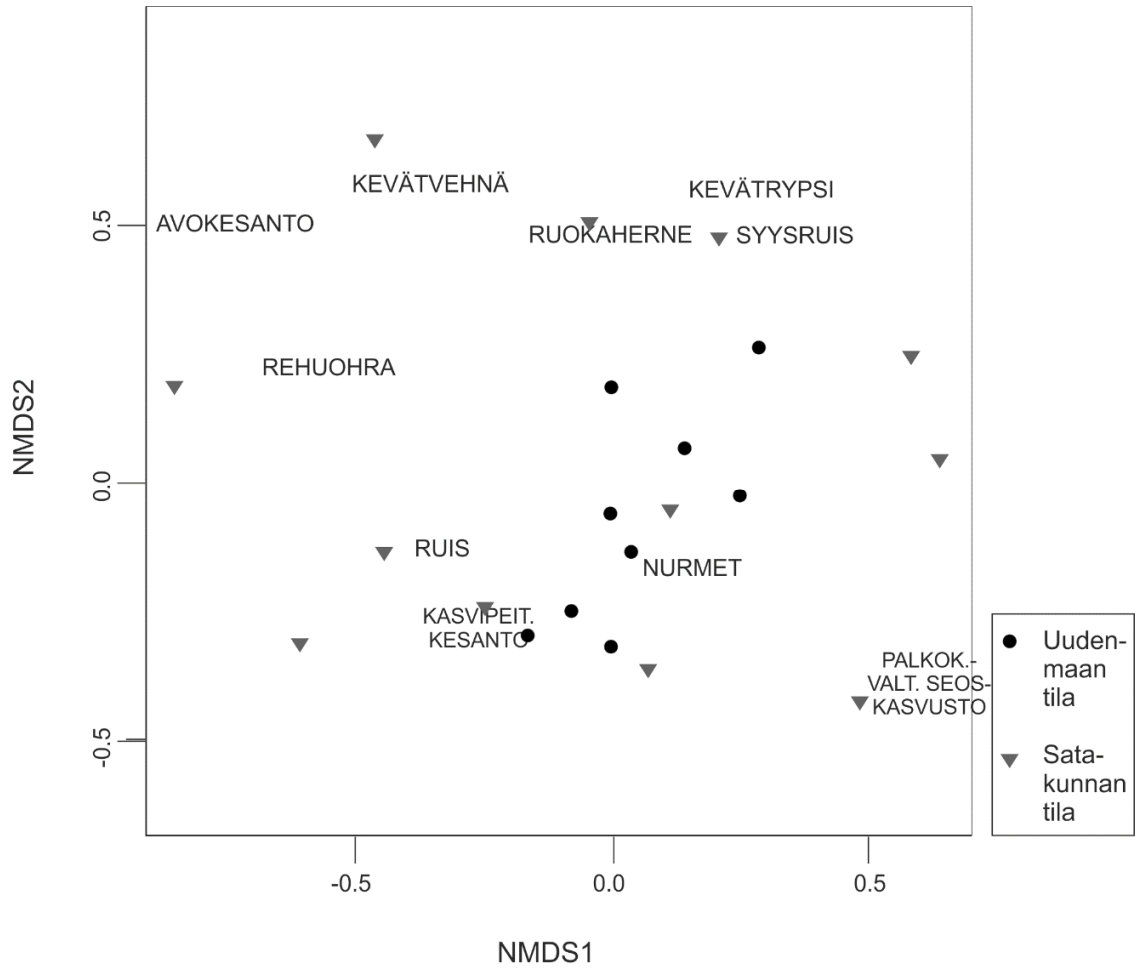
7.5.2 Toteutuneet viljelykierrot

Erot toteutuneissa viljelykierroissa olivat Uudenmaan ja Satakunnan välillä suunnitelmia vähäisempiä. Nurmet ja kaura olivat yleisimmät viljelykasvit: ne veivät Uudellamaalla 69 prosenttia ja Satakunnassa 58 prosenttia analysoidusta viljelypinta-alasta. Satakunnassa muilla viljelykasveilla oli siis hieman enemmän viljelypinta-alaa kuin Uudellamaalla (kuva 8). Erot toteutuneiden viljelykiertojen välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä ($P = 0,589$, n.s., Permanova-analyysi).

Toteutuneet viljelykierrot olivat tilojen kesken samankaltaisempia Uudellamaalla kuin Satakunnassa (kuva 9). Uusimaalaisten tilojen viljelykierrot sisälsivät pääosin kauraa, nurmia, luonnonhoitopeltoja ja syysruista, kun taas satakuntalaisilla tiloilla viljeltiin niiden lisäksi vaihtelevasti eri kasveja ja kasvityyppejä.



Kuva 8. Kasvin / kasvityypin osuus toteutuneissa viljelykierroissa viljelypinta-alan perusteella 2008–2012. Harvinaisimmat viljelykasvit / kasvityypit (osuus alle yksi prosentti) eivät näy kuvassa.



Kuva 9. Toteutuneiden viljelykiertojen samankaltaisuus NMDS-ordinaatistossa. Kevättruis, kumina ja vihantavilja eivät näy kuviossa. Tilojen viljelykierrat (N=21) on luokiteltu alueen (Uusimaa tai Satakunta) mukaan, ja ne sijoittuvat viljelykiertojen kasvilajikoostumusta parhaiten selittävien akselien suhteen.

7.5.3 Toiminnalliset erot ja viljelykiertosuunnitelmien toteutuminen

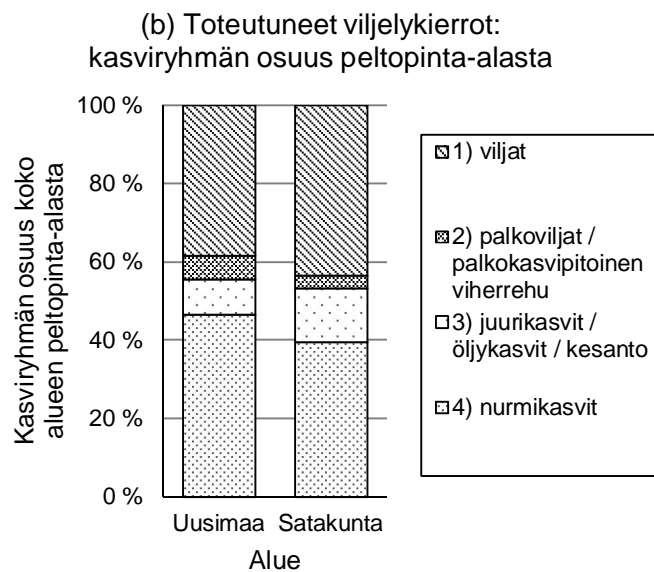
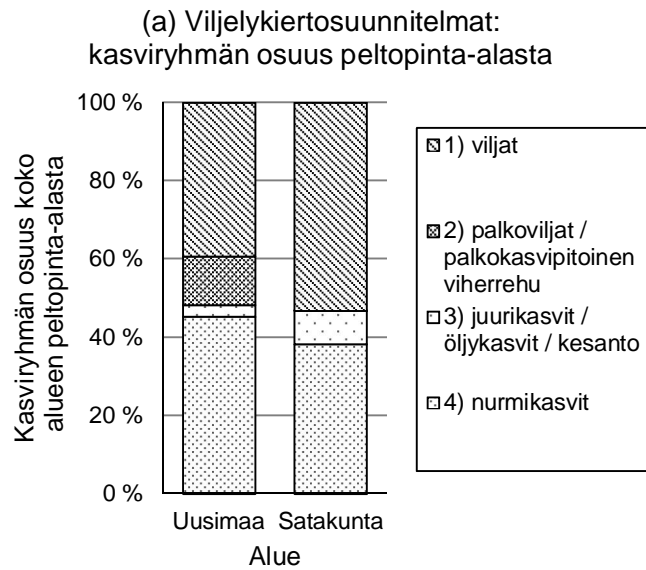
Uudenmaan ja Satakunnan viljelykiertosuunnitelmat eivät toiminnallisesti eronneet toisistaan kovin paljoa (kuva 10). Huomattavin toiminnallinen eroavaisuus oli, että Uudenmaan viljelykiertosuunnitelmissa oli Satakunnan suunnitelmia enemmän hennettä ja seoskasvustoja ($P < 0,05$, Independent-Samples Mann-Whitney U Test). Toteutuneissa viljelykierroissa palkoviljavalttaisten kasvustojen osuudessa ei ollut enää tilastollisesti merkitseviä eroja.

Viljelykiertosuunnitelmien toteutumisessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä alueiden välisiä eroja. Satakuntalaisten tilojen viljelykiertosuunnitelmat toteutuivat kuitenkin vuosi vuodelta keskimäärin huonommin kuin uusimaalaisten tilojen viljelykiertosuunnitelmat (taulukko 6).

Taulukko 6. Viljelykiertosuunnitelmien toteutuminen Uudellamaalla ja Satakunnassa.

Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen (toteutumisindeksin arvo)	Uudenmaan tilat (N=9)	Satakunnan tilat (N=12)	Alueiden väliset erot, P -arvo *	Merkitsevyystaso
2008	0,904	0,917	0,754	n.s.
2009	0,764	0,773	0,917	n.s.
2010	0,768	0,668	0,464	n.s.
2011	0,717	0,623	0,554	n.s.
2012	0,660	0,432	0,082	n.s.
Toteutumisen keskiarvo	0,763	0,683	0,382	n.s.

* Independent-Samples Mann-Whitney U Test



Kuva 10. Uusimaalaisten ja satakuntalaisten luomutilojen viljelypinta-alan jakautuminen eri kasviryhmiin kesken (a) viljelykiertosuunnitelmissa ja (b) toteutuneissa viljelykierroissa. Kasvien ryhmittely perustuu Rajalan (2005, 33) kasviryhmiin.

8 TULOSTEN TARKASTELU

8.1 Viljelykiertojen monipuolisuus

Tutkimuksessa tutkittujen luomutilojen viljelykierron olivat monipuolisia, sillä ne sisälsivät aina vähintään viljoja ja nurmia. Viljelykierron noudatettiin usein alan kirjallisuudessa suositeltuja periaatteita. Esimerkiksi syysruis – suojavilja – monivuotinen nurmi oli tyypillinen kasvinvuorotus, joka toistui monella tilalla viljelykiertojen perustana, ja jota muutettiin tarvittaessa. Sen sijaan viljelyalan jakaminen suurin piirtein samankokoisiin osiin (Wijnands 1999, Rajala 2005, 2006) viljelykierron järjestämiseksi ei toteutunut, sillä useimmilla tiloilla kasvien pinta-alaosuudet vaihtelivat vuosittain hyvin paljon. Monella tutkimuksen tilalla oli alle kymmenen lohkoa, ja on mahdollista, että viljelijät suunnittelivat viljelykierron lohko kerrallaan eivätkä ajatelleet peltoja yhtenä kokonaisuutena.

Agrobiodiversiteetille tärkeiden monilajisten kasvustojen (Weibull ym. 2003, Hyvönen 2007) eli nurmien, seoskasvustojen ja kasvipeitteisten kesantojen osuus oli puolet analysoidusta viljelypinta-alasta. Tavanomaisessa viljelyssä monilajisten kasvustojen osuus on kasvintuotantotiloilla yleensä selvästi pienempi (Euroopan komissio 2013). Toisaalta vilja-palkovilja-seoskasvustojen ja erikoiskasvien (esimerkiksi rypsi, herne) osuudet jäivät pieniksi, eli monilla tiloilla viljelykierron olisivat voineet olla nykyistä monipuolisempiakin (Kotimäki ym. 2015). Viljelykiertojen monipuolisuuden tarkemmassa tutkimuksessa tulisi ottaa huomioon myös kerääjäkasvit eli alus- ja pyydyskasvit sekä nurmien ja seoskasvustojen kasvilajikoostumus.

Vuonna 2009 tulleesta luonnonhoitopelto-toimenpiteestä huolimatta erilaisten nurmien osuus pysyi luomutilojen viljelykierron keskimäärin suunnitelmien tasolla (kuva 4), vaikka tilakohtaisesti nurmien osuudessa tapahtuikin muutoksia. Nurmien siirtäminen luonnonhoitopelloiksi ei siis ollut luomutiloilla yhtä mittavaa kuin tavanomaisilla tiloilla (Tike 2009). Sen sijaan viljojen pinta-alaosuus pieneni vuosina 2008–2012 ja juurikasvit / öljykasvit / kesanto -luokan pinta-alaosuus puolestaan kasvoi. Tulos ei ole yllättävä siihen nähden, että luomutilojen viljelykierron on sisällettävä vähintään 30 prosenttia palkokasveja.

Vaikka palkoviljat täyttäisivät osan luomun palkokasvivaatimuksesta (Evira 2013), luomuviljelijät suosivat nurmia viljelykiertoissaan (Weibull ja Östman 2003, Norton ym. 2009).

Kasviryhmiä viljelypinta-alojen keskiarvoihin liittyvä tarkastelu kuvaa osaltaan luomutuotannossa vuosina 2008–2012 tapahtuneita muutoksia ja on kiinnostava esimerkiksi maatalousekonomian näkökulmasta. Vuosittainen tarkastelu antaisi vielä tarkemman kuvan tutkittavasta ajanjaksosta ja sitä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi luomutuotantoon vaikuttavien muospaineiden tutkimuksessa.

Viljelykierrat tunnistettiin tutkimusaineistosta eli viljelykiertosuunnitelmista ja Maaseutuviraston taulukkomuotoisesta datasta niin, että useimmiten esiintyvän kasvijärjestyksen ajateltiin edustavan tilalle tyypillistä viljelykiertoa. Viljelykierrat luokiteltiin muutamaa eri luokkaan (taulukko 3). Tällainen karkea luokittelu sopi tämän tutkimuksen tarkoituksiin hyvin, mutta on mahdollista, että osa tilan viljelykiertoihin liittyvästä informaatiosta jäi välittymättä aineiston tulkitsijalle, sillä henkilökohtaista kontaktia viljelijöihin ei ollut.

8.2 Viljelykiertosuunnitelmien toteutuminen

Viidelle vuodelle (2008–2012) tehdyt viljelykiertosuunnitelmat toteutuivat hyvin vain ensimmäisenä vuonna, ja sen jälkeen kasvinvuorotusta muutettiin suunnitelmiin nähden huomattavasti. Trendi viljelykiertosuunnitelmien toteutumisessa oli tutkimusoletuksen mukaisesti laskeva lähes kaikilla tutkimuksessa mukana olleilla tiloilla (18/21, taulukko 5). Huomattavimmat, tilastollisesti merkitsevät erot viljelykiertosuunnitelman toteutumisessa olivat ensimmäisen ja toisen (2008–2012) sekä neljännen ja viidennen (2011–2012) vuoden välillä. Viidentenä vuonna pellonkäyttö toteutui useimmilla tiloilla jo hyvin erilalla kuin mitä viljelykiertosuunnitelmassa oli suunniteltu.

Noin puolella tutkimuksen tiloista (12/21) suunnitelmiin kuitenkin palattiin vuosien mittaan – joskaan tutkimusaineiston perusteella ei voi varmuudella sanoa, oliko

viljelykiertosuunnitelmiin palaaminen tietoinen päätös. Lisäksi viljelykiertosuunnitelma toteutui kahdella tilalla täydellisesti. Tilat voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään (Taulukko 5): noudattajat (2/21), huomioijat (15/21) ja sopeuttajat (4/21). Noudattajat seurasivat suunnitelmia täydellisesti. Huomioijat, joka oli ryhmistä suurin, pyrkivät ottamaan huomioon suunnitelman niin, että he noudattivat suunnitelmaa melko hyvin ja seurasivat suunnitelmaa jonain vuonna paremmin kuin edellisenä. Sopeuttajien suunnitelmat sen sijaan toteutuivat ainakin kolmena vuotena neljästä vähäisemmin kuin edellisenä, ja he eivät kertaakaan palanneet seuraamaan suunnitelmiaan. Useimpien tilojen viljelykierrot vaikuttivat siis neljän ensimmäisen vuoden aikana olevan mukautuvia, eli ennalta määrätystä suunnitelmasta poikettiin tarvittaessa. Tutkimustulos on hyvin linjassa aikaisempien tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan viljelijät eivät yleensä jäykästi noudata ennalta määrättyä suunnitelmaa, mutta eivät myöskään tee viljelyyn liittyviä ratkaisua vain sen hetkiseen tilanteeseen perustuen – viljelyn suunnittelussa otetaan huomioon menneet ja tulevat viljelykasvit (Dury ym. 2013).

Viljelykierrot muuttuivat suomalaisilla luomutiloilla yllättävän paljon vuosien mittaan siihen nähden, että kysymys oli kasviryhmäkohtaisista eroista. Duryn ym. (2013) vastaavassa, Ranskassa tehdyssä tutkimuksessa huomattiin, että vaikka viljelykiertosuunnitelmiin tehtiin viiden vuoden aikana pieniä muutoksia lähes joka tilalla, 71 prosentilla tiloista muutokset koskivat vain pieniä viljelyaloja ja yleensä kasvin viljelypinta-alan muutos viiden vuoden ajanjaksolla oli alle viisi prosenttia. Tutkitut tilat olivat tavanomaisia tiloja, joiden päätuotantosuunta oli rehuntuotanto.

Tässä tutkimuksessa saatuja, aikaisemmasta tutkimuksesta poikkeavia tuloksia selittäviä tekijöitä voivat olla esimerkiksi viljasta maksettavien tuottajahintojen sekä panosten hintojen raju heilahtelu vuosina 2008–2012 (Niemi & Ahlstedt 2010, Ahlstedt & Niemi 2013) sekä luonnonhoitopelto-toimenpide, joka tuli osaksi maatalouden ympäristötukijärjestelmää vuonna 2009 (Toivonen 2011). Myös sääolot saattoivat vaikuttaa kasvinvuorituksen toteutukseen: kasvukaudet 2010 ja 2011 olivat tehoisan lämpösumman kertymiltään poikkeuksellisia, ja vuoden 2011 syksyllä myös satoi tavallista enemmän (Ilmatieteen laitos 2015). Myös Suomen verrattain pieni tilakoko ja maatilojen pirstaleinen maisemarakenne

(Puurunen ym. 2004) saattoivat vaikuttaa siihen, että viljelijät poikkesivat helposti viljelykiertosuunnitelmistaan. Muita viljelykiertosuunnitelmien mukauttamiseen vaikuttavia tekijöitä saattoivat olla epävarmuus luomutukien suuruudesta ja luomusäädösten tulkinnasta (Koikkalainen ym. 2012), mikä vaikeuttaa sekä tuotannon suunnittelua pitkällä aikavälillä että sitoutumista oppaissa esitettyihin viljelykiertoperiaatteisiin. Myös luonnonmukainen tuotantotapa, jossa esimerkiksi rikkakasvien, kasvitautien ja -tuholaisten torjunta on hoidettava mekaanisin keinoin tai viljelykierron avulla (Robson ym. 2002), voi johtaa siihen, että viljelykiertoja joudutaan muuttamaan tavanomaista tuotantoa enemmän.

Tutkimustuloksen perusteella viljelijät eivät koe velvollisuudekseen noudattaa viljelykiertosuunnitelmaa täsmällisesti, mutta toisaalta he eivät myöskään suhtaudu siihen välinpitämättömästi. Tulos viittaa siihen, että luomusopimukseen liitettävä viljelykiertosuunnitelma toimii hyödyllisenä apuvälineenä kasvintuotannon suunnittelussa. Tutkimuksen tulokset viittaavat myös siihen, että suomalaisilla luomutiloilla ei yleensä noudateta staattista, syklistä viljelykiertoa. Viljelijät joutuvat jatkuvasti sopeuttamaan tuotantoaan pitääkseen tuotannon kannattavana maatalouden muuttuvassa toimintaympäristössä (Rodriguez ym. 2011).

8.3 Tuotantostrategiat

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, löytyisikö luomutilojen joukosta selvästi toisistaan erottuvia, viljelykiertosuunnitelman toteuttamiseen tai toteuttamatta jättämiseen liittyviä viljelijäryhmiä. Tavoitteena oli myös tunnistaa näiden ryhmien taustalla vaikuttavia tuotantostrategioita. Tutkimusaineiston perusteella tällaisia ryhmiä ei ollut kuitenkaan mahdollista erottaa, vaan useimmat luomuviljelijät suhtautuivat luomusopimuksen liitteenä esitettyihin viljelykiertosuunnitelmiinsa melko samalla tavalla. Suunnitelmat huomioitiin tuotannossa, mutta niitä ei kahta poikkeusta lukuun ottamatta noudatettu täydellisesti. Erialaisten viljelijäryhmien ja tuotantostrategioiden tunnistaminen edellyttäisi tietoa tilan viljelykierroista pitkällä aikavälillä (Dury ym. 2013) ja viljelijähaastattelujen tekoa. Tässä tutkimuksessa käytetyt aineistot eivät olleet riittävän informatiivisia tuottajien tuotantostrategioiden tunnistamiseksi. Riski aineiston väärin tulkinnalle olisi ollut suuri.

Viljelijöiden tuotantostrategioista on toistaiseksi olemassa vain vähän tutkimusta (Dury ym. 2013). Tuotantostrategioiden tutkiminen olisi tärkeää, sillä globaaliin ilmaston- ja ympäristömuutokseen sopeuduttaessa on pystyttävä ennakoimaan, miten viljelijät reagoivat toimintaympäristössään tapahtuviin muutoksiin (Benoît ym. 2012, Dury ym. 2013). Ympäristöpoliittisilla ohjaukeinoilla, kuten maatalouden ympäristötuella tai luomutuotannon ehdoilla, voidaan vaikuttaa siihen, että viljely kehittyisi kestävämpään suuntaan. Joskus vaikutukset voivat kuitenkin olla toisenlaisia kuin ennakoitiin siksi, että viljelijöiden reaktioita ei etukäteen pystytty luotettavasti arvioimaan (Rodriguez ym. 2011, Benoît ym. 2012). Vaikutukset voivat näkyä esimerkiksi maatalousmaiseman homogenisoitumisena (Castellazzi ym. 2007). Viljelijöiden tuotantostrategioiden ymmärrys on tärkeää myös silloin, kun viljelyä pyritään kehittämään kestävämmäksi politiikkaohjausta pehmeämmin keinoin, kuten esimerkiksi viljelijöiden ja asiantuntijoiden välisellä yhteistyöllä tai tietokoneohjelmia apuna käyttäen (Rodriguez ym. 2011, Rodriguez ym. 2014).

8.4 Toteutumisindeksin luotettavuus

Tämän tutkimuksen myötä kehitetyssä, viljelykiertosuunnitelmien toteutumisastetta kuvaavassa toteutumisindeksissä otettiin huomioon viljelykierron ajallinen (viiden vuoden tarkastelujakso) ja tilallinen (viljelykasvien viljelypinta-alat jokaisena vuonna) ulottuvuus (Dury ym. 2013). Toteutumisindeksin laskeminen perustui kasvien ryhmittelyyn sen mukaan, mikä niiden tehtävä viljelykierrossa oli (Rajala 2006, 33). Esimerkiksi kaikki viljat laskettiin viljelykiertovaikutukseltaan samankaltaisiksi viljelykasveiksi, vaikka todellisuudessa eri viljat tuottavat hieman erilaisen esikasvi- ja viljelykiertovaikutuksen (Drinkwater 1999, Robson ym. 2002). Tarkempi kasvilajikohtainen erittely olisi kuitenkin johtanut siihen, että esimerkiksi viljan korvaaminen toisella viljalla olisi turhaan alentanut toteutumisindeksin arvoa, vaikka sillä ei useimmiten ole juuri merkitystä viljelykierron toimivuuden kannalta (Rajala 2005, 33).

Luokittelu oli hankalaa etenkin viherkesantojen ja luonnonhoitopeltojen kohdalla, joiden kasvilajikoostumukset vaihtelivat ja joiden merkityksestä viljelykiertoissa ei ole olemassa juuri tutkimustietoa. Viherkesannot ja luonnonhoitopellot luokiteltiin kuuluvaksi ryhmään juurikasvit / öljykasvit / kesanto, sillä niissä oli alle 20 prosenttia palkokasveja ja niiden vaikutus maahan oli siten erilainen kuin luomunurmien ja palkoviljojen (Rajala 2005, 33, 157–158). Toisaalta Eviran tilastoissa monivuotiset nurmiluonnonhoitopellot on luokiteltu kuuluvaksi nurmiin (Evira 2013). Tarkempi tieto kasvipeitteisten kesantojen viljelykiertovaikutuksesta ja merkityksestä osana tilojen viljelykiertoja olisi parantanut tulosten luotettavuutta.

Tulosten luotettavuutta heikentää myös kahdella tilalla viljelykiertosuunnitelmissa laajalti esiintynyt termi viherkesanto, joka saattoi ilmeisesti tarkoittaa myös apilavaltaista nurmea. Toteutumisindeksin laskemissa sen on kuitenkin tulkittu tarkoittavan nimenomaan viherkesantoa tai luonnonhoitopeltoa. Myös tilapäisesti viljelemättömän alan luokittelu kesannot-luokkaan oli viljelykiertovaikutuksen kannalta harhaanjohtavaa, sillä tilapäisesti viljelemättömällä alalla maaperä saattoi esimerkiksi olla työmaana tai peitettyä (Maaseutuvirasto 2010). Tilapäisesti viljelemättömät alat olivat kuitenkin niin pieniä, että niillä ei ollut vaikutusta tutkimustuloksiin.

Pitkäkestoiset nurmet ja jatkuva laajaperäinen viljely jätettiin analyysin ulkopuolelle, sillä niiden viljely perustui saman kasvin viljelemiseen vuodesta toiseen, eikä viljelykierto ollut siis tuotantomenetelmänä käytössä. Joissakin tutkimuksissa on huomattu, että viljelijät siirtävät mielellään kauempana sijaitsevia tai maaperältään poikkeavia lohkoja laajaperäiseen viljelyyn (Castellazzi ym. 2007, Mäkinen ym. 2010 ref. Toivonen 2011). On siis mahdollista, että toteutumisindeksin laskemiseen valikoituneet peltolohkot olivat maaperältään yhtenäisiä ja luomukasvinviljelyn kannattavuuden kannalta erityisen merkityksellisiä. Näiden päätelmien varmistaminen edellyttäisi kuitenkin maaperä- ja satotietojen saamista tiloilta.

Osalla tiloista kasvulohkojen pinta-alat vaihtelivat vuosien mittaan. Viljelijän viljelykiertosuunnitelmassaan tekemä kasvulohkojako ei siis säilynyt samana viiden vuoden aikana. Tällaisissa tapauksissa toteutumisindeksin laskemisessa tutkittiin kasvulohkojen

muodostaman peruslohkon kasvilajivalintoja ja pyrittiin jäljittämään, onko viljelykiertosuunnitelma toteutunut edes jossain määrin. Lähtökohta tulkinnassa oli, että viljelykiertosuunnitelmaa on pyritty noudattamaan niin hyvin kuin mahdollista. On mahdollista, että kasvinvuorotus ei toteutunut täysin niin kuin tutkija oletti. Tällaisten tapausten osuus oli aineistossa pieni.

Toteutumisindeksi toimi hyvin viljelykiertosuunnitelman toteutumisastetta kuvaavana, karkeana indikaattorina. Se toi näkyväksi alan asiantuntijoiden havainnon siitä, että viljelykiertosuunnitelmista ajaututaan vuosi vuodelta kauemmas. Menetelmän etuna on, että kaikki toteutumisarvon laskemiseen tarvittava tieto on saatavilla viranomaislähteistä, ja tutkimuksen teko on siksi verrattain nopeaa. Jatkossa oli mielekästä tehdä kysely- tai haastattelututkimus, jotta tutkittavaa ilmiötä eli viljelykiertojen suunnittelua luomutiloilla pystyttäisiin selittämään perusteellisemmin.

8.5 Alueelliset erot

Alueellisten erojen analysointi perustui eri viljelykasvien ja kasvityyppien pinta-alaosuuksiin koko tilan viljelypinta-alasta niin viljelykiertosuunnitelmissa kuin toteutuneissa viljelykierroissa. Viljelykiertosuunnitelmissa oli huomattavia eroja Uudenmaan ja Satakunnan välillä. Uudenmaan viljelykiertosuunnitelmissa kasvit luokiteltiin sen mukaan, mikä niiden tehtävä viljelykierrossa oli. Satakunnan luomutiloilla viljelykierrot suunniteltiin sen sijaan yleensä kasvilajien tasolla, ja viljelykiertosuunnitelmat poikkesivat enemmän toisistaan kuin uusimaalaiset viljelykiertosuunnitelmat. Erot Uudenmaan ja Satakunnan välillä eivät näkyneet tilastollisesti merkitsevinä enää toteutetuissa viljelykierroissa, mutta NMDS-ordinaation mukaan kasvilajivalinnat olivat Uudellamaalla yhteneväisempiä ja peltopinta-alan allokointi eri viljelykasveille tilojen kesken samankaltaisempaa kuin Satakunnassa.

Tutkimustulokset viittaavat siihen, että Uudellamaalla viljelykiertosuunnitelmien teossa pyritään alan kirjallisuudessa suositeltuihin viljelykiertoihin, jotka tuottavat tutkitusti parhaan viljelykiertovaikutuksen. Esimerkiksi viljelyä monipuolistavia palkoviljoja ja

seoskasvustoja esiintyi vain uusimaalaisissa viljelykiertosuunnitelmissa. Satakuntalaisissa viljelykiertosuunnitelmissa pyrittiin sen sijaan arvioimaan tulevien vuosien kasvinvuorotusta melko tarkasti. Viljelykiertosuunnitelmat toteutuivat Satakunnassa keskimäärin heikommin kuin Uudellamaalla, vaikka tilastollisesti merkitseviä eroja ei löytynytäkään. Etenkin tarkastelujakson viimeisenä vuonna erot alueiden välillä olivat melko suuret. On mahdollista, että Uudenmaalla tuotantoa suunnitellaan pidemmällä tähtäyksellä kuin Satakunnassa. Myös viljelykiertosuunnitelmien kasvityypittely viittaisi tähän.

Alueiden väliset erot johtuvat mahdollisesti eroista viljelykulttuurissa tai luomuneuvonnassa (Reijo Käki, suullinen arvio 2014) maakuntien välillä. Toisaalta esimerkiksi paikalliset sääolot tai erilainen maaperä saattoivat vaikuttaa siihen, että viljelykiertosuunnitelmissa ja niiden mukauttamisessa oli eroja Satakunnan ja Uudenmaan välillä. Tutkimuksen perusteella ei ollut mahdollista ottaa kantaa siihen, oliko viljelykiertojen ekologisessa kestävyudessa tai tuottavuudessa alueellisia eroja. Ekologisen kestävyuden arviointi vaatisi yksityiskohtaisempia tietoja esimerkiksi tilan luonnonolosuhteista ja satotasoista.

Tutkimuksessa käytetty NMDS-ordinaatio näytti havainnollisesti, miten samankaltaisia tilojen viljelykierrot olivat keskenään. Vaikka NMDS-ordinaatiota käytetään yleensä kasvilajikoostumuksen analysointiin paljon suppeammalla alalla kuin koko tilan viljelykierrossa olevalla peltopinta-alalla, tässä tutkimuksessa ei ilmennyt esteitä NMDS-ordinaation käytölle myös viljelykiertotutkimuksessa. Vastaavasti esimerkiksi Keskitalo ja Jauhiainen ovat käyttäneet yleensä pienempien alojen perusteella laskettavaa Shannon-monimuotoisuusindeksiä (Keskitalo 2015) ja Dury ym. (2013) Simpson-monimuotoisuusindeksiä viljelykiertojen monipuolisuuden analysointiin.

Tutkimusotokseen osuneet tilat edustivat melko hyvin Eviran tilastoja (Evira 2012, kuva 3) kasvilajivalintojen osalta lukuun ottamatta kevätvehnää, joka oli tässä tutkimusotoksessa yhtä yleinen viljelykasvi niin Uudellamaalla kuin Satakunnassa – joskin tarkempaa vertailua varten myös Eviran tilastoista tulisi koostaa viiden vuoden (2008–2012) keskiarvot. Suuremmasta otosjoukosta olisi ollut kuitenkin hyötyä tilastollisesti merkitsevien tulosten saamiseksi. Toisaalta viljelykiertojen analysoiminen manuaalisesti

taulukkolaskentaohjelmassa oli hyvin aikaa vievää ja siksi tässä maisterintutkielmassa päädyttiin melko pieneen otosjoukkoon.

8.6 Jatkotutkimus

Viljelykierrat ovat tärkeä tuotantomenetelmä, joiden vaikutusta agroekosysteemin toimintaan tulisi tutkia tarkemmin. Maaperässä viljelykierron seurauksena tapahtuvista ekologisista prosesseista ja niiden vaikutuksesta agroekosysteemin toimintaan ei vielä tiedetä tarpeeksi (Rusch ym. 2013). Mielenkiintoinen tutkimuskysymys on, minkälaiset nurmet ja kasvipeitteiset kesannot tuottavat parhaan viljelykiertovaikutuksen. Luonnonmukaisen tuotannon kehittämisen näkökulmasta jatkossa tulisi pohtia, mitkä ovat luomuviljelyn viljelykiertojen keskeisimmät tavoitteet ja tulisiko viljelykiertojen olla nykyistä monipuolisempia satotasojen nostamiseksi.

Kiinnostavaa olisi myös tutkia, mitkä syyt saavat luomuviljelijät noudattamaan juuri tietynlaista viljelykiertoa. Näin saataisiin tietoa siitä, kuinka suuri osa kasvijärjestyksestä on ylhäältä päin saneltujen ohjeiden ja esimerkiksi neuvonnan tulosta, ja kuinka paljon kasvien viljelyjärjestys perustuu viljelijän omiin kokemuksiin ja hyviksi havaittuihin käytäntöihin, ja miten viljelykiertosuunnitelman tarkka seuraaminen tai seuraamatta jättäminen vaikuttaa viljelijän toimeentuloon. Tällaisen kysely- tai haastattelututkimuksen avulla voitaisiin myös tutkia, kuinka ideologiset lähtökohdat, kuten esimerkiksi pyrkimys täydelliseen ravinteiden kierrätykseen tilan sisällä, heijastuvat viljelykiertoihin.

Tutkimalla viljelykiertosuunnitelmia ja vertaamalla niitä toteutuneisiin viljelykiertoihin päästään käsiksi moniin nykyhetken ja tulevaisuuden maatalouden kannalta mielenkiintoisiin kysymyksiin kuten esimerkiksi siihen, minkälaisia tuotantostrategioita viljelijöillä on ja miten he strategioihinsa nojaten vastaavat maatalouden muuttuvaan toimintaympäristöön, kuten ilmastonmuutokseen ja tuottajahintojen heilahteluun. Viljelykiertoihin liittyvillä päätöksillä on vaikutusta siihen, kuinka kestävää luomutuotanto lopulta on ja kuinka monimuotoinen maatalousympäristö on.

Jatkotutkimuksessa olisi tärkeää tutkia, miten viljelykiertojen jatkuva mukauttaminen vaikuttaa luomutuotannon kestävyteen ja kannattavuuteen Suomessa. Viljelykiertosuunnitelmista poikkeaminen on usein tuotannon kannattavuuden näkökulmasta välttämätöntä, mutta suunnitelmista poikkeamisen vaikutuksesta luomutuotannon ekologiseen kestävyteen ei ole Suomen oloissa tutkimustietoa. Jatkotutkimuksen aiheeksi jää, tulisiko tilan peltojen muodostaa viljelykierron kautta yhteen nivoutuva kokonaisuus, jota hallitaan vuosien mittaan pitkäjänteisesti ja viljelykiertosuunnitelmaan tukeutuen.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, minkälaisia viljelykiertoja suomalaisille luomukasvinviljelytiloille suunnitellaan ja miten viljelykiertosuunnitelmat toteutuvat. Tutkimuksessa saatiin selville, että uusimaalaisten ja satakuntalaisten luomutilojen viljelykierrat tarkoittavat yleensä nurmen ja viljan vuorottelua tai syysruis–kaura–nurmivuodet -kasvijärjestystä. Viljelykiertosuunnitelmissa esiintyi jonkun verran myös viljelyä monipuolistavia palkoviljoja ja seoskasvustoja, mutta tutkimusotoksen tilojen toteutuneissa viljelykiertoissa niiden osuus oli pieni. Viljelykiertosuunnitelmia muutettiin kaiken aikaa niin, että viidentenä vuonna viljelykiertosuunnitelman laatimisesta enää alle puolet lohkoista viljeltiin suunnitelmien mukaan. Viljelykiertosuunnitelma toimi kuitenkin apuna tuotannon suunnittelussa.

Toisena tavoitteena oli selvittää, oliko luomutilojen viljelykiertoissa eroja Uudenmaan ja Satakunnan välillä. Tutkimuksessa osoitettiin, että uusimaalaisten ja satakuntalaisten luomutilojen viljelykiertosuunnitelmissa oli huomattavia eroja. Uudenmaan viljelykiertosuunnitelmat laadittiin kasvityypppeihin perustuen ja ne olivat keskenään samankaltaisempia kuin Satakunnassa. Toteutuneissa viljelykiertoissa erot olivat pienempiä. Suurempi otosjoukko olisi helpottanut alueellista vertailua.

Kolmantena tavoitteena oli selvittää, erottuuko tutkimusaineistosta selvästi toisistaan erottuvia viljelijäryhmiä. Tutkimusaineiston perusteella tällaisia viljelijäryhmiä ei ollut mahdollista erottaa, mutta tutkimuksen myötä kehitetty, kasvilajien ja -tyyppien

prosenttiosuuksiin perustuva vertailumenetelmä kuvasti mielenkiintoisella tavalla tuotannossa tapahtuneita muutoksia viiden vuoden aikana suhteessa viljelijöiden omiin suunnitelmiin. Viljelijöiden päätöksenteko ja sen seurauksena tehtävät kasvilajivalinnat ja viljelytoimenpiteet ovat keskeinen alkutuotannon kestävyyyteen vaikuttaja tekijä, jota tulisi tutkia nykyistä enemmän. Tämä tutkimus avasi uusia näköaloja tiloilla tapahtuvaan viljelysuunnitteluun.

KIITOKSET

Tutkimus lähti käyntiin maisterivaiheen harjoitteluni aikana Helsingin yliopiston agroekologian tutkimusryhmässä kesällä 2014. Haluan kiittää lämpimästi kaikkia tutkimukseen tekoon vaikuttaneita henkilöitä. Erityinen kiitos työni ohjaajalle, professori Juha Heleniukselle tärkeän aiheen esiin nostamisesta, aineiston hankinnassa avustamisesta ja neuvoista ja tuesta tutkimuksen teossa. Kiitos myös luomuneuvoja Reijo Käelle ja Juha Auraselle, joiden kanssa käydyt keskustelut perehdyttivät minut hyvin aiheeseen. Lisäksi haluan kiittää Luomuliiton toiminnanjohtaja Elisa Niemeä ja harjoittelijakollegaani, agroekologian opiskelija Alma Lehtea avusta alkuvaiheen ideoinnissa sekä tohtorikoulutettava Marjaana Toivosta ohjauksesta ja avusta työn loppuvaiheessa. Suuri kiitos myös tarkastaja Heidi Pekille Uudenmaan ELY-keskuksesta ja erityisympäristötuen asiantuntija Riiikka Perttu-Koskelle Satakunnan ELY-keskuksesta, jotka auttoivat minua saamaan tutkimusaineiston käsiini. Kiitos myös yhteiskuntatieteiden maisteri Mari Tjäderille arvokkaista kommentteista työhön liittyen.

Lisäksi haluan kiittää puolisoani Jouni Paakkia tuesta ja kannustuksesta gradun tekoprosessin aikana. Lämmin kiitos myös perheelleni ja ystäväilleni.

LÄHTEET

Adams, M.L., Cook, S. & Corner, R. 2001. Managing uncertainty in site-specific management: What is the best model? *Precision Agriculture* 2: 39–54.

- Ahlstedt, J. & Niemi, J. (toim.). 2013. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2013. Helsinki: MTT Taloustutkimus. Julkaisuja 114. 96 s.
- Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32–46.
- Anderson, R. L. 2005. Improving sustainability of cropping systems in the Central Great Plains. *Journal of Sustainable Agriculture* 26: 97–114.
- Bachinger, J. & Zander, P. 2007. ROTOR, a tool for generating and evaluating crop rotations for organic farming systems. *European Journal of Agronomy* 26: 130–143.
- Ball, B. C., Bingham, I., Rees, R. M., Watson, C. A. & Litterick, A. 2005. The role of crop rotations in determining soil structure and crop growth conditions. *Canadian Journal of Soil Science* 85: 557–577.
- Bennett, A. J., Bending, G. D., Chandler, D., Hilton, S. & Mills, P. 2012. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews* 87: 52–71.
- Benoît, M., Rizzo, D., Marraccini, E., Moonen, A. C., Galli, M., Lardon, S., Rapey, H., Thenail, C. & Bonari, E. 2012. Landscape agronomy: a new field for addressing agricultural landscape dynamics. *Landscape Ecology* 27: 1385–1394.
- Beras (Building Ecological Recycling Agriculture and Societies -network) 2015. ERA-guidelines. <http://beras.eu/what-we-do/era-guidelines/>, viitattu 12.5.2015.
- BIO Intelligence service 2010. Environmental impact of different crop rotations in the European Union. Final Report. <http://ec.europa.eu/environment/agriculture/studies.htm>. European Commission (DG ENV), 6 September 2010. Tulostettu 27.5.2015. 149 s.
- Brandt, S. A., Thomas, A. G., Olfert, O. O., Leeson, J. Y., Ulrich, D. & Weiss, R. 2010. Design, rationale and methodological considerations for a long term alternative cropping experiment in the Canadian plain region. *European Journal of Agronomy* 32: 73–79.
- Bullock, D. 1992. Crop-rotation. *Critical Reviews in Plant Sciences* 11: 309–326.
- Carof, M., Colomb, B. & Aveline, A. 2013. A guide for choosing the most appropriate method for multi-criteria assessment of agricultural systems according to decision-makers' expectations. *Agricultural Systems* 115: 51–62.

- Castellazzi, M. S., Perry, J. N., Colbach, N., Monod, H., Adamczyk, K., Viaud, V. & Conrad, K. F. 2007. New measures and tests of temporal and spatial pattern of crops in agricultural landscapes. *Agriculture Ecosystems & Environment* 118: 339–349.
- Copeland, P. J. & Crookston, R. K. 1992. Crop sequence affects nutrient composition of corn and soybean grown under high fertility. *Agronomy Journal* 84: 503–509.
- Crookston, R. K., Kurle, J. E., Copeland, P. J., Ford, J. H. & Lueschen, W. E. 1991. Rotational cropping sequence affects yield of corn and soybean. *Agronomy Journal* 83: 108–113.
- Doering, O. 1992. Federal-policies as incentives or disincentives to ecologically sustainable agricultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 2: 21-36.
- Drinkwater, L. E. 1999. Using plant species composition to restore soil quality and ecosystem function. Teoksessa: Olesen, J. E., Eltun, R., Gooding, M. J., Jensen, E. S. & Kopke, U. (toim.). *Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an international workshop. Report No. 1.* Tjele, Tanska: Danish Research Centre for Organic Agriculture, DARCOF. s. 37–46.
- Dury, J., Garcia, F., Reynaud, A. & Bergez, J. 2013. Cropping-plan decision-making on irrigated crop farms: A spatio-temporal analysis. *European Journal of Agronomy* 50: 1–10.
- Dury, J., Schaller, N., Garcia, F., Reynaud, A. & Bergez, J. E. 2012. Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 567–580.
- Euroopan komissio 2013. Facts and figures on organic agriculture in the European Union. http://ec.europa.eu/agriculture/organic/eu-policy/data-statistics/index_en.htm. DG Agriculture and Rural Development. Tulostettu 2.2.2015. 44 s.
- Evira 2012. Tärkeimpien vilja- ja nurmikasvien tuotantoalat 2012. <http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/luomu/tilastot+ja+tietohaut/>, tulostettu 23.3.2015.
- Evira 2013. Luonnonmukainen tuotanto 1. Yleiset ja kasvintuotannon ehdot. 4. painos. Ohje 18219/4. 49 s.
- EY 2007. Euroopan unionin neuvoston asetus (EY) luonnonmukaisesta tuotannosta ja luonnonmukaisesti tuotettujen tuotteiden merkinnöistä sekä asetuksen (ETY) N:o

- 2092/91 kumoamisesta. Asetus 834/2007. Annettu 28.6.2007. Euroopan unionin virallinen lehti 20.7.2007 L 189: 1–23.
- Gan, Y. T., Miller, P. R., McConkey, B. G., Zentner, R. P., Stevenson, F. C. & McDonald, C. L. 2003. Influence of diverse cropping sequences on durum wheat yield and protein in the semiarid northern Great Plains. *Agronomy Journal* 95: 245–252.
- Gliessman, S. R. 2007. *Agroecology. The ecology of sustainable food systems*. Second Edition. Boca Raton, Yhdysvallat: CRC Press. 384 s.
- Guthman, J. 2000. Raising organic: an agro-ecological assessment of grower practices in California. *Agriculture and Human Values* 17: 257–266.
- Hansen, B., Alroe, H. F. & Kristensen, E. S. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture Ecosystems & Environment* 83: 11–26.
- Haynes, R. J. & Beare, M. H. 1997. Influence of six crop species on aggregate stability and some labile organic matter fractions. *Soil Biology & Biochemistry* 29: 1647–1653.
- Hector, A., Schmid, B., Beierkuhnlein, C., Caldeira, M. C., Diemer, M., Dimitrakopoulos, P. G., Finn, J. A., Freitas, H., Giller, P. S., Good, J., Harris, R., Hogberg, P., Huss-Danell, K., Joshi, J., Jumpponen, A., Körner, C., Leadley, P. W., Loreau, M., Minns, A., Mulder, C. P. H., O'Donovan, G., Otway, S. J., Pereira, J. S., Prinz, A., Read, D. J., Scherer-Lorenzen, M., Schulze, E. D., Siamantziouras, A. S. D., Spehn, E. M., Terry, A. C., Troumbis, A. Y., Woodward, F. I., Yachi, S. & Lawton, J. H. 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science* 286: 1123–1127.
- Helenius, J. 1997. Spatial scales in ecological pest management (EPM): Importance of regional crop rotations. *Biological Agriculture & Horticulture* 15: 163–170.
- Helenius, J., Hyvönen, T. & Tiainen, J. 2004. *Maatalousekosysteemi*. Teoksessa: Kuussaari, M., Laurila, I. P., Tiainen, J. & Toivonen, T (toim.). 2004. *Elämää pellossa: Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus*. Helsinki: Edita. s. 62–74.
- Hyvönen, T. 2007. Kesantojen kasvilajiston monimuotoisuus ja siemenravinnon tuotto linnuille. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. 2007. *Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus*. Maa- ja elintarviketalous 110. Tampere: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. s. 13–25.

- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) 2013. Principles of Organic Agriculture. <http://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/principles-organic-agriculture>, viitattu 8.5.2015.
- Ilmatieteen laitos 2015. Terminen kasvukausi. <http://ilmatieteenlaitos.fi/terminen-kasvukausi>, viitattu 10.3.2015.
- Isbell, F., Calcagno, V., Hector, A., Connolly, J., Harpole, W. S., Reich, P. B., Scherer-Lorenzen, M., Schmid, B., Tilman, D., van Ruijven, J., Weigelt, A., Wilsey, B. J., Zavaleta, E. S. & Loreau, M. 2011. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature* 477: 199–U96.
- Johnson, N., Graham, J. & Smith, F. 1997. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. *New Phytologist* 135: 575–586.
- Karlen, D., Varvel, G., Bullock, D. & Cruse, R. 1994. Crop Rotations for the 21st-Century. *Advances in Agronomy* 53: 1–45.
- Kersalo, J. & Pirinen, P. 2009. Suomen maakuntien ilmasto. Helsinki: Ilmatieteen laitos. 192 s.
- Keskitalo, M. & Jauhiainen, L. 2012. Tilan koko vaikuttaa viljelykierron toteutukseen. *Maaseudun Tiede* 69, liite 2/2012: 13.
- Keskitalo, M. 2015. Monipuolinen viljely on investointi tulevaisuuteen. Teoksessa: Toukoluoto, N. & Peltonen, S. 2015. Viljelykiertojen monipuolistaminen. Vantaa: ProAgria Keskusten Liitto. s. 6–7.
- Kirwan, L., Luescher, A., Sebastia, M. T., Finn, J. A., Collins, R. P., Porqueddu, C., Helgadottir, A., Baadshaug, O. H., Brophy, C., Coran, C., Dalmannsdottir, S., Delgado, I., Elgersma, A., Fothergill, M., Frankow-Lindberg, B. E., Golinski, P., Grieu, P., Gustavsson, A. M., Hoglind, M., Huguenin-Elie, O., Iliadis, C., Jorgensen, M., Kadziuliene, Z., Karyotis, T., Lunnan, T., Malengier, M., Maltoni, S., Meyer, V., Nyfeler, D., Nykanen-Kurki, P., Parente, J., Smit, H. J., Thumm, U. & Connolly, J. 2007. Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *Journal of Ecology* 95: 530–539.
- Koikkalainen, K., Seuri, P., Koivisto, A., Tauriainen, J., Hyvönen, T. & Regina, K. 2012. Luomu 50: mitä tarkoittaisi, jos 50 % Suomen viljelyalasta siirtyisi luomuun. Jokioinen: MTT. 58 s.

- Kotimäki, J., Peltonen, S., Knaapi, J., Keskitalo, M., Niemeläinen, O. & Kari, M. 2015. Kasvien ominaisuudet viljelykierrossa. Teoksessa: Toukoluoto, N. & Peltonen, S. 2015. Viljelykiertojen monipuolistaminen. Vantaa: ProAgria Keskusten Liitto. s. 52–56.
- Luomutietopankki 2015. Luomun periaatteita ja tavoitteita. <http://luomu.fi/tietopankki/luomun-periaatteita-ja-tavoitteita/>. Luomuinstituutti ja Helsingin yliopiston Ruralia-instituutti. Viitattu 22.4.2015.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2007. Luonnonmukainen viljely. <http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijä/Sivut/Ymparistotukien-oppaat.aspx>, tulostettu 10.6.2014. 12 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2014. EU:n yhteinen maatalouspolitiikka uudistuu kokonaisuudessaan vuonna 2015. <http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/cap2020.html>, viitattu 27.2.2015.
- Maaseutuvirasto 2010. Hakuopas 2010. Helsinki: Maaseutuvirasto. 151 s.
- Maaseutuvirasto 2014. Maatalouden ympäristötuen sitomusehdot 2014. <http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijä/Sivut/Ymparistotuen--ja-luonnonhaittakorvauksen-sitomusehdot.aspx>, tulostettu 8.5.2015. 37 s.
- McCune, B. & Grace, J. B. 2002. Analysis of ecological communities. Oregon, Yhdysvallat: MjM Software Design. 300 s.
- Michelsen, J. 2001. Organic farming in a regulatory perspective. The Danish case. *Sociologia Ruralis* 41: 62–84.
- Mitchell, C. C., Westerman, R. L., Brown, J. R. & Peck, T. R. 1991. Overview of long-term agronomic research. *Agronomy Journal* 83: 24–29.
- Mäkinen, T., Herzon, I., Heliölä, J., Kuussaari, M. & Helenius, J. 2010. Luonnonhoitopeltotoimenpiteen toteutuminen – viljelijäkysely syksyllä 2009. Helsinki: Helsingin yliopiston Maataloustieteiden laitos ja Suomen ympäristökeskus. 25 s.
- Niemi, J. & Ahlstedt, J. (toim.). 2010. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2010. Helsinki: MTT Taloustutkimus. Julkaisuja 110. 96 s.
- Norton, L., Johnson, P., Joys, A., Stuart, R., Chamberlain, D., Feber, R., Firbank, L., Manley, W., Wolfe, M., Hart, B., Mathews, F., MacDonald, D. & Fuller, R. J. 2009. Consequences of organic and non-organic farming practices for field, farm and landscape complexity. *Agriculture Ecosystems & Environment* 129: 221–227.

- Nykänen, A. 2008. Nitrogen dynamics of organic farming in a crop rotation based on red clover (*Trifolium pratense*) leys. Jokioinen: MTT Agrifood Research Finland. Agrifood research reports 121. 130 s.
- Oehl, F., Sieverding, E., Mader, P., Dubois, D., Ineichen, K., Boller, T. & Wiemken, A. 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia* 138: 574–583.
- Olesen, J. E. 1999. Perspectives for research on cropping systems. Teoksessa: Olesen, J. E., Eltun, R., Gooding, M. J., Jensen, E. S. & Kopke, U. (toim.). Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an international workshop. Report No. 1. Tjele, Tanska: Danish Research Centre for Organic Agriculture, DARCOF. s.11–19.
- Palomäki, M. & Mikkonen, K. 1999. Talousalueet ja menestymisen edellytykset. Teoksessa: Westerholm, J. & Raento, P. (toim.). Suomen kartasto 1999: 100–vuotisjuhlakartasto. 6. painos. Porvoo: WSOY. s. 68–69.
- Pankhurst, C., Magarey, R., Stirling, G., Blair, B., Bell, M. & Garside, A. 2003. Management practices to improve soil health and reduce the effects of detrimental soil biota associated with yield decline of sugarcane in Queensland, Australia. *Soil & Tillage Research* 72: 125–137.
- Pesticide action network 2013. Contribution on research needs for 2014-2020: Crop rotation – the forgotten practice in European agriculture. PAN Europe position paper. <http://www.pan-europe.info/Resources/briefings.html>, viitattu 29.4.2015.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D. & Seidel, R. 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55: 573–582.
- ProAgria 2014. Lohkotietopankki. <https://www.proagria.fi/sisalto/lohkotietopankki-1230>, viitattu 11.5.2015.
- Puurunen, M., Hirvijoki, M., Turunen, H. & Åberg, J. 2004. Etelä-Suomen kansallisten tukien vaikutusten arviointi. MTT:n selvityksiä 57. <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts57.pdf>, tulostettu 9.6.2015. 106 s.
- Rajala, J. 2005. Luomuviljelyn suunnittelu. Työohjeita. Mikkeli: Helsingin yliopisto, Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus. 245 s.

- Rajala, J. 2006. Luonnonmukainen maatalous. Mikkeli: Helsingin yliopisto. Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, julkaisuja no 80. 496 s.
- Ranta, E., Kouki, J. & Rita, H. 1991. Biometria: tilastotiedettä ekologeille. 3. korjattu painos. Helsinki: Yliopistopaino. 569 s.
- Reid, W. V., Brechignac, C. & Lee, Y. T. 2009. Earth system research priorities. *Science* 325: 245–245.
- Reid, W. V., Chen, D., Goldfarb, L., Hackmann, H., Lee, Y. T., Mokhele, K., Ostrom, E., Raivio, K., Rockstrom, J., Schellnhuber, H. J. & Whyte, A. 2010. Earth system science for global sustainability: grand challenges. *Science* 330: 916–917.
- Riiko, K. 2015. Tilojen välisellä yhteistyöllä parempiin viljelykiertoihin. Teoksessa: Toukoluoto, N. & Peltonen, S. 2015. Viljelykiertojen monipuolistaminen. Vantaa: ProAgria Keskusten Liitto s. 60–61.
- Robson, M. C., Fowler, S. M., Lampkin, N. H., Leifert, C., Leitch, M., Robinson, D., Watson, C. A. & Litterick, A. M. 2002. The agronomic and economic potential of break crops for ley/arable rotations in temperate organic agriculture. *Advances in Agronomy* 77: 369–427.
- Rodriguez, D., Cox, H., deVoil, P. & Power, B. 2014. A participatory whole farm modelling approach to understand impacts and increase preparedness to climate change in Australia. *Agricultural Systems* 126: 50–61.
- Rodriguez, D., deVoil, P., Power, B., Cox, H., Crimp, S. & Meinke, H. 2011. The intrinsic plasticity of farm businesses and their resilience to change. An Australian example. *Field Crops Research* 124: 157–170.
- Rounsevell, M. D. A., Annetts, J. E., Audsley, E., Mayr, T. & Reginster, I. 2003. Modelling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale. *Agriculture Ecosystems & Environment* 95: 465–479.
- Rusch, A., Bommarco, R., Jonsson, M., Smith, H. G. & Ekbom, B. 2013. Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale. *Journal of Applied Ecology* 50: 345–354.
- Seppänen, L., Muuttomaa, E., Granstedt, A. & Pehu, E. 2000. Viljelyn, neuvonnan ja tutkimuksen keskellä: osallistuva luomuvihannestilojen kehittäminen. Helsinki:

- Maatalouden tutkimuskeskus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja, sarja A 75. 80 s.
- Seppänen, M., Yli-Halla, M., Stoddard, F. & Mäkelä, P. 2008. Kasvutekijät. Teoksessa: Seppänen, M. (toim.). Peltokasvien tuotanto. s. 7–26.
- Silvasti, T. 2014. Sisällönanalyysi. Teoksessa: Massa, I. (toim.). Polkuja yhteiskuntatieteelliseen ympäristötutkimukseen. Helsinki: Gaudeamus. s. 33–48.
- Smith, R. G., Gross, K. L. & Robertson, G. P. 2008. Effects of crop diversity on agroecosystem function: Crop yield response. *Ecosystems* 11: 355–366.
- Snapp, S. S., Gentry, L. E. & Harwood, R. 2010. Management intensity – not biodiversity – the driver of ecosystem services in a long-term row crop experiment. *Agriculture Ecosystems & Environment* 138: 242–248.
- Stevenson, F. C. & van Kessel, C. 1996. The nitrogen and non-nitrogen rotation benefits of pea to succeeding crops. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 735–745.
- Tike 2009. Käytössä oleva maatalousmaa vuonna 2009. http://www.maataloustilastot.fi/kaytossa-oleva-maatalousmaa-2009_fi, tulostettu 26.5.2015.
- Tike 2013. Käytössä oleva maatalousmaa vuonna 2012 alueittain. http://www.maataloustilastot.fi/k%C3%A4yt%C3%B6ss%C3%A4-oleva-maatalousmaa-2012_fi, tulostettu 26.5.2015.
- Tike 2014a. Luomutuotanto. <http://www.maataloustilastot.fi/e-lehti-luomutuotanto/index.html>, viitattu 2.2.2015.
- Tike 2014b. Peltokasvivilastot. <http://www.maataloustilastot.fi/e-lehti-peltokasvit-2013/index.html>, viitattu 2.2.2015.
- Tike 2014c. Maatilatilastollinen vuosikirja. Helsinki: Tike. 327 s.
- Toivonen, M. 2011. Luonnonhoitopellot maatalousympäristön luonnon monimuotoisuuden edistämiseksi. Agroekologian pro gradu -tutkielma. Luettavissa e-thesis -tietokannassa osoitteessa <https://helda.helsinki.fi/>. Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos. 63 s.
- Toukokuo, N. & Peltonen, S. 2015. Viljelykiertojen monipuolistaminen. Vantaa: ProAgria Keskusten Liitto. 96 s.

- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandermeer, J. & Whitbread, A. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation* 151: 53–59.
- Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P. & Macdonald, D. W. 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? - A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management* 112: 309–320.
- Turner, N. C. 2004. Sustainable production of crops and pastures under drought in a Mediterranean environment. *Annals of Applied Biology* 144: 139–147.
- Watson, C. A., Younie, D. & Armstrong, G. 1999. Designing crop rotations for organic farming: Importance of the ley-arable balance. Teoksessa: Olesen, J. E., Eltun, R., Gooding, M. J., Jensen, E. S. & Kopke, U. (toim.). Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an international workshop. Report No. 1. Tjele, Tanska: Danish Research Centre for Organic Agriculture, DARCOF. s. 91–98.
- Weibull, A. C. & Ostman, O. 2003. Species composition in agroecosystems: The effect of landscape, habitat, and farm management. *Basic and Applied Ecology* 4: 349–361.
- Weibull, A. C., Ostman, O. & Granqvist, A. 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation* 12: 1335–1355.
- Verbruggen, E., Roling, W. F. M., Gamper, H. A., Kowalchuk, G. A., Verhoef, H. A. & van der Heijden, M. G. A. 2010. Positive effects of organic farming on below-ground mutualists: large-scale comparison of mycorrhizal fungal communities in agricultural soils. *New Phytologist* 186: 968–979.
- Wijnands, F. W. T. 1999. Crop rotations in organic farming: theory and practice. Teoksessa: Olesen, J. E., Eltun, R., Gooding, M. J., Jensen, E. S. & Kopke, U. (toim.). Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an international workshop. Report No. 1. Tjele, Tanska: Danish Research Centre for Organic Agriculture, DARCOF. s. 21–35.

LIITE 1: VILJELYKIERTOSUUNNITELMIEN JA TOTEUTUNEIDEN VILJELYKIERTOJEN ANALYSOINTIIN KÄYTETYT TAULUKOT

Taulukko 1. Viljelykiertosuunnitelma (mallitila)

Lohko	Lohkon pinta-ala (ha)	2008	2009	2010	2011	2012
1	...	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>
2	...	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>
3	...	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>
4	...	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>
5	...	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>
6	...	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>
7	...	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>
8	...	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>
9	...	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>
10	...	<i>Kaura + nurmen siemen</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>Viherlannoitus</i>	<i>kaura</i>	<i>kaura</i>

KASVIEN / KASVITYYPPIEN OSUUKSET (%/100) SUUNNITELUSSA VILJELYKIERROSSA

	2008	2009	2010	2011	2012	Keskiarvo 2008–2012
Kaura
Viherlannoitus

Taulukko 2. Toteutunut viljelykierto ja viljelykiertosuunnitelman toteutuminen (mallitila). Toteutumisindeksin vuosittaiset arvot ilmenevät taulukosta harmailla soikioilla merkityistä kohdista.

Lohko	Lohkon pinta-ala (ha)	2008	Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen *		2009	Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen *		2010	Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen *		2011	Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen *		2012	Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen *	
			Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen lohkon pinta-alalla painotettuna **	Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen lohkon pinta-alalla painotettuna **		Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen lohkon pinta-alalla painotettuna **	Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen lohkon pinta-alalla painotettuna **		Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen lohkon pinta-alalla painotettuna **	Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen lohkon pinta-alalla painotettuna **		Viljelykiertosuunnitelman toteutuminen lohkon pinta-alalla painotettuna **				
1	...	kaura	1	...	Viherlan.n.	1	...	Viherlan.n.	1	...	kaura	1	...	Viherlan.n.	0	...
2	...	kaura	1	...	Viherlan.n.	1	...	Viherlan.n.	1	...	kaura	1	...	kaura	1	...
3	...	kaura	0	...	kaura	1	...	rehuohra	1	...	Moniv. nurmi	1	...	Moniv. nurmi	1	...
4	...	Viherlan.n.	1	...	kaura	1	...	rehuohra	1	...	Moniv. nurmi	1	...	Moniv. nurmi	1	...
5	...	Viherlan.n.	1	...	kaura	1	...	rehuohra	1	...	Moniv. nurmi	1	...	kaura	0	...
6	...	Viherlan.n.	1	...	kaura	1	...	kaura	1	...	Moniv. nurmi	1	...	kaura	0	...
7	...	Viherlan.n.	1	...	kaura	1	...	kaura	1	...	Moniv. nurmi	1	...	kaura	0	...
8	...	kaura	1	...	Viherlan.n.	1	...	Viherlan.n.	1	...	kaura	1	...	kaura	1	...
9	...	kaura	1	...	Viherlan.n.	1	...	Viherlan.n.	1	...	kaura	1	...	kaura	1	...
10	...	kaura	1	...	Viherlan.n.	1	...	Viherlan.n.	1	...	kaura	1	...	kaura	1	...
YHT.

* 0=ei toteudu, 1=toteutuu

** = (Lohkon pinta-ala / kaikkien lohkojen pinta-ala) x viljelykiertosuunnitelman toteutuminen (0–1)

KASVIEN / KASVITYYPPIEN OSUUKSET (%/100) TOTEUTUNEESSA VILJELYKIERROSSA

kaura
Viherlan.n.
rehuohra
Moniv. nurmi

...
...
...
...

...
...
...
...

...
...
...
...

...
...
...
...

...
...
...
...

Keskiarvo
2008–2012

...
...
...
...

LIITE 2: TOTEUTUMISINDEKSIIN LASKEMISESSA KÄYTETYT KASVIRYHMÄT

Taulukko 1. Analysoiduissa viljelykiertosuunnitelmissa esiintyvät kasvit ja kasvityypit ja niiden kuulumisen toteutumisindeksiin laskemisessa käytettyihin kasviryhmiin. Kursiivilla olevat tekstit kertovat aineiston tulkinnasta.

Toteutumisindeksiin laskemisessa käytetyt kasviryhmät	Viljelykiertosuunnitelmien kasvit / kasvityypit
VILJAT	herne/kaura (<i>tulkittu toisilleen vaihtoehtoina</i>), kaura, kaura (nurmen suojavilja), kaura + hs, kaura + ns, kaura peruna, kaura tai herne, kevätruus, kevävehnä, kevävehnä (nurmen suojavilja), kevätilja, kevätilja + nurmi, nurmi/kaura (<i>tulkittu toisilleen vaihtoehtoina</i>), ohra, ohra + ns, ohra peruna (<i>tulkittu toisilleen vaihtoehtoina</i>), ruis, seosvilja (<i>vilja + alle 50 % jotain muuta kasvia TAI eri viljojen seos</i>), spannmål, spannmål + vallinsädd, suojavilja, suojavilja kaura, syysruis, syysruis + ns, vilja, vilja kaura, vilja ruis, vilja/sv
PALKOVILJAT / PALKOKASVIPI- TOINEN VIHHER- REHU	herne, herne + hs, herne/kaura (<i>tulkittu toisilleen vaihtoehtoina</i>), kaura tai herne, kaura+herne (<i>tulkittu tarkoittavan seoskasvustoa</i>), seosvilja (<i>vilja + yli 50 % palkokasveja</i>)
JUURIKASVIT / ÖLJYKASVIT / KESANTO	hoidettu v:tön juolan torjunta ruis (<i>tulkittu niin, että kylvetään ruista kesannon jälkeen</i>), kaura peruna (<i>tulkittu toisilleen vaihtoehtoina</i>), kesanto, kesanto (sv), ohra peruna (<i>tulkittu toisilleen vaihtoehtoina</i>), peruna, ruokaperuna, rypsi, suojavilja (<i>esim. rypsi</i>), suojavilja rypsi, varastoporkkana, riistapelto, riistapelto nurmensiemen, viherkesanto, viherkesanto ruiskylvö, viljelykiertokesanto
NURMIKASVIT	säilörehu; apila, timotei, nurmi (20-80); apila/tim., apilaheinä, apilanurmi, grönodilngsvall, heinä, heinä + ruis, heinä ruiskylvö, hoidettu vilj. pelto, kuivaheinä, kuivaheinä / tuorerehu, kuivaheinä viherlan., laidun, moniv. kuivaheinä, moniv. rehunurmi, nurmi, nurmi (kevätkyntö), nurmi/kaura (<i>tulkittu toisilleen vaihtoehtoina</i>), nurmikylvö, seosnurmi, uusinta nurmesta nurmelle, viherlan., viherlan. nurmi + ruis; viherlan., ruiskylvö + ns; viherlan./kuivaheinä

Taulukko 2. Toteutuneissa viljelykiertoissa esiintyvät kasvit ja kasvityypit ja niiden kuuluminen toteutumisindeksin laskemisessa käytettyihin kasviryhmiin.

Toteutumisindeksin laskemisessa käytetyt kasviryhmät	Toteutuneiden viljelykiertojen kasvit / kasvityypit
VILJAT	kaura, syysruis, kevätruus, kevätvehnä, rehuohra, vihantavilja, seoskasvusto (valkuaiskasvit + väh. 50 % viljaa), seosvilja (korsiviljat)
PALKOVILJAT / PALKOKASVIPI- TOINEN VI- HERREHU	ruokaherne, seos herne/härkäpapu/makea lupiini yli 50 % + viljaa, rehuherne
JUURIKASVIT / ÖLJYKASVIT / KESANTO	tilapäisesti viljelemätön ala, kevätrypsi, kesanto, viljelemätön, porkkana, ruokaperuna, avokesanto, muu peruna, kumina, tärkkelysperuna, syysrypsi, syysrapso, luonnonhoitopelto (nurmikasvit, väh. 2 v.), viherkesanto, luonnonhoitopelto (riista), luonnonhoitopelto (maisema), luonnonhoitopelto (niittykasvit, väh. 2 v.), hoidettu viljelemätön pelto
NURMIKASVIT	monivuot. kuivaheinä-, säilörehu- ja tuorerehunurmet, viherlannoitusnurmi, 1-vuotiset kuivaheinä-, säilörehu-, tuorerehunurmet, suojavyöhykenurmi *, monivuotiset siemennurmet, monivuotiset laidunnurmet*

*Suojavyöhyke- ja laidunnurmet otettiin mukaan tarkasteluun, jos kasvulohkolla oli viiden vuoden aikana myös muita pellonkäyttömuotoja.

Lisäksi analysoiduilla lohkoilla oli pieniä aloja puutarhakasveja (tyrni, mustaherukka, koristekasvit (alle 5 v.), kasvimaa), jotka eivät vaikuttaneet toteutumisindeksin laskemiseen.