Juha Helenius
Professori
Helsingin yliopisto
19.4.2022

Maa- ja metsätalousvaliokunta 19.4.2022
Asia: O 11/2022 vp Maatalouden kannattavuuskriisi

Huoltovarmuus ja tuotantopanosten saatavuus Ukrainan sodan seurauksena

Ruoan huoltovarmuus tulee perustaa kannattavaan maatalouteen ja kannattavaan kotimaiseen elintarvikejalostukseen. Huoltovarma järjestelmä ylläpitää omaa luonnonvaraperustaansa, ja se on ympäristöllisesti kestävä. Kotimaisen ruoan osuuden kansalaisten ruokavalioissa on oltava korkea, vähintään nykyisellä tasolla. Ruoan kotimaisuus tarkoittaa myös maatalouden ja elintarvikejalostuksen tuotantopanosten korkeaa kotimaisuutta. Huoltovarmassa järjestelmässä elintarvikejalostus on nykyistä teollisuutta hajautetumpi alkutuotantonsa yhteyteen: hajautus luo häiriönsietävyyttä.

Nykyisessä järjestelmässä ruoka on verrokkimaihin nähden tyydyttävästi kotimaista. Maatalous kuitenkin nojaa polttoaineiden, lannoiteravinteiden, valkuaisrehun ja kasvinsuojeluaineiden tuontiin. Nämä haavoittuvuudet ovat tulleet esille Ukrainan sodan seurauksina. Kärjistäen voi kuvata, että kyse on runsaasti ulkoisia panoksia käyttävän rehuntuotannon kriisistä, pikemmin kuin aidosta ruokakriisistä.

Lannoiteravinteiden omavaraisuutta voi ratkaisevasti nostaa kehittämällä ravinnekierrätystä ja ravinteiden käytön hyötysuhdetta parantamalla maan kasvukuntoa. Tämän perustana ovat: (1) Teollisen lannoitetypen korvaaminen biologisella typensidonnalla, joka tapahtuu apilanurmien, palkokasvialuskasvien ja palkoviljojen viljelyn avulla. Palkokasvien viljelyllä voidaan Luonnonvarakeskuksen arvion mukaan korvata 60% teollisesta lannoitetypestä. (2) Biologisen typensidonnan täydentäminen jätevesistä erotetulla ammoniumsulfaatilla lannoitteeksi ja elintarvike- ja metsäteollisuuden sivuvirtojen ravinteita kierrättämällä. (3) Karjanlannan ravinteiden käytön tehostaminen sovittamalla eläinmäärät käytettävissä olevaan peltoalaan alueittain. Jälkimmäinen ehto merkitsee eläinmäärän vähentämistä karjatalousvaltaisilla alueilla, jolloin lannan ravinnemäärät saadaan vastaamaan peltoviljelyn tarvitsemia lantamääriä lannoitukseen. Etelä- ja Varsinais-Suomen nyt viljantuotantoon erikoistuneilla alueille on sen sijaan tarpeellista lisätä sellaista nautakarjantuotantoa, joka perustuu säilörehu- ja laidunnurmiin kahdessa tarkoituksessa: sekä typensidontaa että karkearehuvaltaista ruokintaa varten.

Edellisten lisäksi (4) fosforilannoituksessa tulee siirtyä ensi sijassa kierrätysfosforin käyttämiseen, ja vain toissijaisesti ehtyvän ja niukan louhinnaisfosforin käyttöön. Pääosa fosforista saadaan kiertämään jo lannan ja biologisen typensidonnan muodostamien kierrätysmassojen mukana. Täydentävä fosfori saadaan talteen ja lannoitteeksi erottamalla se ravinnepitoisista jätevirroista, ml. yhdyskuntajätevesistä. Kolmas ns. pääravinne lannoitteissa on kalium. Kuten fosforin, myös kaliumin tarve tulee täyttää kierrätyslannoitteilla.

Lannoiteravinteiden kierrätys on osa kiertotaloutta. Se pienentää ravinneylijäämiä, vähentää rehevöittävää kuormitusta vesistöihin ja vähentää päästöjä ilmakehään.

Viljelykasvilajikkeet ja viljelykasvien siementuotanto on järjestettävä huoltovarmaksi. Tässä lausunnossa kuvattua järjestelmää varten erityisesti apilanurmien perustamiseen vaadittava siementuotanto on kiireellisesti mitoitettava vaadittavaksi, mikä edellyttää tuotantoalan kasvattamista vuosittain usean vuoden ajan siirtymän tahdissa. Kotimaisten palkoviljojen lajikkeistoa, viljelyä ja siementuotantoa on edelleen kehitettävä: tässä päähuomion tulee olla ruokavalkuaisen tuotannossa. Yksimahaisten kotieläinten tuotanto on mitoitettava ruokavalkuaiseksi kelpaamattoman fraktion mukaiseksi (ei siis toisinpäin palkokasvivalkuaisen tuotantoa kotieläintalouden mukaiseksi). Kotimaisten ruokaöljykasvien lajikkeistoa ja viljelyä on edelleen kehitettävä; puristetähde palvelee valkuaisrehuna eläintuotannossa. Ruokaviljojen ilmastovarmaa lajikkeistoa ja viljelytapaa on edelleen kehitettävä; kaura on erityisen arvokas vilja Suomen olosuhteissa, myös vientiä ajatellen.

Ruoan alkutuotannon ja elintarvikejalostuksen sekä -jakelulogistiikan energiaomavaraisuus saavutetaan elintarvikeketjun omien biomassojen energiasisällön hyödyntämisellä. Tämän perustana on maatalouden lantojen sekä etenkin typensidontanurmien kierrätys biokaasureaktoreiden kautta. Tässä bioenergian tuotanto yhdistyy ravinnekierrätykseen. Tarvittavassa hajautetussa biokaasulaitosverkostossa laitoskoon tulee logistisista syistä vastata halkaisijaltaan noin 20-30 km laajuisen, peltovaltaisilla alueilla enintään 20 km laajuisen maatalousalueen typensitojanurmien ja lantojen mahdollistamaa syötemäärää. Kaasutustähteeksi jäävä massa on sellaisenaan eloperäinen kierrätyslannoite, jonka mukana lannoiteravinteet palautetaan laitoksen keräilyalueen peltoviljelyyn.

Tämä hajautettu, ruoan alkutuotannon ja jatkojalostuksen käyttöön rakennettava biokaasulaitosverkosto tuottaa vuosittain biokaasua energiamäärän, mikä on yhden ydinvoimalan suuruusluokkaa, ja vähintään vastaisi maa- ja puutarhatalouden vuotuisen, nykyisen oman uusiutuvan energiatuotannon (5,0 TWh) ylittävää energiankulutusta (6,4 TWh). Tuotanto kattaisi vähintään noin 60% alkutuotannon ja elintarviketeollisuuden yhteenlasketusta täydentävän energian tarpeesta (joka on 10,5 TWh, kun nykyinen maatalouden oma bioenergian tuotanto vähennetään).

Jotta elintarvikkeiden jalostus voitaisiin kytkeä kuvattuun huoltovarmaan järjestelmään, tulee politiikkatoimin mahdollistaa keskittyneen teollisuuden hajauttaminen bioenergiahuollon kokoluokkaan lähemmäs paikallisia alkutuotantojaan ja biokaasulaitoksiaan. Järjestelmä edellyttää 3000-5000 biokaasulaitosta. Tämä on miljardi-investointi elintarvikeketjuun, ja se edellyttää julkista tukea. Hajautus ei ole elintarviketeollisuuden tuotantotaloudellinen intressi, joten uudistus vaatii hyväksyttävien politiikkatoimien luomista. Investoinnit tulisi voida toteuttaa seuraavien noin kymmenen siirtymävuoden aikana. Vuotuinen

julkinen investointituki tulee mitoittaa satojen pikemmin kuin kymmenien miljoonien erojen luokkaan.

Rakenneuudistus huoltovarmaan järjestelmään edellyttäisi typensitojanurmien tuomista myös nykyisin vain peltokasvi- (lähinnä viljan-) tuotantoon erikoistuneille maatalousalueille. Tämä muutos viljelykiertoihin merkitsisi enintään 20% vähennystä ruokakasvien viljelyyn ao. peltokasvitiloilla, jos nyt kesannoidut lohkot otetaan kiertoihin mukaan. Nurmien lisääminen kiertoihin voi kuitenkin parantaa ruokakasvien hehtaarisatoja ja resurssitehokkuutta maan kasvukunnon parantumisen myötä. Maan kasvukunto on myös huoltovarmuustekijä, jonka parantamiseen tulisi kannustaa maataloustukien avulla. Lisähyöty on, että nurmet viljelykierrossa vähentävät kestorikkakasvien kemiallisten torjunta-aineiden käytön tarvetta.

Yksivuotisten viljelykasvien vähennys kohdistuisi siihen noin puoleen viljanviljelyalasta, joka nyt käytetään väkirehuvaltaisen viljaruokinnan toteuttamiseen. Näin toimien saadaan tarvittava vähennys rehuviljan ja siihen nyt pääasiassa teollisista lannoitteista sitoutettujen ravinteiden ympäristöllisesti liian suurten määrien siirtelyyn kotieläinvaltaisille alueille, niiden peltojen ravinnetaseita rasittamaan. Samalla, kuten edellä on selostettu, kotieläinvaltaiset alueet sopeuttavat eläinmäärät peltojensa ravinnekiertokykyyn. Lypsykarjan ruokinta on mm. jalostuksen keinoin saatava vastaamaan naudan lajinomaista kykyä hyödyntää ensi sijassa nurmirehua: nykyisin noin puolet lypsylehmän energiantarpeesta tyydytetään viljaväkirehulla, mikä ei ole kestävää.

Eläintuotannon rakenteeseen voidaan tehokkaimmin vaikuttaa kehittämällä tuotantosidonnaisia maataloustukia, sekä muokkaamalla niiden alueellisesti eriytettyjä tukitasoja. Nämä ovat aiheuttaneet eläintuotannon, ja ravinteiden, keskittymisen ja eriytymisen kasvintuotannosta.

Edellä kuvattu muutos ei vaadi merkittävää ruokavalion (kysynnän) muutosta kohden kasvisruokavaltaisempaa kulutusta; näin etenkin, jos lypsykarjataloutta saadaan palautetuksi nyt viljaan erikoistuneille alueille. Jos kulutuksen muutos tapahtuu, se omalta osaltaan kuitenkin helpottaa rakennemuutoksen toteuttamista. On huomattava, että kotimainen kasviperäisen ruokavalkuaisen tuotanto, joka edellyttää erityisesti palkoviljojen tuotannon kehittämistä, on nykyisellään riittämätöntä ruokavalkuaisen tarpeeseen nähden. Lypsykarjatalous on nurmirehuun perustuessaan huoltovarman järjestelmän riittävän ruoan energian, mutta erityisesti valkuaisen tuotannon varmistaja.

Yksimahaisten (kanan, sian) tuotanto perustuu nykyisellään kotimaiseen ja tuotuun viljaan, valkuaislisäksi tuotuun palkoviljaan ja tuontirehuihin. Näiden rehujen tuotanto kilpailee suoraan ruoaksi kelpaavien kasvien tuotannon kanssa sekä kotimaassa että siellä, missä tuontirehut tuotetaan. Kestävässä, huoltovarmassa järjestelmässä kana ja sika on

palautettu niille luontaisesti sopiviin rooleihin ihmisille kelpaamattomien fraktioiden jalostajina lihaksi ja kananmuniksi. Kestävän kotieläintuotannon perusta on lypsykarjassa. Näin toimien sekaruokavalioissa kotimainen naudanliha korostuu sian ja broilerin kustannuksella.

Otettavissa oleva osa-askel tarvittavaan järjestelmämuutokseen on maaseutukehitykseen ja tuotannon rakenteeseen kytkeytyvien maataloustukien uudistaminen Euroopan Unionin komission tavoitteiden mukaisiksi.

Tuotantotapa- ja rakenneuudistus nostaa maatalouden kannattavuutta. Yhdistetyt kierrätyslannoitus ja bioenergian tuotanto vähentävät maatilojen riippuvuutta ostopanoksista ja pienentävät panoskustannuksia. Elintarvikejalostuksen hajauttaminen alkutuotantojensa yhteyteen lisää alkutuotannon ja jatkojalostuksen integraatiota ja vähentää keskitetyssä järjestelmässä syntynyttä, hinnoitteluun liittyvää vastakkainasettelua. Uusi järjestelmä perustuu elintarvikeketjun ekoteollisiin yhteenliittymiin. Näiden yritysmuotoihin, organisaatioihin ja johtamiseen liittyy kiireellisiä tutkimustarpeita, joihin tulee vastata jo siirtymäkauden alkuvuosina.

Elintarvikevientiä tulee kehittää strategisesti. Huoltovarmuus ei salli ns. perusruokien osalta tukeutumista tuontiin. Tämä on tullut ilmeiseksi viimeistään nykyisissä kriiseissä. Globaalimuutoksen trendit korostavat kotimaisuuden merkitystä. Samanaikaisesti Suomi voi, ja paitsi kauppataseen myös globaalin resurssioikeudenmukaisuuden vuoksi Suomen tulee, lisätä elintarvikevientiä: globaalissa markkinassa Suomen tulee keskittyä vesi-intensiivisten tuotteiden, erityisesti ruokakasvintuotannon rinnalla tuotettujen nurmirehuun ja laiduntamiseen perustuvien lypsykarjatuotteiden (maito- ja naudanlihajalosteiden) viejäksi. Suomella on uudistuvissa vesivaroissaan rikkaus, joka ylittää fossiilitalouden aikaisten öljynmaiden rikkaudet. Toisin kuin useimmissa keskeisissä viejämaissa, ilmastonmuutoksen ei odoteta johtavan vesivarojen niukkenemiseen Suomessa.

Kotimaisen tutkimuksen tulee tuottaa em. siirtymää tukevaa tietoa ja päätöksenteon tulee nojata siihen. Edelleen on tärkeää panostaa ilmastonmuutoksen sopeutumiseen alkutuotannossa, samalla kun tuotantotapoja kehitetään päästöjä vähentävään ja hiiltä sitovaan suuntaan. Huoltovarman järjestelmän nurmiviljely, nurmien tuominen viljelykiertoihin myös nykyisin viljavaltaisilla alueilla, on yksin jo merkittävä hiiliviljelyn toimenpide. Merkittävin harppaus ruokasektorin ilmastomuutoksen hillinnän toimissa toteutuu turvemaiden käyttöön tehtävillä muutoksilla, kuten useat selvitykset ovat ehdottaneet. Eloperäisiä maita on Suomessa alle 5% maatalousmaa-alasta. Huoltovarmassa järjestelmässä lisäalan raivaus turvepohjaisista metsistä, jota tehdään kotieläinvaltaisilla alueilla paitsi tukijärjestelmä ohjaamina investointeina myös ravinneylijäämien levittämistä varten, loppuu tarpeettomana. Politiikkatoimin varmistetaan oikeudenmukainen siirtymä sellaisille maatiloille, joilta turvepeltojen ilmastoystävällinen käyttö siirtymää edellyttää. Tässä voidaan ottaa oppia turvetuotannon vähentämisessä saaduista kokemuksista.

Viljelyosaaminen on keskeinen huoltovarmuuden osatekijä, joka koskien uudistavaa agroekologista ja huoltovarmaa viljelyä on tällä hetkellä heikolla tasolla. Viljelyosaamista tulisi kehittää neuvojia kouluttamalla ja aktivoimalla viljelijöitä maataloustukijärjestelmän uudistamisen kautta. Nykyinen suoriin pinta-alatukiin perustuva tukijärjestelmä ei kannusta osaamisen kehittämiseen.

Luomutuotanto on jo vallitsevaan ns. tavanomaista, teknis-kemiallista tuotantoa omavaraisempi tuotantotapa, jolle on asetettu kunnianhimoisia kansallisia kasvutavoitteita. Myös luomutuotannon osaamisen kehittämiseen on panostettava koko ruokajärjestelmässä.

Transformaation toteuttamiseen vaaditaan tutkimuksen tukea, ei yksin luonnontieteistä, vaan laajasti kestävyystieteellisellä otteella, jossa maaseutututkimus, ruokajärjestelmätutkimus ja laajemmin yhteiskuntatieteelliset otteet ovat edustettuina. Edellä esitetyillä toimilla ja ratkaisuilla olisi suuri vaikutus paitsi kansalliseen ruoan huoltovarmuuteen, myös suomalaisen maaseudun rakennekehitykseen ja elinvoimaan sekä maaseudulla sijaitsevien yritysten liiketoiminnan tulevaisuudennäkymiin. Huoltovarmuuden vahvistumisen lisäksi toimet tukisivat tasapainoista aluekehitystä sekä maaseutujen ja kaupunkien vuorovaikutusta. On odotettavissa metropolialueiden purkautuminen fossiilitalouden jälkeiseen hajautettuun yhdyskuntarakenteeseen maaseutukaupunkikeskuksineen.

Heti toteuttavat toimet (perustuu maanviljelijä, tutkija *Juuso Joonan* puolueavustajille laatimaan koosteeseen koskien kriisipaketin kokoamistyötä)**:**

(1) Maataloustukien(2 Mrd. €/vuodessa) kohdennusten korjaaminen. Nykyisten suorien ja sen kaltaisten tukien, kuten ympäristökorvauksien, sijaan tulisi maksaa tukea julkishyödykkeiden tuotannosta kuten viljelymaiden viljavuuden ja viljelykelpoisuuden ylläpidosta, hiilensidonnasta, monimuotoisuuden lisäämisestä ja vesistöjen ekologisen tilan parantamisesta. Nämä tukisivat myös tuotannon edellytyksiä ja satovarmuutta. Näin tuettaisiin tuotantotapaa ja -edellytyksiä eikä tuotantoa; markkina saisi nykyistä vahvemmin ohjata mitä tuotetaan. Kansalliset tuotantosidonnaiset tuet (500 M €/a) tulisi kohdentaa esim. turvemaiden päästövähennyksiin ja kestävyysmurroksen siirtymätukiin. Komissio todennäköisesti vaatii muutoksia Suomen CAP-suunnitelmaan, jolloin olisi hyvä tilaisuus vielä muokata sitä edellä kuvatun mukaisesti.

(2) Tulee varmistaa, että kriisituet eivät kohdistu siten, että ongelmat siirtyvät eivätkä ratkea. Tuottajahintojen tulisi sallia nousta, ja tähän siis tulisi hakea kansallinen konsensus. Pankkien ja kaupan tulee joustaa maksuajoissa ja lainanlyhennyksissä, jotta maatilatalouden akuutit maksuvalmiusongelmat helpottuvat.

(3) Kasvinviljelytiloilla on mahdollista heti lähteä tekemään (vuoden 2023) viljelysuunnittelua panosriippuvuuden vähentämiseksi. Paljon investoineiden märehtijätilojen lainoja

tulee kriisitoimena taata, mutta asettaa ehdoksi tuotantojärjestelmän muutos kohti rehuomavaraista ja laidunvaltaista tuotantoa. Sika- ja siipikarjatiloja ei - oikeudenmukaisen siirtymän rajoissa pysyen - tule tukea, vaan jättää lihatalojen ja markkinoiden ehdoilla toimiviksi; kuitenkin niin, että ravinnekierrätys ja bioenergiaomavaraisuus toteutuvat myös näissä.

(4) Biokaasuntuotannon kannustinkokonaisuutta tulee tarkastella kokonaisvaltaisesti ja mahdollistaa investointien käyntiin saaminen jo kuluvan vuonna. Suorana tukena tulee harkita tilojen energiainvestointien tukemista, jossa mm. siirtyminen viljan kuivauksessa polttoöljystä biokaasuun olisi teknologisesti helposti tehtävissä. Nyt kaasua ei hyväksytä tuen piiriin viljankuivuri-investoinneissa: biokaasu tulisi nostaa tuen piiriin. Biokaasusiirtymän ajalle olisi mahdollista tukea siirrettävien kaasuvarastokonttien vuokraamista tiloille; tätä voisi toteuttaa esim. Gasgrid Finland.

(5) Kierrätyslannoitteet tulee asettaa lainsäädännössä tasavertaiseen asemaan teollisten väkilannoitteiden kanssa; lainsäädännön tulee perustua kiertotalouden tavoitteiden toteutumiseen ja ilmastotehokkuuteen tuotannossa. Kierrätyslannoitusta tulee mahdollistaa tukemalla valmistavien ja jakelevien sekä urakoivien yritysten investointeja logistiikan kannalta järkeviin lannoitevarastoihin. Jätevedenpuhdistamot ja jätevesilietettä käsittelevät toimijat tulee siirtymäkauden huomioiden velvoittaa ravinteiden kiertojalostukseen kuten typen ja fosforien erottamiseen: tähän on teknologiat olemassa.

Kiitokset: Lausuntoa ovat kommentoineet, ja siihen ovat pyynnöstäni tuottaneet asiantuntijat *Torsti Hyyryläinen*, *Sari Iivonen*, *Juuso Joona* ja *Kari Koppelmäki.* (Mahdolliset puutteet ovat kuitenkin omalla vastuullani.)

Yleistajuinen tussianimaatio

”Agroekologinen symbioosi tuottaa ruokaa ja energiaa paikallisesti” https://www.youtube.com/watch?v=mO4YIsCx_NM

Lausujan oma tieteellinen tausta-aineisto tätä aihetta koskien:

Helenius, J., S. Hagolani-Albov & K. Koppelmäki 2021. Ruokajärjestelmän kestävyysmuutos - Elinvoimaa agroekologisista symbiooseista. *Maaseutututkimus* 29: 84-105 [*Sustainable transition of food system: livelihood boost from agroecological symbioses. Finnish Journal of Rural Studies*] https://journal.fi/maaseutututkimus/article/view/109036/64000

Helenius, J. 2021. Rauha luonnon kanssa solmitaan ruokapöydissä. *Maaseututkimus* 29: 106-114. [*Peace with nature is made in dinner tables*. *Finnish Journal of Rural Studies*] https://journal.fi/maaseutututkimus/issue/view/7096/1178

Helenius, J. 2021. Asiantuntijalausunto EDK-2021-AK-349214 VNS 3/2020 vp MmV 10.02.2021 [koskienValtioneuvoston selontekoa kestävän kehityksen globaalista toimintaohjelmasta Agenda 2030:sta Kohti hiilineutraalia hyvinvointiyhteiskuntaa.] 15 s + liitesivu. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2021-AK-349214.pdf

Helenius. J. & K. Koppelmäki 2020. Agroekologinen symbioosi. Teoksessa: Heinonsalo, J. (toim.), Hiiliopas – Katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin, 1. painos. Baltic Sea Action Group BSAG & Carbon Action. Paino-Kaarina, Kaarina. s. 38-41. https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/01/BSAG-hiiliopas-1.-painos-2020.pdf

Helenius, J., S.E. Hagolani-Albov & K. Koppelmäki 2020. Co-creating Agroecological Symbioses (AES) for sustainable food system networks. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4:588715. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.588715

Helenius, J., K. Koppelmäki & E. Virkkunen (toim.) 2017. Agroekologinen symbioosi ravinne- ja energiaomavaraisessa ruoantuotannossa. Ympäristöministeriön raportteja 18/2017. 66 s. (ISBN 978-952-11-4716-6) http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4716-6

Hyyryläinen, T., J. Helenius, K. Schmidt-Thomé, A. Jumppanen & M. Rantanen 2021. Maaseudun ja kaupungin vuorovaikutus osana kestävyysmuutosta. Maaseutututkimus 29: 165-177. (Teemanumerossa: T. Hyyryläinen & K. Schmidt-Thomé, Maaseudun ja kaupungin elävä suhde. ISSN 2670-2347.) https://doi.org/10.51807/maaseutututkimus.112891

Koppelmäki, K., M. Lamminen, J. Helenius & R.P.O. Schulte 2021. Smart integration of food and bioenergy production delivers on multiple ecosystem services. *Food and Energy Security* 10 (2) / e279 / p. 351-367. https://doi.org/10.1002/fes3.279

Koppelmäki, K., J. Helenius & R.P.O. Schulte 2021. Nested circularity in food systems: a Nordic case study on connecting biomass, nutrient and energy flows from field scale to continent. *Resources, Conservation & Recycling* 164, 105218. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105218

Koppelmäki, K., T. Parviainen, E. Virkkunen, E. Winquist, R.P.O. Schulte & J. Helenius 2019. Ecological intensification by integrating biogas production into nutrient cycling: Modeling the case of Agroecological Symbiosis. *Agricultural Systems* 170: 39-48. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.12.007

Kyttä, V., J. Helenius & H.L. Tuomisto 2021. Carbon footprint and energy use of recycled fertilizers in arable farming. Journal of Cleaner Production 287: 125063. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125063

Lehikoinen, E., T. Parviainen, J. Helenius, M. Jalava, A.O. Salonen & M. Kummu 2019. Cattle production for exports in water-abundant areas: the case of Finland. *Sustainability* 11, 1075. https://doi.org/10.3390/su11041075

Parviainen, T. & J. Helenius 2020. Trade imports increasingly contribute to plant nutrient inputs: case of Finnish food system 1996-2014. *Sustainability* 12, 702. https://doi.org/10.3390/su12020702