

EKOLOGISEN KIERRÄTYSMAATALOUDEN TOTEUTTAMINEN LIHAKARJATILOILLA

Elina Nurmi
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Agroekologia
Marraskuu 2015

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Elina Nurmi			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Ekologisen kierrätysmaatalouden toteuttaminen lihakarjatililla			
Oppiaine — Läroämne — Subject Agroekologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Marraskuu 2015	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 56 s.
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>Maatalous- ja teollisuustuotannon intensiteetin kasvaminen on kaksinkertaistanut globaalien typen määrän edellisten vuosikymmenten aikana. Typen määrän lisääntymisen tunnetuin seuraus lienee vesistöjen rehevöityminen. Tämän tutkielman tavoitteena oli muun muassa tarkastella taselaskelmia ja niiden käyttökelpoisuutta emolehmätilojen typen käyttöä arvioitaessa, näiden maatilojen typpikuormitusta ja typen käytön tehokkuutta sekä sitä kuinka tarkasti maatilat hyödyntävät omia panoksiaan.</p> <p>Tutkimuksen aineistona oli kolme emolehmätuotantoon erikoistunutta luomumaatilaa, jotka ovat olleet mukana <i>BERAS Implementation</i> -hankkeessa. Tiloilta kerättiin aineistoa haastattelemalla viljelijöitä heinä-elokuussa 2013 koskien panoksia ja tuotoksia vuosien 2010–2012 ajalta. Ravinteista keskityttiin ainoastaan typpeen, josta tehtiin erilaisia taselaskelmia (porttitase, primääriravannesuhde, peltotase ja karjantase) panos- ja tuotos-tietojen perusteella.</p> <p>Tutkittujen maatilojen porttitaseet olivat 27, 36 ja 70 kg/ha. Viimeistä lukuun ottamatta tilojen rehuomavaraisuus oli hyvin korkea, yli 90 %. Korkeimman ylijäämän saanut tila turvautui merkittävästi tilan ulkopuolisiin panoksiin, mikä heijastui heikkoon (64 %) rehuomavaraisuuteen. Pienimmät ylijäämät saaneet tilat saivat myös erittäin hyvät primääriravannesuhteet (1,38 ja 1,40), mikä kertoo toimivasta ravinteiden kierrätyksestä. Näistä tuloksista huolimatta on muistettava, että ravinnetaseita tulee tarkastella kriittisesti. Suurimmat epävarmuudet liittyvät biologisesti sidotun typen määrään sekä eri viljelykasvien satomääriin. Nämä tekijät kuitenkin huomioitiin herkkyystarkastelussa. Ravinneta-seiden sijaan olisi hyödyllisempää kiinnittää enemmän huomiota muihin tekijöihin, esi-merkiksi tilan rehuomavaraisuuteen tai eläinyksikkötiheyteen, kun arvioidaan maatilojen typpikuormitusta.</p> <p>Naudanlihantuotannon tehokkuus riippuu myös tuotannon toteuttamistavasta. Etenkin ruokinta ja lannankäsittely ovat avainasemassa. Rehun muuntosuhde on aina väistämättä suhteellisen tehoton, alle 10 %. Nautakarjataloudessa on kuitenkin muita etuja kuten maaperän viljavuudelle edullinen ja ravinteiden huuhtoutumista vähentävä monivuotisten nurmien osuus koko peltopinta-alasta.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords typpi, ravinnetase, ravinteiden kierrätys, naudanlihantuotanto, luonnonmukainen tuotanto			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasivat professori Juha Helenius, Jukka Kivelä ja Pentti Seuri			

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	3
2 TYPEN MERKITYS LIHANTUOTANNOSSA	5
2.1 Typen biogeokemiallinen kiertokulku.....	6
2.2 Typen käyttö ja sen hyötysuhde maataloudessa.....	7
2.2.1 Typpipäästöt ja -kuormitus.....	8
2.2.2 Typen kulku karjatalouden orgaanisissa materiaalivirroissa.....	9
2.2.3 Typen käytön tehostaminen naudanlihantuotannossa.....	10
2.2.4 Biologisen typensidonnan merkitys	12
2.2.5 Ravinnetaseet ja niiden laskeminen	13
2.3 Ravinteiden kierrätys kasvin- ja eläintuotannossa.....	15
2.3.1 Kasvin- ja eläintuotannon eriytyminen	16
2.3.2 Tuotannon yhdistämisen edut.....	16
2.3.3 Kierrätysmaatalouden määritelmä	17
2.4 Typpikysymys osana ekologisen kestävyden arviointia.....	18
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	20
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	21
4.1 Kolmen tutkitun maatilan tuotannon kuvaus	22
4.1.1 Nautatila A.....	22
4.1.2 Nautatila B.....	23
4.1.3 Nauta- ja lammastila C	24
4.2 Typpitaseiden laskeminen	26
4.2.1 Rehuyksikkölaskelmat	28
4.2.2 Typensidontalaskelmat.....	31
4.3 Herkkyystarkastelu.....	31
5 TULOKSET	32
5.1 Typpitaseet.....	32
5.2 Typpiomavaraisuus	35
5.3 ERA -kriteerien täytyminen.....	36
5.4 Typen käytön tehostamisen kohteet.....	37
6 TULOSTEN TARKASTELO	38
6.1 Typpitaseet.....	38
6.2 Typpiomavaraisuus	40
6.2 ERA -kriteerien täytyminen.....	41
6.3 Typen käytön tehostamisen kohteet.....	42
7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	44
8 KIITOKSET	45
LÄHTEET	47

LYHENTEET JA SYMBOLIT

BERAS	Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society
BTS	biologinen typensidonta
ERA	Ecological Recycling Agriculture, Ravinteita kierrättävä maatalous
HELCOM	The Baltic Marine Environment Protection Commission
KHK	kasvihuonekaasu
Luke	Luonnonvarakeskus
MTT	Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus
N	typpi, alkuaine
NH ₄ ⁺	ammoniumtyppi
NO ₃ ⁻	nitraattityppi
RY	rehuysikkö
SYKE	Suomen Ympäristökeskus

1 JOHDANTO

Maatalouden merkitys vesistöjen ravinnekuormituksessa on tullut esille viime vuosina. Erityishuomio on kiinnittynyt Itämereen, jonka kukkivat levälautat ovat jokavuotinen ongelma. Itämeri on pieni, lähes mantereiden sulkema meri, jonka läheisyydessä asuu noin 85 miljoonaa ihmistä. Se on murtovesiallas, jonka suolapitoisuus on alle 10 promillea ja keskisyvyys ainoastaan 54 metriä. Siitä huolimatta, että vesitilavuus on hyvin pieni, on valuma-alueen koko 1 700 000 neliökilometriä eli nelinkertainen Itämeren pinta-alaan nähden. Täten laajalta alueelta huuhtoutuva aines päätyy mereen, minkä takia se on altis rehevöitymiselle (HELCOM 2009, Itämeriportaali 2013). Yli puolet Suomen rannikkovesistöistä on tyydyttävässä tai sitä heikommassa kunnossa. Erityisen huolestuttava tilanne on Saaristomerellä ja Suomenlahdella. Sen sijaan järvet ja joet ovat pääosin hyvässä tai erinomaisessa kunnossa (SYKE 2013).

Ylimääräisellä typpellä (N) on useita haitallisia vaikutuksia vesiekosysteemille. Rehevöitymisen seurauksena muun muassa leväkukinnat lisääntyvät, meriveden happipitoisuus alenee, lajimonimuotoisuus ja –suhteet muuttuvat ja kalakuolemat lisääntyvät (Grizzetti ym. 2012). Suomessa vesistöjen typpikuormituksesta noin 50 % on peräisin maataloudesta ja Suomen osuus Itämeren alueen kokonaistyppikuormituksesta on noin 3,7 % (MTT 2013). Maatalous on nykyään jo merkittävin vesistöjen kuormittaja (SYKE 2013). Typpitaseet ovat kuitenkin laskeneet selvästi parin edellisen vuosikymmenen aikana. Tämä on ennen kaikkea keinolannoitteiden käytön alenemisen ansiota. Vuonna 1990 typpitase Suomessa oli 94 kg/ha, kun vuonna 2014, kolmannen ympäristötukikauden päätyttyä, typpitase oli keskimäärin 47 kg/ha. Kotieläintilojen alueellisen keskittymisen ja tilakoon kasvun seurauksena merkittäväksi ongelmaksi ovatkin nousseet lannasta hävinneet ravinteet. Karjanlannan liukoisen typen tehokas hyödyntäminen on yksi keskeisistä tekijöistä kohtuullisten typpitaseiden saavuttamiseksi (Aakkula ym. 2014).

BERAS (Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society) Implementation oli Euroopan Unionin osittain rahoittama hanke, jossa oli mukana useita yhteistyökumppaneita (yliopistot ja tutkimuslaitokset, neuvontaorganisaatiot sekä paikallisviranomaiset) yhdeksästä Itämeren alueen valtiosta sekä Norjasta. Hanke alkoi keväällä 2010 ja päättyi syksyllä 2013. Jo päättynyt projekti oli jatkoa ensimmäiselle *BERAS* –hankkeelle (2003–2006). Hankkeen päätavoitteena oli Itämeren suojeleminen. Hankkeessa

mukana olleet ERA (*Ecological Recycling Agriculture*) maatilat käyttävät ekologisia viljelymenetelmiä, joten ne tarjoavat mallin ekologisen kierrätysmaatalouden toteuttamiselle. Näillä tiloilla pyritään kierrättämään ravinteita mahdollisimman tehokkaasti, jotta ne eivät päätyisi vesistöihin (BERAS Implementation 2013). Tämä tutkielma valmistuu osana hanketta. Tutkielmassa keskitytään hankkeessa mukana olleen kolmen emolehmätuotantoon erikoistuneen luomutilan typpiomavaraisuuden ja typen käytön tehokkuuden arvioimiseen. Laskelmat perustuvat erilaisiin ravinnetaseisiin. Tavanomaisen porttitaseen lisäksi tarkastellaan erityisesti primääriravinnesuhdetta, jossa erotellaan neitseelliset ravinteet ja kierrätysravinteet.

ERA:n tärkein periaate on eläin- ja kasvintuotannon yhdistäminen tavalla, jossa tilan eläinmäärä on tasapainossa suhteessa siihen rehumäärään, jonka tila kykenee tuottamaan (alle 0,75 eläinyksikköä/hehtaari). ERA-maatilan on tuotettava suurin osa omista rehuistaan joko itsenäisesti tai tilayhteistyön kautta. Tuotannon erikoistuminen on johtanut paikoin hyvin korkeaan eläintiheyteen, suureen ulkopuolisten ravinnepanosten käyttöön, ja suuriin lantamääriin kotieläintuotantoon erikoistuneilla tiloilla, jolloin kierrätettävien ravinteiden käytön hyötysuhde alenee. Tällöin ylimääräiset ravinteet ovat vaarassa huuhtoutua vesistöihin, mutta ERA-mautilojen viljelytoimien avulla on todettu olevan mahdollista puolittaa maatalouden nykyinen typpikuormitus (Granstedt ym. 2008).

Itämeren ainutlaatuisten piirteiden ja vesistöjen typpikuormitusosuuden takia on edelleen syytä tutkia tarkemmin niitä toimenpiteitä, joilla ravinnekuormaa kyetään pienentämään. Maatalouspolitiikan viime vuosien suuntaus kohti entistä keskitetympää ja erikoistuneempaa ruuantuotantoa aiheuttaa suurta epätasapainoa ravinteiden käytössä eri puolilla Suomea. Typpi on tärkeä kasvinravinne, mutta vesistöihin huuhtoutuessaan ja ilmaan haihtuessaan se aiheuttaa merkittävää haittaa ympäristölle. Ne käytännön viljelytoimenpiteet, joilla voidaan minimoida ylimääräinen typpi ja saadaan pysymään se pelloilla kasveille käyttökelpoisena, on syytä ottaa käyttöön.

2 TYPEN MERKITYS LIHANTUOTANNOSSA

Typpi (N) on elämän kannalta keskeinen alkuaine, jolla on tärkeä rooli ekologisissa prosesseissa. Ilmakehässä on typpeä lähes 80 %, mutta se ei ole biologisesti aktiivista. Typpi ”löydettiin” 1700-luvun lopulla ja seuraavan vuosisadan aikana havaittiin sen merkitys kasvintuotannossa. Todellinen läpimurto tapahtui vuonna 1913, kun fysikaalis-kemiallinen menetelmä (Haber-Bosch prosessi) mahdollisti ilmakehän typen muuttamisen reaktiiviseen muotoon. Tämän ammoniakkisynteesin avulla oli mahdollista valmistaa kemiallisia typpilannoitteita. Keksinnön jälkeen maapallon väkiluku alkoi nopeasti kasvaa. Siihen vaikutti moni asia, mutta ruuan saatavuus oli tärkeä tekijä (Galloway & Cowling 2002).

Maatalous- ja teollisuustuotannon intensiteetin kasvaminen on kaksinkertaistanut globaalin reaktiivisen typen määrän edellisten vuosikymmenten aikana (Vitousek ym. 1997). Kaiken kaikkiaan maa- ja elintarviketalouden osuus maailman reaktiivisen typen kierrosta on 74 % (Kahiluoto ym. 2013). Ihmiset ovat lisänneet reaktiivisen typen määrää valmistamalla epäorgaanisia lannoitteita ja viljelemällä biologiseen typensidontaan kykeneviä palkokasveja sekä polttamalla fossiilisia polttoaineita ja biomassaa. Määrällisesti eniten eli noin 50 % on kuitenkin vaikuttanut epäorgaanisten lannoitteiden valmistus. On arvioitu, että ihmisten näkökulmasta turvalliset planetaariset rajat ovat jo ylittyneet muun muassa juuri typen kierron muutosten osalta. Kun kynnyksarvot ovat ylittyneet, saattaa seurauksena olla jopa katastrofaalisia ympäristövaikutuksia koko maapallon mittakaavassa. Esimerkiksi typen osalta planetaariset rajat huomioiden sopivaksi määräksi tulisi asettaa 25 % nykyisestä määrästä (Rockström ym. 2009).

Lihakarjatilojen osuus on vain 6 % kaikista Suomen maatiloista. Sen sijaan kasvintuotantotilojen osuus maatiloista on kaksi kolmasosaa. Pelkkään viljanviljelyyn on keskittynyt 45 % maatiloista. Euroopan Unioniin liittymisen jälkeen kasvintuotantotilojen osuus on noussut noin 15 %, kun taas lihantuotantotilojen osuus on ollut lievässä laskussa (TIKE 2013). Vuonna 2012 Suomessa oli 3540 naudanlihantuotantoon erikoistunutta maatilaa, joista vajaa 400 kpl oli luomutuotannossa (TIKE 2013, Evira 2013). Naudanlihantuotanto ei pysy enää kulutuksen tahdissa, sillä omavaraisuusaste on

heikentynyt selvästi parin edellisen vuosikymmenen aikana. Vuonna 2013 naudanlihan omavaraisuusaste Suomessa oli 81 % (Ruokatieto 2014).

2.1 Typen biogeokemiallinen kiertokulku

Ilmakehän typpi (N_2) on merkittävin typpireservi. Luontainen tapa, jolla se tulee eliöstön käyttöön, on biologinen typensidonta. Yli 90 % maan kiintoaineen tyypestä esiintyy orgaanisissa yhdisteissä, jotka eivät ole kasveille käyttökelpoista. Orgaaninen typpi vaatii mineralisaation muuttuakseen epäorgaaniseen eli kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Tämän prosessin ansiosta vapautuu orgaanisen aineksen N, kun mikrobit hajottavat orgaanista ainesta. Mineralisaation nopeuteen vaikuttaa etenkin orgaanisen aineksen hiili-typpi –suhde. Jos se on liian korkea (esimerkiksi oljilla C/N –suhde on 80:1), typpeä ei ole tarpeeksi mikrobeille ja ne käyttävät maan typpivaroja. Ihanteellinen C/N –suhde on 8:1, jolloin typpeä vapautuu nopeasti kasvien käyttöön. Epäorgaaninen typpi esiintyy joko ammonium- (NH_4^+) tai nitraattimuodossa (NO_3^-). Ammonium voi pidättäytyä maahiukkasten kationinvaihtopinnoille tai kiinnittyä vaikeasti vaihtuvaan muotoon joidenkin savimineraalien kerrosväleihin. Nitraatti on vahvan hapon anioni eikä näin ollen sitoudu maa-ainekseen vaan on hyvin altis veden mukana tapahtuvalle huuhtoutumiselle (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, Ylivainio ym. 2002).

Typen reaktiot maaperässä ovat pitkälti mikrobien ohjailmia. Ammonifikaatiossa orgaanisen aineksen sisältämä typpi muuttuu ammoniakiksi (NH_3). Reaktion jatkuessa NH_3 ottaa yhden protonin, jolloin se muuttuu ammoniumiksi. Jos kuitenkin maan pH on korkea, ammonium (NH_4^+) muuttuu ammoniakiksi (NH_3^+) ja haihtuu ilmakehään. Maaperässä NH_4^+ hapettuu helposti aerobisissa olosuhteissa nitriitin (NO_2^-) kautta nitraatiksi (NO_3^-) nitrifikaatioprosessissa. Sen sijaan denitrifikaatiossa NO_3^- pelkistyy dityppioksidiksi (N_2O) tai jopa typpikaasuksi (N_2) asti, mikäli happivaje on suuri. Täten menetetään ilmakehään kasveille käyttökelpoista typpeä. Reaktio esiintyy suurimmillaan märässä ja lämpimässä maassa, jonka pH on 6-8 ja jossa on paljon liukoista orgaanista hiiltä (Paasonen-Kivekäs ym. 2009). Tiivistetysti voidaan ilmaista, että typen vaihtoehdot maaperässä ovat seuraavanlaiset: se käytetään kasvien rakennusaineena, se huuhtoutuu veteen liuenneena, se haihtuu ammoniakkinä tai denitrifikaation seurauksena dityppioksidina tai typpikaasuna, tai se sitoutuu maahan orgaanisessa muodossa.

2.2 Typen käyttö ja sen hyötysuhde maataloudessa

Ravinnetalous on suoraviivaisempaa agroekosysteemeissä verrattuna luonnon ekosysteemeihin. Luonnon ekosysteemeissä ravinteet kiertävät, joten ylimääräistä kuormitusta ei synny. Puutteellinen ravinteiden kierrätys onkin yksi suurimmista haitallisista ympäristövaikutuksista maataloudessa. Se taas johtuu lähinnä siitä, että sato käytetään eri paikassa kuin se tuotetaan sekä siitä, että ravinteita hankitaan agroekosysteemin ulkopuolelta (Seuri 2014). Perinteisesti luomutiloja kuvailee vähäinen tilan ulkopuolisten panosten osuus, mutta jotkut tuottajat ostavat suuria määriä etenkin väkirehuja kasvattaakseen tuotosta. Tässä suhteessa luomutilat eivät ole automaattisesti parempia ympäristön kannalta, vaan hyvin hoidetut tavanomaiset tilat ja intensiiviset luomutilat voivat olla lähellä toisiaan ravinnekuormituksen suhteen. Keskimäärin luomutiloilla on kuitenkin puolet tai kolmasosan pienempi typpiylijäämä kuin tavanomaisilla tiloilla (Haas ym. 2007). Tämän myös BERAS-hankkeen tulokset vahvistavat, sillä ERA-mautilojen typpiylijäämä oli hehtaaria kohden 48–54 % pienempi verrattuna tavanomaisiin mautiloihin (Granstedt 2008).

Kaiken kaikkiaan noin 65 % suomalaisessa maataloudessa käytetystä typpipanoksista on peräisin epäorgaanisista lannoitteista. Nämä lannoitteet ovat merkittävin yksittäinen tekijä koko Suomen ravinnevirroista. Lannan osuus N-panoksista on 25 %. Typen laskeuma ja biologinen typensidonta muodostavat molemmat 3 %. Yhdyskuntalietteiden ja teollisuuden sivutuotteiden osuus on niin pieni, että prosentuaalisesti määrä on lähellä nollaa. Sen sijaan tuotoksissa keskimäärin 70 % tpestä sitoutuu satoon, 16 % haihtuu ilmaan denitrifikaation seurauksena ja 14 % huuhtoutuu vesistöihin (Antikainen 2007). Epäorgaanisten typpilannoitteiden käyttö on kahdeksankertaistunut edellisen 40 vuoden aikana, kun taas viljasadot ovat vain kaksinkertaistuneet. Osaltaan tämän on mahdollistanut halpa uusiutumaton energia (Idel 2013).

Lannoitteiden käytön ylenpalttinen kasvu suhteessa satomäärien nousuun osoittaa hyvin sen, että typen hyödyntäminen maataloudessa on tehotonta. Typen käytön tehokkuus määritellään typpipanosten ja tuotoksiin eli kasvi- ja eläintuotteisiin päätyvän typen väliseksi suhteeksi (van der Hoek 1998). Kasvintuotannossa typen käytön hyötysuhde on yleensä parempi kuin eläintuotannossa. Parhaimmillaan luku on kasvintuotannossa noin 70 %, mutta globaali keskiarvo on 60 % (FAO 2006, van der Hoek 1998). Smil (2002) laski, että rehun sisältämästä tpestä keskimäärin 15 % päätyy eläintuotteeseen.

Naudanlihantuotannossa rehun N käytön tehokkuus on keskimäärin 8 %, kun esimerkiksi sianlihantuotannossa se on noin 21 % ja siipikarjan osalta jopa 34 %. On kuitenkin huomioitava, että karjan osalta tulosta heikentää se, että suurta osaa maailman karjasta käytetään vetoeläiminä, jolloin ne kuluttavat rehuja, mutta eivät tuota lihaa (van der Hoek 1998). Naudanlihantuotanto on yleisesti ottaen rehun kuiva-ainekiloa kohden mitaten tehottomin tapa tuottaa eläinperäistä proteiinia, mutta eläinten ruokinta vaikuttaa tehokkuuteen. Jos ruokinta on lähes täysin karkearehuvältaista tai perustuu pitkälti elintarviketeollisuuden sivutuotteisiin tämä tehottomuus on suhteellista, sillä märehitijöinä naudat kykenevät hyödyntämään ihmisille sopimatonta ravintoa (Smil 2002). Ruokinnan on syytä olla karkearehuvältaista myös märehitijän ruuansulatuksen kannalta. Karkearehun sulavuus, naudan ikä ja yksilöllinen syöntikyky vaikuttavat tuotannolliseen onnistumiseen. Hyvälaatuinen säilörehu muodostaa perustan rehustukselle (Huuskonen ym. 2011).

2.2.1 Typpipäästöt ja -kuormitus

Vesistöjen rehevöityminen lienee tunnetuin seuraus siitä, että ihminen on muuttanut typen kiertoa (Vitousek ym. 1997). Vesistöjen rehevöittämisen ja pohjaveden kuormittamisen lisäksi typpi voi myös haihtua ilmakehään (Küstermann ym. 2010). Haihduntaa tapahtuu esimerkiksi lannan hajotessa, jolloin typpi haihtuu ammoniakkinä ja toisaalta epäorgaanisista lannoitteista dityppioksidinä. Hapettomassa ja kosteassa maassa tapahtuva denitrifikaatioreaktio on dityppioksidin merkittävin päästölähde maataloudessa (MTT 2013). Maatalouden typpipäästöt lisääntyvät ilmastonmuutoksen myötä sadannan lisääntyessä ja lämpötilan noustessa (Rankinen ym. 2009).

Typen huuhtoutumisen vähentämiseksi on oleellista sovittaa yhteen kasvien typen tarve ja maan liukoisen typen pitoisuus. Luomussa ratkaisevinta on se, kuinka nopeasti orgaanisen aineksen sisältämää typpeä vapautuu (Ylivainio ym. 2002). Tuotantojärjestelmällä on vaikutusta typen huuhtoutumiseen. Luonnonmukaisen viljelyn avulla voidaan vähentää typen huuhtoutumista ja lisätä typen käytön tehokkuutta (Gomiero ym. 2011). Aivan kaikki tutkimukset eivät tätä vahvista, koska ravinteiden huuhtoutumiseen vaikuttaa moni sellainen asia, mikä ei johdu tuotantotavasta. Esimerkiksi sademäärä vaikuttaa paljon huuhtoutumiseen, koska nitraatti-N huuhtoutuu aina veden mukana. Typen

huuhtoutumiseen vaikuttaa myös maalaji sekä pohjaveden korkeus, jotka ovat riippumattomia tuotantotavasta. Toisaalta viljelyyn liittyvät tekijät kuten viljelykierto, typpilannoituksen ajoitus, määrä ja tyyppi (orgaaninen vs. epäorgaaninen) sekä toimenpiteiden ajoitus ovat ne tekijät, joilla viljelijä pystyy vaikuttamaan ravinteiden käytön tehokkuuteen ja toisaalta estämään niiden huuhtoutumista (Mondelaers ym 2009). Noin 75 % epäorgaanisen typen kokonaiskuormituksesta tapahtuu kasvukauden ulkopuolella. Merkittävä osa huuhtoutumisesta painottuu aikaiseen kevääseen (Rankinen ym. 2009). Eräs avaintekijöistä typpikuormituksen vähentämiseksi on rehuomavaraisuuden kohottaminen (Väisänen 1996).

Monivuotisten kasvien osuudella on selvä yhteys ravinteiden huuhtoutumiseen. Mitä enemmän niitä on, sitä pienempiä ovat ravinnemenetykset (Ulén ym. 2012). Märehtijöiden kasvatuksessa on etua siitä, että viljelykierrossa on suuri osuus monivuotisia kasveja. Täten siis typen menetys on vähäisempää kuin esimerkiksi sikataloudessa, jolloin merkittävällä osalla pelloista viljellään viljaa (Bergström ym. 2005). Betteridgen ym. (2007) selvittivät, että yksivuotisia kasveja (ruisvehnää ja maissia) viljeltäessä pelloilta huuhtoutui 104–222 kg nitraatti-N/ha/vuosi, kun taas monivuotisten (sinimailasen ja raiheinän) kohdalla määrä vaihteli 12–19 kg nitraatti-N/ha/vuosi.

2.2.2 Typen kulku karjatalouden orgaanisissa materiaalivirroissa

Nautojen ylläpitoenergian tarve on korkea, sillä 70–75 % syödyistä rehusta kulutetaan ylläpitoon. Maidontuotannon tarve on noin 10–15 % ja tiineyden 10 % emolehmän vuosittaisesta kokonaisenergian tarpeesta. Aikuiskoon saavuttaminen vaatii 5 % energiasta. Etenkin naudanlihantuotannossa rehunmuuntosuhde on alhainen, koska liha-naudoilla vain 6 % rehun sisältämästä energiasta päätyy lopputuotteen eli lihaksen muodostamiseen. Tästä huolimatta naudanlihantuotannon tuotantokustannuksia ja ympäristökuormitusta voidaan alentaa tehokkaammalla rehuhyötysuhteella, sillä se on kannattavampaa kuin päiväkasvun nostaminen. Rehuhyötysuhde määritellään usein kokonaistehokkuutena (kasvun suhde syötyyn rehuun) tai rehun muuntosuhteena (syödyn rehumäärän suhde kasvuun). Ruokinnassa on syytä huomioida se, että emolehmien valkuaisen tarve on matala. Emolehmien maitotuotos on noin 5-9 kg/pv (Pesonen 2010, Huuskonen 2010).

Karjataloudessa merkittävin osa ravinteista päätyy lantaan. Esimerkiksi rehun sisältämästä typestä 56–61,5 % päätyy lantaan (Haas 2002). Siihen kuinka paljon lantaan päätyy typpeä vaikuttaa eläimen kyky hyödyntää rehun valkuaista. Mitä enemmän lannassa on typpeä, sitä suurempia ovat lannasta haihtuvat ammoniakkipäästöt (Grönroos 2014). Lanta on kuitenkin arvokas tuotos, sillä sen lannoite- ja maanparannuskäytöllä on selkeä positiivinen yhteys maan viljavuuteen (Fließbach ym. 2007).

Luiden osuus naudan ruhopainosta on noin 18 %. Kaupallisessa leikkuussa ne luokitellaan lähes arvottomiksi (Huuskonen 2010). Luita voidaan kuitenkin hyödyntää luomuviljelyyn soveltuvana orgaanisena lannoitteena. Teurastamoteollisuuden eläinperäisten sivutuotteiden käsittelyn yhteydessä syntyvä lihaluujauho sisältää arvokkaita kasvinravinteita, esimerkiksi typpeä noin 8 %. Lihaluujauho toimii mineraalilannoitteiden veroisesti; vastaavalla typpimäärällä lannoitettaessa, kauran ja ohran (Chen ym. 2011) sekä sokerijuurikkaan ja porkkanan (Kivelä ym. 2015) sadot eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi mineraalilannoitteilla saaduista sadoista.

2.2.3 Typen käytön tehostaminen naudanlihantuotannossa

Ruokintaan, rehuntuotantoon ja lannan käyttöön liittyvät muutokset ovat ne tekijät, joihin kannattaa keskittyä, kun mietitään typen käytön tehokkuuden parantamista. Esimerkiksi hehtaaria kohti olevan eläinyksikkömäärän pienentäminen on tärkeää, jotta ylläpidon ongelmia ei esiintyisi. Näin saadaan laitumen sadot pysymään korkeampina (van der Hoek 1998). Ylimääräisen typen kuormituksen vähentämiseksi voidaan luonnollisesti vähentää typpipanosten käyttöä tai esimerkiksi lisätä lannanlevityspinta-alaa (Bergström ym. 2005). Siitä huolimatta, että eläintilojen lantaa hyödynnetään peltojen lannoitukseen, noin 30 % lannan typestä menetetään (Antikainen 2007). Säällä, maaperäolosuhteilla sekä lannan käsittely- ja varastointitoimenpiteillä on kuitenkin vaikutusta siihen kuinka paljon typpeä haihtuu ilmaan. Lanta tulisi levittää sijoittamalla ja hajalevityksestä tulisi luopua kokonaan. Letkulevitys tulisi tehdä vain oraille levitettäessä. Kuiva- ja kuivikelanta sekä pellon pintaan levitetty lietelanta ja virtsa tulisi muokata maan sisään 12 tunnin sisällä levityksestä, mielellään jo aiemmin. Liertesäiliöiden kattaminen kiinteällä ja tiiviillä katteella on myös suositeltavaa. Kaikki liertesäiliöt pitäisi kattaa vähintään kelluvalla katteella. Virtsasäiliöt tulisi aina kattaa

tiivisti (Grönroos 2014). Ajoittamalla lietteen levitys tarkemmin olosuhteet huomioiden voidaan vähentää typpioksidipäästöjä peräti 50 % (Pesonen & Huuskonen 2014).

Eräs tehokkaimpia keinoja vähentää maatilán ravinneylijäämää on muuttaa ruokintaa, jotta eläimet eivät saisi esimerkiksi proteiinia yli tarpeen (van Horn ym. 1996). Nautojen tarvitsemasta proteiinitarpeesta keskimäärin 70 % on peräisin karkearehusta (van der Hoek 1998). Säilörehun korkea raakavalkuaispitoisuus vaikuttaa negatiivisesti typen hyväksikäyttöön ja lisää kotieläintuotannon ympäristökuormitusta. Typen hyväksikäytön kannalta ihanteellisessa säilörehussa olisi raakavalkuaista 12–13 % ja rehun sulavuus olisi hyvä. Lihanaudoille syötettävän säilörehun D-arvon tulisi olla 680–700 g/kg ka. Karkearehun tyyppi ja laatu määrittelevät tarpeellisen väkirehun määrän ja laadun. Jos tilalla on runsaasti nurmialaa, tulisi panostaa säilörehun laadun parantamiseen. Valkuaislisän, kuten rypsirouheen, antaminen yli puolen vuoden ikäisille sonneille on tarpeetonta, kun eläimet ruokitaan hyvälaatuisella säilörehulla ja viljapohjaisella väkirehulla kohtuullisin väkirehutasoin (väkirehun osuus 25–50 %). Valkuaislisällä on hyvin pieni kasvuvaste lihanautojen kehityksessä, joten sen käyttö ei ole perusteltua tuotantotulosten eikä taloudellisuuden kannalta. Itse asiassa sen vaikutus voi olla negatiivinen, sillä ruhojen rasvaisuus lisääntyy hieman ja toisaalta myös ravinnekuormitus kasvaa. Valkuaislisässä saadun typen laskennallinen hyväksikäyttö on vain 5 % (Huuskonen 2009, Pesonen & Huuskonen 2014). Lisäksi nautojen typen saantia voidaan vähentää välttämällä liiallista nurmen N-lannoitusta ja liian aikaista rehun korjuuta. Osa nurmisäilörehusta voidaan korvata vähemmän typpeä sisältävällä kokoviljasäilörehulla (Tauriainen 2006).

Laiduntaminen on osa nautojen lajinmukaista käyttäytymistä. Emolehmiä käytetään etenkin luonnonlaitumilla ympäristönhoitajina. Niille sopii pitkä laidunkausi, koska vasikoiden vieroituksen jälkeen ravitsemukselliset tarpeet eivät ole kovin suuret. Emolehmä-vasikka -paria kohden tulisi olla ainakin 0,2 ha laidunala ja laidun nurmen tulisi pysyä noin 10 cm pituisena. Laidunala vaatimukseen vaikuttaa ennen kaikkea laidunnettavan alan sadontuottokyky. Laitumen kuiva-ainesatoa on hyvin vaikea määrittää. Satoon vaikuttavat kasvivalikoima, sääolosuhteet, maaperän kunto, lannoitus ja nurmen ikä. Luonnonlaitumilla kuiva-ainesadot voivat olla alle 1000 kg ka/ha, kun viljellyillä peltolaitumilla sadot voivat olla jopa 7000 kg ka/ha. Alun perin Brittein saarilta kotoisin oleva Hereford on yksi yleisimmistä roduista emolehmätuotannossa. Rotu sopii etenkin

laiduntamiseen, sillä se hyödyntää karkearehua tehokkaasti (Huuskonen 2011). Laidunnuksen ravinnepäästöjen vähentämiseksi huomio kannattaa kiinnittää seuraaviin tekijöihin: eläintiheys laitumen kasvupotentiaalin mukaan, tasainen lannan levitys, laidunten pitäminen erinomaisessa kasvukunnossa ja hajotustoimintaa lisäävien hyönteisten elinolojen parantaminen (Pesonen & Huuskonen 2014).

2.2.4 Biologisen typensidonnan merkitys

Typen osuus ilmakehän kaasuista on lähes 80 %. Typpikaasu (N_2) ei ole kuitenkaan sellaisenaan kasveille käyttökelpoista vaan maaperän juurinysträbakteerit (*Rhizobium*) muuttavat typen epäorgaaniseen ammoniummuotoon (NH_4^+) (Rajala 2006). Tämän symbioottisen suhteen ansiosta kasvi luovuttaa osan yhteyttämistuotteistaan bakteereille ja saa itse typpeä ilmakehästä (Lötjönen ym. 2004). Biologiseen typensidontaan vaikuttaa moni tekijä maaperässä: kosteus, happamuus ja ravinteet. Symbioosin toimivuutta vaikeuttaa alhainen pH kuten myös liian korkeat alumiini- ja mangaanipitoisuudet. Juurten, sängen ja muiden satojätteiden osuus kasvin koko biomassasta vaihtelee välillä 25–70 %, joten on hankalaa määrittää kuinka paljon biologisesti sidotusta tpestä päätyy varsinaiseen satoon (Nykänen 2008). Biologisen typensidonnan ja epäorgaanisen lannoitetyypin välillä on eräs hyvin suuri ero: ensimmäinen ei vaadi fossiilista energiaa eikä fossiilisia raaka-aineita. Toisekseen BTS:n hyödyntäminen säätelee viljelyn ravinneintensiteettiä, jolloin systeemi asettaa sille ylärajan. Tätä rajaa ei voida ylittää laajassa mittakaavassa (Lötjönen ym. 2004).

Typpitalouden kannalta biologisella N-sidonnalla on keskeinen merkitys luomuviljelyssä, mutta sen määrittämiseen liittyy epävarmuutta. Puna-apilan osuus nurmesta sekä nurmen ikä ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi sidotun typen määrään. On arvioitu, että 100 kg N/ha on sopivin arvo jos nurmen ikä ei ole tiedossa (Lötjönen ym. 2004). Maantieteellisellä sijainnillakin on merkitystä. Esimerkiksi Juvalla ilmasta sidotun typen määrät (150 → 40 kg N/ha) laskivat nurmien vanhetessa, kun taas Sotkamossa havaittiin lievää nousua (100 → 120 kg N/ha). BTS on keskimäärin suurinta ensimmäisen vuoden nurmilla, mutta esimerkiksi maaperäolosuhteista johtuen toinen vuosi voi olla parempi. Ensimmäinen sadonkorjuu on toista selkeästi parempi, sillä tällöin puna-apilan osuus sadosta on suurempi. Puna-apilapitoisuuden tulisi olla yli 40 % kuiva-aineesta, jotta typpitaseet eivät olisi negatiivisia (Nykänen 2008). Luomuti-

loilla BTS toimii paremmin siitä syystä, että keinolannoitteiden käyttö vähentää nurmien apilapitoisuutta (Väisänen 1996).

Ilman biologisen N-sidonnan huomioimista typpitaseet ovat luomutiloilla usein alijäämäisiä. Pitkään luomutuotannossa olleilla nautakarjatiloihin havaittiin, että typen porttitaseet olivat noin -2 kg/ha. Mikäli BTS:n vaikutus otetaan huomioon, olisi keskimääräinen typensidonta-arvio noin 35 kg/ha. Näiden tilojen pinta-alasta keskimäärin 50 % kasvoi apilanurmea, joten arvion oletuksena on, että apilanurmien typensidonta on 70 kg/ha. Tällöin tilojen N-ylijäämä olisi 33 kg/ha, mikä eroaa merkittävästi tutkittujen tavanomaisten tilojen ylijäämästä (54–120 kg/ha) (Väisänen 1996).

2.2.5 Ravinnetaseet ja niiden laskeminen

Ravinnetase on laskentamenetelmä, jonka avulla seurataan maatalouden ravinnevirtoja. Niitä on useita erilaisia kuten pelto-, portti-, karjan- ja lantatase. Ravinnetaseet vaihtelevat vuosittain muun muassa viljelykasvin ja satotason mukaan, joten niitä kannattaa seurata useamman vuoden ajan (Maaseutuvirasto 2008). Ravinnetaseista on tullut yleinen työkalu arvioidessa maatalouden ympäristövaikutuksia (Haas ym. 2002). Porttitase soveltuu hyvin tilatason tarkasteluun ja erityisesti karjatiloihin koko tilan ravinneliikenteen seurannan ja suunnittelun apuvälineeksi (Ryschawy ym 2012, Rajala 2006). Siinä tarkastellaan tilan ravinteiden ostoja ja myyntien erotusta. Se kertoo tilan ravinneyli- tai alijäämän suuruuden (Rajala 2006). Yleisesti ottaen porttitasetta voidaan pitää hyödyllisenä ja luotettavana indikaattorina arvioitaessa ravinteiden käytön tehokkuutta, mikäli kaikki oleelliset termit on sisällytetty laskelmiin. Epävarmuudet ovat yleensä pienempiä verrattuna peltotaseisiin (Nevens ym. 2006). Nautatilalla ostolannoitteiden ja -rehujen käyttö sekä ravinteiden hyväksikäyttö rehuntuotannossa ovat usein merkittävimmät tekijät ravinteiden ylijäämien kannalta (Tauriainen 2006).

Ravinnetaseet ilmaistaan yleensä taseen yli- tai alijäämänä (kg/ha) tai tuotoksen ja pannon suhteena (%). Ensimmäinen kuvaa potentiaalista ravinnekuormitusta ja toinen ravinteiden hyötysuhdetta/hyödyntämisastetta. Kuormitus ja tehokkuus ovat kuitenkin eri asioita, sillä pieni kuormitus ei takaa tehokkuutta (Seuri 2014). Luonnonvarakeskuksen tutkijan Pentti Seurin (2010) kehittämän tarkastelun mukaan maatalouden ravinteet ovat kahta tyyppiä: primääriravinteita ja sekundääriravinteita.

Primääriravinteet ovat systeemin ulkopuolelta tulevia ravinteita, virtoja jotka muodostuvat väkilannoitteista, laskeumasta ja biologisesta typensidonnasta. Sekundääriravinteet ovat jo valmiiksi systeemin sisällä olevia ravinteita. Merkittävin sekundääriravinnevaranto on karjanlanta. Primääriravinnerahde ilmaisee sen kuinka paljon satoa voidaan tuottaa kasvintuotantoon lisätyllä ravinnepanoksella. Se tarkastelee ravinteiden todellista hyödyntämistä. Kyseinen menetelmä ilmaisee tulokset suhdelukuna, josta saadaan hyötysuhde (%). Suhde voi olla yli 100 (yli 1), koska sama ravinne käytetään uudelleen ja uudelleen sadon tuottamiseen. Karjattomat tilat eivät voi saada näin suurta arvoa, vaikka ne toimisivat tehokkaasti. Yleensä karjatilat saavat arvoja 80–100 %, kun taas kasvinviljelytiloilla primääriravinnerahde on parhaimmillaan 60–80 %.

Porttitaseiden laskemisessa on päädytty hyvin vaihteleviin tuloksiin. TEHO -hankkeessa selvitettiin, että naudanlihantuotannon N-tase oli porttitaselaskelman perusteella keskimäärin 47 kg/ha. Hankkeessa laskettiin ravinnetaseita erikseen myös luomutiloille, joiden typpitase oli selvästi alijäämäinen. Tämä johtuu siitä, että biologisen typensidonnan huomioimatta jättäminen antaa virheellisen kuvan ravinnetilasta. Siitä huolimatta ympäristötuen ehtojen mukaisessa ravinnetaselaskennassa biologista typensidontaa ei sisällytetä (Riiko & Yli-Renko 2011). Küstermann ym. (2010) laskivat, että Saksassa typen ylijäämä on keskimäärin 102 kg/ha/vuosi ja hyödyntämistä 38 %. Sen sijaan Ryschawy ym. (2012) totesivat, että N-ylijäämä oli lihakarjatilalla keskimäärin 38 kg/ha ja yhdistetyillä vilja- ja lihakarjatilalla 25 kg/ha. Maidon tuotantoon erikoistuvilla tiloilla oli korkein N-ylijäämä, 61 kg/ha. Haas ym. (2007) päätyivät tutkimuksessaan siihen, että luomulypsykarjatilalla typen hyötysuhde oli keskimäärin 45 % ja ylijäämä 43 kg/ha. On todettu, että lihakarjatilalla on yleensä pienempi typpikuormitus kuin maitokarjatilalla, sillä typen hyväksikäyttö on tehokkaampaa (Ryschawy ym. 2012). Marttilan (2005) pro gradu -tutkielman perusteella maitotilojen typenhyödyntämistä oli vain 21 %. Pelkästään tilataseita tarkastellessa on kuitenkin vaikeaa hahmottaa, mihin ravinteet tilan sisällä kertyvät. Ravinteiden osto- ja myyntimäärien tarkastelu ei paljasta tilan sisäisiä ravinnehävikkejä eikä sitä miten ravinteiden käyttöä voisi tehostaa ja ylijäämää vähentää.

BERAS-hankkeessa on tehty ravinnetaselaskelmia muun muassa Ruotsissa ja Suomessa. Ruotsin ERA -maatiloilla typpiylijäämä oli 36 kg N/ha, kun tavanomaisilla maati-

loilla luku oli keskimäärin 79 kg N/ha. Porttitaseet olivat Ruotsissa miinuksella niillä tiloilla, joiden ei tarvinnut ostaa rehuja (Granstedt ym. 2008). Suomen ERA-mautiloilla vastaavat luvut olivat 38 kg N/ha ja tavanomaisilla mautiloilla 73 kg N/ha. Täten siis ERA -mautilojen typpiylijäämä oli hehtaaria kohden noin 50 % pienempi tavanomaisiin tiloihin verrattuna. Kaikilla BERAS-hankkeen mautiloilla (alle 0,75 ey/ha) N-ylijäämä oli alle 50 kg N/ha. Merkittävimmät syyt typen korkeaan hyödyntämiseen ERA-mautiloilla olivat rehuomavaraisuus, biologinen typensidonta ja karjanlannan tehokas hyödyntäminen. Biologisen typensidontan hyötysuhde (lähes 100 %) on selvästi korkeampi kuin muiden typen lähteiden (väkilannoitetyypen, karjanlannan typen tai viherlannoitustypen). Niillä hyötysuhde jää lähes poikkeuksetta alle 80 prosenttiin. Lisäksi lannan ravinteet tulivat tehokkaasti käyttöön, koska viljan osuus viljelykierrossa oli riittävän suuri. Sen myötä lannan levitysmäärä hehtaaria kohden jäi melko alhaiseksi (MTT 2013).

Italiassa saatiin hyvin korkeita N-ylijäämiä, mutta tutkimuksessa todettiin, että eläintiheys on merkittävin selittävä tekijä. Bassanino ym. (2007) totesivat, että emolehmä- ja lihanautatiloilla oli pienin typpitase verrattuna maidon- ja sianlihantuotantoon erikoistuneisiin tiloihin. Tutkimuksessa käytettiin peltotase- ja porttitaselaskelmaa, mutta molemmat sijoittivat eri tuotantomuodot samaan järjestykseen riippumatta siitä, kumpaa laskelmaa oli käytetty. Porttitaselaskelman perusteella emolehmätilojen N ylijäämä oli 100 kg/ha ja lihanautatiloilla 257 kg/ha. Maitotiloilla luku oli 318 kg/ha ja sikatiloilla peräti 486 kg/ha. Eläintiheydet olivat hyvin korkeita kaikilla tiloilla, mutta alhaisimmat ne olivat emolehmätiloilla (2,3 ey/ha). Mitä intensiivisempi tuotanto oli kyseessä, sitä suurempi osa panoksista koostui ostetusta rehusta. Arvioitaessa ostetun typen muuntumista myydyksi typeksi huomattiin, että emolehmätilat olivat kaikista tehokkaimpia. Sen sijaan intensiiviset tuotantotavat saivat suurimmat taseet.

2.3 Ravinteiden kierrätys kasvin- ja eläintuotannossa

Luonnonmukaisessa tuotannossa on erityisen tärkeää, että maatilan sisäinen ravinnekierto toimii hyvin, jotta tuotanto on tehokasta ja ympäristöystävällistä (Haas ym. 2002). Luonnonmukaisen tuotannon taloudelliset, tuotannolliset ja ympäristölliset vahvuudet pohjautuvat Suomessa voimakkaasti nurmiviljelyyn perustavaan nautakarjatalouteen. Märehtijät erottuvat edukseen johtuen niiden kyvystä hyödyntää karkearehua

sekä kyvystä tuottaa pötsimikrobien avulla välttämättömät aminohapot (Koikkalainen ym. 2011). Lamminparras (2013) selvitti keskeisimpiä toimenpiteitä ravinteiden käytön tehokkuuden ja kierrätyksen edistämiseksi. Yksi tärkeimmistä keinoista oli lanta- ja rehuysteistyön lisääminen kasvi- ja eläintilojen välillä.

2.3.1 Kasvin- ja eläintuotannon eriytyminen

Kasvin- ja eläintuotanto ovat eriytyneet toisistaan koko ajan entistä enemmän 1950-luvulta alkaen. Kemialliset lannoitteet mahdollistivat tuotannon ilman eläimiä. Sen sijaan eläintilojen koot kasvoivat, ja ne tulivat täten riippuvaisiksi tilan ulkopuolisista panoksista (Granstedt 2006). Maataloustuotannon erikoistuminen on vaikuttanut eri tavoin eri puolilla Suomea. Etelä-Suomessa on siirrytty kotieläintuotannosta kasvinviljelyyn, kun taas pohjoisemmassa on etenkin maidon- ja naudanlihantuotantoon erikoistuneita tiloja. Toisaalta Länsi- ja Etelä-Suomeen on havaittavissa sika- ja siipikarjatalouden keskittymää (Voutilainen ym. 2012).

Karjatilojen ja karjattomien tilojen ravinnetalous poikkeaa selvästi toisistaan. Nurmi-palkokasveja voidaan viljellä noin puolella karjatilallaan peltopinta-alasta ja lisäksi viljelyssä voi olla palkoviljoja. Täten typpiomavaraisten kasvien osuus voi olla jopa 75 % (Lötjönen ym. 2004). Ainakin 60 % peltoalasta tulisi varata rehuviljan ja nurmirehun tuotantoon. Karjatilalla rehun sisältämät kasvinravinteet palautetaan suurimmaksi osaksi maahan, mistä ne ovat peräisin. Jos tilalla ei ole karjaa, kasvinravinteita poistuu runsaasti tilalta myytävien tuotteiden mukana. Suuri osa sadosta myydään yleensä rehuksi (Granstedt 1999). Karjattomilla tiloilla on myös suuri viherlannoitusalan tarve, mikä johtaa alhaiseen myyntisadon määrään (Lötjönen ym. 2004). Mikäli tilalla on liikaa eläimiä suhteessa viljelyalaan, syntyy liian paljon lantaa viljelykasvien tarpeeseen nähden (Granstedt 1999).

2.3.2 Tuotannon yhdistämisen edut

Kasvin- ja eläintuotannon yhdistäminen on tärkeää kestävässä tuotantotavassa. Tällä tavalla saadaan hyödynnettyä lanta lannoitteena sekä nurmi eläinten rehuna. Ulkopuolisten lannoitteiden lisääntynyt käyttö ja suuri energian tarve liittyvät pitkälti siihen, että tuotannon erikoistuminen on katkaissut kasvin- ja eläintuotannon välisen siteen (Idel

2013). Sen seurauksena ravinteita on liikaa toisaalla eikä niitä voi kierrättää kestävästi seuraavan viljelykasvin käyttöön, kun taas kasvinviljelyyn erikoistuneet tilat tukeutuvat vain kemiallisiin lannoitteisiin. Näin ne eivät saa lannan muodossa tulevaa orgaanista ainesta maaperään (Bergström ym. 2005). Luomutuotannon suurin etu suhteessa tavanomaiseen tuotantoon liittyy juuri orgaanisen aineksen osuuteen maaperässä. Se on korkeampi johtuen muun muassa kasvi- ja eläintuotannon yhdistämisestä, viljelykierrosta, lannan käytöstä ja viherlannoituksen hyödyntämisestä (Mondelaers ym. 2009). Yhdistetyllä kasvi- ja eläintuotannolla on ekologisten hyötyjen lisäksi ekonomisia hyötyjä. Se vähentää tuotantokustannuksia sekä riskejä markkinoiden heilahdellessa. Lisäksi se tukee monimuotoisempaa maankäyttöä (Ryschawy ym. 2012).

Kasvinravitsemuksen sekä kotieläintalouden ruokinnan tarpeiden ja suomalaisen dieetin pohjalta hahmotellussa optimaalisessa viljelykierrossa 80 % peltopinta-alasta kasvaisi oman karjan rehua ja 20 % alalla viljeltäisiin suoraan ihmisravinnoksi hyödynnettävää leipäviljaa. Tällainen yhdistetty kasvinviljely- ja kotieläintuotantomalli on hyvin lähellä optimaalista typpitaloutta täydellisesti N-omavaraisessa systeemissä. Viljelykasvien prosentuaaliset osuudet ja tavoiteltavat satotasot olisivat seuraavanlaiset: nurmi 40 % (4000 kg ka/ha), rehuvilja 30 % (2100 kg/ha), leipävilja 20 % (1900 kg/ha) ja palkoviljat 10 % (1700 kg/ha). Nurmen laskiessa alle 40 % typen niukkuus vaarantaisi viljan määrän ja laadun, mutta suurempi osuus ei aiheuta merkittäviä ongelmia kasvinviljelyn näkökulmasta. Riskinä on kuitenkin apilan tautien lisääntyminen, joten yleensä 60 % pidetään ylärajana. Mallissa on huomioitu myös maidontuotannon tarpeet, sillä pelkkä naudanhantuotanto vaatii vähemmän viljaa. Lihantuotannossa ei siis olisi ongelma, vaikka nurmialaa olisi 60 %, koska ruokinta on karkearehuvaltaisempaa. Erikoistuneessa nautakarjamallissa olisi suurin kokonaissato, mutta tällöin systeemistä poistuisi vain kotieläintuotteita ja tila olisi riippuvainen ostorehusta (Koikkalainen ym. 2011).

2.3.3 Kierrätysmaatalouden määritelmä

Luonnonmukainen ravinteita kierrättävä maatalous (Ecological Recycling Agriculture, ERA) on maatalousjärjestelmä, joka täyttää EU:n asettamat kriteerit luonnonmukaiselle tuotannolle. Nimensä mukaisesti ERA –maatilojen tavoitteena on uusiutuvien ja paikallisten resurssien tehokas hyödyntäminen, etenkin tehokas ravinteiden kierrätys. Niiden piirteisiin kuuluvat biologisen typensidonnan ja lannan tehokas hyödyntäminen

sekä monipuolinen viljelykierto, jotta maatila olisi typpiomavarainen. Viljelykierrossa on oltava vähintään 30 % palkokasveja. Tavoitteiden täyttymiseksi myös tilojen rehuomavaraisuuden tulisi olla vähintään 80 %. Tarvittaessa tilayhteistyön avulla voidaan merkittävästi parantaa rehuomavaraisuutta. Tasapaino eläinmäärän ja peltoalan välillä on keskeistä, jotta tila olisi omavarainen rehujen suhteen. Tilalla tulisi olla alle 0,75 eläinyksikköä hehtaaria kohden. ERA -maatalouden perusta muodostuu apilanurmen viljelystä ja sitä hyödyntävistä märehittijöistä, kuten naudoista ja lampaista. Lisäksi luonnonmukaisen tuotannon periaatteiden mukaisesti maan viljavuuden parantamiseen kiinnitetään erityistä huomiota (Granstedt ym. 2008, Stein-Bachinger ym. 2013).

2.4 Typpikysymys osana ekologisen kestävyuden arviointia

Koko maapallon pinta-alasta noin 30 % ja maatalousmaasta 78 % liittyy suoraan tai epäsuoraan karjan kasvatukseen (FAO 2006). Esimerkiksi luonnonlaidunten osuus maapinta-alasta on noin 40 % (White ym. 2000). Siitäkin huolimatta noin 70 % kotieläimistä kasvatetaan teollisissa olosuhteissa. Sen on todettu olevan haitallista sekä eläimille että ympäristölle, mutta halvan lihan kysyntä ylläpitää epäluonnollista tuotantjärjestelmää (D'Silva 2013). Vuonna 2011 maailmassa oli 1,4 miljardia nautaa, mikä on lähes tuplasti enemmän kuin 50 vuotta aikaisemmin (FAOSTAT 2013).

Huomiota ei kannata kuitenkaan keskittää vain siihen, onko eläintuotanto maailman suurin maankäytön muoto vaan siihen kuinka maata ja karjaa hoidetaan. Kestävää tuotantjärjestelmää kuvaa laidunnus ja ylipäätänsä eläinten mahdollisuus ulkoiluun (Idel 2013). Sen sijaan intensiivisen lihantuotannon merkittäviin ympäristöongelmiin lukeutuvat lisääntyneet kasvihuonekaasupäästöt, pilaantunut maaperä, saastunut vesi ja vesipula sekä terveyshaitat ihmisille ja eläimille. Tuotantoa kuvaavat korkeat eläinyksikkötiheydet ja moderni teknologia (Nierenberg 2006). Nykyisen trendin perusteella lihantuotannon ekologinen jalanjälki kasvaa entisestään maan viljavuuden heikentymisen sekä karjankasvatukseen valjastettujen luonnon ekosysteemien muutosten myötä (FAO 2006).

Lihan kulutuksen odotetaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä, joten kotieläinsektori tulee olemaan tulevaisuudessa entistä merkittävämpi. Se kasvaa nopeammin kuin mikään muu maatalouden sektori, etenkin kehitysmaissa (FAO 2006). Eläintuot-

teiden suosiminen on tyypillistä tulojen nousun myötä. Vuosien 1980–2007 välillä lihan kulutus kasvoi teollisuusmaissa 24 %, mutta jopa nelinkertaistui vähemmän kehittyneissä maissa, etenkin Kiinassa ja Brasiliassa. Nykyinen keskiarvo asukasta kohden vuodessa nousee todennäköisesti reiluun 50 kiloon nykyisen alle 40 kg sijaan seuraavien vuosikymmenten aikana. Teollisuusmaissa luku on jopa noin 100 kg/vuosi (Hurni ym. 2013). Lihankulutus jakaa maailmaa hyvin voimakkaasti, sillä erot vähän kuluttavien ja paljon kuluttavien maiden välillä ovat kymmenkertaisia. Lihankulutuksen globaalisti kestäväksi tavoitteeksi on asetettu 90 g/pv, josta punaista lihaa 50 g/pv (McMichael ym. 2007). Vuonna 2013 Suomessa syötiin lihaa keskimäärin 212 g päivässä (Ruokatieto 2014). Kotieläintuotannon kasvun negatiiviset vaikutukset eivät jakaudu tasaisesti, sillä eläinperäisten tuotteiden suuri kysyntä rikkaammissa maissa aiheuttaa metsäkatoa, eroosiota ja biodiversiteetin vähenemistä kehitysmaissa (FAO 2006).

Ravinteiden kierrätyksen kannalta merkittävän haasteen muodostaa se, että eläinten rehu ei välttämättä tule edes samalta mantereelta. Suurin yksittäinen syy tähän on soija, jota tuotetaan pääasiassa Etelä-Amerikassa 18 miljoonan hehtaarin alalla eurooppalaisen karjan tarpeisiin (Idel 2013). Ainakin 80 % maailmassa tuotetusta soijasta päätyy eläinten rehuksi (Ilea 2009). Soijan tuonti rehuksi on kymmenkertaistunut vuosien 1961–2009 välillä. Tästä johtuen ravinteiden kierto on häiriintynyt, sillä lanta kuitenkin pysyy Euroopassa. Soijan lisääntyvä tarve taas on kiihdyttänyt metsäkatoa entisestään, kun soijan tuotantoon käytettyä alaa on pitänyt kasvattaa nopealla tahdilla. Väestönkasvu ja eläinproteiinin suosiminen kasvipärisen proteiinin sijaan ovat näiden muutosten taustalla (Idel 2013).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella:

1. taselaskelmia ja niiden käyttökelpoisuutta emolehmätilojen typen käyttöä arvioidaessa,
2. ERA-mautilojen typpikuormitusta ja typen käytön tehokkuutta,
3. kuinka tarkasti tila hyödyntää omia panoksiaan, ja kuinka tilat pyrkivät mahdollisimman suureen typpiomavaraisuuteen tutkimalla viljelyn toteutusta,
4. kuinka hyvin ERA-maataloudelle asetetut kriteerit täyttyvät tutkimuksessa mukana olleiden tilojen osalta,
5. niitä kohtia, joissa olisi vielä parantamisen varaa, jotta tilan tuotantotapa noudattaisi mahdollisimman suljettua ravinnekiertoa.

Tutkimushypoteesina oli se, että ERA-mautilat hyödyntävät käytetyn typen paremmin kuin tavanomaiset tilat. Herkkyystarkastelun avulla selvitettiin kuinka paljon biologisen typensidonnan ja satotasojen ± 20 % muutos vaikuttaa typpitaseisiin.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä tutkimuksessa oli aineistona kolme eteläsuomalaista ERA-maatilaa, jotka ovat olleet mukana *BERAS Implementation* –hankkeessa (2010–2013). Kaikkien maatilojen päätuotantosuohtana oli emolehmätuotanto. Vasikat kasvatettiin tiloilla teuraskypsiksi asti. Heinä-elokuussa 2013 viljelijöiltä kerättiin tietoja koskien tilan panosten käyttöä ja tuotoksia vuosilta 2010–2012. Aineistonkeruumenetelmänä käytettiin haastattelua. Tilan kokonaistuotantoa hahmoteltiin seuraavien tietojen avulla:

- pellon käyttö (kasvilajeittain, ha)
- eläinmäärä (eläinyksiköt)
- saadut sadot (kg/ha tai nurmirehuissa kg ka/ha)
- ostetut panokset eli rehut, lannoitteet, siemenet ja kuivikkeet (kg)
- myydyt eläimet (ey) ja teuraspainot (kg)
- myydyt satotuotteet (kg)

Kysymykset määriteltiin sen pohjalta, miten tietoa oli aikaisempina vuosina kerätty ja mitä vielä puuttui, jotta saataisiin muodostettua kokonaiskuvan tilan tyyppien käytöstä vuosina 2010–2012. *BERAS Implementation* –hankkeessa oli tehty haastatteluja joka vuosi vuodesta 2010 alkaen. Edellä listattu tilan tuotannon kuvaus sekä panos- ja tuotostiedot selvitettiin siis kolmen vuoden ajalta. Tiedot pohjautuvat pääasiassa tiloilta saatuihin dokumentteihin. Kolmen vuoden tietojen pohjalta luotiin keskiarvoa edustava malli tilan pellon käytöstä, eläinmäärästä, sadoista, ostopanoksista ja myyntituotoksista. Täydentäviä tietoja kysyttiin tarvittaessa vielä haastattelukierroksen jälkeen. Nautatila A:ta ei saatu lainkaan satotietoja, joten eri viljelykasvien sadot perustuivat keskimääräisiin luomutuotannon satotasoihin Suomessa vuosina 2010–2012. Analyysimenetelmänä käytettiin Luonnonvarakeskuksen tutkijan Pentti Seurin kehittämää taulukkolaskentaohjelmaa, jonka avulla laskettiin panos- ja tuotostietojen typpisisällöt. Sen perusteella saatiin koottua tilojen tyypitaseet.

Kaikki maatilat olivat luonnonmukaisessa tuotannossa, mutta vaihtelua esiintyi sen perusteella kuinka kauan järjestelmään on kuuluttu. Tutkimuksessa mukana olleet luomutilat olivat siirtyneet luomutuotantoon vuosien 1993–2005 välisenä aikana. Suomessa on tyypillistä se, että naudanliha on 80–90 % peräisin lypsykarjatiloilta

tulevista maitorotuisista eläimistä. Tarkastelun kohteena oli kuitenkin kolme tilaa, joilla kasvatettiin samaa liharotuista karjaa (Hereford). Yhdellä tilalla kasvatettiin lihakarjan lisäksi myös suomenlampaita.

4.1 Kolmen tutkitun maatilan tuotannon kuvaus

4.1.1 Nautatila A

Tila sijaitsi Perniössä, Varsinais-Suomen ja Uudenmaan rajalla. Tilan peltoja oli viljelty luonnonmukaisesti vuodesta 2002 alkaen. Emolehmäkarja liittyi mukaan luomutuotantoon vuonna 2005. Tilalla oli kuusivuotinen viljelykierto: 4-vuotinen nurmi – rypsi/syysvilja – kevätvilja. Yhteensä peltopinta-alaa oli noin 194 hehtaaria ja lisäksi 80 hehtaaria erilaista pellon ulkopuolista laidunta. Peltojen maalajina oli enimmäkseen hie-tasavi. Tilalla kasvatettiin Hereford-karjaa, jonka liha myytiin suoraan kuluttajille, kaupoiille ja ravintoloille. Tilan eläinyksikkömäärä oli noin 95 ey. Täten eläinyksikkömäärä peltohehtaaria kohden on 0,49 ey/ha (Taulukko 1).

Pellonkäyttö oli monipuolista, sillä tilalla viljeltiin vuosittain ohraa, kauraa, syysvehnää ja rypsiä. Vuosina 2010–2012 yksivuotisten viljelykasvien osuudet olivat seuraavanlaiset: rehuvilja 18 %, leipävilja 6 % ja kevätrypsi 4 % (Kuva 1a). Säilörehua tuotettiin karjan tarpeisiin keskimäärin 69 ha alalla. Laidunala oli hyvin monimuotoinen, sillä noin 55 ha peltolaitumen lisäksi oli 71 ha alalla muun muassa metsälaitumia ja muuta erityistukisopimusalaa. Lisäksi suojavyöhykkeitä oli 11 ha. Vuonna 2012 perustettu kosteikko oli suuruudeltaan 2,5 ha. Monivuotisten kasvien osuus oli keskimäärin 72 % koko 194 hehtaarin peltopinta-alasta lukuun ottamatta luonnonlaitumia.

Kaiken kaikkiaan tilalla oli noin 30–40 ha sellaista alaa, joka ei soveltunut muuhun kuin laiduntamiseen. Eläimet hoitivat laiduntamalla alueen perinnebiotooppeja kuten niittyjä, rantoja, jokivartta ja metsämaata. Samalla pidettiin maisema avoimena. Kokonaisvaltainen ympäristönhoito oli tilan toimintaa ohjaava periaate. Konkreettisia ympäristön hyväksi tehtäviä toimenpiteitä olivat talviaikainen kasvipeitteisyys, nurmiviljely, lannan levitys kasvukauden aikana, luonnon ja maiseman monimuotoisuuden edistäminen, suojavyöhykkeet, kosteikot ja asfaltoidut jaloittelualueet eläimille. Viljelykasvien lannoit-

tukseen käytettiin kompostoitua karjanlantaa. Lisäksi etenkin riistanhoitoon kiinnitettiin erityistä huomiota. Rakennusten lämmitys hoidettiin uusiutuvalla energialla.

Teurastettujen eläinten lisäksi osa eläimistä oli mennyt jalostukseen. Tilalla oli pitkäaikaista kokemusta eläinten jalostamisesta, joten yksivuotisia sonneja välitettiin säännöllisesti myyntiin. Sonnit myös hoitivat emolehmien astutuksen kesälaitumella. Emolehmien laidunkausi oli jopa 6 kk pitkä, kun taas sonnit ja hiehot laidunsivat 4-5 kk.

4.1.2 Nautatila B

Maatila sijaitsi Varsinais-Suomessa Loimaan kunnassa. Tilan peltoja oli viljelty luonnonmukaisesti alusta asti eli vuodesta 1996 alkaen. Hereford-naudat muuttivat tilalle vuonna 2005. Viljelykierto oli kuusivuotinen: 3-vuotinen apilanurmi – ruis/vehnä – härkäpapu/pellava – kaura + nurmensiemen. Tilan peltopinta-ala on 194 hehtaaria. Vaihtelua oli esiintynyt vuosien välillä, sillä osa pelloista oli vuokrattu. Peltolaitumen osuus oli keskimäärin 42 hehtaaria. Tilan eläinyksikkömäärä oli noin 129 ey. Täten eläinyksikkömäärä peltohehtaaria kohden oli 0,66 ey/ha (Taulukko 1).

Tilalla viljeltiin vuodesta riippuen kauraa, ohraa, kevätvehnää, ruista, härkäpapua ja öljypellavaa tai rypsiä (Kuva 1b). Vuosina 2010–2012 säilörehunurmen ala oli keskimäärin 70 ha eli 36 % koko peltopinta-alasta. ERA -mallin mukaisesti tilayhteistyötä hyödynnettiin, sillä suuri osa rehusta tuli naapuritiloilta. Viljelijä oli korjannut lähialueen viherlannoitusnurmilta säilörehua noin 80 ha alalta, mutta alan koko vaihteli paljon vuosien välillä. Kuitenkin joinakin vuosina yli puoletkin rehusta oli tullut naapureiden pelloilta.

Emolehmät vasikoineen sekä hiehot kuljetettiin luonnonlaitumille Turun sekä Inkoon lähetyville laidunkauden eli 4-5 kuukauden ajaksi. Laidunkauden pituus vaihteli hieman vuosittain. Tilalla oli omaa perinnebiotooppialaa noin 55 ha verran, josta noin 40 ha sijaitsi Inkoossa. Luonnonlaitumet olivat rantaniittyjä sekä metsälaitumia. Esimerkiksi Inkoon 40 ha metsälaidunalalla oli pidetty 20 emolehmää, jolloin laidunalaa oli ollut 2 ha yhtä emolehmä + vasikka –paria kohden. Turun saariston merenrantaniityillä lohkokoko oli ollut pienempi, 1 ha emolehmä + vasikka –paria kohden, koska alueen rehuntuottokyky oli parempi. Laidunkauden aikana eläimet eivät olleet saaneet

lisärehua, koska sen antaminen oli kielletty perinnebiotooppien hoidon erityistuen ehdoissa. Luonnonlaitumilla oli suuri merkitys ja niiden määrää pyrittiin kasvattamaan. Oman alan lisäksi oli ollut käytettävissä 80 ha luonnonlaidunta Porin seudulla. Sonnit laidunsivat vain tilan ympäristössä sijaitsevilla peltolaitumilla. Talvikauden karja asui pihatossa. Ympäristönsuojeluun oli kiinnitetty paljon huomiota, sillä tilalla oli käytössä kattava kuivalantajärjestelmä, laajat suojavyöhykealueet joen varressa ja kasvukauden aikainen lannan levitys. Uusi lantala valmistui vuonna 2012.

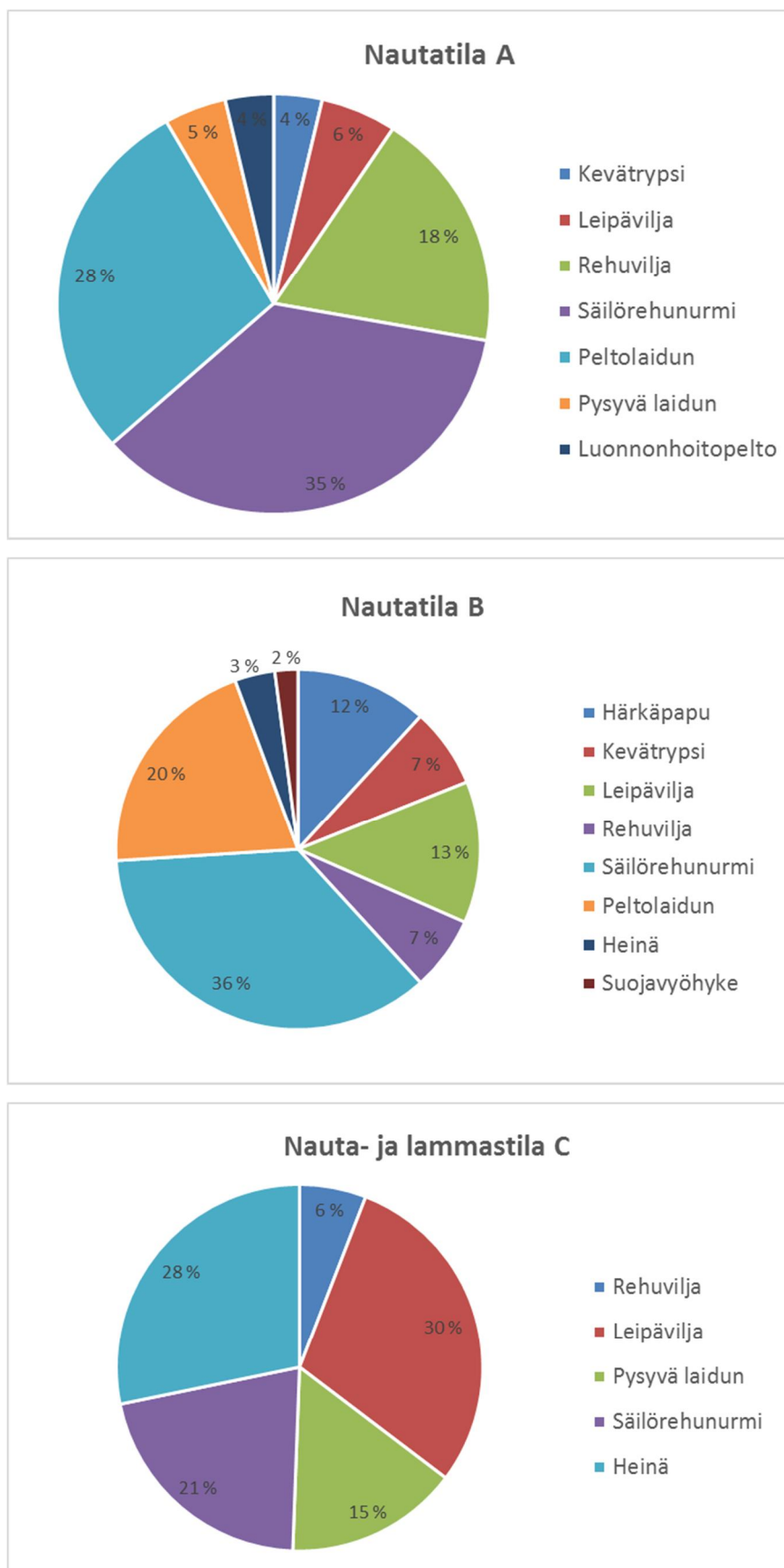
Tilalta myytiin lihaa suoraan kuluttajille ja ravintoloille. Vuosina 2010–2012 teurastettujen eläinten määrä oli noin 80 kpl. Teuraspaino oli ollut keskimäärin 250–300 kg. Lisäksi 5-10 eläintä oli mennyt vuosittain jalostukseen. Noin puolet oli ollut hiehoja ja puolet siitossonneja.

4.1.3 Nauta- ja lammastila C

Tila sijaitsi Pohjan kunnassa Länsi-Uudellamaalla. Tilalla oli ollut käytössä vuodesta 1993 alkaen kahdeksanvuotinen viljelykierto: timotei – timotei – vehnä – kaura – apila – apila – ruis – vehnä. Ruista ei ole viljelty joka vuosi. Viljelyssä oli 84,5 hehtaaria, josta 12,5 ha oli pysyvää laidunta. Tilalla laidunsi sekä Hereford-karjaa että lampaita. Eläinyksikkölukumäärä oli pysynyt 33 eläinyksikössä. Nautojen osuus oli 22 ey ja lampaiden 11 ey. Eläinyksikkömäärä peltohehtaaria kohden oli hyvin alhainen, vain 0,39 ey/ha (Taulukko 1).

Vuosien 2010–2012 välillä viljelykasvien osuudet keskiarvon perusteella olivat seuraavanlaiset: leipävilja 30 %, rehuvilja 6 %, timotei 28 % ja apila 21 % (Kuva 1c). Kaiken kaikkiaan nurmialaa oli vuosittain keskimäärin 64 % koko peltopinta-alasta, kun pysyvät laitumet laskettiin mukaan. Tilalla oli harkittu kuivaheinän osuuden kasvattamista ja apilanurmialan vähentämistä.

Tilalla tuotettiin sekä naudan- että lampaanlihaa, enimmäkseen karitsanlihaa. Tilan suunnitelmissa oli nostaa eläinyksikkömäärää. Lampaista saatettaisiin luopua, joten jatkossa keskityttäisiin vain nautakarjan kasvattamiseen. Eläimiä oli hyödynnetty maisemanhoidossa, sillä ne laidunsivat perinnebiotoopeilla. Pellon ulkopuolista laidunala oli yhteensä 26 ha. Tilalla oli toiminut myös teurastamo lampaita varten.



Kuva 1. Tutkittujen maatilojen (a, b ja c) pellonkäyttö (%) vuosina 2010-2012.

Taulukko 1. Tunnuslukuja tutkimuksessa mukana olleesta kolmesta maatilasta.

	Nautatila A	Nautatila B	Nauta- ja lammastila C
Luomutuotannossa vuodesta	2002	1996	1993
Viljelykierto	4-vuotinen nurmi – rypsi/syysvilja – kevätilja	3-vuotinen apilanurmi – ruis/vehnä – härkäpapu/pellava – kaura + nurmensiemen	timotei – timotei – vehnä – kaura – apila – apila – ruis – vehnä
Peltopinta-ala (ha)	194	194	84,5
Eläinyksiköt (ey)	96	129	33
Ey/ha	0,49	0,66	0,39
Luonnonlaidunala (ha)	71	55	26

4.2 Typpitaseiden laskeminen

Tutkimuksessa keskityttiin ravinteista ainoastaan typpeen. Tiloilta kerättyjä tietoja sadoista, eläinyksiköistä, panoksista ja tuotoksista hyödynnettiin laskemalla niiden typpisisältö. Typen osalta selvitettiin kolme erilaista tasetta (portti-, pelto- ja karjantase) sekä primääriravannesuhde. Porttitase lasketaan tilalle hankittujen tuotantopanosten (rehujen, lannoitteiden, siementen ja ostettujen eläinten) ja tilalta poisvietyjen tuotosten (lihan, viljan ja myytyjen eläinten) ravinteiden erotuksena. Se siis kuvaa koko tilan ravinnevirtaa antamalla yli- tai alijäämän. Peltotase kuvaa pellolle levitettyjen lannoitteiden ja sadon mukana poistuvien ravinteiden välistä erotusta. Sen sijaan karjantaseessa lasketaan tilalla käytettyjen omien rehujen ja ostorehujen sekä tilalta myytyjen eläintuotteiden ja eläinten välinen erotus. Hyödyntämättä jääneet ravinteet ovat huuhtoutuneet, haihtuneet tai pidättyneet maaperään ja kasvien juuristoon. Hävikki merkitsee aina ympäristön kuormitusriskiä ja taloudellista tappiota (Rajala 2001, TEHO 2011).

Taseiden ohella vaihtoehtoinen menetelmä on primääriravannesuhde, jonka avulla tarkastella ravinteiden kierrätystä. Tässä tutkielmassa päähuomio kiinnitettiin porttitaseeseen ja primääriravannesuhteeseen sekä jälkimmäiseen liittyviin kierrätyskertoimeen ja ravinteiden hyödyntämisasteeseen.

Seurin (2010) mukaan primääriravannesuhde lasketaan kaavalla $PRI = y / p$, jossa y on sadon ravinnemäärä ja p on lannoitteiden sisältämien primääriravinteiden määrä.

Kierrätyskerroin (k) lasketaan laskemalla yhteen kaikki kasvinviljelyn käytössä olevat ravinteet ($p + m$) ja jakamalla tulos primääriravinteiden määrällä (p). Kierrätyskerroin kertoo kuinka suuri osuus tilan ravinteista on kiertäviä (eli sekundääriravinteita).

$$k = (p + m) / p$$

Ravinteiden hyödyntämistä (u) lasketaan jakamalla sadon ravinnemäärä (y) kasvinviljelyn käytössä olevilla ravinteilla ($p + m$). Se määrittelee sen miten suuri osuus pellon ravinteista sitoutuu satoon. Käytännössä tämä on sama kuin peltotase.

$$u = y / (p + m)$$

Typen taselaskelman pohjana käytettiin Luonnonvarakeskuksen tutkijan Pentti Seurin laatimaa taulukkolaskentaohjelmaa (Excel), joka oli jaettu seuraaviin osiin:

- Satotaulukko (eri viljelykasvien pinta-alat ja niiden satotasot, sadon käyttö omalla tilalla tai myynti, ostorehut)
- Rehuntarpeen ja eläinyksikköjen laskenta (emolehmien, kasvavien sonnien ja kasvavien hiehojen rehuyksikkötarve)
- Karjan tuotos (liha, tappiot ilmaan sekä syntyvän karjanlannan määrä laskettuna eläinmäärästä)
- Typpilaskeuma
- Biologinen typensidonta ja muu ostotyyppi (esim. muissa ostopanoksissa)
- Tiedot typen käytöstä ja sen hyödyntämssuhteista:
 - typen porttitase
 - typen peltotase
 - typen karjatase
 - primääriravannesuhde
 - typen kierrätyskerroin
 - typen hyödyntämiskerroin
 - tilan ravinnevirrat

Laskelmassa eroteltiin primääri- ja kierrätysravinteet sekä tilalle tuleva että sieltä poistuva tyyppi. Kivennäiset eivät sisällä tyyppiä, joten ne eivät vaikuttaneet N-taselaskelmiin. Siementen vaikutus ravinnevirtoihin oli myös hyvin pieni, vain muutaman prosentin luokkaa, joten niitä ei huomioitu tässä tutkielmassa. Ilman kautta tulevan N-laskeuman osuudeksi arvioitiin 2 kg/ha, joka edustaa suomalaista keskiarvoa (Aakkula ym. 2014).

Laiduntamisella oli suuri merkitys kaikilla maataloilla. Laidunkauden pituus oli keskimäärin 4-5 kk riippuen kasvukauden pituudesta. Yhdellä tilalla emolehmät olivat laiduntaneet jopa kuuden kuukauden ajan, mikäli se oli ollut sään puolesta mahdollista. Usein nämä luonnonlaitumet eivät sijaitse tilan lähistöllä vaan eläimiä oli kuljetettu jopa Turun saaristoon asti kasvukauden ajaksi. Nautatila B:n viljelijä mainitsi, että luonnonlaitumien määrää pyritään kasvattamaan. Pääsääntöisesti emolehmät vasikoineen sekä hiehot laidunsivat luonnonlaitumilla, kun taas sonnit olivat laiduntaneet peltolaitumilla.

4.2.1 Rehuyksikkölaskelmat

Eräs oleellinen tekijä laskelmassa oli se, että karjan ry-tarvetta verrattiin tilan tuotoksiin, jolloin myös tilalta saatuihin satotietoihin liittyvä epävarmuus väheni. Taulukkolaskentaohjelman avustuksella saatiin eläinten ry-tarve ja tilojen satotuotos vastaamaan melko hyvin toisiaan. Jokaisen kolmen tilan kohdalla rehun yhteismäärä oli jonkun verran isompi kuin eläinten ry-tarve. Ero ei kuitenkaan ollut merkittävästi suurempi, vain 2-5 %. Viljelijöiden arvioimia satomääriä jouduttiin laskemaan noin 10–15 %, jotta ne vastasivat paremmin eläinten todellista rehutarvetta.

Ry-tarvelaskelmat perustuivat Luken rehutaulukoihin ja ruokintasuositukseen, mutta on huomioitava, että Suomessa ei laadita virallisia ruokintasuosituksia emolehmille. Tässä tutkielmassa käytettiin pohjana lypsylehmille laadittua suositusta, jossa määriteltiin erikseen ylläpitotarve (MJ/pv) ja maidontuotantotarve (MJ/kg energiakorjattua maitotuotosta kohden). Emolehmille ei yleensä tarvitse laskea tiineytlisää. Nykyisissä suosituksissa käytettävät energiayksiköt (MJ) muutettiin rehuyksiköiksi seuraavasti:

$$RY = MJ / 11,7$$

Ylläpitotarve laskettiin kaavalla

$$\text{elopaino}^{0,75} \times 0,515$$

ja maidontuotantotarve kaavalla

$$5,15 \times \text{ekm (kg)}$$

Lyhenne ekm tarkoittaa energiakorjattua maitotuotosta, mikä laskettiin maidon rasva-, valkuais- ja laktoosipitoisuuksien perusteella. Emolehmien maidontuotanto eroaa huomattavasti lypsylehmistä, koska ne tuottavat maitoa vain vasikalleen. Täten niiden maitotuotos kuten myös kokonaisrehunkulutus on selkeästi vähäisempää. Hereford-rotuiset emolehmät tuottavat maitoa keskimäärin 7,5 kg/pv. Maidontuotantokauden pituudeksi arvioitiin 7 kuukautta, joten kokonaismaitotuotos oli 1575 kg/vuosi. Hävikin osuus oli noin 20 %. Edellä mainittujen tietojen perusteella laskettiin emolehmien energiatarvevaatimukset. Tila C:lla oli nautojen lisäksi lampaita, joten niidenkin ry-tarve laskettiin Luken energiasuosituksen perusteella (Taulukko 2). Uuhien ohella tilalla oli lisäksi pässejä. Siitospässi vaatii 299 ry ylläpidon ohella 197 ry lisätarpeen takia. Hävikin osuus oli 25 % eli 124 ry. Kokonaistarpeeksi pässille tulee täten 620 ry eli hieman enemmän kuin uuhella.

Emolehmien ja lampaiden lisäksi laskettiin myös kasvavien sonnien ja hiehojen energiensaantisuositukset (MJ ME/pv). Pienille vasikoille ei laskettu erikseen ry-tarvetta, koska liharotuiset naudat saavat tarvitsemansa ravinnon enimmäkseen emoltaan aina kuuden kuukauden ikään asti. Tästä syystä kasvavien hiehojen ja sonnien energiatarve arvioitiin ajalle kuusikuukautisesta vasikasta teuraskypsäksi naudaksi (Taulukko 3). Ry-tarvevaatimukset on saatu Luken ruokintasuositukset -taulukoista laskemalla kunkin kasvuvaiheen tarve keskimääräisen päiväkasvun perusteella. Hiehojen osalta tehtiin seuraavia oletuksia: päiväkasvu on 500 g/pv ja teuraskypsyys saavutetaan 24–26 kk iässä, jolloin eläimet painavat noin 450 kg. Sen sijaan sonnien päiväkasvuksi arvioitiin 800 g/pv. Sonnit ovat teuraskypsiä 25–28 kk iässä, kun ne painavat noin 700 kg. Yli 24 kk sonnien energian tarve on pieni johtuen siitä syystä, että ne teurastetaan melko pian ylitettyään kahden vuoden iän. Kasvatusajat ovat usein pitempiä luomutuotannossa, kun taas tavanomaisessa tuotannossa naudat teurastetaan nuorempina. Laskelmissa on otettu huomioon hävikin osuudeksi 20 % (Pentti Seuri, suullinen tiedonanto 9.4.2015). Tiloilta

saatujen tietojen pohjalta oli taulukkolaskentaohjelmassa mahdollista lokeroida naudat ikäryhmittäin, jotta niiden rehunkulutus vastaisi mahdollisimman paljon todellisuutta. Jos hiehojen ja sonnien tarkkaa määrää ei ollut tiedossa, käytettiin niiden keskiarvoa. Esimerkiksi 12–24 kk ikäisten hiehojen ja sonnien energiantarve olisi 2730 ry. (Luke ruokintasuositukset 2015).

Taulukko 2. Emolehmien ja uuhien eri tuotantovaiheiden ry-tarve. Emolehmille ei lasketa tiineyslisää (Luke ruokintasuositukset 2015).

	Ylläpito	Maidontuotanto	Tiineys	Hävikki 20–25 %	Yhteensä
Emolehmä (600 kg)	1948	693		528	3169
Uuhi (70 kg)	299	25	146	118	588

Taulukko 3. Hiehojen ja sonnien ry-tarve ikäryhmittäin.

Eläinryhmä	MJ ME tarve	RY	Hävikki	RY-tarve/eläin
Hiehot 6-12 kk	9995	854	1,2	1025
Sonnit 6-12 kk	11250	962	1,2	1154
Hiehot 12-24 kk	21075	1801	1,2	2162
Sonnit 12-24 kk	32160	2749	1,2	3298
Sonnit yli 24 kk	10260	877	1,2	1052

4.2.2 Typensidontalaskelmat

Biologisen typensidonnan määrä arvioitiin Väisäsen (2000) tulosten perusteella seuraavasti: biologinen typensidonta on 50 kg palkokasvin kuiva-ainesatotonnia kohti. Tämä nojaa arvioon, jonka mukaan palkokasvin kokonaisbiomassasta varsinaisen sadon osuus on 50 %, kasvi ottaa keskimäärin 70 % tyypestä ilmasta ja palkokasvibiomassan typpipitoisuus kuiva-aineessa on noin 3,5 %.

Laskentaohjelman pohjana olivat eri viljelykasvien kuiva-ainesadot ja lähtöolettamuksena, että palkokasvin (eli apilan) osuus laidunnurmessa ja säilörehunurmessa oli 40 %. Yhdellä tilalla viljeltiin myös härkäpapua, jonka osuus oli 100 %.

4.3 Herkkyystarkastelu

Herkkyystarkastelu tarkoittaa tuloksiin liittyvän epävarmuuden arvioimista. Ravinneta-seissa on muuttujia, joissa esiintyy epävarmuutta. Etenkin biologisesti sidotun typen todellista määrää on haastavaa arvioida, sillä monet maaperätekijät vaikuttavat sen määrään. Herkkyystarkastelun avulla on mahdollista selvittää kuinka muutokset näissä muuttujissa vaikuttavat lopulliseen taseeseen. Tässä tutkielmassa tehtiin herkkyysanalyysi koskien biologisesti sidotun typen sekä sadon määrää.

Biologista typensidontaa ei aina huomioida typpitaselaskelmissa, mutta toisaalta se on hyvin tärkeä osa jokaisen luomutilan käytännön viljelyä. Viljelykasvien typen saanti nojaa lähes täysin juurinystyräbakteerien sitomaan tyypeen. BST:n määrään liittyvä epävarmuus kannattaa huomioida laskelmissa. Herkkyystarkastelussa biologisesti sidotun typen määrää sekä nostettiin että vähennettiin 20 %.

Biologisen typensidonnan ohella toinen merkittävä muuttuja on satotaso. Viljelijöiden omat arviot sadoista ovat hyvin epämääräisiä, joten on tärkeää arvioida miten muutokset vaikuttavat taseisiin. Kuten BTS:n kohdalla myös satotietoja muutettiin siten, että tilan kaikkien viljelykasvien osalta satoa sekä lisättiin että pienennettiin 20 %. Lisäksi yhden tilan kohdalla tehtiin herkkyystarkastelu ostorehun määrään, koska sen merkitys nousi selkeästi esille.

5 TULOKSET

5.1 Tyypitaseet

Laskelmat osoittivat, että porttitaseet (tiloilla A, B ja C) olivat vastaavassa järjestyksessä seuraavat: 36, 70 ja 27 kg/ha. Porttitaseen keskiarvo oli siis 44 kg N/ha. Tilojen välillä esiintyi melko suurta vaihtelua portti-, pelto- ja karjantaseiden sekä primääriravinnesuhteen osalta. Tässä tutkimuksessa osa tuloksista esitetään selkeyden vuoksi suhdeluvuilla (%) (Taulukko 4). Porttisuhteet vaihtelivat välillä 0,24–0,34 ja primääriravinnesuhteet 0,81–1,40. Itse uudistuvassa lihantuotannossa tyypillinen karjansuhde on 0,08–0,10. Jos tilalle hankitaan ostoeläimiä, vaihtelee suhde yleensä välillä 0,10–0,15. Tilat A, B ja C saivat arvoiksi 0,07–0,11 eli melko tavanomaisia lukuja nautakarjatiloiilla (Pentti Seuri, suullinen tiedonanto 9.4.2015). Ne eivät juuri hankkineet ostoeläimiä vaan pikemmin myivät niitä muun muassa jalostukseen. Nautatila A ja nauta- ja lammastila C saivat hyvät peltotaseet, kun taas nautatila B:n tulos oli selkeästi heikompi. Erityisen kiinnostuksen kohteena olivat kierrätysravinneindikaattorit eli primäärityppisuhde, kierrätyskerroin sekä hyödyntämiskerroin. Nautatila A ja nauta- ja lammastila C pärjäsivät hyvin näiden indikaattoreiden perusteella, sillä tavoitteiden mukaiset arvot ylittyivät selvästi (Taulukko 4).

Epävarmuustekijät huomioitiin herkkyytarkastelun avulla. Biologisesti sidotun typen määrän -20 % muutos ja toisaalta satomäärän +20 % muutos vaikuttivat etenkin primääriravinnesuhteisiin melko samalla tavalla (Taulukko 5 ja 6). Sadon muutos erosi porttitaseen osalta erittäin vähän, vain 1-3 kg verrattuna perusarvoon. Biologisen typensidonnan osalta ± 20 % muutokset porttitaseessa olivat 7-10 kg/ha molempiin suuntiin. Primääriravinnesuhteessa suhteellisen pieni 20 % muutos näkyi sen verran, että arvot muuttuivat 0,11–0,28 prosenttiyksikön verran. Edellisten muuttujien lisäksi tarkastelun kohteena oli nautatila B:n suuri tilan ulkopuolisen rehun määrä. Mikäli tila hankkisi 20 % vähemmän ostorehujaa, ei se vielä näkyisi millään tavalla taseissa. Kierrätysravinnetavoitteiden saavuttaminen vaatisi jopa 80 % pienempää ostorehumäärää. Tällöin N ylijäämä laskisi 45 kiloon hehtaaria kohden alkuperäisestä 70 kg/ha.

Taulukko 4. Tutkittujen tilojen typen hyödyntämisen tunnuslukuja (%).

Typen hyödyntämissuhteita	Nautatila A	Nautatila B	Nauta- ja lammastila C	Tavoitearvo
Porttisuhte	0,24	0,24	0,34	0,2-0,3 maito / 0,6-0,7 vilja
Peltosuhte	0,71	0,54	0,76	0,7
Karjasuhte	0,11	0,10	0,07	0,25 maito / 0,1-0,15 naudanliha
Primääriravinnesuhte	1,40	0,81	1,38	>1
Kierrätyskerroin	1,96	1,48	1,83	>1,5
Hyödyntämiskerroin	0,71	0,54	0,76	>0,6

Taulukko 5. Biologisen typensidonnan ± 20 % muutoksen vaikutus porttitaseeseen (kg/ha) ja typpisuhteisiin (%) maatiloilla A, B ja C.

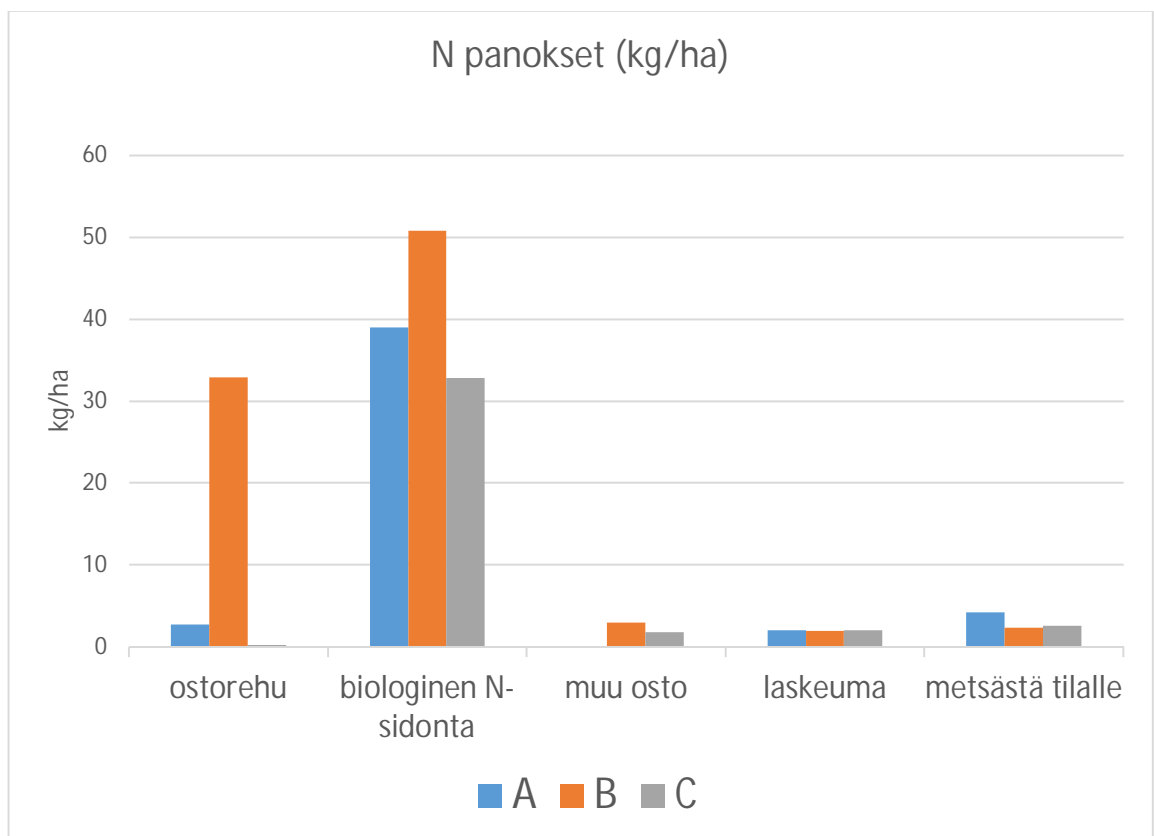
	A			B			C		
	Normi	-20 %	+20 %	Normi	-20 %	+20 %	Normi	-20 %	+20 %
Porttitase	36	28	44	70	60	80	27	20	34
Porttisuhte	0,24	0,29	0,21	0,23	0,26	0,21	0,32	0,39	0,28
Primääriravinnesuhte	1,40	1,68	1,20	0,75	0,86	0,67	1,32	1,59	1,12

Taulukko 6. Satotason ± 20 % muutoksen vaikutus porttitaseeseen (kg/ha) ja typpisuhteisiin (%) maatiloilla A, B ja C.

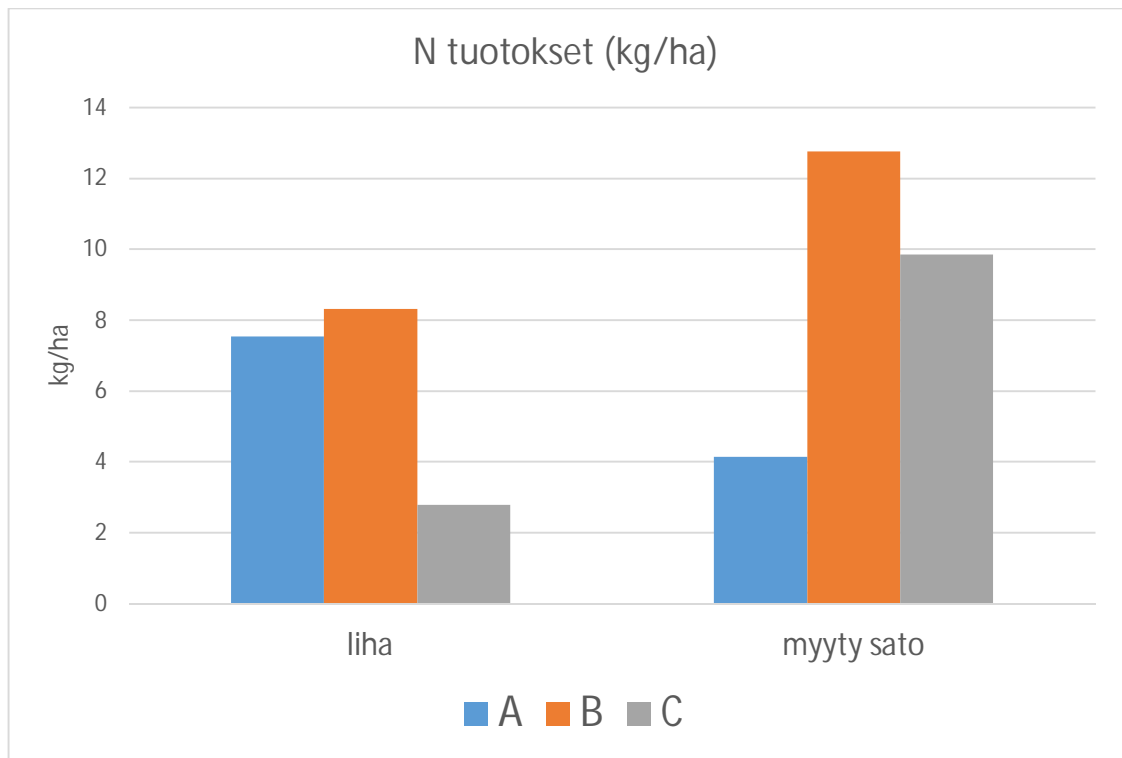
	A			B			C		
	Normi	-20 %	+20 %	Normi	-20 %	+20 %	Normi	-20 %	+20 %
Porttitase	36	37	35	70	72	67	27	29	25
Porttisuhte	0,24	0,23	0,26	0,23	0,20	0,26	0,32	0,27	0,37
Primääriravinnesuhte	1,40	1,13	1,67	0,75	0,61	0,89	1,32	1,06	1,57

Biologinen typensidonta muodosti selkeästi suurimman osan tutkittujen tilojen panokista (Kuva 2). Muu panosten käyttö oli melko samanlaista kaikilla tiloilla lukuun ottamatta ostorehun määrää, jossa naudatila B erottui muista. Luonnonlaidunten runsaasta hyödyntämisestä huolimatta metsästä tilalle tulevan typen osuus oli hyvin pieni.

Tilalla syntyneet tuotokset olivat vain myyntikasvit ja liha. Tuotosten sisältämästä typestä valtaosa oli myydyssä sadossa, vaikka varsinaisesti jokaisen tilan päätuotantosuuntana on naudanniha. Ainoastaan naudatila A oli poikkeus, sillä myydyn sadon osuus oli hyvin pieni. Tällä tilalla 16 % viljelypinta-alasta käytettiin leipäviljojen ja muiden myyntikasvien tuottamiseen. Muun muassa tästä johtuen myyty liha sisälsi enemmän typpeä kuin myyty sato. Tavallisesti tilanne on juuri päinvastoin, sillä suurin osa typestä sitoutuu kasveihin kuten kahden muun tilan kohdalla voikin havaita (Kuva 3). Tiloilla B ja C myyntisadon osuudet olivat 24 ja 25 % koko peltopinta-alasta.



Kuva 2. Maatilojen A, B ja C typpipanosten käyttö vuosina 2010-2012.



Kuva 3. Maatilojen A, B ja C typpituotokset vuosina 2010-2012.

5.2 Typpiomavaraisuus

Perinteisten luomutilojen tapaan tutkitut maatilat turvautuivat ulkopuolisiin tuotantopankoksiin hyvin vähän lukuun ottamatta nautatila B:ta. Kyseisellä tilalla keskimäärin jopa 50 % säilörehusta tuli naapurien peltolohkoilta. Muuten ostettuihin panoksiin kuului lähinnä siemeniä sekä kuivikkeita (olkea ja turvetta). Rehut olivat oman viljan ohella enimmäkseen kivennäisiä, mutta lisäksi käytettiin rypsipuristetta yhdellä ja vehnänlesettä toisella tilalla.

Lannoitus hoidettiin biologisen typensidonnan ja karjanlannan turvin. Yhdelläkään tilalla ei käytetty orgaanisia ostolannoitteita. Tutkituilla tiloilla 56–85 % kaikesta tyypestä oli peräisin biologisesti sidotusta tyypestä (Kuva 2). Apilanurmisäilörehun ohella yhdellä tilalla viljeltiin härkäpapua. Tyypeä sitovia palkokasveja oli vuosittain keskimäärin 65–76 % peltopinta-alasta. Nauta- ja lammastila C viljeli myös paljon kuivaheinää nautojen rehuksi. Peltojen ulkopuolista laidunala ei huomioitu laskelmassa. Nautatilojen A ja B viljelykierröt olivat hyvin samankaltaisia, kun taas C poikkesi enemmän edellisistä.

Palkokasveja oli vähemmän ja myyntikasveja (vehnää ja ruista) hieman enemmän. Kyseisellä maatilalla 25 % sadosta päätyi myyntiin.

Laiduntamisella oli suuri merkitys kaikilla tutkituilla maatioilla. Peltolaidunala vaihteli 15–28 % välillä koko peltopinta-alasta, mutta tämän lisäksi jokaisella tilalla oli käytössään luonnonlaitumia, joilla eläimet toimivat maisemanhoitajina. Luonnonlaidunalaa oli 26–71 ha tilasta riippuen. Niiden merkitys ei kuitenkaan korostunut typpivirroissa, sillä sen osuus oli hyvin marginaalinen, noin 2–4 kg N/ha (Kuva 2). Tila B:n viljelijä mainitsi, että emolehmä + vasikka –parilla tulisi olla 1–2 ha laidunalaa, koska luonnonlaidunten sadontuottokyky on selkeästi alhaisempi kuin peltolaitumilla.

5.3 ERA-kriteerien täytyminen

Yhtenä tavoitteena oli arvioida kuinka hyvin maatilat täyttävät niille esitetyt ERA – kriteerit, jotka koskevat muun muassa maatiilojen rehuomavaraisuutta, eläintiheyttä ja tilayhteistyötä. Tilojen eläinyksiköiden määrä suhteessa pinta-alaan vaihteli välillä 0,39–0,66 ey/ha. Tämä on ERA- tavoitteiden mukainen eläintiheys, sillä luvun tulisi olla alle 0,75 ey/ha. Nautatila A ja nauta- ja lammastila C olivat melko samanlaisia rehuomavaraisuuden suhteen. Ostorehut olivat enimmäkseen kivennäisiä, mutta myös pieniä määriä siemeniä, rehuviljaa ja vehnänlesettä käytettiin. Näiden vaikutus taseisiin oli hyvin marginaalinen. Ainoa poikkeus oli yhden tilan naapureiden viherlannoitusnurmilta keräämä säilörehu. Tällä oli merkittävä vaikutus typpitaseisiin, koska rehu tulkittiin ostorehuksi. Näille peltolohkoille ei levitetty lantaa. Tästä syystä nautatila B:n rehuomavaraisuus jäi vain 64 %. Sen sijaan kahden muun tilan rehuomavaraisuus oli hyvin korkea, jopa noin 93 %. ERA- tavoitteiden mukainen rehuomavaraisuus on vähintään 80 %, joten tilat A ja C täyttivät tämän tavoitteen selkeästi.

Kuten edellisessä kappaleessa tuli esille myös kriteeri liittyen palkokasvien viljelyyn täytyi hyvin tutkituilla tiloilla. Lisäksi tilayhteistyö on yksi ERA-kriteereistä. Tutkituista maatioista vain yksi (nautatila B) teki merkittävässä määrin yhteistyötä naapuriensa kanssa, mutta yhteistyö oli yksipuolista. Kaksi muuta tilaa, jotka eivät tehneet yhteistyötä, eivät toisaalta sitä tarvinneetkaan, sillä tuotanto pyöri tehokkaasti omilla resursseilla.

5.4 Typen käytön tehostamisen kohteet

Tutkimuksen tehostamisen kohteena korostui lannan levittämiseen liittyvät haasteet sekä osittain myös ruokinnan suunnittelu ja toteutus. Nautatila B:n tyypitaseita heikensi merkittävästi se, että naapurien viherlannoitusnurmilta kerättiin säilörehua, mutta näille lohkoille ei levitetty lantaa. Tämä aiheutti heikon peltotaseen (0,52). Ruokinnan osalta huomio kiinnittyi valkuaislisien kuten rypsipuristeen käyttöön.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksen tavoitteena oli vertailla taselaskelmia ja niiden käyttökelpoisuutta emolehmätilojen typen käyttöä arvioitaessa, tarkastella ERA -maatilojen typpi-kuormitusta ja typen käytön tehokkuutta sekä arvioida kuinka tarkasti tila hyödyntää omia panoksiaan ja kuinka tilat pyrkivät mahdollisimman suureen typpiomavaraisuuteen, arvioida sitä kuinka hyvin ERA-maataloudelle asetetut kriteerit täyttyvät tutkimuksessa mukana olleiden tilojen osalta sekä tarkastella niitä kohtia, joissa olisi vielä parantamisen varaa, jotta tilan tuotantotapa noudattaisi mahdollisimman suljettua ravinnekiertoa.

6.1 Typpitaseet

Tilojen keskimääräinen porttitase oli 44 kg/ha. Lähelle Suomen keskiarvoa (47 kg N/ha) osuva tulos johtuu yhden tilan suuresta N-ylijäämästä (70 kg/ha), joka heikensi merkittävästi keskiarvoa. Kahden muun tilan osalta keskiarvo oli 31 kg/ha eli 34 % pienempi ylijäämä kuin Suomen keskiarvo. Ensimmäisessä BERAS -hankkeessa todettiin, että ravinteita kierrättävän ERA- maatalouden periaatteiden mukaan on mahdollista puolittaa maatalouden nykyinen typpikuormitus (Granstedt ym. 2008). Tässä tutkielmassa ei päästy aivan näin positiivisiin tuloksiin, mutta tuli kuitenkin hyvin ilmi, että viljelyyn liittyvillä valinnoilla voidaan vaikuttaa typen kuormituksen määrään ja typen käytön tehokkuuteen.

Typpitaseiden laskemisessa ja niiden tulkitsemisessä on tekijöitä, joita on syytä tarkastella kriittisesti. Ensinnäkin porttisuhteet ovat melko riippuvaisia tuotantosuunnasta. Tutkittujen tilojen porttisuhteet vaihtelivat välillä 0,24–0,34. Nämä ovat melko tavanomaisia arvoja nautakarjatilalla. Sen sijaan kasvintuotantotilojen suhteet ovat useimmiten noin 0,6–0,7 (Pentti Seuri, suullinen tiedonanto 9.4.2015). Ne saavat parempia arvoja kuin yhdistetyt kasvin- ja eläintuotannon tilat, vaikka ovat toisaalta riippuvaisempia ulkopuolisista tuotantopanoksista. Porttitaseissa ei myöskään erotella primääri- ja sekundääriravinteita. Merkittävimmät heikkoudet liittyvät siihen, ettei tilan sisäisiä ravinnevirtoja arvioida eikä paikallisia sää- tai maaperäolosuhteita huomioida.

Porttitaseen etuna on kuitenkin se, että se on suhteellisen helppo laskea. Nämä seikat ovat tulleet esille muissakin tutkimuksissa (Öborn ym. 2003, Marttila 2005). Erilaiset taseet eivät ole erityisen vertailukelpoisia keskenään, koska tuotantosuunta vaikuttaa niin merkittävästi lopputulokseen. Etenkin monimuotoisessa kasvin- ja eläintuotannossa porttitase on huono mittari. Portti- ja peltotaseet kertovat vain kuormituksesta, mutta eivät tehokkuudesta.

Primääriravannesuhde kertoo tuotannon tehokkuudesta. Se määrittelee sen kuinka tehokkaasti kierrätysravinteita (kuten lannan ravinteita) käytetään alkutuotannossa (Seuri 2010). Nautatilat A ja C saivat erittäin hyvät primääriravannesuhteet: 1,41 ja 1,38. Arvoa 1 suuremmat luvut kertovat ravinteiden kierrätyksestä. Kasvinviljelyyn erikoistuneet tilat eivät voi saada suurempaa arvo kuin 1. Tämä kuvastaa myös kasvin- ja eläintuotannon integroinnin merkitystä. Sen sijaan nautatila B:n heikohko primääriravannesuhde 0,75 kertoo siitä, että sadon ja primääriravinteiden määrien suhde ei ole tasapainossa. Oman sadon sisältämän kokonaistypen määrä jää pienemmäksi kuin primääriravinteiden sisältämän typen (56 % biologisesti sidottua typpeä ja 36 % ostorehujen sisältämää typpeä) määrä, jolloin primääriravannesuhde jää alle 1. Kahdella muulla tilalla tilanne on juuri päinvastoin. Hyödyntämiskertoimen ja kierrätyskerroimen perusteella maatilat A ja C erottuivat myös edukseen. Etenkin kierrätyskerroin oli molemmilla tiloilla hyvin korkea (lähellä arvoa 2), sillä hyvänä voi pitää jo luvun 1,5 ylittäviä arvoja. Näiden tulosten perusteella voi päätellä, että kyseisten tilojen typen kierrätys toimii suhteellisen hyvin.

Eläinyksikkötiheys vaikuttaa selvästi typpiylijäämään. Tutkittujen tilojen eläintiheys hehtaaria kohden sekä typen ylijäämä olivat melko alhaisia. Eläinyksikkötiheys ja N-ylijäämä korreloivat lineaarisesti. Nautatila B:n korkea N-ylijäämä oli kuitenkin yllättävän suuri (70 kg/ha) suhteessa eläinyksikkötiheyteen, joka oli 0,66 ey/ha. Granstedt ym. (2008) totesivat myös, että eläinyksikkömäärä vaikuttaa porttitaseisiin, sillä N ylijäämä oli pienempi tuotannossa, jossa on alle 0,5 ey/ha. Muutkin tutkimukset (Bassanino ym. 2007, Riiko & Yli-Renko 2011) vahvistavat, että porttitaseen ylijäämä korreloi selvästi eläinyksikkömäärän kanssa, etenkin lihanautatilojen tapauksessa. Lisäksi on osoitettu, että ostettujen rehujen määrän ja typpiylijäämän välillä esiintyy positiivinen korrelaatio (Haas ym. 2007). Samaa oli havaittavissa tässä tutkielmassa,

sillä tila, joka oli riippuvaisin ulkopuolisista panoksista, sai selvästi korkeimman N-ylijäämän.

Herkkyystarkastelun perusteella oli mahdollista päätellä, että yhdenkään tilan kohdalla kierrätysravinnetaseiden tavoitteiden mukaiset arvot eivät muuttuneet merkittävästi. Esimerkiksi nautatila A:n ja C:n tapauksissa primääriravannesuhde oli edelleen yli 1 ja toisaalta B ei muutoksista huolimatta saavuttanut tätä ravinteiden kierrätystä ilmaisevaa tasoa. Nautatilan B:n kohdalla olisi tärkeää vähentää tilan ulkopuolisen rehun osuutta. Vasta 80 % vähennys muuttaisi kierrätysravinneindikaattoreita tavoitearvojen mukaisiksi. Typpiylijäämän lisääntyminen oli enimmillään 10 kg/ha. Huomionarvoista on sekin, että primääriravannesuhde parani kaikilla tiloilla yllättävän paljon, kun BTS:n määrä oli 20 % vähemmän tai vastaavasti silloin, kun satomäärä oli 20 % suurempi. Porttitaseetkin muuttuivat positiivisempaan suuntaan. Satomäärien osalta päästiin samankaltaisiin johtopäätöksiin silloin, kun sato nousi 20 %.

6.2. Typpiomavaraisuus

Luomutilojen primäärinen typpi on käytännössä lähtöisin biologisesti tyypeä sitovista palkokasveista. Tilojen typpitalous nojasi hyvin pitkälti biologisesti sidottuun typeen, sillä 56–85 % tilojen N-panoksista oli tämän symbioosin varassa.

Aikaisemmin arvioidun (Koikkalainen ym. 2011) optimaalisen viljelykierron mukaan 80 % peltopinta-alasta tulisi kasvaa oman karjan rehua ja 20 % alalla viljellä suoraan ihmisravinnoksi hyödynnettävää leipäviljaa. Tällainen yhdistetty kasvinviljely- ja kotieläintuotantomalli toimii N-omavaraisesti ja on hyvin lähellä optimaalista typpitaloutta. Tutkituilla tiloilla tavoite täyttyi melko hyvin, sillä myyntisadon osuudet olivat 16, 24 ja 25 %. Tilat B ja C olivat hyvin lähellä toisiaan prosentuaalisesti, mutta läheisempi tarkastelu osoitti, että niiden rehuomavaraisuus oli hyvin erilainen. Se taas viittaa siihen, että todellisuudessa tuotanto ei ole typpiomavaraista. On siis tunnettava taustat hyvin ennen kuin voi tehdä suoria johtopäätöksiä tilan viljelykierron perusteella. Siitä ei liene epäselvyyttä, ettei viljelykierron toimivuus olisi oleellinen osa luonnonmukaisen maatalan typpitalouden järjestämistä.

Tilojen peltopinta-alan ulkopuolinen laidunala vaihteli välillä 26–71 ha. Kesäkaudella nämä luonnonlaitumet saavat lantaa, mutta talviruokintakauden aikana syntynyt lanta levitetään peltolohkoille. Tästä syystä ravinteiden kierto on vajavainen luonnonlaitumilla, minkä johdosta ne saattavat hyvinkin kärsiä typen puutteesta. Muiden ravinteiden, kuten fosforin, osalta tilanne lienee parempi. Laskelmissa luonnonlaitumia ei myöskään lueta viljelyalaan vaan huomioidaan erillisenä kokonaisuutena. Tämä on parempi siitä syystä, että ravinteet eivät kierrä laitumella vastaavalla tavalla kuin pelloilla.

Luonnonlaitumien kuiva-ainesadon määrä eroaa merkittävästi peltolaitumista. Alueesta riippuen emolehmä + vasikka –parilla on oltava käytössä selkeästi enemmän pinta-alaa verrattuna peltolaitumiin, keskimäärin noin 1–2 hehtaaria. Esimerkiksi merenranta- niityillä jokaisella emolehmällä on vasikkansa kanssa noin 1 ha ala. Metsälaitumilla eläimillä on yleensä enemmän laidunala (2 ha per emolehmä ja vasikka) johtuen niiden huonommasta sadontuottokyvystä (Nautatila B:n viljelijä, suullinen tiedonanto 7.1.2015). Alhaisimmillaan luonnonlaitumien kuiva-ainesato voi olla vain 500 kg/ha, kun peltolaitumilla sato saattaa olla jopa 6000–7000 kg/ha.

6.2 ERA-kriteerien täyttyminen

ERA-kriteerien täyttymisessä kiinnitettiin huomiota etenkin seuraaviin tekijöihin: eläinyksikkötiheyteen, rehuomavaraisuuteen ja tilayhteistyöhön. Eläinyksikkömääriin liittyvä huomionarvoinen seikka on se, että niiden laskemisessa esiintyy vaihtelevaa käytäntöä tahosta riippuen. Tässä tutkielmassa käytettiin ERA –mallin mukaisia arvoja, mutta esimerkiksi Maaseutuviraston arvot eroavat näistä luvuista. Emolehmän (vasikkansa kera) eläinyksikköarvoksi on *BERAS Implementation* -hankkeessa määritelty 0,66 ey, kun taas Maaseutuvirasto käyttää lukua 1,0 ey. Hiehojen ja sonnien osalta ei esiinny yhtä suurta eroa, sillä arvot ovat suurin piirtein samat. Eräänä mittarina on aikaisemmin käytetty sitä, että yksi eläinyksikkö vastaa 5000 ry vuotuista rehunkulutusta (Pentti Seuri, suullinen tiedonanto 9.4.2015). *BERAS Implementation* -hankkeen eläinyksikköarvot ovat sinänsä perusteltuja, koska emolehmät kuluttavat rehua selvästi vähemmän lypsylehmiin verrattuna. Näihin arvoihin perustuen kaikkien maatilojen eläinyksikkötiheys oli tavoitteen mukaisesti alle 0,75 ey/ha. Kaksi tilaa, jotka alittivat 0,5 ey/ha, saivat parhaimmat kierrätysravinnearvot kaikilla mittareilla.

BERAS Implementation –hankkeen loppuraportissa (Stein-Bachinger ym. 2013) todettiin, että enimmillään 20 % rehusta voidaan tuottaa muualla, jotta voidaan saavuttaa tavoitteiden mukainen 50 % pienempi porttitase (kg/ha). Tämän tutkielman perusteella voidaan päästä samankaltaiseen johtopäätökseen, sillä tilat A ja C, joilla oli korkea rehuomavaraisuus, saivat selkeästi pienemmät porttitaset kuin tila B. Tosin ero ei ollut aivan 50 % vaan noin 34 % pienempi kuin tavanomaisilla maataloilla.

Tilayhteistyö ei toteutunut ERA-mallin mukaisesti molemminpuolisena yhteistyönä, sillä tila B:n tapauksessa ravinteet kulkivat vain yhteen suuntaan. Tämä tosin ei johtunut viljelijästä vaan maatalouden ympäristötuen sitomusehtojen (Maaseutuvirasto 2011) noudattamisesta, jonka perusteella ei ollut sallittua luovuttaa lantaa tilan ulkopuolelle.

6.3. Typen käytön tehostamisen kohteet

On tilanteita, joissa viljelijä ei voi vaikuttaa typen huuhtoutumiseen tai haihtumiseen. Maaperän liiallinen kosteus lisää denitrifikaatiota ja nitraattitypen huuhtoutumista, jolloin menetetään kasveille käyttökelpoista typpeä. Lisäksi maalaji sekä pohjaveden korkeus ovat sellaisia viljelijästä riippumattomia tekijöitä, jotka vaikuttavat typen huuhtoutumiseen. Sen sijaan muun muassa viljelykierto, eläinten ruokinta, typpilannoituksen ajoitus, määrä ja tyyppi, sekä toimenpiteiden ajoitus ovat ne tekijät, joilla viljelijä pystyy vaikuttamaan ravinteiden hyväksikäyttöön (Mondelaers ym 2009).

Ruokinnassa kannattaa kiinnittää huomiota esimerkiksi siihen onko esimerkiksi rypsipuristeen käyttö aivan välttämätöntä. Lihanautojen ruokinnassa valkuaislisän käytöllä ei ole todettu olevan merkitystä taloudellisista tai tuotannollisista syistä (Pesonen & Huuskonen 2014). Lihanautojen ja etenkin emolehmien ruokinta eroaa hyvin merkittävästi lypsylehmien ruokinnasta, jolloin korkeiden maitotuotosten saavuttaminen vaatii valkuaisintensiivisempää ruokintaa. Ruokinnan perustana on korkealaatuinen apilanurmisäilörehu, mutta toisaalta esimerkiksi sadon epäonnistuessa on perusteltua turvautua tilan ulkopuolisiin rehuihin.

Nautatila B:n kohdalla korostui tilan ulkopuolisen rehun suuri osuus. Tässä tapauksessa naapurien lohkot jäävät ilman lantaa ja osa omista pelloista saa sitä liian paljon. Kuivikelanta levitettiin nurmikasvustoon pintaan keväisin, mikä johtaa typpitappioihin. Täl-

lainen lannankäsittely ei ole järkevää ravinteiden käytön tehokkuuden kannalta. Lannoituksella estetään myös nurmen typpiomavaraisuus, sillä biologinen typensidonnan tehokkuus heikkenee paitsi epäorgaanisten myös orgaanisten lannoitteiden käytön takia (Väisänen 2000). Biologisen typensidonnan toimivuus on kuitenkin luonnonmukaisen tuotannon perusta, joten tätä prosessia ei tulisi häiritä.

Naudanlihantuotannossa selkeä heikkous verrattuna esimerkiksi sika- ja siipikarjatalouteen on se, että rehun muuntosuhde on tehottomampi, alle 10 % (van der Hoek 1998, Smil 2002). Sen sijaan nautakarjataloudessa on muita etuja. Eläimet voivat saada merkittävän osan rehustaan melko heikkotuottoisilta luonnonlaitumilta. Tällainen rehu jäisi muuten kokonaan hyödyntämättä. Luonnonlaitumet voivat kärsiä etenkin typen puutteesta, koska laitumille ei välttämättä palaudu tarpeeksi ravinteita verrattuna siihen kuinka paljon eläimet niitä hyödyntävät. Tämä on eräs asia, jota voisi tutkia tarkemmin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

ERA-maatalouden periaatteita noudattamalla tulisi olla mahdollista puolittaa maatalouden nykyinen typpikuormitus. Kahden tilan kohdalla porttitase oli 33 % Suomen keskiarvoa pienempi, mutta toisaalta kolmas tila ylitti porttitaseen keskiarvon selkeästi. Tämä johtui ostorehujen määrästä. Näistä tuloksista riippumatta on tärkeää huomioida, että ravinnetaseet eivät tarjoa absoluuttisia totuuksia. Porttitase, jossa tarkastellaan tilalle ostettuja panoksia ja tilalta myytyjä tuotoksia on heikko mittari luomutiloille, joilla ravinteiden kierto on suljetumpaa verrattuna keinolannoitetyypestä riippuvaisiin tavanomaisiin maataloihin.

Ravinnetaseita tulee tarkastella kriittisesti, sillä laskelmiin liittyy epävarmuuksia (biologisesti sidotun typen määrä ja viljelijän arvio sadosta), jotka voivat vaikuttaa merkittävästi lopputulokseen. Luonnonmukaisessa tuotannossa biologisesti sidottu typpi on erittäin tärkeässä roolissa tilan typpitalouden kannalta, mutta monissa ravinnetaselaskelmissa sitä ei huomioida lainkaan. Tämä johtaa vääristyneisiin johtopäätöksiin. Olisikin hyödyllisempää kiinnittää enemmän huomiota muihin tekijöihin kuin ravinnetaseisiin, esimerkiksi tilan rehuomavaraisuuteen tai eläinyksikkötiheyteen. Tässä suhteessa ERA-kriteerit tarjoavat luotettavamman tavan tarkastella tilan ravinteiden kierrätystä. Näitä kriteerejä voisi käyttää myös uudessa ympäristökorvausjärjestelmässä osoituksena ravinteiden kierrättämisestä.

Lihakarjatiloiilla on aina väistämättä hyvin alhainen N käytön tehokkuus, sillä naudoilla keskimäärin vain 8 % rehun sisältämästä tpestä päätyy lihaan. Toisaalta naudanlihantuotannon tehokkuus riippuu myös tuotannon toteuttamistavasta. Ruokinta ja etenkin lannankäsittely ovat avainasemassa, sillä yli puolet rehun sisältämästä tpestä päätyy lantaan. Valkuaislisien käyttö on tarpeetonta lihanaudoille taloudellisesta ja tuotannollisesta näkökulmasta. Tutkielman tilojen etuna on se, että ne ovat hyvin omavaraisia rehujen suhteen, joten ostorehujen osuus on pieni. Ainoa poikkeus oli nautatila B, jonka alhaisempi rehuomavaraisuus heijastui huonompiin taseisiin ja primääriravintesuhteeseen. Tässä suhteessa ravinnetaseetkin voivat tarjota hyödyllistä tietoa, sillä ne paljastavat sellaiset tuotantoon liittyvät tekijät, joita voisi parantaa.

Luomutiloilla on kannattavinta tarkastella primääriravinnesuhdetta. Juuri edellä mainittua nautatila B:ta lukuun ottamatta tilojen ravinnekierrätyksen indikaattorien (primääriravinnesuhteen, kierrätyskertoimen ja hyödyntämiskertoimen) tavoitteelliset arvot ylittyivät selvästi. Lisäksi alhainen eläinyksikkötiheys (etenkin alle 0,5 ey/ha) varmistaa sen, että oma rehuntuotanto on tasapainossa suhteessa eläinten lukumäärään. Tämä tuli hyvin esille myös tässä tutkimuksessa. Valitettavasti alhaista eläinyksikkötiheyttä on haasteellista toteuttaa nykyisen maatalouspolitiikan valossa, joka suosii erikoistunutta tuotantoa ja suuria maatiloja. Yhtenä ratkaisuna on tilayhteistyö, jonka kautta ravinteiden kierrätystä voisi parantaa. Kasvin- ja eläintuotannon eriytyminen on yksi merkittävä syy sille, että maatilojen ravinnetalous ei ole kunnossa.

Se, että tilalla kasvatetaan märehitjöitä tarkoittaa sitä, että suuri osuus peltopinta-alasta on nurmentuotannossa. Tutkituilla tiloilla monivuotisten nurmien osuus oli vähintään 65 % peltopinta-alasta. Talviaikainen kasvipeitteisyys on erittäin tärkeää typen huuhtoutumisen estämiseksi, sillä menetetyn N määrä pienenee jopa kymmenesosaan kasvipeitteisyyden ansiosta. Nurmien biologisen typensidonnan kautta saavutetaan suurempi typpiomavaraisuus. Kahden tilan kohdalla tämä toteutui suhteellisen hyvin, sillä jopa 85 % tilalle tulevasta tpeestä perustui juurinysträbakteerien ja palkokasvien väliseen symbioosiin. Toisaalta kannattaa muistaa se, että myös biologisesti sidottu typi on alttiina huuhtoutumiselle ja haihtumiselle esimerkiksi hyvin kosteissa sääolosuhteissa. Lisäksi on tärkeää, että typensidontaprosessia ei häiritä lannoittamalla nurmilohkoja.

Vähintään 80 % rehuomavaraisuudella on merkittäviä ekologisia ja taloudellisia etuja. Vaihtelevat tuotantokustannukset luovat epävarmuutta maanviljelijöiden arkeen, joten se, että tila on suhteellisen riippumaton ulkoisista panoksista, mahdollistaa suuremman itsenäisyyden ja vakauttaa tuotantoa pidemmällä tähtäimellä. Samalla tilan ravinnetalous pysyy huomattavasti paremmin tasapainossa.

8 KIITOKSET

Suuret kiitokset BERAS-hankkeelle ja hankkeeseen osallistuville viljelijöille, joiden avustuksella tämän tutkimuksen aineisto oli mahdollista koota. Haluan kiittää myös ohjaajiani eli professori Juha Heleniusta, Jukka Kivelää ja Luonnonvarakeskuksen tutkijaa Pentti Seuria asiantuntevista vinkeistä matkan varrella. Erityiskiitos Pentille taselaskennassa auttamisesta sekä tohtorikoulutettava Tuure Parviaiselle tutkielman aiheeseen liittyvistä hyvistä neuvoista ja työn kommentoinnista. Tämän työn tekeminen olisi ollut huomattavasti tylsempää ilman Sari Kinnulan, Marjaana Toivosen sekä edellä mainittujen henkilöiden kanssa vietettyjä virkistäviä kahvi- ja lounastaukoja. Kiitos myös aviomiehelleni Mikolle, ystäville sekä perheenjäsenille tuesta ja kärsivällisyydestä!

LÄHTEET

- Aakkula, J. & Leppänen, J. (toim.). 2014. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – loppuraportti. Helsinki. Maa- ja metsätalousministeriö. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Antikainen, R. 2007. Substance Flow Analysis in Finland – Four Case Studies on N and P Flows. Vammala. Vammalan Kirjapaino Oy. 50 s.
- BERAS Implementation. <http://beras.eu/> Viitattu 26.9.2013
- Bergström, L., Bowman, B. T. & Sims, J. T. 2005. Definition of sustainable and unsustainable issues in nutrient management of modern agriculture. *Soil Use and Management* 21: 76-81.
- Betteridge, K., Hoogendoorn, C.J., Thorrold, B.S., Costall, D.A., Ledgard, S.F., Park-ng, Z.A. & Theobald, P.W. 2007. Nitrate leaching and productivity of some farming options in the Lake Taupo catchment. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 69: 123-129.
- Chen, L., Kivelä, J. & Helenius, J. 2011. Meat bone meal as fertiliser for barley and oat. *Agricultural and Food Science* 20 (3): 235-244.
- D’Silva, J. 2013. Why industrial livestock farming is unsustainable. Teoksessa: U. Hoffman (ed.) *Trade and Environment Review 2013: Wake Up Before It Is Too Late. Make Agriculture Truly Sustainable Now for Food Security in a Changing Climate*. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Chapter 2, Commentary II, pp. 176-179.
- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. 2013. Luomueläinmäärien yhteenveto 2012. <http://www.evira.fi/files/attachments/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/tilastot/lelain2012a.pdf>
- FAO. 2006. *Livestock’s long shadow – environmental issues and options*. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/A0701E/A0701E00.pdf> Viitattu 10.1.2014
- FAOSTAT. 2013. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QA/> Viitattu 30.12.2013
- Fließbach, A., Oberholzer, H.-R., Gunst, L. & Mäder, P. 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 273–284.

- Galloway, J. N. & Cowling, E. B. 2002. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. *Ambio* 31 (2): 64-71.
- Gomiero, T., Pimentel, T. & Paoletti, M. G. 2011. Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs. organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30: 95-124.
- Granstedt, A. 1999. *Ekologinen maatalous ja kierrätys*. Tampere. Tammer-Paino Oy. 77 s.
- Granstedt, A. (toim.). 2006. *Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society (BERAS)*. Executive summary.
- Granstedt, A., Schneider, T., Seuri, P. & Thomsson, O. 2008. Ecological recycling agriculture to reduce nutrient pollution to the Baltic Sea. *Biological Agriculture and Horticulture* 26: 279-307.
- Granstedt, A. & Seuri, P. (toim.). 2013. *Conversion to Ecological Recycling Agriculture and Society*. Environmental, economic and sociological assessments and scenarios. BERAS Implementation –hankkeen raportti nro 3. 206 s.
- Grizzetti, B., Bouraoui, F. & Aloe, A. 2012. Changes of nitrogen and phosphorus loads in European seas. *Global Change Biology* 18: 769-782.
- Grönroos, J. 2014. *Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämismahdollisuudet ja –kustannukset*. Ympäristöministeriön raportteja 26.
- Haas, G., Caspari, B. & Köpfe, U. 2002. Nutrient cycling in organic farms: stall balance of a suckler cow herd and beef bulls. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64: 225-230.
- Haas, G., Deitter, C. & Köpfe, U. 2007. Farm-gate nutrient balance assessment of organic dairy farms at different intensity levels in Germany. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22 (3): 223–232.
- HELCOM. 2009. *Eutrophication in the Baltic Sea. An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment in the Baltic Sea region*. http://meeting.helcom.fi/c/document_library/get_file?p_l_id=79889&folderId=377779&name=DLFE-36818.pdf Viitattu 26.9.2013
- Hurni, H., Breu, T., Messerli, P. & Portner, B. 2013. Key implications of land conversions in agriculture. Teoksessa: U. Hoffman (ed.) *Trade and Environment Review 2013: Wake Up Before It Is Too Late. Make Agriculture Truly Sustainable Now for Food Security in a Changing*

- Climate. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Chapter 4, Lead Article, pp. 220-233.
- Huuskonen, A. 2009. Concentrate feeding strategies for growing and finishing dairy bulls offered grass silage-based diets. MTT Science.
<http://www.mtt.fi/mtttiede/pdf/mtttiede1.pdf>
- Huuskonen, A. 2010. Kehitystä naudanlihantuotantoon I. MTT Kasvu 9. 115 s.
- Huuskonen, A. 2011. Kehitystä naudanlihantuotantoon II. MTT Kasvu 14. 181 s.
- Idel, A. 2013. Livestock production and food security in the context of climate change and environmental and health challenges. Teoksessa: U. Hoffman (ed.) Trade and Environment Review 2013: Wake Up Before It Is Too Late. Make Agriculture Truly Sustainable Now for Food Security in a Changing Climate. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Chapter 2, Lead Article, pp. 138-153.
- Ilea, R. C. 2009. Intensive livestock farming: global trends, increased environmental concerns and ethical solutions. Journal of Agricultural and Environmental Ethics 22: 153-167.
- Itämeriportaali. 2013. Itämeren peruskuvauus.
http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/yleiskuvaus/peruskuvauus/fi_FI/peruskuvauus/ Viitattu 26.9.2013
- Kahiluoto, H., Kuisma, M., Kuokkanen, A., Mikkilä, M. & Linnanen, L. 2014. Taking planetary nutrient boundaries seriously: Can we feed the people? Global Food Security 3 (1): 16-21.
- [Kivela, J.](#), [Chen, L.](#), Muurinen, S., Kivijarvi, P., Hintikainen, V. & [Helenius, J.](#) 2015. Effects of meat bone meal as fertilizer on yield and quality of sugar beet and carrot. Agricultural and Food Science. 24 (2): 68-83.
- Küstermann, B., Christen, O. & Hülsbergen, K-J. 2010. Modelling nitrogen cycles of farming systems as basis of site- and farm-specific nitrogen management. Agriculture, Ecosystems and Environment 135: 70–80.
- Koikkalainen, K., Seuri, P., Koivisto, A., Tauriainen, J., Hyvönen, T. & Regina, K. 2011. Luomu 50 – mitä tarkoittaisi jos 50 % Suomen viljelyalasta siirtyisi luomuun. MTT raportti 36.
- Lamminparras, A. 2013. Kestävämpi maatalous Uudellemaalle. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 38. Viitattu 20.11.2014.

http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/90623/ELY_maatalous_uudella_amaalla.pdf?sequence=2

Luonnonvarakeskus. 2015. Ruokintasuositukset. Märehtijät.

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Ruokintasuositukset/Marehtijat> Viitattu 16.1.2015

Lötjönen, T., Muuttomaa, E., Koikkalainen, K., Seuri, P. & Klemola, E. 2004.

Laajamittaisen luomutuotannon teknologia – taloudellinen toteutettavuus ja ekologinen kestävyys. Maa- ja elintarviketalous 44. 131 s.

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus TIKE. 2013. Maataloustilastot: Yritykset. Maatilojen tuotantosuunnat vuonna 2012.

<http://www.maataloustilastot.fi/maatilojen-rakenne> Viitattu 14.1.2014

Maaseutuvirasto. 2008. Ravinnetaseet - Ympäristötuen lisätoimenpide

lannoituksen ja sadon ravinnemäärien seurantaan. Edita Prima Oy. 16 s.

Maaseutuvirasto. 2011. Ympäristötuen sitoumusehdot 2011.

<http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja>

[lomakkeet/viljelijä/Documents/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tuen%20sitoumusehdot%202005-2013/Ymparistotuen_sitoumusehdot_2011.pdf](http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja/lomakkeet/viljelijä/Documents/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tuen%20sitoumusehdot%202005-2013/Ymparistotuen_sitoumusehdot_2011.pdf) Viitattu 15.4.2015

Marttila, J. 2005. Ravinnetaseet maatalouden vesistökuormituksen

arviointikeinona. Pro gradu -tutkielma. Biotieteellinen tiedekunta. Helsinki. 69 s.

McMichael, A., Powles, J., Butler, C. & Uauy, R. 2007. Food, livestock

production, energy, climate change, and health. The Lancet 370 (9594): 1253-1263.

Mondelaers, K., Aertsens, J. & van Huylenbroeck, G. 2009. A meta-analysis of

the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. British Food Journal 111: 1098–1119.

MTT. 2013. Lähi- ja luomuruokajärjestelmien ympäristövaikutukset.

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/www/Hankkeet/Beras/Osatutkimukset/Ymp%C3%A4rist%C3%B6vaikutukset> Viitattu 9.1.2014

MTT. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2013.

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/julkaisut/suomenmaatalousjamaaseutuelinkeinot> Viitattu 26.9.2013

- MTT. 2013. Typen kiertokulku maataloudessa. <http://nutrient.fi/en/node/61>
Viitattu 8.1.2014
- Nevens, F., Verbruggen, I., Reheul, D. & Hofman, G. 2006. Farm gate nitrogen surpluses and nitrogen use efficiency of specialized dairy farms in Flanders: Evolution and future goals. *Agricultural Systems* 88: 142–155.
- Nierenberg, D. 2006. Rethinking the global meat industry. Teoksessa: L. Starke (ed.) *State of the world 2006: The Challenge of Global Sustainability*. UK. Cromwell Press.
- Nykänen, A. 2008. Nitrogen dynamics of organic farming in a crop rotation based on red clover (*Trifolium pratense*) leys. *Agrifood Research Reports* 121. Doctoral Dissertation. 60 s.
- Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (toim.) 2009. Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö.
- Pesonen, M. 2010. Liharotuisten nautojen rehunhyväksikäyttö ja residuaalinen syönti. *Maataloustieteen Päivät 2010, 12.–13.1.2010 Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit*.
- Pesonen, M. & Huuskonen, A. 2014. Naudanlihantuotannon ympäristövaikutukset – kirjallisuusselvitys. *MTT Raportti* 156. 135 s.
- Rajala, J. 2006. Luonnonmukainen maatalous. Helsingin yliopisto. Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus. Mikkeli. 494 s.
- Rankinen, K., Valpassuo-Jaatinen, P., Karhunen, A., Kenttämies, K., Nenonen, S. & Bärlund, I. 2009. Simulated nitrogen leaching patterns and adaptation to climate change in two Finnish river basins with contrasting land use and climatic conditions. *Hydrology Research* 40 (2-3): 177–186.
- Riiko, K. & Yli-Renko, M. (toim.) 2011. TEHO-hankkeen raportteja, osa 2. Peltomaan laatutesti ja ravinnetaseet. Helsinki. Edita Prima Oy. 81 s.
- Ryschawy, J., Choisis, N., Choisis, J.P., Joannon, A. & Gibon, A. 2012. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmentally-friendly way of farming? *Animal* 6 (10): 1722-1730.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S. III, Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, J., De Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K.,

- Crutzen, P. & Foley, J. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14 (2): 1-32.
- Ruokatieto Yhdistys ry. 2014. Tietohaarukka 2014 – tilastotietoa elintarvikealasta. Helsinki. 60 s.
- Seuri, P. 2010. Ehdotus uudentyyppisestä ravinnetaseajattelusta – primääriravinnetase. Miten Suomen rannikkovesien rehevöityminen pysäytetään? – poliittisista linjauksista käytännön toimiin: Ympäristöakatemian kutsuseminaari 7.-8.6.2010. Helsinki: Ympäristöareena.
- Seuri, P. Ravinteiden kierrätys luomutuotannossa. Esitelmä Viikissä 27.1.2014. MTT Mikkeli.
- Smil, V. 2002. Nitrogen and food production: proteins for human diets. *Ambio* 31 (2): 126–131.
- Stein-Bachinger, K., Reckling, M. & Granstedt, A. 2013. Ecological Recycling Agriculture - Guidelines for farmers and advisors. Vol I: Farming guidelines. http://beras.eu/wp-content/uploads/2013/08/farming_guidelines-1-ok.pdf Viitattu 9.1.2014
- Suomen ympäristökeskus (SYKE). 2013. Ympäristön tila Suomessa 2013. Helsinki. Edita Prima. 112 s.
- Tauriainen, S. (toim.) 2006. Naudanlihantuotanto. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. 217 s.
- Ulén, B., Bechmann, M., Øygarden, L. & Kyllmar, K. 2012. Soil erosion in Nordic countries – future challenges and research needs. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 62, Supplement 2: 176–184.
- Van Horn, H. H., Newton, G. L. & Kunkle, W. E. 1996. Ruminant nutrition from an environmental perspective: factors affecting whole-farm nutrition balance. *Journal of Animal Science* 74 (12): 3082-3102.
- White, R. P., Murray, S. & Rohweder, M. 2000. Grassland Ecosystems. World Resources Institute. Washington DC.
http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAC567.pdf
- Vitousek, P., Aber, J., Howarth, R., Likens, G., Matson, P., Schindler, D., Schlesinger, W. & Tilman, D. 1997. Human alteration of the global

nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications* 7 (3): 737–750.

- Voutilainen, O., Wuori, O. & Muilu, T. 2012. Eriytyvät alue- ja maatalouden rakenteet Suomessa maaseutunäkökulmasta. MTT Raportti 64.
- Väisänen, J. 2000. Biological nitrogen fixation in organic and conventional grass-clover swards and a model for its estimation. University of Helsinki. Licentiate's thesis. 42 s.
- Ylivainio, K., Esala, M. & Turtola, E. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn typpi- ja fosforihuuhtoumat. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Maa- ja elintarviketalous 12.
- Öborn, I., Edwards, A.C., Witter, E., Oenema, O. Ivarsson, K., Withers, P.J.A., Nilsson, S.I. & Richert Stinzing, A. 2003. Element balances as a tool for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy* 20: 211-225.