

---

CBC 2014-2020  
SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA

# **RUSSIAN-FINNISH BIOECONOMY COMPETENCE CENTRE – BIOCOM**

Cross Border Co-operation on Bioeconomy  
and Energy Efficiency of Farms

Tuija Ranta-Korhonen ja Leena Pekurinen (toim.)



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu



CBC 2014-2020  
SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA

Funded by the European Union,  
the Russian Federation and  
the Republic of Finland.

Tuija Ranta-Korhonen ja Leena Pekurinen (toim.)

# **RUSSIAN-FINNISH BIOECONOMY COMPETENCE CENTRE - BIOCOM**

Cross Border Co-operation  
on Bioeconomy and Energy  
Efficiency of Farms



**IEEP**  
BRANCH OF FSAC VIM



XAMK KEHITTÄÄ 154

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU  
MIKKELI 2021

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Manu Eloaho

Julkaisun kuvat: Evgeniy Timofeev, Anna Efimova, Sergey Mateychik,

jollei muuta mainita

Taitto ja paino: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-345-7 (nid.)

ISBN: 978-952-344-346-4 (PDF)

ISSN: 2489-2467 (nid.)

ISSN: 2489-3102 (verkkajulkaisu)

[julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

# LUKIJALLE

Maatilojen energiatehokkuuden parantaminen sekä uusiutuvan energian käyttö auttavat parantamaan maatalouden kannattavuutta. Lisäksi niillä on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa. Kaakkois-Suomi ja Leningradin alue ovat luonnonoloiltaan samankaltaisia ja niinpä alueella harjoitettavan maatalouden kehittäminen kansainvälisen, rajat ylittävän yhteistyön keinoin palvelee molempien alueiden intressejä.

Maatalouden teknologian ja ympäristöongelmien insituutin, Leningradin alueen energiansäästökomitean ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun vuosina 2019–2021 toteuttamassa Russian-Finnish Bioeconomy Centre – BioCom -hankkeessa energiatehokkuuden parantamista ja uusiutuvan energian käyttöönottoa edistettiin koulutuksen, tiedonvälityksen, mallinnuksen ja energiakatselmoinnin sekä case-tarkastelun avulla. Hankkeessa perustettu Biotalous koulutuskeskus palvelee jatkossakin eri kohderyhmiä hankealueella.

Hankkeeseen osallistuivat pilot-mautiloina Suomen puolella Farmila Oy ja Harjun Maatalous Oy sekä Venäjän puolella maatalousyhtiö ”Pervomajjskij”. Pilot-tilojen osallistuminen hankkeen toteuttamiseen oli olennaista hankkeen onnistumisen ja tulosten kannalta. Olemmekin erittäin kiitollisia tilojen panoksesta. Kiitos myös rahoittajalle, eli Kaakkois-Suomi – Venäjä CBC 2014–2020 -ohjelmalle hankkeen rahoittamisesta.

Mikkelissä ja Pietarissa 31.5.2021

*Tekijät*

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Повышение энергоэффективности фермерских хозяйств и использование возобновляемых источников энергии поможет повысить рентабельность сельского хозяйства. Кроме того, им предстоит сыграть важную роль в борьбе с изменением климата. Юго-Восточная Финляндия и Ленинградская область имеют схожие природные условия, и поэтому развитие сельского хозяйства в регионе в рамках международного трансграничного сотрудничества служит интересам обоих регионов.

”Российско-Финляндский центр компетенций в сфере биоэкономики БИОКОМ” – проект, реализуемый Институтом агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиалом Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ГКУ ЛО «Центр энергосбережения и повышения энергоэффективности Ленинградской области» и Университетом прикладных наук Юго-Восточной Финляндии в 2019–2021 г., способствовал повышению энергоэффективности и внедрению возобновляемых источников энергии посредством обучения, обмена информацией, моделирования, энергетического обзора и практических кейсов. Учебный центр по биоэкономике, созданный в рамках проекта, будет продолжать обслуживание различных целевых групп на территории проекта.

В качестве пилотных хозяйств с финской стороны в проекте приняли участие Farmila Oу и Narjun Maatalous Oу, а с российской стороны - ООО ”Сельскохозяйственное Предприятие ”Первомайское”. Участие пилотных хозяйств в реализации проекта было необходимо для успеха проекта и достижения его результатов. Поэтому мы очень благодарны фермам за их вклад. Мы также благодарим спонсора, т.е. программу ПС «Россия-Юго-Восточная Финляндия» 2014–2020 г., за финансирование проекта.

В St. Michel и Санкт-Петербурге 31 мая 2021 г.

*Авторы*

# PREFACE

Improving the energy efficiency of farms and the use of renewable energy will help to improve the profitability of agriculture. In addition, they have an important role to play in combating climate change. Southeastern Finland and the Leningrad region have similar natural conditions, and thus the development of agriculture in the region through international, cross-border co-operation serves the interests of both regions.

The Russian-Finnish Bioeconomy Center – BioCom project implemented by the Institute of Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) – a branch of Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM, State Government Institution ”Center for Energy Conservation and Energy Efficiency of the Leningrad Region” and the South-Eastern Finland University of Applied Sciences in 2019–2021 promoted the improvement of energy efficiency and the introduction of renewable energy through training, communication, modeling and energy review, as well as case studies. The Bioeconomy Training Center established in the project will continue to serve various target groups in the project area.

Farmila Oy and Harjun Maatalous Oy on the Finnish side participated in the project as pilot farms, and the agricultural enterprise “Pervomaiskiy” on the Russian side. The involvement of the pilot farms in the implementation of the project was essential for the success and results of the project. We are therefore very grateful for the input of the farms. We also thank the funder, i.e. the Southeast Finland – Russia CBC 2014–2020 program for funding the project.

In St. Michel and St. Petersburg on May 31, 2021

*Authors*

# TEKIJÄT

**ANDREI F. ERK**, TkT, “Maatalouden ekologia ja energiatalous” -laboratorion johtaja  
Maataloustuotannon tekniikan ja ympäristöongelmien instituutti – Valtiollisen tieteellisen  
tutkimuslaitoksen “Valtiollinen maataloustekninen keskus VIM” sivupiste

**ЭРК АНДРЕЙ ФЕДОРОВИЧ**, Канд. техн. наук заведующий лабораторией  
«Экология в энергообеспечении сельского хозяйства»

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного  
производства - филиал Федерального государственного бюджетного научного  
учреждения “Федеральный научный агроинженерный Центр ВИМ

**ANDREY F. ERK**, D.Sc. (Tech.), chief of laboratory “Ecology in power supply of ag-  
riculture”

Institute of Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) - a  
branch of Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM (St. Petersburg, Russia)

**MIIKA HÄMÄLÄINEN**, Tradenomi (AMK), projektitutkija

Каакоис-Суомен ammattikorkeakoulu

**МИИКА ХЯМЯЛЯЙНЕН**, Бакалавр ( Бизнес-администрирование), научный  
сотрудник

Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии

**MIIKA HÄMÄLÄINEN**, BBA, Project researcher,  
South-Eastern Finland University of Applied Sciences

**ANNA N. JEFIMOVA**, Insinööri “Maatalouden ekologia ja energiatalous”-laboratorion  
pääinsinööri

Maataloustuotannon tekniikan ja ympäristöongelmien instituutti – Valtiollisen tieteellisen  
tutkimuslaitoksen “Valtiollinen maataloustekninen keskus VIM” sivupiste

**ЕФИМОВА АННА НИКОЛАЕВНА**, Инженер, ведущий инженер лаборатории  
«Экология в энергообеспечении сельского хозяйства»

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного  
производства - филиал Федерального государственного бюджетного научного  
учреждения “Федеральный научный агроинженерный Центр ВИМ”

**ANNA N. EFIMOVA**, Engineer, Senior engineer of laboratory “Ecology in power supply  
of agriculture”

Institute of Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) - a  
branch of Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM (St. Petersburg, Russia)

**MERIKE KANGAS**, Insinööri AMK, projektitutkija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

**МЕРИКЕ КАНГАС**, Инженер (экологическая технология), Научный сотрудник

Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии

**MERIKE KANGAS**, Engineer (Environmental technology), Project researcher

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

**ELISA KORHONEN**, Insinööri AMK, projektityöntekijä

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

**ЭЛИСА КОРХОНЕН**, Инженер (экологическая технология), Проектный сотрудник

Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии

**ELISA KORHONEN**, Engineer (Environmental technology), Project worker

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

**VIKTORIA NADAS**, DI (Eng.), Projekti-insinööri

Equa Simulation Finland Oy

**ВИКТОРИЯ НАДАС**, Мастер технических наук, Проектный Инженер

Компания “Equa Simulation Finland Oy”

**VIKTORIA NADAS**, M. Eng., Project Engineer

Equa Simulation Finland Ltd.

**LEENA PEKURINEN**, Insinööri YAMK, projektitutkija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

**ЛЕЭНА ПЕКУРИНЕН**, Инженер (экологическая технология), Научный сотрудник

Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии

**LEENA PEKURINEN**, M. Eng. (Environmental technology), Project researcher

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

**KEIJO PIIRAINEN**, Insinööri AMK, laboratorioinsinööri

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

**КЕЙЁ ПИИРАЙНЕН**, Инженер (строительная технология), Лабораторный инженер

Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии

**KEIJO PIIRAINEN**, Engineer (Building technology), Laboratory Engineer

South-Eastern Finland University of Applied Sciences



**TUIJA RANTA-KORHONEN**, FM, insinööri AMK, TKI-asiantuntija

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

**ТУЙЯ РАНТА-КОРХОНЕН**, Магистр, инженер (экологическая технология),

Специалист по исследованию и развитию

Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии

**TUIJA RANTA-KORHONEN**, MA, Engineer (Environmental technology & Building technology), R&D Specialist

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

**VALDEMAR A. RAZMUK**, Insinööri, Maatalouden ekologia ja energiatalous” -laboratorion johtava asiantuntija, Maataloustuotannon tekniikan ja ympäristöongelmien instituutti – Valtiollisen tieteellisen tutkimuslaitoksen “Valtiollinen maataloustekninen keskus VIM” sivupiste

**РАЗМУК ВАЛЬДЕМАР АЛЕЙЗОВИЧ**, Инженер, главный специалист лаборатории «Экология в энергообеспечении сельского хозяйства»

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения “Федеральный научный агроинженерный Центр ВИМ”

**VALDEMAR A. RAZMUK**, Engineer, chief specialist of laboratory “Ecology in power supply of agriculture”

Institute of Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) - a branch of Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM (St. Petersburg, Russia)

**LARISA J. SMIRNOVA**, Insinööri, Osaston johtaja

Leningradin alueen valtiollinen organisaatio “Leningradin alueen energiansäästö ja energiatehokkuuden parantamisen keskus”

**СМИРНОВА ЛАРИСА ЮРЬЕВНА**, Инженер, начальник отдела

Государственное казенное учреждение Ленинградской области «Центр энергосбережения и повышения энергоэффективности Ленинградской области»

**LARISA YU. SMIRNOVA**, Engineer, Head of department

State Government Institution ”Center for Energy Conservation and Energy Efficiency of the Leningrad Region” (Leningrad Region, Russia)

**HANNE SOININEN**, TkT, tutkimuspäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

**ХАННЕ СОЙНИНЕН**, Канд. техн. наук, Менеджер по исследованию

Университет прикладных наук Юго-Восточной Финляндии

**HANNE SOININEN**, D.Sc. (Tech.), Research Manager

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

**YEVGENIY V. TIMOFEEV**, TkT, “Maatalouden ekologia ja energiatalous”-laboratorion vanhempi tutkija

Maataloustuotannon tekniikan ja ympäristöongelmien instituutti – Valtiollisen tieteellisen tutkimuslaitoksen “Valtiollinen maataloustekninen keskus VIM” sivupiste

**ТИМОФЕЕВ ЕВГЕНИЙ ВСЕВОЛОДОВИЧ**, Канд. техн. наук. старший научный сотрудник лаборатории «Экология в энергообеспечении сельского хозяйства» Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения “Федеральный научный агроинженерный Центр ВИМ”

**EVGENIY V. TIMOFEEV**, D.Sc. (Tech.) in Engineering Science, senior research scientist of laboratory “Ecology in power supply of agriculture”

Institute of Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) – a branch of Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM (St. Petersburg, Russia)

**IRINA B. UZHINOVA**, TkT “Maatalouden ekologia ja energiatalous” -laboratorion uusiutuvan energian käyttöönoton edistämisen asiantuntija,

Maataloustuotannon tekniikan ja ympäristöongelmien instituutti – Valtiollisen tieteellisen tutkimuslaitoksen “Valtiollinen maataloustekninen keskus VIM” sivupiste

**УЖИНОВА ИРИНА БОРИСОВНА**, Канд. техн. наук, эксперт по продвижению возобновляемых источников энергии лаборатории «Экология в энергообеспечении сельского хозяйства»

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения “Федеральный научный агроинженерный Центр ВИМ”

**IRINA B. UZHINOVA**, Ph.D. in Engineering Science, expert in promotion of renewable energy sources, laboratory “Ecology in power supply of agriculture”

Institute of Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) - a branch of Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM (St. Petersburg, Russia)



# SISÄLTÖ/ СОДЕРЖАНИЕ/ TABLE OF CONTENTS

LUKIJALLE.....	3
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
PREFACE .....	5
ТЕКИJÄТ.....	6
RAJAT YLITTÄVÄÄ YHTEISTYÖTÄ BIOTALOUDESSA.....	15
Andrei Erk & Larisa Smirnova & Tuija Ranta-Korhonen & Hanne Soininen	
BIOCOM-HANKE JA BIOTALOUDEN OSAAMISKESKUS: TAVOITTEET JA TEHTÄVÄT .....	16
Erk A.F. & Smirnova L.J. & Uzhinova I.B. & Timofejev J.B.	
BIOCOM-KESKUKSEN KOULUTUSTOIMINTA .....	20
Erk A.F. & Razmuk V.A.	
ENERGIANSÄÄSTÖÄ KAIKILLE: BIOCOM-PROJEKTI #VMESTE JARTCHE-FESTIVAALILLA LENINGRADIN ALUEELLA .....	25
Smirnova L.J. & Razmuk A.A. & Timofejev J.V.	
AIKUISILLE TARKOITETUT KOULUTUSOHJELMAT .....	29
Erk A.F. & Uzhinova I.B. & Razmuk V.A.	
BIOTALOUS JA UUSIUTUVIIN ENERGIALÄHTEISIIN PERUSTUVA ENERGIATALOUS LENINGRADIN ALUEELLA.....	33
Timofejev J.V. & Smirnova L.J. & Erk A.F. & Jefimova A.N.	
BIOCOM-ASIAANTUNTIJOIDEN TUTUSTUMINEN INNOVATIIVISEEN INFINITE FREEDOM -HANKKEESEEN.....	36
Timofejev J.V. & Smirnova L.J. & Erk A.F. & Jefimova A.N.	
BIOCOM-ASIAANTUNTIJOIDEN VIERAILU EVOBIOS-BIOKAASULAITOKSELLE.....	37
Erk A.F. & Timofejev J.V. & Razmuk V.A. & Smirnova L.J.	
PILOTTILAITOSTEN ENERGIATALOUDEN TUTKIMUS LENINGRADIN ALUEELLA .....	39
Erk A.F. & Razmuk V.A.	
UUSIUTUVIEN ENERGIANTUOTANTOLÄHTEIDEN VALINTA .....	47
Erk A.F. & Timofejev J.V.	
MAATALOUDEN ENERGIATEHOKKUUS VENÄLÄISESSÄ LAINSÄÄDÄNNÖSSÄ.....	49
Smirnova L.J.	

ESITTELYALUEIDEN LUOMINEN.....	51
Erk A.F. & Jefimova A.N.	
ENERGIAN SÄÄSTÄMISEEN KANNUSTAMINEN VALTION JA KUNTIEN TASOLLA .....	55
Smirnova L.J. & Erk A.F. & Timofejev J.V.	
ENERGIANKÄYTÖN PÄÄSTÖJEN LASKENTAMALLI SUOMALAISILLE PILOT-MAATILOILLE.....	57
Merike Kangas	
MALLINNUSTA MAATILAN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI.....	63
Tuija Ranta-Korhonen & Viktoria Nadas & Keijo Piirainen	
INTERNET-POHJAINEN TYÖKALU ENERGIATEHOKKUUDEN JA ENERGIAN KÄYTÖN TARKASTELUUN.....	69
Miika Hämäläinen	
BIOKAASULAITOSINVESTOINNIN KANNATTAVUUS MAATILALLA .....	75
Leena Pekurinen	
ENERGIATEHOKKUUS SUOMEN MAATILOILLA.....	81
Elisa Korhonen & Tuija Ranta-Korhonen	
ПРИГРАНИЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ БИОЭКОНОМИКИ .....	87
ПРОЕКТ «БИОКОМ» И ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИЙ В СФЕРЕ БИОЭКОНОМИКИ: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ.....	88
Эрк А.Ф., Смирнова Л.Ю., Ужинова И.Б., Тимофеев Е.В.	
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ АКТИВНОСТИ ЦЕНТРА БИОКОМ.....	92
Эрк А.Ф., Размук В.А.	
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ДЛЯ ВСЕХ: ПРОЕКТ БИОКОМ НА ФЕСТИВАЛЕ #ВМЕСТЕЯРЧЕ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	97
Смирнова Л.Ю., Размук А.А., Тимофеев Е.В.	
РАЗРАБОТКА УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ВЗРОСЛЫХ .....	101
Эрк А.Ф., Ужинова И.Б., Размук В.А.	
БИОЭКОНОМИКА И ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	106
Тимофеев Е.В., Смирнова Л.Ю., Эрк А.Ф., Ефимова А.Н.	
ЗНАКОМСТВО ЭКСПЕРТОВ «БИОКОМ» С ИННОВАЦИОННЫМ ПРОЕКТОМ «INFINITE FREEDOM» .....	110
Тимофеев Е.В., Смирнова Л.Ю., Эрк А.Ф., Ефимова А.Н.	
РАБОЧАЯ ПОЕЗДКА ЭКСПЕРТОВ «БИОКОМ» НА ЗАВОД БИОГАЗА «ЭВОБИОС».....	112
Эрк. А.Ф., Тимофеев Е.В., Размук. В. А., Смирнова Л.Ю.	
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПИЛОТНЫХ ХОЗЯЙСТВ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	114
Эрк А.Ф., Размук В.А.	

ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ГЕНЕРАЦИИ (ВИЭ) .....	123
Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В.	
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИЙСКОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ .....	125
Смирнова Л.Ю.	
СОЗДАНИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ЗОН .....	130
Эрк А.Ф., Ефимова А.Н.	
ПРОПАГАНДА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ГОСУДАРСТВЕННОМ И МУНИ- ЦИПАЛЬНОМ УРОВНЯХ .....	135
Смирнова Л.Ю., Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В.	
МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ФИНСКИХ ПИЛОТНЫХ ФЕРМ .....	137
Мерике Кангас	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ФЕР- МЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ .....	145
Туйя Ранта-Корхонен, Виктория Надас и Кейо Пиирайнен	
ВЕБ-ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И УЧЕ- ТА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ .....	151
Мийка Хямяляйнен	
РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В БИОГАЗОВУЮ УСТАНОВКУ НА ФЕРМЕ .....	157
Леэна Пекуринен	
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ НА ФИНСКИХ ФЕРМАХ .....	164
Элиса Корхонен и Туйя Ранта-Корхонен	
CROSS-BORDER CO-OPERATION ON BIOECONOMY .....	172
BIOCOM PROJECT AND BIOECONOMY COMPETENCE CENTRE: TASKS AND OBJECTIVES .....	173
A.F. Erk & L.Yu. Smirnova & I.B. Uzhinova & E.V. Timofeyev	
EDUCATION ACTIVITIES OF BIOCOM CENTRE .....	177
A.F. Erk & V. A. Razmuk	
ENERGY SAVING FOR ALL: BIOCOM PROJECT AT #VMESTEYARCHE FESTIVAL IN LENINGRAD OBLAST .....	182
L.Yu. Smirnova & A.A. Razmuk & E.V. Timofeyev	
DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL PROGRAMMES FOR ADULTS .....	186
A.F. Erk & I.B. Uzhinova & V.A. Razmuk	
BIOECONOMY AND RENEWABLE ENERGY SECTOR IN LENINGRAD OBLAST .....	190
E.V. Timofeyev & L.Yu. Smirnova & A.F. Erk & A.N. Efimova	
FAMILIARIZATION OF BIOCOM EXPERTS WITH INNOVATIVE INFINITE FREEDOM PROJECT .....	193
E.V. Timofeyev & L.Yu. Smirnova & A.F. Erk & A.N. Efimova	

BUSINESS TRIP OF BIOCOM EXPERTS TO EVOBIOS BIOGAS PLANT .....	194
A.F. Erk & E.V. Timofeyev & V.A. Razmuk & L.Yu. Smirnova	
ENERGY SURVEY OF PILOT FARMS IN LENINGRAD OBLAST .....	196
A.F. Erk & V.A. Razmuk	
GENERATION SOURCE SELECTION (RENEWABLE ENERGY SOURCES) .....	205
A.F. Erk & E.V. Timofeyev	
ENERGY EFFICIENCY OF AGRICULTURE IN RUSSIAN LEGISLATION .....	207
L.Yu. Smirnova	
CREATION OF DEMONSTRATION ZONES .....	209
A.F. Erk & A.N. Efimova	
PROMOTION OF ENERGY SAVING AT STATE AND MUNICIPAL LEVELS .....	214
L.Yu. Smirnova & A.F. Erk & E.V. Timofeyev	
CALCULATION MODEL FOR ESTIMATING ENERGY USE EMISSIONS ON FINNISH PILOT FARMS .....	215
Merike Kangas	
IMPROVING ENERGY EFFICIENCY THROUGH MODELLING .....	222
Tuija Ranta-Korhonen & Viktoria Nadas & Keijo Piirainen	
INTERNET-BASED TOOL FOR REVIEWING ENERGY EFFICIENCY AND USE .....	228
Miika Hämäläinen	
PROFITABILITY OF A FARM-SCALE BIOGAS PLANT INVESTMENT .....	234
Leena Pekurinen	
ENERGY EFFICIENCY ON FINNISH FARMS .....	240
Elisa Korhonen & Tuija Ranta-Korhonen	

# RAJAT YLITTÄVÄÄ YHTEISTYÖTÄ BIOTALOUDESSA

Andrei Erk & Larisa Smirnova & Tuija Ranta-Korhonen  
& Hanne Soininen

Biotalous on yksi 2000-luvun maailmantalouden nopeimmin kehittyvistä suuntauksista. Käyttämällä uusiutuvia luonnonvaroja energian ja tuotteiden tuotantoon voidaan välttää mineraalivarojen ehtymiseen liittyvän maailmanlaajuisen energiakriisin uhka. Toinen tärkeä syy uusiutuviin energialähteisiin perustuvan energiatalouden kehittämiseksi on tarve vähentää ilmastonmuutokseen vaikuttavia kasvihuonekaasupäästöjä. Nämä tavoitteet on mahdollista saavuttaa vain luopumalla asteittain hiilen, öljyn ja kaasun polttamisesta.

Euroopan unionin maiden kokemukset osoittavat, että maatalouden biotalous edistää maatalousalan tärkeimpien tarpeiden tyydyttämistä, kuten energiakustannusten vähentämistä, tuotannon tehostamista, maa-alueiden kunnostamista, työllisyyttä sekä maaseudun väestön koulutus- ja elintason nostamista. Esimerkiksi vuonna 2018 uusiutuvan energian osuus kaikesta energiankulutuksesta oli Tanskassa 68 %, Portugalissa 52 % ja Iso-Britanniassa 33,4 % (53 % kun otetaan huomioon vähähiilisiä teknologioita käyttävän ydinvoimatalouden osuus).

Venäjällä valtio tukee aktiivisesti biotalouden ja bioenergian kehitystä. Venäjän federaation presidentin 24. tammikuuta 2017 päivätyssä tehtävänantoluettelossa № Pr-140GS (8. helmikuuta 2017 päivätyt päätös № DM-P9-708) yhdeksi tärkeimmäksi tavoitteeksi on nimetty Venäjän siirtyminen ekologisesti kestäväksi kehityksen malliin. Bioenergiatalous on määritelty yhdeksi maan tärkeimmistä kehitysaloista vuosiksi 2017–2025 ja edelleen aina vuoteen 2050 asti.

Bioenergian käyttö ja maatilojen energiaomavaraisuus on erittäin tärkeässä roolissa edistetäessä maa- ja puutarhatalouden vähähiilisyyttä Suomessa. Sekä Suomessa että Venäjällä energiatehokkuuden parantamisella sekä uusiutuvien energialähteiden käyttöönotolla voidaan parantaa maatilojen kannattavuutta sekä pienentää viljelyn ja eläintalouden hiilijalanjälkeä. Maatilat voivat myös tarjota mahdollisuuksia hiilen sitomiseen eri keinoin. Energiatehokkuuden parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä ja uusiutuviin energialähteisiin tehtäviä investointeja on kuitenkin jatkossakin tuettava johdonmukaisesti.



# BIOCOM-HANKE JA BIOTALOUDEN OSAAMISKESKUS: TAVOITTEET JA TEHTÄVÄT

Erk A.F. & Smirnova L.J. & Uzhinova I.B. & Timofejev J.B.

Bioteknologian edistämiseen Venäjän eri alueilla käytetään useita välineitä, kuten valtion kohdeohjelmia, liike-elämän investointeja sekä kansallisia ja kansainvälisiä hankkeita. Yksi näistä välineistä on kaksivuotinen BioCom-hanke, joka on kehitetty toukokuussa 2019 käynnistyneen Venäjä–Kaakkois-Suomi 2014–2020 -rajayhteistyöohjelman puitteissa. Kuvassa 1 on esitetty BioCom-hankkeen logot, jotka koostuvat punaisesta aurinkoa muistuttavasta kukkamaisesta kuviosta ja hankkeen nimestä.



**KUVA 1.** BioCom-hankkeen logo (laatija: I. Uzhinova)

Hankkeen tärkein aikaansaannos on Venäjän ja Suomen välisen biotalouden osaamiskeskuksen (BioCom Center) perustaminen. Keskus yhdistää koulutukselliset, tutkimukselliset ja tekniikkaan liittyvät lähestymistavat biotalouden käytännön toteutukseen pilottialueilla. Kuvassa kaksi on nähtävillä Pietariin perustetun Biotalous koulutuskeskuksen nimikyltit, joissa on hankkeen nimi, logo, hankkeeseen osallistuneiden organisaatioiden logot sekä rahoittajan logo.



**KUVA 2.** BioCom-keskuksen tunnistetiedot (tekijä I. Uzhinova)

Hankkeeseen osallistuu kolme organisaatiota – kaksi venäläistä ja yksi suomalainen:

1. Maataloustuotannon tekniikan ja ympäristöongelmien instituutti (IEEP) – Valtiollisen tieteellisen tutkimuslaitoksen “Valtiollinen maataloustekninen keskus VIM” sivupiste (Pietari, Venäjä)
2. Leningradin alueen valtiollinen organisaatio “Leningradin alueen energiansäästö ja energiatehokkuuden parantamisen keskus” (Pietari, Venäjä)
3. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu – Xamk (Mikkeli, Suomi)



**KUVA 3.** Projektitiimi aloitustyöpajassa Mikkelissä elokuussa 2019

Kaakkois-Suomi ja Leningradin alue ovat voimakkaasti kehittyviä alueita, joilla maatalouden rooli on merkittävä. Biotalous edistämisen rajan molemmin puolin auttaa vähentämään ihmisen aiheuttamaa ympäristökuormitusta ja tyydyttämään kasvavaa energian kysyntää. Kuvassa 3 on esitelty hankkeessa työskentelevät henkilöt. Kuva on otettu hankkeen aloituskokouksen yhteydessä.

Suomalaisilla kumppaneilla on hankkeessa tärkeä rooli biotaloutta koskevan tiedon tarjoamisessa. Viime vuosikymmenen aikana Suomi on saavuttanut todellista menestystä monilla biotalouden aloilla, kuten orgaanisesta jätteestä ja kasviperäisestä aineksesta valmistettavan bioenergian ja biopolttoaineiden tuotannossa. Biokaasu on yksi monista innovaatioista, jotka parantavat merkittävästi maatalojen elintasoja ja työoloja. Biokaasulaitosten avulla orgaaninen jäte hyödynnetään tehokkaasti. Niissä tuotetaan ympäristöystävällisiä lannoitteita sekä energiaa rakennusten ja tuotantotilojen valaistukseen ja lämmitykseen. Suomen metsäteollisuudessa ja puunkorjuussa syntyy erilaisia sivuvirtoja, joita voidaan myös käyttää bioenergiatuotannon raaka-aineena. Käytetystä eläinrasvasta tehtävän biodieselin valmistusprosessi on kehityksen alla. Tehdyn poliittisen päätöksen mukaan 36 % Suomen tarvitsemasta energiasta – sähköstä, lämmöstä ja polttoaineista – on vuoteen 2020 mennessä katettava uusiutuvista lähteistä saatavalla energialla (Euroopan unionin tavoite on 20 %).

Hankkeen pääpartnerin, Maataloustekniikan ja ympäristöongelmien instituutin, yhteydessä toimiva Biotalous osaamiskeskus tekee monin tavoin työtä bioteknologioiden edistämiseksi rajaseudun maatalousalueilla. Keskus levittää tietoa ja kouluttaa hankkeen kohderyhmiä (koululaisia, opiskelijoita, maataloustuottajia, tutkijoita ja yrittäjiä) hankkeen asiantuntijoiden laatimien koulutusohjelmien mukaisesti. Lisäksi keskus järjestää säännöllisiä tapaamisia asiantuntijoille, jotka työskentelevät bioteknologioiden käyttöönoton parissa maataloustuotantoa harjoittavissa yrityksissä.

Hankkeessa kiinnitetään erityistä huomiota tiedon jakamiseen lapsille ja nuorille. Alakoululaisille on kehitetty energian säästämistä käsitteleviä ohjelmia. Yläkoululaiset taas pääsevät keskuksessa tutustumaan eri tapoihin tuottaa sähköä ja lämpöä uusiutuvista lähteistä. Opetusta varten keskuksessa on tarvittavat koneet, laitteet ja oppimateriaalit, joiden valikoimaa laajennetaan jatkuvasti. Jatkossa venäläis-suomalaisista osaamiskeskusta tullaan käyttämään alustana, joka tarjoaa eri kohderyhmille jatkuvaa koulutusta biotalouden eri näkökulmista. Biotalousklusterin kehittymisen sekä maataloustyöntekijöiden kasvavan osaamisen myötä voidaan luoda uusia työpaikkoja, laajentaa ammattien valikoimaa sekä turvata maaseutualueille ammattitaitoinen työvoima.

Venäläisten ja suomalaisten asiantuntijoiden suunnitelmissa on kehittää maataloussektoria varten energiatehokkuuden esittelyaluemalli ja luoda yhteinen maataloustuotantoyritysten ympäristövaikutusten ja energiatalouden tutkimusjärjestelmä molemmin puolin rajaa.

Onnistuessaan hanke mahdollistaa uuden informaatio- ja koulutusympäristön, joka on välttämätön, jotta maaseudun pilottialueilla päästään siirtymään energiaa säästäviin, energiatehokkaisiin ja ympäristöturvallisiin käytäntöihin. Hankkeen pitkän aikavälin odotuksia ovat innovaatioiden käyttöönoton nopeuttaminen, pilottialueiden kestävyyslisäminen ja Itämeren alueen ympäristökuormituksen vähentäminen.

# BIOCOM-KESKUKSEN KOULUTUSTOIMINTA

Erk A.F. & Razmuk V.A.

Venäläis-suomalaisen BioComin biotalousosaamiskeskuksen koulutusala otettiin virallisesti käyttöön kansainvälisenä energiansäästöpäivänä 11.11.2020. Keskus perustettiin Maataloustekniikan ja maataloustuotannon ympäristöongelmien instituutin, Federaation valtiollisen budjettirahoitteen tiedelaitoksen Federaation tieteellisen maataloustekniikan keskuksen VIM:n haaraosaston (jäljempänä IAEP) yhteyteen osana kaksivuotista BioCom-hanketta. Keskuksen toimintaa koulutuksen ja tieteen alalla jatketaan myös hankkeen päätyttyä. BioCom-osaamiskeskus tarjoaa kestävän koulutusrakenteen, jonka tavoitteena on järjestää jatkuvaa koulutusta kohderyhmille hankkeen pilottialueilla – Pietarissa, Leningradin alueella ja Kaakkois-Suomessa. Kuvassa 1 on nähtävillä Biotalouskeskuksen koulutuskeskuksen juhlalliset avajaiset ja avajaisnauhan leikkaus.



**KUVA 1.** BioCom-osaamiskeskuksen avajaiset

Keskuksen päätavoite on keskittää maatalouden biotaloudesta ja muista ympäristöystävällisistä teknologioista saatu kansainvälinen kokemus ja muokata se kaikkien asianosaisten ja kohderyhmien saavutettavissa oleviksi koulutusohjelmiksi. Lisäksi keskuksen järjestämässä säännöllisissä asiantuntijatapaamisissa keskustellaan biotalouskäytäntöjen soveltamismahdollisuuksista konkreettisissa maatalouskohteissa (suunnittelu, tehokkuuden seuraaminen, ympäristövaikutusten arviointi ym.). Keskuksen pysyvä työ tulee parantamaan maataloustyöntekijöiden osaamista, nopeuttamaan innovaatioiden käyttöönottoprosessia ja vähentämään ympäristökuormitusta pilottialueilla ja koko Itämeren alueella.



**KUVA 2.** BioCom-osaamiskeskuksen aurinkoenergiaa esittelevä näyttely

Keskuksen koulutusohjelmissa sovelletaan laajalti suomalaisten kumppaneiden käytännön kokemusta. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu on tuottanut selkeät ja hyödylliset opetusmateriaalit uusiutuvien energialähteiden, kuten biokaasun, biodieselin ja biomassasta tuotetun polttoaineen käytön eduista. Kuvassa 2 on esitetty Biotalouskeskuksen aurinkoenergian hyödyntämiseen liittyvää laitteistoa, kuten aurinkokeräimiä.

BioCom-keskuksen avajaisiin osallistuivat Leningradin alueen polttoaine- ja energiahuoltokomitean ensimmäinen varapuheenjohtaja S.V. Aminyakov, IAEP:n johtaja A.V. Trifanov, Leningradin alueen valtiollisen laitoksen Leningradin alueen energian säästön ja energiätehokkuuden parantamisen keskuksen ensimmäinen apulaisjohtaja M.P. Patrakova, Federaation valtiollisen budjettirahoitteen korkeakoulutusta antavan oppilaitoksen Pietarin

teollisuusteknologian ja muotoilun valtionyliopiston ympäristö- ja energiansäästökoulutuksen keskuksen kehitysjohtaja Zaitsev, OOO Teplokomin pääjohtaja M.J. Gryaznova, OOO Teplokomin kaupallinen johtaja A.V. Malyutin, Kirishin valtiollisen alueellisen sähkövoimalaitoksen suhdetoiminta- ja mediaryhmän johtaja I.V. Yakunina sekä hankkeen johtajat ja asiantuntijat. Kuvassa 3 on nähtävillä Biotalouskeskuksen avajaisseminaarin osallistujia.



**KUVA 3.** BioCom-osaamiskeskuksen avajaisseminaria on saatu päätökseen

Tilaisuuden osallistajat ja vieraat saivat tutustua luokkatiloihin ja demolaitteisiin (automaatioituun yksilölliseen lämpökeskukseen, polttoaineen ja energian kulutusta mittavaan kojeisiin, lämpöpumppeihin, tuuligeneraattoriin, erimallisiin aurinkopaneeliin ja vedenlämmityslaitteisiin, pienoiskattilalaitoksiin, biopoltoainenäytteisiin, terveiden talojen rakentamiseen tarkoitettuihin rakennuspaneeliin, energiaa säästäviin valaisimiin ja informaatiojulistisiin) sekä eri-ikäisille lapsille tarkoitettujen interaktiivisten ohjelmien käyttömahdollisuuksiin (VR-tekniologioihin). Seuraavassa vaiheessa suunnitellaan ohjelmien kehittämisen jatkamista sekä esittelytilan laajentamista uusilla lapsille tarkoitetuilla luokilla. Lähitulevaisuudessa keskus pystyy ottamaan vastaan isoja ryhmiä koululaisia, opiskelijoita, asiantuntijoita ja eri väestöryhmiä Leningradin alueelta. Näin keskuksen perustaminen johtaa uuden informaatio- ja koulutusympäristön muodostumiseen.

Keskuksen avaamisen yhteydessä IAEP:n ja Federaation valtiollisen budjettirahoitteen korkeakoulutusta antavan oppilaitoksen Pietarin teollisuusteknologian ja muotoilun valtion-

yliopiston Teknologian ja energiatalouden korkeakoulun välillä allekirjoitettiin sopimus koulutusyhteistyöstä ja edistyksellisten opetusmenetelmien käytöstä energiatehokkuuden ja ympäristönsuojelun perusteiden opetuksessa.

Vuoden 2021 alussa pidettiin opetusseminaari uusiutuvista energialähteistä. Seminaariin osallistui 15 kymmenennen luokan oppilasta Pushkinin kaupungin koulusta № 530. Hankkeen asiantuntijat kertoivat osallistujille eri lämmityskattiloiden, biokaasulaitoksen, lämpöpumppujen sekä aurinkoenergialla toimivien vedenlämmittimien toimintaperiaatteista. Eniten koululaisia kiinnosti aurinkosähkömoduulien ja aurinkovoimaloiden toiminta. Tilaisuuden päätyttyä osallistujille jaettiin todistukset ja oppimateriaalit.

Lähtilaisuuksina pidettävien, energian säästämistä käsittelevien luentojen ja seminaarien lisäksi keskuksen suunnitelmissa on verkkokoulutusmahdollisuuksien laajentaminen. Etätilaisuudet ovat erityisen tärkeitä etenkin Leningradin alueen syrjäisten taajamien asukkaille, joiden on vaikeaa päästä Pietariin koulutukseen. Virtuaalikerrokset koulutusluokissa, teemawebinaarit ja videokonferenssit tulevat koululaisten käyttöön jo keväällä 2021. Kuvissa 4.1–4.4 on nähtävillä koululaisia, jotka osallistuivat uusiutuvia energialähteitä käsittelevään seminaariin. Kuvissa näkyy myös koulutuskeskuksen laitteistoa sekä keskuksessa työskentelevää henkilöstöä.



**KUVA 4.1**





**KUVA 4.2**



**KUVA 4.3**



**KUVA 4.4**

**KUVAT 4.1–4.4.** Koululaisia osallistumassa BioCom-osaamiskeskuksen "Uusiutuva energia"-ohjelmaan

# ENERGIANSÄÄSTÖÄ KAIKILLE: BIOCOM-PROJEKTI #VMESTE JARTCHE-FESTIVAALILLA LENINGRADIN ALUEELLA

Smirnova L.J. & Razmuk A.A. & Timofejev J.V.



**KUVA 1.** Yhdessä kirkkaammin -festivaalin banneri

Koululaisten ja nuorten tutustuttaminen bioteknologiaihin ja uusiutuvaan energiaan on BioCom-hankkeen tärkeimpiä tehtäviä. Hankkeen asiantuntijat ovat olleet kahdesti mukana venäläisillä #VmesteJartche-festivaaleilla ("Yhdessä kirkkaammin"), joiden teemoina ovat olleet energiansäästö ja ekologia. Vuonna 2019 hankkeen vaikuttajat olivat mukana Lugan festivaaleilla ja vuonna 2020 Hatsinassa. Kuvassa 1 on esitety festivalin tunnusbanneri.

#VmesteJartche-festivaali järjestettiin ensimmäisen kerran viisi vuotta sitten Venäjän federaation energiaministeriön aloitteesta. Festivaalin päätavoite on kasvattaa niin lasten kuin aikuistenkin tietoisuutta ja ymmärrystä energiavaroista ja ympäristöstä. Festivaalilla hyödynnetään nykyaikaisia, monimuotoisia ja luovia tiedotustapoja, esimerkiksi pelejä, alueen asukkaiden ympäristönsuojelu- ja energiansäästötietoisuuden kasvattamiseksi. Festivaalin ohjelma sisältää joka vuosi muun muassa nykyaikaisten energiatehokkaiden teknologioiden esittelyä, kansantajuistettuja tiede-esityksiä, luovutta vaativia kilpailuja ja urheilukilpailuja, työpajoja ja tietovisoja koululaisille.

Ensimmäisen kerran festivaali järjestettiin Leningradin alueella Sosnovyj borin kaupungissa, jossa sijaitsee ydinvoimalalaitos. Vuonna 2016 siellä järjestettiin ulkoilmatapahtumana messut, joilla esiteltiin teknologioita, laitteita ja valaisimia. Messuilla päästiin nauttimaan myös kiinnostavasta konserttiohjelmasta. Koulutustapahtumat jäivät kävijöiden mieleen todellisena juhlanä.

Vuonna 2017 festivaali pidettiin Priozerskin kaupungissa, ja silloin nähtävää oli jo reilusti enemmän. Sittenkin jokaisen festivaalin tärkeänä osana on ollut allekirjoittaa julkilausuma pyrkimyksistä säästää energiaa kotitaloudessa ja työpaikalla. Tämä toimi on saanut osallis-

tujien yhteisen tuen. Koululaisia kiinnostivat eniten robottiteknikan, kemian, fysiikan ja energiansäästön työpajat. Festivaalin kruunasi flashmob-esitys.

Vuonna 2018 festivaali järjestettiin Kirishin kaupungissa. Kävijöitä saapui kaikkialta Leningradin alueelta sekä muilta lähialueilta. Energiaa säästävien teknologioiden ja laitteiden valikoima oli entistä runsaampi ja monipuolisempi. Alueella toimivien tunnettujen yritysten ja organisaatioiden lisäksi omat esittelypaikkansa saivat myös Pietarin johtavat teknilliset korkeakoulut.

Vuonna 2019 Lugan kaupungissa pidetty festivaali oli sekini upea tapahtuma. Kaupungin asukkaat ja vieraat suhtautuivat tapahtumaan lämpimästi. Teknologioiden bulevardin -esittelyalueen tarjonta olivat uudistuneet, ja huvialueelle oli lisätty uusia kohteita. Lapsille oli tarjolla säästämiseen ja ympäristönsuojeluun liittyviä VR-kierroksia ja tietovisoja. Lasten ja aikuisten mieleen oli Eko-ampumarata, joka oli tuotu Lugaan Sosnovyj borista. Radalla ammuttiin paineilmapyssyllä, ja yhden ampumakerran sai lunastaa tuomalla puhtaan muovipullon tarkoitusta varten varattuun säiliöön. Kävijät saivat myös tutustua Pietarin Gornyi universitet -yliopiston ja Lenenergo-yhtiön uusiin näyttelyosastoihin, jätteidenkeräysauton toimintaan, liikkuvaan ympäristölaboratorioon ja maakaasulla toimivaan tekniikkaan.

Lugan kaupungissa pidetyllä festivaalilla oli ensi kertaa mukana BioCom-hankkeen osasto, jolla kävijät saivat tutustua energiatehokkaaseen laitteistoon ja uusiutuviin energialähteisiin. Festivaalin perinteiseksi osaksi ovat tulleet seikkailupelit ja urheilukilpailut sekä interaktiiviset aktiviteetit lapsille ja aikuisille (VR, Dance Pad, Play Station, Xbox ym.). Festivaalia edeltävän kampanjan aikana pidettyjen kilpailujen tulosten julkistaminen on juhlallinen osuus festivaaliohjelmassa. Palkinnot ja lahjat voittajille jakoivat Leningradin alueen toimeenpanoviranomaisten johtajat ja sponsorien edustajat. Vuosi vuodelta yhä suositummaksi tulee esimerkiksi videokilpailu ”Energolifehacks” (”Energivinkkejä”), joka esittelee omaperäisiä ja helppoja tapoja säästää energiaa ja parantaa energiatehokkuutta. Suosittu on myös taidekilpailu, jossa osallistujat luovat taidetta muovipulloista. Kilpailuun esitettävien luomusten määrä kasvaa rinnan niiden taiteellisen tason nousun kanssa ja niissä on yhä enemmän oikeita taideteoksia.

Vuonna 2020 #VmesteJartche-festivaali täytti viisi vuotta. Juhlat pidettiin 5. syyskuuta Hatsinassa Stanislav Bogdanovin aukiolla. Rajoitteista huolimatta järjestyksessään viides festivaali sai tuekseen kaikki Leningradin alueen kunnallisiipiirit. Sen järjestämiseen ja toteutukseen osallistuivat Leningradin alueen kuvernööri A.J. Drozdenko sekä kahdeksan valtionkomitean, kymmenen energiayhtiön ja Pietarin kuuden johtavan korkeakoulun edustajat. Noin sadalle osallistujalle jaettiin kunniakirjat ja palkinnot kilpailuihin osallistumisesta.

Teknologiamestuilla esitettiin paljon uusia ja mielenkiintoisia asioita, kuten orgaanisia talonrakennukseen tarkoitettuja seinäpaneeleita, ympäristöystävällisiä elintarvikkeita,

aurinkopaneelistä virran ottavia latauslaitteita, polkupyörägeneraattori, tärkkelyksestä valmistettuja biohajoavia pusseja, aurinkovoimalla toimiva lennokki, taiteilijarobotti ja opasrobotti. Monet edistykselliset, tuotantoon valmiit keksinnöt olivat koululaisten ja opiskelijoiden ehdottamia.

BioCom-projektin osastoilla esiteltiin laajennettu kokoelma energiansäästölaiteita: aurinkopaneeleita ja aurinkoenergialla toimivia vedenlämmittimiä, kompakti tuuligeneraattori, aurinkosähkömoduuli, Stirling-moottori, biokaasulaitos, elementtirakenteinen lämpökeskus ja lämpöpumppu. Kaikille halukkaille jaettiin esitteitä, joissa oli helppotajuista tietoa energian säästämisestä. Osasto kiinnosti Leningradin alueen kuvernööriä A.J. Drozdenkoa ja Leningradin alueen energiayhtiöiden johtajia. Hankkeen asiantuntijat vastasivat festivaalikävijöiden kysymyksiin aurinkopaneelien ja lämpöpumppujen käytännön sovelluksista, sekä valottivat energiansäästön pääperiaatteita.

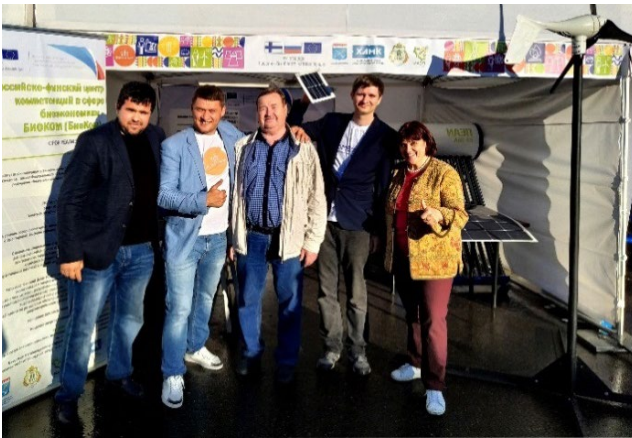
Joka vuosi #VmesteJartche-festivaali houkuttelee yhä enemmän osallistujia. Siitä on tullut todella erottuva, tärkeä ja odotettu tapahtuma Leningradin alueella. Kuvissa 2–5 on nähtävillä festivaalin avausseremonia, BioCom-hankkeessa valmistettua uusiutuvaa energiaa käsittelevää koulutusmateriaalia, BioCom-hankkeen esittelypiste sekä hankkeen henkilökuntaa. Kuvissa näkyy myös Leninradin alueen kuvernööri A.J.Drozdenko vierailmassa hankkeen esittelypisteellä.



**KUVA 2.** Festivaalin #VmesteJartche avausseremonia Lugan kaupungissa (2019)



**KUVA 3.** Xamkin ja IAEP:n BioCom-projektissa luomia koulutusmateriaaleja



**KUVA 4.** BioCom-projektin esittely Lugan festivaalilla



**KUVA 5.** Leningradin alueen kuvernööri A.J. Drozdenko BioCom-projektin osastolla Hatsinassa (2020)

# AIKUISILLE TARKOITETUT KOULUTUSOHJELMAT

Erk A.F.& Uzhinova I.B.& Razmuk V.A.

Maatalousyritysten eri osa-alueiden asiantuntijoiden koulutus on yksi tehokkaimmista keinoista säästää energiaa ja lisätä energiatehokkuutta maataloustuotannossa. IAEP:n vuosina 2003–2020 maataloustuotannon työntekijöille järjestämien energiansäästöaiheisten täydennyskoulutusseminaarien ja -kursseiden aikana karttuneen kokemuksen ja kotimaisten energiayhtiöiden kokemuksen pohjalta BioCom-hankkeen puitteissa on kehitetty koulutusmenetelmiä maatalousalan energiansäästökoulutukseen. Erityistä huomiota on kiinnitetty koulutusohjelmien muotoilemiseen.

## Koulutusohjelmia koskevat vaatimukset ovat

- koulutuksen tavoitteen selkeys
- laadultaan ja luonteeltaan erilaisten maatalouskohteiden energian säästämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen suunnattujen toimien erityispiirteiden huomioiminen
- energian säästämistä koskevan ammatillisen koulutuksen tärkeyden sekä aihealueen laajuuden huomioiminen
- kohdeyleisön analyysi.

Kohdeyleisön analyysin yksityiskohtaisuus arvioidaan tapauskohtaisesti, ja sen tulos on ammatillinen kuva potentiaalisesta opiskelijasta, jolle koulutusohjelma on suunniteltu.

Ammattilaisille suunnattu aikuiskoulutus on tehokasta vain silloin, kun koulutuksen aikana saatavat tiedot vastaavat työssä eteen tulevia työtehtäviä. Tavoitteena on, että opiskelija koulutusvaiheessa ymmärtää, miten hän voi soveltaa näitä tietoja omassa työpaikassaan. Psykologien ja opettajien kokemukset aikuisten opettamisen erityispiirteistä ovat vahvistaneet motivaation merkityksen uusien ammatillisten tietojen, taitojen ja kykyjen hankkimiselle sekä maatalouden työntekijöiden urakehitykselle. Motivaatiotekijä määrittää sen, pyrkivätkö maataloustuotannon työntekijät päämäärätietoisesti kehittymään ammatillisesti vai eivät.

Koulutuksen tavoitteena on saavuttaa tuotannon energiansäästötoimien ja energiatehokkuuden parannustoimenpiteiden suunnittelemiseen ja toteuttamiseen tarvittava ammattitaidon taso. Kohderyhmä koostuu maatalousyritysten johtajista ja teknisestä henkilöstöstä.

Tällä hetkellä asiantuntijoiden koulutus perustuu Venäjän energiaministeriön 7.4.2010 antamalla määräyksellä № 148 hyväksytyyn peruskoulutusohjelmaan. Ohjelmassa otetaan huomioon energian säästämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen tähtävien töiden erityispiirteet erilaisissa maatalouden tuotantolaitoksissa.

Koulutuksen aikana opiskelijat perehtyvät energiansästöä koskeviin ohjeistuksiin ja lainsäädäntöön: venäläisiin lakeihin ja yksittäisiin säädöksiin sekä Venäjän vuoteen 2030 voimassa olevaan energiatalouden strategiaan, joka on 13.11.2009 vahvistettu Venäjän federaation hallituksen määräyksellä № 1715-r. Yksi osa ohjelmasta on omistettu energiapassin rakenteeseen ja sisältöön perehtymiselle sekä sen rekisteröinnille itsesääntelyorganisaatiossa ja energiaministeriössä, maatalousyrityksen lämpökuvaustutkimukselle, sähköenergian laadun arvioinnille sekä energiatoimittajien kanssa käytävälle vuorovaikutukselle.



**KUVA 1.** Asiantuntijoiden koulutus BioCom-keskuksessa

Seuraavat tärkeät koulutuksen kohdat ovat tutustuminen energiansäästötoimiin ja energiatehokkuutta parantaviin toimenpiteisiin, tutustuminen uusiin energiaa säästäviin laitteisiin ja tekniikoihin sekä automaattisiin prosessinohjausjärjestelmiin (ACS), perehtyminen tilojen valaistuksen laskentamenetelmiin ja optimaalisten energiansäästölamppuilla varustettujen valaisimien valintamenetelmiin sekä sähkönkäytön ohjaus taajuussäätimillä ja taajuussäädön tyyppin valinta. Mielenkiintoisia aiheita opiskelijoille ovat uusiutuvat energialähteet ja niiden käytön tehokkuuslaskelmat maataloustuotannossa. Koulutuksessa perehdytään energiapalveluun energiansäästötoimenpiteiden rahoitustyökaluna. Opiskelijat tutustuvat energiapalvelutoiminnan malleihin, energiapalvelusopimuksiin ja nykyaikaisiin energiankulutuksen valvontavälineisiin. Kuvassa 1 on nähtävillä koulutustilaisuuteen osallistuneita asiantuntijoita.

Kun kohderyhmänä ovat maatalousyrittäjien johtajat ja tekninen henkilöstö, optimaalista koulutusohjelmaa yksittäiselle osallistujalle valittaessa on otettava huomioon opiskelijan työtehtävät, hänen ammattipätevyytensä, halu etenemiseen työllä sekä alalla karttunut kokemus. Nämä erityispiirteet ovat ratkaisevia kurssin aihepiiriä ja koulutuksen vaikeustasoa valittaessa. Tällaisella konkretisoinnilla saadaan luotua yksilöity koulutus, joka on viime vuosikymmenien aikana osoittautunut tehokkaaksi lähestymistavaksi, ja jota nykyäänkin pidetään hyvänä erityisesti työssä käyviä aikuisia ammattilaisia koulutettaessa.

Aikuisten koulutuksen erityispiirteitä tutkivat psykologit ja pedagogit ovat jo kauan olleet tietoisia motivaation roolista uusien tietojen, taitojen ja osaamisen omaksumisessa ja urakehityksessä. Tiedetään, että aikuisilla oppimismotivaatio pysyy korkealla vain silloin, kun he näkevät uusien tietojen käyttömahdollisuudet lähitulevaisuudessa. Pitkälle tulevaisuuteen jäävä, epätodennäköinen tai epäselvä tulos on tavallisesti vahva syy motivaation katoamiseen. Tällöin koulutus saatetaan kokea ”taas yhtenä turhana metkuna”, ja tällainen epätoivottava asenne leviää nopeasti koko työyhteisöön. Tämän välttämiseksi jokaisen koulutukseen lähetettävän työntekijän kanssa on keskusteltava erikseen ja tehtävä analyysi sen selvittämiseksi, mitä ammatillisia tavoitteita ammatillisella lisäkoulutuksella on tarkoitus saavuttaa. Tavallisesti ammatillis-psykologista diagnosointia toteuttavat henkilöstöosaston työntekijät. Nykyään suurimmassa osassa isoja maatalousyrittäjiä on henkilöstöosasto, jonka työntekijöiden tehtävänä on muodostaa ja systemaattisesti ylläpitää työntekijöiden tieto- ja taitotasoa esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

1. Energiänsäästö on yhtiön yhteinen missio, joka yhdistää koko työyhteisön ja erottaa muista nykyaikaisen maatalousyrittäjien, jossa halutaan jatkossakin työskennellä.
2. Energiätehokkuus ei ole vain iskulause, vaan osa organisaation yrityskulttuuria, sen merkittävä ominaisuus, joka erottaa menestyvän yrityksen epäonnistuneesta.
3. Työntekijän lähettäminen täydennyskoulutukseen on sijoitus työntekijän ammattitaitoon ja tulevaan urakehitykseen sekä merkki työnantajan luottamuksesta.
4. Uusi tieto ja oppiminen ovat arvokkaita, ne tekevät ihmisestä päivä päivältä paremman.

Yllä kuvatut asenteet voivat tehosta motiiveiltaan erilaisiin työntekijöihin. Niille, joille tärkeimpiä ovat aineelliset motiivit, tämä on edullinen sijoitus urakehitykseen, edellytys ylenemiseen ja parempaan palkkaan. Niille, joille on tärkeää kuulua johonkin ryhmään (tässä tapauksessa työyhteisöön), koulutus on keino päästä osaksi yrityskulttuuria. Työntekijöille, jotka haluavat saavuttaa työssään kunnioitusta ja tunnustusta, koulutus on ansaittu palkinto, johdon kannustus. Kohderyhmän perusmotiiveihin perehtymisen kautta johto pystyy tarkasti kartoittamaan ja asettamaan työntekijöille subjektiiviset tavoitteet, joiden saavuttamiseen heidän tulee pyrkiä. Tässä onkin vastaus kysymykseen ”*Ketä kouluttaa?*”. Yleisesti voidaan todeta, että motivaatiotekijä määrittää työntekijän suuntautumisen ammatilliseen kehitykseen ja henkilökohtaiseen kasvuun.



Erityistä huomiota vaativa tekijä on ammattitaito, sillä se vaikuttaa suoraan koulutuksen perusominaisuuksiin eli sen aihepiiriin ja vaativuustasoon. Nämä seikat vastaavat kysymykseen ”*Mitä opettaa?*”. Koulutukseen osallistuvan työntekijän ammatillinen pätevyysprofiili muodostuu seuraavista tiedoista:

- erityisala ja erityisosaaminen
- koulutustaso
- hankittu ammatillinen osaaminen
- työkokemus eri työtehtävissä
- erityiset saavutukset
- ammatillisten standardien nykyiselle työtehtävälle asettamat vaatimukset
- työuralla etenemisen tulevaisuudennäkymät yrityksessä.

Pätevyysprofiiltaan erilaisille työntekijöille määritellään erilaiset tavoitteet ja tehtävät, joita ammatillisen koulutuksen on mahdollisimman tarkasti vastattava.

Viimeinen tekijä, joka vastaa kysymykseen ”*Miten opettaa?*”, on organisatoristekninen. Tämä tekijä edellyttää koulutusmuotojen, -menetelmien ja -välineiden yksityiskohtaista kuvausta. Nykyään yhä suosittumaksi tullut etäopiskelu on erityisen suosittu koulutusmuoto järjestettäessä säännöllistä ja välttämätöntä täydennyskoulutusta yrityksen sille henkilöstöryhmälle, joka ei voi olla pitkiä aikoja poissa työstään. Näissä tapauksissa etäopetus on epäilemättä parempi vaihtoehto kuin perinteinen lähiopetus. Etäopetuksen järjestäminen edellyttää kuitenkin pitkällistä, varsin kallista ja yksityiskohtaista verkko-opetuspolkujen rakentamista sekä potentiaalisten opiskelijoiden lukuisten psykologisten ominaisuuksien huomioon ottamista. Merkitsevien psykologisten ominaisuuksien luettelo on erilainen eri ammattiryhmille. Etäkoulutuksessa kaikki nämä yksityiskohdat on valmisteltava etukäteen ja niiden on oltava huomioituina valmiissa verkkokoulutustuotteessa (esimerkiksi opetussivustossa tai portaalissa), kun taas perinteisessä lähiopetuksessa monia asioita (kuten ”*Miten opettaa?*”) ratkaistaan välittömässä opettajan ja opiskelijoiden välisessä vuorovaikutuksessa.

Lähitulevaisuudessa näyttää mahdolliselta ja tarkoituksenmukaiselta ottaa käyttöön lähi- ja etäopintoja yhdistävä ja vaativuustasoltaan moninainen maatalousalan työntekijöitä energiansäästöohjelmiin perehdyttävä täydennyskoulutus.

# BIOTALOUS JA UUSIUTUVIIN ENERGIALÄHTEISIIN PERUSTUVA ENERGIATALOUS LENINGRADIN ALUEELLA

Timofejev J.V. & Smirnova L.J. & Erk A.F. & Jefimova A.N.

## BIOCOM-HANKKEEN TYÖRYHMÄN TUTUSTUMINEN INNOVATIIVISEEN KOULURAKENNUKSEN MAALÄMPÖ -HANKKEESEEN

9.2.2021 BioCom-hankkeen venäläiset osallistujat (Federaation valtiollisen budjettirahoitteen laitoksen Federaation tieteellisen maataloustekniikan keskuksen VIM:n haaraosaston Maataloustuotannon maataloustekniikan ja ympäristöongelmien instituutin uusiutuvien energialähteiden laboratorion tutkijat) tekivät työmatkan Leningradin alueen Viipurin aluepiiriin Zhitkovon taajamaan. Paikallinen koulu on alueen ensimmäinen oppilaitos, jota lämmitetään maalämmöllä.

Matkaan osallistuneet tutustuivat lämmitysjärjestelmän toimintaan sekä koneisiin ja laitteisiin. Aikaisemmin Zhitkovon koulun lämmitykseen käytettiin sähkölämmittimiä. Tällaiset lämmönlähteet tulevat kuitenkin kalliiksi. Uuden lämmitysjärjestelmän asentamisen jälkeen kustannukset putosivat viidesosaan entisestä ja lämmityksen toimintavarmuus parani huomattavasti.

Maalämpöpumput otettiin käyttöön Leningradin alueen Viipurin aluepiiriin Zhitkovon koulussa 25.12.2020. Zhitkovon koulun siirtyminen maalämpöön on Leningradin alueella pilottihanke, jota voidaan menestyksekkäästi soveltaa alueen muissakin laitoksissa niiden energiatehokkuuden parantamiseksi ja käyttökustannusten pienentämiseksi. Kuvassa 1 on esitetty Zhitkovon koulun julkisivu.

Hankkeessa käytettävät lämpöpumput on valmistettu Tosnon kaupungissa Leningradin alueella Teplovoje oborudovaniye -tehtaalla, joka on Thermex Energyn päätuotantoyksikkö Venäjällä. Hanke syntyi Leningradin alueen valtiollisen laitoksen Leningradin alueen energian säästämis- ja energiatehokkuuden parantamiskeskuksen aloitteesta.

Alustavien laskelmien mukaan siirtyminen energiatehokkaaseen maalämpöjärjestelmään alentaa vuosittaisia lämmityskustannuksia 75 %. Arvioitu lämmitysjärjestelmän uusimiskustannusten takaisinmaksuaika on noin kuusi vuotta.



**KUVA 1.** Zhitkovskajan koulurakennus

## MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN YLEINEN TOIMINTAPERIAATE

Lämpöpumpun toimintaperiaatetta voidaan kuvailla “käänteiseksi jääkaapiksi”. Lämpöpumput ottavat ympäristöstään siinä olevaa lämpöenergiaa ja siirtävät sen lämmitysjärjestelmään. Maalämpöpumpun matalapotentialisen lämpöenergian lähteenä on maaperä tai vesistö. Maaperän lämpötila jäätymistason alapuolella on käytännössä ympäri vuoden  $+5$ – $+10$  °C. Siksi lämmitysjärjestelmä toimii tasaisen tehokkaasti kylmimpänäkin talvena.

Maaperän matalapotentialista lämpöenergiaa kerätään maalämmönkeruupiirin kautta. Porattuihin reikiin asennetaan geosondit (HDPE-putket). Niissä kiertävä jäätymätön lämmönsiirtoaine kerää maalämpöä ja siirtää sitä lämpöpumppuun. Saatu lämpö siirtyy haihduttimen kautta lämmönsiirtoaineesta kylmäaineeseen, joka lämpenee ja muuttuu kaasumaiseksi. Lämpöpumpun kompressori puristaa höyrystyneen kaasun korkeaan paineeseen ja lämmittää kaasun. Kuuma, kaasuuntunut kylmäaine johdetaan lauhduttimeen, josta lämpö siirtyy lämmitysjärjestelmään; ensin puskurisäiliöön ja siitä edelleen rakennuksen lämpöpattereihin. Kun kylmäaine johdetaan paisuntaventtiiliin, se muuttuu paineen ja lämpötilan laskiessa takaisin nestemäiseksi. Jäähdyntynyt kylmäaine voi taas kerätä lämpöä ympäristöstään ja prosessi alkaa alusta.

Asiantuntijoiden työmatka järjestettiin kaikkia COVID-19-pandemiaan liittyviä terveysmääräyksiä ja -sääntöjä noudattaen. Vieraat tutustuivat lämpöpumpun asennukseen ja

koulurakennuksen sisätiloihin vedettyyn lämmönsiirtoaineputkistoon. Tilojen huonelämpötila todettiin miellyttäväksi (22 °C). Teknisiin kysymyksiin vastasi lämpöpumppuihin erikoistunut asiantuntija, Thermex Energy Oy:n tekninen johtaja Aleksander Fjodorov. Koulun johtaja Svetlana Ivanovna Ziginova kertoi rakentamisen vaiheista sekä suhtautumisestaan ehdotukseen ottaa käyttöön uusiutuvaa energiaa. Myös BioCom-hankkeen asiantuntijat pitivät tätä käytäntöä mielenkiintoisena ja lupaavana. Kuvissa 2.1 ja 2.2 on nähtävillä Zhitkovon koulun henkilökuntaa sekä hankkeen henkilöstöä koulun teknisiin tiloihin tutustumassa.



**KUVA 2 (1,2).** BioCom-projektin työryhmän vierailu Zhitkovskajan koululla

# BIOCOM-ASIAANTUNTIJOIDEN TUTUSTUMINEN INNOVATIIVISEEN INFINITE FREEDOM -HANKKEESEEN

Timofejev J.V. & Smirnova L.J. & Erk A.F. & Jefimova A.N.

25.11.2020 BioCom-hankkeen venäläiset osallistajat tekivät työmatkan Krasnoe ozero -hiihokeskukseen, joka sijaitsee 90 kilometrin päässä Pietarista. Sinne on rakennettu maailman ensimmäinen Infinite FreeDom -järjestelmän nollaenergiatalo. Matkaan osallistui Leningradin alueen Energian säästämis- ja energiatehokkuuden parantamiskeskuksen edustaja Larisa Jurjevna Smirnova, Pietarin maatalousalan valtionyliopiston yhteydessä toimivan OOO Antantan pääjohtaja Sergei Aleksandrovitch Nevolin sekä Federaation valtiollisen budjettirahoitteen laitoksen Federaation tieteellisen maataloustekniikan keskuksen VIM:n haaraosaston Maataloustuotannon maataloustekniikan ja ympäristöongelmien instituutin asiantuntijoita. Asiantuntijoille esiteltiin vaihtoehtoisia energialähteitä, joita on käytetty Infinite FreeDom -nollaenergiatalossa:

- Tuuligeneraattori, joka on rakenteellisesti sovitettu Luoteis-Venäjän olosuhteisiin. Siipien geometria on suunniteltu niin, että ne toimivat tehokkaasti alhaisellakin tuulen nopeudella, ja niissä on käytetty periaatteellisesti uusia aaltomaisesti energiaa siirtäviä osia.
- Rakennuksen seinään asennettu aurinkoenergiajärjestelmä, joka pystyy säätelemään aurinkoenergialla toimivien vedenlämmittimien kulmaa.
- Nollaenergiatalon automaattiohjaus ja -valvontajärjestelmä.

Järjestelmä vähentää kalliiden energiaverkkojen ja polttoaineiden toimitusreittien rakentamistarvetta sekä ympäristön saastumista syrjäseuduilla.

Pietarilaiset insinöörit suunnittelevat vielä yhden nollatalomallin rakentamista Venäjällä lähitulevaisuudessa. Talon on tarkoitus jäljitellä energiahuoltoa syrjäisillä alueilla tarvitsevia rakennuksia (esim. maatilat ja kartanot) mahdollisimman tarkasti. Mallitaloa käytetään esittelytarkoituksissa ja kaikkien ympäristöstävällisestä energiataloudesta kiinnostuneiden koulutuksessa. Tulevaisuudessa Infinite FreeDom -järjestelmiä aiotaan tuottaa sarjatuotantona. Palveluun kuuluvat silloin myös järjestelmän asennus, ylläpito ja valvonta. Myös itse tuotantolaitoksen energiansyöttö järjestetään täysin uusiutuvaa energiaa hyödyntämällä.

# BIOCOM-ASiantuntijoiden vierailu EVOBIOS-biokaasu- laitoksella

Erk A.F. & Timofejev J.V. & Razmuk V.A. & Smirnova L.J.

Vuonna 2020 BioCom-hankkeen asiantuntijat kävivät Pervomaiskijn koekarjatilalla tutustumassa siellä toimivaan biokaasulaitokseen. Tilalla toimivan biokaasulaitoksen on suunnitellut venäläinen yritys EVOBIOS, joka on parantanut orgaanisesta jätteestä vaihtoehtoista energiaa tuottavaa teknologiaa ja tehnyt siitä saavutettavaa ja taloudellisesti kannattavaa. EVOBIOSin teknologian avulla bioreaktorissa säilyy paljon enemmän bakteereja tilavuusyksikköä kohden kuin rakenteeltaan perinteisissä biokaasujärjestelmissä, minkä ansiosta biokaasulaitos on kompakti ja tuottava.

Suhtautuminen orgaanisen jätteen käsittelyyn ja siitä saatavan biokaasun tuottamiseen on pitkään ollut erittäin konservatiivista. Pääasiassa on suunniteltu sellaisten suurten käsitteilylaitosten rakentamista, joihin tuotaisiin orgaaninen jäte lähellä sijaitsevilta maatalousyriksiltä. Tällainen vaihtoehto on kuitenkin erittäin kallis.

Lokakuussa 2019 Leningradin alueen Priozerskin aluepiirin Plodovoje taajamassa sijaitsevalla Pervomaiskijn siitoskarjatilalla toteutettu hanke nopeuttaa biokaasun tuotantoprosessia kymmenkertaisesti perinteisiin teknologioihin verrattuna. EVOBIOSin toimittama biokaasulaitos Plodovojessa on ainutlaatuinen, eikä sillä ole vastinetta Venäjällä eikä ulkomaillaakaan. Laitoksen tärkein erikoisuus on toiminnan virtausperiaate. Ympäristön tilan kannalta on saavutettu seuraavat myönteiset vaikutukset:

- Metaani-, rikkivety- ja kasvihuonekaasupäästöjen sekä muiden orgaanisen jätteen hajoamisesta muodostuvat päästöt on saatu estettyä.
- Puhdistamattomien jätteiden pääsy maaperään estyy.
- Ravinteiden pääsy hule- ja pohjaveteen sekä kevättulva-alueille ja muihin vesistöihin estyy.
- Maaperään negatiivisesti vaikuttavien mineraalilannoitteiden käyttö on vähentynyt.

Bioreaktoreissa tapahtuu biomassan (esimerkiksi nautakarjan lanta) anaerobinen fermentaatio, jonka tuloksena hydrolyyttisten, happoa ja metaania muodostavien bakteerien vaikutuksesta syntyy biokaasua, joka sisältää yli 75 % metaania, noin 25 % hiilidioksidia ja alle 1 % vetyä ja rikkivetyä. Yhdestä tonnista sian tai nautakarjan lantaa voidaan saada yli 60 m<sup>3</sup> biokaasua ja yhdestä tonnista kananlantaa jopa 100 m<sup>3</sup>. Lämpöarvoltaan 1 m<sup>3</sup> biokaasua vastaa 0,8 m<sup>3</sup> maakaasua, 0,7 kg polttoöljyä, 0,6 kg bensiiniä ja 1,5 kg polttopuuta.

Käsittelylaitoksen kapasiteetti on jopa sata tonnia nautakarjan lantaa vuorokaudessa. Tuotannossa syntyy sähköenergiaa ja GOST-standardin vaatimukset täyttäviä korkealaatuisia orgaanisia lannoitteita. Tuotettavaa sähköä ja orgaanisia lannoitteita suunnitellaan käytettäväksi maatalousyrityksen tarpeisiin. Kuvissa 1.1 ja 1.2 nähdään hankkeen henkilökuntaa tutustumassa biokaasulaitoksen valvomoon sekä biokaasulaitoksen reaktorirakennus sekä muita rakennuksia.



**KUVA 1 (1,2).** BioCom-asiantuntijoiden vierailu EVOBIOS-biokaasulaitoksella Leningradin alueella

# PILOTTILAITOSTEN ENERGIA- TALouden TUTKIMUS LENINGRADIN ALUEELLA

Erk A.F. & Razmuk V.A.

## ENERGIATALOUSTUTKIMUSTEN TUTKIMUSMENETELMÄT SEKÄ TEKNOLOGIOIDEN JA TEKNISTEN VÄLINEIDEN ARVIOINNIN UUDET OSOITTIMET

### 1. Välttämättömien energiataloustutkimusten menetelmät

**Tavoite:** objektiivisten tietojen saanti energiavarojen käyttömääristä, kuten

- energiatehokkuusindikaattorien määrittäminen sekä energiahukan syiden selvittäminen
- energiansäästön ja energiatehokkuuspotentiaalın määrittäminen
- energiansäästöön ja energiatehokkuuden lisäämiseen tähtäävien toimenpiteiden kartoitus sekä investointien ja takaisinmaksuaikojen arviointi.

### 2. Suoritettavat työt (palvelut)

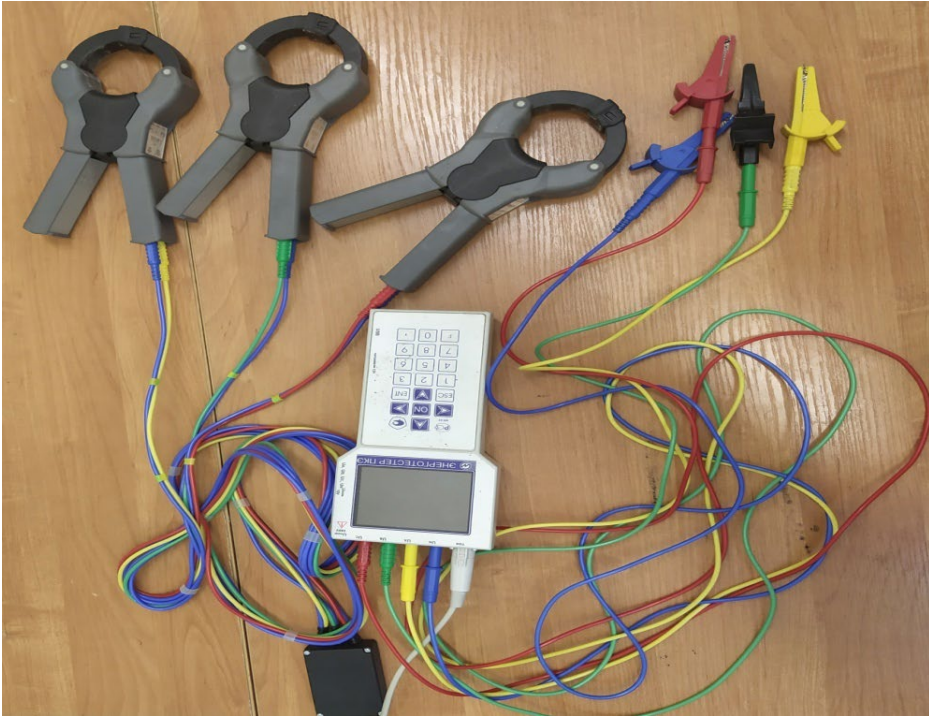
#### Sähköhuoltojärjestelmä

- Ulkoisen sähköhuollon rakenteen tutkiminen ja laadullinen arviointi 0,4 kV:n jännitetasolla; jakeluverkkojen teknisen kunnan tutkiminen, mittausjärjestelmien tutkiminen sekä ulkoisen ja sisäisen sähköhuollon varmuustason tutkiminen
- Sähkövirran ja jännitteen arvojen rekisteröinti tulo- ja lähtölinjoissa pääsähkökeskuksissa sijaitsevien mittauslaitteiden avulla (virtamittarit, jännitemittarit, yleiset summaimet)
- Virtakuorman todellisten arvojen mittaus vaiheittain eniten energiaa kuluttavissa kohteissa (lähtölinjoissa) kannettavia mittauslaitteita käyttäen
- Aktiivisen ja reaktiivisen tehon todellisten arvojen mittaaminen vaiheittain tyypillisimmissä tai eniten energiaa kuluttavissa sähkökäyttöissä kannettavia mittauslaitteita käyttäen
- Tutkittavien kohteiden energiakulutuksen muutostendenssien analyysi ja arviointi (sähkönkulutuksen dynamiikka ja kausivaihtelut)
- Sisä- ja ulkovalaistuksen teknisen kunnan arviointi (valaisinten tyyppi, määrä ja teho) sekä luonnonvalon todellisen tason määrittely
- Sähköenergian tehottoman käytön (hukkaenergia, loisteho) syiden selvittäminen

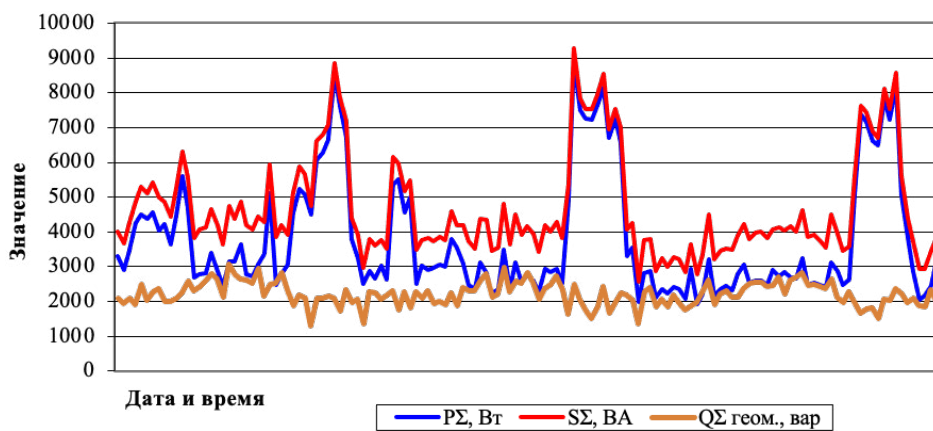


- Sähkölaitteiden lämpökuvaus
- Sähköenergian järkevään käyttöön tähtävien toimenpiteiden suunnittelemisen sekä niiden tehokkuuden ja kustannustason arvioiminen

Kuvassa 1 on esitetty sähköenergian laadun mittauksessa käytetty mittalaite PKE ja kuvassa 2 näytetään mittalaitteen piirtämä kuvaaja sähkötehon vaihtelusta vuorokauden eri aikoina.



**KUVA 1.** Sähköenergian laadun mittauslaite PKE

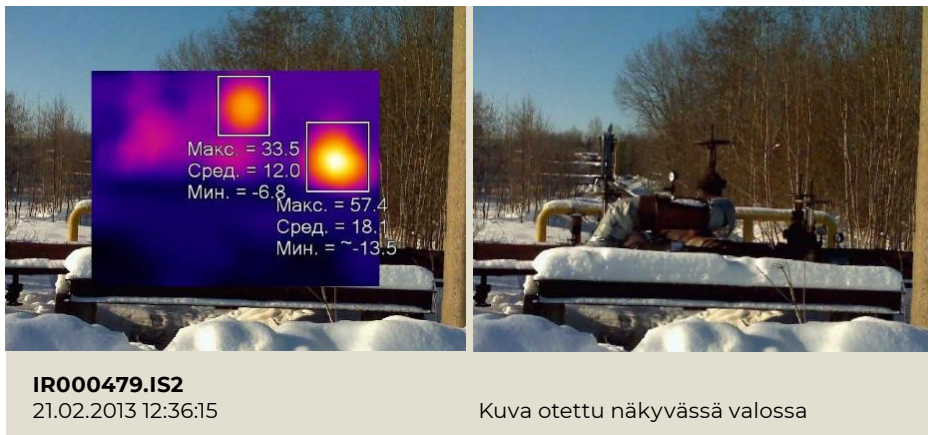


**KUVA 2.** Tehon vaihtelut vuorokauden aikana

### Lämpöhuoltojärjestelmä

- Putkijohtojen lämpöeristyksen kautta tapahtuvan todellisen lämpöhukan määrittäminen
- Miellyttävän lämpötilan saavuttamiseen tarvittavan lämmönsiirtoaineen todellisen ja normatiivisen ominais määrän analysointi
- Lämmitys- ja lämminvesijärjestelmien lämpökuorman jakautumisen analysointi
- Todellisten ja normienmukaisten indikaattoreiden arviointi, laitteiston todellisten toimintatapojen ja normienmukaisten indikaattorien vertaileva analysointi
- Lämpöenergian tehokkaaseen käyttöön tähtävien toimenpiteiden suunnitteleminen ja niiden tehokkuuden ja kustannustason arviointi

Kuvassa 3 on nähtävillä maan pinnalla kulkeva kaukolämpöputki ja lämpökameran kuva kyseisestä putkesta.



**KUVA 3.** Avoin lämpöputki

### Vesi- ja viemärijärjestelmä

- Vedenkulutuksen ja viemäriveden taseen laatiminen
- Vesihuollon ja viemäroinnin mittaus- ja valvontajärjestelmän analysointi
- Vesihuollon ja viemäroinnin tehokkaaseen käyttöön tähtävien toimenpiteiden suunnittelu

### Seinärakenteet

- Ulkoseinärakenteiden lämpökuvaaminen ja tulosten käsittely.
- Seinärakenteiden lämpötiivyyden parantamiseen ja lämpöhukan vähentämiseen suunnattujen toimenpiteiden suunnittelu ja niiden tehokkuuden ja kustannustason arviointi.

Kuvassa 4 on nähtävillä konekorjaamon rakennus ja lämpökameran kuva rakennuksesta.



**KUVA 4.** Konekorjaamon rakennus

### 3. Energiaa säästävät toimenpiteet maatalousyrityksille

Energiatalouden tutkimusten tulosten pohjalta on määritelty tärkeimmät toimenpiteet, joiden avulla maataloustuotannossa voidaan säästää energiaa ja lisätä energiatehokkuutta. Markkinatutkimuksen avulla selvitettiin yritysten tarpeita ja määritettiin tärkeysjärjestys. Toimenpiteet voidaan luokitella organisatoristaloudellisiksi sekä teknisiksi ja rakenteellisiksi energiataloudellisiksi toimenpiteiksi.

#### Organisatoristaloudelliset toimenpiteet

- Tuotannon energiatehokkuuden parantamisesta vastaavien työntekijöiden koulutus ja koko henkilökunnan energiansäästökoulutus
- Rakennusten ja laitteiden suunnitelman mukaiset tarkastukset
- Lämpökuvaukset ja energiakatselmuks
- Energiankulutusta mittaavien laitteiden tarkistus
- Energatehokkuuden edellyttämien korjauksien teko

Tärkeitä taloudellisia energiansäästötoimenpiteitä ovat energiansäästöön motivoiminen ja siitä palkitseminen sekä johdon päätöksenteko energiasäästöasioista.

Organisatoristaloudelliset toimenpiteet toteutetaan minimiresurssein (henkilöstö, rahoitus, tekniset resurssit). Energiasäästöä ja takaisinmaksuaikaa on vaikeaa määritellä suoraan. Toimenpiteillä on kuitenkin tärkeä merkitys maataloustuotannon energiatehokkuuden parantamisen kannalta.

Tekniset toimenpiteet tähtäävät energiatehokkuusluokan nostamiseen vaihtamalla laitteet energiatehokkaampiin ja ottamalla käyttöön energiaa säästäviä laitteita. Tarvittavien teknisten toimenpiteiden analysointi on osoittanut, että niistä merkityksellisimpiä toimenpiteitä ovat

- valaistusjärjestelmän uusiminen
- Sähkönkäytön ohjauksen automatisointi
- energiaa säästävät vedenlämmittimet
- paikalliset sähkölämmittimet.

Yksi lupaavimmista energian säästämisen keinoista on valaisimien hehkulamppujen vaihtaminen energiansäästölamppuihin. Kuvassa 5 on nähtävillä navettarakennus, jonka sisävalaistus on toteutettu LED-lampuilla.



**KUVA 5.** Navetan LED-valaistus

Valaistusjärjestelmän uusintaan sisältyy myös automaattisten ohjausjärjestelmien käyttöönotto esimerkiksi navetoissa ja ulkovalaistuksessa. Valaistuksen automaattisen ohjausjärjestelmän takaisinmaksuaika on 1,1–2 vuotta.

Sähkönkäytön automaattiset ohjausjärjestelmät ovat valaistuksen jälkeen tärkein energian säästämiseen vaikuttava tekninen toimenpide. Taajuusmuuttajat mahdollistavat energian ja resurssien säästämisen. Tämä palvelee myös ympäristöä. Taajuusmuuttajia käytetään vedenotto-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmissä, lypsykoneiden alipainepumpuissa sekä erilaisissa kuljettimissa. Taajuusmuuttajien takaisinmaksuaika on 0,5–2 vuotta. Kuvassa 6 on nähtävillä taajuusmuuttajien ohjauskaappi ulkoa ja sisältä.



**KUVA 6.** Taajuusmuuttajien ohjauskaappi

Vanhentuneen laitteiston vaihtaminen energiaa säästävään ja energiatehokkaaseen on luonnollinen tapa vähentää maataloustuotannon energiankulutusta. Tämä koskee erityisesti seuraavia:

- ohjausjärjestelmin varustetut uppopumput ja alipainepumput
- energiaa säästävät vedenlämmittimet, joita käytetään karjataloustilojen tuotannon tarpeisiin käytettävän veden lämmittämiseen
- vedenkäsittelyjärjestelmät
- paikallinen nuorkarjan ja esimerkiksi vasikoiden tilojen ja aputilojen infrapunalämmitys
- tuotannon tarpeisiin käytettävän veden lämmitysjärjestelmät
- maatalojen työntekijöiden vaatteiden ja jalkineiden kuivatushuoneiden lämmitysjärjestelmät, joissa on energiahuippujen ulkopuolella sähköenergiaa säästävä paineakku tai umpiakku.

Tässä tapauksessa takaisinmaksuaika on tapauskohtainen ja voi olla 1,4–5,5 vuotta.

Lämpöenergiaa säästävät toimenpiteet ovat erityisen tärkeitä talviaikana, koska yleensä varsinainen maataloustuotanto kuluttaa vähän lämpöenergiaa (noin 3 % lämpöenergian kokonaiskulutuksesta). Lämpöenergian säästötoimenpiteiden takaisinmaksuaika on 0,8–4 vuotta.

Ajoneuvojen – traktoreiden ja autojen – liikenteen satelliittivalvontaa käytetään maataloustuotannossa yhä aktiivisemmin. Tällaisten laitteiden käyttöönoton laskennallinen takaisinmaksuaika on polttoainesäästöjen ansiosta 0,8–3,9 vuotta.

**Rakenteelliset energiataloudelliset toimenpiteet** tähtäävät toissijaisten energiavarojen, paikallisten ja uusiutuvien energialähteiden sisällyttämiseen maatalousyriyten energiataaseeseen. Maatalousyriyksen energiavirtojen rakenteen optimointiin riittää sellaisen energiankäyttöyhdistelmän määrittäminen, jolla energiakustannukset voidaan minimoida.

Monilla lypsykarjatiloiilla tilojen lämmitykseen käytetään lämmönvaihtimia ja hyödynnetään eläinten tuottamaa lämpöä. Maatiloilla ja asuintaloissa käytetään yhä enemmän ilma-ilma- ja vesi-ilma-periaatteella toimivia lämpöpumppuja. Tällaisten laitteiden takaisinmaksuaika on kuitenkin melko pitkä, 7–9 vuotta.

Puu- ja kasvijätteitä sekä paikallisia polttoaineita perinteisten energiavarojen sijasta käyttävien järjestelmien sekä kaasu- ja tuuligeneraattorien suosio on kasvamassa. Vedennosto- ja lämmitysjärjestelmissä tuulivoimalaitosten takaisinmaksuaika on 4,7 vuotta.

Aurinkoenergiaa käytetään etupäässä kahdella tavalla; lämpöenergiana (erilaisten lämpöjärjestelmien avulla) tai valokemiallisten reaktioiden välityksellä. Suosituimpia aurinkoenergian käyttökohteita ovat lämminvesi- ja lämmitysjärjestelmät. Näihin tarkoituksiin riittää matalalämpöenergia. Maataloudessa aurinkokeräinten avulla voidaan lämmitellä eläintuotannossa käytettävää vettä, kasvihuoneiden vettä ja maaperää sekä aputiloissa (korjaamoissa, autotalleissa ym.) käytettävää vettä. Kotitaloudessa niitä käytetään kasteluveden ja teknisen veden sekä uima-altaiden veden lämmittämiseen. Tällaisten järjestelmien takaisinmaksuaika on 6,5 vuotta. Kuvassa 7 on esitelty aurinkoenergialla toimivia vedenlämmittimiä.



**KUVA 7.** Aurinkoenergialla toimivat vedenlämmittimet



**KUVA 8.** Aurinkosähkövoimala

Aurinkosähköjärjestelmät (aurinkopaneelit) ovat pitkäaikaisempi ja ympäristöystävällinen aurinkoenergian käyttötapa. Kuvassa 8 on esitetty aurinkosähköä tuottava paneeli sekä järjestelmän ohjauslaite ja invertteri. Aurinkopaneelien käyttökohteita ovat mm. valaistus, kodintekniikan ja vesipumppujen käyttö syrjäisillä maaseutualueilla, ympäristöystävällisten virkistysalueiden energiahuolto sekä radio- ja televisiojärjestelmien, majakoiden ja merkkipoijujen energiahuolto. Leningradin alueen maataloudessa on syrjässä keskitetystä energiajärjestelmästä sijaitsevia energiankäyttäjiä, mehiläistarhoja, lammassuojia, pienimuotoista tuotantoa palvelevia rakennelmia, kalanviljelylaitoksia, kyliä ja työpisteitä. Uusiutuvien energialähteiden, kuten auringosta tulevan säteilyn, käytön avulla syrjäseutujen energiansaantiongelmia on mahdollista ratkaista. Aurinkosähköjärjestelmien puute on niiden pitkä, noin kymmenen vuoden takaisinmaksuaika.

# UUSIUTUVIEN ENERGIAN- TUOTANTOLÄHTEIDEN VALINTA

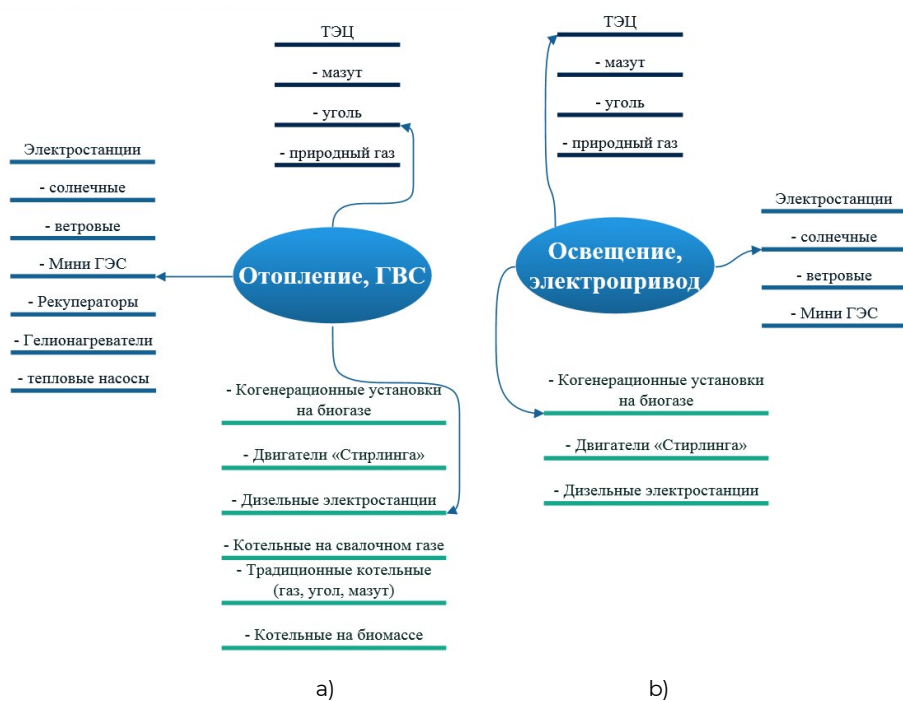
Erk A.F. & Timofejev J.V.

Nykyaikaisilla maatalousyrityksillä on paljon pieniä energiankulutuskohteita: maatilat, karjapihat, toimistotilat, kasvinviljelytuotteiden korjuunjälkeisen käsittelyn tilat, varastot ja säilytystilat yms., jotka sijaitsevat eri etäisyyksillä energialähteistä. Keskitetty sähkönjakelu järjestetään matalatehomuuntajista pitkiä ilmasähköjohtoja pitkin. Vuorokauden aikana sähköenergian kulutus vaihtelee, sähköenergian laatu on alhainen ja maaseudun verkoissa on usein suurta energiahukkaa.

Viime aikoina on pohdittu yhä useammin hajautetun (autonomisen) energihuollon järjestämisestä erillisiin kohteisiin maaseudulla. Tällainen hajautettu energiahuolto voisi toimia erilaisista pienitehoisista energiaa tuottavista yksiköistä ja käyttää paikallisia ja uusiutuvia energialähteitä.

Energiantuotantoyksiköt voivat olla niin perinteisiä (dieselgeneraattorit, kaasumäntätoimiset energiayksiköt) kuin uusiutuvia energialähteitä käyttäviä (tuulivoimalat, aurinkovoimalat, mikrovesivoimalat). Uusiutuvan energialähteen käytön tärkeimpänä synä voi olla pääpolttoaineen kulutuksen vähentäminen (taloudellinen vaikutus). Perinteisen energialähteen vaihto uusiutuvaan energialähteeseen vaikuttaa kuitenkin myönteisesti ympäristövaikutusten kuvaajiin.





**KUVA 1.** Energiahuollon rakennekaaviot

a) Lämmitys ja lämpimän käyttöveden tuotanto, b) Valaistus, sähkönkäyttö ja ohjausjärjestelmät

Energiantuotantolähteiden valinnassa voidaan lähtä liikkeelle niin taloudellisista kriteereistä kuin ympäristövaikutuksista. Sähköenergian ja lämpöenergian kilowattitunnin hinta on taloudellinen kriteeri. Ympäristövaikutusta mitataan paikallisten energiantuotantolähteiden energiantuotannosta muodostuvien päästöjen kokonaismäärän perusteella (päästöt g/kWh). Kuvassa 1 on esitetty kaavioiden muodossa energiahuollon eri osa-alueet; lämmitys ja lämpimän käyttöveden tuottaminen sekä valaistus, sähkönkäyttö ja ohjausjärjestelmät.

## YHTEENVETO

Energialouden tutkimuksia tehtäessä on suositeltavaa toteuttaa välttämättömät energiataloudelliset tutkimukset ja suunnitella energiansäästötoimenpiteet maatalousyrityksille, arvioida teknologian ja teknisten laitteiden energiaominaisuudet ja ympäristövaikutus sekä ottaa energiantuotantolähdettä valittaessa huomioon uusiutuvien energialähteiden käyttömahdollisuus ja arvioida biokaasun käyttömahdollisuudet liikenteen polttoaineena.

# MAATALOUDEN ENERGIA- TEHOKKUUS VENÄLÄISESSÄ LAINSÄÄDÄNNÖSSÄ

Smirnova L.J.

## ENERGIANSÄÄSTÖÄ SÄÄTELEVÄT LAIT LENINGRADIN ALUEELLA

Energiansäästöä ja energiatehokkuuden parantamista säätelevät 23.11.2009 päivätty federaation laki № 261-FZ [1] ja muut Venäjän federaation lait sekä niiden nojalla annetut Venäjän federaation säädökset, federaation subjektien lait ja muut säädökset sekä kunnalliset energiansäästöä ja energiatehokkuuden parantamista koskevat säädökset.

Federaation laki № 261-FZ säätelee suhtautumista energian säästämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen. Sen tarkoituksena on luoda oikeudelliset, taloudelliset ja organisatoriset perusteet energian säästämistä ja energiatehokkuuden parantamista edistävälle toiminnalle.

Energian säästämisen ja energiatehokkuuden parantamisen oikeudellinen sääntely perustuu seuraaviin periaatteisiin:

- energiavarojen tehokas ja järkevä käyttö
- energiaa säästävän ja energiatehokkuutta parantavan toiminnan tukeminen ja siihen kannustaminen
- energiansäästöön ja energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävien toimenpiteiden systemaattisuus ja kokonaisvaltaisuus
- energiansäästön ja energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävien toimien suunnittelu
- energiavarojen käyttö ottaen huomioon resurssi-, tuotanto- ja ympäristöolosuhteet sekä sosiaaliset olosuhteet.

Kyseistä federaation lakia sovelletaan energiavarojen käyttöön liittyvään toimintaan. Energiavarojen käyttöä koskevia säädöksiä sovelletaan myös keskitetyn vesihuollon järjestelmiin syötettävään, niissä siirrettävään ja käytettävään veteen. Säädelyä toimintaa harjoittavia organisaatioita koskevia säädöksiä sovelletaan näiden organisaatioiden harjoittamaan säädelyyn toimintaan.

Tässä laissa säädetyt federaation toimeenpanoviranomaisten energian säästämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen liittyvät toimivaltuudet voidaan antaa Venäjän federaation

subjektien toimeenpanoviranomaisille Venäjän federaation hallituksen asetuksella 6.10.1999 annetussa federaation laissa № 184-FZ säädetyssä järjestyksessä. Venäjän federaation hallinnollisena subjektina Leningradin alueen valtion viranomaisten energian säästämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen liittyviin toimivaltuuksiin kuuluvat:

- valtion energiansäästö- ja energiatehokkuuden parantamispolitiikan toteuttaminen Leningradin alueella Venäjän federaation subjektin ominaisuudessa
- energian säästämistä ja energiatehokkuuden parantamista koskevien alueellisten ohjelmien kehittäminen ja toteuttaminen
- vaatimusten määrittäminen säädeltyä toimintaa harjoittavien organisaatioiden energian säästämistä ja energiatehokkuuden parantamista koskeville ohjelmille, mikäli näiden organisaatioiden tuotteiden tai palvelujen hinnat (tariffit) ovat Venäjän federaation subjektina olevan Leningradin alueen toimeenpanoviranomaisten määrättävissä
- välttämättömien energiansäästöön ja energiatehokkuuden parantamiseen tarvittavien toimenpiteiden listaus kerrostalojen asuintilojen omistajien yhteisen omaisuuden osalta
- Venäjän federaation lakien ja Venäjän federaation muiden säädösten välttämättömiksi määrittämiin ja energian säästämistä ja energiatehokkuuden parantamista koskevan alueellisen ohjelman edellyttämiin energian säästämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen tähtääviin toimenpiteisiin tarvittavien tietojen antaminen Venäjän federaation subjektina olevan Leningradin alueen alueella
- energiansäästöön ja energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävien toimenpiteiden koordinointi ja Venäjän federaation subjektina olevan Leningradin alueen valtion laitosten ja valtiollisten unitaaristen yhtiöiden toteuttama näiden toimenpiteiden toteuttamisen valvonta
- energian säästämistä ja energiatehokkuuden parantamista säätelevien lakien määräysten noudattamisen alueellinen valvonta Venäjän federaation subjektina toimivan Leningradin alueella
- federaation lain ja muiden federaation lakien Venäjän federaation subjektien viranomaisille määräämien energiansäästöä ja energiatehokkuuden parantamista koskevien toimivaltuuksien käyttö.

Federaation subjektina toimivan Leningradin alueen toimivaltaisen täytäntöönpanoviranomaisen päätöksellä toimivaltuuksia voi käyttää sen alaisuudessa toimiva valtion (budjet-tirahoitteinen tai autonominen) laitos, jonka toimintaan kuuluu energian säästämistä ja energiatehokkuuden parantamista koskeva tiedottaminen.

# ESITTELYALUEIDEN LUOMINEN

Erk A.F. & Jefimova A.N.

Leningradin alueella sijaitsevalla Pervomaiskijn karjatilán yhteyteen suunnitellulla energiatehokkaan tuotannon demonstraatioalueella on monta tärkeää tavoitetta. Sen tavoitteita ovat maataloustuotteiden tuotannon energiansäästöön ja energiatehokkuuden parantamiseen tarkoitettujen uusien ja olemassa olevien paikallisia ja uusiutuvia energialähteitä (aurinkoenergiaa, tuulta, toissijaisia energiavaroja ja jätetuuta) hyödyntävien toimenpiteiden ja laitteiden käyttöönotto, hyväksyttäminen ja energiatehokkuuden arviointi.

Esittelyalueen tärkein tehtävä on kehittää energian säästämiseen valmentavaa koulutusjärjestelmää. Kohderyhmiä ovat koululaiset, opiskelijat, energian säästämisestä vastaavat talouksien, yritysten ja valtion laitosten asiantuntijat, valtion tai kuntamuodostelmien alaisien laitosten ja organisaatioiden johtajat, yritysten johtajat ja Leningradin alueen asukkaat.

Energian säästämisen demonstraatioalue auttaa havainnollistamaan kohderyhmille ne edut, joita energiaa tuotannossa säästämällä saadaan jokapäiväisessä elämässä taajaman, alueen, maan, talouden eri sektorien ja perheen toimeentulon tasolla. Siellä on mahdollista perehtyä tehokkaaseen energiankäyttöön missä tahansa toiminnassa ja saada tietoa nykyaikaisista tehokkaista energiavarojen käyttötavoista sekä venäläisestä ja kansainvälisestä kokemuksesta energiansäästön alalla.

Esittelyalue on ensisijaisesti koulutuskeskus. Sen tarkoitus on edistää Leningradin alueen asukkaiden itsenäistä oppimista, eri asiantuntijoiden täydennyskoulutusta (kuten uudelleen koulutusta ja sertifiointia) sekä koululaisten ja ammatti- ja korkeakouluopiskelijoiden koulutusmahdollisuuksien laajentamista. Keskuksessa tapahtuvan koulutuksen erityispiirre on havainnollistava tutustuminen energiaa säästäviin kohteisiin, innovatiivisiin teknologioihin ja tieteellis-teknisiin keksintöihin. Lisäksi keskus toimii alustana kokemustenvaihdolle energian säästämisen alalla.

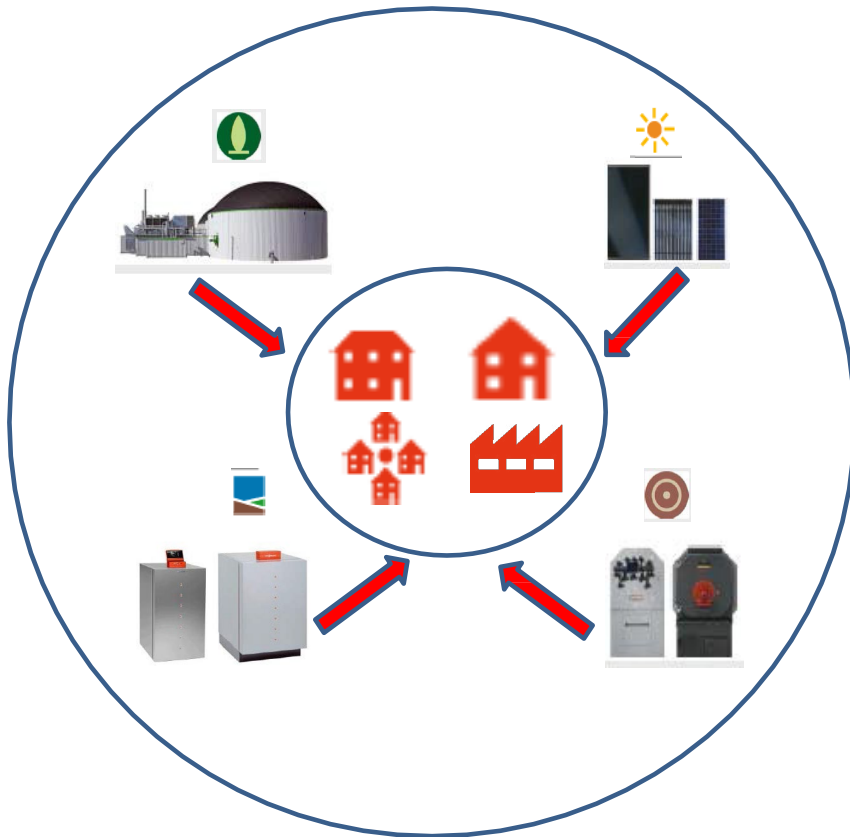
Esittelyalueella voidaan esitellä valtava määrä energiansäästöön ja energiatehokkuuden parantamiseen tähtäviä toimenpiteitä, kuten

- organisatoriset toimenpiteet
- valaistusjärjestelmien parantaminen (valaisinten vaihtaminen energiaa säästäviin vaihtoehtoihin, automatisointi)
- korkeamman energiatehokkuusluokan energiaa säästävien laitteiden käyttöönotto (kierto- ja alipainepumput ym.)
- lämpöenergian säästötoimenpiteet talvella

- sähkökäyttöjen taajuusmuuntajatoimisten ohjausjärjestelmien käyttöönotto
- paikallinen infrapunalämmitys
- ajoneuvojen liikenteen satelliittivalvonta
- aurinkopaneelijärjestelmien asentaminen
- aurinkoenergialla toimivien vedenlämmitysjärjestelmien asentaminen
- lämmönvaihtimien ja lämpöpumppujen käyttöönotto eläinsuojissa
- tuuligeneraattorien asentaminen.

Energiatehokkaan alueen luomista varten on

- valittava Leningradin alueelta tietyt edellytykset täyttävä talous, johon voidaan rakentaa energiatehokkuuden esittelyalue
- suoritettava energiatalouden tutkimus energiansäästämahdollisuuksien selvittämiseksi
- analysoitava lämpöenergian kulutuksen rakenne (sähköenergian, lämpöenergian, kaasun, moottoriöljyn, nestemäisen ja kiinteän polttoaineen, paikallisten ja uusiutuvien energialähteiden käyttö)
- seurattava auringon säteilymääriä, tuulienergian ja vesienenergian määriä, biopolttoaineen tuotantoon tarvittavan raaka-aineen ja muiden paikallisten ja uusiutuvien energialähteiden määriä
- valittava ne tuotantoprosessit, joissa on tarkoituksenmukaista käyttää energiaa säästävää tekniikkaa
- määriteltävä parhaat käytettävissä olevat tekniikat (BAT), joissa käytetään energiaa säästäviä laitteita, ja osittain toteutetut tarvittavat hankkeet
- määriteltävä, mitkä perinteiset lämpöenergiälähteet on mahdollista korvata paikallisilla ja uudistuvilla energialähteillä
- laadittava alustavat tekniset ja taloudelliset perustelut energiaa säästävien laitteiden ja uusiutuvien energialähteiden käytölle
- laadittava maataloustuotannon energiansäästö- ja energiatehokkuuden parantamisohjelma
- suunniteltava ja valmistettava tarvittavan laitteiston koemallit
- hankittava saatavilla olevat sarjavalmisteiset energiaa säästävät laitteet
- asennettava koneet, laitteet ja tuotantolinjat
- suoritettava tuotannon koeajo
- huolehdittava markkinatutkimuksista ja mainonnasta
- järjestettävä ylläpitohenkilöstölle täydennyskoulutus.



**KUVA 1.** Yhtenäisen energiahuoltohankkeen konsepti

Nyt tehdyt valmistelutyöt sisältävät esittelyalueen kohteiden energiahuollon rakenteen perustelut ja luettelon tuotantoprosesseista, joiden toteuttamiseen tarvitaan energiaa säästäviä laitteita. Tutkimustulosten mukaan suurimpia energiankulutuskohteita ovat valaistusjärjestelmät, sähkönkäyttö, lämminvesihuolto ja lämmitys. Energiahuolto toteutetaan olemassa olevia energialähteitä, kuten keskitettyä sähköhuoltojärjestelmää, omaa kattilahuonetta ja dieselekäyttöistä sähkölaitosta sekä suunnitteilla olevia aurinko- ja tuulisähkövoimaloita hyväksi käyttäen. Kuvassa 1 on esitetty energiahuoltohankkeen konseptin eri osa-alueet kuvallisessa muodossa.

Tällä hetkellä IAEP:n asiantuntijat ovat laatineet pilottiyritystä varten esittelyalueen suunnittelemisesta teknisen tehtävän, johon sisältyvät seuraavat hankkeet:

- aurinkopaneeleja käyttävä energiasyöttöyksikkö, joka tuottaa nautakarjatilalle 20 kWh vuorokaudessa
- tuuligeneraattoria käyttävä 5 kW energiasyöttöyksikkö
- nautakarjatilán lypsyalin lämmitysjärjestelmä, jossa käytetään 10,5 kW:n lämpöpumppua

- eläintaloustan teknisen veden lämmitysjärjestelmä, jossa käytetään aurinkoenergialla toimivia vedenlämmittimiä
- sisä- ja ulkovaistutusjärjestelmät, joissa käytetään uusiutuvalla energialla toimivia energiaa säästäviä laitteita
- nykyiset energiansäästövaatimukset täyttävien laitteiden käyttöönotto
- energiansäästöohjelmien toteuttamiseksi tarvittavan infrastruktuurin luominen, mukaan lukien asiantuntijoiden koulutus.

Leningradin alueella maidontuotantoa harjoittavaan maatalousyrittäjien alueelle rakennettavan esittelyaluehankkeen toteuttamiselle on suoritettu teknis-taloudellinen tarkastelu. Maidontuotantoyrityksen yhteyteen perustettavan energiatehokkaan esittelyalueen perustamisen odotetaan laskevan maidontuotannon energiankulutusta 15–27 % vuoteen 2027 mennessä. Odotettavissa on myös, että riskit maatalouden kehittämissuunnitelman toteuttamisen estymisestä energian hintojen odottamattoman nousun ja energiahuollon heikon toimintavarmuuden vuoksi on minimoitu. Jos maataloustuotannon energiankulutus laskee 27 % ja vuosittainen tuotantokapasiteetti pysyy tasaisena, takaisinmaksuaika on 3,2–3,8 vuotta. Kuvassa 2 on nähtävillä ilmakuva demoalueesta sekä sen eri osa-alueet, eli aurinkoenergia, biokaasun ja tuulienergian tuotantolaitteet.



**KUVA 2.** Esittelyalueen kaavasunnitelma

Esittelytaloutta varten laadittu energiansäästö- ja energiatehokkuuden parannusohjelma-hanke voi jatkossa laajentua muillekin tiloilla ja muodostua osaksi Leningradin alueen yhteistä energiansäästöohjelmaa. Ohjelman menestyksellinen toteutus edellyttää kannustavia toimenpiteitä, kuten energiaa säästävien laitteiden hankintakulujen osittaista korvaamista, lainoitustukea, kuntamuodostelmien, talouksien ja alueiden osallistumista rahoitukseen sekä muita kannustustoimia.

# ENERGIAN SÄÄSTÄMISEEN KANNUSTAMINEN VALTION JA KUNTIEN TASOLLA

Smirnova L.J. & Erk A.F. & Timofejev J.V.

Leningradin alueen ja paikallishallintoelinten suorittama energiansäästöön ja energiatehokkuuden parantamiseen kannustava tiedottaminen on suunnattu laajalle yleisölle. Kohderyhmään kuuluvat Leningradin alueen aikuisväestö, lapset ja nuoriso, valtion tai kuntamuodostelmien alaiset laitokset ja organisaatiot, yritykset ja organisaatiot sekä täytäntöönpanoviranomaisten ja paikallishallintoelinten työntekijät.

Tiedotuksen pääteemoja ovat energiansäästö arkielämässä sekä valtion ja kuntamuodostelmien alaisissa laitoksissa ja organisaatioissa, tuotannon energiatehokkuuden parantaminen sekä yritysten ja organisaatioiden energiankulutuksen vähentäminen.

Energiansäästötoimenpiteet, kuten koulutustapahtumat, mahdollistavat tuotantolaitosten energiankulutuksen ja väestön energiamaksujen alentamisen ja vähentävät energiahukkaa. Ei-konventionaalisten ja uusiutuvien energialähteiden käyttö auttaa parantamaan maaseutualueiden ympäristön tilaa.

Energiansäästötiedotuksen periaatteet ovat:

- Leningradin alueen täytäntöönpanoviranomaisten, paikallisten itsehallintoelinten sekä valtion tai kuntamuodostelmien alaisten laitosten ja organisaatioiden johtajien henkilökohtainen osallistuminen energiansäästöä koskevaan tiedottamiseen
- energian säästämisen ja energiatehokkuuden parantamisen tunnustaminen ajankohtaisiksi aiheiksi Leningradin alueella
- energiaa säästävän toiminnan puolesta puhuminen työpaikalla ja kotona sekä energian säästämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen liittyvien aiheiden käsittely mediassa, yleisötilaisuuksissa, kokouksissa, foorumeilla ja konferensseissa
- energian säästämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen liittyvien aiheiden käsittely yleisivistävissä kouluissa, ammattikouluissa ja yliopistoissa
- osallistuminen julkisiin kansalaistapahtumiin, joiden tarkoitus on edistää energian säästämistä ja energiatehokkuuden parantamista ja kiinnittää niihin huomiota.



## JOHTOPÄÄTÖKSET

Tarkastelujen pohjalta on luotu energiansäästökeinojen valikoima karjatilaille tilanteessa, jossa taloudelliset resurssit ovat rajoitettuja ja energiansäästökeinot osaavasta, ammattitaitoisesta työvoimasta on puutetta.

Ehdotettujen toimenpiteiden vaiheittainen toteuttaminen mahdollistaa käytetyn energiamäärän vähentämisen jopa 6–10 % vuodessa. Tutkimukseen perustuvien käytäntöjen tehokkuus on testattu sekä simuloimalla että ottamalla käytännöt käyttöön tiloilla.

On ilman muuta selvää, että energiatehokkuuden parantaminen vaatii aina taloudellista panostusta, mutta lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä se vähentää energiakuluja. Tämä vahvistaa yleisesti tunnetun totuuden, jonka mukaan energiatehokkuustoimet eivät ole kulu, vaan investointi. Esimerkiksi karjatililla energiatehokkuus on investointi tuotannon kehittämiseen ja ympäristön tilan parantamiseen.

# ENERGIANKÄYTÖN PÄÄSTÖJEN LASKENTAMALLI SUOMALAISILLE PILOT-MAATILOILLE

Merike Kangas

Suomen kasvihuonekaasupäästöjen (KHK-päästöt) vähennystavoitteita ohjaa Pariisin ilmastopimus ja EU:ssa sovitut kansalliset tavoitteet. Suomen KHK-päästöjen vähennysosuus vuoteen 2030 mennessä ja vuoteen 2005 verraten on 39 prosenttia. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020.) Suomen KHK-päästöistä maataloudella on oma osuutensa. Maatalouden kokonaispäästöt vuonna 2019 olivat 13 prosenttia Suomen kokonaispäästöistä. Ennakkotiedon mukaan tässä on prosentin nousu edellisvuoden päästöihin nähden. (Tilastokeskus 2020.) Myös Suomi on EU-maana sitoutunut noudattamaan annettuja päästövähennysvelvoitteita (Honkonen & Kulovesi 2019).

BioCom – Russian-Finnish Bioeconomy Competence Centre -hankkeessa etsitään ratkaisuja maatilojen energiansäästöön ja päästöjen vähentämiseen. Pilot-maatiloille nähtiin tarpeelliseksi kehittää laskentamalli, jolla voidaan arvioida tiloilla syntyviä päästöjä. Tehtävä on haastava, sillä maatiloilla syntyy monenlaisia päästöjä. Onkin tärkeää tunnistaa ja valita laskuriin toiminnan kannalta merkittävimmät päästölähteet. Tavoitteena tässä hankkeessa oli luoda laskentamalli, jolla saadaan laskettua energiankäytön päästöjä maatilaympäristössä. Laskentamallin oli tarkoitus olla helppokäyttöinen ja selkeä, jotta se on käyttäjystävällinen. On tarkoitus, että laskentamallia hyödynnettäisiin hankkeessa mukana olevilla maatiloilla.

Tutkimustyötä tehdessä selvitettiin, että aikaisemminkin on kehitetty erilaisia laskentamalleja hiilijalanjäljen laskemiseen tai maatalouden päästöjen kartoittamiseen. Osa laskureista oli julkisesti hyödynnettävissä ja osa ei. Parhaiten malliksi olisi soveltunut Helsingin yliopistossa kehitetty maatalouden päästöjen laskuri FarmCALC 2.1. Tämä laskuri ei kuitenkaan ole julkisesti saatavilla ja hyödynnettävissä. (Hiltunen 2018.) Lisäksi Suomen ympäristökeskuksessa on kehitetty Y-HIILARI Hiilijalanjälki -työkalu, mutta tämä soveltuu paremmin yrityskäyttöön kuin maatalouden tarpeisiin (Karvonen 2013). Näistä seikoista johtuen päätettiin laskentamallia työstää itse ja tehdä oma laskuri.

## LASKENTAMALLI

Laskentamallia suunniteltaessa on ensin selvitetty, mitä päästöjä maatilalla syntyy. Maatilalla syntyvät päästöt voidaan jakaa kolmeen eri sektoriin päästöjen raportoinnin näkökulmasta. Nämä raportointisektorit ovat maataloussektori, energiasektori sekä maankäyttö, maan-

käytön muutos ja metsätaloussektori (LULUCF). Lisäksi maatalous tuottaa epäsuoria päästöjä esimerkiksi maataloustuotantoon liittyvien lannoitteiden valmistuksen kautta. Nämä päästöt raportoidaan teollisuuden päästöinä. (Regina ym. 2014.) Tässä laskentamallissa huomioidaan kaikki suorien päästöjen sektorit, mutta eri tarkkuudella. Maatalouden energiankäyttösektorin päästöjä arvioidaan tarkemmin maatilakohtaisesti. Maataloussektorin ja LULUCF-sektorin päästöjä arvioidaan tilastoihin perustuen.

## MAATALOUDEN ENERGIANKÄYTTÖSEKTORIN PÄÄSTÖT

Energiankäyttösektorin päästöjen laskentaa varten selvitettiin eri päästökertoimet eri energianlähteille. Päästökertoimet on kerätty eri tietolähteistä, suurin osa kuitenkin Tilastokeskuksen polttoaineluokitustaulukosta.

Maatalouden energiankäytön päästöjen laskentamallissa hyödynnettiin ja mukailtiin Motivan CO<sub>2</sub>-päästöjen (hiilidioksidipäästöjen) laskentaohjetta lopullisen laskentakaavan muodostamiseen (Hippinen & Suomi 2012).

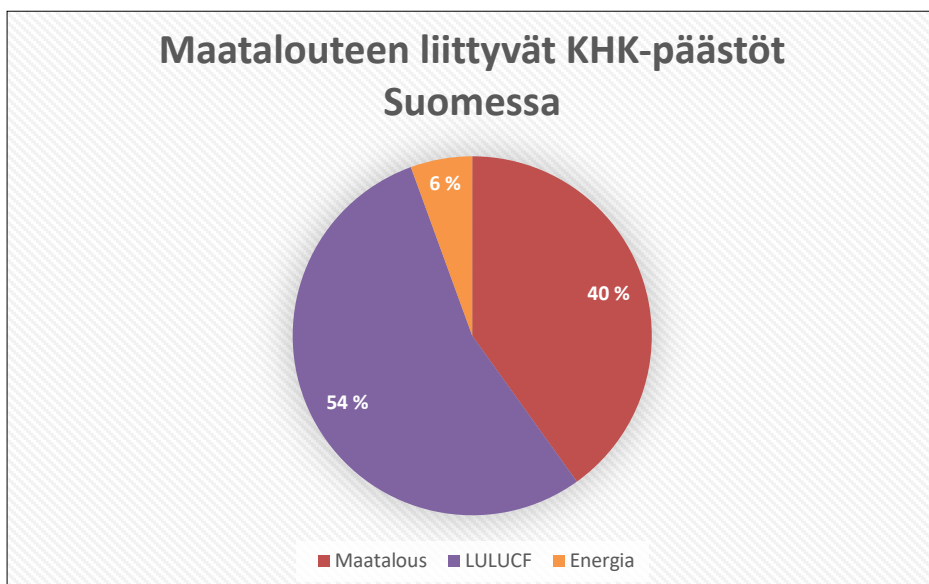
CO<sub>2</sub>-päästöt saadaan muodostettua kaavasta:

$$\begin{aligned} \text{Energianlähteen energiankulutus} \left( \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right) * \text{energianlähteen päästökerroin} \left( \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \right) \\ = \text{energianlähteen CO}_2\text{-päästöt} \left( \frac{\text{kgCO}_2}{\text{a}} \right) \end{aligned}$$

Tässä tulee huomioida, että näin lasketut päästöt huomioivat vain hiilidioksidipäästöt. Huomiotta jäävät esimerkiksi päästöjen metaani- ja typpioksiduuli- eli dityppioksidiosuudet. (Hippinen & Suomi 2012.)

## TILASTOTIETOA MAATALOUTEEN LIITTYVISTÄ SEIKOISTA

Laskuriin on tuotu myös tilastotietoa Suomen kasvihuonekaasupäästöistä hyödyntämällä Tilastokeskuksen raporttia Suomen kasvihuonekaasupäästöistä vuosilta 1990–2019. Käytetyn tilastotiedon viitevuosi on 2019. (Tilastokeskus 2020.) Nämä päästöt ilmaistaan hiilidioksidiekvivalentteina, ja ne huomioivat hiilidioksidipäästöt sekä metaani- ja typpioksiduulipäästöt (VTT). Tilastokeskuksen tilastotieto Suomen kasvihuonekaasupäästöistä on yksilöity jokaiselle aiemmin mainitulle sektorille erikseen. Laskentamallissa on eritelty näiden sektorien suhteet. Lopputulemana on saatu seuraava tulos: maatalouden energiankäytön osuus maatalouteen liittyvistä kasvihuonekaasupäästöistä Suomessa on kuusi prosenttia. Maataloussektorin päästöt ovat 40 prosenttia ja LULUCF-sektorin 54 prosenttia. Nämä on esitelty kuvassa 1 ympyrädiagrammin muodossa.



**KUVA 1.** Maatalouteen liittyvät KHK-päästöt Suomessa

Näitä lukuja hyödyntämällä ja maatalon maatalouden energiankäyttösektorin päästölaskentaa käyttäen voidaan arvioida pilot-maatilalle kokonaispäästöt CO<sub>2</sub>-päästöinä.

Laskentamalliin syötetään arvot käytetystä energiankulutuksesta, ja laskentamalli muuttaa tämän päästökertoimien avulla CO<sub>2</sub>-päästöiksi. Suomessa maatalouden energiankäyttösektorin päästöt ovat kuusi prosenttia, samaa jakaumaa sovelletaan myös pilot-mautiloille. Lasketun energiankäyttösektorin päästöt ovat kuusi prosenttia, ja muiden sektoreiden päästöt arvioidaan tilastollisen prosenttiosuuden mukaan.

## LASKENTAMALLI HYÖDYNTÄMÄLLÄ EXCEL-TAULUKKOLASKENTAA

Laskentamalli toteutettiin hyödyntämällä Excel-taulukkolaskentaa. Exceliin luotiin yhteensä viisi välilehteä. Välilehdet ovat aloitusvälilehti *Tervetuloa!*, *Maatalouden päästöt Suomessa*, *Maatalon energiankäytön päästöt*, *Päästökokonaisuuden arviointi* sekä *Energiasisältö*.

*Tervetuloa!*-välilehdellä kerrotaan perustiedot Excel-taulukon käyttämisestä ja sisällöstä. *Maatalouden päästöt Suomessa* -välilehdellä eritellään tilastotietoon perustuen maatalouden keskimääräiset vuotuiset päästöt sekä näiden päästöjen suhteet sektoreittain. Vertailtavat maatalouden päästösektorit ovat maatalous-, LULUCF- ja energiasektori.

*Maatilan energiankäytön päästöt* -välilehdellä eritellään maatilan energiankäyttökohteet. Energiankäyttökohde voi olla esimerkiksi kulutussähkö. Merkitsemällä taulukkoon tarvittavan energiamäärän (kWh/a) ohjelma laskee lopullisen päästömäärän (kgCO<sub>2</sub>/a), kun energianlähde (esimerkiksi sähkö tai aurinkosähkö) on tiedossa. Lisäksi välilehdelle on tehty apulaskurit, jolla saadaan muunnettua eri energianlähteiden energiamäärä samaan arvoon. Esimerkkinä l/a → kg/a ja kg/a → kWh/a. Energiamäärän yksikön ollessa sama eri energianlähteillä voidaan laskea päästökertoimien avulla eri energianlähteiden tuottamat päästöt.

*Päästökokonaisuuden arviointi* -välilehdellä hyödynnetään *Maatalouden päästöt* -välilehdellä eriteltyjä tilastollisia keskiarvoja eri sektoreiden kokoluokasta ja nämä suhteutetaan pilot-maatilan arvoihin. *Energiasisältö*-välilehdellä kootaan yhteen taustatiedot, kuten energianlähteiden teholliset lämpöarvot, päästökertoimet ja aineiden tiheydet, joilla saadaan laskettua vaadittuja arvoja. Kaikille välilehdille on merkitty kirjallisuuslähteet, joista arvot ja tiedot on poimittu.

## TULOKSET

Tässä hankkeessa luotiin Excel-laskentamalli, johon voidaan eritellä maatilan energiankäyttö (kWh/a), ja tästä saadaan laskettua energiankäytön hiilidioksidipäästöt (kgCO<sub>2</sub>/a). Tätä arvoa verrataan tilastoista saatuihin osuuksiin ja lasketaan arvio tilan kokonaispäästöistä. Kun tilan kokonaispäästöt saadaan arvioitua, voidaan tehdä arviota päästöjen määrästä suhteessa tuotannon määrään (kgCO<sub>2</sub>/kg tuotettu tuote). Lisäksi laskentamallilla voidaan tehdä päästöjen määrän vertailua eri energianlähteiden kesken ja esimerkiksi verrata, kuinka paljon päästöjä syntyy käyttämällä suorasähköä verrattuna aurinkosähköön.

Mitä pidemmälle laskentamallin kehittämisessä edettiin, sitä monimutkaisemmaksi kokonaisuus muuttui. Laskentamallissa määritellään tarkemmin vain maatalouden energiankäytön päästöjen määrää. Maataloussektorin sekä LULUCF-sektorin päästöjä arvioidaan tilastoihin perustuen. Lisäksi on huomioitava, että laskentamallin energiankäytön päästöissä huomioidaan vain CO<sub>2</sub>-päästöt ja tilastoissa huomioidaan kasvihuonekaasupäästöt kokonaisuudessaan eli hiilidioksidiekvivalenteina. Haasteena on kuitenkin luoda selkeä käsitys laskentamallin käyttäjälle siitä, mitä laskentamallin tulokset kertovat. On vaarana, että laskentamallin tuloksia verrataan liian suoraviivaisesti jollakin toisella tavalla laskettuihin tuloksiin. Laskurin alkuperäinen tarkoitus eli maatalouden energiankäytön päästöjen tarkastelu kuitenkin täyttyy. On haasteellista, kun huomioidaan vain maatalouden energiankäytön päästöjä. Lisäksi kyseiseen päästötarkasteluun sisällytettiin kaikki energianlähteet sisältäen esimerkiksi biomassat, kuten halot, rangat ja pilkkeet. Tämä tarkoittaa sitä, että laskentamallissa tarkastellaan myös sellaisten energianlähteiden päästöjä, joita yleisesti ottaen pidetään hiilidioksidineutraalina. Biomassaa pidetään hiilidioksidineutraalina siksi, että sen katsotaan olevan uusiutuva materiaali ja sitovan ilmakehään energiakäytössä vapautuneen hiilen taas uudelleen kasvaessaan. (Motiva 2020.)

## JATKOTUTKIMUKSEN KOHTEITA

Laskentamallia voisi kehittää edelleen siten, että päästöjä laskettaisiin tarkemmin kaikkien sektoreiden osalta. Tämä vaatisi tutkimuksen jatkamista maataloussektorin ja LULUCF-sektorin toimintojen ja päästöjen kartoittamisessa. Tässä työssä nämä sektorit rajautuivat tarkemman tarkastelun ulkopuolelle, ja nykyisessä laskentamallissa perehdytään suurimmalla tarkkuudella maatalouden energiankäytön päästöihin. Laskentamallia tehdessä ilmeni selkeästi, kuinka pieni osuus maatalouden energiankäytöllä on koko maatalouden päästökokonaisuudessa. Näyttääkin siltä, että maatalouden energiankäyttösektorilla on vielä tällä hetkellä suurempi merkitys maatilalliselle kustannusten näkökulmasta kuin päästöjen näkökulmasta.

Laskentamallin laajentamisen vaarana kuitenkin on, että mallista tulee monimutkainen ja raskas. Tällöin laskentamallin hyödyntäminen voi jäädä vähäiseksi maataloilla. Tästä huolimatta onnistuessaan laskentamallin laajentaminen voisi tuoda lisäarvoa. Kaikki päästöt huomioivan laskentamallin avulla pystyttäisiin kartoittamaan koko maatalon toiminta päästönäkökulmasta sekä suunnittelemaan ja muuttamaan toimintaa siten, että se tuottaisi vähemmän päästöjä. Erityisesti tällä on merkitystä tulevaisuudessa, jos esimerkiksi maatalouden tukipolitiikka muotoutuu siten, että toiminnan tuottamalla päästöillä on merkitystä maataloustukien määrään.

Nykyisellään laskentamallilla voidaan karkeasti arvioida koko maataloustoiminnan synnyttämiä päästöjä, jos tiedossa on maatalon energiankäytön päästöt. Laskurin antamaa tulosta tulee kuitenkin pitää suuntaa antavana, sillä maatalon sektoreiden päästöjakauma ja päästöarvot perustuvat tilastolliseen keskiarvoon Suomessa. Lisäksi laskentamallia hyödyntäessä tulee huomioida, että päästöjen laskenta sisältää edelleen epävarmuustekijöitä. Lisäksi tuloksia tulee pitää suuntaa antavina, koska energianlähteiden päästökertoimet on tässä laskentamallissa kerätty eri tietolähteistä, jolloin päästökertoimen muodostamiseen on voitu käyttää erilaisia laskentamenetelmiä. Laskentamallia voidaan kuitenkin hyödyntää eri energianlähteiden päästöjen määrän alustavaan vertailuun.

## LÄHTEET

Hiltunen, H. 2018. Maidontuotantotilan hiilijalanjälki. FarmCALC 2.1 -laskurin käyttö hiilijalanjäljen laskennassa. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161549/Hilkka\\_Hiltunen.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161549/Hilkka_Hiltunen.pdf?sequence=2&isAllowed=y) [viitattu 24.2.2021]

Hippinen, I. & Suomi U. 2012. Yksittäisen kohteen CO<sub>2</sub>-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. Motiva 2012. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto\\_suomessa/co2-laskentaohje\\_energiankulutuksen\\_hii- lidioksidipaastojen\\_laskentaan/co2-laskentaohje\\_yksittainen\\_kohde](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hii- lidioksidipaastojen_laskentaan/co2-laskentaohje_yksittainen_kohde) [viitattu 25.9.2020]

Honkonen, T. & Kulovesi K. 2019. Pariisin sopimus ja kansainväliset ilmastotoimet. Suomen ilmastopaneeli. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2020/03/Pariisin-sopimus-ja-kansainv%C3%A4liset-ilmastotoimet\\_final.pdf](https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2020/03/Pariisin-sopimus-ja-kansainv%C3%A4liset-ilmastotoimet_final.pdf) [viitattu 2.3.2021]

Karvonen, J. 2013. Y-HIILARI Hiilijalanjälki –työkalu. Suomen ympäristökeskus. WWW-dokumentti. Päivitetty 13.10.2020. Saatavissa: [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_\\_kehittaminen/Kulutus\\_ ja\\_tuotanto/Laskurit/YHiilari](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Kulutus_ ja_tuotanto/Laskurit/YHiilari) [viitattu 24.2.2021]

Motiva 2020. Bioenergian käyttö. WWW-dokumentti. Päivitetty 15.9.2020. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/bioenergian\\_kaytto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto) [viitattu 24.2.2021]

Regina, K., Lehtonen, H., Palosuo T., Ahvenjärvi, S. 2014. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen. MTT. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/481727/mttraportti127.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [viitattu 2.3.2021]

Tilastokeskus 2020. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2019. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp\\_kahup\\_1990-2019\\_2020.pdf](http://tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2019_2020.pdf) [viitattu 22.2.2021]

Työ- ja elinkeinoministeriö 2020. Suomen pitkän aikavälin strategia kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2132096/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020/8cd55d4d-6de7-657f-a86f-bc79497d4756/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020.pdf> [viitattu 5.3.2021]

VTT. Hiilidioksidiekvivalentti CO<sub>2</sub>ekv. Lipasto - Liikenteen päästöt. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/co2ekvs.htm> [viitattu 22.2.2021]

# MALLINNUSTA MAATILAN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tuija Ranta-Korhonen & Viktoria Nadas & Keijo Piirainen

## JOHDANTO

Energiatehokkuuden lisäämisellä ja uusiutuvan energian käyttöönotolla voidaan vaikuttaa sekä maatalouden kannattavuuteen että sen tuottaman hiilijalanjäljen kokoon. Erilaisten teknisten ratkaisujen avulla on muun muassa mahdollista talteenottaa eri prosesseissa syntyvää hukkaenergiaa ja hyödyntää sitä muualla. Etenkin karjataloudessa syntyy monesti ylimääräistä energiaa, jota voidaan hyödyntää toisaalla, mikäli sopiva käyttökohde on löydettävissä tilan läheisyydestä.

Maatalouden energiatehokkuuden parantamiseen ja uusiutuvaan energiaan tehtävien investointien kannalta oleellisia ovat investointiin saatavilla olevat tuet sekä investoinnin takaisinmaksuaika. Tukea investointeihin on saatavissa maatalouden investointitukijärjestelmästä. Tuki kattaa 40 prosenttia investointimenoista, ja sen ehtona on järjestelmällä tuotettavan energian käyttäminen maatalan tuotantotoiminnassa. Tuen minimimäärä on 7 000 euroa, mikä tarkoittaa, että sitä myönnetään vähintään 17 500 euron arvoiseen investointiin (ALV 0 %). Esimerkiksi aurinkosähkön osalta tämä tarkoittaa likimäärin 12–15 kWp:n kokoista järjestelmää, jonka laskennallinen energiantuotanto vuodessa on noin 10 200–14 250 kWh. (Hollmén 2017.)

## MALLINTAMINEN INVESTOINTIEN TUKENA

Maatalan energiajärjestelmiin ja tuotannollisiin rakenteisiin ja rakennuksiin tehtävät muutokset vaativat monesti merkittävää taloudellista panostusta. Tämän vuoksi investoinnit on pohdittava tarkasti etukäteen ja niiden taloudellista vaikutusta yrityksen toimintaan sekä muun muassa takaisinmaksuaikaa on hyvä tarkastella eri näkökulmista. Energiatehokkuuteen ja uusiutuvaan energiaan tehtävien investointien vaikutuksia yrityksen energian käyttöön ja taloudelliseen kannattavuuteen voidaan tarkastella erilaisten skenaarioiden avulla mallintamalla. Mallinnuksessa huomioidaan tuotantorakennusten ja eri järjestelmien tämänhetkinen tila ja tutkitaan niissä suunnitteilla olevien investointien avulla tehtävien muutosten vaikutuksia.



## IDA ICE -OHJELMAN KUVAUS

BioCom-hankkeessa suoritettiin hankkeen pilot-kohteena toimivan kanalan mallinnus IDA ICE -ohjelman avulla. IDA ICE on innovatiivinen ja dynaaminen simulaatiosovellus, jonka avulla voidaan suorittaa monivaiheketarkastelua ja tarkastella sisäilmaston lämpötilaoloja sekä rakennuksen energian kulutusta koko vuoden tasolla. IDA ICE -ohjelman fysikaaliset mallit ottavat huomioon viimeisimmät tutkimustulokset. Mallinnuksen tulokset ovat yhtäpitäviä mitatun datan kanssa.

IDA ICE on pitkän kehitystyön tulos, ja sen laskentamalli perustuu simultaanisesti tapahtuvaan laskentaan, jonka aikana laskennan kaikki osa-alueet voivat kommunikoida keskenään. Käyttöliittymällä on mahdollista simuloida kokonaisia järjestelmiä oletusarvoja käyttäen. Liittymä tarjoaa myös edistyneemmän tason käyttäjäkohtaisten, yksilöllisten järjestelmien simulointiin. Kaikki järjestelmän komponentit ja elementit perustuvat vapaasti saatavilla olevaan koodiin, johon käyttäjä pääsee vapaasti tutustumaan.

Koska kanalan mallinnus ei ole perinteistä taloteknistä energialaskentaa (eläinten massa ja niiden lämmönsiirto oli laskennassa olennainen huomioonotettava asia), simulaatiossa oli tulosten saamiseksi välttämätöntä yhdistää kosteuden osuus sekä energia- ja lämpökuormasimulaatit. BioCom-hankkeen mallinnuksessa käytettiin IDA ICE -ohjelman versiota 4.8.

## PILOT-MAATILAN TARKASTELU

Tarkastelun ja mallintamisen kohteena oli Etelä-Savon alueella sijaitseva suurehko kanala. Tarkasteluhetkellä kanala oli tyypiltään virikehäkkikanala, ja siellä oli noin 43 000 kanaa. Munia kanala tuotti noin 16 000–18 000 kg viikossa. Kanaloita pidetään yleisesti otollisina aurinkoenergian hyödyntämiskohteina. Eläinten hyvinvointi ja tuotannon hyvä taso ja laatu vaativat kanaloiden sisäilmaolosuhteiden hallintaa siten, että ilmankosteus, lämpötila sekä ilman sisältämät epäpuhtaudet pysyvät sopivalla tasolla. Energiatarve kasvaa kesäaikaan, mikä mahdollistaa aurinkoenergian hyödyntämisen. Energian kulutus ja hinta vaikuttavat merkittävästi kanaloiden kannattavuuteen. (Gad ym. 2019, 279.)

Pilot-maatilan kanalarakennuksen ilmanvaihto on toteutettu poistoilmanvaihtoratkaisulla. Tuloilma tilaan tulee raitisilmaluukkujen kautta, ja poistoilmajärjestelmänä on kaksi isoa poistopuhallinta sekä kahdeksan huippuimuria. Järjestelmää ohjataan automaattisesti lämpötila- ja kosteusanturien avulla. Lisäksi automaatiojärjestelmä voidaan ohittaa ja järjestelmää voidaan ohjata manuaalisesti. Kanalassa on noin sata sähkömoottoria, jotka liikuttavat eri järjestelmiä (mm. kuljettimet). Kanalan lukuisat sähköä käyttävät järjestelmät vaativat paljon tehoa ja energiaa, eikä kaikkia niitä ole järkevää käyttää samanaikaisesti.

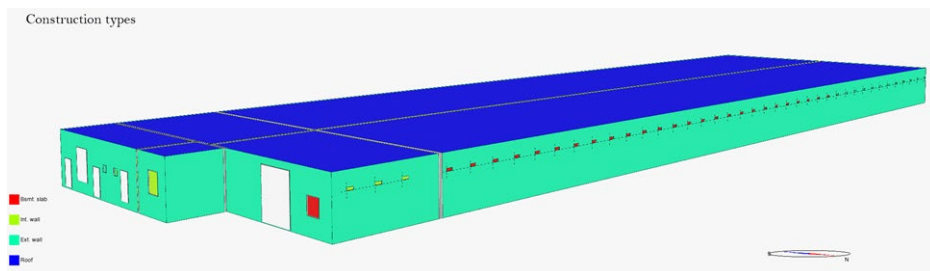
Kanalassa on öljylämmitys, ja vuotuinen öljynkulutus on noin 5 000 litraa. Kanala ei välttämättä tarvitsisi lämmitystä, mutta lämmityksen ja oikein säädetyn ilmanvaihdon ansiosta

kanalan lämpötila- ja kosteusolosuhteet pysyvät optimaalisina munantuotannon laadun, eläinten hyvinvoinnin sekä erilaisten prosessien (mm. lannanpoisto) kannalta.

Kanalassa käytetään keinovaloa, mutta valaistukseen kuluva energiamäärä ei ole merkittävä. Tilalla kului sähköenergiaa vuonna 2020 noin 130 000 kWh, josta kanalan toimintojen osuus on viljelijän arvioiden mukaan noin 75–85 prosenttia. Loppuosa sähköstä kuluu viljankuivatukseen sekä tilakeskuksen muissa toiminnoissa. (Laitinen 2021.) Energiaa kuluu melko tasaisesti läpi vuoden, mutta suurinta kulutus on kesäaikaan, jolloin kanalan sisäilmaa joudutaan jäädyttämään ilmanvaihtoa tehostamalla. Kesäajan suurempi kulutus tarjoaa hyvät mahdollisuudet aurinkoenergian hyödyntämiseen, ja tilalla onkin pohdittu investointia aurinkosähköön.

## MALLINNUKSEN ERI VAIHEET

Mallinnus aloitettiin mallintamalla kanalan tuotantorakennuksen eri rakennusosat eli ylä- ja alapohja, seinärakenteet sekä ikkunat ja ovet. Mallinnuksen vaihe on esitetty IDA ICE -ohjelmasta otetun kuvakaappauksen avulla kuvassa 1. Mallinnuksen avulla on mahdollista tutkia rakenteiden, esimerkiksi erilaisten eristepaksuuksien, vaikutusta energiankulutukseen. Kanalan mallinnuksessa käytettiin sekä maa- ja metsätalousministeriön rakennusmääräysten vähimmäisvaatimuksia että niin sanottuja uudisrakennustasoisia parannettuja rakenteita. Asetuksessa 533/2012 on huomioitu esimerkiksi sisäilman laadun vähimmäisvaatimukset erilaisten kaasumaisten yhdisteiden ja pölyn osalta sekä annettu suosituslämpötila ja suurin sallittu suhteellisen kosteuden arvo (MMM:n 533/2012).



**KUVA 1.** Kanalarakennuksen rakenteiden mallinnus (Kuva: IDA ICE)

Rakennusosien mallintamisen jälkeen siirryttiin vuotoilmamäärien sekä sisäisten kuormien mallintamiseen. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen mukaan yhden kanan aikaansaama kokonaislämpökuorma on 10 W/kana, joka pitää sisällään tuntevan ja sitoutuneen lämmön, ja kosteudenluovutus 5 g/h. Kanat mallinnettiin laitteena siten, että yhden kanan tuntevan lämmöntuoton laskettiin olevan 6,4 W. Koska kanoja oli 43 000, saatiin kokonaislämmöntuotoksi 276 000 W. Muita lämpökuormien aiheuttajia ovat valaistus sekä tiloissa ajoittain työskentelevät työntekijät. Ilmanvaihto mallinnettiin tuotantotilojen osalta MMM:n asetuksen 533/2012 mukaisesti ja muiden tilojen osalta rakennusmääräyskokoelman D2 mukaisesti.

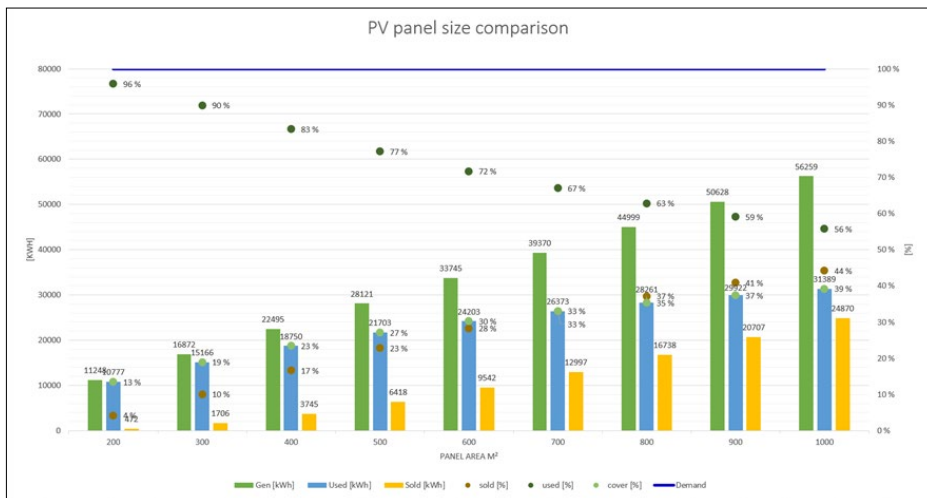
Tämän jälkeen mallinnuksessa siirryttiin tutkimaan kesäaikaisen jäähdytyksen toteuttamista kostutusjäähdytyksen avulla, LTO-laitteiston avulla talteen otettavan energian määrää (kWh) sekä haarukoitiin tilalle soveltuvan aurinkosähköjärjestelmän optimaalista kokoa. Järjestelmän mallinnuksessa huomioitiin aurinkopaneelijärjestelmän kokonaistuotto, kanalarakennuksen omassa sähkönkäytössä kuluva aurinkosähkö sekä myytävissä oleva osuus. Mallinnuksen avulla on myös mahdollista tarkastella investoinnin kokoa suhteessa tuotettuun energiamäärään.

## MALLINNUKSEN TULOKSET

Mallinnuksen tuloksena todettiin, ettei kostutusjäähdytyksellä ole mahdollista saavuttaa asetuksen mukaisia sisälämpötiloja. Kanalan maksimilämpötila nousee liian ylös ja on noin 28–30 °C, kun asetuksen mukainen suosituslämpötila tulisi olla täysi-ikäisillä kanoilla 18–21 °C.

Kanalasta olisi otettavissa talteen LTO-järjestelmän avulla huomattava määrä energiaa. Talteen otetun energian hyödyntämistä vaikeuttaa se, että siitä suurin osa syntyy kesäaikana, jolloin lämmitysenergian tarve on pienimmillään. Itse tilalta tai kanalasta ei ole löydettävissä käyttökohdetta, jossa näin suurta energiamäärää voitaisiin hyödyntää. Myöskään tilan välittömässä läheisyydessä ei ole sopivia käyttökohteita.

Mallinnuksen perusteella optimaalinen koko aurinkosähköä tuottavalle aurinkovoimalalle olisi noin 600–700 m<sup>2</sup>. Tällöin tuotetun aurinkoenergian määrä suhteessa sen käyttöön, ulosmyyntiin sekä investoinnin kokoon on parhaassa tasapainossa. Eri voimalakokojen vertailu on esitetty kuvassa 2 pylväsdiagrammin muodossa.



**KUVA 2.** Aurinkopaneelien pinta-ala suhteessa tuotettuun ja myytävään energiaan (Kuva: IDA ICE)

## YHTEENVETO

IDA ICE -ohjelmalla tehdyn mallinnuksen avulla voitiin päätellä, ettei kostutusjäähdytys olisi riittävän tehokas jäähdytystapa kanalan sisäilman lämpötilan säätämiseksi, vaan nykyisin käytössä oleva kesäaikainen tehostettu ilmanvaihto takaa paremmat sisäilmaolosuhteet kanalassa. Mallinnuksen avulla tarkasteltiin myös kanalan poistoilmasta LTO-järjestelmän avulla talteen otettavan lämpöenergian määrää ja pohdittiin sen mahdollisia käyttökohteita. Talteen otettava energiamäärä on huomattava, mutta sen hyödyntämiseen soveltuvia kohteita ei sijaitse kanalan välittömässä läheisyydessä. Lisäksi haarukoitiin kohteeseen soveltuvan aurinkosähkövoimalan sopivaa kokoa. Mallinnuksen avulla tehdyn tarkastelun tuloksia voidaan hyödyntää suunniteltaessa energiatehokkuuteen ja uusiutuvaan energiaan tehtäviä investointeja.

## LÄHTEET

Gad, S., El-Shazly, M.A., Wasfy, Kamal I., Awany, A. 2020. Utilization of solar energy and climate control systems for enhancing poultry houses productivity. *Renewable Energy*, 154 (2020), sivut 278–289. doi:10.1016/j.renene.2020.02.088

Hollmén, Manu 2017. Aurinkoenergia- ja pienvesivoimatuotannon investointituet. Esitelmämateriaali Lammi 12.4.2017.

Laitinen, A. 2021. Sähköpostitiedonanto 28.3.2021.

MMM 553/2012. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista siipikarjatalousrakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista.

# INTERNET-POHJAINEN TYÖKALU ENERGIATEHOKKUUDEN JA ENERGIAN KÄYTÖN TARKASTELUUN

Miika Hämäläinen

## JOHDANTO

BioComin verkkopohjainen raportointityökalu on jatkokehitetty versio sovelluksesta, joka tehtiin 1.1.2017–31.12.2019 toteutettuun *Etevät – Lisää energiatehokkuutta eteläsavolaisiin yrityksiin!*-hankkeeseen. BioComia varten sovellukseen lisättiin uusi toiminto, jolla voidaan vertailla ylimääräisten energialähteiden hiilidioksidipäästöjä, ja käyttöliittymä muutettiin englanninkieliseksi. Sovelluksen avulla on mahdollista seurata yritysten energiankulutusta yksityiskohtaisesti. Sovellusta voidaan käyttää työkaluna, jonka avulla on mahdollista arvioida yrityksen energiankäyttöä ja määrittellä toimenpiteitä sekä tutkia toimenpiteiden vaikutusta yrityksen energiankäyttöön. Sovellus toimii myös apuvälineenä arvioitaessa energiatehokkuuden ja uusiutuviin energialähteisiin pohjautuvien energiaratkaisuihin investointien kannattavuutta. Kulutuksen seuranta toteutuu sovelluksen luomilla havainnollistavilla raporteilla, joita luodessa käyttäjä voi lähettää ylläpitäjälle viestin avun tarpeestaan. Raportit sisältävät kaavion kohteen tuntikohtaisesta sähkönkulutuksesta ja kaukolämmön jäähtymästä sekä kulutuksen kuukausikohtaisen erittelyn. Sovelluksen muistiinpanotoiminnon avulla tuntikohtaiseen kulutuskaavioon voi merkitä esimerkiksi tehtyjä toimenpiteitä tai selitteitä kulutuspiikeille. Kuukausierittelystä kaaviossa on mahdollista normeerata kulutus kyseisen kuukauden lämmitystarpeeseen.

## TEKNINEN TOTEUTUS

Sovellus julkaistaan Microsoftin Azure-alustalla Node.js-sovelluksena hyödyntäen Docker-kontitusta sekä Azuren pilvitalennuspalvelua raporttien säilömiseen. Palvelinpuolen sovelluskehiksenä toimii Express. Käyttöliittymä on toteutettu pug html:llä ja sen muotoilu suurimmalta osin MDBootstrapilla. Raportit luodaan Jsreportin core-versiolla Handlebars-kaavan perusteella. Jsreport luo tämän kaavan tuloksesta html- sekä pdf-tiedostot, jotka tallennetaan Azuren file share -palveluun. Raporttien sisältämät kuvaajat luodaan ApexCharts-kirjastolla.

## SOVELLUKSEN KÄYTTÄMINEN

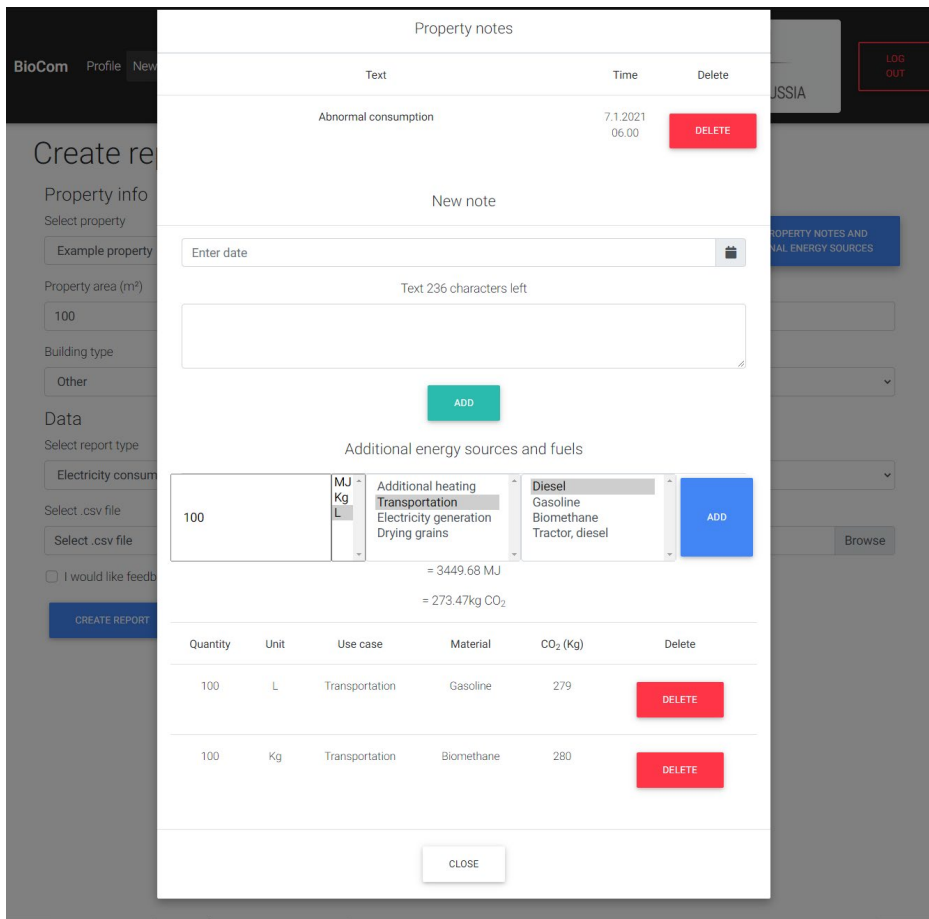
Sovelluksen käyttö alkaa ylläpitäjän lähettämästä sähköpostikutsusta. Käyttäjä ohjataan luomaan tilinsä yksilöidyn linkin kautta. Täytettyään yrityksensä yhteystiedot hän voi aloittaa raporttien luomisen. Raportit luodaan tuntikohtaista sähkönkulutusdataa ja kohteen perustietoja, kuten nimeä ja sijaintia, sisältävien csv-tiedostojen pohjalta. Kuvassa 1 on esitetty sovelluksen näkymä raportin luomisvalikosta.

The screenshot shows the 'Create report' interface. At the top, there is a navigation bar with 'BioCom', 'Profile', 'New report', 'My reports', and 'Admin'. A header area contains the logos of Finland, Russia, and the EU, along with the text 'CBC 2014-2020 SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA' and a 'LOG OUT' button. The main form is titled 'Create report' and is divided into several sections:

- Property info:** Includes a 'Select property' dropdown menu with 'New property' selected, a 'VIEW PROPERTY NOTES AND ADDITIONAL ENERGY SOURCES' button, 'Property area (m²)' and 'Property volume (m³)' input fields, and a 'Building type' dropdown menu.
- Data:** Includes a 'Select report type' dropdown menu with 'Electricity consumption' selected, a 'Select .csv file' input field with a 'Browse' button, and a checkbox for 'I would like feedback'.
- A blue 'CREATE REPORT' button is located at the bottom left of the form.

**KUVA 1.** Raportin luominen (kuva: Miika Hämäläinen)

Ensimmäistä raporttia luodessa käyttäjä voi ilmoittaa kohteen neliöt, kuutiot, ja rakennustyyppin (asuinrakennus, myymälä yms.) saadakseen raporttiin mukaan kulutuksen normeerauksen. Muistiinpano- ja ylimääräisten energialähteiden päästölaskentatoiminnot eivät ole vielä tässä vaiheessa käytettävissä. Kulutuksen normeeraus edellyttää myös kohteen sijoitsemista paikkakunnalla, jolle Ilmatieteen laitos on antanut korjauskertoimen ja vertailupaikkakunnan. Jos kohde ei täytä edellä mainittua ehtoa ja normeeraukselle on tarvetta, kohteen sijaintia on muutettava manuaalisesti tiedoston B2-solussa toiseen läheiseen kaupunkiin. Kuvassa 2 on nähtävillä sovelluksen tarjoama näkymä muistiinpanojen ja ylimääräisten energialähteiden lisäämisestä.



**KUVA 2.** Muistiinpanojen ja ylimääräisten energialähteiden lisääminen (kuva: Miika Hämäläinen)

Ensimmäisen luodun raportin jälkeen muistiinpanoja ja ylimääräisiä energialähteitä voi lisätä napsauttamalla kohdevalinnan oikealla puolella olevaa sinistä painiketta. Avautuvassa näkymässä voidaan vertailla käyttötapa-kohtaisesti erilaisten energialähteiden energiasisältöjä ja käytöstä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Kohteeseen lisätyt ylimääräiset energialähteet näkyvät raportin alalaidassa olevassa taulukossa.

Raportin tyyppiä voi valita sähkönkulutuksen tai sähkönkulutuksen kaukolämmöllä, jos csv-tiedoston D-sarake sisältää myös datan tuntikohtaisesta jäähtymästä. Lämmönkulutusraporteissa jäähtymä on tarkasteltavissa omana kuvaajanaan sähkönkulutusgraafissa.

Lopuksi raportin luomisesta voidaan tehdä ilmoitus ylläpitäjälle. Napsauttamalla kyseistä painiketta näkyviin tulee tekstikenttä, jossa voi ilmoittaa, millaista raporttiin liittyvää



neuvontaa käyttäjä kaipaa ylläpitäjältä. Sovelluksen SMTP-asetuksiin määritelty ylläpitäjä saa sähköpostiinsa käyttäjän viestin sekä raportin latauslinkin.

My reports

Show 10 entries Search:

Creation date	Property	Report type	Download (PDF)	Download (HTML)	Delete
2021.02.17 12:29	Barn	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:29	Office	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:28	Farmhouse	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:28	Test	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:26	Barn	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE

Showing 1 to 5 of 5 entries Previous 1 Next

**KUVA 3.** Raporttiluettelo (kuva: Miika Hämäläinen)

Luodut raportit saa näkyviin valitsemalla yläpalkin My reports (Omat raportit) -kohdan. Kuvassa 3 on näkymä omat raportit raporttiluettelosta. Luettelon hakutoiminnolla voi suodattaa raportteja eri sarakkeiden perusteella. Esimerkiksi hakutermi ”district heating 2021” tuo esiin kaikki vuoden 2020 lämmönkulutusraportit. Raporteista on saatavilla PDF- ja HTML-versiot. PDF-versiosta puuttuu normeeraustoiminnot sekä muu kuvaajien interaktiivisuus, mutta toisin kuin HTML-versio se toimii myös ilman internetyhteyttä.



**KUVA 4.** Esimerkki raportista (kuva: Miika Hämäläinen)

Raportin ylintä kuvaajaa voi zoomata ja rajata haluttuun tarkkuuteen työkalupalkin painikkeilla tai hiirellä. Kaikista kuvaajista voi tallentaa svg- tai png-kuvia työkalupalkin oikeanpuolimmaisella hampurilaispainikkeella. Alemman kuvaajan kuukausikohtaiset kulutukset voidaan normeerata valitsemalla niiden yläpuolella olevasta valikosta vaihtoehto ”Lämmitystarpeeseen normeerattu kulutus” tai ”Jyväskylään normeerattu kulutus”. Raportin lopusta löytyy taulukot kohteen muistiinpanoista sekä ylimääräisistä energialähteistä. Kuvassa 4 on nähtävillä sovelluksen esimerkkiraportti.

## YHTEENVETO

Alkuperäinen raportointisovellus suunniteltiin partnereina toimineiden sähköyhtiöiden käytettäväksi, joten sovellukseen syötettävä kulutusdata saatiin lähes yhdenmukaisessa formaatissa. Muun muassa päivämäärien, kenttäerottimien, osoitetietojen, kulutuslukemien desimaalimerkkien ja tiedoston merkistöjen on oltava tuettuja. Sovellus tunnistaa ja korjaa joitakin poikkeamia päivämäärien formaatissa sekä merkistössä, mutta kaikkien BioCom-kohteiden raporttien luominen ei onnistu suoraan sähköyhtiöltä saatavasta datasta. Csv-tiedostot vaativat manuaalista muokkausta, jotta niistä voidaan luoda raportit. Tämä heikentää sovelluksen helppokäyttöisyyttä, sillä käytännössä sähköyhtiöiden asiakkaat joutuvat turvautumaan asiantuntijan apuun luodakseen sähkönkulutusraportin.

Käyttövaikeuksista huolimatta virrankulutuspiikit ilmenevät sovelluksen luomista raporteista. Lisäksi ylimääräisten energialähteiden laskurin hyödyllisyys on vielä testaamatta.

# BIOKAASULAITOSINVESTOINNIN KANNATTAVUUS MAATILALLA

Leena Pekurinen

Suomen kansallisen biokaasuohjelman avulla pyritään edistämään maatalouden ravinnekiertoa tukemalla ravinnekiertoon perustuvaa biokaasun tuotantoa ja uusia lannankäsittelytekniikoita. Lisäksi biokaasulaitosten sääntelyyn tehdään muutoksia. Vuonna 2020 Euroopan unionin alueella vähintään 32 prosenttia energian loppukulutuksesta tulisi olla peräisin uusiutuvista lähteistä (HE 70/2020). Jotta maatalojen biokaasulaitokset yleistyisivät, biokaasun tuotannon tulisi olla kannattavaa. Yhtenä tavoitteena on maatalojen ja maaseudun energiaomavaraisuus. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020.) BioCom – Russian-Finnish Bioeconomy Competence Centre -hankkeessa on selvitetty eteläsavolaiselle nautatilalle suunnitellun biokaasulaitoksen kannattavuutta ja investoinnin takaisinmaksuaikaa.

## BIOKAASUN TUOTANTO JA KÄYTTÖ SUOMESSA

Suomessa tuotettiin vuonna 2017 noin 172 milj. m<sup>3</sup> biokaasua. Merkittävä osa biokaasusta saatiin kaatopaikoilta, mutta teollisen mittakaavan laitosten määrä on kasvanut vuosittain, ja vuonna 2017 niitä oli 25. Maatilamittakaavan biokaasulaitoksia oli 15, ja jätevedenpuhdistamoiden yhteydessä toimi 20 biokaasulaitosta. Biokaasulaitokset on jaettu kolmeen kokoluokkaan. Suurissa biokaasulaitoksissa voidaan käsitellä yli 35 000 tonnia syötettä vuodessa, keskikokoisissa 20 000–35 000 tonnia ja pienissä alle 20 000 tonnia. Maatilamittakaavan biokaasulaitokset kuuluvat yleisimmin pienimpään kokoluokkaan. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020.)

Biokaasusta saatava energia voidaan hyödyntää lämmöntuotannossa tai yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa (CHP). CHP-tuotanto nostaa laitoksen hyötysuhdetta huomattavasti, ja sillä tuotettua sähköä voidaan syöttää myös verkkoon. Sähkön osuus CHP-tuotannossa on noin 30–40 prosenttia. Sähkön myynnistä saatavan tulon lisäksi syntyy säästöä, kun itse tuotetulla sähköllä korvataan ostosähköä. Myös lämpöä voidaan myydä lämmönsiirtoverkkoihin, mutta se on taloudellisesti kannattavaa vain myytessä lämpöä lähialueille. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020.)

Biokaasun voi myös jalostaa biometaaniksi ja syöttää kaasuverkkoon. Liikennekäyttöön tarkoitettu biokaasu on puhdistettava ja paineistettava tai nesteytettävä. Nesteytettyä biokaasua käytetään etenkin raskaassa liikenteessä. Biokaasutuotannon sivutuotteena syntyvässä mädätteessä on runsaasti fosforia ja typpeä. Sen käyttö peltolannoitteena vähentää tarvetta

louhia fosforia uusiutumattomista mineraalivarannoista ja tuottaa tyypeä kemiallisesti. Parhaimmillaan maan orgaanisen aineen reservit pysyvät ennallaan ravinnekierrätyksen avulla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020.)

## **BIOKAASULAITOKSEN KANNATTAVUUS**

Biokaasulaitosten kannattavuuteen vaikuttavat sen investointikustannukset, käyttökustannukset ja toiminnasta saatavat tuotot. Tiettyjen edellytysten täytyessä investointiin voi saada rahallista tukea. Omaa pääomaa tarvitaan tyypillisesti kuitenkin vähintään 30 prosenttia. Maatilojen laitoskoko rajoittaa kielto myydä tuotettua energiaa tilan ulkopuolelle, jos investointia rahoitetaan investointituella. Kannattavuuteen vaikuttavat myös sähkön ja lämmön myynnistä saatavat tuotot. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020.)

Biokaasulaitoksen käyttökustannuksia aiheuttavat muun muassa raaka-aineiden ja käsittelyjäännösten käsittely ja kuljetus, ostohyödykkeiden käyttö, laitoksen ylläpito, huolto ja korjaukset sekä vakuutukset. Tuottoja saadaan lämmöstä, sähköstä ja liikenteessä käytettävästä biometaanista. Lisätuottoja saadaan mädärteestä valmistetuista kierrätyslannoitteista ja maanparannusaineista sekä syntyvän hiilidioksidin talteenotosta ja hyödyntämisestä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020.)

Valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista vuosina 2018–2022 (VNA 1098/2017) antaa suuntaviivat energiatukien myöntämiseen. Se on harkinnanvarainen, ja tukipäätökset ovat tapauskohtaisia. Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnan tukien avulla rahoitetaan uusiutuvan energian tuotantoa ja ravinteiden kierrätystä. Maatalouden investointitukea voidaan myöntää uusiutuvaa energiaa tuottavien laitosten tuotantotiloja sekä koneita ja laitteita koskeviin tai aineettomiin investointeihin enintään 40 prosenttia hyväksyttävistä kokonaiskustannuksista. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, Valtioneuvoston asetus maatalouden rakennetuesta.)

Energiaa myyvät laitokset voivat saada yritysrahoitusta, ja maataloudessa tarvittavan energian tuottamiseen tai ympäristön tilan parantamiseen tähtääviä investointeja voidaan tukea maatalouden rakennetuilla. Ravinteiden ja orgaanisen aineksen kierrätykseen pelloille voi saada hehtaarikohtaista levitystukea. Valtio voi myöntää valtiontakauksen energiainvestointien rahoitukseen. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020.)

## **TARKASTELUN KOHTEENA HARJUN MAATALOUS OY**

Kannattavuustarkastelu toteutettiin Harjun Maatalous Oy:n Pieksämäen yksikköön. Yksikössä kasvatetaan lihakarjaa, jonka tuottamaa kuivikelantaa olisi tarkoitus käyttää raaka-aineena biokaasulaitoksessa. Muita mahdollisia raaka-aineita olisivat teurasjäte ja nurmirehu.

Lämpöenergia tuotetaan pääasiassa hakkeella, jonka kulutus on noin 1 000–1 100 m<sup>3</sup> vuodessa. Hakkeesta tuotettua energiaa käytetään 800–880 MWh vuodessa. Sähköä kulutetaan vuosittain noin 250 000 kWh. Sähköä käytetään eläinten ruokintaan ja lannanpoistoon, toimistorakennuksen lämmitykseen ja valaistukseen sekä veden lämmitykseen sonneille. Kesällä huipputehon tarve on 50 kWh. Talviaikana toimistorakennuksen lämmitys ja lisääntynyt valaistustarve lisäävät sähkön kulutusta. Lisäksi sähkö- ja lämpöenergiaa tarvitaan kaavaillun biokaasulaitoksen toimintaan. Veden kulutus on noin 10 000 m<sup>3</sup> vuodessa. Suurin osa käytetään kylmänä, mutta esimerkiksi sonneille vesi lämmitetään 17 °C lämpötilaan hakkeesta saatavalla energialla.

Tilalle on suunniteltu biokaasulaitosta, jonka laitoskoko olisi 12 000 tonnia. Sillä tuotettaisiin sähköä omaan käyttöön ja mahdollisesti myytäväksi verkkoon. Lisäksi laitos tuottaisi lämpöä siten, että jatkossa ainoastaan kovimmilla pakkasilla tarvittaisiin hakekattilaa. Tekniikaltaan biokaasulaitos olisi märkämädätyslaitos, reaktori olisi jatkuvatoiminen ja siihen kuuluisi jälkimädätysallas. Mädätysjäännös olisi tarkoitus separoida ruuvipuristimella ja levittää pelloille lannoitteeksi.

Syötteinä olisi tarkoitus käyttää naudan kuivikelantaa, mahdollisesti teurasjätettä ja vähäisessä määrin nurmirehua. Kuivikelannan kuiva-ainepitoisuus on noin 20 prosenttia. Syötteiden käsittely märkämädätykseen soveltuvaksi vaatii laimennusveden käyttöä. Laimennusvesi saataisiin pumppaamalla läheisestä järvestä. Teurasjätteen käyttö edellyttää syötteen tai mädätteen hygienisointia. Tässä selvityksessä on käytetty biokaasulaskurin oletusarvoja lukuun ottamatta naudan kuivikelannan kuiva-aine- ja ravinnepitoisuuksia, jotka on määritetty Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n laboratoriossa.

## **BIOKAASULAITOSINVESTOINNIN KANNATTAVUUDEN ARVIOINTI**

Kannattavuuden arvioinnissa käytettiin Luonnonvarakeskus Luken kehittämää, internetissä avoimesti käytettävissä olevaa biokaasulaskuria. Laskuri soveltuu silloin, kun vuosittainen syötemäärä on enintään 15 000 tonnia. Syötettyjen tietojen perusteella ohjelma laskee syötteistä saatavan metaanin määrän ja laitosinvestoinnin suuruuden. Tehtyjen laskelmien avulla voidaan vertailla kannattavuutta eri energiantuotanto- ja hyödyntämismuotojen välillä. Taulukossa 1 on esitetty kuusi vaihtoehtoa, joille kannattavuuslaskelmat tehtiin.

**TAULUKKO 1.** Biokaasulaitostarkastelussa tehdyt laskelmavaihtoehdot

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
<b>Raaka-aine</b>	7 000 t kuivikelanta	7 000 t kuivikelanta	7 000 t kuivikelanta	7 000 t kuivikelanta	5 400 t kuivikelanta + 1 000 t teurasjäte	5 400 t kuivikelanta
<b>Sähkön- ja lämmön-tuotanto (CHP)</b>	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Sähköä omaan tarpeeseen	Kyllä	Kyllä
<b>Lämmön-tuotanto</b>	Ei	Ei	Ei	Kyllä	Ei	Ei
<b>Sähkön myynti</b>	2,4 snt/kWh	2,4 snt/kWh	3,0 snt/kWh	Ei myyntiä	2,4 snt/kWh	Ei myyntiä
<b>Investointituki</b>	Ei tukea	40 %	40 %	40 %	Ei tukea	40 %

Laimennusvettä lisättiin siten, että kuiva-ainepitoisuudeksi tuli 12 prosenttia. Reaktorin viipymäaika pidennettiin laskurin tarjoamasta 21 päivästä 28 päivään biokaasun tuoton lisäämiseksi. Biokaasulaitoksesta saatavat tuotot muodostuivat tuotetusta energiasta, porttimaksullisista syötteistä ja käsittelyjännöksen lannoitusarvosta. Biokaasulaitoksen oma energian tarve katettiin laitoksen energiantuotolla. Energian myyntipotentiaalista 70 prosenttia arvioitiin saatavan myydyksi.

## TARKASTELUN TULOKSET – KANNATTAAKO INVESTOINTI

Tarkastelun tuloksena saatiin toiminnan vuosikate ja investoinnin takaisinmaksuaika neljän prosentin laskentakorkokannalla laskettuna. Investointikustannukseksi muodostui noin miljoona euroa. Laitoskoon pienentyessä myös investointikustannus aleni. Suurin osa investointikustannuksista muodostuu reaktorista, pohjavaluista ja teknisestä tilasta. Toiseksi suurin kustannuserä sisältää maanalaiset putkistot ja pihatyöt. CHP-yksikön ja hygienisointiyksikön kustannukset ovat myös merkittävä osa kokonaisinvestointia. Hygienisointiyksikön investointikustannus on noin 85 000 euroa. Mahdollinen investointituki alentaa investointikustannusta 40 prosenttia. Toiminnan kustannuksia aiheuttavat ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset sekä teurasjätettä käytettäessä myös raaka-aineen kuljetuskustannukset.

Teurasjätteen käyttäminen syötteenä lisää biokaasun tuotantoa huomattavasti. Lisäksi liukoista tyypeä muodostuu merkittävästi enemmän. Toisaalta teurasjätteen käyttäminen

syötteenä edellyttää syötteen tai mädätteen hygienisoimista, mikä nostaa investointikustannusta. Myös ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset kasvavat hygienisointiyksikön myötä. Ravinteista saatavaa rahallista hyötyä ei huomioida, koska sitä ei ole tarkoitus myydä.

Investoinnista saatavia tuloja ovat korvaushyöty sähkön ja lämmön omasta käytöstä, teurasjätteestä saatavat porttimaksut sekä sähköenergian myynnistä saatavat tulot. Investointituen saamiseksi tuotettu energia tulee käyttää omassa toiminnassa. Tulkinnat siitä, voiko energiaa myydä pieniä määriä tilan ulkopuolelle, vaihtelee eri ELY-keskuksissa. Näyttää kuitenkin siltä, että maatilamittakaavan biokaasulaitosta ei helposti saa kannattavaksi, vaikka investointi saisi täyden 40 prosentin tuen. Tulevaisuudessa investointituen maksimimäärä voi nousta 50 prosenttiin EU:n elvytyskauden ajaksi vuosina 2021–2022. Tuen saaminen edellyttää myös, että tukirahaa on käytettävissä.

Investoinnin takaisinmaksuaika vaihteli eri vaihtoehtoissa 22 ja 56 vuoden välillä. Takaisinmaksuaika on lyhyin silloin, kun energiaa tuotetaan vain omaan tarpeeseen ja laitoskoko valitaan sen mukaan. Pisin takaisinmaksuaika on silloin, kun sähköä tuotetaan mahdollisimman paljon myyntiin eikä investoinnille saada investointitukea. Vaikka toiminnan kate onkin positiivinen, se ei riitä kattamaan investoinnista aiheutuvia kiinteitä kustannuksia. Toiminnan tulos jää siten tappiolliseksi.

Investointilaskelmiin sisältyy myös epävarmuustekijöitä. Investointikustannukset voivat todellisuudessa olla pienemmät, jos tilalla jo olemassa olevia rakenteita voidaan hyödyntää. Myös laskurin hinnat eri laitteille voivat vaihdella toimittajasta riippuen. Energian myynnistä ja porttimaksuista saatavat tuotot riippuvat todellisuudessa sopimusneuvottelujen tuloksista energialaitoksen ja raaka-aineen tuottajan kanssa. Investointituki ei myöskään ole automaattisesti 40 prosenttia koko investoinnista, vaan se on yleensä alempi.

Maatilamittakaavan biokaasulaitoksesta on vaikeaa saada kannattavaa nykyisillä kustannuksilla ja biokaasusta saatavilla tuotoilla. Investoinnin takaisinmaksuaika on optimistisestikin arvioiden helposti yli kymmenen vuotta, jota voi pitää jonkinlaisena rajapyykkinä investoinnin kannattavuutta arvioitaessa. Biokaasulaitosinvestointia harkitessa kannattaa tarkastella omaa sähkö- ja lämpöenergian tarvetta, kartoittaa käytettävissä olevat raaka-aineet ja miettiä, onko ylimääräiselle tuotetulle energialle käyttöä lähiympäristössä. Lisäksi kannattaa selvittää, miten biokaasun jalostaminen eri tarkoituksiin vaikuttaa investoinnin kannattavuuteen. Kaikki tuotettu energia tulisi voida hyödyntää. Biokaasun hyödyntäminen polttamalla kaasukattilassa lämmitystarkoituksiin on yksinkertaista ja edullista. Usein kuitenkin etenkin lämpöenergiaa jää hyödyntämättä. Ilman tukia investointiin ei herkästi ryhdytä. Monien erilaisten tukimuotojen viidakossa on hankala hahmottaa parasta vaihtoehtoa. Olisi hyvä, jos tukijärjestelmän selkiytyisi.



## LÄHTEET

Haavisto, T. 2017. Biokaasuprosessin toiminnan arvioiminen, case Lakeuden Etappi Oy. Tampereen teknillinen yliopisto. Ympäristö- ja energiatekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Vesi- ja jätehuoltotekniikka. Diplomityö. Maaliskuu 2017. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24684/haavisto.pdf?sequence=4&isAllowed=y> [viitattu 30.12.2020].

HE 70/2020. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain muuttamisesta. Saatavissa: [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE\\_70+2020.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE_70+2020.aspx) [viitattu 2.11.2020].

Ruokavirasto. 2020. Lainsäädäntö. WWW-dokumentti. Päivitetty 19.10.2020. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu-ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/lannoitealan-toiminta/lainsaadanto/> [viitattu 5.2.2021].

Tukes s.a. Biokaasu. WWW-dokumentti Saatavissa: <https://tukes.fi/teollisuus/maakaasu-ja-biokaasu/biokaasu> [viitattu 5.2.2021].

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2020. Biokaasuohjelmaa valmisteleavan työryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2020:3. PDF-dokumentti. Päivitetty 1.10.2019. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-482-2> [viitattu 2.11.2020].

Valjakka, M. 2018. Pienimuotoisen biokaasun tuotannon ratkaisut ja haasteet Suomessa. Solutions and challenges of small-scale biogas production in Finland. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Kandidaatintyö. PDF-dokumentti. Päivitetty 18.10.2018. Saatavissa: [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158703/Kandidaatintyo\\_Valjakka\\_Minttu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158703/Kandidaatintyo_Valjakka_Minttu.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 22.12.2020].

Valtioneuvoston asetus maatalouden rakennetuesta 240/2015.

# ENERGIATEHOKKUUS SUOMEN MAATILOILLA

Elisa Korhonen & Tuija Ranta-Korhonen

## JOHDANTO

Maatalous tuottaa Suomen kasvihuonepäästöistä noin 12 prosenttia (Saario 2020). Maatalouden päästöt ovat EU:n ilmastotoimissa osa niin sanottua taakanjakosektoria eli osa päästökaupan ulkopuolisia päästöjä (YM 2021). Osana EU 2020 -strategiaa maatalouden ilmastotavoitteita tarkennettiin lokakuussa 2014 ja tuolloin Suomen maatalouden tuottamille kasvihuonekaasupäästöille asetettiin 13 prosentin vähennystavoite vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä (Rikkonen 2015). Uudessa 2030-tavoitteessa maataloudelle asetettavista vähennystavoitteista odotetaan tietoa kesän 2021 aikana (YM 2021). Tällä hetkellä myös EU:n yhteinen maatalouspolitiikka on päivitettävänä ja uudesta ohjelmakaudesta neuvotellaan. Uuden CAP27-sopimuksen (Common Agricultural Policies) on suunniteltu astuvan voimaan vuoden 2023 alusta.

Vuosina 2021–2022 käynnissä olevan siirtymäkauden aikana on käytössä maaseuturahaston elvytysvaroja, joita on suunniteltu suunnattavan muun muassa uusiutuvan energian investointeihin sekä energiatehokkuuden parantamiseen (Malm 2020). Maatalouden kasvihuonepäästöt vähentyivät 16 prosenttia vuosina 1990–2018, mutta 2000-luvulla päästöissä ei ole ollut havaittavissa suuria muutoksia (Saario 2020). Maatalouden energiatehokkuustoimet sekä uusiutuvan energian käyttö ovat merkittävässä asemassa pyrittäessä lisäämään maatalouden kannattavuutta sekä vähentämään toiminnan aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä. Tulevaisuudessa maataloilta voi muodostua myös uusia hiilensidontatoimenpiteisiin liittyviä ansaintakeinoja.

## MAATALOUDEN TILANNE SUOMESSA

Maatilojen määrä Suomessa vähentyy jatkuvasti. Vuonna 2018 maatalous- ja puutarhayrityksiä oli yhteensä 47 633, jossa oli noin 900 tilan vähennys edellisvuoteen verrattuna. Lukumäärän vähentyminen on kuitenkin väliaikaisesti hidastunut, sillä vielä 2010-luvun alkupuoliskolla maatalous- ja puutarhayrityksiä lakkautettiin enimmillään noin 2 400 vuodessa. Vuoden 2018 tilastojen mukaan tuotantosuunnittain luokiteltuna yleisin tuotantosuunta oli viljan- ja kasvinviljely ja kolmanneksi yleisin tuotantosuunta oli lypsykarjatalous. Näistä kasvinviljely on ainoa tuotantosuunta, jossa on viime vuosina ollut havaittavissa selkeää kasvua. Vaikka maatilojen määrä on vähentynyt, ovat niiden koko ja peltoala kuitenkin samalla kasvaneet. Luonnonvarakeskuksen tilastojen mukaan suomalaisten maatilojen keskimääräinen peltoala on noin 48 hehtaaria. Tiloista yli 80 prosenttia on perhetiloja, ja tilallisten keski-ikä on noin 53 vuotta. (Luonnonvarakeskus 2019.)

## ENERGIANKULUTUS MAATALOUESSA

Maatalouden vuotuinen energiankulutus on ollut viime vuosina noin 12 TWh, joka on noin kolme prosenttia energian kokonaiskulutuksesta. Maatilojen käyttämästä energiasta 33 prosenttia kuluu työkoneiden polttoaineena, 28 prosenttia lämmityksessä ja 17 prosenttia viljankuivaamoissa, ja loput 22 prosenttia käytetään sähköenergiana. Suurinta energiankulutus on lypsykarjatiljoilla sekä viljanviljelyyn ja puutarhatuotantoon suuntautuneilla tiljoilla. Sähkön kulutus maatiloilla on ollut kasvussa johtuen tuotantorakennusten ja tuotannon automatisoinnista ja tekniikan lisääntymisestä sekä kasvihuonetuotannon kasvusta.

Vuonna 2016 maataloudessa käytetystä energiasta tuotettiin puuhakkeella 3 017 GWh, polttoöljyllä 2 451 GWh ja sähköllä 1 727 GWh. Sähköstä arviolta 777 GWh tuotettiin uusiutuvilla energialähteillä. Luonnonvarakeskuksen (2018a) tietojen mukaan maa- ja puutarhatalouden vuonna 2016 kuluttama energia jakaantui prosentuaalisesti siten, että puu- ja peltopohjaista energiaa kului 44 prosenttia, kevyttä ja raskasta polttoöljyä 31 prosenttia, sähköä 15 prosenttia ja turvetta viisi prosenttia kokonaisenergiankulutuksesta.

Uusiutuvan energian osuudeksi ilmoitettiin noin 60 prosenttia, joka sisältää myös sähkön kulutuksen. Uusiutuvan energian osuus on pysynyt suunnilleen samalla tasolla viime vuosina. Maataloudessa uusiutuvan energian tuotanto nähdään mahdollisuutena sekä kehittää omaa energiankulutusta kestävämpään suuntaan että myydä tuotettua energiaa tilojen ulkopuolelle. (Luonnonvarakeskus 2018c; Luonnonvarakeskus 2018d; Työ- ja elinkeinoministeriö 2011, 20.)

Kasvin- ja viljanviljelyssä energiankulutukseen vaikuttavat paljon muun muassa käytössä olevien peltojen kunto, viljelytavat, koneiden kunto ja energiatehokkuus sekä sadon säilöntä ja viljankuivaus. Epäsuoraa energiankulutusta aiheuttavat myös lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttö. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2011, 21). Karjatalouden energiankulutusta puolestaan määrittävät muun muassa rakennuksen sisälämpötila, ilmanvaihto, ruokintatapa, lannanpoisto ja koneistus. Kuvassa 1 on nähtävissä esimerkki tuotantorakennuksesta ja rehun säilyttämiseen käytettävät siilot. Myös tuotantosunnalla on suuri merkitys, sillä esimerkiksi maidontuotannossa erilaisten koneiden käyttö aiheuttaa suurta energiankulutusta, kun taas broilerin- ja sianlihantuotannossa lämmitys vie paljon energiaa. (Ahokas 2013, 14–19.)



**KUVA 1.** Karjaloudessa kuluu paljon energiaa muun muassa rakennusten ilmanvaihtoon ja eläinten ruokintaan (kuva: Elisa Korhonen).

## ESIMERKKEJÄ UUSIUTUVISTA ENERGIAMUODOISTA MAATILOILLA

Suomalaiset maatilat ovat monesti myös metsänomistajia, ja metsästä saatavan energian hyödyntäminen on yleistä. Pilkkeet, halot ja metsähake ovatkin suosittuja energialähteitä maataloilla. Hakkeen käyttö edellyttää varastointitilaa, usein erillistä lämpökeskusta sekä mahdollisuutta automatisoituun hakkeen siirtoon varastosta polttokattilaan. Maatilojen ympäristö ja käytettävissä oleva konekanta sopivatkin hyvin metsähakkeen hyödyntämiseen. Samoin pilkkeiden ja halkojen valmistaminen edellyttää käytettävissä olevia koneita ja varastotilaa. (Metsäkeskus 2008; Sallinen 2018.) Luonnonvarakeskuksen (2018b) tilaston mukaan maatilat ovat eniten puuta käyttävä kiinteistötyyppi Suomessa. Kaikkiaan maataloilla kului lämmityskaudella 2016–2017 yhteensä noin 11,2 miljoonaa m<sup>3</sup> puuta.

Maataloilla olevia peltoja, jotka ovat poistuneet viljelystä, voidaan hyödyntää energiakasvien kasvattamiseen. Näin saatu peltobiomassa voidaan hyödyntää energiantuotannossa esimerkiksi biokaasuna. Ruokohelpi on yksi esimerkki pelloilla ja turvesoilla kasvatettavista energiakasveista. Myös viljanviljelyn sivutuotteena tuleva olki soveltuu polttoaineeksi, vaikka sen energiatiheys on pieni. Öljykasveja, kuten rypsiä, rapsia ja pellavaa, viljellään myös energiakäyttöä varten. (Motiva 2017.)

Maataloilla muodostuu runsaasti orgaanisia jätteitä, kuten lantaa ja kasvijätteitä, joita voidaan käyttää biokaasutuotantoon. Biokaasulaitosten rakentaminen maatilojen yhteyteen on mahdollista, mutta vaatii suuria investointeja. Maatilatason biokaasulaitoksia, joissa käsitellään lantaa, peltobiomassoja ja jonkin verran myös porttimaksullisia elintarviketeol-

lisuuden sivuvirtoja, oli vuonna 2019 Suomessa kaikkiaan 20. Todennäköisesti suurimmat syyt niiden suhteellisen vähäiseen määrään ovat kertainvestoinnin koko ja biokaasulaitoksen huonohko kannattavuus. Tämä tarkoittaa investoinnin pitkiä takaisinmaksuaikoja. Lämmön ja sähkön tuottaminen omaan käyttöön voi olla tietyin reunaehdoin kannattavaa, sillä tällöin on esimerkiksi mahdollista säästyä korkeilta siirtomaksuilta. Jos kuitenkin verkkoon myytävän sähkön tuotannosta halutaan tehdä kannattavaa, tulee biokaasulaitoksen kokoa kasvattaa. Tulevaisuudessa mahdollisesti lisääntyvä biokaasun liikennekäyttö voi tuoda myös maatilojen biokaasutuotannolle laajemmat markkinat. (Luostarinen ym. 2016, 5; Suomen Biokierto ja Biokaasu 2019.)

Aurinkoenergia ja lämpöpumput soveltuvat myös maataloille. Aurinkopaneelien asentaminen on melko nopeaa, ja maataloilla löytyy runsaasti sopivia seinä- ja kattopintoja sekä piha-alueita niiden asentamiseen. Aurinkosähköjärjestelmiä on otettu lisääntyvässä määrin käyttöön myös maataloilla ja vuoden 2018 tietojen mukaan aurinkoenergiaa hyödynnetään noin 200 maatilalla (Mustonen 2018). Myös lämpöpumppujen määrä maataloilla on kasvanut. Maatilojen lämpöpumppujärjestelmissä voidaan hyödyntää maasta saatavan lämmön lisäksi muun muassa maidon jäähdätykseen liittyvää lämmöntalteenottojärjestelmää tai lämmön keräämistä lietekuilusta ja lantalasta (ProAgraria Oulu 2012).

Suomessa uusiutuvien energiamuotojen käyttöönottoa maataloilla pyritään edistämään maatalouden eri tukimuotojen avulla. Investointitukea myönnetään erilaisille uusiutuvan energian rakentamisinvestoinneille, jolloin tuen saamisen ehtona on, että maatila hyödyntää itse tuottamansa energian. Energiatuen saamisen ehtona taas on päinvastainen tilanne, eli maatilalla tuotettavasta energiasta tulee käyttää 80 prosenttia maatilalan ulkopuolella. Energiatuki on tarkoitettu selkeästi hankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvan energian käyttöä tai tuotantoa ja tuotannon tehostamista, sekä hankkeisiin, joilla edistetään energiansäästöä tai energiajärjestelmän muuttamista vähähiiliseksi. (Motiva 2020; Ruokavirasto.)

## MAATILOJEN ENERGIANKÄYTTÖ TULEVAISUUDESSA

Uusiutuva energia on jo tällä hetkellä merkittävässä roolissa maatilojen energiantuotannossa, mutta sen käyttö tulee tulevaisuudessa lisääntymään entisestään. Uusiutuvat energialähteet sekä tuotantotilojen ja toimintojen energiatehokkuuden parantaminen voivat tarjota maataloille keinon parantaa kannattavuutta ja lisätä uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Maatilat tarvitsevat uusien ratkaisujen käyttöönotossa neuvontaa ja taloudellista tukea.

## LÄHTEET

Ahokas, J. (toim.) 2013. Maatilojen energiankäyttö. Enpos-hankkeen tulokset. University of Helsinki. Department of agricultural sciences. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://projects.centralbaltic.eu/images/files/result\\_pdf/ENPOS\\_result1\\_energy\\_saving\\_toolbox\\_FI.pdf](http://projects.centralbaltic.eu/images/files/result_pdf/ENPOS_result1_energy_saving_toolbox_FI.pdf)

Luonnonvarakeskus. 2019. Maatalous- ja puutarhayritysten rakenne. Saatavissa: [https://stat.luke.fi/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne-2018\\_fi](https://stat.luke.fi/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne-2018_fi)

Luonnonvarakeskus. 2018a. Maatalouden energiankulutus ja uusiutuvan energian osuus. Päivitetty 27.6.2018. Saatavissa: <https://stat.luke.fi/indikaattori/maatalouden-energiankulutus-ja-uusiutuvan-energian-osuus>

Luonnonvarakeskus. 2018b. Polttopuun käyttö lisääntyi seitsemään miljoonaan kuutiometriin. Päivitetty 19.6.2018. Saatavissa: <https://www.luke.fi/uutinen/polttopuun-kaytto-lisaantyi-seitsemaan-miljoonaan-kuutiometriin/>

Luonnonvarakeskus. 2018c. Suomen virallinen tilasto (SVT): Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus. Päivitetty 25.4.2018. Saatavissa: [https://stat.luke.fi/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus-2016\\_fi-0](https://stat.luke.fi/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus-2016_fi-0)

Luonnonvarakeskus. 2018d. Sähkö on entistä tärkeämpää maa- ja puutarhataloudessa. Päivitetty 25.4.2018. Saatavissa: <https://www.luke.fi/uutinen/sahko-on-entista-tarkeampaa-maa-ja-puutarhataloudessa/>

Luostarinen, S., Pyykkönen, V., Winqvist, E., Kässi, P., Grönroos, J., Manninen, K. & Rankinen, K. 2016. Maatilojen biokaasulaitokset. Mahdollisuudet, kannattavuus ja ympäristövaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2016. Luonnonvarakeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio\\_11\\_2016.pdf?sequence=1](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio_11_2016.pdf?sequence=1)

Malm, T. 2020. CAP 2021-2022: siirtymäkausi ja maaseuturahaston elvytysvarat. CAP-webinaari 18.11.2020.

Metsäkeskus. 2008. Maatilan hakelämmitysopas. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.energiatehokaskoti.fi/files/450/Maatilan\\_hakelammitysopas.pdf](https://www.energiatehokaskoti.fi/files/450/Maatilan_hakelammitysopas.pdf)

Motiva Oy. 2020. Investointituet. Päivitetty 29.1.2020. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem\\_n\\_tukemat\\_energiakatselmukset/katselmus-\\_ja\\_investointituet/investointituet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/katselmus-_ja_investointituet/investointituet)

Motiva Oy. 2017. Energiaa pelloilta. Päivitetty 18.5.2017. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/energiaa\\_pelloilta](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/energiaa_pelloilta)

Mustonen, E. 2018. Viljelijät investoivat aurinkosähkön tuotantoon. Käytännön maamies 6.12.2018. Saatavissa: <https://kaytannonmaamies.fi/viljelijat-investoivat-aurinkosahkon-tuotantoon/>

ProAgria Oulu. 2012. Lämpöpumput. Saatavissa: <https://www.proagriaoulu.fi/fi/lampopumput/>

Rikkinen, P. 2015 (toim.). Maatalouden energia- ja ilmastopolitiikan suuntia vuoteen 2030 – Hillintäkeinojen analyysi tilatason vaikutuksista ja keinojen hyväksyttävyydestä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 35/2015.

Ruokavirasto s.a. Maatalouden investointituet. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/maatalouden-investointituet/>

Saario, M. 2020. Ympäristövaikutusten arviointi (SOVA) CAP-strategiasuunnitelman ennakoarviointi. CAP-webinaari 18.11.2020.

Sallinen, P. 2018. Pelletti palaa, mutta vaatimattomasti. Energia uutiset. Päivitetty 9.4.2018. Saatavissa: <https://xn--kaukolmp-5zac1r.fi/tuotanto/voimalaitoskaytto-kasvussa-pelletti-palaa-mutta-vaatimattomasti/>

Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. 2019. Biokaasu ja maatilat. Saatavissa: <https://biokierto.fi/biokaasu/biokaasu-ja-maatilat/>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2011. Suomen toinen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma NEEAP-2. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto. 32/2011. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/3346190/Suomen+toinen+kansallinen+energiatehokkuuden+toimintasuunnitelma+NEEAP-2+18092013.pdf>

YM 2021. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>

# ПРИГРАНИЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ БИОЭКОНОМИКИ

Биоэкономика – одно из наиболее быстро развивающихся направлений в мировой экономике 21 века. Применение возобновляемых ресурсов для производства энергии и продукции дает возможность избежать угрозы глобального энергетического кризиса, связанного с истощением минеральных ресурсов. Еще одна важная причина развития возобновляемой энергетики - необходимость сокращения выбросов парниковых газов, влияющих на глобальное изменение климата. Этого можно достичь только при постепенном отказе от сжигания угля, нефти и газа.

Как показывает опыт стран Европейского Союза, биоэкономика в сельском хозяйстве способствует удовлетворению главных потребностей аграрного сектора, таких как снижение энергозатрат, повышение эффективности производства, восстановление земельного ресурса, обеспечение занятости, повышение уровня образования и жизни сельского населения. Например, в 2018 г. доля возобновляемых источников в общем потреблении электроэнергии составила: в Дании – 68%, в Португалии – 52%, в Великобритании – 33,4% (с учетом атомной энергетики с применением низкоуглеродных технологий – 53%).

В России развитие биоэкономики и биоэнергетики активно поддерживается на государственном уровне. В списке поручений Президента России от 24 января 2017 года № Пр-140ГС (резолюция от 8 февраля 2017 года № ДМ-П9-708) одной из основных целей назван переход России к модели экологически устойчивого развития. Биоэнергетика внесена в перечень приоритетных направлений развития страны в период 2017–2025 гг и далее, вплоть до 2050 г.

Использование биоэнергии и энергоэффективность фермерских хозяйств играют основополагающую роль в поощрении низкого уровня выбросов углерода в финском сельском хозяйстве и садоводстве. Как в Финляндии, так и в России повышение энергоэффективности и внедрение возобновляемых источников энергии может повысить рентабельность фермерских хозяйств и уменьшить углеродный след растениеводства и животноводства. Кроме того, фермы могут предоставить различные возможности для связывания углерода. Однако меры, повышающие энергоэффективность и инвестиции в возобновляемые источники энергии, требуют систематической поддержки в будущем.



# ПРОЕКТ «БИОКОМ» И ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИЙ В СФЕРЕ БИОЭКОНОМИКИ: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Эрк А.Ф., Смирнова Л.Ю., Ужинова И.Б., Тимофеев Е.В.

Для продвижения биотехнологий на российских территориях используется целый ряд инструментов, в том числе государственные целевые программы, бизнес-инвестиции, национальные и международные проекты.

Один из таких инструментов – двухгодичный проект «БиоКом», разработанный в рамках Программы приграничного сотрудничества «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014 – 2020» и стартовавший в мае 2019 г.



**РИСУНОК 1.** Логотип проекта БиоКом (автор: И. Ужинова)

Основной результат реализации проекта – создание российско-финляндского Центра компетенций в сфере биоэкономики (в сокращении – БиоКом Центр), объединяющего образовательные, исследовательские и технические подходы к практическому освоению биоэкономики в пилотных районах.



**РИСУНОК 2.** Элементы идентификации Центра БиоКом (автор: И.Ужинова)

Партнерами проекта стали три организации – две российских и одна финская:

1. Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяй-ственно-го производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия
2. Государственное казенное учреждение Ленинградской области «Центр энергосбережения и повышения энергоэффективности Ленинградской области»
3. Университет Прикладных наук Юго-Восточной Финляндии – Хамк



**Фото 1.** Рабочая группа проекта во время стартового семинара в г. Миккели

Юго-Восточная Финляндия и Ленинградская область – интенсивно развивающимися районами со значительной долей аграрного сектора. Продвижение биоэкономических подходов по обе стороны границы позволит снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду и удовлетворить растущую потребность в энергии.

Финским партнерам отведена важная роль в информационном обеспечении проекта. За последнее десятилетие Финляндия достигла реальных успехов во многих направлениях биоэкономики, в том числе – в производстве биоэнергии и биотоплива из органических отходов и растительного сырья. Биогаз является одной из многих инноваций, которые существенно улучшают уровень жизни и условия труда на фермах. С помощью биогазовых установок происходит эффективная утилизация органических отходов, производятся экологически чистые удобрения, вырабатывается энергия для освещения и отопления домов и производственных помещений. Финская лесная промышленность поставляет специально подготовленные для переработки отходы древесины, которые также служат сырьем для производства биоэнергии. Активно осваивается процесс изготовления биодизеля из отработавших животных жиров. Согласно принятому политическому решению, к 2020 году снабжение Финляндии необходимой энергией – электричеством, теплом, горючим – должно покрываться на 36% из возобновляемых источников (запланированная цель Евросоюза – 20%).

Центр компетенций в сфере биоэкономики, организованный на базе Ведущего партнера проекта (ИАЭП), выполняет широкий спектр задач по продвижению биотехнологий на приграничных сельских территориях. В первую очередь, это информирование и обучение целевых групп проекта (школьников, студентов, агропроизводителей, научных сотрудников, предпринимателей) по инновационным образовательным программам, разработанным экспертами проекта. Кроме того, Центр организует регулярные встречи специалистов, занимающихся внедрением биотехнологий на предприятиях АПК.

Особое внимание в проекте уделяется обучению детей и подростков школьного возраста. Для младших школьников подготовлены программы по теме «Энергосбережение», учащиеся старших классов могут познакомиться с разнообразными способами получения электричества и тепла из возобновляемых источников. Для этого в Центре имеются необходимые приборы, оборудование и учебные материалы, спектр которых постоянно расширяется. В ходе дальнейшей реализации проекта Российско-финляндский Центр компетенций будет использоваться как платформа для непрерывного обучения целевых групп по различным аспектам биоэкономики. Развитие биоэкономического кластера и повышение компетенции работников сельского хозяйства позволит в будущем создать новые рабочие места, расширить выбор профессий и обеспечить востребованность специалистов высокой квалификации в сельских районах.

Российские и финские специалисты планируют разработать модель демонстрационной зоны энергоэффективности для аграрного сектора и создать общую систему эколого-энергетического обследования агропромышленных предприятий по обе стороны границы.

Успешное выполнение проектных задач способствует формированию нового информационно-образовательного пространства, необходимого для перехода пилотных сельских районов к практике энергосбережения, энергоэффективности и экологической безопасности. Перспективные ожидания от проекта – ускорение процесса внедрения инноваций, повышение устойчивости пилотных территорий и снижение нагрузки на окружающую среду в регионе Балтийского моря.

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ АКТИВНОСТИ ЦЕНТРА БИОКОМ

Эрк А.Ф., Размук В.А.

11 ноября 2020 года, в День энергосбережения, состоялось официальное открытие образовательной платформы «БиоКом» – российско-финляндского Центра компетенций в сфере биоэкономики. Центр был создан на базе Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (далее – ИАЭП) в рамках двухгодичного проекта «Биоком». Но это не означает, что его организационная, научная и образовательная завершится с окончанием проекта. Центр компетенций «БиоКом» – устойчивая образовательная структура, нацеленная на непрерывное обучение целевых групп в пилотных регионах проекта – Санкт-Петербурге, Ленинградской области и Юго-Восточной Финляндии.



**Фото 1.** Церемония открытия Центра компетенций БиоКом

Главная задача Центра – концентрировать международный опыт биоэкономических и других экологически безопасных технологий в сельском хозяйстве, и перерабатывать его в образовательные программы, доступные для всех заинтересованных сторон и целевых групп. Кроме того, Центр организует регулярные встречи специалистов для обмена мнениями по возможностям внедрения биоэкономических технологий на конкретных объектах агропромышленного комплекса (инжиниринг, мониторинг эффективности, ОВОС и т.д.). Стабильная работа Центра будет способствовать повышению компетенции работников сельского хозяйства, ускорению процесса внедрения инноваций, снижению нагрузки на окружающую среду в пилотных регионах и в регионе Балтийского моря в целом.



**Фото 2.** Экспозиция «Солнечная энергетика» в Центре БиоКом

В образовательных программах Центра широко используется практический опыт финских партнеров. На данный момент ими подготовлены доступные и полезные учебные материалы об использовании возобновляемых источников энергии, в том числе о преимуществах производства биогаза, биодизеля и топлива на основе биомассы.

В церемонии открытия Центра «БиоКом» приняли участие: Первый заместитель председателя комитета по топливно-энергетическому комплексу Ленинградской области С.В. Аминяков, директор ИАЭП А.В. Трифанов, первый заместитель директора ГКУ ЛО «ЦЭПЭ ЛО» М.П. Патракова, директор по развитию центра

образования в сфере экологии и энергосбережения Высшей школы технологии и энергетики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный Университет промышленных технологий и дизайна» Ю.А. Зайцев, генеральный директор ООО «Теплоком» М.Ю. Грязнова, коммерческий директор ООО «Теплоком» А.В. Мажулин, начальник группы по связям с общественностью и СМИ Киришской ГРЭС (ПАО «ОГК-2») И.В. Якунина, руководители и эксперты проекта.



**Фото 3.** Завершение церемонии открытия Центра БиоКом

Участники и гости мероприятия осмотрели учебные классы и демонстрационное оборудование (АИТП, приборная база для учета ТЭР, тепловые насосы, ветрогенератор, различные модификации солнечных панелей и водонагревательных приборов, миникотельные, образцы биотоплива, панели для строительства биопозитивных домов, энергосберегающие осветительные приборы, информационные плакаты); ознакомились с возможностями использования интерактивных программ (ВИАР-технологий) для детей разного возраста. На следующем этапе планируется продолжить создание подобных программ, а также расширить экспозиционную зону за счёт новых детских классов. В недалёком будущем Центр сможет принимать большие группы школьников, студентов, специалистов, различные группы населения Ленинградской области. Таким образом, создание Центра приведёт к формированию нового информационно-образовательного пространства.

Во время открытия Центра было подписано Соглашение между ИАЭП и Высшей школой технологии и энергетики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный Университет промышленных технологий и дизайна» о сотрудничестве в сфере образования с внедрением прогрессивных методов обучения основам энергоэффективности и экологии.

В начале 2021 г., вскоре после зимних каникул, состоялся очный учебный семинар по возобновляемым источникам энергии, в котором приняли участие 15 учеников десятого класса школы №530 г. Пушкина.

Эксперты проекта рассказали слушателям о принципах работы различных топливных котлов, биогазовой установки, тепловых насосов, солнечных водонагревателей. Наибольший интерес у школьников вызвала работа фотоэлектрических модулей и солнечной электростанции. По окончании занятия слушатели получили сертификаты и учебные материалы.

Кроме очных лекций и семинаров по энергосбережению, Центр планирует расширять онлайн-обучение. Это будет особенно важно для жителей удалённых поселений Ленинградской области, для которых выезд в Санкт-Петербург связан с определёнными трудностями. Виртуальные экскурсии по учебным классам, образовательные вебинары и видеоконференции станут доступны для школьников уже весной 2021 года.



**Фото 4.1**





**Фото 4.2**



**Фото 4.3**



**Фото 4.4**

**Фото 4.1–4.4.** Обучение школьников по программе «Возобновляемая энергетика» в Центре БиоКом

# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ДЛЯ ВСЕХ: ПРОЕКТ БИОКОМ НА ФЕСТИВАЛЕ #ВМЕСТЕЯРЧЕ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Смирнова Л.Ю., Размук А.А., Тимофеев Е.В.



Знакомство школьников и молодёжи с биотехнологиями и возобновляемой энергетикой – одна из главных активностей проекта «Биоком». Эксперты проекта дважды приняли участие во Всероссийском Фестивале энергосбережения и экологии #ВместеЯрче (2019 - г. Луга, 2020 - г. Гатчина).

Фестиваль #ВместеЯрче был впервые организован пять лет назад по инициативе Министерства Энергетики Российской Федерации. Его основная задача – воспитывать у детей и взрослых бережное отношение к энергоресурсам и окружающей среде. Чтобы привлечь внимание жителей Ленинградской области к вопросам экологии и энергосбережения, организаторы Фестиваля используют самые современные, разнообразные и креативные формы подачи информации – от игровых до сугубо научных. Каждая фестивальная программа включает в себя демонстрацию современных энергоэффективных технологий, научно-популярные шоу, творческие конкурсы и спортивные соревнования, мастер-классы и викторины для школьников и многое другое.

Первым в Ленинградской области Фестиваль принял Сосновый Бор – город атомной энергетики. Здесь в 2016 году под открытым небом была развёрнута ярмарка технологий, оборудования и осветительных приборов, сопровождаемая интересной концертной программой. Образовательное мероприятие запомнилось зрителям как настоящий праздник.

В 2017 году эстафету Фестиваля принял город Приозерск. Представленная экспозиция была уже гораздо более масштабной. С этого времени важной частью каждого Фестиваля стало подписание Декларации о намерениях экономить энергию в быту и на рабочем месте. Эта акция получила всеобщую поддержку участников. А у школьников наибольший интерес вызвали мастер-классы по робототехнике, химии, физике и энергосбережению. Фестиваль завершился дружным флешмобом.

В 2018 году Фестиваль состоялся в городе Кириши. На него прибыло много гостей из других районов Ленинградской области и из соседних регионов РФ. Еще шире и разнообразнее стала демонстрация энергосберегающих технологий и оборудования. Свои экспозиции представили не только известные предприятия и организации региона, но и ведущие технические вузы Санкт-Петербурга.

Ярко и увлекательно прошел фестиваль в 2019 году в городе Луга. Гости и жители города встретили праздник очень тепло. Обновились экспозиции в демонстрационной зоне «Бульвар технологий», детская развлекательная зона тоже наполнилась новыми участниками. Юные зрители получили возможность поучаствовать в турах виртуальной реальности, проверить свои знания в различных вопросах энергосбережения и экологии. Дети и взрослые с удовольствием посещали Эко-тир, приехавший в Лугу из Соснового Бора. Для получения права на один выстрел из пневматического оружия нужно было сдать в специально отведенный контейнер чистую пластиковую бутылку. Зрители смогли увидеть новые экспозиции Горного университета Санкт-Петербурга и ПАО «Ленэнерго», познакомиться с работой экомобиля, передвижной экологической лаборатории, техники, работающей на природном газе.

На фестивале в Луге впервые был представлен стенд проекта «БиоКом», с демонстрацией энергоэффективного оборудования и возобновляемых источников энергии. Традиционными для каждого фестиваля стали квесты, спортивные состязания, интерактивные мероприятия для детей и взрослых (VR, Dance Pad, Play Station, Xbox и др.). Торжественная часть всех фестивалей – подведение итогов конкурсов, проводимых в рамках предфестивальной кампании. Призы и подарки победителям вручали руководители органов исполнительной власти Ленинградской области, представители предприятий и спонсирующих организаций. Например, с каждым годом всё популярнее становится конкурс видеороликов «Энерго-лайфхаки», демонстрирующий оригинальные и доступные идеи в области энергоэффективности и энергосбережения. Не отстаёт от него и конкурс на создание лучшего арт-объекта из пластиковых бутылок. Количество представленных объектов растет вместе с уровнем их художественного исполнения, всё больше становится настоящих произведений искусства.

2020 год ознаменован пятилетием Фестиваля #ВместеЯрче. Праздник состоялся 5 сентября в городе Гатчина, на площади Станислава Богданова. Несмотря на ограничительные меры, пятый по счёту фестиваль был поддержан всеми муниципальными районами Ленинградской области. В его организации и проведении приняли участие Губернатор Ленинградской области А.Ю. Дрозденко, представители 8 государственных комитетов, 10 энергетических компаний и 6 ведущих ВУЗов Санкт-Петербурга. Около 100 участников было награждено грамотами и призами за участие в конкурсах.

Как обычно, на ярмарке технологий появилось множество новых и интересных вещей: органические стеновые панели для строительства домов, биопозитивные пищевые продукты, зарядные устройства на солнечных батареях, велогенератор, биоразлагаемые пакеты из крахмала, гелиоквадрокоптер, робот-художник и робот-экскурсовод... Многие перспективные разработки, готовые к запуску в производство, были предложены школьниками и студентами.

На стендах проекта «Биоком» демонстрировалась расширенная коллекция энергосберегающего оборудования: солнечные панели и гелиоводонагреватели, компактный ветрогенератор, фотоэлектрический модуль, двигатель внешнего сгорания (Стерлинга), биогазовая установка, блочный тепловой пункт, тепловой насос. Все желающие могли получить красочные буклеты с доступной информацией об энергосбережении. Стенд вызвал живой интерес губернатора Ленинградской области А.Ю. Дрозденко и руководителей ТЭК Ленинградской области. Эксперты проекта ответили на ряд вопросов посетителей фестиваля о практическом применении солнечных панелей и тепловых насосов, рассказали о главных принципах энергосбережения.

С каждым годом фестиваль #ВместеЯрче привлекает всё больше участников. Его можно назвать действительно ярким, важным и ожидаемым событием в общественной жизни Ленинградской области.



**Фото 1.** Открытие Фестиваля #ВместеЯрче в городе Луга (2019)



**Фото 2.** Учебные материалы проекта, разработанные ХАМК и ИАЭП



**Фото 3.** Экспозиция проекта БиоКом на фестивале в г. Луга



**Фото 4.** Губернатор Ленинградской области А.Ю. Дрозденко у стенда проекта БиоКом в г. Гатчина (2020)

# РАЗРАБОТКА УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ВЗРОСЛЫХ

Эрк А.Ф., Ужинова И.Б., Размук В.А.

Обучение профильных специалистов сельскохозяйственных предприятий является одним из самых эффективных методов энергосбережения и повышения энергоэффективности сельскохозяйственного производства. На основе обобщения опыта проведения в ИАЭП семинаров и курсов повышения квалификации специалистов АПК по энергосбережению в период с 2003 по 2020 годы и с учетом опыта отечественных энергокомпаний, в рамках проекта БиоКом сформирована методика обучения энергосбережению в АПК. Особое внимание уделено разработке обучающих программ.

## Требования к обучающим программам:

- Ясное изложение цели обучения
- Учет особенностей проведения работ по энергосбережению и повышению энергоэффективности на сельскохозяйственных объектах, различных по виду и характеру деятельности
- Учет обширной тематики и обязательности профессионального обучения по вопросам энергосбережения
- Анализ целевой аудитории. Степень детальности этого анализа зависит от конкретного случая, а его результатом является профессиональный портрет потенциального слушателя, на которого рассчитана учебная программа.

Учить взрослого человека, имеющего специальность, продуктивно лишь в том случае, если получаемые знания соответствуют решаемым рабочим задачам, чтобы на этапе обучения слушатель понимал, как применить их на своем рабочем месте. С учетом опыта психологов и педагогов, изучающих особенности обучения взрослых людей, отмечено значение мотивации к приобретению новых профессиональных знаний, умений и навыков, а также к карьерному росту специалистов АПК. Мотивационный фактор определяет наличие или отсутствие целевой направленности специалистов АПК к профессиональному развитию.

Цель обучения состоит в формировании необходимого уровня профессиональных знаний для планирования и реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности производства. Целевая аудитория включает руководителей и инженерно-технический персонал предприятий агропромышленного комплекса.

В настоящее время основой обучения специалистов является базовая учебная программа, утвержденная приказом Минэнерго России № 148 от 07.04.2010 г. Эта программа позволяет учитывать особенности проведения работ по энергосбережению и повышению энергоэффективности на различных сельскохозяйственных объектах.

В процессе обучения слушатели изучают нормативную и законодательную базу по вопросам энергосбережения: федеральные законы, отдельные законодательные акты Российской Федерации, Энергетическую стратегию России на период до 2030 года, утвержденную распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 года № 1715-р. Специальная часть программы посвящена изучению структуры и содержания энергопаспорта, регистрации его в СРО и Минэнерго, тепловизионному обследованию сельскохозяйственного предприятия, оценке качества электрической энергии, системе взаимодействия с организациями-поставщиками энергоресурсов.



**Фото 1.** Обучение специалистов в Центре Биоком

Следующие важные разделы обучения – знакомство с мероприятиями по энергосбережению и повышению энергоэффективности; изучение нового энергосберегающего оборудования и технологий, автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ); освоение методов расчета освещенности помещений и выбора оптимальных светильников с энергосберегающими лампами, управление электроприводами при помощи частотных регуляторов, выбор вида частотного регулирования. Интерес для слушателей представляет знакомство с возобновляемыми источниками энергии и расчеты эффективности их применения в сельскохозяйственном производстве. Проводится изучение энергосервиса, как

инструмента финансирования мероприятий по энергосбережению. Слушатели знакомятся с моделями энергосервисной деятельности, энергосервисными договорами, современными средствами контроля расхода энергоресурсов.

Как уже отмечалось выше, в нашем случае целевую аудиторию представляют руководители и инженерно-технический персонал предприятий АПК. Однако для того, чтобы подобрать оптимальную учебную программу для конкретного сотрудника-слушателя, этих общих сведений недостаточно. Необходимо учитывать должностные обязанности этого сотрудника, его профессиональную квалификацию, интерес к карьерному росту, накопленный отраслевой опыт. Все эти особенности имеют решающее значение при выборе тематики и уровня сложности учебного курса. Подобная конкретизация обеспечивает индивидуальный подход в образовании, который за последние десятилетия успешно зарекомендовал себя и продолжает собирать аргументы в свою пользу, особенно в профессиональном обучении взрослых работающих людей, уже имеющих основную специальность.

Психологи и педагоги, изучающие особенности обучения взрослых людей, давно установили определяющее значение мотивации к приобретению новых профессиональных знаний, умений и навыков, а также к карьерному развитию. Известно, что у взрослых людей мотивация к обучению сохраняется на высоком уровне только тогда, когда они видят ближайшую перспективу применения новых знаний на практике: отсроченный, неочевидный или непонятный результат прилагаемых усилий, как правило, становится для них сильным демотиватором. В этом случае обучение может восприниматься «очередной сомнительной затеей», и эта нежелательная установка быстро распространяется внутри целого коллектива. Во избежание этого с каждым сотрудником, направляемым на обучение, следует провести специальную, в том числе и психодиагностическую, работу по выявлению индивидуальных профессиональных целей, достичь которых планируется за счет дополнительной профессиональной подготовки. Обычно профессионально-психологическая диагностика проводится сотрудниками отдела кадров или службы по работе с персоналом. На сегодняшний день подобные подразделения присутствуют в большинстве крупных сельскохозяйственных предприятий. Задача специалистов по работе с персоналом сельскохозяйственных предприятий состоит в формировании и систематичном поддержании у сотрудников целого ряда осознанных и устойчивых установок, примеры которых приводятся ниже.

1. «Энергосбережение – это общая корпоративная миссия, объединяющая весь коллектив и отличающая современное сельскохозяйственное предприятие, на котором хочется и дальше продолжать работать».
2. «Энергоэффективность – это не просто слоган, а часть корпоративной культуры организации, её значимая характеристика, отличающая успешное предприятие от неуспешного».



3. «Направление на повышение квалификации от предприятия – это инвестиция в профессионализм и будущий карьерный рост сотрудника, знак доверия работодателя».
4. «Новые знания и обучение – это большая ценность, они делают человека лучше день ото дня».

Перечисленные установки призваны найти отклик у работников с разными ключевыми мотивами. Тем, у кого ведущими являются материальные мотивы, обучение следует представить как выгодную инвестицию в себя и свой профессионализм, как условие попадания на вышестоящую должность с более высокой заработной платой. Тем, для кого важен мотив принадлежности к группе (в данном случае – к трудовому коллективу), обучение – это способ приобщения к корпоративной культуре. Для сотрудников с выраженной потребностью в уважении и признании обучение – заслуженная награда, поощрение руководства. Актуализированный мотив самосовершенствования – это всегда благоприятный фактор, побуждающий человека развиваться личностно и профессионально. Изучение ключевых мотиваторов потенциальной целевой аудитории позволяет руководству точно сформулировать и поставить сотрудникам субъективно актуальные цели, к достижению которых им следует стремиться. В этом и состоит ответ на вопрос «кого учесть?». В итоге отметим, что мотивационный фактор определяет целевую направленность работника к профессиональному развитию.

Еще один фактор, требующий особого внимания – квалификационный, поскольку он напрямую влияет на выбор двух основных характеристик обучения – тематики и уровня сложности. Эти характеристики составляют ответ на вопрос «чему учесть?». Квалификационный профиль сотрудника-слушателя складывается из сведений о его специальности и специализации; имеющемся уровне подготовки; приобретенных профессиональных знаниях, умениях и навыках (профессиональных компетенциях); накопленном опыте работы на разных должностях; послужном списке и особых достижениях; требованиях, предъявляемых профессиональным стандартом к ныне занимаемой должности; перспективах дальнейшего карьерного продвижения в сельскохозяйственном предприятии. Очевидно, что перед сотрудниками с разными квалификационными профилями ставятся разные цели и задачи, и профессиональное обучение должно максимально точно им соответствовать.

И последний фактор, отвечающий на вопрос «как учесть?», – организационно-технический. Этот фактор предполагает подробное описание форм, методов и средств обучения. На сегодняшний день всё большую популярность приобретает дистанционная форма обучения. Она стала особенно актуальной при регулярном и обязательном повышении квалификации тех категорий персонала предприятий,

для которых невозможен длительный отрыв от производства. В этих случаях удаленное обучение – несомненное преимущество перед традиционной (очной) формой. Однако следует иметь в виду, что дистанционная форма обучения требует длительной, достаточно дорогостоящей и детальной проработки электронных образовательных маршрутов и учета целого ряда психологических особенностей потенциальных слушателей. Важно отметить, что для разных профессий перечень значимых психологических характеристик будет отличаться. При дистанционном обучении все эти детали должны разрабатываться заранее и учитываться в готовом электронном обучающем продукте (например, обучающем сайте или портале), в то время как при традиционном (очном) обучении подобные вопросы (*как учить?*) решаются в процессе непосредственного взаимодействия преподавателя с обучающимися.

В ближайшем будущем нам представляется возможным и целесообразным внедрять и использовать комбинированную форму повышения квалификации специалистов АПК по программам энергосбережения различных уровней сложности, которые будут сочетать элементы очного и дистанционного обучения.

# БИОЭКОНОМИКА И ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Тимофеев Е.В., Смирнова Л.Ю., Эрк А.Ф., Ефимова А.Н.

## ЗНАКОМСТВО РАБОЧЕЙ ГРУППЫ «БИОКОМ» С ИННОВАЦИОННЫМ ПРОЕКТом «ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ ШКОЛЫ»

9 февраля 2021 г. состоялась рабочая поездка российских участников проекта БИОКОМ (научных сотрудников лаборатории возобновляемых источников энергии Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ») в поселок Житково Выборгского района Ленинградской области. Местная школа стала первым в области образовательным учреждением, которое отапливается за счет энергии Земли.

Участники поездки ознакомились с работой отопительной системы, изучили установленное оборудование. До этого Житковская школа отапливалась электроконвекторами. Использование подобных источников тепла связано с высокими экономическими затратами. После установки альтернативной системы теплоснабжения расходы на отопление снизились в пять раз, а надежность передачи тепла значительно повысилась.

Запуск геотермальных тепловых насосов для отопления Житковской школы Выборгского района Ленинградской области состоялся 25 декабря 2020 года. Перевод Житковской школы на геотермальное отопление – пилотный для Ленинградской области проект, который с успехом может быть тиражирован в других учреждениях региона, что позволит повысить энергоэффективность объектов и снизить эксплуатационные издержки.

Использованные в системе отопления тепловые насосы изготавливаются на заводе «Тепловое оборудование» в городе Тосно (Ленинградская область) – главной производственной площадке «Термекс» (Thermex Energy) в России. а инициатором проекта выступил ГКУ ЛО «Центр энергосбережения и повышения энергоэффективности Ленинградской области».

По предварительным расчетам, переход на энергоэффективное геотермальное отопление позволяет снизить соответствующие ежегодные затраты на 75%. Расчетный срок окупаемости затрат на модернизацию системы отопления – около 6 лет.

Общий принцип работы теплового насоса можно описать как «холодильник наоборот». Тепловые насосы извлекают из окружающей среды накопленную в ней тепловую энергию и направляют ее в систему отопления. Для геотермального теплового насоса источником тепловой энергии выступает грунт – его температура ниже глубины промерзания практически круглый год составляет от +5 до +10°C. Это обеспечивает стабильно высокую эффективность системы отопления даже в самую холодную зиму.



**Фото 1.** Здание Житковской школы

## **ОБЩИЙ ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ**

Для геотермального теплового насоса источником низкопотенциальной тепловой энергии выступает грунт – его температура ниже глубины промерзания практически круглый год составляет от +5 до +10°C.

Низкопотенциальная тепловая энергия грунта собирается через геотермальный контур – в скважины заведены геозонды (ПНД-трубы), по ним циркулирует незамерзающий теплоноситель, который накапливает тепло земли и приносит его в тепловой насос.

В тепловом насосе собранное из грунта тепло через испаритель передается от теплоносителя хладагенту, тот нагревается и переходит в газообразное состояние. Компрессор теплового насоса всасывает перешедший в газ хладагент и сжимает его, при этом сильно повышается давление и температура хладагента.

Горячий газообразный хладагент поступает в конденсатор, в котором происходит передача тепла в отопительную систему (сначала в буферную емкость, а из нее теплоноситель раздается уже в саму систему отопления здания (в радиаторы)).

Перешедший обратно в жидкую форму в процессе охлаждения хладагент после снижения давления и температуры посредством расширительного клапана снова идет в испаритель и может снова отбирать тепло из окружающей среды. Цикл начинается сначала.

Профессиональная поездка экспертов проходила при полном соблюдении всех санитарных норм и правил, установленных в связи с COVID 19.

Экскурсанты ознакомились с устройством теплового насоса, системой разводки труб с теплоносителем по всему внутреннему периметру здания школы, убедились в том, что радиаторы поддерживают комфортную температуру в помещении (22°C). На поступившие вопросы технического характера ответил специалист по тепловым насосам, технический директор ООО «Термекс Энерджи» Александр Федоров. Директор школы Светлана Ивановна Зигинова лично рассказала об этапах строительства, а также о том, что смелое предложение применения альтернативных источников энергии она восприняла с оптимизмом. Эксперты проекта БиоКом также считают эту практику интересной и перспективной.



**Фото 2 (1,2).** Рабочая группа проекта БиоКом в здании Житковской школы

# ЗНАКОМСТВО ЭКСПЕРТОВ «БИОКОМ» С ИННОВАЦИОН- НЫМ ПРОЕКТОМ «INFINITE FREEDOM»

Тимофеев Е.В., Смирнова Л.Ю., Эрк А.Ф., Ефимова А.Н.

25 ноября 2020 г. состоялась рабочая поездка российских участников проекта БиоКом на горнолыжный курорт «Красное озеро», расположенный в 90 км от Санкт-Петербурга, где построен первый в мире энергонезависимый дом системы Infinite FreeDom. В поездке участвовали представитель ГКУ Ленинградской области «Центр Энергосбережения и повышения энергоэффективности Ленинградской области» Лариса Юрьевна Смирнова, генеральный директор МИП СПбГАУ ООО «Ананта» Сергей Александрович Неволин и группа сотрудников ИАЭП - филиала ФНАЦ ВИМ.

- Экспертам были представлены альтернативные источники энергии, применяемые в системе «энергонезависимый дом» (Infinite FreeDom): Ветрогенератор, конструктивно модифицированный под условия Северо-Западного региона. Геометрия лопастей рассчитана для эффективной работы при низкой скорости ветра, применены принципиально новые узлы с волновой передачей.
- Гелиосистема, установленная на стене дома, способна корректировать угол гелиоводонагревателей, отслеживая движение солнца в течении дня.
- Система автоматического контроля и мониторинга энергонезависимого дома.

Созданная система способна даже в отдаленных районах сократить необходимость в дорогостоящей прокладке энергосетей и доставке топлива, а также снизить уровень загрязнения окружающей среды.

В ближайших планах петербургских инженеров – создание в России еще одного образца автономного дома. Он будет максимально приближен по формату к зданиям, нуждающимся в энергоснабжении на удаленных территориях (ферма, усадьба и т.п.). Образец предназначен для демонстрационных целей, а также для обучения всех лиц, заинтересованных в развитии экологичного энергоснабжения. В будущем предполагается запуск серийного производства систем «Infinite FreeDom» с

установкой, обслуживанием и мониторингом. При этом энергоснабжение самого производственного комплекса также будет осуществляться полностью от возобновляемых источников энергии.



**Фото 1 (1.2).** Рабочая поездка экспертов проекта «БиоКом» на завод биогаза «ЭВОБИОС»



# РАБОЧАЯ ПОЕЗДКА ЭКСПЕРТОВ «БИОКОМ» НА ЗАВОД БИОГАЗА «ЭВОБИОС»

Эрк. А.Ф., Тимофеев Е.В. Размук. В. А., Смирнова Л.Ю.

Осенью 2020 г. группа экспертов проекта БиоКом посетила опытное животноводческое хозяйство АО «Племенной завод «Первомайский», чтобы ознакомиться с работой действующей биогазовой установки. Разработчиком установки является российская компания «ЭВОБИОС», которая внесла свои коррективы в технологию получения альтернативной энергии из органических отходов, сделав ее доступной и экономически оправданной. Технология ЭВОБИОС постоянно поддерживает в биореакторе на порядок большее (в пересчете на единицу объема) количество бактерий, чем в биогазовых системах традиционной конструкции, что обеспечивает компактность и высокую производительность биокомплекса.

Следует признать, что на протяжении длительного времени подход к переработке органических отходов и получению из них биогаза был крайне консервативен. В основном планировалось создание крупных перерабатывающих заводов, куда должны были доставляться органические отходы с ближайших агропредприятий. Такой подход был и остается дорогостоящим.

Проект, реализованный в октябре 2019 г. в АО «Племенной завод «Первомайский» (п. Плодовое Приозерского района Ленинградской области), ускоряет процесс создания биогаза более чем в 10 раз по сравнению с «классическими» технологиями. Биогазовый комплекс в Плодовом, произведенный компанией «ЭВОБИОС», не имеет российских и зарубежных аналогов. Его главной особенностью является проточный принцип работы.

С точки зрения улучшения экологической обстановки достигаются следующие положительные эффекты:

- прекращение выброса метана, сероводорода, парниковых газов и других продуктов распада органических отходов в атмосферу;
- прекращение поступления необеззараженных отходов в почву;
- предотвращение попадания биогенных элементов в ливневые, грунтовые, весенне-паводковые и другие воды;
- сокращение применения минеральных удобрений, негативно влияющих на почву.

В биореакторах происходит анаэробная (бескислородная) ферментация биомассы (навоза КРС), в результате которой под действием гидролитических, кислотообразующих и метанообразующих бактерий получается биогаз (более 75% метана, около 25% углекислого газа и менее 1% водорода и сероводорода). Из 1 тонны свиного навоза или навоза КРС можно получить более 60 м<sup>3</sup> биогаза, из 1 тонны куриного помета – до 100 м<sup>3</sup>. По теплотворной способности 1 м<sup>3</sup> биогаза эквивалентен 0,8 м<sup>3</sup> природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 кг бензина, 1,5 кг дров.

Производительность данного комплекса – переработка до 100 тонн навоза КРС в сутки. При этом происходит выработка электрической энергии и высококачественных органических удобрений, соответствующих требованиям ГОСТ. Получаемые электроэнергию и органические удобрения планируется использовать для нужд сельхозпредприятия.

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПИЛОТНЫХ ХОЗЯЙСТВ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Эрк А.Ф., Размук В.А.

## МЕТОДОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ И НОВЫЕ ИНДИКАТОРЫ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

### 1. Методика обязательных энергетических обследований

**Цель:** Получение объективных данных об объеме использования энергетических ресурсов, в том числе:

Определение показателей энергетической эффективности и определение причин нерационального энергопотребления.

Определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

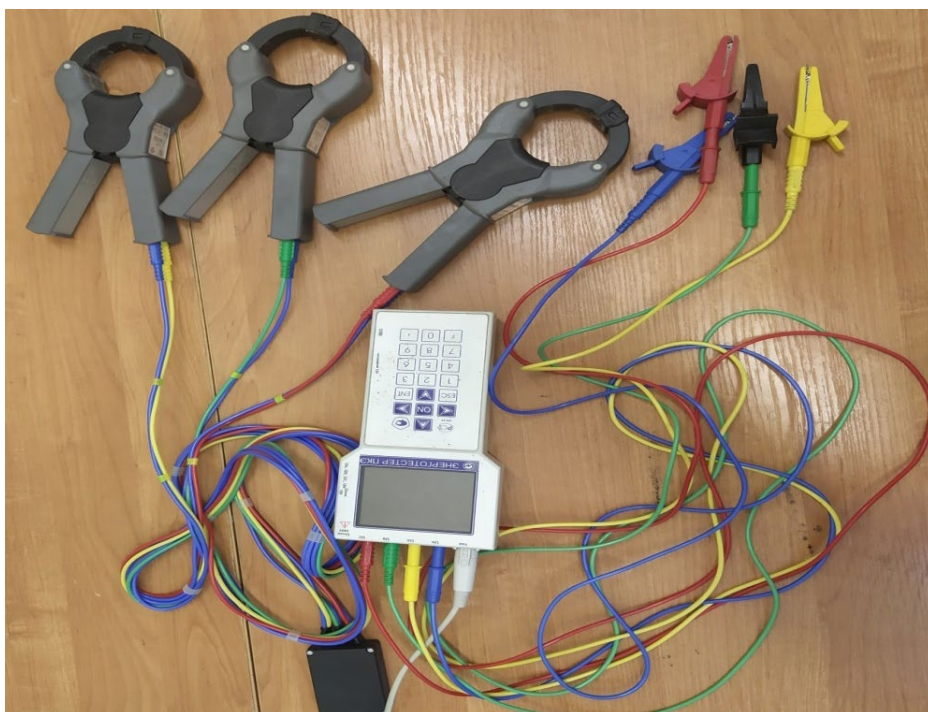
Разработка перечня, проведение стоимостной оценки и оценки сроков окупаемости мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

### 2. Виды выполняемых работ (оказываемых услуг)

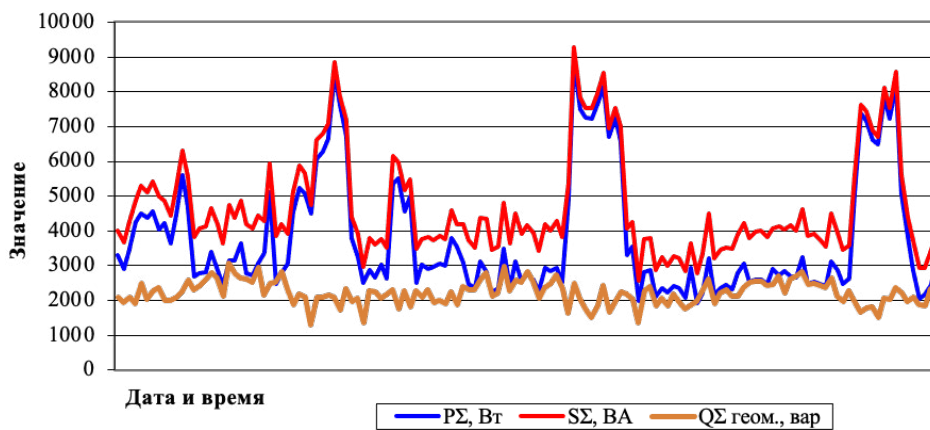
#### Система электроснабжения

- обследование и качественная оценка структуры внешнего электроснабжения на уровне напряжений 0,4 кВ; технического состояния распределительных сетей; систем учета; уровня надежности внешнего и внутреннего электроснабжения
- регистрация значений тока и напряжения на входящих и отходящих линиях с помощью стационарных приборов, установленных в ГРЩ (амперметры, вольтметры, общие сумматоры)
- измерение фактических значений токовой нагрузки по фазам у наиболее энергоемких потребителей (на отходящих линиях) с использованием переносных приборов
- измерение фактических значений мощности (активной и реактивной) по фазам у наиболее типовых (или энергоемких) электроприводов с использованием переносных измерительных комплексов
- анализ и оценка тенденции изменения потребления электроэнергии на обследуемых объектах (динамика и сезонность электропотребления)

- оценка технического состояния системы внешнего и внутреннего освещения (тип, количество и мощность существующих светильников) и определение фактических значений коэффициента естественной освещенности
- выявление причин неэффективного использования электроэнергии
- тепловизионный контроль электрооборудования
- разработка мероприятий по рациональному использованию электрической энергии с оценкой их эффективности и объема затрат на их внедрение.



**Фото 1.** Электротестер ПКЭ



**РИСУНОК 1.** Изменение мощности в течение суток

## Система теплоснабжения

- проверка наличия и состояния приборов учета и системы автоматизации, регулирующей арматуры и контрольно-измерительных приборов (манометры, термометры, датчики температуры и давления)
- оценка технического состояния тепловой изоляции трубопроводов
- проведение контрольных измерений значений температуры (выборочно) на поверхности изоляции
- определение фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию трубопроводов
- анализ фактических и нормативных удельных расходов теплоносителя для достижения комфортных температур
- анализ распределения тепловых нагрузок в системах отопления и ГВС
- оценка фактических и нормируемых показателей, сравнительный анализ фактических режимов работы оборудования и нормативных показателей
- разработка мероприятий по рациональному использованию тепловой энергии с оценкой их эффективности и объема затрат на их внедрение.



**РИСУНОК 2.** Открытая теплотрасса

## Система водоснабжения и водоотведения

- обследование и качественная оценка технического состояния системы водоснабжения и водоотведения
- проверка наличия и состояния приборов учета холодной и горячей воды
- наличие и работоспособность регуляторов температуры воды, и циркуляционных линий
- составление баланса водопотребления и водоотведения
- анализ системы учета и контроля водоснабжения и водоотведения
- разработка мероприятий по рациональному использованию водоснабжения и водоотведения.

## Ограждающие конструкции

- анализ материала ограждающих конструкций
- установление фактических теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий и сооружений
- оценка конструктивных характеристик зданий и сооружений и соответствие их проекту
- тепловизионная съемка наружных ограждающих конструкций и обработка результатов
- разработка мероприятий по повышению теплотехнической эффективности ограждающих конструкций и снижению потерь тепловой энергии с оценкой их эффективности и объема затрат на их внедрение.



**РИСУНОК 3.** Здание гаражно-ремонтного бокса

## 3. Мероприятия по энергосбережению для сельскохозяйственных предприятий

По результатам энергетических обследований определены основные мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности сельскохозяйственного производства. Маркетинговые исследования их востребованности определили приоритеты использования. Условно мероприятия можно классифицировать как организационно – экономические, технические и структурно – энергетические.

### Организационно-экономические мероприятия – это:

- обучение персонала, ответственного за повышение энергоэффективности производства, и обучение всего персонала энергосбережению
- плановые осмотры зданий и оборудования
- проведение тепловизионных обследований и энергоаудита
- проверка приборов учета энергоресурсов
- выполнение ремонтных работ в соответствии с требованиями энергоэффективности.

Важными экономическими способами энергосбережения являются внедрение системы мотивации и стимулирования за экономию энергоресурсов, принятие управленческого решения в области энергосбережения.

Организационно-экономические мероприятия осуществляются с привлечением минимальных ресурсов (людских, финансовых, технических и т.д.). Экономия энергоресурсов и срок окупаемости прямым методом определить сложно. Однако они имеют важное значение в повышении энергоэффективности сельскохозяйственного производства.

Технические мероприятия направлены на замену оборудования на более энергоэффективное (повышение класса энергоэффективности) а также внедрение нового энергосберегающего оборудования. Анализ востребованных технических мероприятий показал, что наиболее значимыми из них являются:

- совершенствование системы освещения
- автоматизированное управление электроприводами
- экономичные водонагреватели
- локальные электрообогреватели.

Одним из наиболее перспективных способов экономии электроэнергии является замена существующих светильников с лампами накаливания на светильники с энергосберегающими лампами.



**Фото 2.** Освещение коровника светодиодными светильниками

Совершенствование системы освещения включает внедрение автоматизируемых систем управления внутри зданий КРС, уличного освещения и т. д. Срок окупаемости от внедрения АСУ освещением – 1,1–2 года.

Автоматизированные системы управления электроприводами являются, после освещения, вторым по значению техническим мероприятием. Частотно-регулируемый электропривод признан наиболее эффективным энергосберегающим и ресурсосберегающим устройством, экологически чистой технологией. Частотное регулирование электроприводов осуществляется в системах водозабора, вентиляции и микроклимата, в вакуумных насосах доильных установок, различных транспортерах. Срок окупаемости от внедрения частотно-регулируемого электропривода составляет от 0,5 до 2,0 лет.



**Фото 3.** Шкаф управления частотными регуляторами

Замена устаревшего оборудования на энергосберегающее, с высокими классами энергоэффективности – естественный процесс снижения энергоемкости сельскохозяйственного производства. В основном это касается:

- скважных и вакуумных насосов с системами управления
- энергосберегающих водонагревательных установок для подогрева воды на технологические нужды животноводческих ферм
- систем водоподготовки



- местного инфракрасного обогрева молодняка животных и вспомогательных помещений
- систем нагрева воды для технологических нужд
- систем обогрева помещений для сушки одежды и обуви работников ферм с водяным и твердотельным аккумулятором «внепиковой» электроэнергии.

В этом случае срок окупаемости определяется индивидуально и составляет от 1,4 до 5,5 лет.

Мероприятия, связанные со сбережением тепловой энергии, особенно актуальны в зимний период, учитывая невысокое потребление тепловой энергии в сельскохозяйственном производстве (около 3% от общего потребления ТЭР). Сроки окупаемости от реализации способов экономии тепловой энергии – от 0,8 до 4,0 лет.

Спутниковый мониторинг движения транспортных средств – тракторов и автомобилей – все более интенсивно применяется в сельскохозяйственном производстве. Расчетный срок окупаемости от внедрения этого оборудования за счет экономии моторного топлива составляет 0,8–3,9 лет.

**Структурно-энергетические мероприятия** направлены на вовлечение вторичных энергоресурсов, местных и возобновляемых источников энергии в энергетический баланс сельскохозяйственных предприятий. Оптимизация структуры энергетических потоков сельскохозяйственного предприятия сводится к определению сочетания использования энергоресурсов, при котором удельные энергозатраты достигают минимума.

Многие хозяйства животноводческого направления используют теплообменники для отопления доильных блоков за счет утилизации тепла животных. Расширяется применение на фермах и в жилых домах тепловых насосов «воздух-воздух» и «вода-воздух». Однако окупаемость таких систем высокая – от 7 до 9 лет.

Повышается популярность систем с использованием древесных и растительных отходов, местных видов топлива взамен традиционных энергоресурсов, а также газогенераторов и ветрогенераторных установок. Причем ветрогенераторные установки в системах водоподъема и отопления окупаются за 4,7 года.

Солнечную энергию используют в основном двумя методами – в виде тепловой энергии (путем применения различных термосистем) или посредством фотохимических реакций. Наибольшее распространение получили технологии использования солнечной энергии для горячего водоснабжения и отопления. Для этих целей достаточна низкотемпературная энергия. Солнечные коллекторы могут использоваться в сельском хозяйстве для подогрева воды на технологические нужды в животноводстве, подогрева почвы и воды в тепличном хозяйстве, подогрева воды

в подсобных помещениях (мастерские, гаражи и т.п.). В быту – подогрев воды в емкостях для полива и технологических нужд, в бассейнах. Срок окупаемости для таких систем – 6,5 лет.



**Фото 4.** Гелиоводонагреватели

Фотоэлектрические системы (солнечные батареи) обеспечивают наиболее долговечный и экологически чистый способ преобразования солнечной энергии.



**Фото 5.** Фотоэлектрическая станция

Солнечные батареи имеют широкий спектр применения: освещение, обеспечение работы бытовой электротехники и насосов для подъема воды в удаленных сельских районах; энергообеспечение экологически чистых зон массового отдыха и лечения; обеспечение радио- и телекоммуникационных систем, маяков, буев. В сельском хозяйстве Ленинградской области есть потребители, удаленные от централизованных энергосистем – пасеки, помещения для содержания овец, строения для мелкотоварного производства, помещения рыболовных артелей, деревни, рабочие точки. Использование возобновляемых источников энергии, в том числе солнечного излучения, позволило бы решать энергетические проблемы удаленных потребителей. Недостатком является большой срок окупаемости систем с фотоэлектрическими модулями – около 10 лет.

# ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ГЕНЕРАЦИИ (ВИЭ)

Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В.

Современные сельхозпредприятия имеют большое количество мелких объектов энергопотребления: фермы, скотные дворы, административные здания, объекты послеуборочной обработки продукции растениеводства, склады, хранилища и т. п., которые расположены на разном удалении от источников энергообеспечения. Централизованное электроснабжение осуществляется от трансформаторов небольшой мощности по воздушным линиям электропередач большой протяженности. Потребление электроэнергии не равномерно в течение суток, качество электроэнергии низкое, присутствуют большие потери энергии в сельских сетях.

В последнее время все чаще рассматривается вопрос о децентрализованном (автономном) энергообеспечении ряда нагрузок сельских территорий. Децентрализованное энергоснабжение возможно от различных генераторов энергии небольшой мощности с использованием местных и возобновляемых источников энергии.

Генерирующие объекты могут быть как традиционными (дизель-генераторы, газо-поршневые энергоустановки), так и возобновляемыми источниками энергии (ветроустановки, солнечные станции, микро-ГЭС). Основной причиной для использования ВИЭ может являться снижение расхода основного топлива (экономический эффект). Однако замещение традиционного источника ВИЭ положительно отразится и на экологических показателях.



**РИСУНОК 1.** Схема структуры энергообеспечения

а) – для отопления и ГВС, б) – для освещения, электроприводов, систем управления

Выбор генерирующих источников может быть определен как по экономическому, так и по экологическому критерию. Стоимость кВт\*часа энергии (как электрической, так и тепловой) – экономический критерий. За экологический критерий принимаем общий удельный выброс загрязняющих веществ от выработки энергии (ЗВ г/кВт\*час) на местных генерирующих источниках энергоснабжения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЯ

При проведении энергетических обследований рекомендуем:

- Проводить обязательные энергетические обследования с разработкой мероприятий по энергосбережению для сельскохозяйственных предприятий.
- Производить энергоэкологическую оценку технологий и технических средств.
- При выборе источников генерации учитывать возможность использования возобновляемых источников энергии.
- Производить оценку возможности перевода автотранспорта на биогаз.

# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИЙСКОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ

Смирнова Л.Ю.

## ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Законодательство об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности состоит из Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ [1], других федеральных законов, принимаемых в соответствии с ними иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации, муниципальных правовых актов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Федеральный закон № 261-ФЗ регулирует отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Целью настоящего Федерального закона является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В настоящем Федеральном законе используются следующие основные понятия:

- 1) **энергетический ресурс** – носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии)
- 2) **вторичный энергетический ресурс** – энергетический ресурс, полученный в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса
- 3) **энергосбережение** – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на

уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг)

- 4) **энергетическая эффективность** – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю
- 5) **класс энергетической эффективности** – характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность
- 6) **бытовое энергопотребляющее устройство** – продукция, функциональное назначение которой предполагает использование энергетических ресурсов, потребляемая мощность которой не превышает: для электрической энергии – 21 киловатт, для тепловой энергии – 100 киловатт, и использование которой может предназначаться для личных, семейных, домашних и подобных нужд
- 7) **энергетическое обследование** – сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте
- 8) **энергосервисный договор (контракт)** – договор (контракт), предметом которого является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком
- 9) **организации с участием государства или муниципального образования** – юридические лица, в уставных капиталах которых доля (вклад) Российской Федерации, субъекта Российской Федерации, муниципального образования составляет более чем пятьдесят процентов и (или) в отношении которых Российская Федерация, субъект Российской Федерации, муниципальное образование имеют право прямо или косвенно распоряжаться более чем пятьюдесятью процентами общего количества голосов, принадлежащих на голосующие акции (доли), составляющие уставные капиталы таких юридических лиц, государственных или муниципальных унитарных предприятия, государственных или муниципальных учреждений, государственных компании, государственных корпорации, а также юридические лица, имущество которых либо более чем пятьдесят процентов акций или долей в уставном капитале которых принадлежат государственным корпорациям

- 10) регулируемые виды деятельности** – виды деятельности, осуществляемые субъектами естественных монополий, организациями коммунального комплекса, организациями, осуществляющими горячее водоснабжение, холодное водоснабжение и (или) водоотведение, в отношении которых в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляется регулирование цен (тарифов); (в ред. Федерального закона от 07.12.2011 № 417-ФЗ, см. текст в предыдущей редакции)
- 11) декларация о потреблении энергетических ресурсов** – документ, содержащий информацию об объеме используемых органами государственной власти, органами местного самоуправления, государственными и муниципальными учреждениями энергетических ресурсов и об энергетической эффективности указанных органов и учреждений. (п. 13 введен Федеральным законом от 19.07.2018 № 221-ФЗ).

Правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на следующих принципах:

- эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов
- поддержка и стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности
- системность и комплексность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности
- планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности
- использование энергетических ресурсов с учетом ресурсных, производственно-технологических, экологических и социальных условий.

Действие настоящего Федерального закона распространяется на деятельность, связанную с использованием энергетических ресурсов.

Положения настоящего Федерального закона, установленные в отношении энергетических ресурсов, применяются и в отношении воды, подаваемой, передаваемой, потребляемой с использованием систем централизованного водоснабжения.

Положения настоящего Федерального закона, установленные в отношении организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, применяются к осуществляемым этими организациями регулируемым видам деятельности.

Полномочия федеральных органов исполнительной власти в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, предусмотренные настоящим Федеральным законом, могут передаваться для осуществления органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации постановлениями Правитель-



ства Российской Федерации в порядке, установленном Федеральным законом от 6 октября 1999 года № 184-ФЗ.

К полномочиям органов государственной власти Ленинградской области, как субъекта Российской Федерации, в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности относятся:

- проведение государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности на территории Ленинградской области, как субъекта Российской Федерации
- разработка и реализация региональных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности
- установление требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, в случае, если цены (тарифы) на товары, услуги таких организаций подлежат установлению органами исполнительной власти Ленинградской области, как субъекта Российской Федерации
- установление перечня обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме
- информационное обеспечение на территории Ленинградской области, как субъекта Российской Федерации, мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, определенных в качестве обязательных федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также предусмотренных региональной программой в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности
- координация мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и контроль за их проведением государственными учреждениями, государственными унитарными предприятиями Ленинградской области, как субъекта Российской Федерации
- осуществление регионального государственного контроля (надзора) за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности на территории Ленинградской области, как субъекта Российской Федерации
- осуществление иных полномочий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, отнесенных Федеральным законом, другими федеральными законами к полномочиям органов государственной власти субъектов Российской Федерации.

Полномочия на основании решения уполномоченного органа исполнительной власти Ленинградской области, как субъекта Российской Федерации, могут осуществ-

вляться подведомственным ему государственным (бюджетным или автономным) учреждением, к деятельности которого относится информационное обеспечение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

## **ИСТОЧНИКИ**

- 1) Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 26.07.2019) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".
- 2) Распоряжение Правительства РФ от 26.01.2016 № 80-р (ред. от 18.10.2018) «Стратегия развития жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации на период до 2020 года» (с изменениями на 29 июня 2020 года).
- 3) Приказ Минстроя России от 15.02.2017 № 98/пр "Об утверждении примерных форм перечня мероприятий, проведение которых в большей степени способствует энергосбережению и повышению эффективности использования энергетических ресурсов в многоквартирном доме».
- 4) Письмо Минстроя России от 09.01.2017 № 4 ОД/04 «По вопросам оснащения помещений приборами учета».
- 5) ГОСТ Р 56743-2015 Измерение и верификация энергетической эффективности. Общие положения по определению экономии энергетических ресурсов.
- 6) ГОСТ Р 56917-2016: Измерение и верификация энергетической эффективности. Определение экономии энергетических ресурсов при эксплуатации отдельных видов инженерного оборудования зданий.

# СОЗДАНИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ЗОН

Эрк А.Ф., Ефимова А.Н.

Планируемая демонстрационная зона высокой энергоэффективности производства в выбранном хозяйстве Ленинградской области (АО «ПЗ Первомайский») имеет несколько важных целей. Это внедрение, апробация и оценка энергетической эффективности вновь разработанных и существующих мероприятий и оборудования по энергосбережению и повышению энергоэффективности производства сельскохозяйственной продукции, с использованием местных и возобновляемых источников энергии (энергия солнца, ветра, вторичные энергоресурсы, древесные отходы).

Главная задача демонстрационной зоны – совершенствование системы образования в области энергосбережения.

Целевая аудитория: ученики школ, студенты, ответственные за энергосбережение специалисты хозяйств, предприятий и государственных учреждений, руководители учреждений и организаций с участием государства или муниципального образования, руководители предприятий, население Ленинградской области.

Создание демонстрационной зоны энергосбережения способствует наглядному информированию целевых групп о тех выгодах, которые дает энергосбережение в производстве и повседневной жизни – на уровне поселения, региона, страны, различных секторов экономики и семейного бюджета. Здесь можно обучиться эффективному использованию энергии в любой сфере деятельности, узнать о современных способах эффективного использования энергоресурсов, о российском и международном опыте в области энергосбережения.

Демонстрационная зона – это в первую очередь образовательный центр. Он призван способствовать самообразованию населения Ленинградской области, повышению квалификации профильных специалистов (в том числе переобучению и сертификации), расширению образовательных возможностей для учащихся школ, средних специальных и высших учебных заведений. Особенности обучения в таком центре заключаются в наглядной демонстрации энергосберегающих объектов и оборудования, инновационных технологий и научно-технических разработок. Создается дополнительная площадка для обмена опытом в сфере энергосбережения.

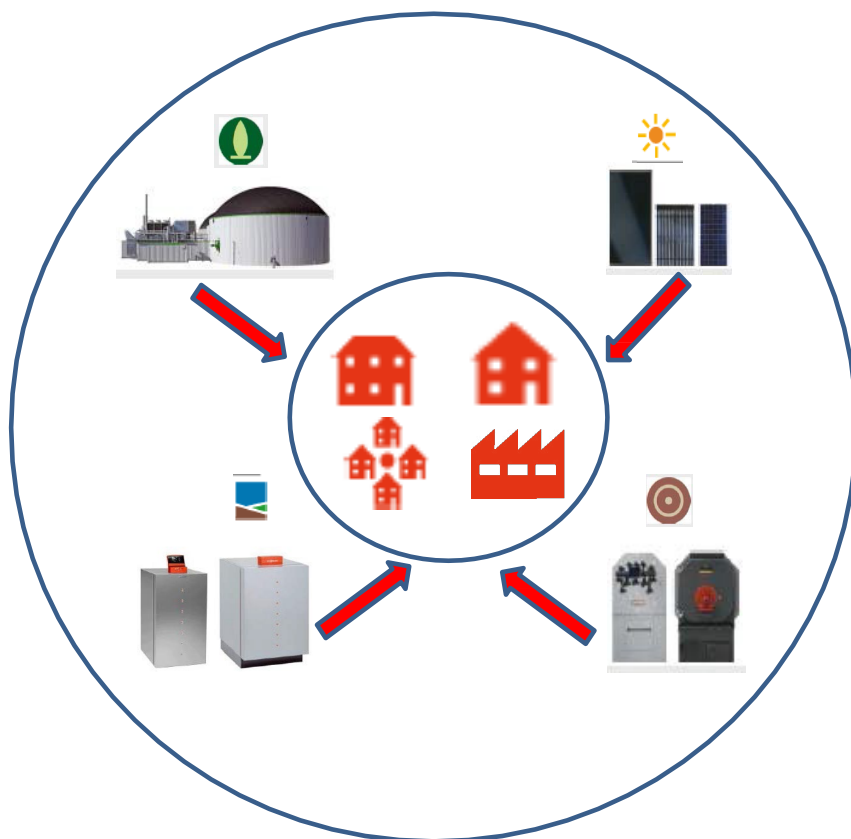
На базе демонстрационной зоны может быть представлен целый комплекс мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, в том числе:

- организационные мероприятия
- совершенствование систем освещения (замена светильников на энергосберегающие, внедрение средств автоматизации)
- внедрение энергосберегающего оборудования более высокого класса энергоэффективности (циркуляционные и вакуумные насосы и т.п.)
- мероприятия по экономии тепловой энергии в зимний период
- внедрение систем управления электроприводами на базе частотных регуляторов
- локальный ИК-обогрев
- спутниковый мониторинг транспортных средств
- установка систем с солнечными фотоэлектрическими панелями
- установка систем с гелиоводонагревателями
- внедрение теплообменников и тепловых насосов в животноводческих помещениях
- установка ветрогенераторов.

При создании зоны высокой энергоэффективности необходимо выполнить следующие работы:

- выбрать хозяйство Ленинградской области для создания на его базе демонстрационной зоны высокой энергоэффективности
- провести энергетическое обследование с целью выявления потенциала энергосбережения
- провести анализ структуры потребления ТЭР (электроэнергии, тепловой энергии, газа, моторного топлива; жидкого и твердого топлива, местных и возобновляемых источников энергии)
- провести мониторинг объемов поступления солнечной радиации, энергии ветра, гидроэнергетики, объемы сырья для производства биотоплива и др. местных и возобновляемых источников энергии
- выбрать технологические процессы, в которых целесообразно использовать энергосберегающее оборудование
- определить НДТ (наилучшие доступные технологии) с использованием энергосберегающего оборудования и частично разработаны необходимые проекты
- определить возможную долю замещения традиционных видов ТЭР на местные и возобновляемые источники энергии
- подготовить предварительное технико-экономическое обоснование использования энергосберегающего оборудования и ВИЭ
- разработать программу энергосбережения и повышения энергоэффективности сельскохозяйственного производства
- разработать и изготовить опытные экспериментальные образцы необходимого оборудования

- закупить существующее серийное энергосберегающее оборудование
- смонтировать установки и технологические линии
- провести опытно - производственную проверку
- обеспечить маркетинговые исследования и рекламу
- провести обучение обслуживающего персонала на курсах повышения квалификации.



**РИСУНОК 1.** Концепция проекта единого энергообеспечения

В настоящее время выполнен ряд подготовительных работ, включающих обоснование структуры энергообеспечения объектов демонстрационной зоны и перечень технологических процессов, для выполнения которых необходимо энергосберегающее оборудование.

По итогам исследований, самыми энергоемкими потребителями энергоресурсов являются технические системы освещения, электропривода, горячего водоснабжения и отопления.

Источниками энергообеспечения остаются:

- существующие источники энергоснабжения: (централизованная система электроснабжения, внутрихозяйственная котельная, дизельная электростанция предприятия)
- проектируемые солнечная электростанция (СЭС) и ветроэлектростанция (ВЭС).

В настоящее время для пилотного предприятия эксперты ИАЭП разработали техническое задание (ТЗ) на проект демонстрационной зоны, включающий совокупность следующих проектов:

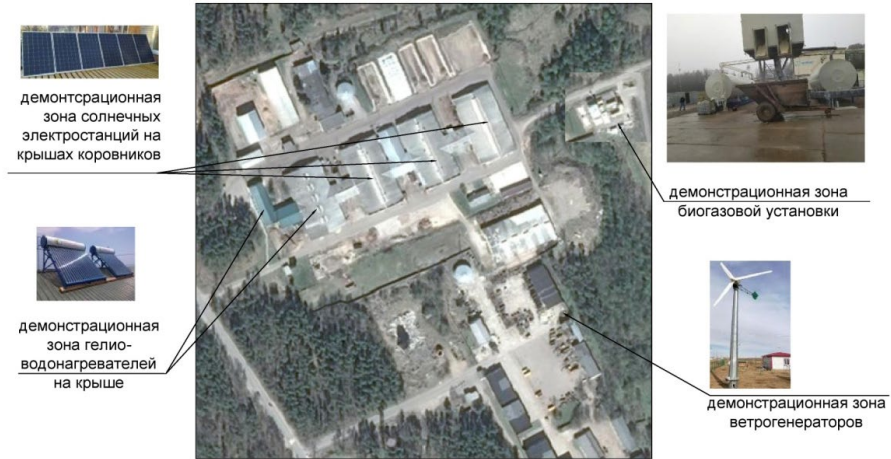
- энергетический модуль для электроснабжения фермы КРС на 20 кВт\*час в сутки с использованием солнечных панелей
- энергетический модуль для электроснабжения фермы КРС на 5 кВт с использованием ветрогенератора
- система обогрева доильного зала фермы КРС с использованием теплового насоса на 10,5 кВт
- система подогрева воды на технологические нужды животноводческой фермы с использованием гелиоводонагревателей
- системы наружного и внутреннего освещения на базе энергосберегающего оборудования от возобновляемых источников энергии
- внедрение оборудования, удовлетворяющих современным требованиям энергосберегающих технологий
- создание инфраструктуры по реализации программ энергосбережения, включая обучение специалистов.

Произведены расчеты технико-экономических показателей реализации проекта создания демонстрационной зоны в сельхозпредприятии молочного направления в Ленинградской области.

Ожидаемые результаты создания демонстрационной зоны высокой энергоэффективности на базе сельхозпредприятия молочного направления:

- К 2025 году энергоемкость производства молока будет снижена на 15–27%
- Минимизированы риски невыполнения программы развития сельского хозяйства из-за непредсказуемого роста цен на энергоносители и низкой надежности энергоснабжения
- При снижении энергоемкости производства сельскохозяйственной продукции на 27%, т.е. при равномерном производстве продукции по годам, срок окупаемости составит 3,2–3,8 года.

Макет демонстрационной зоны  
АО «ПЗ Первомайский»



**РИСУНОК 2.** План размещения демонстрационной зоны

Проект программы энергосбережения и повышения энергоэффективности для демонстрационного хозяйства в дальнейшем может распространяться в других хозяйствах и стать частью общей программы по энергосбережению в Ленинградской области. Для её успешной реализации необходимо предусмотреть стимулирующие мероприятия, такие как субсидирование части затрат на закупку энергосберегающего оборудования, субсидирование процентной ставки по привлекаемым кредитам, софинансирование муниципальных образований, хозяйств и областного бюджета, прочие стимулы.

# ПРОПАГАНДА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ГОСУДАРСТВЕННОМ И МУНИЦИПАЛЬНОМ УРОВНЯХ

Смирнова Л.Ю., Эрк А.Ф., Тимофеев Е.В.

Пропаганда энергосбережения и повышения энергоэффективности, осуществляемая органами исполнительной власти Ленинградской области и органами местного самоуправления, направлена на широкую аудиторию. К ней относится взрослое население, дети и молодежь, проживающие на территории Ленинградской области; учреждения и организации с участием государства или муниципального образования; предприятия и организации; сотрудники органов исполнительной власти и органов местного самоуправления.

Основные темы пропаганды: энергосбережение в быту; энергосбережение в учреждениях и организациях с участием государства или муниципального образования; повышение энергоэффективности производства; снижение энергопотребления на хозяйственные нужды предприятий и организаций.

Внедрение мероприятий по энергосбережению, в том числе и образовательных мероприятий, позволит снизить энергоемкость производства продукции и расходы населения на плату за энергоресурсы, снизить потери энергоресурсов. Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии позволит улучшить экологическую обстановку на сельских территориях.

Основные принципы пропаганды энергосбережения:

- личная вовлеченность в пропаганду энергосбережения руководителей органов исполнительной власти Ленинградской области, органов местного самоуправления, а также руководителей учреждений и организаций с участием государства или муниципального образования
- акцентирование актуальности темы энергосбережения и повышения энергоэффективности для Ленинградской области
- пропаганда энергосберегающего поведения на рабочем месте и в быту; выступление на тему энергосбережения и повышения энергоэффективности в СМИ, на внешних публичных мероприятиях, совещаниях, форумах,



- конференциях
- выступления на тему энергосбережения перед учащимися общеобразовательных школ и учащимися средних профессиональных учебных заведений, студентами
- участие в общественных акциях, направленных на пропаганду и привлечение внимания к вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований разработана классификация методов энергосбережения для животноводческих предприятий в условиях ограниченных финансовых ресурсов и дефицита квалифицированных кадров, отвечающих за энергосбережение.

Поэтапная реализация предложенных мероприятий способна обеспечить снижение затрат энергоносителей не менее, чем на 6–10% в год. Эффективность научно обоснованных методов приведена на основе расчетов и апробирования ряда методов на конкретных предприятиях.

Безусловно, повышение энергоэффективности всегда требует финансовых вложений, но в кратко- и среднесрочной перспективе они окупаются в виде сокращения расходов на потребляемые энергоресурсы. Тем самым подтверждается общепринятый тезис, что энергоэффективность — это не траты, а инвестиции. Применительно к сельскохозяйственному предприятию животноводческого направления — это долгосрочные инвестиции в развитие производства и безопасность окружающей среды.

# МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ФИНСКИХ ПИЛОТНЫХ ФЕРМ

Мерике Кангас

Цели Финляндии по сокращению выбросов парниковых газов ориентируются на Парижское соглашение по климату и национальные цели, согласованные в ЕС. Доля Финляндии в сокращении выбросов парниковых газов к 2030 году по сравнению с 2005 годом составит 39%. (Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020.) Сельское хозяйство имеет свою долю выбросов парниковых газов в Финляндии. Общий объем выбросов в сельском хозяйстве в 2019 году составил 13% от общего объема выбросов Финляндии. По предварительным данным, это означает увеличение выбросов на один процент по сравнению с предыдущим годом. (Центральная статистическая служба Финляндии 2020.) Финляндия, как страна ЕС, также обязана соблюдать обязательства по сокращению выбросов (Хонконен и Куловеси 2019).

Проект «БиоКом – Российско-Финский Центр компетенций в области биоэкономики» направлен на поиск решений по энергосбережению и сокращению выбросов от фермерских хозяйств. Для пилотных ферм была необходимость в разработке расчетной модели, которая может быть использована для оценки выбросов от ферм. Это сложная задача, так как на фермах образуется много видов выбросов. Поэтому важно выявить и отобрать наиболее значимые источники выбросов для расчета. Целью данного проекта было создание расчетной модели для расчета выбросов от использования энергии на ферме. Расчетная модель должна была быть простой в использовании, понятной и удобной для пользователя. Предполагается, что расчетная модель будет использоваться на фермах, участвующих в проекте.

В ходе исследовательской работы было установлено, что ранее уже были разработаны различные расчетные модели для углеродного следа или исследования выбросов от сельского хозяйства. Некоторые калькуляторы были общедоступны, а некоторые – нет. Лучшей моделью будет калькулятор FarmCALC 2.1, разработанный в университете Хельсинки. Однако этот счетчик не является общедоступным и пригодным для использования. (Хилтунен 2019.) Кроме того, Институт окружающей среды Финляндии разработал инструмент для отслеживания углеродного следа Y-HILARI, но он больше подходит для использования в бизнес-целях, чем для сельскохозяйственных нужд (Карвонен 2013). В связи с этими факторами было принято решение поработать над расчетной моделью и сделать собственный калькулятор.

## РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ

При разработке расчетной модели сначала было определено, какие выбросы образуются на ферме. По отчетным данным сельскохозяйственные выбросы можно разделить на три сектора. Этими секторами отчетности являются сельскохозяйственный сектор, энергетический сектор и сектор землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ). Кроме того, сельским хозяйством производятся косвенные выбросы за счет, например, производства сельскохозяйственных удобрений. Эти выбросы учитываются как промышленные выбросы. (Регина и т. д. 2014.) Эта расчетная модель учитывает все сектора прямых выбросов, но с разной точностью. Выбросы от сектора энергопотребления в сельском хозяйстве оцениваются более подробно в индивидуальном порядке для каждой фермы. Выбросы от сельскохозяйственного сектора и сектора ЗИЗЛХ оцениваются на основе статистических данных.

### Выбросы от сектора энергопотребления в сельском хозяйстве

Для расчета выбросов от сектора энергопотребления были определены различные коэффициенты выбросов для различных источников энергии. Коэффициенты выбросов были собраны из различных источников, но большинство из них из таблицы классификации топлива Статистического управления Финляндии.

В модели расчета выбросов от использования энергии в сельском хозяйстве использовано и адаптировано руководство по расчету выбросов углекислого газа Motiva для формирования окончательной расчетной формулы (Хилппинен & Суоми 2012).

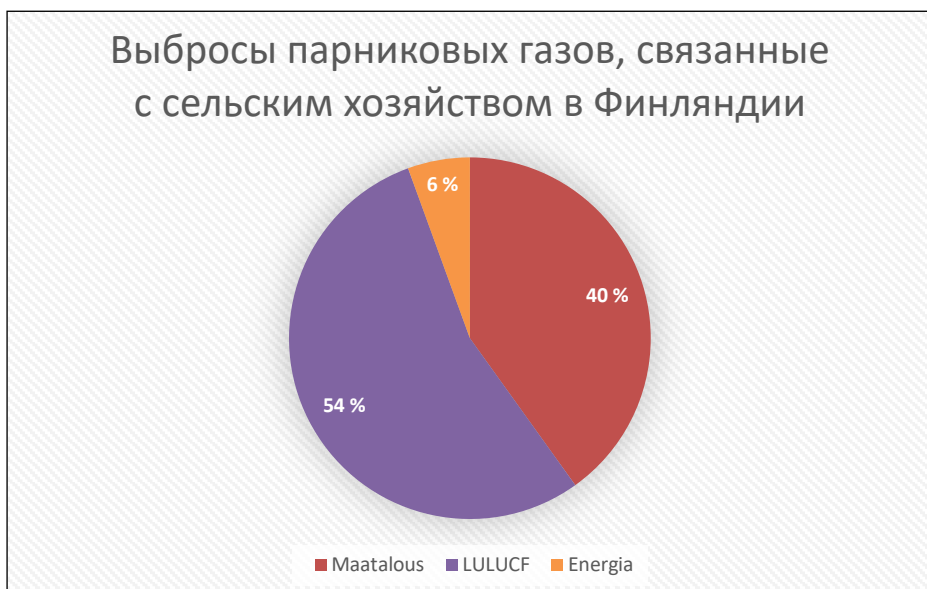
Выбросы углекислого газа могут быть рассчитаны по формуле:

$$\begin{aligned} & \text{Энергопотребление источника энергии} \left( \frac{\text{кВтч}}{\text{а}} \right) \\ & \quad * \text{коэффициент выбросов источников энергии} \left( \frac{\text{кгCO}_2}{\text{кВтч}} \right) \\ & = \text{источника энергии CO}_2 - \text{выбросы} \left( \frac{\text{кгCO}_2}{\text{а}} \right) \end{aligned}$$

Здесь следует отметить, что выбросы, рассчитанные таким образом, учитывают только выбросы углекислого газа. Например, упускаются из виду пропорции метана и закиси азота (оксида азота) в выбросах. (Хилппинен & Суоми 2012.)

## СТАТИСТИКА ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ СЕКТОРАМ

Статистические данные о выбросах парниковых газов в Финляндии также были внесены в калькулятор с использованием отчета Статистического управления Финляндии о выбросах парниковых газов в Финляндии с 1990 по 2019 год. В качестве базовых значений используются данные статистики за 2019 год. (Центральная статистическая служба Финляндии 2020.) Эти выбросы выражаются в эквивалентах углекислого газа и учитывают выбросы углекислого газа, метана и закиси азота (VTT [Центр по исследованию технологий Финляндии]). Данные Статистического управления Финляндии о выбросах парниковых газов в Финляндии были определены отдельно для каждого упомянутого ранее сектора. Расчетная модель расчета определяет отношения между этими секторами. Конечный результат таков: потребление энергии в сельском хозяйстве составляет шесть процентов выбросов парниковых газов, связанных с сельским хозяйством в Финляндии. Выбросы из сельскохозяйственного сектора составляют 40%, а из сектора ЗИЗЛХ – 54%. Они показаны на рис. 1.



**РИСУНОК 1.** Выбросы парниковых газов, связанные с сельским хозяйством в Финляндии

Используя эти цифры и расчет выбросов сектора энергопотребления фермы, общие выбросы пилотной фермы можно оценить как выбросы углекислого газа.

Значения используемого энергопотребления вводятся в расчетную модель, в которой используются коэффициенты выбросов для преобразования их в выбросы углекислого газа. В Финляндии выбросы от сектора энергопотребления в сельском хозяйстве составляют шесть процентов, такое же распределение применяется и к пилотным фермам. Выбросы из расчетного сектора энергопотребления составляют шесть процентов, а выбросы из других секторов оцениваются в соответствии со статистическим процентом.

### **Расчетная модель с использованием электронных таблиц Excel**

Расчетная модель выполнена с использованием электронных таблиц Excel. В Excel было создано пять вкладок. *Это вкладки Добро пожаловать!, Выбросы от сельского хозяйства в Финляндии, Выбросы от использования энергии на фермах, Оценка выбросов и Энергосодержание.*

Вкладка *Добро пожаловать!* предоставляет базовые данные о том, как использовать и заполнять таблицу Excel. На основе статистических данных на вкладке *Выбросы от сельского хозяйства Финляндии* указываются среднегодовые выбросы от сельского хозяйства и соотношение этих выбросов по секторам. Секторами сельскохозяйственных выбросов, подлежащими сравнению, являются сельское хозяйство, ЗИЗЛХ и энергетика.

На вкладке *Выбросы энергопотребления фермы* указываются целевые показатели энергопотребления фермы. Целью использования энергии может быть, например, бытовые нужды. Отмечая необходимое количество энергии (кВтч/а) в таблице, программа рассчитывает конечное количество выбросов (кгСО<sub>2</sub>/а), когда источник энергии (например, электричество или солнечная энергия) известен. Кроме того, вкладка оснащена вспомогательными счетчиками, которые могут преобразовывать количество энергии от разных источников энергии в одно и то же значение. Например, л/а → кг/а и кг/а → кВтч/а. Если единица измерения энергии одинакова для разных источников энергии, коэффициенты выбросов могут быть использованы для расчета выбросов, производимых различными источниками энергии.

На вкладке *Оценка выбросов* используются среднестатистические значения, выделенные на вкладке *Выбросы от сельского хозяйства* из различных секторов, и соотносятся со значениями, полученными на пилотной ферме. На вкладке *Энергосодержание* собрана справочная информация, такая как теплотворная способность источников энергии, коэффициенты выбросов и плотности веществ, для расчета требуемых значений. На всех вкладках отмечены литературные источники, использовавшиеся для поиска значений и прочей информации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В рамках данного проекта была создана расчетная модель с использованием таблицы Excel, которая может быть использована для разбивки потребления энергии фермами (кВтч/а) и расчета выбросов углекислого газа от использования энергии (кгСО<sub>2</sub>/а). Эти показатели сравниваются с долями, полученными из данных статистики, и рассчитывается оценка всех выбросов от фермы. После оценки всех выбросов фермы может быть произведена оценка количества выбросов относительно количества произведенной продукции (кгСО<sub>2</sub>/кг произведенного продукта). Кроме того, расчетную модель можно использовать для сравнения количества выбросов между различными источниками энергии и, например, для сравнения того, сколько выбросов генерируется при использовании прямой подачи электричества по сравнению с электричеством, полученным от солнечной энергии.

Чем дальше развивалась модель вычислений, тем сложнее становилась общая картина. Данная расчетная модель более точно определяет только объем выбросов от использования энергии в сельском хозяйстве. Выбросы от сельскохозяйственного сектора, а также сектора ЗИЗЛХ оцениваются на основе статистических данных. Следует также отметить, что в качестве выбросов энергопотребления в расчетной модели учитываются только выбросы СО<sub>2</sub>, а статистика учитывает выбросы парниковых газов в целом, то есть в качестве эквивалентов углекислого газа. Однако задача состоит в том, чтобы создать четкое представление для пользователя расчетной модели о том, что означают результаты расчетной модели. Существует риск, что результаты расчетной модели будут слишком прямолинейно сравниваться с результатами, рассчитанными другим способом. Однако первоначальная цель калькулятора – изучение выбросов от использования энергии в сельском хозяйстве – выполнена. Сложно учитывать только выбросы от использования энергии в сельском хозяйстве. Кроме того, в этот обзор данных о выбросах были включены все источники энергии, включая биомассу, например, дрова различных размеров. Это означает, что расчетная модель также рассматривает выбросы от источников энергии, которые обычно считаются углеродно-нейтральными. Биомасса считается углеродно-нейтральной, потому что это – возобновляемый материал, который при последующем произрастании связывает углерод, выделяющийся в атмосферу при энергопотреблении. (Мотива 2020.)

## ПРЕДМЕТЫ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗУЧЕНИЯ

Расчетная модель может быть доработана, с тем чтобы выбросы рассчитывались более точно для всех секторов. Это потребует дальнейших исследований в области изучения деятельности и выбросов сельскохозяйственного сектора и сектора ЗИЗЛХ. В данной работе эти секторы были исключены из дальнейшего изучения,

текущая модель сосредоточена на выбросах от использования энергии в сельском хозяйстве. Когда была составлена расчетная модель, стало ясно, насколько мала доля энергопотребления в сельском хозяйстве в общем объеме выбросов от сельского хозяйства. Поэтому представляется, что сектор энергопотребления в сельском хозяйстве по-прежнему имеет для фермеров большее значение с точки зрения затрат, чем с точки зрения выбросов.

Однако риск расширения расчетной модели заключается в том, что она становится сложной и тяжелой. В этом случае использование расчетной модели на фермах может быть ограничено. Тем не менее, в случае успеха расширение расчетной модели может повысить ее значимость. Расчетная модель, учитывающая все выбросы, позволила бы составить полную картину с точки зрения выбросов от фермы, а также спланировать и изменить ее таким образом, чтобы производить меньше выбросов. В частности, это будет важно в будущем, если, например, политика поддержки сельского хозяйства будет сформирована таким образом, чтобы выбросы, генерируемые такой деятельностью, влияли определенным образом на размер субсидий.

С помощью текущей расчетной модели можно приблизительно оценить выбросы, производимые всеми видами сельскохозяйственной деятельности, если известны выбросы от использования энергии фермой. Однако результаты, полученные с помощью калькулятора следует рассматривать как ориентировочные, поскольку распределение выбросов и оценки выбросов сельскохозяйственных секторов основаны на среднем статистическом показателе по Финляндии. Кроме того, при использовании расчетной модели следует учитывать, что расчет выбросов также включает в себя факторы неопределенности. Результаты следует рассматривать как ориентировочные, поскольку в этой расчетной модели коэффициенты выбросов источников энергии были собраны из различных источников данных, что позволяет использовать различные методы расчета для формирования коэффициента выбросов. Однако расчетную модель можно использовать для предварительного сравнения выбросов от различных источников энергии.

## ИСТОЧНИКИ

Хилтунен, Х. 2019. Углеродный след молочной фермы. Использование калькулятора FarmCALC 2.1 для расчета углеродного следа. Файл PDF. Доступен по адресу: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161549/Hilkka\\_Hiltunen.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161549/Hilkka_Hiltunen.pdf?sequence=2&isAllowed=y) [упоминался 24.02.2021].

Хиппинен, И. и Суоми, У. 2012. Руководство по расчету выбросов CO<sub>2</sub> от отдельного объекта и используемые коэффициенты выбросов CO<sub>2</sub>. Мотива 2012. Файл PDF. Доступен по адресу: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto\\_suomessa/co2-laskentaohje\\_energiankulutuksen\\_hiilidioksidipaastojen\\_laskentaan/co2-laskentaohje\\_yksittainen\\_kohde](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-laskentaohje_yksittainen_kohde) [упоминался 25.09.2020].

Хонконен, Т. и Куловеси К. 2019. Парижское соглашение и международные действия по климату. Финская рабочая группа по вопросам климата. Файл PDF. Доступен по адресу: [https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2020/03/Pariisin-sopimus-ja-kansain%27%20-%C3%A4liset-ilmastotoimet\\_final.pdf](https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2020/03/Pariisin-sopimus-ja-kansain%27%20-%C3%A4liset-ilmastotoimet_final.pdf) [упоминался 02.03.2021].

Карвонен, Й. 2013. Инструмент для измерения углеродного следа Y-HIILARI. Центр защиты окружающей среды Финляндии. Документ в интернет-браузере. Обновление 13.10.2020. Доступен по адресу: [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Laskurit/YHiilari](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/YHiilari) [упоминался 24.2.2021].

Мотива 2020. Использование биоэнергии. Документ в интернет-браузере. Обновление 15.09.2020. Доступен по адресу: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/bioenergian\\_kaytto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto) [упоминался 24.2.2021].

Регина, К., Лехтонен, Х., Палосуо Т., Ахвенъярви, С. 2014. Выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве и их сокращение. МТТ [Агропродовольственный исследовательский центр]. Файл PDF. Доступен по адресу: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/481727/mttraportti127.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [упоминался 02.03.2021].

Центральная статистическая служба Финляндии 2020. Выбросы парниковых газов в Финляндии в 1990-2019 годах. Файл PDF. Доступен по адресу: [http://tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/uump\\_kahup\\_1990-2019\\_2020.pdf](http://tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/uump_kahup_1990-2019_2020.pdf) [упоминался 22.02.2021].

Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020. Долгосрочная стратегия Финляндии по сокращению выбросов парниковых газов. Файл PDF. Доступен по адресу: <https://tem.fi/documents/1410877/2132096/Suomen+pitk%27%20-%C3%A4liset-ilmastotoimet>



4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020/8cd55d4d-6de7-657f-a86f-bc79497d4756/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020.pdf [упоминался 05.03.2021].

VTT [Центр по исследованию технологий] CO<sub>2</sub>-эквивалент. Выбросы от транспорта. Документ в интернет-браузере. Доступен по адресу: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/co2ekvs.htm> [упоминался 22.02.2021].

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Туйя Ранта-Корхонен, Виктория Надас и Кейо Пиирайнен

## ВВЕДЕНИЕ

Повышение энергоэффективности и внедрение возобновляемых источников энергии могут повлиять как на рентабельность сельского хозяйства, так и на его углеродный след. С помощью различных технических решений можно, среди прочего, рекуперировать отработанную энергию, вырабатываемую в ходе различных процессов, и использовать ее для прочих целей. Особенно в животноводстве часто вырабатывается избыточная энергия, которая может быть использована в другом подходящем для этого объекте рядом с фермой.

Возможность получения инвестиционной помощи и период окупаемости инвестиций имеют важное значение для инвестиций в повышение энергоэффективности в сельском хозяйстве и в возобновляемые источники энергии. Поддержка предоставляется в рамках программы инвестиционной помощи сельскому хозяйству. Субсидия покрывает 40% инвестиционных расходов и обусловлена использованием вырабатываемой энергии в производственной деятельности фермы. Минимальная сумма помощи составляет 7 000 евро, что означает, что она будет предоставлена для инвестиций на сумму не менее 17 500 евро (НДС 0%). Например, в случае солнечной энергетики это означает, что мощность системы должна составлять примерно 12–15 кВт с расчетной выработкой энергии около 10 200–14 250 кВт ч в год. (Хилтунен 2017.)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ИНВЕСТИЦИЙ

Изменения в энергетических системах фермерских хозяйств, производственных конструкциях и зданиях часто требуют значительных финансовых вложений. По этой причине инвестиции должны быть тщательно продуманы заранее и их финансовое влияние на деятельность компании, а также срок погашения, помимо прочего, должны рассматриваться с разных точек зрения. Влияние инвестиций в энергоэффективность и возобновляемые источники энергии на энергопотребление и финансовую прибыльность компании можно изучить путем моделирования с использованием различных сценариев. При моделировании учитывается текущее

состояние производственных зданий и различных систем, а также исследуются последствия изменений, произведенных за счет планируемых в них инвестиций.

## **ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ IDA ICE**

В рамках проекта BioCom с помощью программы IDA ICE было осуществлено моделирование курятника, являющегося пилотным объектом. IDA ICE – это инновационное и динамическое приложение для моделирования, которое может использоваться для выполнения многозонного мониторинга и просмотра температурного режима внутреннего климата и потребления энергии в течение всего года. Физические модели программы IDA ICE учитывают последние результаты исследований. Результаты моделирования согласуются с измеренными данными.

IDA ICE является результатом длительной работы по развитию, и ее расчетная модель основана на синхронном расчете, в ходе которого все аспекты расчета могут взаимодействовать друг с другом. Можно моделировать целые системы, используя значения по умолчанию. Интерфейс также обеспечивает более продвинутый уровень моделирования пользовательских персонализированных систем. Все компоненты и элементы системы основаны на свободно доступном коде, к которому пользователь может получить свободный доступ.

Поскольку расчетная модель птичника не является традиционным строительно-техническим примером для расчета энергии (масса животных и их теплопередача были существенным фактором, учитываемым при расчете), для получения результатов в модели необходимо было объединить пропорции влаги и модели энергетической и тепловой нагрузки. При составлении модели в рамках проекта BioCom использовалась версия 4.8 программы IDA ICE.

## **ОБЗОР ПИЛОТНОЙ ФЕРМЫ**

Предметом обзора и моделирования был крупный птичник, расположенный в Южном регионе Саво. На момент обзора объект представлял собой птичник клеточного содержания с наличием стимулирования птицы, в котором содержалось около 43 000 кур. Птичник производил от 16 000 до 18 000 кг яиц в неделю. Куриные фермы, как правило, считаются приемлемыми объектами для использования солнечной энергии. Благополучие животных, а также высокий уровень и качество продукции требуют управления условиями внутреннего климата в курятниках таким образом, чтобы влажность, температура и загрязнители воздуха не превышали допустимых показателей. Потребность в энергии возрастает в течение лета, что позволяет использовать солнечную энергию. Потребление энергии и ее цена оказывают значительное влияние на рентабельность птичников. (Гэд и др. 2019, 279.)

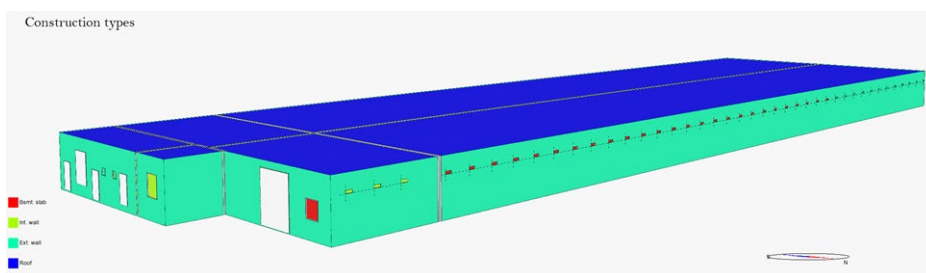
Воздухообмен в птичнике на пилотной ферме был реализован с помощью вытяжной вентиляции. Свежий воздух поступает в помещение через воздушные люки, а вытяжка состоит из двух больших вытяжных вентиляторов и восьми всасывателей. Система автоматически управляется датчиками температуры и влажности. Систему автоматизации можно отключить и осуществлять управление вручную. В курятнике около ста электромоторов, которые перемещают различные системы (например, конвейеры). Многочисленные электрические системы в курятнике чрезвычайно энергозатратны, и нет смысла использовать их все одновременно.

Курятник имеет масляное отопление, годовой расход масла составляет около 5000 литров. Для птичника не обязательно наличие системы обогрева, но благодаря отоплению и правильно контролируемой вентиляции в птичнике поддерживаются температурный и влажностный режимы, оптимальные для качества яиц, нормального самочувствия животных и различных процессов (например, удаления помета).

В птичнике используется искусственный свет, но количество энергии, затрачиваемой на освещение, невелико. В 2020 году потребление электроэнергии на ферме составило около 130 000 киловатт-час, из которых, по оценкам фермера, доля птичника составляет примерно 75–85%. Остальная часть электроэнергии приходится на сушку зерна и другие виды деятельности Фермерского центра. (Лайтинен 2021.) Энергия расходуется довольно равномерно в течение всего года, но наибольшее потребление приходится на лето, когда воздух в помещении приходится охлаждать за счет улучшения вентиляции. Повышенное энергопотребление летом дает хорошие возможности для использования солнечной энергии, поэтому на ферме рассматривается возможность инвестирования в солнечную энергию.

## ЭТАПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Первым этапом стало моделирование различных строительных элементов здания птичника, то есть верхнего и нижнего этажей, стеновых конструкций, окон и дверей (рис. 1). С помощью моделирования можно изучить влияние различных конструкций, например, изоляции разной толщины на энергопотребление. При моделировании птичника учитывались минимальные строительные требования, предусмотренные Министерством сельского и лесного хозяйства, так и так называемые улучшенные конструкции нового уровня. Постановлением 533/2012 установлены минимальные требования к качеству воздуха в помещениях для различных газообразных соединений и пыли, а также рекомендуемая температура и максимально допустимая относительная влажность (МММа 533/2012).



**РИСУНОК 1.** Моделирование конструкций птичника (Фото: IDA ICE)

После моделирования элементов здания перешли к моделированию объемов утечек воздуха и внутренних нагрузок. Согласно постановлению Министерства сельского и лесного хозяйства, общая тепловая нагрузка, генерируемая одной курицей, составляет 10 Вт, включая скрытую и ощущаемую теплоту, а выделение влаги составляет 5 г/ч. Куры были смоделированы как устройство таким образом, что расчетная ощущаемая тепловая мощность одной курицы была 6,4 Вт. При общем количестве 43 000 кур, общая тепловая мощность составила 276 000 Вт. К другим источникам тепловых нагрузок относятся освещение и работники, которые время от времени работают в помещениях. Модель вентиляции была выполнена в соответствии с постановлением 533/2012 Министерства сельского и лесного хозяйства для производственных помещений и в соответствии со строительным кодексом D2 для прочих помещений.

Затем в ходе процесса моделирования приступили к изучению системы летнего охлаждения путем увлажнения охлажденного воздуха, количества энергии, рекуперированной оборудованием для сохранения тепла (кВтч), и оптимального размера солнечной энергосистемы. При моделировании системы учитывались общая мощность солнечной панели, солнечная энергия, потребляемая при использовании электроэнергии в птичнике, и электроэнергия для продажи. Моделирование также позволяет узнать размер инвестиций в зависимости от количества произведенной энергии.

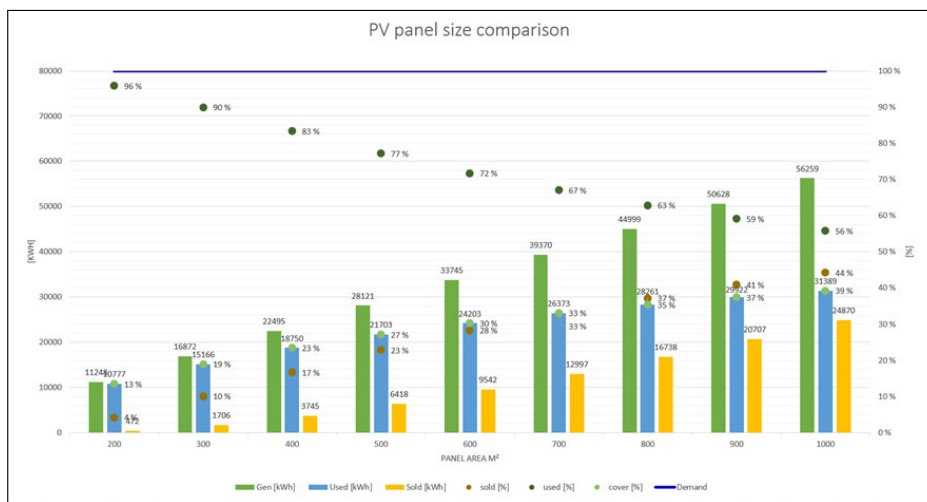
## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В результате моделирования было установлено, что с помощью увлажненного охлаждения достичь температуры в помещении в соответствии с регламентом – невозможно. Максимальная температура в птичнике поднимается выше предельных значений и составляет около 28–30°C, в то время как рекомендуемая температура для взрослых кур должна быть между 18 и 21°C.

Значительное количество энергии может быть извлечено из птичника с помощью системы сохранения тепла. Использование рекуперированной энергии осложняется

тем, что большая ее часть вырабатывается летом, когда потребность в тепловой энергии находится на самом низком уровне. Для использования столь большого количества энергии ни на самой ферме, ни в птичнике нет потребности. В непосредственной близости от этого места также нет подходящих областей применений.

Исходя из моделирования, оптимальный размер солнечной электростанции составит около 600–700 м<sup>2</sup>. В этом случае достигается наилучшее соотношение количества произведенной солнечной энергии, ее использования, продажи и размеру инвестиций. Сравнение электростанций разных размеров показано на рис. 2.



**РИСУНОК 2.** Площадь солнечных панелей по отношению к произведенной и проданной энергии (Рисунок: IDA ICE)

## ВЫВОД

Моделирование, проведенное программой IDA ICE, показало, что увлажненное охлаждение не будет достаточно эффективным методом охлаждения для контроля температуры внутреннего воздуха в птичнике, а используемая в настоящее время усиленная вентиляция в летнее время обеспечивает лучшее качество воздуха внутри помещения. При моделировании также рассматривалось количество тепловой энергии, выделяемой из отработанного воздуха в птичник с помощью системы сохранения теплого воздуха, и рассматривались ее возможные варианты использования. Количество сохраняемой энергии значительно, но в непосредственной близости от птичника нет объектов, пригодных для ее использования. Кроме того, был рассчитан примерный размер солнечной электростанции, подходящей для данного объекта. Результаты обзора, выполненного с помощью моделирования, могут быть использованы для планирования инвестиций в энергоэффективность и возобновляемые источники энергии.

## ИСТОЧНИКИ

Гэд, С., Эль-Шазли, М. А., Уасфи, Камал И., Оуни, А. 2020. Использование солнечной энергии и систем климат-контроля для повышения производительности птичников. Возобновляемая энергия, 154 (2020), страницы 278–289. doi:10.1016/j.renene.2020.02.088.

Холлмэн, Ману 2017. Помощь в инвестициях в производство солнечной энергии и малой гидроэнергетики. Презентационный материал Ламми 12.04.2017.

Лайтинен, А. 2021. Уведомление по электронной почте 28.03.2021.

Министерство сельского и лесного хозяйства 553/2012. Постановление Министерства сельского и лесного хозяйства «О технических и эксплуатационных требованиях строительства птичников в рамках субсидированного строительства».

# ВЕБ-ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И УЧЕТА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Мийка Хямляйнен

## ВВЕДЕНИЕ

Веб-инструмент для составления отчетности для компании BioCom – это еще одна усовершенствованная версия приложения, которое было сделано для проекта *Etevät – Повышение энергоэффективности для компаний южного Сава*, осуществлявшегося с 01.01.2017–31.12.2019. Для компании BioCom в приложение была добавлена новая функция сравнения выбросов углекислого газа от избыточных источников энергии, а пользовательский интерфейс был изменен на английский. Приложение позволяет детально отслеживать потребление энергии компаниями. Приложение может быть использовано в качестве инструмента для оценки энергопотребления компании, определения мер и изучения их влияния на энергопотребление компании. Приложение также служит инструментом для оценки рентабельности инвестиций в энергетические решения, основанные на энергоэффективности и возобновляемых источниках энергии. Мониторинг потребления достигается с помощью иллюстративных отчетов, созданных приложением, а пользователь может отправить сообщение администратору, если ему потребуется помощь. Отчеты включают в себя диаграмму почасового потребления электроэнергии объектом и охлаждения централизованного теплоснабжения, а также ежемесячную разбивку параметров потребления. Используя функцию заметок в приложении, почасовая диаграмма потребления может быть использована для записи, например, предпринятых действий или объяснений резких скачков расходов. В месячной разбивке можно нормировать потребление в соответствии с потребностью в отоплении в течение рассматриваемого месяца.

## Техническое воплощение

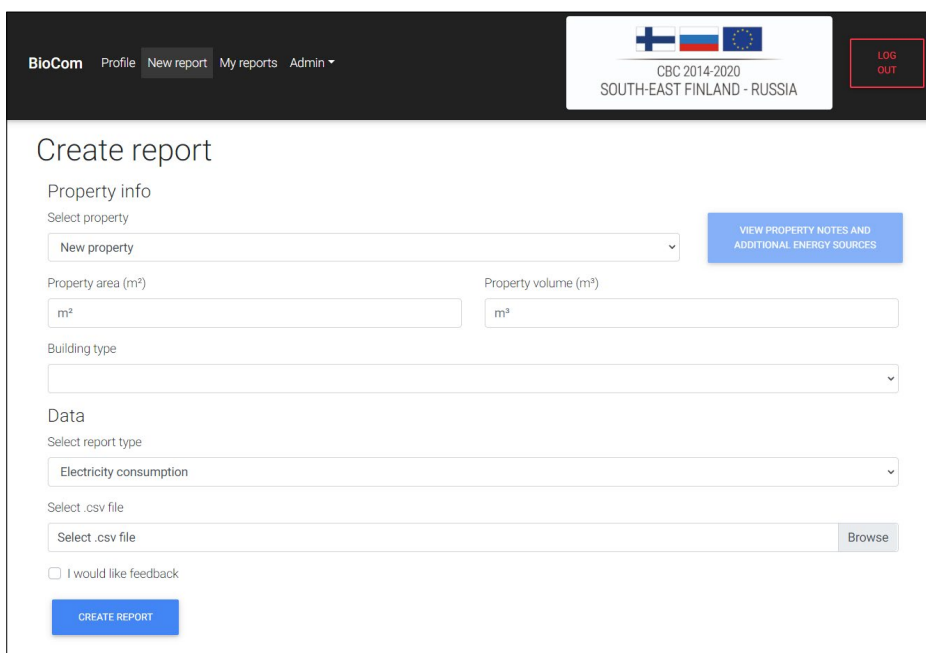
Приложение будет выпущено на платформе Microsoft Azure в виде Node.js, использующее контейнеризацию Docker и облачное хранилище Azure для хранения отчетов. Серверная платформа работает в рамках приложения Express. Интерфейс реализован с помощью pug html, а его дизайн – в основном с помощью



Mdbootstrap. Отчеты создаются с помощью основной версии Jsreport на основе формулы handlebars. По результатам этой формулы Jsreport создает html-и pdf-файлы, которые сохраняются на сервисе Azuren file share. Графики, содержащиеся в отчетах, создаются библиотекой ApexCharts.

## Пользование приложением

Пользование приложением начинается с приглашения по электронной почте, отправленного администратором. Пользователю предлагается создать свою учетную запись по индивидуальной ссылке. Заполнив контактную информацию своей компании, он может приступить к созданию отчетов. Отчеты создаются на основе почасовых данных о потреблении электроэнергии и базовой информации об объекте, такой как csv-файлы, содержащие имя и местоположение.

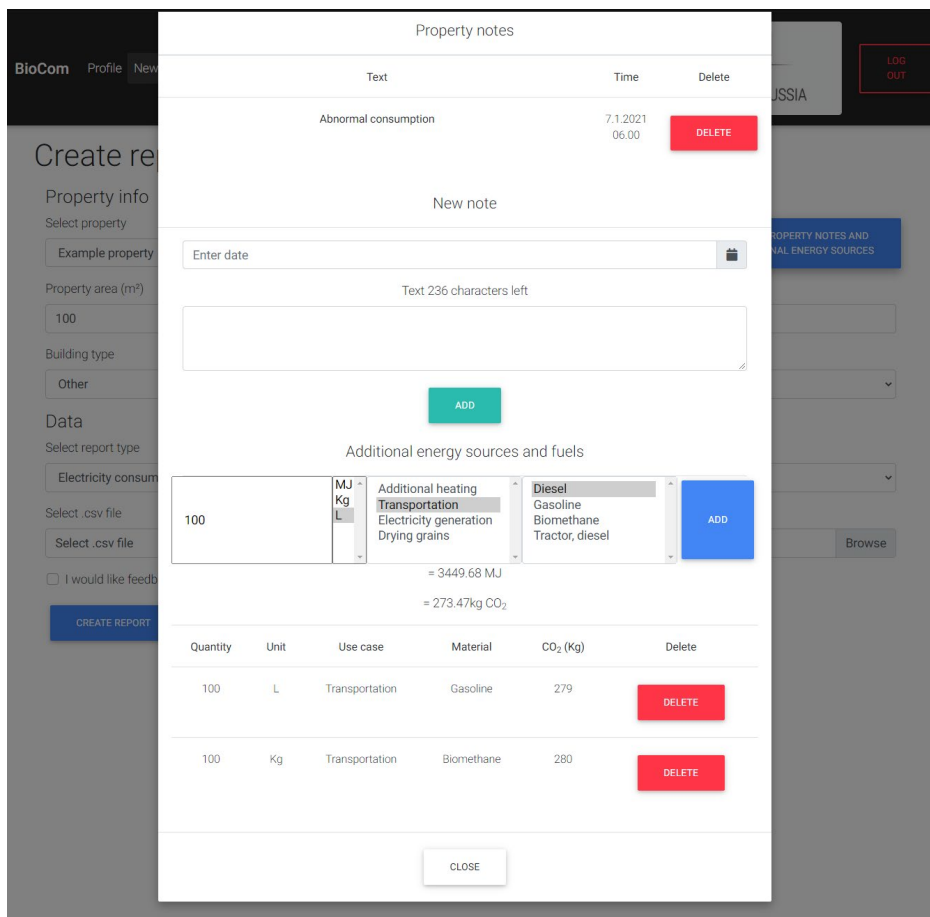


The screenshot shows the 'Create report' page in the BioCom application. The header includes the BioCom logo, navigation links (Profile, New report, My reports, Admin), and flags for Finland, Russia, and the EU. The main content area is titled 'Create report' and contains several sections: 'Property info' with a dropdown for 'Select property' (set to 'New property'), input fields for 'Property area (m²)' and 'Property volume (m³)', and a 'Building type' dropdown. The 'Data' section includes a dropdown for 'Select report type' (set to 'Electricity consumption') and a 'Select .csv file' field with a 'Browse' button. There is also a checkbox for 'I would like feedback' and a 'CREATE REPORT' button at the bottom.

**РИСУНОК 1.** Создание отчетов (фото: Мийка Хямяляйнен)

При создании первого отчета пользователь может указать параметры объекта (площадь и объем) и тип здания (жилое здание, магазин и т. д.) для включения в отчет стандартизацию потребления. Функции заметок и расчета выбросов для вспомогательных источников энергии на данном этапе еще не доступны. Стандартизация потребления также требует расположения объекта в местности, для которой существует поправочный коэффициент и эталонное местоположение, установленные Финским метеорологическим институтом. Если объект не удовлетворяет вышеуказанному условию и есть необходимость в стандартизации, то

местоположение объекта необходимо изменить вручную в ячейке B2 файла на другой близлежащий город.



**РИСУНОК 2.** Добавление заметок и дополнительных источников энергии (фото: Мийка Хямяляйнен)

После создания первого отчета заметки и дополнительные источники энергии можно добавить с помощью синей кнопки справа от выбора объекта. В окне, которое открывается кнопкой, можно сравнить энергосодержание различных источников энергии в соответствии с методом использования и выбросы углекислого газа в результате их использования. Дополнительные источники энергии, добавленные на сайт, показаны в таблице в нижней части отчета.

В качестве типа отчета может быть выбрано потребление электроэнергии или потребление электроэнергии с централизованным теплоснабжением, если столбец D файла csv также содержит данные об охлаждении в час. В отчетах о потреблении тепла охлаждение можно рассматривать как отдельную шкалу на графике потребления электроэнергии.

В заключении администратора можно уведомить о создании отчета. При нажатии на эту кнопку появляется текстовое поле, в котором можно указать, какие советы, связанные с отчетом, нужны от администратора. Администратор, указанный в настройках SMTP приложения, получит на электронную почту сообщение пользователя и ссылку для загрузки отчета.

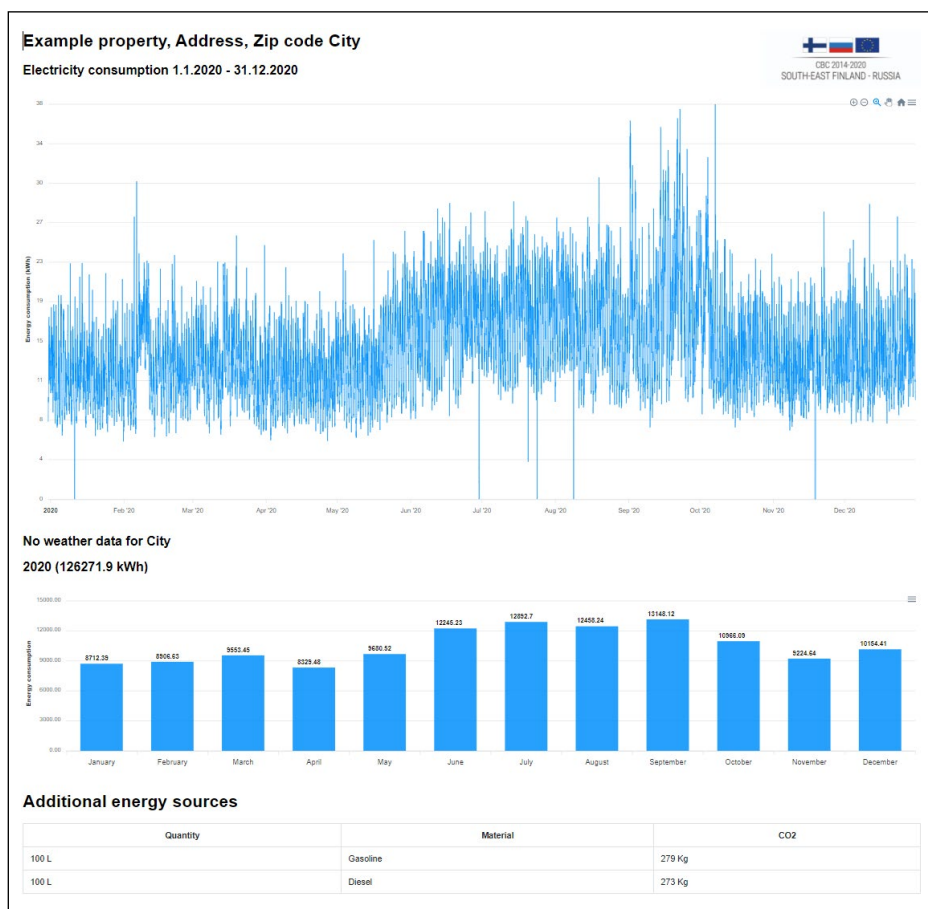
The screenshot shows the 'My reports' section of the BioCom application. At the top, there is a navigation bar with 'BioCom', 'Profile', 'New report', 'My reports', and 'Admin'. A header area contains flags for Finland, Russia, and the EU, along with the text 'CBC 2014-2020 SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA' and a 'LOG OUT' button. The main content area is titled 'My reports' and features a search bar and a 'Show 10 entries' dropdown. Below this is a table with the following data:

Creation date	Property	Report type	Download (PDF)	Download (HTML)	Delete
2021.02.17 12:29	Barn	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:29	Office	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:28	Farmhouse	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:28	Test	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:26	Barn	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE

At the bottom of the table, it says 'Showing 1 to 5 of 5 entries' and 'Previous 1 Next'.

**РИСУНОК 3.** Список отчетов (фото: Мийка Хямяляйнен)

Выберите «My reports» (Мои отчеты) в верхней панели, чтобы просмотреть созданные отчеты. Функция поиска по списку позволяет фильтровать отчеты по разным столбцам. Например, поисковый запрос «централизованное теплоснабжение 2021» отобразит все отчеты о потреблении тепла за 2020 год. Доступны версии отчетов в форматах PDF и HTML. В версии PDF отсутствуют функции стандартизации и другие графические интерактивные функции, но, в отличие от версии HTML, она работает без подключения к Интернету.



**РИСУНОК 3.** Пример отчета (фото: Мийка Хямяляйнен)

Верхний график отчета можно увеличить и ограничить до необходимой точности с помощью кнопок панели инструментов или мыши. Сохранить изображения всех графиков в форматах svg или png можно с помощью кнопки «гамбургер» в правой части панели инструментов. Ежемесячное потребление, показанное на нижнем графике можно стандартизировать, выбрав в меню над ними пункт «стандартизированное потребление для отопления» или «стандартизированное потребление для Ювяскюля». В конце отчета вы найдете таблицы с примечаниями к сайту и дополнительными источниками энергии.

## ВЫВОД

Оригинальное приложение для составления отчетности было разработано для использования энергетическими компаниями-партнерами, поэтому данные о потреблении, введенные в приложение, были получены почти едином формате. Должны поддерживаться в том числе даты, разделители полей, адреса, десятичные символы потребления и наборы символов файлов. Приложение выявляет и исправляет некоторые отклонения в формате и наборе символов дат, но не все отчеты об объектах BioCom могут быть созданы непосредственно из данных, полученных от электроэнергетической компании. Файлы с расширением .csv требуют ручного редактирования для создания отчетов. Это снижает удобство пользования приложением, так как на практике клиентам электроэнергетических компаний приходится полагаться на экспертную помощь при создании отчета о потреблении электроэнергии.

Несмотря на трудности при использовании, пиковое энергопотребление возможно отследить в отчетах, созданных приложением. Преимущества при подсчете энергии от избыточных источников еще предстоит проверить.

# РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ В БИОГАЗОВУЮ УСТАНОВКУ НА ФЕРМЕ

Леэна Пекуринен

Финская национальная биогазовая программа направлена на содействие питательному циклу в сельском хозяйстве путем поддержки производства биогаза на основе питательного цикла и новых методов переработки навоза. Кроме того, вносятся изменения в регулирование работы биогазовых установок. В 2020 году не менее 32% конечного потребления энергии в Европейском Союзе должно приходиться на возобновляемые источники (НЕ 70/2020). Для того чтобы сельскохозяйственные биогазовые установки стали более распространенными, производство биогаза должно быть прибыльным. Одной из целей является энергетическая независимость фермерских хозяйств и сельских районов. (Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020.) В рамках проекта «БиоКом – Российско-Финский центр компетенций в области биоэкономики» была изучена рентабельность биогазовой установки, планируемой для животноводческой фермы в Южном Саво, и срок окупаемости инвестиций.

## ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА В ФИНЛЯНДИИ

В 2017 году в Финляндии было произведено около 172 млн. м3 биогаза. В то время как значительная доля биогаза была получена со свалок, количество промышленных установок ежегодно увеличивалось, достигнув 25 в 2017 году. В масштабах сельскохозяйственных ферм было 15 биогазовых установок, и 20 биогазовых установок работали при очистных сооружениях сточных вод. Биогазовые установки по размеру делятся на три типа. Крупные биогазовые установки могут обрабатывать более 35 000 тонн сырья в год, средние – от 20 000 до 35 000 тонн, а малые – менее 20 000 тонн. Биогазовые установки в масштабе ферм чаще всего относятся к категории наименьших по размеру. (Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020.)

Энергия биогаза может быть использована в производстве тепловой энергии или в комбинированном производстве тепловой и электрической энергии (ТЭЦ). Комбинированное производство значительно повышает эффективность работы станции, и вырабатываемая ею электроэнергия также может подаваться в сеть.

Доля электроэнергии при комбинированном производстве ТЭЦ составляет примерно 30–40%. В дополнение к доходам от продажи электроэнергии, сбережения появляются, когда самостоятельно произведенная электроэнергия заменяет приобретенную. Тепло также может быть продано в тепловые сети, но это экономически выгодно только тогда, когда оно продается в близлежащие районы. (Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020.)

Биогаз также может быть переработан в биометан и подан в газовую сеть. Биогаз, предназначенный для использования в транспорте, должен быть очищен, в сжатом под давлением или сжиженном виде. Сжиженный биогаз используется чаще всего в грузовых автомобилях. Разложившиеся отходы, являющиеся побочным продуктом производства биогаза, богаты фосфором и азотом. Их использование в качестве полевых удобрений снижает потребность в извлечении фосфора из невозобновляемых минеральных ресурсов и химическом производстве азота. Таким образом запасы органического вещества в почве остаются неизменными благодаря рециркуляции питательных веществ. (Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020.)

## РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

На рентабельность биогазовых установок влияют их инвестиционные затраты, эксплуатационные расходы и операционные доходы. При соблюдении определенных условий может быть оказана финансовая поддержка инвестициям. Однако собственных вложений обычно требуется не менее 30%. Мощность биогазовых установок фермерских хозяйств ограничен запретом на продажу произведенной ими энергии за пределы фермы, если установка финансируется за счет инвестиционной помощи. На рентабельность также влияют доходы от продажи электроэнергии и тепла. (Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020.)

Эксплуатационные расходы биогазовой установки включают переработку и транспортировку сырья и остатков переработки, использование приобретенных товаров, техническое обслуживание и ремонт установки, а также страхование. Выручка поступает от тепла, электричества и биометана, используемого для транспортных нужд. Дополнительный доход поступает от переработанных удобрений и улучшителей почвы, полученных из отходов разложения, а также от улавливания и извлечения полученного углекислого газа. (Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020.)

Постановление правительства об общих условиях предоставления энергетических субсидий на 2018–2022 годы (VNA 1098/2017) содержит руководящие принципы предоставления энергетических субсидий. Она носит дискреционный характер, и решения о поддержке принимаются в каждом конкретном случае. Субсидии в

рамках программы развития сельских районов в материковой Финляндии используются для финансирования производства возобновляемых источников энергии и переработки питательных веществ. Инвестиционная помощь сельскому хозяйству может предоставляться для инвестиций в производственные мощности, машины и оборудование, а также нематериальные активы, связанные с производством возобновляемой энергии в размере не более 40% от общей суммы приемлемых затрат. (Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020, Постановление правительства о структурной поддержке сельского хозяйства.)

Заводы, продающие энергию, могут получать корпоративное финансирование, а инвестиции, направленные на производство энергии для сельского хозяйства или улучшение окружающей среды, могут поддерживаться в рамках структурной поддержки сельского хозяйства. Для рециркуляции питательных и органических веществ на полях доступна погектарная помощь. Государство может выступать гарантом в финансировании инвестиций в энергетику. (Министерство экономического развития и занятости Финляндии 2020.)

## **ОБЪЕКТ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ – HARJUN MAATALOUS OY**

Оценка рентабельности была проведена на примере подразделения компании Harjun Maatalous Oy в Пиексямяки. Там выращивают мясные породы крупного рогатого скота, чей сухой навоз должен использоваться в качестве сырья для биогазовой установки. Другим возможным сырьем могут быть отходы скотобойни и фураж.

Тепловая энергия в основном производится путем сжигания древесной щепы, расходуя при этом примерно от 1 000 до 1 100 м<sup>3</sup> в год. Энергия, получаемая из древесной щепы, используется в количестве 800–880 МВт·ч в год. Ежегодно потребляется около 250 000 кВт·ч электроэнергии. Электричество используется для кормления животных и удаления навоза, отопления и освещения офисного здания, а также нагрева воды для быков. Летом потребность в пиковой мощности составляет 50 кВт·ч. Зимой отопление офисного здания и повышенная потребность в освещении увеличивают потребление электроэнергии. Кроме того, для работы планируемой биогазовой установки требуется электрическая и тепловая энергия. Потребление воды составляет около 10 000 м<sup>3</sup> в год. Чаще всего используется холодная вода, но, например, для быков вода нагревается до 17°C с помощью энергии древесной щепы.

На ферме планируется построить биогазовую установку мощностью 12 000 тонн. Она будет вырабатывать электроэнергию для собственного использования и, возможно, для продажи в сеть. Кроме того, установка будет вырабатывать тепло таким образом, что в будущем только в самые суровые морозы понадобится щепа. С точки зрения технологии, биогазовая установка будет представлять собой уста-



новку мокрого брожения, реактор будет работать непрерывно и будет включать в себя резервуар для последующего разложения. Отходы брожения должны быть отделены шнековым прессом и вывезены на поля в качестве удобрения.

В качестве сырья должен использоваться сухой навоз, возможно, отходы скотобойни и, в меньшей степени, фураж. Содержание сухого вещества в сухом навозе составляет около 20%. Переработка сырья в пригодное для мокрого брожения требует использования воды для разбавления. Вода будет получена с помощью насоса из близлежащего озера. Использование отходов скотобойни требует гигиенизации кормов или отходов пищеварения. В данном исследовании использовались значения калькулятора биогаза по умолчанию, за исключением концентраций сухого вещества и питательных веществ в навозе крупного рогатого скота, которые были определены в лаборатории Eurofins Viljavuuspalvelu Oy.

## ОЦЕНКА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В БИОГАЗОВУЮ УСТАНОВКУ

При оценке рентабельности был использован калькулятор биогаза, разработанный Институтом природных ресурсов Финляндии Luke, который находится в открытом доступе в Интернете. Калькулятор подходит, если годовой объем сырья не превышает 15 000 тонн. На основе вводных данных программа рассчитывает количество метана в сырье и объем инвестиций в установку. Расчеты позволяют сравнить рентабельность различных форм производства и использования энергии. Расчеты рентабельности производились по вариантам значений, приведенным в таблице 1.

**Таблица 1.** Варианты расчета для обзора биогазовой установки

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
<b>Сырье</b>	7 000 т сухой навоз	7 000 т сухой навоз	7 000 т сухой навоз	7 000 т сухой навоз	5 400 т сухой навоз + 1 000 т отходы скотобойни	5 400 т сухой навоз
<b>Производство электроэнергии и тепла (ТЭЦ)</b>	Да	Да	Да	Электроэнергия для собственных нужд	Да	Да
<b>Производство тепла</b>	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет
<b>Продажа электроэнергии</b>	2,4 цента / Квт/ч	2,4 цента / Квт/ч	3,0 цента / Квт/ч	Нет продаж	2,4 цента / Квт/ч	Нет продаж
<b>Инвестиционная поддержка</b>	Нет субсидий	40 %	40 %	40 %	Нет субсидий	40 %

Воду добавляли до достижения содержания сухого вещества 12%. Время задержки реактора было увеличено с 21 дня, предусмотренного счетчиком, до 28 дней для увеличения количества биогаза. Доходы от биогазовой установки состояли из произведенной энергии, платы за вводное сырье и стоимости удобрения, полученного от остатков переработки. Собственные энергетические потребности биогазовой установки покрывались за счет ее выработки. Было подсчитано, что 70 % потенциала продаж энергии будет продано.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЗОРА – СТОИТ ЛИ ВКЛАДЫВАТЬ ДЕНЬГИ**

Результатом анализа стала годовая операционная маржа и срок возврата инвестиций, рассчитанные по процентной ставке в четыре процента. Стоимость инвестиций составила около миллиона евро. По мере уменьшения размера установки уменьшались и инвестиционные затраты. Большая часть инвестиционных затрат связана с реактором, заливкой фундамента и техническими помещениями. Вторая по величине статья расходов включает в себя подземную сантехнику и дворовые работы. Стоимость ТЭЦ и гигиенизационного блока также составляет значительную часть общих инвестиций. Инвестиционная стоимость гигиенизационного блока составляет примерно 85 000 евро. Возможная инвестиционная помощь снижает стоимость инвестиций на 40%. Затраты на техническое обслуживание и ремонт, а также расходы на транспортировку сырья при использовании отходов скотобойни являются основными в данной деятельности.

Использование отходов скотобойни в качестве сырья значительно увеличивает производство биогаза. Кроме того, образуется значительно больше растворимого азота. С другой стороны, использование отходов скотобойни в качестве сырья требует гигиенизации сырья или разложившихся отходов, что увеличивает инвестиционные затраты. Расходы на техническое обслуживание и ремонт также увеличиваются вместе с блоком гигиенизации. Денежная выгода от питательных веществ не учитывается, потому что они не предназначены для продажи.

Доход от инвестиций – это компенсационная выгода за собственное использование электроэнергии и тепла, плата за отходы скотобойни и доходы от продажи электрической энергии. Для получения инвестиционной помощи, производимая энергия должна использоваться для собственных нужд. Интерпретации того, можно ли продавать небольшое количество энергии за пределы фермы, различаются в разных центрах экономического развития, транспорта и окружающей среды Финляндии. Однако похоже, что биогазовая установка для фермы не может быть легко прибыльной, даже если для инвестиции будут просубсидированы в полном размере 40%. В будущем максимальный объем инвестиционной помощи может увеличиться на 50% в период восстановления ЕС с 2021 по 2022 год. Получение субсидии также предполагает наличие средств для выплаты субсидий.

Срок окупаемости инвестиций варьировался от 22 до 56 лет. Самый короткий срок окупаемости, когда энергия производится только для собственных нужд, и размер установки подбирается соответственно. Самый длительный период погашения – это когда производится максимальное количество электроэнергии для продажи, и нет права на получение инвестиционной помощи. Несмотря на то, что маржа операционной прибыли положительна, ее недостаточно для покрытия постоянных затрат на инвестиции. Результат, таким образом, будет убыточным.

Инвестиционные расчеты также включают факторы неопределенности. На самом деле инвестиционные затраты могут быть ниже, если есть возможность использовать существующие структуры на ферме. Цены на различные устройства также могут варьироваться в зависимости от поставщика. Выручка от продажи энергии и плата за ввозимое сырье зависят от результатов переговоров по контракту с энергетической компанией и производителем сырья. Более того, инвестиционная помощь не составляет автоматически 40% от общего объема инвестиций, а, как правило, ниже.

Трудно сделать биогазовую установку в масштабах фермы прибыльной с текущими затратами и доходами от биогаза. Даже при оптимистичном расчете, срок окупаемости инвестиций легко превышает десять лет, что можно рассматривать как своего рода предел при оценке доходности инвестиций. При рассмотрении вопроса об инвестициях в биогазовую установку стоит обратить внимание на собственную потребность в электрической и тепловой энергии, составить карту имеющегося сырья и рассмотреть вопрос о том, есть ли потребность в использовании избыточной произведенной энергии недалеко от самой фермы. Кроме того, стоит изучить вопрос влияния переработки биогаза для различных целей на рентабельность инвестиций. Вся произведенная энергия должна быть пригодна для полезного использования. Использование биогаза путем сжигания в газовом котле для отопления является простым и недорогим решением. Однако тепловая энергия, в частности, часто остается неиспользованной. Без субсидий инвестиции не будут легко осуществимы. В условиях существования множества различных форм поддержки трудно найти наилучший вариант. Было бы хорошо, если бы система поддержки стала понятнее.

## ИСТОЧНИКИ

Хаависто, Т. 2017. Оценка работы биогазового процесса на примере компании Lakeuden Etappi Oy. Технологический университет Тампере. Дипломная программа по экологическому и энергетическому инжинирингу. Технология управления водными ресурсами и отходами. Дипломная работа. Март 2017 года. Файл PDF. Доступен по адресу: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24684/haavisto.pdf?sequence=4&isAllowed=y> [упоминался 30.12.2020].

HE 70/2020. Постановление правительства об изменении закона по биотопливам и биожидкостям. Доступен по адресу: [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE\\_70+2020.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE_70+2020.aspx) [упоминался 2.11.2020].

Продовольственное управление. 2020. Законодательство. Документ в интернет-браузере. Обновление 19.10.2020. Доступен по адресу: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/lannoitelan-toiminta/lainsaadanto/> [упоминался 5.2.2021].

Tukes s.a. Биогаз. Доступен по адресу: <https://tukes.fi/teollisuus/maakaasu-ja-biokaasu/biokaasu> [упоминался 5.2.2021].

Министерство экономического развития и занятости Финляндии. 2020. Ключительный доклад рабочей группы по подготовке программы по биогазу. Издания Министерства экономического развития и занятости Финляндии, 2020:3. Файл PDF. Обновление 01.10.2019. Доступен по адресу: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-482-2> [упоминался 2.11.2020].

Вальякка, М. 2018. Решения и проблемы мелкосерийного производства биогаза в Финляндии. Solutions and challenges of small-scale biogas production in Finland. Технологический университет Лаппеэнранта. Дипломная программа по инженерной экологии. Кандидатская работа. Файл PDF. Обновление 18.10.2018. Доступен по адресу: [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158703/Kandidaatintyo\\_Valjakka\\_Minttu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158703/Kandidaatintyo_Valjakka_Minttu.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [упоминался 22.12.2020].

Постановление правительства о структурной поддержке сельского хозяйства 240/2015.

# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ НА ФИНСКИХ ФЕРМАХ

Элиса Корхонен и Туйя Ранта-Корхонен

## ВВЕДЕНИЕ

Сельское хозяйство производит около 12% выбросов парниковых газов Финляндии (Саарио 2020). В рамках деятельности ЕС по вопросам климата выбросы от сельского хозяйства являются частью так называемого сектора распределения бремени, то есть частью выбросов вне торговли выбросами (УМ 2021). В рамках стратегии ЕС-2020 климатические цели для сельского хозяйства были пересмотрены в октябре 2014 года, и к 2020 году был установлен целевой показатель сокращения выбросов парниковых газов, производимых финским сельским хозяйством, на 13% по сравнению с уровнем 2005 года (Рикконен 2015). В новой целевой программе на 2030 год информация о целевых показателях сокращения сельского хозяйства ожидается летом 2021 года (УМ 2021). В настоящее время также принимаются обновления к Общей сельскохозяйственной политике ЕС и ведутся переговоры о новом программном периоде. Новое соглашение CAP27 (Common Agricultural Policies) должно вступить в силу с начала 2023 года.

В течение переходного периода с 2021 по 2022 год будут доступны средства восстановления из сельскохозяйственного фонда развития сельских районов, которые планируется направить, в частности, на инвестиции в возобновляемые источники энергии и повышение энергоэффективности (Malm 2020). Выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве сократились на 16% в период с 1990 по 2018 год, но в 2000-е годы существенных изменений в выбросах не произошло (Саарио 2020). Меры по повышению энергоэффективности в сельском хозяйстве и использованию возобновляемых источников энергии играют важную роль в повышении рентабельности сельского хозяйства и сокращении выбросов парниковых газов, вызванных сельскохозяйственной деятельностью. В будущем фермы могут также разработать новые средства получения дохода, связанные с мерами по связыванию углерода.

## СИТУАЦИЯ С СЕЛЬСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ В ФИНЛЯНДИИ

Количество фермерских хозяйств в Финляндии постоянно сокращается. В 2018 году насчитывалось в общей сложности 47 633 сельскохозяйственных и садоводче-

ских предприятия, что примерно на 900 хозяйств меньше, чем в предыдущем году. Однако сокращение временно замедлилось, так как в первой половине 2010-х годов закрывалось до 2400 сельскохозяйственных и садоводческих предприятий в год. По статистике за 2018 год, наиболее распространенным видом производства было выращивание зерновых и растениеводство, а третьим по распространенности видом производства было молочное скотоводство. Из них растениеводство является единственной отраслью производства, в которой в последние годы наблюдается явный рост. Число ферм уменьшилось, но их размеры и площадь пахотных земель в то же время увеличились. По статистике Института природных ресурсов Финляндии, средняя площадь полей на финских фермах составляет около 48 гектаров. Более 80% фермерских хозяйств являются семейными, а средний возраст фермеров составляет около 53 лет. (Институт природных ресурсов Финляндии 2019.)

## **ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

В последние годы ежегодное потребление энергии в сельском хозяйстве составляет около 12 ТВтч, что составляет около трех процентов от общего потребления энергии. Из энергии, используемой фермами, 33% используется в качестве топлива для машин, 28% – для отопления и 17% – для зерносушилок, а остальные 22% используются в качестве электроэнергии. Наибольшее потребление энергии наблюдается на молочных фермах и фермах, ориентированных на выращивание зерна и садоводство. Потребление электроэнергии на фермах росло в связи с автоматизацией производственных зданий и производств и развитием технологий, а также увеличением производства тепличных культур.

В 2016 году 3017 ГВт ч энергии, используемой в сельском хозяйстве, было произведено из древесной щепы, 2451 ГВт ч из мазута и 1727 ГВт ч из электроэнергии. По оценкам, 777 ГВт ч электроэнергии было произведено из возобновляемых источников энергии. По данным Института природных ресурсов Финляндии (2018a), источники энергии, потребляемой сельским хозяйством и садоводством в 2016 году, распределялись в процентах: 44% – древесина и полевые культуры, 31% – легкий и тяжелый мазут, 15% – электроэнергия и 5% – торф.

Доля возобновляемых источников энергии, как сообщалось, составляет около 60%, включая потребление электроэнергии. Доля возобновляемых источников энергии в последние годы остается примерно на том же уровне. В сельском хозяйстве производство возобновляемой энергии рассматривается как возможность развивать собственное энергопотребление в более устойчивом направлении, а также продавать произведенную энергию за пределы фермерских хозяйств. (Институт природных ресурсов Финляндии 2018с; Институт природных ресурсов Финляндии 2018d; Министерство занятости и экономики 2011, 20.)

В растениеводстве и зерновом хозяйстве на потребление энергии в значительной степени влияют, например, состояние используемых полей, методы возделывания, состояние и энергоэффективность техники, а также сохранение урожая и сушка зерна. Косвенное потребление энергии также вызвано использованием удобрений и пестицидов. (Министерство экономики и занятости 2011, 21). Потребление энергии в животноводстве определяется, в частности, температурой внутри здания, вентиляцией, способом кормления, удалением навоза и механической обработкой (рис. 1). Направление производства также имеет большое значение, например, в производстве молока использование различных машин вызывает высокие энергозатраты, в то время как в производстве курятины и свинины много энергии потребляет отопление. (Ахокас 2013, 14–19).



**РИСУНОК 1.** В животноводстве тратится много энергии на вентиляцию зданий и кормление животных (фото: Элисы Корхонен)

## ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ФЕРМАХ

Финские фермеры часто также являются лесовладельцами, и использование энергии из лесов является обычным явлением. На фермах для получения энергии обычно используются колотые дрова и лесная щепа. Использование щепы требует складских помещений, часто отдельной отопительной установки, а также возможности автоматизированной передачи щепы со склада в котел. Окружающая среда фермы и имеющаяся машинная база подходят для использования лесной щепы. Производство дров также требует наличия оборудования и складских помещений. (Лесное управление Финляндии 2008; Саллинен 2018.) Согласно статистике Института природных ресурсов Финляндии (2018b), на фермах используется больше

всего древесины в Финляндии. В течение отопительного сезона 2016–2017 годов в хозяйствах было израсходовано в общей сложности около 11,2 млн м<sup>3</sup> древесины.

Бывшие сельскохозяйственные поля могут быть использованы для выращивания энергетических культур. Полученная биомасса может быть использована в производстве энергии, например, в качестве биогаза. Тростниковая канареечная трава – один из примеров энергетических культур, выращиваемых на полях и торфяниках. Солома, являющаяся побочным продуктом зернового хозяйства, также пригодна в качестве топлива, хотя ее энергетическая плотность невелика. Масличные культуры, такие как полевая капуста, рапс и лен, также выращиваются для использования энергии. (Motiva 2017.)

Фермы производят большое количество органических отходов, таких как навоз и растительные отходы, которые могут быть использованы для производства биогаза. Строительство биогазовых установок на фермах возможно, но требует крупных инвестиций. В 2019 году в Финляндии на фермах насчитывалось в общей сложности 20 биогазовых установок, которые перерабатывают навоз, полевую биомассу и, в некоторой степени, побочные продукты пищевой промышленности, за которые взимается плата при поступлении. Вероятно, основными причинами их относительно небольшого количества являются размер разовых инвестиций и низкая рентабельность биогазовой установки. Это означает длительные сроки возврата инвестиций. Производство тепла и электроэнергии для собственных нужд может быть выгодным при определенных условиях, так как можно, например, сэкономить на высоких тарифах за передачу электроэнергии. Однако для того, чтобы производство электроэнергии, продаваемой в сеть, было прибыльным, размер биогазовой установки должен быть увеличен. В будущем потенциальное расширение использования биогаза на транспорте может также привести к расширению рынка производства биогаза на фермах. (Луостаринен и т. д. 2016, 5; «Биоцикл Финляндии и биогаз» 2019.)

Солнечная энергия и тепловые насосы также подходят для ферм. Установка солнечных панелей происходит довольно быстро, и на фермах есть много подходящих для их установки площадей на стенах и крышах, а также во дворах. Солнечные энергетические системы также все чаще используются на фермах, и, по данным за 2018 год, солнечная энергия используется примерно на 200 фермах (Мустонен 2018). Увеличилось и количество тепловых насосов на фермах. В системах тепловых насосов на фермах в дополнение к геотермическим системам могут быть использованы, например, система рекуперации тепла, связанная с охлаждением молока или сбором тепла из шламовой ямы и навозной фермы (ProAgria Оулу 2012).



Финляндия пытается содействовать внедрению возобновляемых источников энергии на фермах посредством различных форм поддержки сельского хозяйства. Инвестиционная помощь предоставляется для различных инвестиций в производство возобновляемой энергии, и в этом случае она обусловлена тем, что произведенная на ферме энергия используется там же. С другой стороны, противоположным является условие получения энергетической поддержки, для получения которой, необходимо чтобы 80% энергии, производимой на ферме, использовалось за пределами фермы. Энергетическая поддержка явно предназначена для проектов, способствующих использованию или производству возобновляемых источников энергии и повышению эффективности производства, а также для проектов, способствующих энергосбережению или преобразованию энергетической системы в низкоуглеродистую. (Motiva 2020; Продовольственное управление.)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ФЕРМАМИ В БУДУЩЕМ**

Возобновляемые источники энергии уже играют важную роль в производстве энергии на фермах, но в будущем их использование будет еще более расширяться. Возобновляемые источники энергии, а также повышение энергоэффективности производственных объектов и операций могут предоставить фермам средства для повышения прибыльности и расширения новых возможностей для бизнеса. Фермерские хозяйства нуждаются в консультациях и финансовой поддержке при внедрении новых решений.

## ИСТОЧНИКИ

Ахокас, Й (ред.) 2013. «Использование энергии на фермах.» Результаты проекта Enpos. Университет Хельсинки Кафедра сельскохозяйственных наук. Документ в формате PDF. Доступен по ссылке: [http://projects.centralbaltic.eu/images/files/result\\_pdf/ENPOS\\_result1\\_energy\\_saving\\_toolbox\\_FI.pdf](http://projects.centralbaltic.eu/images/files/result_pdf/ENPOS_result1_energy_saving_toolbox_FI.pdf).

Институт природных ресурсов Финляндии. 2019. Структура сельскохозяйственных и садоводческих предприятий. Доступен по адресу: [https://stat.luke.fi/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne-2018\\_fi](https://stat.luke.fi/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne-2018_fi) [упоминался 22.02.2021].

Институт природных ресурсов Финляндии. 2018а. «Потребление энергии в сельском хозяйстве и доля возобновляемых источников энергии.» Обновление 27.06.2018. Доступен по адресу: <https://stat.luke.fi/indikaattori/maatalouden-energiankulutus-ja-uusiutuvan-energian-osuus>.

Институт природных ресурсов Финляндии. 2018b. «Использование дров возросло до семи миллионов кубометров.» Обновление 19.06.2018. Доступен по адресу: <https://www.luke.fi/uutinen/polttopuun-kaytto-lisaantyi-seitsemaan-miljoonaan-kuutiometriin/>.

Институт природных ресурсов Финляндии. 2018с. Официальная статистика Финляндии: «Потребление энергии в сельском хозяйстве и садоводстве.» Обновление 25.04.2018. Доступен по адресу: [https://stat.luke.fi/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus-2016\\_fi-0](https://stat.luke.fi/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus-2016_fi-0).

Институт природных ресурсов Финляндии. 2018d. «Электричество приобретает все большее значение в сельском хозяйстве и садоводстве.» Обновление 25.04.2018. Доступен по адресу: <https://www.luke.fi/uutinen/sahko-on-entista-tarkeempaa-maa-ja-puutarhataloudessa/>.

Луостаринен, С., Пюуккёнен, В., Уинквист, Е., Кясси, П., Грёнруус, Й., Маннинен, К. и Ранкинен, К. 2016. «Биогазовые установки на сельскохозяйственных фермах. Возможности, прибыльность и воздействие на окружающую среду.» Исследования в области природных ресурсов и биоэкономики 11/2016. Институт природных ресурсов Финляндии. Документ в формате PDF. Доступен по адресу: [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio\\_11\\_2016.pdf?sequence=1](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio_11_2016.pdf?sequence=1).

Малм, Т. 2020. CAP 2021-2022: переходный период и фонды восстановления EAFRD. Вебинар CAP 18.11.2020.

Лесное управление Финляндии. 2008. Руководство по использованию щепы для отопления на ферме. Документ в формате PDF. Доступен по адресу: [https://www.energiatehokaskoti.fi/files/450/Maaitilan\\_hakelammitysopas.pdf](https://www.energiatehokaskoti.fi/files/450/Maaitilan_hakelammitysopas.pdf).

Мотива 2020. 2020. Инвестиционная поддержка. Обновление 29.01.2020. Доступен по адресу: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem\\_n\\_tukemat\\_energiakatselmukset/katselmus-\\_ja\\_investointituet/investointituet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/katselmus-_ja_investointituet/investointituet).

Motiva Oy. 2017. «Энергия с полей». Обновление 18.05.2017. Доступен по адресу: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/energiaa\\_pelloilta](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/energiaa_pelloilta).

Мустонен, Е. 2018. Фермеры инвестируют в производство солнечной энергии. Практичное использование земельных угодий 06.12.2018. Доступен по адресу: <https://kaytannonmaamies.fi/viljelijat-investoivat-aurinkosahkon-tuotantoon/>.

ProAgria Оулу. 2012. Тепловые насосы. Доступен по адресу: <https://www.proagriaoulu.fi/fi/lamporumpu/>.

Рикконен, П. 2015 (ред.). Направления сельскохозяйственной энергетической и климатической политики до 2030 года – анализ мер по смягчению пространственных воздействий и приемлемости средств. Исследования в области природных ресурсов и биоэкономики 35/2015.

Продовольственное управление. Инвестиционная поддержка сельского хозяйства. Доступен по адресу: <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/maatalouden-investointituet/>.

Саарио, М. 2020. Оценка воздействия на окружающую среду, оценка стратегического плана CAP. Вебинар CAP 18.11.2020.

Саллинен, П. 2018. Гранулы используются для сжигания, но в небольших объемах. Новости энергетики. Обновление 09.04.2018. Доступен по адресу: <https://xn--kaukolmp-5zac1r.fi/tuotanto/voimalaitoskaytto-kasvussa-pelletti-palaa-mutta-vaatimattomasti/>.

Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. 2019. «Биогаз и фермы» Доступен по адресу: <https://biokierto.fi/biokaasu/biokaasu-ja-maatilat/>.

Министерство экономического развития и занятости Финляндии. 2011. Второй национальный план действий Финляндии в области энергоэффективности NEEAP-2. Издания Министерства экономического развития и занятости Финляндии. Энергия и климат. 32/2011. Документ в формате PDF. Доступен по адресу: <https://tem.fi/documents/1410877/3346190/Suomen+toinen+kansallinen+energiatehokkuuden+toimintasuunnitelma+NEEAP-2+18092013.pdf>.

YM 2021. Климатическая политика Европейского Союза. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>.

# CROSS-BORDER CO-OPERATION ON BIOECONOMY

Bioeconomy is one of the fastest growing lines in the world economy of the 21st century. The use of renewable resources for power generation and product manufacture makes it possible to avoid the threat of world energy crisis associated with the depletion of mineral resources. One more valid reason for growth of the renewable energy sector is the necessity to reduce greenhouse gas emissions influencing the global climate change. This can be achieved only through stage-by-stage refusal from coal, oil and gas combustion.

As experience of the European Union countries shows, the bioeconomy in agriculture contributes to satisfaction of principal needs of the agricultural sector, such as energy cost reduction, productivity enhancement, land restoration, employment, rise of education level and level of living of the rural population. For example, in 2018, the share of renewable sources in the total electric energy consumption was: in Denmark – 68%, in Portugal – 52%, in the UK – 33.4% (including the nuclear energy with the use of low-carbon technologies – 53 %).

In Russia, growth of the bioeconomy and bioenergy is actively supported at the state level. The List of Assignments of the President of the Russian Federation No. Pr-140GS dated January 24, 2017 (Resolution No. DM-P9-708 dated February 08, 2017) announced the transition of the Russian Federation to the model of environmentally sustainable development as one the main objectives. The bioenergy is included to the list of priority directions of development of the country for the period from 2017 till 2025 and further till 2050.

The use of bioenergy and farms' energy self-efficiency play a fundamental role in promoting low carbon emission levels in Finnish agriculture and horticulture. Both in Finland and Russia, increasing energy efficiency and implementing renewable energy sources can improve the profitability of farms and reduce the carbon footprints of crop cultivation and livestock farming. Furthermore, farms can provide various opportunities for carbon sequestration. However, measures that increase energy efficiency and investments in renewable energy sources will require systematic support in the future.

# BIOCOM PROJECT AND BIOECONOMY COMPETENCE CENTRE: TASKS AND OBJECTIVES

A.F. Erk & L.Yu. Smirnova & I.B. Uzhinova & E.V. Timofeyev

A series of tools is used to promote the biotechnologies on the territory of the Russian Federation, including government targeted programmes, business investments, national and international projects.

One of these tools is the two-year BioCom Project developed within the South-East Finland – Russia Cross-Border Cooperation Programme 2014–2020 and launched in May 2019. Figure 1 shows the logos of the BioCom project, which consists of a red floral pattern and the names of the project.



**FIGURE 1.** BioCom Project Logo (created by I. Uzhinova)

The principal output of the project implementation is a creation of the Russian-Finnish Bioeconomy Competence Centre (abbreviated as BioCom Centre) combining educational, research and engineering approaches to the practical development of bioeconomy in pilot areas. Figure 2 shows the nameplates of the Bioeconomy Training Center established in St. Petersburg, which contains the name of the project, the logo, the logos of the organizations participating in the project and the logo of the funder.



**FIGURE 2.** Identification of the BioCom Centre (Photo: I. Uzhinova)

Three organizations became partners of the Project – two Russian and one Finnish:

1. Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agro-engineering Centre VIM” (IEEP – branch of FSAC VIM), Saint Petersburg, Russia
2. Leningrad Oblast State Public Institution “Centre for Energy Saving and Energy Efficiency Improvement in Leningrad Oblast”
3. South-Eastern Finland University of Applied Sciences – Xamk



**FIGURE 3.** Project team in Mikkeli start-up workshop

South-Eastern Finland and Leningrad Oblast are intensively developing areas with a significant portion of the agricultural sector. The promotion of bioeconomic approaches on both sides of the border will allow to reduce anthropogenic impact on the environment and to meet the growing energy demand. Figure 3 shows the people working on the project. The photo was taken in connection with the project kick-off meeting.

The Finnish partners have an important role in the information support for the Project. Over the past decade, Finland achieved a real success in many lines of bioeconomy, including the bioenergy and biofuel production from organic wastes and vegetal resources. Biogas is one of many innovations that significantly improve the living standards and working conditions on farms. Biogas plants ensure an efficient organics recycling, produce ecologically clean fertilizers, generate energy for illumination and heating of homes and industrial spaces. The Finnish forest industry supplies wood wastes specially prepared for re-processing which also serves as raw materials for the bioenergy production. The process of biodiesel production from used animal fats is being actively implemented. According to the political decision taken, by 2020, the supply of Finland with the necessary energy – electricity, heat, fuel – should be covered by 36% from the renewable sources (the intended target of the European Union is 20%).

The Bioeconomy Competence Centre, organized on the basis of the Project Lead Partner (IEEP), performs a wide range of tasks to promote biotechnologies in the border rural areas. First of all, this is a provision of information and education to the Project target groups (schoolchildren, students, agricultural manufacturers, researchers, entrepreneurs) according to innovative educational programmes developed by the Project experts. In addition, the Centre organizes regular meetings of specialists involved in the implementation of biotechnologies at agricultural-industrial complex enterprises.

The Project pays a particular attention to education of children and school-age teenagers. For younger schoolchildren, programmes were prepared on the topic "Energy Saving", and senior schoolchildren can get acquainted with various methods of obtaining electricity and heat from renewable sources. For this, the Centre has necessary instruments, equipment and training materials, whose range is constantly expanded. In the course of further implementation of the Project, the Russian-Finnish Competence Centre will be used as a platform for continuous training of the target groups on various aspects of bioeconomy. Development of the bioeconomic cluster and upgrade of skills of agricultural workers will allow in the future to create new jobs, to expand the career choice and to ensure the demand for highly trained specialists in the rural areas.

The Russian and Finnish specialists plan to develop a model of energy efficiency demonstration zone for the agricultural sector and to create a common system of environmental and energy survey of agricultural-industrial enterprises on both sides of the border.



A successful implementation of the Project tasks will contribute to formation of a new information and education space required for transition of the pilot rural areas to the practice of energy saving, energy efficiency and environmental safety. The Project forward-looking expectations are an acceleration of the process of introduction of innovations, enhancement of sustainability of the pilot areas and reduction of the environmental impact in the Baltic Sea region.

# EDUCATION ACTIVITIES OF BIOCOM CENTRE

A.F. Erk & V. A. Razmuk

On November 11, 2020, on the Energy Conservation Day, official opening of the BioCom educational platform of the Russian-Finnish Bioeconomy Competence Centre took place. The Centre was created on the basis of the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Centre VIM” (hereinafter – IEEP) within the two-year BioCom Project. But this does not mean that its organizational, scientific and educational tasks will end with completion of the Project. The BioCom Competence Centre is a sustainable educational structure aimed at continuous training of target groups in the Project pilot areas – Saint Petersburg, Leningrad Oblast and South-Eastern Finland. Figure 1 shows the grand opening of the Bioeconomy Competence Centre and the opening ribbon cut.



**FIGURE 1.** Opening of the BioCom Competence Center

The main task of the Centre is to concentrate international experience in the bioeconomic and other environmentally friendly technologies in the agriculture and to transform it into the educational programmes available to all stakeholders and target groups. In addition, the Centre organizes regular meetings of specialists to exchange views on the possibilities of implementation of bioeconomic technologies at specific facilities of the agricultural-industrial complex (engineering, effectiveness monitoring, environmental impact assessment etc.). Stable work of the Centre will help to upgrade skills of agricultural workers, to accelerate the process of introduction of innovations and to reduce the environmental impact in the pilot areas and in the Baltic Sea region on the whole.



**FIGURE 2.** BioCom Centre Solar Energy Exhibition

The Centre educational programmes widely use a practical experience of the Finnish partners. As of now, they prepared accessible and useful training materials on the use of renewable energy sources, including the benefits of biogas, biodiesel and biomass-based fuel production. Figure 2 shows the equipment related to the utilization of solar energy at the Bioeconomy Centre, such as solar collectors.

The opening ceremony of the BioCom Centre was attended by: the First Deputy Chairman of the Committee on Fuel and Energy Complex of Leningrad Oblast S.V. Aminyakov, Director of IEEP A.V. Trifanov, the First Deputy Director of Leningrad Oblast State Public Institution “Centre for Energy Saving and Energy Efficiency Improvement in Leningrad Oblast” M.P. Patrakova, the Development Director of Educational Centre in the Field of Ecology and Energy Saving of Higher School of Technology and Energy of Federal State

Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design” Yu.A. Zaitsev, the General Director of Teplocom LLC M.Yu. Gryaznova, the Commercial Director of Teplocom LLC A.V. Malyutin, the Head of Group for Public and Mass Media Relations of Kirishi State District Power Station (OGK-2 JSC) I.V. Yakunina, the Project leaders and experts. Figure 3 shows the participants of the inaugural seminar of the Bioeconomy Centre.



**FIGURE 3.** The opening ceremony of the BioCom Centre has been completed

Participants and guests of the event inspected the classrooms and demonstration equipment (automated individual heat substations, instrumentation for fuel and energy resources accounting, heat pumps, wind-powered generator, various modifications of solar panels and water heating devices, mini-boilers, biofuel samples, panels for construction of biopositive houses, energy-saving lighting devices, information posters); became acquainted with the possibilities of using the interactive programmes (VR/AR technologies) for children of different ages. At the next stage, it is planned to continue creation of such programmes as well as to expand the exposition zone at the expense of new classrooms for children. In the near future, the Centre will be able to receive large groups of schoolchildren, students, specialists, various population groups of Leningrad Oblast. Thus, creation of the Centre will lead to formation of a new information and educational space.

During the Centre opening, an Agreement was signed between IEEP and Higher School of Technology and Energy of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher

Education “Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design” on cooperation in the field of education with the use of progressive methods of teaching the basics of energy efficiency and ecology.

In early 2021, shortly after winter break, a face-to-face educational seminar on renewable energy sources was held, where 15 pupils of the tenth grade from Pushkin school No. 530 took part.

The Project experts told the attendees about the principles of operation of various fuel boilers, biogas plant, heat pumps, solar water heaters. Operation of photovoltaic modules and a solar power plant aroused the greatest interest among the schoolchildren. At the end of the seminar, the attendees received certificates and training materials.

In addition to face-to-face lectures and seminars on energy saving, the Centre plans to expand the online training. This will be especially important for the residents of remote settlements of Leningrad Oblast for whom travelling to Saint Petersburg is associated with certain difficulties. The virtual classroom tours, thematic webinars and videoconferences will be available for schoolchildren in the spring of 2021. In Figures 4.1 to 4.4 there are schoolchildren attending a seminar on renewable energy sources. The pictures also show the equipment of the training centre and the staff working at the centre.



**FIGURE 4.1**



**FIGURE 4.2**



**FIGURE 4.3**



**FIGURE 4.4**

**FIGURE 4.1–4.4.** Training of schoolchildren in the BioCom Centre’s “Renewable Energy” program

# ENERGY SAVING FOR ALL: BIOCOM PROJECT AT #VMESTEYARCHE FESTIVAL IN LENINGRAD OBLAST

L.Yu. Smirnova & A.A. Razmuk & E.V. Timofeyev



**FIGURE 1.** The banner of the #VmesteYarche Festival

The provision of knowledge to schoolchildren and young people about the biotechnologies and renewable energy is one of the main activities of the BioCom Project. The Project experts two times participated in #VmesteYarche All-Russian Festival of Energy Saving and Ecology (2019 – Luga, 2020 – Gatchina). Figure 1 shows the banner of the festival.

The #VmesteYarche Festival was first organized five years ago at the initiative of the Ministry of Energy of the Russian Federation. Its main task is to develop a careful attitude to energy resources and environment among children and adults. In order to draw attention of the residents of Leningrad Oblast to the issues of ecology and energy saving, the organizers of the festival use modern, diverse and creative forms of information presentation – from games to purely scientific ones. Each Festival programme includes demonstration of state-of-the-art energy-efficient technologies, popular scientific shows, creativity competitions and sporting contests, master classes and guessing games for schoolchildren and much more.

Sosnovy Bor, the city of nuclear energy, was the first in Leningrad Oblast to host the festival. Here, in 2016, an open-air fair of technologies, equipment and lighting devices was organized which was accompanied by an interesting concert programme. The education activity stuck in memory of the audience members as a real holiday.

In 2017, Priozersk picked up the baton of the festival. The presented exposition was already much larger. Since that time, the signing of the Declaration of Intent to save energy in everyday life and at workplaces became an important part of each Festival. This activity met with universal approval of the participants. The master classes in robotics, chemistry, physics and energy saving attracted the most interest among schoolchildren. The festival ended with a friendly flash mob.

In 2018, the festival took place in the city of Kirishi. Many guests came to it from other districts of Leningrad Oblast and from the neighbouring regions of the Russian Federation. Demonstration of energy-saving technologies and equipment became even wider and more diverse. Not only well-known enterprises and organizations of the region, but also leading technical higher educational institutions of Saint Petersburg presented their expositions.

The festival was held in 2019 in Luga and was bright and fascinating. Guests and residents of the city extended a warm welcome to the festival. Expositions in the demonstration zone “Boulevard of Technologies” were updated. Besides, new participants joined the children’s entertainment zone. Young attendees had the opportunity to take part in the VR tours, to test their knowledge in various issues of energy saving and ecology. Children and adults enjoyed visiting an Eco-shooting range which came to Luga from Sosnovy Bor. To obtain the right to one shot from an air gun, one had to put a clean plastic bottle to a specially designated container. The attendees were able to see new expositions of Saint Petersburg Mining University and Lenenergo PJSC, to get acquainted with the operation of an ecocar, a mobile environmental laboratory, natural gas fired equipment.

A stand of the BioCom Project was presented for the first time at the Festival in Luga, with a demonstration of energy-efficient equipment and renewable energy sources. Adventure games, sporting contests, interactive activities for children and adults (VR, Dance Pad, Play Station, Xbox etc.) became traditional for each Festival. The official part of all Festivals is announcement of the results of competitions held as a part of the pre-Festival campaign. Prizes and gifts were presented to the winners by the heads of the executive agencies of Leningrad Oblast, representatives of enterprises and sponsoring organizations. For example, the contest of videos “Energy Life Hacks” is becoming more and more popular from year to year where bright and comprehensible ideas in the field of energy efficiency and energy saving are demonstrated. A contest for creation of the best art object from plastic bottles does not lag behind. The number of the objects presented is growing along with the level of their artistic performance and there are more and more real works of art.

2020 is marked by the fifth anniversary of the #VmesteYarche Festival. The festival took place on the 5th of September in Gatchina, in the Stanislav Bogdanov Square. Despite restrictive measures, the fifth Festival was supported by all the municipal districts of Leningrad Oblast. The Governor of Leningrad Oblast A. Yu. Drozdenko, representatives of 8 state committees, those of 10 energy companies and 6 leading higher educational institutions of Saint Petersburg took part in its organization and implementation. About 100 participants were awarded with certificates and prizes for participation in contests.

As usual, a lot of new and interesting things appeared at the fair of technologies: organic wall panels for building of houses, biopositive food products, solar powered chargers, a bike generator, biodegradable starch bags, a solar quadcopter, a robot-painter and a robot-guide... Many advanced developments ready to be launched into production were proposed by schoolchildren and students.



An extensive collection of energy-saving equipment was demonstrated at stands of the BioCom Project: solar panels and solar water heaters, a compact wind-powered generator, a photovoltaic module, an external combustion engine (Stirling engine), a biogas plant, a block-type heat point, a heat pump. All interested persons could get colourful booklets with available information about energy saving. The stand aroused a keen interest of the Governor of Leningrad Oblast A. Yu. Drozdenko and heads of fuel and energy companies of Leningrad Oblast. The Project experts answered a number of questions from the festival attendees about practical application of solar panels and heat pumps, told about main principles of energy saving.

The #VmesteYarche Festival is attracting more and more participants from year to year. It can be called a really bright, important and expected event in the social life of Leningrad Oblast. Figures 1–4 show the opening ceremony of the festival, the training material on renewable energy produced in the BioCom project, the presentation point of the BioCom project and the project staff. The photos also show the governor of the Leningrad region A.J. Drozdenko visiting the project demonstration point.



**FIGURE 1.** Opening of the festival #VmesteYarche in the city of Luga (2019)



**FIGURE 2.** Project training materials developed by Xamk and IAEP



**FIGURE 3.** Presentation of the BioCom project at the Luga Festival



**FIGURE 4.** The Governor of the Leningrad Region A.J. Drozdenko at the BioCom project stand in Hatsina (2020)

# DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL PROGRAMMES FOR ADULTS

A.F. Erk & I.B. Uzhinova & V.A. Razmuk

Training of subject matter specialists of agricultural enterprises is one of the most effective methods of energy saving and improvement of energy efficiency in agricultural production. Based on the best practice of IEEP's holding seminars and advanced training courses for specialists of the agricultural-industrial complex on energy saving in the period from 2003 till 2020 and taking into account the experience of domestic energy companies, methodology for teaching energy saving in the agricultural-industrial complex has been formed within the framework of the BioCom Project. A particular attention is paid to development of educational programmes.

## Requirements for educational programmes:

- Clear statement of the training goal.
- Consideration of the peculiarities of activities for energy saving and energy efficiency improvement at agricultural facilities different in terms of type and nature of activity.
- Consideration of a wide range of topics and mandatory character of professional training in the field of energy saving.
- Analysis of the target audience. Degree of detail of this analysis depends on a specific case and its result is a professional portrait of a potential attendee for whom the educational programme is designed.

Teaching a qualified adult is productive only if the knowledge gained corresponds to the work tasks to be solved, so that during the training phase the attendee understands how to apply the knowledge at his/her workplace. Taking into account the experience of psychologists and teachers studying the peculiarities of teaching the adults, the importance of motivation the agricultural-industrial complex specialists to acquire new professional knowledge and skills, as well as to grow a career, is noted. The motivational factor determines presence or absence of target orientation of the agricultural-industrial complex specialists towards professional development.

The training goal is to form a required level of professional knowledge to plan and to implement the measures for energy saving and production energy efficiency improvement. The target audience includes managers and engineering and technical personnel of the agricultural-industrial complex enterprises.

At present, basis for the training of specialists is the basic educational programme approved by Order of the Ministry of Energy of Russia No. 148 dated April 07, 2010. This programme allows to take into account the peculiarities of carrying out the activities for energy saving and energy efficiency improvement at various agricultural facilities.

In the course of training, the attendees study the regulatory framework in the field of energy saving: federal laws, certain legislative acts of the Russian Federation, the Energy Strategy of Russia for the period up to 2030 approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 1715-r dated November 13, 2009. A special part of the programme is devoted to the study of structure and content of the energy performance certificate, its registration in the SRO and the Ministry of Energy, the thermovision inspection of agricultural enterprise, the electric energy quality evaluation, the system of interaction with energy suppliers.



**FIGURE 1.** Training of specialists at the BioCom Centre

The next important sections of the training are introduction to the measures for energy saving and energy efficiency improvement; study of new energy-saving equipment and technologies, process automated control systems (ACS); familiarization with methods for calculation of illumination of premises and for selection of optimal lighting fixtures with energy saving lamps, control of electric drives by means of frequency controllers, selection of type of frequency regulation. The attendees are interested in familiarization with renewable energy sources and calculations of their efficiency when used in agricultural production. The energy service is studied as a tool for financing the measures aimed at energy saving. The attendees become acquainted with models of energy service activities, energy service contracts, and modern tools to monitor consumption of energy resources. Figure 1 shows the experts who participated in the training event.

As noted above, in our case the target audience is represented by managers and engineering and technical personnel of the agricultural-industrial complex enterprises. However, in order to select an optimal educational programme for a specific employee-attendee, this general information is not enough. It is necessary to take into account the duties of this employee, his/her professional qualification, interest in career growth, accumulated industry-specific experience. All these peculiarities are of decisive importance when selecting a subject matter and level of complexity of the training course. This specification provides an individual approach to education which, over the past decades, has successfully showed itself and continues to collect arguments in its favour, especially as to the professional training of the adult working people who already have primary qualification.

Psychologists and teachers studying the peculiarities of teaching the adults have long ago established a decisive importance of motivation to acquire new professional knowledge and skills as well as to grow a career. It is known that for the adults the motivation to learn remains at a high level only when they see an immediate prospect of applying new knowledge in practice: a postponed, unobvious or incomprehensible result of their efforts, as a rule, becomes a strong demotivator for them. In this case, the training can be perceived as “another doubtful undertaking”, and this undesirable attitude quickly spreads within the whole team. To avoid this, a special (including psychodiagnostic) work shall be carried out with each employee sent for training to identify the individual professional goals that are planned to be achieved through the additional professional training. Usually, the professional-psychological diagnostics is carried out by the HR departments or services. As of today, such departments are present in the majority of large agricultural enterprises. The task of the HR staff working with employees of agricultural enterprises is to form and systematically maintain a whole number of conscious and stable attitudes among the employees, and examples of such attitudes are given below.

1. “Energy saving is a common corporate mission that unites the entire team and distinguishes a modern agricultural enterprise where one wants to continue working.”
2. “Energy efficiency is not just a slogan, but a part of the corporate culture of organization, its significant characteristic that distinguishes a successful enterprise from an unsuccessful one.”
3. “A referral to advanced training from an enterprise is an investment in the expertise and future career growth of the employee, a gesture of good faith from the employer’s side.”
4. “New knowledge and training are of great value; they make a person better day by day.”

The attitudes listed are designed to resonate with the employees having different key motives. For those motivated by material interests, the training is a profitable investment in their career growth, a condition for being promoted to a post with higher salary. For those motivated by group affiliation (in this case, to a labour collective), the training is a way of introduction to the corporate culture. For employees with an expressed need for respect and appreciation,

the training is a well-deserved award and encouragement from the management. Study of key motives of the target audience allows the management to accurately formulate and to set subjective relevant goals for the employees to achieve. This is the answer to the question “*Whom to teach?*”. As a result, it can be noted that the motivational factor determines the employee’s orientation towards the career development and the personal growth.

Another factor that requires a special attention is the qualification factor, since it directly influences the choice of two main characteristics of the training – subject matter and level of complexity. These characteristics constitute the answer to the question “*What to teach?*”.

Skill profile of employee-attendee consists of the following data:

- speciality and specialization
- level of competence
- acquired expertise
- experience in working in various capacities
- special achievements
- requirements specified in the occupational standards to the current position
- prospects for further career progression at the enterprise.

Obviously, employees with different skill profiles have different tasks and objectives, and the professional training must correspond to them as precisely as possible.

The last factor answering the question “*How to teach?*” is an organizational and technical one. This factor anticipates a detailed description of the training forms, methods and means. As of today, the remote training is gaining more and more popularity. It has become especially relevant in the event of regular and mandatory advanced training of those categories of personnel of enterprises for whom a long-term out-of-service training is impossible. In these cases, the remote training is an undeniable advantage over the traditional (in-person) training. However, one shall bear in mind that the remote training requires a long-term, rather expensive and detailed study of electronic educational routes and consideration of a number of psychological characteristics of potential attendees. It is worth noting that list of significant psychological characteristics will vary for different professions. In case of the remote training, all these details shall be developed in advance and taken into account in the finished e-learning product (for example, a training website or portal), while in case of the traditional (in-person) training, such questions (*How to teach?*) are solved in the process of direct interaction of the teacher with the students.

In the near future, it seems practical and advisable to introduce and to use a combined form of advanced training for agricultural-industrial complex specialists according to the energy saving programmes of various levels of complexity, which will combine elements of the in-person training and remote one.

# BIOECONOMY AND RENEWABLE ENERGY SECTOR IN LENINGRAD OBLAST

E.V. Timofeyev & L.Yu. Smirnova & A.F. Erk & A.N. Efimova

## FAMILIARIZATION OF BIOCUM WORK GROUP WITH THE INNOVATIVE PROJECT “TECHNOLOGY OF GEOTHERMAL HEATING OF SCHOOL”

On February 09, 2021, it took place a business trip of the Russian participants of the BIOCUM Project (researchers of the renewable energy sources laboratory of Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Centre VIM”) to Zhitkovo, Vyborgsky District, Leningrad Oblast. The local school became the first educational institution in the region that is heated by energy of the Earth.

The participants of the trip got acquainted with operation of the heating system and studied the installed equipment. Prior to that, the Zhitkovo school was heated by electric convectors. Use of such heat sources is associated with high economic costs. After installation of an alternative heating system, the heating costs decreased fivefold and the reliability of the heat transfer increased significantly.

Launch of geothermal heat pumps for heating the Zhitkovo school of Vyborgsky District of Leningrad Oblast took place on December 25, 2020. Transition of the Zhitkovo school to geothermal heating is a pilot project for Leningrad Oblast which can be successfully replicated in other institutions of the region which will allow to improve energy efficiency of the facilities and to reduce operating costs. Figure 1 shows the facade of the Zhitkovo school.

The heat pumps used in the heating system are manufactured at Heating Equipment factory in Tosno city (Leningrad Oblast), the main production site of Thermex Energy in Russia. The initiator of the project was Leningrad Oblast State Public Institution “Centre for Energy Saving and Energy Efficiency Improvement in Leningrad Oblast”.

According to the preliminary calculations, the transition to energy efficient geothermal heating will reduce the corresponding annual costs by 75%. Payback period for the upgrade of the heating system is about 6 years.

The general operating principle of a heat pump can be described as a “refrigerator vice versa”. The heat pumps extract heat energy stored in the environment and send it to the heating system. For a geothermal heat pump, the source of heat energy is the soil – its temperature is below the freezing depth almost all year round, ranging from +5 to +10 °C. This ensures a stably high efficiency of the heating system, even in the coldest winter.



**FIGURE 1.** Zhitkovo school building

## **GENERAL OPERATING PRINCIPLE OF GEOTHERMAL HEAT PUMP SYSTEM**

For a geothermal heat pump, the source of low-grade heat energy is the soil – its temperature is below the freezing depth almost all year round, ranging from +5 to +10 °C.

The low-grade heat energy of the soil is accumulated through a geothermal loop– geoprobes (HDPE-pipes) are inserted into wells, a non-freezing heat medium circulates through them, thus accumulating the heat of the soil and brings it to the heat pump.

In the heat pump, the heat accumulated from the soil is transferred through an evaporator from the heat medium to a coolant, the latter heats up and turns into a gaseous form. A compressor in the heat pump sucks in the coolant that turned into a gaseous form and compresses it, which greatly increases the coolant pressure and temperature.

The hot gaseous coolant enters a condenser in which the heat is transferred to the heating system (first to a buffer tank and from there the heat medium is distributed to the heating system of the building (to radiators)).



The coolant that turned back into a liquid form during the cooling process, after the pressure and temperature decrease by means of an expansion valve, goes back to the evaporator and can again accumulate heat from the environment. The cycle starts over.

The business trip of the experts took place in full compliance with all sanitary norms and rules established in connection with COVID 19.

The business travellers got acquainted with structure of the heat pump, pipework routing system with the heat medium around the entire inner perimeter of the school building, made sure that the radiators maintained a comfortable room temperature (22 °C). Aleksandr Fedorov, the Technical Director of Thermex Energy LLC, specialist in heat pumps, answered technical questions. Svetlana Ivanovna Ziguinova, the school director, personally told about stages of the construction and also that she was optimistic about the bold proposal for use of alternative energy sources. The BioCom Project experts also consider this practice interesting and promising. Figures 2.1 and 2.2 show the staff of the Zhitkovo school as well as the project staff getting acquainted with the technical facilities of the school.



**FIGURE 2 (1,2).** BioCom project team in the Zhitkovo school building

# FAMILIARIZATION OF BIOCOM EXPERTS WITH INNOVATIVE INFINITE FREEDOM PROJECT

E.V. Timofeyev & L.Yu. Smirnova & A.F. Erk & A.N. Efimova

On November 25, 2020, a business trip of the Russian participants of the BioCom Project took place to Red Lake Ski Resort, located 90 km away from Saint Petersburg, where the world's first energy-independent house of the Infinite FreeDom system was built. Larisa Yuryevna Smirnova, the representative of Leningrad Oblast State Public Institution "Centre for Energy Saving and Energy Efficiency Improvement in Leningrad Oblast", Sergey Aleksandrovich Nevolin, the General Director of Small Innovative Enterprise of Saint Petersburg State Agrarian University – Ananta LLC, and a group of employees from IEEP – branch of FSAC VIM took part in the business trip. Alternative energy sources used in the energy-independent house of the Infinite FreeDom system were shown to the experts:

- A wind-powered generator, structurally upgraded for the conditions of the North-Western region. Geometry of the blades is designed for an efficient operation at low wind speeds; fundamentally new units with wave gear are used.
- A solar system installed on the wall of the house and capable to adjust the angle of solar water heaters.
- An automatic control and monitoring system for the energy-independent house.

The created system is able, even in remote areas, to reduce the need for expensive laying of power supply mains and fuel delivery, as well as to reduce the level of environmental pollution.

The short-range plans of Saint Petersburg engineers are to create in Russia another model of autonomous house. It will be as close as possible in terms of the format to buildings that need power supply in remote areas (farm, villa etc.). The model is intended for illustrative purposes, as well as to train all those interested in development of environmentally friendly energy supply. In the future, it is planned to launch a serial production of Infinite FreeDom systems with installation, maintenance and monitoring. At the same time, the energy supply for the production complex itself will also be carried out entirely from renewable energy sources.

# BUSINESS TRIP OF BIOCOM EXPERTS TO EVOBIOS BIOGAS PLANT

A.F. Erk & E.V. Timofeyev & V.A. Razmuk & L.Yu. Smirnova

In 2020, a group of the BioCom Project experts visited an experimental farm – Pervomaiskiy Breeding Farm JSC, to get acquainted with operation of the existing biogas plant. The plant was developed by EVOBIOS, the Russian company, which made its own adjustments to the technology for producing alternative energy from organic wastes, making it affordable and economically feasible. The EVOBIOS technology constantly maintains a substantially greater (in terms of volume units) number of bacteria in the bioreactor than in the biogas systems of traditional design, which ensures compactness and high productivity of the biocomplex.

It should be acknowledged that, for a long time, approach to the processing of organic wastes and the production of biogas from them was extremely conservative. Basically, it was planned to create large processing plants where organic wastes were to be delivered from the nearest agricultural enterprises. This approach was and remains expensive.

The project implemented in October 2019 at Pervomaiskiy Breeding Farm JSC (the village of Plodovoye, Priozersky District, Leningrad Oblast) accelerates the process of biogas production by more than 10 times as compared to the “classic” technologies. The biogas complex in Plodovoye created by EVOBIOS company has no Russian or foreign analogues. Its main feature is the flow-through principle of operation.

In terms of improving the environmental situation, the following positive effects are achieved:

- cessation of atmospheric emissions of methane, hydrogen sulphide, greenhouse gases and other decomposition products of organic wastes
- cessation of flow of contaminated wastes into soil
- prevention of ingress of biogenic elements into storm, ground, spring flood and other waters
- reduction of use of mineral fertilizers that negatively affect soil.

Anaerobic (oxygen-free) fermentation of the biomass (cattle manure) takes place in the bioreactors, and it produces biogas (methane is more than 75%, carbon dioxide is about 25%, hydrogen and hydrogen sulphide is less than 1%) owing to the action of hydrolytic, acid-producing and methane-producing bacteria. More than 60 m<sup>3</sup> of biogas can be obtained

from 1 ton of pig manure or cattle manure, up to 100 m<sup>3</sup> – from 1 ton of chicken manure. In terms of calorific capacity, 1 m<sup>3</sup> of biogas is equivalent to 0.8 m<sup>3</sup> of natural gas, 0.7 kg of mazut, 0.6 kg of petrol, 1.5 kg of firewood.

Productivity of this complex equals to processing of up to 100 tons of cattle manure per day. At the same time, electric energy and high-quality organic fertilizers, complying with the GOST requirements, are produced. The resulting electric energy and organic fertilizers are planned to be used for the needs of the agricultural enterprise. Figures 1.1 and 1.2 show the project staff getting acquainted with the biogas plant's reactor building and other buildings.



**FIGURE 1 (1,2).** A trip of BioCom experts to the EVOBIOS biogas plant

# ENERGY SURVEY OF PILOT FARMS IN LENINGRAD OBLAST

A.F. Erk & V.A. Razmuk

## ENERGY SURVEY METHODOLOGY AND NEW INDICATORS FOR ASSESSMENT OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS

### 1. Methodology for mandatory energy surveys

**Goal:** Obtaining objective data on the volume of energy resource use, including:

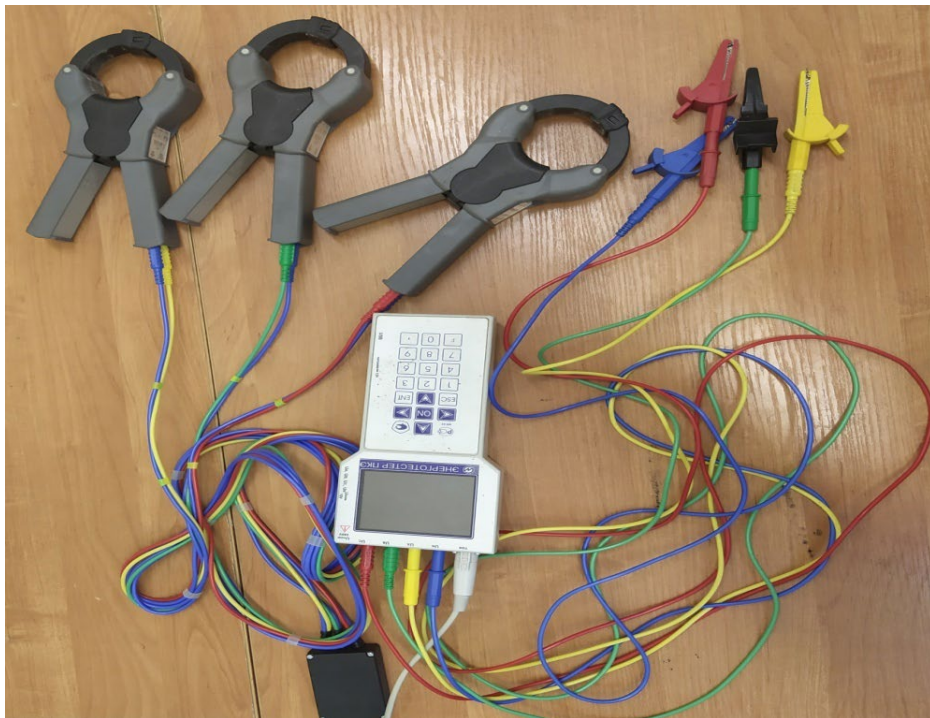
- Determination of the energy efficiency indicators and determination of the causes of irrational energy consumption.
- Determination of the potential for energy saving and energy efficiency improvement.
- Development of the list, monetary valuation and payback period assessment of the measures for energy saving and energy efficiency improvement.

### 2. Types of activities performed (services rendered)

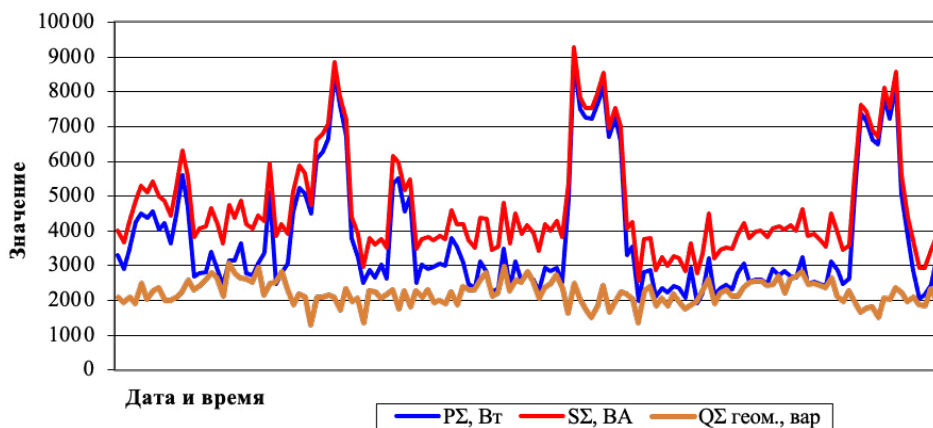
#### Electric power supply system

- survey and qualitative assessment of the structure of external power supply at the voltage level of 0.4 kV, technical condition of distribution networks, accounting systems, the level of reliability of external and internal power supply
- registration of current and voltage values on incoming and outgoing lines with the use of stationary devices installed in the main switchboard (ammeters, voltmeters, general summarizers)
- measurement of actual values of current load in phases for the most energy-intensive consumers (on outgoing lines) with the use of portable devices
- measurement of actual values of power (active and reactive) in phases for the most typical (or energy-intensive) electric drives using portable measuring systems
- analysis and assessment of the trend of electric power consumption at the surveyed facilities (dynamics and seasonality of electric power consumption)
- assessment of technical condition of outdoor and indoor lighting (type, number and power of existing lamps) and determination of actual values of natural illumination factor
- identification of reasons for inefficient use of electric power
- heat monitoring of electric equipment
- development of measures for rational use of electric power with assessment of their effectiveness and volume of costs for their implementation.

Figure 1 shows the measuring device PKE used for measuring the quality of electrical energy, and Figure 2 shows a graph drawn by the measuring device of the variation of electrical power at different times of the day.



**FIGURE 1.** PQ Electric Tester

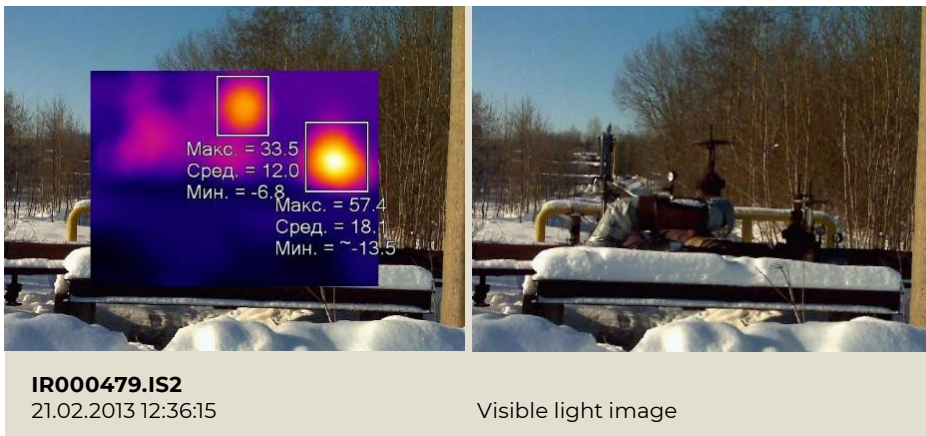


**FIGURE 2.** Power Change Within 24 Hours

### Heating system

- determination of actual heat losses through thermal insulation of pipelines
- analysis of actual and standard specific flow rates of the heat medium to achieve comfortable temperatures
- analysis of distribution of heat loads in heating and hot water systems
- assessment of actual and specified indicators, comparative analysis of actual operating modes of equipment and standard indicators
- development of measures for rational use of heat energy with assessment of their effectiveness and volume of costs for their implementation.

Figure 3 shows a district heating pipe running on the ground and a thermal camera image of that pipe.



**FIGURE 3.** Open Heat Pipeline

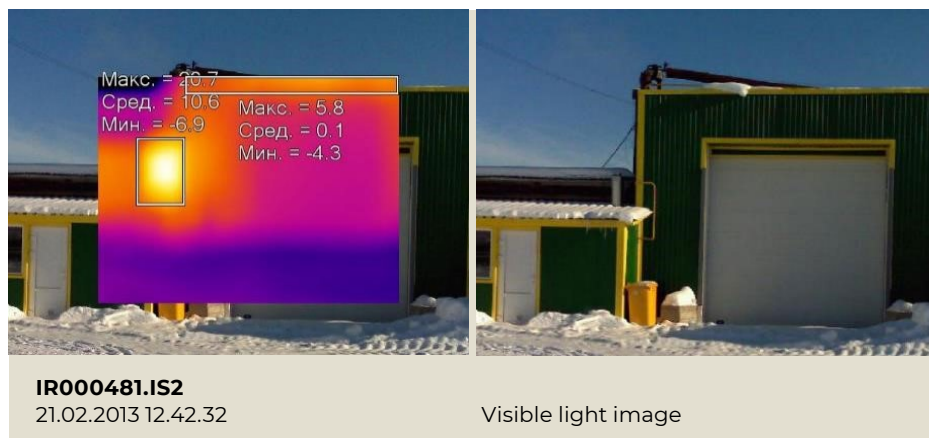
### Water supply and water disposal system

- drawing up of a balance of water consumption and water disposal
- analysis of the system of accounting and control of water supply and water disposal
- development of measures for rational use of water supply and water disposal.

### Enclosing structures

- thermal imaging of external enclosing structures and processing of results
- development of measures to increase the thermotechnical efficiency of enclosing structures and reduce the heat energy losses with assessment of their effectiveness and volume of costs for their implementation.

Figure 4 shows the machine repair shop building and a thermal camera image of the building.



**FIGURE 4.** The machine repair shop building

### 3. Energy saving measures for agricultural enterprises

Based on the results of energy surveys, basic measures for energy saving and energy efficiency improvement in agricultural production were identified. Marketing researches of their relevance determined the priorities for use. For convenience, the measures can be classified as organizational and economic measures, technical ones and structural and energy ones.

**Organizational and economic measures are:**

- training of personnel responsible for production energy efficiency improvement and training of all the personnel in energy saving
- scheduled inspections of buildings and equipment
- thermovision inspections and energy audits
- test of utility metering instruments
- repair works in accordance with energy efficiency requirements.

The important economic methods of energy saving are introduction of systems of motivation and stimulation for energy saving, management decision making in the field of energy saving.

The organizational and economic measures are carried out with using minimal resources (human, financial, technical etc.). It is difficult to directly determine energy saving and payback period. However, they are important in improving the energy efficiency of agricultural production.



Technical measures are aimed at replacement of equipment with more energy-efficient one (improvement of the energy efficiency class), as well as introduction of new energy-saving equipment. Analysis of the in-demand technical measures showed that the most significant of them are:

- improvement of the lighting system
- automated control of electric drives
- economical water heaters
- local electric heaters.

One of the most promising ways to save electric energy is to replace the existing incandescent lamps with the energy-saving ones. Figure 5 shows a barn building whose interior lighting is implemented with LED lamps.



**FIGURE 5.** Lighting of Cattle Barn with LED Lamps

Improvement of the lighting system includes introduction of automated control systems inside cattle barns, street lighting etc. The payback period, starting from introduction of lighting ACS, is from 1.1 to 2 years.

Automated control systems for electric drives are, after lighting, the second most important technical measure. The variable-frequency electric drive is recognised as the most efficient energy-saving and resource-saving device, environmentally friendly technology. The electric drives frequency regulation is carried out in water intake, ventilation and microclimate

systems, in vacuum pumps of milking machines and in various conveyors. The payback period, starting from introduction of variable-frequency electric drive, is from 0.5 to 2.0 years. Figure 6 shows the exterior and interior of the frequency converters' controller cabinet.



**FIGURE 6.** Frequency Converter Control Cabinet

Replacement of outdated equipment with energy-saving one having high energy efficiency classes is a natural process of decrease in energy consumption by the agricultural production. This mainly concerns:

- submersible and vacuum pumps with control systems
- energy-saving water heating units for heating water for the process needs of livestock farms
- water treatment systems
- local IR-heating of young animals and auxiliary rooms
- water heating systems for process needs
- heating systems of rooms for drying clothes and footwear of farm workers, equipped with water and solid-state battery of off-peak energy.

In this case, the payback period is determined individually and ranges from 1.4 to 5.5 years.

Measures for heat energy saving are especially relevant in winter given the low consumption of heat energy in the agricultural production (about 3% of the total consumption of fuel and energy resources). The payback period, starting from implementation of the methods for heat energy saving, is from 0.8 to 4.0 years.

Satellite monitoring of the traffic of vehicles – tractors and cars – is used in the agricultural production more and more intensively. The payback period, starting from introduction of this equipment, owing to road fuel saving is from 0.8 to 3.9 years.

**Structural and energy measures** are aimed at involvement of secondary energy resources, local and renewable energy sources to the energy balance of agricultural enterprises. Optimization of the structure of energy flows of agricultural enterprise comes to determination of the combination of energy resource use in which specific energy consumption reaches a minimum.

Many livestock farms use heat exchangers to heat the milking units by utilizing the animal heat. Use of air-to-air and water-to-air heat pumps on farms and in residential houses is expanding. However, payback period of such systems is long – from 7 to 9 years.

Popularity of systems using wood and plant wastes, local fuels instead of traditional energy resources, as well as gas generators and wind-powered generators, is increasing. Moreover, the wind- powered generators in water lifting and heating systems pay off in 4.7 years.

Solar energy is used mainly in two ways – in the form of heat energy (through the use of various thermal systems) or by means of photochemical reactions. The most widespread technologies are the use of solar energy for hot water supply and heating. Low-temperature energy is sufficient for these purposes. In agriculture, solar collectors can be used to heat water for process needs in livestock breeding, to heat water and soil in greenhouse facilities and to heat water in auxiliary rooms (workshops, garages etc.). In everyday life, to heat water in tanks for irrigation and process needs, in swimming pools. The payback period for such systems is 6.5 years. Figure 7 shows solar water heaters.



**FIGURE 7.** Solar Water Heaters

Photovoltaic systems (solar batteries) provide the most durable and environmentally friendly way to convert solar energy.



**FIGURE 8.** Photovoltaic Power Station

Solar batteries have a wide range of applications: lighting, powering household electric appliances and pumps to raise water in remote rural areas; power supply of ecologically clean areas of mass recreation and treatment; provision of radio- and telecommunication systems, beacons, buoys. Figure 8 shows a panel generating solar electricity as well as a system control device and an inverter. In the agriculture of Leningrad Oblast, there are consumers remote from the centralized energy systems – bee houses, premises for keeping sheep, buildings for small commodity production, premises for fishing artels, villages, work points. Use of renewable energy sources, including solar radiation, would allow to solve the energy problems of remote consumers. The disadvantage is a long payback period of the systems with photovoltaic modules – about 10 years.

# GENERATION SOURCE SELECTION (RENEWABLE ENERGY SOURCES)

A.F. Erk & E.V. Timofeyev

Modern agricultural enterprises have a large number of small energy consumption facilities: farms, cattle yards, administrative buildings, post-harvesting facilities for plant products, warehouses, storage facilities etc., which are located at different distances from energy sources. The centralized power supply is carried out from low-power transformers through long-range overhead power lines. The electric power consumption is uneven throughout the day, quality of electric power is low, there are big energy losses in rural networks.

Recently, the issue of decentralized (autonomous) power supply for a number of loads in rural areas has been increasingly considered. The decentralized power supply can be carried out from a variety of low-power generators with using local and renewable energy sources.

The generation facilities can be both traditional (diesel generators, gas-reciprocating units) and renewable energy sources (wind-powered generators, solar stations, micro hydro power stations). The main reason for using the renewable energy sources can be reduction in the main fuel consumption (economic effect). However, replacement of the traditional source with a renewable energy source will have a positive impact on the environmental indicators, too.



**FIGURE 1.** Power Supply Structure Diagram

a) – for heating and hot water supply, b) – for lighting, electric drives, control systems

Selection of the generation sources can be determined by both economic and environmental criteria. The cost of kW\*hour of energy (both electric and heat) is an economic criterion. As an environmental criterion we take the total specific emission of pollutants from energy generation (pollutants in g/kW\*h) at local generation sources of energy supply. Figure 1 shows the different sections of energy supply in diagrammatic form; heating and hot water production as well as lighting, use of electricity and control systems.

## CONCLUSIONS

When conducting energy surveys, we recommend:

- To conduct mandatory energy surveys with development of energy saving measures for agricultural enterprises.
- To make an energy-ecological assessment of technologies and technical means.
- When choosing sources of generation, to consider the possibility of using the renewable energy sources.
- To assess the feasibility of transferring the motor vehicles to biogas.

# ENERGY EFFICIENCY OF AGRICULTURE IN RUSSIAN LEGISLATION

L.Yu. Smirnova

## LEGISLATIVE FRAMEWORK FOR ENERGY SAVING IN LENINGRAD OBLAST

Legislation on energy saving and energy efficiency improvement consists of the Federal Law No. 261-FZ dated November 23, 2009 [1], other federal laws, other regulatory legal acts of the Russian Federation adopted in accordance with them, as well as laws and other regulatory legal acts of constituent entities of the Russian Federation, municipal legal acts in the field of energy saving and energy efficiency improvement.

Federal Law No. 261-FZ regulates the relations as to energy saving and energy efficiency improvement.

The purpose of this Federal Law is to create legal, economic and organizational bases for stimulating the energy saving and energy efficiency improvement.

Legal regulation in the field of energy saving and energy efficiency improvement is based on the following principles:

- efficient and rational use of energy resources
- support and stimulation of energy saving and energy efficiency improvement
- consistency and integrity of measures to save energy and improve the energy efficiency
- planning of energy saving and energy efficiency improvement
- use of energy resources with taking into account the resource, engineering and manufacturing, environmental and social conditions.

This Federal Law is applicable to the activities relating to the use of energy resources.

The provisions of this Federal Law, established in relation to energy resources, are also applicable to water supplied, transferred, consumed using the centralized water supply systems. The provisions of this Federal Law, established in relation to the organizations carrying out the regulated activities, are applicable to the regulated activities carried out by these organizations.



The powers of the federal executive authorities in the field of energy saving and energy efficiency improvement provided for by this Federal Law may be transferred to the executive authorities of constituent entities of the Russian Federation by decrees of the Government of the Russian Federation in the manner established by Federal Law No. 184-FZ of October 06, 1999.

The powers of the state authorities of Leningrad Oblast as a constituent entity of the Russian Federation in the field of energy saving and energy efficiency improvement include:

- implementation of state policy in the field of energy saving and energy efficiency improvement in Leningrad Oblast as a constituent entity of the Russian Federation
- development and implementation of regional programmes in the field of energy saving and energy efficiency improvement
- establishment of requirements for programmes in the field of energy saving and energy efficiency improvement of organizations carrying out the regulated activities, if prices (tariffs) for goods and services of such organizations are subject to establishment by the executive authorities of Leningrad Oblast as a constituent entity of the Russian Federation
- establishment of the list of mandatory measures for energy saving and energy efficiency improvement in relation to the common property of owners of premises in apartment building
- information support on the territory of Leningrad Oblast as a constituent entity of the Russian Federation, measures for energy saving and energy efficiency improvement determined as mandatory ones by the federal laws and other regulatory legal acts of the Russian Federation, as well as provided for by the regional programme in the field of energy saving and energy efficiency improvement
- coordination of the measures for energy saving and energy efficiency improvement and monitoring of their implementation by state institutions and state unitary enterprises of Leningrad Oblast as a constituent entity of the Russian Federation
- implementation of the regional state monitoring (supervision) over compliance with requirements of the legislation on energy saving and energy efficiency improvement on the territory of Leningrad Oblast as a constituent entity of the Russian Federation
- exercise of other powers in the field of energy saving and energy efficiency improvement referred by the Federal Law and other federal laws to the powers of the state authorities of constituent entities of the Russian Federation.

The powers based on decision of the authorized executive body of Leningrad Oblast as a constituent entity of the Russian Federation may be exercised by a state institution (budgetary or autonomous), subordinated to it, whose activities include information support of the measures for energy saving and energy efficiency improvement.

# CREATION OF DEMONSTRATION ZONES

A.F. Erk & A.N. Efimova

A planned demonstration zone of high energy efficiency of production in the selected farm of Leningrad Oblast (Pervomaiskiy Breeding Farm JSC) has several important goals. This is an introduction, testing and assessment of the energy efficiency of the newly developed and existing measures and equipment for energy saving and energy efficiency improvement in agricultural production with using local and renewable energy sources (solar energy, wind energy, secondary energy resources, wood wastes).

The main task of the demonstration zone is to improve the education system in the field of energy saving.

Target audience: schoolchildren, students, specialists responsible for energy saving on farms, enterprises and state agencies, heads of institutions and organizations with participation of the state or municipalities, heads of enterprises, residents of Leningrad Oblast.

Creation of the demonstration zone of energy saving contributes to the visual informing of the target groups about the benefits that the energy saving in production and in everyday life provides at the level of a settlement, region, country, various sectors of economy and family budget. Here you can learn about efficient use of energy in any field of activity, learn about modern methods of efficient use of energy resources, about Russian and international experience in the field of energy saving.

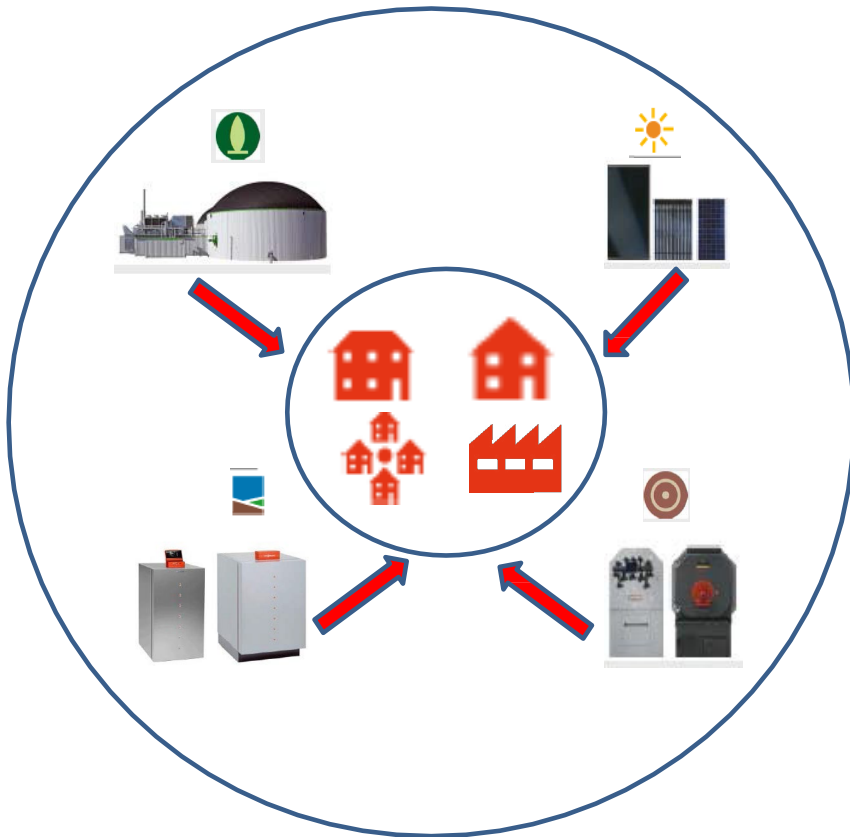
The demonstration zone is primarily an educational centre. It is designed to promote self-education of the residents of Leningrad Oblast, improve qualification of subject matter specialists (including re-training and certification), expand educational opportunities for schoolchildren, students of specialized secondary establishments and higher educational ones. Peculiarities of training in such a centre consist in a visual demonstration of energy-saving facilities and equipment, innovative technologies and research and engineering developments. An additional platform is being created for the exchange of experience in the field of energy saving.

On the basis of the demonstration zone, a whole range of the measures for energy saving and energy efficiency improvement can be presented, including:

- organizational measures
- improvement of lighting systems (replacement of lamps with energy-saving ones, introduction of automation equipment)
- introduction of energy saving equipment of higher energy efficiency class (circulation and vacuum pumps etc.)
- measures to save heat energy in winter
- introduction of control systems for electric drives based on frequency controllers
- local IR-heating
- satellite monitoring of vehicles
- installation of systems with solar photovoltaic panels
- installation of systems with solar water heaters
- introduction of heat exchangers and heat pumps in livestock buildings
- installation of wind-powered generators.

When creating a zone of high energy efficiency, it is necessary to perform the following works:

- to choose a farm in Leningrad Oblast with certain parameters to create a demonstration zone of high energy efficiency on its basis
- to conduct an energy survey in order to identify the potential for energy saving
- to analyse the structure of fuel and energy resources consumption (electric power, heat energy, gas, road fuel, liquid and solid fuels, local and renewable energy sources)
- to monitor the volume of solar radiation, wind energy, hydraulic power, the volume of raw materials for production of biofuels and other local and renewable energy sources
- to select technical processes in which it is advisable to use energy-saving equipment
- to determine the BAT (best available technologies) using energy-saving equipment and the necessary projects are partially developed
- to determine the possible share of replacement of traditional types of fuel and energy resources with local and renewable energy sources
- to prepare a preliminary feasibility study for use of energy-saving equipment and renewable energy sources
- to develop a programme for energy saving and improvement of energy efficiency in agricultural production
- to develop and to manufacture experimental samples of the necessary equipment
- to purchase the existing serial energy-saving equipment
- to mount the plants and processing lines
- to conduct an experimental-production check
- to provide marketing research and advertising
- to conduct advanced training of service personnel.



**FIGURE 1.** Unified Power Supply Project Concept

Currently, a number of preparatory works has been completed, including substantiation of the structure of power supply for the facilities in the demonstration zone and list of the technical processes, for implementation of which energy-saving equipment is needed. Figure 1 shows the different sections of the energy supply project concept in pictorial form.

According to the research results, the most energy-intensive consumers of energy resources are technical systems of lighting, electric drive, hot water supply and heating.

The sources of energy supply remain:

- the existing energy supply sources: (centralized power supply system, intrafarm boiler room, diesel power plant of the enterprise)
- the projected solar power plant (SPP) and wind power plant (WPP).

Currently, for the pilot enterprise, the IEEP experts have developed terms of reference (TOR) for the project of the demonstration zone which includes a set of the following projects:

- an energy module for power supply of the cattle farm for 20 kW\*hour per day using solar panels
- an energy module for power supply of the cattle farm for 5 kW using a wind-powered generator
- a heating system for the milking parlour of the cattle farm using a 10.5 kW heat pump
- a water heating system for the process needs of the livestock farm using solar water heaters
- outdoor and indoor lighting systems based on energy-saving equipment from renewable energy sources
- introduction of equipment that meets the current requirements of energy-saving technologies
- creation of infrastructure for implementation of energy saving programmes, including training of specialists.

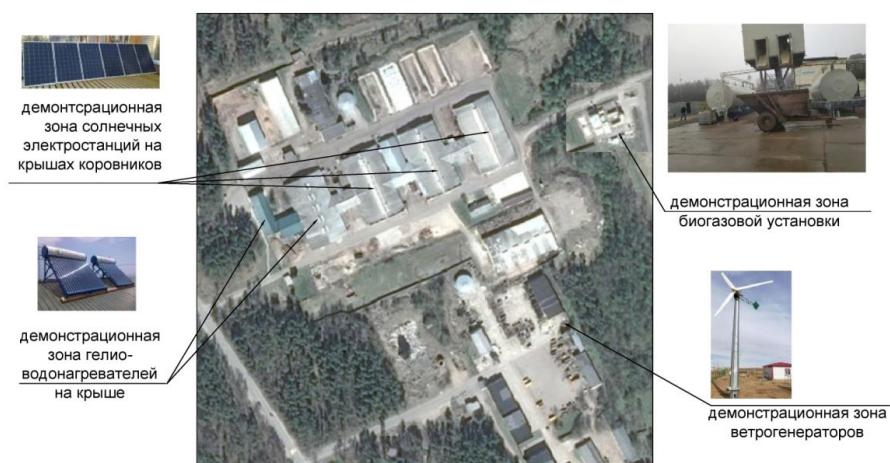
Technical and economic indicators were calculated for implementation of the project for creation of the demonstration zone in a dairy farm in Leningrad Oblast.

The expected results of creation of the demonstration zone of high energy efficiency on the basis of a dairy farm:

- By 2025, the energy intensity of milk production will be reduced by 15–27%
- Risks of non-fulfilment of the agricultural development programme due to unpredictable growth in energy prices and low reliability of energy supply have been minimized
- With decrease in energy intensity of the agricultural production by 27%, i.e. with uniform production of products over the years, the payback period will be 3.2–3.8 years.

Figure 2 shows an aerial view of the demonstration area and its various sub-areas; solar energy, biogas and wind energy production equipment.

Макет демонстрационной зоны  
АО «ПЗ Первомайский»



**FIGURE 2.** Demonstration Zone Layout Plan

The draft of the energy saving and energy efficiency improvement programme for the demonstration farm can be further spread to other farms and become a part of the general programme for energy saving in Leningrad Oblast. For its successful implementation, it is necessary to provide for incentive measures, such as subsidizing a part of the costs for purchasing energy-saving equipment, subsidizing the interest rate on obtained loans, co-financing of municipal formations, farms and the regional budget, other incentives.

# PROMOTION OF ENERGY SAVING AT STATE AND MUNICIPAL LEVELS

L.Yu. Smirnova & A.F. Erk & E.V. Timofeyev

Promotion of energy saving and energy efficiency improvement, which is carried out by the executive authorities of Leningrad Oblast and local government bodies, is oriented on a wide audience. This includes the adult population, children and youth living in Leningrad Oblast; institutions and organizations with participation of the state or a municipal formation; enterprises and organizations; employees of the executive authorities and local government bodies.

The main topics of the promotion: energy saving in everyday life; energy saving in institutions and organizations with participation of the state or a municipal formation; improvement of the production energy efficiency; reduction of energy consumption for the housekeeping needs of enterprises and organizations.

Introduction of the energy saving measures, including the educational activities, will reduce production energy intensity and costs of the residents for payment for energy resources, and reduce energy losses, too. Use of non-traditional and renewable energy sources will allow to improve the ecological situation in rural areas.

The main principles of energy saving promotion:

- personal involvement of heads of the executive authorities of Leningrad Oblast, those of the local government bodies, as well as heads of institutions and organizations with participation of the state or a municipal formation, in the promotion of energy saving
- emphasizing the relevance of the topic of energy saving and energy efficiency improvement for Leningrad Oblast
- promotion of energy-saving behaviour at workplaces and in everyday life; speaking on the topic of energy saving and energy efficiency improvement in the mass media, at external public events, meetings, forums, conferences
- speaking on the topic of energy saving before students of regular schools, specialized secondary educational establishments and higher ones
- participation in public events aimed at promoting and drawing attention to the issues of energy saving and energy efficiency improvement.

# CALCULATION MODEL FOR ESTIMATING ENERGY USE EMISSIONS ON FINNISH PILOT FARMS

Merike Kangas

Finland's targets for reducing emissions of greenhouse gases (GHG emissions) are steered by the Paris Agreement and the national objectives agreed in the European Union. Finland aims to reduce its GHG emissions by 39 per cent (compared to 2005) by 2030. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020.) Agriculture plays its part in the production of GHG emissions. In 2019, agricultural emissions accounted for 13 per cent of Finland's total emissions. According to initial reports, there has been a year-on-year increase of one per cent. (Statistics Finland, 2020.) As a member state of the EU, Finland has committed to complying with the Union's emission reduction obligations (Honkonen & Kulovesi, 2019).

*BioCom – Russian-Finnish Bioeconomy Competence Centre* is a project that seeks solutions to save energy in agriculture and reduce emissions. It was deemed necessary to develop a calculation model for estimating the amount of emissions generated on the project's pilot farms. This was a challenging task because farms produce many types of emissions. It was important to identify and select the emission sources that were most relevant for the calculator. The goal was to create a model for calculating emissions from energy use in farm conditions. The calculation model had to be as simple and user-friendly as possible. The idea was to utilise the model on all pilot farms.

Various carbon footprint and agricultural emission calculation models exist already, but only a couple of them are publicly available. The best model for this project's purpose would have been the agricultural emission calculator FarmCALC 2.1 developed by the University of Helsinki. Unfortunately, this calculator is not publicly available. (Hiltunen, 2018.) The Finnish Environment Institute SYKE has developed a tool called Y-HIILARI Hiilijalanjälki but it is not ideal for estimating agricultural emissions (Karvonen, 2013). In the light of these factors, it was decided that the best solution would be to develop a new calculator for the project.



## CALCULATION MODEL

In the planning process of the calculation model, the types of emissions produced on a farm were identified. Emissions produced on a farm can be divided into three sectors based on how they are reported. These reporting sectors are the agricultural sector, energy sector and land use, land use change and forest sector (LULUCF). In addition to this, agriculture generates indirect emissions through, for example, the manufacture of fertilisers for agricultural production. These emissions are reported as industrial emissions. (Regina et al., 2014.) This calculation model takes into account all the direct emission sectors, however, different sectors are analysed at different levels. Emissions from energy use in agriculture are estimated at a farm level. Agricultural sector and LULUCF sector emissions are analysed on the basis of statistics.

### Emissions from energy use in agriculture

For the calculation of energy sector emissions, emission factors were determined for different energy sources. These emission factors were taken from various sources. The primary source was Statistics Finland's fuel classification table.

The developers of the model for calculating emissions from energy use in agriculture utilised and took inspiration from Motiva's CO<sub>2</sub> emission (carbon dioxide emissions) calculation guidelines in order to develop the final calculation formula (Hippinen & Suomi, 2012).

Formula for calculating CO<sub>2</sub> emissions:

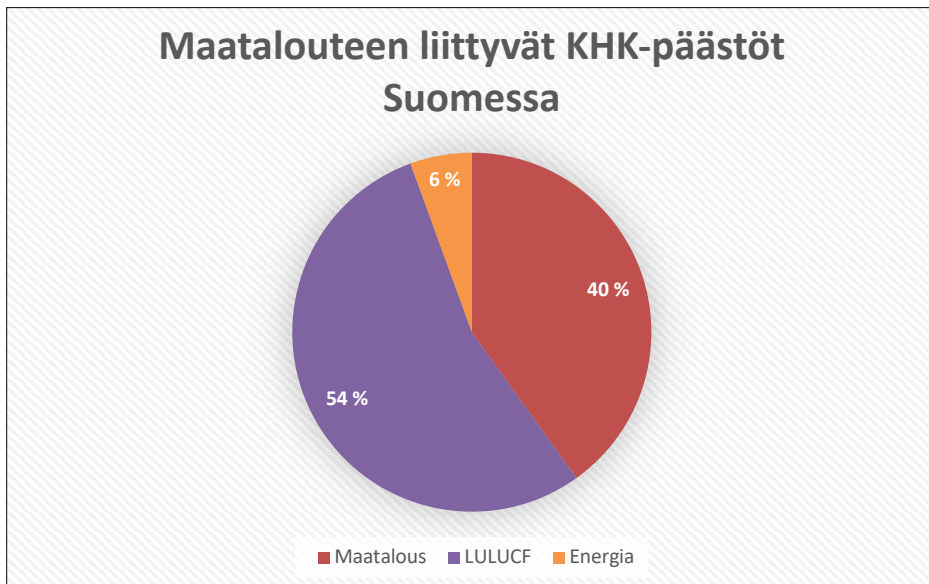
$$\begin{aligned} & \text{Energy source's energy consumption} \left( \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right) * \text{energy source emission factor} \left( \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \right) \\ & = \text{energy source CO}_2\text{emissions} \left( \frac{\text{kgCO}_2}{\text{a}} \right) \end{aligned}$$

This calculation model only takes into account carbon dioxide emissions. Other emissions, such as methane and nitrous oxide (i.e. dinitrogen oxide) emissions, are not calculated. (Hippinen & Suomi, 2012.)

### Statistics on agricultural sectors

The developers of the model referenced Statistics Finland's report on Finland's GHG emissions from 1990 to 2019 and added statistical data to the calculator. The reference year of this statistical data was 2019. (Statistics Finland, 2020.) These emissions are expressed as carbon dioxide equivalents, including both carbon dioxide emissions and methane and nitrous oxide emissions (VTT Technical Research Centre of Finland). Statistics Finland's data on Finland's GHG emissions has been identified separately for each of the aforementioned sectors. The calculation model specifies the ratios of these sectors. The result is as follows:

Agricultural energy consumption makes up six per cent of agricultural GHG emissions in Finland. The agricultural sector and the LULUCF sector make up 40 per cent and 54 per cent respectively. These are shown in Figure 1 in a pie chart form.



**FIGURE 1.** Agricultural GHG emissions in Finland

By utilising these figures and the model for calculating emissions from energy use in agriculture, the total CO<sub>2</sub> emissions of the pilot farms can be estimated.

First, energy consumption values are entered in the calculation model. Then, the model uses emission factors to convert these values to CO<sub>2</sub> emissions. In Finland, the agricultural energy use sector emissions account for six per cent. The same distribution is applied to the pilot farms. The energy use sector emissions calculated are six per cent, and the other sectors' emissions are estimated on the basis of statistical percentages.

### Using Excel spreadsheet computation for calculations

The calculation model was realised using Excel spreadsheet computation. An Excel file with five sheets (tabs) was created. The sheets were called *Welcome!*, *Agricultural emissions in Finland*, *The farm's emissions from energy use*, *Assessment of overall emissions and Energy content*.

The *Welcome!* sheet includes basic information about the use and content of the Excel table. *Agricultural emissions in Finland* specifies the average annual emissions in agriculture and the percentages of these emissions by sector on the basis of statistical data. The emission sectors under comparison are agriculture, LULUCF and energy.

*The farm's emissions from energy use* specifies a farm's applications of energy. Consumer electricity is an example of an energy application. The required amount of energy (kWh/a) is entered in the table. The software calculates the final emission level (kgCO<sub>2</sub>/a) when the energy source (e.g. electricity or solar electricity) is known. This sheet also includes additional calculators for converting the amount of energy of each energy source to the same value. For example: l/a → kg/a and kg/a → kWh/a. When every energy source uses the same unit of energy, the emissions produced by the energy sources can be calculated using emission factors.

The *Assessment of overall emissions* sheet utilises the statistics on the average size of the sectors specified in the *Agricultural emissions in Finland* sheet and compares them to the pilot farm values. The *Energy content* sheet compiles background information, including the energy sources' low calorific values, emission factors and substance densities, for the calculation of the required values. The referenced literature is listed on each sheet.

## RESULTS

In this project, an Excel calculation model was developed to specify a farm's energy use (kWh/a) and to use this data to calculate carbon dioxide emissions from energy use (kg-CO<sub>2</sub>/a). This value is compared to statistical data in order to create an estimate of the farm's overall emissions. When the farm's overall emissions have been calculated, the amount of emissions can be compared to the farm's volume of production (kgCO<sub>2</sub>/kg produced product). In addition to this, the calculation model may be used to compare the amount of emissions produced by different energy sources. For example, the user can determine the difference in emissions between direct electricity and solar electricity.

The further the calculation model was developed, the more complex it became. The calculation model may only be used for determining the amount of emissions generated by energy use in agriculture. Agricultural sector and LULUCF sector emissions are analysed on the basis of statistics. Also, it should be noted that the energy use emissions estimated by the calculation model only take into account CO<sub>2</sub> emissions and the statistics include all GHG emissions expressed as carbon dioxide equivalents. One challenge was to explain the users of the calculation model what the calculation results actually indicate. There is a risk that the results could be compared to estimates calculated via some other method too simplistically. The original purpose of the calculator, i.e. examining emissions from energy use in agriculture, was fulfilled. The fact that the calculator only considers emissions from energy use in agriculture poses some issues. The emission estimate in question took into account all energy sources including biomasses, such as logs, stems and firewood. This means that the calculation model also considers emissions from energy sources that are generally thought to be carbon-neutral. Biomass is considered to be carbon-neutral because it is believed to be a renewable material that sequesters carbon released in energy use as it regrows. (Motiva, 2020.)

## IDEAS FOR FURTHER RESEARCH

The calculation model could be developed further in order to carry out more accurate emission calculations for all three sectors. This would require more research on the operations and emissions of the agriculture and LULUCF sector. In this project, these two sectors were excluded from more detailed review. The current calculation model is best suited for estimating emissions from energy use in agriculture. During the development of the calculation model, it was evident that the role of agricultural energy consumption in overall emissions generation in agriculture is quite small. In fact, it would seem that the energy use sector is more significant in terms of costs than emissions.

However, there is a risk of the model becoming too complex and heavy if it is expanded to cover the other two sectors as well. Farms are less likely to utilise a calculation model that is difficult to use. Nevertheless, successful expansion of the calculation model could produce some additional value. A calculation model that takes into account all types of emissions could be used to assess all of a farm's operations from the perspective of emissions and to plan and change the operations in order to achieve lower emission levels. This will be especially important in future if, for example, subsidy policies are changed in a way that makes emission levels a criterion for receiving farming subsidies.

The current calculation model can be used to make rough estimates of emissions generated by all of a farm's agricultural activities, if the farm's energy use emissions are known. However, the calculation results should be taken as approximate estimates, because the emission distribution and estimates are formed on the basis of Finland's statistical median value. In addition to this, users of the calculation model should remember that the emission calculation involves some uncertainty factors. The results can only be considered as indicative, because the energy source emission factors used have been taken from several sources and the emission factors may have been formed using different calculation methods. However, the calculation model may be utilised to make initial comparisons between the emission levels of different energy sources.

## REFERENCES

- Hiltunen, H. 2018. Carbon footprint of milk production farm. Use of FarmCALC 2.1 Counter for Carbon Footprint Calculation. PDF document. Available at: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161549/Hilkka\\_Hiltunen.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161549/Hilkka_Hiltunen.pdf?sequence=2&isAllowed=y) [referenced: 24 February 2021]
- Hippinen, I. & Suomi U. 2012. Yksittäisen kohteen CO<sub>2</sub>-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO<sub>2</sub>-päästökertoimet [Instructions for calculating an individual object's CO<sub>2</sub> emissions and CO<sub>2</sub> emission factors to be used]. Motiva 2012. PDF document. Available at: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto\\_suomessa/co2-laskentaohje\\_energiankulutuksen\\_hiilidioksidipaastojen\\_laskentaan/co2-laskentaohje\\_yksittainen\\_kohde](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-laskentaohje_yksittainen_kohde) [referenced: 25 September 2020]
- Honkonen, T. & Kulovesi K. 2019. Pariisin sopimus ja kansainväliset ilmastotoimet. Suomen ilmastopaneeli. [Paris Agreement and International Climate Actions. The Finnish Climate Change Panel.] PDF document. Available at: [https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2020/03/Pariisin-sopimus-ja-kansainv%C3%A4liset-ilmastotoimet\\_final.pdf](https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2020/03/Pariisin-sopimus-ja-kansainv%C3%A4liset-ilmastotoimet_final.pdf) [referenced: 2 March 2021]
- Karvonen, J. 2013. Y-HIILARI Hiilijalanjälki tool. Finnish Environment Institute SYKE. WWW document. Updated 13 October 2020. Available at: [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_\\_kehittaminen/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Laskurit/YHiilari](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/YHiilari) [referenced: 24 February 2021]
- Motiva 2020. Bioenergian käyttö [Use of bioenergy]. WWW document. Updated 15 September 2020. Available at: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/bioenergian\\_kaytto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto) [referenced: 24 February 2021]
- Regina, K., Lehtonen, H., Palosuo T., Ahvenjärvi, S. 2014. Agricultural greenhouse gas emissions and their mitigation. MTT Agrifood Research Finland. PDF document. Available at: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/481727/mttraportti127.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [referenced: 2 March 2021]
- Statistics Finland, 2020. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2019 [Finland's greenhouse gas emissions 1990–2019]. PDF document. Available at: [http://tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp\\_kahup\\_1990-2019\\_2020.pdf](http://tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2019_2020.pdf) [referenced: 22 February 2021]

Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020. Suomen pitkän aikavälin strategia kasvihuonekaasujen vähentämiseksi [Finland's long term strategy on climate mitigation]. PDF document. Available at: <https://tem.fi/documents/1410877/2132096/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020/8cd55d4d-6de7-657f-a86f-bc79497d4756/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020.pdf> [referenced: 5 March 2021]

VTT Technical Research Centre of Finland. Carbon dioxide equivalent CO<sub>2</sub>e. LIPASTO – Road traffic. WWW document. Available at: <http://lipasto.vtt.fi/en/liisa/co2ee.htm> [referenced: 22 February 2021]

# IMPROVING ENERGY EFFICIENCY THROUGH MODELLING

Tuija Ranta-Korhonen & Viktoria Nadas & Keijo Piirainen

## INTRODUCTION

Increased energy efficiency and the introduction of renewable energy have a positive impact on the profitability and carbon footprint of agriculture. Different technical solutions help the recovery and utilisation of wasted energy generated through various processes. This issue applies to cattle farming in particular. Wasted energy could be used in other applications in cattle farms' vicinity.

Financial aid and payback periods play a key role in investments in the improvement of the energy efficiency of agriculture and renewable energy. Farms may receive investment aid through an agricultural investment aid scheme. This aid covers up to 40 per cent of all investment expenses. A farm is obliged to use the funding on the production of energy for the farm's own operations. The minimum amount granted is EUR 7,000, which means that the investment must cost at least EUR 17,500 (VAT 0%). For example, in order to receive funding for a solar electricity system, a farm must invest in a 12–15-kWp system with an annual energy generation of approximately 10,200–14,250 kWh. (Hollmén, 2017.)

## MODELLING SUPPORTING INVESTMENTS

A farm must invest a significant amount of money if it plans on changing its energy system and renovating its production structures and buildings. Careful investment plans have to be made and the envisaged investments' economic impact on the company's operations as well as the payback period should be assessed from multiple perspectives. By modelling different scenarios, the impact of investments in energy efficiency and renewable energy on a company's energy use and economic viability can be analysed. Modelling takes into account the current state of a farm's production buildings and systems and assesses the impact the investments would have on them.

## DESCRIPTION OF IDA ICE

In the BioCom project, a pilot poultry house was modelled using software called IDA ICE. IDA ICE is an innovative and dynamic simulation application for conducting multi-zone assessments and analysing temperature conditions in microclimates and buildings' energy

consumption for the year as a whole. IDA ICE generates physical models in light of the most recent scientific research. The results are concordant with the measured data.

The application is the fruit of a lengthy development process. Its calculation model is based on simultaneous calculation that allows mutual communication between all the aspects of calculation. The user interface facilitates the simulation of entire systems through default values. It also allows the user to conduct more complex simulations of individual systems. All the system components and elements are based on a freely available code that can be accessed by the user.

Because the modelling of a poultry house does not involve a traditional technical building energy calculation (animal mass and heat transfer were important calculation factors), it was necessary to combine the humidity simulation and the energy and heat load simulation in order to produce successful results. IDA ICE version 4.8 was used in this project.

## **PILOT FARM DETAILS**

The object of this project and simulation was a sizeable chicken farm situated in South Savo. At the time of the project, the chicken farm used an enriched cage system and had around 43,000 hens. The farm produced approximately 16,000–18,000 kilos of eggs a week. Chicken farms are generally considered to be a good application for solar energy. In order to ensure the wellbeing of the animals and a high level and quality of production, a poultry house's indoor conditions must be carefully managed. The building's humidity, temperature and air pollutants must be at an appropriate level. The need for energy increases in the summer, which facilitates the use of solar energy. The consumption and cost of energy have a great impact on poultry houses' profitability. (Gad et al., 2019, 279.)

The pilot farm has an extract ventilation system in its poultry house. Air is supplied to the facility through ventilating air hatches and extracted through two large powered ventilators and eight roof ventilators. The system is controlled automatically with temperature and humidity sensors. The automation system can also be bypassed in order to control the ventilation system manually. The poultry house is equipped with approximately 100 electric motors that operate the different systems (including conveyors). The poultry house has several electric systems that require a lot of power and energy. It is not reasonable to use all the systems simultaneously.

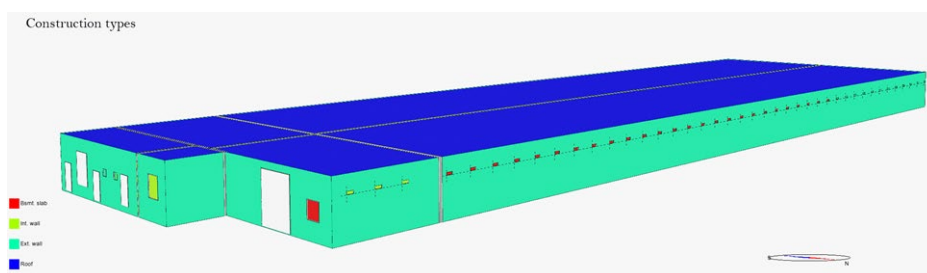
The poultry house consumes around 5,000 litres of heating oil annually. The heating system is not absolutely necessary for the operation of the poultry house, but the heating and the ventilation system help keep the poultry house's conditions optimal for the quality of egg production, animal wellbeing and various processes (e.g. manure disposal).



Artificial lighting is used in the poultry house, but the amount of energy used for lighting is not significant. In 2020, the poultry house used approximately 130,000 kWh of electricity. The farmer estimated that around 75–85 per cent of this was spent on poultry house operations. The rest of the electricity was spent on grain drying and other operations. (Laitinen, 2021.) The farm's energy use is fairly consistent throughout the year but it spikes in the summer when the ventilation has to be turned up in order to cool the poultry house. This provides great potential for solar energy solutions. In fact, the farmer has considered investing in solar electricity.

## MODELLING THE POULTRY HOUSE

The first step was to model the poultry house's production building's building elements, i.e. the roof, base floor, wall structures and windows and doors. The modeling phase is shown in Figure 1 using a screenshot taken from IDA ICE. The model allows for the assessment of different building structures' (e.g. different insulation solutions) impact on the farm's energy consumption. The Ministry of Agriculture and Forestry's minimum building requirements and improved new-building-level structures were utilised in the modelling of the poultry house. The Ministry of Agriculture and Forestry's Decree 533/2012 takes into account the minimum requirements for indoor air quality regarding gaseous compounds and dust. It also sets a recommended temperature and a maximum permissible relative moisture content for production buildings (Ministry of Agriculture and Forestry's Decree 533/2012).



**FIGURE 1.** Modelling of the poultry house building structures (Image: IDA ICE)

After the modelling of the building elements, the building's air leakage rate and internal load were modelled. According to the Ministry of Agriculture and Forestry, the total heat load produced by a single chicken should be 10 W/chicken, including both sensible heat and latent heat. The release of moisture should be 5 g/h. The chickens were modelled as a system, in which a single chicken was estimated to produce 6.4 W of sensible heat. The number of chickens was 43,000, so the chicken farm's total heat production was estimated to be 276,000 W. Other heat producers were the lighting system and the farm employees. The production area's ventilation system was modelled according to the Ministry of Agriculture and Forestry's Decree 533/2012. For the other facilities, the system was modelled in compliance with the National Building Code D2.

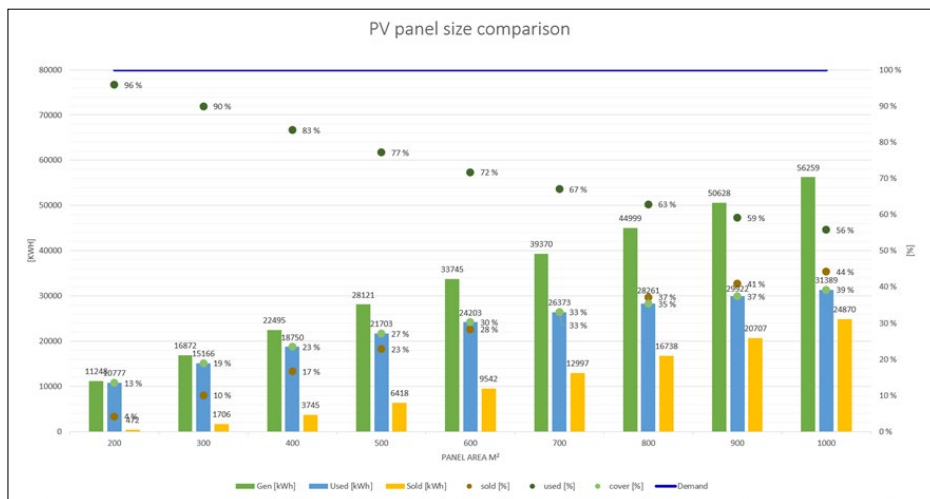
The next step was to examine the cooling of the farm in summertime with an evaporative cooling system and assess the amount of energy (kWh) recovered by heat recovery units. The optimal size of the envisaged solar energy system was also determined. The model took into account the total energy production of the solar panel system, the amount of solar electricity used by the poultry house itself and the amount of solar electricity sold to other operators. The model can also be used for assessing the investment in relation to the amount of energy produced.

## RESULTS

The project discovered that the pilot farm is unable to reach the indoor temperatures recommended by the Ministry of Agriculture and Forestry through evaporative cooling. The maximum temperature of the poultry house would be around 28–30 °C, which is too high, given the recommended temperature for adult chickens is 18–21 °C.

A heat recovery system could recover a significant amount of energy from the poultry house. The utilisation of the recovered energy is made difficult by the fact that it is mostly generated during the summer when the need for heating energy is at its lowest. The farm and the poultry house do not currently have demand for such a large amount of energy. There are also no suitable applications for the recovered energy in the vicinity of the farm.

According to the model, the optimal size of a solar power plant on the pilot farm would be 600–700 m<sup>2</sup>. The amount of solar energy produced by a plant of this size would be ideal in relation to the use and sale of the energy produced as well as the scale of the investment. A comparison of different power plant sizes is shown in Figure 2 in a bar graph form.



**FIGURE 2.** The solar panel size in relation to the energy produced and sold (Image: IDA ICE)

## SUMMARY

The model created using the IDA ICE simulation application indicated that an evaporative cooling system would not be efficient enough to control the indoor temperature of the pilot poultry house. The current ventilation system, in which ventilation is intensified in the summer, provides better indoor conditions than evaporative cooling. The model was used to analyse the amount of heat energy recovered from the poultry house's extract air with a heat recovery system. Potential applications for the recovered energy were considered. The amount of recoverable energy was substantial, but there are no suitable applications for the energy in the immediate vicinity of the farm. In addition to this, the model was used to determine the ideal size for a solar power plant. The results achieved through the modelling of the poultry house could be used in the planning of investments in energy efficiency and renewable energy solutions.

## REFERENCES

Gad, S., El-Shazly, M.A., Wasfy, Kamal I., Awny, A. 2020. Utilization of solar energy and climate control systems for enhancing poultry houses productivity. *Renewable Energy*, 154 (2020), pages 278–289. doi:10.1016/j.renene.2020.02.088.

Hollmén, Manu 2017. Aurinkoenergia- ja pienvesivoimatuotannon investointituet [Investment aid for solar energy and small-scale hydropower production]. Presentation material Lammi 12 April 2017.

Laitinen, A. 2021. Email message 28 March 2021.

Ministry of Agriculture and Forestry's Decree 533/2012. Ministry of Agriculture and Forestry's Decree on the Constructional and Functional Requirements of the Financially Supported Construction of Poultry Farming Buildings.

# INTERNET-BASED TOOL FOR REVIEWING ENERGY EFFICIENCY AND USE

Miika Hämäläinen

## INTRODUCTION

BioCom's web-based reporting tool is an updated version of an application that was created for the project *Promoting Energy Efficiency in South Savo Small and Medium-Sized Enterprises* realised 1 January 2017–31 December 2019. A feature for comparing carbon dioxide emissions from additional energy sources was added to the application and the user interface language was changed to English. The application allows the user to monitor companies' energy consumption in detail. The application may be used as a tool to analyse companies' energy use and determine measures to be taken in order to influence companies' energy consumption levels. The impact of the measures taken can also be monitored with the application. The application is also useful in assessing the profitability of investments in energy solutions based on energy efficiency and renewable energy sources. Energy consumption is monitored with reports generated by the application. When creating a report, the user can consult the application administrator. A report contains a diagram of the property's hourly power consumption and cooling of district heating as well as an analysis of monthly consumption. The application has a note function that allows the user to add notes to the hourly consumption chart. These notes may concern, for example, the measures taken or explanations for any spikes in the diagram. The user can also normalise the consumption of heating energy in the monthly consumption chart.

## TECHNICAL EXECUTION

The application is published on Microsoft Azure as a Node.js application. Reports generated by the application are stored using Docker and Azure's own cloud services. The server software framework used is Express. The user interface is realised with Pug HTML. It was mainly designed with MDBootstrap. Reports are created using jsreport-core and a Handlebars template. Jsreport uses the template result to create HTML and PDF files that are stored in an Azure file share. Charts included in reports are created with ApexCharts.

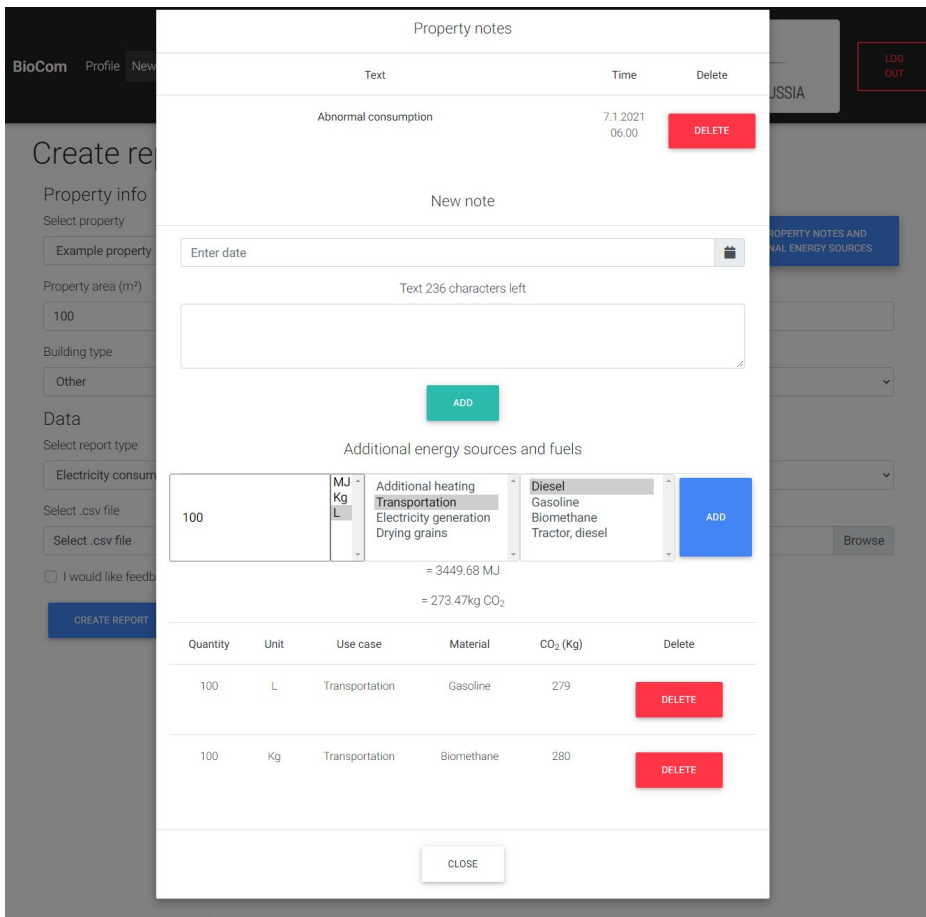
## USING THE APPLICATION

First, the administrator sends a user an email invitation to the application. The user is instructed to create a personal account via a unique link. Before starting to create reports, the user must fill in their company's contact details. Reports are created using csv files that contain hourly electricity consumption data and the property's basic information, such as its name and location. Figure 1 shows an application view of the report creation menu.

The screenshot shows the 'Create report' interface. At the top, there is a navigation bar with 'BioCom', 'Profile', 'New report', 'My reports', and 'Admin'. On the right, there are flags for Finland, Russia, and the EU, with the text 'CBC 2014-2020 SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA' and a 'LOG OUT' button. The main content area is titled 'Create report' and is divided into two sections: 'Property info' and 'Data'. In the 'Property info' section, there is a 'Select property' dropdown menu with 'New property' selected, a 'VIEW PROPERTY NOTES AND ADDITIONAL ENERGY SOURCES' button, 'Property area (m<sup>2</sup>)' and 'Property volume (m<sup>3</sup>)' input fields, and a 'Building type' dropdown menu. In the 'Data' section, there is a 'Select report type' dropdown menu with 'Electricity consumption' selected, a 'Select .csv file' input field with a 'Browse' button, and a checkbox for 'I would like feedback'. A 'CREATE REPORT' button is located at the bottom left of the form.

**FIGURE 1.** Creating a report (Image: Miika Hämäläinen)

When creating their first ever report, the user can add property area (m<sup>2</sup>), property volume (m<sup>3</sup>) and property type (farmhouse, store, etc.) data in order to normalise the consumption levels in the report. The functions for adding notes and calculating emissions from additional energy sources are not available at this point. The normalisation of consumption requires the property to be located in an area for which the Finnish Meteorological Institute has provided an adjustment factor and a reference area. If normalisation is necessary but the property does not meet the aforementioned condition, the user must change the location of the property manually to a nearby city in cell B2. Figure 2 shows the view provided by the application for adding notes and additional energy sources.



**FIGURE 2.** Adding notes and additional energy sources to the report (Image: Miika Hämäläinen)

When the user has finished their first report, they can add notes and additional energy sources to it by clicking on the blue button on the right side of the ‘Select property’ menu. In the view that opens, the user can compare the energy content and carbon dioxide emissions of different energy sources by use. The additional energy sources added to the property are shown in the table at the bottom of the report.

The user can select ‘electricity consumption’ or ‘electricity consumption with district heating’ as the report type, depending on whether or not the D column of the cvs file contains hourly cooling data. In heat consumption reports, the cooling data is shown in its own diagram in the electricity consumption chart.

Finally, the user can notify the administrator about the report. If the user clicks on the administrator button, a new text field will appear. The user can explain what kind of help they need regarding the report. The administrator specified in the application's SMTP settings receives an email containing the message and a link to download the report.

The screenshot shows the 'My reports' interface. At the top, there is a navigation bar with 'BioCom', 'Profile', 'New report', 'My reports', and 'Admin'. A header box contains the logos of Finland, Russia, and the EU, along with the text 'CBC 2014-2020 SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA' and a 'LOG OUT' button. The main content area is titled 'My reports' and includes a 'Show 10 entries' dropdown and a search bar. Below this is a table with the following data:

Creation date	Property	Report type	Download (PDF)	Download (HTML)	Delete
2021.02.17 12:29	Barn	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:29	Office	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:28	Farmhouse	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:28	Test	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE
2021.02.17 12:26	Barn	Electricity consumption	PDF	HTML	DELETE

At the bottom of the table, it says 'Showing 1 to 5 of 5 entries' and 'Previous 1 Next'.

**FIGURE 3.** Report list (Image: Miika Hämäläinen)

The reports created can be viewed by clicking on 'My reports' in the top navigation bar. Figure 3 shows a view of the 'My reports' report list. The search function allows the user to filter the list by column. For example, the search term 'district heating 2021' retrieves all the heat consumption reports from 2020. All reports are available in PDF and HTML format. The PDF file does not include the normalisation features or interactive graphs, but it works without an internet connection. The HTML version can only be viewed online.





**FIGURE 4.** Example report (Image: Miika Hämäläinen)

You can zoom in and out of the report's top chart and filter the data using the tool bar buttons or a mouse. All the charts can be saved as SVG or PNG files by clicking on the tool bar's hamburger icon. In the bottom chart, monthly consumption data can be normalised by selecting the relevant option from the menu above the data. Notes and additional energy sources added to the property are shown at the bottom of the report. Figure 4 shows an example report of the application.

## SUMMARY

The original reporting application was designed for power plants involved in the project, which is why the format of consumption data entered in the application was mostly consistent. Dates, unit separators, addresses, consumption data decimal symbols and file charsets must be supported. The application identifies and adjusts some date format and charset deviations, but creating reports for all BioCom properties only on the basis of data obtained from power plants is not possible. Csv files must be edited manually in order to create reports for all properties. This makes the application more difficult to use. In practice, power plant clients must consult an expert if they want to create an electricity consumption report.

Despite these challenges, reports generated by the application indicate power consumption spikes successfully. Finally, the usefulness of the additional energy source calculator has yet to be tested.

# PROFITABILITY OF A FARM-SCALE BIOGAS PLANT INVESTMENT

Leena Pekurinen

The purpose of Finland's national biogas programme is to promote the nutrient cycle in agriculture by supporting nutrient cycle-based biogas production and new manure processing technologies. The programme also introduces revisions to the regulation of biogas plants. In 2020, at least 32 per cent of final energy consumption in the European Union should come from renewable sources (Government Bill 70/2020). The widespread establishment of farm-scale biogas plants depends on the profitability of biogas production. One of the programme's objectives is to make farms and the countryside energy self-sufficient. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020.) The Project *BioCom – Russian-Finnish Bioeconomy Competence Centre* assessed the profitability of a biogas plant envisaged by a cattle farm in South Savo and the payback time of this investment.

## PRODUCTION AND USE OF BIOGAS IN FINLAND

In 2017, approximately 172 million m<sup>3</sup> of biogas was produced in Finland. A significant amount of biogas was recovered at landfills, but the number of industry-scale plants has increased every year. In 2017, there were 25 industry-scale biogas plants in Finland. There were 15 farm-scale biogas plants, and 20 biogas plants operated at sewage treatment plants. Biogas plants are divided into three size categories. Large biogas plants can process over 35,000 tonnes of input per year, medium plants process 20,000–35,000 tonnes and small plants less than 20,000 tonnes. Farm-scale biogas plants are generally small plants. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020.)

Biogas-generated energy is suitable for heat generation and combined heat and power production (CHP). CHP production increases a plant's efficiency significantly and CHP-generated power may also be supplied to the grid. Electricity makes up around 30–40 per cent of CHP production. In addition to the profit from the sale of electricity, a plant owner saves money by producing their own power. Heat may also be supplied to heat transfer networks, but it is only economically viable if heat is sold to the surrounding areas. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020.)

Biogas may also be processed into biomethane and supplied to the gas network. Transport biogas must be purified and pressurised or liquefied. Liquefied biogas is used in particular in heavy traffic vehicles. Digestate gained from the production of biogas contains a lot of phosphorus and nitrogen. The use of digestate as field fertiliser reduces the need to mine for phosphorus from non-renewable mineral resources and produce nitrogen chemically. At best, the reserves of soil organic matter will remain unchanged thanks to nutrient recycling. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020.)

## **PROFITABILITY OF BIOGAS PLANTS**

Factors influencing the profitability of biogas plants include investment costs, operating costs and plant-related revenue. If certain conditions are fulfilled, a farm may receive financial support for the investment. Generally, a farm's equity makes up at least 30 per cent of the investment. The size of biogas plants is restricted by the prohibition on selling energy generated at a farm outside the farm, if the investment is financed by investment aid. Profitability is also impacted by the revenue from the sale of electricity and heat. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020.)

The operating costs of a biogas plant come from the processing and transport of raw materials and digestate, the use of purchased commodities, plant maintenance and repairs, and insurance policies. Revenue is generated from heat, power and transport biomethane. Recycled fertilisers and soil conditioners produced from digestate, as well as the recovery and use of carbon dioxide, generate incremental revenue. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020.)

The Government Decree on General Terms of Granting Energy Aid for the years 2018–2022 (1098/2017) lays down the outlines for granting energy aid. It is a discretionary grant that is granted on case-by-case basis. The Rural Development Programme for Mainland Finland includes subsidies for investments in the production of renewable energy and nutrient recycling. The subsidy granted for investments in renewable energy plant facilities and equipment as well as immaterial investments must make up no more than 40 per cent of the total cost of the investment. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020; Government Decree 240/2015.)

Plants that sell energy may receive business funding. Farms may be granted structural support for investments in the production of energy required in agriculture or the improvement of the environment. Farms may also be awarded hectare-based application support for the recycling of nutrients and organic matter. The Government may grant a government guarantee for energy investments. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2020.)

## CASE STUDY HARJUN MAATALOUS OY

The profitability analysis was conducted at the Pieksämäki beef cattle unit of Harjun Maatalous Oy. The company is planning on using stable manure generated at the unit as raw material in its biogas plant. Other raw material options include slaughterhouse waste and forage.

Thermal energy is mainly produced with chips, the annual consumption of which is approximately 1,000–1,100 m<sup>3</sup>. The annual consumption of chip-generated energy is 800–880 MWh. The farm consumes around 250,000 kWh of electricity per year. Electricity is used for feeding and manure disposal, office building heating and lighting, and heating up water for the bulls. In summer, the maximum need for power is 50 kWh. During the winter, the increased need for heating and lighting in the office building increases the consumption of electricity. Electricity and thermal energy is also needed for the operation of the envisaged biogas plant. The annual consumption of water is approximately 10,000 m<sup>3</sup> on the farm. The farm uses mostly cold water, but energy recovered from chips is used to heat up water for the bulls (to 17 °C).

There are plans for building a 12,000-tonne biogas plant on the farm. The plant would produce power for the farm and potentially for the grid as well. In addition to this, the plant would generate so much thermal energy that producing energy from chips would only be necessary in very cold conditions. In terms of technology, the biogas plant would be a wet digestion plant with a continuous reactor and a post-treatment tank. The plan is to separate the digestate with a screw press and spread it on the fields.

Stable manure would be the primary source of input. Slaughterhouse waste could also be used as well as forage, if necessary. The dry solids content of stable manure is around 20 per cent. Processing input for wet digestion requires dilution water which would be pumped from the nearby lake. The use of slaughterhouse waste requires the sanitation of the input or digestate. This report uses the Natural Resources Institute Finland's biogas calculator's default values, with the exception of the analysis of the dry solids and nutrient content of stable manure, which has been conducted by Eurofins Viljavuuspalvelu Oy's laboratory.

## ASSESSMENT OF THE PROFITABILITY OF THE BIOGAS PLANT INVESTMENT

The biogas calculator developed by the Natural Resources Institute Finland (Luke) was used in the assessment of the profitability of Harjun Maatalous Oy's biogas plant investment. This biogas calculator is available online. The calculator can be used for plants with an annual input volume of no more than 15,000 tonnes. Based on the data entered, the programme calculates the amount of methane recovered from the input as well as the scale of

the investment. These calculations may be used for comparing the profitability of different energy production and recovery methods. The profitability calculations were made for the six options presented in Table 1.

**TABLE 1.** Biogas plant assessment calculations

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
<b>Raw material</b>	7,000 t stable manure	7,000 t stable manure	7,000 t stable manure	7,000 t stable manure	5,400 t stable manure + 1,000 t slaughterhouse waste	5,400 t stable manure
<b>Combined heat and power production (CHP)</b>	Yes	Yes	Yes	Power for own use	Yes	Yes
<b>Heat production</b>	No	No	No	Yes	No	No
<b>Sale of electricity</b>	2.4 cent/kWh	2.4 cent/kWh	3.0 cent/kWh	No	2.4 cent/kWh	No
<b>Investment aid</b>	No aid	40%	40%	40%	No aid	40%

Dilution water was added so that the dry solids content was 12 per cent. The reactor dwell time was extended from the default 21 days to 28 days in order to increase the production of biogas. The revenue from the biogas plant comprised the energy generated at the plant, input subject to a gate fee and the digestate's fertilising value. The biogas plant's energy production covered its own demand for energy. 70 per cent of the sales potential of energy was estimated to be sold.

## ASSESSMENT RESULTS – IS THE INVESTMENT PROFITABLE?

The assessment was able to determine an annual surplus for the plant and the investment's payback time with an imputed rate of interest of four per cent. The estimated cost of the investment is approximately one million euros. The cost was lower for a smaller plant. The investment costs mainly consisted of the construction of a reactor and space to house the technical equipment as well as the concrete foundations cast for the plant. The second-largest cost item included underground pipes and work to be done outside the plant. The costs of the CHP unit and the sanitation unit also made up a significant share of the total investment. The investment cost of the latter was approximately EUR 85,000. Investment aid would reduce

the investment costs by 40 per cent. Plant maintenance and repair costs as well as potential slaughterhouse waste transport costs and raw material transport costs caused operating costs.

Using slaughterhouse waste as input increases the production of biogas and soluble nitrogen significantly. However, if slaughterhouse waste is used as input, the input or digestate must be sanitised, which increases the investment costs as well as maintenance and repair costs. The financial benefits of nutrients have not been taken into account because the farm has no intention of selling nutrients.

The investment generates income from the benefit of using self-produced power and heat, slaughterhouse waste gate fees and profits from the sale of electric power. Energy financed by investment aid must be allocated to the farm's operation. Different Centres for Economic Development, Transport and the Environment (ELY Centres) have varying opinions on whether or not farms that have received investment aid are allowed to sell small volumes of energy outside the farm. Even with investment aid of 40 per cent, it is not easy to make a farm-scale biogas plant economically viable. In the future, the maximum share of investment aid could increase to 50 per cent during the EU's recovery period (2021–2022). Enough subsidies must be available for a farm to receive financial aid.

The payback period of the investment varied between 22 and 56 years. The payback period is the shortest when energy is only produced for the farm's own use and the plant size is proportionate. The longest payback period was a result of producing as much power as possible for sale without investment aid. Although the balance was on the positive side, it was not enough to cover the fixed costs of the investment. Thus, the result of biogas plant operations was negative.

The investment calculations involve several uncertainty factors. The investment costs could be reduced by utilising existing structures on the farm. In addition to this, equipment and machinery prices may vary between suppliers. Revenue from the sale of energy and gate fees are dependent of the farm's contracts with its energy plant and raw material supplier. The investment aid share is not automatically 40 per cent of the whole investment. In fact, it is generally less than that.

Making a farm-scale biogas plant profitable is difficult with the current costs and profits. At best, the payback period of the investment would exceed ten years, which could be set as a boundary mark for the profitability of the investment. When considering investing in a biogas plant, a farm should assess its own need for electric and thermal energy, the availability of raw materials and potential uses for excess energy in the surrounding area. Furthermore, the farm should determine how the processing of biogas for different applications impacts the profitability of the investment. All the energy produced should be utilised. Burning biogas in a boiler is a simple and affordable way to produce thermal energy. However, thermal energy goes often to waste. Farms are not eager to invest in biogas without financial aid. There are many forms of aid and subsidies available, and it is not always easy to find the right one for your business. The subsidy system could definitely be clearer.

## REFERENCES

Haavisto, T. 2017. Evaluation of a biogas process performance, case Lakeuden Etappi Oy. Tampere University of Technology. Master's Degree Programme in Environmental and Energy Technology. Water and Waste Management Technology. Master of Science Thesis. March 2017. PDF document. Available at: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24684/haavisto.pdf?sequence=4&isAllowed=y> [referenced: 30 December 2020].

Government Bill HE 70/2020. Available at: [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE\\_70+2020.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE_70+2020.aspx) [referenced: 30 December 2020]

Finnish Food Authority. 2020. Lainsäädäntö [Legislation]. WWW document. Updated 19 October 2020. Available at: <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu-ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/lannoitelan-toiminta/lainsaadanto/> [referenced: 5 February 2021].

Finnish Safety and Chemicals Agency (Tukes). Biogas. WWW document. Available at: <https://tukes.fi/en/industry/natural-gas-and-biogas/biogas> [referenced: 5 February 2021].

Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland. 2020. Biokaasuohjelmaa valmistelevan työryhmän loppuraportti [Final report of the biogas working group]. Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland 2020:3. PDF document. Updated 1 October 2019. Available at: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-482-2> [referenced: 2 November 2020].

Valjakka, M. 2018. Pienimuotoisen biokaasun tuotannon ratkaisut ja haasteet Suomessa [Solutions and challenges of small-scale biogas production in Finland]. LUT University. Bachelor's Degree Programme in Environmental Engineering. Bachelor's Thesis. PDF document. Updated 18 October 2018. Available at: [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158703/Kandidaatintyo\\_Valjakka\\_Minttu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158703/Kandidaatintyo_Valjakka_Minttu.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [referenced: 22.12.2020].

Government Decree 240/2015.



# ENERGY EFFICIENCY ON FINNISH FARMS

Elisa Korhonen & Tuija Ranta-Korhonen

## INTRODUCTION

Agriculture accounts for approximately 12 per cent of Finland's greenhouse gas emissions (Saario, 2020). Agricultural emissions are covered by the EU Effort Sharing legislation, which establishes targets concerning sectors not included in the EU Emissions Trading System (Ministry of the Environment, 2021). The EU revised its climate targets for agriculture in October 2014 as part of the Union's 2020 strategy. Finland's national emission reduction target was to cut its agricultural greenhouse gas emissions by 13 per cent between 2005 and 2020. (Rikkinen, 2015.) The EU is expected to provide more details about its 2030 strategy and agricultural emission reduction targets in summer 2021 (Ministry of the Environment, 2021). The EU's common agricultural policy is currently under review and the next programming period is being discussed. The new CAP27 (Common Agricultural Policies) is expected to enter into force in early 2023.

During the transitional period of 2021–2022, the intention is to allocate the European Agricultural Fund for Rural Development's recovery funds to investments in renewable energy solutions and the improvement of energy efficiency (Malm, 2020). Agricultural greenhouse gas emissions decreased by 16 per cent between 1990 and 2018, but there have been no substantial changes in emissions in the 21st century (Saario, 2020). Actions to make agriculture more energy efficient and the use of renewable energy more common play a key role in the efforts to increase the viability of agriculture and reduce agricultural greenhouse gas emissions. In the future, farms may profit from utilising innovative carbon sequestration solutions.

## AGRICULTURE IN FINLAND

The number of active farms is on the decline in Finland. In 2018, there were 47,633 active agricultural and horticultural enterprises in Finland. This was approximately 900 less than in the previous year. However, the decline seems to have slowed down temporarily. In the early 2010s, up to 2,400 agricultural and horticultural enterprises closed down on an annual basis. According to the 2018 statistics, the most common production sectors were grain growing and horticultural production and the third most common production sector was dairy farming. Horticultural production is the only one out of these three production sectors

that has shown a clear increase in recent years. Although the number of farms has decreased, their size and cultivated areas have expanded. According to the statistics of the Natural Resources Institute Finland (Luke), the size of the average area cultivated by a Finnish farm is around 48 hectares. More than 80 per cent of farms are family farms, and the average age of farm owners is approximately 53 years. (Natural Resources Institute Finland, 2019.)

## ENERGY CONSUMPTION IN AGRICULTURE

In recent years, the annual energy consumption in agriculture has been approximately 12 TWh, which accounts for around three per cent of total consumption of energy. 33 per cent of energy consumed by farms is used in machinery, 28 per cent in heating and 17 per cent in grain drying. The remaining 22 per cent is used as electricity. Energy consumption is highest on dairy farms as well as on farms focused on grain growing and horticultural production. The consumption of electricity has increased on farms due to the automation of production facilities and processes and the increased use of technology and greenhouses.

In 2016, the most significant individual energy sources were wood chips (3,017 GWh), motor fuel oil (2,451 GWh) and electricity (1,727 GWh). Approximately 777 GWh of the electricity came from renewable energy sources. According to the Natural Resources Institute Finland (2018a), the total amount of energy consumed by agriculture and horticulture in 2016 was distributed according to the following percentages: 44 per cent from wood and arable energy, 31 per cent from light and heavy fuel oil, 15 per cent from electricity and 5 per cent from peat.

The proportion renewable energy accounted for was approximately 60 per cent. This figure also includes electricity consumption. The proportion renewable energy accounts for has remained relatively stable in recent years. Farms see the production of renewable energy as an opportunity to drive their energy consumption towards a more sustainable direction and sell the energy they have produced to other operators. (Natural Resources Institute Finland, 2018c; Natural Resources Institute Finland, 2018d; Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2011, 20.)

Factors impacting energy consumption in grain growing and horticultural production include the condition of fields, cultivation methods, condition and energy efficiency of equipment and machinery, and product preservation and grain drying. The use of manure and pesticides is also an indirect cause of energy consumption. (Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, 2011, 21.) In cattle farming, the amount of energy consumed is affected by the indoor temperature, ventilation, feeding method, manure disposal and machinery. Figure 1 shows an example of a production building and silos used to store feed. The production sector also has a great impact on energy consumption. For

example, in milk production, the machinery consumes a lot of energy, whereas in broiler production and pig farming, the heating system is a more substantial application of energy. (Ahokas, 2013, 14–19.)



**FIGURE 1.** Cattle farms spend great amounts of energy on ventilation and feeding (Photo: Elisa Korhonen)

## EXAMPLES OF RENEWABLE FORMS OF ENERGY ON FARMS

Finnish farms are often also forest owners and it is normal to utilise energy obtained from the forest. Firewood, logs and forest chips are popular energy sources on farms. Farms have to reserve a separate storage space and often a heating station for chips. They may also need an automated conveyer system to transfer chips from the storage space to the boiler. Farm environment and equipment create perfect conditions for utilising forest chips. The production of firewood and logs also requires farm machinery and a lot of storage space. (Finnish Forest Centre, 2008; Sallinen, 2018.) According to the Natural Resources Institute Finland (2018b), farms are the most significant property type using wood as an energy source in Finland. In total, Finnish farms consumed 11.2 million m<sup>3</sup> of wood during the heating period of 2016–2017.

Fields that are no longer under cultivation can be utilised for growing energy plants. Agrobiomass produced in this way can be used to generate biogas. Reed canary grass is one example of an energy plant grown on fields and peat bogs. Straw gained from grain growing is also an excellent fuel, even though the energy density of straw is low. Oil plants, such as turnip rape, oilseed rape and flax, are also cultivated for energy use. (Motiva, 2017.)

Farms generate large amounts of organic waste, such as manure and plant debris, which can be utilised in biogas production. Building a biogas plant on a farm requires substantial investments, but it is possible. In 2019, there were twenty farm-scale biogas plants that processed manure, agrobiomasses and food production side streams subject to a gate fee in Finland. The most likely reasons for this relatively low number include the large-scale nature of the one-off investment and biogas plants' generally poor profitability. These two factors indicate that the usual payback period of a biogas plant investment is very long. The production of heat and electricity for a farm's own use has some positive aspects. For example, a farm can avoid high heat and electricity transfer fees. A farm needs a larger biogas plant if it wants to make the production of electricity sold to the grid profitable. In the future, the potential increase in the use of biogas in traffic may create a better market for farm-scale biogas production. (Luostarinen et al., 2016, 5; Finnish Biocycle and Biogas Association, 2019.)

Solar energy and heat pump systems are also great solutions for farms. Solar panels are quite easy and quick to install and farm buildings tend to have a lot of available and suitable space on walls and roofs and outdoors. Solar energy systems have become increasingly common on farms and, according to data from 2018, approximately 200 farms are utilising solar energy (Mustonen, 2018). The number of heat pumps on farms has also increased. In addition to obtaining heat from the ground, a heat pump system can utilise other means, such as a heat recovery system related to milk cooling or recovery of heat from a slurry chute and a manure pit (ProAgria Oulu, 2012).

In Finland, the deployment of renewables on farms has been promoted through various agricultural aid schemes. Investment aid is granted to construction investments in renewable energy. A farm is obliged to spend this funding on the production of energy for the farm's own operations. With energy aid, the situation is the complete opposite. In order to receive energy aid, a farm must sell 80 per cent of the energy it produces to other operators. The energy aid scheme is clearly intended to support projects that promote the use and production of renewable energy and the improvement of energy production efficiency as well as projects that promote energy saving or adapting energy systems to make them low-carbon. (Motiva, 2020; Finnish Food Authority.)

## **AGRICULTURAL ENERGY USE IN THE FUTURE**

Renewable energy is already playing a key role in agricultural energy production and it will become more common in the future. The use of renewable energy sources and higher energy efficiency of production facilities and processes might help farms improve their profitability and create new business opportunities. Farms need guidance and financial support in the introduction of new solutions.

## REFERENCES

- Ahokas, J. (Editor) 2013. Maatilojen energiankäyttö. Enpos-hankkeen tulokset. [Agricultural energy use. Enpos project results.] University of Helsinki. Department of agricultural sciences. PDF document. Available at: [http://projects.centralbaltic.eu/images/files/result\\_pdf/ENPOS\\_result1\\_energy\\_saving\\_toolbox\\_FI.pdf](http://projects.centralbaltic.eu/images/files/result_pdf/ENPOS_result1_energy_saving_toolbox_FI.pdf)
- Natural Resources Institute Finland (Luke). 2019. Maatalous- ja puutarhayritysten rakenne [The structure of agricultural and horticultural companies]. Available at: [https://stat.luke.fi/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne-2018\\_fi](https://stat.luke.fi/maatalous-ja-puutarhayritysten-rakenne-2018_fi)
- Natural Resources Institute Finland (Luke). 2018a. Energy consumption by agriculture and proportion of renewable energy. Updated 27 June 2018. Available at: <https://stat.luke.fi/en/indicator/energy-consumption-agriculture-and-proportion-renewable-energy>
- Natural Resources Institute Finland (Luke). 2018b. The use of fuelwood increased to seven million cubic metres. Updated 19 June 2018. Available at: <https://www.luke.fi/en/news/the-use-of-fuelwood-increased-to-seven-million-cubic-metres/>
- Natural Resources Institute Finland (Luke). 2018c. Official Statistics of Finland (OSF): Energy consumption of agriculture and horticulture. Updated 25 April 2018. Available at: [https://stat.luke.fi/en/energy-consumption-agriculture-and-horticulture-2016\\_en-0](https://stat.luke.fi/en/energy-consumption-agriculture-and-horticulture-2016_en-0)
- Natural Resources Institute Finland (Luke). 2018d. Electricity is more important than ever before for agriculture and horticulture. Updated 25 April 2018. Available at: <https://www.luke.fi/en/news/electricity-is-more-important-than-ever-before-for-agriculture-and-horticulture/>
- Luostarinen, S., Pyykkönen, V., Winqvist, E., Kässi, P., Grönroos, J., Manninen, K. & Rankinen, K. 2016. Maatilojen biokaasulaitokset. Mahdollisuudet, kannattavuus ja ympäristövaikutukset. [Farm-scale biogas plants. Opportunities, profitability and environmental impacts.] Natural resources management and bioeconomy research 11/2016. Natural Resources Institute Finland (Luke). PDF document. Available at: [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio\\_11\\_2016.pdf?sequence=1](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio_11_2016.pdf?sequence=1)
- Malm, T. 2020. CAP 2021-2022: siirtymäkausi ja maaseuturahaston elvytysvarat [CAP 2021–2022: transition period and recovery funds of the rural development fund]. CAP webinar 18 November 2020

Finnish Forest Centre. 2008. Maatilan hakelämmitysopas [Chips heating guide for farms]. PDF document. Available at: [https://www.energiatehokaskoti.fi/files/450/Maa-tilan\\_hakelammitysopas.pdf](https://www.energiatehokaskoti.fi/files/450/Maa-tilan_hakelammitysopas.pdf)

Motiva Oy. 2020. Investointituet [Investment aid]. Updated 29 January 2020. Available at: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem\\_n\\_tukemat\\_energiakatselmukset/katselmus- ja\\_investointituet/investointituet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/katselmus- ja_investointituet/investointituet)

Motiva Oy. 2017. Energiaa pelloilta [Energy from the fields]. Updated 18 May 2017. Available at: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/energiaa\\_pelloilta](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/energiaa_pelloilta)

Mustonen, E. 2018. Viljelijät investoivat aurinkosähkön tuotantoon [Farmers invest in solar power production]. Käytännön maamies 6 December 2018. Available at: <https://kaytannonmaamies.fi/viljelijat-investoivat-aurinkosahkon-tuotantoon/>

ProAgria Oulu. 2012. Lämpöpumput [Heat pumps]. Available at: <https://www.proagrioulu.fi/fi/lampopumput/>

Rikkonen, P. 2015 (Editor). Maatalouden energia- ja ilmastopolitiikan suuntia vuoteen 2030 – Hillintäkeinojen analyysi tilatason vaikutuksista ja keinojen hyväksyttävyydestä [Directions of agricultural energy and climate policies until 2030 – Analysis of the farm-level effects and acceptability of mitigation measures]. Natural resources management and bioeconomy research 35/2015

Finnish Food Authority. Maatalouden investointituet [Agricultural investment aid]. Available at: <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/maatalouden-investointituet/>

Saario, M. 2020. Ympäristövaikutusten arviointi (SOVA). CAP-strategiasuunnitelman ennakkoarviointi. [Assessment of environmental impacts (SOVA). Preliminary assessment of the CAP strategy plan.] CAP webinar 18 November 2020

Sallinen, P. 2018. Pelletti palaa, mutta vaatimattomasti [Pellets burn – but only modestly]. Energiautiset. Updated 9 April 2018. Available at: <https://xn--kaukolmp-5zac1r.fi/tuotanto/voimalaitoskaytto-kasvussa-pelletti-palaa-mutta-vaatimattomasti/>

Finnish Biocycle and Biogas Association. 2019. Biokaasu ja maatilat [Biogas and farms]. Available at: <https://biokierto.fi/biokaasu/biokaasu-ja-maatilat/>

Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland. 2011. Suomen toinen kansallinen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma NEEAP-2 [Finland's National Energy Efficiency Action Plan NEEAP-2]. Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland. Energy and the climate. 32/2011. PDF document. Available at: <https://tem.fi/documents/1410877/3346190/Suomen+toinen+kansallinen+energiatehokkuuden+toimintasuunnitelma+NEEAP-2+18092013.pdf>

Ministry of the Environment 2021. EU climate policy. <https://ym.fi/en/eu-climate-policy>

