

Projekt "Wood energy and Cleantech"

Elva soojamajanduse juhtumiuuring

Keskkonna- ja majanduslikud
aspektid

OÜ Hendrikson & Ko
Raekoja pl 8, Tartu
Pärnu mnt 27, Tallinn
<http://www.hendrikson.ee>

Projektijuht:
Jaak Järvekülg _____

Töö nr: 1640/11

Tartu 2012



Summary in English

Case Study of district heating technology environmental and economical issues in the town of Elva

Current report addresses environmental and economic aspects of the case Study of Elva district heating network. The case study analyses the possibilities and impacts of a woodchip-fuelled combined heat and power plant for heat production in Elva.

The case study was carried out as a part of „Wood Energy and Cleantech“ project, a project for development of sustainable clean wood energy in the Central Baltic region. The work was carried out under the Central Baltic Interreg IV A programme, co-financed by the European Regional Development Fund.

The report consists of two parts:

- Environmental aspects of the Elva case study;
- Economic aspects of the Elva case study.

PART I – ENVIRONMENTAL ASPECTS

The aim of the analyses was not to assess all environmental impacts of woodchip fuel, but to focus on air emissions from the boiler houses as the most significant environmental aspect of fuel combustion.

The impact of heat production is measured by **carbon footprint** – the amount of overall GHG emissions during the whole life cycle of heat production. Wood fuel (eg. wood chips) is considered to be carbon neutral. As a tree grows it absorbs carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere. The same level of CO₂ is subsequently returned to the atmosphere when the processed wood is burnt. This means that burning wood fuel does not result in Greenhouse Gas (GHG) emissions. However, the overall GHG emissions during the whole life cycle are (in the worst case to a great extent) impacted by production and transportation of biofuels.

The Renewable Energy Directive (RED)¹, adopted in 2008, sets the framework for reduction of GHG emissions for (a) biofuels for transport and (b) bioliquids

¹ DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC



used in other sectors (electricity, heating and cooling). The methodology set out in RED considers also the **Life Cycle** of biofuels. In 2010 an additional Report² was issued by the European Commission to accompany the RED that set the requirements also for solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling.

The Directive establishes the need for each Member State to develop a set of emission factors for all biofuels that consider the whole life cycle of the biofuels applicable to the specific conditions in the member state.

However, in 2011 the Estonian Ministry of Economic Affairs and Communications has reported³ the following:

- Detail calculations of the reduction of CO₂ according to RED methodology has not yet been carried out in Estonia.
- So far there are no necessary studies in Estonia to develop the methodology for Estonian conditions (to consider life cycle impacts).

Thus there is no suitable methodology at this point for assessment (calculations) of the exact CO₂ emissions for the full life cycle of wood chips used in Elva.

Taking this into account current study carried out the following analyses for the Elva case study:

- Calculation of air pollutants from current boiler plants (Kirde boiler house and Nooruse boiler house) during the fuel burning process, prognosis for different scenarios and comparison of scenarios.
- Description of the life cycle on woodchips and calculation of CO₂ emissions from some of the more significant stages of the life cycle, such as production and transport of woodchips.

The main basis for the calculations carried out were the following:

- "2006 IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"
- Estonian legislation (such as the 16.07.2004 regulation No 94 of Minister of the Environment "Välisõhku eralduva süsinikdioksiidi heitkoguse määramismeetod").

Calculations for the existing situation

Maximum values of different pollutants from boiler plants in the surrounding air were analyzed for the existing situation.

² REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling.

³ "Eesti Vabariigi aruanne Euroopa Komisjonile taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise ja edendamise edusammude kohta". MKM. 2011.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE

Table 1. Maximum values of pollutants ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) around the boiler plants

CAS code	Pollutant	Limit Value (SPV ₁)	C $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Nooruse boilerhouse	C $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Kirde boilerhouse
10102-44-0	NO ₂	200	13	10
PM SUM	Particles	500	49	39
630-08-0	CO	10000*	50	41
7446-09-5	SO ₂	350	25	18
VOC COM	VOC (Aliphatic Hydrocarbons)	5000	2	2

SPV₁ – hourly average

* - average for 8 hours

The table shows that **concentrations of all pollutants from both boiler plants are far below the limit levels and there are no adverse environmental impacts due to emissions from the Elva boiler plants.**

Comparison of scenarios

The emissions of different pollutants and CO₂ were calculated for the base situation and for the year 2025 for the following scenarios:

- Hypothetical scenario for a situation where all heat in Elva was produced from fossil fuel (shale oil).
- Scenario I – continuation of the existing situation, burning woodchips in existing boiler houses.
- Scenario II – change in technology, introduction of a woodchip-fuelled combined heat and power plant for heat production in Elva.

The results of the calculations were as follows:

Table 2. Emissions of pollutants - base year

Pollutant	Scenario I		Scenario II
	Total emissions (t/y) SHALE OIL	Total emissions (t/y) WOODCHIPS	Total emissions (t/y) CHP
NO _x	9,499	6,391	11,69
Particles (PM SUM)	6,333	15,038	5,028
CO	6,333	62,3	39,986
SO ₂	25,968	1,091	0,9
VOC COM	0,069	2,956	3,142
CO ₂	4851	83,639	22,135
Heavy metals	25	7,5 kg/a	9,2 kg/a



Table 3. Emissions of pollutants – year 2025

Pollutant	Scenario I		Scenario II
	Total emissions (t/y) SHALE OIL	Total emissions (t/y) WOODCHIPS	Total emissions (t/y) CHP
NO _x	5,392	3,644	8,472
Particles (PM SUM)	3,595	8,52	3,398
CO	3,595	35,247	28,156
SO ₂	14,752	0,671	0,651
VOC COM	0,04	1,69	2,251
CO ₂	2753	59,59	16,544
Heavy metals	14,2	4,3 kg/a	6,4 kg/a

The results show that:

- Burning shale oil results in bigger emissions for: SO₂, CO₂ and heavy metals.
- Scenario I results in bigger emissions for: Particles and CO.
- Scenario II results in bigger emissions for: NO_x and VOC, however, **CO₂ emissions are reduced remarkably**.

As electricity is also produced in case of scenario II, global CO₂ savings were calculated. In Estonia vast majority of electricity is produced from oil shale and the carbon footprint of electricity production is great. Therefore, when electricity is produced in a CHP locally, it results in remarkable CO₂ reduction globally. The results of the calculations were as follows:

Table 4. CO₂ emissions and reduction for the scenarios

		CO ₂ for FOSSIL FUEL	CO ₂ for SC I (Wood-chips)	SCENARIO II (CHP)			
				CO ₂ EMISSIONS FROM BOILER PLANT	PRODUCED ELECTRICITY	CO ₂ SAVINGS FROM ELECTRICITY	SUM CO ₂ SAVINGS
Base	t CO ₂ / y	4851	84	22	3700 (MWh/a)	-3626	-3604
	kg CO ₂ / MWh	352	6	2	3700 (MWh/a)	-259	-257
2025	t CO ₂ / y	2753	60	17	2700 (MWh/a)	-2646	-2629
	kg CO ₂ / MWh	293	6	2	2700 (MWh/a)	-270	-268

The results for the Elva case study show that replacing fossil fuels with woodchips results in remarkable CO₂ reduction. But almost as big additional global CO₂ reduction can be achieved if switching from existing woodchip boiler houses to combined heat and power plant technology.



Life cycle of woodchips

The life cycle of woodchips was described for the Elva case study. The main sources of woodchips used in Elva are: forest residues, brushwood, waste from sawmills, timber processing etc. Before use in Elva boiler houses woodchips do not need energy consuming processing. Woodchips are transported to Elva from distances of 50-70 km.

Calculations of CO₂ emissions carried out showed that:

- Production of 1 m³ of woodchips from forest residues and brushwood results in emissions of about 3 kg CO₂.
- Transportation of 1 m³ of woodchips to Elva boiler houses results in emissions of about 3 kg CO₂.

Based on this, the production of **1MWh of heat** in Elva boiler plants results in emissions of about **8 kg CO₂** from production and transportation stages of woodchips.

When comparing this result with the CO₂ emissions from the burning process in boiler plants (see Table 4 above) it can be concluded for the Elva case study that the production and transportation stages of woodchips give a small CO₂ emission compared to the CO₂ reductions from combustion stage.

Utilization of ashes from wood boilers

Additionally the study analyzed the possibilities for the utilization of ashes from wood boilers in Estonia. Four main options were discussed.

1. Giving ash over to the waste handler is the most accessible and convenient option for the boiler plants. However, it is probably not the cheapest option for boiler plants who have to pay for transportation and a fee to hand the waste over to the waste handler. In this case the waste ash is most commonly deposited or reused in landfills by the waste handler.

2. Using as a fertilizer in agriculture is under present conditions in Estonia the most accessible alternative to depositing in landfills. It depends on the existence and area of fields that need lime, but much of the agricultural land in Southern and South-Eastern Estonia is acidic and neutral soil provides better conditions for most agricultural species. In long run it is probably cheaper to the boiler house compared to the first option, however, some requirements need to be met. The boiler house needs to acquire a waste permit as officially it is re-usage of waste. Also, the boiler plant needs to register the ash as lime fertilizer in the fertilizer registry. The composition of ash must be in accord with the requirements set in the Regulation No 23 of 10.03.2005. a. „Nõuded väetise koostisele liikide kaupa” (most notably heavy metals may become a problem).



3. The third option, using ash as a fertilizer in forestry has been long studied in the Nordic Countries and as of recent been also increasingly used in practice. However, in Estonia there are neither suitable regulations nor practice for this option yet. Also it has been suggested that for Estonian conditions there has been not enough research yet in this field.

4. Reusing ash as infill (in building, landscaping etc) was previously commonly practiced in Estonia, as there were no requirements for inert waste. But the requirements were set with the regulation in 2004 and it may be assessed that most probably the ash from wood fuels does not comply with the requirements. The most probable shortcomings are as follows:

- soluble matter content exceeds limits;
- unburned carbon exceeds limits;
- alkalinity of ash water exceeds limits.

These shortcomings may be eliminated with treatment (eg pelleting) but there has been no such practice in Estonia and it probably becomes more costly for the boiler house.

Further options (such as adding to compost, usage in green landscaping) may prove possible and economically feasible but these require case-by-case analyses and co-operation with a waste handler.

PART II – ECONOMIC ASPECTS

The investment summary

The aim of the economic analysis was to assess if it's possible to base the heat supply of the Elva town on combined heat and power unit like practiced in some other places in Estonia and elsewhere. The other aim was to compare different scenarios to find most promising ways to go.

Current economic analysis is guided by methodology of the cost-benefit analyses of investment projects implemented by European Union. There are four main scenarios for comparison:

- the First, the so-called 0-scenario, which means the continuation of current practices. There will remain three boiler plants in Elva, with their own heating districts. The bulk of the heat is produced from wood chips, but also there are smaller oil boilers to cover peak load for heat in winter period;
- the Second scenario connects heating districts of Nooruse (Central) and Kirde boiler plants. The old boilers will be replaced by ORC-type combined heat and power unit;



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



- the Third Scenario connects heating districts of Nooruse, Kirde and Elva hospital boiler plants. The old three boilers will be replaced by ORC-type combined heat and power unit;
- in the Fourth scenario an existing boiler equipment in Nooruse is replaced by a smaller ORC-type combined heat and power unit, district heating networks are not consolidated.

Economic modeling has been carried out for the years 2011 - 2032, whereas the realization of investments takes place in all cases in years 2015 to 2017. Primary data for all scenarios come from mathematical models of heat production ja consumption for the years 2011 and 2025. The models take into account the scope of the heating districts and corresponding raw data (number of clients, amount of heat consumed, heat cost, scale of investment, etc.). The 0-scenario in economic analysis corresponds to the 0-scenario in environmental analysis, scenarios II - IV are variations of scenario II in environmental analysis.

The Cost-Benefit Analysis shows, that economically the most cost-effective opportunity is establishing a high-efficiency Heat and Power Unit for existing heating district in central town of Elva, i.e. scenario IV. This scenario does not require additional investments in heating networks, while investment in equipment is significantly less than in scenarios II and III. Such a project is profitable even without European Union funding. The other scenarios would require grants or supports to ensure the sustainability of the investments.

The advantage of the 0-scenario consists in flexibility. It's the way to manage costs, while making maximum use of existing facilities and equipment. It is possible that the actual investment costs turn out to be smaller than predicted here. Also the 0-scenario brings for consumers relatively small increase of the heat costs.

At the same time, the analysis shows that all the scenarios are feasible under certain conditions, and the final choice will depend on the environmental and technological solutions.

The following is a summary table of all four scenarios with main financial indicators.

Table 5. Financial indicators of the scenarios

(EUR)	Total	Discounted
I scenario (0)		
Initial Investment	2 164 690	1 244 388
Revenues	17 356 168	7 385 213
Operating Expenses	16 564 026	6 727 091
Residual Value	0	0
Net Present Value	-586 266	
Internal Rate of Return	-	



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



II scenario		
Initial Investment	5 452 180	3 146 413
Revenues	20 243 584	8 322 286
Operating Expenses	15 767 856	6 373 738
Residual Value	0	0
Net Present Value	-1 197 865	
Internal Rate of Return	-3,66%	
Simple Payback Period	15	
III scenario		
Initial Investment	5 857 352	3 392 964
Revenues	21 374 071	8 804 897
Operating Expenses	16 848 393	6 808 726
Residual Value	0	0
Net Present Value	-1 396 793	
Internal Rate of Return	-4,63%	
Simple Payback Period	18	
IV scenario		
Initial Investment	3,659,690	2,103,009
Revenues	17,555,050	6,748,176
Operating Expenses	10,895,798	4,392,922
Residual Value	0	0
Net Present Value	252,245	
Internal Rate of Return	12.43%	
Simple Payback Period	6	

Key conclusions

1. By matching the scenarios it is clear that the most critical factor is the size of the investment. The Scenario IV has the highest productivity, because the minimal investment and because there is no need for additional expenditures to connect different heating districts.
2. Despite the high investment costs none of the scenarios is unachievable. The opportunity for Heat and Power Unit is to improve the economic efficiency through the sale of electricity during its working time, especially in cold seasons.
3. Using the scenario IV, the price of the heat will remain relatively low for consumers. The heating rate increases proportionally with the CPI. As the heat price is reduced, it is easier for people to find resources to cover the cost of thermal insulation of buildings. Also by the I scenario the increase of the heat price will remain relatively small compared to II and III scenario.
4. Scenarios II and III, despite the relatively good economic indicators compared to I scenario, involve higher prices for consumers. The reason is that a large part of company's revenues will come from electricity



- sales. The subsidy of heat price in electricity's account could be complicated by involvement of outside financial resources (bank loans or structural funds). Rather, additional revenues can be used to improve company's financial performance.
5. Pure economic analysis does not take into account the merits of the field of environmental scenarios. It's possible to calculate income from reduced environmental pollution, if there are implemented less polluting technologies. One way is to calculate the carbon emissions reduction and price calculation based on the formation of CO₂ quota at global market. Environmental arguments may determine the choice between different scenarios, if the financial indicators are as close as in this case, but such an analysis was not in the focus of the current work.
 6. Analyses do not permit any fundamental conclusions about the heat production methods or effects on business and labour market in Elva region. In the long term the need for wood chips quantity in Elva is reduced. As the use of renewable fuels in other areas (such as transportation or small residential heating) increases, the market for producers of wood chips is not reduced. The fuel production and it's price depend more on world market situation than local demand. Change in the number of jobs of the project is so small that almost does not affect the local labour market.
 7. The choice of the scenario has a certain influence on the regional economy through the effects of purchasing power of residents. Scenarios II or III result in higher housing costs while the investment money will move out of the area.
 8. If there is one or another scenario chosen, it's necessary to carry out new economic analysis based on specific facts and terms (data of the specific heating unit, financing and funding conditions, execution terms, etc).



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Sisukord

SUMMARY IN ENGLISH	2
SISSEJUHATUS.....	13
 OSA 1. ELVA PUIDUKATLAMAJADE KESKKONNAASPEKTID	 14
1. SISSEJUHATUS	15
2. SEOS ASJAKOHASTE ENERGEETIKAALASTE ARENGUDOKUMENTIDEGA	16
3. SÜSINIKU HEITE ARVUTAMISE METOODILISED ALUSED	23
3.1 SÜSINIKU JALAJÄLG JA KASVUHOONEGAASIDE HEITE ARVUTAMINE	23
3.2 TAASTUVENERGIA DIREKTIIV JA KÜTUSTE ELUTSÜKKEL	24
4. HAKKPUIDU PÕLETAMINE KATLAMAJADES.....	27
4.1 OLULISEMATE SAASTEAINETE LÜHIKIRJELDUS.....	27
4.2 SAASTEAINETE HEITKOGUSTE ARVUTAMISE METOODIKA.....	29
4.3 OLEMASOLEVAD SAASTEAINETE HEITKOGUSED.....	31
4.3.1 LÄHTEANDMED	31
4.3.2 SAASTEAINETE HEITKOGUSED OLEMASOLEVATEST KATLAMAJADEST	33
4.3.3 SAASTEAINETE HAJUMISARVUTUS	34
4.4 STSENAARIUMITE VÕRDLUS.....	35
4.4.1 STSENAARIUM I – OLEMASOLEV OLUKORD.....	35
4.4.2 KÜTMINE PÕLEVKIVIÕLI BAASIL.....	37
4.4.3 STSENAARIUM II - ALTERNATIIVNE SOOJUSENERGEETILINE SEADE.....	39
4.4.4 SAASTEAINETE HEITKOGUSTE VÕRDLUS.....	45
4.4.5 SÜSINIKU HEITE VÕRDLUS.....	46
5. BOKÜTUSTE ELUTSÜKKEL	48
5.1 BOKÜTUSTE SÜSINIKU JALAJÄLJE TÜÜPILISED VÄÄRTUSED	48
5.2 HAKKPUIDU ELUTSÜKLIST ELVA NÄITE PUHUL	49
5.2.1 HAKKPUIDU ELUTSÜKLIST EESTI TINGIMUSTES	49
5.2.2 HAKKPUIDU ELUTSÜKLIST ELVA JUHTUMIUURINGUS	50
6. TUHA LADESTAMINE JA KASUTAMINE.....	55
6.1 ÜLEVAADE PUIDUTUHAST.....	55
6.2 TUHA KÄITLEMISE VÕIMALUSED	57
6.2.1 ÜLEANDMINE JÄÄTMEKÄITLJALE	58
6.2.2 TUHA TAASKASUTAMINE TÄITEMATERJALINA	59
6.2.3 PUIDUTUHA KASUTUS PÕLLUMAJANDUSES.....	60
6.2.4 PUIDUTUHA KASUTUS METSAMAJANDUSES.....	64
6.2.5 MUUD KASUTUSVÕIMALUSED	66
6.2.6 KOKKUVÕTE TUHA KÄITLEMISE VÕIMALUSTEST.....	66
7. KOKKUVÕTE	68
KASUTATUD KIRJANDUS	72
LISA. TAHKETELE BOKÜTUSTELE TÜÜPILISED ELUTSÜKLI KASVUHOONEGAASIDE	
EMISSIONI NÄITAJAD.....	76





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



OSA 2. TULEVIKUSTSENAARIUMITE TASUVUSANALÜÜSID	80
1. SISSEJUHATUS	81
1.1 MAJANDUSLIKU ANALÜÜSI LÄHTEKOHAD.....	81
1.2 METODOLOOGIA.....	82
1.2.1 KASUTATAVAD FINANTSNÄITAJAD.....	82
1.2.2 MAKROMAJANDUSLIKUD EELDUSED	84
2. I STSENAARIUM (NN 0-STSENAARIUM)	85
2.1 LÄHTEANDMED	85
2.2 INVESTEERINGUD	87
2.3 TEGEVUSTULUD	87
2.4 TEGEVUSKULUD.....	88
2.5 STSENAARIUMI KOONDANDMED JA INVESTEERINGU TULEMUS	89
2.5.1 FINANTSANDMED	89
2.5.2 TOETUS JA TARIIF.....	89
2.5.3 MÕJU TARBIJALE	90
3. II STSENAARIUM.....	91
3.1 LÄHTEANDMED	91
3.2 INVESTEERING.....	93
3.3 TEGEVUSTULUD	94
3.4 TEGEVUSKULUD.....	95
3.5 STSENAARIUMI KOONDANDMED JA INVESTEERINGU TULEMUS	96
3.5.1 FINANTSANDMED	96
3.5.2 TOETUSED JA TARIIF.....	96
3.5.3 MÕJU TARBIJALE	98
4. III STSENAARIUM	100
4.1 LÄHTEANDMED	100
4.2 INVESTEERING.....	102
4.3 TEGEVUSTULUD	103
4.4 TEGEVUSKULUD.....	103
4.5 STSENAARIUMI KOONDANDMED JA INVESTEERINGU TULEMUS	103
4.5.1 FINANTSANDMED	103
4.5.2 TOETUSED JA TARIIF.....	104
4.5.3 MÕJU TARBIJALE	106
5. IV STSENAARIUM.....	107
5.1 LÄHTEANDMED	107
5.2 INVESTEERING.....	109
5.3 TEGEVUSTULUD	109
5.4 TEGEVUSKULUD.....	109
5.5.....	110
5.5 STSENAARIUMI KOONDANDMED JA INVESTEERINGU TULEMUS	110
5.5.1 FINANTSANDMED	110
5.5.2 MÕJU TARBIJALE	111
6. PÕHIJÄRELDUSED	112
7. KOKKUVÕTE	114
KASUTATUD KIRJANDUS	116





Sissejuhatus

Käesolevaks tööks on keskkonna- ja majanduslike aspektide analüüs Eesti Maaülikooli koordineeritava projekti „Wood Energy and Cleantech“ tööpaketis „Tehnoloogia ja Tootmine“ teostatava juhtumiuuringu läbiviimisel. Projekti „Wood Energy and Cleantech“ näol on tegemist puhta puiduenergia arendamise projekt Kesk-Läänemere regioonis. Käesolev juhtumiuuring käsitleb Elva linna kaugküttesüsteemi, keskendudes eelkõige puidukatlamajadele ja hakkpuidu kasutamisele. Aruande koostamiseks kasutatud lähteandmed on suures osas pärit projekti „Wood Energy and Cleantech“ käigus koostatud teistest aruannetest ja allikatest.

Vastavalt projekti koordinaatoritelt saadud lähteülesandele koosneb töö kahest osast:

- 1. Elva puidukatlamajade keskkonnaaspektid;**
- 2. Tulevikutsenaariumite tasuvusanalüüsid.**

Töö esimene osa (keskkonnamõjude analüüs) koostati Hendrikson & Ko poolt järgmiste ekspertide osalusel:

Robert Tomasson,
Märt Öövel,
Jaak Järvekülg.

Töö teine osa (tasuvusanalüüsid) koostati järgmiste ekspertide poolt:

Aado Altmets;
Silver Salla.

Tööd valmivad Euroopa Liidu Regionaalarengu Fondi toetusel Central Baltic Interreg IVA programmi raames.



OSA 1. ELVA PUIDUKATLAMAJADE KESKKONNAASPEKTID



1. Sissejuhatus

Eesti on praeguseks vähendanud kasvuhoonegaaside heitmeid 1990. aastaga võrreldes üle 50%, taastuvate energiaallikate osakaal kogu energiatarbimises moodustas 2005. aastal 18% [1]. Vastavalt taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise direktiivile 2009/28/EÜ [2] (edaspidi viidatud ka kui Taastuvenergia direktiiv) on Eesti kohustatud tõstma taastuvate energiaallikate osakaalu kogu energiatarbimises võrreldes referentsaastaga 2005.a. 25%-ni aastaks 2020.

Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava [3] eesmärgiks on luua kodumaise biomassi ja bioenergia tootmise arenguks soodsad tingimused, et vähendada Eesti sõltuvust imporditavatest ressurssidest ja fossiilsetest kütustest ning vähendada survet looduskeskkonnale. Arengukava eesmärk on vähendada Eesti sõltuvust imporditavatest energiaressurssidest ning laiendada biomassi kasutamist energia toorainena, mis ühtib ka Energiamajanduse riikliku arengukava [4] eesmärgiga tagada pidev energiavarustus energiaallikate mitmekesistamise ning ühtlasema jaotusega energiabilansis.

Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukavas [3] on välja toodud, et biomassi kasutuselevõtmine energia ja materjalide tootmises toob muuhulgas kaasa järgmised otsesed positiivsed mõjud keskkonnale:

- aitab vähendada reostussurvet keskkonnale, eriti energeetikasektori keskkonnakoormust;
- aitab hajutada energia tootmist;
- aitab tagada põllumajandus- ja metsamaa hooldatust.

Biokütuste kasutus on Eestis praegu veel madal, kuid huvi selle kasutuse vastu on pidevalt kasvav [1].

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi andmetel ei ole biokütuste ja selle toorme tootmise teemadel Eestis keskkonnamõjude uuringuid tehtud. Eestis vedelate biokütuste tootmist hetkel ei ole, muu põllumajandustegevus ei ole seni teadaolevalt tavapärasest keskkonnamahukam [5].

Tulenevalt „Wood Energy and Cleantech“ projekti lähteülesandest käsitletakse käesolevas peatükis eelkõige hakkpuidu kui kütuse kasutamise keskkonnamõjusid Elva katlamajades ning analüüsitakse kohalikul biomassil töötava koostootmisjaama rajamisega seotud aspekte.

Käesolev aruanne ei kirjelda kõiki puidukatlamajadega seotud keskkonnamõjusid, vaid keskendub vastavalt projekti lähteülesandele eelkõige katlamajadega seotud heitgaasidele ja süsinikdioksiidi heitele, kui kütuste põletamise olulisimale keskkonnamõjule. Praktilises osas teostati heitkoguste arvutused nii olemasoleva olukorra kui ka võrreldavate stsenaariumite jaoks. Lisaks käsitletakse ka tekkinud tuha käitlemise võimalusi Eesti praktikas.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



2. Seos asjakohaste energeetikaalaste arengudokumentidega

Käesolevas alapeatükis käsitletakse töö lähteülesandega (sooja tootmine puidukatlamajades, kohalikul biomassil töötava koostootmisjaama otstarbekus) seotud olulisemaid strateegilisi dokumente.

2.1.1 Euroopa Liidu arengudokumendid

Euroopa ühenduste komisjoni **Roheline raamat energiatõhususe kohta ehk kuidas saavutada vähemaga rohkem** [6] toob välja elektri hajustootmise edendamise ning elektri ja soojuse koostootmise olulisuse. Rohelise raamatu kolm peamist eesmärki on konkurentsivõime, jätkusuutlikkus ja varustuskindlus. Energiatõhususe parandamine tähendab parimate tehnoloogiate kasutamist, et tarbida vähem, seda kas lõpptarbimise või energiatootmise faasis. Peatükis 2.3. „Elektrienergia tootmine“ on märgitud järgmist:

Hajustootmise edendamine. Suurim raiskamine elektritarneahelas (tootmine – ülekandmine, jaotamine – varustamine) on kasutamata soojus, mis vabaneb enamasti auruna tootmisprotsessis jahutamiseks vajaliku vee soojenemisel. Tarneahelat iseloomustab ikka veel suuresti elektrienergia tsentraliseeritud tootmine suurtes elektrijaamades, millele järgneb elektri kulukas transport kaablite kaudu lõpptarbijateni. Nimetatud transport tekitab täiendavaid kadusid, peamiselt jaotamisega seoses. Niisiis on tsentraliseeritud tootmisel mastaabisäästueeliseid, kuid ühtlasi raiskab see energiat.

Praegusi elektritootmise investeeringuvajadusi saaks Euroopa heaks ära kasutada, kui kasutada võimalust soodustada elektritootmise üleviimiseks suurtest elektrijaamadest puhtamasse ja tõhusamasse jaotussüsteemi kohapealseks tootmiseks. Hajustootmine on kasulikele väljunditele tavaliselt palju lähemal, arvestada ka soojust, mis läheb tavapärasel tootmisel kaotsi, suurendades seega soojuse taaskasutamise võimalusi, mis tõstab märgatavalt kütusesäästlikkust. See muutus on järkjärguline protsess, mida saab siseriiklikul tasandil soodustada, kasutades tööstuse jaoks õigeid stiimuleid.

Teine elektridirektiiv 2003/54/EÜ sisaldab juba liikmesriikidele ja siseriiklikele reguleerivatele asutustele suunatud stiimulit hajustootmise edendamiseks, võttes arvesse selle eeliseid ülekande- ja jaotusvõrkude seisukohalt pikaajaliselt välditud investeeringukulude kujul. Peale selle on liikmesriigid kohustatud tagama, et sedalaadi tootmiseks loa andmise korra puhul võetakse arvesse selle väikest ulatust ja seetõttu potentsiaalselt piiratud mõju. Seepärast on vajalik hajustootmiseks loa





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



andmise korra reguleerimiskoormuse ratsionaliseerimine ja vähendamine: selle peavad teoks tegema siseriiklikud ametiasutused, reguleerijad ning kohalikud ja piirkondlikud ametiasutused. Komisjon hoolitseb direktiivis ettenähtud meetmete jõustamise eest. Igal juhul peab selleks, et järgida ühenduse eeskirju asutamisevabaduse ja teenuste osutamise vabaduse kohta, energiatootmise loa väljastamise kord põhinema objektiivsetel ja mittediskrimineerivatel kriteeriumidel, mis tehakse asjaomastele ettevõtetele eelnevalt teatavaks, tagamaks et siseriiklike ametiasutuste otsustusõigust ei kasutata meelevaldselt. Halduslike lubade süsteemiga kehtestatavate avaliku teenindamise kohustuste laad ja ulatus tuleb kõnealustele ettevõtjatele selgeks teha eelnevalt. Juhul kui teatud tegevuseks saadaval olevate lubade arvu reguleerib limiit, ei tohi loa kehtivusaeg olla pikem kui aeg, mis on vajalik investeringu tasateenimiseks ja õiglase summa tagasiteenimise võimaldamiseks kapitali baasil. Lisaks sellele peab igal inimesel, keda puudutab sellisel erandil põhinev piirav meede, olema apellatsioonivõimalus.

Koostootmine pakub samuti võimalust tõhususe oluliseks kasvuks. Seni toodetakse selle tehnoloogia abil vaid umbes 13% ELis tarbitavast elektrienergiast. Liikmesriigid peavad rakendama 2006. aasta veebruariks direktiivi, mis edendab suure tõhususega koostootmise kasutamist. Nad peaksid tagama, et seda tehnoloogiat kasutatakse võimalikult otstarbekalt. Lisaks sellele võiksid nad stimuleerida täiendavat edasiminekut koostootmise tehnoloogiate väljatöötamisel mitte üksnes energiatõhususe ja kütusepainsallikkuse huvides, vaid ka ehituskulude vähendamise eesmärgil. Samamoodi saaksid liikmesriigid veelgi uurida ja edasi arendada koostootmistehnoloogiaid, mis võivad suurendada taastuvate energiaallikate kasutamist.

Enamikus EL 25 liikmesriikides on kaugküttesüsteemid ja eriti uutes ülemineikumajandusega Kesk-Euroopa liikmesriikides on see väga levinud küttega varustamise moodus, eriti majapidamiste puhul. Hästi korraldatud kaugküte võib olla keskkonnasõbralik. Arvestuste kohaselt võivad isegi ainult juba olemasolevad kaugküte- ja koostootmisrajatised, sealhulgas tööstusrakendused, saavutada primaarse energiakasutuse kokkuhoiu 3–4% võrreldes lahustootmisega.

Peamine lahendamist vajav probleem on aga see, kuidas rahastada vanade süsteemide ajakohastamist. Selleks on vaja veelgi mobiliseerida selliseid finantseerimisasutusi nagu Euroopa Investeeringuspank, et võimaldada energiatõhususe meetmete rahastamist kaugkütte vallas.

Biomassi tegevuskavaga [7] nähakse ette meetmed, et hoogustada puidust, jäätmetest ja põllumajanduskultuuridest saadava energia arengut. Sel viisil saab Euroopa vähendada oma sõltuvust fossiilkütustest, piirata kasvuhoonegaaside heitkoguseid ning elavdada majandustegevust maapiirkondades.





EL Nõukogu **direktiiv 2004/8/EÜ** [8] energia koostootmise edendamise kohta on praegu elektrituruseaduse muudatustepanekuga ülevõtmisel Vabariigi Valitsuses. Direktiivi põhieesmärk on tõhusa koostootmise edendamine. Direktiivi alusel on väljatöötamisel koostootmise viiteväärtused.

2001. aastal vastu võetud **direktiivi 2001/77/EÜ** [9] taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrienergia kasutamise edendamise kohta elektrienergia siseturul, kohaselt peab 2010. aastal 22% elektri siseriiklikust brutotarbimisest olema kaetud taastuvatest energiaallikatest toodetud elektriga. Direktiiv määrab Eestile eesmärgiks saavutada elektri tootmine taastuvatest energiaallikatest 5,1% ulatuses aastaks 2010 ja 7,5 % ulatuses aastaks 2015.

2.1.2 Eesti arengudokumendid

Säästva arengu strateegia **Säästev Eesti 21** [10] on Eesti riigi ja ühiskonna arendamise strateegia aastani 2030. Pikaajaliste arengu eesmärkidena määratletakse Eesti kultuuriruumi elujõulisus (rahvuslike traditsioonide säilimine), heaolu kasv, sidus (teravate sotsiaalsete vastuoludeta) ühiskond ja ökoloogiline tasakaal.

Strateegia toetab üldjoones taastuvatel loodusressurssidel põhineva energia tootmise osakaalu kasvu, kuid nähakse ka ohtu surve kasvamisel looduskeskkonnale ja bioloogilisele mitmekesisusele. Fossiilsete või taastumatute loodusressursside kasutamine peaks toimuma põhimõttel, et nende ekspluateerimine oleks kindlustatud selle ajani, kus neid on võimalik asendada mõne teise, näiteks taastuva ressursiga.

Eesti keskkonnanstrateegia aastani 2030 [11] eesmärgiks on määratleda pikaajalised arengusuunad looduskeskkonna hea seisundi hoidmiseks, lähtudes samas keskkonna valdkonna seostest majandus- ja sotsiaalvaldkonnaga ning nende mõjudest ümbritsevale looduskeskkonnale ja inimesele.

Aastal 2030 kasutatakse energia tootmiseks paralleelselt mitmesuguseid tooraineid, mis on lähedalt kättesaadavad, ja uusi keskkonnasõbralikke tehnoloogiaid. Tagatud on energiaga varustamise stabiilsus, praeguste energiatoormeliikidele on leitud asendus, kasutusel on uued tehnoloogiad, põlevkivi kasutatakse efektiivsemalt, vähemate jäätmetega (tuul, päike, vesi praeguse tehnoloogia juures Eesti energiavajadust ei kata). On olemas võimalus lihtsalt ühelt energiatootjalt (allikalt) teisele ümber lülituda. Levinud on mikroenergeetikalahendused ja autonoomsed ökomajad, kus vähene vajaolev energia toodetakse taastuvatest allikatest. Eesti paistab arenenud riikide hulgas silma väiksema energiatarbega toodanguühiku kohta. Põlevkivitööstuse, nii elektri- kui õlitööstuse keskkonnakoormus on minimeeritud ja selle jääknähud on likvideeritud.



Energeetika osas on seatud eesmärgiks toota elektrit mahus, mis rahuldab Eesti tarbimisvajadust, ning arendada mitmekesiseid, erinevatel energiaallikatel põhinevaid väikese keskkonnakoormusega jätkusuutlikke tootmistehnoloogiaid, mis võimaldavad toota elektrit ka ekspordiks.

Arengu eesmärk on arendada Eesti tarvet rahuldavat energeetikat, mis kasutaks erinevaid energiaallikaid. Eelistatud on need tootmisviisid, mis koormavad võimalikult vähe keskkonda, kuid võivad kasutada ka fossiilseid energiaallikaid. Väikese keskkonnakoormusega tootmistehnoloogiate väljatöötamise ja nende optimaalse tootmisrežiimiga kasutamise korral võib toota elektrit ka ekspordiks. Energiatarbimise kasvu aeglustamine ja stabiliseerimine, tagades samas inimeste vajaduste rahuldamise, ehk tarbimise kasvu olukorras primaarenergia mahu säilimise tagamine.

Eesti elektrimajanduse arengukava 2005 – 2015 [12] kirjeldab riigi elektrimajanduse alase poliitika missiooni, tuues esile:

- elektrimajanduse hetkeseisu;
- elektritarbimise prognoosi 10 aasta perspektiivis;
- elektrivarustuskindluse tagamiseks 2015. aastani vajaliku tootmis- ja edastusvõimsuste mahu ja struktuuri;
- elektrimajanduse arendamise eesmärgid, sh taastuvelektri ja koostootmise arendamise sihid;
- elektrimajanduse arengut mõjutavad piirangud ja võetud kohustused;
- elektrituru regulatsiooni ja elektrihinna kujunemise üldpõhimõtted.

Viimastel aastakümnetel on elektritootmine olnud Eestis suurim vee ja mineraalsete loodusvarade kasutaja ning jäätmete tekitaja. Fossiilkütuste (põlevkivi, masuut ja maagaas) põletamine elektri ja soojuse tootmisel annab suurima osa Eesti kasvuhoonegaaside emissioonist, õhku paisatud tahketest osakestest ning lenduvatest orgaanilistest ühenditest.

Eesti elektrimajanduse arengukava 2015. aastani strateegiliseks eesmärgiks on tagada turumajanduse tingimustes Eesti elektrisüsteemi optimaalne funktsioneerimine ja areng ning tarbijate nõuetekohane varustamine elektriga pikaajalises perspektiivis võimalikult madalate hindadega. Seejuures täidetakse kõiki töö- ja varustuskindluse ning keskkonnanõudeid. Lähtudes strateegilise eesmärgi kriitilisusest tuleb selle saavutamisel järgida järgnevaid Eesti riigile elektrimajanduse arendamisel olulisi eesmärke:

- Tagada Eesti elektrisüsteemi talitlus- ja häiringukindlus ning tarbijate varustuskindlus vähemalt 2005. aasta tasemel ja elektrivõrgu täielik uuendamine ligikaudu 30-aastastes perioodides ülekande- ja ligikaudu 40-aastastes perioodides jaotusvõrgus.
- Tagada sisemaise elektritarbimise koormuse katmiseks vajalik kohaliku genereeriva võimsuse olemasolu.
- Arendada energiaressursse efektiivsemalt kasutavaid tehnoloogiaid, sealhulgas elektri ja soojuse koostootmist.





- Stimuleerida säästlikku elektritarbimist.
- Luua ja efektiivsemalt kasutada elektrivarustuskindluse tõstmiseks ja elektrikaubanduse arendamiseks ühendusi ELi naaberriikide elektrisüsteemidega ja tõhustada rahvusvahelist koostööd.
- Tagada elektrimajanduse oskusteabe, töhusa tehnoloogiaarenduse ja -siirde ning teadustegevuse ja innovatsiooni olemasolu riigis.

Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013 [13]

Arengukavas tuuakse välja järgmist:

Biomassi kasutuselevõtmine energia ja materjalide tootmises:

- aitab tagada energiaga varustuskindlust;
- vähendab sõltuvust imporditavast energiast ja selle hinnakõikumistest;
- loob põllumajandustoodangule uued turuväljundid võimaldades otsetoetuste vähenemise kompensatsiooniks teenida asendus- või lisasissetulekut;
- aitab vähendada reostussurvet keskkonnale, eriti energeetikasektori keskkonnakoormust;
- aitab tagada sisemajanduse kogutoodangu kasvu või stabiilsust;
- avaldab positiivset mõju kaubandusbilansile;
- võimaldab luua uusi töökohti või säilitada olemasolevaid (eriti maapiirkondades);
- mitmekesistab põllumajandustoodangu ja energiaressursside nomenklatuuri;
- aitab hajutada energia tootmist;
- aitab tagada põllumajandus- ja metsamaa hooldatust.

Biomassi kasutamine energia tootmiseks areneb aastani 2013 järgnevalt:

- tänu maaelu arengukavas aastateks 2007-2013 rakendatavatele meetmetele ja toetustele suureneb märgatavalt biomassi (peamiselt raiejäätmete ja mittekonventsionaalse biomassi) kättesaadavus;
- tänu elektrituruseaduses kavandatud toetusmeetmetele ja riikliku struktuurivahendite kasutamise arengukava 2007-2013 meetmetele muutub mittekonventsionaalsetest biomassiresurssidest toodetud energia hind konkurentsivõimelisemaks võrreldes teiste energiatoodetega;
- biomassi osakaal elektri tootmiseks suureneb 3%-ni siseriiklikust brutotarbimisest;
- suureneb biomassi osakaal soojuse tootmiseks;
- mikro elektri- ja soojuse koostootmisjaamade konkurentsivõime võrreldes teiste energiatootmisviisidega on tõusnud tänu sellekohasele teadusarendustegevusele Eestis ja Euroopa Liidus;
- tarbijad on igakülgset informeeritud kodumaiste taastuvate ressursside kasutamise eelistest lokaalküttes.



Riiklikus struktuurivahendite kasutamise strateegias 2007-2013 [14]

märgitakse, et Eesti sisemajanduse koguprodukti energiamahukus ja primaarenergia kasutamise suhteliselt madal efektiivsus näitavad suurt potentsiaali tõhusamaks energiakasutuseks. Senisest enam tuleks pöörata seetõttu riiklikku tähelepanu energiatarbimise kasvu ohjamisele ning efektiivsuse tõusule ning lõpptarbijapoolsele energiasäästule. Seoses toetusskeemide olemasoluga taastuveneergeetika ja tõhusama elektritootmise arendamiseks elektrimajanduses ning kooskõlastatavate energiahindade puhul investeerimiskohustusega energeetika infrastruktuuri arendamisse saab suunitleda piiratud ressursse pea-asjalikult energeetika arengut toetavatesse ja hoogustavatesse tegevustesse.

Eesti elektri tootmisvõimsuste struktuur muudetakse ratsionaalsemaks, et katta tipukoormust ja vähendada elektritootmise kontsentreeritust. Selleks toetatakse elektri ja soojuse koostootmisvõimsuste rajamist paikadesse, kus on olemas soojuskoormus; ning taastuvaid energiaallikaid elektri tootmiseks kasutatavate tootmisseadmete ja tipukoormusvõimsuste rajamist.

Et suurendada taastuvate energiaallikate osakaalu sooja tootmisel, tagada soojatarbijate varustamine soojaga ja teha seda võimalikult madala hinnaga ning säästlikult kasutada energiaressursse, toetatakse väiksemate kaugküttevõrkude renoveerimist ja katlamajade rajamist või üleviimist taastuvatele energiaallikatele.

Eesti maaelu arengukava aastateks 2007-2013 [15] meetme 1.1.3 "Investeeringud bioenergia tootmisesse" raames toetatakse investeeringuid, mis on suunatud põllumajandusettevõtetes biomassi ja bioenergia tootmisele.

Maaelu arengukava meetme 1.2 "Põllumajandustoodetele ja metsandussaadustele lisandväärtuse andmine" raames toetatakse investeeringuid töötlemisviiside, seadmete ja tehnoloogiate soetamiseks ning rakendamiseks, mille eesmärk on biokütuste tootmine põllumajandussaadustest ja mittepuidulistest metsandussaadustest ning põllumajandus- ja mittepuidulisi metsandussaadusi töötleva tööstuse tootmisjäätmetest.

Maaelu arengukava meetme 1.6 "Põllumajandus- ja toidusektoris ning metsandussektoris uute toodete, töötlemisviiside ja tehnoloogiate arendamine" raames on bioenergiakultuuride ja biokütuste osas toetatavad rakendusuuringud ja tootearendus.

Meetme 1.5 "Metsa majandusliku väärtuse parandamine ja metsandussaadustele lisandväärtuse andmine" raames toetatakse metsandussaadusi töötleva tööstuse mikroettevõtete investeeringud materiaalsetesse ja immateriaalsetesse varadesse uute toodete, töötlemisviiside ja tehnoloogiate soetamiseks ja kasutuselevõtmiseks (sealhulgas investeeringud bioenergia tootmiseks), et tagada



metsandussaaduste ulatuslikum pakkumine ja kasutamine, kvaliteetsete ning suurema lisandväärtusega innovaatiliste metsandustoodete ja -saaduste tootmine (sh bioenergiatooted), energia kokkuhoid ja keskkonnasäästlik majandamine.

Maaelu arengukava meetme 2.7. "Energiavõsa rajamine" raames toetatakse energiavõsa kasvatamist, et edendada bioenergia toorainekoguste suurendamist ning tagada hea keskkonnaseisund ja aidata kaasa kliimamuutuste leevendamisele. Toetusega kaetakse osaliselt energiavõsa rajamise kulud.

Kokkuvõtteks ülaltoodud refereeringute põhjal saab välja tuua järgmised suundumused energeetika poliitikas:

- taastuvate kütuste kasutamine;
- kohalike kütuste kasutamine;
- koostootmine (energia efektiivne tootmine);
- hajustootmine (energia efektiivne jaotamine).

Kohalikul biomassil töötava koostootmisjaama rajamine jälgiks kõiki põhilisi suundumusi energeetika poliitikas. Seni ainult sooja tootev katlamaja ei ole tuleviku suundumusi silmas pidades efektiivseim lahendus. Lisaks vähendab taastuvatest kütustest elektri tootmine fossiilsete kütuste kasutamist, st Eesti kontekstis põlevkivist elektri tootmist.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



3. Süsiniku heite arvutamise metoodilised alused

3.1 Süsiniku jalajälg ja kasvuhoonegaaside heite arvutamine

Üheks võimaluseks toote või tegevuse kogu keskkonnamõju väljendamiseks on arvutada selle **ökoloogiline jalajälg**. Ökoloogiline jalajälg on ühendnäitaja, mis suhestab kvantitatiivselt inimtegevuse ökoloogilise mõju inimese kasutuses oleva ökoloogilise varuga. Riigi või mingi muu üksuse materjali- ja energiavoogudele arvutatakse ekvivalentne bioloogiliselt tootliku ala suurus (hektarites), mis suudaks neid loodusvarasid taastoota ja heitmeid ohutuks muuta [16].

Kütuste põletamisel on sobivamaks inimtegevuse mõju keskkonnale (eriti kliimamuutustele) kirjeldavaks suuruseks **süsiniku jalajälg** - süsinikdioksiidi ja teiste kasvuhoonegaaside (metaani, diämmastikoksiidi jt) heite koguhulk, mis kaasneb inimese, organisatsiooni või mõne muu üksuse tegevusega või tekib toote või teenuse olemusringi (elutsükli) jooksul [16].

Süsiniku jalajälje väärtus leitakse kasutades globaalse soojenemise potentsiaali (GWP - Global Warming Potential) suhtarvu erinevatele kasvuhoonegaasidele, mis iseloomustab kasvuhoonegaaside suhtelist mõju kliima soojenemisele. Globaalse soojenemise potentsiaali näitajat kasutades saab erinevate kasvuhoonegaaside emissioonid teisendada CO₂ emissiooni ekvivalendile, liita ning leida seeläbi kogu süsiniku jalajälje. Erinevate ajaperioodide jaoks kehtivad erinevad globaalse soojenemise potentsiaali näitajad, aga süsiniku jalajälje arvutamisel kasutatakse enamasti 100 aastasele perioodile vastavat globaalse soojenemise potentsiaali GWP100 [17].

Ühtlasi on globaalse soojenemise potentsiaali näitajad aja jooksul pidevalt täiendatud ning eri aegadel koostatud juhised sisaldavad erinevaid globaalse soojenemise potentsiaali väärtusi. Siinkohal viidatakse väärtustele, mis pärinevad Taastuvenergia direktiivist 2009/28/EÜ [2]⁴:

CO₂: 1

N₂O: 296

CH₄: 23.

Erinevate kasvuhoonegaaside heidete arvutamiseks kasutatakse ÜRO Rahvusvaheline kliimamuutuste paneeli (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) poolt koostatud Riikliku Kasvuhoonegaaside Inventuuri koostamise juhendit (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) [18], kooskõlas ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooniga.

⁴ pikem ülevaade Taastuvenergia direktiivist toodud allpool peatükis 3.2





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioon (*UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change*) on rahvusvaheline leping, mis loodi 3-4 juunil 1992 aastal Rio de Janeiro toimunud ÜRO keskkonna ja arengu konverentsil (*Conference on Environment and Development* (UNCED), informalselt tuntud kui *Earth Summit*) eesmärgiga arendada globaalset koostööd kliimamuutusi põhjustavate kasvuhoonegaaside inimtekkeliste emissioonide stabiliseerimise ja vähendamise osas; põhieesmärgiks on inimtekkeliste kliimamuutuste ärahoidmine [19].

ÜRO Rahvusvaheline kliimamuutuste paneel (*IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change*) on kliimamuutustest aruandev organ, mille eesmärgiks on hinnata kliimamuutuste poolt põhjustatavaid riske. IPCC neljanda aruande kohaselt tuleb ohtlike kliimamuutuste vältimiseks 2050. aastaks ülemaailmseid kasvuhoonegaaside heitkoguseid vähendada 50% võrreldes 1990 aastaga: selle eesmärgi täitmiseks peaksid heitkoguseid vähendama nii tööstusriigid kui ka arenguriigid [19].

Biokütuste eripära: Biokütuseid peetakse enamasti neutraalse süsiniku bilansiga kütusteks - biomass paiskab põlemisel atmosfääri sama palju CO₂, kui ta on endaga sidunud ning seega bioenergia säästlik kasutamine ei kutsu esile kasvuhoonegaasi CO₂ koguse netokasvu [20]. Ka vastavalt Eesti seadusandlusele loetakse biokütuste põlemisel tekkiv CO₂ nulliks [21].

Ülal toodud juhendmaterjalide põhjal koostatakse praktikas kasvuhoonegaaside inventuure ja prognoose, sh nii riiklikke (näit. Euroopa Komisjonile esitatavad aruanded), kui ka erinevate projektide (sh näit. katlamajade *Fuel Switch* projektide) koosseisus.

3.2 Taastuvenergia direktiiv ja kütuste elutsükkel

Kuigi biokütuseid peetakse neutraalse süsinikubilansiga kütusteks, sõltub kütuse kasutamise kogumõju keskkonnale siiski ka olulisel määral sellest, kuidas biokütust toodetakse ning transporditakse. Neid aspekte arvestab toote **elutsükkel, ehk olelusring** - toote või teenuse eluiga n-ö hällist hauani, mis koosneb tootesüsteemi järjestikustest ja omavahel seotud etappidest. Olelusringi kuuluvad toote valmistamiseks vajaliku toorme kaevandamine ja tootmine, toote valmistamine, pakendamine, tarbijale levitamine, kasutamine ning toote kasutusest kõrvaldamine ehk tekkivate jäätmete käitlemine. Olelusringi hulka kuulub ka etappidevaheline transport. [16]





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Uuematest rahvusvahelistest kokkulepetest reguleerib biokütuste keskkonnamõju ohjamist Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2009/28/EÜ taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta [2] (edaspidi viidatud ka kui Taastuenergia direktiiv), mis arvestab ka biokütuste elutsükliga. Direktiivis on sätestatud **Biokütuste ja vedelate biokütuste säästlikkuse kriteeriumid, lisaks annab** direktiiv juhised (metoodika), mille järgi liikmesriigid peavad hindama fossiilsete kütuste asendamisest biokütustega potentsiaalselt tulenevat kasu keskkonnale (sh kasvuhoonegaaside emissiooni vähenemine).

Kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamine on vastavalt direktiivile üheks peamiseks biokütuste kasutamise edendamise põhjuseks.

Konkreetselt käsitleb Taastuenergia direktiiv ainult transpordis kasutatavaid biokütuseid ning muudes sektorites kasutatavaid vedelaid biokütuseid. Et täita seda lünka ning reguleerida ka tahkete biokütuste (sh käesolevas aruandes vaadeldud hakkpuit) kasutamist, on Euroopa Komisjoni poolt koostatud täiendav aruanne, mis annab nõuded muuhulgas ka tahkete biokütuste kasutamise keskkonnasäästlikkuse osas [22].

Taastuenergia direktiivi artikkel 22 kohustab liikmesriike Euroopa Komisjonile esitada aruande taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise ja edendamise edusammude kohta hiljemalt 31. detsembriks 2011 ning seejärel iga kahe aasta järel. Eesti poolt on vastav aruanne esitatud aastal 2011 [23].

Vastavalt Taastuenergia direktiivile [2] ja seda toetavale Euroopa Komisjoni aruandele [22] on **elutsükli analüüs** sobiv vahend, et hinnata bioenergia eeliseid fossiilse energia ees. Emiteeritud kasvuhoonegaaside koguhulk sõltub mitmetest erinevatest etappidest ja tegevustest, sh bioenergia kultuuride kasvatamisest (näit. väetamisest tulenev NH₃ heide), maakasutuse muutustest, tooraine töötlemisest (fossiilsete kütuste põletamine töötlemisprotsessis), transpordist (näit. NO_x, CO, PM heited), kasutatud tehnoloogiast kütuse põletamisel jne.

Euroopa Komisjoni aruanne toob ka välja, et vastavate elutsükli analüüside läbi viimiseks ei ole ainsat ja ühtset elutsüklianalüüsi metoodikat. Ning meetodite valik elutsükli läbi viimiseks mõjutab hinnangute tulemusi [22]. Seega peaks liikmesriik bioenergiast saadava positiivse kasvuhoonegaaside vähendamise efekti leidmiseks kohalike tingimuste kontekstis järgima Taastuenergia direktiivi ja seda toetava Euroopa Komisjoni aruandes kirjeldatud metoodikat, et tulemused oleks võrreldavad teiste riikidega.

Vastavalt Taastuenergia direktiivi nõuetele on Eesti poolt Euroopa Komisjonile 2011. aastal esitatud aruandes [23] hinnatud ka taastuenergia kasutuselevõtu tulemusena kasvuhoonegaaside heitkoguse vähenemist. Aruandes tõdetakse, et esitatud andmed kasvuhoonegaaside heite vähenemise kohta on arvutatud lähtudes lihtsustatud metoodikast, võtavad arvesse ainult otsest CO₂ emissiooni ning on seetõttu ligikaudsed hinnangud.



Lisaks tuuakse aruandes välja, et taastuvate energiaallikate kasutamise tulemusel toimuva kasvuhoonegaaside heite vähenemise detailset arvutamist vastavalt direktiivi 2009/28/EÜ (Taastuvenergia direktiiv) juhistele ei ole praeguseks veel teostatud. **Seni puuduvad Eestis ka uuringud, mis on vajalikud kogu (või osaliselt) olusringi arvestava hindamise meetodi väljatöötamiseks Eesti tingimuste jaoks** [23].

Eesti tingimuste jaoks puudub praegusel hetkel metoodika, et detailselt arvutada biokütuste (sh hakkpuidu) elutsükli kogu süsinikujalajälge.

Sellest tulenevalt on käesolevas töös hakkpuidu keskkonnamõju ja süsinikuheiteid käsitletud tulenevalt kahest erinevast metoodilisest alusest:

- Peatükis 4 viiakse läbi saasteainete heitkoguste arvutus kütuste põlemisprotsessist, mis vastab seni praktikas levinud kasvuhoonegaaside inventuuride metoodikale;
- Peakükis 5 käsitletakse hakkpuidu elutsükli, tervikliku arvutusmetoodika puudumisel käsitletakse kvantitatiivselt tõenäoliselt suurema mõjuga etappe.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



4. Hakkpuidu põletamine katlamajades

Käesolevas peatükis käsitletakse hakkpuidu katlamajadest pärinevaid saasteaineid, seejuures esitatakse

- heitkoguste lähteinventuur – Elva soojamajanduses tekkivate jääkainete baasolukord (vt peatükk 4.3) ning
- Erinevate stsenaariumite võrdluse heitgaaside osas (vt peatükk 4.4).

4.1 Olulisemate saasteainete lühikirjeldus

Antud peatükis on loetletud ja iseloomustatud tähtsamad saasteained, mis tekivad biomassi põletamisel. Saasteainete sisaldus suitsugaasides pole alla 50 MW_{th} sisendvõimsusega põletusseadmetele Eestis normeeritud. Küll on mõnes Euroopa riigis see limiteeritud biokütusel töötavatele koostootmisjaamadele (sõltuvalt soojusvõimsusest). Andmed pärinevad tööst "Basic information regarding decentralised CHP plants based on biomass combustion in selected IEA partner countries final report" [24].

Vääveldioksiidi (SO₂) heitkogus sõltub väävli sisaldusest kütuses. Väävli sisaldus puiduküttes on tagasihoidlik, u 0,02-0,05% (u kaks korda kõrgem on rohtses biomassis). Seega ei vaja puidukütel töötav seade ka väävliärastussüsteemi. SO₂ emissioon suitsugaasides on normeeritud 300 mg/Nm³, 10-20 mg/MJ võrdluseks kütteõlil 140 mg/Nm³.

SO₂ negatiivne mõju avaldub eelkõige hingamisteedele, samuti on täheldatud koosmõju teiste saasteainetega. Keskkonnakahju väljendub happevihmades.

Lämmastikoksiidid (NO_x) kujutavad endast lämmastikdioksiidi (NO₂) ja lämmastikmonooksiidi (NO) segu. Algselt tekib enamuses NO, mis edaspidi oksüdeerub osoonil mõjul NO₂-ks. NO_x tekib põlemisel õhulämmastiku oksüdeerimisel, vähemal määral ka kütuses sisalduvast lämmastikust. NO_x heitkoguse vähendamiseks kasutatakse primaarseid võtteid, st katla töörežiimi seadeid, mis ei tingi kõrgeid emissioone. Üks primaarsetest võtetest on põlemistemperatuuri hoidmine piisavalt madalal tasemel <900°C. Samas põlemistemperatuuri liiga suure alandamise korral tekib oht põlemata kütusejääkide (LOÜ, CO, tahm) tekkeks. Lisaks on NO_x emissiooni võimalik vähendada põletustehniliste võtetega (suitsugaaside retsirkulatsioon). Seega põlemisrežiimi reguleerimisvõimalused sõltuvad konkreetse katla konstruktsioonist. NO_x emissioon suitsugaasides on normeeritud vahemikus 200-300 mg/Nm³.

NO_x negatiivne mõju avaldub hingamisteedele, organismi vastupanuvõimele. Samuti kuulub ka kasvuhoonegaaside hulka.





Vingugaasi (CO) ja lenduvate orgaaniliste ühendite (LOÜ) heitkogus sõltub põlemisrežiimist. Mida madalam on põlemistemperatuur ja mida lühem on kütuse viibimine põlemistsoonis, seda rohkem neid ühendeid mittetäieliku põlemise tagajärjel tekib. Kaasaegsetes seadmetes on CO emissioon suitsugaasides normeeritud vahemikus 250-625 mg/Nm³ ja LOÜ (TOC) 50 mg/Nm³.

CO pärssib hapnikutransporti, kuna ta seob end verelibledega tihedamalt kui hapnik. Eriti on kahjustatud kesknärvisüsteem ja südame-veresoonkond. Tähelepanuvõime ja reaktsioonikiirus aeglustub ning halveneb valguse- ja ajataju.

Tahked osakesed (TO) kujutavad endast segu tuha eri fraktsioonidest, millest ohtlikumad on peentuha fraktsioonid, so osakesed läbimõõduga alla 10 ja 2,5 mikroni. TO vähendamiseks kasutatakse mitmeid püüdeseadmeid. Tavaline on elektrifilter, mis on väga kõrge efektiivsusega (>99%) või kuivfiltrite süsteem (nn vabrikufilter efektiivsusega 99,8%). Väikekatlamajades on kasutusel tsüklonid, mida saab kasutada ka eelpuhastina keerulisemas püüdesüsteemis. Tsüklonite puuduseks on peente osakeste (<10 mikroni) madal püüdeefektiivsus. Seevastu elektrifilter ja vabrikufilter on peentolmu püüdmisel kõige efektiivsemad ning suudavad püüda osakesi läbimõõduga 0,01 mikronit. Peentolmu loetakse tahkete osakeste puhul kõige ohtlikumaks fraktsiooniks, kuna need osakesed jäävad kopsu kinni ja võivad põhjustada haigusi. TO emissioon suitsugaasides on normeeritud vahemikus 40-265 mg/Nm³.

Tervisele kahjuliku toimega on peentolmu osakesed, mis on aerodünaamilise läbimõõduga alla 10 mikroni ning põhjustavad kopsuhaigusi. Uurimustöodes on leitud, et peentolm võib olla südame-veresoonkonna ja hingamisteede haiguste tekke faktoriteks. Tahkete osakestega aglomereeruvad suitsugaasides sisalduvate teiste saasteainete osakesed (raskmetallid, PAH jne).

Raskmetallide emissiooni vähendamine toimub koos tahkete osakeste püüdmisega. Erandiks on elavhõbe ja seleen, mis aurustuvad ja seetõttu on nende püüdeefektiivsus tahkete osakeste püüdeseadmetega madal. Elektrifilter püüab elavhõbedat efektiivsusega 50%. Siiski nende metallide põhiline emissioon toimub jäätmete põletamisel, puidu puhul ei ole see aktuaalne. Tavaliselt on üle 98% raskmetallidest tuha koosseisus.

Raskemetallid, eriti ülenormatiivses kogustes, põhjustavad olulist immuunsüsteemi nõrgenemist, ärritust ja depressiooni ning põhjustades vabade radikaalide teket, kutsuvad esile rakumembraani hävimise. Raskemetallid satuvad organismi hingamisteede ja toiduahela kaudu. Mitme raskemetalli esinemine samaaegselt võib nende toksilist toimet veelgi suurendada.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Pliiaurud või -tolm (antud juhul kõrgeima eriheite väärtusega raskmetall) sattudes organismi, ladestub neerudesse luudesse ja maksa, peatab erinevate ensüümide tegevuse ning võib põhjustada aneemiat. Samuti kahjustab kesknärvisüsteemi, pärsib maksa- ja neerutalitlust. Embrüonaalse (lootelise) vereringe kaudu jõuab plii ka platsentani, põhjustades imikute arengupeatust ja alakaalulisust. Plii kahjustab ka meeste reproduktiivsüsteemi.

4.2 Saasteainete heitkoguste arvutamise metoodika

Saasteainete heitkoguste arvestamisel on kasutatud Keskkonnaministri 02.08.2004 määrust nr 99 "Põletusseadmetest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramise kord ja määramismeetodid" [25].

Saasteaine heitkogust määratakse arvutuslikult järgmiselt:

Arvutatakse kütusekulu ümber soojusühikutesse B_1 (GJ)

$$B_1 = B \cdot Q^r,$$

kus B – kütusekulu vaadeldaval perioodil (t);
 Q^r – kütuse alumine kütteväärtus (MJ/kg).

Leitakse saasteaine eriheitme väärtus - q_i

Eriheitme väärtus on valitud alla 10 MW võimsusega soojusenergeetilisele seadmele, mis on puiduküttel ja varustatud tsükloniga. Samuti alla 10 MW võimsusega õlikatlale.

Arvutatakse vastava saasteaine heitkogus M_i (t) kasutades järgnevat valemit:

$$M_i = 10^{-6} \cdot B_1 \cdot q_i,$$

kus B_1 – kütusekulu vaadeldaval perioodil (GJ);
 q_i – i-nda saasteaine eriheide (g/GJ).

Saasteallikast eralduvate heitkoguste hetkväärtused M (g/s)

Vastavalt metoodikale arvutatakse hetkeline heitkogus M (g/s) iga arvestatava saasteaine jaoks lähtuvalt põletusseadme võimsusest:

$$M = 10^{-3} \cdot P \cdot q,$$

kus P on põletusseadme soojusvõimsus (MW)
 q on vastava saastekomponendi eriheide (g/GJ).





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Vääveldioksiidi heitkoguse arvutamine

Vääveldioksiidi heitkogus M_{so_2} (t) tahke ja vedelkütuse korral arvutatakse sõltuvalt kütuse väävlisisaldusest.

$$M_{so_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - n),$$

kus B – kütusekulu (t);
 S^r – väävlisisaldus kütuse tarbimises (massi%);
 n – väävlärastusseadmetes eraldatava või põlemisseadmes kütuse tuhaga seonduva väävli suhteline hulk, mida arvestatakse ainult põlevkivi korral.

Antud juhul on väävlisisaldus 0,8%.

Vääveldioksiidi hetkelise heitkoguse leidmine

Vääveldioksiidi hetkeline heitkogus M_{pso_2} (g/s) arvutatakse tahke ja vedelkütuse põletamisel lähtudes kütuse väävlisisaldusest.

$$M_{pso_2} = \frac{20 \cdot P \cdot S^r \cdot (1 - n)}{Q_I^r},$$

kus P – põletusseadme hetkeline soojusvõimsus (MW);
 S^r – väävlisisaldus (%);
 n – väävlärastusseadmetes eraldatava või põlemisseadmes kütuse tuhaga seotava väävli suhteline hulk;
 Q_I^r – kütuse alumine kütteväärtus (MJ/kg).

CO₂ arvutamine

Vastavalt Keskkonnaministri 16.07.2004 määrusele nr 94 "Välisõhku eralduva süsinikdioksiidi heitkoguse määramismeetod" [21] leitakse süsinikdioksiidi heitkogus järgnevalt:

$$M_c = 10^{-3} \cdot B_1 \cdot q_c \cdot K_c,$$

kus M_c – süsiniku heitkogus gigagrammides (GgC);
 B_1 – kütusekulu (TJ);
 q_c – süsiniku eriheide (tC/TJ);
 K_c – oksüdeerunud süsiniku osa.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



$$M_{CO} = M_C \cdot \frac{44}{12},$$

kus M_{CO} – CO₂ heitkogus (GgCO₂);
 M_C – süsiniku heitkogus gigagrammides (GgC).

Põlevkivikütteõli puhul $q_c = 21,1$ (tC/TJ), $K_c = 0,99$.

Biokütuste põlemisel tekkiv CO₂ loetakse vastavalt nimetatud määrusele nulliks.

4.3 Olemasolevad saasteainete heitkogused

4.3.1 Lähteandmed

Elva linna kaugküte põhineb kolmel katlamajal: Nooruse ja Kirde katlamajad ja haigla katlamaja. Keskkonnamõjude analüüsil käsitletakse siinkohal vaid Nooruse ja Kirde katlamajasid. Nimetatud katlamajade heitkoguste kirjeldamiseks on kasutatud nende välisõhu saasteloa lubatud heitkoguste (LHK) projekte, mis on koostatud OÜ Märja Monte poolt vastavalt 2008.-l ja 2006.-l aastal. Mõlema LHK projekti koostamise põhjuseks oli kütteseadmete moderniseerimine, st uue puidukatla paigaldamine. Andmed toodangu kohta pärinevad käesoleva projekti juhtumiuuringu energia tootmise arengutsenaariumitest [26].

Nooruse katlamaja

Varustab soojaga Elva kesklinna objekte. Tööaeg 5496 h/a, mis tähendab, et soojal perioodil katlamaja ei tööta.

Põhikatel on täisautomaatne restkoldega Justsen JU-MMV 22, mis on ette nähtud hakkepuidu, saepuru ja peenestatud puidujäätmete põletamiseks, mille niiskuse sisaldus ulatub kuni 55%. Katel on soojusvõimsusega primaarenergia järgi 3,75 MW_{th} (kasutegur 80%). Viimasel ajal kasutatakse kütusena peamiselt hakkepuitu (>90%), mille niiskuse sisaldus on keskmiselt 50% ja alumiseks kütteväärtuseks on 10,2 MJ/kg e 2,83 MWh/t, mis vastab u 40% niiskuse sisaldusele.

Tipukatel on õlikatel Basoe SIS 133, kus põletatakse põlevkiviõli. Katel on soojusvõimsusega primaarenergia järgi 5 MW_{th} (kasutegur 90%). Põlevkiviõli väävlisisaldus kuni 0,8% ja alumiseks kütteväärtuseks on 38,9 MJ/kg e 10,81 MWh/t.





Puidukatla kogutoodang (I stsenaariumi baas) on keskmiselt 10441 MWh/a e 37588 GJ/a, mis kasuteguri juures 80% annab primaarenergia hulga 46985 GJ/a. Hakkepuidu kogus on 4998 t/a (kütteväärtus 9,4 MJ/kg).

Tipukatla kogutoodang on keskmiselt 172,4 MWh/a e 620 GJ/a, mis kasuteguri juures 90% annab primaarenergia hulga 690 GJ/a. Põlevkiviõli kogus on 18 t/a (kütteväärtus 39 MJ/kg).

Suitsugaasid eralduvad läbi korstna, mille kõrgus on 45 m ja suudme läbimõõt 1,2 m. Eralduvate suitsugaaside mahtkiirus on 2,82 Nm³/s; temperatuuril 180°C on mahtkiirus 4,68 m³/s.

Kirde katlamaja

Varustab soojaga Elva Kirde linnaosa objekte. Tööaeg 5496 h/a, mis tähendab, et soojal perioodil katlamaja ei tööta.

Põhikatel on täisautomaatne restkoldega HKRSV 1300, mis on ette nähtud hakkepuidu, saepuru ja peenestatud puidujäätmete põletamiseks, mille niiskuse sisaldus ulatub kuni 55%. Katel on soojusvõimsusega primaarenergia järgi 1,63 MW_{th} (kasutegur 80%). Viimasel ajal kasutatakse kütusena peamiselt hakkepuitu, mille kogus on kuni 5000 t/a, niiskuse sisaldus on keskmiselt 50% ja alumiseks kütteväärtuseks on 10,2 MJ/kg e 2,83 MWh/t, mis vastab u 40% niiskuse sisaldusele.

Tipukatel on õlikatel RFV 1500, kus põletatakse põlevkiviõli. Katel on soojusvõimsusega primaarenergia järgi 1,88 MW_{th} (kasutegur 80%). Põlevkiviõli kogus on kuni 60 t/a, väävlisisaldus kuni 0,8% ja alumiseks kütteväärtuseks on 38,9 MJ/kg e 10,81 MWh/t.

Puidukatla kogutoodang on keskmiselt 3378 MWh/a e 12161 GJ/a, mis kasuteguri juures 80% annab primaarenergia hulga 15201 GJ/a. Hakkepuidu kogus on 1617 t/a (kütteväärtus 9,4 MJ/kg).

Tipukatla kogutoodang on keskmiselt 100,4 MWh/a e 361 GJ/a, mis kasuteguri juures 80% annab primaarenergia hulga 451 GJ/a. Põlevkiviõli kogus on 11,6 t/a (kütteväärtus 39 MJ/kg).

Suitsugaasid eralduvad läbi korstna, mille kõrgus on 43 m ja suudme läbimõõt 1,2 m. Eralduvate suitsugaaside mahtkiirus on 1,2 Nm³/s; temperatuuril 180°C on mahtkiirus 2,0 m³/s.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



4.3.2 Saasteainete heitkogused olemasolevatest katlamajadest

Tabel 1. Saasteainete heitkogused hakkepuidu põletamisel Nooruse katlamajas (46985 GJ/a)

saasteaine (pollutant)	eriheide (emissioon factor)(g/GJ)	Heitkogus (emissioon) (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	100	0,375	4,699
Tahked osakesed (PM SUM)	240	0,900	11,276
CO	1000	3,750	46,985
SO ₂	10	0,038	0,470
LOÜ (VOC COM)	48	0,180	2,225
CO ₂	-	-	-*
Raskmetallid	112,8 mg/GJ	0,4 mg/s	5 kg/a

* - CO₂ heitkogus biokütuste põlemisel loetakse nulliks

Tabel 2. Saasteainete heitkogused põlevkivikütteõli põletamisel tipukoormusel Nooruse katlamajas (690 GJ/a)

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,750	0,104
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,500	0,069
CO	100	0,500	0,069
SO ₂	-	2,057	0,283
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,006	0,001
CO ₂	-	-	52,849
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	2 mg/s	0,3 kg/a

Tabel 3. Saasteainete heitkogused hakkepuidu põletamisel Kirde katlamajas (15201 GJ/a)

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	100	0,163	1,520
Tahked osakesed (PM SUM)	240	0,390	3,648
CO	1000	1,630	15,201
SO ₂	10	0,016	0,152
LOÜ (VOC COM)	48	0,078	0,730
CO ₂	-	-	-*
Raskmetallid	112,8 mg/GJ	0,2 mg/s	2 kg/a

* - CO₂ heitkogus biokütuste põlemisel loetakse nulliks





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 4. Saasteainete heitkogused põlevkivikütteõli põletamisel tipukoormusel Kirde katlamajas (451 GJ/a)

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,281	0,068
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,188	0,045
CO	100	0,188	0,045
SO ₂	-	0,771	0,186
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,002	0,000
CO ₂	-	-	30,790
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	0,75 mg/s	0,2 kg/a

4.3.3 Saasteainete hajumisarvutus

Tabelis 5 on esitatud saasteainete hajumisarvutuse tulemusena saadud maksimaalsete saastetasemete väärtused Nooruse ja Kirde katlamajade ümbruses (andmed pärit OÜ Märja Monte poolt koostatud välisõhu saasteloa lubatud heitkoguste (LHK) projektidest).

Tabel 5. Saasteainete saastetaseme maksimaalsed väärtused $\mu\text{g}/\text{m}^3$

CAS kood	Saasteaine	SPV ₁	C $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Nooruse katl	C $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Kirde katl
10102-44-0	NO ₂	200	13	10
PM SUM	Tahked osakesed	500	49	39
630-08-0	CO	10000*	50	41
7446-09-5	SO ₂	350	25	18
VOC COM	LOÜ (alifaatsed sv)	5000	2	2

SPV₁ – ühe tunni keskmine

* - 8 tunni keskmine piirväärtus

Saasteainete hajumisarvutuse tulemusena jäid kõikide saasteainete maapinnalähedased kontsentratsioonid alla 10% saastetaseme lubatud tunnikeskmisest väärtusest (SPV₁), mis võib kujuneda maapinnalähedases (kuni 2 m) õhukihis. See näitab, et saasteainete hajumistingimused on head (eeskätt tingib seda korstnate märkimisväärne kõrgus) ning negatiivne keskkonnamõju lähiümbruse välisõhu kvaliteedile puudub.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



4.4 Stsenaariumite võrdlus

Stsenaariumite võrdluse käigus võrreldi saasteainete heitkoguseid järgmiste stsenaariumite puhul:

- **Stsenaarium I – hakkpuidu kasutamine** vastavalt olemasolevale olukorrale ning selle jätkumine;
- **Kütmine põlevkiviõli baasil** - hüpoteetiline olukord, kus olemasolevat kaugküttevõrku teenindaks fossiilsetel kütustel töötavad katlamajad. Energia tarbimise info võetud stsenaariumist I, kütuseks konkreetsemalt valitud põlevkiviõli, kui antud juhul optimaalne valik fossiilsete kütuste hulgast.
- **Stsenaarium II** – tehnoloogia muutus, alternatiivseks soojusenergeetiliseks seadmeks kohalikul **biokütusel töötav koostootmisjaam** (KTJ).

Stsenaariumite võrdlus viidi läbi nii baasaasta kui ka aasta 2025 jaoks. Lähteandmed heitkoguste arvutamiseks saadi käesoleva projekti juhtumiuuringu aruandest [26].

4.4.1 Stsenaarium I – olemasolev olukord

Baasolukord

Tulenevalt eespool toodud tabelitest 1-4 on leitud saasteainete summaarsed heitkogused mõlemast katlamajast ja kõigist kateldest:

Tabel 6. Saasteainete heitkogused kokku I stsenaariumi baasi puhul

saasteaine	Heitkogus (t/a)
NO _x	6,391
Tahked osakesed (PM SUM)	15,038
CO	62,3
SO ₂	1,091
LOÜ (VOC COM)	2,956
CO ₂	83,639
Raskmetallid	7,5 kg/a





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Proгноос aastaks 2025

Tabel 7. Saasteainete heitkogused hakkepuidu põletamisel Nooruse katlamajas 26553 GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	100	0,375	2,665
Tahked osakesed (PM SUM)	240	0,900	6,373
CO	1000	3,750	26,553
SO ₂	10	0,038	0,266
LOÜ (VOC COM)	48	0,180	1,275
CO ₂	-	-	-*
Raskmetallid	112,8 mg/GJ	0,4 mg/s	3 kg/a

* - CO₂ heitkogus biokütuste põlemisel loetakse nulliks

Tabel 8. Saasteainete heitkogused põlevkivikütteõli põletamisel tipukoormusel Nooruse katlamajas 472 GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,750	0,071
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,500	0,047
CO	100	0,500	0,047
SO ₂	-	2,057	0,194
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,006	0,001
CO ₂	-	-	36,152
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	2 mg/s	0,2 kg/a

Tabel 9. Saasteainete heitkogused hakkepuidu põletamisel Kirde katlamajas 8616 GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	100	0,163	0,862
Tahked osakesed (PM SUM)	240	0,390	2,069
CO	1000	1,630	8,616
SO ₂	10	0,016	0,086
LOÜ (VOC COM)	48	0,078	0,414
CO ₂	-	-	-*
Raskmetallid	112,8 mg/GJ	0,2 mg/s	1 kg/a

* - CO₂ heitkogus biokütuste põlemisel loetakse nulliks





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 10. Saasteainete heitkogused põlevkivikütteõli põletamisel tipukoormusel Kirde katlamajas 306 GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,281	0,046
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,188	0,031
CO	100	0,188	0,031
SO ₂	-	0,771	0,125
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,002	0,000
CO ₂	-	-	23,438
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	0,75 mg/s	0,1 kg/a

Tabel 11. Saasteainete heitkogused kokku I stsenaariumi puhul (2025)

saasteaine	Heitkogus (t/a)
NO _x	3,644
Tahked osakesed (PM SUM)	8,52
CO	35,247
SO ₂	0,671
LOÜ (VOC COM)	1,69
CO ₂	59,59
Raskmetallid	4,3 kg/a

4.4.2 Kütmine põlevkiviõli baasil

Lähtuvalt I stsenaariumi lähteandmetest arvutati saasteainete summaarsed heitekogused juhul, kui katlamajasid kütetaks põlevkiviõliga:

Baasolukord

Tabel 12. Saasteainete heitkogused ainult põlevkivikütteõli põletamisel Nooruse katlamajas 46985+690=47675 GJ/a GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,750	7,151
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,500	4,768
CO	100	0,500	4,768
SO ₂	-	2,057	19,552
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,006	0,052
CO ₂	-	-	3652
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	2 mg/s	19 kg/a





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 13. Saasteainete heitkogused põlevkivikütteõli põletamisel tipukoormusel Kirde katlamajas $15201+451=15652$ GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,281	2,348
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,188	1,565
CO	100	0,188	1,565
SO ₂	-	0,771	6,416
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,002	0,017
CO ₂	-	-	1199
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	0,75 mg/s	6 kg/a

Tabel 14. Saasteainete heitkogused kokku I stsenaariumi baasi puhul juhul, kui köetakse ainult põlevkiviõliga

saasteaine	Heitkogus (t/a)
NO _x	9,499
Tahked osakesed (PM SUM)	6,333
CO	6,333
SO ₂	25,968
LOÜ (VOC COM)	0,069
CO ₂	4851
Raskmetallid	25 kg/a

Prognoos aastaks 2025

Tabel 15. Saasteainete heitkogused ainult põlevkivikütteõli põletamisel Nooruse katlamajas $26553+472=27025$ GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,750	4,054
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,500	2,703
CO	100	0,500	2,703
SO ₂	-	2,057	11,088
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,006	0,030
CO ₂	-	-	2070
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	2 mg/s	10,7 kg/a





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 16. Saasteainete heitkogused põlevkivikütteõli põletamisel tipukoormusel Kirde katlamajas $8616+306=8922$ GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,281	1,338
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,188	0,892
CO	100	0,188	0,892
SO ₂	-	0,771	3,664
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,002	0,010
CO ₂	-	-	683
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	0,75 mg/s	3,5 kg/a

Tabel 17. Saasteainete heitkogused kokku I stsenaariumi puhul juhul, kui köetakse ainult põlevkiviõliga (2025)

saasteaine	Heitkogus (t/a)
NO _x	5,392
Tahked osakesed (PM SUM)	3,595
CO	3,595
SO ₂	14,752
LOÜ (VOC COM)	0,04
CO ₂	2753
Raskmetallid	14,2 kg/a

4.4.3 Stsenaarium II - alternatiivne soojusenergeetiline seade

Alternatiivne soojusenergeetiline seade võib olla kindlasti kohalikul biokütusel töötav koostootmisjaam (KTJ). Tehnoloogilise lahenduse valikul seab teatud piiranguid KTJ soojusvõimsus ehk toodetava soojuse ära kasutamine. Jaama elektriline võimsus on tavaliselt 1/3 soojuslikust võimsusest.

Esialgne valik sattus Turboden TD 10 seadmele, mille elektri tootmine põhineb orgaanilisel Rankine'i tsüklil (ORC). Konventsionaalse Rankine'i ringlusprotsessi korral paisub aurukatlas genereeritud aurelektrigeneraatoriga ühendatud turbiinis soojustarbijale vajaliku rõhuni. Sellise süsteemi eelisteks loetakse võimalust kasutada erinevaid kütuseid, suhteliselt pikka kasutusiga, suhteliselt madalaid tootmiskulusid ja võimalust rakendada suurtel võimsustel. ORC puhul kasutatakse soojuskandjana vee asemel termoõli, mis tagab turbiini sujuvama liikumise ja pikendab selle eluiga.

ORC on kõrge kasuteguriga. 97% termoõlisse sisestatud energiast transformeeritakse elektri- (19%) ja soojusenergiaks (78%), kadu on kõigest 3%.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Seadmel on ka teine oluline iseärasus – pesuri ehk suitsugaaside kondensaatori kasutamise võimalus.

Suitsugaaside pesuris jahutatakse lahkuvate suitsugaaside temperatuur allapoole kastepunkti ja saadakse kütuse põlemisel keemiliselt tekkinud veeauru või kütuses sisalduva vee aurustamiseks kulunud soojus kondenseerumissoojusena tagasi. Suitsugaaside pesuri lisaefekt on seotud välisõhu kaitsega – seade töötab samuti ka täiendava suitsugaaside puhastajana lendosakekest.

Olulisemad tegurid, mis mõjutavad suitsugaaside pesuri võimsuse valikut on kütuse niiskus ja tagastatava kaugküttevee temperatuur. Kui eeldame kütuse niiskuseks 50% ja tagastatava vee temperatuuriks 60°C, siis pesuri võimsus moodustaks u 15% katla soojusvõimsusest.

Mida suurem on kütuse niiskus, seda rohkem on võimalik saada täiendavat soojust suitsugaaside pesuriga. Suitsugaaside pesur tõstab biokütuse katlamaja soojuslikku kasutegurit. Sellega väheneb kütuse kulu vajaliku soojushulga tootmiseks. Suitsugaaside pesuri paigaldamine on õige niisket kütust kasutavatele katlamajadele ning on majanduslikult ja keskkonnakaitseliselt kasulik.

Käesolevas juhtumiuuringu ning arvutuste puhul suitsugaaside pesuri kasutamisega ei arvestata.

Turboden TD 10 soojusenergeetiline seade on elektrilise võimsusega 1,0 MW_e, soojusvõimsusega 4,095 MW_t ning üldkasuteguriga 88%, mis annab soojusvõimsuse primaarenergia järgi 5,8 MW_{th}. Kütusekulu on 2244 kg/h, kusjuures kütteväärtuseks on 2,6 kWh/kg ehk 9,36 MJ/kg.

Tüüplahenduse tehnoloogiline kirjeldus

Koostootmisjaama hoone on põhiosas jaotatud kolme suuremasse ossa – kütuseladu, katlamaja ning ORC ehk turbiinihoone.

Tehnoloogiline tsükkel algab hakkepuidu vastuvõtust kütuselattu. Lao liikuv põrand transpordib kütuse konveieri ruumi transportöörilindile ja sealt edasi katlaruumis paiknevasse eelkoldesse. Kütuse põlemisel tekkiv tuhk langeb läbi kolderesti eelkolde all olevatele tuhatigudele, mis transpordivad tuha kinnisesse konteinerisse.

Koldest väljuvad suitsugaasid läbivad katla ja teised järelküttepinnad ning peale suitsugaaside puhastusseadet (tsüklon + suitsugaaside kondensaator) suunduvad korstnasse.

Katlas on soojuskandjaks termoõli (erinevalt traditsioonilisest lahendusest, kus soojuskandjaks on vesi). Termoõli soojendatakse katlas ca 300 kraadini. Õli



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



ringluspumpadega pannakse see tsirkuleerima. Seejuures läbitakse katel (õli soojeneb) ja soojusvaheti (õli annab oma soojuse üle silikoonõlile), tegu on kinnise tsükliga. Selle tulemusena teisel pool soojusvahetit silikoonõli aurustub, aur juhitakse turbiini, mis käitab generaatorit. Pärast turbiini suunatakse aur pesurisse kus see kondenseerub, andes oma soojuse ära kaugkütte veele. Silikoonõli kondensaad pumbatakse uuesti soojusvahetisse kus see aurustub ja kogu tsükkel kordub uuesti. Tegu on kinnise tsükliga.

Kaugkütte veele antud soojus pumbatakse kaugküttevõrku, kus see antakse majade küttesüsteemi. Tegu on kinnise tsükliga.

Lahtine on küsimus soojuse kasutamisest väljaspool kütteperioodi. Üheks võimaluseks saab pidada näiteks jahutatud õhu tootmist, millega saaks varustada eelkõige mahukaid objekte nagu tehased, kaubanduskeskused ja ühiskondlikud hooned. Täpsemalt käesolevas töös seda võimalust aga ei analüüsita.

Lähteandmed

II stsenaariumi baasandmete alusel on KTJ-i primaarenergia vajadus kasuteguri 88% juures 76510 GJ/a. Hakkepuidu kogus on 8139 t/a (kütteväärtus 9,4 MJ/kg).

Tipukoormust aitab katta Kirde puidukatel primaarenergia vajadusega 1702 GJ/a kasuteguri 80% juures. Hakkepuidu kogus on 181 t/a (kütteväärtus 9,4 MJ/kg).

Samuti lisandub Kirde õlikatel primaarenergia vajadusega 289 GJ/a kasuteguri 80% juures. Põlevkiviõli kogus on 7,4 t/a (kütteväärtus 39 MJ/kg).

Saasteainete heitkoguste arvestamisel on kõige kindlam lähtuda tootja poolt garanteeritud heitkogustest, tavaliselt mg/Nm^3 (kogus heitgaasides) või mg/MJ (kogus sisendenergia suhtes). Antud juhul taolist teavet kasutada polnud ning heitkoguste hindamisel tuli lähtuda kirjandusallikates pakutud väärtustest. Pesuriga seadme heitkogused on võetud tööst „Katlamajade maksumuse, tehnilise lahenduse ja tegevuskulude eksperthinnang“ [27].

Antud juhul aga pesuri kasutamist ei eeldata, mistõttu peaks kasutama üldisemaid norme. Kuna kõige enam samalaadseid seadmeid on paigaldatud Austrias, siis kasutatakse käesolevas töös teostatud arvutustes koostootmisjaamade puhul Austria heitkoguste norme automaatsöötjaga puidukateldele [28]. Eesti normide puhul on arvestatud vanemate tehnoloogiatega (sh multitsükloni kasutamisega), seega ei ole need sobivaimad uuema koostootmisjaama tehnoloogia käsitlemisel.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 18. Saasteainete eriheidid puitkütuste põletamisel

saasteaine	eriheid (g/GJ)		
	Eesti norm (eriheid multitsükloniga)	Pesuriga seadme heitkogused	Austria norm
Lämmastikoksiidid	100	100	150
Tahked osakesed	240	38	60
Süsinikoksiid	1200	1200	500
Vääveldioksiid	10	8	-
LOÜ	48	48	40*
Raskmetallid mg/GJ	112,8	22,56	-

* - OGC – orgaanilised gaasilised süsinikku sisaldavad ühendid. Austria normis pole välja toodud LOÜ eriheid väärtust, seega siinkohal on arvutustes kasutatud Eesti metoodikat.

Võrdlusena selgub, et suitsugaaside kondensaatori kasutamine aitab oluliselt vähendada tahkete osakeste ja raskmetallide heitkoguseid, pisut väheneb SO₂ heitkogus (tänu tuhaga seondumisele). Nimetatud saasteained on lokaalse mõjuga ning aitavad parandada keskkonnatingimusi saasteallika vahetus läheduses. Globaalses mõõtnes seisneb pesuri kasulikkus energia tootmise efektiivsuse tõstmises, antud juhul +15%.

Kui võrrelda Eesti ja Austria eriheid väärtusi, siis torkab silma suur erinevus CO suhtes. Seega eeldatakse Austrias efektiivsemat kütuse põletamist puidukateldes ning seda eeldust saab laiendada ka Turboden kateldele.

Saasteainete heitkogused - baasolukord

Lähtuvalt II stsenaariumi lähteandmetest arvutati saasteainete summaarsed heitekogused koostootmisjaama puhul:

Tabel 19. Saasteainete heitkogused hakkepuidu põletamisel KTJ-is 76510 GJ/a

saasteaine	eriheid (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,870	11,477
Tahked osakesed (PM SUM)	60	0,348	4,591
CO	500	2,900	38,255
SO ₂	10	0,058	0,765
LOÜ (VOC COM)	40*	0,232	3,060
CO ₂	-	-	-*
Raskmetallid	112,8 mg/GJ	0,6 mg/s	8,6 kg/a

* - CO₂ heitkogus biokütuste põlemisel loetakse nulliks





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 20. Saasteainete heitkogused hakkepuidu põletamisel tipukoormusel Kirde katlamajas 1702 GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	100	0,163	0,170
Tahked osakesed (PM SUM)	240	0,390	0,408
CO	1000	1,630	1,702
SO ₂	10	0,016	0,017
LOÜ (VOC COM)	48	0,078	0,082
CO ₂	-	-	-*
Raskmetallid	112,8 mg/GJ	0,2 mg/s	0,2 kg/a

* - CO₂ heitkogus biokütuste põlemisel loetakse nulliks

Tabel 21. Saasteainete heitkogused põlevkivikütteõli põletamisel tipukoormusel Kirde katlamajas 289 GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,281	0,043
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,188	0,029
CO	100	0,188	0,029
SO ₂	-	0,771	0,118
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,002	0,000
CO ₂	-	-	22,135
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	0,75 mg/s	0,4 kg/a

Tabel 22. Saasteainete heitkogused kokku II stsenaariumi baasi puhul

saasteaine	Heitkogus (t/a)
NO _x	11,69
Tahked osakesed (PM SUM)	5,028
CO	39,986
SO ₂	0,9
LOÜ (VOC COM)	3,142
CO ₂	22,135
Raskmetallid	9,2 kg/a





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Saasteainete heitkogused - prognoos aastaks 2025

Lähtuvalt II stsenaariumi lähteandmetest arvutati saasteainete summaarsed heitekogused koostootmisjaama puhul:

Tabel 23. Saasteainete heitkogused hakkepuudu põletamisel KTJ-is 56267 GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,870	8,440
Tahked osakesed (PM SUM)	60	0,348	3,376
CO	500	2,900	28,134
SO ₂	10	0,058	0,563
LOÜ (VOC COM)	40*	0,232	2,251
CO ₂	-	-	-*
Raskmetallid	112,8 mg/GJ	0,6 mg/s	6,3 kg/a

* - CO₂ heitkogus biokütuste põlemisel loetakse nulliks

Tabel 24. Saasteainete heitkogused põlevkivikütteõli põletamisel tipukoormusel Kirde katlamajas 216 GJ/a

saasteaine	eriheide (g/GJ)	Heitkogus (g/s)	Heitkogus (t/a)
NO _x	150	0,281	0,032
Tahked osakesed (PM SUM)	100	0,188	0,022
CO	100	0,188	0,022
SO ₂	-	0,771	0,088
LOÜ (VOC COM)	1,1	0,002	0,000
CO ₂	-	-	16,544
Raskmetallid	396,7 mg/GJ	0,75 mg/s	0,1 kg/a

Tabel 25. Saasteainete heitkogused kokku II stsenaariumi puhul (2025)

saasteaine	Heitkogus (t/a)
NO _x	8,472
Tahked osakesed (PM SUM)	3,398
CO	28,156
SO ₂	0,651
LOÜ (VOC COM)	2,251
CO ₂	16,544
Raskmetallid	6,4 kg/a





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



4.4.4 Saasteainete heitkoguste võrdlus

Kokku võttes eespool esitatud tulemusi on alljärgnevalt esitatud saasteainete heitkoguste võrdlus erinevate stsenaariumite puhul.

Tabel 26. Saasteainete heitkoguste võrdlus I ja II stsenaariumite baasolukorra puhul

	I stsenaarium		II stsenaarium
SAASTEAINE	Heitkogus (t/a) PÕLEVKIVIÕL I korral	Heitkogus (t/a) HAKKPUIDU korral	Heitkogus (t/a) HAKKPUIDU korral
NO _x	9,499	6,391	11,69
Tahked osakesed (PM SUM)	6,333	15,038	5,028
CO	6,333	62,3	39,986
SO ₂	25,968	1,091	0,9
LOÜ (VOC COM)	0,069	2,956	3,142
CO ₂	4851	83,639	22,135
Raskmetallid	25	7,5 kg/a	9,2 kg/a

Tabel 27. Saasteainete heitkoguste võrdlus I ja II stsenaariumi puhul (2025)

	I stsenaarium		II stsenaarium
SAASTEAINE	Heitkogus (t/a) PÕLEVKIVIÕL I korral	Heitkogus (t/a) HAKKPUIDU korral	Heitkogus (t/a) HAKKPUIDU korral
NO _x	5,392	3,644	8,472
Tahked osakesed (PM SUM)	3,595	8,52	3,398
CO	3,595	35,247	28,156
SO ₂	14,752	0,671	0,651
LOÜ (VOC COM)	0,04	1,69	2,251
CO ₂	2753	59,59	16,544
Raskmetallid	14,2	4,3 kg/a	6,4 kg/a

Rasvases kirjas on näidatud maksimaalsed heitkogused kolme variandi võrdluses.

Õliküttega kaasnevad tunduvalt suuremad SO₂, CO₂, raskmetallide heitkogused. I stsenaariumiga kaasnevad tunduvalt suuremad TO ja CO heitkogused. II stsenaariumi puhul on mõnevõrra kõrgem NO_x ja LOÜ heitkogus, samas tunduvalt väheneb CO₂ heitkogus.

Baasolukorra ja aasta 2025 vahel põhimõttelisi olulisi erinevusi ei ole, kõigi saasteainete heitkogused on aastal 2025 väiksemad, mis tuleneb sooja tarbimise vähenemisest.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



4.4.5 Süsiniku heite võrdlus

Eelnevates alapeatükkides on arvutatud erinevate saasteainete heitkogused põlemisprotsessist katlamajades. Nagu selgitatud peatükis 3.1, väljendab kütuste põletamisel inimtegevuse mõju keskkonnale globaalsemas mastaabis (eriti kliimamuutustele) **süsiniku jalajälg** ehk süsinikdioksiidi ja teiste kasvuhoonegaaside (metaani, diämmastikoksiidi jt) heite koguhulk.

Antud juhul (põlemisprotsessis) ei teki peale süsinikdioksiidi teisi kasvuhoonegaase, mistõttu katlamajade süsiniku jalajälge iseloomustabki CO₂ heide. Kui aga käsitleda süsiniku heidet globaalsemas mastaabis, tuleb arvestada asjaoluga, et stsenaarium II (koostootmisjaama) korral toodetakse sama hulga soojuse tootmisel kõrvalproduktina ka elektrit (mida teiste vaadeldud stsenaariumite puhul ei toodeta). Seega tuleks globaalset süsiniku heidet arvutades arvesse võtta ka süsiniku heite vähenemine toodetud elektri arvelt (sama kogus elektrit „jääb mujal tootmata“).

Koostootmisjaama töötamisel saavutatav globaalne süsiniku heite vähenemine on sellisel juhul võrdne tsentraalses elektrijaamas sama koguse elektri tootmisel tekkiva süsiniku heitega ning selle saab arvutada korrutades toodetud elektri hulga süsiniku eriemissiooniga.

Vastavalt Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi poolt 2011. Aastal Euroopa Komisjonile esitatud aruandele [5]:

"Eestis toodetakse suur osa elektrist põlevkivist (2010. a 85%), millest eraldub põletamisel palju süsinikku – eriemissioon süsinikdioksiidina 99.4 t CO₂/TJ_{kütus}. Kuna ka elektri tootmise kasutegur põlevkivist on madal, siis on keskmine eriemissioon põlevkivist toodetud elektri kohta väga kõrge – 1085 kg CO₂/MWh_e. Kogu elektri tootmisel tekkinud CO₂ emissioonist tuleb põlevkivist ligikaudu 94%. Emissioonitegurid põlevkivi jaoks on määratud kaalutud keskmisena arvestades kasutusel olevat kahte põletusviisi – tolmpõletamine ja tsirkuleerivas keevkihis põletamine. Kuna teiste kütuste osatähtsus elektri tootmisel on suhteliselt väike, siis on kõrge ka üldine keskmine eriemissioon – 980 kg CO₂/MWh_e, ainult fossiilkütuseid arvestades on keskmiseks 1066 kg CO₂/MWh_e."

Tulenevalt ülal esitatud eriemissioonist (980 kg CO₂/MWh_e)⁵ arvutati käesolevas töös süsiniku heite sääst koostootmisjaamas toodetud elektri arvelt ning lisati see stsenaariumite võrdlusesse.

⁵ Samas peab tõdema, et Eesti tingimuste jaoks hetkel puudub täpne ja ühene elektri tootmise süsiniku eriheite väärtus. Elektri baasjoone arvutusi on varasemalt tehtud Säästva Eesti Instituudi poolt, aga käesolevaks ajaks on elektritootmises toimunud muudatused ning viimaseid arenguid arvestavad arvutused puuduvad. Näiteks Euroopa Komisjoni linnapeade pakti käigus välja töötatud juhendmaterjalides on antud Eesti jaoks elektritootmise standard koefitsient 0.908 (t CO₂/MWh_e) [29]. Käesolevas töös kasutatakse ülal viidatud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi aruandest pärit eriheite väärtust.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabelis 28 on võrdlevalt esitatud Elva katlamajades tekkivad CO₂ heitekogused (pärit eespool teostatud arvutustest – tabelitest 26 ja 27) ning elektri tootmise arvelt tulenev CO₂ heite sääst.

Tabel 28. Süsiniku heide erinevate stsenaariumite korral ja globaalse süsiniku heite vähenemine stsenaarium II korral.

		Põlevkivi- õliga kütmine	Puidu- hakkega kütmine Sts. I	Puiduhakkega kütmine Stsenaarium II			
				Süsiniku heide katlamajast	Toodetud elekter	Süsiniku heide sääst toodetud elektrist	Süsiniku heide sääst KOKKU
Baas	t CO ₂ / a	4851	84	22	3700 (MWh/a)	-3626	-3604
	kg CO ₂ / MWh	352	6	2	3700 (MWh/a)	-259	-257
2025	t CO ₂ / a	2753	60	17	2700 (MWh/a)	-2646	-2629
	kg CO ₂ / MWh	293	6	2	2700 (MWh/a)	-270	-268

Võrdluse tulemustest on näha, et üleminek põlevkiviõlilt puiduhakkele toob kaasa märkimisväärse süsinikuheite vähenemise katlamajast. Aga lisaks toob globaalselt peaaegu sama suure täiendava süsinikuheite vähenemise antud juhul kaasa üleminek koostootmisjaamale (võrreldes olemasolevate hakkpuidukateldega), seda toodetud elektrienergia arvelt.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



5. Biokütuste elutsükkel

5.1 Biokütuste süsiniku jalajälje tüüpilised väärtused

Kui arvestada biokütuste keskkonnamõju hindamisel kogu kütuse elutsükli, tuleb tõdeda, et olulise osa biokütuste kogu keskkonnamõjust võib moodustada biokütuste tootmine (näit. väetamisest tulenev NH₃ heide, fossiilsete kütuste põletamine biokütuse töötlemisel jne) ning transport (näit. NO_x, CO, PM heited). Vastavate etappide osatähtsus on seda suurem, mida keerulisem ning energiamahukam on kütuse tootmisprotsess või mida pikemad on transporditavad vahemaad.

Lisaks tuleks kogu elutsükli keskkonnamõju hindamisel arvestada ka maakasutuse muutuse mõjudega bioenergia tooraine kasvatamisel. Näiteks on Suurbritannia Keskkonnaagentuuri läbi viidud uuringutes [30] näidatud, et energiakultuuride külvamisel seni välja kujunenud rohumaale võib teatud juhtudel biokütuse elutsükli süsinikujalajalg olla suurem, kui fossiilsetel kütustel.

Nagu selgitatud peatükis 3.2, puudub Eesti tingimuste jaoks seni metoodika, et detailselt arvutada biokütuste (sh hakkpuidu) elutsükli kogu süsinikujalajälge vastavalt Taastuvenergia direktiivis sätestatule.

Taastuvenergia direktiivi artikkel 22, lõige 2 sätestab, et „Biokütuste kasutamisest tulenevat kasvuhoonegaaside heitkoguste netovähendamist prognoosides võib liikmesriik lõikes 1 osutatud aruannete jaoks kasutada V lisa A ja B osas esitatud tüüpilisi väärtusi. „Tüüpiline väärtus“ on defineeritud kui kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemise hinnanguline väärtus konkreetse biokütuse tootmisviisi puhul [2].

Seega saab direktiivist pärit tüüpiliste väärtuste abil hinnata biokütuste elutsükli süsiniku jalajälge.

Tahketele biokütustele on tüüpilised elutsükli kasvuhoonegaaside emissiooni näitajad erinevate biomassil põhinevate kütuste jaoks toodud Euroopa Komisjoni poolt Taastuvenergia direktiivi täiendamiseks koostatud aruandes [22]. Kütuse kasutamisest tulenevate kasvuhoonegaaside heitkogust väljendatakse CO₂-ekvivalendi grammides kütuse megadžauli kohta (gCO₂eq/MJ). Kõik aruandes esitatud tüüpilised väärtused on esitatud Lisas 1. Alljärgnevas tabelis on välja toodud käesoleva töö eesmärgi silmas pidades asjakohasemate kütuste tüüpilised väärtused:





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 29. Valitud biokütuste tüüpilised kasvuhoonegaaside emissioonid vastavalt taastuenergia direktiivile.

Kütuse liik	Tüüpiline kasvuhoonegaasi emissioon (gCO ₂ eq/MJ)	Kasvuhoonegaasi emissiooni vähenemine võrreldes fossiilsete kütustega
Hakkpuit metsanduse jääkidest (Euroopa päritolu metsadest)	1	96-98%
Hakkpuit energiavõsast (Euroopa päritolu istandustest)	3	
Puubrikett või pelletid metsanduse jääkidest (Euroopa päritolu metsadest) – tootmisprotsessis kasutatud maagaasi	30	58-72%

Tüüpiliste väärtuste järgi on Euroopa Komisjoni aruandes järelstatud, et kui tahkete biokütuste tootmiseks kasutatakse metsatööstuse või põllumajanduse jääke, on kasvuhoonegaaside vähenemine võrreldes fossiilsete kütustega tavaliselt üle 80% [22]. Käesolevas töös vaadeldud juhtumiuuring vastab nendele üldistele tingimustele.

5.2 Hakkpuidu elutsüklist Elva näite puhul

5.2.1 Hakkpuidu elutsüklist Eesti tingimustes

Hakkpuidu tootmisest ja tarbimisest Eestis on ülevaade antud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi poolt tellitud 2011 aasta aruandes „Ülevaade Eesti bioenergia turust 2010. aastal“ [31]. Vastavalt aruandele: hakkpuidu toormena kasutatakse raidmeid, küttepuitu, valgustusraiel saadud küttepuud jne. Samas on aruandes öeldud ka, et Eestis ei ole Statistikaamet kogunud andmeid hakkpuidu toormete kohta, st Eestis puuduvad hakkpuidu tootmismahude kohta andmed toormeliigiti.

Seega pole antud hetkel lähteandmeid hakkpuidu tootmisetapi täpseks kirjeldamiseks Eestis tervikuna.

Hakkpuidu põletamisel tekkiva tuha käitlemis- ja kasutamisevõimalusi on detailsemalt käsitletud käesoleva aruande peatükis 6.

Nagu selgitatud peatükis 3.2, puudub Eesti tingimuste jaoks seni meetoodika, et detailselt arvutada biokütuste (sh hakkpuidu) elutsükli kogu süsinikujalajälge vastavalt Taastuenergia direktiivis sätestatule.

Võib oletada, et kuna Eestis kasutatava hakkpuidu näol on tegemist kohaliku toorainega ning kuna hakkpuit ei vaja enne kütusena kasutamist olulist





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



töötlemist, ei ole Eesti tingimuste puhul hakkpuidu kütusena kasutamise süsiniku jalajälje väärtus suur (st tagab Taastuenergia direktiivi kontekstis olulise kasvuhoonegaasi emissiooni vähenemine võrreldes fossiilsete kütustega), samas ei ole vastavad hinnangud hetkel numbriliselt tõestatavad.

Taastuenergia direktiivi valguses peaks Eestis edasiseks uurimisteemaks olema lähteandmete kogumine ja klassifitseerimine hakkpuidu toormete ja kasutamise osas ning biokütuste kogu elutsükli süsinikujalajälje detailseks arvutamiseks metoodika välja töötamine.

5.2.2 Hakkpuidu elutsüklilist Elva juhtumiuuringus

Kuna terviklikku metoodikat hakkpuidu kogu elutsükli süsiniku jalajälje arvutamiseks Eesti tingimustes ei ole, hinnati elutsükli mõjude osas hinnangu andmiseks käesoleva juhtumiuuringu puhul kvantitatiivselt protsesse, mille käigus tarbitakse tõenäoliselt enam fossiilseid kütuseid. Vaadeldud protsessid on:

- hakkpuidu tootmine;
- hakkpuidu transport katlamajja.

Võrreldes saadud tulemusi peatükis 4 käsitletud põlemisprotsessist tuleneva CO₂ kogustega on võimalik anda ligikaudne hinnang hakkpuidu kogu elutsükli süsiniku jalajäljele Elva juhtumiuuringu tingimustes.

Ülevaade hakkpuidu päritolust Elva näite puhul

Elva katlamajades põletatav hakkpuit on pärit tarnijatelt. Perioodil 01. oktoober 2011 kuni 31.mai 2012 varustavad katlamajasid hakkepuiduga järgmised ettevõtted:

- Selmet Invest OÜ;
- AS Reinsalu Auto;
- OÜ Latesto.

Käesoleva uuringu raames viidi nimetatud tarnijate esindajatega läbi intervjuud⁶, et koguda vajalikke andmeid keskkonnamõjude osas hinnangu andmiseks puiduhakke tootmise ja transpordi faasis.

Intervjuude põhjal on hakkpuidi tootmist ja tarnimist kirjeldatud kokku võtvalt järgmiselt:

⁶ Intervjuude toimumisajad: Selmet Invest OÜ - 21.02.2012; OÜ Latesto - 21.02.2012; AS Reinsalu Auto - 23.02.2012





Hakkpuidu tootmine

Peamised Elvasse tarnitava puiduhakke toorme allikad on järgmised:

- Metsa raie käigus tekkinud väheväärtuslik puit, võsa ja raidmed metsatööstusettevõtelt. Metsatööstuse jäägid hakib tarnija koha peal puiduhakkuriga.
- Väheväärtuslik mets ja võsa talunikelt. Kasvatav võsa ja väheväärtuslik puit kõigepealt lõigatakse lõikuriga, seejärel veetakse masinatega võsast välja ja hakitakse koha peal puiduhakkuriga.
- Saekaatrite jäägid (saepinnad, palgi jäägid jms) – vajadusel hakitakse tarnija poolt puiduhakkuriga.
- Puidujäätmed Otepää vineeritööstusest – tarnijale tuleb valmis kujul.
- Täiendavat töötlust (lisaks ülal kirjeldatule) hakkpuit üldiselt ei vaja.

Hakkpuidu transport

- Hakkpuidu transport tootmispaigast Elva katlamajja toimub keskmiselt 50-70 km kauguselt. 100-120 km pidas tarnija maksimaalseks kauguseks, kust veel võiks olla otstarbekas hakkpuitu transportida.
- Valdan enamuse Elvasse veetavast hakkpuidust pärineb Lõuna-Eestist. Vähesel määral tuuakse ka Põhja-Lätist, aga ka sel juhul jäävad transpordi kaugused samasse suurusjärku (70-100 km).
- Võimalusel (ning enamasti) veetakse toodetud hakkpuit otse tellijale (katlamajja). St hakkpuidu vaheladustamist õnnestub enamasti vältida. Juhul, kui Elva katlamajjadesse tarnitav hakkepuit tuuakse vahelaost, ei põhjusta see olulist teepikkuse suurenemist transpordil – tarnijate laod asuvad samuti Lõuna-Eestis.
- Transpordiks kasutatakse haagiseid mahutavusega kuni 80-90 m³ koorem.

Intervjuude põhjal võib öelda, et Elva katlamajades kasutatava hakkpuidu tootmiseks ei kasutata tavalisest suurema keskkonnamõjuga tehnoloogiaid ning hakkpuidu transpordi kaugused pole suured. Ka ei toimu hakkpuidu kogumiseks maakasutuse muutmist, pigem on tegu jääkide ära kasutamisega teistest tööstusharudest (metsatööstus, puidutööstus).

Järgnevalt on esitatud illustreerivad arvutused eraldi vaadeldud kahe etapi kohta. Kuna Eesti tingimuste jaoks terviklik metoodika puudub, tuleb arvutusi pidada ligikaudseteks hinnanguteks, milledes kasutatud eeldused on võetud erineva päritoluga allikatest (allikatele on esitatud arvutuste käigus jooksvalt viidatud) ning võivad sõltuda mitmetest asjaoludest. Eeldatavalt ei moonuta see aga oluliselt arvutuste üldist lõppjärelust.

Süsiniku heide hakkpuidu tootmise käigus

Vastavalt intervjuudele Elva katlamajades põletatava hakkpuidu tarnijatega võib arvutuste aluseks võtta järgmised ligikaudsed mootorkütuse kogused:

- Puidu hakkimise kütusekulu 0,6-0,7 l kütust 1m³ hakkpuidu kohta.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



- Juhul, kui hakitakse seni kasvavat puidu, võib sellele lisanduda kütusekulu puidu välja veoks võsast, orienteeruvas suurusjärgus 0,3-0,5 l kütust 1m³ hakkpuidu kohta. Kasvava puidu lõikamiseks kuluv kütus on eelmainitud suurustega võrreldes minimaalne (~10 korda väiksem).

Eelpool öeldut kokku võttes võetakse siinkohal keskmiseks ligikaudseks kütuse kuluks hakkpuidu tootmisel **1 l kütust 1m³ hakkpuidu kohta**.

Arvutused tehakse diiselmootori järgi.

Vastavalt ÜRO Rahvusvaheline kliimamuutuste paneeli juhendile [18] (edaspidi 2006 IPCC) on süsiniku heite arvutamiseks võetud järgmised lähteandmed:

- Eriheited maastikul töötavale veokitele metsanduse valdkonnas:
 - o 74100 kg CO₂ / TJ
 - o 4,15 kg CH₄ / TJ
 - o 28,6 kg N₂O / TJ
- Diiselmootori energiasisaldus (NCV): 43 TJ / Gg

Diiselmootori arvestuslikuks tiheduseks on võetud: 0,845 kg/l.

Vastavalt Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiivile 2009/28/EÜ [2] teisendatakse CH₄ ja N₂O kogused CO₂-ekvivalendile kasutades järgmisi GWP väärtusi:

- CO₂: 1
- N₂O: 296
- CH₄: 23.

Loetletud lähteandmeid aluseks võttes on arvutatud järgmised heitekogused:

- 2,69 kg CO₂ / l;
- 0,0002 kg CH₄ / l, CO₂-ekvivalendile teisendatult 0,003 kg CO₂ / l;
- 0,001 kg N₂O / l, CO₂-ekvivalendile teisendatult 0,3 kg CO₂ / l.

Liites ülal esitatud kolme kasvuhooaegse heite saab kogu CO₂ heiteks hakkpuidu tootmisel ligikaudu **3 kg CO₂ 1 liitri põletatud mootorkütuse kohta**.

Seega tekib 1m³ hakkpuidu tootmisel (hakkimisel) antud näites ligikaudu **3 kg CO₂**.

Süsiniku heide hakkpuidu transpordi käigus

Mootorkütuse kulu arvutamiseks hakkpuidu transpordi käigus on intervjuude põhjal tehtud järgmised eeldused:

- Hakkpuidu transport toimub Elva katlamajja keskmiselt 50-70 km kauguselt. Arvestades, et hakke toomiseks peab veok läbima mõlemat pidi otsad ja ka võimalikke logistikast tulenevaid lisateepikkusi, võetakse ühe koorma jaoks läbitud kogu teepikkuseks arvestuslikult **150km**.





- Tarnijate hinnangul mahutab haagis 65-90 kanti hakkpuitu, arvutustes võetakse siinkohal keskmiseks **75 m³** koorem.
- Hakkpuidu transpordil on veoki kütusekulu 35-40 l kütust 100 km kohta. Siinkohal arvestatakse arvutustes **kütusekuluga 40 l kütust 100 km kohta.**

Ülal toodud eeldusi kokku võttes võib arvutada, et Elva näite puhul kulub **1 m³ hakkpuidu transportimiseks katlamajja 0,8 l kütust.**

Arvutused tehakse diiselmootori järgi.

Vastavalt 2006 IPCC [18] on süsiniku heite arvutamiseks võetud järgmised lähteandmed:

- Eriheited maanteetranspordil:
 - o 74100 kg CO₂ / TJ
 - o 3,9 kg CH₄ / TJ
 - o 3,9 kg N₂O / TJ
- Diiselmootori energiasisaldus (NCV): 43 TJ / Gg

Diiselmootori arvestuslikuks tiheduseks on võetud: 0,845 kg/l.

Vastavalt Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiivile 2009/28/EÜ [2] teisendatakse CH₄ ja N₂O kogused CO₂-ekvivalendile kasutades järgmisi GWP väärtusi:

- CO₂: 1
- N₂O: 296
- CH₄: 23.

Loetletud lähteandmeid aluseks võttes on arvutatud järgmised heitekogused:

- 2,69 kg CO₂ / l;
- 0,0001 kg CH₄ / l, CO₂-ekvivalendile teisendatult 0,003 kg CO₂ / l;
- 0,0001 kg N₂O / l, CO₂-ekvivalendile teisendatult 0,04 kg CO₂ / l.

Kuna teiste kasvuhoonegaaside heite kogused võrreldes CO₂ heitega on tühiselt väikesed, on ka kogu CO₂ heiteks hakkpuidu transpordil ligikaudu **2,7 kg CO₂ / l.**

Arvestades eespool leitud kütusekulu, võib hinnata, et 1 m³ hakkpuidu transportimisel katlamajja tekib Elva näite puhul ligikaudu **2,2 kg CO₂.**

Järeldused

Kokku võttes eespool analüüsitud etapid, tekib 1 m³ hakkpuidu tootmiseks (3 kg CO₂) ja transpordiks (2,2 kg CO₂) kokku arvestuslikult **5,2 kg CO₂.**

Arvestades, et hakkpuidu keskmiseks kütteväärtuseks käesolevas juhtumiuuringus on võetud 0,65 MWh/m³ [26], võib hinnata, et hakkpuidust saadava 1MWh energia tootmiseks eraldub hakkpuidu tootmise ja transpordi käigus hinnanguliselt **8 kg CO₂.**



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Võrreldes seda katlamajas põlemisprotsesside käigus tekkivate CO₂ heitkogustega (vt tabel 28), võib välja tuua järgmised järeldused:

- Süsiniku heide hakkpuidu tootmisest ja transpordist on samas suurusjärgus kui süsiniku heide tipukateldest juhul, kui peamiseks kütuseks kasutatakse hakkpuitu.
- Võrreldes olukorraga, kus katlamajad töötaks vaid fossiilsete kütuste baasil, moodustab hakkpuidu tootmisel ja transpordil tekkiv süsiniku heide vaid ligikaudu mõne protsendi.
- Samuti moodustavad hakkpuidu tootmise ja transpordi käigus eralduvad CO₂ kogused vaid ligikaudu mõne protsendi katlamajades põletatava kütuse või tehnoloogia muutusel saavutatavast CO₂ heite vähenemisest.

Seega võib järeldada, et Elva katlamajade puhul moodustavad hakkpuidu tootmise ja transpordi etapp väikese osa Elva soojamajanduse kogu süsiniku jalajäljest.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



6. Tuha ladestamine ja kasutamine

6.1 Ülevaade puidutuhast

Jäätmeseaduse alusel kehtestatud jäätmenimistu alusel klassifitseeritakse biomassi põletamisel tekkiv tuhk jäätmekoodidega 10 01 03 – turba ja töötlemata puidu põletamisel tekkinud lendtuhk ning 10 01 01 – koldetuhk, räbu ja katlatolm. Siin tuleb tähelepanu juhtida aspektile, et kui lendtuha puhul on puidu ja turba puhul antud eraldi kood, siis koldetuha, räbu ja katlatolmu puhul eristust lähtudes kütusest ei tehta (va. õli, raske kütteõli ning põlevkivi puhul). Sellest lähtudes on riiklikus jäätmekäitluse statistikas eristatavad üksnes biomassi põletamisel tekkiva lendtuha käitluse statistilised näitajad. Lisaks esinevad jäätmestatistikas jäätmekoodid 10 01 15 ja 10 01 17, mis on vastavalt koospõletamisel tekkinud mitteohtlik koldetuhk ja koospõletamisel tekkinud mitteohtlik lendtuhk. Antud tuhkade puhul on tegemist biomassi ja fossiilsete kütuste (n. kivisöe, põlevkivi jne) koospõletamisel tekkivate jäätmetega (mida antud AS Elva Soojus näitel baseeruvast töös detailsemalt ei käsitleta, kuna nende puhul on tegemist koostiselt ning seega ka käitlemisvõimalustelt erineva jäätmeliigiga).

Tabel 30. Turba ja töötlemata puidu põletamisel tekkinud lendtuha (jäätmekood 10 01 03) ning kütuste (va. õli, raske kütteõli ning põlevkivi) põletamisel tekkiva koldetuha, räbu ja katlatolmu (jäätmekood 10 01 01) teke ja käitus (vastavalt Keskkonnateabe Keskuses koostatud jäätmekäitluse aastaülevaadetele)

	Jäätme- liik	Teke, t	Taas- kasutamine, t	Ladestamine prügilates, t	Määratlemata käitus, t	Jääk aasta lõpul, t
2010	10 01 03	11088	11016	-	72	-
	10 01 01	4595	813	696	57	3590
2009	10 01 03	7818	4348	1447	2022	-
	10 01 01	4005	2303	883	552	589

Esitatud info kohaselt tekkis (anti jäätmekäitlejale üle) AS Elva Soojus Nooruse katlamajas 2009. aastal 48,11 t tuhka; 2010. aastal 58,02 t tuhka ning 2011. aastal 94,16 t tuhka. Tegemist on lend- ja koldetuha seguga, mis kogutakse ühte punkrisse. See tuhk on vastavalt lepingule antud üle Ragn-Sells AS'ile (mida ettevõtte tuhaga teeb (kas veab prügilasse või töötleb ja taaskasutab) ei ole teada). Kirde katlamaja tuha koguste üle arvestust ei peeta, see on käitlemiseks antud üle kohalikule põllumehele. Lähtudes Kirde katlamajas kasutatud puiduhakke kogusest ning Nooruse katlamaja tuha eritekkenäitajaist, võib Kirde katlamajas tekkiva tuha koguseks hinnata suurusjärgus 25-35 t tuhka aastas. AS Elva Soojus katlamajades tekkiva tuha kogus on Eestis tekkiva turba ja puidu põletamisel tekkiva tuha kogusega võrreldes (vt tabel 30) marginaalne (suurusjärgus 1%).





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Puidutuha koostis sõltub mitmesugustes erinevatest asjaoludest, kaasaarvatud põletusseadmes kasutatavast puidust (kas on tegemist puhta puiduga või töödeldud puidu jäätmetega), puuliigist, puukoore osakaalust kütuses jne. Seega on erinevates põletusseadmetes tekkiva puidutuha keemiline koostis võrdlemisi varieeruv. Üheks oluliseks faktoriks tuha keemilise koostise kujunemisel on põletustehnoloogia, eelkõige põlemistemperatuur (st. kas toimub põletamine madalal temperatuuril – näiteks kodused küttekolded – või kõrgel temperatuuril – suured katlamajad) ja kas tuhakäitlemisel eraldatakse lend- ja koldetuhk. Puidutuhk sisaldab toitelementidest eelkõige fosforit, kaltsiumi, magneesiumi ja kaaliumi, lämmastiku sisaldus puidutuhas on minimaalne, kuna see lendub põlemisprotsessis gaasilisena [32]. Mineraalsed ühendid on tuhas peamiselt oksiididena, hüdrooksiididena, silikaatidena ja karbonaatidena. Rootsi Põllumajandusülikooli andmebaasis toodud puidutuhkade andmetel põhinev puidutuha keskmise koostise iseloomustus on toodud tabelis 31.

Tabel 31. Puidutuha keskmine keemiline koostis Rootsi Põllumajandusülikooli (SLU) tuhade andmebaasis Wood Ash Database [33].

Element	Ühik	Lendtuhk	Koldetuhk
Ca	g/kg	202,6	130,39
K	g/kg	59,51	43,88
Mg	g/kg	20,23	15,39
Mn	g/kg	10,47	6,97
Fe	g/kg	26,02	13,37
Na	g/kg	9,34	9,72
Al	g/kg	29,00	26,24
S	g/kg	15,56	0,55
P	g/kg	13,74	9,04
Hg	mg/kg	1,3	0,07
Cd	mg/kg	23,47	1,91
As	mg/kg	30,41	7,17
Cr	mg/kg	82,91	75,73
Ni	mg/kg	49,12	30,33
Pb	mg/kg	182,62	40,85
Cu	mg/kg	146,34	87,6
Zn	mg/kg	4402,84	508,79

Lend- ja koldetuha raskmetallide sisaldus erineb märkimisväärselt, kuna kõrgel temperatuuril osad metallidest aurustuvad, millele järgneb nende kondenseerumine põlemistsoonist eemal temperatuuri alanedes, selle tulemusel on ka lendtuha raskmetallide sisaldus koldetuhaga võrreldes valdavalt kõrgem. Osade metallide puhul võib situatsioon olla ka vastupidine. Tähelepanuväärne on tabelis toodud puidu lendtuha äärmiselt kõrge tsingi sisaldus. Näiteks Pitman [34] on kirjandusallikatele tuginedes toonud, et puidukatlamajade lendtuha tsingi sisaldus on vahemikus 40-700 mg/kg. Keskkonnoahtlikke orgaanilisi ühendeid töötlemata puidu põletamisel tekkivas tuhas valdavalt ei ole. Hoolimata märkimisväärselt PCB-de koormusest 1950-1970-nendatel aastatel, ei ole need ühendid puidus kuhjunud ning töötlemata





puitu põletavate katlamajade tuhas PCB-de jälgi ei ole kirjanduse alusel tuvastatud [34]. PAH-idest võib esineda vähemtoksilisi ühendeid (n. naftaleen), nende esinemise tõenäosus võib olla suurem ebaefektiivse põlemise juures kui tuhas leidub ka suures hulgas põlemata süsinikku. Dioksiinide ja furaanide hulk tuhas on vähene ja nende tuhast väljaleostumine on tuha absorbeerivate omaduste tõttu ebatõenäoline [34].

Nagu eelnevalt kirjeldatud siis erinevates põletusseadmetes tekkiva tuha keemilised ja füüsikalised omadused võivad varieeruda üsna suurtes piirides, mistõttu ilma konkreetsete keemiliste analüüside tulemusteta ei ole võimalik tuha omadusi detailselt iseloomustada. Elva katlamajade tuha keemilise koostise või füüsikaliste omaduste uuringuid ei ole teostatud (teadaolevalt on uuringuteks küll tuhaproove võetud, kuid analüüside tulemusi ei ole Elvasse laekunud), seega tuleks tabelis 31 toodud tuhade koostist kasutada põhimõttelise orientiirina.

6.2 Tuha käitlemise võimalused

Biomassi kasutamist kütusena katlamajades või koostootmisjaamades on riiklikul tasemel peetud oluliseks arengusuunaks ning selle arendamist ja edendamist on nähtud ette mitmetes antud valdkonna arengudokumendis. Siiski võib hinnata, et selles valdkonnas on tuhakäitluse küsimus jäänud suurema tähelepanu alt välja. Biomassi kasutusega seonduvates uuringutes või materjalides on üldjuhul peetud tuhakäitluse lahenduseks selle kasutamist väetisena metsamajanduses või põldude lupjamisel, võimalustena on nimetatud ka kasutust teede-ehitusel või täitematerjalina, konkreetseid juhendmaterjale ei ole aga teadaolevalt koostatud. On esitatud ka hinnanguid, et puidutuhka peaks taaskasutama metsaaladel, põhutuhka aga põllumajandusmaadel, turbatuhka aga ei ole koostise tõttu peetud sobivaks metsa- ja põllukultuuride väetamiseks [35]. Biomassi põletamisel tekkiva tuha käitlemise küsimusi pole käsitletud ka riiklikus jäätmekavas, kuna selle jäätmeliigi puhul on tegemist teatava tootmisjäätmega, ei ole sellele (valdavalt) tähelepanu päratud ka kohaliku omavalituse jäätmekavades. Tööstusjäätmete, mille alla tuhk ka kuulub, käitlemise ja käitlemise arendamise üldine suund on taaskasutuse suurendamine ning kõrvaldamise (sh prügilates ladestamise) vähendamine.

Lähtudes AS Elva Soojus poolt esitatud informatsioonile praktiseeritava tuhakäitluse kohta, tuleb märkida, et tekkiva tuha puhul on tegemist jäätmega, mille käitlus peab toimuma vastavalt Jäätmeseadusele. Jäätmeseaduse kohaselt peab jäätmetekitaja või jäätmeid üle andev isik olema veendunud, et jäätmete vastuvõtjal on jäätmeluba või kompleksluba, mis annab õiguse üleantud jäätmete käitlemiseks. Juhul kui üle antud jäätmete käitlemiseks ei ole jäätmeluba või kompleksluba tarvis, peab jäätmete üleandja olema veendunud, et jäätmete vastuvõtja on pädev jäätmeid käitlema ja tal on asjakohased tehnilised ja keskkonnakaitsevahendid.



Järgnevalt on kirjeldatud nii seadusandluse kui praktilise rakendatavuse aspektist tuha erinevaid kasutusvaldkondi. Käsitletavateks valdkondadeks on: ladestamine prügilais, taaskasutamine täitematerjalina, kasutamine põldudel lubiväetisena, (taas)kasutamine metsamajanduses.

6.2.1 Üleandmine jäätmekäitlejale

Soojatootja seisukohast on tekkiva tuha üleandmine jäätmekäitlejale tihtipeale kõige kättesaadavamaks ja mugavamaks, kuid võimalik et ka kallimaks, võimaluseks. Andes tuha jäätmekäitlejale üle, tihtipeale ettevõttel puudub ka edaspidine teadmine tuha käitlusest. Jäätmekäitlejate poolt praktiseeritakse praegu biomassi tuha käitlusel valdavalt kahte praktikat: tuha ladestamine prügilas või erinevate võimaluste abil taaskasutamine.

Biomassi tuhk kuulub tavajäätmete hulka ning seda võib ladestada tavajäätmete prügilais. Elvale lähimaks tavajäätmete prügilaks on Jõgevamaal Torma vallas paiknev Torma prügila, kuhu on Elvast u 85 km. Teisteks töötavateks tavajäätmete prügilateks on Jõelähtme, Uikala, Väätsa ja Paikuse, kuid need on Elvast veel kaugemal. Tuha prügilas ladestamise maksumus koosneb jäätmete transpordihinnast ning prügila käitaja vastuvõtuhinnast (mis sisaldab ka saastetasusid). Torma prügila puhul on tuha, nagu ka teiste tavajäätmete, ladestamise vastuvõtuhind 50,58 €/t (koos käibemaksuga). Sama hinna suurusjärg on ka teistel prügilatel. Lisandub tuha transpordimaksumus prügilasse, mille leidmisel võib võtta aluseks järgmised näitajad: jäätmekäitlejalt tellitava transpordi hinnaks hind u 1,2 €/km (koos käibemaksuga), transpordikaugus 180 km, teadaoleva AS-is Elva Soojus rakendatava skeemi kohaselt viiakse jäätmekäitleja poolt korraga ära 5 t tuhka. Nende eelduste alusel oleks tuha Torma prügilasse vedamise ning seal ladustamise maksumus u 94 €/t. Lähtudes antud ühikmaksumusest ning 2011. aastal Elva katlamajades tekkinud tuha kogusest (arvestuslikult 125 t, tegelik kogus pole teada), oleks tuhakäitluse aastakulu suurusjärgus 12 000 €. Tuha prügilasse üleandmise maksumus aga sõltub suuresti transpordimaksumusest, mis omakorda sõltub rakendatavast logistilisest skeemist. Kui korraldada tuha käitlus ümber selliselt, et korraga veetaks ära näiteks 10 t tuhka, siis sellisel juhul oleks tuha käitlushind transpordist tulenevalt u 72 €/t, 20 tonnise koorma puhul aga u 62 €/t (aastane tuha käitluse kulu oleks sellistel juhtudel vastavalt 9000 või 7800 €). AS Elva Soojus poolt reaalset tuhakäitlusele kulutavate summade kohta andmed puuduvad.

Lisaks otsesele ladestamisele püüavad jäätmekäitlejad leida biomassi tuhale ka võimalikke taaskasutusvõimalusi. Riikliku jäätmetestatistika kohaselt valdav osa puidu ja turba lendtuhast taaskasutatakse. Suures osas taaskasutatakse tuhk prügilates ning jäätmekeskustes, kus seda võimalusel kasutatakse vahekatmistel ning muudel taotlustel spetsiifilistel ja tehnilistel eesmärkidel. Analüüsides Keskkonnalubade infosüsteemis esitatud erinevate



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



jäätmekäitlusettevõtete jäätmelubasid, siis võib järeldada, et tuha taaskasutamiseks on õigus paljudel ettevõtetel ning taaskasutamine toimub erinevate taaskasutustoimingute abil (toimingute paljususest võib tuleneda ka vigadest süsteemis, näiteks on kohati tuhka klassifitseeritud kui orgaanilist ainet). Tuha kui lubiväetise kasutuse kõrval (mida vaadeldakse töös hiljem) on peamiseks taaskasutusmeetodiks selle lisamine biolagunevate jäätmete kompostimisel saadavale kompostile (näiteks ettevõtted Velko AV OÜ, Bilkker OÜ, Ragn Sells). Selliste taaskasutusvõimaluste maksumus sõltub aga paljuski konkreetsetest käitlejatest ning erinevate taaskasutajate vastuvõtuhindu ei saa üheselt välja tuua. Tihtipeale käitlevad konkreetset jäätmekäitlejad ka konkreetsest ettevõttest pärinevat tuhka. Tuha taaskasutamine jäätmena eeldab taaskasutajalt jäätmeloo olemasolu.

Tuha käitlemiseks jäätmekäitlejale üleandmine on jäätmetekitajale enamasti lihtsaimaks ja vähim probleeme tekitavaks, kuid tihtipeale ka kallimaks lahenduseks. Tuha prügilates ladestamise kulukus sõltub oluliselt jäätmeveo logistikast.

6.2.2 Tuha taaskasutamine täitematerjalina

Varasemal aastail oli tuha nimetamine inertseks jäätmeiks ning selle kasutamine näiteks täitematerjalidena võrdlemisi levinud praktikaks. Suuresti oli see võimalik, kuna ei olnud üheselt normeeritud inertsete jäätmete olemus. Käesoleva töö koostamise ajaks on täpsustatud nõudeid, millele tavajäätmed peavad vastama, kui neid soovetakse kasutada täitematerjalina teede ehitusel, maa-alade planeerimisel, täitmisel ja korrastamisel. Nõuded on seatud keskkonnaministri 21. 04. 2004. a. määruse nr 21 „Teatud liiki ja teatud koguses tavajäätmete, mille vastava käitlemise korral pole jäätmeloo omamine kohustuslik, taaskasutamise või tekkekohas kõrvaldamise nõuded“ §4¹ [36]. Nimetatud paragrahvis seatakse nõuded täitematerjalide ohtlike ainete (tuha puhul ka orgaanilise süsiniku) sisaldusele, saasteainete leostuvusele ning konkreetsetele taaskasutustehnikatele, nimetatud nõuded jõustusid 2011. aastal.

Tuhkade puhul on olulisemaks küsimuseks leostuvusnäitajad, eelkõige lahustunud tahke aine (TDS) koguväärtus. Töö koostajate käsutuses olevate erinevate Eesti biomassi põletavate katlamajade tuhaproovide leotiste analüüsides on saadud eelnimetatud määruses näidatud lahustuva aine koguhulga piirväärtust ligi suurusjärgu võrra ületavaid näitajaid (mis on ka loogiline, kuna vastasel juhul ei oleks võimalik tuha kasutamine väetisena). Piirangu võib seada ka leotise liigne (st piirväärtust ületav) aluselisus. Üldiselt võib hinnata, et probleeme ei tohiks olla ka tuha raskmetallide sisalduse ega raskmetallide leostavusega. Kirjanduses [34] esitatud andmete alusel, samuti ka käesoleva töö koostajate käsutuses olevate Eesti erinevate biomassi põletavate katlamajade tuha analüüsides alusel jäävad tuha raskmetalli





sisaldused valdavalt allapoole piirväärtusi (seatud keskkonnaministri 11.08.2010 määrusega nr 38 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases“ [37]). Üldiselt ei ole oodata ka probleeme raskmetallide leostuvusega, tuhaleotise raskmetallide sisaldused on töö koostajate käsutuses olevate tuhaproovide leostuvusanalüüsides jäänud olulisel määral allapoole piirväärtusi. Erinevalt teistest jäätmetest, on tuhade puhul limiteeritud ka põlemata jäänud orgaanilise süsiniku koguhulk. Valdavalt seda parameetrit tuhade analüüsimisel ei uurita, mistõttu andmeid on võrdlemisi vähe. Põlemata jäänud orgaanilise süsiniku sisaldus tuhas sõltub suuresti põlemistingimustest ning tehnoloogiast ning võib seega ka olulisel määral varieeruda. Määruse kohaselt tuhades määratava orgaanilise süsiniku koguhulk (TOC) ei tohi ületada 30 g/kg (ehk 3%). Pitman [34] on kirjandusallikaile tuginedes väitnud, et USA idaosas puidukatlamajade tuha põlemata süsiniku kontsentratsioon enamasti vahemikus 7-50% (keskmine 26%), seega võib eeldada, et puidukatlamajade tuha puhul ei suudeta tagada vastavus määruse nõuetele.

Kokkuvõtlikult võib olemasolevaid andmeid aluseks võttes hinnata, et puidu põletamisel tekkiv tuhk üldjuhul ei vasta tingimustele, mis on seatud teede ehitusel, maa-alade planeerimisel, täitmisel ja korrastamisel kasutada lubatud jäätmeile. Eelkõige võib oodata probleeme lahustuva aine koguhulgaga tuha leotises, aga ka liigkõrge põlemata süsiniku sisalduse ning leotise liigaluselise reaktsiooniga. Sellele probleemile võiks anda lahenduse tuha töötlemine (n. granuleerimine), kuid Eestis sellekohast praktikat ei ole teada.

Lähtudes täpsustunud seadusandluse nõuetest ei ole varem laiemalt praktiseeritud puidutuha taaskasutamine inertse materjalina (näiteks maapinna täitmisel) enam praktiliselt rakendatav.

6.2.3 Puidutuha kasutus põllumajanduses

Lähiajal tuleb peamiseks tuha taaskasutusvõimaluseks pidada selle kasutust meliorandi või lubiväetisena põllumajanduses. Suur osa Lõuna- ja Kagu-Eesti muldadest on happelised, valdavate kasvatatavate kultuuride kasvatamiseks on optimaalne mulla neutraalne reaktsioon. Mulla reaktsioon mõjutab oluliselt mullas olevate mikroorganismide aktiivsust ja taimetoitainete liikuvust. Happelises mullas on taimetoitainete liikuvus ja omastavus väike. Seevastu mitmete poolmikro- ja mikroelementide, kaasaarvatud suuremates kogustes kahjulike raskmetallide, liikuvus ja omastatavus on happelises mullas parem [38]. Happeline muld on ka halva struktuuriga, lupjamisel mulda viidav kaltsium soodustab mullasõmerate moodustumist, mulla liigse happelisuse kõrvaldamine aktiveerib ka mikroorganismide ja vihmausside tegevust [39].

Tuha kasutamisel väetisena tuleb arvestada, et praeguses olukorras on AS Elva Soojus tuha puhul tegemist jäätmega. See tähendab, et tuha väetisena



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



kasutajal peab olema vastav jäätmeluba. Olukorras, kus tuha kasutamine väetisena on vähelevinud, ei ole erilist põhjust loota, et potentsiaalsed tuha kasutajad taotleksid selleks vastavaid lubasid. Reaalseks lahenduseks oleks soojusettevõttel taotleda tuha käsitlemist väetisena, sellisel juhul ei oleks enam tegemist jäätmega, vaid tootega ning selle kasutamisel ei oleks enam tegemist jäätmete käitlemisega Jäätmeseaduse mõistes.

Lubiväetisena on taimse materjali tuhk ära toodud põllumajandusministri 10.02.2009 määruses nr 16 „Väetiste nomenklatuur“ [40], nõuded taimse materjali põletamisel tekkivale tuhale kui lubiväetisele on toodud põllumajandusministri 10.03.2005. määruses nr 23 „Nõuded väetise koostisele väetise liikide kaupa“ [41]. Seega, vastavate nõuete täitmisel on puidutuha käsitlemine lubiväetisena reaalne. Väetisena on riiklikusse väetiseregistrisse⁷ ka mõningate ettevõtete tuhk kantud. Lisaklausel on toodud põllumajandusministri 25.07.2003 määruses nr 75 „Maaparandushoiutöödele esitatavad nõuded“ [42], mille kohaselt on puutuhka lubatud kasutada meliorandina, kui see ei ole liimpuidu, kemikaaliga töödeldud, keskkonnoahtliku värviga värvitud või õli ja määrdega töödeldud või nendega määrdunud puidu põletamisel tekkinud tuhk.

Nõuded puidutuha, kui väetise, koostisele on esitatud põllumajandusministri 10.03.2005 määruses nr 23 „Nõuded väetise koostisele väetise liikide kaupa“ [41]. Antud määruse kohaselt peab lubiväetisena kasutatava tuha neutraliseerimisvõime kaltsiumina olema minimaalselt 10% ning niiskus maksimaalselt 6 % (massist), analüüsida tuleb ka lahjendatud soolhappes lahustuva kaaliumi hulka. Keskkonnakaitseliselt on olulised raskmetallide lubatud maksimumsisaldused. Andmed Eesti katlamajades tekkiva puidutuha raskmetallide sisalduse kohta on üldiselt lünklikud [43] ja varieeruvad. Seega ei ole võimalik ühesel ka ennustada, kas igas katlamajas tekkiv puidutuhk vastab raskmetallide sisalduse osas kehtestatud nõuetele. Mõningaid näiteid erinevates Eesti katlamajade tuhade raskmetalli kontsentratsioonide kohta, samuti lubiväetiste lubatud kontsentratsioonid, on toodud tabelis 32. Toodud näidete alusel üks hakkepuidu lendtuhkadest ning pelletituhk ei vastanud nõuetele liigse kaadmiumi sisalduse tõttu. Ka kirjanduse [34] andmeil võib järeldada, et eelkõige võib esineda kaadmiumi, kroomi või plii piirväärtuste ületamist, Rootsi andmeile tuginedes võib esineda probleeme ka liigse tsingiga. Seega saab konkreetses katlamajas tekkiva puidutuha vastavust lubiväetise nõuetele hinnata üksnes konkreetsete tuha keemiliste analüüside alusel. Tuhaanalüüse tuleb perioodiliselt korrata, seda eelkõige kui toimub olulisi muutusi kasutatavas kütuses. Raskmetallide sisaldus on tavaliselt kõrgem lendtuhas, võrrelduna koldetuhaga [34]. Juhul kui konkreetses katlamajas kogutakse kolde- ja lendtuhk kokku ning segu raskmetallide kontsentratsioonid osutuvad siiski liialt kõrgeks, võib olla võimaluseks organiseerida lend- ja koldetuha kogumine ning järgnev käitlemine eraldi.

⁷ Register asub: <http://www.pma.agri.ee/index.php?id=104&sub=134&sub2=167>





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 32. Näiteid mõningatest Eesti katlamajade tuhade omadustest ning lubiväetiste (vastavalt põllumajandusministri 10.03.2005. a. määrusele nr 23 „Nõuded väetise koostisele liikide kaupa“ [41])

	Hakke- puidu lendtuhk	Hakke- puidu lendtuhk	Hakke- puidu kolde- tuhk	Saepuru pelleti tuhk	Lubiväetistes lubatud sisaldus (mg/kg)
Kaadmium (mg/kg)	1,7	13,9	0,05	4,08	3
Elavhõbe (mg/kg)	<0,05	0,02	0,01	0,0	2
Plii (mg/kg)	12,8	7,4	<0,2	4,56	100
Nikkel (mg/kg)	14	5,7	2,7	6	100
Arseen (mg/kg)	1,1	9,2	4,2	<0,1	50
Vask (mg/kg)	14,9	68	19	35	600
Tsink (mg/kg)	470	1450	739	18,6	1500
Kroom (mg/kg)	14,5	7,7	2,5	17,8	50

Väetis ja selle tootja kantakse väetiseregistrisse Põllumajandusameti Väetiste osakonna poolt. Selleks tuleb esitada vastav taotlus ja lisaandmed, mis tõendavad väetise vastavust nõuetele. Vastavad juhised on toodud Põllumajandusameti kodulehel [44]. Väetise registrisse kandmise eest on vajalik maksta riigilõiv (127,82 €), väetise tootja peab maksma riigilõivu ka turustatava väetise koguse eest (lubiväetiste puhul 0,00001 €/kg). Tuha kui jäätmete määratlemiseks väetisena (ehk Jäätmeseaduse sõnastuses jäätmete lakkamine § 2¹) on vajalik taotleda jäätmeluba.

Puidutuha kui meliorandi käitlemise nõuded on toodud põllumajandusministri 25.07.2003. a. määruses nr 75 "Maaparandushoiutöödele esitatavad nõuded" [42]. Määruse kohaselt peab tolmjat melioranti hoidma sademete- ja tuulekindlas kuivas hoidlas, hoidla puudumise korral maapinnast niiskuskindlalt isoleeritud, vee- ja tuulekindla katte all kuni 30 ööpäeva. Tolmjat melioranti peab vedama tsisternveokiga, mis on varustatud pneumaatilise laadimiseadmega, kuid puu-, õle-, põhu-, heina- ja turbatuhka võib vedada ka sademete- ja tolmu-kindlalt suletud konteineris, nõus või koormas. Puu-, õle-, põhu-, heina- ja turbatuhaga lupjamise korral on meliorandi annus 2–5 t/ha (sõltudes lubjatarbest), puutuhaga lupjamise aeg ja laotamise tehnika peavad välistama puutuha vahetu kokkupuutumise idanevate seemnetega, tärganud noortaimedega või taimede juurtega. Lisaks on määruses toodud veel mitmeid täpsemaid meliorandi laotamise nõudeid.

Võttes ühelt poolt aluseks, et AS Elva Soojus katlamajades tekib kokku suurusjärgus 100-125 t tuhka aastas ning teisalt, et puidutuhaga lupjamise korral on tuhaku vahemikus 2-5 t/ha (sõltuvalt muldade lubjatarbest), peaks kogu tuha laotamiseks vaja mineva põllumaa pindala olema vahemikus 20-60 ha. Happelisi muldi on vaja lubjata perioodiliselt, sõltuvalt mitmesugustest teguritest on uuesti vaja lubjata iga 4-7 aasta järel [39]. Üldiselt soovitatakse teostada lupjamist maksimaalsetest lupjamisnormidest väiksemate meliorandikogustega, kuid see-eest tihedamini. Arvestada tuleb, et ehkki põhimõtteliselt võib olla võimalik lubjata kogu aasta vältel, siis kultuuride (va.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



rohumaad) kasvuperioodil ei ole põldude lupjamine praktiliselt võimalik, mistõttu lupjamistööde raskuspunkt langeb paratamatult koristusjärgsele perioodile ning varakevadele [39]. See aga tähendab vajadust puidutuha hoidla rajamise järele.

Puidutuhaga (nagu ka muude meliorantidega) põldude lupjamise maksumus koosneb meliorandi hinnast, meliorandi transpordi maksumusest ning laotamistööde maksumusest. Seega lupjamise maksumus varieerub, seda sõltudes eelkõige transpordikaugusest ning meliorandi hinnast, laotamistööde maksumus on erinevate meliorantide puhul sisuliselt sama. Hetkel andmed puuduvad puidutuhaga lupjamise hindade kohta, kuid saab tuua arvulisi näitajaid näiteks klinkritolmuga lupjamise kohta. Vastavalt MAK meetme 1.8 „Põllu- ja metsamajanduse infrastruktuur“ raames 2010. aastal PRIA poolt antud toetustele on meliorandi laotamise ühikmaksumuseks u 10 €/t [45]. Puidutuhaga lupjamise korral on meliorandi omahind minimaalne (soojatootja eesmärk peaks olema tuhandest võimalikult soodsalt vabaneda), lisandub transpordimaksumus põldudele.

Põldude lupjamisele saab taotleda ka toetust vastavalt põllumajandusministri 27.05.2010 määrusele nr 65 „Põllu- ja metsamajanduse infrastruktuuri investeringutoetuse saamise nõuded, toetuse taotlemise ja taotluse menetlemise täpsem kord“ [46], mille §3 lg 1 p 1 kohaselt võib toetavate tegevuste hulka kuuluda ka põllumajandusmaal maaparandussüsteemi reguleeriva võrgu maa-alal muldade lupjamiseks vajaliku meliorandi ostmise, vedu ja laotamine (mulla lupjamine)).

AS Elva Soojus katlamajades tekkiva tuha vastavust lubiväetistele kehtestatud normidele (sh tuha raskmetallide sisaldus) ei ole uuritud. Konkreetseid keemilisi analüüse tegemata ei ole võimalik hinnata, kas ettevõtte katlamajades tekkiv tuhk vastab normidele ja seega, kas seda on võimalik põldudel lubiväetisena kasutada. Juhul kui tekkiv tuhk vastab lubiväetise nõuetele, siis selle kasutuse kulukus sõltub otseselt piirkonna põllumajandustootjate huvist (nõudlusest) lupjamistööde teostamise vastu. Seega ei saa üheselt arvutada tuha põllule laotamise kulukust (või tulukust). Aluseks võib võtta, et meliorandi laotamise ühikmaksumus on prügila vastuvõtuhinnast u 5 korda väiksem, seega suuresti saab tuha põllumajanduses kasutamise kulukus (või tulusus) sõltuma tuha põldudele transpordi kulukusest (eelkõige lubjatavate põldude kaugusest tuha tekkekohast). Praktilises plaanis oleks soojatootjal ilmselt mõistlik teha koostööd põldude lupjamistööd teostavate ettevõtetega, kellel on tehnilised vahendid nii lubiväetise transpordiks kui laotamiseks.

Puidutuha kasutamist põllumajanduses lubiväetisena võib pidada hetkel perspektiivseimaks tuha kasutusvõimaluseks. Puidutuha kasutamine meliorandina eeldab tuha omaduste (sh raskmetallide sisalduse) vastavust lubiväetiste nõuetele ning tuha kandmist väetiseregistrisse. Rakendatavus sõltub piirkonna põllumajandustootjate nõudlusest lupjamistööde järele.





6.2.4 Puidutuha kasutus metsamajanduses

Põhjamaades on pikka aega tegeletud biomassi, eriti aga puidu, põletamisel tekkinud tuha metsamajanduses kasutamise uuringutega, viimastel aastail on üha enam liigutud ka uuringutest praktiliste tegevusteni ehk üha enam puidutuhka ka leiab reaalse taaskasutuse või kõrvaldamise metsanduses. Viimasel ajal on vastava temaatikaga hakatud intensiivsemalt tegelema ka Eestis, eelkõige Eesti Maaülikoolis. Valdavalt ollakse seisukohal, et intensiivne metsamajandus põhjustab metsamulla toitainete vaesumist ja mulla hapestumist. Üheks lahenduseks probleemidele oleks viia puutuhk tagasi metsa, niiviisi kompenseeritaks metsamuldades raiejäätmatega eemaldatavad taimetoitained ja tuhk utiliseeritaks [32]. Metsamuldade neutraliseerimiseks ja puude toitainesubstraadi rikastamiseks Eestis puutuhka seni kasutatud ei ole ning seega puuduvad ka praktilised kogemused metsade kasvu ja produktsiooni mõjutamiseks puutuha kasutamisega [32].

Puidutuha, kui väetise, kasutamine metsamaadel on Eesti seadusandluses üheselt reguleerimata. Ka Eesti metsanduse arengukavas aastani 2020 on märgitud, et veel on komplekselt lahendamata energia tootmisel tekkiva puidutuha tagastamine metsa. Metsaseaduse §27 (3) on sätestatud, et metsa (v.a. metsataimlate) väetamine otsetoimeliste mineraalväetistega on keelatud, seda looduskaitsealadel põhjustel [47]. ERL'i vabatahtlike metsaaudiitorite abimaterjali [48] kohaselt on otsetoimelised need väetised, mis sisaldavad taimedele vajalikke keemilisi aineid, ning metsas on lubatud väetised, mis mõjutavad mullas toimuvaid keemilisi protsesse ja sel teel parandavad puude toitumistingimusi nagu näiteks lubiväetised. Ka Väetiseseaduse mõistes puidutuha puhul tegemist meliorandi ehk lubiväetisega, mille kasutamise eesmärk on mulla happesuse vähendamine. Samas, puidutuha metsamaadel kasutamise uuringuis rõhutatakse ka põhimõtet, et puidutuha metsa tagasiviimine aitab (lisaks tuhakäitluse probleemi lahendamisele) kompenseerida ka intensiivse metsamajandamise tulemusel tekkivaid toitainete kadusid (ehk siis võrdlemisi oluline rõhk on toitainetel, mitte mulla reaktsiooni muutmisel). Seega võib järeldada, et praegusel ajahetkel ei ole puidutuha kasutamine metsamajanduses üheselt seadusandluses reguleeritud, selles osas on vajalik selgus saavutada.

Eestis on puidutuha kasutamist metsamajanduses uuritud eelkõige EMÜ Metsandus- ja maaehitusinstituudis (n. KIKi 2006. a. projekt nr. 47 „Puutuha kasutamise võimalused metsanduses“). Nii nimetatud projekti, kui mitmete teiste uuringute tulemused ei ole ühesed. Arvukates uurimistöödes, mida on teostatud nii Eestis kui teistes riikides ning mis käsitlevad tuhade kasutusvõimalusi metsade väetamises, on saadud valdavalt positiivseid tulemusi, kuid on täheldatud ka kahjulikke mõjusid [32]. Seega, eelnevat silmas pidades ei saa puidutuha massilist kasutust metsamajanduses pidada vähemalt lähiperspektiivis reaalseks lahenduseks soojatootjate tuhaprobleemidele. Pikemas perspektiivis võib see osutada üheks võimaluseks. Kuna puidutuhaga metsade väetamist ei ole Eestis



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



praktiseeritud, ei ole üheselt selged ka selle tegevuse tehnoloogilised või majanduslikud aspektid.

Põhjamaades on tuhaga väetamine jõudnud uuringute tasemelt reaalse tegevuseni ning on välja töötatud puidutuha väetamisnõuded, milles on määratud ära väetamisnormid, samuti näiteks raskmetallide maksimaalsed lubatavad sisaldused metsa viidavas puidutuhas või raskmetallide maksimaalkoormused [49]. Metsade tuhaga väetamise kulukus sõltub paljudest erinevatest asjaoludest, tuha laotamine traktoriga metsamaale maksaks suurusjärgus 14-22 €/t, sellele lisanduks veel tuha transpordi maksumus [50]. Mitmetes uuringutes on toodud välja, et puidutuhaga väetamine annab enam positiivset efekti turbamuldadel kasvavates kasvukohtades, kus on looduslikult lämmastiku ülekaal, kuid fosfori ja kaaliumi puudus [51]. Teiste mullatüüpide puhul võib otseselt väetamise seisukohalt osutuda vajalikuks selle segamine komponendiga, mis lisaks lämmastikku [50], mis omakorda mõjutab väetamise majanduslikku tasuvust. Rootsi puidutuhaga metsaväetamisele suunatud uuringutes on samuti toodud välja, et nn. toortuha kasutamist metsaväetisena võib pidada ebasoovitavaks, kuna selle liigne agressiivsus ning aluselisus võib kahjustada metsa alustaimestikku [50]. Seda annab vältida tuha stabiliseerimine, mille käigus segatakse tuhk veega ning lastakse sel ise kõveneda või lisatakse kõvendajat (n dolomiiti) ning pressitakse tuhk graanuliteks või pelletiteks. Tuha stabiliseerimine omakorda muudab tuhakäitlust metsamajanduses kallimaks. Eelnevalt selgub, et ka Põhjamaades ei ole välja töötatud ühest parimat ja universaalset praktikat puidutuhaga metsa väetamiseks. Seetõttu ei saa välja tuua ka sellise tegevuse majanduslikku kulukust. Siiski, lähtudes eelnevalt toodud Rootsi tuhalaotamise ühikmaksumusest, võib eeldada, et see osutuks AS Elva Soojus jaoks tuha ladestamisega võrreldes majanduslikult soodsamaks lahenduseks (eelkõige tulenevalt transpordikulust).

Puidutuha taaskasutust metsamajanduses ei ole Eestis praktiseeritud, ehkki see on levinud praktika Põhjamaades. Puidutuha metsamajanduses kasutamisel esineb Eestis erinevaid juriidilisi ning praktilisi lahendamist vajavaid kitsaskohti. Seega, seni tuleb sellele läheneda kui teoreetiliselt perspektiivsele lahendusele.

Metsamajandamisega tihedalt seotud teema on puidutuha kasutus ammendatud turbaväljade taastamises. Ka selleteemalisi uuringuid on EMÜ Metsandus- ja maaehitusinstituudis läbi viidud (n. KIKi 2007. a. projekt nr. 32 "Bioenergeetikas tekkivate jäätmete utiliseerimine metsakasvatustel eesmärkidel", KIK-i 2007. a. projekti nr. 51 „Ahtme mk ammendatud jääksoode ökoloogiline analüüs selgitamaks perspektiivseid rekultiveerimisvõimalusi"). Uuringute tulemustel on jõutud järeldusele, et toitainerikka tuha kasutamine aitab kaasa freesturbaväljade metsastamisele, kiirendades oluliselt puude kasvu ja parandades toitainete bilanssi turbas [51]. Samas on tegemist võrdlemisi lühiajaliste uuringutega (pikkusega kuni mõned vegetatsiooniperioodid) ning on nenditud, et pikaajalise efekti tuvastamiseks



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



on vajalikud täiendavad uuringud. Seega oleks puidutuha kasutus jääksoode taastamisel ilmselt üheks potentsiaalseks võimaluseks, kuid see ei saa ilmselt olema soojatootja (näiteks AS Elva Soojus) tuhakäitlusprobleemidele püsivaks ning pikaajaliseks lahenduseks.

6.2.5 Muud kasutusvõimalused

Lisaks eelnimetatutele on võimalik leida veel teisigi, kuid väetisena kasutamise kõrval vähelevinud ja tihtipeale pigem teoreetilisi puidutuha taaskasutusvõimalusi. Kirjanduses on lootusi pandud biomassi tuha kasutusele tööstusprotsessides toorainena, eelkõige on silmas peetud kasutamist lisandina betooni, tellise, klaasi ja tsemendi tootmises. Siiski on tuvastatud, et tuha kasutamine toorainena on väga komplitseeritud ning tegemist on pigem teoreetiliste võimalustega, kuid mida mõningatel juhtudel (sõltuvalt konkreetsetest tuha kvaliteedist, tehnoloogiaprotsessidest, toodete kvaliteedinõuetest jne) on aga suudetud ka reaalsuses rakendada [52]. Sellistele võimalustele tuleks aga läheneda juba teades konkreetseid tingimusi ning nõudeid.

6.2.6 Kokkuvõte tuha käitlemise võimalustest

Käesoleval ajal on puidutuha käitlemisel levinuimaks teeks selle ladestamine või taaskasutamine prügilais. Sellele alternatiiviks oleks eelkõige kasutus lubiväetisena põllumajanduses. See eeldab, et tuha koostis vastaks põllumajandusministri 10.03.2005. a. määruses nr 23 „Nõuded väetise koostisele liikide kaupa“ [41] esitatud nõuetele (eelkõige raskmetallide koostise osas, vt. tabel 32) ning soojatootja registreeriks tekkiva tuha lubiväetisena väetiseregistris, lisaks peab soojatootja taotlema jäätmeloa, millega muutub tuhk jäätmest tooteks. Pikemas perspektiivis võib osutuda rakendatavaks tuha kasutus metsamajanduses, eelkõige ammendunud turbaväljade rekultiveerimisel. Konkreetsetest oludest sõltuvalt võib osutuda võimalikuks ja majanduslikult arvestatavaks ka mõni muu taaskasutustee (n segamine reoveesette kompostiga ning kasutamise näiteks haljastuse taastamisel või rekultiveerimisel). Tuha taas kasutus jäätmena eeldab üldjuhul taaskasutajalt jäätmeloa olemasolu. Kehtivaid nõudeid arvestades enamasti ei ole võimalik puidutuhka kasutada inertse materjalina näiteks maapinna täitmisel.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 33. Erinevate puidutuha kasutusviiside rakendatavus

Kasutusviis	Rakendatavus
Ladestamine või taas-kasutamine prügilas	Tuhakäitlusel Eestis seni enamlevinud praktika. Soojatootjale (AS Elva Soojus) mugav, kuid üsna kallis lahendus. Käitlusmaksumus tuleneb eelkõige transpordimaksumusest, kuid ka prügila vastuvõtuhindadest.
Kasutus põllumajanduses lubiväetisena	Hetkel peamine alternatiiv ladestamisele. Eeldab tuha kandmist väetiseregistrisse. Rakendatavus sõltub nõudlusest põldude lupjamise järel. AS-ile Elva Soojus ladestamisega võrreldes eeldatavalt soodsam eelkõige transpordikulu arvelt.
Kasutus metsa-majanduses	Eestis pole seni praktiseeritud, esineb erinevaid lahendamist vajavaid juriidilisi ning praktilisi kitsaskohti. Põhjamaades tavapärane praktika. Seega praegu teoreetiliselt perspektiivne lahendus.
Kasutus maapinna täitmisel, korrastamisel	Varasemalt levinud praktika, kehtivaid nõudeid arvestades praegu mitterakendatav.
Muud käitlus-võimalused	Võivad osutada võimalikuks ja majanduslikult arvestatavaks (näiteks lisamine kompostmaterjalile ja kasutamine haljastuses, eeldab koostööd jäätmekäitlejaga) või pigem teoreetiliseks (näiteks kasutus materjalina ehitusmaterjalitööstuses) alternatiiviks.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



7. Kokkuvõte

Keskkonnaaspektide analüüsi käigus käsitleti hakkpuidu kui kütuse kasutamise keskkonnamõjusid Elva katlamajades. Töö eesmärgiks ei olnud kirjeldada kõiki puidukatlamajadega seotud keskkonnamõjusid, vaid vastavalt projekti lähteülesandele keskendus töö eelkõige katlamajadega seotud heitgaasidele ja süsinikdioksiidi heitele, kui kütuste põletamise olulisimale keskkonnamõjule.

Kütuste põletamisel on sobivamaks inimtegevuse mõju keskkonnale (eriti kliimamuutustele) kirjeldavaks suuruseks **süsiniku jalajälg** - süsinikdioksiidi ja teiste kasvuhoonegaaside (metaani, diämmastikoksiidi jt) heite koguhulk, mis kaasneb inimese, organisatsiooni või mõne muu üksuse tegevusega või tekib toote või teenuse **olelusringi (elutsükli)** jooksul [16].

Peatükis 3 anti ülevaade juhtumiuuringus käsitletud koostootmisjaama rajamise seosest asjakohaste energeetikaalaste arengudokumentidega. Kohalikul biomassil töötava koostootmisjaama rajamine jälgiks kõiki põhilisi suundumusi energeetika poliitikas. Seni ainult sooja tootev katlamaja ei ole tuleviku suundumusi silmas pidades efektiivseim lahendus. Lisaks vähendab taastuvatest kütustest elektri tootmine fossiilsete kütuste kasutamist, st Eesti kontekstis põlevkivist elektri tootmist.

Saasteainete heitkoguste arvutus

Peatükis 4 viidi läbi saasteainete heitkoguste arvutus kütuste põlemisprotsessist olemasolevates katlamajades (Kirde ja Nooruse katlamajad).

Saasteainete hajumisarvutuste tulemused on esitatud tabelis 34.

Tabel 34. Saasteainete saastetaseme maksimaalsed väärtused ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

CAS kood	Saasteaine	SPV ₁	$C \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nooruse katl	$C \mu\text{g}/\text{m}^3$ Kirde katl
10102-44-0	NO ₂	200	13	10
PM SUM	Tahked osakesed	500	49	39
630-08-0	CO	10000*	50	41
7446-09-5	SO ₂	350	25	18
VOC COM	LOÜ (alifaatsed sv)	5000	2	2

SPV₁ – ühe tunni keskmine

* - 8 tunni keskmine piirväärtus

Saasteainete hajumisarvutuse tulemusena jäid kõikide saasteainete maapinnalähedased kontsentratsioonid alla 10% saastetaseme lubatud tunnikeskmisest väärtusest (SPV₁), mis võib kujuneda maapinnalähedases (kuni 2 m) õhukihis. See näitab, et saasteainete hajumistingimused on head (eeskätt tingib seda korstnate märkimisväärne kõrgus) ning negatiivne keskkonnamõju lähiümbruse välisõhu kvaliteedile puudub.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Töös viidi läbi stsenaariumite võrdlus, milles analüüsiti erinevaid tehnoloogilisi lahendusi Elva soojamajanduse jaoks. Võrreldavad stsenaariumid olid järgmised:

- **Stsenaarium I – hakkpuidu kasutamine** vastavalt olemasolevale olukorrale ning selle jätkumine;
- **Kütmine põlevkiviõli baasil** - hüpoteetiline olukord, kus olemasolevat kaugküttevõrku teenindaks fossiilsetel kütustel töötavad katlamajad. Energia tarbimise info võetud stsenaariumist I, kütuseks konkreetsemalt valitud põlevkiviõli, kui antud juhul optimaalne valik fossiilsete kütuste hulgast.
- **Stsenaarium II** – tehnoloogia muutus, alternatiivseks soojusenergeetiliseks seadmeks kohalikul **biokütusel töötav koostootmisjaam** (KTJ).

Kõigi stsenaariumite puhul vaadeldi nii baasolukorda kui prognoosi aastal 2025.

Tabel 35. Saasteainete heitkoguste võrdlus I ja II stsenaariumite baasolukorra puhul

	I stsenaarium		II stsenaarium
SAASTEAINE	Heitkogus (t/a) PÕLEVKIVIÕL I korral	Heitkogus (t/a) HAKKPUIDU korral	Heitkogus (t/a) HAKKPUIDU korral
NO _x	9,499	6,391	11,69
Tahked osakesed (PM SUM)	6,333	15,038	5,028
CO	6,333	62,3	39,986
SO ₂	25,968	1,091	0,9
LOÜ (VOC COM)	0,069	2,956	3,142
CO ₂	4851	83,639	22,135
Raskmetallid	25	7,5 kg/a	9,2 kg/a

Tabel 36. Saasteainete heitkoguste võrdlus I ja II stsenaariumi puhul (2025)

	I stsenaarium		II stsenaarium
SAASTEAINE	Heitkogus (t/a) PÕLEVKIVIÕL I korral	Heitkogus (t/a) HAKKPUIDU korral	Heitkogus (t/a) HAKKPUIDU korral
NO _x	5,392	3,644	8,472
Tahked osakesed (PM SUM)	3,595	8,52	3,398
CO	3,595	35,247	28,156
SO ₂	14,752	0,671	0,651
LOÜ (VOC COM)	0,04	1,69	2,251
CO ₂	2753	59,59	16,544
Raskmetallid	14,2	4,3 kg/a	6,4 kg/a





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Stsenaariumite võrdlus näitas, et õliküttega kaasnevad tunduvalt suuremad SO₂, CO₂, raskmetallide heitkogused. I stsenaariumiga kaasnevad tunduvalt suuremad TO ja CO heitkogused. II stsenaariumi puhul on mõnevõrra kõrgem NO_x ja LOÜ heitkogus, **samas tunduvalt väheneb CO₂ heitkogus**.

Erinevate stsenaariumite süsiniku jalajälge võrreldes võeti stsenaarium II korral arvesse ka globaalse süsiniku heite vähenemist koostootmisjaamas toodetud elektri arvelt (vt tabel 37).

Tabel 37. Süsiniku heide erinevate stsenaariumite korral ja globaalse süsiniku heite vähenemine stsenaarium II korral.

		Põlevkivi- õliga kütmine	Puidu- hakkega kütmine Sts. I	Puiduhakkega kütmine Stsenaarium II			
				Süsiniku heide katlamajast	Toodetud elekter	Süsiniku heide sääst toodetud elektrist	Süsiniku heide sääst KOKKU
Baas	t CO ₂ / a	4851	84	22	3700 (MWh/a)	-3626	-3604
	kg CO ₂ / MWh	352	6	2	3700 (MWh/a)	-259	-257
2025	t CO ₂ / a	2753	60	17	2700 (MWh/a)	-2646	-2629
	kg CO ₂ / MWh	293	6	2	2700 (MWh/a)	-270	-268

Võrdluse tulemustest on näha, et üleminek põlevkiviõlilt puiduhakkele toob kaasa märkimisväärse süsinikuheite vähenemise katlamajast. Aga lisaks toob globaalselt peaaegu sama suure täiendava süsinikuheite vähenemise antud juhul kaasa üleminek koostootmisjaamale (võrreldes olemasolevate hakkpuidukateldega), seda toodetud elektrienergia arvelt.

Hakkpuidu elutsükkel

Peakübis 5 käsitleti hakkpuidu elutsükli. Vastavalt Euroopa Komisjoni poolt välja töötatud juhendmaterjalidele [22] on kasvuhoonegaaside vähenemine võrreldes fossiilsete kütustega tavaliselt üle 80% (juhul, kui tahkete biokütuste tootmiseks kasutatakse metsatööstuse või põllumajanduse jääke). Käesolevas töös vaadeldud juhtumiuuring vastab nendele üldistele tingimustele.

Samas puudub Eesti tingimuste jaoks praegusel hetkel metoodika, et detailselt arvutada biokütuste (sh hakkpuidu) kogu elutsükli süsinikujalajälge [23]. Käesolevas töös käsitleti kvantitatiivselt tõenäoliselt suurema mõjuga hakkpuidu elutsükli etappe:

- hakkpuidu tootmine;
- hakkpuidu transport.





Arvutused näitasid, et:

- 1m³ hakkpuidu tootmisel (hakkimisel) tekib Elva juhtumiuuringu näite puhul ligikaudu **3 kg CO₂**.
- 1 m³ hakkpuidu transportimisel katlamajja tekib Elva juhtumiuuringu näite puhul ligikaudu **2,2 kg CO₂**.
- Antud tulemuste põhjal võib hinnata, et hakkpuidust saadava **1MWh** energia tootmiseks eraldub Elva juhtumiuuringu näite puhul hakkpuidu tootmise ja transpordi käigus hinnanguliselt **8 kg CO₂**.

Võrreldes seda süsiniku heitega kütuse põlemisprotsessist katlamajades (vt tabel 37) võib järeldada, et Elva katlamajade puhul moodustavad hakkpuidu tootmise ja transpordi etapp väikese osa Elva soojamajanduse kogu süsiniku jalajäljest.

Tuha ladestamine ja kasutamine

Peatükis 6 käsitleti tekkinud puidutuha käitlemise võimalusi Eesti praktikas.

Käesoleval ajal on puidutuha käitlemisel levinuimaks teeks selle ladestamine või taaskasutamine prügilais. Sellele alternatiiviks oleks eelkõige kasutus lubiväetisena põllumajanduses. See eeldab, et tuha koostis vastaks põllumajandusministri 10.03.2005. a. määruses nr 23 „Nõuded väetise koostisele liikide kaupa” esitatud nõuetele (eelkõige raskmetallide koostise osas) ning soojatootja registreeriks tekkiva tuha lubiväetisena väetiseregistris, lisaks peab soojatootja taotlema jäätmeloa, millega muutub tuhk jäätmest tooteks. Pikemas perspektiivis võib osutada rakendatavaks tuha kasutus metsamajanduses, eelkõige ammendunud turbaväljade rekultiveerimisel. Konkreetsetest oludest sõltuvalt võib osutada võimalikuks ja majanduslikult arvestatavaks ka mõni muu taaskasutustee (n segamine reoveesette kompostiga ning kasutamise näiteks haljastuse taastamisel või rekultiveerimisel). Tuha taaskasutus jäätmena eeldab üldjuhul taaskasutajalt jäätmeloa olemasolu. Kehtivaid nõudeid arvestades enamasti ei ole võimalik puidutuhka kasutada inertse materjalina näiteks maapinna täitmisel.



Kasutatud kirjandus

1. Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Kiidetud heaks Vabariigi Valitsuse 26.11.2010 korraldusega nr 452. http://www.mkm.ee/public/nreap_EE_final_101126.pdf (05.05.2012).
2. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2009/28/EÜ, 23. aprill 2009, taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta ning direktiivide 2001/77/EÜ ja 2003/30/EÜ muutmise ja hilisema kehtetuks tunnistamise kohta. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:et:PDF> (05.05.2012).
3. Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013. 2007. <http://www.agri.ee/public/juurkataloog/BIOENERGEETIKA/bioenergia.pdf> (05.05.2012).
4. Energiamajanduse riiklik arengukava aastani 2020. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Kinnitatud Riigikogu 15.06.2009 otsusega. <http://www.mkm.ee/public/ENMAK.pdf> (26.02.2012).
5. Eesti Vabariigi aruanne Euroopa Komisjonile taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise ja edendamise edusammude kohta. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. 2011. http://www.mkm.ee/public/111230_EV_taastuvenergia_tegevuskava_vahearuanne.docx (05.05.2012).
6. Roheline raamat energiatõhususe kohta ehk kuidas saavutada vähemaga rohkem. Euroopa Ühenduste Komisjon. 2005. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/et/com/2005/com2005_0265et01.pdf (11.05.2012).
7. Komisjoni teatis. Biomassi tegevuskava. Euroopa Ühenduste Komisjon. 2005. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0628:FIN:ET:PDF> (11.05.2012).
8. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2004/8/EÜ, 11. veebruar 2004, soojus- ja elektrienergia koostootmise stimuleerimiseks siseturu kasuliku soojuse nõudluse alusel, millega muudetakse direktiivi 92/42/EMÜ. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004L0008:20090420:ET:PDF> (11.05.2012).
9. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2001/77/EÜ, 27. september 2001, taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrienergia kasutamise edendamise kohta elektrienergia siseturul. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2001L0077:20070101:ET:PDF> (11.05.2012).
10. Eesti säästva arengu riiklik strateegia Säästev Eesti 21. Eesti Keskkonnaministeerium. 2005. Kinnitatud Riigikogu 14.09.2005 otsusega. http://www.riigikantselei.ee/failid/Saastev_Eesti_21.pdf (11.05.2012).
11. Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030. Kinnitatud Riigikogu 14.02.2007 otsusega. <https://www.riigiteataja.ee/aktiisa/0000/1279/3848/12793882.pdf> (11.05.2012).
12. Eesti elektrimajanduse arengukava 2005-2015. Kinnitatud Vabariigi Valitsuse 3. jaanuari 2006. a korraldusega nr 5. <https://www.riigiteataja.ee/aktiisa/0000/0097/9263/984718.pdf> (11.05.2012).
13. Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013. Heaks kiidetud Vabariigi Valitsuse 30.04.2009 otsusega nr 157.



- <http://www.agri.ee/public/juurkataloog/BIOENERGEETIKA/bioenergia.pdf>
(11.05.2012)
14. Riiklik struktuurivahendite kasutamise strateegia 2007-2013. Heaks kiidetud Vabariigi Valitsuse 12.01.2007 otsusega nr 20.
<http://www.tlu.ee/files/arts/314/Riiklb3545aad9ec43673154961fc33b77648.pdf>
(11.05.2012)
 15. Eesti maaelu arengukava 2007-2013. Põllumajandusministeerium. 2011. Heaks kiidetud Vabariigi Valitsuse 12.02.2007 korraldusega nr 81.
https://valitsus.ee/UserFiles/valitsus/et/valitsus/arengukavad/pollumajandusministeerium/MAK_5_11_2009.pdf (11.05.2012).
 16. Säästva Eesti Instituut, SEI Tallinn, Veebisõnastik "Säästva arengu sõnaseletusi".
<http://www.seit.ee/sass/> (01.03.2012).
 17. European Commission. Carbon-footprint - what it is and how to measure it. 2007.
<http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/Carbon-footprint.pdf> (11.05.2012)
 18. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006. National Greenhouse Gas Inventories Programme. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> (11.05.2012).
 19. Välisministeeriumi koduleht. <http://www.vm.ee/?q=node/8990> (11.05.2012).
 20. Eestimaa Looduse Fond (ELF). Taastuvenergia käsiraamat. 2007.
<http://www.elfond.ee/images/stories/Taastuvenergia.pdf> (01.03.2012).
 21. Keskkonnaministri 16.07.2004 määrus nr 94 "Välisõhku eralduva süsinikdioksiidi heitkoguse määramismeetod". <https://www.riigiteataja.ee/akt/12757215>
(11.05.2012).
 22. European Commission. Report from the Commission to the Council and the European Parliament on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling. 2010. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52010DC0011:EN:NOT>
(11.05.2012).
 23. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Eesti Vabariigi aruanne Euroopa Komisjonile taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise ja edendamise edusammude kohta. 2011.
http://www.mkm.ee/public/111230_EV_taastuvenergia_tegevuskava_vahearuanne.docx (11.05.2012).
 24. Prof. Doc. Ingwald oberberger (koostaja). Basic information regarding decentralised CHP plants based on biomass combustion in selected IEA partner countries final report. 2004. Graz. <http://www.ieabcc.nl/publications/IEA-CHP-Q1-final.pdf> (11.05.2012)
 25. Keskkonnaministri 02.08.2004 määrus nr 99 „Põletusseadmetest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramise kord ja määramismeetodid”.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/789462> (11.05.2012).
 26. Uiga, J. Üleminek fossiilsetelt kütustelt biokütustele – Elva linna keskküttevõrgu juhtumiuuring. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikool, tehnikainstituut, energeetika osakond. – Tartu: EMÜ, 2012.
 27. ÅF-ESTIVO AS. Katlamajade maksumuse, tehnilise lahenduse ja tegevuskulude eksperthinnang. 2009-2010.
<http://www.google.ee/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CHUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.konkurentsiamet.ee%2Ffile.php%3F18955&ei=-jetT96iBMHs-ga1z4CPDA&usq=AFQjCNETiYjRuLI5XUZkAObrxCFGGkmDw>
(11.05.2012).
 28. Vares, V. (toimetaja). Biokütuste kasutaja käsiraamat, 2005. TTÜ Kirjastus.
http://www.bioenergybaltic.ee/bw_client_files/bioenergybaltic/public/img/File/Biokytuse_kasutaja_kasiraamat.pdf (11.05.2012).



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



29. Euroopa Komisjoni linnapeade pakti juhendmaterjalid. http://www.eumayors.eu/IMG/pdf/technical_annex_et.pdf (11.05.2012).
30. Bates, J., Edberg, O., Nuttall, C. Minimising greenhouse gas emissions from biomass energy generation. 2009. Environment Agency. http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Research/Minimising_greenhouse_gas_emissions_from_biomass_energy_generation.pdf (11.05.2012).
31. Eesti Konjunkturi Instituut. Ülevaade Eesti bioenergia turust 2010. aastal. 2011. http://www.mkm.ee/public/Ylevaade_Eesti_bioenergia_turust_2010._aastal.pdf (11.05.2012).
32. Pärn, H., Mandre, M., Ots, K., Klõšeiko, J., Lukjanova, A., Kuznetsova, T. Bioenergeetikas tekkivate jäätmete kasutamine metsanduses. 2010. Metsanduslikud uurimused 52, 40-59.
33. Wood Ash Database. Wood for Energy. <http://woodash.slu.se> (09.02.2012).
34. Pitman, R. M. Wood ash use in forestry – a review of the environmental impacts. 2006. Forestry, Vol 79, No 5, 2006.
35. Vares, V., Kask, Ü., Muiste, P., Pihu, T., Soosaar, S. Biokütuse kasutaja käsiraamat. 2005. Tallinna Tehnikaülikool.
36. Keskkonnaministri 21.04.2004. määrus nr 21 „Teatud liiki ja teatud koguses tavajäätmete, mille vastava käitlemise korral pole jäätmeloa omamine kohustuslik, taaskasutamise või tekkekohas kõrvaldamise nõuded”. <https://www.riigiteataja.ee/akt/119012011023> (11.05.2012).
37. Keskkonnaministri 11.08.2010 määruse nr 38 „Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases”. <https://www.riigiteataja.ee/akt/13348997> (11.05.2012).
38. Nurmekivi, H. (koostaja). Põllukultuuride väetamine. 2002. Põllumajandusministeerium.
39. Järvan, M. Põldude lupjamine. 2005. Eesti Maaviljeluse Instituut. Saku.
40. Põllumajandusministri 10.02.2009 määrus nr 16 „Väetiste nomenklatuur”. <https://www.riigiteataja.ee/akt/13147466> (11.05.2012).
41. Põllumajandusministri 10.03.2005. määrus nr 23 „Nõuded väetise koostisele väetise liikide kaupa”. <https://www.riigiteataja.ee/akt/865861> (11.05.2012).
42. Põllumajandusministri 25.07.2003 määrus nr 75 „Maaparandushoiutöödele esitatavad nõuded”. <https://www.riigiteataja.ee/akt/114122010010> (11.05.2012).
43. Põllumajandusuuringute Keskus. Eesti maaelu arengukava 2007-2013 2. telje püsihindamisaruanne. Hindamisalased uuringud ja 2. telje üldanalüüs (lühendatud versioon). 2011.
44. Põllumajandusameti koduleht. <http://www.pma.agri.ee/index.php?id=104&sub=134> (11.05.2012).
45. Juhendid, õigusaktid ja info toetuse taotlemise ja saamise kohta 2010.a. Põllumajandusameti koduleht. <http://www.pma.agri.ee/index.php?id=104&sub=355&sub2=409&sub3=416&sub4=451> (11.05.2012).
46. Põllumajandusministri 27.05.2010 määrus nr 65 „Põllu- ja metsamajanduse infrastruktuuri investeeringutoetuse saamise nõuded, toetuse taotlemise ja taotluse menetlemise täpsem kord”. <https://www.riigiteataja.ee/akt/120052011014> (11.05.2012).
47. Metsaseadus. Vastu võetud 07.06.2006. <https://www.riigiteataja.ee/akt/105012011016> (11.05.2012).
48. ERL. Abivahend vabatahtlikele metsaaudiitoritele. Metsamajandamise kvaliteedi hindamiseks vastavalt FSC standardi nõuetele. 2003.
49. Haglund, N. and Expert group. Guideline for Classification of Ash From Solid Biofuels and Peat Utilised for Recycling and Fertilizing in Forestry and Agriculture. NT Technical Report TR 613. 2008. Oslo, Nordic Innovation Centre. 34 pp.





50. Emilsson, S., International Handbook. From Extraction of Forest Fuels to Ash Recycling. 2006. Swedish Forest Agency.
51. Kikamägi, K. ja Ots, K. Puittaimede kasvu stimuleerimine erinevate biokütuste (puit, turvas) tuha liikidega ammendatud freesturbaväljadel. 2010. Metsanduslikud uurimused 52, 60-7, 2010.
52. Pels, J. R., de Nie, D. S. and Kiel, J.H.A. Utilization of ashes from biomass combustion and gasification. 2005. Published at 14th European Biomass Conference & Exhibition.

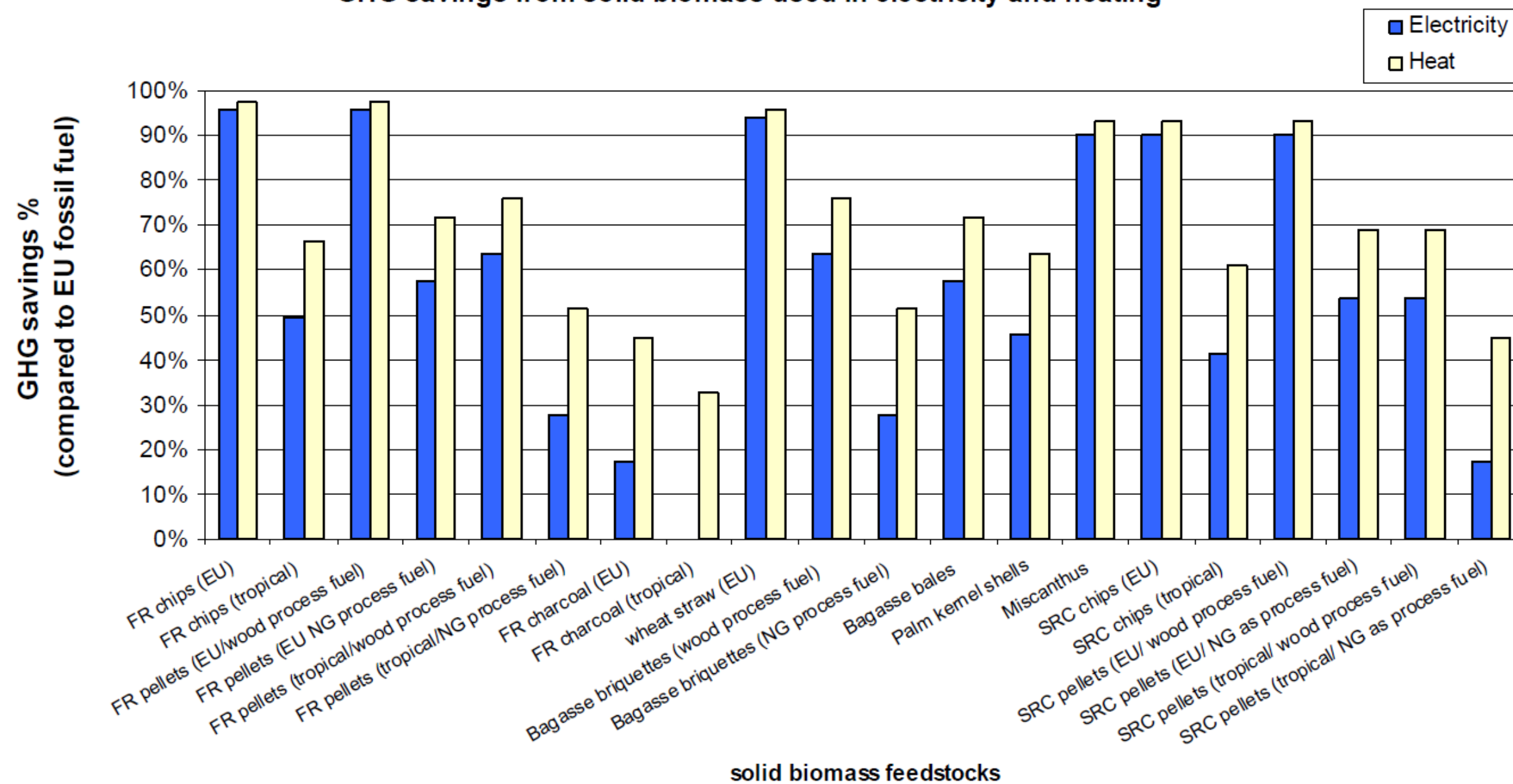


LISA. Tahketele biokütustele tüüpilised elutsükli kasvuhoonegaaside emissiooni näitajad.

Allikas: REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling



GHG savings from solid biomass used in electricity and heating



Source: JRC 2009¹⁸

ANNEX II – Typical and default values for solid and gaseous biomass if produced with no net carbon emissions from land use change

Primary solid and gaseous biomass pathways	Typical greenhouse gas emissions (gCO _{2eq} /MJ)	Default greenhouse gas emissions (gCO _{2eq} /MJ)
Wood chips from forest residues (European temperate continental forest)	1	1
Wood chips from forest residues (tropical and subtropical forest)	21	25
Wood chips from short rotation forestry (European temperate continental forest)	3	4
Wood chips short rotation forestry (tropical and sub-tropical e.g. eucalyptus)	24	28
Wood briquettes or pellets from forest residues (European temperate continental forest) – using wood as process fuel	2	2
Wood briquettes or pellets from forest residues (tropical or subtropical forest) – using natural gas as process fuel	17	20
Wood briquettes or pellets from forest residues (tropical or subtropical forest) – using wood as process fuel	15	17
Wood briquettes or pellets from forest residues (European temperate continental forest) – using natural gas as process fuel	30	35
Wood briquettes or pellets from short rotation forestry (European temperate continental forest) – using wood as process fuel	4	4
Wood briquettes or pellets from short rotation forestry (European temperate continental forest) – using natural gas as process fuel	19	22
Wood briquettes or pellets from short rotation forestry (tropical and sub-tropical e.g. eucalyptus) – wood as process fuel	18	22



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Wood briquettes or pellets from short rotation forestry (tropical and sub-tropical e.g. eucalyptus) – natural gas as process fuel	33	40
Charcoal from forest residues (European temperate continental forest)	34	41
Charcoal from forest residues (tropical and sub-tropical forest)	41	50
Charcoal from short rotation forestry (European temperate continental forest)	38	46
Charcoal from short rotation forestry (tropical and sub-tropical e.g. eucalyptus)	47	57
Wheat straw	2	2
Bagasse briquettes – wood as process fuel	14	17
Bagasse briquettes – natural gas as process fuel	29	35
Bagasse bales	17	20
Palm kernel	22	27
Rice husk briquettes	24	28
Miscanthus bales	6	7
Biogas from wet manure	7	8
Biogas from dry manure	6	7
Biogas from wheat and straw (wheat whole plant)	18	21
Biogas from maize as whole plant (maize as main crop)	28	34
Biogas from maize as whole plant (maize as main crop) – organic agriculture	16	19





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



OSA 2. TULEVIKUSTSENAARIUMITE TASUVUSANALÜÜSID





1. Sissejuhatus

1.1 Majandusliku analüüsi lähtekohad

Puugaasi põletamisel põhineva Elva elektri ja soojuse koostootmisjaama juhtumi majandusliku tasuvuse analüüsi eesmärgiks on hinnata senisest erineva alternatiivse energiatootmise majanduslikku perspektiivi nii soojatootja kui ka tarbija jaoks. See on täienduseks keskkonnaaspektide analüüsile, kuid erineb osaliselt oma lähtekohtade poolest.

1. Keskkonnanalüüs võtab aluseks kaks võimalikkus stsenaariumit, nn 0-stsenaariumi, mille puhul jätkatakse majandamist senisel viisil Nooruse ja Kirde tänava hakkpuidul ja põlevkiviõlil töötavate katlamajade ja kaugküttevõrkude baasil, ja alternatiivse stsenaariumi, mille puhul senised seadmed, väljaarvatud tipukatlad, asendatakse soojuse ja elektri koostootmiseseadmetega ühes jaamas ning linna kaugküttevõrgud ühendatakse. Majanduslikus analüüsis on alternatiivne stsenaarium jagatud kolmeks võimalikuks stsenaariumiks, mille kohta teostatakse eraldi arvutused:

- a. II stsenaarium, mille puhul võetakse kasutusele ORC-tüüpi koostootmisjaam ning ühendatakse Nooruse ja Kirde katlamajade soojusvõrgud, haigla võrk jääb eraldi,
- b. III stsenaarium, mille puhul võetakse kasutusele koostootmisjaam ning ühendatakse Nooruse, Kirde ja haigla katlamajade soojusvõrgud,
- c. IV stsenaarium, mille puhul soojusvõrke ei ühendata, kuid Nooruse katlamaja asendatakse väiksema ORC-tüüpi koostootmisjaamaga.

Stsenaariumid erinevad üksteisest nii alg- kui ka lõppandmete poolest - energiatootmise võimsused, klientide poolt tarbitava energia hulk, tootmiseks vajaliku hakkpuidu ja kütteõli kogus, vajalike investeeringute suurus. Kõige lähedasem keskkonnanalüüsi alternatiivstsenaariumile on majandusanalüüsi III stsenaarium.

2. Keskkonnanalüüs vaatleb baasandmeid 2011. aasta seisuga ning alternatiive 2025. aasta seisuga. Majandusanalüüs on vaatlusperioodiks valinud aastad 2011 – 2032, lähtudes järgmistest asjaoludest:

- a. 2011. aasta on sobilik baasastaks lähteandmete kättesaadavuse ja võrreldavuse huvides,
- b. esimene mõeldav investeeringute teostamise periood on aastatel 2015 – 2017, kui osa seni Elva katlamajades töötavaid seadmeid on jõudnud amortiseerumise piirini ning on avanenud uue Euroopa Liidu struktuurifondide programmiperioodi vahendid (mis ei tähenda, et investeeringuid saaks teostada ainult struktuurivahendite toetusel),
- c. uute seadmete amortisatsiooniperioodiks on keskmiselt 15 aastat (6,67%) aastas, kasulik tööiga seega 2018 – 2032. Tasuvuse arvutamine üksnes perioodilt 2018 – 2025 on järelduste tegemiseks



liiga lühike, eriti arvestades investeeringu teostamise ajalist nihet ka analüüsi teostamise ajaga võrreldes.

Majandusstsenaariumite algandmed pärinevad põhiliselt järgmistest allikatest:

1. OÜ Elva Soojus tootmise, müügi ning kulude ja tulude andmed 2009. aastal OÜ Nordic Energy Group poolt koostatud Elva linna kesklinna soojustrasside rekonstrueerimise tasuvusuuringust [1] ning sama uuringu jaoks koostatud küsitluslehtedest, samuti "Elva linna soojavarustuse arengukavast" (OÜ Märja Monte) [2],
2. stsenaariumite lähteandmed (toodetav ja müüdav soojus ja elekter baasaastal ja aastal 2025) tellija poolt koostatud mudelarvutustest,
3. investeeringute lähteandmed tellija poolt esitatud informatsioonist, "Elva haigla katlamaja biokütusele üleviimise tasuvusanalüüsist" (MTÜ Letek, 2011) [3], koostootmisjaama dokumentatsioonist.

1.2 Metodoloogia

1.2.1 Kasutatavad finantsnäitajad

Majanduslikult analüüsitakse koostöös tellijaga koostatud nelja tootmis- ja tarbimismudelit (stsenaariumi) baasaastast 2011 aastani 2025, mille periood on analüüsitabelites pikendatud aastani 2032. Finantsandmete analüüs on teostatud nelja stsenaariumi jaoks eraldi, arvestamata juurdekasvulist stsenaariumi ehk 0-stsenaariumi ja valitud alternatiivstsenaariumi võrdlust. Sellise lähenemise põhjuseks on uuringu eesmärk – keskendumine eelkõige koostootmisjaamade rajamise teostatavusele. Teostatavuse seisukohast hinnatakse käesoleval juhul järgmisi kriteeriume:

1. millisel juhul on võimalik tagada rajatava koostootmisjaama ja selle toodangul põhineva soojusvõrgu majanduslik jätkusuutlikkus, ning
2. millised on ühe või teise stsenaariumi majanduslikud perspektiivid.

Majanduslik võrdlus antud juhul tuleneb stsenaariumite finantsnäitajate võrdlusest.

Juurdekasvuliste stsenaariumite väljatöötamist takistab antud juhul ka algandmete erinevus stsenaariumite puhul – sõltuvalt valitud stsenaariumist muutub tarbijate hulk ja projektiga hõlmatava soojusvõrgu ulatus. Kogu Elva linna soojusvõrgu arengu hindamine ei ole antud juhul töö eesmärgiks olnud. Konkreetse tööprojekti või stsenaariumi valikul on vajalik teostada uus analüüs, mille puhul kirjeldatakse täpselt juurdekasvulist stsenaariumi, kus 0-stsenaarium ja alternatiivstsenaarium lähtuvad samadest algandmetest kavandatavale investeeringule lähemas ajaperspektiivis (1 - 2 aastat enne projekti algust).

Tasuvusarvutuste teostamisel arvestamisel lähtutakse Euroopa Komisjoni heakskiidetud metoodikast Euroopa Liidu investimisprojektide tasuvuse arvestamisel [4], [5], [6] ja juhenditest keskkonnainvesteeringute tasuvuse ja teostatavuse hindamiseks Ühtekuuluvusfondi projektide puhul. Ehkki praegune Euroopa Liidu toetuste programmiperiood on lõppemas, on juhendmaterjalid üle



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



kantavad majandus-finantsanalüüside koostamiseks järgnevale perioodile, juhul kui eesmärgiks on tasuvuse hinnang võimaliku investeeringu jaoks, arvestamata konkreetsest meetmest lähtuvaid tingimusi. Juhendmaterjalidest tulenevalt on finants- ja majandusanalüüsil järgmised olulised osad, mida on kirjeldatud analüüsi käesolevas tekstilises osas ning millest enamik on esitatud ka tabelarvutustena:

- investeeringukulutused ja jääkväärtus;
- tegevustulud ja tarbimine;
- tegevuskulud;
- rahavood ja investeeringu tulusus;
- sotsiaalmajanduslik analüüs;
- tundlikkusanalüüs;
- riskifaktorid.

Finants- ja majandusanalüüs on koostatud nominaalhindades ning väljendatud ilma käibemaksuta. Analüüsi koostamisel on pikaajaliste prognooside osas arvesse võetud rahandusministeeriumi poolt avaldatud SKP reaalkasvu, tarbijahinnaindeksi muutuse ja reaalpalga kasvu prognoose. Referentsperiood hõlmab energeetika valdkonna projektile omaselt 15 aastast (2018 – 2032) ajavahemikku, mida on pikendatud võrreldavuse huvides aastatele 2011 – 2017. Investeeringute teostamise ajaks on arvestatud aastad 2015 – 2017.

Analüüs on koostatud kütteettevõtte rahavoogude põhiselt, kuna linnale kuuluv OÜ Elva Soojus jääb planeeritavalt ka edaspidi infrastruktuuri omanikuks, teenuste osutamisest laekuvate tulude kogujaks ja vajalike kulude tegijaks. Üldjuhul ei ole ette näha opereerimiskulude (märgatavat) tõusu seoses projekti teostamisega, kuna taotletakse kuluefektiivsuse tõusu.

Vastavalt Euroopa Komisjoni soovitudele saab antud stsenaariumite puhul kindlaks määrata järgmised majanduslikud tulemusnäitajad:

- ajaldatud majanduslik puhasmaksumus: see peaks projekti majandusliku soovitatavuse huvides olema suurem kui null;
- tulude-kulude suhe: see peaks olema suurem kui üks.

Sotsiaalmajanduslikku tasuvusläve ei ole käesoleval puhul välja arvatud, kuna sotsiaalmajanduslikust analüüsist on kajastatud vaid osa aspekte – mõju keskkonnale (töö keskkonnaosas) ja mõju soojuse hinnale.

Tundlikkusanalüüs klassikalisel kujul on asendatud arvutustega investeeringu teostamise eelduste ja mõju kohta – millise toetussumma puhul on antud investeering majanduslikult tasuv, milliseks kujuneb soojuse hind tarbijale juhul kui toetusi projektile ei tule, kuidas mõjutab finantsnäitajaid võimalik taastuenergia toetus. Klassikaline tundlikkusanalüüs on otstarbekas teostada konkreetse projekti käivitamisel, kui on teada täpsemalt investeeringu vajadus ja suurus ning võimalikud rahastamisallikad ja –tingimused.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



1.2.2 Makromajanduslikud eeldused

Makromajanduslike eeldusandmetena kasutatakse rahandusministeeriumi 2012. aasta kevadist prognoosi aastani 2016, mis on pikendatud aastani 2030. Edasi on kasutatud Euroopa Liidu majanduspoliitika komitee (Economic Policy Committee) poolt kokku lepitud, kogu ELi kohta ühtsetel alustel loodud eeldusi eelarvepoliitika pikaajalise jätkusuutlikkuse hindamiseks [7]. Personalikulude prognoosimisel võetakse aluseks üleriigilise keskmise palga kasv. Muude kulude prognoosimisel võetakse aluseks tarbijahinnaindeksi nominaalkasv. Prognoosid on kättesaadavad Rahandusministeeriumist ja Euroopa Komisjonist [8], makromajanduslikud näitajad EL struktuurifondide koduleheküljelt [9].





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



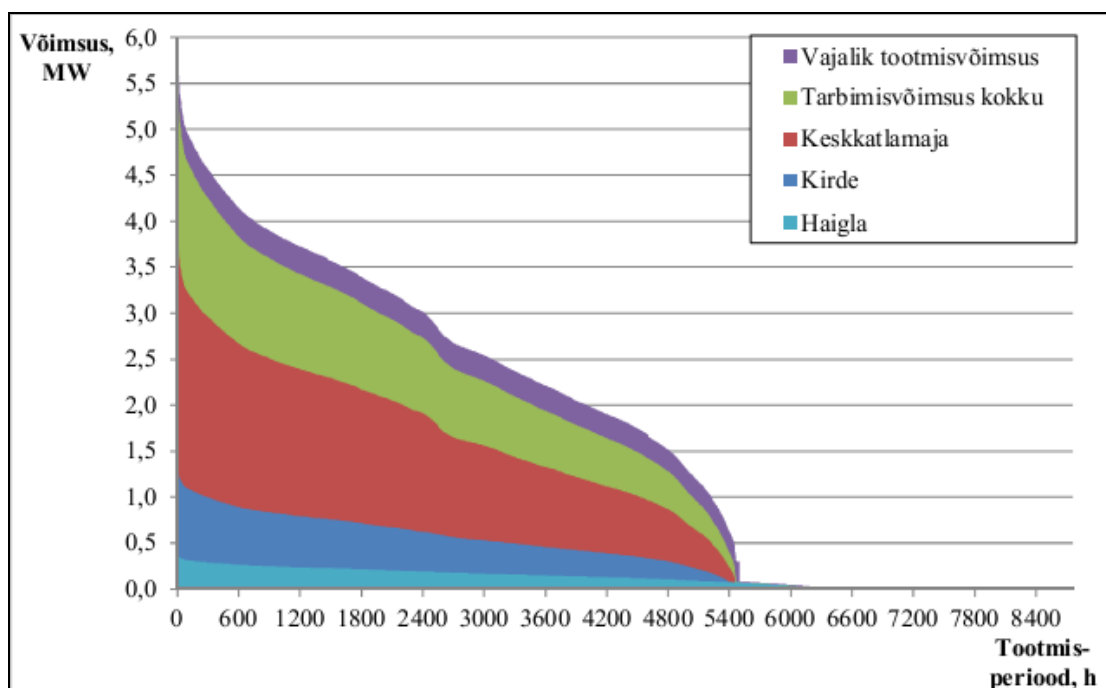
2. I stsenaarium (nn 0-stsenaarium)

2.1 Lähteandmed

Antud käsitles on nullstsenaariumiks senise praktika jätkamine kolme olemasoleva katlamaja baasil - puugaasi põletamisel toimivat soojuse ja elektri koostootmisjaama kasutusele ei võeta ning kaugküttevõrke ei ühendata. Sel juhul jätkatakse kehtivates arengukavades välja toodud tegevustega - kütteefektiivsuse suurendamine olemasolevas kaugküttevõrgus ja soojatootmises (eelkõige soojakadude vähendamine kaugküttevõrgus, majade soojustamine, katelde efektiivsuse suurendamine). Samuti arvestatakse haigla seni kütteõil põhineva katla vahetusega hakkpuidul põhineva katla vastu. Vajadusel teostatakse katlamajades remonttöid nii kaugküttevõrgus kui ka katlamajades. Seega on kulude hulka arvestatud remondikulud, mis aastate jooksul kasvavad.

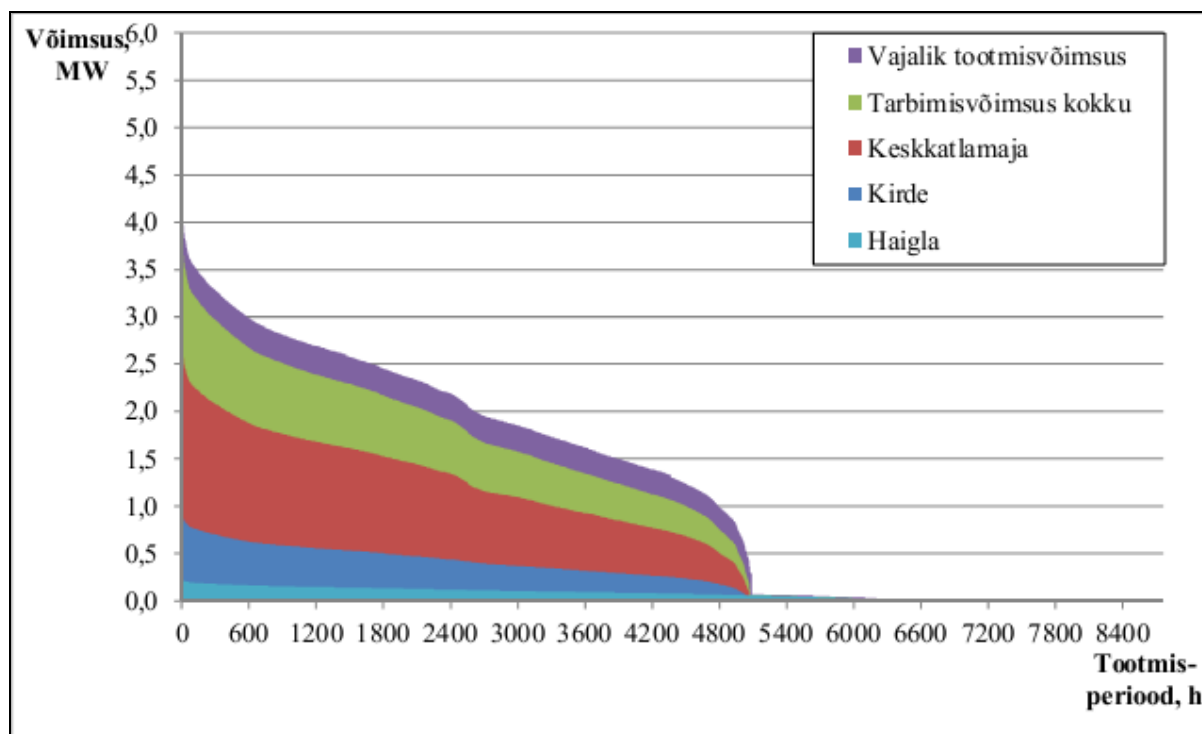
Nullstsenaariumi baasaasta kirjelduse loomisel on lähtutud 2008. – 2010. aasta tarbimisandmetest, millele on lisatud 2011. aastal liitunud tarbijate hinnanguline soojusenergiavajadus.

Kütteperioodiks valiti erinevate aastate mai- ning septembrikuu toodangute abil küttekarakteristikuid modelleerides tavapärase 216 päeva asemel 229 päeva. Kütteperioodiks aastal 2025 valiti 1. oktoober – 30. aprill, arvestades, et soojusenergia tarbe vähenedes väheneb tänu paremale vabasoojuse ära kasutamisele vajadus hooneid kütta soojemate ilmade saabumisel. Kõigi katlamajade arvestuslikku toodangut 2012. aastal on näha alljärgnevalt jooniselt.



Joonis 1. Elva kaugküttesüsteemi soojuskoormuse kestvusgraafik normeeritud tootmisperioodil





Joonis 2. Elva kaugküttesüsteemi arvutuslik soojuskoormuse kestvusgraafik aastal 2025.

Antud mudelist on tuletatud 0-stsenaariumi lähteandmed, mille kohaselt väheneb soojusenergia tarbimine mahuliselt baasaastast aastani 2025 kokku 32%, eratarbijatel seejuures 40%. Tarbimise vähenemise põhjuseks on eelkõige hoonete soojustamine ja soojuskadude vähenemine trassides.

Tabel 1. I stsenaariumi lähteandmed

	Ühik	Baas	2025
Soojusenergia müük lõpptarbija juures	MWh	13 803	9 390
sh elamufond 37%	MWh	5 097	2 957
omavalitsuse hooned 29%	MWh	3 942	2 287
tööstus ja teenindus 35%	MWh	4 764	4 146
Kaod	MWh	1 559	1 455
Kokku	MWh	15 362	10 845
Kütteperiood	h	5 496	5 088
Tipukatelde toodang	MWh	273	186
Soojusenergia hind eratarbijale	EUR	52,28	
Vajalik hakkpuidu kogus	m ³	23 295	20 930
Vajalik kütteõli kogus	t	25,2	17,2
Soojatrassi renoveerimine, ehitamine	m	65	
Torustiku renoveerimise maksumus	EUR/m	226	



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



2.2 Investeeringud

Siin käsitletava 0-stsenaariumi puhul on investeeringuvajadus Elva katlamajadesse ja soojusvõrkudesse arvestatud tinglikult. Kuna 2011. aasta lõpuks olid investeeringud soojustrassidesse juba enamasti teostatud, siis arvestatakse stsenaariumisse ainult 65 m jagu trasside renoveerimist (226 EUR/m eksperthinnangu kohaselt). Suuremaks investeeringuks on aga olemasolevate katlamajade amortiseerumise tõttu vajalik asendusinvesteering. Praegu kahes katlamajas installeeritud puiduhakkekatelde koguvõimsus on 5,3 MW. Sellele lisandub veel kavandatav 750 kW puiduhakkekatel haigla soojusvõrgu jaoks. Seega on vajalik asendusinvesteeringuna installeerida kokku ca 6 MW jagu katlaid kolmes eri katlamajas. Investeeringud peavad toimuma alates aastast 2013 (haigla puhul) kuni aastani 2022 (Nooruse katlamaja puhul), arvestades seadmete 15 aastast amortisatsiooniperioodi. Kirde katlamaja puhul peaks uuendamise aastaks olema 2020. Arvutuste lihtsustamise huvides on kõik nimetatud 0-stsenaariumi investeeringud paigutatud samuti aastatesse 2015 – 2017.

Investeeringu suurus on tuletatud olemasolevatest andmetest haigla hakkpuidu katlamaja ehituseks (ca 224 tuhat eurot 2010. aasta hindade järgi). Puiduhakke katelde maksumuseks kujuneks nii ligikaudu 1,8 miljonit eurot. Kuna uuendamist vajavad ka kütteõlikatlad, siis lisandub investeeringutele ca 350 tuhat eurot. I stsenaariumi puhul arvestatakse investeeringute suuruseks 2 150 000 eurot katlamajadele ja 14 690 eurot trassidele, kokku 2 164 690 eurot. Siinjuures ei ole arvestatud hindade muutust aastani 2017, arvutuse tinglikkuse tõttu. Taolist lähenemist õigustab ka võimalus senise praktika jätkamisel paindlikult investeerida, jaotades kulusid mitmete aastate peale ja võimalusel asendades ainult osa katlamajade seadmetest.

2.3 Tegevustulud

Nullstsenaariumi korral saadakse peamised tegevustulud soojusenergia müügist tarbijatele. Soojuskadude vähenemise tõttu trasside renoveerimise ja hoonete täiendava soojustamise tagajärjel väheneb soojatootmine aastatel 2011 – 2025 arvestuslikult 32% võrra. Tootja tulude vähenemist kompenseerib samal ajal tariifide tõus. Baasaastal on soojuse hinna tariifiks arvestatud seni kehtiv 52,28 EUR/MWh eratarbija puhul ja 56,56 EUR/MWh juriidilise isiku puhul (ilma käibemaksuta). Edaspidi tõuseb soojuse hinna tariif aastate lõikes keskmiselt võrdeliselt tarbijahinna indeksiga.

Täiendavaid tulusid praegu stsenaariumisse ei arvestata, kuid vastavaks võimaluseks on uued liitumised liitumistasude ja täiendava käibe näol. Siiski on tõenäoline, et liitumistasud katavad ainult otsesed kulud ühenduste väljaehitamisele ja käivitamisele. Täiendav käive on raskesti prognoositav, kuna Elva linna elanikkonna suurus näitab aeglast kahanemistendentsi ning kaugküttevõrgu laienemine eramajade piirkondades saab olla loomulikult viisil üsna aeglane (pigem eeldab see vastavaid toetusmeetmeid, need võimalused





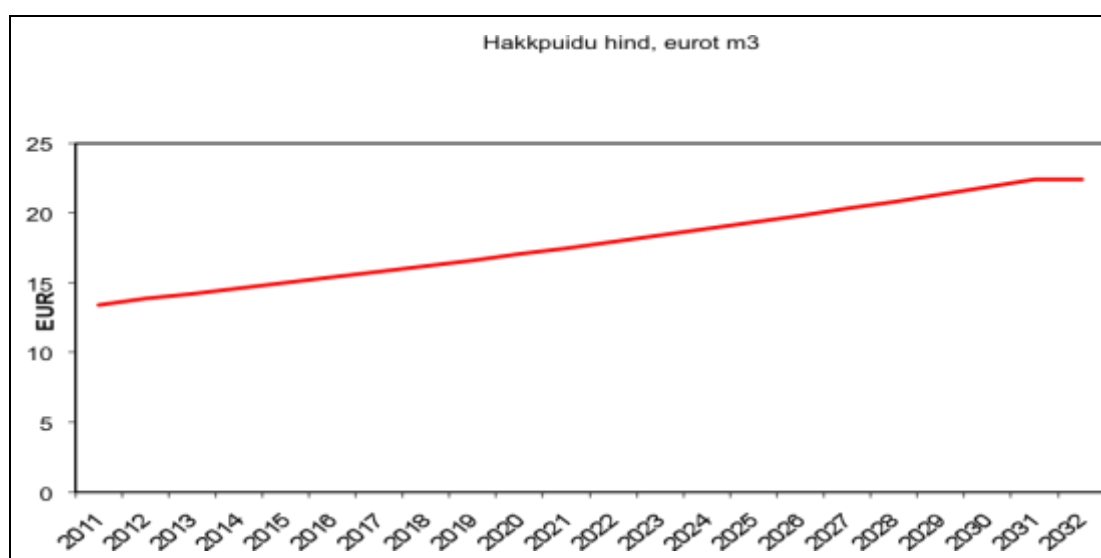
jäävad aga käesolevast analüüsist välja). Ka äritegevuse laienemist Elvas on hetkel raske prognoosida.

2.4 Tegevuskulud

Peamise osa tegevuskuludest moodustab kütuse sisseostuhind (põhikatelde puhul hakkpuit ja tipukatelde puhul kerge põlevkiviõli). Kütuste hinnatõus nii maailmaturul kui ka Eesti tarbija jaoks on eelmise kümnendi jooksul suuresti juba aset leidnud (vt allolev tabel). Kuna kütuste hinnatõus on ka globaalses perspektiivis pärssinud majanduse arengut, siis tema edasisele hinnatõusule seab piiri turunõudlus. Hüppeline hinnatõus on võimalik suuremate poliitiliste ja majanduslike kriiside puhul, kuid jääb ka sel puhul ilmselt ajutiseks hüppeks. Siiski käsitletakse kütuste hinnatõusu riskistsenaariumite puhul ühe kõige kriitilisema tegurina. Põhistsenaariumites arvestatakse kütuste hinnatõusu võrdeliselt tarbijahinna indeksiga. Baasaastal oli hakkpuidu keskmine sisseostuhind OÜ Elva Soojuse puhul 13,42 EUR/m³. Edaspidine prognoositav hinnatõus on kajastatud järgneval joonisel. Hakkpuidu kütteväärtuseks on arvutustes 0,65 MWh/m³, mis vastab Elva Soojuse senisele praktikale.

Tabel 2. Eesti ettevõtetes tarbitud energia hind liigiti (Statistikaamet [10])

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Puiduhake, EUR/m³	4,15	4,35	4,47	6,20	7,29	9,97	12,40	12,53
Puidujäätmed, EUR/m³	2,94	3,26	3,52	3,96	5,11	6,01	8,12	7,03
Elektrienergia, EUR/MWh, sh võrgutasud	47,87	48,32	48,89	50,94	51,26	56,05	59,44	67,81
Soojus, EUR/MWh	21,92	23,90	23,58	27,10	32,15	44,16	44,10	44,29



Joonis 3. Hakkpuidu hinna prognoos aastateks 2011 – 2032.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Sarnaselt hakkpuidu hinnale tõuseb ka kütteõli hind, mis 2011. aastal oli 266 EUR/t OÜ Elva Soojus puhul. Kuna kütteõli kasutamine muutub aasta-aastalt järjest vähem tähtsaks Elvas (ainult tipuvõimsuste vajaduse korral külmadel talvapäevadel), siis selle osakaal kuludes jääb üsna väheks.

Personalikulude kasv on arvestatud vastavalt keskmise palga tõusule, kuna majandamismudel ei muutu, siis ilmselt ei toimu personalikuludes struktuurseid muutusi.

Muude majanduskulude tõus on arvestatud võrdeliselt tarbijahinna indeksi kasvule.

2.5 Stsenaariumi koondandmed ja investeeringu tulemus

2.5.1 Finantsandmed

Järgnevas tabelis on esitatud kokkuvõtvalt 0-stsenaariumi koondandmed.

Tabel 3. I stsenaariumi koondandmed.

	Diskonteerimata	Diskonteeritud
Nullstsenaariumi andmed		
Algse investeeringu kulutus	2 164 690	1 244 388
Tegevustulu	17 356 168	7 385 213
Tegevuskulu	16 564 026	6 727 091
Investeeringu jääkväärtus DRV	0	0
Investeeringu nüüdisväärtus FNPV/C	-586 266	
Investeeringu tulususmäär FRR/C	-	

Praegu kasutatud andmete kohaselt ei ole stsenaarium kasutatav majandusliku jätkusuutlikkuse mõttes. Siiski on majanduslikus mõttes positiivsed tulemused saavutatavad juhul, kui kaasata täiendavaid finantsvahendeid investeeringuteks või tuludena tarbimise pealt, samuti kui õnnestub vähendada investeeringu suurust.

2.5.2 Toetus ja tariif

Arvutuste kohaselt on investeeringu positiivsete näitajate saavutamiseks (st NPV > 0) vajalik kaasata toetussumma vähemalt 58% investeeringu suurusest, st antud juhul 1 256 000 eurot. Sellisel juhul on võimalik soojuse tariifi tõsta võrdeliselt tarbijahinna indeksi tõusule aastate kestel. Juhul kui investeeringu juurde ei ole võimalik toetussummasid kaasata, on vajalik majandusliku jätkusuutlikkuse hoidmiseks soojuse tariifi täiendav 17% tõus aastast 2018, kui investeeringud on teostatud.



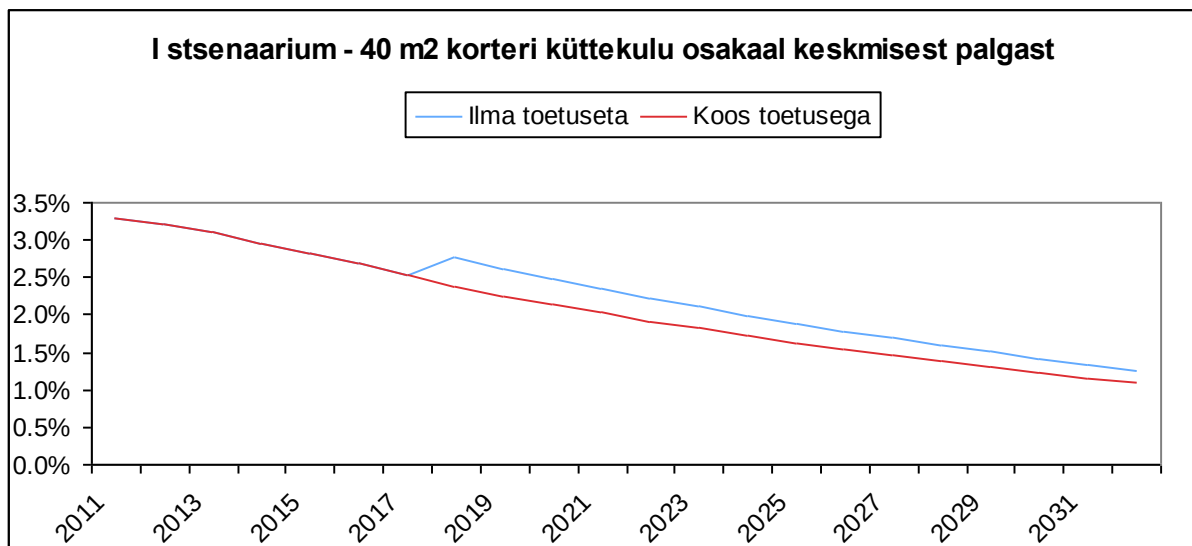


EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



2.5.3 Mõju tarbijale

Baasaasta seisuga on soojaenergia hind tarbijale Elvas üks madalamaid kogu Eestis, eelkõige tänu sellele, et juba varakult mindi üle suhteliselt odavama kohaliku kütuse kasutamisele katlamajades. Aastal 2011 oli soojuse hinnaks 52,28 EUR/MWh kohta eratarbijale ja 56,56 EUR/MWh kohta juriidilisele isikule. Kui Elva katlamajade uuendamisse õnnestub kaasata täiendavaid vahendeid, siis muutuvad soojuse tariifid aastate kestel võrdeliselt tarbijahinna indeksi muutumisele. Aastal 2025 on siis kütte hinnaks eratarbijale 76 EUR/MWh ja ärikliendile 82 EUR/MWh. Eratarbijate puhul tähendab see hinnatõusuks kokku 46%. Kuna soojatarbimine samal ajal väheneb eelduste kohaselt eratarbijate puhul 40%, siis keskeltläbi muutub küttekulude osakaal leibkondade eelarves väiksemaks, arvestades samal ajal palgatõusu keskmiselt 5,6% aastas. Küttekulude osakaalu vähenemist võrreldes sissetulekutega (keskmine brutopalk aastas) näitab järgmine graafik.



Joonis 4. Küttekulu osakaal võrreldes keskmise palgaga (I stsenaarium)

Juhul kui investeeringutoetust ei saada ei ole võimalik, on eratarbijate jaoks soojuse hind aastal 2025 89 EUR/MWh ja juriidilise isiku jaoks 96 EUR/MWh, hinnatõus seega 71%. Kuna palgatõusuks prognoositakse samal perioodil 115%, siis tähendab see tarbija jaoks ka sellisel puhul soojuse hinna suhtelist odavnemist. Mõlemal puhul peab siiski arvestama kulutusi hoonete soojustamisele, mis perioodil 2011 – 2025 tähendab tarbija jaoks realselt suuremaid kommunaalkulusid.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



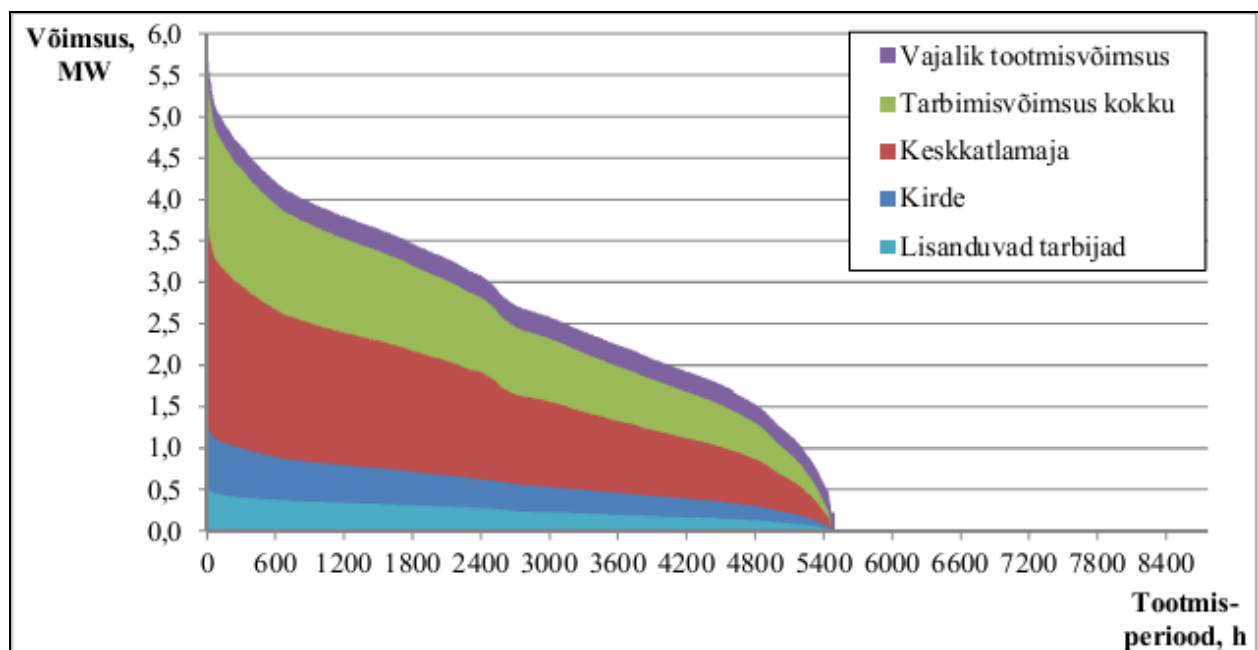
3. II STSENAARIUM

3.1 Lähteandmed

Alternatiiviks senise küttesüsteemi toimimisele on ORC tüüpi koostootmisjaama kasutuselevõtt, ühendades Nooruse ja Kirde katlamajade kaugküttepiirkonnad. II stsenaariumi puhul jääb neist eraldi tegutsema haigla katlamaja oma kaugküttepiirkonnaga. Perioodi 2011 – 2025 vältel toimub kütteefektiivsuse suurendamiseks hoonete soojustamine. Kaugküttepiirkondade ühendamisel on võimalik ühendada võrku veel ettevõtteid ja elamuid, mis seni pole kaugküttevõrgus olnud. Ilmselt Nooruse tänava katlamaja (keskkatlamaja) asukohta paigutatakse ORC-tüüpi koostootmisjaam, tipuvõimsuse katmiseks jääb tööle ka õlikütel töötav katlaseade.

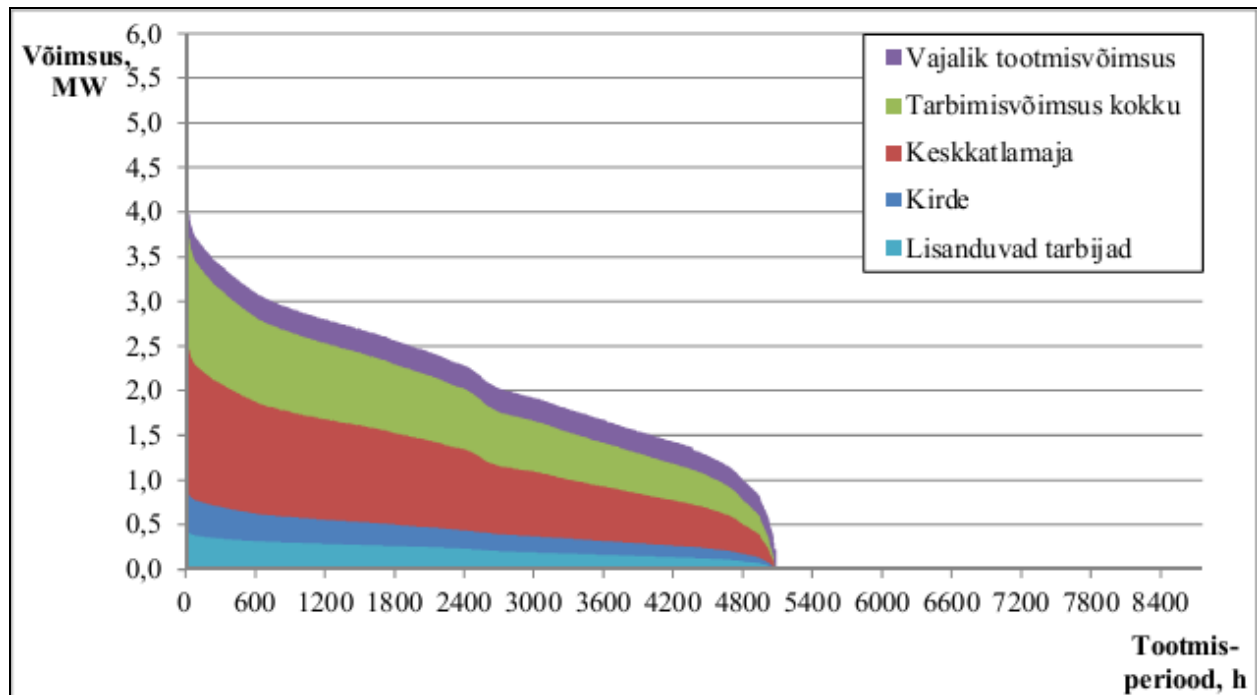
II stsenaariumi baasaasta kirjelduse loomisel on lähtutud 2008. – 2010. aasta tarbimisandmetest Nooruse ja Kirde katlamajade piirkondades, millele on lisatud 2011. aastal liitunud tarbijate hinnanguline soojusenergiavajadus.

Kütteperioodiks valiti sarnaselt I stsenaariumile erinevate aastate mai- ning septembrikuu toodangute abil küttekarakteristikuid modelleerides tavapärase 216 päeva asemel 229 päeva. Kütteperioodiks aastal 2025 valiti 1. oktoober – 30. aprill, arvestades, et soojusenergia tarbe vähenedes väheneb tänu paremale vabasoojuse ära kasutamisele vajadus hooneid kütta soojemate ilmade saabumisel. Kahe katlamaja arvestuslikku toodangut 2012. ja 2025. aastal on näha alljärgnevatelt joonistelt.



Joonis 5. Prognoositav soojuskoormuse kestvusgraafik Kesk- ja Kirde katlamaja kaugküttevõrkudes normeeritud tootmisperioodil





Joonis 6. Prognoositav soojuskoormuse kestvusgraafik II stsenaariumi korral 2025. aastal Kesk- ja Kirde katlamaja kaugküttevõrkudes

Joonistelt nähtub, et optimaalne koostootmisjaama võimsus kahe katlamaja baasil oleks praeguse tarbimise juures üle 4 MW. 2025. aasta tarbimise prognoos loodi, eeldades soojaenergiatarbe üldist vähenemist ca 40% elamu- ja sotsiaalsfääris ning 10% tootmisettevõttes.

Kuivõrd renoveeritud Kesklinna soojatranss projekteeriti nii, et perspektiivis saaks liituda 1000 kW, eeldame, et ajal, mil koormus on antust suurem, käitatakse Kirde katlamaja põlevkiviõlikatlad. Modelleerimise käigus selgus, et valides ühendustrassile maksimaalseks koormuseks 1000 kW jääb praeguste tarbimismahtude juures trassi läbilaskevõimsusest puudu 1990 h aastas. Stsenaariumi arvutamiseks vajalikud lähteandmed on esitatud järgnevas tabelis 4.

Kuivõrd puudu jääv soojusenergia kogus on stsenaariumi algperioodil 405 MWh ning tundide arv, mil koostootmisjaam ebapiisavat võimsust arendab, on 788, ei ole mõtet eeldada, et kogu eelmainitud soojuskoormus tipukatelde abil kaetakse. Baseerudes eeldusele, et Kirde katlamajas paiknev katlamaja ei ole koostootmisjaama valmimise hetkeks täielikult amortiseerunud, kaetakse osa vajaminevast energiavajadusest selle, 1,3 MW-se võimsusega katelseadmega. Vajaminevaks tipukatelde poolt genereeritavaks soojusenergia koguseks hinnati 64,3 MWh/a. Aastal 2025 kaetakse kogu puudu jääv soojusenergia kogus tipukatelde abil. Seega on vaja minev soojusenergia kogus dikteeritud trassi maksimaalse soojuslabilaskevõimsuse järgi ning vastavaks soojusenergia koguseks on 48 MWh.



Tabel 4. II stsenaariumi lähteandmed

	Ühik	Baas	2025
Soojusenergia müük lõpptarbija juures	MWh	14 084	9 812
sh elamufond 37%	MWh	5 201	3 090
omavalitsuse hooned 29%	MWh	1 485	2 390
tööstus ja teenindus 35%	MWh	513	4 332
Kaod	MWh	1 414	1 308
Kokku	MWh	15 498	11 120
Kütteperiood	h	5 496	5 088
Tundide arv, mil trassi läbilaskevõimsus on ebapiisav	h	1990	451
Puudu jääv soojaenergia kogus	MWh	442	48
Tundide arv, mil koostootmisjaama võimsus on ebapiisav	h	788	58
Puudu jääv soojaenergia kogus	MWh	405	12
Toodetav elektrienergia kogus (leitud vastavalt soojusenergia vajadusele)	MWh	3 691	2 713
Soojusenergia hind tarbijale	EUR/MWh	52,28	
Elektrienergia müügihind	EUR/MWh	40	
Vajalik hakkpuidu kogus	m ³	26 833	24 130
Vajalik kütteõli kogus	t	5,95	4,44
Soojatrassi renoveerimine, ehitamine	m	1 718	
Torustiku renoveerimise maksumus	EUR/m	226	

3.2 Investeering

Antud stsenaariumi puhul on kavandatakse investeeringuna soojuse ja elektri koostootmisjaama ehitamine aastatel 2016 – 2017 ning keskkatlamaja ja Kirde katlamaja küttepiirkondade (torustike) ühendamise. Tootmisüksuseks valiti Turboden TD 10 CHP, mille soojuse tootmisvõimsus on 4095 kW_h ning elektrienergia tootmisvõimsus 1000 kW_e. Olenevalt koostootmisjaama ehitusajast tuleks siiski võimsust üle vaadata ja võib-olla veidi väiksem ehitada. Esialgu eeldatakse, et jaam püstitatakse 5..7 aasta jooksul. Veidi suurema koostootmisjaama ehitamist võib põhjendada veel ka asjaoluga, et elektrienergia nõudlus tulevikus suureneb (näiteks renoveeritud majade ventilatsiooninõudluse arvelt) ning fossiilsetest kütustest toodetava elektrienergia toodang väheneb või läheb järjest kallimaks. Koostootmisjaama maksumuseks arvestatakse Kuressaare koostootmisjaama näitel $\frac{12000000}{2400} = 5000$ EUR/kW_e (ca 5 000 000

EUR). Arvutuste tinglikkuse tõttu ei arvestata hinnatõusuga aastani 2016. Samuti on tegelikkuses turul olemas odavamaid analoogilisi seadmeid.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Soojavõrkude ühendamiseks on vajalik investeeringuna 1718 m kütetrasside ehitus ja rekonstrueerimine, sh osaliselt trasside läbilaskevõime suurendamiseks. Maksumus on arvestatud Nordic Energy Groupi poolt koostatud Elva kesklinna soojustrasside rekonstrueerimise tasuvusuuringu [1]. põhjal. Selle kohaselt on jämedaimate, 150 mm torudega trassi rekonstrueerimise kuluks 226 EUR/m. Täpne torude laius on hetkel teadmata, seega tulebki arvestada suurima võimaliku kuluga. Samas on ette näha ka torustiku tööde ja torude kallinemist investeeringu teostamise ajaks. Kokku kulub seega torustiku rekonstrueerimisele stsenaariumi kohaselt 388 268 eurot.

Nooruse ja Kirde katlamajade kaugküttevõrkude ühendamisel on täiendavaks investeeringukululuks veel kõrgrsurvepumpila ehitus, maksumusega 63 912 eurot, laienenud võrgus küttevee surve tagamiseks.

Kokku on investeeringu suuruseks stsenaariumis 5 452 180 eurot.

3.3 Tegevustulud

II stsenaariumi kohaselt on tuluallikateks peamiselt soojuste müük era- ja äritarbijatele ning töhuse koostootmise režiimil elektri tootmine ja müümine AS Elering võrku. Toodetava elektri kohapeal kasutuselevõtt eeldab täiendavaid investeeringuid salvestus- ja ülekandeseadmetele. Toodetava elektri hulga sesoonse ja tihti ka ööpäevase kõikumise tõttu on selle kasutust lokaalselt, võrguettevõttele müümata, keeruline planeerida. Samas kuna soojatootmine koos elektri tootmisega toimub kõige rohkem just energiatarbimise kõrgajal, võimaldab koostootmisjaama elekter katta elektritootmise tipukoormust kogu Eleringi võrgus.

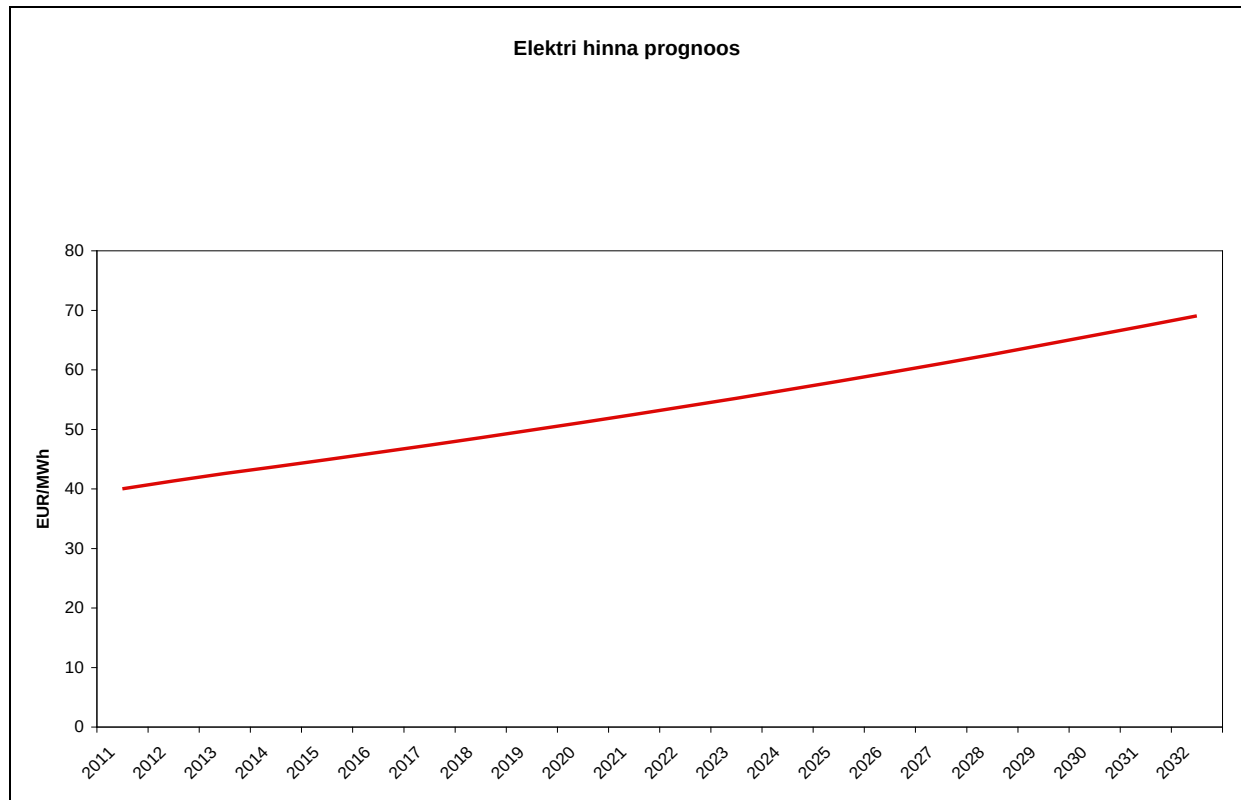
Soojuste müügi tulude arvestus rajaneb samadel eeldustel kui nullstsenaariumi puhul. See tähendab, et müüdava soojuste hulk aastate jooksul väheneb (antud juhul 28% võrra aastaks 2025 võrreldes baasaastaga), kuid tariifid tõusevad võrdeliselt tarbijahinna indeksiga, juhul kui õnnestub saada toetust investeeringule.

Elektrimüügi tulu puhul on arvestatud elektri turuhinnaga ilma võrgutasuta. Alates 2013. aastast ostavad kõik Eesti tarbijad elektrit vabaturu hinnaga nagu äritarbijad praegu. Sõltuvalt aastaegadest ja turust on elektri hind vabaturul kõikunud, kuid pikemas perspektiivis võib prognoosida selle kasvu võrdeliselt tarbijahinna indeksi kasvuga. 2011. aasta alguses maksis põhjamaade elektriturul elekter 40 EUR/MWh. Sellest summast lähtutakse tulevase hinna arvutamisel. Järgneval joonisel on esitatud elektri hinna prognoos aastateks 2011 – 2032, arvestamata võrgutasusid. Välja müüdava elektri hind saab suure tõenäosusega olema sarnane sellele netohinnale.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Joonis 7. Elektri netohind aastatel 2011 – 2032.

Võimalikuks täiendavaks tuluallikaks on taastuvenergia toetused, mida makstakse elektri tootjatele vastavalt energia tootmisviisile ja seadmete võimsusele (<http://elering.ee/taastuvenergia-toetus>). Praegu makstakse töhusa koostootmise režiimil soojuse ja elektri tootjale taastuvenergia toetust 32 EUR/MWh. Kuna taastuvenergia tootmisel on konkurents järjest kasvav ning Eesti suudab väga suure tõenäosusega aastaks 2020 täita oma strateegilised eesmärgid taastuvenergia osakaalu suhtes energiabilansis, siis põhistsenaariumis taastuvenergia toetusega ei arvestata. Suure tõenäosusega selline toetus väheneb või kaob koostootmisjaamade puhul. Seetõttu on taastuvenergia toetust arvestatud tundlikkusanalüüsi komponendina, mis võib projekti majandusnäitajaid parandada.

3.4 Tegevuskulud

Peamise osa tegevuskuludest moodustab ka II stsenaariumi puhul kütuse sisseostuhind (põhikatelde puhul hakkpuidu ja tipukatelde puhul kerge põlevkiviõli). Hinna muutust arvestatakse samadel alustel kui nullstsenaariumi puhul. Stsenaariumi kohaselt toimub aastal 2018 ligikaudu 25% hakkpuidu tarbe kasv, seoses koostootmisjaama seadmetele üleminekuga. Lisanduv hakkpuidukogus on vajalik töhusal koostootmisrežiimil elektrienergia tootmiseks. Koostootmisjaama käitavast energiast 78% kulub soojuse tootmisele, 19% elektrienergia tootmisele ja ca 3% kadudeks.



Personalikulude kasv töötaja kohta on arvestatud vastavalt keskmise palga tõusule. Samas väheneb küttepiirkondade ühendamisel personalivajadus (arvestuslikult 25% aastast 2018). Muud majanduskulud tõusevad võrdeliselt tarbijahinna indeksi kasvuga, juhtimiskulude puhul eeldatakse sarnast 25% vähenemist aastast 2018.

3.5 Stsenaariumi koondandmed ja investeeringu tulemus

3.5.1 Finantsandmed

Järgnevas tabelis on esitatud kokkuvõtvalt II stsenaariumi koondandmed.

Tabel 5. II stsenaariumi koondandmed

	Diskonteerimata	Diskonteeritud
II stsenaariumi andmed		
Algse investeeringu kulutus DIIC	5 452 180	3 146 413
Tegevustulu DR	20 243 584	8 322 286
Tegevuskulu DOC	15 767 856	6 373 738
Investeeringu jääkväärtus DRV	0	0
Investeeringu nüüdisväärtus FNPV/C	-1 197 865	
Investeeringu tulususmäär FRR/C	-3,66%	

Stsenaariumi andmetest on näha, et antud investeering kavandatud kujul ei ole ise tasuv (nüüdispuhasväärtus on negatiivne, sisemine tulumäär jääb alla diskontomääradele). Majanduslikus mõttes positiivsed tulemused on saavutatavad juhul, kui kaasata täiendavaid finantsvahendeid investeeringuteks või tuludena tarbimise pealt.

3.5.2 Toetused ja tariif

Tundlikkusanalüüsi meetodeid kasutades viidi läbi arvutused, kuidas mõjutab II stsenaariumi näitajaid võimalik Euroopa Liidu või mõne muu fondi toetus investeeringule. Arvutuste kokkuvõtteid on nähtavad järgmises tabelis. Selgub, et projekt muutub majanduslikult tasuvaks, kui toetuse suurus on vähemalt 39% investeeringu mahust. Seega on tegemist toetusega, mida on võimeline taotlema ka ettevõtte üksi (tavaline toetuse suurus ettevõtetele on kuni 50%). Siiski ei ole hetkel võimalik järgmiseks EL fondide programmiperioodiks toetustega arvestada, kuna toetuste jaotamise põhimõtted pole veel selged.



Tabel 6. Investeeringutoetuste mõju II stsenaariumi finantsnäitajatele.

BAASTASE	
Diskonteeritud tegevustulu	8 322 286
Diskonteeritud tegevuskulu	6 373 738
Investeeringud	5 452 180
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	-3,66%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	-1 197 865
INVESTEERINGUTOETUS 20%	
Diskonteeritud tegevustulu	8 322 286
Diskonteeritud tegevuskulu	6 373 738
Investeeringud	4 361 744
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	0,56%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	-568 582
IRR-i muutus**	4,23%
NPV muutus*	-52,53%
INVESTEERINGUTOETUS 40%	
Diskonteeritud tegevustulu	8 322 286
Diskonteeritud tegevuskulu	6 373 738
Investeeringud	3 271 308
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	10,94%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	60 700
IRR-i muutus**	14,61%
NPV muutus*	-105,07%
INVESTEERINGUTOETUS 60%	
Diskonteeritud tegevustulu	8 322 286
Diskonteeritud tegevuskulu	6 373 738
Investeeringud	2 180 872
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	-
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	689 983
IRR-i muutus**	-
NPV muutus*	-157,60%
* Protsentuaalne muutus	
** Absoluutväärtuse muutus	

Toetussumma 2 126 350 euro (39%) kaasamisel investeeringusse on võimalik soojuse tariifi tõsta võrdeliselt tarbijahinna indeksi tõusule aastate kestel. Juhul kui investeeringu juurde ei ole võimalik toetussummasid kaasata, on vajalik majandusliku jätkusuutlikkuse hoidmiseks soojuse tariifi täiendav 34% tõus aastast 2018, kui investeeringud on teostatud.

Juhul kui järgnevatel aastatel on võimalik arvestada taastuvenergia toetustega praeguses mahus (32 EUR/MWh) Eleringi võrku müüdava elektri pealt, muutuvad samuti stsenaariumi majandusandmed paremaks. Samas peab arvestama, et riiklikult välditakse topelttoetusi, st võimalik on kas investeeringutoetus või taastuvenergia toetus, aga mitte mõlemad korraga.

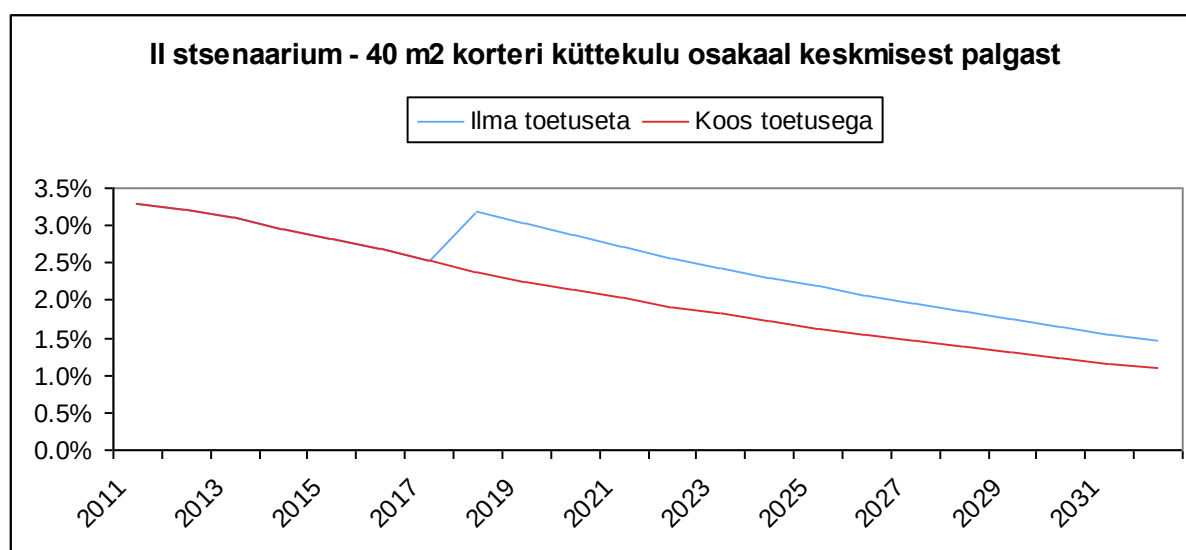


Tabel 7. Taastuenergia toetuse mõju finantsnäitajatele.

BAASTASE	
Diskonteeritud tegevustulu	8 322 286
Diskonteeritud tegevuskulu	6 373 738
Investeeringud	5 452 180
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	-3,66%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	-1 197 865
KOOS TAASTUVENERGIA TOETUSEGA	
Diskonteeritud tegevustulu	8 762 592
Diskonteeritud tegevuskulu	6 373 738
Investeeringud	5 452 180
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	1,52%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	-757 559
IRR-i muutus**	5,18%
NPV muutus*	-36,76%

3.5.3 Mõju tarbijale

Juhul kui Elva katlamajade (Nooruse ja Kirde) uuendamisse õnnestub kaasata täiendavaid vahendeid vähemalt 39%, siis muutuvad soojuse tariifid aastate kestel võrdeliselt tarbijahinna indeksi muutumisele. Aastal 2025 on siis stsenaariumi kohaselt kütte hinnaks eratarbijale 76 EUR/MWh ja ärikliendile 82 EUR/MWh. Eratarbijate puhul tähendab see hinnatõusuks kokku 46%. Kuna soojatarbimine samal ajal väheneb eelduste kohaselt eratarbijate puhul 40%, siis keskeltläbi muutub küttekulude osakaal leibkondade eelarves väiksemaks, arvestades samal ajal palgatõusu keskmiselt 5,6% aastas. Küttekulude osakaalu vähenemist võrreldes sissetulekutega (keskmine brutopalk aastas) näitab järgmine graafik.



Joonis 8. Küttekulu osakaal võrreldes keskmise palgaga (II stsenaarium)



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Juhul kui investeeringutoetust ei saada ei ole võimalik, on eratarbijate jaoks II stsenaariumi kohaselt soojuse hind aastal 2025 102 EUR/MWh ja juriidilise isiku jaoks 110 EUR/MWh, hinnatõus seega 96%. Kuna palgatõusuks prognoositakse samal perioodil 115%, siis tähendab see tarbija jaoks ka sellisel puhul soojuse hinna vähest suhtelist odavnemist. Samas peab arvestama kulutusi hoonete soojustamisele, mis perioodil 2011 – 2025 tähendab tarbija jaoks oluliselt suuremaid kommunaalkulusid (ehkki osa investeeringuks).





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



4. III stsenaarium

4.1 Lähteandmed

III stsenaarium tähendab Elva kaugküttevõrgu ja katlamajade ümberkujundamist täies mahus, võttes kasutusele ORC-tüüpi koostootmisjaama ning ühendades Nooruse, Kirde ja haigla katlamajade kaugküttepiirkonnad. See stsenaarium on kõige suurema investeerimismahuga ning lahendab ka olemasoleva, juba renoveeritud trassi soojusenergia läbilaskevõime piiratuse: Nooruse katlamajast rajatakse ca 500 m pikkune lisatrass torustiku läbilaskevõime suurendamiseks.

Perioodi 2011 – 2025 vältel toimub kütteefektiivsuse suurendamiseks hoonete soojustamine. Kaugküttepiirkondade ühendamisel on võimalik ühendada võrku veel ettevõtteid ja elamuid, mis seni pole kaugküttevõrgus olnud, suuremas mahus kui II stsenaariumi puhul. Ilmselt Nooruse tänava katlamaja (keskkatlamaja) asukohta paigutatakse ORC-tüüpi koostootmisjaam, tipuvõimsuse katmiseks jääb tööle ka õliküttel töötav katlaseade.

III stsenaariumi baasaasta kirjelduse loomisel on lähtutud 2008. – 2010. aasta tarbimisandmetest Nooruse, Kirde ja haigla katlamajade piirkondades, lisades 2011. aastal liitunud tarbijate hinnanguline soojusenergiavajaduse.

Kütteperioodiks on valitud sarnaselt eelnevatele stsenaariumitele erinevate aastate mai- ning septembrikuu toodangute abil küttekarakteristikuid modelleerides tavapärase 216 päeva asemel 229 päeva. Kütteperioodiks aastal 2025 valiti 1. oktoober – 30. aprill, arvestades, et soojusenergia tarbe vähenedes väheneb tänu paremale vabasoojuse ära kasutamisele vajadus hooneid kütta soojemate ilmade saabumisel. Kolme katlamaja arvestuslikku toodangut 2012. ja 2025. aastal on näha alljärgnevatelt joonistelt.

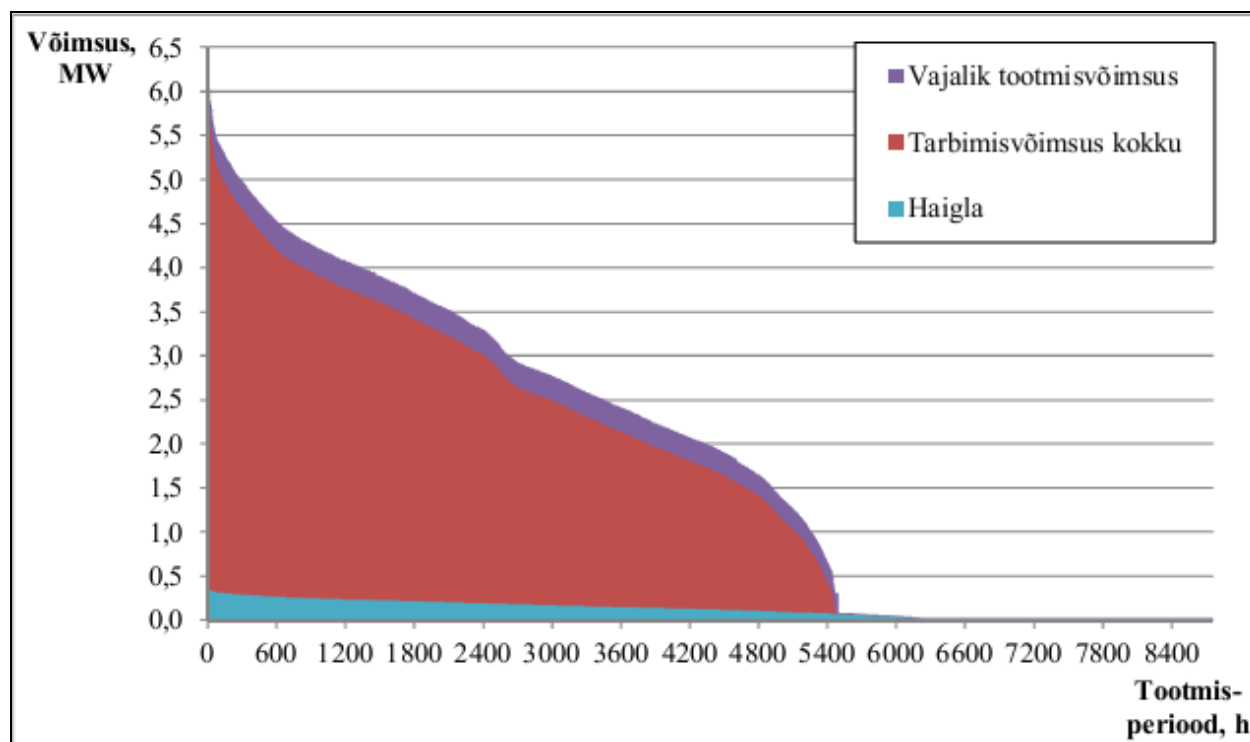




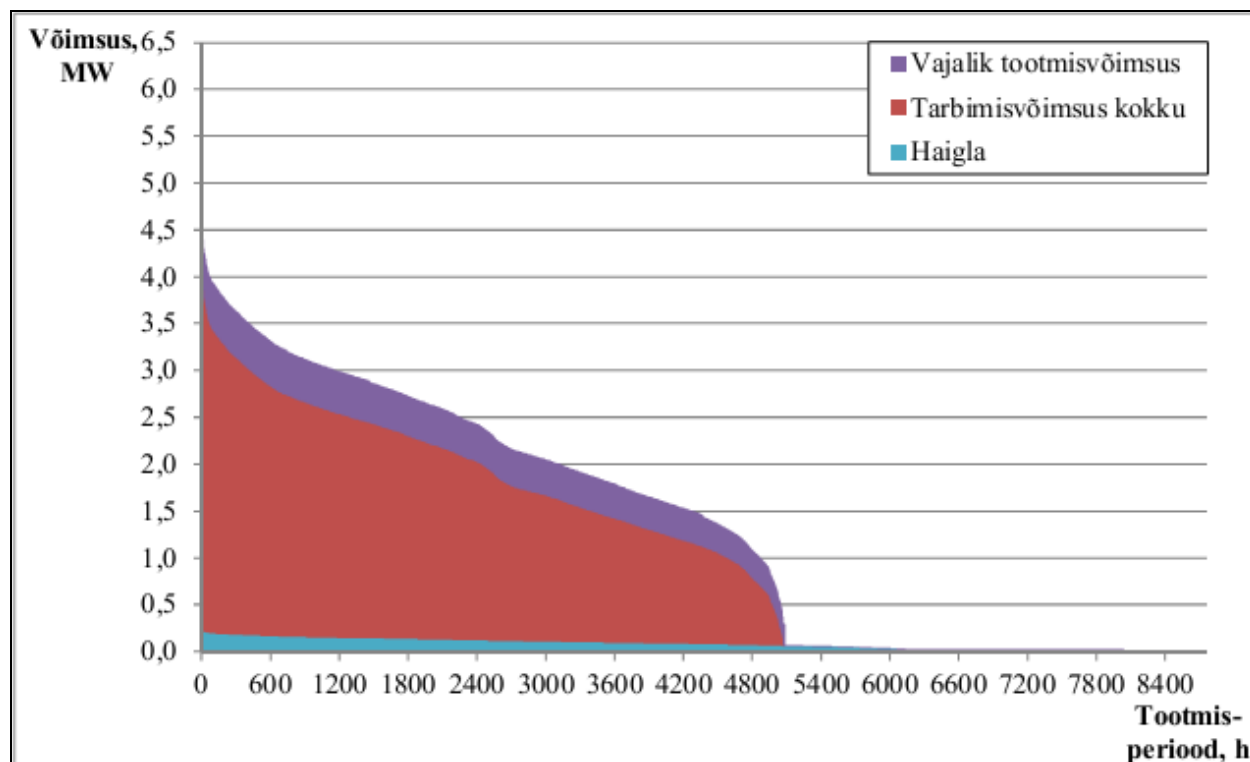
CENTRAL BALTIC
INTERREG IV A
PROGRAMME
2007-2013



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Joonis 9. Elvas paiknevate kaugküttevõrkude soojuskoormuse kestvusgraafik normeeritud tootmisperioodil kõigi küttepiirkondade ühendamisel.



Joonis 10. Prognoositav kaugküttevõrkude soojuskoormuse kestvusgraafik aastal 2025 kõigi küttepiirkondade ühendamisel





Tabel 8. III stsenaariumi algandmed

	Ühik	Baas	2025
Soojusenergia müük lõpptarbija juures	MWh	15 176	10 524
sh elamufond 37%	MWh	5 604	3 090
omavalitsuse hooned 29%	MWh	4 334	2 390
tööstus ja teenindus 35%	MWh	5 238	4 332
Kaod	MWh	1 605	1 499
Kokku	MWh	16 781	12 022
Kütteperiood	h	5 496	5 088
Tundide arv, mil koostootmisjaama võimsus on ebapiisav	h	1 260	184
Puudu jääv soojaenergia kogus	MWh	739	16
Toodetav elektrienergia kogus (leitud vastavalt soojusenergia vajadusele)	MWh	3 901	2 900
Soojusenergia hind tarbijale	EUR/MWh	52,28	
Elektrienergia müügihind	EUR/MWh	40	
Vajalik hakkpuidu kogus	m ³	29 054	26 035
Vajalik kütteõli kogus	t	3,30	1,45
Soojatrassi renoveerimine, ehitamine	m	2 328	
Torustiku renoveerimise maksumus	EUR/m	226	

4.2 Investeering

Antud stsenaariumi puhul on kavandatakse investeeringuna soojuse ja elektri koostootmisjaama ehitamine aastatel 2016 – 2017 ning Nooruse, Kirde ja haigla katlamajade kaugküttepiirkondade (torustike) ühendamine. Tootmisüksuseks valiti sarnaselt II stsenaariumile Turboden TD 10 CHP, mille soojuse tootmisvõimsus on 4095 kW_h ning elektri tootmisvõimsus 1000 kW_e. Esiialgu eeldatakse, et jaam püstitatakse 5..7 aasta jooksul. Koostootmisjaama maksumuseks on võetud 5 000 000 eurot.

Soojusvõrkude ühendamiseks on vajalik 3228 m kütetrasside ehitus ja rekonstrueerimine, sh osaliselt trasside läbilaskevõime suurendamiseks. Selle maksumus on arvestatud analoogiliselt II stsenaariumiga, 226 EUR/m. Kokku kulub seega torustiku rekonstrueerimisele stsenaariumi kohaselt 729 528 eurot.

Täiendavaks investeeringukuluks kolme kaugküttepiirkonna ühendamisel on soojatorustikus surve tagamiseks kahe kõrgsurvepumpla ehitus, maksumusega kokku 127 824 eurot.

Kokku on kavandatud investeeringumaht III stsenaariumi puhul 5 857 352 eurot aastatel 2015 – 2017.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



4.3 Tegevustulud

III stsenaariumi kohaselt on tuluallikateks soojuse müük era- ja äritarbijatele ning töhusea koostootmise režiimil elektri tootmine ja müümine AS Elering võrku sarnaselt eelneva stsenaariumiga.

Soojuse müügi tulude arvestus rajaneb samadel eeldustel kui nullstsenaariumi puhul. See tähendab, et müüdava soojuse hulk aastate jooksul väheneb (antud juhul 28% võrra aastaks 2025 võrreldes baasaastaga), kuid tariifid tõusevad võrdeliselt tarbijahinna indeksiga.

Elektrimüügi tulu puhul on arvestus tehtud analoogiliselt II stsenaariumiga. Samuti on taastuvenergia toetus võimalik lisatulu, mida vaadeldakse tundlikkusnäitajana.

4.4 Tegevuskulud

Peamise osa tegevuskuludest moodustab ka siin kütuse sisseostuhind (põhikatla puhul puiduhake ja tipukatelde puhul kerge põlevkiviõli). Selle muutust arvestatakse samadel alustel kui nullstsenaariumi puhul. Aastaks 2018 toimub põletatava puiduhakke koguse ca 25% tõus, seoses koostootmise režiimil elektri tootmise alustamisega.

Personalikulude kasv töötaja kohta on arvestatud vastavalt keskmise palga tõusule. Küttepiirkondade ühendamisel väheneb personalivajadus, arvestuslikult 25% alates aastast 2018. Muud majanduskulud tõusevad võrdeliselt tarbijahinna indeksi kasvuga, vaid juhtimiskulude puhul eeldatakse personalikuludele sarnast 25% vähenemist aastal 2018.

4.5 Stsenaariumi koondandmed ja investeeringu tulemus

4.5.1 Finantsandmed

Järgnevas tabelis on esitatud kokkuvõtvalt III stsenaariumi koondandmed. Andmetest on näha, et antud investeering kavandatud kujul ei ole ise tasuv (nüüdispuhasväärtus on negatiivne, sisemine tulumäär jääb alla diskontomääradele). Majanduslikus mõttes positiivsed tulemused on saavutatavad juhul, kui kaasata täiendavaid finantsvahendeid investeeringuteks või tuludena tarbimise pealt.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Tabel 9. III stsenaariumi koondandmed

	Diskonteerimata	Diskonteeritud
III stsenaariumi andmed		
Algse investeeringu kulutus DIIC	5 857 352	3 392 964
Tegevustulu DR	21 374 071	8 804 897
Tegevuskulu DOC	16 848 393	6 808 726
Investeeringu jääkväärtus DRV	0	0
Investeeringu nüüdisväärtus FNPV/C	-1 396 793	
Investeeringu tulususmäär FRR/C	-4,63%	

4.5.2 Toetused ja tariif

Analoogiliselt eelmise stsenaariumiga viidi tundlikkusanalüüsi meetodeid kasutades läbi arvutused, kuidas mõjutab III stsenaariumi näitajaid võimalik Euroopa Liidu või mõne muu fondi toetus investeeringule. Arvutuste kokkuvõtted on nähtavad järgnevas tabelis. Selgub, et projekt muutub majanduslikult tasuvaks, kui toetuse suurus on vähemalt 42% investeeringu mahust. Seega on ka sel puhul tegemist toetusega, mida on võimeline taotlema ettevõtte üksi (toetuse puhul ettevõtetele kuni 50%). Siiski ei ole hetkel võimalik järgmiseks EL fondide programmiperioodiks toetustega arvestada, kuna toetuste jaotamise põhimõtted pole veel selged.

Toetussumma 2 460 000 euro (42%) kaasamisel investeeringusse on võimalik soojuse tariifi tõsta võrdeliselt tarbijahinna indeksi tõusule aastate kestel. Juhul kui investeeringu juurde ei ole võimalik toetussummasid kaasata, on vajalik majandusliku jätkusuutlikkuse hoidmiseks soojuse tariifi täiendav 38% tõus aastast 2018, kui investeeringud on teostatud.

Juhul kui järgnevatel aastatel on võimalik arvestada taastuenergia toetustega praeguses mahus (32 EUR/MWh) Eleringi võrku müüdava elektri pealt, muutuvad samuti stsenaariumi majandusandmed paremaks. Samas peab ka siin arvestama, et riiklikult välditakse topelttoetusi, st võimalik on kas investeeringutoetus või taastuenergia toetus, aga mitte mõlemad korraga.





Tabel 10. Investeeringutoetuste mõju III stsenaariumi finantsnäitajatele.

BAASTASE	
Diskonteeritud tegevustulu	8 804 897
Diskonteeritud tegevuskulu	6 808 726
Investeeringud	5 857 352
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	-4,63%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	-1 396 793
INVESTEERINGUTOETUS 20%	
Diskonteeritud tegevustulu	8 804 897
Diskonteeritud tegevuskulu	6 808 726
Investeeringud	4 685 882
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	-0,73%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	-718 200
IRR-i muutus**	3,90%
NPV muutus*	-48,58%
INVESTEERINGUTOETUS 40%	
Diskonteeritud tegevustulu	8 804 897
Diskonteeritud tegevuskulu	6 808 726
Investeeringud	3 514 411
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	7,85%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	-39 607
IRR-i muutus**	12,47%
NPV muutus*	-97,16%
INVESTEERINGUTOETUS 60%	
Diskonteeritud tegevustulu	8 804 897
Diskonteeritud tegevuskulu	6 808 726
Investeeringud	2 342 941
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	-
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	638 985
IRR-i muutus**	-
NPV muutus*	-145,75%
* Protsentuaalne muutus	
** Absoluutväärtuse muutus	

Tabel 11. Taastuvenergia toetuse mõju finantsnäitajatele.

BAASTASE	
Diskonteeritud tegevustulu	8 804 897
Diskonteeritud tegevuskulu	6 808 726
Investeeringud	5 857 352
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	-4,63%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	-1 396 793
KOOS TAASTUVENERGIA TOETUSEGA	
Diskonteeritud tegevustulu	9 245 203
Diskonteeritud tegevuskulu	6 808 726
Investeeringud	5 857 352
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	0,30%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	-956 487
IRR-i muutus**	4,92%
NPV muutus*	-31,52%

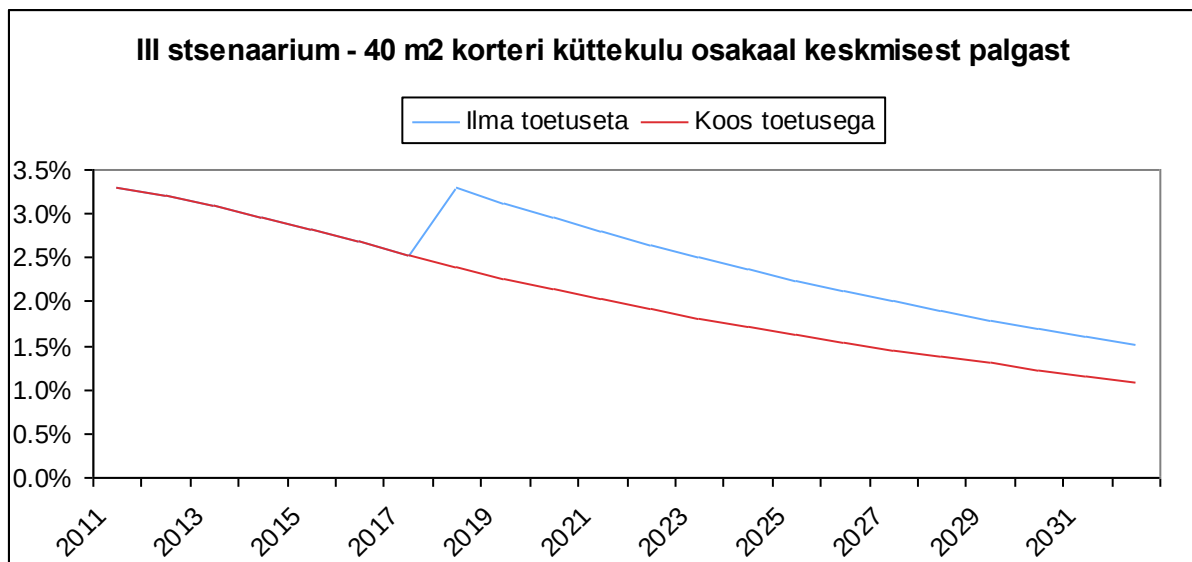


EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



4.5.3 Mõju tarbijale

Juhul kui Elva katlamajade ja soojusvõrkude uuendamisse õnnestub kaasata täiendavaid vahendeid vähemalt 42%, siis muutuvad soojuse tariifid aastate kestel võrdeliselt tarbijahinna indeksi muutumisele. Aastal 2025 on siis stsenaariumi kohaselt kütte hinnaks eratarbijale 76 EUR/MWh ja ärikliendile 82 EUR/MWh. Eratarbijate puhul tähendab see hinnatõusuks kokku 46%. Kuna soojatarbimine samal ajal väheneb eelduste kohaselt eratarbijate puhul 40%, siis kesktlbi muutub küttekulude osakaal leibkondade eelarves väiksemaks, arvestades samal ajal palgatõusu keskmiselt 5,6% aastas.



Joonis 11. Küttekulu osakaal võrreldes keskmise palgaga (III stsenaarium)

Juhul kui investeeringutoetust ei saada ei ole võimalik, on eratarbijate jaoks III stsenaariumi kohaselt soojuse hind aastal 2025 105 EUR/MWh ja juriidilise isiku jaoks 113 EUR/MWh, hinnatõus seega 102%. Kuna palgatõusuks prognoositakse samal perioodil 115%, siis tähendab see tarbija jaoks soojuse hinna vähest suhtelist odavnemist. Arvestades kulutusi hoonete soojustamisele, suurenevad tarbija jaoks perioodil 2011 – 2025 oluliselt eluasemekulud, kuigi soojustuseks tehtavate investeeringute tõttu kokkuvõttes kinnisvara väärtus kasvab.





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



5. IV stsenaarium

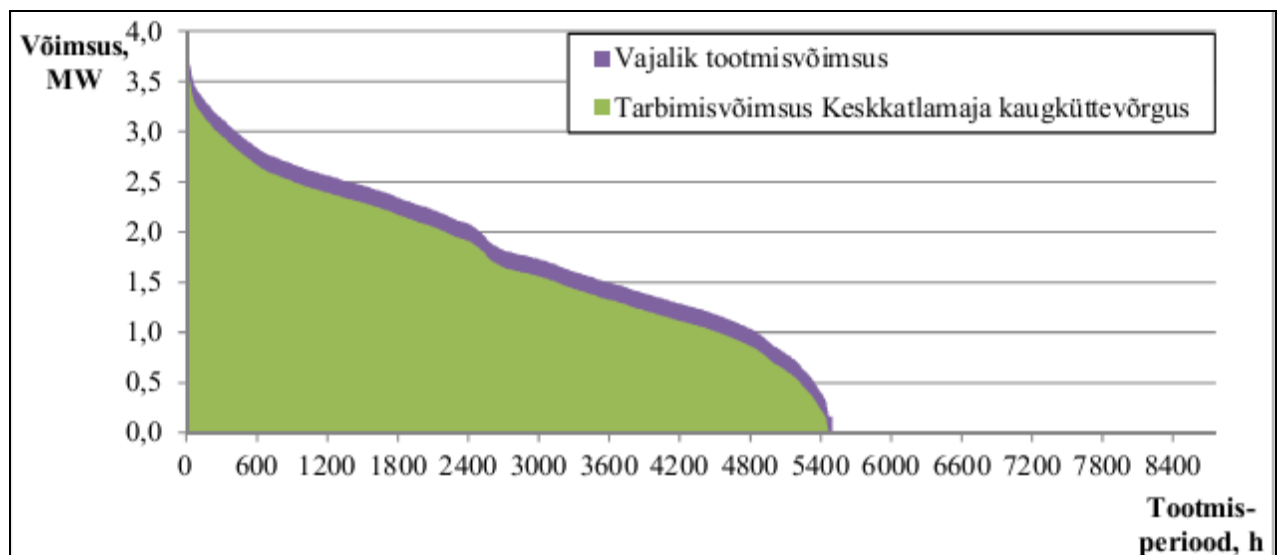
5.1 Lähteandmed

IV stsenaariumi eripäraks on investeeringute mahu väiksem maht võrreldes II ja III stsenaariumiga. Rajatakse ORC-tüüpi koostootmisjaam üksnes keskkatlamaja (Nooruse tn) kaugküttevõrgu tarbeks. Samal ajal rekonstrueeritakse 65 m kütetorustikku.

Perioodi 2011 – 2025 vältel toimub keskkatlamaja piirkonnas kütteefektiivsuse suurendamiseks hoonete soojustamine. Koostootmisjaam muudab katlamaja soojuskaod väiksemaks. Tipuvõimsuse katmiseks jääb tööle ka õliküttel töötav katlaseade.

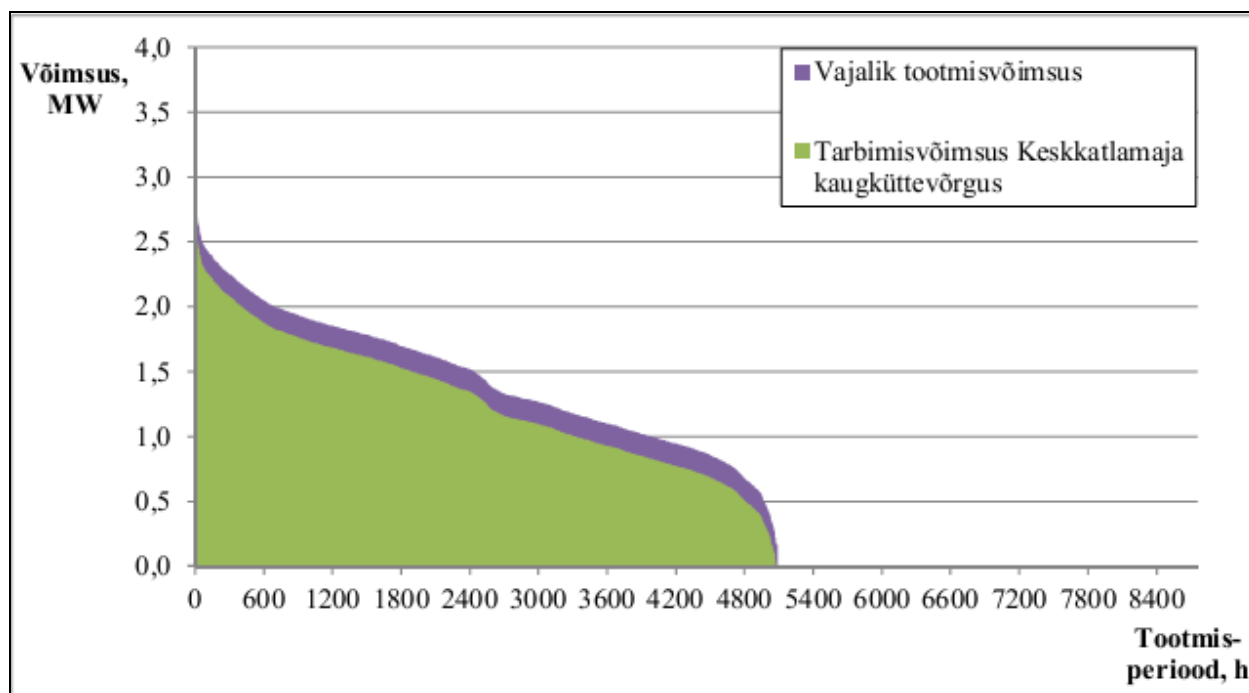
IV stsenaariumi baasaasta kirjelduse loomisel on lähtutud 2008. – 2010. aasta tarbimisandmetest Nooruse katlamaja piirkondades, lisades 2011. aastal liitunud tarbijate hinnanguline soojusenergiavajaduse.

Kütteperioodiks on valitud sarnaselt eelnevatele stsenaariumitele erinevate aastate mai- ning septembrikuu toodangute abil küttekarakteristikuid modelleerides tavapärase 216 päeva asemel 229 päeva. Kütteperioodiks aastal 2025 valiti 1. oktoober – 30. aprill, arvestades, et soojusenergia tarbe vähenedes väheneb tänu paremale vabasoojuse ära kasutamisele vajadus hooneid kütta soojemate ilmade saabumisel. Kolme katlamaja arvestuslikku toodangut 2012. ja 2025. aastal on näha alljärgnevatelt joonistelt.



Joonis 12. Koostootmisjaama koormuskestvusgraafik Keskkatlamaja kaugküttepiirkonnas normeeritud tootmisperioodil





Joonis 13. Prognoositav Keskkatlamaja kaugküttevõrgu soojuskoormuse kestvusgraafik 2025. aastal

Tabel 12. IV stsenaariumi lähteandmed

	Ühik	Baas	2025
Soojusenergia müük lõpptarbija juures	MWh	9 502	6 490
sh elamufond 37%	MWh	3 509	3 090
omavalitsuse hooned 29%	MWh	2 714	2 390
tööstus ja teenindus 35%	MWh	3 280	4 332
Kaod	MWh	940	870
Kokku	MWh	10 442	7 360
Kütteperiood	h	5 496	5 088
Tundide arv, mil koostootmisjaama võimsus on ebapiisav	h	424	0
Puudu jääv soojaenergia kogus	MWh	79	0
Toodetav elektrienergia kogus (leitud vastavalt soojusenergia vajadusele)	MWh	2 520	1 795
Soojusenergia hind tarbijale	EUR/MWh	52,28	
Elektrienergia müügihind	EUR/MWh	40	
Vajalik hakkpuidu kogus	m ³	18 067	16 040
Vajalik kütteõli kogus	t	7,31	0
Soojatrassi renoveerimine, ehitamine	m	65	
Torustiku renoveerimise maksumus	EUR/m	226	



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



5.2 Investeering

IV stsenaariumi puhul valitakse koostootmisjaamaks eelmistest väiksem seade: Turboden TD 7 CHP, mille tootmisvõimsuseks on 3 146 kW_h soojusenergiat ja 729 kW_h elektrienergiat. Jaam püstitatakse eeldatavasti 5..7 aasta jooksul. Koostootmisjaama maksumuseks on Kuressaare koostootmisjaama näitel 5000 EUR/kW_e, kokku ca 3 645 000 eurot. Lisaks renoveeritakse 65 m trassi. Soojatrassi renoveerimise kulu on 29 360 eurot.

Kokku on IV stsenaariumi investeeringute maht 3 659 690 eurot.

5.3 Tegevustulud

IV stsenaariumi kohaselt on tuluallikateks soojuse müük era- ja äritarbijatele ning töhusa koostootmise režiimil elektri tootmine ja müümine AS Elering võrku sarnaselt eelnevate stsenaariumitega.

Soojuse müügi tulude arvestus rajaneb samadel eeldustel kui nullstsenaariumi puhul. See tähendab, et müüdava soojuse hulk keskkatlamaja piirkonnas aastate jooksul väheneb (antud juhul 29% võrra aastaks 2025 võrreldes baasaastaga), kuid tariifid tõusevad võrdeliselt tarbijahinna indeksiga.

Elektrimüügi tulu puhul on arvestus tehtud analoogiliselt stsenaariumitega II ja III.

5.4 Tegevuskulud

Peamise osa tegevuskuludest moodustab ka siin kütuse sisseostuhind (põhikatelde puhul puiduhake ja tipukatelde puhul kerge põlevkiviõli). Hinna muutust arvestatakse samadel alustel kui nullstsenaariumi puhul.

Personalikulude kasv töötaja kohta on arvestatud vastavalt keskmise palga tõusule. Selles stsenaariumis personalivajadus ja juhtimiskulud ei vähene, kuna tegemist on ainult ühe kaugküttepiirkonnaga. Muud majanduskulud tõusevad võrdeliselt tarbijahinna indeksi kasvuga.





5.5 Stsenaariumi koondandmed ja investeeringu tulemus

5.5.1 Finantsandmed

Järgnevas tabelis on esitatud kokkuvõtvalt IV stsenaariumi koondandmed.

Tabel 13. III stsenaariumi koondandmed

	Diskonteerimata	Diskonteeritud
IV stsenaariumi andmed		
Algse investeeringu kulutus DIIC	3 659 690	2 103 009
Tegevustulu DR	17 555 050	6 748 176
Tegevuskulu DOC	10 895 798	4 392 922
Investeeringu jääkväärtus DRV	0	0
Investeeringu nüüdisväärtus FNPV/C	252 245	
Investeeringu tulususmäär FRR/C	12,43%	

Stsenaariumi andmetest on näha, et antud investeering on kavandatud kujul ise tasuv (nüüdispuhasväärtus on positiivne, sisemine tulumäär ületab diskontomäära). Seega on võimalik kaaluda investeeringu teostamist ilma toetusi kaasamata.

Analoogiliselt eelmiste stsenaariumitega läbi viidud tundlikkusanalüüsi tabelid on esitatud käesoleva analüüsi lisas, kuna kõikide toetussummade väärtuste juures on projekt kasutoov. Samal ajal on võimalik soojuse tariifi korrigeerida võrdeliselt tarbijahinna indeksi tõusule aastate kestel. Juhul kui stsenaariumi puhul rakenduvad ka taastuvenergia toetused, on projekti finantsnäitajad piisavalt head, et hoida küttekulude kasv tarbijate jaoks madalam keskmisest hinnatõusust või tarvitada lisanduvaid vahendeid muul soojaettevõtte omaniku jaoks vajalikul otstarbel.

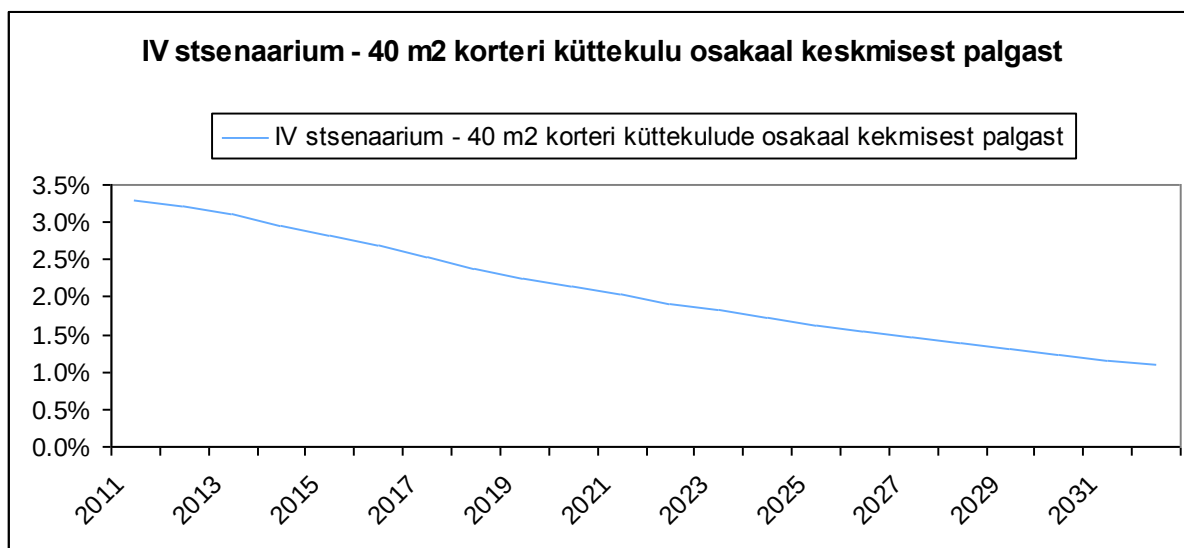
Tabel 14. Taastuvenergia toetuse mõju finantsnäitajatele.

BAASTASE	
Diskonteeritud tegevustulu	6 748 176
Diskonteeritud tegevuskulu	4 392 922
Investeeringud	3 659 690
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	12,43%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	252 245
KOOS TAASTUVENERGIA TOETUSEGA	
Diskonteeritud tegevustulu	7 188 482
Diskonteeritud tegevuskulu	4 392 922
Investeeringud	3 659 690
Investeeringu sisemine tulumäär IRR	19,92%
Investeeringu puhasnüüdisväärtus NPV	692 551
IRR-i muutus**	7,49%
NPV muutus*	174,55%



5.5.2 Mõju tarbijale

IV stsenaariumi puhul muutuvad soojuse tariifid aastate kestel võrdeliselt tarbijahinna indeksi muutumisele. Aastal 2025 on siis stsenaariumi kohaselt kütte hinnaks eratarbijale 76 EUR/MWh ja ärikliendile 82 EUR/MWh. Eratarbijate puhul tähendab see hinnatõusuks kokku 46%. Kuna soojatarbimine samal ajal väheneb eelduste kohaselt eratarbijate puhul 40%, siis keskmiselt muutub küttekulude osakaal leibkondade eelarves väiksemaks, arvestades samal ajal palgatõusu keskmiselt 5,6% aastas. Küttekulude osakaalu vähenemist võrreldes sissetulekutega (keskmine brutopalk aastas) näitab järgmine graafik.



Joonis 14. Küttekulu osakaal võrreldes keskmise palgaga (IV stsenaarium)

Arvestades kulutusi hoonete soojustamisele, võib siiski prognoosida paljude tarbijate jaoks Nooruse katlamaja võrgus eluasemekulude suurenemist, kuigi kokkuvõttes tuleb see nende kinnisvara väärtusele kasuks.



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



6. Põhijäreldused

1. Stsenaariumite kõrvutamisel on selge, et kõige kriitilisemaks teguriks on investeeringute suurus. IV stsenaariumil on kõige kõrgemad tootlikkusnäitajad selle tõttu, et alginvesteering koostootmisjaamale on II ja III stsenaariumist tunduvalt väiksem, kusjuures pole vaja teha täiendavaid kulutusi kaugküttevõrkude ühendamisele.
2. Hoolimata suurtest investeeringukuludest on toetusmeetmete rakendamisel perspektiivsed kõik käsitletud stsenaariumid. Kostootmisjaamade majanduslikku tasuvust parandab võimalus müüa välja elektrienergiat eriti sellistel perioodidel, mil elektrivõrk töötab tipuvõimsustel (külmal aastaajal).
3. Soojatariijate eluasemekulude madalal hoidmise huvides on mõttekas kasutada IV stsenaariumit või 0-stsenaariumit. IV stsenaariumi puhul tõuseb kütтетariif võrdeliselt tarbijahinna indeksi tõusuga. Kuna tarbitav soojuse hulk väheneb, on elanikel kergem leida vahendeid hoonete soojustamise kulude katteks. 0-stsenaariumi puhul jääb ka investeeringutoetuse ärajäämisel hinnatõus suhteliselt väikeseks võrreldes II ja III stsenaariumiga.
4. Hoolimata II ja III stsenaariumi suhteliselt headest majandusnäitajatest võrreldes 0-stsenaariumiga tähendab nende rakendamine tarbijatele suuremat hinnatõusu. Põhjuseks on asjaolu, et II ja III stsenaariumi puhul laekub suur osa soojaettevõtte tuludest elektrienergia müügist. Finantsvahendite kaasamisel väljastpoolt (pangalaenu või struktuurifondidest) on soojahinna doteerimine müüdava elektri arvel raskendatud. Pigem saab täiendavaid tulusid kasutada soojaettevõtte finantsvõimekuse parandamiseks.
5. Puhtmajanduslik analüüs ei võta arvesse stsenaariumite keskkonnavalast põhjendatust. Omaette on väljaarvutatav näiteks tulu vähenenud keskkonnareostusest, kui rakendatakse vähem saastavat tehnoloogiat. Üheks võimaluseks on süsinikuheite vähenemise väljaarvutamine ja selle hinna arvutamine lähtudes CO₂ kvoodi hinnast ja selle kujunemise prognoosist maailmaturul. Antud juhul jäi taoline analüüs töö teostamisel kõrvale, senise vähese praktika ja käsitluste tõttu. Keskkonna-argumendid võivad otsustada valiku stsenaariumite vahel, kui nende finantsnäitajad on nii lähedased kui antud juhtumi puhul.
6. Teostatud analüüsid ei luba teha põhjapanevaid järeldusi soojatootmise viisi või stsenaariumite rakendamise mõju kohta Elva piirkonna ettevõtlusele ja tööjõuturule. Pikemas perspektiivis kasutatav hakkpuidu kogus väheneb, stabiliseerudes 2025. aastast. Kuna samal ajal taastuvate kütuste kasutamine muudes eluvaldkondades (nt transport ja väikeelamute kütmine) suureneb, siis hakkpuidu tootjate turg ei vähene. Pealegi toimib kütuse





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



tootmine ja müük laiema, osaliselt ka naaberriike hõlmava turu tingimustes. Olukord muutub praegusega võrreldes vähe. Ka töökohtade arvu muutus projekti tulemusena on nii vähene, et peaaegu ei mõjuta kohalikku tööjõuturgu.

7. Stsenaariumi valikul on teatud mõju piirkonna majandusele mõju kaudu elanike ostuvõimele. II või III stsenaariumi valik tähendab suuremaid eluasemekulusid, samas investeeringule kulunud raha liigub piirkonnast välja.
8. Konkreetse stsenaariumi või projekti valikul on tarvilik teostada uus majanduslik analüüs lähtudes täpsustunud oludest ja algingimustest. Stsenaariumi valikul tuleb teostatavusanalüüsis käsitleda tervikuna nii katlamajade kui ka kaugküttevõrgu teemasid ning siduda need konkreetse projekti ning selle teostamise tingimustega (rahastamistingimused pankade või fondide poolt, meetmetest ette nähtud piirangud).





EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



7. Kokkuvõte

Elvasse soojuse ja elektri koostootmisjaama rajamise majanduslike aspektide analüüsis on käsitletud nelja võimalikku stsenaariumit:

1. I ehk nn 0-stsenaarium, mis tähendab senise praktika jätkamist kolme katlamaja baasil, kus põhiosa soojust toodetakse hakkpuidust ja tipukoormus kaetakse õlikateldega. Alles jäävad iga katlamaja omaette kaugküttepiirkonnad;
2. II stsenaarium, mille puhul ühendatakse Nooruse ja Kirde katlamajade kaugküttevõrgud ning rajatakse ORC-tüüpi koostootmisjaam ühendatud võrku kuuluvate hoonete kütmiseks;
3. III stsenaarium, mille puhul ühendatakse Nooruse, Kirde ja haigla katlamajade kaugküttevõrgud, rajatakse ORC-tüüpi koostootmisjaam;
4. IV stsenaarium, kus olemasoleva Nooruse katlamaja seadmed asendatakse väiksema ORC-tüüpi koostootmisjaama seadmetega, kaugküttevõrke ei ühendata.

Majandusarvutused on teostatud aastate 2011 – 2032 kohta, kusjuures kõikidel puhkudel on investeeringute teostamise ajaks aastad 2015 – 2017. Lähteandmetena kasutatakse aastateks 2011 ja 2025 koostatud soojuse tootmise ja tarbimise mudeleid, mis võtavad arvesse kaugküttevõrgu stsenaariumikohast ulatust ja vastavaid algandmeid (tarbijate hulga muutumine, tarbitava soojuse hulga muutumine, soojuse hinna muutumine, investeeringute suurus jm). Keskkonna- ja majandusanalüüside 0-stsenaarium on omavahelises vastavuses, stsenaariumid II – IV on erinevad võimalused koostootmisjaama majanduslikuks teostamiseks vastavalt keskkonnanalüüsis käsitletud II stsenaariumile.

Järgnevalt on esitatud tabelina (tabel 15) kõigi nelja käsitletud stsenaariumi finantsanalüüsi andmete kokkuvõte. Sellesse tabelisse on lisatud ka lihttasuvusaja näitajad, mis erinevalt muude majandusnäitajate arvutamise viisist on teostatud juurdekasvulise stsenaariumi põhjal. See tähendab lihttasuvus on arvutatud 0-stsenaariumi ja alternatiivstsenaariumi investeeringute ja rahavoogude erinevuse põhjal.

Stsenaariumite võrdlusandmed näitavad, et majanduslikult tasuvaim võimalus on kõrge kütteefektiivsusega ja optimaalse võimsusega koostootmisjaama rajamine olemasoleva kesklinna kaugküttevõrgu soojaga varustamiseks ja samal ajal elektri tootmiseks. See stsenaarium ei eelda täiendavaid investeeringuid küttevõrkudesse, samal ajal on investeering seadmetesse oluliselt väiksem suuremat osa linna hõlmavate stsenaariumite puhul vajalikest investeeringutest. Selline projekt on praeguste andmete põhjal tasuv ka ilma Euroopa Liidu fondide toetusteta. Muude stsenaariumite rakendamine eeldab toetusi investeeringute teostamiseks või taastuvenergia tootmiseks.



0-stsenaariumi eeliseks on võimalus kulusid paindlikult juhtida, kasutades maksimaalselt juba olemasolevaid ruume ja seadmeid. Nii on võimalik, et tegelikud investeeringukulud osutuvad siinprognoositust väiksemateks. Samuti toob 0-stsenaariumi kasutamine kaasa tarbijatele suhteliselt väikese soojuse hinnatõusu, mis kergendab hoonete soojustamisele tehtavate kulude katmist.

Samas näitab analüüs, et kõik käsitletud stsenaariumid on teatud tingimuste korral teostatavad ja lõplik valik sõltub keskkonnavalikust ja tehnilistest lahendustest.

Tabel 15. Stsenaariumite kokkuvõtlikud andmed.

	Diskonteerimata	Diskonteeritud
Nullstsenaariumi andmed		
Algse investeeringu kulutus DIIC	2 164 690	1 244 388
Tegevustulu DR	17 356 168	7 385 213
TegevuskuluDOC	16 564 026	6 727 091
Investeeringu jääkväärtus DRV	0	0
Investeeringu nüüdisväärtus FNPV/C	-586 266	
Investeeringu tulususmäär FRR/C	-	
II stsenaariumi andmed		
Algse investeeringu kulutus DIIC	5 452 180	3 146 413
Tegevustulu DR	20 243 584	8 322 286
TegevuskuluDOC	15 767 856	6 373 738
Investeeringu jääkväärtus DRV	0	0
Investeeringu nüüdisväärtus FNPV/C	-1 197 865	
Investeeringu tulususmäär FRR/C	-3,66%	
Lihttasuvusaeg, aastat	15	
III stsenaariumi andmed		
Algse investeeringu kulutus DIIC	5 857 352	3 392 964
Tegevustulu DR	21 374 071	8 804 897
TegevuskuluDOC	16 848 393	6 808 726
Investeeringu jääkväärtus DRV	0	0
Investeeringu nüüdisväärtus FNPV/C	-1 396 793	
Investeeringu tulususmäär FRR/C	-4,63%	
Lihttasuvusaeg, aastat	18	
IV stsenaariumi andmed		
Algse investeeringu kulutus DIIC	3 659 690	2 103 009
Tegevustulu DR	17 555 050	6 748 176
Tegevuskulu DOC	10 895 798	4 392 922
Investeeringu jääkväärtus DRV	0	0
Investeeringu nüüdisväärtus FNPV/C	252,245	
Investeeringu tulususmäär FRR/C	12,43%	
Lihttasuvusaeg, aastat	6	



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE



Kasutatud kirjandus

1. Elva linna kesklinna soojustrasside rekonstrueerimise tasuvusuuring. Nordic Energy Group OÜ, 2009.
2. Elva linna soojavarustuse arengukava. Märja Monte OÜ, 2000.
3. Elva haigla katlamaja biokütusele üleviimise tasuvusanalüüs. MTÜ Letek, 2011.
4. Guide to Cost-Benefit analysis of investment projects, 2008.
5. Guide to Cost-Benefit analysis of investment projects, 2002.
6. The New Programming period 2007-2013, Working Document 4, Guidance on the methodology for carrying out Cost-Benefit Analysis, 2006.
7. Ageing report. Economic and budgetary projections for the EU-27 Member States (2008-2060). European Commission, 2009.
8. The 2012 Ageing Report: Underlying Assumptions and Projection Methodologies – http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/european_economy/2011/ee4_en.htm).
9. <http://www.struktuurifondid.ee/file.php?10146197>.
10. Statistikaamet, <http://www.stat.ee/>.

