/ kuva / Sakari Alasuutari

06 TULEVAISUUDEN MAATILA

Mitä tulevaisuuden maatila tuottaa?

Mistä saadaan energia ruoantuotantoon?

Miten ravinteiden kierto saadaan mahdollisimman suljetuksi?

Onko traktorissa kuljettaja 20 vuoden päästä?

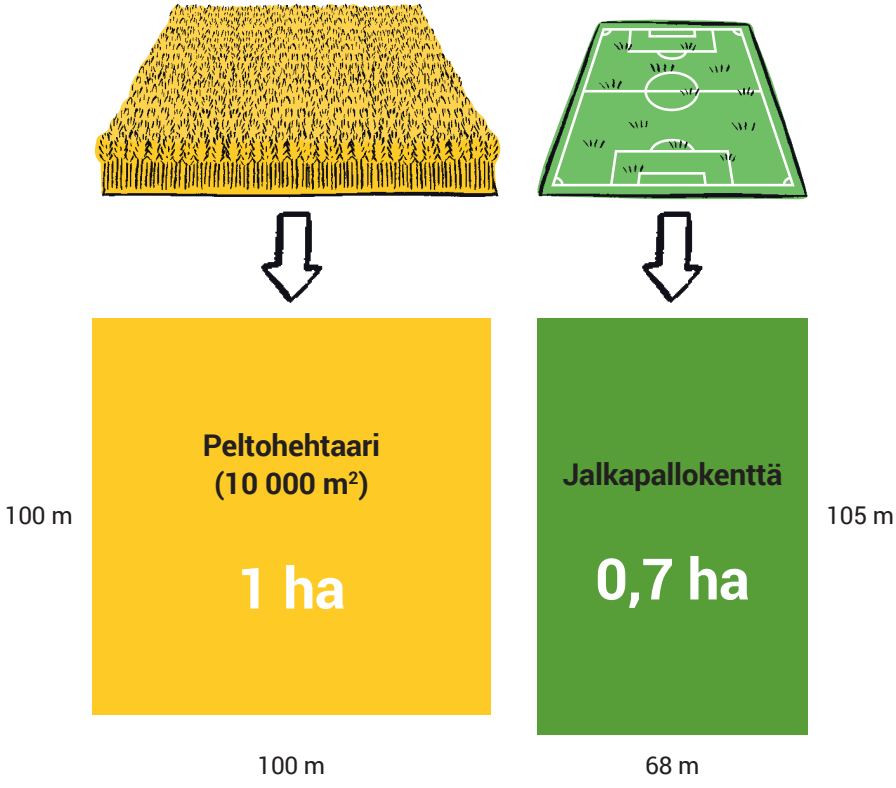
Miten maatalous hyödyntää uusinta tekniikkaa ja teknologiaa viljelyn suunnittelussa ja päätöksenteossa?

6.1 Tehokkaat ja energiaviisaat maatilat

Ruoantuotanto on tehostunut – ja tehostuu edelleenkin, mutta nyt ympäristön ehdoilla

Maatalous on muuttunut kuluneen sadan vuoden aikana merkittävästi. Suomen itsenäistyessä vuonna 1917 suomalaisia oli 3,1 miljoonaa. Suomi oli tuolloin maatalousyhteiskunta, jossa yli 70 % väestöstä sai toimeentulonsa maataloudesta. Vuonna 1920 Suomessa oli 185 000 pinta-alaltaan yli kahden hehtaarin (hehtaari = 10 000 m^2) maatilaa, ja viljelty peltopinta-ala oli 1,9 miljoonaa hehtaaria (ha). Nyt maamme on 5,3 miljoonan kansalaisen jälkiteollinen palveluyhteiskunta. Viljelty peltopinta-ala on kasvanut 2,3 miljoonaan hehtaariin ja maatilojen määrä vähentynyt 50 000:een. Tuotantomenetelmät ovat muuttuneet merkittävästi. Vuonna 1960 yhden henkilön ruokkiminen vaatii keskimäärin 0,45 hehtaarin peltoalan, kun nyt vastaava ala on vihreän vallankumouksen seurauksena 0,2 ha.

Tulevaisuudessa on tuotettava samalla tai pienemmällä viljelyalalla enemmän kuin nyt. Jotta tämä onnistuu, maan fysikaalisen, kemiallisen ja biologisen kunnon on oltava hyvä. On todennäköistä, että tuotanto keskittyy parhaimmille pelloille ja osa nykyisestä peltoalasta siirtyy reserviin esimerkiksi luonnonhoitopelloiksi. Osa voidaan myös metsittää. Luonnonhoitopelto tarkoittaa, että pellolla ei viljellä myyntiin tarkoitettuja viljelykasveja vaan esimerkiksi nurmea, eikä siitä korjata satoa. Pelto voidaan kuitenkin ottaa tarvittaessa takaisin viljelykäyttöön.



Viljelyn **kestävä tehostaminen** edellyttää, että energiaa ja tuotantopanoksia käytetään nykyistä tehokkaammin, jotta hukkaan menee mahdollisimman vähän. Tämä on tärkeää ympäristökuormituksen vähentämisen ja tuotannon kannattavuuden kannalta. Tuotettu biomassa, esimerkiksi viljelykasvien kaikki osat, tulisi käyttää hyväksi mahdollisimman tarkkaan.

Tulevaisuudessa maatilojen koko kasvaa edelleen, mutta samalla osa tiloista keskittyy tuottamaan erikoistuotteita. Nämä tilat eivät ole välttämättä pinta-alaltaan suuria, mutta erikoistuotteilla on lisäarvoa, joka nostaa tuotteiden hintaa. Maatilat ovat itsenäisiä yrityksiä, mutta ne voivat olla myös usean tilan ja jatkojalostajien muodostamia yhtiöitä, jotka tuottavat esimerkiksi lähiruokaa ja hyödyntävät toistensa sivuvirtoja kierrätettävänä raaka-aineena ja energiana. Tällaisia sivuvirtoja ovat eläinten lanta ja biomassan prosessointijäännös.

Maatilat jo nyt kohti monimuotoisempaa tuotantoa

Maatilat ovat osa ruokajärjestelmää, jossa ne tekevät kiinteää yhteistyötä kuluttajien, teollisuuden ja kaupan kanssa. Osa maatiloista voi tuottaa myös muuta kuin ruokaa kuten **biopohjaisia raaka-aineita** esimerkiksi lääke- ja kosmetiikkateollisuudelle. Maataloudessa tuotetaan myös **täsmäraaka-aineita** elintarviketeollisuuden käyttöön. Esimerkiksi pakasteherneen tuotanto on tarkoin säädeltyä. Herneet ovat vientituote, jonka menestyminen markkinoilla perustuu korkeaan laatuun. Palkokasveista ja kaurasta valmistetaan Nyhtökauraa. Kotieläinten ruokinta vaikuttaa maidon ja lihan laatuun. Rypsiporsaan® ruokavalio on tarkkaan suunniteltu. Rypsiporsas syö kotimaisen viljan lisäksi rypsiä, joka parantaa lihan rasvahappokoostumusta. Lypsylehmän ruokinta puna-apilavaltaisella säilörehulla parantaa maidon rasvan koostumusta ja lisää sen omega-3- ja -9 -rasvahappojen pitoisuutta. Tulevaisuudessa täsmätuotanto laajenee ja sen merkitys maataloudessa kasvaa. Kuluttajien ruokavalion ja ruokailutottumusten muutokset vaikuttavat maatalouden tuotteiden kysyntään. Esimerkiksi Nyhtökauran, Härkiksen ja gluteiinittoman Kaurapuuterin suosion kasvu lisää härkäpavun, herneen ja kauran kysyntää viljamarkkinoilla.

/ kuva / Laura Alakukku

Erikoistuminen on keino kehittää maataloutta. Tässä viljellään ruusua, jonka terälehdistä valmistetaan muun muassa hilloa.

Maatilat voivat tuottaa **uusiutuvaa energiaa** muun yhteiskunnan käyttöön. Samalla ne ovat osa hajautetun energiantuotannon järjestelmää. Muiden tuotteiden tuotanto pitää toteuttaa niin, ettei se vaaranna maatalouden päätehtävää ruoantuotantoa. Peruselintarvikkeiden tuotannon ohella maatilat tuottavat jo nyt aineettomia palveluja yhteiskunnalle. Tästä on esimerkkinä avoin **maalaismaisema. Aineettomien palvelujen** tarjoaminen muulle yhteiskunnalle voi tulevaisuudessa olla yksi maatalouden tuotantotapa.

Leväkasvatusta lehmien rehuksi. Suomessa levien ulkokasvatus onnistuu kasvukauden aikana. Muulloin alhainen lämpötila ja valon määrä käytännössä estävät levien tuotannon ulkoaltaissa.

/ kuva / Marjukka Lamminen

Kasviperäisen valkuaisen ja öljyn tuotanto monipuolistaa kasvinvuorotusta. Monipuolinen kasvivuorotus parantaa Suomen valkuaisomavaraisuutta, kun tuontisoijaa korvataan palko- ja öljykasveilla. Kasvinvuorotuksessa palkokasvit vähentävät lannoitetypen käyttötarvetta ja sen valmistuksesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Monipuolinen kasvinvuorotus edistää peltojen biodiversiteettiä eli biologista monimuotoisuutta, ja se voi vähentää kasvitautien torjuntapainetta ja edistää biologista torjuntaa.

Kotieläintuotannossa eläinten ruokinta on tarkempaa ja suunnitellumpaa kuin useimpien ihmisten ruokavalio. Rehuvalkuainen, sen määrä ja aminohappokoostumus, on tärkeä osa ruokintaa. Palko- ja öljykasvien viljelyn lisääntyminen parantaa rehuvalkuaisen omavaraisuutta. Tulevaisuudessa maatilat voivat tuottaa myös korkealaatuista valkuaista kasvattamalla levää (esimerkiksi Spirulina-mikrolevä). Levät tuottavat biomassaa jopa tuhat kertaa maan päällä kasvavia kasveja nopeammin. Kilossa levää on 500–700 grammaa valkuaista, kun rypsirehuissa sitä on noin 300–400 g. Valkuaisen tuottajina levät ovat monta kertaa tehokkaampia kuin palkokasvit. Levien ohella hyönteisten ja toukkien kasvatus ruoaksi ja rehuksi yleistyy myös Suomessa. FAO:n arvion mukaan kaksi miljardia ihmistä maailmassa käyttää hyönteisiä ruokavaliossaan. Ruoaksi käytetään muun muassa heinäsirkkoja, kovakuoriaisia, eri hyönteislajien toukkia ja muurahaisia. Kaikkiaan ruoaksi on raportoitu käytetyn 1 900 hyönteislajia. Hyönteisten ja levien käyttö valkuaisen tuotantoon vähentää valkuaisen tuotantoon tarvittavaa peltopinta-alaa. Ainakaan toistaiseksi vaihtoehtoiset valkuaislähteet eivät kuitenkaan pärjää hintakilpailussa kasvivalkuaiselle.

Tulevaisuuden maatalouteen kohdistuu monia erilaisia odotuksia, vaatimuksia ja muutospaineita. Miten ja kuka tuottaa ruoan maapallon kasvavalle väestölle? Miten tuotantomenetelmiä kehitettäessä yhdistetään monialaista tietoa ja otetaan huomioon ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset näkökohdat? Miten voimme vähentää varastoinnin ja kuljetuksen aikana syntyviä tappioita globaalissa ruokaketjussa?

Mitä raaka-ainekasveja tulevaisuudessa viljellään – ja globaaleille markkinoille vai lähiruoaksi?

Miten tuotantopanosten, kuten kasvinravinteiden, energian ja rehujen, käyttöä tehostetaan?

Jatkaako globaali kotieläintuotteiden kysyntä kasvuaan?

Miten ravinteiden kierto suljetaan? Miten esimerkiksi palautetaan pellolta poisviedyt ravinteet ja miten vähennetään ravinteiden huuhtoutumista?

Miten maatalouden aiheuttamaa ympäristökuormitusta vähennetään?

Miten suomalaisen maatalous ottaa vastuuta globaalista ruokaturvasta?

Miten maatalous saavuttaa ilmastokestävyyden?

Miten globaali ruokaturva toteutuu?

Miten huolehditaan eläinten hyvinvoinnista? Miten saavutetaan hyvinvointi kasvatettujen kalojen ja äyriäisten sekä uusien tuotantoeläinten, kuten hyönteisten, osalta?

Miten poliittiset päätökset edistävät maatalouden kestävän toimintaympäristön rakentamista?

Miten tilojen välillä muodostetaan verkostoja, jotka yhtäältä varmistavat resurssien käytön tehokkuutta ja ravinnekiertojen sulkemista ja toisaalta edistävät tuotteiden markkinointia?

Miten maatalouden omavaraisuutta kasvinravinteiden ja energian osalta parannetaan?

Miten maatalouden taloudellista asemaa, oikeudenmukaista hyödynjakoa markkinoilla ja kannattavuutta parannetaan?

Maatalouden energiankulutus jaetaan suoraan ja epäsuoraan kulutukseen

Vielä sata vuotta sitten maataloudessa käytettiin hyvin vähän uusiutumatonta energiaa. Peltotyöt tehtiin pääosin hevosilla, joita kutsuttiin leikillisesti kauramoottoreiksi. Lannoitteena käytettiin pääasiassa kotieläinten lantaa, mutta ulkomailla myös guanoa, joka on kivettynyttä merilintujen ja lepakoiden ulostetta. Siinä on runsaasti typpeä ja fosforia. Teollisesti valmistettuja lannoitteita käytettiin vähän. Maatalouden koneellistumisen ja sähköistymisen sekä teollisesti valmistettujen lannoitteiden ja muiden kemikaalien käytön lisäännyttyä maataloustuotanto on tullut riippuvaiseksi uusiutumattomasta energiasta.

Maatalouden energiankulutus jaetaan **suoraan ja epäsuoraan kulutukseen**. Tuotantopanosten valmistuksen vaatima energia on epäsuoraa energiankulutusta. Esimerkiksi koneiden valmistus, tuotantorakennusten rakentaminen, lannoitteiden, kalkin ja torjunta-aineiden valmistus kuluttaa energiaa. Epäsuoran kulutuksen osuus maatalouden kaikesta energiankulutuksesta on suurempi kuin suoran kulutuksen. Suora energiankulutus tarkoittaa energian käyttöä traktoreiden polttoaineena, tuotantorakennusten lämmityksessä, viljan kuivauksessa tai maidon jäähdytyksessä. Maatalouden energiankulutuksesta tunnetaan hyvin vain suora energian kulutus, koska epäsuora energiankulutus tilastoidaan monien eri teollisuussektoreiden energiankulutukseksi. Se saadaan esiin vain maataloustuotteiden elinkaarilaskennan avulla. Maatalouden osuus Suomen suorasta energian kulutuksesta vuonna 2013 oli 3 %.

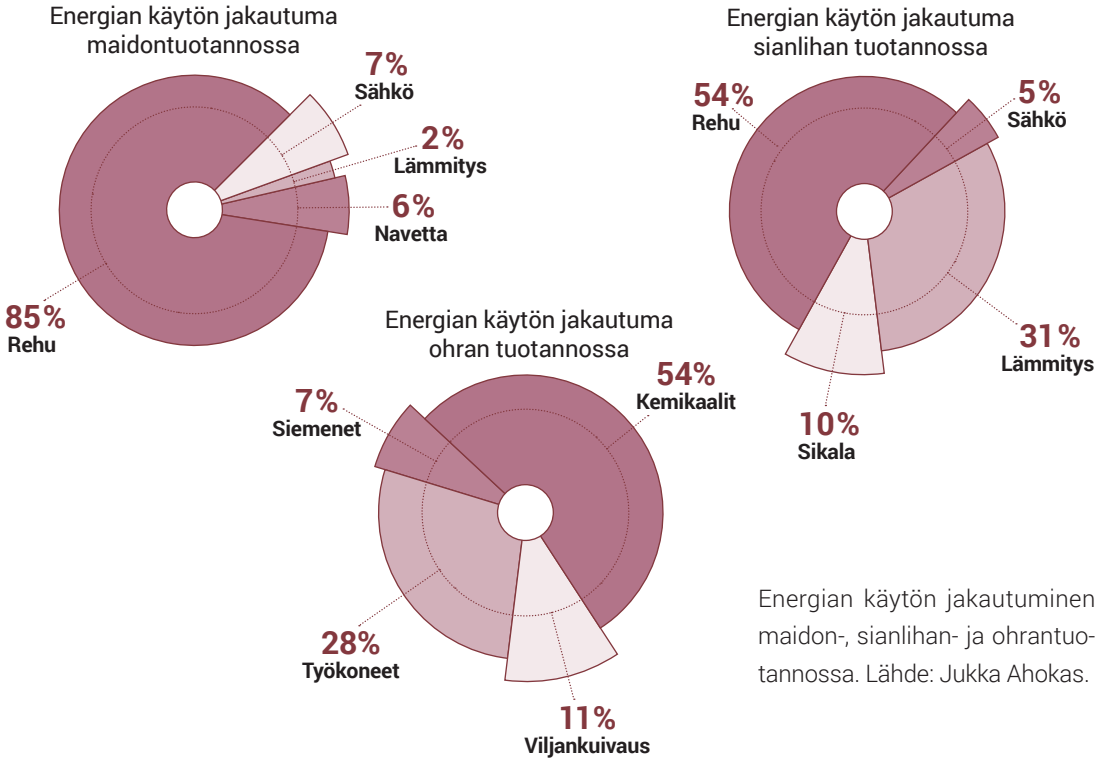
Peltoviljelyssä epäsuoraa energiaa kuluu eniten **typpilannoitteiden valmistamiseen**. Yhden typpikilon valmistamiseen kuluu energiaa 49 MJ.

Maataloustuotannossa käytettävä energia jaetaan suoraan ja epäsuoraan osaan. Suora energia käytetään maatilalla suoraan tuotantoon. Esimerkiksi sähkö ja nestemäiset polttoaineet ovat suoria energiapanoksia. Epäsuora energia käytetään tilan ulkopuolella esimerkiksi koneiden, rakennusten ja maatalouskemikaalien valmistukseen sekä palvelujen tuottamiseen. Epäsuora energia kohdistuu kuitenkin maataloustuotantoon, kun koneita, rakennuksia tai kemikaaleja käytetään maatilalla. Ilman maataloustuotantoa näitä energiapanoksia ei käytettäisi.

/ suorakylvö / kuva / Sakari Alasuutari

Tämä energiamäärä vastaa 1,4 litrasta polttoöljyä saatavaa energiamäärää. Kun viljan lannoituksessa käytetään 90 kg typpeä hehtaarille, typpilannoitteen valmistamiseen käytetty energiamäärä vastaa 2 520 km ajoa dieselautolla, joka kuluttaa polttoainetta 5 l/100 km. Kotieläintuotannossa **rehuntuotanto** vaatii paljon energiaa. Broilerin- ja sianlihantuotannossa energiaa kuluu paljon myös **tuotantorakennusten lämmittämiseen**. Maidontuotannossa lypsykone ja maidon **jäähdyttäminen** kuluttavat suuren osan tuotannon vaatimasta suorasta energiasta.

Maataloudessa kehitetään jatkuvasti **energiatehokkaampia menetelmiä**. Esimerkiksi viljankuivauksessa kuivurin lämpöeristäminen vähentää energiankulutusta jopa 20 %. Rehuvilja voidaan varastoida kuivauksen sijaan tuoreena ilmatiiviissä siilossa tai happokäsiteltynä, mikä säästää energiaa merkittävästi. Maidon jäähdytyksessä voidaan käyttää lämmönvaihdinta, jolla maidon lämpöenergia siirretään käyttöveden lämmitykseen. Traktoreiden polttoaineenkulutus on pieni osa maatalouden energiankulutuksesta, mutta siinäkin voidaan säästää. Ajotapa ja peltolohkojen väliset siirtymäetäisyydet vaikuttavat kulutukseen, ja koulutuksella sekä logistiikan suunnittelulla kulutusta voidaan vähentää aivan kuten auton ajossakin.



Energian käytön jakautuminen maidon-, sianlihan- ja ohrantuotannossa. Lähde: Jukka Ahokas.

Maatalous energian tuottajana ja uusiutuvan energian käyttäjänä

Tulevaisuuden maatila käyttää nykyistä enemmän **uusiutuvia energialähteitä**. Tällä tavoitellaan parempaa **energiaomavaraisuutta, pienempiä kasvihuonekaasupäästöjä** sekä **hiilineutraalimpaa** tuotantoa. Oman käytön ohella maatilat voivat tuottaa uusiutuvaa energiaa myös myyntiin. Tulevaisuuden maatilat ovatkin osa **hajautettua energian tuotannon verkkoa**. Tämä edellyttää sekä uusien tekniikoiden että tuotantomenetelmien kehittämistä ja käyttöönottoa. Fossiilisen energian kulutusta pyritään vähentämään monin eri keinoin esimerkiksi hyödyntämällä auringonenergiaa ja biokaasua lämmityksessä ja korvaamalla osa väkilannoitteiden typestä palkokasvien viljelyllä.

Teknisen kehityksen ohella maatalouden energian käyttöön vaikuttavat myös muut asiat kuten kuluttajien ruokailutottumukset sekä maatalouden ympäristökysymysten ratkaiseminen. Siirtyminen nykyistä kasvipainottei-

/ kuva / Mervi Seppänen

Tulevaisuuden pelto tuottaa biomassaa ja tuulisähköä.

sempaan ruokavalioon vaikuttaa viljelykasvien valintaan ja sitä kautta peltoviljelyn energiankäyttöön. Ravinteiden kierrätys vähentää uusiutumattomien ravinnevarojen käyttötarvetta.

Peltoviljelyssä maahan voidaan sitoa ilmakehän typpeä (N_2) biologisesti viljelemällä palkokasveja. Ne elävät yhdessä *Rhizobium*-bakteerien kanssa. Nämä kasvin juurinystyröissä elävät bakteerit kykenevät sitomaan ilmasta typpeä, jota palkokasvit käyttävät itse ja jota jää maahan myös seuraavalle viljelykasville. Herne, härkäpapu ja apilat ovat typensitojakasveja, jotka voivat sitoa ilmasta typpeä 40–100 kiloa hehtaarille vuodessa. Palkokasvien lisääminen kasvinvuorotukseen vähentää teollisesti tuotetun typpilannoitteen käyttöä. Jos palkokasveja käytetään vain typensidontaan lannoitteen korvaajaksi, niiden viljelyala vähentää ruoan ja rehun tuotantoon käytettävissä olevaa peltoalaa, mikä taas vähentää maatilalta myytävien tuotteiden määrää. Kasvinvuorotuksessa keskitytäänkin tulevaisuudessa ratkaisuihin, joissa biologisen typensidonnan ohella tuotetaan valkuaispitoista ravintoa ihmisille ja eläimille.

Kun aurinkopaneelien tehokkuus paranee ja hinta laskee, niiden käyttö maatiloilla yleistyy. Maatiloilla on paljon kattopinta-alaa, jota voidaan hyödyntää **aurinkosähkön** tuotannossa. Aurinkoenergian hyödyntämisen haasteena on, että sähkön tuotanto vaihtelee päivittäin ja vuodenajoittain. Aurinkoisina kevät- ja kesäpäivinä tuotanto on suurimmillaan, ja talvikuukausina se on käytännössä nolla. Aurinkoenergian varastoiminen esimerkiksi kemialliseksi energiaksi on asia, jota tulee kehittää edelleen. Sillä on ratkaiseva merkitys aurinkoenergian hyödyntämisessä tulevaisuuden maatiloilla.

Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa on maatiloja, joiden pelloilla tuotetaan kasvinviljelyn ohella **tuulisähköä**. Tilat saavat tuulisähköstä lisäansiota. Suomalaisilla tiloilla tuulivoiman käyttö voi olla tulevaisuudessa paikallisesti merkittävä tapa tuottaa sähköä.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Uusiutuvaa energiaa bioprosessien kautta

Kotieläintuotannossa syntyy vuosittain 17 miljoonaa tonnia lantaa. Lannassa on jäljellä rehussa eläimille syötettyä energiaa ja ravinteita. Lannasta voidaan tuottaa mikrobiologisen prosessin avulla biokaasua, joka on pääasiassa metaanin (CH_4) ja hiilidioksidin (CO_2) seos. Kaasun koostumus riippuu mädätettävästä biomassasta ja mädätysprosessista. Mädätys on hapeton mikrobiologinen prosessi.

Biokaasua voidaan käyttää lämmityksessä, jolloin hyötysuhde on jopa 90 %. Biokaasusta voidaan tuottaa myös lämpöä ja sähköä (CHP, combined heat and power -tuotanto). Tällöin energian muunnon hyötysuhde on noin 85 %. Jos kaasulla tuotetaan pelkästään sähköä, hyötysuhde supistuu 35–40 prosenttiin. Biokaasu voidaan puhdis-

Biokaasussa on metaania (CH_4, 55–75 %) ja hiilidioksidia (CO_2, 25–45 %) sekä pieniä määriä muita kaasuja.

Navetan tai sikalan yhteyteen rakennetun biokaasulaitoksen biokaasu voidaan käyttää lämmitykseen tai sähkön tuotantoon ja jäljelle jäävä mädäte on arvokas kierrätyslannoite pellolle. Mädätteen ravinnepitoisuuteen vaikuttaa luonnollisesti biokaasulaitoksessa käytetty raaka-aine.

taa siten, että se soveltuu ajoneuvojen polttoaineeksi.

Mädättämällä pelkästään lantaa saadaan vain vähän biokaasua. Kun lantaan sekoitetaan erilaisia ylijäämäbiomassoja, kaasuntuotto kasvaa. Esimerkiksi viljelemättömiltä alueilta korjattu kasvibiomassa sopii biokaasun raaka-aineeksi. Samoin eläinten ruokinnassa yli jäänyt rehu sekä muualla tuotettu teuras- ja ruokajäte ovat energiapitoisia raaka-aineita biokaasuntuotannossa. Tulevaisuuden maatilalla tämä on yksi tapa hyödyntää biomassaa nykyistä paremmin.

Maatilalla voidaan tuottaa tulevaisuudessa metaania biometanointi-menetelmällä. Siinä metaanimikrobit tuottavat reaktorissa metaania hiilidioksidista ja vedystä. Tätä menetelmää voidaan käyttää muun muassa biokaasun metaanipitoisuuden kasvattamiseen. Metanoinnissa tarvittava vety tuotetaan aurinko- tai tuulienergialla, jolloin ne saadaan muutettua kemialliseksi energiaksi. Biometaani sopii ajoneuvojen polttoaineeksi, ja sitä voidaan käyttää maakaasun korvaajaksi myös muualla.

Biomassoista saatavan biokaasun määrä ja laatu vaihtelevat. Naudan lietelannasta saadaan biokaasua 0,2–0,3 m^3 kuiva-ainekiloa kohden. Nurmesta kaasua muodostuu 0,6 ja ruokajätteestä 0,5–0,6 m^3 kuiva-ainekiloa kohden. Kuutiossa biokaasua on energiaa 5–7 kWh.

6.2 Maatilat kierrättävät ravinteita ja vettä

Maatilat ovat ravinteiden kierrätyksen tärkeä lenkki. Sata vuotta sitten ravinteiden kierto oli lähes suljettu. Karjanlanta oli pääasiallinen lannoite ja tilalle tuli vain vähän ravinteita ulkopuolelta. Nykyään maatilalle tuodaan runsaasti ravinteita lannoitteiden, rehujen ja maanparannusaineiden mukana. Toisaalta myytävän sadon mukana tilalta puolestaan poistuu ravinteita kaupunkeihin ja asutuskeskuksiin. Ravinteita kulkee maatilan läpi eikä kierto ole enää suljettu. Tulevaisuuden yhteiskunnan yksi tärkeimmistä haasteista on päästä nykyistä suljetumpaan ravinteiden kiertoon.

Maataloudessa typpi ja fosfori ovat kaksi tärkeintä kasvinravinnetta, joiden kiertoa kehitetään suljetummaksi periaatteella **pellolta takaisin pellolle**. Ravinnekierron pienetkin hävikit vaikuttavat sekä ravinteiden käytön tehokkuuteen että ympäristökuormitukseen. Ravinteiden huuhtoutuminen ja kasvihuonekaasupäästöt ovat osa ravinteiden kiertoa.

> Ravinteiden käytön tehokkuudella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon esimerkiksi viljaa pystytään tuottamaan ravinnekiloa kohden. Jos ravinteiden käytön tehokkuus on alhainen, pienempi osa ravinteista päätyy satoon ja suurempi osa altistuu joutumaan ympäristössä väärään paikkaan, esimerkiksi huuhtoutumaan vesistöihin.

/ kuva / Sakari Alasuutari

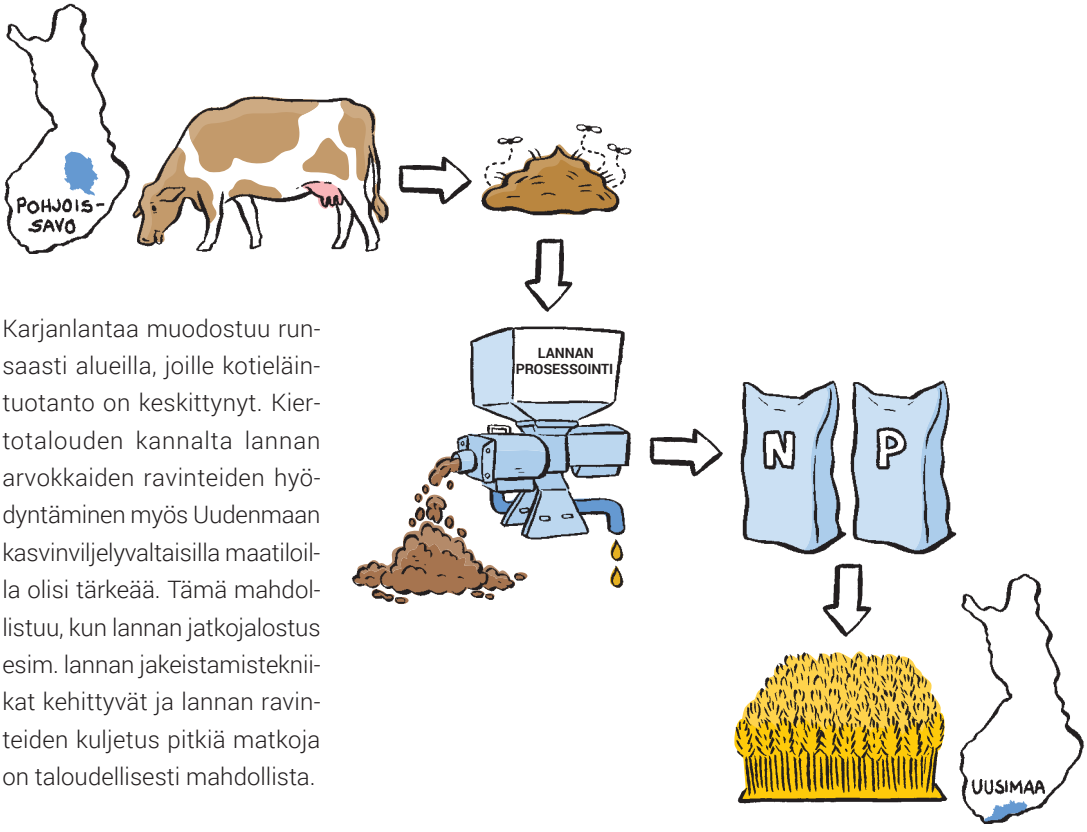
Kasvihuonekaasupäästöt ovat osa ravinteiden kiertoa. Esimerkiksi kasvusto sitoo yhteyttäessään eloperäisen aineksen hajotuksen yhteydessä syntyneen hiilidioksidin uudelleen biomassaan. Globaali ravinteiden kierto on suljettu, sillä aine ei häviä kierrosta, vaikka se vaihtaa olomuotoaan ja/tai siirtyy paikasta toiseen.

Ravinteiden matka ruokaketjussa

Kun pellolta korjattua kasvibiomassaa käytetään ruoan ja rehujen raaka-aineena, biomassaan sitoutuneet ravinteet lähtevät kiertoon. Merkittävä osa ravinteista palaa pellolle karjanlannassa. Lannan hyötykäyttö on kuitenkin haasteellista. Peltoviljely ja kotieläintuotanto ovat keskittyneet Suomessa osin eri alueille. Lannan ravinteita syntyy kotieläinvaltaisilla alueilla liikaa peltopinta-alaan nähden. Lannassa on kuitenkin vähän ravinteita lantakiloa kohden, joten lantaa ei ole taloudellista kuljettaa pitkiä matkoja.

Lannasta voidaan erottaa **jakeita**, joiden fosfori- tai typpipitoisuus on suurempi kuin raakalannan vastaavat pitoisuudet. Prosessointi lisää myös monesti ravinteiden käyttökelpoisuut-

Separoinnissa lietelannasta erotetaan kuiva- ja nestejakeet erilleen. Kuivajakeessa on suurin osa lannan fosforista ja eloperäisestä aineesta. Nestejakeessa on liukoisia ravinteita kuten ammoniumtyppeä.



Karjanlantaa muodostuu runsaasti alueilla, joille kotieläintuotanto on keskittynyt. Kiertotalouden kannalta lannan arvokkaiden ravinteiden hyödyntäminen myös Uudenmaan kasvinviljelyvaltaisilla maatiloilla olisi tärkeää. Tämä mahdollistuu, kun lannan jatkojalostus esim. lannan jakeistamistekniikat kehittyvät ja lannan ravinteiden kuljetus pitkiä matkoja on taloudellisesti mahdollista.

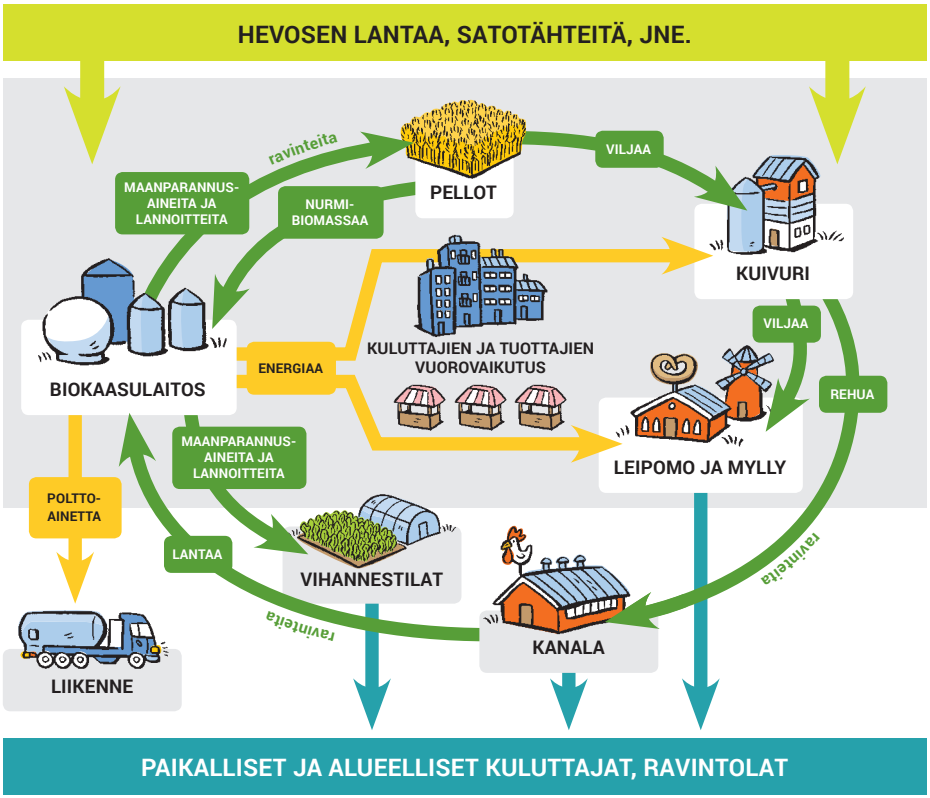
ta kasveille. Esimerkiksi lietelannasta voidaan **jakeistaa mineraalityppilannoitetta**. Lietelannassa on mukana kotieläinten sontaa, virtsaa ja pesuvesiä. Tulevaisuuden tilat hyödyntävät kehittyviä lannankäsittelyteknologioita ja esimerkiksi jakeistavat karjanlantaa. Tämä edistää ravinteiden kiertoa, sillä arvokkaimpien lannoitejakeiden kuljetus kauemmaksi on taloudellisesti kannattavampaa kuin raakalannan kuljetus.

Maatilan ulkopuolelle kuljetetuista ravinteista pieni osa palaa takaisin tilalle. Elintarviketeollisuuden **sivuvirtoja** käytetään eläinten ruokinnassa, jolloin osa maatiloilta lähteneistä ravinteista palaa takaisin. Esimerkiksi etanolin valmistuksessa syntyvää rankkia ja oluen valmistuksessa syntyvää mäskiä käytetään rehuna. Elintarviketeollisuuden sivuvirroista tehdään myös lannoitevalmisteita. Teurastamojätteestä valmistetaan lannoitekäyttöön sopivaa

Hyvinkään Palopurossa on muodostunut maatilojen ja elintarvikejalostajien sopimuksenvarainen yhteisö, joka tuottaa lähiruokaa. Pilottiprojektin toimijat sijaitsevat lähellä toisiaan. Yhteisön tavoitteena on kierrättää ravinteet ja energia mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteena on tuottaa ruokaa ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävästi.

Palopuron agroekologisen symbioosin ytimen muodostaa 385 hehtaarin luomumaatila, jonka läheisyydessä toimivat kanala, vihannestila ja leipomo, joka jalostaa tuotetun viljan leiväksi. Kokonaisuuteen kuuluu myös biokaasulaitos, joka tuottaa energiaa hevosen- ja kananlannasta sekä viherlannoitusnurmen biomassasta. Energia käytetään maatilalla ja leipomossa. Tarkoitus on myös jalostaa biokaasusta metaania liikennekäyttöön. Biokaasulaitoksen mädätysjäte käytetään pelloilla lannoitteena.

VOIT TUTUSTUA TOIMINTAMALLIIN TÄÄLLÄ
http://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/
https://www.youtube.com/watch?v=V5dPw2P6rRE



lihaluujauhoa. Kun näitä lannoitteita käytetään kasvintuotannossa, osa peltobiomassaan sidotuista ravinteista palautuu pelloille. Maataloudesta peräisin olevien ravinteiden kiertojen tehostaminen nykyisestä edellyttää kaikkien ruokajärjestelmän toimijoiden yhteistyötä.

Maatalous osallistuu myös muiden kuin pelloilta lähteneiden biopohjaisten materiaalien kierrätykseen. Metsäteollisuuden kuitupitoiset ylitteet kuten paperiteollisuuden nollakuitu ja puun kuivatislauksen eli pyrolyysin sivuotteena syntyvä biohiili ovat esimerkkejä materiaaleista, joita voidaan käyttää hiilipitoisena maanparannusmateriaalina pelloilla.

Osa ruoan ravinteista päätyy viemäriverkoston kautta **jätevedenpuhdistamolle** tai **biojätteeksi**. Biojäte on syötäväksi kelpaamattomia kuoria ja muita kasvinosia, luita, nahkaa ja vanhentunutta ruokaa. Ruokahävikki päätyy myös biojätteeksi. Jätevesiliitteessä on eloperäistä ainesta ja ravinteita, jotka ovat peräisin yhdyskuntien, kotitalouksien ja teollisuuden jätevesistä. Lietettä voidaan käyttää lannoitevalmisteissa, mutta liete on käsiteltävä ennen käyttöä, jotta se täyttää säädöksissä asetetut hygieniakriteerit ja muut laatuvaatimukset. Useimpia viljelijöitä koskevat maatalouden tukiehdot, joiden mukaan maatalouskäytössä saa käyttää ainoastaan käsiteltyä puhdistamolietettä. Näin varmistetaan, ettei lietteen mukana peltomaahan ja sieltä edelleen ruokaketjuun kulkeudu haitallisia aineita.

Ruokahävikillä tarkoitetaan ravinnoksi kelpaavaa ruokaa, joka kuitenkin syystä tai toisesta päätyy jätteeksi. **Ruokahävikki** on merkittävä jätebiomassa. Suomessa kotitalouksissa ruokahävikkiä kertyy vuodessa 20–25 kiloa henkeä kohden. Kotitalouksien ostamasta ruoasta kuusi prosenttia päätyy roskiin. Tämän lisäksi ruokahävikkiä syntyy elintarvikkeiden valmistuksen ja kaupan eri vaiheissa sekä ammattikeittiöissä. Ruokahävikin biojätteestä voidaan tuottaa energiaa (bioetanoli, biokaasu) ja maanparannusaineeksi sopivaa kompostia. Ravinteiden kierron kannalta ruokahävikin vähentäminen on järkevin vaihtoehto. Tässä kotitaloudet ovat avainasemassa, sillä niissä ruokaa menee hukkaan eniten.

Veden kierto suunnitellaan tarkemmin

Maatalous on mukana **veden kierrossa**. Suomessa sataa enemmän kuin haihtuu. Viljeltäviä peltoja on **kuivatettava** ojittamalla, jotta peltotyöt voidaan tehdä ajallaan ja jotta kasvit eivät kärsi maan märkyydestä. Toisaalta kasvukauden

/ kuva / Mervi Seppänen

Traktori ja kylvölannoitin.

aikana kasvit tarvitsevat sadonmuodostukseen vettä. Viljakasvit käyttävät yhtä tuotettua kuiva-aine kiloa kohden 400 kg (0,4 m^3) vettä. Tämän perusteella 5 000 kg:n hehtaarisadon tuottaminen on kuluttanut 2 000 m^3 vettä.

Suomessa peltoviljely on lähes kokonaan **luonnon sateiden varassa**. Kasvukauden aikana sateen määrä, ajoitus ja intensiteetti vaikuttavat merkittävästi kasvintuotantoon. On ennustettu, että ilmaston muuttuessa Suomessa äärevät sääolot, kuten talviaikaiset runsaat sateet ja kuivuus keväällä, ovat selvästi aiempaa todennäköisempiä. Mikäli kevätkuivuus yleistyy, se haittaa merkittävästi viljelykasvien kasvua ja ravinteidenottoa. Onkin todennäköistä, että tulevaisuuden maatilalla **kastellaan** peltoja nykyistä enemmän sadon ja tehokkaan ravinteiden hyötykäytön varmistamiseksi. Nyt Suomen viljelyalasta kastellaan vain noin kolme prosenttia, mutta puutarhakasveja ja avomaan vihanneksia kastellaan yleisemmin. Koko maailman mittakaavassa viljelyalasta kastellaan noin 20 % ja maatalous onkin maailmanlaajuisesti suurin yksittäinen makean veden käyttäjä.

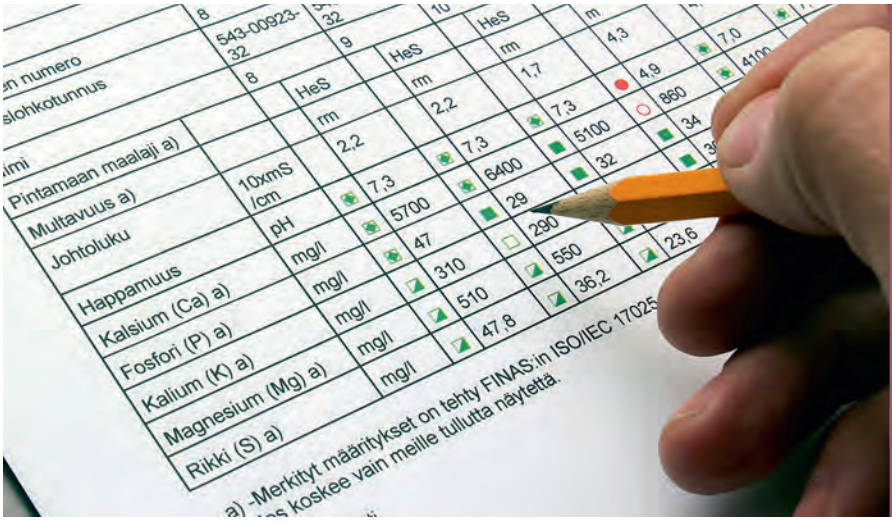
Kun peltoa kastellaan 30 millimetrin sadetta vastaava määrä, yhden hehtaarin kastelu kuluttaa 300 kuutiometriä vettä. Jotta kastelu onnistuu, käytettävissä on oltava riittävästi vettä. Veden saannin varmistaminen edellyttää, että **peltojen kuivatusvesiä varastoidaan kasteluvedeksi**. Peltojen vesitalouden järjestäminen ja hallinta onkin iso haaste tulevaisuuden suomalaisella maatilalla.

6.3 Älykkäät koneet, älykkäät maatilat

Maatalouden teknologinen kehitys on korvannut hevoset polttomoottorilla kulkevilla koneilla ja käsityötä sähkökäyttöisillä työkoneilla. Nykyaikainen traktori voi liikkua satelliittipaikannusta hyväksi käyttäen. Peltotöitä tehtäessä voidaan mitata paikkaan sidottua tietoa, jota käytetään työkoneen ajonaikaiseen säätöön tai myöhemmin viljelyn suunnitteluun. Esimerkiksi viljan korjuun yhteydessä leikkuupuimuriin asennettu mittausjärjestelmä mittaa sadon määrän, puintikosteuden ja sadon typpipitoisuuden. **Konenäköä** käytetään rikkakasvien tunnistuksessa, ja pienoishelikopteriin (drooni) kiinnitetyllä multi- tai hyperspektrikameralla mitataan kasvuston tilasta kertovia muuttujia. Mittaustiedosta tehdään pellon kattava **kartta**, josta nähdään kasvuston ja sadon vaihtelu pellon eri osissa. Parhaillaan kehitetään itsenäisesti pellolla kulkevia **robotteja**, jotka ovat askel kohti peltotöiden automaatiota.

Mittaukset ja tiedonkeruu mahdollistavat älykkään toiminnan

Jo ennen kevättöiden aloittamista maatilalla on kerätty viljelyn suunnittelua tukevaa tietoa, josta esimerkkinä maasta kolmen tai viiden vuoden välein tehtävä viljavuusanalyysi. Kasvustoja, säätä ja maaperää tarkkaillaan kesän mittaan ja havaitut ongelmat pyritään korjaamaan jo ennen kuin ne ehtivät aiheuttaa merkittäviä sadon menetyksiä. Lopulta kerätään tietoa sadon muodostumisesta ja tutkitaan sadon



/ tiedonkeruu / kuva / Sakari Alasuutari

laatua ja kaikkien näiden havaintojen perusteella säädetään seuraavan kesän viljelytoimenpiteitä. Tulevaisuudessa tiedon yhdistämisessä käytetään entistä enemmän **matemaattisia menetelmiä ja malleja**, jotta monipuolinen mittaustieto hyödynnetään päätöksenteossa mahdollisimman hyvin.

Perinteisin viljelysuunnittelua ohjaava tutkimus on viljavuusanalyysi. Pellolta kerätään rasiallinen maata, joka lähetetään laboratorioon analysoitavaksi. Tulosten perusteella voidaan todeta, mitä ravinteita maasta puuttuu ja osataan valita oikeanlaiset lannoitteet. Tämän lisäksi usein tutkitaan myös maalaji ja multavuus, jotta pellon käyttäytymistä osataan ennakoida entistä paremmin.

Keväällä viljelykasvien kasvua rajoittaa usein kuivuus. Tavalliseen kesään verrattuna noin puolitoistakertainen ja enimmäkseen kesäkuulle osuva sademäärä olisi olosuhteisiimme optimaalisin. Tästä syystä on tärkeää pyrkiä säilyttämään maa keväällä mahdollisimman kosteana, muttei liian märkänä. Pohjaveden korkeutta voidaan seurata maahan asennettavilla tarkkailuputkilla. Jatkuvatoimiset **maan kosteusanturit** ovat kuitenkin parempi menetelmä, sillä niillä saadaan tallennettua pellon kosteus koko vuoden kattavaksi sähköiseksi aineistoksi. Mittausten perusteella voidaan säädellä salaojia, keinokastella peltoa tai esimerkiksi muuttaa lisälannoituksen suunnitelmia veden saatavuuden mukaan. Kun pelto on kylvetty, aletaan ha-

/ kuva / Sakari Alasuutari

Viljelijä ottaa pelloiltaan säännöllisesti viljavuusnäytteet, joista analysoidaan maan ravinnepitoisuus. Näytekairalla otetaan maan kyntökerroksesta osanäytteitä, jotka yhdistetään ja lähetetään näyterasiassa laboratorioon. Tulevaisuudessa maan kemialliset ominaisuudet analysoidaan suoraan pellolla.

vainnoida kasvustoa. Kasvustosta voidaan teettää laboratorioanalyysejä ja sitä voidaan kuvata erilaisilla laitteilla.

Peltoviljely tapahtuu edelleenkin aina sään armoilla ja muuttuvien olosuhteiden seurauksena kasvien ravinnetarpeet ja toisaalta maassa olevien ravinteiden saatavuus vaihtelevat. Joskus ravinteet, joita pitäisi viljavuusanalyysin mukaan olla maassa riittävästi, eivät olekaan kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Kasvustosta voidaan ottaa näytteitä ja teettää laboratoriossa niin sanottu kasvianalyysi, jossa tutkitaan, miten paljon kasvi sisältää eri ravinteita. Tuloksia verrataan tietokantoihin, jotta saadaan selville, minkälaiset näiden ravinteiden optimaaliset pitoisuudet ovat terveessä kasvustossa. Näin saadaan tarkkaa tietoa siitä, mitä ravinteita kasvilta puuttuu jo ennen

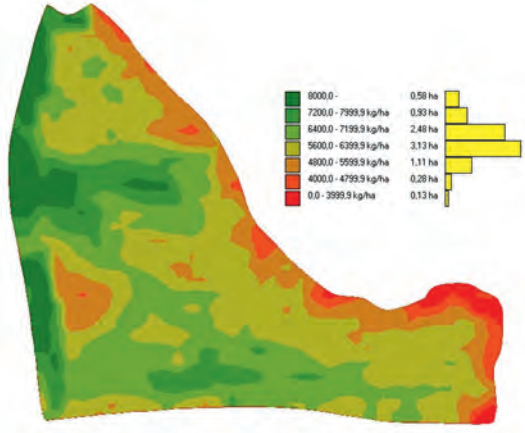
kuin puutos alkaa näkyä kasvuhäiriöinä. Hivenravinteiden puutokset voidaan korjata liuottamalla ravinteita veteen ja levittämällä liuos kasvinsuojeluruiskulla. Jos kasvustolta puuttuu pääravinteita (typpi, fosfori, kalium), niitä voidaan lisätä lannoitteenlevittimellä mutta ennen kaikkea ottamalla huomioon havaitut puutokset tulevien vuosien lannoituksen suunnittelussa.

/ sääasema / kuva / Niina Pitkänen / Luke

Satelliittipaikannus mahdollistaa paikkaan kiinnitetyn tiedon tuottamisen viljelyominaisuuksista

Jo pitkään on tiedetty, etteivät pellon kaikki kohdat ole yhtä hyviä kasvupaikkoja. Kuitenkin vasta **satelliittipaikannuksen** yleistyminen on tehnyt mahdolliseksi mitata tarkasti eri pellonosien kasvustoja. Peltolohkon sisäisen vaihtelun hallintaa kutsutaan **täsmäviljelyksi**.

Täsmäviljelyn ensiaskel on **satokartoitus**. Leikkuupuimuriin asennetaan laitteisto, joka mittaa satoa ajon aikana ja tuloksena saadaan yksityiskohtainen satokartta. Siinä missä kasvukauden aikaisten havaintojen perusteella pyri-



Satokartta paljastaa peltolohkolla olevat hyvin ja huonosti kasvavat ja satoa tuottavat kohdat. Kartassa punaisella merkityissä kohdissa sato-odotus on puolta pienempi kuin tummanvihreissä osissa. Punaisella merkityille alueille ei siten kannata käyttää yhtä suurta lannoitemäärää.

tään ohjaamaan kasvustoa, satokartta on lopullinen kooste toimenpiteiden onnistumisesta. Kun karttoja kerätään monelta eri vuodelta, opitaan vähitellen, miten pellon eri osat reagoivat muuttuviin olosuhteisiin. Toisaalta viljelijä voi kokeilla erilaisia toimenpiteitä vain osassa peltoa, jolloin satokartta paljastaa, miten kannattavia kokeiltavat toimenpiteet olivat.

Satokartalta tunnistetaan hyvin ja huonosti kasvavia kohtia, jotta niiden maanäytteet voidaan tutkia erikseen ja vertailla tuloksia. Tätä kautta saadaan arvokasta tietoa siitä, tulisiko pellon eri kohtia lannoittaa eri tavoin, jotta pellon heikot kohdat voidaan kohentaa parhaiden veroisiksi. Vastaavasti kohdistetaan pellon kasvustonäytteet ja pellon kosteusmittaukset. Täsmävilje-

Maatalouden menetelmiä kehitetään jatkuvasti. Kehitystyö edellyttää **monitieteistä tutkimusta** ja **monialaista yhteistyötä**. Esimerkiksi kehitettäessä uutta kylvömenetelmää tarvitaan tietoa maasta ja koneista ja niiden lisäksi kehitetyn menetelmän vaikutuksista sadon määrään eri vuosina ja erilaisissa sääoloissa. Myös menetelmän vaikutukset rikkakasvien, kasvitautien ja -tuholaisten esiintymiseen tulee tietää. Uuden menetelmän ympäristövaikutukset arvioidaan laskemalla vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin ja vesistökuormitukseen. Uuden menetelmän tulee olla myös taloudellisesti kestävä, eli sen käyttöönotto ei saa ainakaan huonontaa tilan taloudellista tulosta vaan pikemminkin parantaa sitä.

/ kuva / Sakari Alasuutari

lyyn ryhtyneellä maatilalla satokartta ohjaa kaikkia viljelmän hallintaan liittyviä toimia.

Kasvustoa voidaan myös kuvata ilmasta tai satelliitista, tai vaihtoehtoisesti traktoriin asennetulla kameralla ajon aikana. Kameroilla, jotka havaitsevat myös silmälle näkymättömiä infrapuna-aaltoja, voidaan tehdä niin sanottu NDVI-kuva (normalized difference vegetation index), joka kertoo valokuvaa tarkemmin kasvuston hyvinvoinnista eri pellon osissa. NDVI-karttaa voidaan ajatella välietappina kohti lopullista satokarttaa.

Edistyneimmät peltokoneet osaavat ottaa huomioon ennalta laadittuja suunnitelmakarttoja, havainnoida kasvustoa ja automaattisesti säätää esimerkiksi levitettävän lannoitteen määrää ajon aikana eri kohtiin peltoa. Peltoekosysteemi on kuitenkin niin monimutkainen ja arvaamaton, ettei sitä toistaiseksi ole yrityksistä huolimatta pystytty mallin-

Drooneja hyödynnetään maataloudessa yhä enemmän. Niiden avulla voidaan tehdä havaintoja kasvustosta, ja niihin asennetuilla hyper- tai multispektrikameroilla voidaan määrittää vaikkapa kasvuton tilaa kuvaava NDVI-indeksi. Kuva: Sakari Alasuutari.

/ kuva / Sakari Alasuutari

Lantarobotti siivoamassa pihattonavetassa lantakäytäviä.

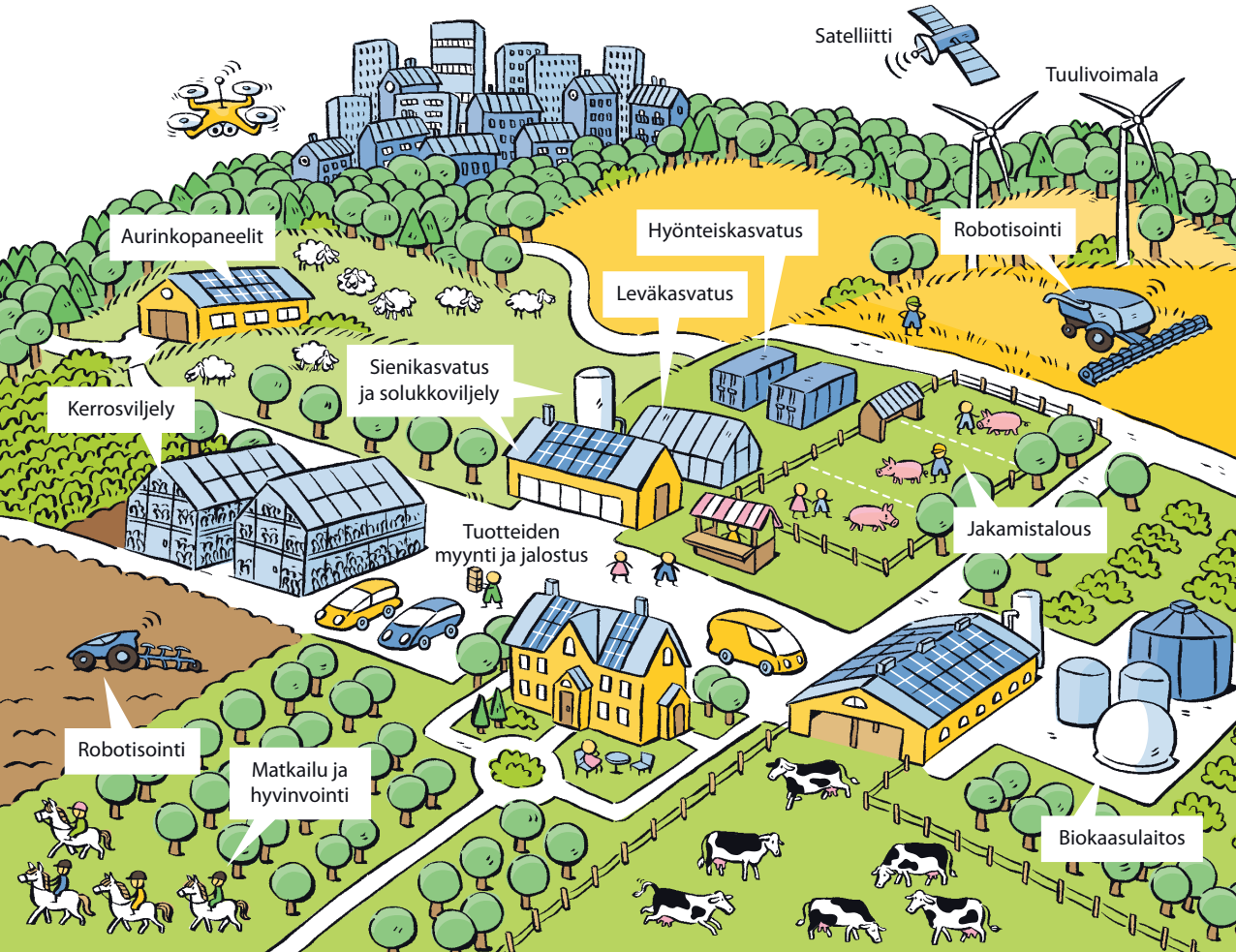
tamaan algoritmeillä. Siksi kaikkein hienostuneimmatkin automaatit ja laitteet viime kädessä vain tuottavat taitavalle viljelijälle entistä parempaa tietoa ja toteuttavat hänen päätöksensä entistä täsmällisemmin.

Kotieläintuotannossa **automaatiota** käytetään jo laajasti. Tuotantorakennuksissa automatiikka säätää ilmanvaihtoa. Automaattiruokkija valmistaa ja jakaa rehun eläimille tietokoneelle ohjelmoidun reseptin ja aikataulun mukaan. Vapaana pihatossa kulkeva lehmä menee lypsyrobotille halutessaan lypsettäväksi. Samalla robotti mittaa monia asioita lypsytapahtumasta ja lehmästä sekä ottaa maidosta näytteen laboratorioanalyysiin. Nykyaikaista mittausteknologiaa hyödynnetään myös eläinten terveyden ja hyvinvoinnin tutkimuksessa ja seurannassa. Esimerkiksi lehmän liikkumista ja lepoaikaa tutkitaan jalkaan kiinnitettävän kiihtyvyysanturin tuottamasta mittaustiedosta. Tulevaisuudessa tämä ala kehittyy merkittävästi. Eläinten terveyttä ja hyvinvointia seurataan käyttämällä mittaukseen perustuvaa tietoa samoin kuin ihmisilläkin.

Lopuksi

Maatalouden kehityskulku runsaasta resurssien käytöstä kohti kestävää ja ilmastoviisasta ruoantuotantoa on ollut nopeaa. Kehitystä on nopeuttanut monialainen kestävyyteen liittyvän tutkimustiedon lisääntyminen ja sen soveltaminen käytäntöön sekä tuotantoa ohjaavan lainsäädännön kestävyyttä tukevat kannusteet. Perinteisen maatiloilla tapahtuvan ruoantuotannon rinnalle on kehittymässä uusia vaihtoehtoisia tapoja, joiden ilmastokestävyys, taloudellisuus ja turvallisuus testataan lähitulevaisuudessa. Pelloilla viljelykasvimme muuntavat yhteyttäessään auringon energiaa tehokkaasti kemialliseksi energiaksi ja siksi perinteinen maataloustuotanto tulee olemaan tärkein tapa tuottaa suuria määriä ruokaa myös tulevaisuudessa. Toimenpiteitä ruoantuotannon kestävyyden lisäämiseksi tarvitaan jatkossakin. Jotta saavuttaisimme kestävyystavoitteet

mahdollisimman nopeasti ja pystyisimme samalla tuottamaan riittävästi ruokaa lisääntyvälle väestölle, on meidän ymmärrettävä maataloutta ja sen toimintaa. Sitä varten tarvitaan tietoa ja osaamista maataloustuotannosta. Ruoantuotanto on kokonaisuus, jossa ekologinen, sosio-kulttuurinen ja taloudellinen kestävyys yhdistyvät.

Tulevaisuuden Maatila 2.0 peltotöissä voi avustaa robotin ohjaama traktori samalla kun drooni tekee viljelijän päätöksenteon tueksi havaintoja kasvustoista. Vihanneksien kasvatukseen hyödynnetään LED-valoteknologiaa ja kasvuhuonekerrostaloissa tarvittava lämpöenergia tuotetaan tilan biokaasulaitoksella. Maatilan energian ja ravinteiden kierto on suunniteltu mahdollisimman suljetuksi. Kotieläinten valkuaisrehuksi tuotetaan erilaisia leviä, sieniä tai hyönteisiä. Maatila tuottaa myös virkistyspalveluja kaupunkilaisille ja myy tuotteitaan tilamyymälässä. Kaupunkilaiset osallistuvat myös ruoantuotantoon hankkimalla osuuksia ruoantuotannosta.

Kiinnostuitko?