



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

www.emu.ee



Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

Hajaasustatud piirkondade taastuvenergia ressursside analüüs Halliste ja Õisu näitel

ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES FOR LOW-DENSITY AREAS IN
THE EXAMPLE OF HALLISTE AND ÕISU

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Kati Ojaloo
Üliõpilaskood: 132873AAHMM
Juhendaja: Juhan Valtin

Tallinn 2017

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Kati Ojaloo	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Hajaasustatud piirkondade taastuenergia ressurside analüüs Halliste ja Õisu näitel	
<i>Kuupäev:</i> 25.05.2017	79 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Inseneriteaduskond	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut	
<i>Töö juhendaja:</i> Juhan Valtin	
<i>Sisu kirjeldus:</i> Käesolevas lõputöös hinnati hajaasustatud piirkondade taastuenergia ressursse Halliste valla ja Õisu aleviku näitel. Töö eesmärgiks on anda ülevaade Eesti hajaasustatud piirkondade kasutusel olevatest ja potentsiaalsetest energiaressurssidest Halliste valla ja Õisu aleviku näitel. Kirjeldatakse taastuenergia rakendamise erinevaid tehnoloogiaid ning nende majanduslikku tasuvust. Tutvustatakse Eesti üldist olukorda taastuenergia sektoris. Põhjalik ülevaade antakse ainsast tsentraalkütte katlamajast Õisu alevikus, kus soojust toodetakse taastuenergiast, nimelt hakkpuidust. Uuritakse investeeringu maksumuse suurust senise 40 aastase kaugküttevõrgu uuendamiseks. Hinnatakse uute potentsiaalsete tarbijate ühendamist olemasoleva kaugküttevõrguga. Lõputöö koostamisel selgus, et potentsiaalseks taastuv energiaallikaks Halliste vallas, kuid eelkõige Õisu alevikus on veel rakendamata päikeseenergia. Töö autor koostas teostatavus- ja tasuvusanalüüsi rajamaks päikeseelektrijaama Õisu alevikku. Päikeseelektrijaam toodab elektrit alguses omatarbeks ja tarbimisest ülejääv müüakse elektrivõrku.	
<i>Märksõnad:</i> taastuenergia, ressurss, hajaasustatud piirkond, tuuleenergia, päikeseenergia, päikeseelektrijaam, hüdroenergia, bioenergia, biogaas, puit, kaugküte	

Summary of the Diploma Work

<i>Author:</i> Kati Ojaloo	<i>Type of the work:</i> Master Thesis
<i>Title:</i> Analysis of renewable energy resources for low-density areas in the example of Halliste and Õisu	
<i>Date:</i> 25.05.2017	79 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology	
<i>Faculty:</i> School of Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Tutor(s) of the work:</i> Juhan Valtin	
<p><i>Abstract:</i> This master thesis assesses renewable energy resources of low-density areas in the example of Halliste parish and Õisu small borough.</p> <p>The purpose of the thesis is to give an overview of available and potential energy resources of Estonia's low-density areas in the example of Halliste and Õisu. The thesis describes the different technologies and economic benefits of renewable energy. In addition, the general situation of Estonia in relation to the renewable energy sector is assessed.</p> <p>The thesis provides a comprehensive overview of the single central heating plant in Halliste Parish – located in Õisu. The scope of investment to modernise the 40-year-old district heating network has also been examined together with evaluating the integration of new potential consumers to the existing district heating network.</p> <p>The thesis claims that the potential, but not yet used, renewable energy resource in the area of Halliste, but particularly in Õisu, is solar energy. The author composed a feasibility and cost-benefit analysis for establishing a building-integrated solar power plant to the roof of an outdoor shelter building of Õisu small borough. The solar power plant is generating electricity for its own consumption and any leftover electricity will be sold and transferred to the general electricity network.</p>	
<i>Key-words:</i> Renewable energy, distributed areas, wind energy, solar energy, solar power plant, hydropower, bioenergy, biogas, wood, district heating	

Sisukord

Jooniste loetelu	7
Tabelite loetelu	9
Lõputöö ülesanne	10
Eessõna.....	12
Sissejuhatus	13
1 Halliste valla üldiseloomustus.....	15
1.1 Rahvastik	16
1.2 Ettevõtlus	17
1.3 Talud.....	17
1.4 Allasutused	18
1.5 Looduskeskkond.....	18
1.6 Maakasutuse jaotus.....	19
1.7 Ühinemine	22
2 Taastuvenergia ressursid	24
2.1 Bioenergia.....	25
2.1.1 Puit	26
2.1.2 Biogaas	28
2.1.3 Vedelad biokütused	31
2.2 Hüdroenergia	32
2.2.1 Kaarli ja Õisu	34
2.3 Tuuleenergia	35
2.3.1 Omadused.....	36
2.4 Päikeseenergia	39
2.4.1 Elektri tootmine.....	41
2.4.2 Sooja tootmine.....	44
3 Õisu alevik.....	46
3.1 Õisu katlamaja	46
3.2 Katla spetsifikatsioon	47
3.2.1 Hakkepuidu etteandmissüsteem	48
3.3 Soojuse tootmine ja tarbimine	49
3.4 Kadude kirjeldus.....	52
4 Potentsiaalsed investeeringud	54
4.2 Olemasoleva kütetrassi uuendamine	54

4.3	Uue küttrassi rajamine	56
4.4	Ringi tn 9 päikeseelektrijaam	58
4.4.1	Hetke olukord	59
4.4.2	Parim võimalik tehnoloogia ja tootlikkus	59
4.4.3	Tasuvusanalüüs	61
5	Kokkuvõte ja järeldused	64
	Kasutatud kirjandus	66
	Lisad	74
	Lisa 1 Logstor eelisooleeritud torude omadused	75
	Lisa 2 PVGIS tulemus	76
	Lisa 3 Hinnapakkumine päikesepaneelidele	77
	Lisa 4 Rahavood	78
	Lisa 5 PEJ joonised 3D mudelist	79

Jooniste loetelu

Joonis 1.1. Halliste valla kaart [3].....	15
Joonis 1.2. Halliste valla rahvaarv külade ja asulate lõikes 2016. aasta seisuga [4].....	16
Joonis 1.3. Rahvaarvu muutuse dendents [4].....	17
Joonis 1.4. Halliste valla maakasutuse jaotus	20
Joonis 1.5 Mulgi vald [8]	22
Joonis 2.1. Taastuvenergia tootmisvõimsused Eestis elektri tootmisviiside kaupa 2015 [13].	25
Joonis 2.2 Metsamaa jagunemine erinevate kaitserežiimide vahel.....	27
Joonis 2.3. Biogaasi tootmise põhimõtteline skeem [20].....	30
Joonis 2.4. Hüdroelektrijaama skeem [25].....	33
Joonis 2.5 Õisu mõisa hüdroelektrijaam [29].....	34
Joonis 2.6 Keskmine tuulekiirus Viljandimaal 2016. aastal [32].....	35
Joonis 2.7. Pakri tuuliku võimsuskasutegur [34]	37
Joonis 2.8. Tuule kiirus 50m kõrgusel [36].....	38
Joonis 2.9 Energiatihedus 30m kõrgusel [38]	38
Joonis 2.10. Päikeseenergia kasutamise võimalused ja paneelid [40]	39
Joonis 2.11. Summaarne päikesekiirus 2016. aastal Tõravere mõõtepunkti andmetel [32] ..	40
Joonis 2.12 On-grid päikeseelektrijaama põhimõtteline skeem [45]	42
Joonis 2.13 Off-grid päikeseelektrijaama põhimõtteline skeem [45].....	43
Joonis 2.14. Päikesekollektoriga sooja vee tootmise põhimõtteline skeem [48]	44

Joonis 3.1 Õisu kaugküttevõrgu asendiskeem [52].....	47
Joonis 3.2 Veekatel Kalvis 720M-1 skeem [53]	48
Joonis 3.3. Hakkepuidu etteandmissüsteemi skeem [53].....	49
Joonis 3.4. Soojusenergia toodang katlamajas	50
Joonis 3.5. Soojuse lõpptarbimine aastatel 2013-2016 (MWh/a)	51
Joonis 3.6. Kulude protsentuaalne jaotus soojuse tootmiseks.....	52
Joonis 3.7. Kadude osakaal soojuse tootmises	53
Joonis 4.1. Olemasoleva ja uue kaugküttevõrgu skeem [52]	56
Joonis 4.2. Potentsiaalse PEJ asendiskeem [52]	58
Joonis 4.3. Elektrienergia tarbimine Õisu avalikes hoonetes 2016.....	59
Joonis 4.4. Ringi tn 9 PEJ 3D-mudel	60
Joonis 4.5. Päeva keskmine tarbimine ja PV paneelide tootlikkus aasta lõikes.....	61

Tabelite loetelu

Tabel 1.1 Talude arv Halliste vallas [7]	18
Tabel 1.2 Maakasutuse jaotus	21
Tabel 2.1 Metsamaa jagunemine erinevate katserežiimide vahel	27
Tabel 2.2 Hakkpuidu omadused [18]	28
Tabel 2.3 Loomühikud ja nende biogaasi toodang aastas	31
Tabel 2.4 Biokütuste liigid põlvkondade kaupa [16]	31
Tabel 3.1 Soojustarbijad Õisu katlamaja võrgupiirkonnas [51].....	46
Tabel 3.2 Kalvis 720M-1 tehnilised andmed [53].....	47
Tabel 3.3 Soojuse toodang katlamajas kuude lõikes (MWh).....	49
Tabel 3.4 Kütuse tarbimine katlamajas (hakkepuit, m ³)	50
Tabel 3.5 Soojuse hinna komponendid Õisu katlamajas (€/a).....	51
Tabel 4.1 Kadude osakaal uuendatud kaugküttevõrgus	55
Tabel 4.2 Õisu kaugküttepiirkonna potentsiaalsed soojatarbijad	57
Tabel 4.3 Projekti kogumaksumuse kujunemine	62
Tabel 4.4 Projekti eeldused	62
Tabel 4.5 Projekti järelused.....	63

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:	Hajaasustatud piirkondade taastuenergia ressursside analüüs Halliste ja Õisu näitel
Üliõpilane:	Kati Ojaloo 132873AAHMM
Eriala:	Hajaenergeetika
Lõputöö liik:	Magistritöö
Lõputöö juhendaja:	Juhan Valtin
Lõputöö esitamise tähtaeg:	25.05.2017

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Teema põhjendus:

Eestis on palju hajaastustatud piirkondi, mille taastuenergia ressursid on hindamata. Halliste valla ja Õisu aleviku näitel hinnatakse taastuenergia ressursse hajaasustatud piirkonnas, nende tasuvust ning võimalikke rakendamise viise.

Töö eesmärk:

Hinnata erinevate potentsiaalsete taastuenergia liikide olemasolu ja selgitada välja tasuvaimad alternatiivid ning analüüsida nende majanduslikku tasuvust.

.

Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

1. Hajaasustatud piirkondade taastuenergia ressursside ülevaade
2. Taastuenergia ressursside kasutusele võtmise võimalused Halliste vallas ja Õisu alevikus ning nende majanduslik tasuvus
3. Õisu keskkütte katlmaja analüüs

Lähteandmed:

Lähteandmed on saadud kohalikust omavalitsusest ning kirjandusest.

Töö koostamiseks vajalikud ilmastiku andmed on pärit Riigi Ilmateenistusest, mille saamiseks on autor teinud vastavad päringud.

Statistikaameti andmebaasist on pärit üldised statistilised andmed, mida on kasutatud analüüside ja järelduste tegemisel.

Teemakaartide koostamisel on kasutatud Eesti Põhikaarti. Andmed on antud Eesti Maaülikoolile õppetöö eesmärgil kasutamiseks ja koopiad andmetest asuvad Eesti Maaülikoolis.

Joonestamisel on kasutatud Solid Edge modelleerimise keskkonda.

Kasutatud on ka erinevate seadmete ja nende tootjate kodulehti ja tootekirjeldusi.

Lõputöö koostamise ajal on intervjueritud oma ala spetsialiste ning koopiad intervjuudest on autori valduses.

Eessõna

Tulenevalt Euroopa Liidu direktiivist 2009/28/EÜ on Eesti võtnud endale siduvaks eesmärgiks suurendada taastuenergia osakaalu lõpptarbimises 20%-ni. [1]

Seoses sellega hinnatakse käesolevas magistritöös võimalusi rakendada Eestis hajaasustatud piirkondes taastuenergia ressursse ning nende kasutamise tehnoloogiaid, mis on majanduslikult otstarbelised.

Magistritöö koostamisel kaasatakse erinevaid asutusi ning spetsialiste. Eriline tänu osutatakse hea koostöö eest SW Energia Ida- ja Lõuna-Eesti piirkonna juhile Sulev Kampusele, hüdroenergia tootjale Urmas Roosmaale. Tänuõnad igakülgse abi ja informatsiooni eest Halliste vallavanemale Ene Maatenile ning Eesti Maaülikooli õppejõule Allar Padarile.

Sissejuhatus

Magistritöö on jagatud viieks osaks, mille eesmärkideks on anda ülevaade Eesti hajaasustatud piirkondade kasutusel olevatest ja potentsiaalsetest energiaressurssidest Halliste valla ja Õisu aleviku näitel. Kirjeldatakse energia saamise erinevaid tehnoloogaid ning nende majanduslikku tasuvust.

Magistritöö esimeses pooles antakse ülevaade Halliste vallast. Hinnatakse rahvastikku, ettevõtluse, looduskeskkonna ja maakasutuse üldist seisut. Samuti kirjeldatakse ka väike valla ühinemisest.

Märtsis 2016 kiitis valitsus heaks haldusreformi seaduse eelnõuga. Kriteeriumiks määrati, et omavalitsused peavad vastama elanike arvu alampiirile, milleks on 5000 elanikku. Halliste vallas on ainult 1500 elanikku ning seega tuleb ka neil ühineda teiste väikeste omavalitsustega järgmiseks aastaks, et vastata omavalitsuse uutele kriteeriumitele.

Teises osas kirjeldatakse Halliste valla ja Õisu aleviku taastuenergia ressursse ning nende rakendamise võimalustest. Antakse ülevaade kasutusel olevatest ja potentsiaalsetest tehnoloogiatest. Samuti on hinnatud erinevate potentsiaalsete energiaressursside rakendamise võimaluste tasuvust, nende tegemiseks on kasutatud erinevaid andmetöötlus programme.

Biokütuse ressursside tasuvuse arvutamiseks ja hinnangu andmiseks on kasutatud MapInfo programmi. Hüdroenergia kasutamise ülevaate andmiseks on intervjueritud kohalikku tootjat. Tuuleenergia ressurssi hindamiseks on kasutatud erinevaid teemakaarte ning Riigi Ilmateenistuse andmeid. Samuti hinnatakse tuuleenergia omadusi, mis on vajalikud tuulegeneraatorite töötamiseks. Päikeseenergia ressurss arvutatakse PVGIS programmi abil ning koostatakse ka tasuvusanalüüs kahe päikeseelektrijaama rajamiseks kahe kortermaja katustele, milles asuvad peale korterite veel avalikus kasutuses olevad asutused.

Kolmandas osas antakse ülevaade Õisu aleviku katlamajast. Kirjeldatakse katlamaja omadusi, selle soojuse tootmist ning kütuse kulu. Soojatarbijate Samuti hinnatakse kadusid Õisu katlamaja kaugküttevõrgus ning vaadeldakse soojatarbijate käitumisharjumusi.

Magistritöö neljandas osas hinnatakse Õisu kaugküttevõrgu soojatrasside uuendamist ja sellega kaasnevate trassikadude vähenemist. Samuti analüüsitakse võimalust liita olemasoleva kaugküttevõrguga uusi tarbijaid.

Neljandas peatükis arvutatakse päikesepaneelide tootlikus Õisu alevikus. Antud aleviku päikeseelektrijaam hakkab tootma elektrienergiat kolme avaliku asutuse elektri tarbimise katmiseks. Kui tarbimine ületab tootluse antakse üle jääv elekter võrku ning vastupidi, kui tootlus on alla nõudluse, ostetakse vajaminev elektrienergia võrgust.

Kokkuvõtte ja järeldused tehakse magistritöö viiendas ja ühtlasi ka viimases osas, kus hinnatakse majanduslikult kõige mõistlikumaid viise taastuvenergia ressursside rakendamiseks Halliste vallas ja Õisu alevikus.

1 Halliste valla üldiseloomustus

Halliste vald asub Viljandi maakonna lõunaservas. Halliste valla territoorium on terviklik piirkond Viljandimaa kesk- ja lõunaosas. Valla pindala on 266,4 km² ehk 26 640 ha ning suurema osa territooriumist moodustab mets 124 km². Vallas on kaks alevikku ja 23 küla, keskuseks on Halliste alevik, kus asub ka vallavalitsus. Naaber valdadeks on Abja, Karksi, Viljandi ja Kõpu vald ning Pärnu maakonna Saarde vald. (vt Joonis 1.1)

Valla territooriumi läbib Abja-Paluoja–Sultsi–Viljandi maantee, mis on peamiseks magistraaliks valla maa-alal. Samuti on olulisteks ning bussiliiklusega kaetud teedeks Abja-Paluoja–Uue-Kariste Viljandi ja Abja-Paluoja–Vana-Kariste maanteed. [2]

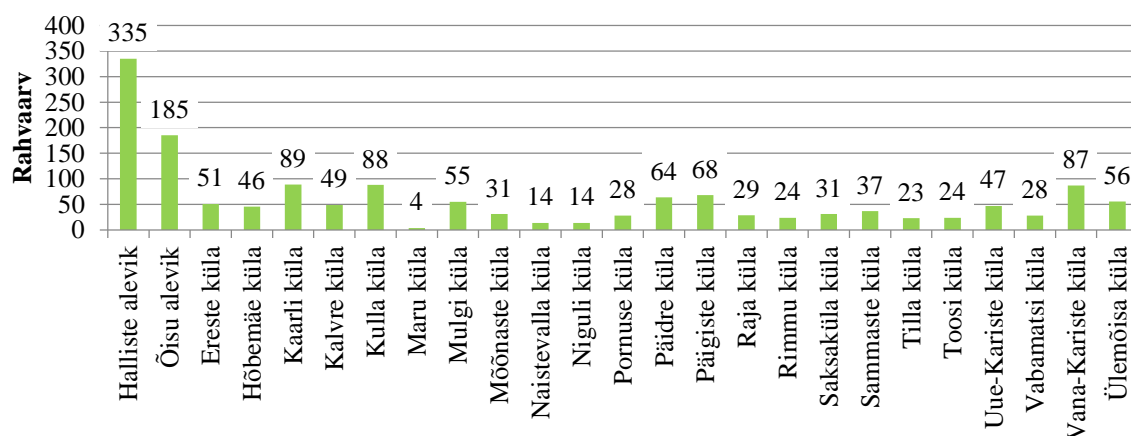


Joonis 1.1. Halliste valla kaart [3]

1.1 Rahvastik

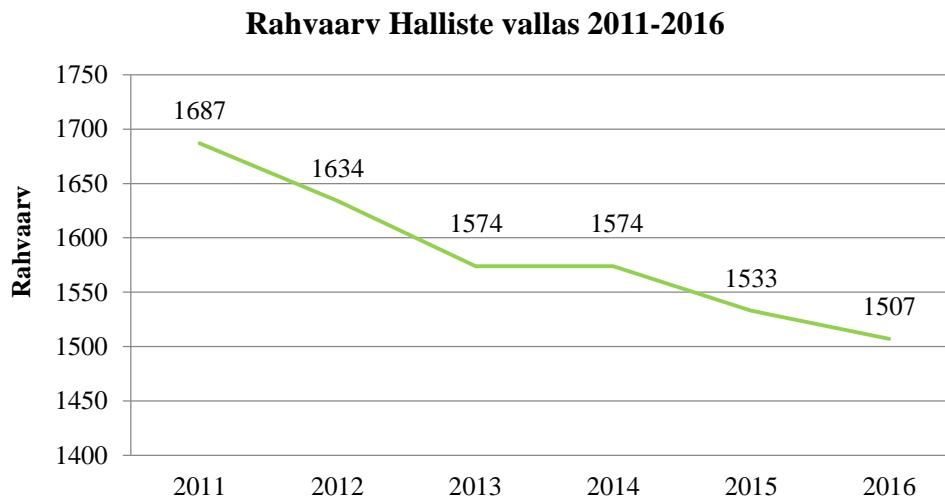
Vallas elab 1. jaanuari 2016. aasta seisuga 1507 inimest, kellest ülalpeetavaid üle 55%. Rahvastiku tihedus on 5,2 inimest/km² kohta. Rahvastik on jaotunud võrdselt meeste ja naiste vahel. Rahva arv kahaneb pidevalt ning suureneb ülalpeetavate osakaal elanike hulgas. Valla kahes alevikus elab 34% valla elanikest. Hallistes 22% ning Õisus 12% inimestest. (vt Joonis 1.2). Suurimad külad asuvad suuremate asulate vahetus läheduses. Näiteks Kaarli on lähim Õisule, Kulla küla Hallistele, Vana-Kariste naabervalla keskusele Abja-Paluoja jne. Põhjus on lihtne – parem infrastruktuuri olukord, enam töökohti. Väikseima inimeste arvuga küla Halliste vallas on Maru, kus elab ainult 4 inimest. [4]

Halliste valla rahvaarv 2016



Joonis 1.2. Halliste valla rahvaarv külade ja asulate lõikes 2016. aasta seisuga [4]

Valla rahvastik on pidevas kahanemises seoses urbaniseerumisega (vt Joonis 1.3). Halliste vallas on vähe töökohti ning seetõttu minnakse naaber valdadesse, suurematesse linnadesse või hoopis teise riiki lootes saada paremaid töökohti või elamistingimusi. Rahvaaru kahanemine ei ole üksnes Halliste probleem, vaid vähene sündimus ja inimeste ränne toimub üle Eestiliselt. Urbaniseerumine on üks globaalsetest probleemidest, kus inimesed kolivad vaasetest ääremaadest suurlinnadesse või nende lähistele. [5]



Joonis 1.3. Rahvaarvu muutuse tendents [4]

Halliste valla rahvaarv on kahanenud viimase viie aasta jooksul 11%. 2011. aasta seisuga oli vallas 1687 elanikku ning 2016. aasta lõpul asus vallas 1507 elanikku. Kahanevat trendi prognoositakse ka edaspidiseks.

1.2 Ettevõtlus

Halliste vallas suured äriühingud puuduvad. Väikeettevõtted tegelevad põllumajandusliku tootmisega, sh aianduse, turisminduse, teeninduse ja puittoodete tootmisega. Valla olulisemad äriühingud on OÜ Bovis (piimakarjakasvatus ja palkmajade tootmine), OÜ Milligrupp (teraviljakasvatus), Soledor OÜ (aiamajade valmistamine) ja Mulgi Häärberi Eakatekodu. Tegutseb hulk suurtalusid, sh Metsakuru talu Tilla külas, Päidre külas asuv puukool, Oru-Nõlvaku talu Päigiste külas (turism ja marjakasvatus). Riigimetsamaad haldab Viljandimaa metskonna Õisu metsandik. [6]

1.3 Talud

Halliste vallas väikeste talude osakaal suurim. Koguni 65% taludest on alla 10 ha. Suuri talusid, mis on üle 100 ha on omavalitsuses 10, mis moodustab kogu talude arvust 1%. Vahemikku 50-100 ha talusid on vallas 47, mis on 3% talude kogu arvust. 10-50 ha talusid on kohalikus omavalitsuses 432, mis moodustab 30% valdade talude arvust (vt Tabel 1.1). [7]

Tabel 1.1 Talude arv Halliste vallas [7]

Suurus (ha)	Arv
üle 100	10
50-100	47
20-50	227
10-20	205
kuni 10	928
Kokku	1417

1.4 Allasutused

Halliste Põhikool on valla ainus kool. Lasteaedasid on vallas kaks, mis asuvad valla alevikes: Õisu Lasteaed ja Hallistes “Pääsuke”. Kultuuri- ja rahvamajasid on vallas kolm. Need asuvad Halliste alevikus, Kaarli ja Uue-Kariste külas. Raamatukogusid on kaks, mis samuti asuvad valla alevikes.

Valla tuntuim hoone on Halliste kirik, mis taasavati 1991. aastal. Õisu mõis on samuti tuntud ning kui 2008. aastal suleti seal asuv Toiduainetööstuse kool on see nüüd eraomandis, kuid park on avatud külalistele. Õisu mõisa territooriumil asub ka üks valla veejõujaamadest. [7]

1.5 Looduskeskkond

Valla maa-ala võib pinnaehituse poolest jaotada kahte põhiossa: põhjapoolne Kaarli-Kariste tasandik Sosi, Liplapi Halliste jooneni ja lõunapoolne Pornuse kühmude, lamm- ja sälkorgudega ala. Selle kõrgus kõigub 42-75m vahel. Seda läbib läänes suures kaares kagust loodesse Halliste ürgorg, mille lammil voolab Halliste jõgi ja asub Kariste järv.

Vidva jõe org alates Kalvre veskist kuni Õisu paisjärveni on järsunõlvaline sälkorg, hiljem lammorg. Oru kaldad ulatuvad oru põhjast kuni 20m kõrguseni. Siin paljandub devoni aluspõhi kuni 12m kõrguselt. Õisu järv asub Rimmu ürgorus. Järv on ovaalse kujuga. Järve absoluutne kõrgus merepinnast on 45,5m, pindala 193,4ha, keskmine sügavus 2,8m, suurim sügavus 4,3m. Järv on osaliselt soostunud, kaldad madalad ja turbased. Vett toovad järve Vidva ja Kõpu (Savioru) jõgi, Kaarli oja ning kraavid. Suurvee ajal tõuseb veepind meetri võrra, paduvihmade ajal veel rohkem.

Valla teiseks suureks veekoguks on Kariste järv (ka Vana-Kariste järv või Suur- ja Väike-Kariste järv). Suurjärve pindala on 43,8 ja Väikejärvel 12,9 hektarit. Suurim sügavus on 7,2 meetrit. Pikkus on kaks kilomeetrit. Suurjärve ja Väikejärve ühendab järvekael.

Natura 2000 linnu-ja loodushoiualade võrgustikuga on haaratud Halliste vallas Kariste järv ning Õisu maastikukaitseala pindalaga 309 ha, mis koosneb Õisu järvekaitsealast, Õisu pargist, põrguorust ning Ariva metsast.

Põhjavesi on üldiselt pinna lähedal. Kaevude sügavus ei ole tavaliselt üle 4m, kuid on erandeid, kus kaev on kuni 8m (Torimu). Põhjavesi on enamasti pehme ning allikaid leidub Halliste ürgoru nõlvadel. [7]

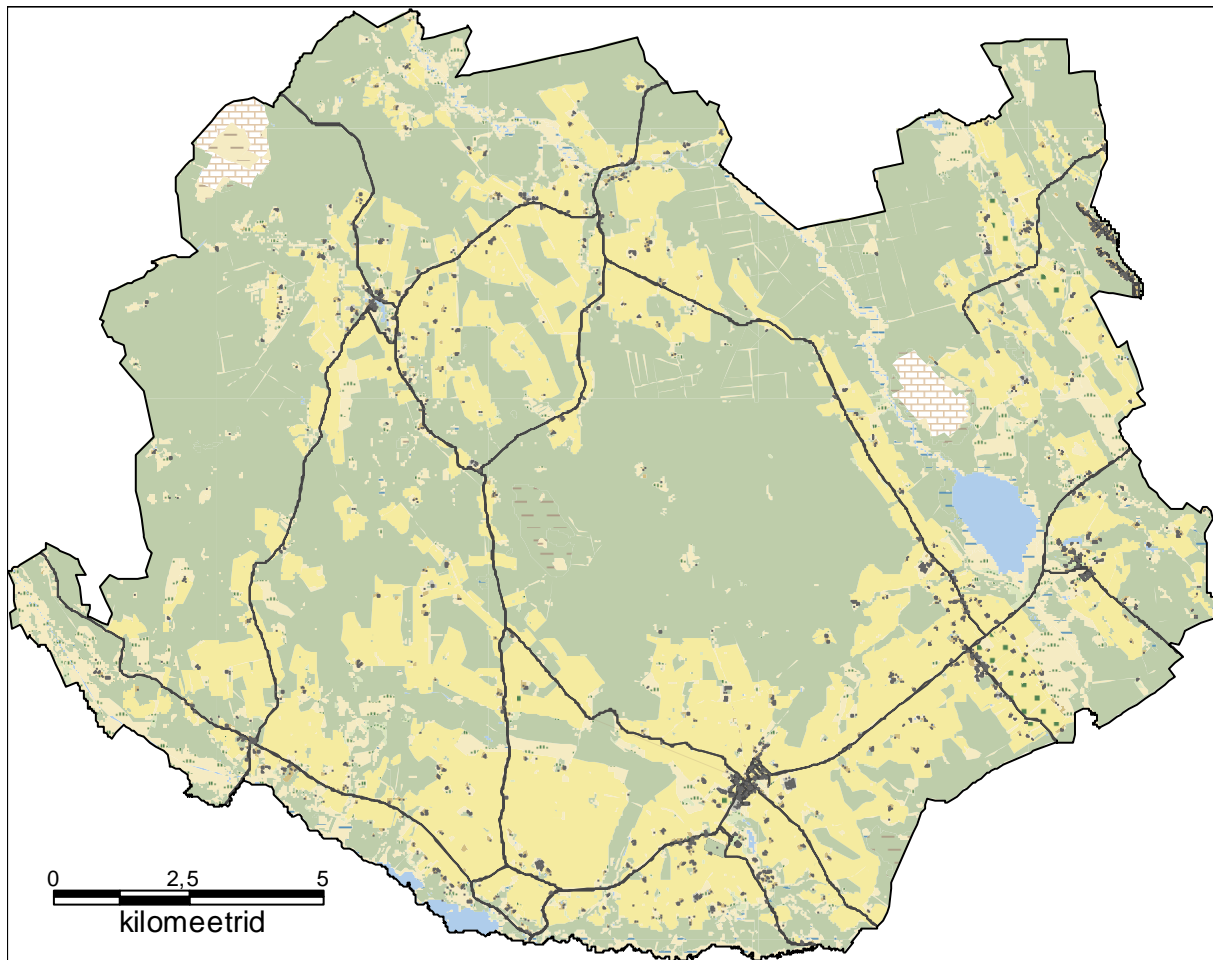
1.6 Maakasutuse jaotus

Päringud on tehtud MapInfo programmis ning on leitud Halliste valla maakasutuse jaotus vastavalt klassidele. Välja on toodud maakasutuse tüübid, nende kogupindala ning protsentuaalne osakaal (vt Joonis 1.4).

Enamik valla pindalast katab puittaimestik üle 55%, millest suurimat osa hõlmab mets ligikaudu 14763 ha. Puittaimestiku klassi kuulub tüübilt ka põõsastik, mis koosneb 102,87 ha Halliste maa-alast. Haritava maa osakaal omavalitsuses on alla 30%, millest suurim osa kuulub põllumaale, ligikaudu 7500 ha. Haritava maa hulka loetakse ka aianduslik maa, mida on Halliste vallas 198,7 ha (vt Tabel 1.2).


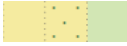






Halliste valla suuruselt kolmas osa kuulub lagealadele, millest enamik katab rohumaa 1656 ha. Teised maakasutuse klassid hõlmavad marginaalset osa Halliste valla kogupindalast.

Jäätmaa ja haljasala on väikseim maa-ala tüüpidest Halliste vallas. Kogu pindalast on nende osakaal vaid 0,06% ehk 14,48 ha.



Joonis 1.4. Halliste valla maakasutuse jaotus

Joonis 1.4 legend:

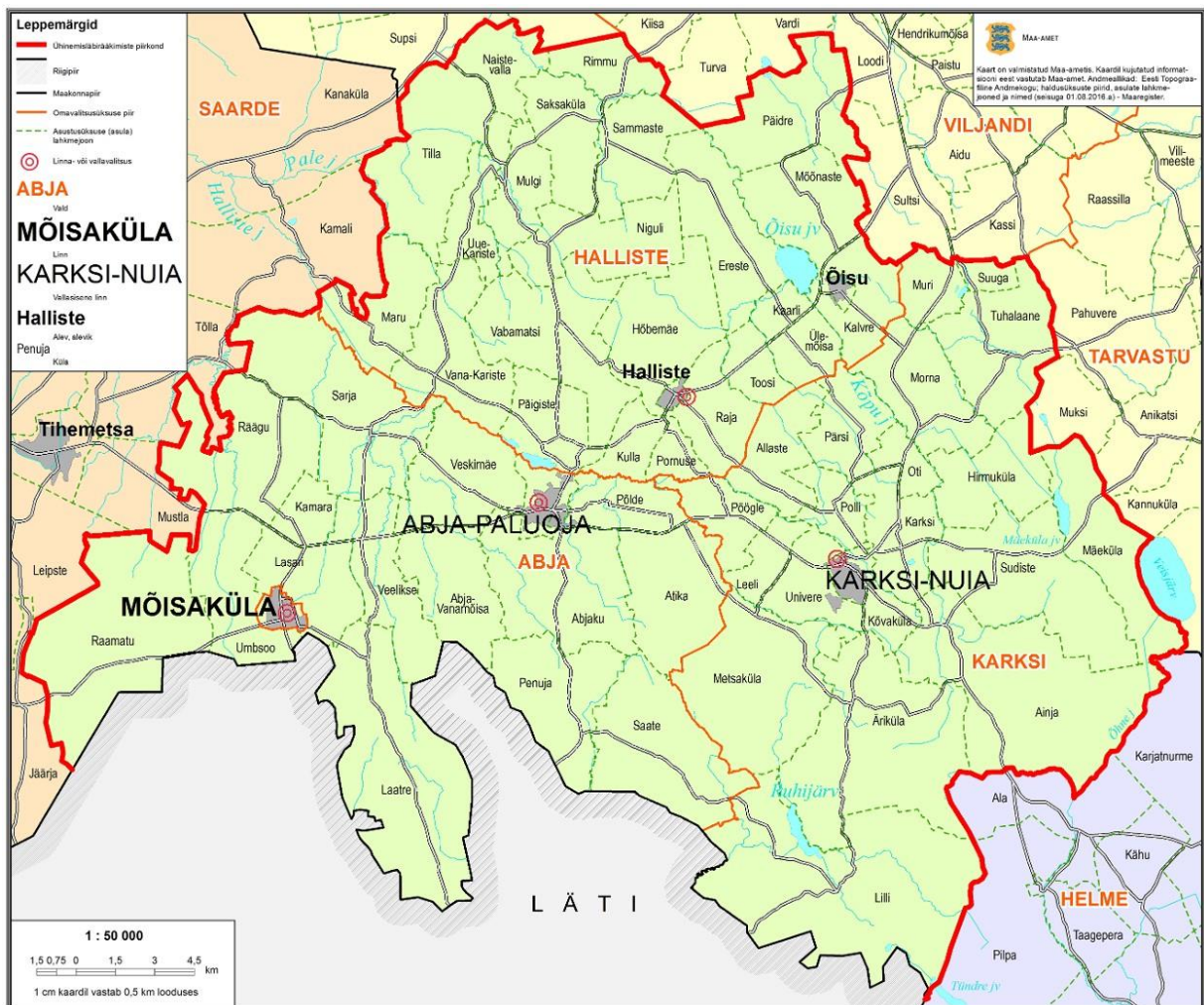
-  - õu; tootmisala; plats/teeala/viadukt
-  - põld; puuvilja- või marjaaed; haljasala
-  - mets; lage ala; meri/seisuveekogu/üle 8m lai vooluveekogu
-  - madalsoo; raba (lage või puistunud); turbaväli / mahajäetud turbaväli
-  - roostik; õõtsik; soovik
-  - rohumaa; põõsastik; kalmistu
-  - liivane ala; klibune ala; jäätmaa
-  - spordiväljak/spordikompleks; karjäär; prügila

Tabel 1.2 Maakasutuse jaotus

Klass	Tüüp	Pindala (ha)	Osakaal (%)
Haritav maa	Aianduslik maa	198.7	28.88
	Põld	7499.37	
Muu kõlvik	Jäätmaa	1.86	0.06
	Haljasala	12.98	
Lage	Rohumaa	1655.75	8.62
	Muu lage	642.49	
Märgala	Madalsoo	465.72	2.79
	Raba	277.25	
Õu	Tootmisõu	40.44	1.43
	Eraõu	340.72	
Seisuveekogu	Tiik	16.3	1.09
	Järv	257.15	
	Paisjärv	13.13	
	Biotiik	1.51	
Puittaimestik	Mets	14762.82	55.77
	Põõsastik	102.87	
Turbaväli		236.72	0.89
Vooluveekogu		41.72	0.16
Tee		85.02	0.32
Kokku		26655.47	100

1.7 Ühinemine

Halliste vald on sõlminud ühinemislepingu Mõisaküla linna, Abja ja Karksi vallaga. Uue omavalitsuse nimeks saab Mulgi vald (vt Joonis 1.5). Ühinenud vald pakub lisa töökohti koduvallas ning see teeb valla jätkusuutlikumaks kui kunagi enne. Mulgi vallas on olemas peaaegu kõik teenused, mida kodanikud vajavad arstiabist rätsepani. Valikuvõimalusi kooli valikuteks on rohkem kui üks ning vallas on palju erinevaid huviringe ja muusikakool. Seega väljavaated valla arengule on pigem positiivsed kui negatiivsed. [8]



Joonis 1.5 Mulgi vald [8]

Haldusreformi seaduse §3 kohaselt peab tuleviku kohaliku omavalitsuse üksuses elama vähemalt 5000 elanikku. Nimetatud miinimumsuurus kujutab endast kompromissi erinevate põhiteenuste osutamise optimaalsete teenuspiirkondade ja kliendibaaside, ametnike kompetentsivajaduse, kohaliku demokraatia toimimise ning finantssuutlikkuse vahel.

Ühinemislepingu õiguslik alushaldusreformi seadus, kohaliku omavalitsuse korralduse seaduse §22 lõike 1 punkt 10, Eesti territooriumi haldusjaotuse seaduse §9¹, kohaliku omavalitsuse üksuste ühinemise soodustamise seadus.

Ühinevad kohaliku omavalitsuse üksused asuvad ajaloolise Mulgimaa territooriumil.

Ühinemise eesmärgid on [9]:

- Terviklik ja loogiliselt hästi toimiv, sotsiaalselt, majanduslikult, kultuuriliselt ja territoriaalselt sidus piirkond, mis võtab arvesse ajaloolist asustust, inimeste igapäevaliikumisi ning seab keskmesse omavalitsuse tasakaalustatud arengu;
- kõigile elanikele kvaliteetsete ja mitmekesiste avalike teenuste osutamine lähtuvalt nende õigustatud vajadustest ja igapäevateenuste pakkumine kodanikule võimalikult lähedal;
- sotsiaalse turvalisuse tagamine;
- suurem esindus-ja osalusdemokraatia, elanikele paremad võimalused omavalitsusüksuse kui terviku toimimise ja arendamise jaoks oluliste küsimuste üle otsustamisel, kodanikualgatusel põhinevate kogukonnapõhiste initsiatiivide esitamisel ja elluviimisel;
- mulgi traditsioonide ja piirkonna arengupotentsiaali parem kasutamine vallaelanike põhjendatud huvide kaitsel ja ettevõtlikkusele soodsa arenguruumi loomine piirkonna maine ja konkurentsivõime kasvatamiseks;
- omavalitsuse parem majanduslik ja poliitiline suutlikkus läbi kompetentse ning motiveeritud ametnikkonna, tõhusa juhtimise ja laialdase koostööpartnerluseni siseriiklikul kui rahvusvahelisel tasandil;
- Viljandimaa ja Mulgimaa tasakaalustatud areng.

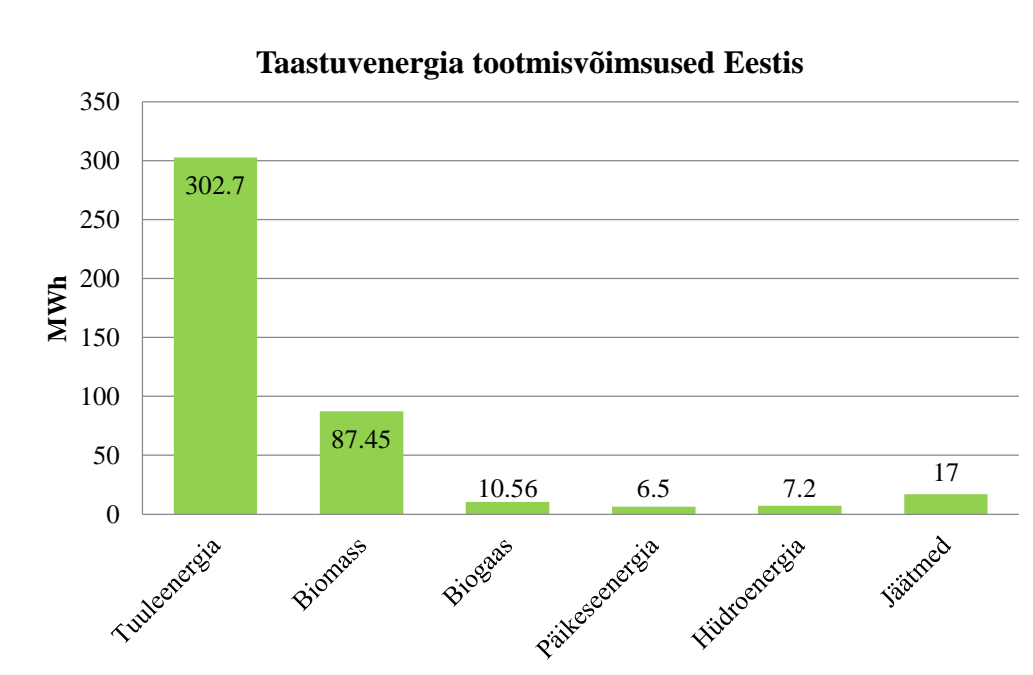
2 Taastuenergia ressursid

Euroopa Liit ja Eesti selle liikmena tähtsustab taastuenergia tootmise ja tarbimise osakaalu kasvatamist mitmel põhjusel. Olulisim neist on keskkonnasaaste vähendamine, seda osana kasvuhoonegaaside vähendamisele suunatud poliitikest. Olulised on ka muud kaalutlused, mida taastuenergia suurem tootmine ja tarbimine aitavad toetada (nagu näiteks energiasääst ning tootmise ja tarbimise suurem efektiivsus, energiajulgeolek, energiavaldkonna innovatsioon ja tehnoloogia arengu soodustamine).

Eesti taastuenergia potentsiaal avaldub eeskätt bioenergiaal baseerivas elektri ja soojuste koostootmises ning tuuleenergiast. Samuti arendatakse väikesemahulist hüdroenergeetikat. [10]

Taastuenergiaressurss ehk taastuenergiaallikas on energiaressurss, mida saab kasutada lakkamatult (nt loodete energia, laineenergia, päikeseenergia, tuuleenergia, geotermiaenergia) või mis taastub ökosüsteemi aineriingete käigus (biomassi energia ja biokütus – puit, pilliroog, energiavõsa, suhkruroog jne), ilma et selle kogus inimtegevuse mõjul kahaneks. [11] Kehtiva Elektrituru seaduse mõistes on Eestis taastuvad energiaallikad vesi, tuul, päike, laine, tõus-mõõn, maasoojus, prügilagaas, heitvee puhastamisel eralduv gaas, biogaas ja biomass. Nendest allikatest toodetud elektrienergia on taastuenergia. [12] Magistritöös käsitletakse neid taastuenergia ressursse, mida on kohalikus omavalitsuses võimalik rakendada ning mille majanduslikku tasuvust ka uuritakse: bio-, hüdro-, tuule- ja päikeseenergia.

Eestis toodetakse taastuenergiast enim elektrit tuuleenergiast (70%). Biomassi osakaal elektri tootmisest on 20%, mille hulka ei kuulu biogaas. Biogaasi arvestatakse Taastuenergia aastaraamatus eraldi ning biogaasist toodetakse elektrit pisut rohkem kui päikese- ja tuuleenergiast. Päikese- ja tuuleenergiast toodetakse 2% elektri kogutootmisest. Jäätmetest saadakse kogutootmisest 4% (vt Joonis 2.1). [13]



Joonis 2.1. Taastuenergia tootmisvõimsused Eestis elektri tootmisviiside kaupa 2015.a [13]

Peatükis käsitletakse Halliste valla ja Õisu aleviku energiaressursse. Hinnatakse energialiikide rakendamise viise ja majanduslikku kasumlikkust. Samuti antakse ülevaade juba kasutusel olevatest energiaallikatest. Lühidalt kirjeldatakse erinevate taastuenergia liikide kasutamist Eestis.

2.1 Bioenergia

Bioenergia on oma olemuselt osa taastuenergiast, mis on omakorda osa koguenergiast ja selle all mõistetakse ka biomassist toodetud energiat: soojust, elektrit ning biokütuseid. [14]

Maaeluministeriumi hinnangul on biomassi kasutusele võtmise eelised energia ja materjali tootmises järgmised:

- aitab parandada energiaga varustuskindlust;
- vähendab sõltuvust imporditavast energiast ja selle hinnakõikumistest;
- loob põllumajandustoodangule uued turuväljundid võimaldades otsetoetuste vähenemise kompensatsiooniks teenida asendus- või lisaissetulekut;
- 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.

Paremate alternatiivide puudumisel tuleb bioenergiat soodustada ja arendada, kuigi see on tavaenergiast kõrgema hinnaga. See on keskkonna säästmise ja sõltumatuse hind.

Vastus tuleb leida küsimusele, milline viis on kõige säästlikum ning ei kahjustataks riigi üldist arengut. Võimalik on tõsta makse – siis muutub bioenergia tootmine tasuvaks. Võib valida ka toetuste maksmise tee, kehtestada kohustusi ja piiranguid.

Ettevõtjate seisukohalt on oluline tegutsemiskindlus, mistõttu on soovitatav turu reeglid kujundada võimalikult pikaks ajaks. Teavitus- ning teadus- ja arendustegevus koos mõjude analüüsiga on siinjuures turu kujundamist toetavateks tegevusteks. [15]

2.1.1 Puit

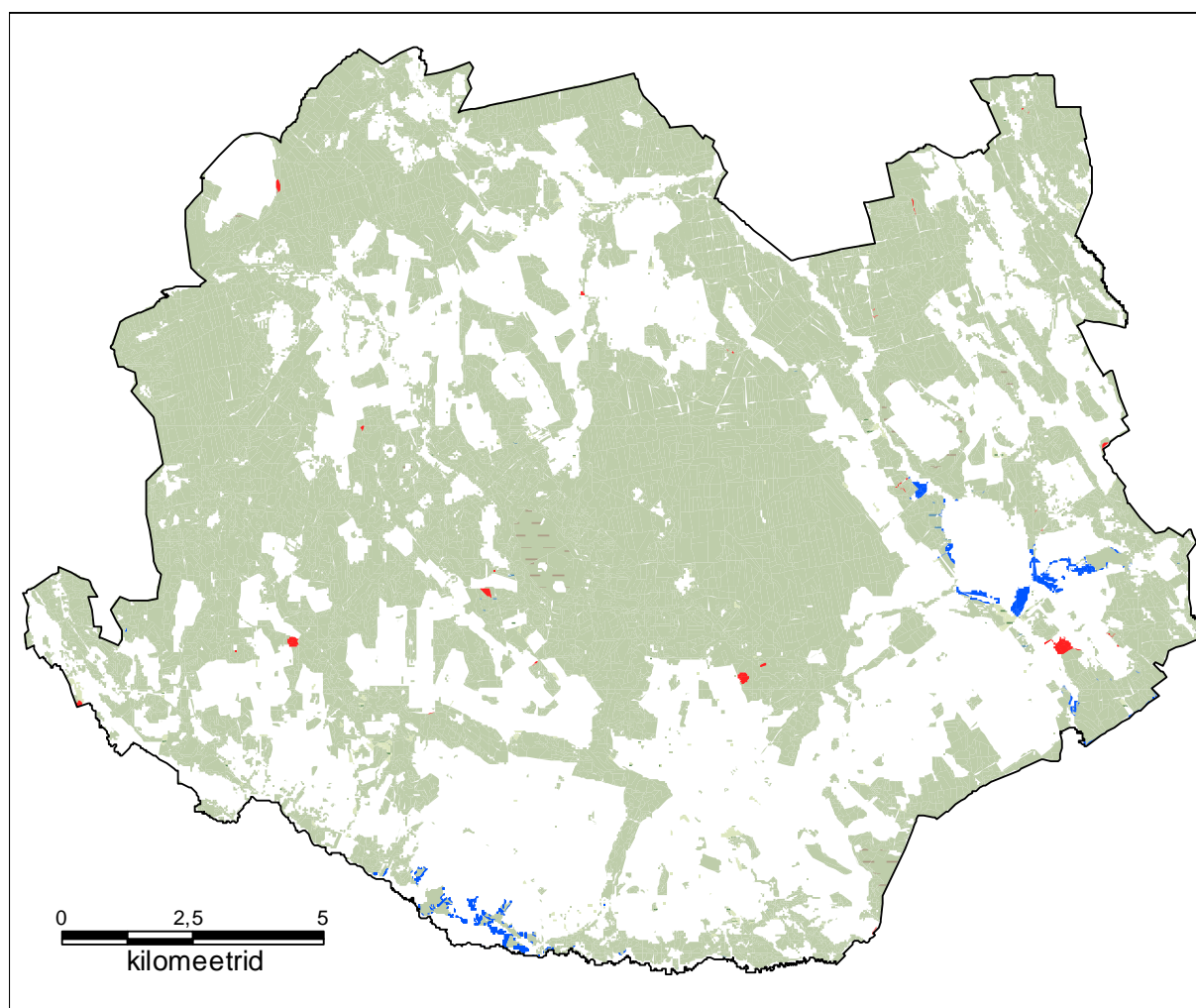
Puidu põletamine on kahtlemata tahke biomassi energeetilise kasutamise suurim valdkond. Puitkütus on küllaltki lihtsalt kasutatav nii kütmiseks ja toiduvalmistamiseks kodumajapidamistes, kuid ka elektrijaamades ja tööstusettevõtetes energia tootmiseks (soojus ja elekter). [16]

Metsamaad on Halliste vallas 16264,9 ha (vt Tabel 2.1). Enamuses on segametsad, milles valitseb kuusk. Segametsad on lodumetsa iseloomuga. Lodumetsad on sega- või kuusemetsad, mis paiknevad liigniisketel aladel, näiteks soos või lodus. Vallas paiknevad ka salumetsad. Esindatud on lisaks pärn, jalakas, haab, pihlakas ja sarapuu. Metsad jagunevad põlisteks metsadeks ja metsastunud aladeks (endised karjamaad, heinamaad ja põllud). [17]

Tabel 2.1 Metsamaa jagunemine erinevate kaitserežiimide vahel

Liik	Pindala, ha	Osakaal, %
Range kaitsega metsad	244,5	1,5
Piirangutega metsad	556,0	3,4
Majandatavad metsad	15464,4	95,1
Kokku	16264,9	100,0

Vallas on rangelt kaitstavaid metsi 244,5 ha ehk 1,5%, mis tähendab seda, et metsamaaga ei tohi midagi teha ning selle ala metsa tootlikus on 0% (vt Joonis 2.2 - punane ala). Piirangutega metsade osakaal on 3,4% (vt Joonis 2.2 - sinine ala). Piirangutega alad on sellised, kust 50% materjalist on kättesaadav. Majandatavate metsade osakaal on suurim 15464,4 ha, sellest metsast on võimalik kasutada 100% kasvavast puidust. (vt Tabel 2.1)



Joonis 2.2 Metsamaa jagunemine erinevate kaitserežiimide vahel

Hakkepuitu kasutatakse Halliste valla ainsas tsentraalkütte katlamajas Õisus. Hakkepuidu eelisteks on see, et tegemist on kohaliku kütusega ning ei sõltu impordist ega rahvusvahelisest olukorrast. Hakkepuidu keskmine kütteväärtus on 2,5-3,2 MWh/m³ kohta. Keskmine niiskus hakkepuidus on tavaliselt 40-50% (Tabel 2.2). [18]

Tabel 2.2 Hakkpuidu omadused [18]

Omadus	Väärtus
Keskmine kütteväärtus	0,7-0,9 MWh/m ³ (puistes), 2,5-3,2 MWh/t
Keskmine niiskus	40-50 %
Tihedus	250-330 kg/m ³
Tuhasisaldus	0,5-2 %

Hakkpuidu puudused [18]:

- Nõudlus hakkpuidu järele on ületamas pakkumist, mis viib hinnatõusule ja muudab keerukamaks kättesaadavuse;
- Hakkpuidu kvaliteet on väga kõikumine;
- Hakkpuidul töötava katlamaja investeeringud on kõrgemad kui vedelkütuse katlamajal;
- Hakkpuidul töötava katlamaja automatiseerimine on keerulisem, kui vedelkütuse katlamajas;
- Hakkpuidul töötava katlamaja soojuskoormuse reguleerimine ei ole nii paindlik kui vedelkütuse katlamaja puhul.

Halliste vallas on majandatava metsa osakaal suur ning ka puidukütte osakaal majade ja hoonete kütmiseks suur. Seega taastuvenergia kasutamine selles valdkonnas on juba kasutusel ning saab kasutada veel rohkem.

2.1.2 Biogaas

Biogaas on anaeroobse kääritamise teel saadud gaasiline kütus, mis koosneb 50-70% metaanist (CH₄), 30-40% süsinikdioksiidist (CO₂) ja teistest komponentidest nagu N₂, O₂, NH₂, H₂S. Biogaasi on võimalik saada loomuliku protsessi käigus soodest, rabadest ja prügilatest ning spetsiaalseid kääriteid kasutades sõnnikust, reoveest, rohtsest biomassist ja teistest biolagunevatest jäätmetest. Saadud biogaasi kütteväärtus jääb enamasti vahemikku 5-7

kWh/m³, sõltuvalt metaani sisaldusest antud biogaasis, mis omakorda sõltub kääritatava materjali toitaine sisaldusest, niiskusest ja jäätmee tüübist. Biometaan on aga puhastatud biogaas, mis sisaldab 96-99% metaani ja on maagaasiga võrdse kütteväärtusega, olles kasutatav kõikjal, kus täna kasutatakse maagaasi.

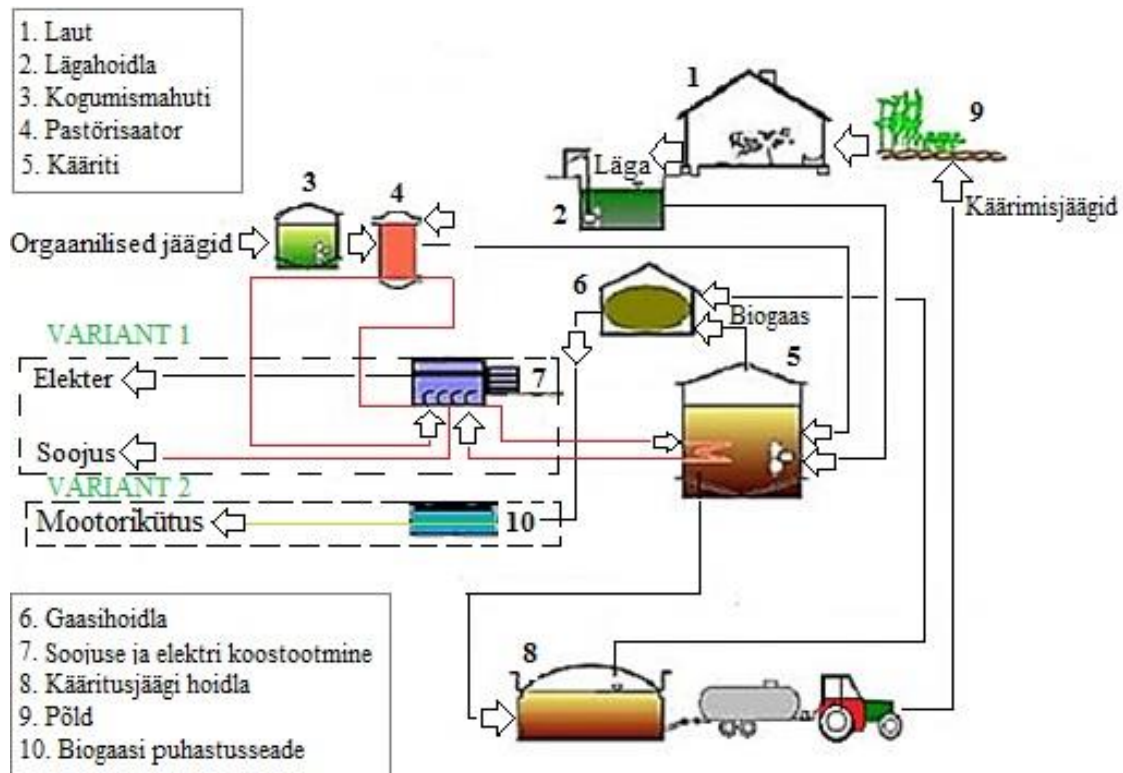
Eestis tegutseb kokku 18 biogaasijaama, nendest viis põllumajanduslikku biogaasijaama, seitse reoveepuhastus ja tööstusreovee käitlusjaama ning kuus prügilagaasi tootmisüksust. [19]

Kääriti on biogaasi tootmise kõige olulisem komponent, biogaasijaama süda. Kääritis sisendtooraineid soojendatakse ja toimub kääritusprotsess. Selle protsessi kaks lõpp-produkti on biogaas ja kääritatud substraat, kusjuures kääriti sisu segatakse pidevalt.

Biogaasi tootmiseks on tänapäeval kasutusel viis põhilist anaeroobse kääriti tüüpi:

- standardtootlikkusega kääriti,
- kõrge tootlikkusega kääriti,
- kaheastmeline kääriti,
- mesofiilne kääriti,
- termofiilne kääriti.

Enamasti toimub biogaasireaktoris anaeroobne mesofiilne protsess ehk temperatuuri vahemikus 35-42°C. Protsessis toodetakse orgaanilisest ainest hapnikuvaeses keskkonnas biogaasi. Antud gaas suunatakse enamasti biogaasireaktori päises olevasse gaasihoidlasse ning sealt koostootmisjaama või puhastusseadmesse, kus biogaasis olev energia muundatakse soojuseks ja elektriks (vt Joonis 2.3 variant 1) või toodetakse biogaasist mootorikütust (vt Joonis 2.3 variant 2). Biogaasireaktorist tulev materjal suunatakse kääritusjäagi hoidlatesse ning kasutatakse põldude väetiseks. Antud protsess hoiab ära metaani kui ühe kahjulikuma kasvuhoonegaasi sattumise atmosfääri, selle põletamisel lendub atmosfääri tekkinud CO₂, mis omab 21 korda väiksemat globaalse soojenemise potentsiaali kui metaan. Kääritusjäagis on seevastu vähenenud ebaseadlike lõhnade kontsentratsioon, samuti patogeene, umbrohuseemnete ja kahjurite hulk. Kusjuures tekkinud orgaanilises väetises on suurem osa toitaineid mineraliseeritud kujul ja taimedele kergemini kättesaadavad. [20]



Joonis 2.3. Biogaasi tootmise põhimõtteline skeem [20]

Töö autor arvutas oletatava biogaasi toodangu omavalitsuses. Vallas on 579 looma, nendest 257 veist, 293 lammast ja 29 siga (vt Tabel 2.3). [21] Halliste vallas tekkiva sõnniku koguse arvutamisel on arvesse võetud loomakasvatushoonete paiknemist, nendes asuvate loomade liiki ja arvu ning pidamise viisi.

Vastavalt Põllumajandusministri 14.07.2014 määruse nr 71 „Eri tüüpi sõnniku toitainete sisalduse arvestuslikud väärtused, sõnnikuhooldlate mahu arvutamise meetodika ja põllumajandusloomade loomühikuteks ümberarvutamise koefitsiendid” Lisa 3 ja Lisa 4-s kirja pandud sõnniku kogustele on saadud aastas tekkiv sõnniku kogus farmis. Vastavalt loomaliigile on leitud sõnnikus sisalduv kuivaine ning selles sisalduv orgaaniline kuivaine. Orgaanilise kuivaine põhjal saab arvutada vastava loomaliigi sõnniku biogaasi teoreetilise potentsiaali. [22]

Omavalitsuse 579 looma sõnniku kogus on arvutuslikult aastas 3842 tonni, millest saab arvutuslikult 32508 m³ biogaasi. Halliste valla potentsiaalne arvutuslik metaani kogus oleks 19525 m³.

Tabel 2.3 Loomühikud ja nende biogaasi toodang aastas

Looma liik	Arv	Sõnniku kogus (t)	Biogaasi (m ³)	Metaani (m ³)
Veis	257	3022	102	61
Lammas	293	410	31996	19197
Siga	29	410	410	267
Kokku	579	3842	32508	19525

Et rajada valda biogaasijaam, tuleks teha suuri investeeringuid. Eelarvet suurendab asjaolu, et vallas on talud hajevil ning sõnniku kokku kogumine on lisakulu. Kuna vallas ei ole suuri farme, kus on lähahoidla, tuleb teha täiendavaid investeeringuid selle rajamiseks. Hoidla peab mahutama vähemalt kaheksa kuu virtsa ja sõnniku. See omakorda muudab investeeringu maksumust veelgi. Suuri investeeringuid ja väheseid loomühikuid arvestades ei ole biogaasijaama rajamine ratsionaalne.

2.1.3 Vedelad biokütused

Vedel biokütus on toodetud otseselt või kaudselt biomassist ja on läbinud mehaanilise, keemilise, termilise või bioloogilise töötuse või eelneva kasutuse. Vedelad biokütused liigitatakse põlvkondade kaupa esimeseks, teiseks ja kolmandaks põlvkonnaks (vt Tabel 2.4). [16]

Tabel 2.4 Biokütuste liigid põlvkondade kaupa [16]

I	II	III
Bioetanool (ETBE) – suhkruid ja täklist sisaldavatest taimedest	Bioetanool-lignotselluloosest materjalist	Biodiislikütus
Biodiislikütus rapsiõlist, sojaõlist, palmiõlist	Bioetanool ja biodiislikütus (Fisher-Tropsch)	Bioetanool
Biogaas biojäätmetest	Bio-DME.	Biovesinik (tsüanobakter otse ja mikroobne süntees – elektolüütiline rakk)
	Biometanool	
	Biobutanool. Biovesinik. Biogaas (süntetiline looduslik gaas)	
	Biodiislikütus (HTU)	

Esimese põlvkonna bioetnool saadakse suhkruid ja tärklis sisaldavatest taimedest. Tooraineks on suhkrupeet, kartul, suhkruroog, mais, nisu jt teraviljad. Teise põlvkonna bioetanooli saadakse lignotselluloosest materjalist, milleks on näiteks õled ja puit. Teise põlvkonna biodiisli kütuseid on kaks. Üks on toodetud Fisher-Tropsch tehnoloogiaga, teine *Hydro Thermal Upgrading* tehnoloogiaga. [16]

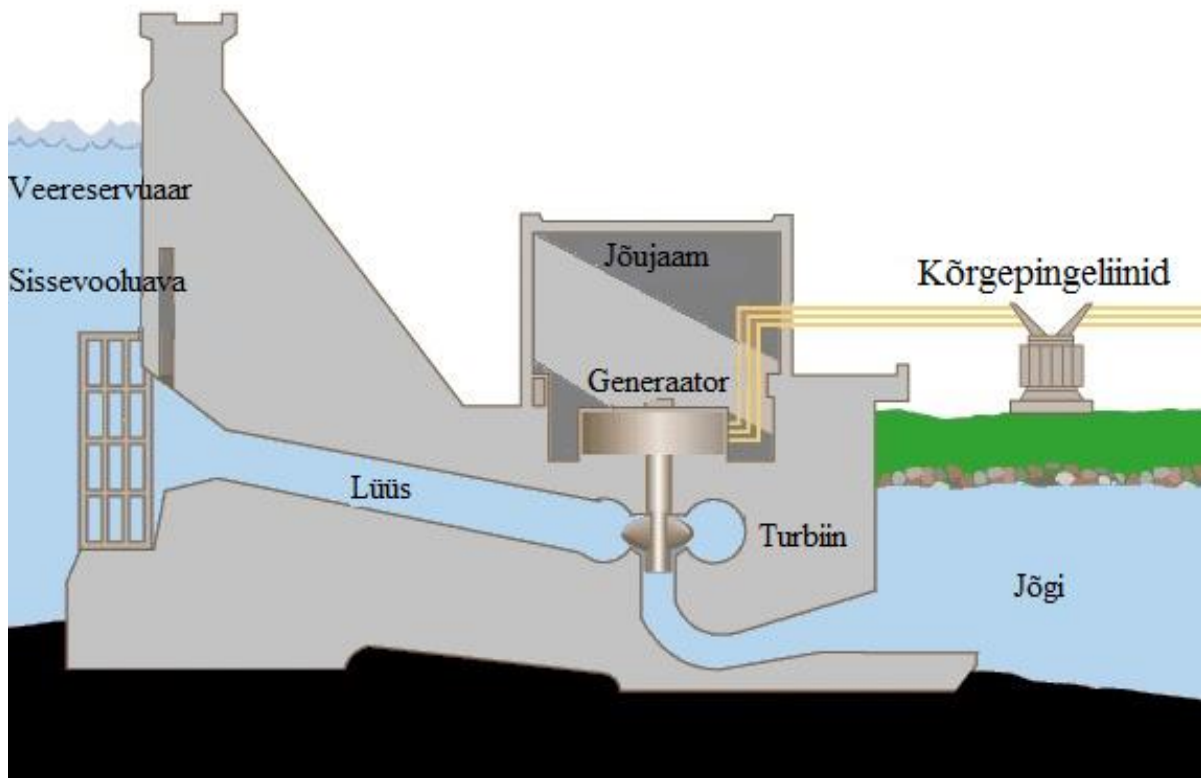
2.2 Hüdroenergia

Hüdroelektrijaam (edaspidi HEJ), teisisõnu ka veejõujaam või hüdrojaam on elektrijaam, milles vee potentsiaalne energia muundatakse elektrienergiaks. Hüdrojaamad ja neis sisalduv tehnoloogia on vastupidavamad, kui teised taastuenergia talletamise seadmed, näiteks tammide elueaks on arvestuslikult 60-80 aastat, seadmete puhul küündib see 40 aastani. [23]

Reeglina ehitatakse hüdroelektrijaamad suurtele jõgedele, kus paisuga ülespaisutatud vesi paneb langedes pöörlema hüdroturbiinid koos elektrigeneraatoritega (vt Joonis 2.4). Tamm tõstab vee veetaset, et luua langevat vett, samuti on tammi ülesanne juhtida vee liikumist. Moodustuv reservuaar peidab endas kineetilist energia. Turbiini labade vastu tõuklev vesi sunnib turbiini pöörlema. Turbiin muundab langeva vee kineetilise energia pöörlemisliikumise energiaks. Generaator omakorda muundab mehaanilise energia elektrienergiaks. Kõrgepingeliinid juhivad hüdroelektrijaamast elektrienergia tarbijateni.

Nende ehitamine on aeganõudev ja kulukas (mahukad mullatööd ja betoonitööd paisude ehitamisel), kuid energia omahind on suhteliselt madal, sest ekspluatatsioonikulud on väikesed ning ei teki õhu saastet. [24]

Hüdroelektrijaamade kõige suuremaks keskkonnamõjukuks on muidugi kalade liikumise piiramine, lisaks veel jõgede veerežiimi muutused, jaama tööga kaasnevad müra ja vibratsioon ning reostuse oht. Hüdroelektrijaama tegevus võib mõjutada piirkonna maakasutust.



Joonis 2.4. Hüdroelektrijaama skeem [25]

Eesti suurimad on Eesti Energia Linnamäe ja Keila-Joa hüdroelektrijaamad (võimsus kahe peale kokku 1,5 MW). Kõige rohkem jaamu asub Harjumaa jõgedel. 11 jaama koguvõimsus on 4881 kW. Põlvemaal üheksa HEJ, koguvõimsusega 1111 kW. Üldse on Eestis umbes poolsada tegutsevat hüdroelektrijaama. Narva jõel asuv 125 MW võimsusega Narva HEJ kuulub riikidevahelise kokkuleppe kohaselt Venemaale. [23]

Vesi on kohalik energiaallikas ning veevarude kasutamine elektritootmiseks ei ole Eestis maksustatud. [26]

Hüdroenergia ressursside laiemat kasutuselevõttu Eestis ei prognoosita, kuna hüdroelektrijaamade arendamisega kaasnevad keskkonnaprobleemid. Eesti Energiamaajanduse Arengukava koostamisel leiti, et Eestis on võimalik saavutada kuni 15 MW-ne hüdroenergia maht. Hüdroenergia alla kuuluvad seejuures ka pumphüdroakumulatsiooni jaamad, mis on energiasalvestamise seadmed, mida Eestis on võimalik rajada sügavale maapõue reservuaaridesse. [27]

2.2.1 Kaarli ja Õisu

Halliste vallas on kaks hüdroelektrijaama (edaspidi HEJ), mis mõlemad toodavad ja müüvad elektrienergiat võrku.

Õisu HEJ on ehitatud algselt 1900 aastatel ning on muinsuskaitse all (vt Joonis 2.5). [28] HEJ installeeritud võimsus on 35 kW. Elektritootmise ja -müümisega alustati uuesti 2004. aastal (Eesti Energia, Elering), millele lisandus taastuenergia tasu, mida anti 12 aastat. Ilma taastuenergia toetuseta on elektri tootmine muutunud ebaotstarbeliseks. Kulud HEJ käitamiseks on suuremad kui müügist saadav tulu. Kuna käitamisega seotud kulud ei ole suured, siis elektrienergiast müüdiv tulu, ilma taastuenergia toetuseta, on marginaalne.



Joonis 2.5 Õisu mõisa hüdroelektrijaam [29]

Kaarli HEJ hakkas omatarbeks elektrit andma 1995. aastal, installeeritud võimsusega 3 kW, tootja enda sõnul ei tasu, tema väikeste tarbimisharjumuste juures, elektri tootmine ära ning seetõttu otsustas toodetud elektri Eesti Energiale müüa alates 2003. aastast. Seni kuni toetati elektri tootmist taastuenergia tasuga oli ettevõtmine kasumlik, kuid nüüd on ettevõtmine sama ebapraktiline kui Õisus. HEJ asub Kõpu jõel.

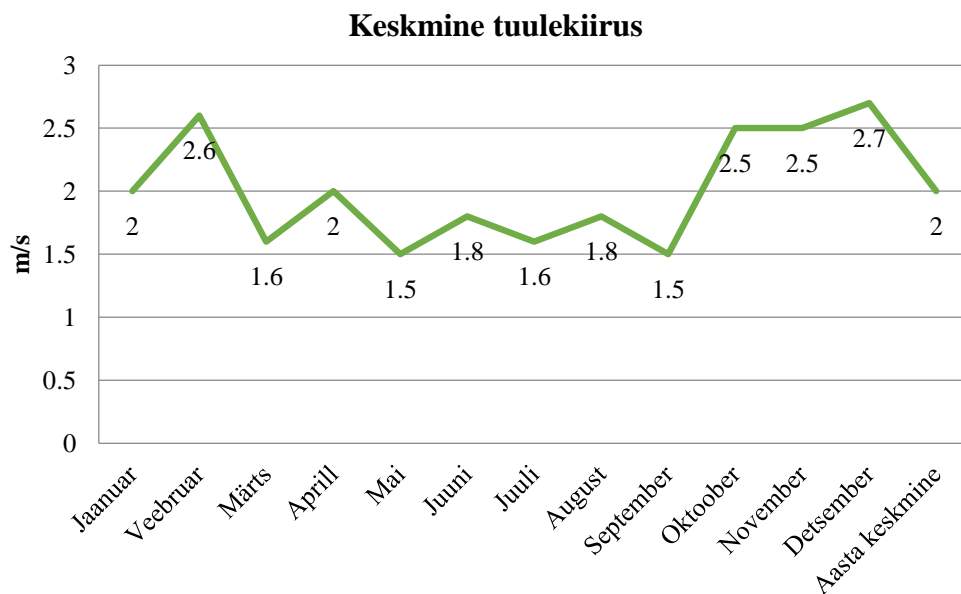
Mõlema HEJ omanik on Urmas Roosmaa, kes toob välja ühe väga olulise aspekti, mis pärsib elektrijaamade ehitamise ning vanade tammide rekonstrueerimist. Keskkonnakaitse ja -sääst on järjest enam huviorbiidis ning jõgedelt likvideeritakse vanu tamme, kuna see hävitab või muudab veekogude ökosüsteeme. Väga keeruline on praegusel ajal saada jõe paisutamiseks

luba, kui mitte võimatu. Tootja sõnul maksab veeloa taotlemine 700€, mille käigus hinnatakse hüdroelektrijaama keskkonnamõjusid. See on kulu on suur, arvestades marginaalseid sissetulekuid. Arvestades tulusid ning kulusid on Eestis mikrotootmine hüdroelektrijaamades ainult entusiastide pärusmaa. [30]

2.3 Tuuleenergia

Tuuleenergia potentsiaal Eestis on suur, kuid seda eelkõige ranniku aladel. Eestis on tuulegeneraatorite installeeritud võimsus 309,96 MW ning tuulikuid on kokku 139. Nendest 98,5% on ehitatud rannikualadele. Sisemaale on ehitatud ainult kaks tuulikut, üks nendest Aburis, teine Sanglas. [31]

Viljandimaal oli 2016. aasta keskmine tuulekiirus 2 m/s (vt Joonis 2.6). Tuuliseim aeg oli oktoobrist detsembrini ning erandiks oli ka veebruar.



Joonis 2.6 Keskmine tuulekiirus Viljandimaal 2016. aastal [32]

Järgmises alapunktis vaadeldakse tuuleenergiat iseloomustavaid näitajaid ning hinnatakse tuulegeneraatori paigaldamise võimalusi ning ratsionaalsust Halliste vallas.

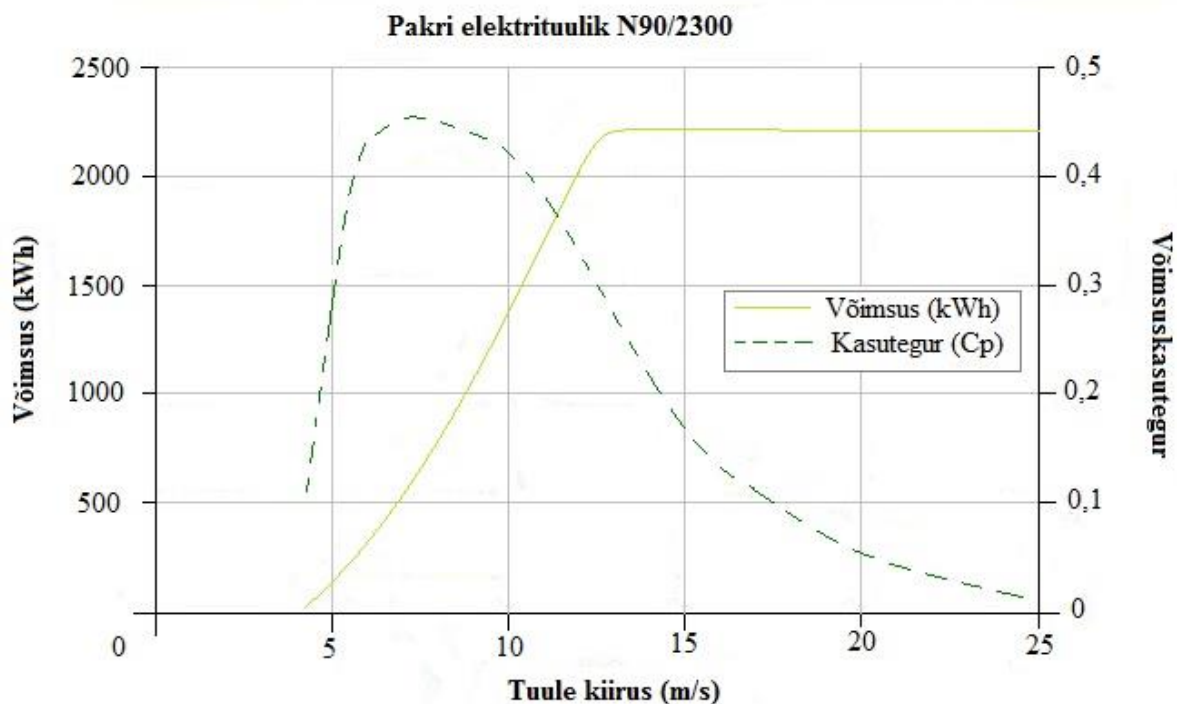
2.3.1 Omadused

Tuuleenergiat iseloomustavateks omadusteks on kasutegur ja võimsuskasutegur. Tuule kineetilise energia muundamist kasulikuks pöörlemiseks hinnatakse kasuteguriga. Kasuteguri ja tuulegeneraatori võimsuse hindamisel saadakse suurus, mida nimetatakse võimsuskasuteguriks.

Hindamaks tuulegeneraatorite kasutegurit (C_p) on väärtus piiratud "Betz'i limiidiga", mis on 59% ($C_p=0,59$). Betz'i seadus tõestab, et teoreetiliselt on kuni 59% tuule kineetilisest energiast võimalik muundada kasulikuks pöörlemiseks. Praktikas tuleb aga arvestada muude kaasnevate kadudega: labade aerodünaamikast tulenevad kaod, elektritootmise kaod, turbulents.

Isevalmistatud- ja vertikaalteljelistel (VAWT) elektrituulikutel jääb maksimaalvõimsuse kasuteguri väärtus vahemikku 0,05-0,2. Kvaliteetsetel väikestel generaatoritel on maksimaalvõimsuse kasutegur 0,2-0,35. Suurtel elektrituulikutel on C_p keskmise tuulekiiruse juures 6-9 m/s optimeeritud maksimaalseks, ulatudes umbes 0,48-0,5-ni, suurematel ja väiksematel kiirustel aga jääb 0,3 ringi. [33]

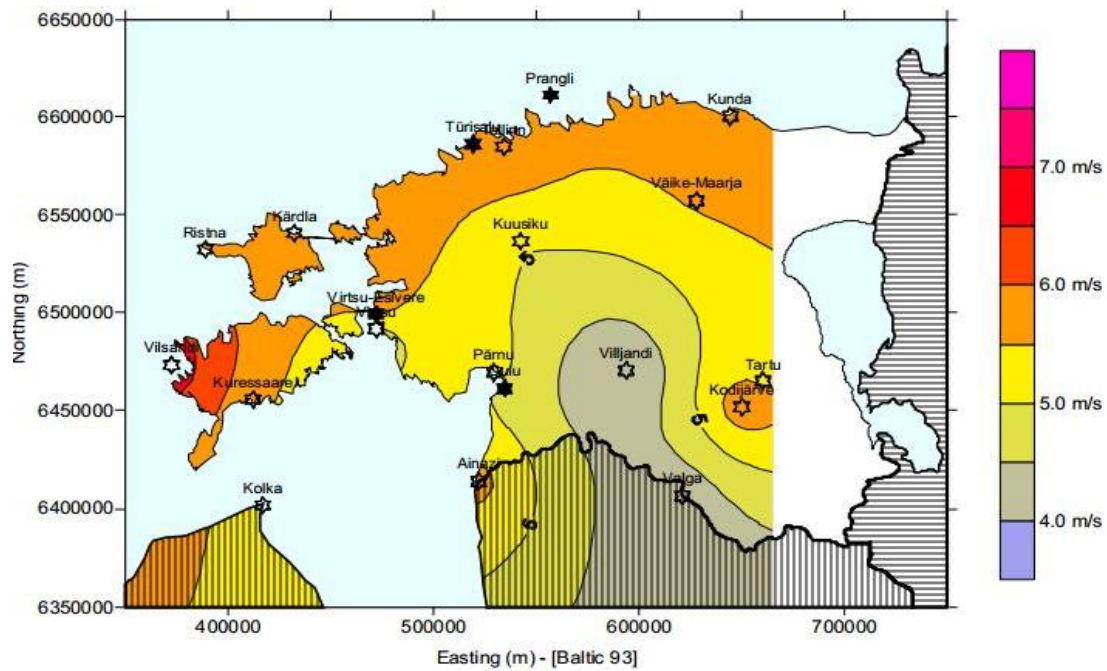
Hindamaks elektrituulikute võimsuskasutegurit on näiteks võetud Pakri tuulepargi elektrituulik N90/2300 (vt Joonis 2.7). Joonisel on võrreldud elektrituuliku kasutegurit võimsusega. Neid kahte parameetrit võrreldes saab teada, millise kiiruse juures tuulik saavutab oma maksimaalse võimsuskasuteguri. 2500 kW elektrituuliku maksimaalne võimsuskasutegur saavutatakse tuulekiirusel 5-10 m/s. Selline keskmine tuulekiirus on ka üldiseks rusikareegliks tuulikute paigaldamisel. Elektrituuliku paigaldamine kohta, kus keskmine tuulekiirus jääb alla 5-10 m/s täiesti ebaratsionaalne. [34]



Joonis 2.7. Pakri tuuliku võimsuskasutegur [34]

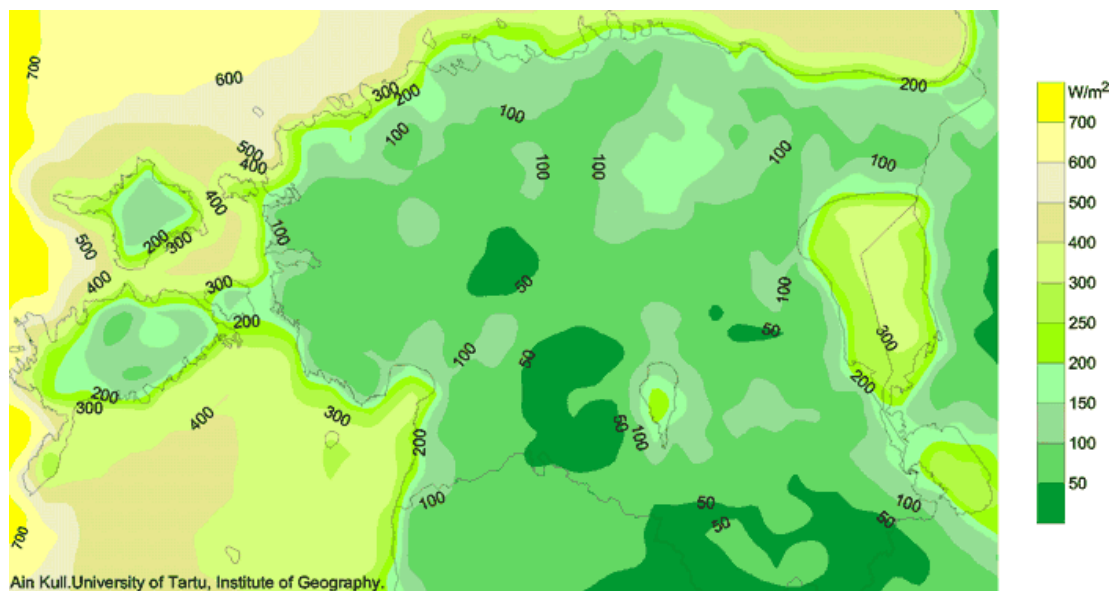
Halliste vald asub Viljandi maakonnas, mis on üks tuulte vaesemaid maakondi Eestis, kus tuulekiirus 50 meetri kõrgusel jääb kuni 4 m/s (vt Joonis 2.8). Võimsuskasutegurit selgitava joonise kohaselt ei ole tuulegeneraatori paigaldamine antud omavalitsusse ratsionaalne. Nõrga tuulega ei saavuta elektrituulik ka akude laadimiseks vajalikku pinget ja seega võrdub tootlikkus nulliga. [33]

On-grid ehk üldvõrguga seotud lahenduse puhul on väikese tuulegeneraatori kasutamine majanduslikus mõttes küsitav, kuna aasta keskmine tuule kiirus peaks olema paigalduskohas 4,5 m/s või suurem. Sellise tuule kiirusega kohti on Eestis eramajapidamiste lähedal üliharva. Üldjuhul on sellised kohad rannikuäärsed tuulte avatud alad. [35]



Joonis 2.8. Tuule kiirus 50m kõrgusel [36]

Kolmanda omadusena vaadeldakse omavalitsuses tuule energiatihedust. Energiatihedus on energia salvestusvõime massi/mahuühiku kohta. [37] Uuritava omavalitsuse energiatihedus 30 meetri kõrgusel on vahemikus 50-100 W/m² (vt Joonis 2.9).



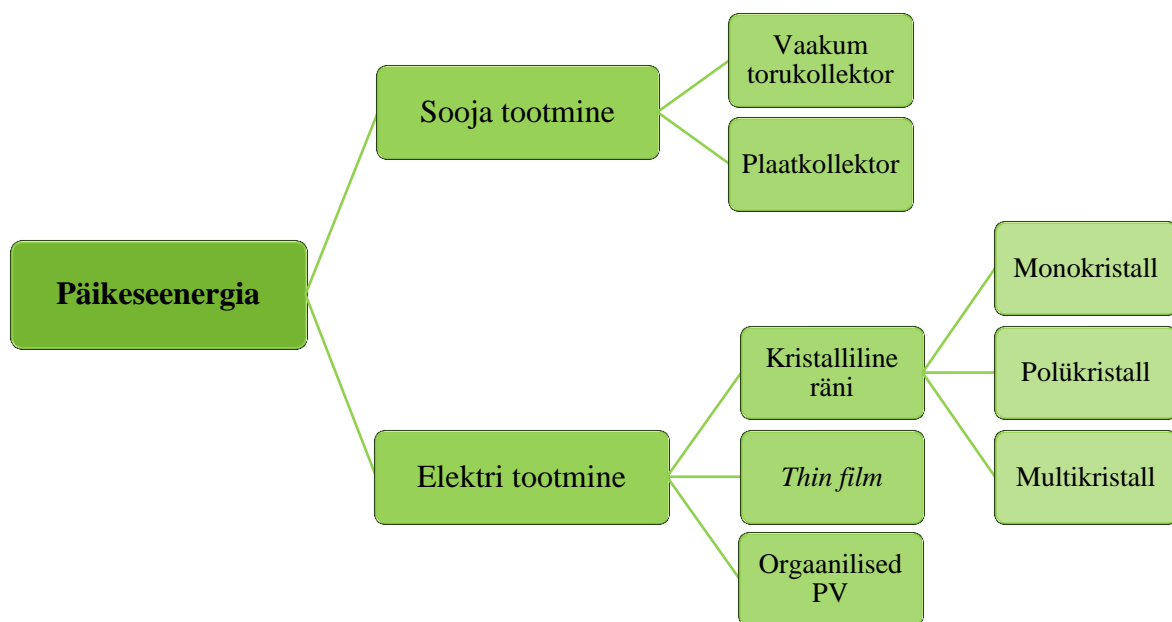
Joonis 2.9 Energiatihedus 30m kõrgusel [38]

Off-grid süsteemis on mini-väiketuuliku kasutamine ratsionaalne kui aasta keskmine tuule kiirus on paigalduskohas vähemalt 3,5 m/s. [35]

Kuna tuulekiirused erinevatel kõrgusetel ja salvestusvõime ruutmeetri maapinna kohta, on võrreldes kogu Eestiga suhteliselt madal siis Halliste valda või Õisu aleviku lähisteleva on *on-grid* või *off-grid* tuulikute rajamine äärmiselt ebaratsionaalne.

2.4 Päikeseenergia

Päikeseenergiat saab kasutada soojusenergia või elektrienergia tootmiseks (vt Joonis 2.10). Päikesekiirgust iseloomustab perioodilisus ja juhuslikkus: summaarne päikesekiirgus selgel ning pilvisel suvepäeval võib Eestis kordades erineda. Sealjuures oleneb realselt soojus- või elektrienergiaks muundatav ressurss suuresti geograafilisest asukohast ja kohalikest kliimatilistest tingimustest. [39]

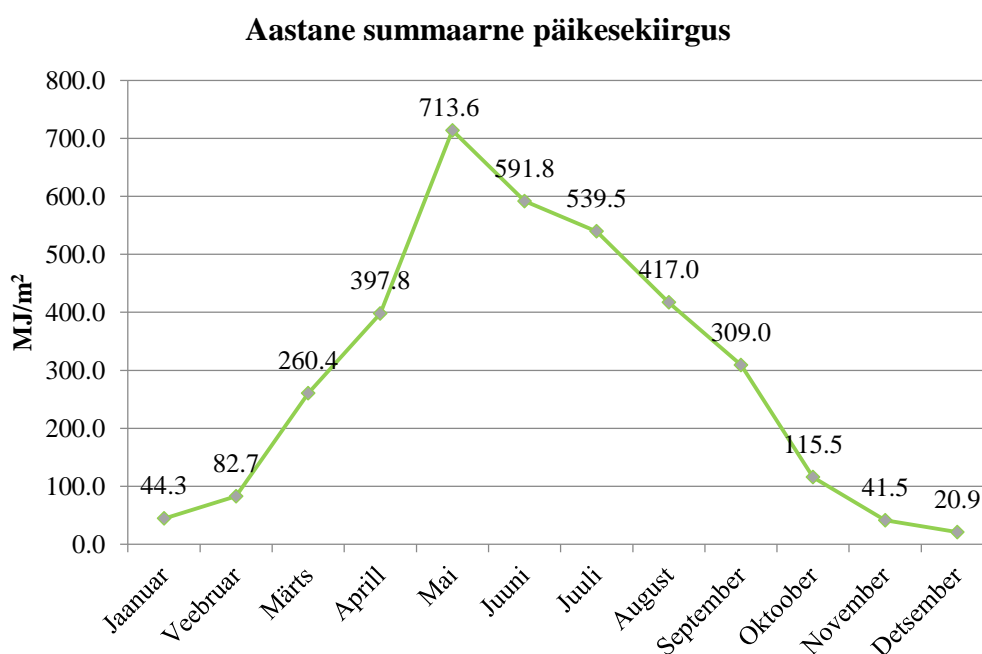


Joonis 2.10. Päikeseenergia kasutamise võimalused ja paneelid [40]

Päikeseenergiast domineerivad valdavalt väiketootjad, kes toodavad elektrit endale või need, kes müüvad elektrit võrku ja saavad tootmise eest taastuvenergiatoetust. Eleringi andmetel

läheneb päikesepaneelide omanike arv 700, kes saavad taastuvenegiatoetust elektri müümise eest võrku. [41]

Saksamaa on suurim päikeseenergia tootja maailmas ja seal asub ca 50% kogu maailma päikeseelektrijaamadest. Kui võrrelda päikesepaneelide tootlikkust Eestis ja Saksamaal, siis aasta lõikes on see sama. Eestis on päikeseenergiat küll vähem, aga seda kompenseerib keskmisest madalam õhutemperatuur, mis omakorda tõstab päikesepaneelide efektiivsust. Eesti eripäraks on, et talvekuudel langeb päikesepaneelide tootlikkus oluliselt ehk perioodil märts kuni oktoober toodavad päikesepaneelid 90% kogu aastasest energia kogusest (vt Joonis 2.11. Summaarne päikesekiirus 2016. aastal Tõravere mõõtepunkt Joonis 2.11). [42]



Joonis 2.11. Summaarne päikesekiirus 2016. aastal Tõravere mõõtepunkti andmetel [32]

Halliste vallas on summaarne päikesekiirus kõige suurem mais. 2016. aastal ulatus see 713,6 MJ/m² kohta. Madalaim oli see detsembris, ainult 20,9 MJ/m² (Joonis 2.11).

Päikesekiirgusest saadav energia on sobilik sooja tarbevee või elektri tootmiseks, samuti õhksoojuspumpade ja maakütte puhul kombineeritud küttelahendusena. Soojusenergia tootmise puhul kasutatakse mõistet päikesekollektor (päikeseküte), elektrienergia tootmise

puhul mõistet päikesepaneel. [43] Rohkem on Eestis on enam levinud soojavee päikesekollektorid ja vähem päikeseenergiast elektri tootmine. [44]

2.4.1 Elektri tootmine

Päikesepaneelide puhul iseloomustab efektiivsus protsentuaalselt päikesepaneeli võimet päikeseenergiat ümber muundada elektrienergiaks. Monokristallidest elementide efektiivsus on suurusjärgus 11-17%, polükristalsete päikesepaneelide efektiivsus aga 11-15%. Monokristalliliste päikesepaneelide tootmine on kulukam, sest kasutatakse suurte tahvlitena toodetud räni (lõigatakse päikesepaneelide suuruseks). Polükristallilised päikesepaneelid on odavamad, sest kasutatakse omavahel ühendatud väiksemaid elemente. Kõige enam on levinud mono- ja polükristallpaneelid, mille tootlikkus Eestis on samaväärne. Polü- ja monokristallilised paneelid suudavad toota elektrienergiat ka nendel päevadel kui puudub otsene päikeseikiirgus.

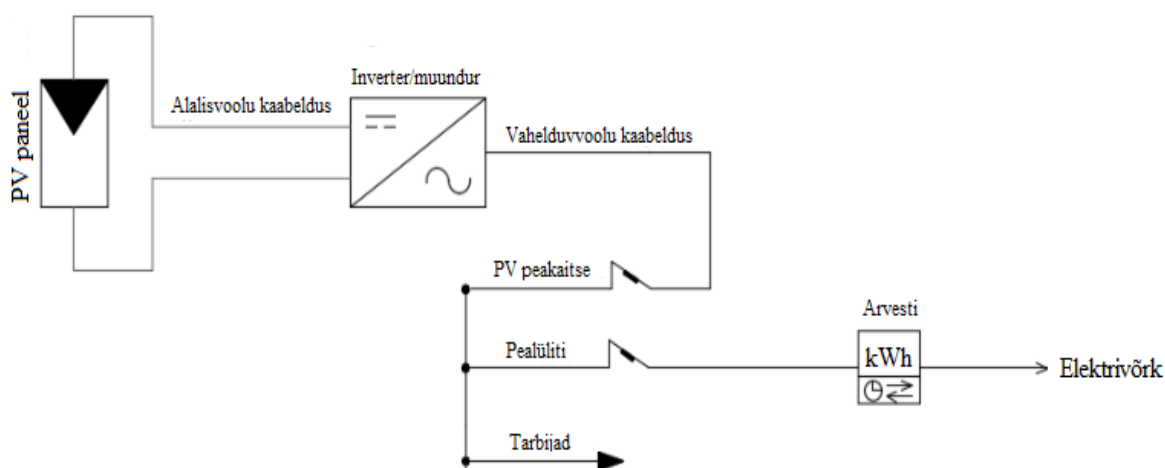
Thin film ehk õhukesekileliste päikesepaneelide efektiivsus jääb vahemikku 3-11%. *Thin filmi* peamised eelised on madal tootmiskulu ja kasutamise mitmekülgsus, sest neil puudub kristalliline struktuur ning kile kantakse otse erinevatele materjalidele. Kilepaneelide peamiseks puuduseks on nende väike kasutegur võrreldes teiste päikesepaneelide tüüpidega ning samuti ei suuda kilepaneelid toota elektrienergiat, kui puudub otsene päikeseikiirgus.

Päikesepaneelide eelisteks on see, et energia tootmine langeb kokku büroohoonete, turismitalude jm sarnase tarbimismustriga hoonete tarbimisega ning PV-süsteem aitab siluda päevaseid tarbimise tippe. [44]

Samuti saab välja tuua ka erinevaid puuduseid, mis päikesepaneelidel esineda võivad [44]:

- talvel ja suvel energia tootlikkuses sõltuvalt kaldenurgast ja päikese järgitavusest 20-50 kordne vahe
- suvine soojus suurendab ja talvine jahedus vähendab kadusid
- väikese kaldenurgaga paneelidel on talvine hoolduskulu suurem ja energiatootlikkus väiksem
- Eestis on hajutatud kiirguse osakaal suur, seega järgivajamite tasuvus küsitav
- madalad kasutegurid (tänapäeval hetkel 5-20%)

On-grid ehk võrguga otseselt ühendatud päikeseelektrisüsteem, on kõige laialdasemalt kasutusel olev lahendus. Süsteemi ülesehitus on lihtne ja kõige odavam variant võrreldes teiste lahendustega (vt Joonis 2.12). Päikesepaneelidest saab võrguinverter alalisvoolu toite, mille ta muundab vahelduvvooluks. Inverteri vahelduvvoolu väljund ühendatakse liitumise peakaitsemega. Kogu päikesepaneelide poolt toodetud päikeseelekter tarbitakse esmajärgus ära enda tarbijate poolt. Ülejääv elektrienergia suunatakse tagasi võrku ja puuduolev võetakse võrgust. Kui peaks tekkima võrgukatkestus siis süsteem lülitab end välja ja tarbijateni ei jõua elekter. Põhjus on selles, et inverter töötab ainult võrgusagedusega, sest ta ei suuda ise endale 50Hz-list sagedust tekitada. See on ka üheks suurimaks miinuseks võrguga ühendatud süsteemi puhul. Teiseks murekohaks on tasuvuse pikenemine. Kui toimub võrgukatkestus, lakkab kogu süsteem töötamast ja rentaablus väheneb. Süsteem sobib enim kasutusele kohtades, kus ei esine palju elektrikatkestusi või investeeringu objektidena, kuna algfinantseering pole väga suur. [45]

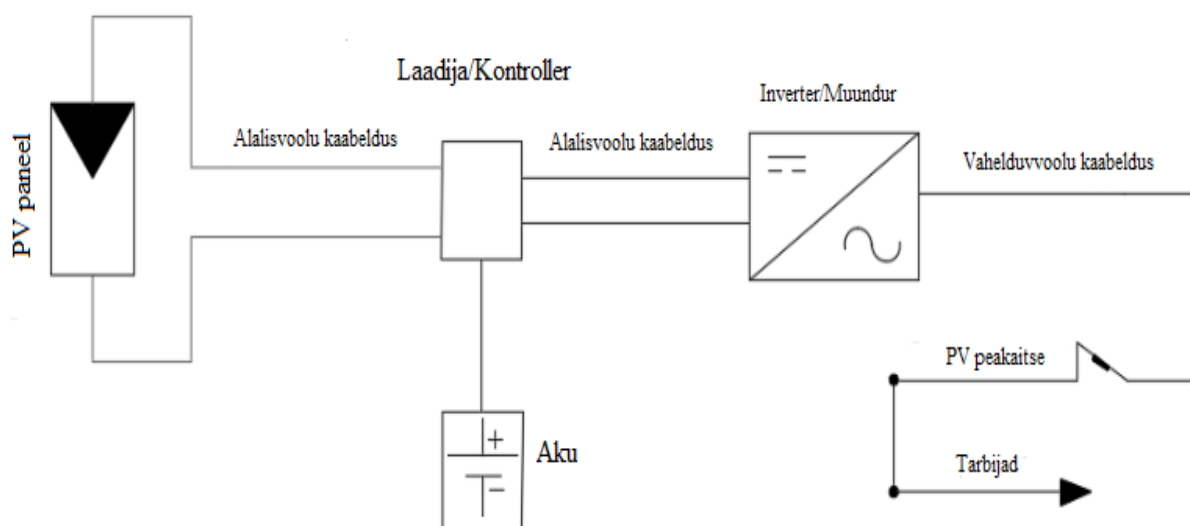


Joonis 2.12 On-grid päikeselektrijaama põhimõtteline skeem [45]

Päikeselektrijaamad toodavad elektrit nii otsese kui ka hajusa päikese kiirgusega. Toodetud elektrienergia edastatakse hoone elektrikilpi, mis töötab paralleelselt elektrivõrguga. Kui hoonel on päikeseelektri toodangust suurem või sellega võrdne tarbimine, läheb kogu toodetud energia hoonesse. Kui elektrienergiat toodetakse rohkem kui ise ära tarbitakse, liigub ülejääv energia läbi arvesti elektrivõrku. Päikeselektrijaamaga ühendatud kaugloetav elektrimõõtja edastab tunnipõhiselt elektrinäidu elektri liikumisest ning selle põhjal saadetakse elektrienergia müügi-ostu arve, mis suvekuudel võib olla ka miinusmärgiga.

Samuti jagatakse nende andmete põhjal riiklikku taastuvenergia toetust 53,7 eurot toodetud megavatt-tunni kohta.

Off-grid ehk autonoomne päikeseelektrisüsteem on üldvõrgust täiesti sõltumatu (vt Joonis 2.13). *Off-grid* on laialdasemalt kasutusel piirkondades, kus pole välja ehitatud elektrivõrku või on palju katkestusi. Eesti kontekstis on mitu põhjust, miks soovitakse rajada võrgust sõltumatut päikeselektrijaama. Üks põhjustest on võrguga liitumise hind, mis jääb tavaliselt suuremaks kui rajada endale korralik *off-grid* süsteem. Teine põhjus on Elektrilevi OÜ arengusuund kaotada ära pikad ja aegunud liinid, mis varustavad väheseid tarbijaid. Tihipeale tulevad liini ehituse ja hooldus kulud kallimad, kui paigaldada autonoomne elektrisüsteem. [45]



Joonis 2.13 *Off-grid* päikeseelektrijaama põhimõtteline skeem [45]

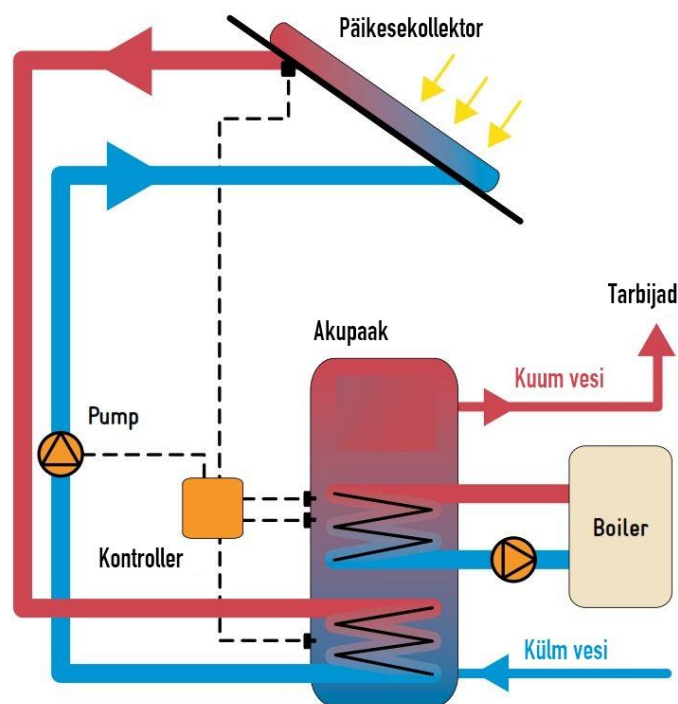
Päikeseelektrijaamad, mis toodavad elektrit üldvõrku jagunevad suuruse järgi kaheks: mikrotootjad võimsusega kuni 11 kW ning üle 11 kW võimsusega päikeseelektrijaamad. [46]

Off-grid lahenduse puhul ei ole vajalik elektrienergia pakkujaga sõlmida elektritootjaga leping, kuna tootmine toimub omatarbeks ning süsteem on võrgust täiesti sõltumatu. Kõik, mis saadakse, kasutatakse ise ära. Seetõttu pole ka oluline kinni pidada 11 kW tootmiskiirangust. [45]

2.4.2 Sooja tootmine

Päikesekollektori süsteem koosneb soojusvahetina töötavast kollektorist, torustiksüsteemist, milles ringleb soojuskandja, ja akumulatsioonipaagist, kust tuleb külm ning kuhu juhitakse kollektoris soojenenud vesi.

Süsteemi tööd kontrollivad temperatuuriandurid, et vältida vee keema minemist või vajadusel suunavad vee kütmise üle muule süsteemile. Külma vesi jõuab kollektorisse pumba abil. Süsteemi osad on: kollektor, soojuskandja, torustik, akumulatsioonipaak ehk akupaak, temperatuuriandurid, pump. Päikesekollektorsüsteemi lihtsustatud variandis kasutatakse soojuskandjana vett ning see süsteem toimib piirkondades, kus aastane temperatuur püsib ühtlane ega lange alla nulli. [47]



Joonis 2.14. Päikesekollektoriga sooja vee tootmise põhimõtteline skeem [48]

Süsteem toimib järgmiselt: akupaagi põhjas olev jahe vesi pumbatakse üles päikesekollektorisse, kus vesi soojeneb ning tõuseb kollektori ülaossa. Sealt juhitakse soojenenud vesi torustiku kaudu akupaaki. Akumulatsioonipaak on omakorda ühendatud torude kaudu boileriga (vt Joonis 2.14).

Põhjamaades ning piirkondades, kus temperatuur võib langeda alla nulli, tuleks eelistada süsteeme, mille soojuskandja miinuskraadidega ei külmuks. Sellisel juhul võib soojuskandjana kasutada glükooli-, piirituse- või muid spetsiifilisi lahuseid. Lahuse puhul on oluline, et ta oleks hea soojusmahtuvusega ning ei oleks oksüdeeriv. Mitteoksüdeerivus on oluline sellepärast, et süsteemis ei tekiks roostet ega katlakivi, mis võiks süsteemi ummistada.

Peamiselt kasutatakse kahte tüüpi päikesekollektoreid: plaatkollektoreid (lame/taasapinnaline) ning vaakumtorudega kollektoreid. Plaat- või vaakumtorukollektorid paigaldatakse tavaliselt katustele horisontaalpinnast lähtuvalt 46–65° nurga all. Päikesekollektorite kasutusvaldkond on väga lai. Kollektoritega saab kütta nii tarbe- kui ka basseinivett või kasutada sooja vett täiendavalt keskküttes. Eestis on päikesekollektoreid võimalik kasutada täiendkütte allikana keskmiselt märtsist oktoobrini. [47]

Päikeseküttesüsteemi efektiivseks toimimiseks on vaja, et [47]:

- kollektori pind absorbeeriks päikesekiirgust võimalikult efektiivselt;
- kollektori pind kiirgaks pikalainelist soojuskiirgust tagasi võimalikult halvasti;
- soojakadude vähendamiseks oleks kollektori katte soojusjuhtivus võimalikult väike;
- kollektori taga- ja külgpinnad oleks hästi soojustatud;
- kollektorisse tuleva soojust kandva vedeliku temperatuur oleks võimalikult madal;
- kollektori pind oleks võimalikult ühtlase temperatuuriga;
- ringleva soojuskandja soojakaod oleks võimalikult väikesed (isoleeritud torustik).

Soojusenergiat rakendavad tehnoloogiad on oluliselt energiaefektiivsemad kui fotogalvaanilised elemendid, mis muundavad päikeseenergia otse elektrienergiaks. Tavapärast liigitatakse päikesekollektorid madalatemperatuurilisteks (nt. tarbevee soojendamise, küttesüsteemi toetamine) ning keskmise- ja kõrgetemperatuuriliseks (tööstuslikud lahendused). Madalatemperatuurilisi päikesekollektoreid saab Eestis edukalt kasutada nii sooja tarbevee tootmiseks kui ka küttesüsteemi toetava lahendusena. [49]

Eesti tingimustes annab optimaalne kogus päikesekollektoreid märtsi lõpust oktoobri alguseni sooja vee tasuta ja talvisel perioodil olenevalt päikese aktiivsusest kuni 35% lisatoetust küttele. [43]

3 Õisu alevik

Õisu alevikus on 185 elanikku. Alevikus on kolm valla allasutust: lasteaed, raamatukogu ning rahvatuba. Antud peatükis antakse ülevaade taastuvenegial töötavast katlamajast. Tsentraalkütte katlamaja on Halliste valla ainus. Kirjeldatakse katlamaja tootmist ja tarbimist, antakse ülevaade kütusekulust ning arvutatakse katlamaja soojuskaod.

3.1 Õisu katlamaja

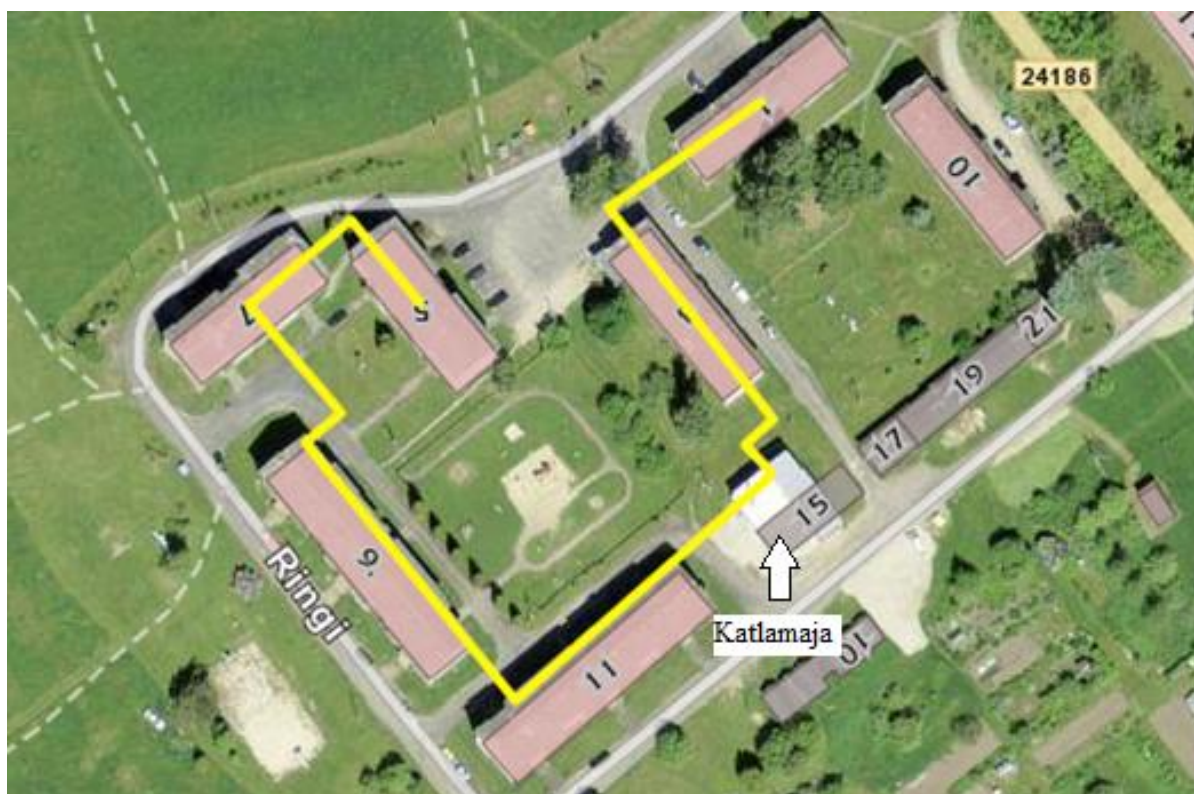
Põlevkiviõlil töötanud katlamaja lammutati ja utiliseeriti täies ulatuses aastatel 2013-2014. Töö teostajaks oli Kolmtex OÜ ja tellijaks SW Energia. Asemele ehitati täiesti uus katlamaja hoone koos biokütuse laoga. Investeeringu kogumaksumus oli 235 000 eurot, millest ligi 50% tuli toetusena. Katlamaja varustab aleviku soojuse vajaduse, kuid ei tooda sooja vett. Soojusenergiat tarbivad kuus korrusmaja, milles on 70 leibkonda ning ühes neist korrusmajadest (Ringi tn 9) asuvad lasteaed, rahvatuba ja raamatukogu (vt Tabel 3.1). [50]

Tabel 3.1 Soojustarbijad Õisu katlamaja võrgupiirkonnas [51]

Nimi	Aadress	Hoone maht (m ³)	Suletud netopind (m ²)	Korterite arv	Korruste arv
Õisu Elamu 4	Ringi tn 1	2800	844.8	8	2
Õisu Elamu 5	Ringi tn 3	2800	847	8	2
Õisu 6 KÜ	Ringi tn 11	5979	1668.1	18	3
Õisu Elamu 7	Ringi tn 9	5979	1808.4	16	3
Õisu Elamu 8 KÜ	Ringi tn 7	3450	676	12	3
Õisu Elamu 9	Ringi tn 5	3450	1023	12	3

Katlamaja annab sooja majadele, mille kütetrass on märgitud Joonis 3.1 kollase joonega. Praeguse soojatrassi pikkus on orienteeruvalt 332m.

Maksimaalne võimsus Õisu katlamajas on 500 kW (korralikul talvel), seega valiti natuke võimsam katel, mis annaks 500 kW välja ka väga kehva kütusega (näiteks hakkpuit, mille niiskus on 60%). Hooldust tehakse ca 14 päeva tagant. Katelt puhastatakse kolm korda hooaja jooksul. Suvekuudel sooja tootmist ei toimu ning katlamaja seisab täielikult. [51]



Joonis 3.1 Õisu kaugküttevõrgu asendiskeem [52]

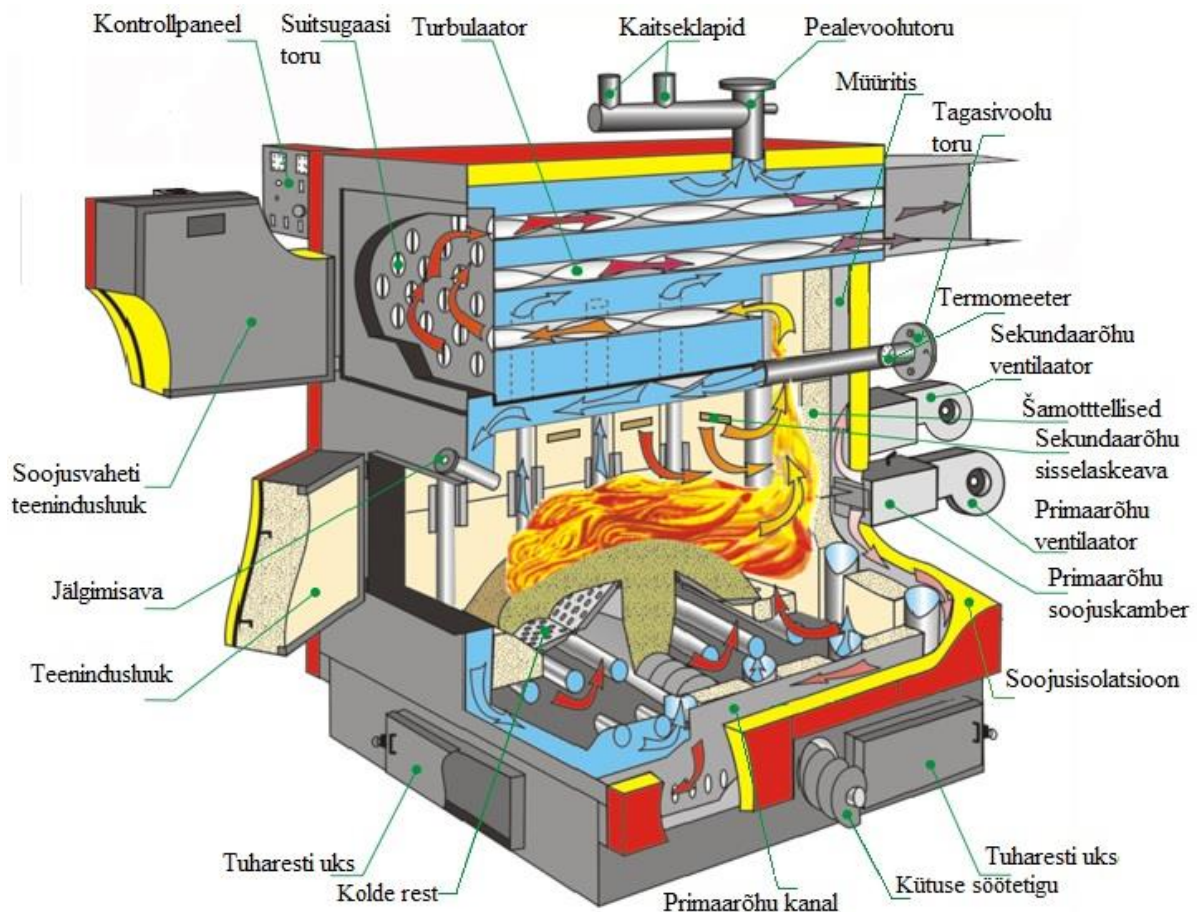
3.2 Katla spetsifikatsioon

Katlaks on valitud kaugküttevõrgu soojust tootma täisautomaatselt töötav veekatel Kalvis 720M-1, mis töötab hakkpuidul (vt Joonis 3.2), nimivõimsusega 720 kW. Katla mõõtmed on 3030x1560x2860mm ja kaal 4300kg. Kasutegur katla tootja andmetel on 88%. Põlemiskambri pikkus on 1880mm ning maht 2230 dm³. Hakkepuidu kulu antud katlas on 0,62 m³/h, kui 250kg/m³ kohta. Surve veeboileris on 0,4 Mpa (vt Tabel 3.2). [53]

Tabel 3.2 Kalvis 720M-1 tehnilised andmed [53]

Tehnilised andmed	Ühik	Kogus
Nominaalvõimsus	kW	720
Kasutegur	%	88
Põlemiskambri pikkus	mm	1880
Põlemiskambri maht	d ³	2230
Kütuse kulu	m ³ /h	0.62
Vee surve katlas	Mpa	0.4

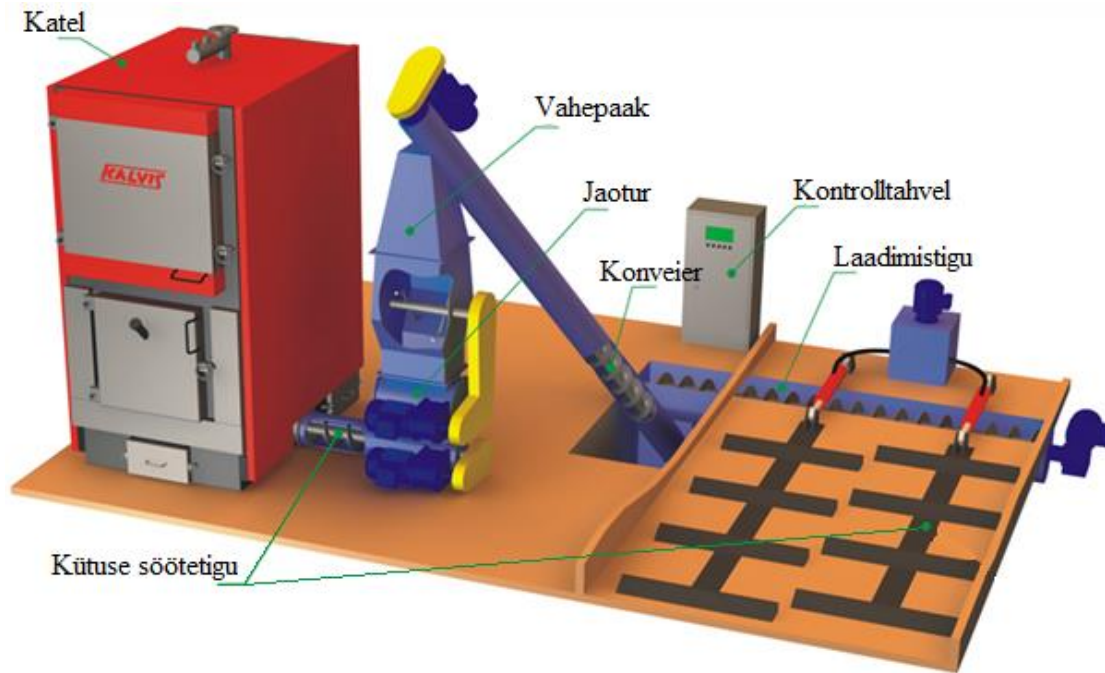
Hakkepuidul töötav katlamaja valiti kuna Keskkonnainvesteeringute keskus (edaspidi KIK) toetas sel ajal katlamajade arendusi, mis toodavad kogu soojusenergia hakkepuidust.



Joonis 3.2 Veekatel Kalvis 720M-1 skeem [53]

3.2.1 Hakkepuidu etteandmissüsteem

Biokütuse lao etteandmissüsteem on lahendatud kraaptransportööridega (roopidega) ning katla söötmisteoni transporditakse biokütus konveieriga. Biokütuse lao täitmine hakkepuiduga on lahendatud tigutransportööridega, mille tulemusena kütuseveokilt maha laetav kütus edastatakse otse aktiivsele lao pinnale (kraaptransportööridele). Laadimistigude eeliseks on kütuse lao maksimaalne täituvus saavutada ilma traktori või kopplaaduri kasutamisetä (vt Joonis 3.3). [54]



Joonis 3.3. Hakkepuidu etteandmissüsteemi skeem [53]

Hakkepuitu tuuakse vastavalt vajadusele ja tarbimisele, ladu mahutab ca 200 m³. Hakkepuit on kohalikku päritolu ning tuuakse Öisu katlamajja ca 50 km raadiusest. [51]

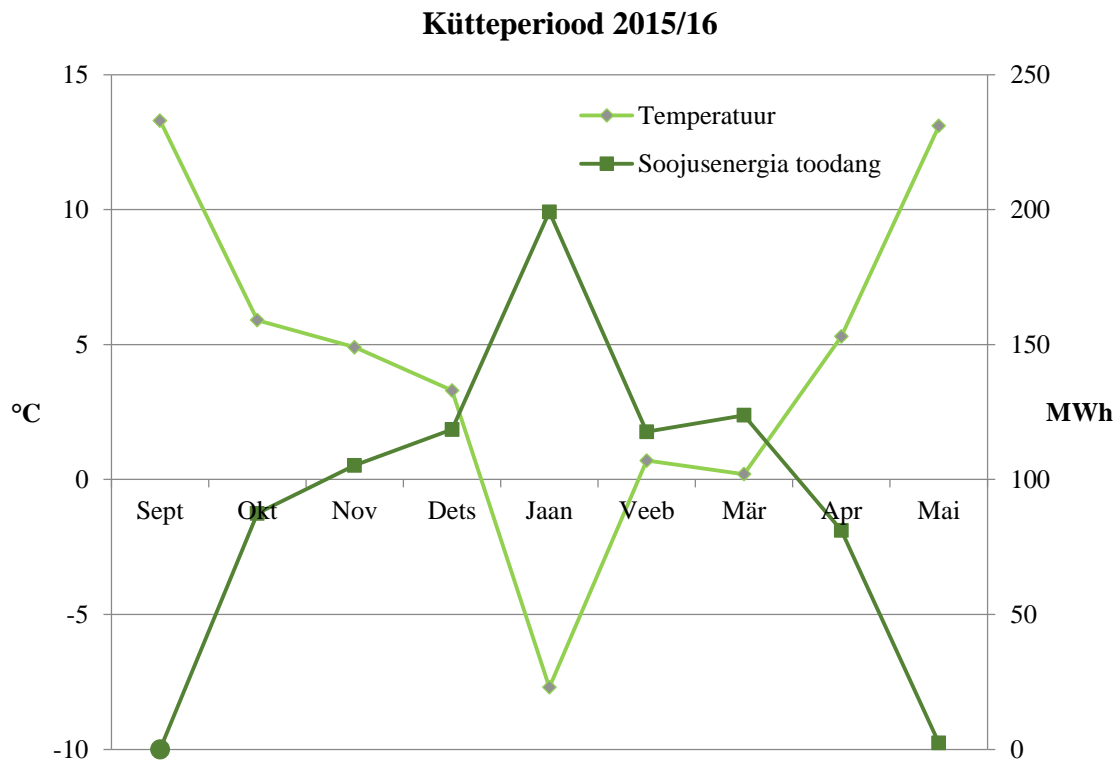
3.3 Soojuse tootmine ja tarbimine

Soojust toodetakse Öisu katlamajas septembrist maini. Viimasel kütteperioodil (2015/16) toodeti soojusenergiat 835MWh/a (vt Tabel 3.3), mis on olnud uue hakkpuidu katlamajal väikseim. [51]

Tabel 3.3 Soojuse toodang katlamajas kuude lõikes (MWh)

Aasta/Kuu	Sept	Okt	Nov	Dets	Jaan	Veeb	Mär	Apr	Mai	Kokku
2013/14	9.3	84.5	120.2	136.2	195.3	132.6	115.9	73.9	35.9	904
2014/15	5.1	85.8	126.4	135.2	150.8	141.9	109.4	94.5	50.1	899
2015/16	0.0	87.5	105.2	118.5	199.2	117.7	123.8	81.1	2.3	835

Temperatuuri langus ja soojuse tarbimise tõus on otseses seoses. Temperatuuri tõusuga soojuse tarbimine väheneb. Kõige külmemal ajal jaanuaris on keskmine temperatuur -7,7 kraadi ning tootmine 199,16 MWh, mis on antud aasta maksimum (vt Joonis 3.4).



Joonis 3.4. Soojusenergia toodang katlamajas

Kui välja antava soojuse hulk on suurim jaanuaris siis kulub ka kõige enam hakkepuitu. Kõige külmemal kuu kütuse tarbimine oli 2015/16 kütteperioodi ajal 287m³ (vt Tabel 3.4).

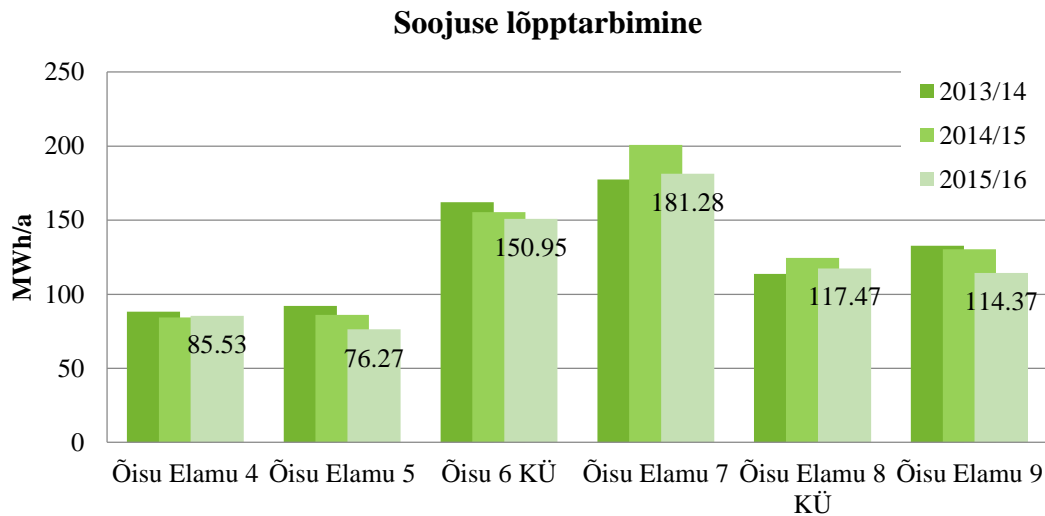
Tabel 3.4 Kütuse tarbimine katlamajas (hakkepuit, m³)

Aasta/Kuu	Sept	Okt	Nov	Dets	Jaan	Veeb	Mär	Apr	Mai	Kokku
2013/14	0	0	0	21	344	215	179	101	82	942
2014/15	10	130	190	178	241	220	160	161	84	1 374
2015/16	0	147	175	200	287	210	204	120	5	1 348

Aastane soojuse toodang oli 2015-2016 kütteperioodil 835 MWh, mille tootmiseks kulus 1348 m³ hakkepuitu, samal aastal oli kütuse lõpphind 11,80€/m³. Soojuse hind lõpptarbijale Õisu alevikus oli avalikel asutustel ja elanikkonnal viimasel kütteperioodil sama 68€/MWh.

Aastane sooja tarbimine oli viimasel kütteperioodil (2015-16) 725,87 MWh/a. Viimasel kütteperioodil olid suurimad soojatarbija Õisu Elamu 7 (25%) ja Õisu 6 KÜ (21%). Väikseimateks aga Õisu Elamu 4 ja 5, vastavalt 11% ja 12%. Õisu Elamu 8 ja 9 tarbisid mõlemad 16% soojuse kogutarbimisest (Joonis 3.5). Viimastel aastatel on soojuse

lõpptarbimine vähenenud, mis on tingitud Õisu aleviku rahvaarvu kahanemisest ja korterite tühjaks jäämisest. [51]



Joonis 3.5. Soojuse lõpptarbimine aastatel 2013-2016 (MWh/a)

Kuna katlamaja on lõpp-tarbijale lähedal, siis ka soojatrass on suhteliselt lühike 332m ja selle orienteeruv vanus 40 aastat. SW Energia on hinnanud soojavõrkude üldolukorra rahuldavaks, kuid õige pea tuleb teha täiendavaid investeeringuid kütetrassi uuendamiseks.

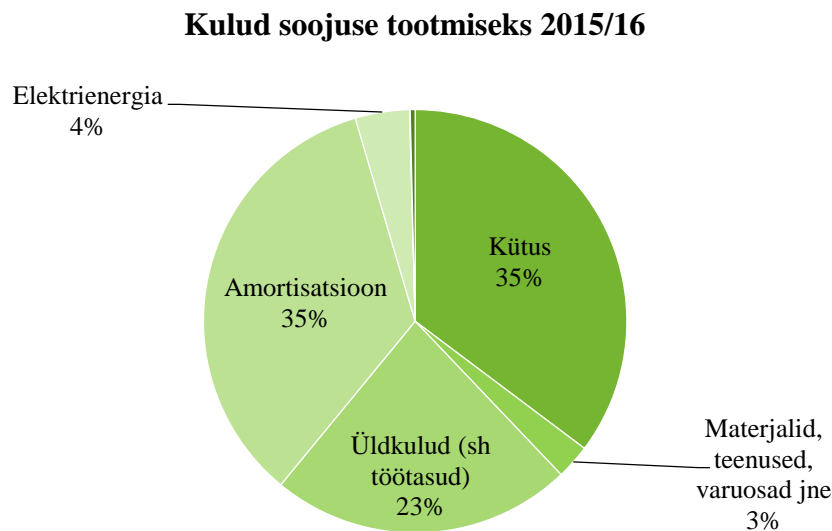
Kulud soojuse tootmiseks on kolme aasta jooksul vähenenud 18% (Joonis 3.5). Kõige suurema osa moodustab kütuse sisseostu hind, mis on langenud peale seda kui vana põlevkiviõlil töötanud katel vahetati hakkpuidu katla vastu. [51]

Tabel 3.5 Soojuse hinna komponendid Õisu katlamajas (€/a)

Artikkel	2013/14	2014/15	2015/16
Aastased kulud soojuse tootmiseks	55017	49448	45126
Kütus	29581	17897	15907
Materjalid, teenused, varuosad, remont, kontroll)	1325	1497	1194
Üldkulud (sh töötasud)	13933	12204	10402
Amortisatsioon	7913	15675	15562
Elektrienergia	2163	1990	1870
Vesi ja kanalisatsioon	8	24	21
Keskkonna maksud	95	161	170

Antud juhul ei sisalda soojuse hinna komponentide Tabel 3.5 tulukust.

Soojuse hind Õisu katlamajas koosneb enamjaolt kütuse hinnast ja amortisatsioonist, mõlema kulu osakaal tootmiseks on 35% (Joonis 3.6).



Joonis 3.6. Kulude protsentuaalne jaotus soojuse tootmiseks

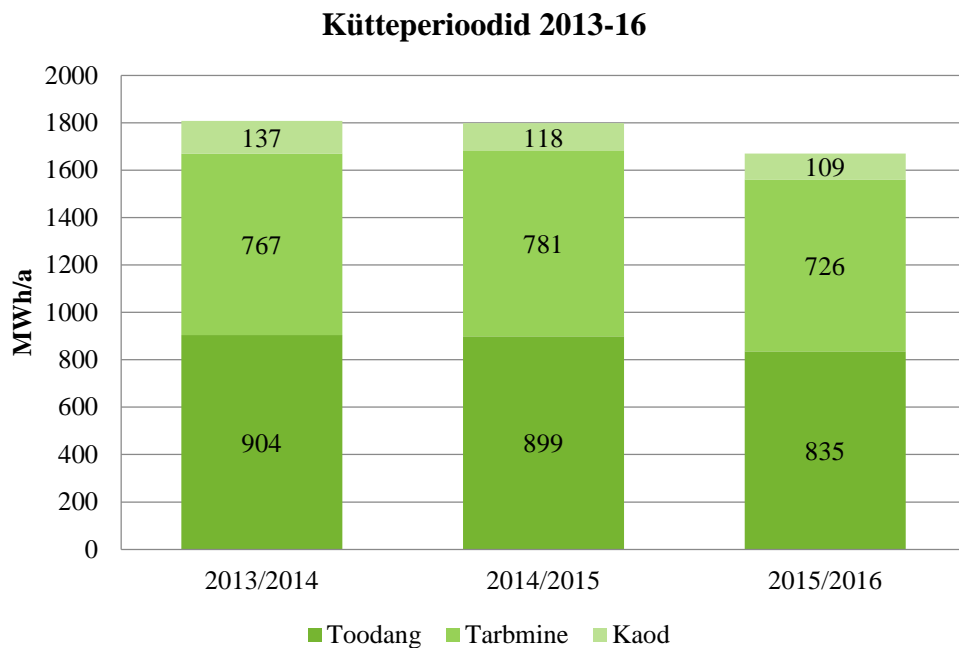
Üldkulud on katlamajas üks olulisemaid kuluallikaid. Kuigi katlamaja on automatiseeritud kuuluvad sinna hulk ka töötasud. Töötasude all on mõeldud ettevõtte siseseid hajutatuid kulusid.

3.4 Kadude kirjeldus

Vastavalt Majandus- ja Kommunikatsiooni ministeeriumi määrusele on kehtestatud torustike soojakadudele tehnilised nõuded. Kaugkütteseaduse §9 lõige 2 sätestab trassikaole aastate lõikes kehtestatud nõuded, mis on järgnevad [55]:

- 2011. aastal mitte üle 21%;
- 2012. aastal mitte üle 20%;
- 2013.aastal mitte üle 19%;
- 2014. aastal mitte üle 18%;
- 2015. aastal mitte üle 17%;
- 2016. aastal mitte üle 16%;
- alates 2017. aastast mitte üle 15%.

Õisu aleviku soojatrassid on ligikaudu 40 aastat vanad ning trasse ei ole vahepeal uuendatud. Kuna SW Energial ei ole ülevaadet kadude kohta süsteemis, siis arvutas töö autor soojuse toodangu ja tarbimise andmete põhjal soojakaod. Aastal 2013-14 olid soojakaod 15% (137 MWh) kogutoodangust. Järgmisel kahel aastal oli kadude osakaal 13% (Joonis 3.7). Seega viimase kahe aasta trassi kasutegur on 87%. Soojuskaod antud katlamajas mahuvad seadusandluse piiridesse ning praegu soojust müüv ettevõtte trassi uuendamiseks vajadust ei näe.



Joonis 3.7. Kadude osakaal soojuse tootmises

Kuigi ettevõtte ei pea prioriteediks uuendada kütetrassi Õisu alevikus, analüüsitakse töö neljandas osas investeeringu suurust uue kütetrassi rajamiseks täies ulatuses. Samuti analüüsitakse uute tarbijate liitumise võimalikkusest olemasoleva kaugküttevõrguga.

4 Potentsiaalsed investeeringud

Kuna soojusega varustab tsentraalkütte katlamaja, mis toodab soojusenergiat hakkepuidust ning on äsja uuendatud (2014), siis töö autor ei arvuta erinevate alternatiivide hulgas välja soojustarbimist. Küll aga on kaugküttevõrgus probleemiks vanad trassid. SW Energia on välja arvutanud investeeringu suuruse, kui uuendada trass täies ulatuses. Samuti kaalutakse uute tarbijate liitumist olemasoleva võrguga.

Kuna magistritöö peatükis 2.4 (vt Joonis 2.11) selgus, et summaarne päikesekiirgus eelnevate aastate lõikes on kõrge on ratsionaalne kasutada Õisu alevikus taastuenergia allikatest päikeseenergiat. Kuna küttesüsteem on olemas, otsustas töö autor teha vajalikud arvutused ning analüüsi päikesest elektrienergia tootmiseks.

4.2 Olemasoleva kütetrassi uuendamine

Olemasolevate soojustrasside probleemina saab välja tuua vananemisest tingitud varustuskindluse vähenemist ja ehitusaegsetele normidele vastavat soojuskadu. Olemasolevas küttesüsteemis on kasutatud enamjaolt torusid läbimõõduga (edaspidi DN) 89mm, mida on 264m. 68m ulatuses on kasutatud torusid läbimõõduga 79mm. Isolatsiooni materjalina on kasutatud klaasvilla ja ruberoidi. Kütetrassi kogupikkus on 332m.

Uuendatud trasside diameetreid saab vähendada, sest trasside rajamise tolle aegne planeeritud tarbimine ja tänane tegelik tarbimine on sedavõrd erinevad. See teeb omakorda investeeringu pisut väiksemaks ja vähendab trassikadusid. Olemasolevad trassid on üle dimensioneeritud, st suurema diameetriga, sellest tingituna on kaod ja pumpamistöö oluliselt suurem

Soojustrasside uuendamine on suhteliselt pika tasuvusajaga, seetõttu ei võeta uuendamist ette esmajärjekorras vaid üldjuhul siis, kui on oht varustuskindluse vähenemisele (näiteks lekete tekkimisele). Varustuskindlus on antud kaugküttevõrgu võtmesõna, kuna tegemist on 40 aastat vanade trassidega ning majades teisi küttekehasid ei ole. Juhul kui peaks tekkima trassis leke on reaalne oht lõhkuda katlamajas olevad põletusseadmed.

Peatükis 3.4 arvatati kaod ning need on olnud kahel aastal 13%. Töö autor arvutas kaod, kui vanad torud vahetada eelisoleeritud ja väiksema diameetritega torude vastu. Torude kaod on võetud LOGSTORI dokumentatsioonist. [56]

Väljavõte LOGSTOR tabelist on toodud Lisas 1. Kadude arvutamisel on arvesse võetud 2015/16 kütteperioodi töötunnid aastas.

Torude pealevool on 80°C ja tagasivool 40°C. Torude küttekadu jooksva meetri kohta on DN 65 torul 21,7 W/m ja DN50 torul 19,61 W/m, kui torusid on DN65 264 m siis kaod on: 5,76 kW ja DN50 torul on 1,55 kW. See on korrutatud kütteperioodi ajaga, mis oli 2015/16 kütteperioodil 6576 h. Saadud kaod on arvatatud soojuse kogutoodangust samuti viimasel kütteperioodil, milleks oli 835 MWh (vt Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Kadude osakaal uuendatud kaugküttevõrgus

DN (mm)	Pikkus (m)	Isolatsiooni liik	Tehnilise seisukorra kirjeldus	Töötunnid aastas	Soojuse kogutoodang (MWh)	Kaad (%)
Olemasolevad torud						
89	264	klaasvill, ruberoid	Rahuldav	6576	835	13
76	68	klaasvill, ruberoid	Rahuldav			
LOGSTOR eelisoleeritud torud						
65	264	Eelisoleeritud	Uus	6576	835	5.7
50	68	Eelisoleeritud	Uus			

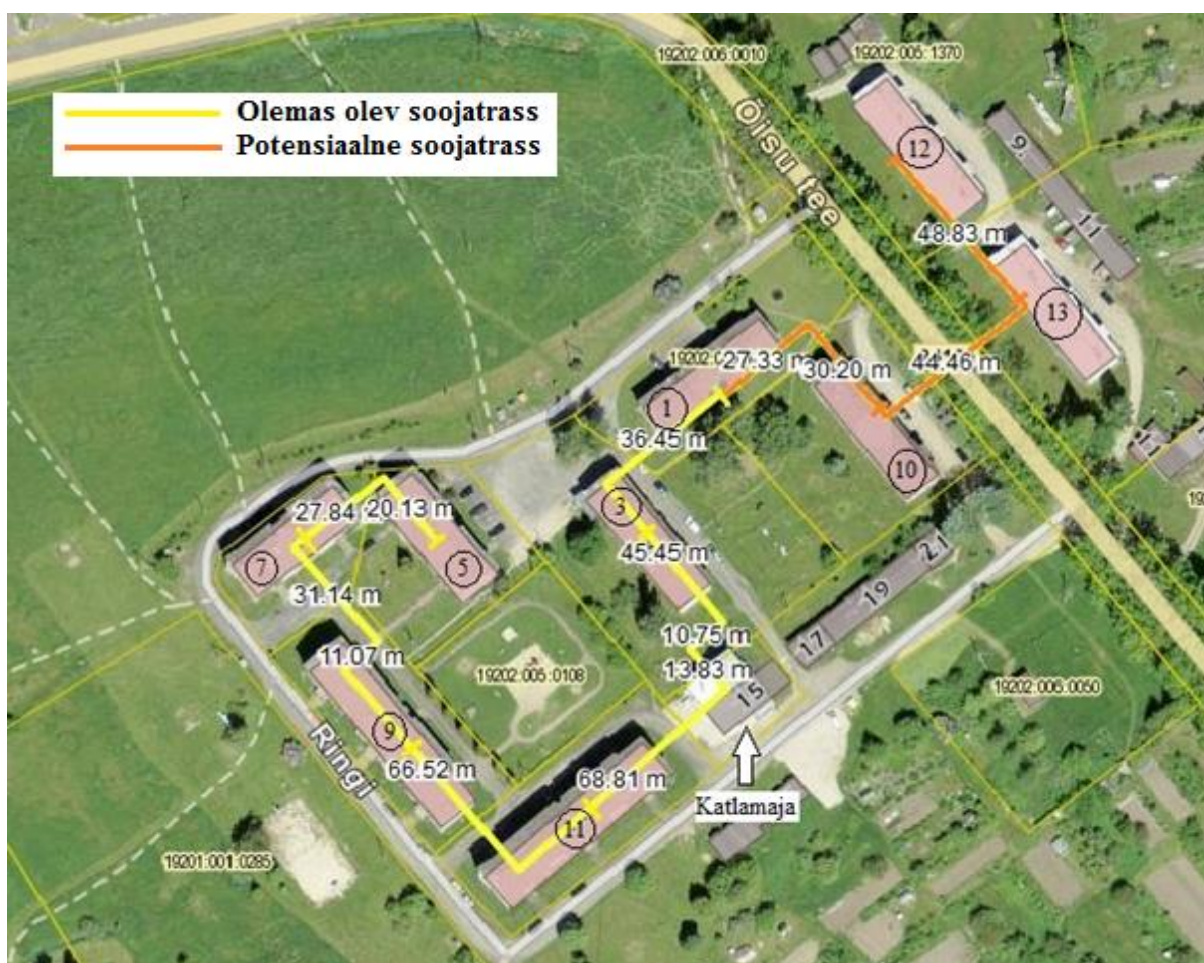
Eelisoleeritud torude kaod aastas vähenevad 5,7%-ni (vt Tabel 4.1), mis on ligi 44% vähem kui eelneval kütteperioodil. Sellest võidavad eelkõige tarbijad. Tootja poolne võit oleks varustuskindluse suurenemine ja keskkonna sääst.

SW Energia spetsialist on arvanud kütetrassi uuendamiseks vajamineva investeeringu suuruse. Kõik arvutused on ettevõtte valduses. Selline investering maksaks suurusjärgus 90000 eurot. [51] Tasuvusaeg on sel juhul üle 40 aasta. Arvestatud on ka tarbijate pidevat vähenemist. Soojustrasside uuendamise tasuvusaegade pikkuse tõttu tuleks kasutada võimalikult palju toetuse võimalusi, et tasuvusaega lühendada. Keskkonnainvesteeringute

Keskus toetab vanade trasside rekonstrueerimist ning hiljuti lõppes üks voor, kus jaotati 12 miljonit eurot trasside vahetamiseks [57].

4.3 Uue kütetrassi rajamine

Uute tarbijate liitmine olemasoleva kaugküttesüsteemiga kataks kogu Õisu aleviku keskmesse kuuluvate majade soojustarbimise. Uue trassi pikkus oleks ligikaudu 150 meetrit ning liidaks olemasolevale kaugküttevõrgule veel kolm kortermaja. Õisu tee majade 9, 10 ja 11 näol on tegemist vanade kortermajadega, kus on juba oma küttesüsteemid: ahjud ja/või pliidid (vt Joonis 4.1-majad numbritega 10, 12, 13).



Joonis 4.1. Olemasoleva ja uue kaugküttevõrgu skeem [52]

Õisu tee majad 9, 10 ja 11 (vt Joonis 4.1 majad numbritega 10, 12, 13) on sarnaste omadustega majad, kõigis on 12 korterit läbi kahe korruse. Hoonete mahud ja suletud

netopinnad on samuti samas suurusjärgus (vt Tabel 4.2). Selliste mahtudega majade sooja tarbimine jääb vahemikku 75-80 MWh.

Tabel 4.2 Õisu kaugküttepiirkonna potentsiaalsed soojatarbijad

Aadress	Hoone maht (m ³)	Suletud netopind (m ²)	Korterite arv	Korruste arv
Õisu tee 9	2 975	850,5	12	2
Õisu tee 10	2 909	856,9	12	2
Õisu tee 11	2 975	852,5	12	2

Kolme uue kortermaja liitmine on äärmiselt kulukas protsess, aga tänu erinevatele toetustele, mida on võimalik taotleda muutub ka tasuvusaeg pisut lühemaks. Kolme maja liitmist olemasoleva kaugküttevõrguga kitsendab asjaolu, et kahte eraldi seisvat maja eraldab teiste tarbijatega riigitee, mille ääres on muinsuskaitse all olev tammeallee (vt Joonis 4.1).

Arvestades majade hoonete mahtu ja potentsiaalset sooja tarbimist ning kulusid uue trassi ehitamiseks on SW Energia spetsialistiga on arvatud investeeringu suuruseks ligikaudu 50 tuhat eurot. Investeeringu arvutamisel ei ole arvestatud neid kulusid, mis korterühistutel tuleb endil tasuda. Näiteks vanade küttelehenduste lammutamine ning asendamine uutega. Kuna korterühistutes puudub maksujõuline elanikkond ei pea töö autor sellist investeeringut elujõuliseks.

Selliste projektide tegemine on tasuv eelkõige just uuselamurajoonides, kus ei ole veel olemas küttelehendusi ning saab arvestada kaugküttepiirkonna loomist. Arvestades elanike vähenemist ja maksujõulise elanikkonna puudumist, siis sellise investeeringu tegemine antud asulas ei ole ratsionaalne.

4.4 Ringi tn 9 päikeseelektrijaam

Halliste valda, Õisu alevikku rajatakse *on-grid* päikeseelektrijaam maapinnale, optimaalse kaldega ja lõunasuunaline.

Elanikkond on pidevas kahanemises ning võttes arvesse tänaseid ja homseid poliitilisi otsuseid, siis ei pruugi avalikud asutused selles kortermajas või asulas eksisteerida. Paneelide eluiga on üldjuhul vähemalt 25 aastat ning selle aja jooksul võidakse teha erinevaid muudatusi. Juhul kui avalikud asutused kolitakse saab liigutada ka päikesepaneelid elektrienergiat tootma kuskile mujale. Seega päikeseelektrijaam rajatakse maapinnale, et vajadusel saaks selle asukohta muuta.



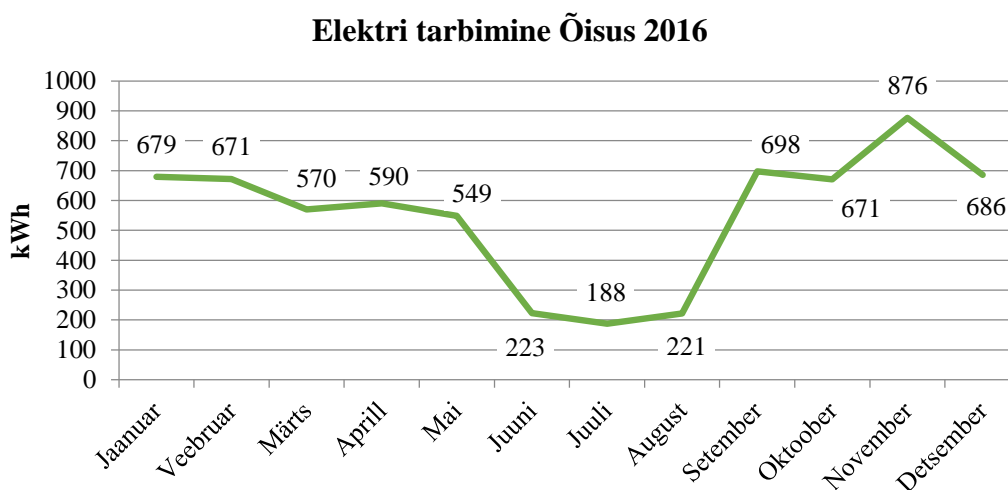
Joonis 4.2. Potentsiaalse PEJ asendiskeem [52]

Päikeseelektrijaama tasuvusanalüüs sisaldab endast kolme etappi:

- Selgitatakse välja hetke tarbimine ja hetke kulud elektrile ning valitakse parim võimalik tehnoloogia parima hinnaga
- Arvutatakse elektrijaama tootlikkus ning leitakse projekti eeldused
- Arvutatakse PEJ rajamisel tulenev rahaline sääst ja projekti tasuvusaeg

4.4.1 Hetke olukord

Ringi tn 9 kortermajas asuvad Halliste valla kolm avalikku hoonet: lasteaed, raamatukogu ja rahvatuba. PEJ toodetud energia läheb antud asutuste elektrienergia tarbimise katmiseks. Aastas tarbitakse elektrienergiat 6,7 MWh (vt Joonis 4.3). Väikseim on tarbimine suvekuudel, eelkõige juulis, kui lasteaed on suvepuhkusel. Kogu soojavajaduse katab katlamaja toodang, kuid soe vesi soojendatakse elektri boileriga.

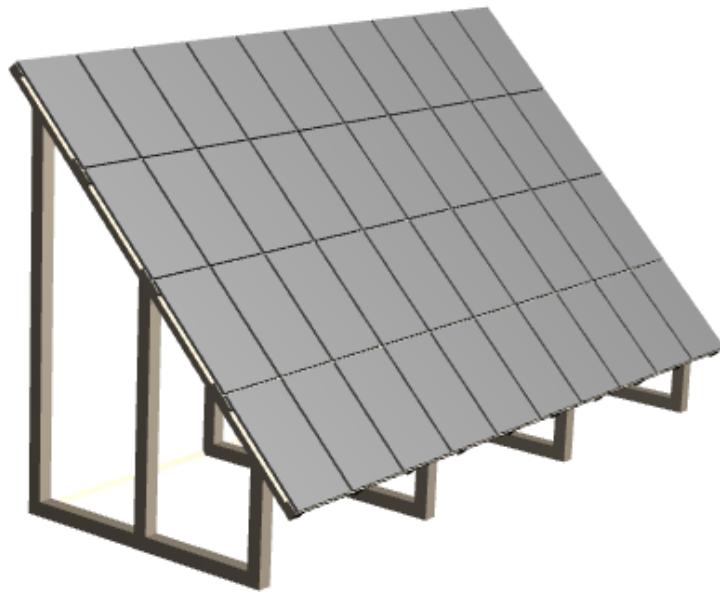


Joonis 4.3. Elektrienergia tarbimine Õisu avalikes hoonetes 2016

Arvestades tarbimist ja parimaid liitumistingimusi valiti päikeseelektrijaama nimivõimsuseks 10,44 kW. PEJ rajatakse kõrval kinnistule, mis kuulub Halliste vallale. Kinnistul on päikeseelektrijaama rajamiseks hea lage ala, kus on vana palliväljak, mis on hetkel kasutusest väljas. Teisaldatavale katusealusele paigaldatakse PV-paneelid. Liitumispunkt tuleb kortermaja krundile. Ringi tn 9 kortermaja ühendatakse päikeseelektrijaamaga maakaabli abil (vt Joonis 4.2)

4.4.2 Parim võimalik tehnoloogia ja tootlikkus

Elektrijaama rajamiseks valiti SolarWorld Sunmodule 290 W monokristall-paneelid, nimivõimsusega 10,44 kW. Töö autor küsis hinnapakumisi kuult erinevalt päikesepaneelide pakkuvalt ettevõttelt ning nende põhjal tehti parim võimalik valik. Hinna ja kvaliteedi suhtes pakkus parimat PV-süsteemi Taastuenergia OÜ (vt Lisa 3 Hinnapakumine päikesepaneelidele).



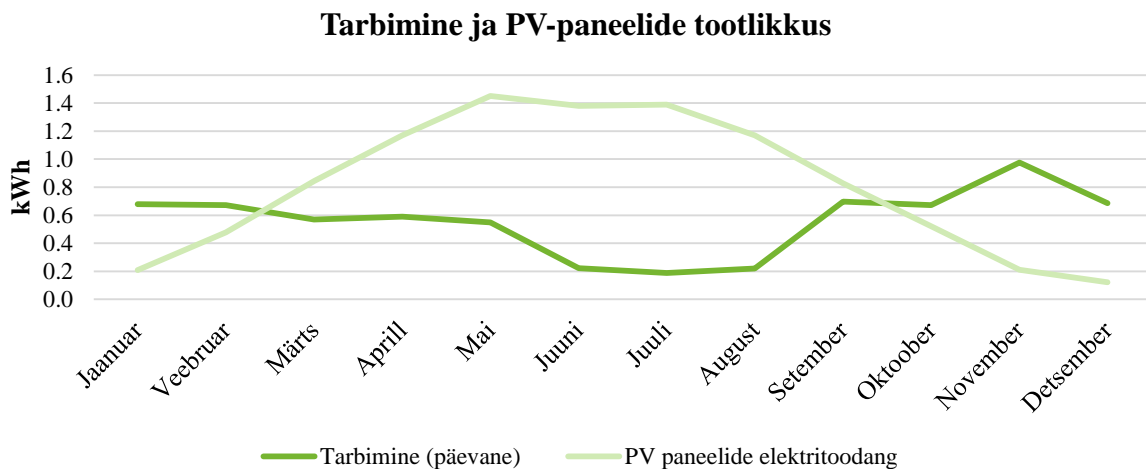
Joonis 4.4. Ringi tn 9 PEJ 3D-mudel

PEJ rajatakse katusealusele, mida saab kasutada erinevate kogunemiste ja ürituste tarbeks, näiteks lasteaia välitunnid või korterühistute kokkusaamised jne. Katusealune on ca 11 m lai ja 7 m kõrge (vt Joonis 4.4). Lisas 5 on toodud päikeseelektrijaama 3D-mudelist rohkem jooniseid.

Tootlikkus arvutati PVGIS andmebaasi abil. PVGIS andmebaas pakub tasuta veebijuurdepääsu päikesekiirguse ja temperatuuride andmetele ning PV tulemuslikkuse hindamise vahenditele, mis tahes asukohale Euroopas ja Aafrikas, hõlmates ka suurt osa Aasiast. [58]

Paneelid asetakse lõunasuunaga ning 40° nurga alla maapinna suhtes. Süsteemi kadudeks võetakse 5% kuna see tuleneb inverterite tehniliste andmete ja Eesti praktikas mõõdetud tulemuste põhjal. [59]

PVGIS andmebaasi abil saadud aasta keskmist paneelide elektritoodangut võrreldi tarbimisega, mis on võetud 2016. aasta andmete põhjal. Kuna tarbimise puhul on valdavalt tegemist päevase elektritarbimisega, siis elektrit müüakse võrku märts kuni september, kuna sel perioodil toodang ületab oluliselt tarbimise. Kuna tegemist on valdavalt päevase tarbimisega, siis kogu talvine elektritoodang läheb oma tarbimise katmiseks. (vt Joonis 4.5)



Joonis 4.6. Päeva keskmine tarbimine ja PV paneelide tootlikkus aasta lõikes

PV-süsteemi tasuvusaeg sõltub suuresti sellest kui palju elektrienergiat suudetakse ise kohapeal ära tarbida. Käesolevas on arvestades 33% toodangust läheb oma tarbimise katmiseks, kuna tarbimine on valdavalt päevane. Väga oluline soovitud tulemuse saamisel on õiged tarbimisharjumused, mis võiks kohandada vastavalt paneelide tootlusega. Samuti on oluline õigete tarbimismustrite õpetamine ja kasutamine. [48]

4.4.3 Tasuvusanalüüs

Tasuvusaja leidmiseks tuli esmalt välja selgitada kõik tulud ning kulud seoses päikeseelektrijaama rajamise ja ülalpidamisega. Kuna vallal on avalike hoonete ning asutuste hooldustöödeks töötajad siis hoolduskulusid päikeseelektrijaama ülalpidamisega arvutustel ei arvestata.

Projekti kogumaksumus on 11025 eurot. PV-süsteem koos paigaldusega läheb maksma 8775 eurot. Alusraamistiku hind on 2000 eurot. Alusraam paigaldatakse maapinnale ja on lahti võetav ning vajadusel saab seda kasutada veel mõneks muuks otstarbeks. Maksumusele on lisatud veel Elektrilevi liitumistasud, milleks on antud projekti puhul 250€ (vt Tabel 4.3).

Tabel 4.3 Projekti kogumaksumuse kujunemine

Kulu liik	Kulu (€)	Selgitus
Päikesepaneelid koos paigaldusega	8775	Hinnad ilma käibemaksuta
Alusraami hind	2000	Lahti võetav, teisaldatav. Võimalik kasutada veel mõneks otstarbeks – mänguväljaku varjualune, autode varjualune, puukuur
Liitumistasud	250	Elektrilevi hind
KOKKU	11025	

Arvutuste koostamisel lähtuti PV-paneelide toodangu vähenemisega 80% 25. aastaks. [60].

Määramaks omatarbe osakaalu antud situatsioonis küsitles töö autor päikesepaneelide tootjaid ning keskmiselt pakuti antud juhul oma tarbimise katmiseks 25-40% elektri kogutoodangust. Autor võttis arvutuste tegemiseks 33% (vt Tabel 4.4), kuna asutused tarbivad eelkõige elektrit just päevasel ajal.

Päikeseelektrijaama töötunnid aastas on 1000 tundi. Projekti diskontomäär nüüdispuhasväärtuse arutamiseks on 5%. Taastuenergia toetus 53,7 €/MWh [60].

Tabel 4.4 Projekti eeldused

Nimetus	Selgitus
Hind	Arvutatud ilma käibemaksuta
PV-süsteemi tootlikkus	Süsteemi tootlikkus on arvutatud PVGIS programme abil.
PV-süsteemi tootlikkuse muutus	25. aasta lõpuks on paneelide tootlikkus 80%
Elektrienergia asutuste tarbimise katmiseks	33%
Diskontomäär	5%
Töötunnid aastas	1000 h
Taastuenergia toetus	53,7 €/MWh

Projekti sisemine tulumäär (IRR) on 5,04% ning nüüdispuhasväärtus (NPV) diskontomäära 5% juures on 30 eurot. Kuna nüüdispuhasväärtus on positiivne, siis nendel tingimustel võib projekti investeerida, sest projekti tulud ületavad oodatud tulumäära (diskontomäär).

Projekti tasuvusaeg on 13 aastat ning arvestades, et eluiga on 25 aastat on projekt majanduslikult tasuv.

Omavalitsuste ühinemisel võib ka muutuda päikeseelektrijaama asukoht. Juhul kui see peaks juhtuma on valitud teisaldatav aluskonstruksioon, et vajadusel asukohta muuta.

Elektri kasutamine, mis on toodetud päikeseenergiast, vähendab otseselt fossiilsetest kütustest toodetud elektri kasutamist (vt Tabel 4.5).

Tabel 4.5 Projekti järeldused

Järeldused	Selgitus
Rahanduslikud	Projekti tasuvusaeg on 13 aastat ning selle eluiga 25 aastat. Projekt antud parameetritega on tasuv.
Sotsiaal-majanduslikud	Omavalitsuste ühinemisel ei ole kindel avalike asutuste paiknemine. Seetõttu on ka päikeseelektrijaam teisaldatav.
Keskkondlikud	PV-paneelide toodetakse elektrienergiat taastuvast energiaallikast ning see vähendab omakorda elektrienergia kasutamist fossiilsetest energiaallikatest. See on otsene sääst loodus keskkonnale.

5 Kokkuvõte ja järeldused

Halliste vallas ning Õisu alevikus on juba kasutusel olevatest taastuvenergia ressursidest kasutusel hüdroenergia ning kasutatakse ka biokütusena puitu. Valla kaks hüdroelektrijaama koguvõimsusega 38 kw toodavad elektrit üldvõrku. Omavalitsuses on üks tsentraalkütte katlamaja, mis kasutab hakkpuitu. Kogu vajaminev kütus on kohalikku päritolu ning ostetakse 50 km raadiusest. Halliste valla metsapindala ja -ressurss on suured ning see on üks taastuvenergiaallikaid, mis on kasutusel ning mida saaks kasutada veel enam.

Katlamaja on valminud 2014, kuid trassid on 40 aastat vanad ning kaod olemasolevas süsteemis on 13%. Kaugküttevõrguga on liitunud kuus kortermaja. Kui vahetada vanad torud uute eelisoleeritud torude vastu on investeeringu suuruseks 90 000 eurot. Seniste 13%-liste kadude asemel on kogu süsteemi kadudeks vaid 5,7%. Sellest võidab otseselt tarbija ning ettevõtte edendab keskkonna säästlikku mõtteviisi. Selliseid investeeringuid tehakse ainult juhul kui on oht varustuskindlusele. Soojust pakkuv ettevõtte on hinnanud trasside olukorra rahuldavaks ning lähiajal trasse ei uuendata ning töö autor ei näe, et selline projekt oleks Õisu alevikus reaalne.

Töö autor analüüsis võimalust liita kaugküttesüsteemiga veel kolm kortermaja, mis asuvad samuti asula keskuses. Trassi pikkuseks tuleb arvutuslikult 150m ning sellise investeeringu suuruseks 50 000 eurot. Investeeringu kitsendavaks asjaoluks on see, et kahte kortermaja eraldab riigitee ning selle ääres on muinsuskaitse all olev tammeallee. Vanad küttekolded korterites tuleb asendada uutega ning sellised kulutused tuleb teha korterühistutel endil. Arvestades maksujõulise elanikkonna puudumist, pidevalt kahanevat rahvaarvu ja investeeringu suurust peab töö autor sellist investeeringut võimatuks.

Biokütuste alla kuulub peale puitkütuste ka biogaas. Töö autor on arvutanud tekkiva biogaasi ning selles sisalduva metaani koguse sõnnikus. Omavalitsuse loomade koguarv on 579 ning nende sõnniku kogus on arvutuslikult aastas 3 842 tonni, millest saab arvutuslikult 32 508m³ biogaasi. Arvestades marginaalset biogaasi kogust oleks sellise suurusega biogaasi rajamine ebaratsionaalne. Investeeringu muudab suuremaks asjaolu, et tuleb ehitada täiesti uus sõnniku- ja lägahoidla. Lisaks tuleb arvestada sellega, et talud on hajevil ning läga kokku kogumine muudaks investeeringut veelgi.

Tuuleenergia poolest on omavalitsus veel vaesem kui biogaasi poolest. Vald asub Eesti mõistes ühes tuule vaikseimas kohas. Valla keskmine tuulekiirus aastas on 2 m/s. Seega tuulegeneraatorite paigaldamine on äärmiselt ebaratsionaalne. Mini-väiketuuliku kasutamine on ratsionaalne juhul kui aasta keskmine tuule kiirus on paigalduskohas vähemalt 3,5 m/s, seega ka see on ebaratsionaalne.

Halliste valla ning Õisu aleviku taastuenergia ressursidest on ratsionaalne kasutada päikeseenergiat. Summaarne päikesekiirgus oli 2016. aasta andmetel enim mais, kus päikesekiirgus oli 713,6 MJ/m² kohta. Seega arvutati päikeseelektrijaama tootlikkus ning tasuvus.

Õisu aleviku kortermajas asuvad valla kolm avalikus kasutuses olevat hoonet: lasteaed, raamatukogu ja rahvatuba. Nende tarbimise katmiseks rajatakse päikeseelektrijaam nimivõimsusega 10,44 kW. Peamiselt toodetakse elektrit oma vajaduste katmiseks ning kui see on täidetud toodetakse elektrienergiat üldvõrku. Elektri tootmisel võrku maksab Elering taastuenergia toetust 53,7 €/MWh eest. Projekti tasuvusaeg on 13 aastat ning elueaks on tootja pakkunud 25-30 aastat.

Halliste vald on tüüpiline Eesti väike vald, mille elanikkond on pidevas kahanemises, kuna puuduvad töökohad. Vähe on ettevõtjaid, seda ka põllumajandussektoris. See omakorda muudab ka maksejõulise elanikkonna osakaalu. Taastuenergia kasutuselevõtu tehnoloogiad on kallid ning investeeringute tegemine taastuenergia sektorisse on raskendatud. Antud alevis on mõistlik kasutada taastuenergiaallikatena päikeseenergiat ja võtta kasutusele enam puidu ressursse.

Kasutatud kirjandus

- [1] „Energiatalgud,“ Taastuenergia direktiiv, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://energiatalgud.ee/img_auth.php/7/79/EL_taastuenergia_direktiiv_2009.pdf. [Kasutatud 2017].
- [2] „Riigi Teataja,“ Halliste valla jäätmekava, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/4300/6201/6016/Lisa.pdf#>. [Kasutatud 2017].
- [3] ”Google Maps,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: maps.google.com. [Kasutatud 2017].
- [4] „Halliste valla koduleht,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.halliste.ee/>. [Kasutatud 2017].
- [5] „Sakala,“ Eesti 20 aasta pärast - kas rahvastik jääb püsima?, 5 veebruar 2013. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://sakala.postimees.ee/1138202/eesti-20-aasta-parast-kas-rahvastik-jaab-pusima>. [Kasutatud 2017].
- [6] „Eesti Entsüklopeedia,“ Halliste vald, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: http://entsyklopeedia.ee/artikkel/halliste_vald. [Kasutatud 2017].
- [7] A. Tiideberg, Halliste enne ja nüüd., 2004.
- [8] „Karksi valla koduleht,“ Uudised, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: http://www.karksi.ee/uhinemine/-/asset_publisher/hH5wI3zy3JcX/content/karksi-vallavolikogu-kinnitas-21-detsembri-istungil-abja-halliste-ja-karksi-valla-ning-moisakula-linna-uhinemislepingu?redirect=http%3A%2F%2Fwww.karksi.ee%2Fuhinemine%3Fp_p_id%3D101_INS. [Kasutatud 2017].
- [9] ”Seletuskiri,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.karksi.ee/documents/3582762/13703014/LISA+1.+Seletuskiri.pdf/9c440f7>

9-af19-4b14-9137-2375ed6ec37a..

- [10] „Eleringi koduleht,“ Taastuenergia, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://elering.ee/taastuenergia/>.
- [11] „Wikipedia,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://et.wikipedia.org/wiki/Taastuv_energiaressurs. [Kasutatud 2017].
- [12] ”Riigi Teataja,“ Elektriturseadus, [Online]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/ELTS>. [Haettu 2017].
- [13] ”Taastuenergia aastaraamat 2015,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: http://www.taastuenergeetika.ee/wp-content/uploads/2016/12/TEK_aastaraamat_A4_juuni16_40lk_PREVIEW-1.pdf. [Kasutatud 2017].
- [14] „Energiatalgud,“ Bioenergia, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://energiatalgud.ee/index.php?title=Bioenergia&menu-25>. [Kasutatud 2017].
- [15] „Maaeluministeeriumi koduleht,“ Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.agri.ee/et/biomassi-ja-bioenergia-kasutamise-edendamise-arengukava-aastateks-2007-2013..> [Kasutatud 2017].
- [16] Ü.Kask. „Energiatalgud,“ Biokütused ja nende kasutamine väike kütteseadmetes, 2012. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://energiatalgud.ee/img_auth.php/7/7b/Kask,_%C3%9C._Biok%C3%BCtused_ja_nende_kasutamine_v%C3%A4ikek%C3%BCtteseadmetes_I_10.10.2012.pdf. [Kasutatud 2017].
- [17] „Wikipedia,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://et.wikipedia.org/wiki/Lodumets>. [Kasutatud 30 04 2017].

- [18] „Iisaku aleviku kaugkütte soojuse hinna arvutus üleviimisel hakkpuidule või muule kohalikule kütusele,“ 2011. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.iisaku.ee/img/image/iisakuaruanne.pdf>. [Kasutatud 2017].
- [19] „Eesti Biogaasi Assotsiatsiooni koduleht,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://eestibiogaas.ee/>. [Kasutatud 2017].
- [20] „Eesti Biogaasi Assotsiatsiooni koduleht,“ Tootmine ja kasutamine, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://eestibiogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine/>.
- [21] „Statistikaameti andmebaas,“ [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 2017].
- [22] „Riigi Teataja,“ Eri tüüpi sõnniku toitaine sisalduse arvestuslikud väärtused, sõnnikuhoidlate mahu arvutamise meetodika ja põllumajandusloomade loomühikuteks ümberarvutamise koefitsiendid, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/116072014008>. [Kasutatud 2016].
- [23] A. Alvela, „Maaleht,“ Hüdroenergia tulevik peitub pumpjaamades, 31 oktoober 2016. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://maaleht.delfi.ee/news/maaleht/uudised/hydroenergia-tulevik-peitub-pumpjaamades?id=76104805>. [Kasutatud 2017].
- [24] „Wisconsin Valley Improvement Company,“ How Hydropower Works, 2017. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: http://www.wvic.com/content/how_hydropower_works.cfm.. [Kasutatud 2017].
- [25] „Wikipedia,“ Hüdroelektrijaam, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://et.wikipedia.org/wiki/H%C3%BCdroelektrijaam>.
- [26] „Energiatalgud,“ Hüdroelektrijaam, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://energiatalgud.ee/index.php?title=H%C3%BCdroelektrijaam>. [Kasutatud 2017].

- [27] „Taastuenergia aastaraamat 2013,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.taastuenergeetika.ee/wp-content/uploads/2016/12/Taastuenergia-aastaraamat-2013-1.pdf>. [Kasutatud 2017].
- [28] „Kultuurimälestiste riiklik register,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=14466>. [Kasutatud 2017].
- [29] I. Leidus, „Wikimedia Commons,“ Õisu mõisa vesiveski, 7 juuli 2012. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%95isu_m%C3%B5isa_vesiveski.jpg. [Kasutatud 2017].
- [30] U. Roosmaa, *Õisu ja Kaarli hüdroelektrijaamad*. [Intervjuu]. 2017.
- [31] „Tuuleenergia Assotsiatsiooni koduleht,“ Olemasolev tuuleenergia Eestis, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.tuuleenergia.ee/about/statistika/olemasolev/>. [Kasutatud 2017].
- [32] „Riigi Ilmateenistus,“ Ilmaandmed, 2017. [Võrgumaterjal].
- [33] „Taastuenergia OÜ koduleht,“ Tuuleenergia, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.taastuenergia.ee/tuuleenergia.html>.
- [34] R. Teemets, „Tuuleenergeetika,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/AAV0160/Tuuleenergeetika_2.pdf. [Kasutatud 2017].
- [35] „Taastuenergia OÜ koduleht,“ Tuulegeneraatorid, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.taastuenergia.ee/tuulegeneraatorid.html>. [Kasutatud 2017].
- [36] „Energialagud,“ Tuuleenergia ressurss, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav:

- https://energiatalgud.ee/index.php/Tuuleenergia_ressurss. [Kasutatud 2017].
- [37] A. Rosin, S. Link ja I. Drovtar. „Energia lokaalse tootmise analüüs büroohoonele,“ Energiasalvestid ja salvestustehnoloogiad, 2013. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://energiatalgud.ee/img_auth.php/8/86/Rosin%2C_A.%2C_Link%2C_S.%2C_Drov%2C_I._Energia_lokaalse_tootmise_anal%3%BC%3%BCs_b%3%BCroo%2C_oonele_Energiasalvestid_ja_salvestustehnoloogiad._Anal%3%BC%3%BCs2013.pdf. [Kasutatud 2017].
- [38] A. Kull, „Tuuleenergia Assotsioatsiooni koduleht,“ Eesti Tuuleatlas, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.tuuleenergia.ee/about/statistika/tuuleatlas/>. [Kasutatud 2017].
- [39] „Energiatalgud,“ Päikeseenergia ressurss, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://energiatalgud.ee/index.php?title=P%C3%A4ikeseenergia_ressurss. [Kasutatud 2017].
- [40] R. Pinn, „Tuule- ja päikeseenergia kasutusvõimalused Eestis,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: https://energiatalgud.ee/img_auth.php/8/82/Pinn%2C_R._Tuule-ja_p%C3%A4ikeseenergia_kasutusv%C3%B5imalused_Eestis._Eesti_P%C3%A4ikeseenergia_Assotsiatsioon._Ettekanne.pdf.
- [41] „Eleringi koduleht,“ Taastuvenergia kattis möödunud aastal 15,1 protsenti elektri kogutarbimisest, 2017. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://elering.ee/taastuvenergia-kattis-moodunud-aastal-151-protsenti-elektri-kogutarbimisest/>.
- [42] „Taastuvenergia OÜ koduleht,“ Päikeseenergia Eestis, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.taastuvenergia.ee/paikeseenergia-eestis.html>.
- [43] „Päikeseküte.ee koduleht,“ [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.paikeseküte.ee/>. [Kasutatud 2017].
- [44] „Energiatalgud,“ Päikesepaneel, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav:

- <https://energiatalgud.ee/index.php?title=P%C3%A4ikesepaneel>. [Kasutatud 2017].
- [45] K. Veskus, „Lõputöö,“ AS Läätsa Kalatööstuse päikeselektrijaama planeerimine, 2016. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: http://eprints.tktk.ee/2308/1/AS%20L%C3%84%C3%84TSA%20KALAT%C3%96%C3%96STUSE%20P%C3%84IKESEELEKTRIIAAMA%20PLANEERIMINE_Kaspar%20Veskus.pdf.
- [46] M. Mahlapuu, „Päikeselektrist lihtsalt,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.meiekodu.ee/paikeselektrist-lihtsalt/>. [Kasutatud 2017].
- [47] „Wikipedia,“ Päikesekollektor, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://et.wikipedia.org/wiki/P%C3%A4ikesekollektor>. [Kasutatud 2017].
- [48] „Virkus Postil,“ Päikesekollektorite kasutamise kogemus Suurbritannias, 2012. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.virkus.com/kalle/paikeselektritorite-kasutamise-kogemus-suurbritannias>.
- [49] „Energiatalgud,“ Päikesekollektor, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://et.wikipedia.org/wiki/P%C3%A4ikesekollektor>. [Kasutatud 2017].
- [50] „Viljandi Maavalitsus,“ Kaugküttepiirkonnad Viljandi maakonnas, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://viljandi.maavalitsus.ee/kaugkuttepiirkonnad-viljandi-maakonnas>. [Kasutatud 2017].
- [51] S. Kampus, *Õisu katlamaja*. [Intervjuu]. 2017.
- [52] „Maa-ameti Geoportaal,“ Eesti kaart, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis>. [Kasutatud 2017].
- [53] „Kalvis Boilers koduleht,“ Industrial Boilers – K100M to K950M, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://kalvisboilers.co.uk/industrial-boilers-k100m-to-k950m/>. [Kasutatud

- 2017].
- [54] „Kolmetex OÜ koduleht,“ Õisu aleviku katlamaja ehitustööd lõppjärgus, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.kolmetex.ee/ee/uudised/27>. [Kasutatud 2017].
- [55] „Riigi Teataja,“ Kaugkütteseadus, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/101072011020>.
- [56] „Logstor koduleht,“ Community heating, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.logstor.com/media/5328/logstor-flexpipe-handbook-uk-201606.pdf>. [Kasutatud 2017].
- [57] „Keskkonnainvesteeringute Keskus,“ Efektiivne soojusenergia tootmine ja ülekanne, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://kik.ee/et/toetatav-tegevus/efektiivne-soojusenergia-tootmine-ja-ulekanne>. [Kasutatud 2017].
- [58] „EU Science Hub koduleht,“ Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis-geographical-assessment-solar-resource-and>. [Kasutatud 2017].
- [59] „Päikeseküte.ee koduleht,“ Päikesepaneelide tootlikkuse arvutamine, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://www.päikeseküte.ee/artiklid/paikesepaneelide-tootlikkuse-arvutamine/>. [Kasutatud 2017].
- [60] „Taastuenergia OÜ koduleht,“ Linear Performance Guarantee, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: http://www.taastuenergia.ee/images/linear_performance_guarantee.jpg.
- [61] „Eleringi koduleht,“ Taastuenergia toetus, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <http://elering.ee/taastuenergia-toetus/>. [Kasutatud 2017].

[62] „Taastuenergia OÜ koduleht,“ Firmast, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav:
<http://www.taastuenergia.ee/firmast.html>.

Lisad

Lisa 1 Logstor eelisooleeritud torude omadused

Lisa 2 PVGIS tulemus

Lisa 3 Hinnapakkumine päikesepaneelidele

Lisa 4 Rahavood

Lisa 5 PEJ joonised 3D mudelist

Lisa 1 Logstor eelisooleeritud torude omadused



1.4.2.1

Design with FlexPipes Heat loss

Conditions

The tables in this section are based on the following and are consequently only guiding:

- Flow temperature 80°C
- Return temperature 40°C
- Soil temperature 10°C
- Soil cover 0.6 m
- Distance between pipes (in connection with single pipes) 0.15 m
- Lambda value of the soil 1.6 W/mK

If exact calculations with other conditions are required, please refer to LOGSTOR Calculator at www.logstor.com (use the quick link).

PexFlex

The heat loss is the total heat loss of flow and return pipe.

Pipe pair:

Series 1		
Service pipe ø mm	Outer casing ø mm	Heat loss W/m
16	77	10.72
20	77	12.55
25	77	15.17
32	77	19.73
40	90	19.77
50	110	19.61
63	125	21.74
75	140	23.28
90	160	24.77
110	160	38.30

Series 2		
Service pipe ø mm	Outer casing ø mm	Heat loss W/m
16	90	9.15
20	90	10.50
25	90	12.35
28	90	13.57
40	110	15.15
50	125	16.17
63	140	18.16
75	160	18.81

TwinPipes:

Series 1		
Service pipe ø mm	Outer casing ø mm	Heat loss W/m
2x16	90	7.59
2x20	90	9.33
2x25	110	8.91
2x32	110	12.29
2x40	125	13.51
2x50	160	11.92

Series 2		
Service pipe ø mm	Outer casing ø mm	Heat loss W/m
2x16	110	6.14
2x20	110	7.24
2x25	125	7.46
2x32	125	9.64
2x40	140	10.73

Lisa 2 PVGIS tulemus

PVGIS andmebaas pakub tasuta veebijuurdepääsu päikesekiirguse ja temperatuuride andmetele ning PV tulemuslikkuse hindamise vahenditele, mis tahes asukohale Euroopas ja Aafrikas, hõlmates ka suurt osa Aasiast. [58]



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 58°12'1" North, 25°32'48" East, Elevation: 72 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 10.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%

Other losses (cables, inverter etc.): 5.0%

Combined PV system losses: 14.8%

Fixed system: inclination=40 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	6.74	209	0.69	21.5
Feb	17.10	478	1.78	49.7
Mar	27.20	844	2.97	92.2
Apr	39.10	1170	4.50	135
May	46.70	1450	5.63	174
Jun	46.10	1380	5.65	170
Jul	44.70	1390	5.59	173
Aug	37.80	1170	4.62	143
Sep	27.60	828	3.25	97.6
Oct	16.80	521	1.88	58.3
Nov	7.06	212	0.76	22.8
Dec	3.94	122	0.41	12.7
Year	26.80	814	3.15	95.9
Total for year		9770		1150

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Lisa 3 Hinnapakumine päikesepaneelidele

Taastuenergia OÜ tegevusalaks on päikeseelektrijaamade projekteerimine ja paigaldamine. Tegevust alustati 2005. aastal ja on üks esimesi Eestis, kes hakkas pakkuma taastuenergia lahendusi era- ja äriklientidele. [62]

MÜÜGIPAKKUMINE

Kuupäev: 23. aprill 2017. a.

Klient: Kati Ojaloo

Objekt: Öisu alevik, Halliste vald

Elektrivõrguga ühendatud PV paneelide süsteem 10 440 W (9 918 kWh aastas)



Seadmed ja paigaldustarvikud	Kogus	Hind	Kokku
Võrguinverter ABB PVI-10.0-TL-OUTD-FS (norm 10300W, max 13000W)	1	1 607,06 €	1 607,06 €
ABB VSN300 WIFI LOGGER CARD + ABB Aurora Vision Plant Management Platform	1	113,33 €	113,33 €
Päikesepaneel SolarWorld Sunmodule 290 mono (bl. frame/wh. foile)	36	161,68 €	5 820,48 €
Kaabli kinnitamise klamber	72	0,35 €	25,20 €
MC4 plug + socket type 4/6II D 5.5-9.0 mm (UV kindla kaabli pistikute komplekt)	2	3,00 €	6,00 €
SolarWorld Suncable 1x4 mm ² special solar cable (kaabel paneelide taga ja ridade vahel)	36	0,90 €	32,40 €
SolarWorld Suncable 1x4 mm ² special solar cable (kaabel paneelide ja inverteri vahel)	40	0,90 €	36,00 €
	0	0,00 €	0,00 €

Seadmete maksumus: 7 640,47 €

Päikesepaneelide paigaldamine	Kogus	Hind	Kokku
Päikesepaneelide paigaldamine	36	15,00 €	540,00 €
Inverteri paigaldamine ja ühendamine elektrikiilbiga	1	55,00 €	55,00 €
Inverteri ja peakilbi vaheline kaabel (ühik: m)	2	1,42 €	2,84 €
Inverteri ja kiilbi vahelise kaabli paigaldamine	1	15,00 €	15,00 €
Inverteri häälestamine	1	210,00 €	210,00 €
Projektijuhtimine	1	162,00 €	162,00 €
Kaupade ja töötajate transport (ühik: km)	10	1,20 €	12,00 €
	0	0,00 €	0,00 €

Paigaldusteenus: 996,84 €

Elektritootjana liitumise vormistamine*	Kogus	Hind	Kokku
Elektritootja liitumistaotlus	1	0,00 €	0,00 €
Elektripaigaldise põhimõtteskeem	1	0,00 €	0,00 €
Tootmisseadme kaitsesätete seadistamise protokoll	1	5,00 €	5,00 €
Elektrijaama elektriosa projekt	1	28,00 €	28,00 €
Elektripaigaldise nõuetekohasuse deklaratsioon	1	25,00 €	25,00 €
Elektrotehniline kontrollmõõtmine ja nõuetekohasuse tunnistus	1	80,00 €	80,00 €
Elektripaigaldise nõuetekohasuse teatis	1	0,00 €	0,00 €

Liitumise vormistamine: 138,00 €

KOKKU (seadmed; paigaldus; liitumine): 8 775,31 €

Käibemaks 20%: 1 755,06 €

Summa + KM 20%: 10 530,37 €

Lisa 4 Rahavood

Aasta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Eeldused																									
PV paneelide toodang võrreldes algsega	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	99 %	98 %	97 %	96 %	95 %	94 %	93 %	92 %	91 %	90 %	89 %	88 %	87 %	86 %	85 %	84 %	83 %	82 %	81 %	80 %
Elektrienergia toodang (MWh)	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	9,1	9,0	8,9	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4	8,3	8,2	8,1	8,0	7,9
Elektrienergia omatarbimine (%)	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %
Elektrienergia omatarbimine (MWh)	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6
Müük võrku (MWh)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,4	6,3	6,3	6,2	6,2	6,1	6,0	6,0	5,9	5,8	5,8	5,7	5,6	5,6	5,5	5,4	5,4	5,3
Hind omatarbimisel (eur / MWh)	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7	91,7
Hind võrku müügil (eur / MWh)	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4
Taastuenergia toetus (eur / MWh)	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7													
Rahavoog																									
Sääst omatarbest	295,5	295,5	295,5	295,5	295,5	295,5	292,6	289,6	286,7	283,7	280,8	277,8	274,9	271,9	268,9	266,0	263,0	260,1	257,1	254,2	251,2	248,3	245,3	242,3	239,4
Tulud võrku müügist	264,3	264,3	264,3	264,3	264,3	264,3	261,7	259,0	256,4	253,8	251,1	248,5	245,8	243,2	240,5	237,9	235,2	232,6	230,0	227,3	224,7	222,0	219,4	216,7	214,1
Taastuenergia toetus	351,5	351,5	351,5	351,5	351,5	351,5	348,0	344,5	341,0	337,5	333,9	330,4													
KOKKU LAEKUMISED	911,4	911,4	911,4	911,4	911,4	911,4	902,3	893,2	884,0	874,9	865,8	856,7	847,6	838,5	829,4	820,3	811,2	802,1	793,0	783,9	774,8	765,7	756,6	747,5	738,4
Investeering:	11025,0																								
PERIOODI RAHAVOOG	-10113,6	911,4	911,4	911,4	911,4	911,4	902,3	893,2	884,0	874,9	865,8	856,7	847,6	838,5	829,4	820,3	811,2	802,1	793,0	783,9	774,8	765,7	756,6	747,5	738,4
KUMULATIIVNE RAHAVOOG	-10113,6	-9202,2	-8290,9	-7379,5	-6468,1	-5556,7	-4654,4	-3761,3	-2877,3	-2002,3	-1136,5	-279,8	240,9	755,9	1265,4	1769,3	2267,6	2760,3	3247,3	3728,8	4204,7	4675,0	5139,7	5598,8	6052,3

Projekti sisemine tulumäär (IRR)	5,04 %
Diskontomäär nüüdispuhasväärtuse arvutamiseks	5,00 %
Nüüdispuhasväärtus (NPV)	€ 30

Lisa 5 PEJ joonised 3D mudelist

Modelleerimisel on kasutatud Solid Edge programmi

