



MAATILOJEN ENERGIANKÄYTTÖ ENPOS-HANKKEEN TULOKSET



JUKKA AHOKAS, TOIM

15

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL SCIENCES PUBLICATIONS

UNIVERSITY OF HELSINKI
FACULTY OF AGRICULTURE AND FORESTRY

Maatilojen energiankäyttö Enpos-hankkeen tulokset

Jukka Ahokas, toim

ISBN 978-952-10-4325-3 (Print)
ISBN 978-952-10-4326-0 (Online)

ISSN 1798-7407 (Print)
ISSN 1798-744X (Online)
ISSN-L 1798-7407

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL SCIENCES | **PUBLICATIONS** | 15

Yhteistyössä



JOHDANTO

Tämä raportti on tehty **ENPOS** hankkeessa. ENPOS on akronyymi sanoista ”**E**Nergy **P**OSitive farm”. ENPOS sai rahoituksensa EU:n Central Baltic INTERREG IV A ohjelmasta. Hankkeeseen osallistuvat Eestin maatalousyliopisto, Helsingin yliopiston Maataloustieteiden laitos ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT Teknologia tutkimus. Hankkeessa seurattiin suomalaisten ja virolaisten maatilojen energiankulutusta. Kulutustiedot analysoitiin ja niiden perusteella tehtiin energian käytön ja vähentämisen suhteen suosituksia. Hankkeen tuloksena on tämä julkaisu, joka on tehty sekä suomen että viroin kielillä. Nämä kaksi versiota eivät ole identtisiä, mutta niiden perussanoma on sama. Kirjoittajina tässä julkaisussa ovat olleet:

Prof. Jukka Ahokas, Helsingin yliopiston Maataloustieteiden laitos (hankevetäjä ja julkaisun toimittaja)

MMT Hannu Mikkola, Helsingin yliopiston Maataloustieteiden laitos

MMM Mari Rajaniemi, Helsingin yliopiston Maataloustieteiden laitos

MMM Tapani Jokiniemi, Helsingin yliopiston Maataloustieteiden laitos

Erikoistutkija, Dr.sc.agr., dos. Winfried Schäfer, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT

Erikoistutkija Helis Rossner, Viron Maatalousyliopisto, Maatalous- ja ympäristötieteiden laitos

Apulaisprofessori Alar Astover, Viron Maatalousyliopisto, Maatalous- ja ympäristötieteiden laitos

Tutkija Liina Talgre, Viron Maatalousyliopisto, Maatalous- ja ympäristötieteiden laitos

Apulaisprofessori, Enn Lauringson, Viron Maatalousyliopisto, Maatalous- ja ympäristötieteiden laitos

Tutkija Henn Raave, Viron Maatalousyliopisto, Maatalous- ja ympäristötieteiden laitos

Vanhempi tutkija, prof. emer. Väino Poikalainen, Viron Maatalousyliopisto, Eläinlääketieteen ja kotieläintieteen laitos

Vanhempi tutkija, prof. emer. Jaan Praks, Viron Maatalousyliopisto, Eläinlääketieteen ja kotieläintieteen laitos

Vanhempi tutkija Imbi Veermäe, Viron Maatalousyliopisto, Eläinlääketieteen ja kotieläintieteen laitos

Jatko-opiskelija Jüri Frorip, Viron Maatalousyliopisto, Teknologian laitos

Eugen Kokin, Viron Maatalousyliopisto, Teknologian laitos

Kirjoituksen maakohtaisia (Suomi - Viro) tilastotietoja tai vastaavia tietoja ei ole aina kerätty molemmista maista, vaan usein on tyydytty kirjoittajan oman maan tietoihin. Tämä johtuu siitä, että usein samaa tietoa kummastakin maasta ei ole saatavissa tai se on vaikeasti muokattavissa samaan muotoon.

Maatalous on muuttunut viimeisen 50 vuoden aikana fossiilisesta energiasta riippuvaksi. Työt tehdään konein ja lannoitteet tehdään suurimmaksi osaksi maakaasun avulla. Tiloilla on mahdollista säästää energiaa ja myös siirtyä kotimaiseen energiaan. Tällä hetkellä moni energian säästötoimi ei ole taloudellisesti kannattava, mutta on selvästi nähtävissä, että maatilojen energiaan käyttämät rahasummat ovat lisääntymässä. Tulevaisuudessa, ja ehkä vuonna 2020, johon tässäkin kirjassa on katsottu, energiatehokkuus ja kotimainen polttoaine ovat maatiloille tärkeitä. Energiaa voidaan säästää nytkin ilman suuria kustannuksia. Oleellista on, että tiloilla alettaisiin seurata energian käyttöä, jolloin energian ’vuotokoh-

dat' paljastuvat ja niitä voidaan paikata. Useimmilla tiloilla on tällaisia energiavuotoja, jokin kone, laite tai työ kuluttaakin runsaasti energiaa.

Uusissa traktoreissa on mahdollista seurata polttoaineen kulutusta jatkuvasti ja se voidaan myös ilmoittaa l/ha – kulutuksena. Tuntikulutus (l/h) kuvaa lähinnä moottorista otettavaa tehoa, hehtaarikulutus kuvaa sitä, kuinka paljon energiaa käytetään työn tekemiseen eli siinä on mukana myös työsaavutus. Tämä informaatio helpottaa kuljettajaa näkemään kulutuksen muutoksia. Työ ja karjatalouskoneisiin voitaisiin tulevaisuudessa yhä enemmän integroida mukaan energian käytön seuranta ja näyttö. Sähkölaitteiden energiankulutuksen mittaaminen on jälkiasenteisena kallista, koska olemassa oleviin sähköasennuksiin on tehtävä muutoksia. Tehdasasenteiset mittarit tulisivat huomattavasti edullisimmiksi.

Koneiden oma 'älykkyys' lisääntyy jatkuvasti ja energiankulutuksen tuominen siihen ei muuttaisi sitä paljoakaan. Nytkin osa koneista ja laitteista mittaa tähän tarvittavia tietoja, jolloin laitteeseen tarvitaan melko pieniä muutoksia. Koulutuksella ja ohjeilla voidaan helposti vaikuttaa energiankulutukseen. Traktorin ajotapakoulutuksella voidaan säästää kulutuksessa 10 – 20 %. Kuivurin eristämällä ja oikeilla kuivaustavoilla voidaan säästää 10 – 30 %. Näillä säästöillä voitaisiin lämmittää Suomessa ja Virossa yhteensä 15 000 omakotitaloa vuosittain.

Kasvien viljelyssä kannattaisi suosia typensitojakasvien käyttöä. Ne voidaan kasvat-
taa viherlannoitteena ja muokata maahan. Tämä säästää typpilannoitteiden tarvetta ja parantaa maan rakennetta, jolloin väkilannoitteiden tehokkuus paranee.

Maidon ja naudanlihan tuotannossa ollaan siirtymässä pois lämpimistä rakennuksista. Tällöin myös lämmitystarve vähenee huomattavasti, koska vain lypsyasemat, juomakupit ja muut vastaavat tilat tai laitteet ovat lämmitettyjä. Ilmanvaihto muuttuu koneellisesta luonnolliseksi, jolloin puhaltimia ei tarvita.

Karjan kasvatuksessa pitäisi käyttää mahdollisemman runsaasti omaa rehua. Ostetun rehun tuottamiseen käytetään aina enemmän energiaa. Karjan uusiminen vaatii myös energiaa. Mitä lyhyempi on lypsylehmän ikä, sitä enemmän täytyy kasvattaa nuorta karjaa korvaamaan poistumaa.

Karjatalouskoneiden energian kulutukset voivat vaihdella suuresti. Tämä johtuu valitusta tuotantotavasta ja myös koneissa voi olla eroja. Esimerkiksi ruokintamenetelmien valinnalla vaikutetaan myös energiankulutukseen.

Broilerien ja sikojen kasvatuksessa tuotantorakennukset ovat lämpimiä ja eläinten hyvinvoinnin takia tarvitaan tehokasta ilmanvaihtoa. Näissä voitaisiin käyttää lämmönvaihtimia, joilla osa poistuvasta lämmöstä voidaan uudelleen käyttää. Näillä tiloilla käytetään usein kotimaista polttoainetta, jolloin lämmityskustannukset ovat alhaiset. Uusiutuva polttoaine ei vähennä energiankulutusta, mutta vähentää hiilidioksidipäästöjä, koska kasvit sitovat sen hiilidioksidin jälleen uudelleen. Usein kotimainen polttoaine on taloudellisesti mielekkäämpi vaihtoehto kuin lämmön talteenotto. Maatalouden energiankulutus on vähäistä verrattuna muuhun kulutukseen, jolloin saavutetut säästöt eivät vaikuta paljoakaan koko maan kulutukseen. Viljelijöille säästöillä voi olla suurikin merkitys ja melko paljon pystytään säästämään pelkästään koulutuksen ja pienten investointien kautta.

Sisältö

1	MAATALOUDEN ENERGIAN KÄYTTÖ	8
1.1	Peruskäsitteitä	8
1.1.1	Työ ja teho	8
1.1.2	Energia	9
1.1.3	Hyötysuhde	10
1.1.4	Energiasuhde	11
1.1.5	Ominaistuotto ja ominaisenergian käyttö	11
1.2	Maatalouden energia- ja päästöanalyysit	11
1.2.1	Energia-analyysit	11
1.2.2	Päästöanalyysit	12
1.3	Maatalouden energiankulutus	14
1.3.1	Energian käyttö maataloudessa	14
1.3.2	Suora ja epäsuora energiankulutus	14
1.3.3	Energiankulutus kasvintuotannossa	14
1.3.4	Energiankulutus karjataloudessa	17
2	MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA	20
2.1	Energia-analyysit	20
2.1.1	Energia-analyysin teko	20
2.1.2	Perusanalyysi (Top-Down)	21
2.1.3	Yksityiskohtainen analyysi (Bottom-Up)	22
2.2	Energiankäytön vertailu	25
2.3	ENERGIANKULUTUKSEN SEURANTA	26
2.3.1	Traktorit ja työkoneet	26
2.3.2	Lämmityslaitteet	28
2.3.3	Viljan kuivaus	29
2.3.4	Rakennukset	29
2.3.5	Sähkölaitteet	30
2.3.6	Karjatalouskoneet	30
2.3.7	Sähkönkulutuksen seuranta	34
2.4	Esimerkkejä seurannasta	35
2.4.1	Kasvituotantotila (esimerkkitala EE5)	35
2.4.2	Lypsykarjatila (esimerkkitala 2 FIN)	36
2.4.3	Lypsykarjatila (EE2)	41
2.4.4	Yhteenvedo seurantatilojen energiankulutuksesta	42
3	MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ	47
3.1	Kasvintuotanto	47
3.1.1	Energian käyttö kasvin tuotannossa	47
3.1.2	Energiansäästömahdollisuudet lannoitteiden avulla	47
3.1.3	Työkoneiden polttoaineen säästömahdollisuudet	61

Sisältö

3.1.4	Tilanhoidon merkitys	66
3.2	Sadon säilytystavat	67
3.2.1	Materiaalin kuivaus	68
3.2.2	Muut sadon säilytystavat	72
3.3	Rakennukset	73
3.3.1	Karjasuojien olosuhteet	73
3.3.2	Lämmön johtuminen	74
3.3.3	Ilmanvaihdon lämpöhäviö	75
3.3.4	Kokonaislämpöhäviö	75
3.3.5	Lämmön talteenotto ilmanvaihdon poistoilmasta	76
3.3.6	Rakennusten viilennys	77
3.4	Rakennusten ilmanvaihtolaitteet	78
3.4.1	Energiatehokkaat puhaltimet	78
3.4.2	Puhallinten säätäminen	78
3.4.3	Puhallinten huolto ja puhtaanapito	79
3.4.4	Ilmanvaihtokanavisto	79
3.5	Valaistus	79
3.5.1	Valaistuksen energiansäästö	79
3.5.2	Hehkulamput	80
3.5.3	Loistelamput eli pienpaine elohopeapurkauslamput	81
3.5.4	LED-lamput	81
3.5.5	Suurpainenatriumlamput	81
3.5.6	Lamppujen käyttöikä	82
3.5.7	Lamppujen puhtaanapito ja rakennusten pintamateriaalit	82
3.5.8	Valaistuksen himmentäminen ja ajastaminen	82
3.6	Sianlihan tuotanto	83
3.6.1	Energiankulutus sianlihan tuotannossa	83
3.6.2	Rehun tuotannon energiankulutuksen vähentäminen	84
3.6.3	Yhteenvedo sianlihan tuotannon energiankulutuksen vähentämisestä	84
3.7	Broilerituotanto	85
3.7.1	Energiankulutus broilerituotannossa	85
3.7.2	Rehut	86
3.7.3	Lämmitys	86
3.7.4	Lämpövuodot	87
3.7.5	Ilmanvaihto	88
3.7.6	Valaistus	88
3.8	Maidontuotanto	90
3.8.1	Energiankulutus maidontuotannossa	90
3.8.2	Rehuntuotanto	91
3.8.3	Rakennukset ja ihmistyö	92
3.8.4	Sähkön käyttö	92
3.8.5	Maidon jäähdyttäminen	93
3.8.6	Valaistus	94
3.8.7	Ilmanvaihto	95
3.8.8	Veden saanti ja lämmitys	98
4	MAATILAN UUSIUTUVA JA PAIKALLINEN ENERGIA	99
4.1	Uusiutuvan energian käyttö	99

Sisältö

4.2	Kiinteät polttoaineet	101
4.2.1	Hake	101
4.2.2	Olki	101
4.2.3	Turve	102
4.3	Biokaasu	104
4.3.1	Biokaasun käyttömahdollisuuksia mallitiloilla	107
4.4	Tuulienergia	113
4.5	Aurinkoenergia	116
4.5.1	Aurinkoenergian käyttö	116
4.5.2	Aurinkosähkö	116
4.6	Maalämpö	118
4.7	Nestemäiset biopolttoaineet	119
4.7.1	Yleistä	119
4.7.2	Tilatasolla tuotettavat biopolttoaineet	120
4.7.3	Rypsiöljyn ja rypsimetyyliesterin valmistus	120
4.7.4	Biodieselin valmistus	120
4.7.5	Soveltuvuus eri käyttökohteisiin	122
5	MAATILA VUONNA 2020	128
5.1	Maatilojen kehityssuunnat	128
5.2	Tilakoko ja eläinmäärä	130
5.3	Tilan johto	131
5.4	Energian käytön seuranta	132
5.5	Pellon käyttö bioenergian tuotantoon	133
5.6	Luomu-, monitoimi- ja harrastusmaatilat (hevostilat, sivutoimiviljely)	134

1 MAATALOUDEN ENERGIAN KÄYTTÖ

Jukka Ahokas

1.1 Peruskäsitteitä

1.1.1 Työ ja teho

Työ ja teho liittyvät fysiikkaan. Työn perusmäärittäminen tulee kappaleeseen vaikuttavasta voimasta ja kuljetusta matkasta. Esimerkiksi äkeen vetämiseen tarvitaan 15 kN voima ja tunnissa äkeellä ajetaan 8 km, äkeeseen tehty työ on silloin $15 \text{ kN} \cdot 8000 \text{ m} = 120\,000 \text{ kJ}$. Työn yksikkönä käytetään joulea J, joka on Nm.

Teho ilmaisee sen kuinka nopeasti työ tehdään. Jos äskeinen työ tehtiin tunnissa (ajonopeus 8 km/h), silloin teho on $120\,000 \text{ kJ/h}$ eli $120\,000 \text{ kJ}/3600 \text{ s} = 33 \text{ kW}$. Tämä teho on pelkästään äkeen vetämiseen tarvittava teho, traktorin oma liikkuminen tarvitsee vielä oman tehonsa.

Jos kyse ei ole vetävästä työstä vaan pyörivästä työstä, kuten esimerkiksi moottorin tekevästä työstä, silloin työ saadaan kertomalla vääntömomentti kulmamäärällä. Esimerkiksi moottorin vääntömomentti on 300 Nm ja sitä vastaava pyörimisnopeus on 1400 1/min. Kuinka suuren työn moottori tekee tunnissa? Momentti on SI-yksikköjen mukainen, mutta kulmamäärä pitää laskea. Tunnissa moottori kiertää $1400 \cdot 60 = 84\,000$ kierrosta. Tämä pitää muuttaa SI-yksiköksi. Yhdessä kierroksessa on 2π radiaania eli 527 520 radiaania. Tunnissa tehdään siten $158\,256 \text{ kJ}$ työtä. Teho on tällöin $n = 44 \text{ kW}$ ($158\,256 \text{ kJ}/3600 \text{ s}$).

Sähkötekniikassa laitteen kuluttama teho P saadaan kertomalla laitteen läpi menevä virta I laitteessa tapahtuvalla jännitehäviöllä U, kun kyseessä on tasajännite. Vaihtojännitteen tehossa pitää ottaa huomioon sähkölaitteen mahdollisesti aiheuttama virran ja jännitteen vaihe-ero. Tämän $\cos \varphi$ arvo (tehokerroin) on usein ilmoitettu laitteen arvokilvessä. Sähkömoottorit samalla lailla kuin traktorin moottorit voivat olla kevyesti tai raskaasti kuormitettuja. Traktorissa kuormituksen aistii moottorin nopeuden vaihteluista ja palamisäänestä. Sähkömoottori toimii lähes samalla lailla riippumatta siitä miten sitä kuormitetaan. Jos traktorimoottorin tehoksi ilmoitetaan 100 kW, tämä tarkoittaa siitä saatavaa suurinta tehoa. Vastaavasti sähkömoottorin arvokilven teho tarkoittaa moottorin suurinta tehoa. Kuinka paljon moottori kuormittuu todellisuudessa, riippuu kuormituksesta eli ilmoitettu teho on vain suurin käytettävissä oleva teho.

Edellä on käsitelty mekaanista työtä ja tehoa sekä sähkötehoa. Maataloudessa käytetään myös ilman tai nesteen virtausta. Ilmaa käytetään kuivureissa siirtämään kosteus pois materiaalista ja karjasuojissa se huolehtii hyvästä sisäilmasta. Työkonehydrauliikassa käytetään öljyn virtausta ja painetta työn tekoon. Vesipumpuissa käytetään virtausta siirtämään vettä paikasta toiseen. Virtauksessa oleva teho saadaan kertomalla tilavuusvirtaus paineella. Esimerkiksi traktorin työkonehydrauliikan tuotto on 70 l/min ($0,0012 \text{ m}^3/\text{s}$) ja paine on 15 MPa (150 bar), virtauksen teho on $0,0012 \cdot 15\,000 \text{ kPa} = 18 \text{ kW}$.

1.1.2 Energia

Nimi energia juontaa kreikan kielestä ja tarkoittaa toimeliaisuutta tai toimintaa. Fysiikassa energia tarkoittaa sitä, että järjestelmällä on mahdollisuutta tehdä työtä. Energian SI-järjestelmän mukainen yksikkö on joule (J), mutta sen rinnalla käytetään myös muita yksiköitä, kuten kWh tai sen monikertoja. Perusyksikköä joulea käytetäänkin melko harvoin johtuen siitä, että energiankulutus mitataan muina kuin perusyksikköinä. Sähkö mitataan yksikössä kWh, nestemäisten polttoaineiden kulutuksena käytetään litroja ja kiinteiden polttoaineiden kuten polttopuiden kuutiometrejä.

Energia voi esiintyä eri muodoissa, esim. potentiaalienergiana, liike-energiana, lämpöenergiana ja sähkömagneettisena energiana. Tavallisimmin energia muutetaan mekaaniseksi työksi tai sitä käytetään rakennusten lämmittämiseen tai ruuan tai rehun valmistamiseen. Polttomoottoreiden ja lämmityskattiloiden käytössä polttoaineiden kemiallinen lämpöenergia vapautetaan ja sen avulla tehdään mekaanista työtä tai lämmitetään rakennuksia tai prosesseja. Erilaisia energioita voidaan näin muuttaa muodosta toiseen. Muunnosten hyötysuhteet eivät ole 100 %, vaan niissä tapahtuu aina energian häviämistä siten, että muunnetussa muodossa on aina vähemmän energia kuin alkuperäisessä muodossa.

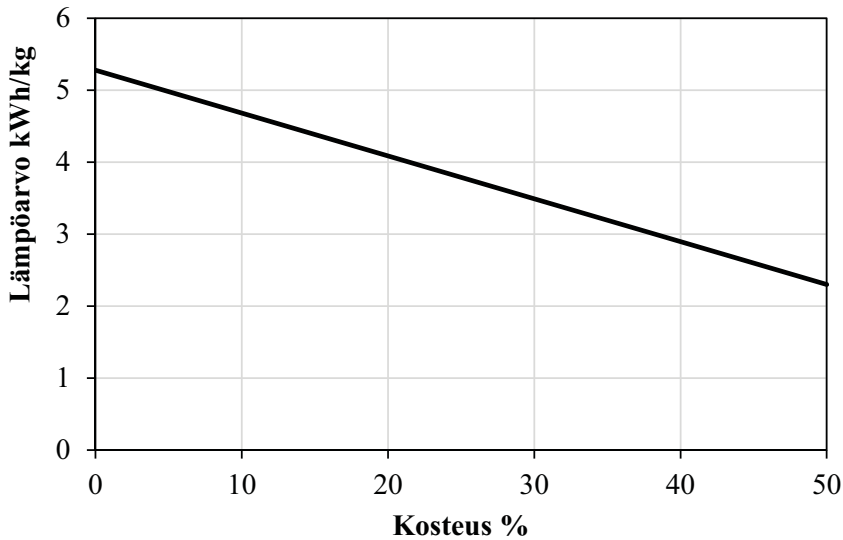
Energiasta käytetyt yksiköt vaihtelevat sen mukaan miten energiaa myydään. Sähköenergian määrä on helppo mitata kWh yksikkönä, joten sitä käytetään sähköenergian yksikkönä. Polttoaineet mitataan tilavuus- tai painomittoina ja ne ovat käytössä niiden kaupassa. Kuljetusvälineiden polttoaineet ostetaan aina litroina ja kulutukset ilmoitetaan litroina yhteisesti sovitua yksikköä kohti (l/100 km, l/h, l/(tn · km)...

Materiaalien energiasältö ilmoitetaan niiden lämpöarvojen avulla. Lämpöarvo tarkoittaa energiamäärää, joka materiaalista vapautuu lämpönä kun se poltetaan. Taulukossa 1.1 on esitetty muutaman materiaalin tyypillisiä lämpöarvoja silloin, kun tuote on täysin kuivaa (0 % kosteuspuitoisuus). Energia muuntaminen lämmöksi tai työksi ei ole täysin häviötöntä, palamisessa päästään parhaillaan yli 90 % hyötysuhteeseen. Lihastyön hyötysuhde on parhaimmillaan noin 20 % eli syödyn leivän energiasta vain osa voidaan muuttaa fyysiseksi työksi. Polttomoottorit pystyvät muuntamaan polttoaineen energiasta parhaimmillaan lähes 50 % mekaaniseksi työksi.

Taulukko 1.1: Polttoaineiden kuiva-aineiden lämpöarvoja

Materiaali	Lämpöarvo MJ/kg	Lämpöarvo kWh/kg	Tiheys kg/m³	Lämpöarvo kWh/m³
Vilja	20	5,6	700	3890
Olki	19	5,3	100	530
Rypsin siemen	37	10,3	600	6170
Puu	19	5,3	400	1410
Polttoöljy	43	11,9	830	9910
Etanoli	27	7,5	790	5930

Biomateriaaleissa on aina kosteutta mukana ja se otetaan lämpöarvossa huomioon vähentämällä veden osuus painosta sekä myös vähentämällä veden höyrystymiseen tarvittava energiamäärä. Kuvassa 1.1 on esitetty lämpöarvon riippuvuus materiaalin kosteudesta. Kuvassa kuiva-aineen kosteus on 5, kWh/kg (19 MJ/kg), joka on useille biopolttoaineille tyypillinen lämpöarvo. Kuvan 1.1 lämpöarvo on esitetty polttoainekiloa kohden. Polttoaineen kuivuessa paino alenee veden poistuessa siitä, mutta tilavuus muuttuu vain vähän.



Kuva 1.1: Puun, oljen ja viljan lämpöarvon riippuvuus materiaalin kosteudesta (kuiva-aineen lämpöarvo 5,3 kWh/kg)

Tämän takia kiinteän polttoaineen kaupassa käytetään useimmiten tilavuutta (m^3 , motti) kauppayksikkönä. Massaa käytettäessä kostea puu painaa enemmän, mutta tilavuutta käytettäessä mitta säilyy kosteudesta huolimatta lähes samana.

Perusyksikkö joulea ei ole energian kaupassa käytössä, vaan siinä käytetään muita helpommin määriteltävissä olevia yksiköitä. Yleisimmin käytetään yksikköinä MJ tai kWh ($1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$ ja $1 \text{ MJ} = 0,27778 \text{ kWh}$). Kun puhutaan suuremmasta kuin maatilaluokan energiasta, silloin käytetään yksikköinä MWh, GWh, TWh, GJ tai TJ. Tällöin kyse on SI-järjestelmä mukaisesta tuhansien esitystavasta ($1 \text{ MWh} = 1000 \text{ kWh}$, $1 \text{ GWh} = 1000 \text{ MWh}$, $1 \text{ TWh} = 1000 \text{ GWh}$).

1.1.3 Hyötysuhde

Energian käytössä ei päästä koskaan 100 % hyötysuhteeseen, vaan prosessista riippuen hyötysuhde heikkenee. Lisäksi samankin prosessin tai käytön hyötysuhde riippuu monesti kuormituksesta. Hyötysuhde voidaan laskea tehon tai energian avulla. Hyötysuhde saadaan kun verrataan esimerkiksi saatua energiamäärää polttoaineessa olleeseen energiamäärään. Esimerkiksi lämmityskattiloissa hyötysuhteet ovat parhaimmillaan 90 % luokkaa. Tämä tarkoittaa sitä, että polttoaineesta olevasta lämmöstä 10 % on ollut häviötä, esimerkiksi savukaasuissa poistunut lämpö tai vaikka kattilan kuoren läpi tapahtuvaa lämpöhäviötä.

Polttoimottoreiden hyötysuhteet ovat parhaimmillaan 40 – 50 % luokkaa, mutta hyötysuhde riippuu niissä moottorin kuormituksesta. Silloin kun käytetään suhteellisen alhaisia moottorin nopeuksia päästään parempaan hyötysuhteeseen kuin korkeita kierroksia käytettäessä.

Taulukko 1.2: Maataloustuotannon energiasuhteita

Tuotanto	Tyypillinen energiasuhde
Vilja	3 – 5
Ruokohelpi	8 – 15
Säilörehu	5 – 8
Maito	0,5 – 1,0
Sianliha	0,4 – 0,9
Broileri	0,5 – 1,1

1.1.4 Energiasuhde

Maataloudessa käytetään energiasuhdetta kun halutaan verrata tuotannon energiatehokkuutta. Energiasuhde lasketaan tuotantoon käytetyn energiamäärän ja tuotteesta saadun lämpömäärän avulla. Tuotteen energia lasketaan aina sen suurimman lämpömäärän (lämpöarvon) mukaan vaikka tuote käytettäisiin ruuaksi tai rehuksi. Peltokasvituotannossa pitäisi päästä aina yli yhden energiasuhteeseen, muutoin tuotannossa käytetään enemmän energiaa kuin mitä tuotteesta saadaan. Etenkin energian tuotannossa tämä on tärkeää. Ei ole esimerkiksi mieltä tuottaa sellaista biopolttoainetta, jonka tuottamiseen käytetään yhtä paljon energiaa kuin mitä itse tuotteessa on.

Kasvintuotannon energiasuhde on aina yli yhden, mutta karjataloudessa se on yleensä alle yhden. Tämä hyväksytään, koska kyseessä on esimerkiksi ihmiselle kelpaamattoman biomassan (heinä) muuttamisesta ravinnoksi kelpaavaan muotoon (maitotuotteet, liha). Energiasuhde voi olla yli yhden sen takia, koska auringon energiaa ei oteta huomioon. Kasvien kasvu perustuu auringon energiaan. Taulukossa 1.2 on esitetty tyypillisiä maataloustuotannon energiasuhteita.

1.1.5 Ominaisuus ja ominaisenergian käyttö

Ominaisuudessa lasketaan kuinka paljon tuotetta tuotetaan tuotantoon käytettyyn energiamäärään nähden. Ominaisuutta käytetään kun halutaan verrata eri tuotantoja. Luku ilmaisee suoraan tuotannon energiatehokkuuden ja sen avulla voidaan verrata erilaisia tuotantotapoja. Esimerkiksi 3500 kg hehtaarisadon tuottamiseen tarvittiin 6000 kWh energiamäärä, ominaisuus on $3500/6000 = n$ 0,6 kg/kWh. 1 kWh energiapanoksella saadaan 0,6 kg sato.

Ominaisenergian käyttö on ominaisuuden käänteisluku ja se ilmaisee kuinka paljon energian tarvitaan yhden kilon tuotteen tuottamiseen. Edellisen kappaleen esimerkki on siten $6000/3500 = 1,7$ kWh/kg. Yhden ohrakilon tuottamiseen tarvitaan 1,7 kWh energiamäärä.

1.2 Maatalouden energia- ja päästöanalyysit

1.2.1 Energia-analyysit

Maataloustuotannon energiankäyttö on lisääntynyt voimakkaasti. Tähän on syynä maapallon väestönkasvu, työvoiman siirtyminen maaseudulta asutuskeskuksiin ja uudet tuotantotekniikat. Maataloustuotanto perustuu nykyisellään hyvin voimakkaasti fossiilisen energian

käyttöön. Jotta maataloustuotantoa ja erilaisia tuotantotapoja voitaisiin arvioida, niille on tehty energia-analyyskejä sekä elinkaariarviointeja. Nämä liittyvät tuotannon ja menetelmien ekologiseen arviointiin ja niiden merkitys kasvaa jatkuvasti. Maataloudessakin pyrkimyksenä on energiatehokas tuotanto kestävästä kehityksen mukaisesti. Energia-analyysseissä käytetään usein seuraavia askeleita:

- Tuotantoprosessi rajataan systeemanalyysin mukaisesti siten, että sen ympärille piirretään raja.
- Tämän lähestymistavan ansiosta itse prosessien sisäistä toimintaa ei tarvitse tietää, riittää kun tiedetään rajapinnan ylittävät virrat.
- Tämän alueen sisälle meneviä energioita ja ulos tulevia energioita tarkastellaan niiden lukuarvojen avulla. Itse päätuotteen lisäksi myös sivutuotteiden energiat voidaan ottaa tarkasteluun mukaan.
- Verrataan tuotannossa saatua energiaa tuotantoon käytettyyn energiaan, jolloin saadaan tuotannon energiasuhde.

Myös voidaan verrata tuotettua yksikköä kohti käytettyä energiamäärää. Jos halutaan tehdä elinkaariarviota, silloin tarkastellaan myös päästöjä. Riippuen siitä mitä halutaan tarkastella rajattu systeemi voi sisältää myös alisysteemejä. Esimerkiksi tilalla, joka harjoittaa vain viljan viljelyä, voidaan tarkastella koko tilaa yhtenä systeeminä. Silloin systeemiin tuotu energia polttoaineina, sähköinä tai lannoitteina on tuotantoon käytetty energiavirta. Vastaavasti saatu sato on tuotettua hyötyenergiaa.

Energian kulutukset vaihtelevat maalaajin, sääolojen ja maantieteellisen sijainnin mukaan. Esimerkiksi viljan kuivausta ei tarvita edullisilla alueilla (esim. Keski- ja Etelä-Eurooppa). Jos kuivausta tarvitaan, siihen tarvittava energiamäärä riippuu viljan alkukosteudesta. Maalaji vaikuttaa voimakkaasti maan muokkaamiseen tarvittavaan energiamäärään. Analyysseissä pitääkin tämän takia selostaa laskentamenetelmät ja alkuarvot. Analyysien teko ei myöskään ole aina helppoa. Viljanviljelyssä sadoksi saadaan sekä olki että jyvät. Jos olkea ei pystytä hyödyntämään, sitä ei voida laskea hyödyksi.

1.2.2 Päästöanalyysit

Samalla lailla kuin energia-analyysseissä myös päästöjen tai toiminnan luontoon aiheut-taman vaikutuksen arvioinnissa on useita erilaisia menetelmiä käytössä. Alla on lyhyt kuvaus kustakin menetelmästä.

Hiilijalanjälki

Alun perin kyseessä oli osa ekologista jalanjälkeä. Se kuvasi metsämaan pinta-alaa, joka tarvittiin tietyn hiilidioksidimäärän sitomiseen ilmakehästä. Myöhemmin hiilidioksidiekvivalentteja on alettu kutsumaan hiilijalanjäljeksi. Hiilijalanjäljellä onkin monia erilaisia määritelmiä ja rajauksia ja analyysien tulokset voivat vaihdella huomattavasti. Tätä menetelmää ollaan parhaillaan standardoimassa kansainvälisesti.

Ekologinen jalanjälki

Ekologisella jalanjäljellä tarkoitetaan sitä maa- ja vesipintaa, joka tarvitaan kulutuksen resursseihin ja jätteen käsittelyyn. Ekologista jalanjälkeä verrataan biokapasiteettiin

Taulukko 1.3: Polttoaineiden hiilidioksidipäästöt, lämpöarvot ja tiheydet

Polttoaine	CO₂-päästö g/MJ	Lämpöarvo MJ/kg	Tiheys kg/dm³
Nestekaasu	65,0	46,2	
Moottoribensiini	72,9	43,0	0,75
Dieselöljy ja moottoripolttoöljy	73,6	42,8	0,82 - 0,84
Kevyt polttoöljy	74,1	42,7	0,82 - 0,84
Raskas polttoöljy	78,8	41,1	0,9 - 1,0
Maakaasu	55,04 kg/m ³	36,0 MJ/m ³	
Jyrsinturve	105,9	10,1	
Puu	109,6	7,5 - 14,0	0,4 - 0,6
Ruukohelpi	100,0	14,6	
Vilja ja olki	109,6	13,5	
Biokaasu	56,1 kg/m ³	20,0 MJ/m ³	

(tuottavaan maapinta-alaan) ja sen avulla arvioidaan onko toiminta kestävä. Esimerkiksi Suomella on käytettävissä enemmän biokapasiteettia kuin kulutus tarvitsee.

Vesijalanjälki

Vesijalanjälki summaa koko tuotannon aikaisen vedenkulutuksen. Vesijalanjälki jakaa kulutuksen kolmeen komponenttiin: sininen vesi (haihdutettu pinta- ja pohjavesi), vihreä vesi (haihdutettu sadevesi) ja harmaa vesi (saastunut vesi). Soveltamista varten on julkaistu ohjeistuksia ja oppaita, esim. <http://www.waterfootprint.org>.

Hiilidioksidiekvivalentti

Tuotannon ilmastovaikutus otetaan huomioon laskemalla tuotannon hiilidioksidiekvivalentti (CO₂-ekv., CO₂e). Ilmaston lämpenemistä laskettaessa käytetään yleisesti IPCC laskentamenetelmää¹. Siinä lasketaan päästökaasujen vaarallisuus siten, että esim. 100 vuoden ajanjaksolla metaanin GWP-kerroin (Global Warming Potential) on 24,5 ja typpioksiduulin 320. Hiilidioksidin kerroin on 1 eli metaani on 24,5 kertaa ja typpioksiduuli 320 kertaa haitallisempi kuin hiilidioksidi. Biopolttoaineiden poltossa hiilidioksidia ei oteta huomioon, koska kasvien ajatellaan sitovan sen uudelleen kasvukierrossa.

Hiilidioksidipäästö

Kun lasketaan polton aiheuttamaa hiilidioksidimäärää, silloin päästömäärä saadaan suoraan polttoaineen hiilen muuttumisesta hiilidioksidiksi. Arvot voidaan laskea polton kemiallisista yhtälöistä kun polttoaineen keskimääräinen koostumus tiedetään. Tilastokeskus käyttää laskennassaan taulukon 1.3 mukaisia arvoja. Taulukkoon on kerätty myös polttoaineiden tyypillisiä tiheyksiä. Kiinteiden polttoaineiden osalta on muistettava, että niiden tilavuuspainot (kuormapainot) ovat huomattavasti tiheyttä pienempiä. Kaasumaisten polttoaineiden tiheys riippuu myös lämpötilasta ja paineesta.

¹IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 1996

1.3 Maatalouden energiankulutus

1.3.1 Energian käyttö maataloudessa

Maatalous kulutti Suomessa vuonna 2010 n. 10 TWh verran suoraa energiaa. Tämä on koko maan kulutuksesta vain 3 %². Maatalouden energian kulutus tai säästö ei siten vaikuta kovinkaan paljon koko maan kulutukseen. Toisaalta yksittäisellä tilalla energian säästöllä voi olla merkitystä. Energian osuus maatalouden kokonaismenoista on kasvanut koko ajan. Vuonna 2000 energian osuus maatalouden kokonaiskustannuksista Suomessa oli noin 5 %. Vuonna 2011 se oli kohonnut noin 8 % tasoon (Kuva 1.2^{3,4}). Energian osuus kustannuksissa on kymmenen viime vuoden aikana lisääntynyt eikä sen osuudessa ole odotettavissa vähenemistä. Tämä tarkoittaa sitä, että energiakustannusten merkitys tulee tulevaisuudessa lisääntymään ja energian käyttö ja säästö korostuvat.

1.3.2 Suora ja epäsuora energiankulutus

Energian kulutus voidaan jakaa kahteen osaan, suoraan ja epäsuoraan kulutukseen. Suora energiankulutus tarkoittaa tilalle ostettua energiaa, epäsuora tarkoittaa ostettuja laitteita, kemikaaleja yms., joiden valmistukseen ja kuljetukseen tarvitaan energiaa. Näihin tarvittava energia on käytetty tilan ulkopuolella, mutta ne hyödynnetään tilalla. Tyypillisiä epäsuoria energioita ovat lannoitteet, kasvinsuojeluaineet, koneet yms. Maatilojen suoran energian säästö vaikuttaa maatilojen energiankulutukseen, epäsuora energian säästö vaikuttaa teollisuuden energiankulutukseen.

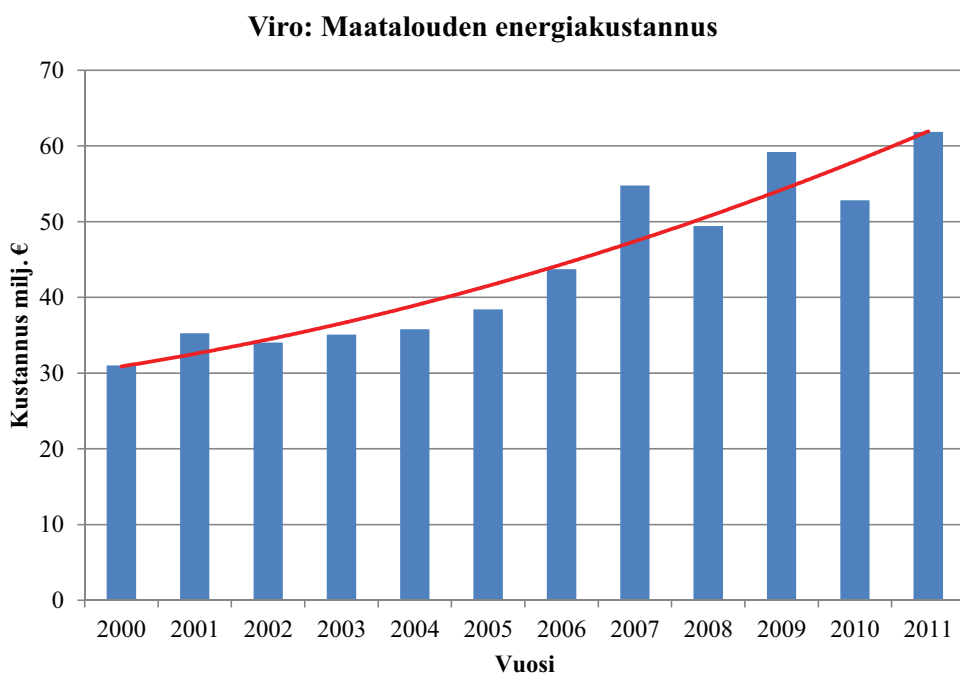
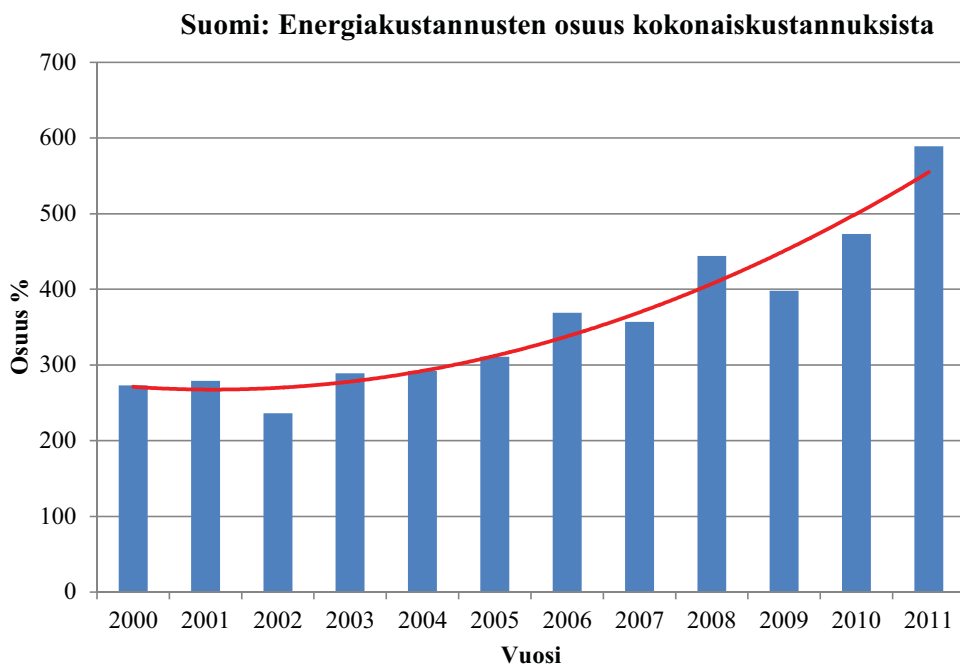
1.3.3 Energiankulutus kasvintuotannossa

Kuvassa 1.3 on esimerkki siitä, miten energian käyttö ohran tuotannossa jakautuu. Suurimpana eränä ovat kemikaalit, joka tarkoittaa lannoitteita ja torjunta-aineita. Näistä lannoitteiden osuus on suurin. Seuraavaksi suurin on työkoneiden energian käyttö. Tässä on mukana myös koneiden valmistuksen ja huollon energian tarve. Viljankuivaus on kolmantena. Jos syksy on hyvin sateinen ja korjattava vilja on märkää, silloin sen osuus voi olla yhtä suuri kuin koneiden osuus. Maatilan suoran energian käyttöä voidaan vähentää tehostamalla peltotöiden tekemistä ja viljan kuivausta. Epäsuoran energian osuus on maatilan energian käytössä merkittävä ja myös sitä kannattaa tehostaa. Kyse on lannoitteiden käytöstä, jota voidaan vähentää suljetulla ravinnekierrolla, viherlannoitteella ja typensitojakasveilla.

²<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kokonaislaskenta/aikasarja>

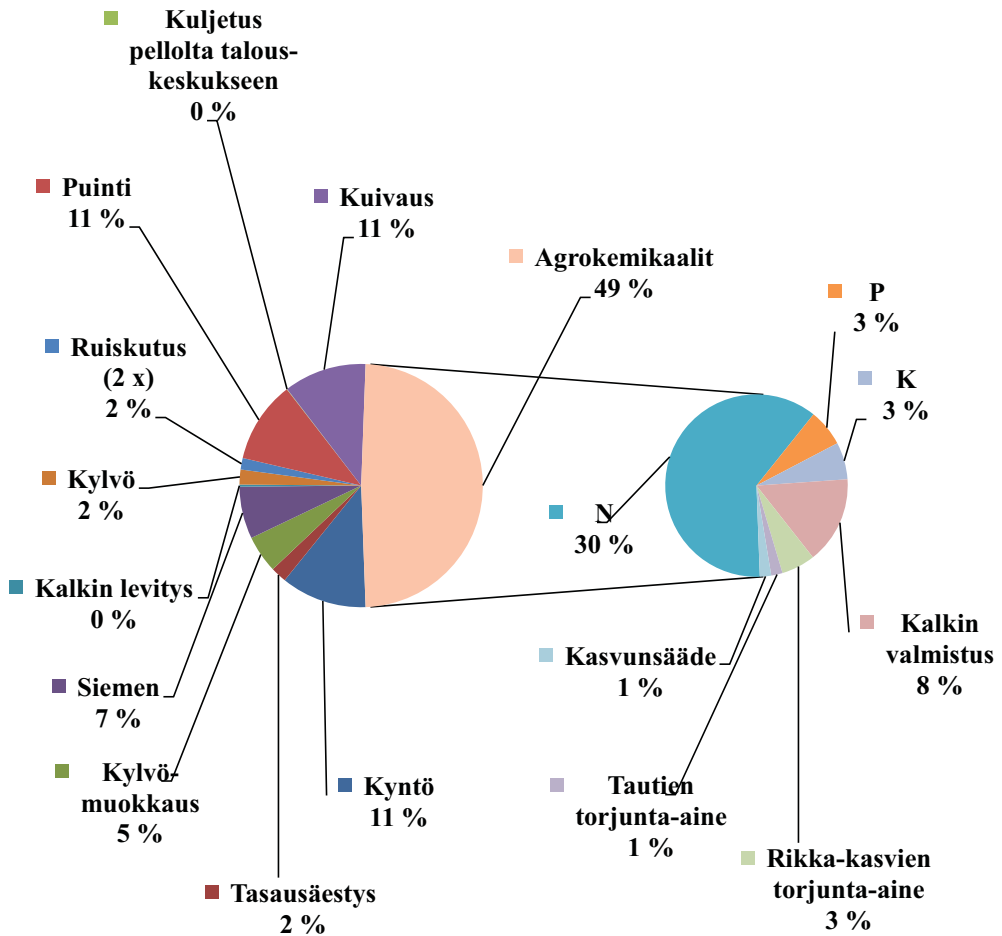
³Maatalouden kokonaislaskenta 30.1.2012. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kokonaislaskenta/aikasarja/kustannuserittely>

⁴<http://www.stat.ee/en>



Kuva 1.2: Maatalouden energiakustannusten muutos Suomessa ja Virossa

**Ohran tuotannon energiapanosten jakauma,
kokonaispanos 14 GJ/ha**



Kuva 1.3: Esimerkki ohran tuotannon energian käytön jakaumasta. Kokonaiskulutus on 3900 kWh/ha.

Kasvintuotannon energiankulutukseen vaikuttavat seuraavat seikat:

- Maalajit ja maan kosteus. Savimaat ovat jäykkiä ja maan muokkaus on selvästi raskaampaa kuin muilla maalajeilla. Maan kosteus etenkin savimailla vaikuttaa sen muokkautuvuuteen. Vesi on sadonmuodostuksen päätekijöitä ja sää vaikuttaa siten kasveille käytettävissä olevaan vesimäärään ja satoon.
- Peltojen kunto ja ojitus. Tiivistyneet maat ovat raskaampia muokata ja niiden sato on alhaisempi. Huono ojitus jättää peltoon märkiä kohtia, jotka alentavat satoa ja vaikeuttavat koneiden liikkumista.
- Tuotantotavat. Viljelijä voi valita erilaisia tuotantotapoja ja koneketjuja. Esimerkiksi muokkauksessa voidaan käyttää perinteistä tapaa, minimimuokkausta tai suorakylvöä. Valinta vaikuttaa myös polttoaineen kulutukseen.
- Kuljettajan ajotapa, koneiden kunto ja säätö. Kuljettajan vaikutus polttoaineen kulutukseen on huomattava. Se miten traktorin ajovaihde ja moottorin nopeus valitaan vaikuttaa myös kulutukseen. Samoin koneiden kunnossapito, säädöt ja käyttötapa vaikuttavat kulutukseen.
- Moottoreiden ja koneiden energiatehokkuus. Koneiden teknisissä ominaisuuksissa on eroa ja valitsemalla energiatehokkaita koneita voidaan säästää polttoaineen kulutuksessa.
- Sadon säilöntä. Kuivaus on yleisin säilöntätapa, sen energiankulutusta voidaan vähentää helposti. Myös muita säilöntätapoja voidaan ottaa käyttöön.
- Ravinnekierto ja typensitojakasvit. Näillä voidaan säästää epäsuoraa energiankulutusta ja niiden käyttö vaikuttaa kustannuksiin.
- Sato. Energian käyttö lasketaan usein pinta-alaa (kWh/ha) tai tuotettua massaa kohden (kWh/kg). Alhainen sato aiheuttaa näille laskennoille suuremman kulutuksen, jos panokset ovat samat.

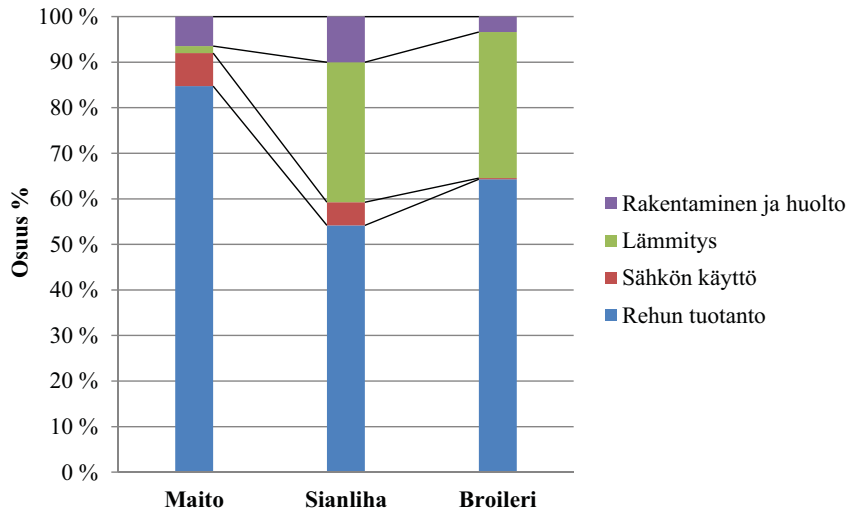
1.3.4 Energiankulutus karjataloudessa

Karjatalouden energian käyttö vaihtelee runsaasti sen mukaan mistä tuotannosta on kyse ja miten tuotanto on toteutettu. Karjatalouden energiakustannukset ovat olleet hyvin pienet muihin tuotantokustannuksiin verrattuna ja sen takia energiatehokkuus ei ole ollut tärkeimpiä tutkimuskohteita.

Kuvassa 1.4 on esimerkki miten energian kulutus voi jakaantua sianlihan, broilerilihan ja maidon tuotannossa. Kuvasta 1.4 näkyy kuinka maidontuotannossa rehun teko ja sähkön käyttö ovat huomattavan runsasta, kun taas sianlihan- ja broilerintuotannossa erilaiset lämmöntarpeet aiheuttavat suuren energian tarpeen. Maidontuotantoon liittyy paljon erilaisia koneita, jotka vaativat useimmiten sähköä käyttöenergiana. Lämpimässä navetassa tarvitaan lämmitystä, kun taasen kylmässä tai viileässä navetassa ilmanvaihdon ja rakenteiden lämpöhäviöitä ei ole. Rakennustyyppi ja tuotantotapa vaikuttavat siten energian tarpeeseen. Lehmiä voidaan pitää hyvinkin kylmissä olosuhteissa ilman, että se aiheuttaisi tuotannon vähenemistä tai kylmästressiä eläimille. Muu karja vaatii selvästi

1 MAATALOUDEN ENERGIAN KÄYTTÖ

lämpimämpiä olosuhteita ja silloin tarvitaan aina talven aikana lämmitystä.



Kuva 1.4: Esimerkki energian kulutuksen jakaumasta maidon, sianlihan ja broilerilihan tuotannossa. Rakennus tarkoittaa rakennusmateriaalien energiantarvetta ja rakennuksen korjauksien energian tarvetta.

Karjatalouden energiankulutukseen vaikuttavat seuraavat seikat:

- Rakennuksen sisälämpötila. Mitä korkeampaa sisälämpötilaa käytetään siitä suuremmat ovat rakennusten ja ilmanvaihdon lämpöhäviöt.
- Ulkosää. Vuosien välinen vaihtelu voi olla suurta, jolloin myös lämpöhäviöt voivat vaihdella huomattavasti. Kylmä talvi kuluttaa huomattavasti enemmän energiaa kuin leuto.
- Ilmanvaihdon tehokkuus. Runsaalla ilmanvaihdolla aikaansaadaan hyvä sisäilma, mutta ilmanvaihdon kautta tapahtuvat lämpöhäviöt lisääntyvät. Vähäinen ilmanvaihtomäärä säästää energiaa, mutta sisäilmasto kärsii tästä.
- Eläintiheys. Eläimet tuottavat lämpöä ja mitä suurempi eläintiheys on, sitä paremmin niiden tuottama lämpö riittää lämmitykseen.
- Rakenteiden lämpöeristeet. Mitä korkeampaa sisälämpötilaa käytetään, sitä tärkeämmäksi eristepaksuudet tulevat energiansäästön kannalta.
- Ruokintatapa. Kuivaruokinta, märkärुokinta ym. ruokintatavat voivat tarvita erilaisen energiamäärän toimiakseen.
- Rehun tuotanto. Ruokinnassa käytetty rehu ja sen tuotantotapa vaikuttavat energian tarpeeseen. Rehu voi olla tilalla tuotettua tai se voi olla suureksi osaksi muualta hankittua.
- Lannanpoistotapa. Kuivalanta, lietalanta vaikuttaa myös energian tarpeeseen.
- Karjatalouskoneet. Esimerkiksi maidon jäädytys, laitteiden sijoittelu ja lämmön talteenotto vaikuttavat energiankulutukseen.
- Tuotantotapa ja ammattitaito. Viljelijä voi valita tuotantotavan ja tämä vaikuttaa myös energian käyttöön. Esimerkiksi navetta voi olla kylmä pihatto tai lämmin parsinavetta. Näiden energian tarpeet ovat erilaiset. Sama pätee rehunjaon ja lannanpoiston valinnassa.

2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA

2.1 Energia-analyysit

Jukka Ahokas ja Winfried Schäfer

2.1.1 Energia-analyysin teko

Energia-analyyseissä tehdään kartoitus maatalan energiankäytöstä. Tämä voidaan tehdä kahdella eri tavalla. Perusanalyysissä tarkastellaan pelkästään maatilalle ostettua energiaa ja sieltä myytyjä tuotteita. Näiden perusteella voidaan laskea kuinka paljon energiaa on käytetty esimerkiksi pinta-alaa, eläintä tai tuotettua tuotekiloa kohden. Analyysistä käytetään myös nimeä Top-Down (ylhäältä alas) analyysi, koska asiaa tarkastellaan lähtien kokonaiskulutuksesta ja -tuotannosta.

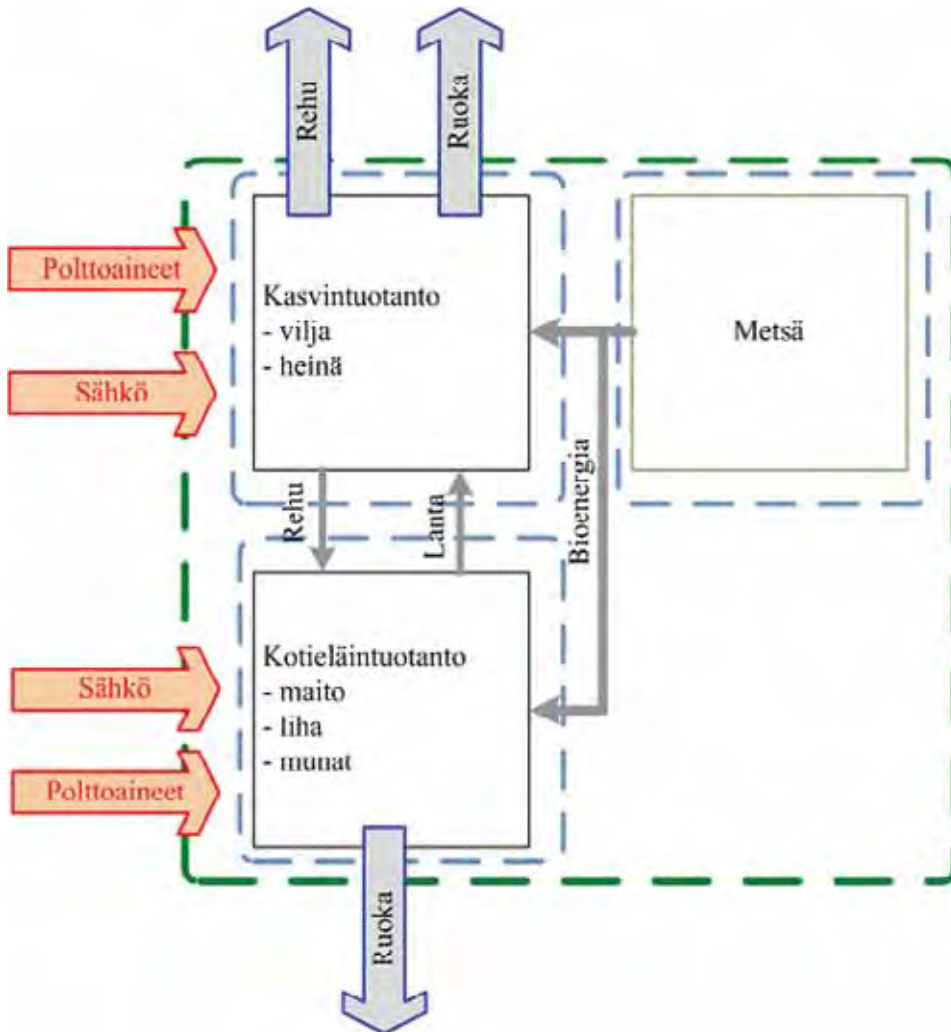
Kun halutaan saada yksityiskohtaista tietoa kulutuksista, silloin tehdään yksityiskohtainen analyysi. Siinä selvitetään kunkin toiminnon tai laitteen kulutus. Tästä analyysistä käytetään nimeä Bottom-Up (alhaalta ylös), koska lähdetään tarkastelemaan yksityiskohdaisia kulutuksia ja nämä summaamalla saadaan koko tuotannon kulutus. Vertaamalla näitä kahta analyysitulosta nähdään usein selvästi onko tilalla joitakin analyysistä poiss jääneitä kulutuksia tai tavallista suurempia kulutuksia. Jos yksityiskohtaisen analyysin summa on paljon pienempi kuin perusanalyysin luku, silloin tilalla on kulutuksia, joita ei ole otettu yksityiskohtaisessa analyysissä huomioon.

Kummankin analyysin tulosta pitää verrata keskimääräisiin kulutuslukemiin. Tämä paljastaa tilan energiasyöpöt toiminnot. Valitettavasti nämä tunnusluvut eivät ole kovin tarkkoja. Se johtuu erilaisista laskentatavoista ja olosuhteiden sekä sään vaihtelusta. Seuraavat asiat vaikuttavat näihin tunnuslukuihin:

- Miten kulutukset rajataan, otetaanko esimerkiksi koneiden käytössä huomioon huollot, tarvikkeet, korjaukset, huoltotilojen sähkön käyttö ja lämmitys.
- Mitä kohden luku ilmoitetaan, luku voi olla ilmoitettu elopainoa kohden tai teuras-painoa kohden. Kasvintuotannossa voidaan käyttää joko korjatun sadon, kuivatun sadon massaa tai kuiva-aineen määrää.
- Jos käytetään oman tilan polttoainetta lämmitykseen, miten se huomioidaan analyysissä
- Sään vaikutus, kylmä sää lisää lämmitystarvetta. Kuuma sää lisää eläintuotannossa ilmanvaihdon tarvetta. Märkä sato lisää viljan kuivausenergiantarvetta. Kova maa lisää koneiden tehontarvetta. Vaihteluista ja erilaisista laskentatavoista johtuen vertailulukujen vaihtelu on melko suurta. Ne kuvaavat kuitenkin energiankulutuksen suuruusluokat oikein ja vertailussa selviää myös onko kulutus normilukujen pienempi tai suurempi.

2.1.2 Perusanalyysi (Top-Down)

Perusanalyysissä selvitetään tuotantoon käytetyt energiamäärät ja tilan tuotantomäärät. Kuvassa 2.1 on esimerkki tilan energia- ja tuotevirroista. Analyysin tekeminen on yksinkertaista, jos tilalla on vain yksi tuotantosuunta ja kaikki energia ostetaan ulkoa. Jos tilalla on sekä eläintuotantoa että kasvintuotantoa, silloin energiankäyttö pitää jakaa näiden tuotantojen kesken.



Kuva 2.1: Maatilan energia- ja tuotevirrat

Taulukossa 2.1 on esimerkki siitä, miten analyysiä voidaan käyttää hyväksi kasvintuotantotilalla. Kyseessä on pelkkä viljatila, jossa käytetään myös osaksi omaa polttoainetta viljankuivauksessa. Esimerkki sopii myös eläintilan kasvintuotannon analyysiin. Asuinrakennukset jätetään tarkastelusta pois.

Tilan energiankulutusta voidaan havainnollistaa kuvaamalla panosten energiavirtaa tilalle ja tuotosten virtausta tilalta (Kuva 2.2). Tässä esimerkissä on kyseessä pelkkä

2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA

Taulukko 2.1: Esimerkkejä peltokasvintuotannon suorasta energiankulutuksesta

Ostot	m³	kWh
Tuotantorakennusten lämmityspolttoöljy	1,2	12000
Tuotantorakennusten lämmityshake	-	-
Kuivurin lämmitysoöljy	-	-
Kuivurin lämmityshake	35	31500
Traktoreiden ja työkonien polttoaine	-	52000
Tuotantorakennusten sähkö	-	5500
Yhteensä		101000

Tuotanto		
Pinta-ala (ha)	90	
Myyty satomäärä (kg)	320000	

Energian kulutus	m³	kWh
Polttoöljy	6,4	64000
Hake	35	31500
Sähkö	-	5500
Yhteensä		101000

Energian ominaiskulutus	l	kWh
Työkonien kulutus pinta-alaa (ha) kohti	58	578
Työkonien kulutus tuotettua viljakiloa kohden		0,16
Kuivauksen energian kulutus viljakiloa kohden		0,1
Kokonaiskulutus pinta-alaa (ha) kohden		1122
Kokonaiskulutus tuotettua viljakiloa kohden		0,32

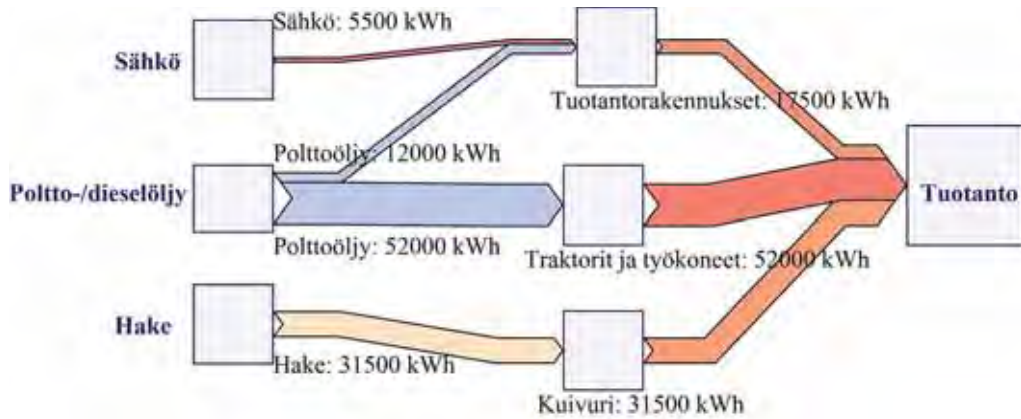
kasvintuotantotila. Karjatilalla vastaava kuvio on monipuolisempi, koska tilalla harjoitetaan kahta tuotantoa, kasvintuotantoa ja karjantuotantoa.

2.1.3 Yksityiskohtainen analyysi (Bottom-Up)

Yksityiskohtaisessa analyysissä lähdetään selvittämään kunkin toiminnon tai työvaiheen kulutuksia ja nämä summataan yhteen, jolloin saadaan koko tuotannon analyysi. Tätä analyysiä on mahdollisuus tehdä joko koko tilan analyysinä tai sitten se voidaan kohdentaa vaikka lohkokohtaiseksi tai kasvilarjikohtaiseksi.

Taulukossa 2.2 ja kuvassa 2.3 on esimerkki yksityiskohtaisesta analyysistä. Perusanalyysiin verrattuna peltotyövaiheet jaetaan työvaiheisiin ja nähdään mikä niistä kuluttaa paljon energiaa. Säästötoimenpiteet kannattaa aloittaa eniten kuluttavista osioista.

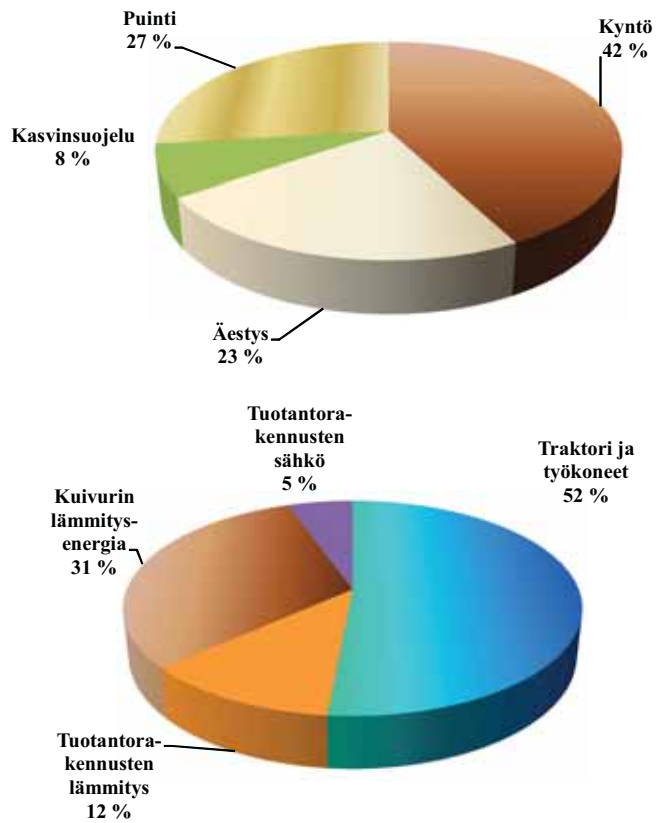
2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA



Kuva 2.2: Esimerkki kasvitilan energiavirroista. Nuolten leveydet ilmaisevat myös käytön suuruuden.

Taulukko 2.2: Yksityiskohtainen energia-analyysi

	Energian kulutus		Yksikkö		
Kyntö	2200				l
Äestys	1200				l
Kasvinsuojelu	400				l
Puinti	1400				l
Tuotantorakennusten lämmityspolttoöljy	1200				l
Tuotantorakennusten lämmityshake	0				m ³
Kuivurin lämmitysöljy	0				l
Kuivurin lämmityshake	35				m ³
Tuotantorakennusten sähkö	5500				kWh
Tuotanto					
Pinta-ala	90				ha
Myytävän sadon määrä	320000				kg
	Energian kulutus		Energian ominaiskulutus		
	Yksikkö	Yksikkö	Yksikkö	Yksikkö	Yksikkö
Traktori ja työkonect	5200	l	58	l/ha	0,02 l/kg
Traktori ja työkonect	52000	kWh	578	kWh/ha	0,16 kWh/kg
Tuotantorakennusten lämmitys	12000	kWh	133	kWh/ha	0,04 kWh/kg
Kuivurin lämmitysenergia	31500	kWh	350	kWh/ha	0,1 kWh/kg
Tuotantorakennusten sähkö	5500	kWh	61	kWh/ha	0,02 kWh/kg
Yhteensä	101000	kWh	1122	kWh/ha	0,32 kWh/kg



Kuva 2.3: Yksityiskohtainen energia-analyysi

2.2 Energiankäytön vertailu

Jukka Ahokas ja Winfried Schäfer

Kun energiankulutuksia analysoidaan, niitä pitää myös verrata toisten tilojen vastaaviin kulutuksiin. Vertailussa pitää muistaa, että luvuissa on runsaasti sään ja olosuhteiden aiheuttamaa vaihtelua. Tämä näkyy vuosien välisenä vaihteluna tuloksissa. Tämän takia vertailun lisäksi kannattaa aina seurata oman tilan pitkäaikaista kehitystä. Taulukossa 2.3 on esimerkkejä kasvintuotannon energiankulutuksista ja taulukossa 2.4 eläintuotannon. Polttoöljyn ja dieselpolttoaineen lämpösisältö on 43 MJ/kg. Polttoaineen tiheys vaihtelee talvi- ja kesälaadun olleessa kyseessä 0,82 – 0,84 kg/l. Jos tiheytenä käytetään 0,83 kg/l, silloin litrassa on 36 MJ ja tämä vastaa 10 kWh. Jakamalla polttoaineiden litramäärät kymmenellä saadaan mutettua ne kWh yksikköihin. Taulukon 2.3 suora energiankulutus tarkoittaa viljelyä varten ostettua polttoainetta ja sähköä. Epäsuorassa kulutuksessa on mukana lannoitteet, torjunta-aineet, koneiden valmistus ja huolto.

Energia-analyysit ja kulutuksen vertailu:

- Yksinkertaisin analyysi voidaan tehdä selvittämällä koko tilan käyttämät energiamäärät ja myydyt tuotteet (perusanalyysi).
- Jos halutaan saada selville tarkemmin mihin energiaa kuluu, silloin joudutaan tekemään yksityiskohtainen analyysi.
- Tilan lukuja pitää verrata muiden tilojen vastaaviin lukuihin. Selvästi liian pieni kulutus tarkoittaa usein, että jotain on unohtunut analyysistä. Liian suuri luku tarkoittaa normaalia suurempaa kulutusta ja syy tähän pitäisi selvittää.

Taulukko 2.3: Esimerkkejä peltokasvintuotannon suorasta ja epäsuorasta energiankulutuksesta

Kasvi	Suora energia		Epäsuora energia		Kokonaisenergia	
	kWh /ha	kWh /g	kWh /ha	kWh /kg	kWh /ha	kWh /kg
Ohra 3900 kg/ha	950	0,25	2900	0,7	3850	0,95
Vehnä 4200 kg/ha	1100	0,3	3600	0,9	4700	1,2
Säilörehu 5300 kg/ha ¹	320	0,04	3800	0,5	4120	0,54
Rypsi 1500 kg/ha	860	0,6	3000	2,0	3860	2,6
Ruokohelpi 5100 kg/ha ¹	250	0,04	2300	0,4	2550	0,44
Sokerijuurikas 7700 kg/ha ¹	1000	0,03	4800	0,1	5800	0,13
Peruna 4900 kg/ha ¹	1000	0,05	5400	0,2	6400	0,25

Taulukko 2.4: Esimerkkejä karjatuotannon energiankulutuksesta syötävää tuotekiloa kohden

Tuotanto	Suora energian kulutus	Kokonaisenergian kulutus
	kWh/kg	kWh/kg
Broileri	0,5 – 0,7	7 – 10
Sianliha	1 - 2	7 – 19
Lihanauta	-	22 – 28
Maito	0,1 – 0,3	1,4 – 1,9

2.3 ENERGIANKULUTUKSEN SEURANTA

Jukka Ahokas

Tilan energia-analyysi vaatii seurannan. Sen avulla nähdään mihin suuntaan energiankäyttö menee. Perusanalyysin avulla saadaan, kun otetaan huomioon varastot, kokonaiskuva kauden energiankäytöstä. Jos halutaan tarkemmin selvittää energiankulutusta, silloin tarvitaan yksityiskohtainen analyysi, mikä merkitsee myös energiankulutuksen mittaamista. Usein tilan yksityistalouden kulutus on mukana esimerkiksi lämmityspolttoaineiden ja sähkön kulutuksessa. Tila voi myös tehdä urakointitöitä, jolloin maatalouden lisäksi siinä on mukana muutakin kulutusta. Analyysyjä varten nämä pitäisi voida eritellä. Erittely tarkoittaa joko erillisten mittareiden tai polttoainesäiliöiden/-varastojen käyttöä ja kulutusten kirjaamista. Etenkin silloin, kun halutaan yksityiskohtaisia kulutustietoja, tarvitaan myös joko erillisiä mittareita tai tarkkaa kirjanpitoa. Ongelmana on, että mittalaitteet merkitsevät investointeja ja kirjanpito merkitsee lisätyötä. Energian säästön pitäisi olla riittävä kattamaan nämä vaivat ja kulut.

2.3.1 Traktorit ja työkoneet

Kulutuskirjanpito

Kulutuskirjanpidossa kirjataan ylös kaikki koneiden tankkaukset ja niillä tehdyt työt. Kirjanpito voi olla esimerkiksi kuvan 2.4 mukainen. Jokaisen tankkauksen yhteydessä kirjataan kulutetulla polttoaineella tehty työ ja arvio alasta. Tällä kirjanpidolla pystytään luotettavasti rekisteröimään suuret kulutukset. Jos pienikulutusiset työt halutaan rekisteröidä, niin silloin traktori joudutaan tankkaamaan jokaisen työvaiheen jälkeen vaikka polttoainetta olisi vielä riittävästi tankissa. Kulutuslukemat voidaan käsitellä taulukkolaskentaohjelmilla. Tätä varten lukemat pitää kirjata ohjelmaan.

Traktori tai työkone <i>Belarus MTZ 820</i>							
Paiva	Kello	Tuntimittarin lukema	Tehyt työ	Lohko	Työala ha	Tayttomaara l	
14.5.2012	8	5678	Äestys	Suopelto	9	44	
15.5.2012	6	5688	Äestys	Niitty	11	88	
16.5.2012	14	5701	Kylvö	Suopelto	9	60	

Kuva 2.4: Esimerkki kulutuskirjanpidosta taulukkolaskentaohjelmalla

Kulutuksen mittalaitteet

Uusimmissa traktoreissa on polttoaineen kulutuksen näyttö. Kulutus saadaan joko l/h tai l/ha muodossa. Jälkimmäinen soveltuu hyvin suoraan seurantaan. Se vastaa autojen l/100 km näyttöä. Tuntikulutus kertoo lähinnä kuinka suurta moottoritehoa käytetään eikä se ota huomioon tehtyä työtä. Kun tuntikulutus jaetaan työsaavutuksella (ha/h), saadaan pinta-alaa kohden käytetty kulutus.

Vanhempiin traktoreihin on asennettavissa polttoaineen mittausslaitteet. Yksinkertaisimmat mallit käyttävät traktorin polttoainemittarin jännitettä hyväksi. Tarkemmissa malleissa on virtausmittarit, jotka rekisteröivät kulutuksen.

Polttoaineen kulutusmittaus yhdessä GPS-laitteiston kanssa mahdollistaa myös peltolohkolla tehdyn työn määrittämisen. Kuvassa 2.5 on esimerkki GPS-laitteen avulla tehdystä traktorin seurannasta. Maatalouskäyttöön valmiita laitteita ei ole vielä saatavissa, mutta on odotettavissa, että näistä tulee myös tarjontaa ja silloin työtehtävät samoin kuin kulutukset ja työsaavutukset saadaan automaattisesti tai puoliautomaattisesti kirjattua.



Kuva 2.5: Esimerkki GPS seurannan tuottamasta traktorin liikekartasta

Kulutuksen vertailu

Maataloustöille on mitattu polttoaineen kulutuksia. Taulukossa 2.5 on tyypillisiä maataloustöiden kulutuslukuja. Vertaamalla omia kulutuslukuja näihin voidaan arvioida ollaanko normaalilla kulutusalueella vai onko kulutus normaalia pienempää tai suurempaa.

Taulukko 2.5: Tyypillisiä maataloustöiden polttoaineen kulutusarvoja

Työ	Kulutus l/ha
Äestys	5 – 10
Kylvö, yhdistelmäkone	4 – 8
Puinti	9 – 15
Kyntö	15 – 25
Heinän niitto	4 – 6
Noukinvaunu	12 – 18
Paalaus	4 – 8
Kuljetukset	20 – 50 l/100 km

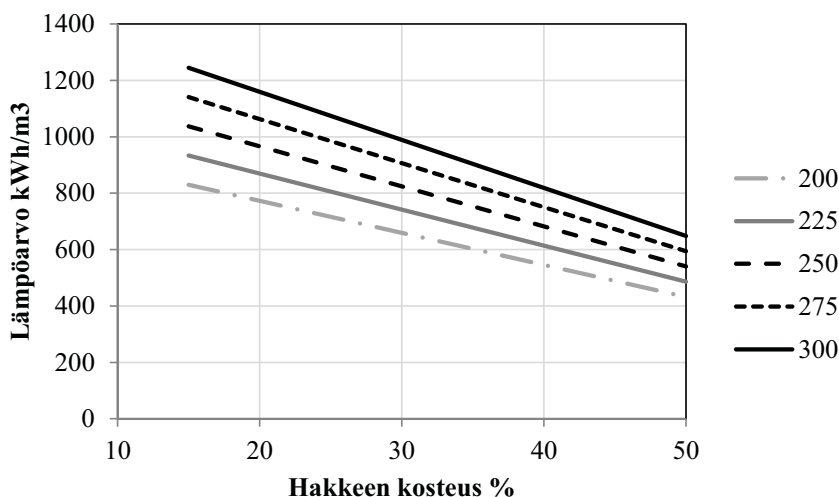
2.3.2 Lämmityslaitteet

Tilan lämmityslaitteet voivat toimia joko polttoöljyllä, sähköllä tai biopolttoaineilla. Kulutuksen seurantaan varten käytetty polttoainemäärä täytyy kirjata ylös. Polttoöljyä käytettäessä polttimet voidaan varustaa kulutusmittareilla (Kuva 2.6). Kulutusmittari mahdollistaa tarkemman polttoaineen kulutuksen seurannan, esimerkiksi viljan kuivauksessa saadaan eräkohtaiset kulutukset selvitettyä.



Kuva 2.6: Viljan kuivurin polttimeen asennettu kulutusmittari

Haketta tai turvetta käytettäessä kulutus pitää arvioida kulutettujen polttoainetilavuuk-
sien perusteella. Polttoaineen lämpöarvo tilavuutta kohden vaihtelee sen mukaan mikä on
tilavuuspaino (kg/m^3) ja kosteus (Kuva 2.7). Tilavuuspainoon vaikuttaa esim. hakkeen
palakoko.



Kuva 2.7: Hakkeen kosteuden ja tilavuuspainon (200 – 300 kg/m³) vaikutus sen lämpöarvoon

2.3.3 Viljan kuivaus

Viljan kuivauksen energiankulutus riippuu hyvin voimakkaasti viljan kosteudesta. Keskimäärin viljan kuivaus kuluttaa noin 1,5 dl polttoöljyä yhtä poistettua vesikiloa kohden. Tämä vastaa 1,5 kWh energiana. Kuvassa 2.8 on esitetty viljan kuivauksen polttoaineen tarve viljatonta kohden kun puintikosteus vaihtelee.

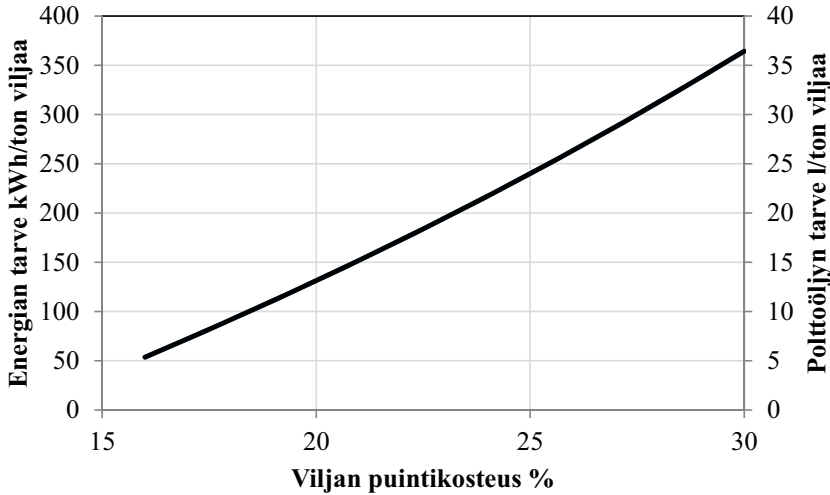
Polttoaineen lisäksi kuivauksessa tarvitaan sähköä. Tämän osuus on noin 10 % polttoaineen kulutuksesta.

2.3.4 Rakennukset

Taulukossa 2.6 on tyypillisiä rakennusten energiankulutuslukuja. Näihin kulutuksiin vaikuttavat sääolot ja karjasuojissa myös eläintiheydet, sisälämpötilat, eläinten koko, rakennuksen eristykset ja ilmanvaihtomäärät. Luvut ovat laskennallisia lukuja siten, että maatalousrakennusten rakennusohjeita on noudatettu rakenteissa ja ilmanvaihdossa. Lihasiat ja broilerit kasvatetaan yleensä erissä. Taulukon lukemat ovat jatkuvan kasvatuksen lukuja eli vuosikeskiarvoja.

Taulukko 2.6: Tyypillisiä rakennusten vuosienenergiankulutuksia

Rakennustyyppi	Kulutus
Huolto- tai korjaustila	40 - 70 kWh/(vuosi·m ³)
Uusi asuintalo	170 - 270 kWh/(vuosi·m ²)
Vanha asuintalo	240 - 380 kWh/(vuosi·m ²)
Lämmin navetta	200 - 500 kWh/(eläin·vuosi)
Lihasikala	200 - 500 kWh/(eläin·vuosi)
Broilerihalli	1 - 4 kWh/(eläin·vuosi)



Kuva 2.8: Viljankuivauksen energiantarve yhtä viljatonna kohden kun viljan puintikosteus vaihtelee

2.3.5 Sähkölaitteet

Sähkölaitteiden ottama sähköteho saadaan mitattua kWh-mittareilla. Näissä mittareissa mitataan samanaikaisesti jännite ja laitteen ottama virta ja siitä lasketaan energiankulutus. Kiinteästi sähköverkkoon asennettujen koneiden ja laitteiden kulutusmittausta varten tarvitaan virtamuuntajat, jotka asennetaan kunkin vaihejohdon ympärille. Tämän voi tehdä vain valtuutettu sähköasentaja. Lisäksi tarvitaan jännitteen mittausta kustakin vaiheesta ja sähkönkulutusmittari. Jännite pysyy melko vakiona, jolloin myös pelkkä virran rekisteröinti riittää silloin, kun ei tarvita suurta tarkkuutta.

Jos laitteet ovat liitetty pistokkeilla sähköverkkoon, voidaan käyttää siirrettäviä kWh-mittareita, jotka laitetaan laitteen ja pistokkeen väliin. Kuvassa 2.9 on esimerkki sähkömittauksesta. Vasemman puoleisessa osassa sähköpistokkeen ja laitteen väliin on asennettu sähköenergian kulutusmittari. Oikean puoleisessa osassa ohjauskaappiin on asennettu virtamuuntajat, joiden avulla koneiden tarvitsema virta rekisteröidään.

Sähköyhtiöt ovat muuttamassa energianmittauksia reaaliaikaisiksi. Tällöin kuluttajalla on mahdollisuus internetin kautta seurata kokonaiskulutusta entistä tarkemmin ja verata tietoja edellisiin vuosiin. Tämä mahdollistaa tarkemman kulutuksen seurannan ja muutokset on helpommin havaittavissa.

2.3.6 Karjatalouskoneet

Puhaltimet

Puhaltimien tarvitsema sähköteho voidaan arvioida puhallusilmamäärän q_v , paine-eron Δp ja puhaltimien hyötysuhteen η avulla (Yhtälö 2.1).

$$P = \frac{q_v \Delta p}{\eta} \quad (2.1)$$



Kuva 2.9: Esimerkki sähköenergianmittauksesta, vasemmassa kuvassa on pistokkeen ja laitteen väliin asennettu energiankulutusmittarit, oikeassa kuvassa on koneen ohjaustauluun asennettu virtapihdit

Rakennusten paine-erot ovat 10 – 40 Pa luokkaa, usein käytetään 30 Pa arvona. Puhaltimet aiheuttavat toimintatavastaan riippuen joko tämän suuruisen ali- tai ylipaineen rakennukseen. Puhaltimien hyötysuhteet ovat 40 – 60 % luokkaa. Kuvassa 2.10 on esimerkki puhaltimien vuotuisesta sähköenergian tarpeesta. Suositeltavat eläinakohtaiset ilmamäärät ovat lehmille 55 – 360 m³/h, lihasioille 10 – 100 m³/h ja broilereille 0,3 – 5 m³/h. Talvela ilmanvaihto on yleensä pienimmillään (minimi-ilmanvaihto) ja kesällä suurimmillaan (maksimi-ilmanvaihto). Lisäksi eläimen paino vaikuttaa tarvittavaan ilmanvaihtomäärään. Lihaeläinten kasvatuksessa ilmanvaihtoa joudutaan lisäämään eläinten koon kasvaessa.

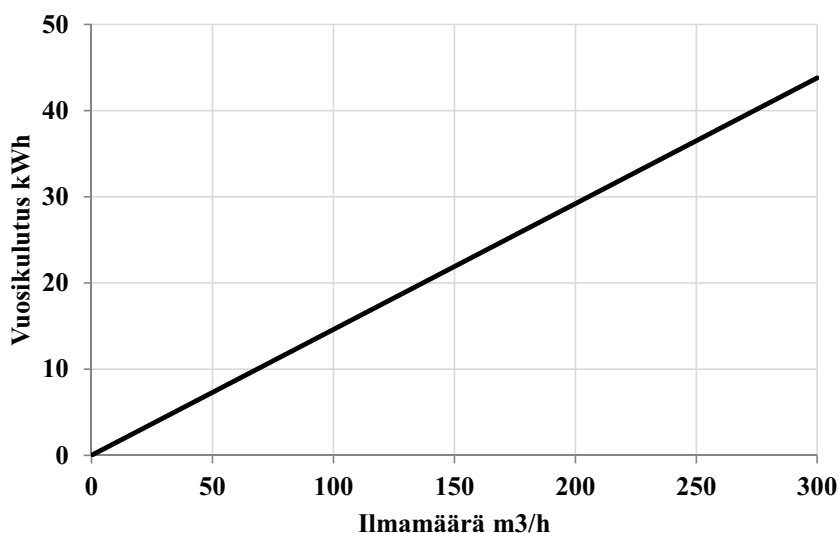
Kylmässä tai puolikylmässä pihatossa on luonnollinen ilmanvaihto, jolloin sen toimintaan tarvitaan energiaa lähinnä ilmanvaihtoluukkujen ja verhoseinien säätöön. Tämä tarve on hyvin pieni. Otetaan esimerkiksi 120 lehmän lypsykarja. Arvioidaan keskimääräiseksi ilmanvaihtomääräksi 150 m³/h, tällöin ilmanvaihdon puhaltimet tarvitsevat yhtä lehmää kohden noin 22 kWh ja koko karjaa kohden 2600 kWh sähköenergiaa vuodessa. Lypsykarjan mitatut ilmanvaihdon sähköntarpeet ovat olleet hieman suuremmat, 70 – 80 kWh/(eläin · vuosi)¹. Nämä mittaukset on tehty Etelä-Ruotsissa, jossa maksimi ilmanvaihdon tarve on meitä suurempi. Eläintä kohti mitattuja kulutusarvoja on taulukossa 2.7.

¹Karjatalouskoneiden kulutukset on koottu seuraavista lähteistä: Hörndahl, T. 2007. Energiförbrukning i jordbrukets driftsbyggnader – en kartläggning av 16 gårdar med olika driftsinriktning. Rapport 145. Sveriges lantbruksuniversitet Institution för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT) Posio M. Kotieläintilojen energiankulutus. Pro Gradu – Tutkielma. Helsingin Yliopisto – Agroteknologian laitos

2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA

Taulukko 2.7: Ilmanvaihdon energiantarve eläinpaikkaa ja vuotta kohden

Tuotantolaji	Ilmanvaihdon energian kulutus kWh/(eläin·vuosi)
Maidontuotanto	1 - 160
Sianlihan tuotanto	18 - 32
Siipikarjan tuotanto	1,3 - 2,2



Kuva 2.10: Ilmanvaihdon puhaltimien vuotuinen sähköenergiantarve

Veden pumppaus ja lämmin käyttövesi

Veden pumppauksen perustehon tarve voidaan laskea myös yhtälön 2.1 avulla. Paineena on nyt imukorkeuden ja verkostopaineen aiheuttama paine-ero. Vettä tarvitaan eläinten juomavedeksi sekä pesuvedeksi. Tähän tarvittavia energiamääriä on esitetty taulukossa 2.8.

Taulukko 2.8: Veden käsittelyyn tarvittavia energiamääriä

Tuotantolaji	Veden pumppaus kWh/(eläin·vuosi)	Lämmin käyttövesi kWh/(eläin·vuosi)
Maidontuotanto	14 - 35	100 - 300
Sianlihan tuotanto	0,5 - 1,0	15 - 20

Ruokinta

Ruokinnan rehunkulutuksissa on huomattavia eroja sen mukaan, minkälaista ruokintaa käytetään ja minkälaisia koneita niiden käytössä on. Esimerkiksi traktoria käytettäessä ener-

2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA

giankulutus on sähkökäyttöä suurempi. Taulukossa 2.9 on esimerkkejä maidontuotannon ruokinnan energiankulutuksesta. Lihaskalassa liemiruokinta kulutti 2,3 kWh/(eläin · vuosi) energiaa.

Taulukko 2.9: Esimerkkejä maidontuotannon ruokinnan energiankulutuksesta

Ruokintatapa	Energian kulutus kWh/(eläin·vuosi)
tasosiilo + traktori + rehuvaunu + kioski	652
tasosiilo, traktori + rehuvaunu + kiskoruokkija + trukki nuorkarjalle	370
tornisiilo + kiskoruokkija + kioskit	160
tasosiilo + traktori + rehuvaunu + matoruokkija viljalle + sähkötoiminen karkearehun jakovaunu	480
tornisiilo + kiskoruokkija + sähkötoiminen sekoitin + kioskit	274

Lypsy ja maidonjäähdytys

Lypsyn ja maidonjäähdytyksen energiankulutuksia on taulukossa 2.10.

Taulukko 2.10: Lypsyn ja maidonjäähdytyksen energiankulutus

Laite	Energian kulutus kWh/(eläin·vuosi)
Konelypsy	30 - 80
Robottilypsy	180 - 580
Maidon jäähdytys	80 - 130

Lannanpoisto

Lannanpoistossa voi olla käytössä lietalanta- tai kuivalantajärjestelmä. Näiden energiantarpeessa on eroja. Taulukossa 2.11 on esimerkkejä lannanpoiston energiankulutuksesta. Nämä kulutuslukemat sisältävät vain rakennuksessa tapahtuvan lannan käsittelyn. Lannan lastaus, kuljetus ja levitys kuluttavat myös energiaa.

Taulukko 2.11: Lannanpoiston energiankulutus

Tuotantolaji	Kuivalanta kWh(eläin·vuosi)	Lietelanta kWh(eläin·vuosi)
Maidontuotanto	22 - 40	6 - 46
Sianlihan tuotanto	5,4	0,5 - 1,8

Valaistus

Maa- ja metsätalousministeriöllä on karjasuojien valaistusohjeet. Jos näiden ohjeiden mukaan arvioidaan valaistukseen tarvittavaa energiamäärää, navetassa tarvitaan 70 –

80 kWh/(eläin · vuosi) ja lihasikalassa noin 5 kWh/(eläin · vuosi). Yksinkertaisin tapa valaistuksen seurantaan on laskea lamppujen määrä ja niiden teho. Kertomalla tämä käyttöajalla saadaan arvio niiden energiantarpeesta. Esimerkiksi navetassa on 30 kpl loisteputkia, joiden teho on 36 W. Kun kaikki lamput ovat päällä, ne ottavat $30 \cdot 36 \text{ W} = 1080 \text{ W}$ tehon. Jos valot ovat päällä koko ajan, vuorokaudessa tulee $1,08 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} = 25,9 \text{ kWh/vrk}$ energiantarve ja vuodessa $356 \text{ vrk} \cdot 25,9 \text{ kWh/vrk} = 9460 \text{ kWh}$. Taulukossa 2.12 on tyypillisiä valaistuksen kulutuslukuja

Taulukko 2.12: Valaistuksen energiantarpeita

Tuotantolaji	Valaistuksen energian kulutus kWh/(eläin·vuosi)
Maidontuotanto	2 - 230
Sianlihan tuotanto	0,3 - 6,3
Siipikarjan tuotanto	0,001 - 2,4

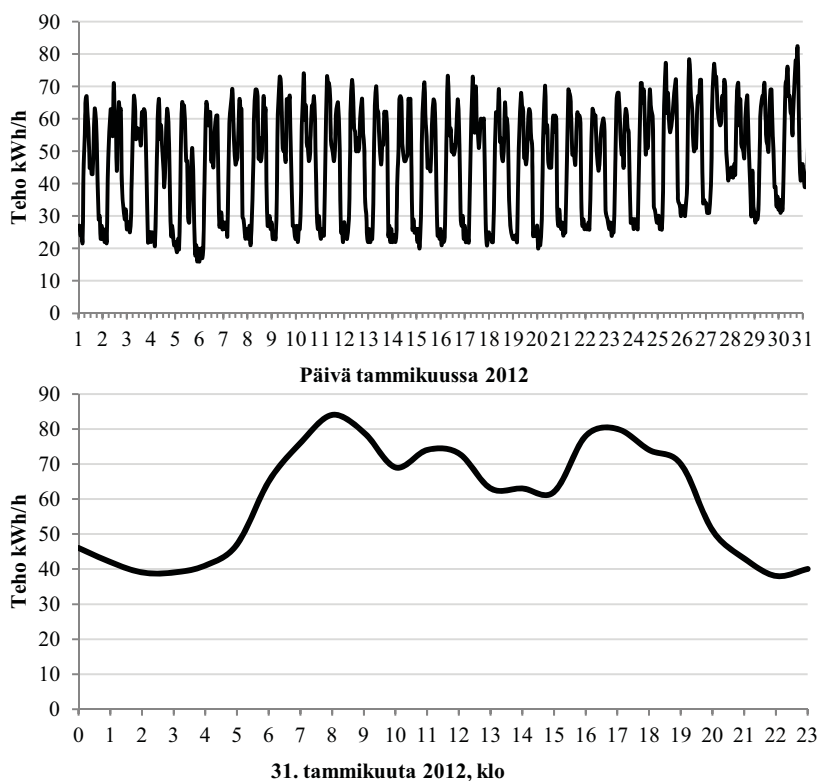
2.3.7 Sähkönkulutuksen seuranta

Sähkøyhtiöt ovat siirtymässä etäluettaviin energiamittareihin. Tämä mahdollistaa lähes reaaliaikaisen sähkönkulutuksen seurannan sekä myös kulutustietojen tarkastelun. Esimerkki tästä on kuvassa 2.11, jossa on tammikuun 2012 sähkönkulutus eri kellonaikoina sekä myös yhden päivän aikainen kulutus. Asennuttamalla useita mittareita näin voitaisiin seurata esimerkiksi karjarakennuksen sähkön kulutusta erikseen.

Energiankulutuksen seuranta:

- Yksinkertaisin menetelmä kulutuksen seurantaan on kirjanpidon järjestäminen.
- Tarkempia kulutustietoja haluttaessa polttoaineiden ja sähkön kulutukset on mitattava.
- Mittareiden asentaminen merkitsee kustannuksia ja usein niissä tarvitaan ammattiasentajia.
- Kun kulutusmittarit ovat käytössä, voidaan selvittää jopa yksittäisten koneiden ja laitteiden kulutuksia.
- Kulutusmittauksia pitää aina verrata muiden tilojen vastaaviin kulutuksiin.

2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA



Kuva 2.11: Esimerkkitalan 2 FIN sähkötoimittajan kulutustietoja navetassa 2012

2.4 Esimerkkejä seurannasta

Winfried Schäfer

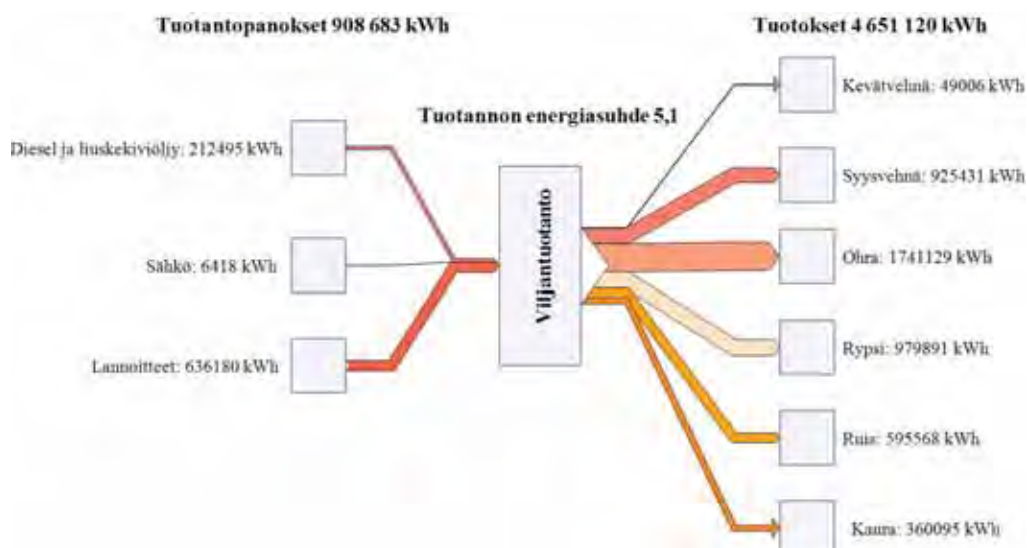
ENPOS tutkimushankkeessa seurattiin kolmen suomalaisen maatilan ja kuuden virolaisen maatilan energiankulutuksia. Tässä kappaleessa tarkastellaan näiltä esimerkkitaloilta saatuja energianmittaustuloksia.

2.4.1 Kasvituotantotila (esimerkkitala EE5)

Tilan pinta-ala on 260 ha ja se tuottaa viljaa, rapsia ja palkokasveja. Palavasta kivistä tehtyä öljyä käytetään kuivurin uunissa. Tilan sadot on esitetty taulukossa 2.13 ja panokset sekä tuotokset taulukossa 2.14. Tilan energiavirrat on esitetty kaaviollisesti kuvassa 2.12.

Tilan ominaisenergiankulutus on esitetty taulukossa 2.15. Tila on käyttänyt suhteellisen vähän lannoitteita eli epäsuoraa energiaa. Silti satotaso on ollut kohtuullinen ja sitä kautta tilan energiankäyttö on kohdallaan.

Energiankulutuksen arviointi ja vertailulukujen laskeminen riippuu tarkoituksesta. Pääsääntönä kannattaa miettiä, voidaanko tuotannon suurimpia energiankulutuksia vähentää tai korvata. Tällä tilalla suurin energiapanos on typpilannoitus. Sitä voitaisiin korvata ravinteiden kierrolla ja palkokasvien käytöllä viljelykierrossa.



Kuva 2.12: Esimerkkitalan 5EE energiavirrat

2.4.2 Lypsykarjatala (esimerkkitala 2 FIN)

Tila on 145 ha kokoinen, josta kasvituotannon osuus on 118 ha. Kasvituotannosta suurin osa menee rehuksi maidontuotantoon (noin 100 lehmää). Lisäksi tilalla on hake- ja öljylämmitys sekä biokaasulaitos ja runsaasti asuin- ja toimistorakennuksia (5 517 m² kokonaiskerrosala), koska tila on tutkimustila. Sähkön kulutus on mitattu, polttoaineiden luvut perustuvat ostokuitteihin ja muut luvut ovat tilanhoitajien arvioimia lukuja.

Kasvintuotanto

Kasvintuotannon energiankäyttö on esitetty taulukossa 2.16. Kasvituotannon tyypilläänöitukseen tarvitaan 210 441 kWh/117,57 ha = 1 790 kWh/ha. Rehuviljan ja rypsin kuivaukseen tarvitaan 26 024 kWh/ 128 089 kg = 0,2 kWh/kg. Kasvituotannon hehtaari-kohtainen energiankulutus on 3 900 kWh/ha ja kasvien energiatuotto on 7 899 kWh/ha tai 0,8 kWh/m². Aurinko tuottaa noin 1 000 kWh/m², eli kasvintuotannon energiatehokkuus on auringon energia huomioon otettaessa 0,08 %. Rehun tuotantoon käytetty energiamäärä tarvitaan laskettaessa maidnotuotannon tunnuslukuja. Traktoreiden dieselkulutus ja

Taulukko 2.13: Esimerkkitalan 5 EE tuotokset

Tuotokset	Pinta-ala Ha	Sato t/ha	Kuiva-ainepitoisuus %
Kevätvehnä	18,4	0,7	86
Kevätohra	120,1	3,6	86
Kevätrypsi	74,2	1,9	93
Kaura	34,6	2,5	86
Syysvehnä	59,0	3,9	86
Ruis	33,1	4,5	86

2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA

Taulukko 2.14: Esimerkkitalan 5 EE panosten ja tuotosten energiasisälllys. (Ka= kuiva-ainepitoisuus)

Panokset	Määrä	Ka %	Kokonaismäärä kWh
Sähkö	6 418 kWh	-	6 418
Diesel	10 899 litra	-	108 051
Liuskeöljy	10 000 kg	-	104 444
Maatalous-kemikaalit			
Typpi	41,4 t	-	566 429
Fosfori	5,8 t	-	24 856
Kaliumia	16,7 t	-	44 895
Siemenet			
Vilja	54,6 t	86	52 151
Rapsi	0,5 t	93	1 439
Yhteensä			907 244
Tuotokset			
Kevätvehnä	12 137 kg	86	49 006
Kevätohra	431 231 kg	86	1 741 129
Kevättrypsi	141 646 kg	93	979 891
Kaura	85 042 kg	86	360 095
Syysvehnä	229 905 kg	86	925 431
Ruis	147 957 kg	86	595 568
Yhteensä	911 125 kg	-	4 651 120

Taulukko 2.15: Tilan 5 EE energiankäyttö

	kWh/kg	kWh/ha
Kokonaisenergian tarve	0,9	2677
Suoran energian tarve	0,2	645
Epäsuoran energian tarve	0,7	2032
Dieselpolttoaineen käyttö	63 l/ha	626

lannoitus ovat suurimmat energiankuluttajat.

Maidontuotanto

Taulukossa 2.17 on esitetty tilan maidontuotannon panosten ja tuotosten energiasisällöt. Näiden avulla voidaan laskea seuraavat vertailuluvut: Maidontuotannon litrakohtainen energiankulutus on 1,3 kWh/litra, josta rehun osuus on $(84000 + 458544) \text{ kWh} / 841457 \text{ litra} = 64 \text{ kWh/litra}$, sähkön osuus $(264239 + 88401) \text{ kWh} / 841457 \text{ litra} = 0,4 \text{ kWh/litra}$ ja lämpö $(12000 + 66317) \text{ kWh} / 841457 \text{ litra} = 0,2 \text{ kWh/litra}$. Maidontuotannon energiatehokkuus on $747962 / 1081501 = 0,7$.

Biokaasuntuotanto

Lannasta ja kasvijätteistä voidaan tuottaa biokaasua. Biokaasu voidaan polttaa tai muuntaa sähköksi CHP-voimalan avulla. Laskelmat taulukossa 2.18 perustuvat lannan ja kasvijätteiden energiapotentiaaliin. Laskelmissa on käytetty seuraavia oletuksia: Biokaasun

2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA

Taulukko 2.16: Esimerkkitalan 2 FIN kasvituotannon panosten ja tuotosten energiamäärät

Kasvintuotanto	Määrä 2010	Kokonais- määrä kWh
Panokset		
Kuivurin lämmitysöljy	2 625 l	26 024
Diesel (tilan kokonaiskulutus)	21 345 l	211 612
Maatalouskemikaalit josta	17 990 kg	210 441
Typpi	14 654 kg	200 268
Fosfori	734 kg	3 162
Kalium	2 602 kg	7 010
Siemenet	9 420 kg	10 467
Rehun tuotantoon käytetty energiamäärä	701 934 kg	458 544
Tuotto		
Rehut, lämpöarvo josta	701 934 kg	620 369
Rehuviljat + Rypsi	115 280 kg	128 089
Säiliörehu	583 904 kg	486 587
Kuivaheinä	2 750 kg	5 500
Olki	40 kg	194
Kasvijätteet ja energiakasvit	63 057 kg	308 365
Kasvituotanto yhteensä	765 099 kg	928 735

energiasta 35 % muunnetaan sähköksi, josta biokaasulaitos kuluttaa noin 12 %. Biokaasun energiasta 65 % muunnetaan lämmöksi, josta 1/3 osaa kuluttaa biokaasureaktori, 1/6 osaa lämmittää navetan ja 1/6 osaa lämmittää muut rakennukset. Loppu 1/3 osaa menee hukkaan. Biokaasulaitoksen energiatehokkuus on 0,2, jos mädätysjäännösten energiasisältöä ei huomioida.

Taulukko 2.17: Esimerkkitalan 2 FIN maidontuotannon panosten ja tuotosten energiasisältö

Maidontuotanto	Määrä 2010	Kokonais- määrä kWh
Panokset		
Rehu ja kuivikkeet (arviointi)		84 000
Rehu kasvituotannosta	701 934 kg	458 544
Sähkö	264 239 kWh	264 239
Sähkö biokaasulaitoksen CHP:sta	88 401 kWh	88 401
Lämpö voimalasta	120 000 kWh	120 000
Lämpö biokaasulaitoksesta	66 317 kWh	66 317
Yhteensä	-	1 081 501
Tuotto		
Maito	841 457 litra	747 962
Vasikat elävä paino	15 435 kg	27 869
Lanta	259 600 kg DM	1 081 667
Yhteensä		1 289 966

2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA

Taulukko 2.18: Esimerkkitalan 2 FIN biokaasutuotannon panosten ja tuotosten energiasisältö

Biokaasutuotanto	Määrä 2010	Kokonais- määrä kWh
Panokset		
Lanta	259 600 kg DM	1 081 667
Kasvijätteet	63 075 kg DM	292 953
Yhteensä	-	1 374 620
Tuotto		
Lämpö	132 634 kWh	132 634
Lämpö rakennuksiin	66 317	66 317
Lämpö navettaan	66 317	66 317
Sähkö	88 401	88 401
Yhteensä	-	221 035

Lämpövoimala

Lämpövoimalassa poltetaan haketta ja huipputehon tarve katetaan polttoöljyllä. Lämpö jaetaan kaukolämpöverkon kautta eri rakennuksiin. Lämpöhäviöiden osuudeksi arvioidaan 30 %.(Taulukko 2.19)

Taulukko 2.19: Esimerkkitalan 2 FIN lämpövoimalan panosten ja tuotosten energiasisältö

Energialähde	Määrä 2010	Kokonais-määrä kWh
Panokset		
Kevyt polttoöljy	23566 litraa	233 631
Hake	1 442 i-m ³	1 301 806
Yhteensä		1 535 436
Tuotto		
Lämpö navettaan	-	120 000
Lämpö muihin rakennuksiin	-	954 805
Häviöt, arvio 30 %	-	460 631
Yhteensä	-	1 535 436
Nettolämpökulutus	-	1 074 805

Asein-, talous- ja toimistorakennukset

Koetilan rakennusten suuren energiankulutuksen syynä ovat suuret pinta-alat. Lämmin bruttoala on noin 5 500 m² ja lämmin tilavuus noin 17 000 m³. Rakennusten lämmitysenergiankulutus on taulukon 2.20 mukainen. Lämpöenergiatulo perustuvat polttoaineiden lämpöarvoihin. Kaukolämpöverkon häviöt ja eri talojen kulutus eivät ole tiedossa.

Vertailun vuoksi mainittakoon, että energiankulutuksen normiluvut 2010 ovat 100 – 110 kWh/m², matalaenergiatalot 26 – 50 kWh/m² ja passiivitalot 15 – 25 kWh/m². Energian säästäminen pitäisi aloittaa talokohtaisten energiamittausten perusteella.

energiatehokkuus on $4\,384\,843 / 5\,213\,340 = 0,8$.

2.4.4 Yhteenveto seurantatilojen energiankulutuksesta

Taulukoissa 2.23 ja 2.24 on yhteenveto seurantatilojen energiankulutuksista. Kulutusluke-
missa on suurta vaihtelua ja kaikilta tiloilta ei saatu kaikkia lukuja. Syynä tähän on se,
että tilat eivät seuraa erikseen energiankulutusta, jolloin niitä ei kirjata erikseen. Myöskään
selvää jakoa siitä mihin kaikkeen energiankulutus jakautuu, ei usein ole tiedossa.

Tilojen kasvintuotannon energiasuhteet olivat hyviä; 5 – 11 välillä. Eläintuotannon
energiasuhteet olivat 0,5 – 1,6 ja koko tilan 0,5 – 5,8. Energiasuhteista tarkastellessa on
huomattava, että analysointimenetelmät ovat erilaiset, kun tarkastellaan erikseen kasvintuo-
tanta, eläintuotantoa tai koko tilaa. Koko tilan tarkastelussa otetaan huomioon koko tilan
tuotantoon tarvittava energia ja sieltä myytävän materiaalin lämpöarvo. Tarkasteltaessa
pelkästään eläintuotantoa käytetään kasvintuotannossa tuotetun rehun energia-arvona
tuottamiseen tarvittavaa energiamäärää. Lisäksi eläinten lannan katsotaan korvaavan
lannoitteita.

2 MAATILAN ENERGIANKÄYTÖN SEURANTA

Taulukko 2.21: Esimerkkitalan EE2 kasvituotannon panosten ja tuotosten energiamäärät.

Kasvituotanto	Määrä 2010	Kokonaismäärä kWh
Panokset		
Kuivurin sähkö		5 550
Diesel, josta	82 308 l	823 080
Kuivuri	15 639 l	156 385
Koneet	66 669 l	666 695
Maatalouskemikaalit, josta	130 000 kg	1 408 417
Typpi	87 000 kg	1 189 000
Fosfori	12 000 kg	118 867
Kalium	31 000 kg	100 750
Siemenet, josta	124 996 kg	119 512
Vilja	122 657 kg	117 205
Rypsi	916 kg	947
Nurmikasvit	1 423 kg	1 360
Yhteensä		2 356 558
Tuotto		
Rehut, josta	16 433 753 kg	22 679 079
Kevätvehnä	738 380 kg	2 981 269
Kevätohra	541 943 kg	2 184 578
Kaura	234 612 kg	993 419
Ruis	70 450 kg	283 581
Maissi	614 688 kg	2 397 932
Raiheinä	980 144 kg	952 918
Laidun	712 790 kg	692 990
Kuivaheinä/säilörehu	12 540 746 kg	12 192 392
Myytävä sato, josta	330 997 kg	2 013 713
Kevätohra	95 637 kg	385 514
Kevätrypsi	193 830 kg	1 340 898
Syysrypsi	41 530 kg	287 301
Olki	476 000 kg	2 008 323
Puna-apilasiemenet	7 830 kg	-
Kasvituotanto yhteensä	17 248 580 kg	26 701 115

Taulukko 2.22: Esimerkkitalan EE2 maidontuotannon panosten ja tuotosten energiasisältö

Maidontuotanto	Määrä 2010	Kokonais- määrä kWh
Panokset		
Ostorehu ja kuivikkeet	1 399 676 kg	1 950 118
Rehu kasvituotannosta ja olki (embedded energy)	13 066 882 kg	2 356 558
Sähkö		559 125
Diesel	35 071 l	347 690
Yhteensä		5 213 340
Tuotto		
Maito	4 612 143 kg	4 099 683
Liha	123 781 kg	285 160
Yhteensä		4 384 843

Taulukko 2.23: Yhteenvettoa tilakohtaisesta seurannasta, energiasuhde on tuotannossa saadun energian suhde tuotantoon käytettyyn energiamäärään

Maatila	yksikkö	EE1		EE2		EE3		EE3	EE3
		2009	2010	2009	2010	2009	2010		
Kasvituotanto	vuosi	4 500	4 500	1 752	1 752	2 700	2 700	2 700	2 700
Pinta-ala	ha								
Sähkökulutus	kWh/ha	-	-	-	-	3	-	-	-
Diesel	kWh/ha	-	-	-	-	381	-	-	-
Kuivaus	kWh/ha	-	-	-	-	89	-	-	-
Kemikaalit	kWh/ha	-	-	-	-	804	-	-	-
Siemenet	kWh/ha	-	-	-	-	68	-	-	-
Yhteensä	kWh/ha	1 553	2 339	2 308	2 362	1 798	1 345	1 899	1 882
Energiatehokkuus kasvituotanto	1	5	7	6	7	7	11	6	6
Eläintuotanto		Maito	Maito	Maito	Maito	Maito	Maito	Maito	Maito
Eläinten lukumäärä	1	1 643	1 670	1 775	526	523	524	584	559
Yksikkö		kg maito	kg maito	kg maito	kg maito	kg maito	kg maito	kg maito	kg maito
Rehu tilan ulkopuolesta	kWh/yksikkö	0,62	0,53	0,38	0,29	0,42	0,39	0,42	0,32
Tilalla tuotettu rehu	kWh/yksikkö	0,52	0,83	0,79	0,92	0,68	0,86	0,68	0,95
Rehut yhteensä	kWh/yksikkö	1,14	1,36	1,17	1,21	1,10	1,25	1,10	1,27
Sähkökulutus	kWh/yksikkö	0,11	0,14	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11
Lämpökulutus	kWh/yksikkö	0,02	0,03	0,01	-	-	-	-	-
Muu kulutus	kWh/yksikkö	0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08
Yhteensä	kWh/yksikkö	1,35	1,62	1,38	1,40	1,30	1,45	1,30	1,48
Energiatehokkuus eläintuotanto	1	0,71	0,60	0,69	0,67	0,73	0,65	0,84	0,71
Tilan energiatehokkuus	1	1,36	1,62	1,38	1,40	1,30	1,45	1,19	1,47
Huomautuksia									
1	Kasvituotannon energiakulutuksen arviointi: rehun lämpöarvo minus rehuuotantoon arvioitu kulutettu energia								
2	Kasvituotannon energiakulutuksen arviointi: mitatun kasvi- ja rehuuotannon kulutetun energian perusteella								
3	Ilman asuin-, talous- ja toimistorakennusten lämmitysenergiaa								
4	Ilman lämmitysenergiaa								

Taulukko 2.24: Yhteenvetona tilakohtaisesta seurannasta, energiasuhde on tuotannossa saadun energian suhde tuotantoon käytettyyn energiamäärään

Maatila	yksikkö	EE4 2009	EE4 2010	EE4 2011	EE5 2010	EE5 2011	EE6 2010	EE6 2011	FIN1 2010	FIN2 2010	FIN3 2010
Kasvituotanto	vuosi										
Pinta-ala	ha				380	360	354	376	176	145	145
Sähkökulutus	kWh/ha	-	-	-	11	18	2	17		0	0
Diesel	kWh/ha	-	-	-	259	300	261	341	563	1 459	970
Kuivaus	kWh/ha	-	-	-	153	290	137	170	267	179	90
Kemikaalit	kWh/ha	-	-	-	1 206	1 767	953	1 536	1 108	1 451	1 770
Siemenet	kWh/ha	-	-	-	151	149	72	89	240	72	115
Yhteensä	kWh/ha	-	-	-	1 780	2 524	1 424	2 529	2 178	3 162	2 944
Energiatehokkuus kasvituotanto	1	-	-	-	6	5	6	5	8	7	7
Eläintuotanto		Lihasika	Lihasika	Lihasika					Lihasika	Maito	Maito
Eläinten lukumäärä	1		2 966	3 470					2 834	100	141
Yksikkö		kg elävä paino	kg elävä paino	kg elävä paino	-	-	-	-	kg teuras- tuspaino	kg maito	kg maito
Rehu tilan ulkopuolesta	kWh/yksikkö	3,41	4,37	4,23	-	-	-	-	0,67	0,10	0,70
Tilalla tuotettu rehu	kWh/yksikkö	-	-	-	-	-	-	-	1,32	0,52	0,72
Rehut yhteensä	kWh/yksikkö	3,41	4,37	4,23	-	-	-	-	1,99	0,62	1,41
Sähkökulutus	kWh/yksikkö	0,60	0,67	0,63	-	-	-	-	0,32	0,40	0,26
Lämpökulutus	kWh/yksikkö	0,22	0,08	0,07	-	-	-	-	1,78	0,21	?
Muu kulutus	kWh/yksikkö	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yhteensä	kWh/yksikkö	4,22	5,12	4,93	-	-	-	-	4,10	1,29	1,68
Energiatehokkuus eläintuotanto	1	0,64	0,53	0,55	-	-	-	-	0,69	0,72	0,51
Tilan energiatehokkuus	1	4,22	5,12	4,93	5,81	5,12	5,6	4,57	1,06	0,51	0,51
Huomautuksia										3	4
1	Kasvituotannon energiakulutuksen arviointi: rehun lämpöarvo minus rehutuotantoon arvioitu kulutettu energia										
2	Kasvituotannon energiakulutuksen arviointi: mitatun kasvi- ja rehutuotannon kulutetun energian perusteella										
3	Ilman astuin-, talous- ja toimistorakennusten lämmitysenergiaa										
4	Ilman lämmitysenergiaa										

3 MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ

3.1 Kasvintuotanto

3.1.1 Energian käyttö kasvin tuotannossa

Jukka Ahokas

Kasvintuotannon suurimpia energian käyttäjiä ovat lannoitteiden valmistus, työkoneiden käyttö ja sadon säilyttäminen (kuivaaminen). Kuvassa 3.1 on esitetty kaaviokuvallisesti kasvintuotannon energian kulutukseen vaikuttavia seikkoja. Energian kulutusta on tarkasteltu tässä käyttäen lannoitteita, työkoneita, tilanhoitoa ja sadon säilytystä pääkohteina.

Kuva 1.3 esittää ohran viljelyn energiapanosten jakaumaa Suomen oloissa. Viljelyketjussa on perusmuokkaustoimenpiteenä kyntö. Sitä seuraavat muut tarpeelliset työvaiheet tarvittavine materiaaleineen. Viljelyketjussa on otettu huomioon sekä suorat että epäsuorat energiapanokset. Agrokemikaalien (lannoitteet, torjunta-aineet, kalkki) osuus on lähes puolet koko energiapanoksesta ja typpilannoitteen osuus on kemikaaleista suurin (30 %). Kuvan 3.1 mukaisessa tilanteessa typen käyttömäärä oli 100 kg/ha. Sata kiloa typpeä hehtaarille on lähellä ohran viljelyn taloudellista optimia ja lähellä viljelijöiden todellisuudessa käyttämiä typpimääriä. Se on energiasuhteen osalta myös lähellä optimia eli tuolla panoksella satona saadun energian suhde viljelyyn käytettyyn energiamäärään on suurimmillaan. Energiansäästöä saadaan aikaiseksi korvaamalla lannoitteita esimerkiksi ravinnekierrolla ja typensitojakasveilla. Koneiden osalta niiden oikea käyttö ja vaihtoehtoiset viljelymenetelmät säästävät energiaa. Pohjoisissa olosuhteissa sadon kuivaaminen kuluttaa runsaasti energiaa. Sitä tehostamalla tai siitä luopumalla voidaan säästää energiaa.

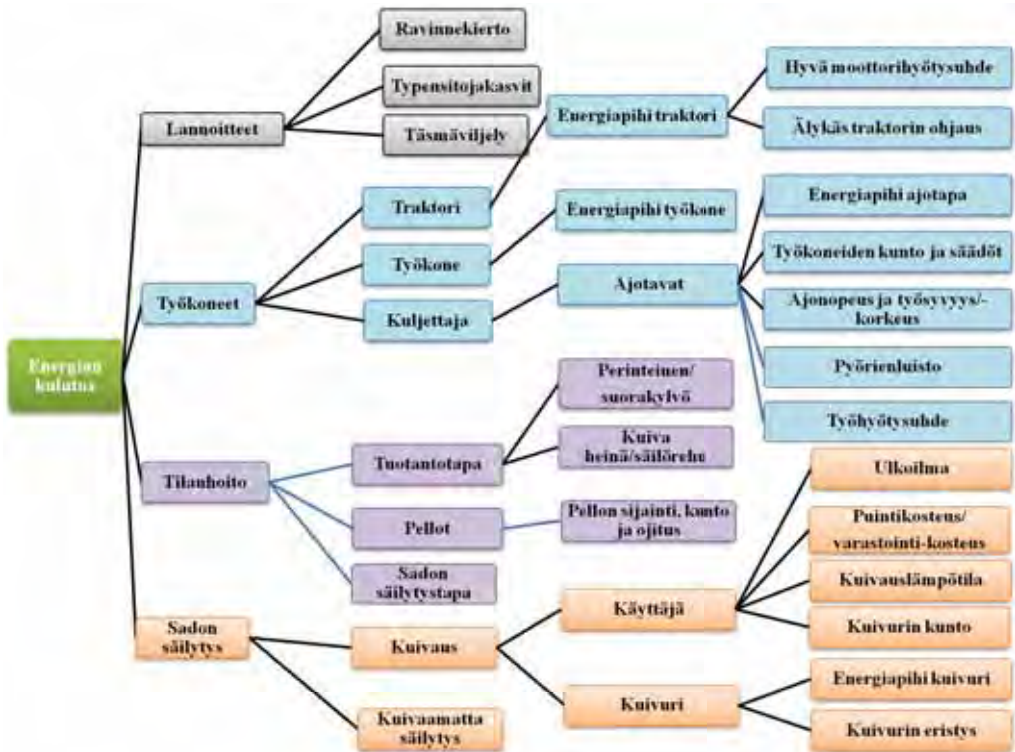
3.1.2 Energiansäästömahdollisuudet lannoitteiden avulla

Helis Rossner, Liina Talgre, Enn Lauringson, Henn Raave ja Alar Astover

Maankäyttötavoissa tulee huomioida käytön kestävyys niin ekologisesti, sosiaalisesti kuin taloudellisestikin. Nykyaikainen kasvinviljely perustuu enimmäkseen fossiilisille polttoaineille. Viljan viljelyssä konekustannukset muodostavat suurimman osan tuotantokuluista. Suurimmat energiakustannukset tulevat dieselpolttoaineiden ja lannoitteiden käytöstä. Tutkimukset osoittavat, että kolmannes ja ehkä yli puolet energiasta kuluu mineraalilannoitteiden tuottamiseen ja käyttöön. Saman vahvistaa myös ENPOS-projektin kasvinviljelytilojen energia-analyysi, jossa koko käytetystä energiasta lannoitteet muodostivat noin 65 %. Tästä mineraalitypen osuus on noin 90 %. Teoriassa maataloilla on mahdollisuus olla energiaomavaraisia (biomassa-, orgaaninen jäte- ja lannan sisältämä energia jne.).

Energiansäästö tulisi aloittaa suurimmasta kulutuksesta. Mineraalisen typpilannoitteen valmistuksessa käytetään runsaasti fossiilisia polttoaineita, jotka aiheuttavat valmistuksessa kasvihuonekaasupäästöjä. Maatalous aiheuttaa ihmisen tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä 10 – 12 %¹.

¹Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice,



Kuva 3.1: Ohran viljelyn energiapanosten jakauma. Kokonaispanos on 14 GJ/ha.

Virossa maatalouden osuus kasvihuonekaasupäästöistä on 6 %. Tästä suurimman osan muodostavat lehmien metaanipäästöt ja typpioksiduulin muodostuminen ja haihtuminen pellosta². Fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja säästää ympäristöä. Viljelijän paras kannustin energiansäästöön on kustannussäästö. Energian hinta vaikuttaa suoraan tai välillisesti kaikkiin maatalouden menoihin. Myös mineraalisten lannoitteiden hinnassa heijastuu valmistukseen tarvittavan energia hinta.

Lannoitteiden käytön tehoon vaikuttavat niin luonnon omat, ihmisten aiheuttamat kuin myös taloudelliset seikat. Kasvukauden sää (sateet, pouta, myrskyt jne.) ei ole viljelijän valittavissa, mutta viljelyriskiä voidaan minimoida tekemällä työt oikea-aikaisesti (kylvö, lannoitus, kasvinsuojelu) ja valitsemalla viljelymenetelmät maaperän mukaisesti. Tämä varmistaa lannoituksen tehokkuuden. Joissain tapauksissa esim. luomuviljely voi olla energiataloudellisesti edullinen, mutta se ei välttämättä tarkoita kestäväää kasvinviljelyä. Huomio täytyy keskittää seuraaviin seikkoihin:

1. Maaperän hedelmällisyyden ja laadun säilyminen.
2. Tuottavuuden säilyminen.
3. Sadon laatu.

B. Scholes, O. Sirotenko, 2007: Agriculture. In Climate Change 2007, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

²Keskkonnaministerium, 2009. Eesti viies kliimaaruanne. ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni elluviimise kohta. Eesti 2009.

Maaperän hedelmällisyys on kasvien tasapainoisen ravinnetalouden perusta. Kokeellisesti on todettu, ettei pelkkä mineraalilannoitus takaa maaperän hedelmällisyyden (maaperän rakenteen, vedenpidätyskyvyn, ravinteiden sitomiskyvyn jne.) säilymistä. Viron maatalousyliopiston pitkäaikaisten peltokokeiden perusteella on havaittu, että 15 vuoden aikana ainoastaan mineraalilannoitteiden käytöllä (kevätevehnä-ohra-peruna) maaperän orgaanisen aineksen määrä on vähentynyt 0,14 %. Karjan kuivalannan levittäminen kolmen vuoden välein (40 t/ha) nosti samassa ajassa humuksen määrää 0,25 %. Virossa levitetään maatalousmaille kuivaa karjanlantaa keskimäärin 2 – 3 t/ha, mikä ei takaa maaperän hedelmällisyyden säilymistä, koska humusvarannosta mineralisoituu vuodessa 0,5 – 2 %. Jotta mineralisoituminen ja maatumisen olisivat tasapainossa, pitäisi maaperään lisätä 5 – 6 t orgaanista kuiva-ainetta vuodessa. Tästä syystä maaperän hedelmällisyyden säilyttämiseksi olisi tarpeen käyttää vaihtoehtoisia orgaanisia lannoitteita (viherlannoitteet, kompostit, teollisuuden orgaaniset jätteet jne.). Näiden käyttö lisää myös mineraalilannoitteiden tehoa ja sitä kautta vähentää energiankulutusta lannoitteiden valmistuksessa.

Mineraalilannoitteiden käytön vähentämisessä voidaan lähteä liikkeelle laatimalla ravinnetaselaskelma. Siitä selviää, ovatko sadonkorjuussa poistuvat ravinnemäärät tasapainossa maaperään vietävien kanssa. Tämä on perusta etsittäessä lannoituksen säästömahdollisuuksia. Mineraalilannoitteiden käyttöä voidaan vähentää seuraavin toimenpitein:

1. Typeä sitovien kasvien viljely (viherlannoitteet), viljelykierto.
2. Ravinnetalouden orgaanisten lannoitteiden käyttö (lanta, kompostit, maatilan jätteiden hyödyntäminen, paikalliset teollisuusjätteet).
3. Optimaalisten kasvuolosuhteiden varmistaminen siten että ravinteiden imeytyminen on hyvää. Tämä lisää lannoitteiden tehoa. Esimerkiksi maaperän humustilanteen säätely orgaanisia aineita lisäämällä parantaa maaperän rakennetta, fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia sekä vesi- ja ilmapitoisuutta ja varmistaa tehokkaamman lannoitteiden käytön ja pienemmän hävikin.

Lannoittamisen optimointi

Tasapainoinen lannoitus tapahtuu maaperän ominaisuuksien ja viljeltävän kasvin tarpeiden mukaisesti. Ensiksi valitaan maaperään sopivat viljelykasvit (kevät- tai syysviljalajikkeet, öljykasvit, heinäkasvit, energiapaju tms.). Virossa on laadittu 10-portainen asteikko, joka osoittaa maalajien sopivuuden erilaisille viljelykasveille³. Mitä suurempi pistemäärä on, sitä paremmin kyseinen maaperä sopii tietyille kasvilajille.

Maaperän humuspitoisuus, kivennäismaalajien osuudet ja maan ravinteikkaus vaikuttavat sadon määrään ja lannoitustarpeeseen. Nämä tekijät vaikuttavat myös lannoitteiden tehoon ja lannoitteiden ympäristövaikutuksiin. Tasapainoisen lannoituksen perustana on maaperän ravinneanalyysi. Siitä saatavien tietojen ja tavoitellun sadon perusteella löydetään optimaaliset lannoitemäärät. Viljelykasvit käyttävät vuodessa keskimäärin 10 % maaperän liukoisesta fosforista ja 20 % kalista. Samoin liikalannoitus voi estää jonkin muun ravinteiden imeytymistä (esim. liika kali estää mangaanin ja kalsiumin imeytymistä). Liian yksipuolinen ja maaperän ominaisuuksia huomioimaton lannoittaminen voi osoittautua taloudellisesti kalliiksi, energian käytön kannalta tehottomaksi ja kasvien kasvua haittaavaksi. Lisäksi lannoitus voi tällöin aiheuttaa haitallisia ympäristövaikutuksia.

³Kõlli, R., 1994. Muldade kasutus sobivus ja agrorühmad. Tartu. 85 lk.

Humuspitoisuus vaihtelee maalajeittain ja siihen vaikuttaa mm. viljelyhistoria. Maaperän suuri humuspitoisuus merkitsee korkeaa typpipitoisuutta. Tämä mahdollistaa typpilannoitteiden käytön vähentämisen humuspitoisuuden perusteella. Maaperän tuestä suurin osa on sitoutunut orgaaniseen ainekseen ja tämän aineksen mineralisoituminen vaikuttaa kasvien typensaantiin. Orgaanisesta aineksesta mineralisoituu vuodessa keskimäärin 1 - 3 %.

Typpilannoituksen optimointi ei pitäisi perustua pelkästään viljelyllisiin ja taloudellisiin seikkoihin, vaan niiden lisäksi tulisi ottaa huomioon myös energiatehokkuus (Kuva 3.4). Viljelyn, talouden ja energiatehokkuuden mukaiset lannoitemäärät riippuvat maaperän ravinteikkoudesta. Nämä vuorovaikutussuhteet on suhteellisen hyvin esitettävissä laskenta-yhtälöillä. Tässä voidaan lähteä yhtälöstä, joka kuvaa typpimäärän ja vastemuuttujan välistä riippuvuutta (Kuva 3.4, Yhtälö 3.1)

$$Y_x = a_1 + a_0 \cdot x \pm a_2 \cdot x^2 \quad (3.1)$$

Yhtälö 3.1 osoittaa lannoitteen vaikutuksen satoon, x on typpimäärä, kg/ha, a_0 - lannoittamattoman lohkon sato a_1 , a_2 ovat kertoimia. Yhtälön avulla voidaan löytää sadon tai energian käytön suhteen optimaalinen typpimäärä. Sen avulla voidaan myös laskea taloudellinen optimi, kun typen hinta tiedetään. Samoin voidaan laskea energiatehokkuuden optimi, kun typen valmistusenergiämäärä tiedetään.

Typpimäärä ei vaikuta satoon lineaarisesti. Typpimäärän kasvaessa sato ei kasva samassa suhteessa. Sadon lisäys (lisäsato) pienenee jatkuvasti typpimäärän kasvaessa ja lopuksi tullaan tilanteeseen, jossa typpimäärän lisääminen alkaa pienentää satoa. Mitä suurempi on maaperän humuksen, käyttökelpoisen fosforin ja kaliumin pitoisuus, sitä pienempi on väkilannoitteiden teho ja lannoittamisen tuloksellisuus ja sitä matalammiksi jäävät optimaaliset lannoitusmäärät (Kuva 3.2 ja 3.3).

Suuren sadon saamiseksi tarpeellinen typpilannoitteen määrä on yleensä suurempi kuin mitä se on suurimman taloudellisen voiton saavuttamiseksi. Taloudellisesti optimaaliseen lannoitemäärään vaikuttaa markkinatilanne (lannoitteiden, kasvinsuojelun ja polttoaineiden hinnat) ja lannoitteiden käytön tehokkuus. Viljelyn energiatehokkuus on oleellisessa osassa, kun arvioidaan maataloustuotannon ympäristövaikutuksia. Eri tekijöiden mukainen optimointi mahdollistaa kokonaisvaltaisten kasvinviljelyn tehokkuusarvioiden tekemisen (Kuva 3.4).

Suurin energiatehokkuus (sadossa saatu energiamäärä - tuotantoon käytetty energiamäärä) saavutetaan yleensä suhteellisen vähäisellä lannoitustasolla. Tällaisten lannoitemäärien käytöllä sato ei muodostu riittävän suureksi, jotta se riittäisi ruuan tuotantoon.

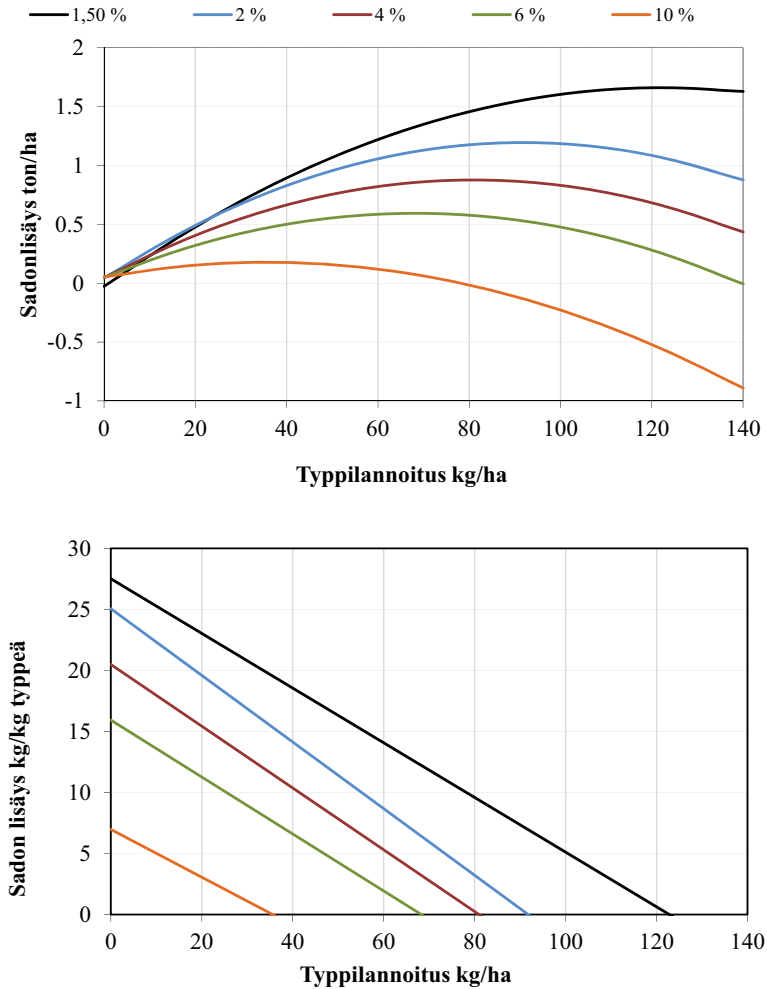
Typensitojakasvien käyttö

Kestävässä kasvinviljelyssä olisi käytettävä kasveja, jotka lisäävät maan humuspitoisuutta. Samoin tulisi kasvattaa orgaanisten lannoitteiden, ennen kaikkea viherlannoitteiden määrää. Palkokasvien biologisesti sitoma typpi on tärkeä typenlähde viljelykierron seuraavalle kasville. Viherlannoituskasvien merkitykseen esikasvina vaikuttavat viljelyteknologia ja oikea muokkausajankohta. Typpikato on pienempi muokattaessa aluskasvi oljen kanssa myöhään maahan. Tämä sitoo ylimääräisen typen⁴. Virossa viljellään viherlannoitekasvina

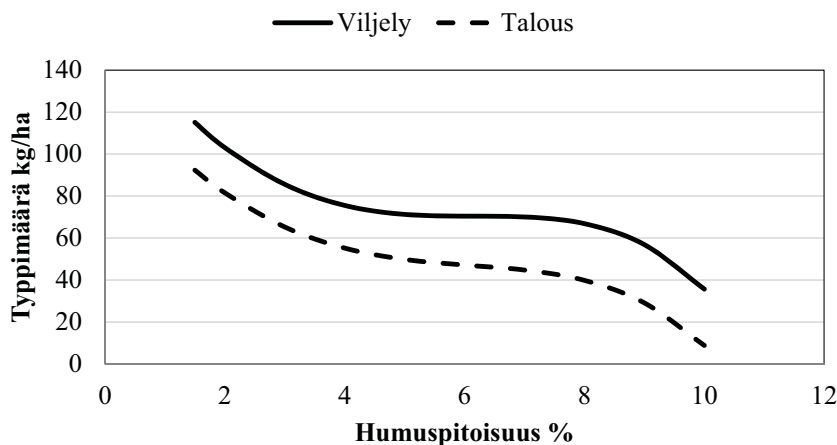
⁴Lauringson, E., Talgre, L., Roostalu, H., Vipper, H., 2004. The effect of tillage and crop rotation on the content of available nitrogen, phosphorus and potassium. *Agronomy Research*, 2(1), 63 - 70.

3 MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ

yleisimmin puna-apilaa ja valkomesikkää, mutta myös hernettä, tavallista ja hybridisini-mailasta ja keltamaitetta. Viherlannoitteena voisi viljellä myös lupiinia. Viherlannoiteviljelyä pidetään edullisena orgaanisen aineen ja typen lähteenä. Vihermassa on biologisesti aktiivista ja sen typpimäärä ylittää usein mineraalisten lannoitteen tehon. Viherlannoitekasveilla on seuraavia hyviä ominaisuuksia; ne ovat suhteellisen vaatimattomia maaperä- ja ilmasto-oloille, ne tuottavat suuren vihermassasadon, ne sitovat typpeä ilmakehästä, ne muodostavat syvän ja vahvan juuriston, niiden kylvömäärä on pieni ja niiden tuottama



Kuva 3.2: Maaperän humuspitoisuuden (1,5, 2, 4, 6 ja 10 %) vaikutus ohran satoon ja typpivasteeseen. Maaperän humuspitoisuuden symbolit on esitetty ylemmän kuvan yläpuolella prosentteina.



Kuva 3.3: Viljelyn ja talouden mukaisten optimaalisten lannoitetyppimäärien riippuvuus maaperän humuspitoisuudesta. (N 1,15 €/kg, ohra 0,19 €/kg, sadonlisäyksen käsittelymenot 0,03 €/kg). H, % - humus content

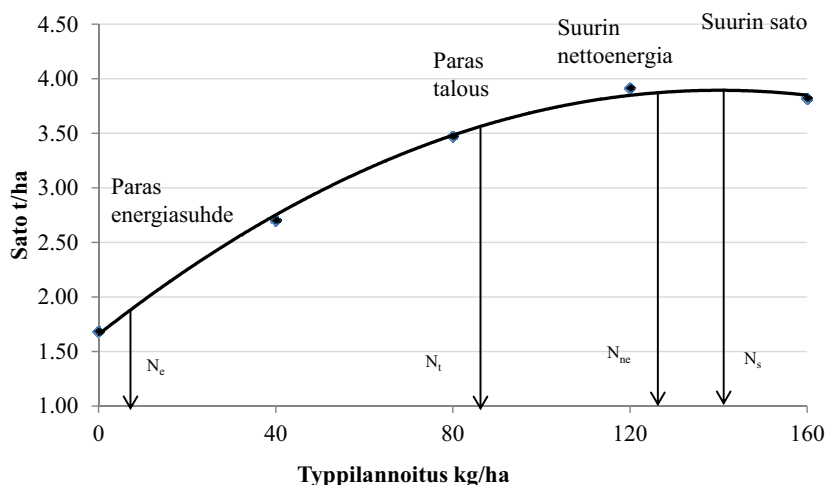
vihermassa kelpaa myös eläinten rehuksi⁵.

Palkokasvien viljelyä kylvön yhteydessä on säädelty Euroopan Unionin lainsäädännöllä⁶. Sen mukaisesti ympäristöystävällinen viljely edellyttää Virossa, että 15 % pinta-alasta on käytetty palkokasvien viljelyyn. Vuonna 2011 tämä oli käytössä 49 %:lla (437388 ha) tukea saavasta pinta-alasta Virossa.

Palkokasvit ovat muuttumassa arvostetuiksi orgaanisiksi lannoitteiksi niin tavanomaisessa kuin luomutuotannossakin, koska niillä on mahdollista säästää viljelykustannuksissa ja välillisesti myös energian kulutuksessa. Karjatiloilta käytetään palkokasvien vihermassaa säännönmukaisesti yhdessä heinäkasvien kanssa rehuksi. Puhtaasti kasvinviljelyyn suuntautuneilla tiloilla voidaan viljellä palkokasveja viherlannoitteina. Ne lisäävät maaperän typpimäärää, joka on satomäärän muodostumisen määräävä tekijä. Toisaalta ne parantavat maaperää maatuessaan ja muuttuessaan humukseksi. Palkokasvien vaikutusta kuvaa mineraalisen typpilannoitteen vastaavuus. Se tarkoittaa mineraalisen typen määrää, joka tarvitaan, että saadaan sama sato kuin palkokasvien tuottamalla typpellä. Viherlannoitteen maaperään jättämään ravinnemäärään vaikuttavat maaperäolot, biomassan määrä, viljeltävät kasvit ja se, muokataanko maahan vain viherlannoitteen biomassa vai viherlannoitteiden biomassa yhdessä olkien kanssa. Puhtaat palkokasvikasvustot sitovat vuotuisessa kierrossa maaperään 90 – 270 kg typpeä, 15 – 30 kg fosforia, 80 – 230 kg kalia ja 2 – 6 tonnia hiiltä hehtaaria kohden. Kun palkokasveja käytetään aluskasvina, jotka muokataan maahan, saadaan 60 – 200 kg typpeä, 10 – 24 kg fosforia, 80 – 170 kg kalia ja 1,8 – 3,4 tonnia hiiltä hehtaaria kohden. Monivuotisten palkokasvien typensitomiskyky on suurempi johtuen niiden huomattavasti laajemmasta juuristosta verrattuna yksivuotisiin palkokasveihin. Viljelyskasvit saavat lannoitekasvien varastoimat ravinteet käyttöönsä vasta biomassan hajottua maaperässä ja ravinteiden vapautuessa käytettäväksi. Biomassan hajoaminen on nopeaa sopivan kosteassa multakerroksessa, korkeassa lämpötilassa ja

⁵Viil ja Vösa, 2005. Libliköielised haljasväetised. Eesti Maaviljeluse Instituudi infoleht nr. 148, lk 16.

⁶Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika rakendamise seaduse» §454 lõike 2 ja § 455 lõike 2 ja 3.



Kuva 3.4: Biologisesti (Suurin sato), taloudellisesti (Paras talous) ja energiataloudellisesti (Paras energiasuhde, Suurin nettoenergia) optimaaliset typpilannoitemäärät ohran viljelyssä.

matalassa kyntösyvytydessä.

Palkokasvien kanssa voidaan viljellä kevätiljoja, kuten esimerkiksi ohraa. Virossa on käytetty myös kevät- ja syysvehnää sekä ruista. Palkokasveja voidaan viljellä viherlannoitteiksi myös ilman tuotantokasvia (kateviljelyä). Siinä tapauksessa niiden sato ja lannoitusteho on suurempi kuin kateviljelyn alla viljeltäessä (Taulukko 3.1).

Esimerkkejä mahdollisista viljelykiertoista ja palkokasvien osuus niissä:

1. Ruis/syysvehnä(+palkokasvi) – (palkokasvi) – syysrapsi/rypsi – syysvilja – kevätilja – kevätilja – kevätrapsi – kevätilja – ruis/syysvehnä(+palkokasvi)
2. Ruis(+palkokasvi) – kevätilja – syysrapsi/rypsi – syysvilja – kevätilja – syysvehnä(+palkokasvi)
3. Kevätohra/-vehnä (+palkokasvi) – (palkokasvi) – syysvehnä – syysrapsi/rypsi – kevätilja – kevätohra/vehnä (+palkokasvi)

Viron maatalousyliopiston tutkimusten mukaan 100 kiloa viherlannoitustyyppiä hehtaaria kohti, lisäsi satoa ensimmäisenä vuonna satoa lannoittamattomaan verrattuna 43 %, toisena ja kolmantena vuonna 34 % ja 10 %. Puolta suurempi typpimäärä, mikä on palkokasvien viljelyssä täysin mahdollista, lisäsi satoa ensimmäisenä vuonna 86 % ja toisena ja kolmantena vuonna 68 % ja 20 % (Kuva 3.5⁷).

Tyypen hävikki on vähäisempi, jos viherlannoite kynnetään myöhemmin maaperään ja myös lisättäessä olkea sitomaan vapaata mineralisoitunutta tyyppiä. Vaikka esikasvien

⁷Laurinson, E., Talgre, L., Roostalu, H., Makke, A., 2011. Mulla huumusseisundi ja toitainete bilansi reguleerimise võimaluste ning haljasväetiskultuuride fütoproductiivsuse selgitamine tava- ja maheviljeluse tingimustes. Põllumajanduslikud rakendusuringud ja arendustegevus aastatel 2009-2014 aruanne, lk 78.

3 MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ

Taulukko 3.1: Viljasato ja palkokasveilla korvatus mineraalisen typen määrä Viron maatalousyliopiston tutkimusten mukaan.

Esikasvi	Sato	Korvattu	Sat	Korvattu	Sato	Korvattu
	t/ha	N kg/ha	o	N kg/ha	t/ha	N kg/ha
	Kaura 2006		Kevätvehnä 2007		Syysvehnä 2008	
Ohra+apila	4,34	85,5	3,87	45	5,95	>100
Ohra+valkomesikkä	-x	-x	4,03	54	5,39	>100
Ohra+hybr.sinimailanen	4,11	70	3,72	37	6,0	>100
Ohra+tav.sinimailanen	3,32	17	3,79	46	6,2	>100
Ohra+ keltamaite	3,02	0	x	x	5,7	94
Apila	4,77	>100	4,48	88	-xx	-xx
Valkomesikkä	-x	-x	4,87	>100	-xx	-xx
Keltamaite	3,87	54	4,18	64	-xx	-xx
Hybr.sinimailanen	4,58	>100	4,29	72	-xx	-xx
Tav. sinimailanen.	4,00	63	4,38	78	-xx	-xx
Vaikutus toisen vuoden jälkilviljelyyn						
	Ohra 2007	Ohra 2008	Ohra 2009			
Ohra+apila	2,79	35	2,48	15	2,49	43
Ohra+valkomesikkä	-x	-x	2,63	20	2,15	25
Ohra+hybr.	2,65	27	2,80	26	2,4	38
Sinimailanen						
Ohra+tav.sinimailanen	2,45	16	2,71	22	2,3	33
Ohra+ keltamaite	2,27	6	-x	-x	2,0	17
Apila	3,20	58	3,02	34	-xx	-xx
Valkomesikkä	-x	-x	3,22	43	-xx	-xx
keltamaite.	2,65	27	2,85	28	-xx	-xx
Hybr. Sinimailanen	3,46	72	3,28	46	-xx	-xx
Tav. sinimailanen	3,17	56	3,17	40	-xx	-xx

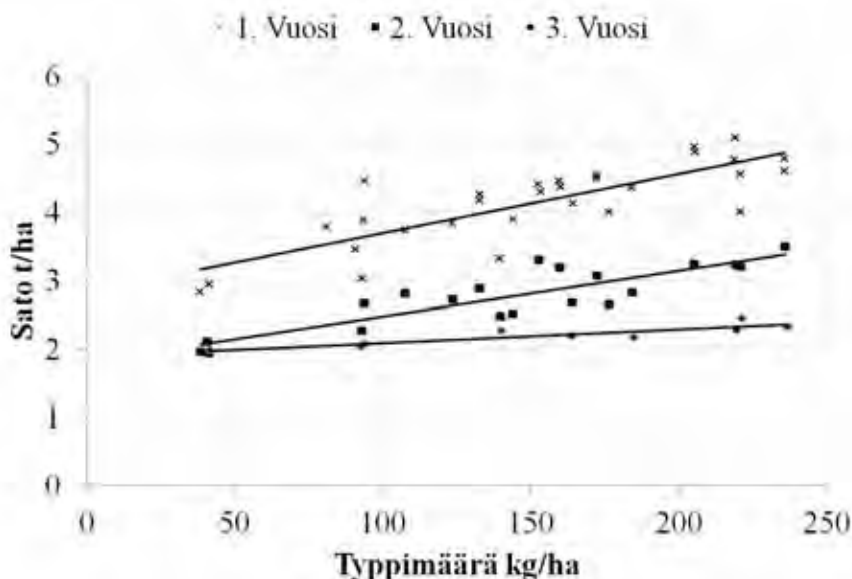
-x ei viljelty, -xx syysvilja kylvettiin toisen vuoden syyskynnön yhteydessä

kyntö keväällä maahan on antanut suuremman sadonlisän, kevään kiireisen kylvöajan vuoksi on parempi kyntää palkokasvi maahan syksyllä. Jos peltoon on tarkoitus kylvää seuraavana syksynä syysviljaa, viherlannoitteet voidaan kyntää menestyksellisesti seuraavan vuoden alkukesällä. Tämä takaa myös palkokasvien suuremman biomassan ja suuremman lannoitusvaikutuksen.

Taulukosta 3.1⁷ nähdään, että mineraalisten typpilannoitteiden vastaava määrä on ensimmäisen vuoden sadossa 17 – 100 kg N/ha riippuen vuodesta ja viljeltävästä lajikkeesta ja siitä, onko kyse kylvöstä suoraan maahan vai viherlannoitekynnökseen. Käyttämällä typen valmistusenergian määränä 13,7 kWh/kg⁸, energiansäästöksi saadaan 233 – 1370 kWh/ha. Tämä ei kuvaa koko energiansäästöä, koska palkokasvien kylvöön liittyy myös työtä. Perinteisessä viljelyssä muokkaukseen ja kylvöön kulunut polttoaine-energia ja siemenmateriaalin tuotantoon kuluneet välilliset energiakulut ovat 615 kWh/ha. Kylvettäessä viherlannoitekynnökseen tulee huomioida vain siemen- ja kylvökulut, jolloin energian kulutus on 199 kWh/ha.

Koska palkokasvien satoa kasvattava vaikutus jakautuu pääasiassa kahdelle seuraavalle

⁸Edwards, R., Larivé, J.-F., Mahieu, V. & Rouveiroles P. 2006. Well-To-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Well-To-Tank Report, Version 2b. 140 p. + 3 Appendixes.



Kuva 3.5: Viherlannoituksen avulla maaperään viedyn typen ja satomäärän välinen yhteys. 1Y – vaikutus ensimmäisen vuoden satomäärään; 2Y – vaikutus toisen vuoden satomäärään; 3Y – vaikutus kolmannen vuoden satomäärään

vuodelle, niiden viljelyn kulutuskin on jaettu kahdelle vuodelle. Puhtaaseen maaperään kylvettäessä tarvitaan 307,5 kWh/ha ja viherlannoitekynnökseen kylvettäessä 99,5 kWh/ha vuodessa. Käyttäen taulukon 3.1 mukaisia korvattavan mineraalisen typen määriä, mahdollinen energiansäästö on viherlannoitekynnökseen kylvettäessä 139 – 1278 kWh/ha. Suurin vaikutus saadaan syysviljan viljelyllä palkokasvin jälkeen. Vaikutus kevätiljojen satoon on pienempi (enintään 1056 kWh/ha). Toisen vuoden sadon energiansäästö on pienempi jäädessä välille 111 – 500 kWh/ha. Suoraan peltoon kylvettäessä säästö on ensimmäisenä vuonna 417 – 1056 kWh/ha ja toisena vuonna 56 – 667 kWh/ha.

Viljellyimpiä viherlannoitekasveja ovat puna-apila ja valkomesikkä, jotka antavat lyhyen kasvukauden aikana suhteellisen suuren biomassamäärän ja sen kautta myös suuremman satovaikutuksen. Molemmilla on viherlannoitteena suhteellisen merkittävä vaikutus satoon verrattuna pelkkään maaperään tehtyyn kylvöön. Koetuloksien perusteella viherlannoitteen käyttämistä voidaan suositella. Se antaa mineraalisten typpilannoitteiden säästön lisäksi myös ajan ja kulujen säästöä kylvön esivalmistelutöiden osalta.

Valkomesikkä (*Melilotus albus*) viljellään kaksivuotisena kasvina, perussato saadaan toisena vuonna. Kylvövuonna se antaa 25 – 30 t/ha vihermassaa, toisena vuonna jo 35 – 40 t/ha, mikä vastaa 40 t/ha karjanlantaa. Se sietää kateviljelyä. Jos se jätetään talvehtimaan, sen niittämistä 10 – 13 cm korkuiseksi suositellaan. Se kasvaa hyvin Pohjois- ja Länsi-Viron kalkkipitoisessa maaperässä. Sen leviämistä Keski- ja Etelä-Viroon ovat estäneet sikäläiset happamat maaperät. Kiitos valkomesikän tiheään ja korkeaan kasvutavan se torjuu pelloilta myös rikkaruohoja.

Maaperän happamuus vaikuttaa vähemmän puna-apilan (*Trifolium pratense* L.) kuin valkomesikän viljelyyn. Puna-apilalla on kaikki viherlannoitekasvin hyvät ominaisuudet (vaatimaton maaperä- ja ilmasto-oloille), suuri vihermassasato, hyvä typen sitomiskyky,

syvälle ulottuva vahva juuristo, pieni kylvömäärä ja sato kelpaa karjanrehuksi⁹). Puna-apilaa on kahta lajiketta: diploidinen ja tetraploidinen. Tetraploidiset puna-apilat ovat kasvultaan voimakkaampia, varret ovat tukevammat, lehdet ja kukinnot suuremmat. Siitä johtuen niiden vihermassasato on diploidisia kasveja oleellisesti suurempi¹⁰.

Typensitojakasvien käytön energiansäästö

Koetulosten tulkinnaissa on tärkeää pitää mielessä, että maaperäolot vaikuttavat palkokasvien biomassan muodostumiseen oleellisesti. Energiansäästöön vaikuttavat kylvö, palkokasvien osuus kylvössä ja säilyminen kasvustossa.

Taulukko 3.2: Palkokasvien viljelyn avulla mahdollinen energiansäästö maatilan tasolla:

	Tavoiteltu satotaso	Tarpeellinen typpimäärä tavoitesadon saavuttamiseksi	Maaperästä vapautuva ja kasveille luovutettava typpi	Palkokasvien jälkivaikutus tyypinä	Mineraali-lannoitteiden tarve
Vehnä	x_1	N_1	s_1	z	$N_{min_1} = N_1 - s_1 - z$
Ruis	x_2	N_2	s_2	z	$N_{min_2} = N_2 - s_2 - z$
Rapsi	x_3	N_3	s_3	z	$N_{min_3} = N_3 - s_3 - z$
...	... x_n	... N_n	... s_n	z	$N_{min_n} = N_n - s_n - z$
Yht.		ΣN	Σs		ΣN_{min}

Taulukossa 3.2 on esimerkki siitä, kuinka lannoitus voidaan suunnitella tilatasolla. Kunkin kasvin kohdalla päätetään tavoiteltu satotaso ja sen mukaan määritetään tarvittava typpilannoitusmäärä. Sen jälkeen otetaan huomioon typensitojakasvien antama typpimäärä. Lannoitteiden käytön (ja energian) säästö saadaan vähentämällä lannoitustarpeesta typensitojakasvien antama lannoitusvaikutus.

Esimerkki 380-hehtaarin tilasta.

Tilan peltolohkojen välillä ja myös pellonsisäisesti maaperä vaihtelee suuresti. Joka maaperätyypille on oma luonteenomainen orgaanisen hiilen (humus) pitoisuutensa, jonka kanssa maaperän typpipitoisuus on suorassa riippuvuussuhteessa. Maaperän humuspitoisuus vaikuttaa lineaarisesti maaperän typpipitoisuuteen ja typpipitoisuus voidaan esittää yhtälöllä 3.2¹¹

$$N_{tot} = 0,047 \cdot Hu\% + 0,0366 \quad (3.2)$$

Vaikka kyntökerroksen normaali typpipitoisuus on 1 – 2 %, sen assimiloituminen riippuu orgaanisten aineiden hajoamisesta vapautuvasta typpimäärästä. Viron olossa se on noin

⁹Viiil, P., Vösa, T. Herneensukuiset viherlannoitekasvit 2005.

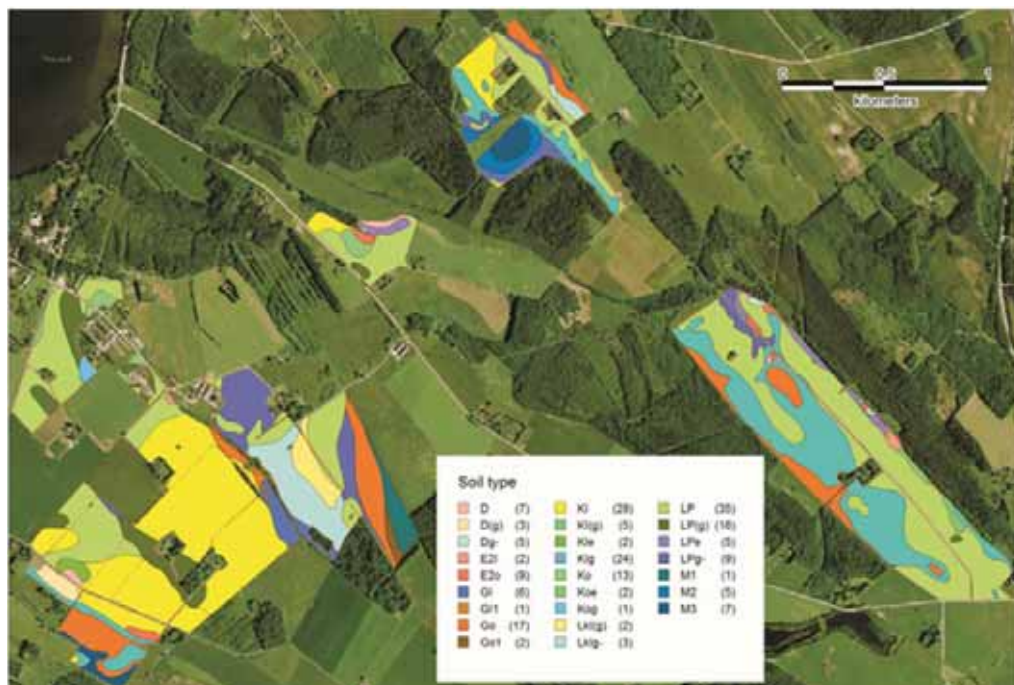
¹⁰Tamm, S. 2007. Eri apilalajikkeet luomuviljelyssä ja niiden siemenkasvatus. Peltoviljelyjen ja lajikkeiden sopivuus luomuviljelyyn. OÜ Vali Press, sivuja 48

¹¹Roostalu, H., 2008. Maataloudelliset riskit kasvisviljelyssä ja niiden lieventämismahdollisuudet. Tarton maamiesliitto . sivut 112.

3 MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ

0,5 – 2 % vuodessa. Mitä suurempi on maaperän humuspitoisuus, sitä suurempi on myös maaperän typpivarasto. Näin on mahdollista arvioida humuspitoisuuden pohjalta maaperän typpilannoitustarve.

Maaperän orgaanisen hiilipitoisuuden saamiseksi käytettiin laskentamallia¹², jonka soveltamiseen tarvittavat tiedot saadaan Viron digitaalisesta maaperäkartasta (humuskerroksen paksuus, maaperälaji, koostumus). Tiedettäessä maaperän orgaanisen hiilen pitoisuus saadaan sen humuspitoisuus. Autoamorfisten maaperien keskimääräinen hiilipitoisuus on 58 %. Yhdistämällä tilan tiluskartta ja digitaalinen maaperäkartta saatiin selville peltolohkojen maaperälajit (Kuva 3.6).



Kuva 3.6: Koetilan pellot ja maalajit

Koetilan pelloissa on hallitsevana lieju (78 %) ja kevyet hiekkasaviset maat. Tilan peltöjen maaperän orgaaninen hiilipitoisuus on 1,4 % (humuspitoisuus vastaavasti 2,4 %). Tämä pitoisuus ei salli lannoitemäärien vähennyksiä halutun sadon saamiseksi (Taulukko 3.3). Peltöjen vapaan fosforin pitoisuus on erittäin suuri ja kaliumpitoisuus suuri. Halutun sadon saavuttamiseksi tarvittava typpimäärä on 46,5 tonnia (380 hehtaarin alalle), joka on energiana ilmaista 636 MWh (Taulukko 3.4).

Kun asetetaan tavoitteeksi, että puna-apilaa kylvetään viherlannoitteeksi 35 %:lle koko pinta-alasta, ja oletetaan, että palkokasveilla korvattava typpimäärä on ensimmäisen vuoden sadolle 70 kg/ha, on mahdollinen säästö tilatasolla 124 MWh eli 300 kWh/ha.

Ottaen huomioon, että yhden hehtaarin viljelyyn tehtävät suorat ja välilliset energiakulut ovat noin 2,36 MWh, voidaan palkokasvien avulla säästää 14 %. Se muodostaa tilan koko

¹²Suuster, E., Ritz, C., Roostalu, H., Kölli, R., Astover, A. Modelling soil organic carbon concentration of mineral soils in arable land using legacy soil data. *European Journal of Soil Science*, June 2012, 63, 351 – 359.

3 MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ

Taulukko 3.3: Koetilan viljelykasvit, haluttu satomäärä ja siihen tarvittava typpimäärä

	Viljeltävät kasvit, ha	Tavoiteltu satomäärä, t/ha	Tarvittava typpimäärä N, kg/t	N, kg/ha	Yhteensä N, tonnia
Syysvehnä	95	5,5	27	149	14,1
Syysrapsi	11	4	60	240	2,7
Kevätvehnä/ohra	129	4,5	30	135	17,4
Kaura	18	6	20	120	2,2
Kevätrapsi	84	3	40	120	10,0
Palkokasvit	40	-	-	-	-
Yhteensä	377			123	46,5

Taulukko 3.4: Energiensäästö puna-apilan kylvöllä viherlannoitteeksi (35 % pinta-alasta, 130 ha) edellyttäen, että korvattava typpilannoitteen määrä on 70 kg/N ha.

	Tavoitellun sadon saavuttamiseen tarvittava typpi	Maaperästä saatava typpi	Palkokasveilla korvattu typpi	Mineraali-typpeä tarvitaan
MWh	634	93	124	417
MWh/ha	1,68	0,25	0,3	0,48

typpilannoitetarpeesta 23 %. Konkreettisena lannoitemääränä keskimääräinen säästö on koko pinta-alalle 24 kg N/ha.

Vuoroviljelyn käyttö

Yksi mahdollisuus vähentää typen huuhtoutumista on suunnitella kylvöt niin, että osalla pelloista olisi talvella kasvipeite. Syysviljan ja monivuotisten heinäkasvien rinnalla voidaan viljellä myös niin sanottuja sitovia kasveja (välilajike). Ne pystyvät sitomaan jopa 200 kg N/ha ja siten vähentämään mahdollista huuhtoutumista ja denitrifikaatiota. Typen sitominen riippuu viljeltävästä lajikkeesta, kylvöajankohdasta (joka määräytyy edellisestä sadonkorjuusta), kasveille maaperässä saatavilla olevasta typpimäärästä ja ilmastosta. Välilajien kylvöajankohta on tavallisesti myöhäiskesällä. Ne kynnetään maaperään välittömästi ennen pakkasia. Yleisimmin käytetyt välilajikkeet ovat öljykasvit (öljyretikka, keltasinappi, rapsi ja rypsi), mutta myös ruis, italianraiheinä ja aitohunajakukka. Viron maatalousyliopiston kokeiden perusteella vähiten biomassaa muodostavat italianraiheinä ja ruis. Niiden typensitomiskyky on myös pienempi kuin ristikukkaisten ja palkokasvien. Ristikukkaisista kasveista tehokkaimpia ovat öljyretikka ja keltasinappi, jotka muodostavat suuren biomassan, joka tuottaa maaperään myös suuren ravinnemäärän. Suurimman typpimäärän maaperään tuottavat palkokasvit, mutta niiden haittapuolena ovat suuri kylvömäärä ja sen mukanaan tuomat suuret perustamiskulut.¹³

¹³Talgre, Liina; Lauringson, Enn; Makke, Arvo; Lükko, Merilin; Nurm, Liis (2011). Väliviljelyn biomassan muodostumisen ja ravinteiden sitomiskyky. Jüri Kadaja (Toim.). Agronomia 2010/2011 (53 - 58). Saku: Rebellis.

Ravinnekierron tehostaminen tilatasolla

Orgaanisia jätteitä voidaan pitää uudelleen käytettävänä resursseina. Orgaanisilla lannoitteilla on kasvis-, eläin- tai teollinen alkuperä ja ne tuodaan maaperään sellaisinaan tai käsiteltyinä. Orgaanisten lannoitteiden (kiinteä ja lietelanta, jätevesisaoste, kompostit jne.) käyttö auttaa parantamaan maaperän rakennetta, joka puolestaan parantaa maaperän fysikaaliskemiallisia ominaisuuksia ja huokostilavuutta sekä vesitaloutta.

Orgaanisten lannoitteiden kemiallinen koostumus määrää niiden sopivuuden lannoitteeksi. Eri lannoitteiden ravinnepitoisuudet vaihtelevat suuresti riippuen niiden alkuperästä, kosteuspitoisuudesta, hajoamisasteesta jne. Vaikka fosfori muodostaa koko kasvinviljelyn energiansyötöstä suhteellisen pienen osan, fosforimalmi on uusiutumaton luonnonvara ja tämän hetkisten varantojen ja käyttönopeuden mukaan sitä riittää 50 – 100 vuodeksi.^{14,15,16} Lannan sisältämän fosforin tehokkaampi käyttö on ajankohtainen asia. Tätä tutkitaan Baltic Manuren -projektissa, johon Suomi ja Viro osallistuvat. Tutkimuksessa kehitetään ympäristöystävällisiä lannan käsittely- ja varastointitekniikoita. Lantaresurssit sijaitsevat yleensä alueittain. Tehokarjatalousalueilla on ongelmana lannan ja lietteen mukana maaperään vietävien ravinteiden liikamäärä, kun taas alueilla, joilla on vallitsevana kasvinviljely, täytyisi maaperän hedelmällisyyden säilyttämiseksi turvautua teollisiin orgaanisiin jätteisiin. Suurin osa Virossa syntyvästä karjanlannasta on lietelantaa, jonka ravinnesisältö on keskimäärin 4 kg typpeä/m³, 0,6 kg fosforia/m³ ja 2 kg kaliumia/m³. Myös jäteveden saostusliete on kemialliselta koostumukseltaan huomioon otettava ravinnelähde (N- ja P-pitoisuudet vaihtelevat keskimäärin välillä 5,5 – 6 kg/t typpeä kuiva-aineesa ja 2,5 – 3 kg/t fosforia). Tätä voidaan tietyissä olosuhteissa käyttää myös maanviljelyssä¹⁷.

Kestävän kehityksen mukaisen viljelyn yhtenä tavoitteena tulisi olla ravinnekierrätyksen maksimointi tilalla. Yhtäältä tuodaan ravinteita ostamalla lannoitteita ja rehua ja toisaalta viedään niitä sadonmyynnin yhteydessä pois. Kasvinviljelytiloilla on oleellista tuoda ravinteita tilan ulkopuolelta, jotta voidaan varmistaa positiivinen ravinnetase. Tilalla syntyvät jätteet ovat erityyppisiä – puu (sahanpuru), olki, kesantomaiden heinä, nurmikonleikkujätteet, lanta, liete jne. Näiden ominaisuuksien mukaisesti tulisi valita joko käsittelytapa tai käyttää niitä suoraan lannoitteina. Käsittelemätön käyttö saattaa aiheuttaa ympäristön saastumista ja ravinnehävikkiä. Käsittelemättömyyksiä ovat biokaasun tuottaminen (anaerobinen käyminen), jätteiden polttaminen hapettomassa tilassa eli pyrolyysi ja kompostointi. Biokaasutus tuottaa uusiutuvaa energiaa ja toisaalta mädäte on arvokas lannoite. Orgaanisten lannoitteiden mukana maaperään vietävien hivenaineiden merkitystä ei saisi aliarvioida. Satoon ne eivät juuri vaikuta, mutta ovat tuiki tarpeellisia tasapainoiselle ravinteiden saannille. Kompostointi on yksi edullisimpia orgaanisten jätteiden stabilointimahdollisuuksia. Maaperän humuspitoisuuden nostamisen nopein ja tehokkain tapa on toimittaa maaperään jo valmiiksi laadukasta ja stabiilia orgaanista ainetta. Laadukkaalla kompostilla on korkea humuspitoisuus (pysyvät hiilyyhdisteet) ja neutraali pH-arvo. Valmiin kompostin mikrobikoostumus on erittäin monipuolinen. Suurimuotoinen kompostointi vaatii suuria investointeja. Kompostointitavasta riippuen investointitarvekin on erilainen – pysyvä (säiliöiden hankintatarve), jatkuva (aumoissa,

¹⁴Steen, I., 1998. Phosphorus availability in the 21st Century: management of a nonrenewable resource. Phosphorus and Potassium.

¹⁵Smil, V., 2000b. Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. Annual Review of Energy and the Environment 25, 53 – 88.

¹⁶Gunther, F., 2005. A solution to the heap problem: the doubly balanced agriculture: integration with population. Available: <http://www.holon.se/folke/kurs/Distans/Ekofys/Recirk/Eng/balanced.shtml>.

¹⁷Jätevesilietteen käyttövaatimukset maataloudessa, vihertöissä ja viljelyssä. Säädos. RTL 2003, 5, 48

kasoissa – sekoittimien, murskaimien yms. hankkiminen ja tarpeeksi suuren ja sopivat alueen löytäminen). Maatilatasolla on yksinkertaisinta kompostoida aumassa tai kasassa. Tätä tapaa sovelletaan useassa Euroopan maassa, missä kompostikasat perustetaan pellon viereen. Koska pienten maatalousyritysten orgaanisten jätteiden määrä on rajallinen, olisi mahdollista tehdä yhteistyötä paikallishallinnon ja paikallisten yritysten kanssa, joissa syntyy orgaanisia jätteitä.

Orgaaniset materiaalit, joilla on suuri selluloosapitoisuus, eivät sovi erikseen kompostoitaviksi tai biokaasun (metaanin) tuottamiseen, mutta sopivat pyrolyysiin, joka saavutetaan hapettomassa tilassa kuumennettaessa lämpötilaan 300 – 700°C. Pyrolyysin tuotteet ovat kaasu, lämpö ja **biohiili** (maaperän ominaisuuksien parantaja ja myös uusioenergian tuottaja). Nimi biohiili tulee siitä, että sitä voidaan käyttää maan parannusaineena maataloudessa. Biohiilen positiivinen vaikutus tulee pääasiassa kahdesta ominaisuudesta: 1) äärimmäisen suuresta ravinteiden ja muiden yhdisteiden sitomiskyvystä (**adsorptiosta**), 2) äärimmäisen suuresta kestävydestä (**stabiiliteetista**).

Biohiilen käyttö maataloudessa on perusteltua monen ympäristöongelman perusteella: maaperän degradaatio eli maaperän ominaisuuksien huononeminen, pohjaveden kemiallinen saastuminen, ilmaston lämpeneminen. Biohiili voi stabiiliin kemiallisen rakenteensa ansiosta säilyä maaperässä vuosituhansia. Biohiilen vaikutus maaperään johtuu sen fyysikaaliskemiallisista ominaisuuksista kuten:

- Huokoisuudesta, mistä johtuu sen vedensäilytyskyky.
- Pintavarauksesta, joka määrää mitä ioneja hiili sitoo maaperästä.
- Suuresta pinta-alasta, joka luo suotuisat olosuhteet mikro-organismeille.

Biohiili ei ole juurikaan itse ravinnelähde, minkä takia sen avulla ei voida suoraan säästää mineraalisten lannoitteiden käytössä, mutta sen maaperän ominaisuuksia parantava vaikutus auttaa vähentämään ravinnehävikkiä huuhtoutumisen ja haihtumisen (mm. kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämisen) muodossa ja muuttamaan lannoitteiden käyttöä tehokkaammaksi. Tämän kautta sillä on välillistä vaikutusta myös mineraalisten lannoitteiden energiansäästöille.

Lannoituksessa voidaan saada seuraavia energian säästöjä:

- Kasvien tarpeet ja maaperän ominaisuudet huomioivan lannoittamisen avulla.
- Typensitojakasvien viljelystä (N-lannoitesäästö).
 - Typensitojakasvista riippuen sen avulla korvattavan mineraalisen typpilannoitteen määrä on ensimmäisen vuoden jälkilviljelyssä 17 – 100 kg N ha. Suurin vaikutus on puna-apilalla ja valkomesikällä.
 - Typensitojakasvien keväinen kynnökseen kylvö antaa suuremman vaikutuksen kuin syksyiseen kynnökseen kylvö
- Ravinteikkaiden orgaanisten jätteiden käytöllä.
- Maaperän ominaisuuksien parantamisella orgaanisten aineiden pitoisuutta kohottamalla (välillinen vaikutus, johtuen lannoitteen tehon kasvusta ja pienemmästä hävikistä).

3.1.3 Työkoneiden polttoaineen säästämähdollisuudet

Jukka Ahokas

Peltotöissä on kolme tekijää, jotka voimakkaimmin vaikuttavat polttoaineen kulutukseen. Nämä ovat traktori, työkone ja kuljettaja. Traktori ja työkone vaikuttavat polttoaineen kulutukseen, mutta usein kuljettaja ajotavallaan ja säädöillään vaikuttaa vielä enemmän.

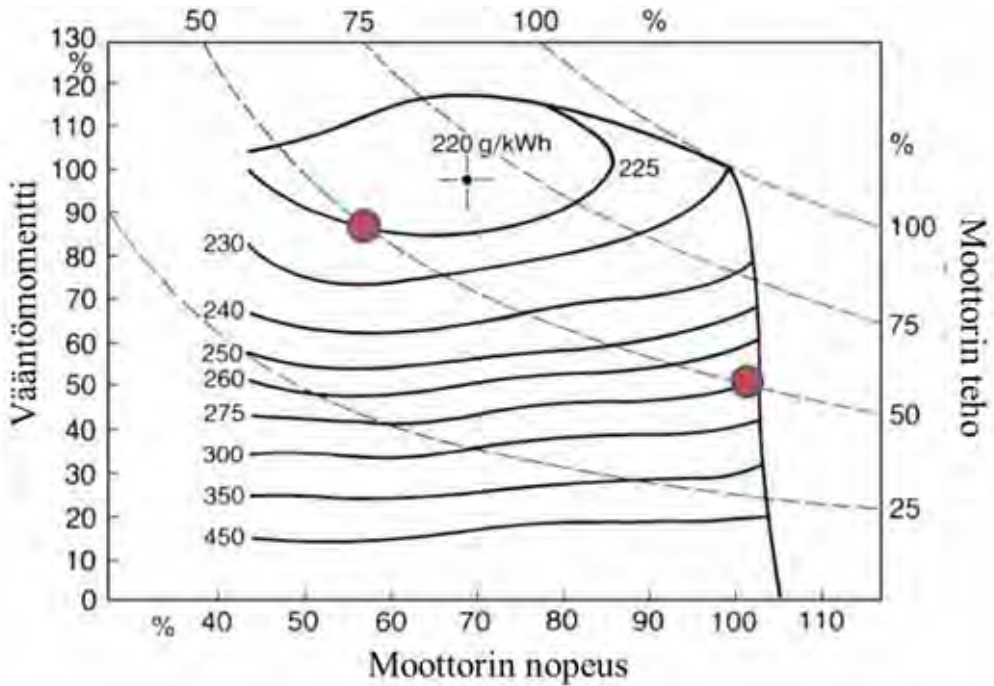
Traktorin ja työkoneiden moottorit

Traktoreissa ja työkoneissa käytetään yksinomaan dieselmoottoireita, joten tämä moottoreita käsittelevä osuus koskee dieselmoottoireita. Traktorimoottorin hyötysuhde ilmoitetaan ominaiskulutuksen avulla. Ominaiskulutus ilmaisee kuinka monta grammaa polttoainetta tarvitaan yhden kWh työn tekemiseen. Mitä alhaisempi luku on, sitä parempi on moottorin hyötysuhde. Traktorimoottoreiden ominaiskulutukset ovat 210 – 280 g/kWh nimellistehoa käytettäessä. Parhaimman ja huonoimman moottorin ero on siten yli 30 % ja periaatteessa moottorien kulutuserot voisivat olla tämän suuruisia. Kyseessä on kuitenkin vain yksi moottorin toimintapiste, jossa kulutus on ilmoitettu. Käytännössä hyvin harvoin toimitaan juuri tässä kohtaa.

Kuvassa 3.7 on tyypillinen dieselmoottorin suorituskäyrästä. Kun käytetään moottorin suurinta tehoa (moottorin teho 100 %), polttoainetta kuluu tämän kuvan mukaisessa moottorissa 230 g jokaista 1 kWh tehtyä työtä kohden. Jos tarvitaan vain osa moottoritehosta, ominaiskulutus lisääntyy nopeasti kuormitusasteen vähetessä. Tämä tarkoittaa sitä, että jos moottorin kuormitus on hyvin pieni sen nimellistehoon nähden, sen polttoainetalous on huono. Kuvaan 3.7 on piirretty esimerkkinä 50 % tehot punaisilla pisteillä. Jos moottoria käytetään kaasuvipu täysin auki, kulutus on 275 g/kWh. Pienentämällä kierrokset 60 % kohtaan kulutus on 225 g/kWh. Jos ajetaan epätaloudellisesti kaasu täysin auki, kulutus on 22 % suurempi.

Kun moottoria käytetään korkeilla kierroksilla, yhä suurempi osa polttoaineen tehosta tarvitaan moottorin kitkan ja imu- ja palamisilman pumppaushäviöiden voittamiseen. Käytettäessä alhaisia kierroksia, tämä osuus pienenee ja moottorin taloudellisuus paranee. Henkilöautoissa vaihdemäärä on koko ajan kasvanut. Pitkään niissä oli 4 ajovaihdetta. Nykyisin ajovaihteita on viisi tai kuusi. Vaihdemäärää on lisätty, jotta maantieajossa saadaan moottorin kierrokset alas ja myös kulutus pieneneään.

Traktoreissa ja työkoneissa ajonopeuden määrää tehtävä työ. Jos työ sujuu kevyesti, silloin voidaan vaihtaa suuremmalle vaihteelle ja pudottaa moottorin kierroksia siten, että ajonopeus säilyy likimain samana. Ohjeena on tällöin 'Vaihda suurempi vaihde, pudota kierroksia'. Se kuinka paljon tällä säästetään polttoainetta, riippuu siitä, kuinka paljon moottori kuormittuu. Silloin kun moottori on kuormitettu melko paljon (50 – 75 % nimellistehosta), säästö voi olla 10 – 20 %. Vanhemmissa traktoreissa tämä valinta jää kuljettajan tehtäväksi. Uusimmissa moniportaisiin pikavaihtein tai portaattomilla vaihteistoilla varustetuissa traktoreissa ajoautomaatiikka voidaan laittaa huolehtimaan siitä, että traktori itse valitsee polttoainetaloudellisen ajotavan. Kuvassa 3.8 on esimerkki tämän toimintatavan mukaisesta koeajosta. Siinä on äestetty peltoa kolmella eri ajotavalla. Lähtökohtana on 5. vaihteella ajo täysin kaasuvipu auki. Kun on vaihdettu seuraava vaihde (6. vaihde), työsaavutus on lisääntynyt ja kulutus hehtaari kohden laskettuna on vähentynyt. Alkutilanteessa (5. vaihde) moottori on kuormittunut vain kevyesti ja sen hyötysuhde on silloin huono. Vaihdettaessa suurempi vaihde tehontarve kasvaa ja moottori toimii taloudellisemmin. Tämän takia työsaavutus paranee ja kulutus pinta-alaa kohden pienenee. Kun on vaihdettu 6. vaihde ja alennettu moottorin nopeutta niin, että ajonopeus



Kuva 3.7: Moottorin suorituskäyrästä

on ollut lähes sama kuin alkutilanteessa (5. vaihde), työsaavutus on ollut lähes sama, mutta kulutus on alentunut lähes 30 %.

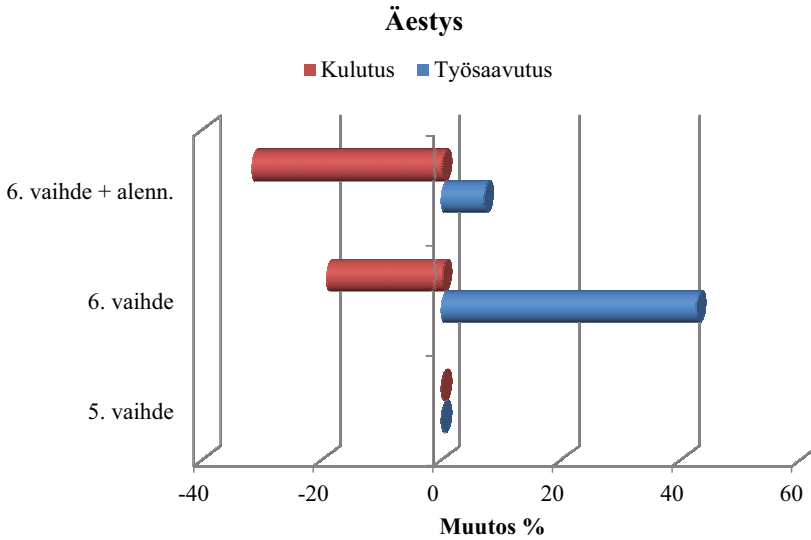
Renkaiden luisto

Raskaissa vetotehtävissä moottoriteho kulkee renkaiden kautta maahan. Renkas ponnistaa maasta ja käyttää maan lujuutta hyväkseen. Jos tarvittava vetovoima on suuri, renkaiden luisto lisääntyy ja ne jättävät jälkeensä luistourat. Maan ja renkaan välinen ”voimansiirto” on tehokkaimmillaan silloin kun luisto on 10 – 20 %.

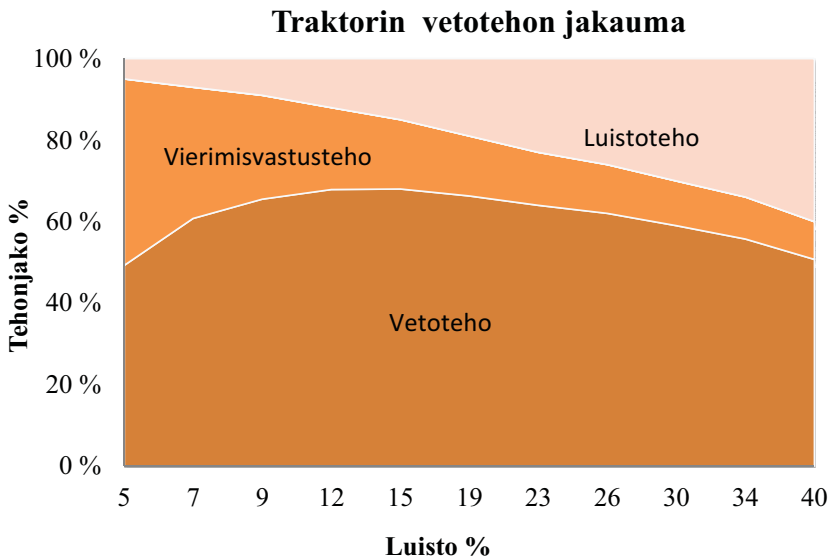
Kuvassa 3.9 on esimerkki traktorin vetotehon jakautumisesta. Kun pyörien luisto lisääntyy, niiden pito paranee, mutta samalla myös luistoon menevä tehon osa suurenee. Normaaleissa pelto-olosuhteissa pyörän akselilta tuleva teho saadaan parhaiten hyödynnettyä, kun luisto on 15 % kohdilla. Yli 20 % luisto aikaansaa jo luistourien syntymisen peltoon eli rengas lähtee sen jälkeen kaivautumaan maahan. Luistourat tuhoavat maan rakennetta.

Luiston näyttö on saatavissa traktoreihin, mutta tämä on usein melko kallis lisävaruste. Työssä sen näkee parhaiten renkaan jäljistä. Silloin kun renkaan kuvio näkyy maassa lähes rikkoutumattomana, luisto on pieni. Jos renkaan ripojen välinen kannas on kokonaan leikkautunut, silloin luisto on yli 20 % ja rengas alkaa muodostaa maahan luistouria. Luisto on sopiva silloin kun ripojen jäljet eivät näy enää selvästi ja ripojen välinen maakannas on hieman leikkautunut.

Luisto on merkittävässä osassa silloin kun on kyse raskaasta vetotyöstä. Kevyissä töissä luisto on hyvin pieni ja siihen ei tarvitse kiinnittää huomiota.



Kuva 3.8: Esimerkki vaihteen ja moottorin nopeuden vaikutuksesta kulutukseen äestetäessä. Kulutus l/ha ja työsaavutus ha/h.



Kuva 3.9: Traktorin pyöritehon jakauma vetotyössä

Luisto vaikuttaa sekä työsaavutukseen että polttoainetalouteen. Esimerkiksi 5 % yksikön suuruinen luiston väheneminen lisää ajonopeutta hieman tätä enemmän. Työsaavutus lisääntyy ja samalla myös luistohäviö pienenee, jolloin kokonaisvaikutus kun polttoainetalous lasketaan l/ha yksiköissä, paranee lähes 10 %. Luisto vaikuttaa myös maan

rakenteeseen, suuri luisto jättää peltoon urat, jotka aiheuttavat maan tiivistymistä ja sadon heikkenemistä.

Liian suureen luistoon voidaan vaikuttaa seuraavasti:

- Pienennetään työkoneen vetovastusta käyttämällä matalampaa työsyvyyttä. Joskus myös ajonopeuden alentaminen vähentää vastusta.
- Tarkistetaan, että työkoneen terät ovat kunnossa ja säädöt on oikein tehty. Tylsät terät ja väärät säädöt lisäävät vetovastusta ja heikentävät painonsiirtoa työkoneesta traktoriin.
- Lisätään traktoriin lisäpainoja. Jos raskaassa vetotyössä on lisäpainot käytössä ja luisto on pieni (selvät ripojen jäljet maassa), silloin pitää vähentää lisäpainoja. Liian suuri lisäpainomäärä lisää vierimisvastusta ja lisää omaan liikkumiseen tarvittava tehoa (vierimisvastusteho).
- Tarkistetaan rengaspaineet. Peltotöissä voidaan käyttää alhaisia rengaspaineita. Sen ansiosta renkaan maakosketus on tehokkaampi ja rengas puhdistuu paremmin, jolloin luisto vähenee. Nostolaitesovitteista kaksoisauroja käytettäessä siirtoajo vaatii korkean rengaspaineen, kun taas kynnyssä voitaisiin käyttää alhaisempia paineita. Tällöin jouduttaisiin säätämään rengaspaineet erikseen kyntöä ja siirtoajoa varten.

Työkoneiden kunto ja säätö

Työkoneiden kunto ja säätö vaikuttavat niiden tehontarpeeseen. Tylsät terät lisäävät vastusta, heikentävät painonsiirtoa ja aikaansaavat huonon työläljen. Lisääntynyt vastus ja heikentynyt painonsiirto lisäävät polttoaineen kulutusta ja pyörien luistoa.

Työkoneesta riippuen ne tarvitsevat enemmän tai vähemmän säätöä. Kyntö on tyypillisesti raskas työvaihe ja siinä oikea säätö sekä takaa hyvän työn jäljen että myös pienen polttoaineen kulutuksen.

Kuvassa 3.10 on esimerkki kyntöauran säädöstä. Kun aura on kallistettu viilua vasten, kyntövastus on lisääntynyt merkittävästi. Esimerkiksi, jos aura on ollut 5° kallistettuna viilua vasten, vastus on ollut yli 30 % suurempi kuin oikein säädettynä (0°). Tämä tietää saman verran suurempaa tehontarvetta ja myös polttoaineen tarvetta.

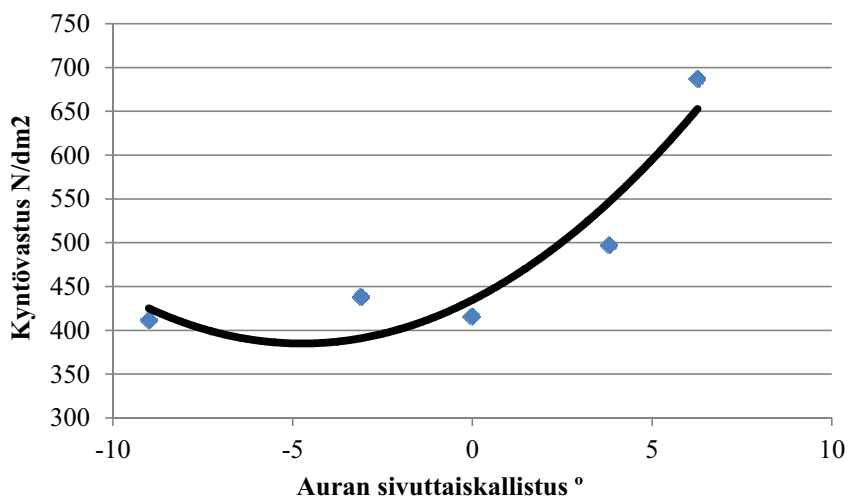
Maanmuokkauskoneissa työsyvyys vaikuttaa vetovastukseen ja vetotehoon. Kuvassa 3.11 on esimerkki kyntösyvyyden vaikutuksesta vetovastukseen. Kun savimaalla kyntösyvyyttä on lisätty 20 cm syvyydestä 24 cm syvyyteen, vastus on kasvanut yli 60 %. Pelloilla on usein 20 – 25 cm syvyydessä kyntöantura ja kun tämän alle mennään, vastus kasvaa reilusti.

Kuljettaja vaikuttaa työkoneen vastukseen ja tehontarpeeseen säätämällä koneen ja valitsemalla työsyvyyden. Työsyvyys kannattaa aina valita tehtävän työn perusteella. Syvä työsyvyys lisää aina vastusta ja polttoaineen kulutusta. Säästöt voivat olla useita kymmeniä prosentteja.

Työhyötysuhde

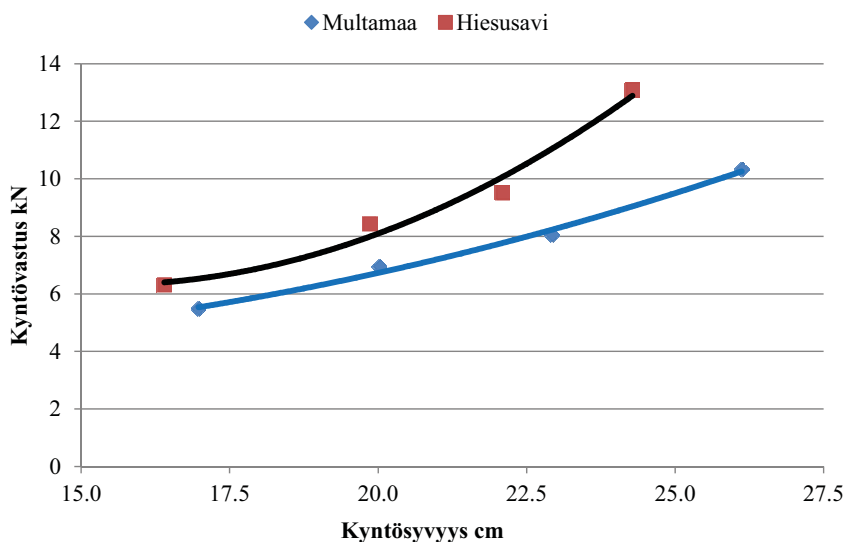
Työhyötysuhteella tarkoitetaan sitä, että työ pellolla tehdään mahdollisimman joutuisasti. Silloin käytetään koko koneen työleveys hyväksi ja esimerkiksi äestettäessä eri ajokertojen

3 MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ



Kuva 3.10: Kyntöauran säädön vaikutus vetovastukseen

päällekkäin ajo pidetään pienenä. Esimerkiksi 4 m leveää äestä ajetaan niin, että ajetaan 15 cm edellisen ajokerran kanssa päällekkäin. Tällöin äkeen tehollinen työleveys on 3,7 m ja työhyötysuhde on 93 %. Jos koko työleveys hyödynnettäisiin, työsaavutus ha/h lisääntyisi ja polttoaineen kulutus l/ha pieneneisi. Tarkka ajaminen voitaisiin automatisoida automaattiohjauksella. Kyse on sen antamasta hyödystä ja hankintakustannuksista.



Kuva 3.11: Kyntösyvyyden vaikutus vetovastukseen

3.1.4 Tilanhoidon merkitys

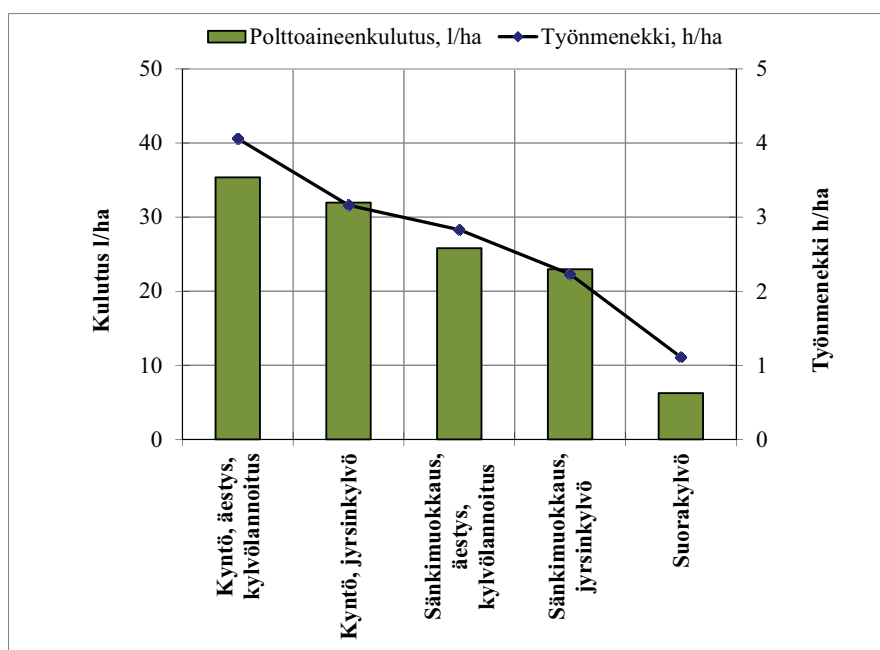
Jukka Ahokas

Tilanhoidolla voidaan vaikuttaa myös polttoaineen kulutukseen. Se mitä tuotantotapoja käytetään vaikuttaa tähän. Tuotantotapa valitaan normaalisti työsaavutuksen ja kustannusten perusteella. Energian hinnan kohoaminen tuo tähän mukaan myös energian kulutuksen. Tuotantotapojen vaikutuksesta energian kulutukseen on melko vähän tietoa saatavissa. Etenkin karjanhoidon puolella tällä voi olla suurikin merkitys.

Suorakylvö

Maan muokkauksessa ja kylvössä on valittavissa erilaisia menetelmiä. Perinteisessä menetelmässä maa kynnetään ja muokataan kylvöä varten. Tästä voidaan jättää työvaiheita pois, kuten kyntö tai sitten kylvöä varten maata ei muokata täysin hienoksi (minimuokkaus). Koko maan muokkauksesta voidaan luopua siirtymällä suorakylvöön. Kun työvaiheita jätetään pois, silloin myös polttoaineen kulutus vähenee ja työsaavutus lisääntyy. Minimimuokkauksen on todettu säästävän polttoainetta 30 – 50 % ja suorakylvön 40 – 70 %. Samanaikaisesti työvaiheiden vähentyessä työhön käytetty aika vähenee lähes samassa suhteessa eli työsaavutus (ha/h) kasvaa.

Kuvassa 3.12¹⁸ on vertailtu erilaisten muokkausmenetelmien energian tarpeita. Tässä tutkimuksessa suorakylvön säästi polttoainetta 80 %. Työsaavutuksen säästö oli 65 %. Muokkausmenetelmän valintaan vaikuttaa myös laitteiden hinnat. Suorakylvö vaatii enemmän investointeja ja polttoaineen säästö ei riitä investoinnin takaisinmaksuun.



Kuva 3.12: Eri muokkaustapojen vaikutus polttoaineen kulutukseen ja työnmenekkiin

¹⁸Danfors, B. 1988. Bränsleförbrukning och avverkning vid olika system för jordbearbetning och sådd. Jordbrukstekniska Institutet, Meddelande 420. 85 p.

Pellon kunto ja peltolohkot

Pellon kunto vaikuttaa myös polttoaineen kulutukseen. Märät pellot aiheuttavat kulkuvaikeuksia ja suurta pyörien luistoa. Tiivistyneet pellot lisäävät koneiden vetovastusta. Vaikutus voi olla esimerkiksi tiivistyneen maan vetovastuksessa useita kymmeniä prosentteja. Suurentuneen polttoaineen kulutuksen lisäksi satotaso alenee kun maan kasvukunto on huono.

Hajanaiset peltolohkot aiheuttavat lisääntyvää kuljetusajoa. Traktoreita ja itsekulkevia työkoneita ei ole tehty kuljetusajoa varten ja ajonopeudet ovat alhaiset ja kulutukset ovat korkeat. Kulutus on monesti 20 – 50 l/100 km. Viljelysuunnitelmassa kannattaa tämä ottaa huomioon niin, että kuljetuksiin kuluva aika jäisi mahdollisimman pieneksi.

Peltoviljelyn energiansäästömahdollisuudet:

- Eniten energiaa tarvitaan lannoitteiden valmistukseen. Tämä on maatilalle epäsuoraa energiaa, koska sen valmistus tapahtuu tilan ulkopuolella. Lannoitteiden käyttöä voidaan vähentää käyttämällä typensitajakasveja ja kierrättämällä ravinteita tehokkaasti.
- Viljelytoissa polttoaineen säästö lähtee kuljettajan ammattitaidon lisäämisestä. Oikealla työkoneiden säädöllä, hyvällä työkoneiden kunnolla ja oikeilla ajotavoilla voidaan säästää kymmeniä prosentteja polttoainetta.
 - Käytä traktorissa alhaisia kierroksia.
 - Säädä ja huolla työkoneet.
 - Käytä oikeita työsyvyysiksiä.
 - Säädä rengaspaineet pehmeällä pellolla alhaisiksi.
- Tilan pito ja viljelymenetelmät vaikuttavat myös polttoaineen kulutukseen. Minimimuokkaus eri tavoilla säästää polttoainetta. Samoin hyvässä kunnossa oleva ojitus helpottaa peltotöitä.

3.2 Sadon säilytystavat

Jukka Ahokas

Sato korjataan kesällä ja syksyllä ja sen on säilyttävä talven yli. Sadon kosteus on niin suuri, että se pilaantuu, jos sitä ei käsitellä. Tunnetuin ja varmin säilytysmenetelmä on sadon kuivaus. Sitä käytetään viljan ja heinän säilytyksessä. Viljakauppa perustuu lähes aina kuivan viljan myyntiin. Säilytyksen tarkoituksena on estää mikrobitoiminta ja sitä kautta sadon pilaantuminen.

Mikrobitoiminta voidaan estää seuraavilla tavoilla:

- Kuivaamalla materiaali. Mikrobit eivät pysty käyttämään kuivaa materiaalia hyväkseen.
- Happamoittamalla materiaali. AIV-rehu ja vilja voidaan säilöä hapon kanssa, jolloin happamuus estää mikrobien toiminnan.

- Pakastamalla materiaali. Tätä ei käytetä maatiloilla.
- Ilmatiiivis säilöntä. Mikrobitoiminta loppuu hapen puutteessa ja materiaali säilyy kosteanakin. Muoviin kääritty tuorerehu ja ilmatiiviit siilot toimivat näin.

3.2.1 Materiaalin kuivaus

Kuivausta käytetään viljan ja heinän säilyttämiseen. Vuotuinen kuivurin käyttöaika on lyhyt, josta johtuen pääomakustannukset on suurin menoerä. Tämä tarkoittaa sitä, että energiansäästötoimilla on vaikea saada siihen tarvittavia investointikustannuksia takaisin. Kuivauksessa on halpoja säästömahdollisuuksia, jotka tuovat huomattavia energiasäästöjä. Säästöä voidaan saada aikaiseksi energiatehokkaalla kuivurin käytöllä ja kuivurin eristämällä.

Kuivausolosuhteet

Viljasta tai heinästä poistetaan kosteutta tuomalla sen sekaan kuivaa ja lämmintä ilmaa. Kuiva ilma aikaansaa kosteuden siirtymisen jyvistä tai korresta ilmaan. Lämmitetty ilma mahdollistaa suuremman vesimäärän siirtämisen ilmaan ja se myös nopeuttaa kosteuden siirtymistä. Tyypillinen lämminilmakuivurin kuivauslämpötila viljankuivauksessa on 70 °C. Kuivausilman lämmitystarve riippuu ulkoilman (kuivurin imuilman) lämpötilasta. Jos ulkolämpötila on 0 °C, ilman lämpötilaa pitää nostaa 70 °C. Jos se on 20 °C, lämpötilaa pitää nostaa 50 °C. Valitsemalla kuivauksen ulkolämpötilan mukaan voidaan normaalisti säästää 10 – 20 % energiaa.

Ilman kosteus vaikuttaa siihen, kuinka paljon se pystyy sitomaan lisäkosteutta. Lämminilmakuivurissa tällä ei ole kovin suurta merkitystä. Kun ilma lämmitetään 70 °C lämpötilaan, sen suhteellinen kosteus on vain muutaman prosentin luokkaa ja kuivauskyky on aina hyvä. Kylmäilmakuivurissa tällä on merkitystä, koska ilmaa ei lämmitetä ja sen suhteellinen kosteus ei muutu. Kosteaa ilmaa ei pysty sitomaan vettä ja jo kuivunut vilja voi kostua, jos siihen puhalletaan liian kosteaa ilmaa.

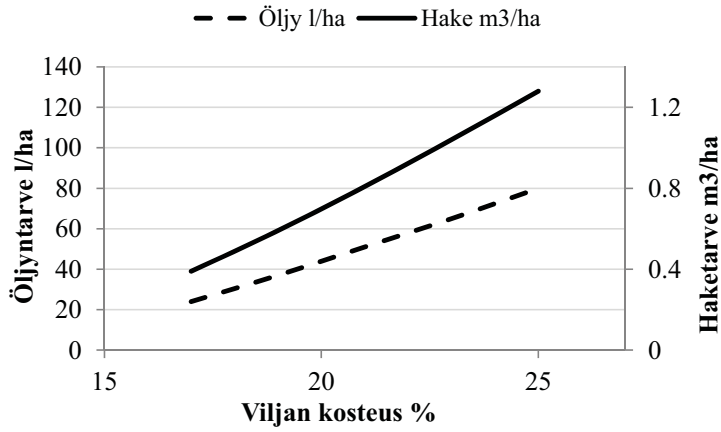
Puintikosteus ja kuivauskosteus

Puintikosteus ja kuivauskosteus vaikuttavat siihen kuinka paljon materiaalista pitää poistaa vettä. Tarvittava keskimääräinen polttoainemäärä, kun 3500 kg hehtaarisato kuivataan 13 % kosteuteen, nähdään kuvasta 3.13. Jos viljan kosteus on 25 % sijasta 23 %, säästö on lähes 20 l/ha eli 25 %.

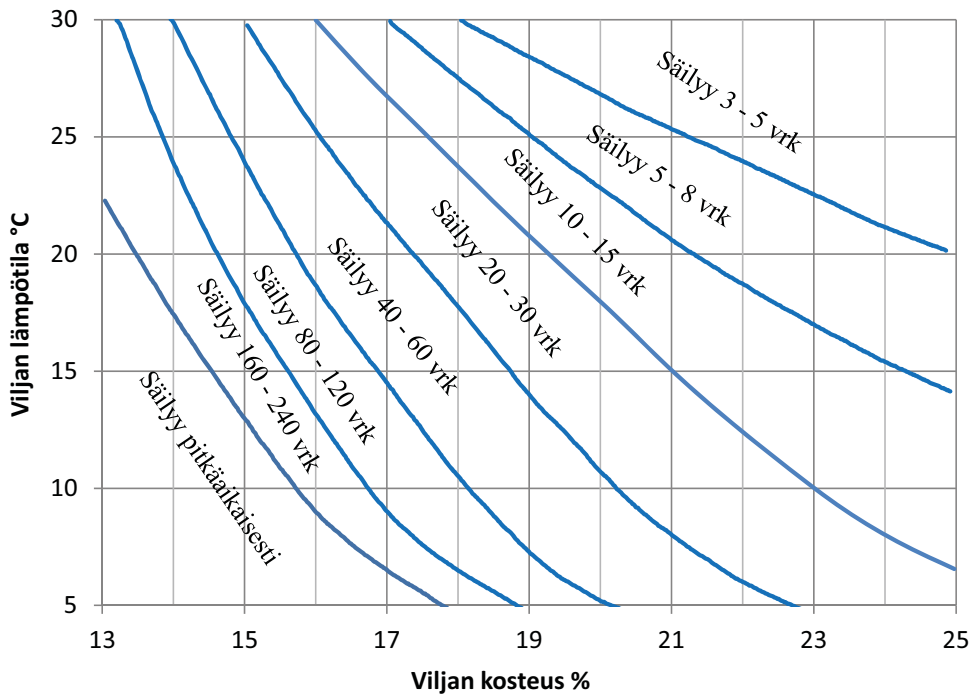
Se mikä kuivauksen loppukosteus on (kuivauskosteus) vaikuttaa myös energian käyttöön. Kauppaviljan kosteus pitää olla alle 14 %. Tässä kosteudessa vilja säilyy varastossa pitkäaikaisesti. Kuvassa 3.14 on esimerkki miten vilja säilyy eri lämpötiloissa. Kuva on suuntaa antava, koska viljalajikkeilla ja viljan puhtaudella on myös vaikutus säilyvyyteen. Samoin kosteuden tasaisuus vaikuttaa eli kosteat ”nällit” muun viljan seassa voivat aloittaa viljan pilaantumisen. Kuvan 3.14 mukaisesti omalla tilalla talven aikana käytettävä rehuvilja voidaan varastoida talven yli ilman pilaantumista kaupakosteutta suuremmassa kosteudessa.

Kun viljaa ei kuivata pitkäaikaisen säilyvyyden takaamiseksi alle 14 % kosteuteen, säästetään myös energiaa. Kuvassa 3.15 on esimerkki siitä miten hieman korkeampi kuivauskosteus vaikuttaa polttoöljyn kulutukseen. Jos esimerkiksi puintikosteudeltaan 21 % vilja kuivataan 14 % kosteuteen, tarvitaan noin 46 litraa polttoöljyä hehtaarisadon

3 MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ

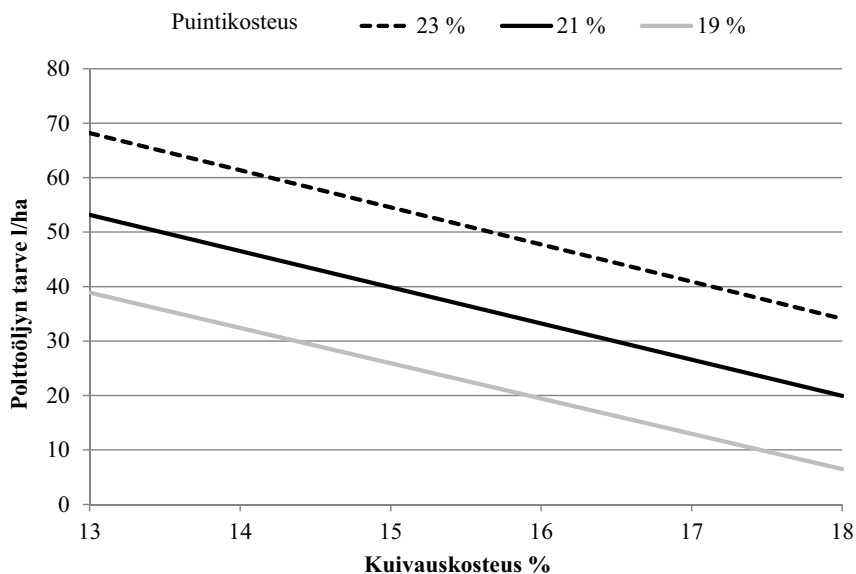


Kuva 3.13: Kuivauksen öljyn ja hakkeen kulutus viljan kosteuden muuttuessa. Satotaso 3500 kg/ha.



Kuva 3.14: Eri kosteuksien viljan säilyminen eri lämpötiloissa

kuivaamiseen. Jos kuivauskosteus on, 16 %, tarvitaan noin 33 litraa. Säästöä on 13 litraa ja 28 %.



Kuva 3.15: Puintikosteuden ja kuivauskosteuden vaikutus öljyn kulutukseen

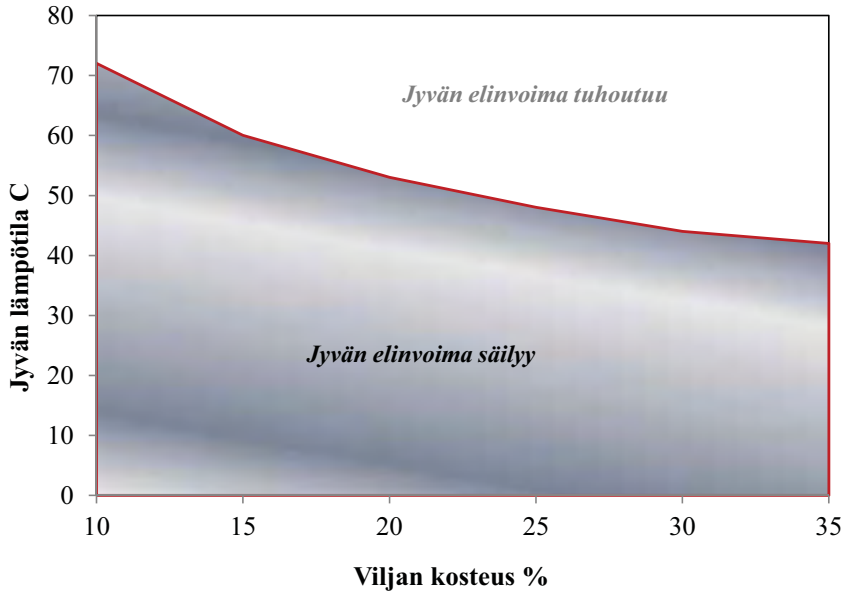
Kuivauslämpötila

Jos vilja kuivataan liian korkeassa lämpötilassa, sen itävyys ja leivontaominaisuudet kärsivät. Kuvassa 3.16 on kaavakuva jyvien elinvoimaisuuden rajasta. Raja on tehty jyvän ytimen lämpötilan mukaan. Kuivureissa vilja kiertää ja kuumassa ilmassa oloaika on melko lyhyt ja sen takia jyvän ydin ei saavuta kuivausilman lämpötilaa. Kuivauslämpötila voi siten olla korkeampi kuin kuvassa, kuinka paljon, se riippuu kuivurin rakenteesta ja viljan kiertonopeudesta. Kuvasta nähdään, että kuiva vilja kestää korkeampia lämpötiloja kuin märkä vilja. Märässä viljassa korkea lämpötila aikaansaa nopean kosteuden poistumien ja jyvän rakenne rikkoontuu ja jyvä halkeilee. Kuivauslämpötilaa voitaisiin siten säätää viljan kosteuden mukaisesti. Rehuvilja kestää 100 – 120 °C lämpötiloja ennen kuin sen rehuominaisuudet heikkenevät. Rehuviljaa voidaan siten kuivata korkeammissa lämpötiloissa kuin siemen- tai leipäviljaa.

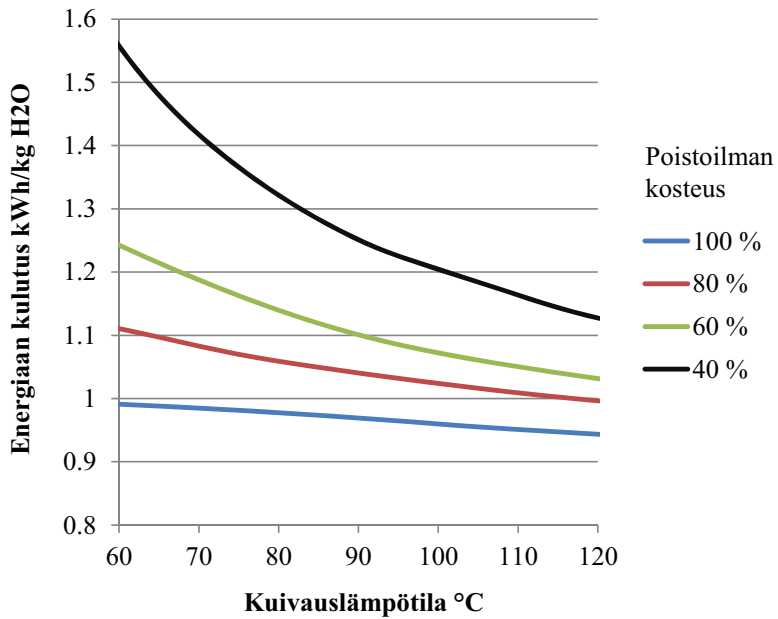
Kuivausilman lämpötila vaikuttaa kuivauksen energian kulutukseen. Kuvassa 3.17 on laskelma yhden vesikilon haihduttamiseen tarvittavasta energiamäärästä, kun kuivauslämpötila ja kuivurista tulevan ilman kosteus vaihtelevat. Jos esimerkiksi kuivauslämpötila nostetaan lämpötilasta 70 °C lämpötilaan 100 °C ja poistoilman kosteus on 80 %, energian kulutus muuttuu lukemasta 1,2 kWh lukemaan 0,8 kWh. Säästöä tulisi tämän mukaan 33 %. Mittauksissa on saavutettu 16 – 30 % säästö kun on käytetty 110 °C kuivausilmaa¹⁹. Kuivausilman nostaminen lisää kuivurin rakenteiden lämpöhäviöitä ja kuivurin lämpöeristäminen olisi tällöin tarpeen.

¹⁹Suomi et al. 2003. Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla. Maa- ja elintarvike 31.

3 MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ



Kuva 3.16: Jyvän lämpötilan vaikutus sen elinvoimaan



Kuva 3.17: Vesikilon haihuttamiseen tarvittava energiamäärä

Kuivurin eristäminen

Kuivurissa on paljon kuumia peltipintoja, jotka ovat normaalisti eristämättömiä. Kuivausilman lämpötila voi olla jopa 100 °C ja ympäristölämpötila vain 10 °C. Lämpötilaero on 90 °C ja peltien päällä ei ole mitään eristeitä. Asuintaloissa lämpötilaerot ovat pakkasilla 40 – 50 °C ja niissä on paksut eristeet. Kuumien peltipintojen lämpöhäviöt ovat 300 – 500 W/m². Kuumien pintojen eristämällä voidaan vähentää lämpöhäviötä (Kuva 3.18). Uunilta tulevat kuumat puhallusilmaputket ja kuivauskennoston sisäänmenopuolen päädyt ja kuivurin sivut kannattaa eristää. Poistopuolen eristys ei vaikuta kuivauksen kulkuun. Mittauksissa eristykset ovat vähentäneet lämpöhäviötä ja polttoaineen kulutusta 10 – 30 %. Samalla kuivurin kapasiteetti on parantunut ja kuivausajat lyhentyneet. Säästöön vaikuttaa oleellisesti esim. puhallusilmaputkien pituus. Pitkien putkien lämpöhäviöt ovat suuremmat. Eristäminen on usein taloudellisesti kannattavaa ja se voidaan tehdä itse.



Kuva 3.18: Kuivurin kuumien peltipintojen eristys

Kuivurin kunto

Kuivurin kunto ja käyttö vaikuttavat myös energian kulutukseen. Kuivauskennojen ja liitosten harvuudet aikaansaavat ilmapuotoja. Samoin liian pieni viljamäärä varastosiilossa aiheuttaa kuivausilman vuodon tätä kautta. Vuotoilma ei kuivaa viljaa ja tämä on häviötä.

Kuivuriuunin kunto vaikuttaa sen hyötysuhteeseen. Öljykäyttöisissä uuneissa pitäisi huolehtia suuttimien kunnosta ja oikeasta ilmamäärästä. Uuni on myös nuohottava säännöllisesti. Uunin palamisilmamäärän voi todeta seuraamalla liekin väriä. Vaalea ja valaiseva liekki merkitsee liian suurta palamisilmamäärää ja tumma punainen liekki merkitsee liian vähäistä ilmamäärää. Ilmamäärän oikealla säädöllä ja uunin huollolla voidaan, jos säädöt ovat olleet väärin, säästää jopa 15 %.

3.2.2 Muut sadon säilytystavat

Sato voidaan säilyttää myös muilla tavoilla. Kuivaamisen sijasta se voidaan säilöä joko ilmatiiviisti tai hapon tai urean avulla. Näissä viljaa ei kuivata, jolloin säästetään kuivaukseen kuluva energia. Sen sijaan säilöntä lisäaineiden kanssa voi lisätä uuden työvaiheen

ja materiaalin käsittely voi vaikeutua. Märkä ilmatiivis tai hapotettu vilja voi jäätyä ja happo tai urea aiheuttaa korroosiota.

Sadon säilytyksen energian säästö:

- Eristä viljankuivuri.
- Älä ylikuivaa materiaalia, omaan lyhytaikaiseen varastointiin riittää korkeampi kosteuspitoisuus.
- Käytä rehuviljan kuivauksessa korkeita lämpötiloja.
- Vältä mahdollisuuksien mukaan yökuivausta.
- Mieti voiko kuivauksen tilalla käyttää muita säilöntämenetelmiä.

3.3 Rakennukset

Jukka Ahokas

Karjataloustuotannossa ja osittain myös peltokasvituotannossa tarvitaan rakennuksia. Kun kyse on lämpimistä rakennuksista, niiden lämmittämiseen kylminä kausina tarvitaan energiaa. Ilmanvaihtoa tarvitaan hyvän sisäilman takia ja sähköä tarvitaan ilmanvaihdon puhaltimiin, valaistukseen ja tuotantokoneisiin. Tässä kappaleessa tarkastellaan yleisesti rakennuksiin liittyvää energian kulutusta.

Kun rakennuksen ja ulkoilman välillä on lämpötilaero, lämpöä virtaa lämpimästä kylmään suuntaan. Meillä suurimmaksi osaksi kyse on rakennuksesta pois virtaavassa lämmössä, jolloin tarvitaan lämmitystä korvaamaan lämpöhäviöitä. Kesäaikaan tapahtuu toisin päin, ulkoa virtaa lämpöä rakennukseen aiheuttaen kuumat olosuhteet rakennuksessa. Lämpö voi siirtyä kolmella eri tavalla. Johtumalla lämpö siirtyy rakenteiden läpi. Siirtymällä esimerkiksi ilmanvirtaus (ilmanvaihto) kuljettaa lämpöä. Lämpö voi siirtyä myös säteilynä, esim. infrapunasäteilynä säteilylämmittimistä, auringosta tai tulisijasta. Tuotantorakennusten lämpöhäviöt muodostuvat lämmön johtumisesta rakenteiden läpi ja ilmanvaihdon kautta ulos siirtyvänä lämpönä. Keväällä ja kesällä auringon säteily lämmittää rakennuksia.

3.3.1 Karjasuojien olosuhteet

Karjasuojat on tehty eläinten hyvinvointia varten. Niillä aikaansaadaan eläimille ja tuotannolle sopivat olosuhteet. Näiden lisäksi pitää ottaa huomioon rakennuksissa työskentelevien ihmisten tarpeet ja itse rakennuksen kunnossa pysymisen tarpeet. Esimerkiksi kostea sisäilma voi tuhota rakenteita. Eläinsuojien lämpötiloille, ilman kosteudelle, ilman virtausnopeuksille, kaasupitoisuuksille ja valaistukselle on annettu suositukset. Taulukossa 3.5^{20,21} on esitetty karjasuojien kaasupitoisuussuosituksia. Nämä suositukset noudattavat kansainvälisiä suosituksia. Virossa ei ole annettu vastaavia suosituksia, mutta siellä

²⁰Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. MMM-RMO C2.2

²¹CIGR, Climatization of Animal Houses, Report of working group on climatisation of animal houses, Report of working group, Aberdeen, Scotland, 1984.

käytetään yleisesti samoja kansainvälisiä suosituksia. Työntekijöiden vastaavat kahdeksan tunnin työpäivän mukaiset suositukset sallivat selvästi korkeampia kaasupitoisuuksia.

Taulukko 3.5: Suosituksia eläinsuojien suurimmiksi kaasupitoisuuksiksi

Kaasu	Suomalainen suositus	Kansainvälinen suositus
Hiilidioksidi	3000 ppm	3000 ppm
Ammoniakki	10 ppm (25 ppm siipikarjalle)	20 ppm
Rikkivety	0,5 ppm	0,5 ppm
Häkä	5 ppm	10 ppm
Orgaaninen pöly	10 mg/m ³	-

Eläinten lämpötilasuositukset riippuvat eläimestä ja sen iästä sekä myös karvapeitteestä. Taulukossa 3.6²⁰ on esitetty eri eläinlajien alimpia ja ylimpiä lämpötiloja sekä optimilämpötiloja. Liian kylmä karjasuoja aiheuttaa suurentunutta rehun kulutusta ja pienentynyttä tuotantoa. Liian kuuma lämpötila aiheuttaa lämpöstressiä.

Ilman suhteellisen kosteuden alarajana on 50 %, jolloin ilmenee pölypitoisuuksien kasvua ja hengityselimien ärsyntyä sekä ihon kuivumista. Ylärajana on 85 %, joka aiheuttaa puurakenteiden lahoamista ja metallirakenteiden ruostumista.

Taulukko 3.6: Taulukko Eläinten lämpötila- ja kosteussuosituksia

Eläin	Alempi kriittinen lämpötila °C	Ylempi kriittinen lämpötila °C	Optimi
Lehmä	-25 ... -15	23 ... 27	5 ... 15
Nuorkarja	-15 ... 0	25 ... 30	10 ... 20
Pikku vasikka	0 ... 10	30	15 ... 25
Lihakarja yli 3 kk	-35 ... -15	25 ... 30	-10 ... 15
Porsiva emakko	5 ... 20	27 ... 32	10 ... 28
Vastasyntynyt porsas	25	34	30 ... 32
Lihasila	7 ... 15	25 ... 27	15 ... 22

Ilman virtausnopeuden pitäisi olla eläinten oleskeluvyöhykkeellä alle 0,25 m/s talviaikaan. Kesäaikaan virtausnopeus voi olla suurempi, koska se viilentää tehokkaasti eläintä. Vähentämällä esimerkiksi karjasuojien ilmanvaihtoa saadaan energian kulutusta vähennettyä, mutta rajana on eläinten hyvinvointi. Ilmanvaihtoa ei saa pienentää niin paljon, että olosuhteet karjasuojassa muuttuvat huonoiksi.

3.3.2 Lämmön johtuminen

Lämmön johtumisessa lämpö siirtyy seinien, katon ja lattian läpi. Siirtynyt lämpöteho riippuu rakennemateriaalien lämmönjohtavuuksista, rakennuksen koosta ja lämpötilaerosta. Mitä parempaa eristemateriaalia käytetään, sitä pienempi tehontarve on. Kovat pakkaskelit aiheuttavat suuren lämpötilaeron rakennuksen ja ulkoilman välille ja sitä kautta lämpötehon tarve on suuri. Suuressa rakennuksessa lämpöä johtavaa pinta-alaa on paljon, jolloin lämpöteho on myös tämän takia suuri.

Seinän lämmönjohtavuus riippuu sen rakenteesta. Eniten lämmönjohtavuuteen vaikuttaa eristemateriaali ja sen paksuus. Lämpö voi siirtyä seinän läpi myös ilmavirran mukana,

jos seinässä ei ole kunnan tuulensuojaa. Tällöin voimakas tuuli puhaltaa eristemateriaalin läpi. Kosteus voi tuhota lämmöneristeen. Jos kosteus pääsee lämmöneristeen sisään ja kondensoituu sinne, eristyskyky häviää ja sisälle alkaa muodostua homeita.

Rakenteiden lämmönjohtavuus ilmoitetaan U-arvojen avulla. Jos seinässä on 100 mm villaeriste, U-arvo on $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$. Jos esimerkiksi ulkona on $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ ja sisällä $+15 \text{ }^\circ\text{C}$, lämpötilaero on $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ja jokaisen neliömetrin alan läpi virtaa $0,40 \cdot 25 = 10 \text{ W}$ lämpöteho. Yläpohjan 150 mm villaeristeen U-arvo on $0,30 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Katon kautta voi tulla kesällä myös lämpöä rakennukseen. Auringon lämmittämä katto ja ullakkotila aiheuttavat lämmön siirtymistä karjasuojaan.

Maatalouden tuotantorakennukset on pääsääntöisesti perustettu maavaraiselle pohjalle. Lattiassa lämpöä siirtyy maahan lähinnä kylmän ulkoreunan kautta. Eristämällä lattian reunat voidaan tätä häviötä pienentää. Lämpimien rakennusten alapohjan lämpöhäviö on luokkaa $6 \text{ W}/\text{m}^2$ pohjapinta-alan ollessa 300 m^2 ja $13 \text{ W}/\text{m}^2$ pohjapinta-alan ollessa 50 m^2 .

Maatalousrakennusten ja rakennusten suunnittelu- ja laskentaohjeina voidaan käyttää ympäristöministeriön ja maa- ja metsätalousministeriön ohjeita²⁰.

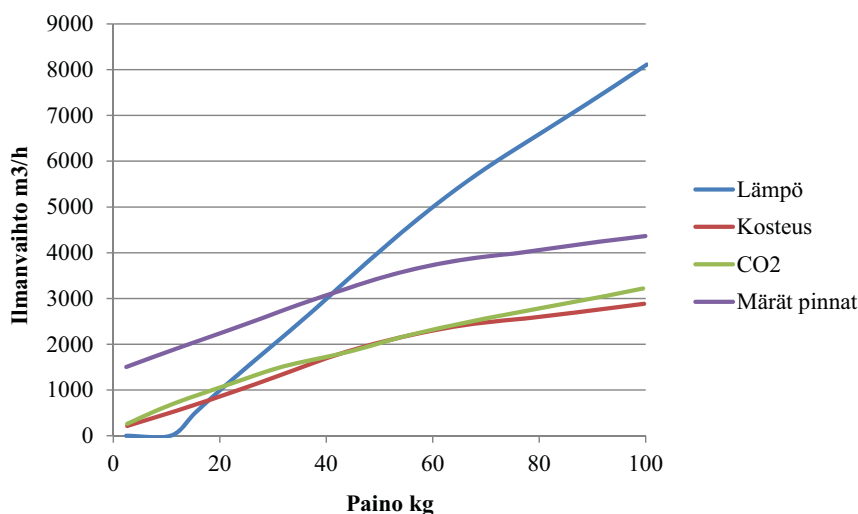
3.3.3 Ilmanvaihdon lämpöhäviö

Kylmissä olosuhteissa tuotantorakennuksia joudutaan lämmittämään. Maidontuotannossa ja lihalehmien tuotannossa voidaan käyttää kylmiä karjasuojia, mutta sianlihan ja siipi-karjan tuotannossa tarvitaan lämpimiä rakennuksia. Hyvän sisäilman aikaansaamiseksi tarvitaan ilmanvaihtoa. Ilmanvaihdon mukana lämmennyttilä ilmaa virtaa ulos ja tilalle tuleva kylmä korvausilma on lämmitettävä huonelämpöiseksi.

Ilmanvaihtomäärä määräytyy kolmen eri asian perusteella. Ilmanvaihdon pitää olla riittävän, jotta rakennuksen sisäilman kosteus ja hiilidioksidipitoisuus pysyisivät alhaisina. Lisäksi ilmanvaihtoa tarvitaan siirtämään liikaa lämpöä rakennuksesta pois. Talvikuu-kausina kosteuden poisto ja hiilidioksidin poisto ovat pääosissa. Kesäkautena taasen ilmanvaihtoa tarvitaan lämmön poistoon. Tämän takia puhutaankin minimi ja maksimi-ilmanvaihtoista. Lämmön poistoon tarvitaan aina suurempi ilmanvaihtomäärä ja se määrää maksimi-ilmanvaihtotarpeen. Minimilmanvaihdon taas määrittää kosteuden tai hiilidioksidin poisto. Kuvassa 3.19 on esimerkki siitä, miten sikalan lämmönvaihtomäärä muuttuu elopainon ja olosuhteiden muuttuessa. Kun paino on alle 40 kg, mahdolliset sikalan pesytyt märät pinnat määräävät tarvittavan ilmanvaihtomäärän. Jos märkiä pintoja ei ole, silloin hiilidioksidin (CO_2) ja eläinten erittämän kosteuden poisto määräävät tarvittavan ilmanvaihtomäärän. Kun paino on yli 40 kg, silloin lämmönpoisto määrää ilmanvaihdon. Ulkolämpötilan muuttuessa tarve elää sen mukaisesti.

3.3.4 Kokonaislämpöhäviö

Rakennusten kokonaislämpöhäviöt muodostuvat rakenteiden läpi menevästä häviöstä ja ilmanvaihdon mukana menevästä häviöstä. Kuvassa 3.20 on esimerkki sikalan lämpöhäviöistä. Tässä esimerkissä ilmanvaihto aiheuttaa lähes 90 % lämpöhäviöistä. Rakenteiden läpi tapahtuva lämpöhäviö on 10 % tai alle kokonaishäviöistä. Jos lämpimissä karjarakennuksissa halutaan säästää lämpöä, tällöin poistoilman lämmön talteenotolla saadaan paras tulos. Lämpöeristyksiä lisäämällä kokonaislämpöhäviöstä voidaan poistaa alle 10 %.



Kuva 3.19: Esimerkki sikalan ilmanvaihtomäärästä. Ulkolämpötila - 8C ja 50 %. CO₂ = hiilidioksidin poistoon tarvittava ilmanvaihtomäärä, Lämpö = lämmön poistoon tarvittava ilmanvaihtomäärä, Märät pinnat = eläinten ja märkien pintojen tuottaman kosteuden poistoon tarvittava ilmanvaihtomäärä, Kosteus = eläinten tuottaman kosteuden poistoon tarvittava ilmanvaihtomäärä

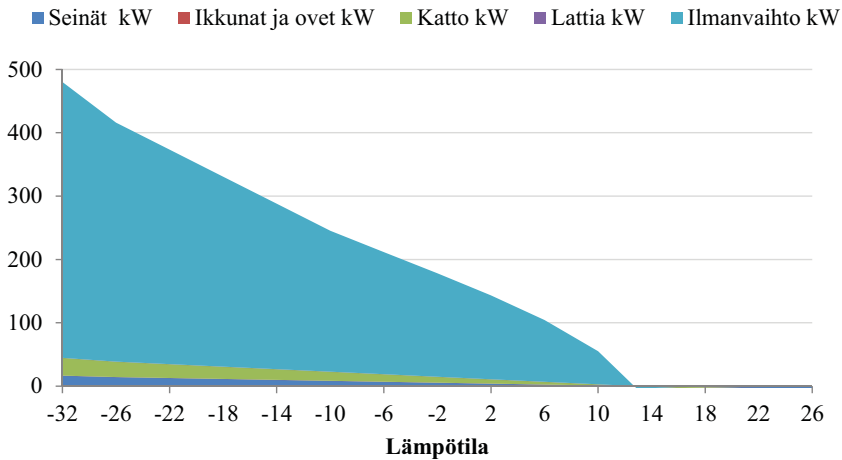
3.3.5 Lämmön talteenotto ilmanvaihdon poistoilmasta

Lämmönvaihtimien toimivuutta ja taloudellista kannattavuutta eläinsuojien ilmanvaihdossa tutkittiin Suomessa 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa ensimmäisen energiakriisin jälkeen. Vertailtavat lämmönvaihtimet olivat rakenteeltaan, toimintaperiaatteeltaan ja myös kustannuksiltaan hyvin erilaisia. Vertailussa otettiin huomioon investointi- ja käyttökustannusten lisäksi sisäilman lämpötilan vaikutus sikojen kasvuun. Jos lämpötila on optimia alempi, siat kuluttavat rehua enemmän ja kasvavat hitaammin. Kasvu heikkenee myös silloin, kun sikalassa on liian kuuma.

Lämmönvaihtimen hankinnan tavoitteena on vähentää eläinsuojan lämmitystarvetta talvikaudella. Lihasikalaaan tulevaa ilmanvaihtoilmaa pitää lämmittää, kun ulkoilman lämpötila on muutaman asteen pakkasella. Sikojen tuottama lämpö riittää sikalan lämpimänä pitämiseen tähän asti. Kesäaikana ilmanvaihdolla poistetaan eläinten tuottamaa lämpöä, joka nostaisi eläinsuojan lämpötilan liian korkeaksi. Ilmanvaihdolla poistetaan eläinsuojasta myös kosteutta ja haitallisia kaasuja. Jos tavoitteena on pitää sikalan lämpötila koko ajan optimissa, ilmanvaihtoilmaa pitäisi myös jäähdyttää kesäkaudella. Joitakin lämmön talteenottolaitteita voidaan käyttää myös tähän tarkoitukseen. Karhusen ym. (1983)²² tutkimuksen mukaan hyvin eristetyssä eläinsuojassa lämmönvaihtimilla voidaan korvata yli 90 % tarvittavasta lämmitysenergiasta, kun lämmönvaihtimen hyötysuhde on 30 %. Tutkimus osoitti lisäksi, että lämmönvaihtimien optimaalinen hyötysuhde lihasikaloidissa oli 11 – 13 % ja että kaikki kokeillut lämmönvaihtimet kykenivät tämän hyötysuhteen saavuttamaan. Tutkimuksessa selvitettiin myös lämmönvaihtimien huollon tarve ja todettiin

²²Karhunen, J., Mykkänen, U., Nieminen, L., Wikstén, R. & Saloniemi, H. 1983. Lämmönvaihtimet eläinsuojien ilmastoinnissa. Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos, Vakolan tutkimuslaskutus nro 36. 79 p.

Lämmitystarpeen jakauma, 60 kg, 2400 sikaa



Kuva 3.20: Sikalan lämpöhäviöiden jakauma eri lämpötiloissa kun eläinpaino on 60 kg ja sikalassa on 2400 sikaa

säännöllisen puhdistamisen tarpeellisuus lämmönvaihtimen pitämiseksi käyttökunnossa. Puhdistuskertojen väli oli lyhimillään viikko.

Lämmönvaihtimen avulla lämmitystarvetta voidaan vähentää kymmeniä prosentteja tai se voidaan poistaa kokonaan. Energian alhaisen hinnan vuoksi eläinsuojien lämmönvaihtimien käyttö ja kehittäminen eivät ole edenneet 1980-luvulta, mutta siihen näyttäisi olevan kuitenkin hyvät mahdollisuudet. Toisaalta maataloilla on siirrytty hake- ja turvelämmitykseen, jolloin lämmityskustannukset on saatu sitä kautta alenemaan.

3.3.6 Rakennusten viilennys

Kesäisin karjasuojien lämpötilat voivat kohota liian korkeiksi, jolloin tarvitaan niiden viilentämistä. Ensinnäkin voidaan avata kaikki ilmanvaihtoon vaikuttavat luukut. On hyvä, jos rakennuksessa on mahdollista saada aikaan näin hyvä ristiveto, jolloin ilma vaihtuu tehokkaasti. Jos tämä ei riitä, silloin käytetään apuna suurikokoisia puhaltimia (Kuva 3.30), joiden tarkoituksena on aikaansaada suuri ilman virtausnopeus. Virtauksen lisääntyessä eläin pystyy haihduttamaan tehokkaammin lämpöä kehosta. Puhaltimien käyttö lisää energian kulutusta, tosin pohjoisissa olosuhteissa niiden käyttöaika ei ole kovin pitkä.

Jos ilman vaihtuvuuden lisääminen ja virtausnopeuden suurentaminen eivät riitä, silloin käytetään apuna esimerkiksi vesisuihkuja. Veden höyrystyminen sitoo lämpöä ja viilentää ilmaa. Meillä tätä käytetään hyvin harvoin.

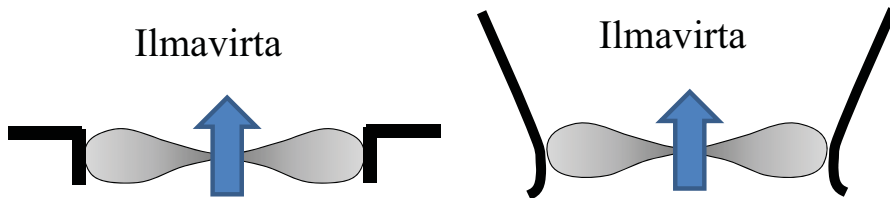
3.4 Rakennusten ilmanvaihtolaitteet

Mari Rajaniemi

3.4.1 Energiatehokkaat puhaltimet

Puhaltimen oikealla valinnalla on suuri vaikutus energiankulutukseen. Valitsemalla jo rakennusvaiheessa hallin mitoittukseen sopivat ja energiatehokkaat poistoilmapuhaltimet, voidaan saavuttaa energiansäästöjä. Puhaltimien valinnassa tulisi ottaa huomioon energiatehokkuus ($\text{m}^3/\text{min}/\text{W}$), sillä erot tehostomien ja tehokkaiden puhaltimien välillä voivat olla suuria. Energiatehokkuuserot eri puhallinten välillä johtuvat puhallinten erilaisesta varustelusta (suljin, suojaritilä, poistosuppilo ja moottori).

Puhallinten suojaritilät, kerääntynyt lika ja säätöpellit vähentävät puhaltimen läpi kulkevaa ilmavirtaa ja nostavat puhaltimen vastapainetta. Tästä seuraa se, että puhaltimen energiatehokkuus heikkenee. Poistosuppilon käytöllä voidaan parantaa puhaltimen tehokkuutta. Puhaltimen kotelon ja aukon muotoilu vaikuttavat puhaltimen suorituskykyyn. Pitkä, sulavasti muotoiltu aukon seinämä lisää puhaltimen tehokkuutta ja ilmavirtaa. Jyrkkä reuna taas häiritsee ilmavirtausta ja vähentää suorituskykyä. Esimerkiksi broilerihallin tunneli-ilmanvaihtopuhaltimet tulisikin varustaa ohjauskartiolla (Kuva 3.21), koska ne parantavat puhaltimen energiatehokkuutta. Kuvan oikeanpuoleinen puhallin on varusteltu kartiolla, mutta vasemmanpuoleisesta puhaltimesta se puuttuu. Mikäli kartio puuttuu, ilmavirta pääsee palaamaan takaisinpuhin puhaltimeen, heikentäen puhaltimen tehokkuutta.



Kuva 3.21: Puhaltimen kotelon erilaiset muotoilut (Focus on Energy 2007).

3.4.2 Puhallinten säätäminen

Puhallinten energiankulutukseen vaikuttaa niiden tilanteen mukainen säätäminen. Teitel ym.²³ vertasivat mm. taajuusmuuntajalla varustettujen puhallinten ja on-off – puhallinten käytön vaikutusta energiankulutukseen. Tutkimus osoitti, että taajuusmuuntajalla säätävät puhaltimet kuluttivat vähemmän (25 %) energiaa kuin on-off-puhaltimet. Pienentämällä puhaltimen moottorin kierrosnopeutta pienentyi myös puhallinten energiankulutus. Czarick²⁴ on todennut, että pienentämällä puhaltimen moottorin kierrosnopeutta 10 %:lla myös ilmanvaihtomäärä pienenee samassa suhteessa. Energiankulutus pienenee kuitenkin suhteessa enemmän (25 – 30 %).

²³Teitel, M., Levi, A., Zhao, Y., Barak, M., Barlev, E. & Shmuel, D. 2008. Energy saving in agricultural buildings through fan motor control by variable frequency drives. *Energy and Buildings* 40 (2008) 953 – 960.

²⁴Czarick, M. 2009. Reducing Poultry House Power Usage. University of Georgia.

3.4.3 Puhallinten huolto ja puhtaanapito

Likaiset puhallinten säleiköt voivat vähentää puhaltimen ilmavirtaa ja lisätä energiankulutusta, koska säleikköihin takertunut lika aiheuttaa korkeamman vastapaineen. Myös lämpötilatermostaatit tulisi pitää puhtaina, sillä niiden päällä oleva lika toimii eristeenä, jonka seurauksena ne eivät reagoi lämpötilan muutoksiin luotettavasti tai riittävän nopeasti. Termostaatit tulisi myös kalibroida säännöllisesti, jotta saataisiin varmistua, toimivatko ne luotettavasti. Hihnojen avulla toimivissa puhaltimissa niiden kunto vaikuttaa energiankulutukseen. Mm. löystyneet puhallinten hihnat aiheuttavat luistoa, jonka seurauksen puhallinten tehokkuus heikkenee.

3.4.4 Ilmanvaihtokanavisto

Puhaltimen energian tarve riippuu siirretystä ilmamäärästä ja puhaltimeen kohdistuvasta vastapaineesta (imu- ja puhalluspuolen paine-erosta). Ilmamäärän lisääminen lisää aina tehon ja energian tarvetta. Samoin vastapaineen (paine-eron) kasvu lisää niitä. Paineeroon vaikuttaa myös ilmanjakoputkisto ja ilmanjakosäleiköt. Pienet putket ja mutkat aiheuttavat suuremman vastapaineen ja sitä kautta tehon ja energian tarve kasvaa. Koska ilmanvaihtokoneet ovat toiminnassa käytännössä lähes jatkuvasti putkistojen ja ilmanvaihdon suunnittelussa pitäisi ottaa huomioon myös tarvittavat käyttöteho ja pyrkiä suunnittelemaan vähän energiaa kuluttavia ratkaisuja.

3.5 Valaistus

Mari Rajaniemi

3.5.1 Valaistuksen energiansäästö

Valovoiman perusyksikkö on candela. Johdannaisyksiköt ovat valovirta lumen (lm) ja valaistusvoimakkuus lux (lx), joka ilmaisee valovirran pinta-alaa kohden (lm/m^2). Lumen kuvaa lampun antamaa valotehoa ja siksi sitä käytetään uusissa lamppupakkauksissa. Aiemmin hehkulamppuja käytettäessä ilmoitettiin vain lampun ottama sähköteho eikä ilmoitettu niiden antamaa valotehoa. Erityyppisten lamppujen kyky muuttaa sähkötehoa valotehoksi on erilainen ja lumen on silloin vertailukelpoinen yksikkö. Lux-arvoon vaikuttaa lampun valovirta, varjostimen ominaisuudet ja valaistun pinnan etäisyys lampusta. Lux-arvo mittaa kuinka suuri valaistus tietyllä pinnalla on. Lamppujen energiatehokkuutta voidaan mitata sillä kuinka monta lumenia lamppu tuottaa yhden watin teholla (lm/W). Ihmisten ja eläinten silmät näkevät eri valoalueita erilalla (esim. Linnut). Siten ihmissilmälle suunniteltu valo ei välttämättä ole eläimelle paras mahdollinen. Karjarakennusten valaistuksen suosituksia on esitetty taulukossa 3.7.

Valaistuksen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon mm. eläinten ja eri tilojen valaistusvaatimukset. Valaistuksella on vaikutusta mm. eläinten kasvuun, hedelmällisyyteen ja tuotukseen. Eri tuotanto- tai kasvuvaiheessa eläinten valontarve voi olla erilainen (esim. ummessa ja tuotannossa olevat lehmät).

Karjarakennusten energiankulutus muodostuu usein kohtuullisen suureksi sen takia, että rakennukset ovat melko suuria ja valoja voidaan käyttää lähes jatkuvasti. Lypsykarjan

Taulukko 3.7: Kotieläinrakennusten suositeltuja valaistusvoimakkuuksia ja sitä vastaavia loistelamppujen kokoja

Rakennus	Suosittelu valaistusvoimakkuus lx	Loistelamppuja W/m ²
Navetta		
- yleisvalaistus	60 – 100	3,6 – 6,0
- erillinen lypsyasema	200 – 250	12,0 – 15,0
- nuoren karjan tila	40 – 60	2,4 – 3,6
Porsitussikala		
- yleisvalaistus	40 – 60	2,4 – 3,6
- porsituskarsinat	60 – 100	3,6 – 6,0
- Makuupaikka	20 – 30	1,2 – 1,8
Kanala	10 – 20	0,6 – 1,2
Talli	60 – 100	3,6 – 6,0
Lampola	20 – 50	1,2– 3,0
Maidinhuolto-, pakkaus-, valvonta- ja kirjanpito-tila	150 – 300	9,0 – 18,0

sähkönkulutuksesta valaistuksen osuus on 10 – 30 % luokkaa^{25,26}. Toisaalta sähkön kulutus on monesti alle 10 % kokonaiskulutuksesta. Sianlihan tuotannossa valaistuksen osuus on 10 % luokkaa sähkön kokonaiskulutuksesta²⁵. Karjasuojien valaistuksen energiankulutukseen vaikuttaa se, millaisia valaisimia käytetään (esim. hehkulamppu, loisteputkivalaisin, kaasupurkausvalo, led), miten valo-ohjelma toimii ja onko valaistusta mahdollisuus himmentää. Jos tavoitteena on vähentää valaistuksen energiankulutusta, valaistussysteemiä uusiessa tulisi ottaa huomioon valaisimen valotehokkuus (lm/W). Esimerkiksi kuvan 3.22 lampun energialuokka on A. Lampun valotehokkuus saadaan jakamalla lumenmäärä (lm) lampun teholla (W), eli kuvan lampun laskennallinen valotehokkuus on 850 lm/15 W \approx 57 lm/W. Mitä suurempi tämä luku on, sitä paremmin lamppu pystyy muuntamaan sähkötehon valoksi. Lampun valotehokkuuden lisäksi tulisi ottaa huomioon lampun kestoikä.

3.5.2 Hehkulamput

Karjatiljoilla on edelleen käytössä hehkulamppuja. Niiden etuna on ollut lamppujen halpa hinta, himmentämisen helppous, nopea syttyminen ja laaja valospektri. Ne ovat kuitenkin eniten energiaa kuluttava valaistusjärjestelmä. Hehkulamppujen tehosta vain 6 – 12 % muuttuu valoksi. Loppuosa lampun tehosta muuttuu lämmöksi. Hehkulamput ovat käyttöikänsä (noin 1 000 h) huomattavasti loisteputkivalaisimia ja led-valaisimia lyhytikäisempiä. Hehkulamppuilla ongelmia aiheuttaa myös se, että ne houkuttelevat puoleensa kärpäsiä ja muita hyönteisiä, jonka seurauksena lamput likaantuvat, joka taas saa aikaan valomäärän heikkenemisen. Koska hehkulamput eivät täytä EU:n lamppujen energiatehokkuusvaatimuksia, niiden myynti lopetetaan vaiheittain siten, että viimeistenkin hehkulamppujen valmistus lopetettiin 1.9.2012 (Komission asetus 244/2009). Tämän

²⁵Hörndahl T. Energy Use in Farm Buildings. Swedish University of Agricultural Sciences, Report 2008:8.

²⁶Ludington D. & Johnson E. DAIRY FARM ENERGY AUDIT SUMMARY REPORT. New York State Energy Research and Development Authority



Kuva 3.22: Esimerkki lampun tuotetiedoista (Motiva Oy, Jari Aalto, 2010)

vuoksi osalle karjatiloihin tulee eteen uusien valaistusratkaisujen pohtiminen

3.5.3 Loistelamput eli pienipaine elohopeapurkauslamput

Nykyisin uudemmissa eläinrakennuksissa käytetään loisteputkivalaisimia, jotka ovat energiatehokkuudeltaan huomattavasti parempia kuin hehkulamput. Loistelamppujen odotettu elinikä on huomattavasti hehkulamppujen elinikää pidempi (noin 15 000 – 20 000). Niiden käyttöikää vähentää kuitenkin jonkin verran jokainen sammutus- ja uudelleensytyttämiskerta.

3.5.4 LED-lamput

Viime aikoina on herännyt yhä suurempi kiinnostus polttoiltaan pitkäikäisiin (jopa 100 000 tuntia) ja energiatehokkaisiin led-lamppuihin. Led-lamppuja on asennettu jo jonkin verran karjasuojoihin, mutta niiden käyttö ei ole kuitenkaan yleistynyt vielä lähinnä ledien kalliin hinnan vuoksi. Led-lamppujen etuna on, että ne ovat himmennettävissä, sytytyskertojen määrä ei vaikuta niiden käyttöikään ja ne antavat syttyessään heti täyden valotehon.

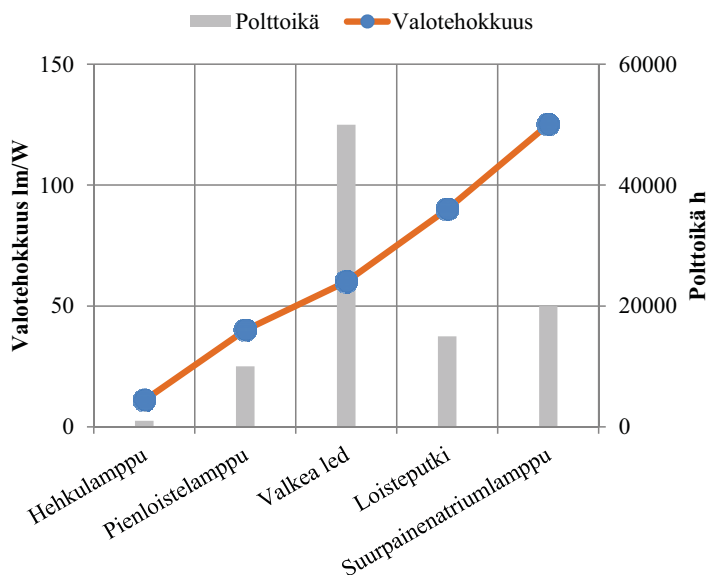
3.5.5 Suurpainenatriumlamput

Kaasupurkausvalojen (HID high intensity discharge) käyttöä karjasuojissa on myös kokeiltu. Näiden valojen suositeltu asennuskorkeus on 5 – 7 m. Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa verrattiin broilerihallissa keskenään himmennettäviä suurpainenatriumlamppuja (HPS high pressure sodium) ja hehkulamppuja. Tutkimustulokset osoittivat, että HPS valoilla saatiin aikaisempi tuotos linnuilla, pienemmät kustannukset ja energiankulutus kuin hehkulamput. Suurpainenatriumlamppuja voidaan säätää tietyin rajoituksin. Clarke ym.²⁷ totesivat, että valaistuksen säädin on tässä valaistussysteemissä kriittinen tekijä ja sen täytyy olla tarkka, jotta valojen himmentäminen toimisi riittävän hyvin.

²⁷Clarke, S. & Ward, D. 2006. Energy-Efficient Mechanical Ventilation Fan Systems. Energy opportunities. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Ontario Fact-sheet, June 2006, agdex 717

3.5.6 Lamppujen käyttöikä

Eri lamppujen käyttöiästä ja valotehokkuudesta on yhteenveto kuvassa 3.23²⁸. Siitä on nähtävissä, että suurpainelamppujen valotehokkuus on parhain, mutta käyttöikä suhteessa led-valoihin paljon lyhyempi.



Kuva 3.23: Eri lampputyypien valotehokkuus ja polttoikä (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus)

3.5.7 Lamppujen puhtaanapito ja rakennusten pintamateriaalit

Eläinrakennusten pintamateriaalit ja valaisimet tulisi puhdistaa säännöllisin väliajoin. Esimerkiksi broilerihallien lamput puhdistetaan jokaisen lintuerän jälkeen hallin pesun yhteydessä. Tarvittaessa lamppuja olisi kuitenkin puhdistettava useamminkin, jotta riittävä valotehokkuus säilyisi. Myös broilerihallien pintamateriaalit vaikuttavat valon heijastavuuteen. Valkoiset pinnat heijastavat parhaiten valoa. Myös pintojen helppoon puhdistettavuuteen tulisi kiinnittää huomiota.

3.5.8 Valaistuksen himmentäminen ja ajastaminen

Luonnonvalo kannattaa hyödyntää eläinrakennuksissa aina, kun se on mahdollista. Parhaiten tämä toteutuu, kun se otetaan huomioon jo suunniteltaessa uutta eläinrakennusta tai valaistusta uusittaessa. Valojen himmentämisellä ja ajastamisella voidaan saada aikaiseksi energiansäästöjä. Joidenkin valaisimien energiankulutus pienenee samassa suhteessa, kun valoja himmennetään. Mikäli valaistus toimii ajastimella, tulisi myös tarkistaa, etteivät

²⁸Sähköturvallisuuden edistämiskeskus, 2009. Energiansäästö- vai hehkulamppu. Saatavilla: http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/valonlahteet_lamput/fi_FI/energiansaasto_vai_hehkulamppu/

valot pala turhaan, kun esimerkiksi keväällä päivä pitenee. Pieniä energiansäästöjä saadaan aikaiseksi myös pienellä vaivalla, sammuttamalla tarpeettomat valot.

Rakennusten ja karjatalouskoneiden energiansäästö:

- Tuotantomuodon ja koneistuksen valinnalla voidaan vaikuttaa paljon energian kulutukseen. Esimerkiksi puolikylmät pihatot tarvitsevat vähemmän energiaa kuin lämpimät parsinavetat.
- Valojen energian kulutuksessa voi saada säästöjä käyttämällä energialamppuja ja valo-ohjelmia.
- Karjarakennusten ilmanvaihdon mukana poistuva ilma hukkaa paljon energiaa. Mieti kannattaako lämmön talteenotto.

3.6 Sianlihan tuotanto

Hannu Mikkola

3.6.1 Energiankulutus sianlihan tuotannossa

Energiansäästötoimia suunniteltaessa tuotantoalan energiankulutuksen rakenteen hyvä tuntemus auttaa kohdistamaan säästötoimet suurimpiin energiankulutuskohteisiin. Niistä on yleensä mahdollista säästää enemmän kuin pienistä. Toisaalta pieniäkään säästökohteita ei pidä ylenkatsoa, jos ne ovat helposti saavutettavissa pienin investoinnein tai pelkästään toimintatapoja muuttamalla.

Sianlihantuotannon energiankulutuksesta noin 40 % kuluu rehun tuottamiseen ja 40 % ilmanvaihtoilman lämmittämiseen. Loppu 20 % on valaistuksen, ruokinnan ja ilmanvaihdon aiheuttamaa sähkönkulutusta sekä rakenteiden kautta tapahtuvia lämpöhäviöitä.

Porsastuotannon energiankulutus ei sisällynyt edellisen kappaleen tarkasteluun. Ilmastoinnin merkitys on porsastuotannossa vähintään yhtä suuri kuin rehun tuotannon, koska vastasyntyneiden porsaiden optimilämpötila (30 – 32 °C) on korkeampi kuin lihasikojen 15 – 22 °C. Talviaikaiset suosituslämpötilat ovat pikkuporsaille 22 °C ja lihasioille 16 °C. Nämä ovat suosituksia, eikä sikojen pidolle asetetuissa eläinsuojeluvaatimuksissa anneta alimpia tai ylimpiä lämpötiloja, joita ei saa alittaa tai ylittää. Asetuksessa todetaan, että makuualustan tulee olla sioille sopiva ja että lämpötilan on oltava eläinsuojassa pidettävillä eläimille sopiva²⁹.

Rehuntuotannon energiankulutus on haastavampi säästökohde kuin ilmanvaihdon lämmön talteenotto, koska se jakautuu edelleen moniin pieniin energiapanoksiin. Niistä voidaan etsiä säästöjä kappaleen 3.1 Kasvintuotanto ohjeiden mukaisesti. Tilalla tapahtuvasta rehuntuotannosta voidaan helposti säästää 10 – 20 %.

Lämmönvaihtimia käyttämällä lihasikalan energian kulutusta voidaan vähentää ja lämmityksestä voidaan luopua kokonaan. Lämmönvaihtimien avulla sianlihantuotannon kokonaisenergiankulutuksesta voitaisiin säästää lähes 40 %.

²⁹Maa- ja metsätalousministeriö 2002. Sikojen pidolle asetettavat eläinsuojeluvaatimukset. Asetus nro 14/EEO/2002. 12 p. Saatavissa internetistä: <http://wwwb.mmm.fi/el/laki/f/f19.pdf>. Luettu 29.8.2012.

3.6.2 Rehun tuotannon energiankulutuksen vähentäminen

Lihaskojen pääasiallinen rehu on ohra (225 - 230 kg/lihasika), jonka lisäksi sioille annetaan valkuaisrehua (esim. soijajauhoa 32 - 37 kg/lihasika)³⁰. Koska ohra tuotetaan kotimaassa ja sen osuus rehuannoksesta on lähes 90 %, ohran tuotannon energiatehokkuutta lisäämällä voidaan parhaiten alentaa koko rehuannoksen energiapanosta.

Sikatiiloilla voidaan korvata lannoitetyypeä lietalannan tyyppellä ja samalla kierrätetään myös muita kasviravinteita. Typpihäviöiden minimointi lietteen varastoinnissa ja levityksessä vähentää lannoitetyypen tarvetta.

Esimerkkilaskelma typen kierrätyksestä sianlihaa tuottavalla tilalla Oletetaan ohran typpilannoituksen olevan 100 kg hehtaarille ja sillä saatavan 3800 kg ohra, jonka kustues on 14 %. Hehtaarin ohramäärällä voidaan ruokkia vuodessa 16,5 lihasikaa (3800 kg/230 kg), jotka tuottavat 11 m³ lietalantaa. Jos kuutiometri lietalanta sisältää 1,5 kg liukoista tyyppiä, niin lannan mukana pellolle palaava typpimäärä on 16,5 kg (16,5 % lannoitetyypen määrästä). Jos ei oteta huomioon lannan varastoinnin ja levityksen typpihäviöitä lietalanta pienentää 5 % ohran viljelyn energiapanosta.

Viljelyketjun muita säästömahdollisuuksia ovat muokkauksen keventäminen ja viljan varastointi tuoreena kuivaamisen sijaan. Energian säästäminen viljelytoimenpiteissä on järkevää, jos sato vähenee suhteellisesti vähemmän kuin energiapanos. Muokkauksen keventäminen vähentää viljelyketjun energiapanosta 0 - 18 % ja parhaassa tapauksessa sadon määrä säilyy ennallaan.

Sianlihaa tuottavalla tilalla ohraa ei tarvitse kuivata, koska tuoresäilötty vilja on todettu täysin kuivatun veroiseksi sikojen ruokinnassa. Tuoresäilötyn viljan muita etuja ovat, että se ei pölyä ja että se on maittavaa rehua eläimille. Sadonkorjuuseen voidaan käyttää tehokasta vuokrapuimuria ja korjuuaikaa on enemmän, kun vilja voidaan puida kosteampana (erityisesti murskesäilöntämenetelmää käytettäessä). Kuivauksen pois jääminen vähentää ohran tuotantoketjun energiankulutusta 11 %. Lietalannan ravinteiden hyödyntäminen, muokkauksen keventäminen ja viljan kuivauksesta luopuminen vähentävät 16 - 32 % ohran tuotantoketjun energiankulutuksesta, mikä vähentää 6 - 13 % sianlihantuotannon energiankulutuksesta.

Energiansäästötoimien täytäntöönpano ei välttämättä edellytä lisäinvestointeja. Lietalannan typen hyödyntämiseksi liete on mullattava välittömästi levityksen yhteydessä. Tätä varten on mahdollisesti hankittava lietteen multaustaite, mutta liete voidaan mullata myös muokkausvälineillä, joita maatiiloilla on joka tapauksessa. Muokkausta vähennettäessä tarvitaan kylvökone, joka pystyy kylvämään kasvinjätteen peittämälle maalle, mutta samalla voidaan luopua osasta muokkuskoneita tai olemassa olevia ei tarvitse uusia. Viljan tuoresäilöntään voidaan siirtyä, kun vanhan kuivurin kapasiteetti ei enää riitä tai kun se pitäisi korvata kokonaan uudella kuivurilla. Tällöin kyseessä on korvausinvestointi, joka on uuden kuivurin rakentamista pienempi eli tila säästää myös investointikustannuksissa.

3.6.3 Yhteenveto sianlihan tuotannon energiankulutuksen vähentämisestä

Sianlihantuotannossa on hyvät mahdollisuudet säästää 40 - 45 % nykyisestä energiankulutuksesta. Selkein ja suurin säästökohde on lämmön talteenotto sikalan poistoilmasta. Lähtötiedot hyötysuhteeltaan optimaalisten lämmönvaihtimien suunnittelemiseksi ovat

³⁰Siljander-Rasi, H., Valaja, J., Jaakkola, S., Perttilä, S. 2000. Tuoresäilötty ohra sikojen ja siipikarjan rehuna. Työtehoseuran maataloustiedote 2: 1-6.

olemassa ja pölyn aiheuttama likaantumisongelma voitaneen ratkaista kohtuullisin kustannuksin niin, että lämmönvaihtimet saadaan puhdistettua automaattisesti tai ainakin pienellä työäärällä. Koska ilmastointi on kotiläinrakennusten oleellinen osa, lämmönvaihtimien käyttö ja niiden edellyttämät rakenteet pitäisi ottaa huomioon jo rakennusten suunnittelussa.

Siirtymällä kotimaisen polttoaineen käyttöön voidaan usein säästää huomattavasti tuotantokustannuksissa. Tämä ei säästä energiaa, mutta vähentää fossiilisen energian käyttöä ja vähentää sitä kautta hiilidioksidipäästöjä. Usein tämä voi olla taloudellisesti järkevämpi ratkaisu kuin lämmön talteenoton käyttö, koska lämmityskeskusta voidaan käyttää koko tilan lämmön tarpeeseen. Myös rehun tuotannossa voidaan säästää energiaa. Viljan tuoresäilöntä kuivauksen sijaan on suurin säästömahdollisuus. Sen lisäksi viljan tuotantoketjussa voidaan korvata energiaa kuluttavia muokkaustöitä kevytmuokkauksella tai siirtymällä suorakylvöön.

Sianlihan tuotannon energian säästö:

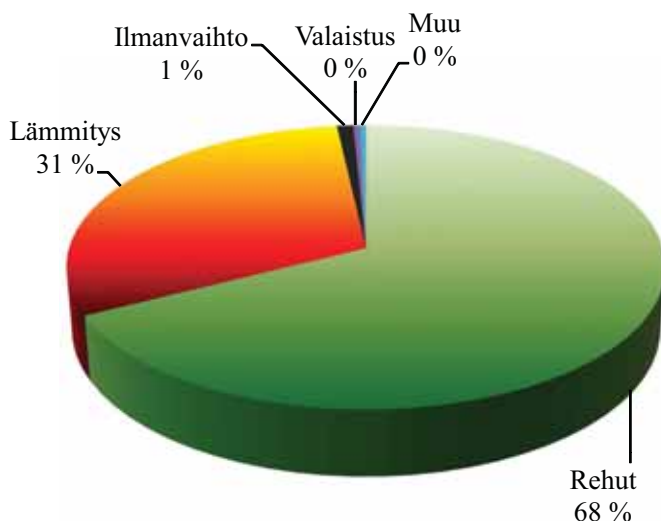
- Rehuntuotantoa voidaan tehostaa, jolloin energian kulutus vähenee.
 - Käytä minimimuokkausmenetelmiä.
 - Säästä kuivauksessa tai siirry muihin viljan säilöntämenetelmiin.
- Rakennusten energian kulutusta voidaan vähentää hankkimalla lämmönvaihdin poistoilman lämmön talteenottoon.

3.7 Broilerituotanto

Mari Rajaniemi

3.7.1 Energiankulutus broilerituotannossa

Broilerituotanto on pitkälti automatisoitua ja erikoistunutta tuotantoa, jossa suurin osa energiasta kuluu epäsuorina energiapanoksina rehuihin ja suorina energiapanoksina broilerihallin lämmitykseen (Kuva 3.24). Koska rehut ja lämmitys ovat broilerihallin suurimmat energiapanokset, niin näistä löytyvät myös suurimmat energiansäästöpotentiaalit. Broilerihallin sähköenergiankulutus on hyvin vähäistä verrattuna hallin kokonaisenergiankulutukseen. Sähköenergiasta suurin osa kuluu ilmanvaihtokoneiden käyttöön ja valaistukseen. Energiankulutuksessa on myös selkeä vaihtelu eri vuodenaikoina ja lintujen eri kasvuvaiheissa. Sähkönkulutus on suurinta lämpiminä vuodenaikoina ja lintujen kasvun loppuvaiheessa, koska ilmanvaihdon tarve lisääntyy. Lämmitysenergian kulutus taas on suurinta kylminä vuodenaikoina ja kasvatusjakson alkuvaiheessa, jolloin käytetään korkeaa kasvatuslämpötilaa. Kylminä vuodenaikoina lämmitysenergian kulutus säilyy koko kasvukauden lähes samana, koska kasvatusjakson loppuvaiheessa lisääntyneen ilmanvaihdon mukana poistuu runsaasti lämpöenergiaa. Energiankulutuksessa on eroja myös eri tilojen välillä. Erilaiset rakennukset, laitteet, sääolosuhteet ja toimintatavat aiheuttavat energiankulutuseroja tilojen välille.



Kuva 3.24: Esimerkki broilerintuotannon energiankulutuksen jakautumisesta

3.7.2 Rehut

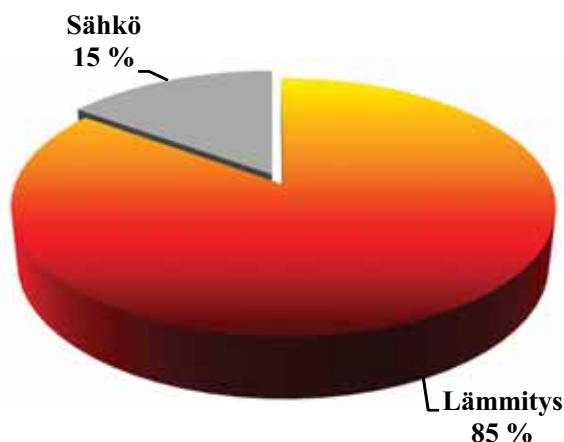
Broilerintuotannon suurin energiapanos on rehut. Energiansäästöt kohdistuvat tällöin pitkälti rehuntuotantoketjuun ja rehun käsittelyyn. Rehuntuotantoketjussa energiaa kuluu pääosin lannoitteiden valmistukseen, koneiden polttoaineisiin ja viljan kuivaukseen. Rehun teollisen prosessoinnin energiankulutus on melko vähäistä verrattaessa viljelyn aikana käytettyihin energiapanoksiin. Ostorehun energiapanos on kuitenkin useimmiten suurempi kuin tilalla tuotetun rehun, koska rehua on prosessoitu ja kuljetettu paikasta toiseen. Kappaleessa 3.1 ”Kasvintuotanto” on kerrottu viljelyn energiansäästöistä. Rehun käsittelyn osalta energiansäästöt kohdentuvat lähinnä siihen, miten vilja on säilötty. Tiloilla tuotettu vilja voidaan kuivata tai säilöä ilmatiiviisti. Vaikka ilmatiivis viljan säilöminen onkin energiatehokasta ja taloudellista, ei sen käyttö ole vielä yleistynyt viljan säilöntämenetelmänä siipikarjatililla lähinnä säilönnän epäonnistumisriskin vuoksi.

3.7.3 Lämmitys

Siipikarjatilojen suorasta energiankulutuksesta huomattava osa kuluu eläintilojen lämmitykseen (Kuva 3.25). Broilerihallin lämmitysenergiankulutukseen vaikuttavat mm. ulko- ja sisälämpötilaerot, rakennusmateriaalien lämmönjohtavuus ja rakennuksen koko.

Rossin- broilerinkasvatusohjeen³¹ mukaan linnut pystyvät säätelämään ruumiinlämpöään vasta noin 12 – 14 päivän iässä. Tätä ennen joudutaan sopiva lämpötila luomaan halliin keinotekoisesti. Hallin lämpötila tulisi pitää linnuille sopivana koko kasvatusjakson ajan, jotta saataisiin aikaiseksi optimaalisin tuotos. Liian lämpimässä linnut kärsivät lämpöstress-

³¹Aviagen. 2009. Ross Broiler Management Manual. Saatavilla: http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross_Broiler_Manual_09.pdf



Kuva 3.25: Esimerkki broilerintuotannon suoran energiankulutuksen jakautumisesta.

sistä, jonka seurauksena lintujen kasvu heikkenee ja kuolleisuus lisääntyy. Liian kylmä taas lisää lintujen rehunkulutusta ja heikentää kasvua. Broilerihalli lämmitetään untuvikkojen saapuessa noin 30 °C, jonka jälkeen lämmitystä vähennetään asteittain siten, että kasvatusjakson loppuvaiheessa hallin lämpötila on noin 21 °C. Vuodenaikojen lämpötilavaihtelut ja lintujen kasvuvaihe saattavat aiheuttaa suurenkin vaihtelun hallin lämmitysenergiankulutukseen kasvatusjakson aikana. Kasvatuserien väliset kulutusvaihtelut johtuvat lähinnä vuodenaikojen lämpötilavaihteluista. Kylmimpinä vuodenaikoina ulkolämpötila voi pudota ulkona -30 °C, mutta hallin sisälämpötila on pidettävä linnun kullekin kasvuvaiheelle sopivana. Näin ollen kylmimpinä vuodenaikoina lämpöenergiankulutus voi olla moninkertainen verrattuna kulutukseen lämpimänä kautena. Viljelijälle lämmitysenergiankulutus nousee tärkeäksi etenkin siinä vaiheessa, kun broilerihallia lämmitetään öljyllä. Siirtyminen uusiutuvaan energiaan on usein taloudellisesti kannattavaa, joskaan se ei välttämättä tarkoita energiankulutuksen tehostumista.

3.7.4 Lämpövuodot

Useimmat uudet broilerihallit ovat betonielementtirakenteisia halleja, mutta käytössä on edelleen puurakenteisia hallejakin. Lämpöenergiaa hukkaantuu näiden broilerihallien rakenteiden (ovet, katto, seinä ja lattia) ja ilmanvaihdon kautta. Mitä parempi näissä halleissa käytetty eristemateriaali on, sitä pienempiä ovat myös lämpöhäviöt. Etenkin puurakenteiset hallit menettävät ikääntyessään tiiviyytään (puutavara halkeilee, vääntyy ja kutistuu ajan myötä), jonka seurauksena syntyy lämpövuotoja. Tällaisissa tapauksissa kannattaa tapauskohtaisesti miettiä hallin uudelleen eristämistä.

Ilmanvaihdon tarkka mitoittaminen ja säätäminen ovat tärkeitä tekijöitä, sillä broilerihallin energiakustannukset muodostuvat lähinnä rakenteiden ja ilmanvaihdon lämpöhäviöistä. Ilmanvaihdon lämpöhäviötä voidaan pienentää lämmön talteenoton avulla (lämmönvaihdin). Lämmön talteenoton avulla voidaan saada aikaiseksi suuriakin lämmitysenergian säästöjä. Lämmönvaihtimien käyttö lisää kuitenkin jonkin verran sähköenergiankulutusta. Lämmönvaihdinta käytettäessä energiansäästöt painottuvat lähinnä viileimpiin vuodenaikoihin, jolloin lämmönhukka on suurinta. Lämmönvaihtimet eivät ole vielä yleistyneet broilerintuotannossa, koska niiden teknistä toteutusta ovat haitanneet poistoilman kor-

kea pölypitoisuus, syntyvän kondensioveden käsittely ja mahdolliset hygieniaongelmat. Lämmöntalteenottojärjestelmä tulisi suunnitella jo broilerihallin rakennusvaiheessa, koska jälkepäin se voi olla hieman hankalammin toteutettavissa.

3.7.5 Ilmanvaihto

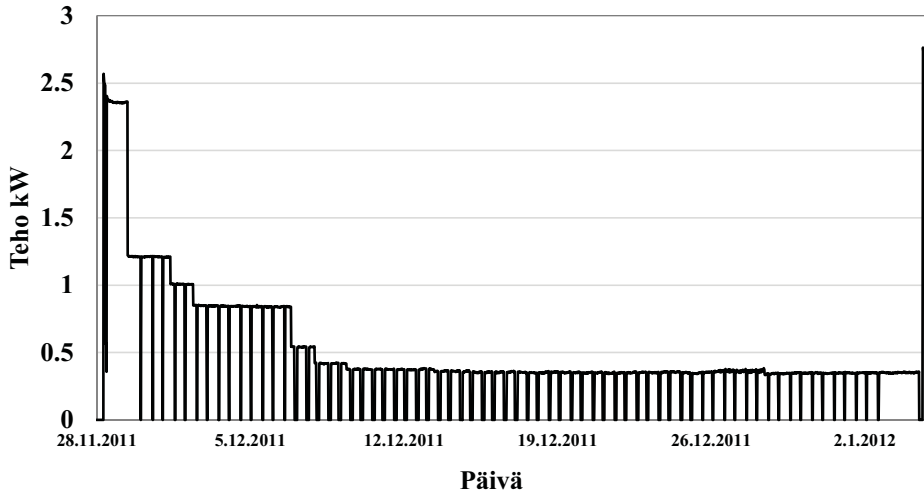
Broilerihallin sähköenergiankulutuksesta suurimman osan vievät ilmanvaihtokoneet ja valaistus. Ilmanvaihdon energiankulutukseen vaikuttavat mm. vuodenaika (ulko- ja sisälämpötilaerot), lintujen kasvuvaihe, laitevalinta, laitteiden säätöminen sekä kunnossapito ja puhtaus. Ilmanvaihdon energiankulutuksessa on suuria vaihteluita eri vuodenaikoina. Lämpimimpinä vuodenaikoina ja kasvatusajan loppuvaiheessa ilmanvaihdon tarve ja näin ollen myös energiankulutus lisääntyvät.

3.7.6 Valaistus

Linnun silmä on herkempi aistimaan valoa kuin ihmissilmä. Linnut pystyvät myös näkemään ihmissilmällä havaitsematonta aallonpituutta. Tämä aiheuttaa oman haasteensa broilerihallien valaistuksen suunnitteluun. Oikeanlaisella valaistuksella on tärkeä merkitys lintujen hyvinvointiin, kasvuun ja hallin energiankulutukseen.

Vaikka broilerihallien valo-ohjelmat poikkeavat jonkin verran toisistaan, niin yleinen käytäntö on, että ensimmäiset kaksi päivää lintujen saapumisesta valot ovat päällä joko koko ajan tai noudattavat jaksotusta 23 tuntia valoa, 1 tunti pimeää. Näin lintujen on helpompi asettua uuteen ympäristöön ja löytää ruoka- ja juomapaikat. Tämän jakson jälkeen valo-ohjelma poikkeaa jonkin verran tila- ja maakohtaisesti. Lainsäädäntö kuitenkin asettaa vähimmäisvaatimukset hallin valaistusvoimakkuudelle ja pimeän sekä valoisan jakson vähimmäismäärille³². Esimerkiksi Suomessa linnuilla on oltava vuorokaudessa vähintään kuuden tunnin pimeä jakso. Jakso voidaan jakaa kahteen osaan siten, että eläimillä on vähintään yksi neljän tunnin yhtenäinen pimeä jakso. Kuvassa 3.26 on esitetty yhden esimerkkitalon broilerierän aikainen valaistusteho loisteputkivalaisimia käytettäessä. Ensimmäiset pari päivää valot ovat päällä koko ajan, jonka jälkeen valoja aletaan portaittain himmentää. Pimeä jakso on jaettu kahteen osaan. Kuvasta 3.26 on nähtävissä, että energiankulutus on suurinta erän alkuvaiheessa. Kun valoja aletaan himmentää, niin myös energiankulutus pienenee.

³²Valtioneuvoston asetus broilereiden suojelusta 375/2011. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110375>



Kuva 3.26: Broilerierän aikainen valaistusteho

Broilerituotannon energiansäästö:

- Broilerituotannossa rehuntuotanto ja lämmitys ovat suurimpia energian kuluttajia. Näistä voidaan saada myös suurimmat säästöt.
- Rehuntuotannon energian kulutusta voidaan vähentää peltotöiden tehostamisella. Kuivauksessa voidaan säästää energiaa tai kuivauksesta voidaan siirtyä muihin säilöntätapoihin.
- Rakennusten lämmitys kuluttaa paljon energiaa, koska sisälämpötilat ovat korkeita. Etenkin kasvatuksen alkuvaiheessa rakenteiden lämmöneristykset vaikuttavat energian kulutukseen.
- Ilmanvaihdon mukana kulkee paljon lämpöä ulos, lämmönvaihtimilla tätä voitaisiin palauttaa takaisin rakennukseen.

3.8 Maidontuotanto

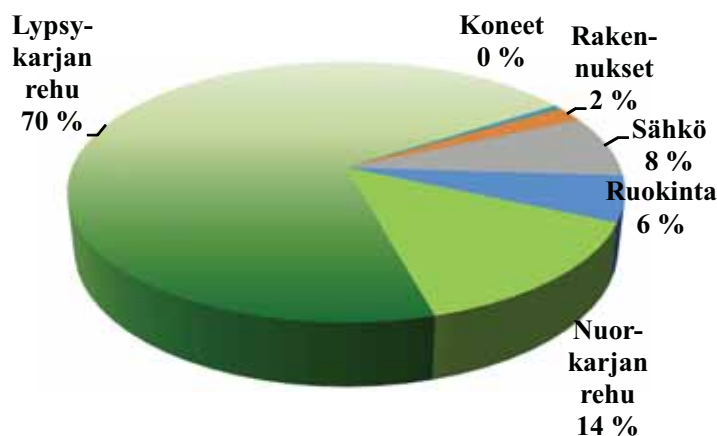
Imbi Veermae, Jaan Praks, Juri Frorip ja Eugen Kokin

3.8.1 Energiankulutus maidontuotannossa

Maidontuotannon energiasuhde on alhainen. Tämä johtuu kaksivaiheisesta energian muuntamisesta: ensin kasvit kasvavat aurinkoenergian ja mullassa olevien ravinteiden avulla biomassaksi. Tästä energiasta noin 15 % muuttuu lehmän elimistössä maidon energiaksi.

Maidontuotannon energiakulutuksen laskenta on monimutkaista ja tulos vaihtelee riippuen navetan sijainnista (ilmastolliset tekijät), koosta, lehmien hoitomenetelmistä, taloudellisesta toimintatavasta, käytettävistä energialähteistä ym. Energiankulutukseen vaikuttaa oleellisesti navetan tyyppi: pihatto (lämpimät ja kylmät pihatot) tai parsinavetta. Viime vuosikymmeninä navetan koko on kasvanut nopeasti ja nykyään yli puolet Viron maidosta tuotetaan isoissa kylmäpihatoissa, joissa on 300 – 1200 lehmää. Suomen navettakoot ovat myös suurentuneet, mutta ne ovat selvästi virolaisia pienempiä.

Tiloilla käytetään suorana energiana sähköä, fossiilisia energialähteitä (diesel- ja polttoöljy) sekä uusiutuvana energiana jonkun verran polttopuuta ja haketta. Epäsuoraa energiaa ovat rehun, rakennusten, koneiden ja laitteiden valmistukseen käytetty energia. Sähköä käytetään lypsytuotannon aikana, maidon jäähdytyksessä, pesuveden lämmityksessä, pumppauksessa, ilmanvaihdossa, valaistuksessa, lämmittämisessä, lannan poistamisessa ja sosiaalituloissa. Polttoaineita (diesel ja bensiini) käytetään kuljetuksiin (rehu-, lannankuljetukset) ja koneissa (pääasiallisesti traktoreissa). Tavallisesti sähkö muodostaa noin 25 % ja dieselöljy noin 15 % tilalla käytettävästä suorasta energiasta³³.



Kuva 3.27: Sähkön ja fossiilisen energian käyttö Viron kylmäpihatossa

³³Barnett J. & Russell J. 2010. Energy Use on Dairy Farms. Environmental issues at dairy farm level. Bulletin of the International Dairy Federation. 443, 23-32.

3.8.2 Rehuntuotanto

Maitotilan energiankulutuksesta suurimman osan muodostaa rehun tuotanto. Kraatz ja Berg³⁴ mukaan sen osuus on noin 50 %. Viron isojen maitotilojen fossiilisesta energiasta 84 % kuluu rehun tuotantoon, kuljetuksiin, käsittelyyn ja säilöntään. Siitä 70 % on lypsykarjalle kuluva osuus ja 14 % nuorkarjan osuus, kuva 3.27. Suoran energian panokset rehuntuotannossa liittyvät dieselöljyyn, voiteluaineisiin ja rehun annostelussa käytettävään sähkөөn. Taulukossa 3.8 on esitetty tietoja fossiilisen energian käytöstä rehuntuotannossa³⁵.

Taulukko 3.8: Rehuun tallentuva fossiilinen energia kWh/kg

Rehu	Tuotanto	Kuljetus	Käsittely	Yhteensä
Sinimailanen	-	-	-	0,4
Ohra	1,0	0,1	-	1,1
Heinä	-	-	-	0,8
Maissigluteenirehu	-	-	3,5	3,5
Maissin jyvät	1,2	0,1	0,1	1,4
Maissisäilörehu	-	-	-	0,6
Kaura	0,7	0,1	-	0,8
Suola + kivennäiset	-	-	-	0,1
Soijakuoret (jauhe)	1,2	0,1	0,3	1,6
Vehnä	1,0	0,1	-	1,1

Rehuntuotantoon käytettävä energia saattaa vaihdella suuresti. Siihen vaikuttaa eniten väkirehun osuus, sillä rehuviljan tuottamiseen tarvitaan huomattavasti enemmän energiaa kuin karkean rehun tuottamiseen³³. Laidun tarvitsee vähiten energiaa (0,2 kWh/kg ruohon kuiva-ainepitoisuutta kohden), sillä koneita käytetään vain lannoittamiseen ja äestykseen³³.

Karjan rehun energiansäästö:

- Mahdollisimman laaja laiduntamisen käyttö, isoissa navetoissa ennen kaikkea nuorkarjan ja ummassa olevien lehmien osalta.
- Väkirehun osuuden vähentäminen ruokinnassa mahdollisemman pieneksi (yliannostelun välttäminen).

Optimaalisessa maidontuotannossa lehmien ruokinnan lähtökohtana ovat ennen kaikkea rehun laatukriteerit ja fysiologiset tarpeet tyydyttävä rehun koostumus. Tavallisesti annostelussa otetaan huomioon seuraavat rehun komponentit: kuiva-aine, muuntokelpoinen (metaboolinen) energia, sulava ja/tai muuntokelpoinen (metaboolinen) valkuainen, kuitu (raakakuitu ja/tai ADF-kuitu (happodetergenttikuitu), NDF-kuitu (neutraalidetergenttikuitu)), kalsium ja fosfori.

³⁴Kraatz S., & Berg W.E. 2009. Energy Efficiency in Raising Livestock at the Example of Dairy Farming. ASABE Annual International Meeting Grand Sierra Resort and Casino Reno, Nevada June 21 – June 24, An ASABE Meeting Presentation Paper Number: 096715 19 p.

³⁵Sainz R.D. 2003. Fossil fuel component. Framework for calculating fossil fuel use in livestock systems. <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6100E/x6100e00.htm#Contents>

Maidontuotantomäärien kasvaessa, energian kulutus tuotettua yksikköä kohti pienenee. Tämä pätee tiettyyn rajaan asti, jonka jälkeen energiakulutus alkaa kasvaa ennen kaikkea väkirehun osuuden suurenemisen takia. Maitotuotoksen optimirajaksi on yleisesti hyväksytty 8000 – 10000 kg vuodessa.

Maitotilan energian kulutukseen vaikuttaa myös kasvatettavan nuorkarjan osuus. Hiehon kasvattamiseen lehmäksi tarvitaan 3600 – 4400 kWh energiaa. Viron isoissa navetoissa nuorkarjan rehun tuottamisessa fossiilisen energian osuus on keskimäärin 14 %. Energiatarvetta voitaisiinkin pienentää pidentämällä lehmien käyttöikä. Tämä onnistuu parantamalla lehmien hyvinvointia navetassa ja esimerkiksi tuotostasolla 8000 kg maitoa lehmää kohti vuodessa lehmien karsintaprosentti voisi jäädä alle 25 – 30 % vuodessa³³.

Energian säästö eläinten hoidossa:

- Energian säästämiseksi lehmien käyttöikä voidaan pidentää, kun samalla maidontuotanto pyritään säilyttämään lähellä fysiologista tasoa. Tätä varten on huolehdittava lehmille hyvinvoinnin takaavasta tuotantoympäristöstä.

3.8.3 Rakennukset ja ihmistyö

Navetan rakentamisen ja koneiden epäsuoran energiankulutuksen osuus tilan energiankulutuksessa on suhteellisen pieni. Rakennusten energiasta suurimman osan muodostaa lattia, jonka panos riippuu sen rakenteesta. Koneiden panoksen osuus riippuu niiden käytön intensiteetistä, käyttöiästä sekä työn järjestelystä. Ihmistyön energiankulutusta ei tässä tutkimuksessa ole otettu huomioon.

3.8.4 Sähkön käyttö

Sähköenergian käyttöä virolaisessa kylmäpihatossa esittää kuva 3.28. Sähköä käyttävät seuraavat laitteet ja prosessit: lypsyasema, maidon jäädytys, valaistus, ilmastointi, veden lämmitys ja lypsylaitteiden pesu, vesijohto- ja paineilmalaitteistot.

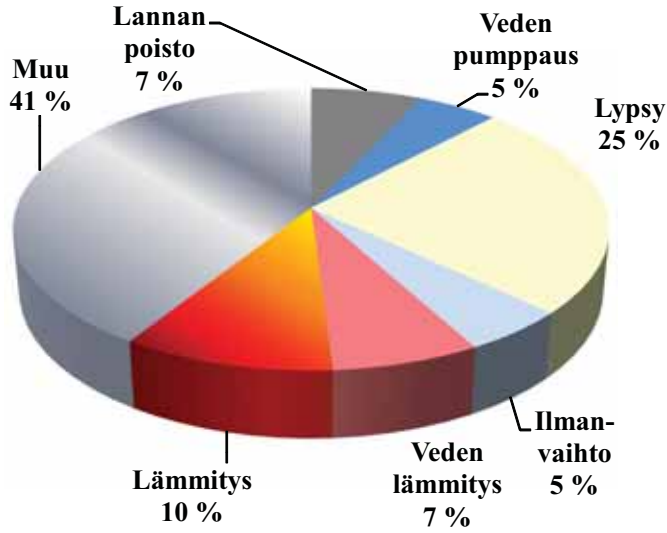
Kuvan 3.28 tilalla suurin sähkölukutus on osassa ”muu kulutus“. Se sisältää sisä- ja ulkovalot, toimistokoneet, pistorasioiden sähkölukutuksen (esimerkiksi talvella käytetyt väliaikaiset sähköpatterit) yms. Tämän kulutuksen yksityiskohtainen mittaaminen on vaikeaa. Toiseksi suurin osa liittyy maidon käsittelyyn (lypsy ja maidon jäädytys). Kaikissa kulutusosioissa löytyy sähköenergian säästömahdollisuuksia. Päällimmäinen ja helpoiten toteutettava olevana säästötoimi on olemassa olevan laitteiston säännöllinen huolto. Kuluneet, huonosti huolletut ja ylikuormitetut laitteet kuluttavat enemmän energiaa.

Maidontuotannon tärkein kokonaisuus on lypsyasema tai lypsyrobotti. Lypsyasemaa käytetään intensiivisesti kaksi tai kolme kertaa päivässä, 365 päivää vuodessa. Niiden malli, asennus ja huolto määräävät lypsyn tehokkuuden ja laadun.

Lypsytekniikan kehityksen kärkeä edustavat lypsyrobotit. Niiden energian kulutus on samaa luokkaa tai hieman korkeampi kuin kulutus lypsyasemilla³⁶. Lypsyrobotin käytöllä voidaan säästää hieman valaistuksessa ja etenkin säästetään työvoimassa. Toisaalta robotit käyttävät melko paljon vettä pesuun.

Lypsyssä sähköenergiankulutuksesta merkittävän osan aiheuttaa tyhjiöpumppu. Kulutuksen vähentämiseksi voidaan käyttää taajuusmuuttajia kierrosluvun säätämiseksi tai

³⁶Brögger-Rasmussen, J. & Pedersen, J. 2004. El och vandforbrug ved mælkning



Kuva 3.28: Mallitilan sähköenergian kulutus vuonna 2011

tehoa pienennetään tyhjäkäynnin aikana. Kummankin ratkaisun tarkoitus on minimoida sähkönkulutus osakuorituksen ajaksi. Näillä toimenpiteillä on mahdollista pienentää lypsyn sähkön kulutusta 60 % asti.

Lypsyjärjestelmän tyhjiöpumpun energiakulutusta voidaan vähentää kahdella tavalla:

- Pientämällä tehoa tyhjäkäynnin aikana.
- Käyttämällä taajuusmuuntajaa kierrosluvun ohjaamiseksi.

3.8.5 Maidon jäähdyttäminen

Maidon jäähdytykseen kuluu suuri energiamäärä. Nopea jäähdytys +35 °C lämpötilasta +4 – 6 °C lämpötilaan on tarpeellinen maidon ja jalostettavien maitotuotteiden laadun takaamiseksi. Sillä taataan mikrobitoiminnan estäminen alhaisen lämpötilan ansiosta. Maito säilytetään jäähdytettävässä tilasäiliössä.

Maidon nopeaksi jäähdyttämiseksi voidaan käyttää kolmea erimallista laitetta:

- Tilasäiliössä jäähdyttäminen kiertävän jääveden avulla.
- Tilasäiliöön rakennetun jäähdytysjärjestelmän höyrytimen avulla.
- Erillisessä jäähdyttimessä, jonka kautta maitoa siirretään tilasäiliöön. Jäähdytyksen yhteydessä vapautuvaa lämpöä voidaan käyttää pesuveden, ilman tai lattian lämmitykseen.

Maidon jäähtymisen energiansäästömahdollisuudet ovat:

- Tilasäiliön lämpöeristyksen parantaminen.
- Lämmön talteenotto maidon jäähtymisestä.

3.8.6 Valaistus

Navetan valaistukseen kuluva energia jätetään usein huomioon ottamatta. Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että valaistuksen osuus on noin 18 % lypsykarjanavetan sähköenergian kulutuksesta³⁷. Navetan eri osissa on valaistuksen tarve erilainen:

- Voimakkaamman valaistuksen tarvitsevat lypsy- ja pesutoimiin liittyvät kohteet sekä virasto- ja korjaamotilat.
- Keskinäkertaisesta valaistuksesta tarvitsevat eläinten ruokinta- ja hoitoon liittyvät alueet ym.
- Eläinten makuupaikoille, käytäville sekä odotusalueille riittää vähäisempi valaistus.

Valaistuksessa tulisi käyttää mahdollisimman paljon hyväksi päivänvaloa (Kuva 3.29). Samaten on oleellista valita eri alueille vaatimusten mukaiset valaistusjärjestelmät. On esimerkiksi tarpeellista valaista lyhytaikaisessa käytössä olevia tiloja jatkuvasti.

Navetan valaistukseen sopivia valaisimia:

- halogeenilamput
- loisteputket
- elohopealamput
- natriumlamput
- led-lamput

Valaisimien suuri valikoima luo mahdollisuuksia myös energiasäästöön. Valinnan varaa on myös uusien valaistusteknologioiden tai ohjelmoitavien järjestelmien osalta, jotka mahdollistavat ruokintapöytien ja makuupaikkojen valaistuksen vuorokausirytmien ja lehmien fysiologisten tarpeiden mukaan.

Yhtenä säästömahdollisuutena on vanhojen loisteputkien ja halogeenilamppujen korvaaminen taloudellisimmilla valaisimilla, esimerkiksi natriumlampuilla. Suurpainennatriumlamput tuottavat hehkulamppuihin tai loisteputkiin verrattuna 5 – 6 kertaa enemmän valoa ja kuluttavat niitä vähemmän sähköä³⁸.

³⁷Annuk, A., Nurste H., Damskier S.S. 2004. Energy Efficiency in Intensive Livestock, Estonia. 24 pp.

³⁸Ludington C., Johnson E., Kowalski A., Mage A. (2004, 02). California. Dairy farm energy management. P 63.



Kuva 3.29: Mallitilan ruokintapöydän valaistuksen tehostamiseksi käytetään valoa läpäiseviä kattopaneeleja

Sähköenergian säästömahdollisuudet navetan valaistuksessa:

- Hehkulamput vaihdetaan led-valoihin loisteputkiin tai natriumvalaisimiin.
- Lehmien odotus-, makuu- ja ruokinta-alueilla tulisi käyttää mahdollisimman paljon päivänvaloa.
- Tiloihin, joissa työskennellään harvoin, kannatta asentaa liikeantureilla toimivat valaistuskytkimet.
- Makuualueen valaistusta kannattaa himmentää 50 % käyttämällä ohjausautomaatiikkaa.

3.8.7 Ilmanvaihto

On oleellista, että navetassa on tehokas ilmanvaihtojärjestelmä, joka takaa eläimille sopivan lämpötilan, ilman kosteuden ja happirikkaan ilman. Tämä edesauttaa myös eläinten hyvinvointia. Maidontuotanto laskee oleellisesti alle -25 °C ja yli 30 °C lämpötiloissa. Lehmät stressaantuvat alemmissa tai korkeamissa lämpötiloissa. Lehmät kestävät kuitenkin paremmin alhaisempia kuin korkeita lämpötiloja, jonka takia kesäisin on oleellista taata

3 MAATILAN ENERGIANSÄÄSTÖ

hyvä ilmanvaihto. Lämpötilan alentamiseksi sopivia keinoja ovat:

- Suoja suoralta auringonpaisteelta.
- Luonnollisen ilmanvaihdon hyödyntäminen.
- Koneellisen ilmanvaihdon käyttö.

Luonnollinen ilmanvaihto aikaansaadaan navetan rakenteiden avulla. Navettarakennukset voivat olla hyvinkin erilaisia: matalia verhoseinärakenteita tai korkeita rakennuksia, joissa on tuuletusluukut katolla. Matalan tilan etuna on se, että talvisin sen lämmittämiseen kuluu vähemmän energiaa, mutta kesäisin tarvitaan enemmän tuulettamista. Kummassakin tapauksessa ilmanvaihto on mahdollista seinissä olevien aukkojen kautta. Aukkojen eteen voidaan asentaa säädettävät verhot tai luukut.

Koneellisen ilmanvaihdon aikaansaamiseksi käytetään erilaisia puhaltimia:

- Seinä- ja kattopuhaltimet, jotka voivat olla avoimia tai suojattuja.
- Radiaattoreilla varustetut puhaltimet.

Lypsyaseman odotuskarsinassa ja karjarakennuksessa voidaan kuumana kesäkautena tehostaa ilman liikettä käyttämällä hitaasti pyöriviä, läpimitaltaan suuria kattopuhaltimia (Kuva 3.30).



Kuva 3.30: Lypsyaseman odotustilan kattotuuletin

Koneellisen ilmanvaihdon yhteydessä pystytään säästämään sähköä käyttämällä:

- Porrastettua puhaltimen pyörimisnopeuden säätöä.
- Portaaton pyörimisnopeuden ohjausta taajuusmuuntimien avulla. Puhaltimia voidaan ohjata ilman hiilidioksidipitoisuuden avulla.

Luonnollinen ilmanvaihto toimii tehokkaasti katoille sijoitettavien säädettävien tuuletusluukkujen kautta. Avonaisten seinien ja katon välille syntyy ilmapaine-ero, joka aikaansaa ilmanvaihdon. Tällainen ratkaisu takaa usein sen, että kuumien kesäpäivien ilmanvaihto on riittävä ilman koneellista tuuletusta.

Luonnollisen ilmanvaihdon yhteydessä on mahdollista säästää lämpöenergiaa:

- Lämpöeristettyjen verhoseinien avulla (Kuva 3.31).
- Asentamalla katolla sijaitseviin tuuletusaukkoihin (ilmanvaihtokanaviin) lämmönvaihtimet. Niiden talteenottamaa lämpöä on mahdollista käyttää, joko ilman tai veden lämmitykseen.



Kuva 3.31: Mallitilan verhoseinissä on ilmalla täytettävät verhot

3.8.8 Veden saanti ja lämmitys

Luotettavan ja tehokkaan veden saannin takaaminen on karjanhoidossa elintärkeää. Tutkimuksissa on todettu, että noin 5 % sähkön kulutuksesta liittyy veden pumppaukseen ja 7 % veden lämmittämiseen. Lypsyn aikana tarvitaan vähintään 17 litraa lämmintä vettä vuorokaudessa jokaista lehmää kohti³³. Veden lämmitykseen voidaan käyttää kahdenlaisia järjestelmiä:

- Keskuslämmityksen kautta saatava lämmin käyttövesi.
- Kohdelämmitystä (sähköllä toimiva).

Lypsyroboteissa käytetään yleensä paikallisia sisään rakennettuja veden kohdelämmittämiä. Lypsyasemilla käytetään usein keskuslämmityksen avulla tuotettua lämmintä käyttövettä. Energian säästämisen tärkein keino on laitteiston ja putkiston lämpöeristys. Tuotantotiloissa putket eristetään 30 mm paksuisella lasivillakerroksella, joka peitetään metallikalvolla. Kylmissä tiloissa ja lypsyaseman odotuskarsinassa tulisi lämpöeristeen paksuuden olla 50 mm.

Energian säästö veden lämmityksessä

- Veden lämmityksessä on mahdollista siirtyä uusiutuvaan energiaan lämmittämällä vesi esimerkiksi puulla, turpeella tai oljella toimivan lämpökeskuksen avulla.
- Maidonjäähdytyksen hukkalämmön hyödyntäminen.
- Ilmanvaihtolaitteistosta taiteenotetun lämmön käyttö.
- Veden lämmitys maalämpöpumpuilla, jotka korvaavat osittain kulutettavan sähkön.

4 MAATILAN UUSIUTUVA JA PAIKALLINEN ENERGIA

4.1 Uusiutuvan energian käyttö

Winfried Schäfer

Biopolttoaineilla tarkoitetaan polttoaineita, joiden raaka-aineena on kasvi- tai eläinperäinen biomassa. Koska myös fossiiliset polttoaineet ovat pohjimmiltaan eloperäisiä, voidaan biopolttoaineiden toiseksi kriteeriksi nimetä uusiutuvuus, valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden on uusiuduttava samaa vauhtia kuin niitä käytetään. Usein biopolttoaineiden mielletään myös kuormittavan ympäristöä tavanomaisia fossiilisia polttoaineita vähemmän. Tämä ei välttämättä kaikkien biopolttoaineiden osalta pidä paikkaansa. Niiden ympäristövaikutuksissa on myös raaka-aineesta ja sen tuotantotavasta riippuen merkittäviä eroja. Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Direktiivi 2009/28/EY uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämiseksi asettaa selvät tavoitteet jäsenmaille (Taulukko 4.1).

Uusiutuvan energian pinta-alan tarve on selvästi muita energioita suurempi. Taulukossa 4.2¹ on esimerkki siitä kuinka paljon tarvitaan pinta-alaa yhden TWh energiamäärän tuottamiseen.

Maa- ja metsätalouden tuotteen hinnan kohoaminen on pakottanut komission harkitsemaan direktiivin 2009/28/EY muuttamista. EU:ssa on huomattu, etteivät biopolttoaineet olekaan niin ympäristöystävällisiä kuin alun perin uskottiin, ja että ne myös vievät osansa ruuan- tuotannosta. Silti maataloustuotteiden kuten lannan, lietteen ja muiden eläimistä peräisin olevien jätteiden ja orgaanisten jätteiden käytöllä biokaasun tuotannossa on merkittäviä ympäristöhyötyjä kasvihuonekaasupäästöjen huomattavien vähentämismahdollisuuksien kannalta, kun tarkastellaan lämmön ja sähkön tuotantoa ja sen käyttöä biopolttoaineena.

¹Pimentel, D. (2008) Renewable and solar energy technologies. In: Pimentel D. (ed): Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems: Benefits and Risks, Springer, Science+Business Media B.V., pp. 1-17.

Taulukko 4.1: EY- direktiivin 2009/28/EY tavoitteet

Maa	Uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus energian kokonaisloppukulutuksesta 2005	Tavoite uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuudelle energian kokonaisloppukulutuksesta 2020
Viro	18,0 %	25 %
Latvia	32,6 %	40 %
Liettua	15,0 %	23 %
Suomi	28,5 %	38 %
Ruotsi	39,8 %	49 %

Taulukko 4.2: 1 TWh/vuosi sähköenergian tuottamiseen tarvittava pinta-ala

Teknologia	Pinta-alan tarve Ha	Energia-tuotto per hehtaaria ja vuosi MWh/(ha vuosi)	Energi- panos: Tuotto	Kustannukset € / MWh	Poisto- aika vuotta
Biomassa	200 000	5	1:7	41	30
Vesivoima	75 000	13	1:24	14	30
Tuulivoima	9 500	105	1:4	50	30
Aurinkopaneeli	2 800	357	1:7	179	30
Maalämpö	30	33 333	1:48	46	20

Biokaasulaitokset voivat hajautetun luonteensa ja alueellisen investointirakenteensa ansiosta merkittävästi edistää kestävästä kehitystä maaseutualueilla ja tarjota maanviljelijöille uusia tulonsaantimahdollisuuksia" (EY- direktiivin 2009/28/EY).

Energiakasveja pidetään tärkeänä uusiutuvana energialähteenä. Elävä kasvi tuottaa hiilivetyjen lisäksi monimutkaisia kemiallisia yhdisteitä, joita käytetään ravinnoksi, rehuksi ja teollisuustuotteiden raaka-aineeksi. Monia kasveja voidaan käyttää ensiksi teollisuuden raaka-aineena ja elinkaarensa lopussa niiden energiasisältö voidaan käyttää hyväksi. Jos esimerkiksi ruokohelvestä tehdään ensiksi paperia ja kierrätetystä paperista selluvillaa, jolla eristetään rakennuksia, säästetään jopa sata kertaa enemmän lämpöenergiaa kun ruokohelven suora poltto tuottaa.

Maatiloilla uusiutuvien energioiden käyttö on luonnollista, koska tuotannossa syntyy sivutuotteita, jotka soveltuvat energiakäyttöön. Viljantuotannon olkia hyödynnetään nykyisin vähän. Lannasta voidaan hyödyntää biokaasun avulla siinä oleva energia ilman, että sen ravinteet katoaisivat. Monella maatilalla on myös metsää, jolloin hakkuutähteet ja harvennuspuut voidaan hyödyntää lämmityksessä. Maatilat voisivat myös olla energian tuottajia ja myydä energiaa tai uusiutuvia polttoaineita.

Uusiutuva energia:

- EU on asettanut uusiutuvan energian käyttötavoitteet jäsenmailleen. Näiden on lisättävä uusiutuvan energian käyttöä.
- Biomassa vaatii muita uusiutuvia energioita enemmän pinta-alaa ja peltobiomassa kilpailee ruuan tuotannon kanssa. Peltobiomassan käyttö polttoaineeksi voi olla ongelmallista, koska se kohottaa ruuan hintaa ja siirtää tuotantoa pois ruuan tuotannosta. Maapallon väestön jatkuva lisääntyminen vaatisi myös ruuan tuotannon lisäämistä.

4.2 Kiinteät polttoaineet

Jüri Frorip ja Jukka Ahokas

4.2.1 Hake

Hake on tyypillinen maatalojen polttoaine. Useilla maataloilla on myös metsää, jolloin harvennushakkuut voidaan hakettaa polttoa varten. Hakkeen etuna klapeihin verrattuna on lämmityksen automatisointimahdollisuus. Hakkeen palakoko on riittävän pieni, jolloin sitä voidaan syöttää kattilaan esim. ruuvikuljettimilla. Lisäksi pieni palakoko tekee polttoaineesta homogeenisen, jolloin sen polttaminen on hallitumpaa ja palamisen hyötysuhde on korkea.

Hakelämmityksessä tarvitaan investointeja. Kattilan ja syöttölaitteiden lisäksi tarvitaan polttoainevarasto ja haketus. Haketukseen kuluva työaika on lyhyt, jolloin voidaan käyttää hyvin urakoitsijaa tai yhteiskoneita. Jos tilalla tarvitaan myös tuotantorakennusten lämmitystä, silloin kannattaa suunnitella niiden ja viljankuivauksen lämmityksen yhdistämistä. Usein viljankuivauksessa tarvittava teho on muuta lämmitystä suurempi, mutta yhteinen polttoainevarasto esimerkiksi alentaa investointikustannuksia. Kotimaisen polttoaineen käytöstä lämmitykseen ja viljankuivaukseen on julkaistu useita oppaita² ja esimerkiksi internetistä on siitä löydettävissä runsaasti tietoa³.

Hake on korjattava ajoissa ennen lämmityskautta ja sen on annettava kuivua rankoina tai märkänä tehty hake on kuivattava hakekuivurissa. Kaatotuoreen puun kosteus on usein yli 50 %. Näin märkä hake palaa vain suurkattiloissa. Pienkattiloissa (alle 100 kW) hakkeen kosteuden pitäisi olla alle 30 %. Polttoaineen lämpöarvo riippuu sen kosteudesta (*katso kappale 1.1.2, kuva 1.1. kappale 2.3.2, kuva 2.7*). Polttoaineessa oleva vesi sitoo osan polttoaineen energiasta veden höyrystymiseen. Tämä alentaa palamislämpötilaa, mikä heikentää palamista.

Kosteaan hakkeeseen liittyy myös homehtumisriski. Jos kosteaa polttoainetta säilytetään lämpimässä, se homehtuu. Home voi aiheuttaa käyttäjille homepölykeuhkon.

Hake on Viron keskisuurissa lämpövoimaloissa eniten lämmön tuottamiseen käytetty uusiutuva polttoaine. Haketta valmistetaan sekä puun rungoista että hakkuutähteistä. Metsä ei ole ainut polttopuun hankintapaikka. Kauppakelvotonta puuta on mahdollista kerätä peltojen ja teiden varsilta, jokien rannoista sekä sähkö- ja puhelinlinjojen yhteyteen kuuluvilta alueilta.

Haketta käytetään kahdella eri tavalla, poltto kuivana tai kosteana. Kuivapolttokattilat ovat rakenteeltaan yksinkertaisia. Kostean hakkeen polttamiseen käytetään joko liikkuvilla arinoilla olevia kattiloita tai leijupetikattiloita. Jälkimmäisiä käytetään suuritehoisissa lämpökeskuksissa. Kuivapolttokattilat ovat tarkoitettu käyttämään polttoainetta, jonka kosteus on enintään 30–35 %. Kostean hakkeen polttamiseen tarkoitetuissa kattiloissa käytetään haketta jonka kosteus on jopa lähes 55 %.

4.2.2 Olki

Olki on viljanviljelyksen sivutuote, jota myös pystytään käyttämään lämmitykseen. Viljanpuinnin jälkeen olki korjataan pellolta ja paalataan. Olki on korjattava kuivana, jotta

²Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella – opas. http://www.bioenergiatieto.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_-FILE=4550&name=file

³www.bioenergiatieto.fi, <http://www.motiva.fi/julkaisut/lammitysjarjestelmat>

se palaisi kunnolla ja se täytyy kuljettaa pellolta mahdollisimman nopeasti suojaavaan varastoon. Oljen käytön ongelmana on pohjoisissa olosuhteissa sen korjuukosteus. Puunnin jälkeen oljen kosteus on 30 – 60 %, kun pienkattiloissa olki palaa kunnolla vasta alle 20 % kosteudessa. Hyvinä syksyinä saadaan kuivaa olkea, mutta märkinä syksyinä olki jää usein liian kosteaksi. Kosteaa olki myös homehtuu helposti aiheuttaen homepölykehukovaaran. Oljen korjuu osuu myös kiireisimpään sadonkorjuu-aikaan. Helpoiten poltto-olkea saadaan syysviljoista. Ne puidaan aikaisemmin, jolloin olki ehtii kuivumaan.

Oljen tilavuuspaino on paalattuna 100 – 150 kg/m³. Esimerkiksi hakkeen tiheys on tähän verrattuna vähintään kaksinkertainen. Talven polttoainevaraston tilavuuden täytyy oljella olla siten vähintään kaksinkertainen hakkeeseen verrattuna. Olki sisältää 5 – 7 % tuhkaa, kun puussa sitä on alle prosentti. Lisäksi oljen tuhka sulaa viljalajista riippuen 700 – 1200 °C lämpötilassa. Sulanut ja runsas tuhkamäärä muodostaa kovan kuonan, joka tukahduttaa liekin. Tätä varten tarvitaan esimerkiksi liikkuvat arinat, jotka rikkovat sulaneen tuhkan. Oljen tuhka sisältää klooria, joka syövyttää kattilan lämmönvaihdinpintoja. Korroosion estämiseksi niissä tarvitaan erikoismateriaalia. Oljen voidaan antaa vettyä pellolla, jolloin klooria huuhtoutuu oljista ja korroosiovaara on pienempi. Oljen tuhkaominaisuudet riippuvat viljasta. Ohran oljen tuhka sulaa alemmassa lämpötilassa kuin vehnän. Rypsin oljen tuhkan sulamislämpötila on muita korkeampi.

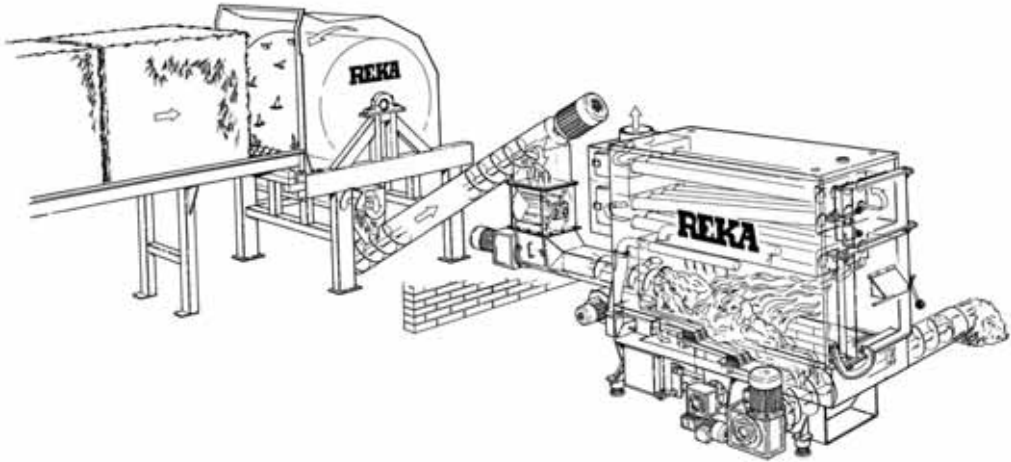
Oljen polttamiseksi käytetään erikoisrakenteisia kattiloita, joissa on huomioitu polttoaineen erikoisominaisuudet. Yksinkertaisimmissa olkikattiloissa tulisijaan mahtuu kokonainen paali kerrallaan. Sen syöttäminen tapahtuu esimerkiksi etukuormaajalla. Olkipaali sytytetään palamaan alhaalta ja palamisilma suunnataan tulisijan yläosaan. Tällaisen järjestelmän puutteena on polton jaksottaisuus. Ennen edellisen paalin loppuun palamista ei pystytä tulisijaan syöttämään uutta paalia. Tämä vaikeuttaa kattilan käyttöä sekä huonontaa sen hyötysuhdetta. Lämmitysjärjestelmässä tarvitaan tällöin vesivaraaja. Olki voidaan polttaa tehokkaasti silppuamalla se ennen polttoa (Kuva 4.1⁴). Tämä mahdollistaa myös prosessien automaattiohjauksen sekä syötön että polton osalta. Tuhkanpoisto on myös automatisoitavissa, joko kuivana tai märkänä vesialtaan kautta. Tuhkaa pystytään käyttämään mm. lannoitteena.

Useilla kotieläin- tai viljatililla pystytään lämmittämään rakennuksia ja vettä omilla oljilla. Esimerkiksi virolaisen mallitilan 520 lypsylehmän ja 450 nuorkarjan tila käytti vuodessa omilta pelloilta saatua olkea 440 000 kg rehuksi ja 238 000 kg kuivikkeeksi. Tilalla tehdyissä sähkönkulutusmittauksissa ilmeni, että noin 16 % sähköstä eli 83 200 kWh käytettiin veden ja rakennusten lämmitykseen. Kun otetaan huomioon olkien lämpöarvo ja olkipoltolla toimivan lämpökeskuksen hyötysuhteeksi arvioidaan 80 %, tarvittaisiin vuodessa lämmittämiseen vain 49 000 kg olkea.

4.2.3 Turve

Turve on hitaasti uusiutuvaa energiaa ja se luokitellaan fossiiliseksi polttoaineeksi. Viron lämpökeskuksissa turve on hakkeen jälkeen toiseksi eniten käytetty biopolttoaine. Turve on energiaresurssi, joka on syntynyt kasveista pitkäaikaisen ja osittaisen lahoamisprosessin tuloksena anaerobisessa ja runsasvetisessä ympäristössä. Turve koostuu pääasiallisesti osittain lahonneista kasvintähteistä sekä humuksesta. Turpeen oleellimmat laatuksiteerit ovat lahoamisaste, kosteus, tuhkan eli kivennäisaineiden sisältö, tiheys sekä lämpöarvo. Turvetta käytetään polttoon joko pala- tai jyrshinturpeena.

⁴REKA A/S. Burning systems. Denmark. <http://www.reka.com/Engelsk%20hj.%20side/Products/Chaff-cutter%20CC%20850-1.htm>



Kuva 4.1: Kuva 1. Tanskalaisen yrityksen REKA olkipoltolla toimivan kattilan toimintaperiaate (piirros: REKA)

Turve vaatii polttoon hieman toisenlaiset polttolaitteet kuin hake. Turpeen ongelmana on oljen tavoin sen tuhka. Tuhkapitoisuus riippuu maatumisasteesta ja suotyypistä ja se on 2 – 10 %. Turpeen tuhka ei sula yhtä alhaisessa lämpötilassa kuin oljen tuhka, mutta sen sulamispiste voi olla alhaisempi kuin puun tuhkalla. Jos turpeen tuhka sulaa, silloin se haittaa palamista. Turpeen polttoon soveltuvassa kattilassa on otettava huomioon mahdollinen tuhkan sulaminen

Jyrsin- tai palaturpeen polttamiseen käyvät sekä liikkuvilla arinoilla varustetut että leijupetikattilat. Turpeen poltossa käytetään usein palaamiskaasujen takaisinkierrätystä palamisilmaan. Tämä alentaa palamislämpötilaa ja tuhkan sulamisvaara vähenee. Turpeen syöttölaitteet ja tuhkan poistolaitteet ovat samanlaiset kuin hakkeen polttamiseen käytävissä kattiloissa. Turvekattilassa voidaan hyvin käyttää myös haketta polttoaineena.

Kiinteät lämmityspolttoaineet:

- Monilla maatiloilla on myös metsää, jolloin metsänharvennuksen jätteenä syntyvä puu voidaan hakettaa ja käyttää polttoaineena
- Olki on polttoaineena hankalampi kuin hake ja se vaatii erikoispolttolaitteet. Lisäksi riittävän kuivan oljen saanti ei ole aina varmaa.
- Turve on hitaasti uusiutuva polttoaine. Turpeelle suunnitelluissa polttolaitteissa voidaan käyttää myös haketta, mutta ei välttämättä päinvastoin.
- Kiinteät ja kotoperäiset polttoaineet vaativat enemmän työtä kuin öljy tai sähkö. Investointikustannukset voivat myös olla korkeat, mutta polttoainekustannukset ovat alhaiset.

4.3 Biokaasu

Winfried Schäfer

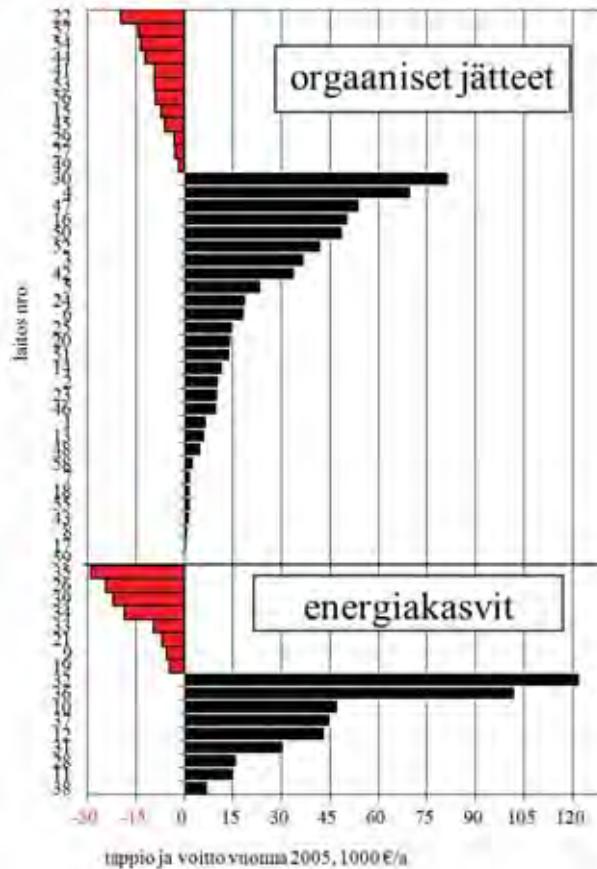
Menestyksellinen biokaasutuotanto maatilalla edellyttää hyvää suunnittelua ja osaamista. Vuosina 1996 – 1997, 2001 – 2004 ja 2005 – 2008 saksalaisista maatilabiokaasulaitoksista kerättiin teknillisiä ja taloudellisia tietoja. Ensimmäisessä tiedonkeruussa oli mukana 66 eteläsaksalaisella maatilalla toimivaa biokaasulaitosta. Toisessa tiedonkeruussa oli mukana 59 laitosta koko Saksan alueelta ja kolmannessa 61 laitosta. Toisen ja kolmannen tiedonkeruun tulokset ovat julkisia ja internetistä ilmaiseksi saatavissa.

Saksassa astui 1.4.2000 voimaan ensimmäinen uusiutuvan energian laki. Sen mukaan sähkövoimateollisuus maksoi biokaasulla tuotetusta sähköstä 10,23 c/kWh. Aikaisemmin maksettiin 7,85 c/kWh. Lakia muutettiin 1.8.2004 niin, että sähköstä maksettiin jopa 21,5 c/kWh. Lainsäädännön vaikutuksesta uusien biokaasureaktoreiden koko kasvoi ja vuonna 2004 se oli keskimäärin 1593 m³. Hankintakustannukset olivat keskimäärin 602 349 € eli reaktorikuutiometri maksoi 378 €. Kustannuksia nostavana tekijänä oli lisääntyvä energiakasvien käyttö, joka vaati monimutkaisempaa syöttötekniikkaa. Investoidun pääoman tuotto laski yllättävästi 2,7 %:iin ja investointien takaisinmaksuajan keskiarvo pysyi suunnilleen samalla tasolla 11,1 vuodessa. Tiedonkeruun tulosanalyysi osoittaa, että suuri laitos ei takaa suurta kannattavuutta, päinvastoin. Vuonna 1997 biokaasureaktoreiden keskikoko oli 474 m³ ja keskiahankintahinta 132 000 €, eli 278 € reaktorikuutiometriä kohti. Investoitu pääoman tuotto oli 4,7 % ja investointi maksoi itsensä takaisin noin 11,3 vuodessa. Voitollisten laitosten omistajat olivat usein itse osallistuneet laitoksen rakentamiseen ja saivat hyvityksenä niin sanottuja porttimaksuja ruoantähteiden ja teurastamojätteiden mädätyksestä. Melkein puolet laitoksista, jotka käyttävät energiakasveja raaka-aineena toimivat tappiollisesti (Kuva 4.2).

Vaikka vuodesta 2004 lähtien energiakasvien käytön hyvitystä lisättiin 2,5 c/kWh, vielä noin 20 % energiakasveja käyttävistä biokaasulaitoksista ei ollut taloudellisesti kannattavia. Kun vuonna 2008 karjan rehujen hinnat nousivat, monet laitokset joutuivat konkurssin partaalle. Tämä nousu voi toistua milloin tahansa uudelleen. Saksalaisten kokemusten perusteella voidaan päätellä, että energiakasvien mädätys ei kannata. Reaktorin koon kanssa kasvoivat riskitkin ja omistajat jäivät usein täysin riippuvaisiksi kaasulaitosten valmistajista. Erityisesti energiakasvien mädätys (vain maatilalta peräisin olevan kasvien) osoittautui vuonna 2005 riskialttiiksi, koska 47 % laitoksista toimi tappiollisesti. Maatilalta ja muualta peräisin olevia jätteitä käsittelevistä laitoksista tappiollisten osuus on 29 %. Vastaavasti Energiakasvilaitosten pääoman tuotto on vain 1,77 %, noin puolet verrattuna muihin laitoksiin, joiden tuotto on 3,08 %.

Tulokset osoittavat myös, että virheistä kannattaa oppia. Esimerkiksi tukien vaikutus biokaasulaitosten teknologian kehitykseen ja kannattavuuteen vaatii huolellista analyysiä. Jo nyt voidaan todeta, että Keski-Euroopan biokaasubuumi vaikutti myönteisesti mädätysteknologian kehitykseen. Toisaalta uusiutuvan energian lain muutos Saksassa edisti selvästi haitallistakin kehitystä, kuten maissin viljelyä anaerobista mädätystä varten. Tämänhetkisten tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että ilman porttimaksuja biokaasulaitos ei ole kannattava.

Myöskään Suomessa biokaasutuotanto maatilatasolla ei ole kannattavaa. Vuonna 2008 julkaistun Motiva Oy:n raportin ”Biokaasulaitosten energiatase maatilojen biomassoja hyödyntävissä laitoksissa” mukaan vain yhdelle laitokselle pystyttiin tässä selvityksessä arvioimaan energiataseita. Prosessin sähkön ja lämmön kulutus suhteessa tuotetun biokaasun energiasältöön oli tällä laitoksella hieman alle 0,4. Jos energian kulutusta verrataan



Kuva 4.2: Saksalaisten maatilabiokaasulaitosten voitot ja tappiot vuonna 2005

tuotettuun nettosähköön, päädyttiin energiataaseissa yli yhden lukemaan eli prosessi kulutti enemmän energiaa kuin mitä se nettomääräisesti tuotti. Tätä johtopäätöstä ei voida yleistää, koska laitosten päätehtävä ei ole energian tuotanto vaan jätteiden käsittely ja pääosa toimintamenoista katetaan jätteiden vastaanottomaksuilla. Energian myynnistä saadut tulot eivät todennäköisesti ole laitoksen kannattavuuden kannalta oleelliset, eikä energiatuotantoa näin ollen pyritä optimoimaan. Tämä voi muuttua tulevaisuudessa, jos esimerkiksi myydystä sähköstä saadaan parempi hinta.

ENPOS projektin seurantatiloille tehtiin biokaasulaitosten energia ja ravinnetaselaskelmia. Laskelmien lähtökohtana olivat seuraavat biomassojen biokaasupotentiaalit ja ravinnepitoisuudet (Taulukko 4.3).

Suomessa on tutkittu myös ruokohelven biokaasupotentiaalia⁵. Teoreettisesti ruokohelvestä saadaan sähköä likimain neljännes ruokohelven lämpöarvon energiasta (Kuva 4.3). Käytännössä saanto on vielä heikompi.

⁵Lehtomäki A., Biogas Production from Energy Crops and Crop Residues. University of Jyväskylä 2006.

Taulukko 4.3: Eri biomassojen biokaasupotentiaali ja ravinnepitoisuudet. KA = kuiva-aine, TM = tuore massa (lähde: KTBL 2007)

Biomassa	KA %	Biokaasun lämpöarvo kWh/t TM	Sähkö kWh/t TM	N kg/t TM	P ₂ O ₅ kg/t TM	K ₂ O kg/t TM
Kanalanta	45	1 094	383	18,4	14,3	13,5
Hevoslanta	28	346	121			
Naudan lietelanta rehujäännöksineen	8	130	45	3,5	1,7	6,3
Naudan lietelanta	8	98	35	3,3	1,6	5,9
Sikalietelanta	6	115	40	3,6	2,5	2,4
Vilja, murskattu	87	2 911	1 106	12,5	7,2	5,7
Vilja kokonaiskasvi	35	867	311	4,4	2,8	6,9
Nurmi	18	529	185	3,3	1,4	6,1
Säiliörehu	35	929	325	4	2,2	8,9
Peruna, murskattu	22	783	274	2,5	1,3	5,8
Olki, vehnä	86	1 488	522	3,7	1,6	10,3



Kuva 4.3: Ruokohelven käyttö biokaasuprosessissa

Taulukko 4.4: Arvioitu mallitilan 1 FIN sivutuotteiden energiapotentiaali. TM=tuore massa, LHV=lämpöarvo, KA=kuiva-ainepitoisuus

Biomassa	Määrä t TM	KA %	LHV kWh/kg KA	kWh vuodessa
Olki vehnä	40	86	4,7	158 056
Olki kaura	27	86	4,7	111 667
Olki herne	67	86	4,7	274 167
Sikalietelanta	2 000	6	4,2	500 000
Yhteensä				1 043 889

Taulukko 4.5: Esimerkkitalan 1 teoreettinen biokaasu- ja sähkötuotantopotentiaali

Biomassa	Määrä t TM	Biokaasu m³	Metaani %	Metaani m³	Lämpö kWh	Sähkö kWh
Olki vehnä	40	11 710	51	5 972	59 537	20 880
Olki kaura	28	8 051	51	4 106	40 932	14 355
Olki herne	68	19 760	51	10 078	100 469	35 235
Sikalietelanta	2 000	38 400	60	23 040	229 696	80 000
Yhteensä		77 920			430 634	150 470

4.3.1 Biokaasun käyttömahdollisuuksia mallitiloilla

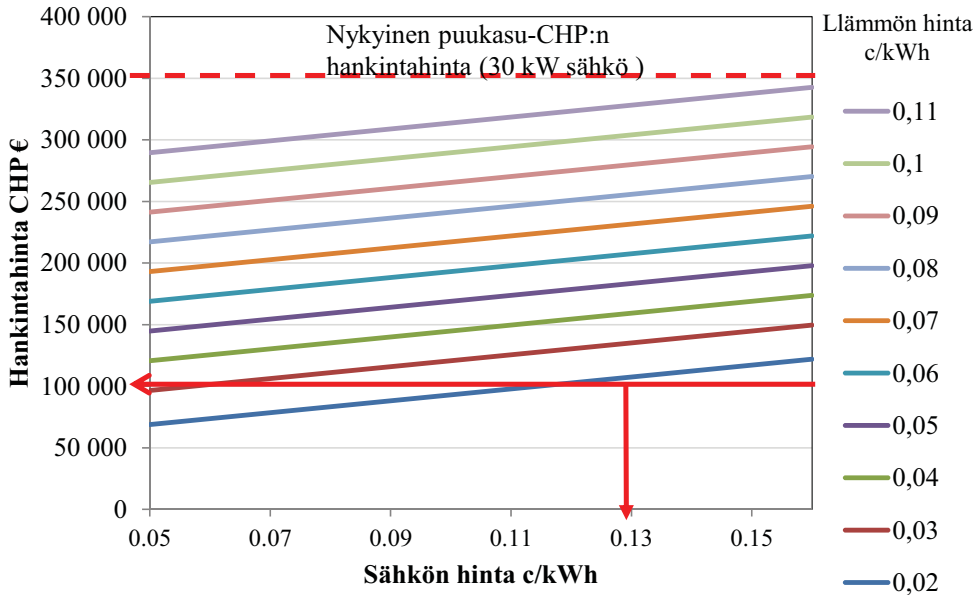
Mallitila 1 FIN

Tilan pääasiallinen tuotantosuunta on sianlihan tuotanto. Vuonna 2010 tämä tila tuotti sivutuotteena olkea ja sian lietalantaa. Taulukossa 4.4 on niiden energiapotentiaalit.

Nykyään lietalanta viedään pellolle lannoitteeksi ja olki jää pellolle. Ne voitaisiin käyttää sähkötuotantoon biokaasulaitoksen avulla (Taulukko 4.5). Pelkkä lämmöntuotanto ei ole kannattavaa, koska tila käyttää oman metsän haketta lämmöntuotantoon.

Tila kuluttaa noin 90 000 kWh sähköä. Jopa 80 000 kWh sähköstä voidaan teoreettisesti korvata lietalannasta tuotetulla biokaasusähköllä. Halvin toteutuspa olisi eristää olemassa olevat lietalantasäiliöt, asentaa kattilaan kaasupoltin ja kattaa lietesäiliöt. Lisäksi olisi hankittava 36 kW kaasumoottori ja 10 kW generaattori. Esimerkilaskelmassa oletetaan että tämä yhdistetty sähkön ja lämmön tuotantolaite (CHP) maksaa 21 000 €, lietalantasäiliöiden kalvokansi ja rikinpoistolaite 20 000 €. Käyttökustannuksia tulee CHP:n käytöstä (8500 h/vuodessa ja poisto aika 60 000 tuntia) sekä rakennusmateriaalien poistoista (20 vuotta) sekä korjaus- ja huoltokustannuksista 1,5 c/kWh. Näiden oletusarvojen perusteella sähkö maksaisi 7,1 c/kWh. Tämä hinta kuitenkin nousisi huomattavasti, jos nykyisiä säiliöitä ei voida muuttaa reaktoreiksi ja uusi reaktori olisi rakennettava. Isojen biokaasulaitosten investointikustannukset ovat noin 1000 – 3000 €/kWh.

Tämä laskelma pätee vain, kun sähkön tuotanto ja kulutus ovat yhtä suuret. Koska tämä edellytys tuskin pätee, ylimääräisestä sähköstä saatavan hinnan pitää olla sama kuin sähkön ostohinnan. Lietalannasta voitaisiin siirtyä kuivalantaan, jolloin olkia voitaisiin käyttää kuivikkeina ja biokaasutuotantoon. Vaihto edellyttäisi uutta sikalarakennusta ja nostaisi työ määrää. Etuna olisi se, että voitaisiin käyttää olkea kuivikkeena ja parantaa eläinten hyvinvointia. Samanaikaisesti biokaasutuotto lisääntyisi 87 %.



Kuva 4.4: Kuva 4. Puukaasu CHP-laitoksen kannattavuus sähkö- ja lämpöostohinnasta riippuen

Vaihtoehtona tila voisi hankkia puukaasun avulla toimiva sähkön- ja lämmöntuoton laitos (CHP), joka korvaisi vanhan hakelämpölaitoksen. Puun kaasutus perustuu pyrolyysiin, jossa puusta erotetaan kaasuntuuvia ainesosia korkeassa lämpötilassa ja vähähappisessa tilassa. Tämän seurauksena syntyvä puukaasu puhdistetaan, jonka jälkeen se on käytettävissä esimerkiksi polttomoottorissa.

Tyypillisimmät käyttökohteet ovat yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto (CHP). Puukaasu sisältää runsaasti vetyä ja hiilimonoksidia ja niiden palaminen on melko puhdasta.

100 kW CHP puukaasulaitos käyttää haketta polttoaineena ja tuottaa teoreettisesti noin 263 000 kWh sähköä ja 613 000 kWh lämpöä ja voisi kattaa tilan sähkön ja lämmön tarpeen. Talven aikana kuitenkin suurin mahdollinen energia tuotanto olisi 700 kWh sähköä ja 1 700 kWh lämpöä päivässä. Mikäli lämmitystarve ylittää nämä arvot, kannattaisi käyttää lisänä kevyen polttoöljyn kattilaa. Se olisi halvempaa kuin isompi puukaasulaite. Kuvasta 4.4 nähdään 100 kW puukaasu CHP-laitoksen kannattavuusraja sähkö ja lämpöenergiainnasta riippuen. Esimerkkilaskelmassa käytettiin seuraavia oletusarvoja: Poisto 7 vuotta, korko 5 % puolesta hankintahinnasta, korjaus ja huolto 10 % hankintahinnasta, työ kustannukset 10 % energian kustannuksista. Jos käytetään tämän hetkisiä energian hintoja (12,7 c/kWh sähkö ja, 1,852 c/kWh lämpö) suurin kannattava hankintahinta olisi 106 000 €. Tämä on puolet laitteiston nykyisestä myyntihinnasta.

Myös tämä laskelma pätee vain, jos sähkön ja lämmön tuotanto ja kulutus ovat yhtä suuret. Koska tämä tuskin toteutuu, ylimääräisen sähkön ja lämmön syöttötariffin pitää olla saman kuin sähkön ja lämmön ostohinnan.

Taulukko 4.6: Mallitilan 2 FIN sivutuotteiden energiapotentiaali. LHV=lämpöarvo, TM=tuore massa.

Biomassa	Määrä t TM	KA %	LHV kWh/kg KA	kWh vuodessa
Olki ohra	41	86	4,7	163 889
Olki kaura	29	86	4,7	117 778
Olki rypsi	3	91	4,4	11 389
Lypsykarjan lietelanta	2 360	11	4,2	1 081 667
Yhteensä				1 374 723

Taulukko 4.7: Esimerkkitalan 2 FIN teoreettinen biokaasun, lämmön ja sähkön tuotantopotentiaali

Biomassa	Määrä t TM	Biokaasu m³	Metaani %	Metaani m³	Lämpö kWh	Sähkö kWh
Olki ohra	41	12 143	51	6 193	61 740	21 653
Olki kaura	29	8 482	51	4 326	43 126	15 124
Olki rypsi	3	845	51	431	4 300	1 425
Lypsykarjan lietelanta	2 360	76 842	55	42 263	421 337	94 400
Yhteensä		98 312		53 213	530 503	132602

Mallitila 2 FIN

Tilan pääasiallinen tuotantosuunta on maidon tuotanto. Vuonna 2010 tämä tila tuotti sivutuotteena olkea ja lehmän lietelantaa. Taulukko 4.6 näyttää niiden energiapotentiaalit.

Nykyään tila käyttää lietelannan ja orgaaniset jätteet tutkimukseen biokaasureaktoriissa. Sen koko on 300 m³ ja se voi mädättää 274 t orgaanista kuivamassaa vuodessa. Biokaasu käytetään joko 50 kW kaasumoottoriin, jolla tuotetaan 20 kW sähköä tai 80 kW kaasukattilassa mikäli kaasumoottori ei toimi tai kaasuntuotanto ylittää kaasumoottorin kapasiteetin.

Jos oletetaan että kaasumoottori toimii nimellisteholla koko vuoden ja sähköntuotannon hyötysuhde on 35 %, sähkön tuotto olisi noin 175 000 kWh vuodessa ja metaanikulutus olisi noin 50 000 m³ tai 500 000 kWh vuodessa. Kaasukattilan kapasiteetti on noin 70 000 m³ metaania vuodessa, eli 700 000 kWh vuodessa. Taulukko 4.7 näyttää, että biokaasulaitos sopii hyvin tilan sivutuotteiden hyväksikäyttöön biokaasuna kun vertaillaan biokaasulaitoksen tuotantopotentiaalia käytettävän biomassan energiapotentiaaliin.

Tilan uusi navetta kulutti vuonna 2011 286 875 kWh sähköä ja 282 606 kWh lämpöä. Sähkölaitoksen internetsivuilta nähdään tilan sähkönkulutus tunnin tarkkuudella. Näin saadaan selville kulutushuiput ja peruskulutus ja pystytään arvioimaan kuinka hyvin biokaasusähkön tuotanto sopii yhteen sähkön kulutuksen kanssa. Kuva 4.5 näyttää tammi-kuun, huhtikuun ja heinäkuun sähkölaitoksen kulutuksen vuonna 2011. Biokaasulaitoksen CHP kattaa hyvin uuden navetan peruskuorman, mikä on talvella noin 20 kW ja kesän aikana noin 10 kW. Talven huippukulutukset (jopa yli 50 kW) täytyy kuitenkin ostaa, biokaasulaitos ei pysty tuottamaan näin suurta sähkötehoa. Lämmön kulutuksen päivittäinen jakauma

Taulukko 4.8: Mallitilan 3 FIN sivutuotteiden arvioitu energiapotentiaali. TM=tuore massa, LHV=lämpöarvo, KA=kuiva-ainepitoisuus

Biomassa	Määrä	KA	LHV	kWh
	t TM	%	kWh/kg KA	vuodessa
Olki vehnä	49	86	4,7	193 611
Olki ohra	107	86	4,7	434 722
Olki rypsi	36	91	4,4	148 611
Lanta	524	28,2	4,2	622 500
Yhteensä				1 399 444

Taulukko 4.9: Mallitilan 3 FIN biokaasutuotannon energiapotentiaali

Biomassa	Määrä	Biokaasu	Metaani	Metaani	Lämpö	Sähkö
	t TM	m ³	%	m ³	kWh	kWh
Olki vehnä	49	14 352	51	7 320	72 973	25 592
Olki ohra	107	31 307	51	15 966	159 177	55 824
Olki rypsi	36	11 046	51	5 633	56 162	18 614
Lanta	524	53 192	55	29 256	291 662	90 121
Yhteensä		109 897		58 175	579 975	190 151

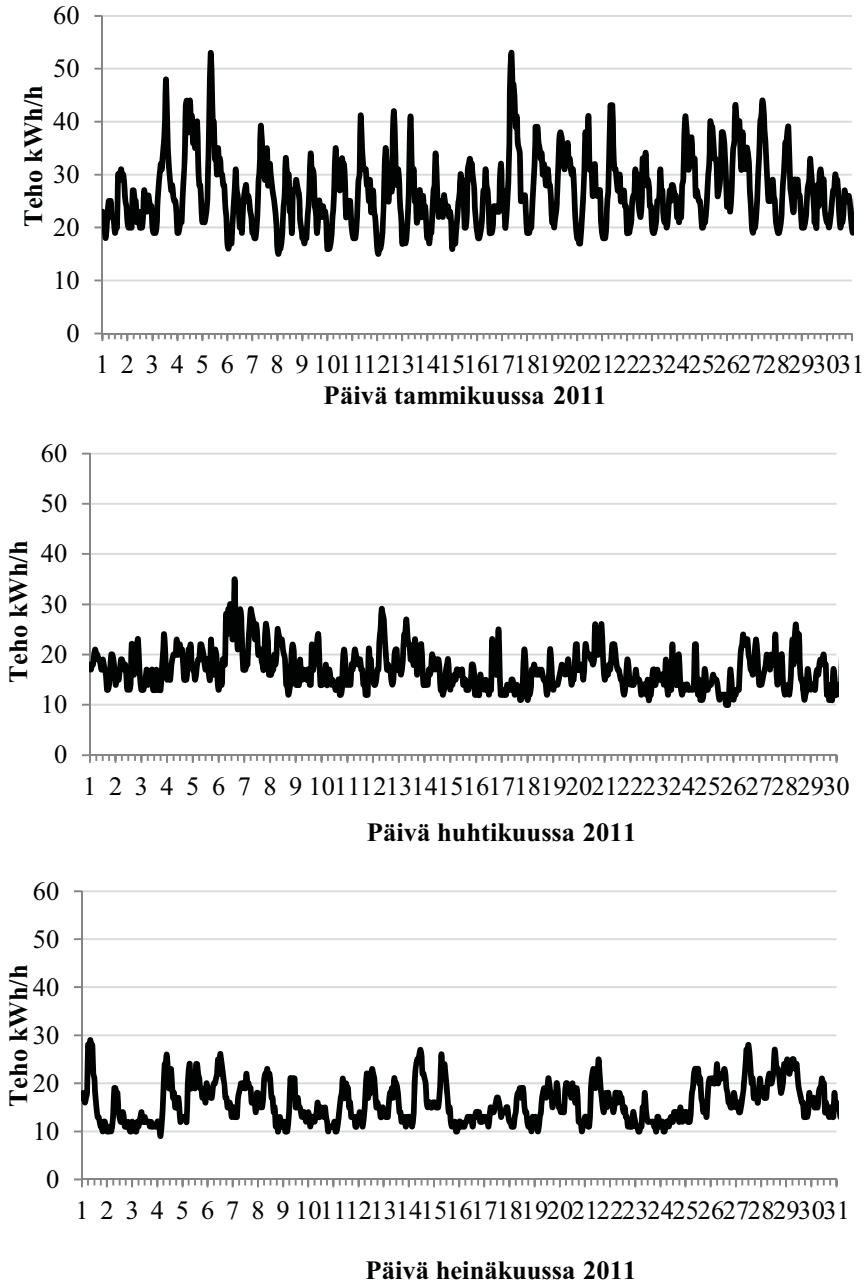
ei ole tiedossa, mutta kesän aikana syntyy ylitarjontaa. Silloin kaikkea syntynyttä lämpöä ei pystytä käyttämään hyväksi. Yhteenvetona voidaan todeta, että tämä biokaasulaitos sopii hyvin tilan sivutuotteiden hyväksikäyttöön. Navetan hetkellinen sähkön kulutus on huomattavasti suurempi kuin biokaasusähkön teho. Kuitenkin voidaan säästää yli 40 % ostosähkössä.

Mallitila 3 FIN

Esimerkkitalo käyttää kaukolämpöä ja maakaasua lämmitykseen ja teoreettisesti olisi mahdollista syöttää puhdistettu biometaanin maakaasuverkostoon. Vuonna 2010 tilalla syntyi sivutuotteina olkea ja lypsykarjan kuivalantaa (Taulukko 4.8).

Taulukko 4.9 näyttää, paljonko energia voitaisiin teoreettisesti tuottaa, kun sivutuotteet mädätetään biokaasulaitoksessa.

Pelkkä biokaasulämpö olisi noin 580 000 kWh tai 41 % biomassan lämpöarvosta. Mikäli biokaasulaitos kuluttaa 20 % lämmöstä, jää maakaasuverkolle noin 464 000 kWh. CHP:n teoreettinen nettolämpöenergia olisi noin 274 000 kWh. Tila kulutti vuonna 2010 166 000 kWh sähköä, jolloin ostosähkömäärä voitaisiin korvata biokaasulaitoksella. Tila on liitetty kaupungin kaukolämpöverkkoon ja maakaasua käytetään viljankuivurissa. Tästä syystä biokaasu voisi korvata vain kuivurin kuluttaman maakaasun, vuonna 2010 noin 14 000 kWh. Mikäli metaani voidaan käyttää traktoreiden polttoaineena, voitaisiin lisäksi säästää 149 000 kWh fossiilista energiaa.



Kuva 4.5: Mallitilan 2 FIN sähkökulutuksen seuranta tammikuussa, huhtikuussa ja heinäkuussa vuonna 2011. Lukeman tarkkuus on 1 tunti.

Biokaasu:

- Maatilat voisivat hyödyntää jätteissä olevaa energiaa tuottamalla biokaasua.
- Biokaasu mahdollistaa myös tehokkaamman ravinnekierron, jolloin ostetut lannoitemäärät pienenevät.
- Biokaasulaitteiston kustannukset ovat korkeat ja viljelijälle kannattava tuotanto tarvitsee taloudellisia tukitoimia.
- Elintarvikejätteiden hyödyntäminen ja niiden porttimaksut parantavat tuotannon kannattavuutta.
- Viljelyn biomassan käyttäminen biokaasun tuotantoon ei ole osoittautunut taloudellisesti kannattavaksi.

4.4 Tuulienergia

Winfried Schäfer

Tuulienergian tuotannossa ilman virtauksen liike-energia muunnetaan tuuliturbiineilla sähkö- ja lämpöenergiaksi. Maatilojen tuulivoimalat ovat teholtaan muutamasta kymmenestä kilowatista satoihin kilowatteihin. Tuulivoimala pitäisi sijoittaa mahdollisimman tuuliseen paikkaan, kuten rannikolle, merialueelle, aukealle pellolle tai suurten mäkien rinneelle tai laelle. Tuulivoimaa harkittaessa kannattaa tutustua tuulisuuden mallinnukseen, Suomen tuuliatlakseen (www.tuuliatlas.fi) (Kuva 4.6⁶).

Tuulivoimalan napakorkeuden tulisi olla mahdollisimman korkea ja selvästi rakennusten ja puiden latvojen yläpuolella, sillä tuulisuus kasvaa ylöspäin mentäessä. Napakorkeudeksi suositellaan vähintään 80 metriä. Tuulivoimalan sähkön tuotanto alkaa vähintään kolme metriä sekunnissa tuulennopeudella ja nimellisteho saadaan noin 13 – 14 m/s tuulennopeudella. Tuulivoimalasta riippuen suurin tuulennopeus on 20 – 25 m/s.

Suomessa on yhtä hyvät tuuliolosuhteet kuin Ruotsissa ja paremmat kuin Saksan sisämaassa. Vuoden 2011 lopussa Suomessa oli 130 tuulivoimalaa, joiden yhteenlaskettu nimellisteho oli 197 MW. Vuoden 2012 alussa Suomessa oli suunnitteilla tuulivoimahankkeita noin 7 800MW edestä⁷.

Suomen tavoitteena on saada tuulivoimakapasiteetti vuoteen 2020 mennessä 2 500 MW. Tuulivoiman vauhdittamiseksi maksetaan kolmelta ensimmäiseltä vuodelta 105,3 €/MWh. Kaikki uudet yli 1 megawatin voimalat saavat valmistuttuaan 12 vuoden ajan tuotetusta sähköstä takuuhintana vähintään 83,5 €/MWh⁸.

Kattavat tiedot tuulivoimasta ja tuulivoimayrityksistä löytyy Suomen tuulivoimayhdistyksen web-sivuilta: <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/jasenet>. Kuva 4.7 esittää arvion tuulienergian taloudellisuudesta keskimääräisestä tuulinopeudesta ja sähkön myyntihinnasta riippuen. Tämä on laskettu olettaen, että tuulivoimalan nimellisteho on 2 000 kW, sähkön myynnin takuuhinta on 3 vuotta 10,53 c/kWh ja 9 vuotta 8,35 c/kWh ja oman kulutuksen säästöt ovat 200 000 kWh vuodessa. Tuulivoima on siis maataloudelle sopivaa ja kannattavaa uusiutuvan energian lähde, mikäli tila sijaitsee tuulisella alueella.

Esimerkkejä tuulivoimalasta maataloudessa:

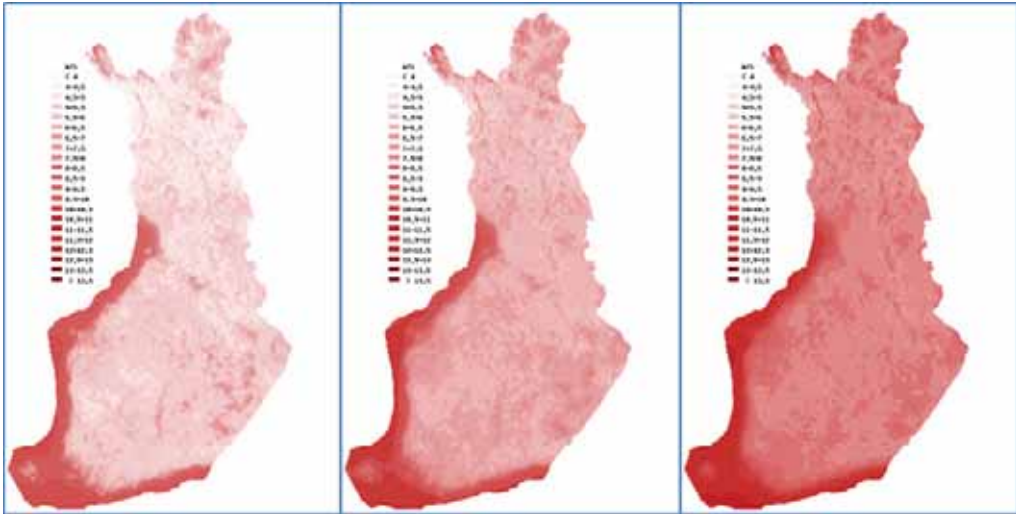
- Lännen Lintu OY on 13 viljelijän yhteisyritys, jolla on kaksi 80 m korkeaa 1,8 MW tuulivoimalaa Huittisissa. Tuulimyllyt aloittivat toimintansa maaliskuussa 2012.
- Jussi Oittisen broileritilalle Sastamalaan hankittiin tuulivoimala käytettynä ja sähkön tuotanto aloitettiin vuonna 2005. Vuodessa sähköä tuotetaan 250 000 kWh. Tämä käytetään sekä omaan tarpeeseen että ylimääräinen sähkö syötetään valtakunnan verkkoon. Tilalla on 140 000 broilerin eläinrakennus. Vuodessa lämpöä kuluu 1 500 000 kWh ja sähköä 250 000 kWh, työkoneet käyttävät polttoainetta 10 000–12 000 litraa. Tilalla ei tehty tuulivoimalan suunnitteluvaiheessa tuulimittauksia, koska ne koettiin liian kalliiksi suhteessa 130 000 euron investointiin⁹.

⁶<http://www.tuuliatlas.fi/nopeus/index.html>

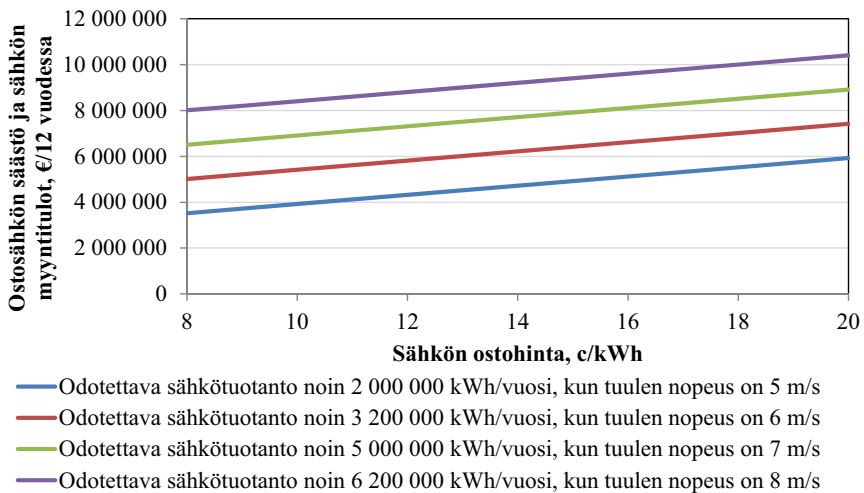
⁷<http://www.uusimaaseutu.fi/ep/tiedostot/Tuulivoimaretki.pdf>

⁸<http://www.vitalonpower.fi/tuulivoiman-etuja.html>

⁹http://www.uusimaaseutu.fi/ep/tiedostot/Energiaa_viisaasti_maatilalla.pdf



Kuva 4.6: Tuulen aritmeettinen keskinopeus (m/s) Suomessa tammikuussa kolmelta eri korkeudelta: 50 m, 100 m ja 200 m maanpinnasta.. Tuulen aritmeettinen keskinopeus (m/s) on laskettu kullekin kuukaudelle ja vuodelle ennusteista. Tuuliarvot on esitetty 2,5 x 2,5 neliökilometrin tarkkuudella. Tuulen nopeus on kuvattu eri värisävyillä 0,5 m/s resoluutiolla.



Kuva 4.7: Tulot ostosähkön säästöstä ja sähkön myynnistä keskimääräisen tuulennopeuden ja sähkön ostohinnasta riippuen. Tuulivoimalan nimellisteho on 2 000 kW, sähkön myynnin takuuhinta on 3 vuotta 10,53 c/kWh ja 9 vuotta 8,35 c/kWh ja oman kulutuksen säästöt ovat 200 000 kWh vuodessa

Tuulivoima:

- Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa, joka ei vähennä ruuan tuotantoa.
- Maatilan tuulivoima voi olla tukien ansiosta kannattavaa.
- Tuulienergian suunnitteluohjeet:
 - Selvitä tuuliatlaksen avulla, onko asennuspaikka sopivaa.
 - Tee tuulen nopeuden ja niiden ajallisen vaihtelevuuden mittaukset vähintään yhden vuoden ajan tuulimyllyn napakorkeudella.
 - Laskee mittausten perusteella odotettavissa oleva sähköntuotanto asiantuntijan avulla.
 - Tarkistaa, onko investointi taloudellinen o Mikäli takaisinmaksuaika tyydyttää, jatka, muuten etsii muu uusiutuva energiatekniikka.
 - Selvitä ympäristötekijät ja lupa-asiat naapureiden ja viranomaisten kanssa.
 - Tarkistaa, onko investointi taloudellinen. Mikäli takaisinmaksuaika tyydyttää, jatka, muuten etsii muu uusiutuva energiatekniikka.
 - Tee hankinta- ja huoltosopimus ja hoida vakuutukset.

4.5 Aurinkoenergia

Winfried Schäfer

4.5.1 Aurinkoenergian käyttö

Kaikki polttoaineet, myös fossiiliset ovat aurinkoenergiasta peräisin. Biomassatuotannossa käytetään fotosynteesiprosessia hyväksi muuntamaan aurinkoenergiaa hiilivedyiksi. Fotosynteesin hyötysuhde on kuitenkin alhainen, Suomessa alle 1 %. Esimerkiksi Eteläsuomessa auringon säteilyenergia on 1 000 kWh/m² vuodessa, josta saadaan satona noin 1 - 10 kWh/m² biomassaan sidottua lämpöenergiaa. Aurinkoenergian muuntaminen lämmöksi tai sähköksi suoraan aurinkopaneelien avulla on huomattavasti tehokkaampaa.

Auringon energiaa on mahdollista hyödyntää paljon nykyistä enemmän sekä lämmön että sähkön tuotannossa Suomessa. Vain keskitalvella joului-tammikuussa, jolloin aurinko on matalalla tai kokonaan horisontin takana, auringon energiaa ei juurikaan saada talteen.

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan kestävä kasvijaosto esittää harkittavaksi, että uusiutuvan energian hajautetun pientuotannon edistämiseksi toteutetaan seuraavia toimenpiteitä¹⁰.

1. lainsäädännöllä ja ohjeistuksilla taataan hajautetun sähkön pientuotannon verkkoon pääsy
2. syöttötariffien tehoraja lasketaan 50:een tai 10 kilowattiin
3. pienemmässä kokoluokassa otetaan käyttöön nettolaskutusmalli, joka kannustaa riittävästi kuluttajia ja heidän yhteenliittymiään uusiutuvan energian lisäämiseen ja tuotannon optimointiin.

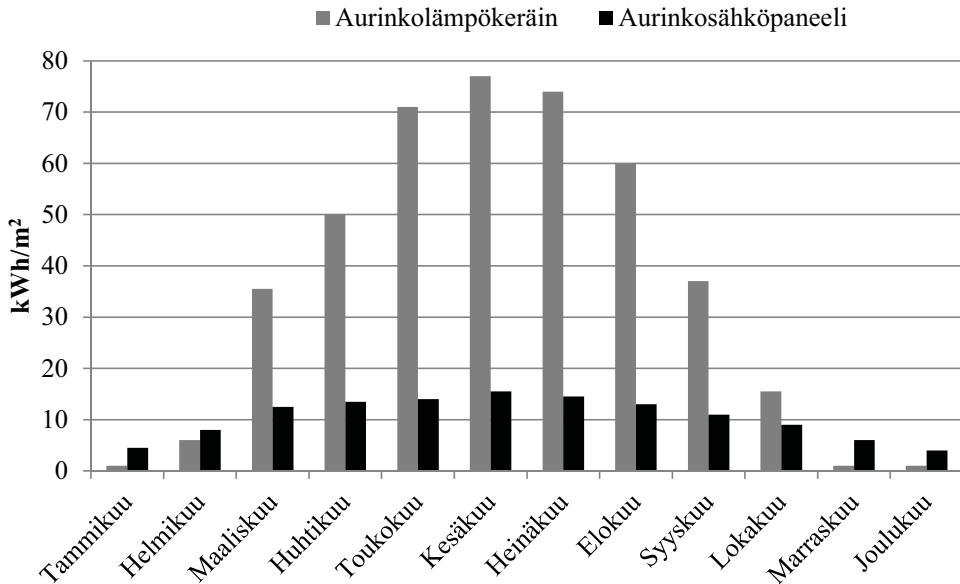
Nettolaskutuksella (myös nettomittarointi, nettomittaus tai netotus) tarkoitetaan järjestelmää, jossa asiakas maksaa vain nettona kuluttamastaan sähköstä. Kulutuksesta vähennetään verkkoon tuotettu sähkö. Netotus sisältää oikeuden sekä syöttää ylijäämä-sähkö verkkoon että saada korvaus sähköstä.

Maataloudessa voidaan käyttää sekä passiivisia että aktiivisia menetelmiä. Passiivisesti auringon valoa ja lämpöä voidaan käyttää suoraan ilman erillistä laitetta. Rakennukset toimivat usein passiivisina aurinkokeräiminä. Päivisin ne lämpenevät auringon avulla ja yöllä rakenteet luovuttavat lämpöä. Kuivureiden ilmanottoaukot voidaan sijoittaa rakennuksen aurinkoiselle sivulle ja niihin voidaan rakentaa tunnelit, jotka keräävät auringon lämpöä. Tämä tehostaa kuivurin toimintaa. Karjasuojien raitis ilma voidaan ottaa yläpohjasta, jolloin katto lämmittelee tuloilmaa. Aktiivisessa hyödyntämisessä auringonsäteily muunnetaan joko sähköksi aurinkopaneelilla tai lämmöksi aurinkokeräimillä. Lämpimän veden tai ilman aurinkokeräimien toimintaperiaate on varsin yksinkertainen. Aurinko lämmittelee veden tai ilman. Lämpö voidaan varastoida tai käyttää suoraan lämmitysjärjestelmässä. 1000 kWh/m² auringon säteilyenergiasta saadaan noin 600–700 kWh lämpöä/m² ja vuosi. Tästä voidaan käyttää noin 450 kWh lämpimän veden tuotantoon.

4.5.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähköä tuotetaan aurinkopaneelilla. Paneelit koostuvat kennoista, joissa auringonsäteiden energia saa aikaan sähköjännitteen. Kennojen raaka-aineena käytetään useimmiten

¹⁰<http://web.eduskunta.fi/Resource.phx/pubman/templates/18.htx?id=4966>



Kuva 4.8: Aurinkokeräinten tuotto. Aurinkolämpökeräin tuottaa noin 450 kWh/m² (hyötysuhde noin 45%) ja aurinkosähköpaneeli noin 120 kWh/m² (hyötysuhde noin 12 %)

kiteistä, monikiteistä tai amorfista piitä. Aurinkokenno on elektroninen puolijohde. Aurin-gonsäteily synnyttää kennon ala- ja yläpinnan välille jännitteen ja kytkemällä tarpeellinen määrä kennoja sarjaan saadaan haluttu jännitetaso.

Aurinkosähköjärjestelmiä voidaan asentaa maatalan rakennuksiin, jolloin ne tuottavat osan rakennuksissa tarvittavasta energiasta. Maatilojen rakennuksissa on usein paljon tähän soveltuvaa kattopinta-alaa. Aurinkosähköjärjestelmät kytketään useimmiten sähköverkkoon, jolloin ne syöttävät oman kulutuksen ylittävän osan yleiseen sähköverkkoon. Järjestelmän asennus ja verkkoon kytkentä edellyttää aina sopimusta sähköyhtiön kanssa ja sähköturvallisuuden varmistamista. Kennoston eli aurinkopaneelin tuottaman virran suuruus on suoraan verrannollinen auringonsäteilyn voimakkuuteen. Esimerkiksi pilvisellä ilmalla säteilyn voimakkuus on huomattavasti heikompaa kuin kirkkaalla auringon paisteella.¹¹

Aurinkosähköpaneeli on huomattavasti tehokkaampi kuin fotosynteesi ja saavuttaa jopa 30 % hyötysuhteen. Kuvassa 4.8¹¹ on aurinkoenergian potentiaali Helsingissä.¹² Aurinkosähkö on tällä hetkellä edullinen pienten kohteiden kuten vieras-, ranta- ja kesämökkien, veneiden ja asuntovaunujen, paimenlaitteiden energianlähde. Aurinkoenergiaa saadaan vain päivisin ja tuotanto on suurimmillaan kesäisin.

¹¹http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko

¹²http://www.motiva.fi/julkaisut/uusiutuva_energia/auringosta_lampoa_ja_sahkoa.1027.shtml

Aurinkoenergian käyttö:

- Passiivista aurinkoenergiaa voidaan käyttää kuivureissa ja karjarakennusten tuloilman lämmittämisessä.
- Maatilan rakennusten katot tarjoavat aurinkokeräimille paljon kattopinta-alaa. Tois-
taiseksi tätä ei ole hyödynnetty.

4.6 Maalämpö

Winfried Schäfer

Aurinkolämpöä saamme yllin kyllin kesäaikana ja sitä varastoituu maa- ja kallioperään sekä vesistöihin auringonpaisteen, lämpimän ilman ja sateiden kautta. Talvella auringon lämmittävä vaikutus on meidän pohjoisilla leveysasteillamme niin vähäistä, että on turvauttava varastoituneeseen aurinkolämpöön muodossa tai toisessa. Tutkimusten mukaan noin 3 % osuus vuosittaisesta auringon maahan varastoituvasta energiasta riittää vuotuisen lämmöntarpeemme kattamiseen maalämmöllä. Maalämpö on kokemuksen mukaan varma ja tasainen lämmönlähde ympäri vuoden.

Lämmönkeruuputkisto voidaan asentaa joko vaakatasoon pintamaahan tai vesistöön tai pystysuoraan kallioon. Maalämpöä kerätään maahan kaivetulla usean sadan metrin pituisella muovisella putkistolla, joka on vaaka-asennuksessa asennettu 0,7 – 1,2 metrin syvyyteen. Karkeana putkimäärän ohjearvona voidaan käyttää 1 – 2 putkimetriä lämmittävää rakennuskuutiota kohti ja tonttimaata tarvitaan noin 1,5 m² yhtä putkimetriä kohti. Taulukossa 4.10 on esitetty maasta saatavalle lämpöenergiämäärälle¹³.

Järvet, lammet ja merenrannat sopivat lämmönlähteiksi, jos ne ovat vähintään 2 metriä syviä jo rannan läheisyydessä. Käyttöön soveltuu sama tekniikka kuin maalämpöputkistonkin käytössä, mutta putket täytyy ankkuroida vesistön pohjaan putkien ympärille noin metrin välein kiinnitettävillä noin 5 - 10 kg painoilla. Tämä siitä syystä, että putken ympärille mahdollisesti muodostuva jääkerros ei nosta putkea pintaan pintajään alle, johon se jäätyy kiinni ja jäidenlähtö voi viedä putken mennessään. Näiden kokemusten johdosta ei putkia lasketa mielellään jokiin. Vesistöistä vuodessa saatu teho on 70 - 80 kWh/metri putkea.

¹³http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114#maaper%C3%A4

Taulukko 4.10: Ohjeellisia arvoja maasta vuotuisesti saatavalle lämpöenergialle kWh/m

Sijainti	Savi	Hiekka
Etelä-Suomi ¹	50...60	30...40
Keski-Suomi	40...45	15...20
Pohjois-Suomi ²	30...35	00...10

¹ Linjan Kokkola - Savonlinna eteläpuoli

² Lappia lukuun ottamatta

Lämpöpumppuja voidaan käyttää myös porakaivoissa. Lämpöpumppu noutaa lämpöä syvästä kalliosta, jossa lämpötila pysyy käytännössä lähes vakiona ympäri vuoden. Pystyputkisto upotetaan halkaisijaltaan 10 – 15 cm:n porareikään, jonka syvyys on 60 – 150 m. Pystyputkistosta saadaan vaakaputkistoa suurempi energiamäärä putkimetriä kohti ja sen tekeminen onnistuu työpäivän aikana tonttia rikkomatta. Asennuskustannuksiltaan pystyputkisto tulee vaakaputkistoa kalliimmaksi. Tällä menetelmällä on etuina se, että porakaivon energiasaanto on noin kaksinkertainen putkimetriä kohti verrattuna maahan kaivettuun putkeen. Käytännössä kaivoa ei kannata porata 200 metriä syvempään, vaan suurissa järjestelmissä kaivoja porataan tarvittava määrä noin 10 – 20 metrin välein ja ne kytketään rinnakkaisiksi putkisilmukoiksi erillisessä ulkoisessa kytkentäkaivossa, jolloin pumppauskustannukset eivät kasva suhteettoman suuriksi.

Lämpöpumppujen käyttö maataloudessa on ollut vähäistä. Lämmitysenergiana käytetään usein puuta tai turvetta, jolloin polttoainekustannukset ovat alhaisia. Lämpöpumppuja on hyödynnetty sikaloissa, joissa lannasta on otettu lämpöä. Tällöin myös ammoniakkipäästöt vähenevät, koska kylmästä lannasta ammoniakkin haihtuminen on hidasta.

Lämpöpumppu:

- Lämpöpumput soveltuvat hyvin rakennusten lämmittämiseen.
- Maatiloilla lämpöpumppuja on käytetty sikaloissa lämmön talteenottoon lannasta. Samalla ammoniakkipäästöjä on voitu vähentää.

4.7 Nestemäiset biopolttoaineet

Tapani Jokiniemi

4.7.1 Yleistä

Nestemäiset biopolttoaineet jaetaan ensimmäisen ja toisen sukupolven biopolttoaineisiin. Ensimmäiseen sukupolveen lasketaan yleensä kuuluviksi sellaiset polttoaineet, joiden raaka-aineita käytetään myös elintarviketuotannossa. Näitä ovat ”tavanomaiset” biopolttoaineet, kuten käymisprosessilla tuotetut alkoholit sekä kasvi- tai eläinrasvasta valmistettavat biodieselit. Toisen sukupolven biopolttoaineiden valmistuksessa voidaan käyttää myös paljon lignoselluloosaa sisältäviä, puupohjaisia raaka-aineita, joten ne eivät välttämättä kilpaile ruoantuotannon kanssa. Yksi tunnetuin menetelmä toisen sukupolven biopolttoaineiden valmistuksessa on Fischer-Tropsch-synteesi, jossa tuotetaan nestemäisiä hiilivetyjä hiiltä sisältävistä biomassoista. Myös Nesteen kehittämä NExBTL-diesel¹⁴ luetaan toisen sukupolven biopolttoaineeksi, vaikka sen raaka-aineena käytetäänkin rasvoja.

Tässä luvussa käsitellään pelkästään nestemäisiä biopolttoaineita. Biopolttoaineiksi luetaan myös eloperäiset kiinteät polttoaineet, kuten puu tai olki, sekä kaasumaiset polttoaineet, kuten biokaasu (metaani) tai hääkä. Nestemäisten polttoaineiden ehdottomat vahvuudet ovat niiden suuri energiatiheys sekä helppo käsiteltävyys. Näistä seuraa pieni varastointitilan tarve, ajoneuvokäytössä suuri toiminta-aika yhdellä tankkauksella sekä yksinkertainen ja hyvin tunnettu varastointi-, siirto- ja annostelutekniikka.

¹⁴Neste Oil, uusiutuva NExBTL-diesel. <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,11990,11993,12252>

4.7.2 Tilatasolla tuotettavat biopolttoaineet

Maatilatasolla pienen tai keskisuuren mittakaavan biopolttoainetuotantoon soveltuvat lähinnä ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet. Toisen sukupolven biopolttoaineiden valmistusprosessi on yleensä monimutkaisempi ja se soveltuu parhaiten suurten laitosten isoille tuotantokapasiteeteille. Esimerkkeinä tästä ovat biodieselhankkeet, joissa tuotetaan pitkälle jalostettua biodieseliä mäntyöljystä.

Nykytekniikalla varteenotettavimmat vaihtoehdot maatalan biopolttoaineiksi ovat käytämällä tuotetut alkoholit sekä kasvi- tai eläinperäiset rasvat ja niiden metyyli- tai etyyliesterit. Alkoholit soveltuvat sellaisenaan tai pienin muutoksin ottomoottorin polttoaineeksi. Maataloudessa traktoreiden ja työkoneiden voimanlähteenä käytetään kuitenkin lähes poikkeuksetta dieselmoottoareita. Koska alkoholeilla on huonot itsesyttymisominaisuudet, vaatii niiden käyttö dieselmoottorissa lisäaineistuksen käytön. Polttoaineen syttymistä varten etanoliin on sekoitettava syttymisen edistäjäaineita.

Maatilalla tuotettavaksi ja käytettäväksi sopivat parhaiten nykyisistä biopolttoaineista rasvapohjaiset dieselpolttoaineet eli biodieselit. Biodieselnimikkeellä tarkoitetaan yleensä kasvi- tai eläinrasvasta valmistettuja rasvahappojen metyyliestereitä (FAME, RME, REE ym.), mutta nimikkeen alle voidaan yhtä lailla lukea kaikki uusiutuvasta biomassasta valmistetut dieselpolttonesteet.

4.7.3 Rypsiöljyn ja rypsimetyyliesterin valmistus

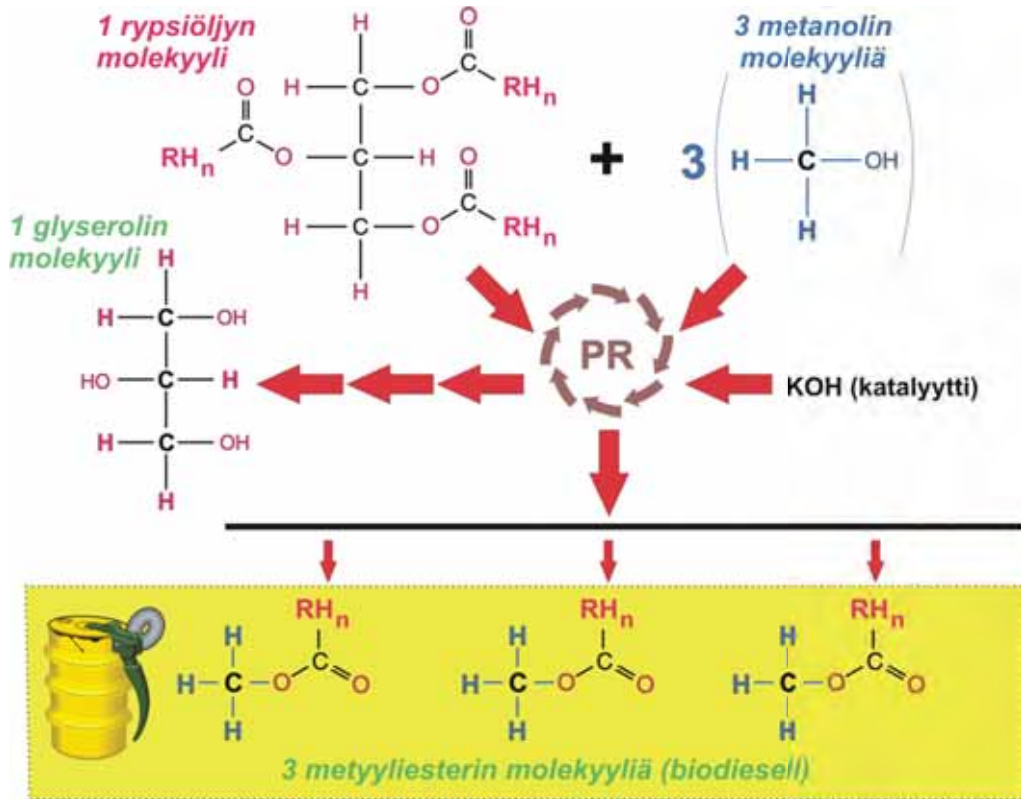
Biodieselin eniten käytetty raaka-aine on rypsin siemenistä puristettava rypsiöljy. Myös muita rasvoja voidaan käyttää esteröintiprosessissa. Jos biodiesel valmistetaan esimerkiksi käytetystä paistinrasvasta, jota muuten pidettäisiin jätteenä, on tuotanto huomattavasti kannattavampaa. Paistinrasvaa kerätään isommissa määrin biodieselin raaka-aineeksi Euroopan maista ainakin Itävallassa, ja vastaavaa toimintaa on viritelty myös Suomessa.

Teollisissa öljynpuristamoissa rypsiöljy erotetaan siemenistä puristamalla, uuttamalla tai näiden menetelmien yhdistelmällä. Maatilakokoluokan tuotannossa öljyn puristaminen onnistuu yksinkertaisella ja suhteellisen edullisella, muutamia tuhansia maksavalla ruuvipuristimella. Rypsin siemen sisältää öljyä noin 39 – 44 %, josta puristamalla saadaan talteen noin 70 – 75 %. Öljyisaanto on siis noin 30 % luokkaa rypsin siementen massasta. Öljynpuristimia on markkinoilla useita, ja niiden tehossa sekä öljyisaannossa on jonkin verran eroja. Puristamisen jälkeen öljy on puhdistettava joko suodattamalla tai seisottamalla.

Puristusjätteeseen jää siemenen öljystä 25 – 30 %. Rypsipuriste on arvokasta rehuraaka-ainetta kotieläintuotannossa. Aiemmissa rypsilajikkeissa ongelmia ruokinnassa aiheutti öljyn sisältämä erukahappo, mutta nykyiset rypsilajikkeet on jalostettu käytännössä vapaiksi erukahaposta. Toisaalta juuri korkean erukahappopitoisuuden on todettu parantavan öljyn laatua teknisessä käytössä. Jos puristetta ei voida hyödyntää rehuna, voidaan se käyttää polttoaineena esimerkiksi klapien tai hakkeen seassa, jolloin myös puristeeseen jäänyt öljy tulee hyödynnetyksi energiana.

4.7.4 Biodieselin valmistus

Kasviöljyt ja muut rasvat ovat glyserolin ja kolmen rasvahappomolekyylin estereitä. Biodieselin valmistuksessa yhden glyserolimolekyylin tilalle vaihdetaan kolme metanoli- tai etanolimolekyylä, jolloin rasvamolekyylit pilkkoutuu kolmeen osaan. Tämän seurauksena öljyn viskositeetti pienenee lähelle dieselöljyn arvoa sekä sen muut polttoaineominaisuudet, kuten höyrystyvyys sekä kylmänkestävyys paranevat. Lopputuotteina saadaan rypsimetyyli-



Kuva 4.9: Rypsiöljyn vaihtoesteröinti metanolilla

tai rypsietyyliesteriä sekä glyserolia. Reaktion nopeuttamiseksi tarvitaan lisäksi katalyytti, esimerkiksi kalium- tai natriumhydroksidi (lipeä) (Kuva 4.9).

Biodieselin valmistus rasvoista on melko yksinkertainen prosessi. Metanoli (tai etanoli), katalyytti ja rypsiöljy (tai muu rasva) sekoitetaan reaktioastiassa. Metanolin ja öljyn sekoitussuhde on noin 1:5, ja katalyyttia käytetään noin 0,5 – 1 % öljyn massasta. Seosta on sekoitettava myös reaktion aikana. Reaktio tapahtuu spontaanisti ja glyserolifaasi laskeutuu astian pohjalle. Reaktiota voidaan nopeuttaa lämmittämällä seosta lähelle metanolin kiehumispistettä eli noin 60 asteeseen. Reaktioastian pohjalla on oltava hana, josta syntynyt glyseroli valutetaan ulos. Tämän jälkeen öljystä on poistettava jäljelle jäänyt metanoli ja glyseroli. Koska molemmat näistä ovat vesiliukoisia, voidaan ne poistaa vesipesulla. Myös massasuodatusta voidaan käyttää. Syntyneen vesi-glyseroliseoksen on jälleen annettava laskeutua astian pohjalle, jotta se voidaan erottaa öljystä. Öljystä poistetaan vielä jäännösmetanoli tislamalla tai haihduttamalla.

Esteröintiin tarvittavan laitteiston voi valmistaa itse, mutta tämä vaatii luonnollisesti syvällisempää perehtymistä asiaan. Valmiiden laitteistojen hinnat ovat muutaman kymmenen tuhannen euron luokkaa. Biodieselin sivutuotteena syntyvä glyseroli on periaatteessa arvokasta teollisuuden raaka-ainetta, mutta maatilakokoluokan tuotannossa sen puhdistamisen kannattavuus on kyseenalaista. Glyserolin lämpöarvo on melko korkea, noin 17 MJ/kg, ja se voidaan polttaa energiaksi esimerkiksi hakkeen tai klapien seassa.



Kuva 4.10: Rypsiöljypolttoaineen aiheuttamia karstamuodostumia pakoventtiilin varressa sekä pakokanavassa. Osat ovat Valmet 420 -moottorista, polttoaineena on käytetty sinappi- ja rypsiöljyä.

4.7.5 Soveltuvuus eri käyttökohteisiin

Biodiesel moottoripolttoaineena

Biodieseliä voidaan käyttää polttoaineena sellaisenaan tai dieselöljyyn sekoitettuna. Tällä hetkellä ainakin Deutz Fahr ja John Deere -traktoreissa saa maahantuojan ilmoituksen mukaan käyttää 100 % biodieseliä. Myös CNH-traktoreissa voidaan tietyin ehdoin käyttää 100 % biodieseliä. Valtra ja Massey Ferguson (AGCO Power -moottorit) sallivat uusissa SCR-moottoreissaan 7 % biodieselseoksen ja moottoreissa joissa ei käytetä SCR-tekniikkaa, sallitaan 100 % biodieselin käyttö. Käytettävän biodieselin on kuitenkin kaikissa edellä mainituissa tapauksissa täytettävä eurooppalaisessa EN 14214 -standardissa määritetyt laatuvaatimukset. Lisäksi biodieselin soveltuvuus omaan koneeseen on aina syytä varmistaa valmistajalta tai maahantuojalta.

Biodieselin on lukuisissa tutkimuksissa havaittu toimineen moottorissa tavanomaisen dieselpolttoaineen tavoin. Sen lämpöarvo (38,5 MJ/kg) on hieman dieselöljyä (42,5 MJ/kg) alempi, mutta tätä kompensoi osittain suurempi tiheys. Pelkkää biodieselpolttoainetta käytettäessä on kuitenkin syytä varautua pieneen tehon laskuun. Useimmat konevalmistajat edellyttävät biodieseliä käytettäessä moottoriöljyn sekä polttoainesuodattimen vaihtovälin puollittamista. Lisäksi voidaan vaatia ylimääräisten polttoainesuodattimien asentamista. Biodiesel on myös syövyttävää, eli se saattaa vaurioittaa maalipintoja ja polttoainejärjestelmän muovi- ja kumiosia. Lisäksi biodiesel alkaa jähmettyä noin -13 °C lämpötilassa, joten se ei sovellu talviajan polttoaineeksi.

Myös pelkän kasviöljyn käyttöä moottoripolttoaineena on tutkittu paljon. Sen vahvuuksina ovat hyvin yksinkertainen valmistustekniikka ja pienemmät kustannukset. Ongelmia aiheuttavat lähinnä kasviöljyn korkea viskositeetti ja huono höyrystyvyys. Korkea viskositeetti saa aikaan huonon sumuuntumisen kun polttoaine ruiskutetaan moottoriin. Tämä yhdessä heikon höyrystyvyyden kanssa aiheuttaa sen, että moottoriin jää palamatonta polttoainetta. Korkeissa lämpötiloissa palamaton rypsiöljy polymeroituu, synnyttäen sitkeitä kumimaisia muodostumia palotilan osiin ja ruiskutussuutinten kärkiin (Kuva 4.10).

Käytännössä kaikki moottorivalmistajat kieltävät pelkän rypsiöljyn käytön polttoaineena moottoreissaan. Mikäli raakarypsiöljyä halutaan kokeilla vanhemmissa moottoreissa, tehdään kokeilut viime kädessä käyttäjän omalla vastuulla. Rypsiöljyä voitaneen suhteellisen turvallisesti sekoittaa pieniä määriä (n. 5 – 10 %) dieselöljyyn. Jos kasviöljyn osuutta halutaan nostaa, tulee kyseeseen kaksipolttoainejärjestelmä, jossa moottorin käynnistys ja sammutus tapahtuu dieselöljyllä, mutta suurilla kuormilla moottorin ollessa kuuma käytetään kasviöljyä. Lisäksi kasviöljypolttoainetta on vielä syytä lämmittää sen viskositeetin alentamiseksi. Tämä puolestaan aiheuttaa ainakin mekaanisilla ruiskutuspuemuilla varustetuissa koneissa uusia ongelmia, koska polttoaineen lämpötilan nousu kasvattaa pumpun ohivirtauksia sekä myöhästyttää ruiskutusta.

Pelkän kasviöljyn käyttöön moottoripolttoaineena tulee suhtautua kriittisesti, sillä edellä mainituilla toimillakaan ei voida taata moottorin pitkäaikaista toimintaa. Kasviöljyllä toimivia moottoreita on kuitenkin ollut myös sarjatuotannossa aivan viime vuosina. Deutz-Fahr esitteli vuonna 2007 rypsiöljymoottorin, jossa käytettiin kaksipolttoainejärjestelmää sekä kasviöljypolttoaineen esilämmitystä. Polttoaineen valinta hoidettiin automaattisesti kuormitustilanteen ja moottorin lämpötilan perusteella ja elektronisesti ohjattu yhteispaineruiskutus mahdollisti ruiskutuspaineen ja -ajoituksen tarkan säädön. Moottorilla oli normaali takuu-aika myös kasviöljykäytössä. Rypsiöljymoottorin tuotanto on sittemmin lopetettu vähäisen kysynnän vuoksi.

Biodiesel lämmityspolttoaineena

Lämmityskäyttö asettaa polttoaineelle huomattavasti vähemmän vaatimuksia energiatiheyden ja varastotilan suhteen kuin liikkuva kalusto, ja sen voidaankin ajatella olevan energian prioriteettihierarkiassa liikennepolttoaineita alemmalla tasolla. Tämän takia lämmityksessä olisikin järkevää suosia muita energianlähteitä kuin nestemäisiä polttoaineita. Lämmityskäyttöön on tarjolla lukuisia muitakin uusiutuvaan energiaan pohjautuvia vaihtoehtoja, kuten maalämpö, aurinkolämpö, puun polttoainekäyttö eri muodoissa sekä näiden menetelmien yhdistelmät.

Poikkeuksen muodostaa viljan kuivaus, jossa tarvitaan korkeita tehoja suhteellisen lyhyen aikaa. Tällöin kiinteitä polttoaineita käyttävien lämmitysjärjestelmien perustamiskustannukset saattavat nousta kohtuuttoman suuriksi. Biodieseliä voidaan käyttää kuivurin öljypolttimessa tavanomaisen kevyen polttoöljyn tavoin. Käytössä on kuitenkin huomioitava, että biodieselin laatu saattaa heiketä pitkäaikaisessa varastoinnissa, mikä on otettava huomioon sesonkiluontoisessa viljankuivurikäytössä.

Rypsiöljyä voidaan käyttää viljankuivurin polttoaineena myös sellaisenaan tai seoksena kevyen polttoöljyn kanssa. Pelkän rypsiöljyn käyttö vaatii moniöljypolttimen vaihtamisen tavallisen öljypolttimen tilalle. Moniöljypolttimissa käytetään yleensä polttoaineen esilämmitystä, mikä on välttämätöntä rypsiöljyn viskositeetin alentamiseksi ja riittävän hyvän sumuuntumisen aikaansaamiseksi. Lisäksi polttoaineen ruiskutuksessa käytetään yleensä apuna paineilmaa, mikä tehostaa öljyn sumuuntumista.

Biodieselin verotus

Vuoden 2012 alusta voimaan astuneiden Suomen nestemäisten polttoaineiden verotussäännösten mukaan biodieselöljystä on maksettava energiasisältövero, hiilidioksidivero ja huoltovarmuusmaksu. Jos polttoaine käytetään maatalousajossa, määräytyvät verot biopolttoöljyn verotuksen mukaan. Yhtä lailla veroa joutuu maksamaan, jos biodiesel käytetään lämmityspolttoaineena. Pelkkä rypsiöljy rinnastetaan verotuksessa biodieselöljyyn.

Biopolttoöljyllä on kolme verotusluokkaa riippuen siitä, mistä ja miten se on tuotettu. Kaikille luokille ovat yhteisiä energiasisältövero 7,7 snt/l sekä huoltovarmuusmaksu 0,35 snt/l. Lisäksi polttoaineesta maksetaan hiilidioksidivero, joka riippuu biodieselin tuotantotavasta:

1. Jos biodiesel on tuotettu jätteeksi rinnastettavasta materiaalista, esimerkiksi käytetystä paistinrasvasta, ei hiilidioksidiveroa tarvitse maksaa. Kokonaisveron määrä on tällöin 8,05 snt/l.
2. Jos biodiesel on tuotettu muista raaka-aineista niin, että tuotanto täyttää direktiivissä 2009/28/EY (RES-direktiivi) säädetyt kestävän kehityksen kriteerit, on hiilidioksidivero 4 snt/l ja kokonaisveron määrä 12,05 snt/l.
3. Muussa tapauksessa hiilidioksidivero on 8 snt/l ja kokonaisvero 16,05 snt/l.

Kohdan 2 tapauksessa biodieselin valmistajan on periaatteessa pystyttävä osoittamaan, että tuote täyttää RES-direktiivissä säädetyt kriteerit. Teollisen mittakaavan öljynjalostamot toimittavat tällaisen dokumentin tullille omien tuotteidensa osalta, mutta yksittäisen maatalan kohdalla kyseisen laskelman tekeminen on hyvin vaikeaa. Vakiintunutta käytäntöä ei toistaiseksi ole olemassa, ja biodieselin tuotantoa suunnittelevan kannattaakin ottaa yhteyttä suoraan tulliin tarkempien ohjeiden saamiseksi.

Biopolttoaineiden talous

Biodieselin tuottamisen kannattavuus rypsin siemenistä riippuu rypsin tuotantokustannuksista, maataloustuesta, öljyn puristamisen ja esteröinnin kustannuksista, rypsin markkinahinnasta sekä biodiesellillä korvattavan polttoaineen hinnasta. Kirjoitushetkellä rypsin markkinahinta on noin 490 €/t. Tuominen on laskenut rypsiöljyn puristamisen hinnaksi 0,22 €/l reilun 3 000 litran vuotuisella tuotantomäärällä.¹⁵ Esteröinnin on eri lähteissä arvioitu maksavan noin luokkaa 0,3 €/kg.

ProAgrian mallilaskelman mukaan rypsin tuotantokustannukset vuonna 2012 olivat kaikki kustannuserät mukaan luettuina 1,2 €/kg satotasolla 1500 kg/ha.¹⁶ Pinta-alatuet huomioiden tuotantokustannukset olivat 0,77 €/kg (A-alue), jolloin rypsiöljyn hinnaksi tulee pelkkien raaka-ainekulujen perusteella noin 2,4 €/l (öljysaanto 30 %, öljyn tiheys 0,92 kg/l). Tämän laskelman yhteydessä on huomioitava, että sen mukaan myös rypsin tuottaminen myyntiin jää 0,49 € kilohinnalla tappiolliseksi.

Jos biodiesel tuotetaan ja käytetään omalla tilalla, on biodieselin raaka-aineen hinnaksi laskettava se rahamäärä, joka rypsin viljelijältä jää saamatta, mikäli hän ei myy satoaan. Käytännössä biodieselin raaka-aineen hinta on siis sama kuin rypsin hinta. Rypsin nykyhinnan perusteella itse puristetun rypsiöljyn raaka-ainekustannuksiksi tulee noin 1,5 €/l, ja valmiin biodieselin kokonaiskustannuksiksi puristus, esteröinti ja verot mukaan lukien noin 2,1 €/l. Lisäksi jokaista biodiesellitraa kohti saadaan noin 2,1 kg rypsipuristetta. Jos puristeen hinnaksi ruokinnassa arvioidaan esimerkiksi 250 €/t, voidaan sen laskea hyvittävä biodieselin hintaa noin 0,5 €/l. Rypsin siemenistä itse tuotetun biodieselin lopulliseksi hinnaksi jää siis noin 1,6 €/l. Pelkän rypsiöljyn hinnaksi muodostuu saman laskentatavan

¹⁵Tuominen, A. 2007. Rypsiöljyn tuotanto ja käyttö bioenergiana maatilalla. Laurea-ammattikorkeakoulu. Hyvinkää. 31 p.

¹⁶ProAgria 2012, Tuottopehtori-palvelun kustannuslaskelmat (vaatii kirjautumisen). <http://www.proagria.fi/tuottopehtori/>

mukaan noin 1,3 €/l. Glyserolin arvoa polttoaineena ei ole huomioitu laskelmassa, mutta sen merkitys lopputulokseen on pieni.

Edellä esitetty suuntaa antava laskelma osoittaa, ettei biodieselin tuotanto rypsin siemenistä nykyisellä rypsin hintatasolla ole kannattavaa. Sen kannattavuus riippuu kuitenkin paljon rypsin ja sivutuotteiden hinnasta sekä pellon tuotosta muussa käytössä, ja tuotantoa suunnittelevan kannattaa laskea nämä tarkkaan oman tilansa kohdalla. Nykytilanteessa biodieselin raaka-aineeksi kannattaisi kuitenkin käyttää ensisijaisesti myyntiin kelpaamattomia rypsiä.

Jos raaka-aineeksi on saatavana ilmaista jäterasvaa, on biodieselin valmistus huomattavasti kannattavampaa. Pelkän esteröinnin kustannuksiksi todettiin aiemmin noin 0,3 €/l, jolloin polttoaineen hinnaksi veroinen tulee noin 0,4 €/l. Tähän on kuitenkin lisättävä rasvan keräilystä ja mahdollisesta esikäsitteystä (esim. suodatus ym.) aiheutuvat kustannukset.

Biopolttoaineiden energiataseet ja ympäristövaikutukset

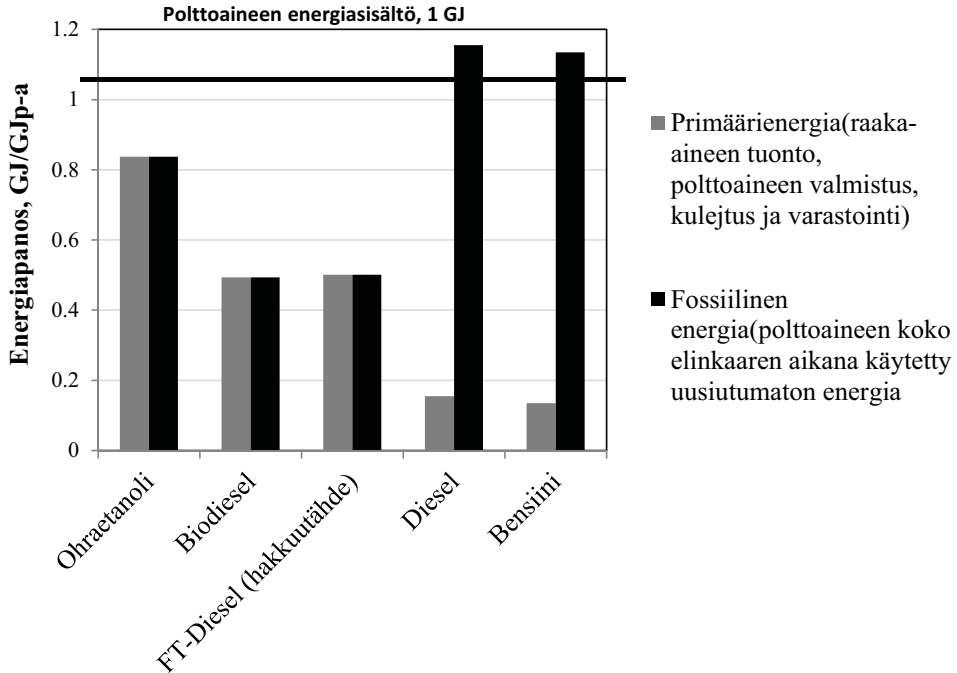
Jotta biopolttoaineen tuottaminen olisi energiataloudellisesti järkevää, on polttoaineesta saatava enemmän energiaa kuin mitä sen tuotantoon on käytetty. Jos otetaan huomioon kaikki tuotannon energiapanokset, aurinkoenergia mukaan lukien, ei tämän termodynamiikan lakien mukaan ole mahdollista. Auringosta otettu energia jätetäänkin yleensä biomateriaalien energiataselaskelmissa huomioimatta. Tätä voidaan perustella sillä, että aurinko paistaa joka tapauksessa, otetaan energia talteen tai ei, ja sen säteilystä saatavaa energiaa voidaan tämän takia pitää ”ilmaisena” energiapanoksena.

Kuvassa 4.11¹⁷ on esitetty eri biopolttoaineiden tuotantoon kuluva energia suhteessa tuotteen energiasisältöön. Ohraetanolin tuottamiseen kuluu kuvan mukaan energiaa lähes tuotteen energiasisällön verran. Biodiesel on jonkin verran energiatehokkaampaa, sillä sen tuottamiseen kuluu energiaa noin puolet tuotteen energiasisällöstä. Kuvasta 4.12 näkyy lisäksi polttoaineiden elinkaaren aikana käytetty fossiilinen energia. Jos kaikki tuotannossa käytetty energia katsotaan saatavan fossiilisista lähteistä, säästää yksi litra biodieseliä reilut puoli litraa fossiilista polttoainetta. Tämä johtuu siitä, että dieselin ja bensiinin tapauksessa tuotteen koko energiasisältö, tuottamiseen käytetyn energian lisäksi, on fossiilista alkuperää.

Biopolttoaineiden polton ei yleensä katsota lisäävän ilman hiilidioksidipitoisuutta, sillä poltossa vapautuva hiili on sitoutunut kasviin ilmakehästä sen kasvun aikana. Muut poltosta aiheutuvat päästöt (NO_x, hiilivedyt, häkä, hiukkaset) saattavat poiketa jonkin verran tavanomaisten polttoaineiden päästöistä, mutta erot eivät ole ratkaisevan suuria. Valtaosa biopolttoaineiden päästöistä sekä merkittävä osa niiden valmistuksen energiankulutuksesta aiheutuukin raaka-aineen tuotannosta. Tämä pätee etenkin ensimmäisen sukupolven biopolttoaineisiin, joiden raaka-aineiden tuotannossa käytetään ruuantuotannosta tuttua, energiaintensiivistä viljelyketjua. Eri polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöt on esitetty kuvassa 4.12.

Viljelyssä energiaa kuluu eniten lannoitteiden valmistukseen, josta aiheutuu myös suuret kasvihuonekaasupäästöt. Myös lannoitteiden käytön seurauksena vapautuva typpioksiduuli on merkittävä kasvihuonekaasujen päästölähde, sillä typpioksiduuli on noin 300 kertaa hiilidioksidia voimakkaampi kasvihuonekaasu. Lannoitteiden valmistus ja kuljetus

¹⁷Mäkinen, T, Soimakallio, S, Paappanen, T, Pahkala, K & Mikkola, H. 2006. Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kasvihuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit. VTT tiedotteita 2357. 134 p.

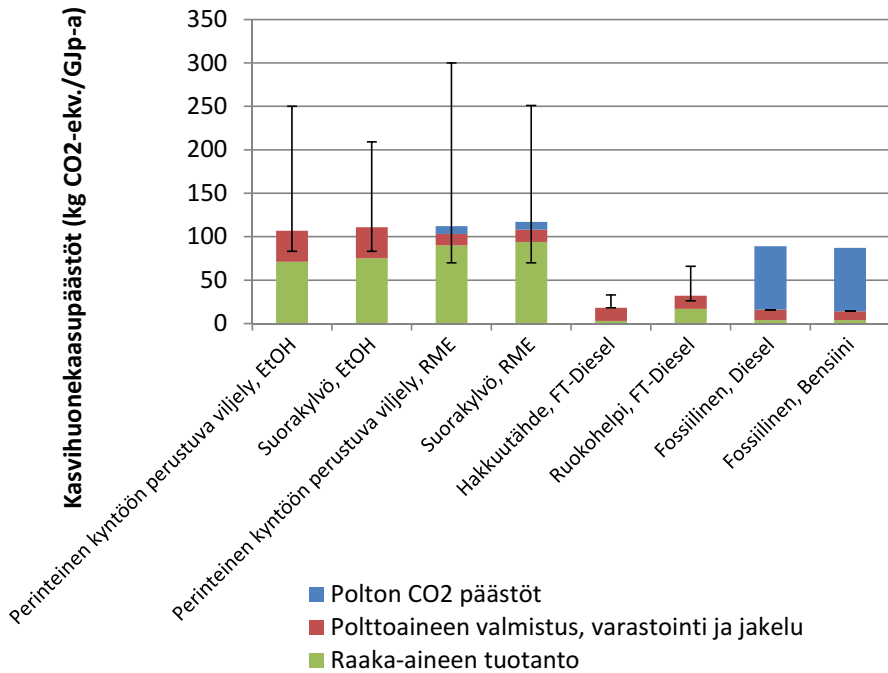


Kuva 4.11: Eri polttoaineiden primäärienergiapanokset sekä fossiilisen energian kokonaispanos suhteessa polttoaineen energiasisältöön (muokattu VTT:n tiedotteen 2357 tarjoamien tietojen pohjalta)

sekä lannoituksesta aiheutuvat typpioksiduulipäästöt ovatkin rypsin viljelyn suurimmat kasvihuonekaasujen päästölähteet. Seuraavaksi suurimmat ovat kalkituksesta aiheutuvat maaperän hiilidioksidipäästöt, joiden jälkeen tulevat työkoneiden ja sadon kuivauksen päästöt.

Biopolttoaineiden tuotannon kasvihuonekaasupäästöjen osalta on huomioitava suuri vaihteluväli, joka näkyy myös kuvasta 4.12. Päästöihin vaikuttaa paljon esimerkiksi sato, sillä jos samoilla panoksilla saadaan suurempi sato, pienenevät biopolttoaineen energiasisältöä kohti lasketut päästöt vastaavasti. Samoin käy, jos pienellä lisäpanostuksella, esimerkiksi kasvitautien tai tuholaisten torjunnalla, saadaan merkittävästi suurempi sato. Lisäksi laskentamenetelmät sisältävät paljon epävarmuutta, eivätkä tarkasteltavien systeemien rajaukset ja energiankäytön sekä päästöjen kohdentaminen ole kovinkaan yksiselitteisiä.

Yhteenvedona voidaan todeta, että biodieselin valmistukseen kuluu tutkimusten mukaan vajaa puolet tuotteen energiasisällöstä ja siitä aiheutuvat päästöt ovat samaa suuruusluokkaa fossiilisten polttoaineiden kanssa. Yhteiskunnallisessa keskustelussa biopolttonesteiden tuotanto, biodiesel mukaan lukien, on kuitenkin välillä leimattu kannattamattomaksi huonon energiasuhteen ja ennallaan pysyneiden tai jopa kasvaneiden päästöjen takia. Jos yhden uusiutuvan biodiesellitran tuottamisella säästetään yli puoli litraa uusiutumattonta polttoainetta, ja päästöt pysyvät suurin piirtein ennallaan, lienee syytä kysyä eikö tämä ole energiataloudellisesti järkevää?



Kuva 4.12: Eri polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöt (lähde: VTT tiedotteita 2357)

Nestemäiset uusiutuvat polttoaineet:

- Useissa dieselmootoreissa voidaan käyttää suoraan rypsimetyyliesteriä (RME) polttoaineena.
- Alkoholin käyttö vaatii joko lisäaineistuksen tai muutoksia moottoriin.
- Biokaasun käyttö vaatii myös muutoksia moottoriin ja tankkausväli on monesti lyhyt.
- Biopolttoaineilla voidaan ”säätää” fossiilista energiaa.
- Etanolin tuotannossa viljasta energiasuhde on usein lähellä yhtä eli se ei säästä fossiilista energiaa.
- Kun kaikki biopolttoaineiden päästöt otetaan huomioon, niiden kasvihuonekaasuvaikutus on fossiilisten polttoaineiden luokkaa. Ongelmana on myös analyysimenetelmien huono tarkkuus.
- Biopolttoaineiden kannattavuus on nykytilanteessa viljelijälle huono.

5 MAATILA VUONNA 2020

Hannu Mikkola ja Helis Rossner

5.1 Maatilojen kehityssuunnat

Energiapositiivinen maatila tuottaa enemmän tuotteisiin sisältyvää energiaa kuin sinne menee tuotantopanosten muodossa sisään. Näin voi tapahtua, jos auringon säteilyenergia jätetään huomioon ottamatta. Energiapositiivisuuden saavuttaminen on kasvinviljelytilalla helpompaa kuin kotieläintilalla, koska kotieläintuotteet ovat kasvituotteita pitemmälle jalostettuja ja jalostusketjussa energiahyötysuhde heikkenee. Kotieläintuotannossa voidaan päästä positiiviseen energiatulokseen, jos rehuntuotannon energiankulutusta vähennetään ja käytetään hyväksi lanta ja jätteet biokaasuna sekä ilmanvaihdon hukkalämpö otetaan talteen. Energiapositiivisen ajattelun mukaista on myös normilukuja pienemmillä energiapanoksilla aikaansaatu tuotanto, uusiutumattomien energiapanosten korvaaminen uusiutuvilla sekä energian tuottaminen uusiutuvista energialähteistä siten, että tuotetun energian kasvihuonekaasupäästöt ovat selkeästi pienemmät kuin aiemmin käytetyn fossiilisen energian. Karjatiloiilla energiapositiivisuuden suurimpana esteenä ovat laitteistojen hankintakustannukset. Energian säästö ei kata siitä aiheutuvia kustannuksia. Lisäksi laitteiden toimintavarmuudessa on parantamisen varaa ja laitteiden huollon tarve on suuri. Yhdistämällä nykyistä useammin kasvi- ja kotieläintuotanto voitaisiin korvata biologisella typensidonnalla synteettistä lannoitetyyppiä, joka on kasvintuotannon suurin energiapanos. Samalla voitaisiin hallita paremmin myös muita kasvintuotannossa välttämättömiä ravinnevirtoja ja tuottaa uusiutumattomaa energiaa. Energiapositiivinen maatila tulisiikin optimoida alhaisen energiankulutuksen ohella vähäpäästöiseksi ja säästeliäästi uusiutumattomia luonnonvaroja käyttäväksi. Tähän on mahdollista päästä tarkastelemalla yhden tuotteen tai tuotannonalan sijasta suurempia kokonaisuuksia, jotka tuottavat sekä kasvi- ja eläintuotteita sekä parhaassa tapauksessa myös energiaa ja raaka-ainetta teollisuuteen. Maataloudessa menossa oleva rakennemuutos pienistä perheviljelmistä suurempiin ammattimaisesti johdettuihin erikoistuneisiin tiloihin oletetaan jatkuvan¹ ja tulevaisuudessa pääosa elintarvikkeista tuotetaan nykyistä suuremmilla tiloilla. Luomuviljelyn osuus on nousussa ja luomutilat ovat tällä hetkellä Suomessa keskimäärin jopa hieman suurempia kuin tavanomaista tuotantoa harjoittavat tilat. Suomen peltoalasta on 7,5 % luomuviljelyssä². Luomukotieläintuotannossa tuotetaan eniten naudanlihaa, maitoa ja lampaanlihaa. Luomun osuus on kuitenkin kotieläintuotannossa alhaisempi kuin kasvinviljelyssä. Ravinteiden kierrättäminen, kasvi- ja kotieläintuotannon yhdistäminen ja energiaomavaraisuus ovat olleet alusta lähtien luomutuotannon tavoitteita, joista haluttaisiin nyt saada viljelyn yleisiä tavoitteita. Maatilojen ja maataloustyöntekijöiden lukumäärä vähenee Virossa. Esimerkiksi aikavälillä 2001 – 2010 maatilojen lukumäärä väheni 63 %. Vuonna 2010 suurten

¹Pyykkönen, P., Lehtonen, H. & Koivisto, A. 2010. Maatalouden rakennekehitys ja investointitarve vuoteen 2020. Pellervon taloustutkimus PTT. PTT Työpapereita 125. 24 p. Saatavissa internetistä: http://www.ptt.fi/dokumentit/tp125_1111100930

²EVIRA 2012. Luomu. Saatavissa internetistä: <http://www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/>

yritysmuotoisten maatilojen osuus oli 5 % maatilojen kokonaismäärästä ja ne tuottivat 75 % maataloustuotannosta. Suurten yritysten käytössä oli 55 % maatalousmaasta ja 83 % karjasta. Luomuviljely osuus Virossa suurenee. Vuonna 2010 luomuala oli 122 000 ha (mukaan lukien siirtymävaiheessa oleva pelto). Se on 13 % Viron maatalousmaan määrästä³. Maatalouden rakennemuutosta ohjaa ennen kaikkea se, että viljelijöiden on tuotettava entistä enemmän taatakseen itselleen riittävän toimeentulon. Ainakin osittain tähän suuntaan ohjaavat myös suomalaiset sukupolvenvaihdoksen säännökset. Täysien sukupolvenvaihdostukien saamiseksi tilan on oltava elinkelpoinen ja tilan jatkajan on saatava tilasta vähintään 17 000 euron yrittäjätulo. Jatkajan pitää lisäksi olla alle 40-vuotias ja hänellä on oltava maatalousalan koulutus. LFA- ja ympäristötukien saamisen ehtona on, että viljelijä on alle 65-vuotias⁴. Edellä esitettyjen muutostrendien ja tukisäännösten vaikutusta maatilojen energiankulutukseen ei ole tutkittu. Energiankulutukseen vaikuttanevat kuitenkin muutostrendejä ja tukisäännöksiä enemmän energian saatavuus ja hinta sekä tavoitteet kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseksi. Tutkimuksen avulla on tähän mennessä osoitettu tuotannon suurimmat energiapanokset ja on ryhdytty etsimään keinoja energian säästämiseksi ja energian käytön tehostamiseksi. Energian säästämiseen ja kasvihuonekaasujen vähentämiseen yritetään löytää kustannustehokkaimmat ratkaisut. Talousajattelu vaikuttaa vahvasti toimenpiteiden valintaan. Energian säästäminen ja kasvihuonekaasujen vähentäminen eivät saisi vaarantaa talouden kasvua eivätkä vähentää oleellisesti tuotannon määrää.

Taulukon 5.1 tarkoituksena on antaa taustatietoa tilojen, eläinmäärien ja tuotannon kehityksestä viimeisen kymmenen vuoden aikana Suomessa ja Virossa. Taulukossa on esitetty tulevasta kehityksestä arvioita, jotka ovat osin peräisin kirjallisuudesta ja osa on kirjoittajien tekemiä. Arviot perustuvat 'Business as usual' – ajatteluun, eli jäljelle jäävät viljelijät ovat valmiita ottamaan vastaan tilan kasvun mukanaan tuomat riskit ja suuren työmäärän. Jossain vaiheessa kehitys menee ehkä niin pitkälle, että perheviljelmistä siirrytään yrityksiin, jotka maksavat työntekijöilleen palkkaa ja yhtiö kantaa taloudellisen vastuun. Taulukon 5.1 lähteet⁵.

³Valdvee, E., Klaus, A. 2012. Põllumajanduse trandid ja hetkeseis 2010. aasta loenduse andmetel. Eesti Statistika kvartalikirjuri 1/2012

⁴ProAgria 2012. Sukupolvenvaihdos maatilalla. Saatavissa internetistä: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/proagria_etelapohjanmaa/ajankohtais-ta/sukupolvenvaihdos%20OPAS%20helmi%202012.pdf

⁵Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus – TIKE 2011. Maatilatilastollinen vuosikirja 2011. 269 s. Saatavissa internetistä: <http://www.maataloustilastot.fi/node/1131>

Pyykkönen, P., Lehtonen, H. & Koivisto, A. 2010. Maatalouden rakennekehitys ja investointitarve vuoteen 2020. Pellervon taloustutkimus PTT. PTT Työpapereita 125. 24 p. Saatavissa internetistä: http://www.ptt.fi/dokumentit/tp125_1111100930.pdf

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus – TIKE 2012a. Maatalous- ja puutarhayritysten työvoima. Maatalouslaskenta 2010. Saatavissa internetistä: <http://www.maataloustilastot.fi/e-lehti/index.html>

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus – TIKE 2012b. Maatalouslaskenta 2010. Kastelu avomaalla ja energiankulutus. Saatavissa internetistä: <http://www.maataloustilastot.fi/node/2642>

Suomen Biokaasuyhdistys 2012. Biokaasulaitosrekisteri: http://www.biokaasuyhdistys.net/index.php?option=com_content&view=category&id=37&layout=blog&Itemid=61

Eesti Statistikaamet. Saatavissa internetistä: <http://pub.stat.ee/px-web.2001/dialog/statfile2.asp>

Taulukko 5.1: Maatalouden kehitystä kuvaavia lukuja Suomesta ja Virossa vuosina 2000 ja 2012 sekä arvio vuoteen 2020.

	Suomi			Viro	
	2000	2010	2020, arvio	2000	2010
Viljelyksessä oleva peltopinta-ala, milj. ha	2,21	2,30	2,30	0,87	0,94
Tilojen lukumäärä, kpl	79 800	62 800	45 000	55 702	19 460
Keskimääräinen peltopinta-ala, ha	28,0	36,7	47,0	15,6	48,4
Maitotiloja, kpl	22 900	11 300	5 000	17 527	3 520
Lehmiä, kpl	364 100	289 300	255 000	127 969	96 263
Maidontuotanto, milj. litraa	2 450	2 268	2 200	663	656
Sikatiloja, kpl	4 300	2 100	1 000	11 791	1 549
Sikoja, milj. kpl	1,30	1,37	1,30	0,33	0,39
Viljatilajoja, kpl	26 700	24 400	20 000	20 542	5 728
Maataloudessa työskentelevän väestön määrä	184 400	125 000	100 000	140 643	57 836
Viljelijän keski-ikä	48	51	53	NA	NA
Energiakasvien viljelyala, ha	500	17 000	5 000 – 30 000	NA	NA
Maatilojen suora energian kulutus, TWh	NA	10	9	1,2	1,1
Uusiutuvan energian osuus maatilojen suorasta energiankulutuksesta, %	NA	40	50	3,3	0,9
Maatilakoon biokaasulaitoksia, kpl	6	10	30	0	1

5.2 Tilakoko ja eläinmäärä

Talouden kehitys edellyttää työn tuottavuuden lisäämistä. Maataloudessa tämä tarkoittaa sitä, että yksi viljelijä viljelee entistä suurempaa pinta-alaa ja hoitaa entistä suurempaa määrää eläimiä. Suomessa tilojen keskimääräinen peltopinta-ala kasvaa nykyvauhilla vuoteen 2020 mennessä 37 hehtaarista 47 hehtaariin, lehmien määrä lisääntyy 24:stä 51:een ja lihasikojen määrä 275:stä 430:een. Vaikka tilojen ja viljelijöiden määrä vähenee, tuotannon odotetaan säilyvän likimain nykyisellä tasolla, mikäli investointeja tilakoon kasvattamiseen tuetaan edelleen. Virossa maatilojen ja maataloustyöntekijöiden määrä väheni oleellisesti vuosina 2001 – 2010. Maataloudessa työskenteli vuonna 2010 enää 58 000 työntekijää, joka oli 40 % vuoden 2001 työntekijämäärästä. Aktiivisesti toimivien yritysten määrä väheni 36 000, mutta tuotantotaso ei laskenut oleellisesti. Viljeltävä peltopinta-ala ja sikojen lukumäärä jopa kasvoi. Maatalousyritysten kapasiteetin ja työn tuottavuuden kasvun aiheuttajina ovat uuden teknologian käyttöönotto sekä tuotannon keskittyminen suurempiin yksiköihin. Virossa ei jatkossa odoteta tapahtuvan näin suuria muutoksia. Maatalouden strategisia prioriteetteja ovat resurssien säästäminen ja ympäristöystävällinen tuotanto. Oleellisena pidetään myös osaamisen, kilpailukyvyyn ja yritysten elinvoimaisuuden edistämistä. Erillisillä toimenpiteillä pyritään tukemaan maataloudessa toimivia yrityksiä ja järjestöjä, takaamaan maaseudun elinympäristön korkea taso, maaseudun yritystoiminnan monipuolisuus,

tuotantoperustan säilyminen sekä väestön elintarviketarpeen tyydyttäminen^{1,6,7}.

Työn tuottavuuden lisäämiseksi viljelijöiden on otettava käyttöön entistä tehokkaampaa tekniikkaa, jonka käyttövoimana on useimmiten dieselpolttoaine tai sähkö. Tämä ei lisää energian kulutusta tuotettua yksikköä kohden, vaan pikemminkin vähentää sitä. Työt on jo tähänkin asti tehty koneilla ja suuremmilla tiloilla koneet ovat todennäköisesti hyvin tarkoitukseensa sopivia ja niille on paljon käyttöä. Suurilla tiloilla on myös paremmat taloudelliset edellytykset toteuttaa energiaa säästäviä investointeja sekä investoida uusiutuvan energian käyttöön. Rakennekehitys on siis toivottavaa kehitystä energiatehokkuuden lisäämiseksi. Viljelijöiden korkea keski-ikä nopeuttaa rakennekehitystä, koska viljelyä jatketaan vain osalla eläköityvistä tiloista. Viljelijät ovat keskimäärin 10 vuotta vanhempia kuin muu työssä käyvä väestö⁸.

5.3 Tilan johto

Tilojen suureneminen edellyttää viljelijöiltä hyvää kykyä organisoida ja hallita monia asioita samanaikaisesti. Viljelijän rooli muuttuu yhä enemmän työntekijästä työnjohtajaksi, jolla on myös taloudellinen vastuu tilan menestymisestä. Luonnontieteiden (biologia, fysiikka, kemia), tekniikan ja taloustieteiden perusteiden osaaminen sekä selkä looginen päättelykyky auttavat tekemään oikeita johtopäätöksiä. Viljelijän pitäisi seurata valppaasti kehitystä ja kyetä soveltamaan harkiten parhaita uusia innovaatioita. Kasvavan tietotulvan vuoksi, tilalla on hyvä olla lyhyen ja pitkän tähtäyksen kehittämissuunnitelmat, koska ne auttavat seulomaan tilan kehittämisen kannalta oleellisen tiedon. Maatila on entistä enemmän yritys, jota johdetaan taloudellisin perustein. Töiden ulkoistaminen tilan ulkopuoliselle urakoitsijalle on yleisempää kuin nykyisin. Osaaminen ja pääoma keskitetään siihen, mikä on tilan tuotannon kannalta keskeistä. Odotettavissa on, että myös tilan johtamiseen ja tuotantoketjujen suunnitteluun tulee siihen erikoistuneita henkilöitä ja yrityksiä. Nytkin on jo saatavissa energiaselvityksiin koulutettuja henkilöitä tekemään kartoituksen ja suunnitelman. Maataloudessa sää on tärkeä satunnaismuuttuja, joka vaikuttaa monien töiden toteuttamiseen ja joka pakottaa muuttamaan suunnitelmia jopa monta kertaa päivässä. Joustavuutta ja mukautumiskykyä tarvitaan, jotta resurssit tulevat järkevästi hyödynnettyä ja tilan toiminnan kannalta oleelliset työt tehtyä. Modernin tieto- ja viestintäteknikan hyvä hallinta auttaa suunnittelussa, dokumentoinnissa, talouden seurannassa sekä yhteydenpidossa työntekijöihin, viranomaisiin, tavaroiden ja palveluiden toimittajiin ja tuotteiden ostajiin. Energia on maatilalle välttämätön tuotantopanosa siinä kuin pelto, siemenet ja kotieläimetkin. Energian käyttöä ohjaavat energian hinta, energiapanosten vaikutus tuotannon määrään ja laatuun sekä tuotteista saatava hinta. Energiapanosten osuus maatalouden tuotantokustannuksista on noussut ajanjaksolla 2004 – 2011 viidestä prosentista kahdeksaan ja puoleen prosenttiin⁹. Jos energian suhteellinen osuus kustannuksista nousee edelleen, motivaatio energian säästämiseen lisääntyy. Energian hinnan nousu vaikuttaa suorien energiapanosten lisäksi lannoitteiden ja rehujen hintaan. Investointeja tehtäessä energiatehokkaiden ratkaisujen kilpailukyky paranee. Energian tuottaminen

⁶Eesti Maaelu Arengukava 2014-2020. Saatavissa internetistä: <http://www.agri.ee/mak2014-2020/>

⁷Konkurentsivõime kava 'EESTI 2020'. Saatavissa internetistä: <http://valitsus.ee/et/riigikantslei/eesti2020>

⁸Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus – TIKE. Maatalouslaskenta 2010. Maatalous- ja puutarhayritysten työvoima. Saatavissa internetistä: <http://www.maataloustilastot.fi/e-lehti/index.html>

⁹Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus – MTT 2012. Taloustohtori. Kustannuserittely. Saatavissa internetistä: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kokonaislaskenta/aikasarja/kustannuserittely>

maatilalla pehmentää ostoenergian hinnan nousun vaikutusta maatalan tuotantoon ja antaa mahdollisuuden hyötyä hinnan noususta, jos energiaa myydään tilan ulkopuolelle. Tilan johdon myönteinen ja kannustava suhtautuminen energian säästöön voi lisätä energiatehokkuutta monin tavoin. Työkoneet huolletaan säännöllisesti ja viat korjataan heti niiden ilmaannuttua. Koneiden oikeaan säätöön kiinnitetään huomiota. Energian kulutusta seurataan ja ryhdytään toimenpiteisiin energian kulutuksen vähentämiseksi ja tehostamiseksi, jos kulutus on keskimääräistä suurempaa. Rakennuksissa pidetään tarkoituksenmukainen lämpötila ja ilmanvaihtoa säädetään tarpeen mukaan. Valaistukseen käytetään vähän energiaa kuluttavia lamppumalleja ja valot sammutetaan, kun niitä ei tarvita. Hankinnoissa suositetaan energiaa vähän kuluttavia koneita ja laitteita. Tilojen tuotantomenetelmät automatisoivat. Tilan tehokkuutta pystytään lisäämään, kun ihmisiä korvataan koneilla. Automaatio tuo mukanaan kaksi hyvää ja yhden huonon asian. Hyvänä asiana tulee työn tarkkuus. Kone tekee työn tarkasti ja huolehtii automaattisesti esimerkiksi peltotuotannossa lannoitteiden ja torjunta-aineiden oikeista määristä. Automaatio mahdollistaa myös tiedonkeruun. Töistä ja energian kulutuksista saadaan kerättyä tietoa ja sen avulla voidaan analysoida energian ja tuotantopanosten käyttöä. Automaation huonona puoleena on siihen tulevien vikojen ja häiriöiden korjaaminen. Koneet ja niiden ohjausjärjestelmät ovat monimutkaisia ja niissä on paljon elektroniikka mukana. Yhden euron osan rikkoontuminen voi pysäyttää koko tuotantoketjun kunnes paikalla saadaan huoltomies.

5.4 Energian käytön seuranta

Energian käyttöä maatilalla on toistaiseksi tutkittu vähän, koska se ei ole ollut esimerkiksi rehun kulutuksen veroinen kustannustekijä¹⁰. Energian käytöstä on useimmiten karkea käsitys sähkölaskujen ja polttoaineostojen perusteella. Tarkempi energian kulutuksen seuranta auttaisi tunnistamaan paljon energiaa kuluttavat tuotantopanokset, jolloin myös säästötoimet osattaisiin kohdentaa oikein. Viron maataloudessa (kalatalous mukaan luetuna) käytettiin vuonna 2010 energiaa 1,1 TWh, josta uusiutuvan energian osuus oli 0,9 %. Maatalouskoneiden polttoaineenkulutus oli noin puolet maataloudessa käytetystä energiasta. Energiatehokkuutta pyritään parantamaan säästämällä rakennusten lämmityksessä, vähentämällä tuotannon hävikkiä ja säästämällä polttoainetta kuljetuksissa. Kasvinviljelytöissä energian käytön seuraamiseen tarvittaisiin mittauslaite, joka rekisteröisi polttoaineen kulutuksen peltotöissä halutulta ajanjaksolta. Tällöin olisi mahdollista tehdä lohko-, ja kasvikohtaisia muistiinpanoja polttoaineen kulutuksesta. Samaan lopputulokseen päästäisiin tankkaamalla työkone aina työvaiheen jälkeen, mutta se jää todennäköisesti tekemättä työläytensä vuoksi. Energian käytön seuranta pitäisi olla helppoa tai mielellään jopa automaattista, jotta saataisiin riittävästi luotettavaa mittaustietoa energiansäästötoimien suunnittelemiseksi. Tutkimuksen tavoitteena onkin järjestelmä, jossa polttoaineenkulutus tallennetaan lohko-kohtaiseen kirjanpitoon samalla tavoin kuin, siemenet, lannoitteet ja kasvinsuojeluaineet. Tällöin pellolla liikkuva kone ja tilatietokone ovat verkon välityksellä yhteydessä toisiinsa. Samaan järjestelmään on ajateltu liittää myös viljankuivuri, jolta tuleva tieto sisältää kuivattavan tavaran alkuperän ja laatu-tietojen lisäksi kuivaamisen käytetyn energiamäärän. Koska lajikkeen kasvuaika vaikuttaa korjuukosteuteen, kuivaamisen energiankulutuksen parempi tunteminen voisi olla nykyistä konkreettisemmin lajikevalinnan perusteena. Kotieläintaloudessa rehujen tuotanto on keskeinen energiapanos ja

¹⁰Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus – TIKE 2011. Maatilatilastollinen vuosikirja 2011.

sen energiankulutuksen seuranta voidaan toteuttaa samoin kuin muidenkin viljelykasvien. Kotieläinrakennuksissa käytettävien koneiden (rehun valmistus ja jako, lannanpoisto, maidonkäsittely, ilmastointi, valaistus, vesihuolto) käyttövoimana on useimmiten sähkö. Olisi suotavaa, että sähkökeskuksia ja karjatalouskoneita kehitettäisiin siten, että ne rekisteröisivät käyttökohteiden sähkön kulutuksen samalla tavoin kuin etäluettavat sähkömittarit rekisteröivät sähkön kokonaiskulutuksen. Kulutusmittareiden asentaminen jälkikäteen on osoittautunut hankalaksi ja mittareiden säännöllinen lukeminen unohtuu kiireessä helposti. Koneisiin ja laitteisiin voitaisiin valmiiksi rakentaa energian kulutusmittarit. Yhdistettynä jo niissä oleviin näyttöihin saataisiin melko edullisesti myös konekohtainen kulutuslukema. Ainakin yksi verkkoyhtiö Suomessa tarjoaa asiakkailleen palvelua, joka mahdollistaa laitekohtaisen sähkönkulutuksen seurannan¹¹. Palvelun käyttöönotto edellyttää, että asiakkaalla on etäluettava sähkömittari. Mittaustietojen avulla voitaisiin laskea ominaiskulutuksia kuten esimerkiksi MJ/kg viljaa, maitoa tai lihaa. Kun näitä lukuja olisi saatavissa tutkimuksista ja muilta tiloilta, voitaisiin verrata oman tilan energian käyttöä muihin. "Benchmarking" olisi hyvin suositeltava tapa edistää energiatehokkuutta.

5.5 Pellon käyttö bioenergian tuotantoon

EU on asettanut direktiivissä 2009/28/EC jäsenmailleen tavoitteet uusiutuvan energian tuottamiseksi. Tavoitteet vaihtelevat maittain. Viron tavoite on 25 % ja Suomen 38 %. Bioenergialla on tavoitteiden saavuttamisessa tärkeä rooli. Suomessa ruokohelven viljely energiakäyttöön yleistyi nopeasti 2000-luvulla, mutta kasvu taittui 2008 ja kääntyi selvään laskuun 2010¹⁰. Helpialan kasvun taittumiseen ovat vaikuttaneet viljan hinnan nousu, päästöoikeuksien alhaiset hinnat, tekniset vaikeudet poltossa sekä helpeä polttavien laitosten pieni määrä¹². Helpeä tuotettiin ylimäärin käyttöön nähden ja sen seurauksena tuotannon kasvu taittui. Suomen Bioenergiayhdistyksen esityksen mukaan helpialan piti olla 50 000 ha vuonna 2010 ja sen piti kasvaa siten, että se olisi 100 000 ha vuonna 2015 ja 150 000 ha vuonna 2020¹³. Nyt näyttää kuitenkin siltä, että ruokohelvestä ei tule merkittävää energiakasvia. Kun muidenkin energiakasvien viljely (rypsi biodieseliksi, kaura poltettavaksi, nurmi biokaasun tuotantoon, paju) on lähinnä koeluontoista, pellon käyttö energiakasvien viljelyyn näyttäisi olevan vähäistä myös lähitulevaisuudessa.

Kasvijätteen hyödyntäminen voi sen sijaan lisääntyä. Nykyisin olki, naatit ja varret jäävät suurimmaksi osaksi peltoon. Syysviljojen olkea voitaisiin käyttää polttoon ja olkea voitaisiin käyttää jossain määrin biokaasutuotannossa. Ongelmana oljen käytössä on korjuun sääriskit ja samanaikaiset maatalan työhuiput.

Puu on tällä hetkellä maatalojen ehdottomasti tärkein uusiutuvan energian lähde (~40 %¹⁴) ja sen osuutta on mahdollista edelleen lisätä asuin- ja tuotantorakennusten lämmittämiseen. Useimmilla maataloilla on omaa metsää, josta voidaan korjata polttopuuta omaan käyttöön. Puun käyttöön lämmityksessä on olemassa koeteltua tekniikkaa ja investointikustannukset puulämmitykseen ovat pienemmät kuin esimerkiksi biokaasun, tuulivoiman, vesivoiman tai nestemäisten polttoaineiden tuotantoon.

¹¹Vattenfall 2012. Energywatch. Saatavissa internetistä: <http://www.vattenfall.fi/fi/energywatch.htm>

¹²Mustonen, E. 2012. Vapo leikkaa rajusti helpituotantoa ja myy kolmasosan helpipelloistaan. Käytännön Maamies 61, 2/2012: 6 – 10.

¹³Suomen bioenergiayhdistys 2007. Peltoenergiastrategia. Saatavissa: <http://www.finbio.fi/default.asp?SivuID=25684>

¹⁴Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus – TIKE 2012b. Maatalouslaskenta 2010. Kastelu avomaalla ja energiankulutus. Saatavissa internetistä: <http://www.maataloustilastot.fi/node/2642>

Viron luonnonolot suosivat metsä- ja maatalousmaan tehostettua käyttöä elintarvikkeiden, puunjalostustarvikkeiden ja bioenergian tuotantoon. Yksi tavoite on vähentää kuljetusalan ympäristövaikutuksia käyttämällä biokaasua liikennepolttoaineena¹⁵. Vuoden 2010 lopussa Virossa oli yksi maatilan biokaasulaitos. Uusiutuvan energian investointituella lähdettiin vuonna 2012 rakentamaan neljää uutta lannalla ja biomassalla toimivaa biokaasulaitosta. Vuoteen 2020 asti aiotaan jatkuvasti edistää biokaasun käyttöönottoa. Uusien biokaasulaitosten perustamiseen vaikuttaa vuonna 2013 voimaan tuleva tukijärjestelmä biometaanin tuottamisen sekä uusiutuvien energialähteiden käyttöönoton edistämiseksi.

Virolaisen uusiutuvien energialähteiden edistämiseksi laaditun toimintasuunnitelman mukaan monipuolistetaan maaseudun taloustoimintaa ja sen yhtenä toimenpiteenä on investointitukien myöntäminen¹⁶. Koska energiakasvien viljely kilpailee viljelyskelpoisen maan käytöstä ruoka- ja rehut tuotannon kanssa, se täytyy ottaa huomioon arvioitaessa kasvumarginaaleja. Teoreettisesti Virossa voitaisiin viljellä energiakasveja maatalouskäytöstä pois jääneellä runsaan 300 000 hehtaarin alalla¹⁷. Energiakasvien viljelyä ei ole vielä aloitettu, koska peltobiomassalle ei ole kysyntää. Lisäksi kokemusta energiakasvien viljelystä on vähän. Vuonna 2012 Viron uusiutuvan energian sekä Viron ympäristöseurojen yhdistykset julkistivat suunnitelman, jonka mukaan uusiutuvien energialähteiden avulla voitaisiin tuottaa kaikki sähkö- ja lämpöenergia koko Viron alueella. Suunnitelma edellyttää, että 20 % nykyisistä kesantomaista (noin 65 000 ha), 30 % osittain luonnon tilassa olevista maista (9 000 ha) sekä 5 % viljelyksessä olevista maista (41 500 ha) käytettäisiin bioenergian tuotantoon¹⁸.

5.6 Luomu-, monitoimi- ja harrastusmaatilat (hevostilat, sivutoimiviljely)

Luomu-, monitoimi- ja harrastusmaatilojen määrä on jopa kasvanut Suomessa vuosina 2005 – 2008¹. Kasvu johtui luomuviljelyn yleistymisestä sekä siitä, että tähän ryhmään siirtyi lopettavia kotieläintiloja. Hevostilojen lukumäärä on ollut vähän yli 2000 15 vuoden ajan ja hevosten määrä on 1980-luvulta yli kaksinkertaistunut (72 300 vuonna 2009). Kasvu näyttää edelleen jatkuvan¹⁰. Hevosten määrä tilaa kohden on siis lisääntynyt. Hevostalous on pitkään ollut yksi harvoja kasvavia maataloustuotannon aloja. Myös luomutilojen tuotteille näyttäisi olevan jopa lisääntyvää kysyntää. Tämän heterogeenisen tilaryhmän osalta on vaikeaa ennustaa tulevaisuuden kehitystä, mutta tilojen määrä säilynee ennallaan, koska tuotantoon liittyy usein muitakin tavoitteita kuin taloudellisen voiton tavoittelu. Tilojen omistajilla on usein tuloja maatalouden ulkopuolelta ja tuotantoa voidaan harjoittaa ulkopuolisten tulojen turvin, vaikka tilan taloudellinen tulos olisikin heikko. Virossa tietoisuus terveellisten elintapojen suotuisesta vaikutuksesta kasvaa ja luomuviljelyn odotetaan laajenevan. Vuonna 2010 luomuviljeltyä maata oli noin 122 000 hehtaaria (13 % viljelyalasta). Luomutuotteiden valmistajia oli 1 331. Luomutuotteista on Virossa 2/3 kotieläintuotteita. Eniten on laajentunut lampaiden sekä nautakarjan kasvatusta (puolet Viron lampaista on luomulampaita). Muiden eläinten osuus on pysynyt luomutiloilla suurin

¹⁵Konkurentsivõime kava 'EESTI 2020'. Saatavilla: <http://valitsus.ee/et/riigikantselei/eesti2020>

¹⁶Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020. Saatavilla: http://www.mkm.ee/public/nreap_EE_final_101126.pdf

¹⁷Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013. Saatavilla: <http://www.agri.ee/public/juurkataloog/BIOENERGEETIKA/bioenergia.pdf>

¹⁸100% üleminek taastuvenergiale aastaks 2030 Eesti elektri- ja soojamajanduses, Eesti Taastuvenergia Koda ja Eesti Keskkonnamühenduste Koda 2012. Saatavilla: <http://www.goal.ee/taastuv/te100kava.pdf>

piirtein ennallaan. Valtiollisen maaseudun kehityssuunnitelman prioriteettina on vuosina 2014 – 2020 edistää pieniin tuotantopanoksiin perustuvaa tuotantoa maataloustuotannon ympäristöystävällisyyden lisäämiseksi. Vaikka luomutuotannossa kulutettaisiin vähän energiaa laskettuna hehtaaria tai lehmää kohden, energiankäyttö ei välttämättä ole perinteistä tuotantoa tehokkaampaa, kun kulutus lasketaan tuotettua kiloa tai litraa kohden.

Maatila vuonna 2020

- Tilaa johtaa yhä useammin monipuolisen koulutuksen saanut maatalouden ammattilainen.
- Tilojen keskimääräinen peltopinta-ala on kasvanut vuodesta 2010 25 % ja eläinmäärät ovat kaksinkertaistuneet.
- Työt tehdään tehokkailla koneilla.
- Tietotekniikkaa käytetään entistä monipuolisemmin tiedon hankinnassa, tuotannon suunnittelussa, tuotannon ohjauksessa, dokumentoinnissa, talouden ja tuotannon seurannassa sekä yhteydenpidossa työntekijöihin, viranomaisiin, tavaroiden ja palveluiden toimittajiin ja tuotteiden ostajiin.
- Töiden ulkoistaminen ulkopuoliselle urakoitsijalle on yleisempää kuin tällä hetkellä.
- Koneiden automaatio on lisääntynyt ja energian käyttöä mitataan ja seurataan monipuolisesti. Mitattua tietoa käytetään hyväksi suunniteltaessa energian säästämistä ja energian käytön tehostamista.
- Puu on maatilojen tärkein uusiutuva energianlähde ja sen käyttö lämmitykseen on lisääntynyt nykyisestä. Myös maalämmön käyttö asuinrakennusten lämmittämiseen yleistyy. Uusiutuvaa energiaa käytetään, kun se on taloudellisesti kannattavaa.
- Bioenergiakasvien viljely on vähäistä, mutta kasvinjätteitä hyödynnetään energiantuotantoon nykyistä enemmän.



ISBN 978-952-10-4325-3 (PRINT)
ISBN 978-952-10-4326-0 (ONLINE)
ISSN 1798-7407 (PRINT)
ISSN 1798-744X (ONLINE)
ISSN-L 1798-7407

Electronic publication at <http://enpos.weebly.com/>

Unigrafia, 2013



CENTRAL BALTIC
INTERREG IV A
PROGRAMME
2007-2013



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE