



EESTI MAAÜLIKOOL  
Tehnikainstituut

**Matti Kärmas**

**TURISMITALU ENERGIAKASUTUSE ANALÜÜS**  
**ANALYSIS OF ENERGY SUPPLY OF TOURISM FARM**

Bakalaureusetöö

Energiakasutuse erialal

Juhendaja: dotsent Tõnis Peets, PhD

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Matti Kärmas		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Turismitalu energiakasutuse analüüs			
Lehekülgi: 53	Jooniseid: 22	Tabeleid: 7	Lisasid: 5
<p>Osakond / Õppetool: Energeetika osakond</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika, 4.17.Energeetikaalased uuringud</p> <p>CERC S-i kood: T140 Energeetika</p> <p>Juhendaja(d): Tõnis Peets</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2018</p>			
<p>Euroopa Liit koos Eestiga liiguvad jõudsalt energiatõhususe tõstmise ja kasvuhoonegaaside vähendamise suuna, et tagada hea ja säästlik keskkond meile kõigile. Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on analüüsida võimalusi taastuvate energiaallikate kasutamise kohta. Turismitalu asub Jõgevamaal, Palamuse vallas, Änkkülas, Udu talus, Kuremaa järve ääres. Turismitalu suuruseks on 30,3 hektarit, sellest 10.5 hektarit on põllumaad, heinamaad umbes 7 hektarit, 4 hektarit on turismi pinda, 7 hektarit on metsa ja ülejäänud on veealune rohumaa. Ülemkogu on seadnud eesmärgi, et 2030. aastal peaks taastuvenergia moodustama Euroopa-Liidus tarbitavast energiast vähemalt 27%. Turismitalu aastane elektritarve on 27349 kW·h. Võimsusega 11 kW aastane päikesepaneeli kogu toodang turismitalule on 10700 kW·h, lahenduses on kokku 42 paneeli ja pindalalt 70 m<sup>2</sup>. Töö käigus võrreldakse <i>on-grid</i> ja <i>off-grid</i> elektrivõrku. <i>On-grid</i> lahenduse plussiks sai, et suurema tarbimise korral võetakse võrgust energiat juurde, samas ülejäänud energiat on võimalik võrku tagasi suunata. Töös järeldeb väiketuulikute madal perspektiivitus maismaa suhtes. Antud teemat edasi arendades tuleks rõhku pöörata reaalsele mõõtmistulemustele, mis oleks vaja esmalt läbi viia ja seejärel täpsete hinnangute andmine ettevõttele taastuvenergia allikate soetamisel. Autor leiab et tuleks teostada tasuvusanalüüs ja kas rahaliselt on võimalik antuid energiaallikaid soetada.</p>			
Märksõnad: päikesepaneel, tuulegeneraator, energiasääst, elektrivõrk, energiatarbimine			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Matti Kärmas		Curriculum: Engineering	
Title: Analysis of Energy Supply of Tourism Farm			
Pages: 53	Figures: 22	Tables: 7	Appendixes: 5
Department / Chair: Energy Engineering Field of research: 4. Natural Sciences and Engineering 4.17 Energetic Research (CERC S) code: T140 Energy research Supervisors: Tõnis Peets Place and date: Tartu 2018			
<p>The European Union together with Estonia is moving steadily towards increasing energy efficiency and reducing greenhouse gases in order to ensure a good and economical environment for all of us. The purpose of this bachelor thesis is to analyze the possibilities of using renewable energy sources. The tourist farm is located in Jõgevamaa, in the Palamuse municipality, Änkküla, on the Udu farm, near Kuremaa lake. The tourist farm is 30.3 hectares, of which 10.5 hectares are arable land, a meadow of about 7 hectares, 4 hectares of tourism, 7 hectares of forest, and the rest is underwater grassland. It has set a target of at least 27% renewable energy in the European Union in 2030. The annual electricity consumption of the Tourist Farm is 27349 kW·h. The total output of a 11 kW solar panel for the tourist farm is 10700 kW·h, with a total of 42 panels and an area of 70 m<sup>2</sup>. In the course of the work, the on-grid and off-grid electricity networks are compared. The advantage of the on-grid solution was that, when consumed more, the network will receive energy while the rest of the energy can be redirected to the network. The work suggests a low prospect for small-breeders on land. In further developing this topic, emphasis should be put on the actual measurement results that would need to be carried out first and then accurate estimates of the company when acquiring renewable energy sources. The author believes that a cost-benefit analysis should be carried out and whether it is financially possible to obtain energy sources.</p>			
Keywords: solar panel, wind turbine, energy saving, power grid, energy consumption			

## TÄHISED JA LÜHENDID

DC – alalisvool (*direct current*)

*off-grid* – võrguühenduseta süsteem

EI15 – tulekindla ukse sertifikaat

PV – fotoelement (*photovoltaic*)

IEC61400-2 – rahvusvaheline eeskiri (*International standard*)

P – paneelide paigaldatav koguvõimsus, kW

E – tarbitav energiahulk kuus, kW·h

*PVGIS* – *Photovoltaic Geographical Information System*

*on-grid* - võrguühendusega süsteem

S - rahaline sääst kuus, EUR;

Hk – elektrienergia hind kuus, EUR

Et – energiatarbimine kuus, kW·h

Ep – päikesejaama toodang kuus, kW·h

Ho – elektrienergia ostuhind, EUR/kW·h

Hm - elektrienergia müügihind, EUR/kW·h

T - tasuvusaeg, aastat

I - investeeringukulu, EUR

A - aastane tulu, EUR

KEK – kaalutud energiakasutus

ETA – energiatõhususarv

PJK – peajaotuskeskus

JK - jaotuskeskus

## SISUKORD

TÄHISED JA LÜHENDID .....	4
SISUKORD .....	5
SISSEJUHATUS .....	7
1. EUROOPA-LIIDU POLIITIKA .....	8
1.1. Energia majanduspoliitiline raamistik .....	8
1.2. Taastuenergeetika eesmärgid Euroopa Liidus .....	11
1.3. Taastuenergia osakaal Eestis .....	13
2. TURISMITALU ÜLEVAADE .....	16
2.1. Turismitalu üldandmed .....	16
2.2. Energiatarve .....	19
3. TUULEENERGIA KASUTUSVÕIMALUSE ANALÜÜS .....	23
3.1. Eesti tuuleenergia .....	23
3.2. Tuulegeneraatori valik .....	24
3.3. Tuulegeneraatori valik ja järeldused .....	26
4. PÄIKESEENERGIA KASUTUSVÕIMALUSE ANALÜÜS .....	28
4.1. Päikesepaneelide liigid .....	28
4.2. Turismitalu päikesejaam <i>off-grid</i> lahendusena .....	29
4.3. Turismitalu päikesejaam <i>on-grid</i> lahendusena .....	33
4.4. Järeldused päikeseenergia kasutusvõimalustest .....	35
5. TURISMITALU ENERGIAKASUTUSE OPTIMEERIMINE .....	38
5.1. Energiamärgis .....	38
5.2. Järeldused energiakasutuse kohta .....	39
KOKKUVÕTE .....	41

SUMMARY .....	43
KASUTATUD KIRJANDUS .....	44
LISAD .....	47
Lisa 1. ....	48
Lisa 2. ....	49
Lisa 3. ....	50
Lisa 4. ....	51
Lisa 5. ....	52
LIHTLITSENTS.....	53

## SISSEJUHATUS

Maailmas üha enam kasvav energianõudlus on tihedas seoses suureneva õhusaastega ning mitmete maavarade vähenemisega. Praegusel ajal on aktuaalseks teemaks taastuvenergiaallikatest saadav energia ning energiatõhusad kodulahendused [1]. Samuti on aktuaalseks teemaks koduautomaatika ja selle juhtimine. Käesoleva töö põhirõhk on suunatud turismitalu energiakasutuse uurimisele ja alternatiivide leidmisele. Töös uuritav turismitalu on rajatud aastal 2000. Sellel ajal ei olnud energiasäästlikkus prioriteediks ja sellest ei teatud niivõrd palju. Küll on energiasäästmine ja taastuvenergiaallikate kasutamine aktuaalne teema just tänapäeval, kuna elektrienergia kallineb ning alternatiivenergia tootmine on kättesaadavam ja kasulikum just tavatarbijale. Samuti on suuresti arenenud soojustustehnilised omadused ning majapidamistele on olemas mitmeid erinevaid ja säästlikke energialahendusi. Uuritav objekt paikneb Palamuse vallas Änkkülas Udu talus ja tegu on turismi ettevõttega, mis on rajatud aastal 2000. Bakalaureusetöö eesmärgiks on Turismitalu energiakasutuse uurimine ja ettepanekute tegemine hoonete energiaklassi parandamiseks. Samuti uute energiasäästlike lahenduste leidmine turismitalule. Eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

- tutvustada energia majanduspoliitilist tausta,
- tutvustada taastuvenergeetika eesmärke Euroopa Liidus,
- anda ülevaade taastuvenergiast Eestis,
- luua ülevaade uuritavast turismitalust,
- leida uusi lahendusi taastuvenergia allikatest,
- analüüsida saadud tulemusi,
- teha ettepanekuid uuritava turismitalu energiaklassi parendamiseks.

Töö on jaotatud kaheks osaks: teoreetiline ja empiiriline. Teoreetilises osas käsitletakse energia tarbimist nii Eestis kui ka Euroopa riikides. Samuti antakse ülevaade energia majanduspoliitilisest taustast. Empiirilises osas teostatakse turismitalu vajaminevad uuringud, mille tulemuste põhjal tehakse analüüs ja ettepanekuid energiaklassi parendamiseks.

# 1. EUROOPA-LIIDU POLIITIKA

## 1.1. Energia majanduspoliitiline raamistik

30. novembril 2016 aastal avaldas Euroopa Komisjon teatise „Puhas energia kõikidele eurooplastele“ ( „*Clean Energy For All Europeans*“) koos seda saatvate muude erinevate teatiste ja regulatiivsete ettepanekutega – nn *Clean Energy Package*, sealhulgas [2]:

- elektrituru direktiivi eelnõu,
- elektri piiriülese kaubanduse määruse eelnõu,
- elektrisektori riskivalmiduse määruse eelnõu,
- taastuvenergia direktiivi eelnõu,
- energiatõhususe direktiivi eelnõu,
- energiaregulaatorite koostööagentuuri määruse eelnõu,
- energialiidu juhtimisraamistiku määruse eelnõu,
- puhta energia innovatsiooni teatis.

Energialiit on EL-i üks peamisi vahendeid üleminekuks vähese CO<sub>2</sub>-heittega majandusele ja panus selle kõikehõlmava eesmärgi saavutamisse üle kogu maailma. Samas peab siinkohal mainima, et oluline on tagada Euroopa kodanike üleminek puhtamale energia süsteemile. Kõik tarbijad peaksid tundma end kaasatuna ning saama kasu juurdepääsust turvalisemale, puhtamale ja konkurentsivõimelisemale energiale - need ongi energialiidu peamised eesmärgid [2].

Esimeseks sammuks Euroopa Liidus on, et tarbijad peavad saama nõudlusele reageerida kas otse või energiaagregaatore kaudu. Uus arukas tehnoloogia lubab tarbijate jaoks võtta kontrolli alla ja aktiivselt juhtida oma energiatarbimist ja ühtlasi muuta see mugavamaks ja kättesaadavamaks. Tänu uutele muudatustele saavad kodumajapidamised ja ettevõtjad paremini osa võtta energiasüsteemist ja võimalikult vara reageerida hinnasignaalidele. See nõuab ka hulgi- ja jaehindade kõrvaldamist ning samas tagab haavatavate kodutarbijate



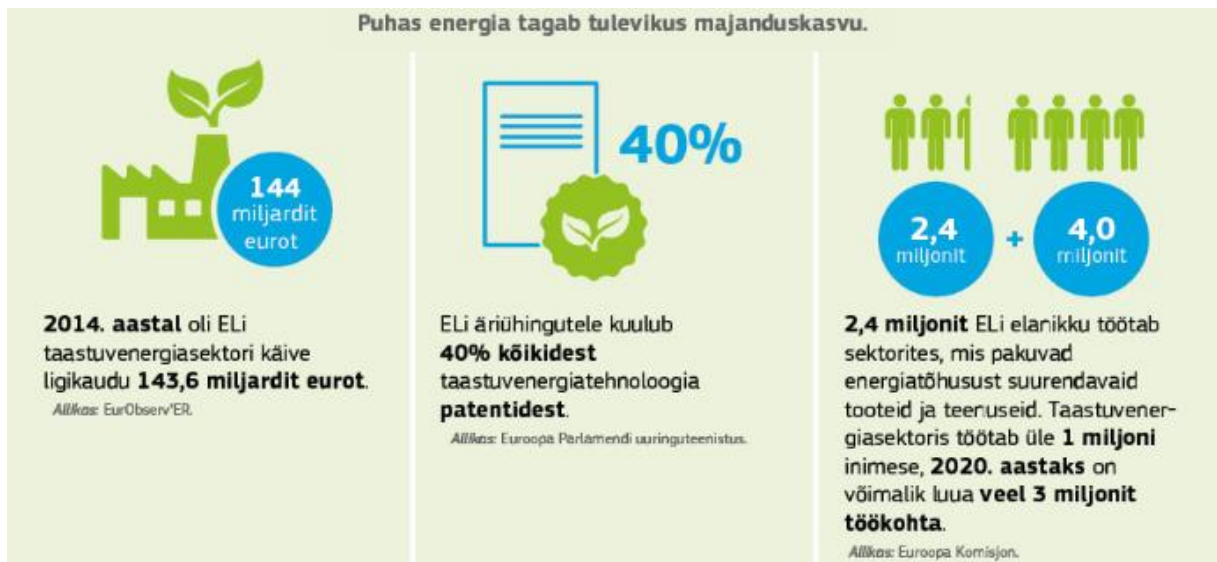
täieliku ja nõuetekohase kaitse. Uute õigusakti ettepanekutega luuakse ka uusi ärivõimalusi uutele ja innovaatilistele ettevõtjatele, kes soovivad pakkuda rohkem ja tarbijateni tuua paremaid teenuseid. See hõlbustab innovatsiooni ja digitaliseerimist ning samuti võimaldab Euroopa ettevõtjatel panna suuremat rõhku energiatõhususele ja vähese CO<sub>2</sub>-heitega tootmisele [3].

Tarbijatele õiglase hinna pakkumiseks on vaja innovatiivseid ja kaasahaaravaid ettevõtteid, kes ühendaksid uue energiatehnoloogia digitehnoloogiaga (pilvandmetöötlus) ja mobiilsidetehnoloogiaga (5G). Eesmärgiks on pakkuda uusi tooteid ja teenuseid (detsentraliseeritud elektritootmine, energijuhtimissüsteemid, arukad seadmed ja mitme erinevad arukad arvestid; väikesemahuline salvestamine, sealhulgas erinevad uued elektriautod), mis toetavad aktiivseid tarbijaid ning toetavad suuresti elektritarbimist ja aitavad seega tarbijatel raha säästa [2].

Digitalse ühtse turu strateegia elluviimise raames valmistab Euroopa Komisjon ette algatuse Euroopa andmepõhise majanduse edendamiseks ja arendamiseks. Muuhulgas käsitletakse küsimusi nagu andmete omandiõigus ja vastutus, (taas)kasutatavus, juurdepääs ja samuti koostalitlus. See on eriti asjakohane energeetikavaldkonna protsesside jaoks vajalike andmete ja uute energiateenuste puhul, mida ollakse arendamas. Algatatakse projekt, et töötada välja ühised turvalise kommunikatsiooni standardid, millega tagatakse energiaga seotud andmete vaba liikumine asjaomaste huvitatud isikuteni [3].

Euroopa Komisjon seab paketi esikohale energiatõhususe, kuna see on kõige laialdasemalt kättesaadav energiaallikas. Energiatõhususe esikohale seadmine kajastab asjaolu, et odavaim ja puhtaim energia on selline energia, mida ei ole vaja toota ega tarbida. Selleks tuleb energiatõhusust võtta arvesse kogu energiasüsteemis, st juhtida aktiivselt nõudlust, et optimeerida energiatarbimist, vähendada tarbijate kulusid ja sõltuvust impordist, kusjuures investeerimist energiatõhususe taristusse vaadeldakse kui kulutõhusaimat teed vähese CO<sub>2</sub>-heitega majanduse ja ringmajanduse poole [2].

11 pakett seab eesmärgiks saavutada liidripositsioon taastuvenergia alal kogu maailmas. Euroopa Ülemkogu on seadnud eesmärgi, et 2030. aastal peaks taastuvenergia moodustama EL-is tarbitavast energiast vähemalt 27% [4].



**Joonis 1.1.** Euroopa liidu taastuvenergia edusammude kava [4]

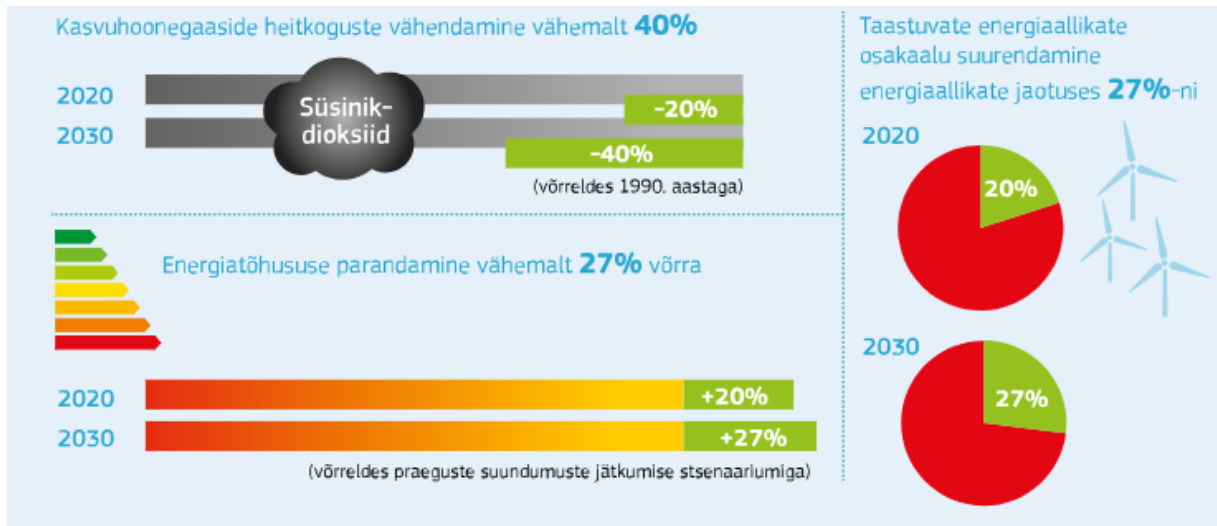
Jooniselt 1.1 on näha, et Euroopa liit on teinud mitmeid erinevaid edusamme puhtama energia liikumise suunas. Samuti on taastuvenergeetika väga laialdaselt tööturul esindatud, mille tulemusena 2020. aastaks peaks töökohtade arv tõusma. Taastuvenergia sektoris töötab hetkeseisuga kuskil miljon inimest.

Ülemkogu miinimumeesmärk on siduvus EL-i tasandil, kuid see ei tähenda, et siduv eesmärk seatakse liikmesriikidele. Selle asemel võtavad liikmesriigid endale kohustuse anda oma panus ühendatud riiklike energia- ja kliimakavade kaudu, mis moodustavad osa majanduse juhtimise ettepanekust, mille eesmärk on EL-i eesmärgi saavutamine. Selleks, et paremini kohaneda uute, enamasti muutlike taastuvenergiaallikatega, peavad hulgimüügiturud võimaldama lühemate tähtaegadega kauplemist, premeerides sellega turul paindlikkust nii tootmise, nõudluse kui ka salvestamise alal.

2015. aasta veebruaris esitas Euroopa Komisjon enda energiastrateegia tagamaks, et EL suudab seatud eesmärgi täita. Strateegias keskendutakse viiele peamisele valdkonnale [4]:

- energiavarustuse tagamine,
- energia siseturu laiendamine,
- energiatõhususe suurendamine,
- heite vähendamine,
- teadusuuringud ja innovatsioon.

Jooniselt 1.2 on näha Euroopa liidu kliimaeesmärgid, kus on lubatud vähendada kasvuhoonegaaside heitekogust vähemalt 40%. Taastuvate energiaallikate osakaalu jõudsasti suurendada ja parendada energiatõhusust.



**Joonis 1.2.** Euroopa liidu kliimaeesmärgid [4]

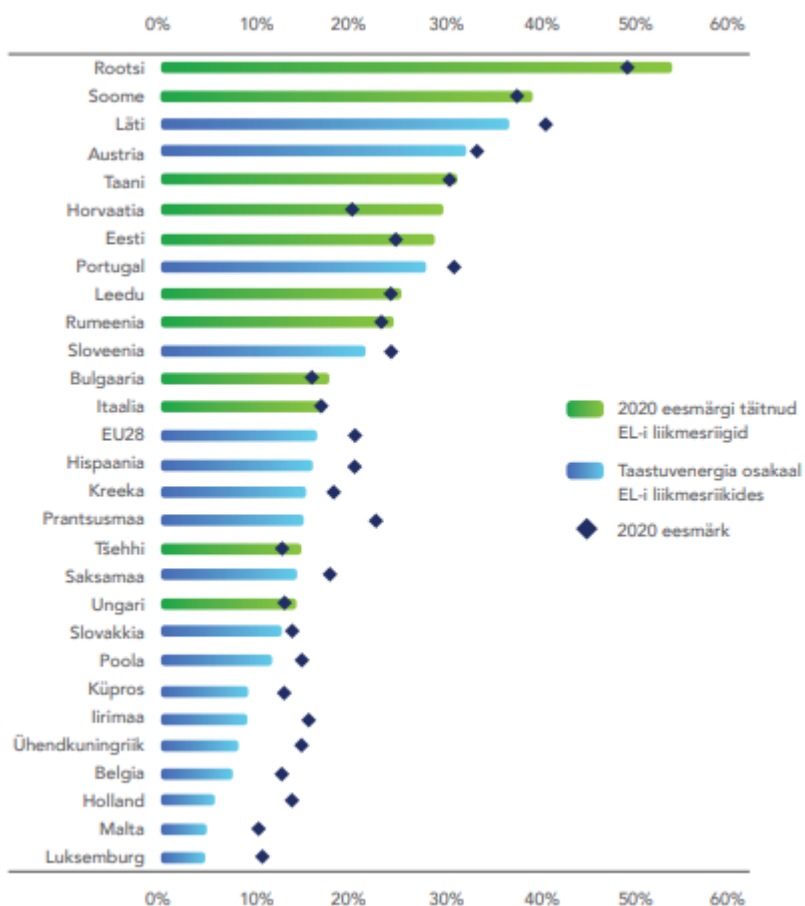
Taastuvenergia direktiivis on põhimõtteid, mida kohaldatakse taastuvenergia tootmise toetamiseks pärast 2020ndat aastat ja millega tagatakse, kui on vaja toetusi, siis on need kulutõhusad ja vähendavad turukõikumised miinimumini. Edukaks taastuvenergeetika integreerimiseks on edaspidigi vaja töökindlat ülekande- ja jaotusvõrgu taristut ning hästi ühendatud üle euroopalist elektrivõrku [4]. Euroopal on maailma üks kõige turvalisemaid elektrivõrke, kuid kuni aastani 2030 on selleks vaja teha suuri investeeringuid, et see ka püsiks turvalisena.

## 1.2. Taastuvenergeetika eesmärgid Euroopa Liidus

Taastuvenergiast direktiivis sätestatud individuaalse taastuvenergia tulevaseks eesmärgiks kõigis Euroopa Liidu riikides on võtta kasutusse üha rohkem taastuvenergiat. Aastal 2015 on selle eesmärgi ületanud 25 Euroopa Liidu riiki 28-st, seal hulgas ka Eesti. 2030ndaks aastaks on eesmärgiks vähemalt 27% täita taastuvenergiaga. „*Clean Energy for All Europeans*“ on pakett, mis avaldati 30. november 2016, mis sisaldab ettepanekut vaadata

üle taastuenergia direktiivi, mis kohustab Euroopa Liidu riike täitma ühist eesmärki ja seda võimalikult säästlikult [5].

Taastuenergia osakaal Euroopa Liidu elektritarbimises oli 2016. aastal umbes 17 protsenti, võrreldes 2004. aasta 8,5 protsendiga. Eestis oli seega taastuenergia osakaal tarbimises 28,8 protsenti. Euroopa Liidu eesmärgiks on 2020. aastaks tõsta taastuenergia osakaalu tarbimises 20 protsendini ning 2030ndaks aastaks vähemalt 27 protsendini. Kuid Euroopa Liidu riigid peavad jätkama oma pingutusi, et täita oma taastuenergia eesmärgid. Suurenenud taastuenergia kasutamine on lahutamatu Euroopa Liidu Energia Liidu strateegiast. Kogu taastuenergia kasutamine toob kasu keskkonnale, tarbijatele, parandab Euroopa energiajulgeolekut ja Euroopa majandust tervikuna. Võrreldes 2004. aastaga kasvas taastuenergia osakaal tarbimises märkimisväärselt kõigis liikmesriikides [6].

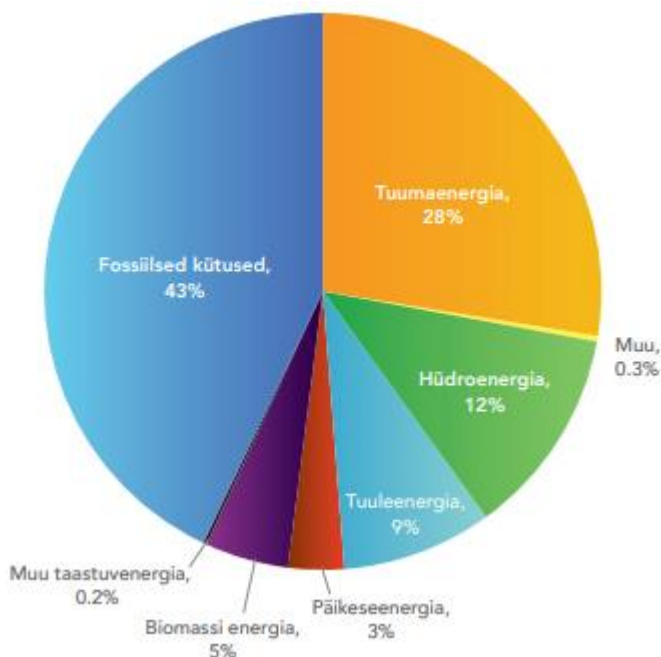


**Joonis 1.3.** Taastuenergia osakaal EL liikmesriikides [6]

Jooniselt 1.3 saab lugeda, et Eestis oli taastuenergia osakaal tarbimises 28,8 protsenti, kasvades 2015ndast aastast 0,2 protsenti ja 2004ndast aastast 10,2 protsenti. Eesti on 2020ndaks aastaks seadnud taastuenergia osakaalu eesmärgiks 25 protsenti. Suurim oli

taastuenergia osakaal 53,8 protsenti Rootsis. Rootsile järgnesid 38,7 protsendiga Soome, 37,2 protsendiga Läti, 33,5 protsendiga Austria ja 32,2 protsendiga Taani.

Madalaim oli osakaal 5,4 protsenti Luksemburgis ning 6 protsenti nii Maltal kui Hollandis. 2020ndaks aastaks seatud eesmärgi olid 2016. aasta seisuga täitnud ainult 11 liikmesriiki: Eesti, Leedu, Soome, Rootsi, Taani, Tšehhi, Ungari, Horvaatia, Bulgaaria ja Itaalia. Eesmärgi täitmisele lähedal on ka Austria [7].



**Joonis 1.4.** Elektritootmine EL-is 2016. aastal energiaallikate kaupa [8]

Jooniselt 1.4 on näha kui suurte protsentidega on toodetud erinevaid energiaallikaid. Hetkel püsib liidrina fossiilsed kütused 43% ja tuumaenergia 28%. Suurelt on plaanil ka hüdroenergia 12% ja tuuleenergia 9%. Hetkel veidi väiksema osakaaluga on päikeseenergia 3% kuid lähiaastatel see osakaal kindlasti suureneb. Lillasse sektorisse jäävad biomassi energia 5% ja erinevad muud taastuenergiad 0,2%.

### 1.3. Taastuenergia osakaal Eestis

2016. aasta Eesti investeeringud ja lisandunud võimsused taastuenergeetikas on pea sama suured kui aastatel 2013-2015 kokku. Investeeringuid on kannustanud perspektiiv, mille kohaselt tänasel kujul elektrituruseaduses sisalduv toetuskeem riigi poolt kaotatakse.

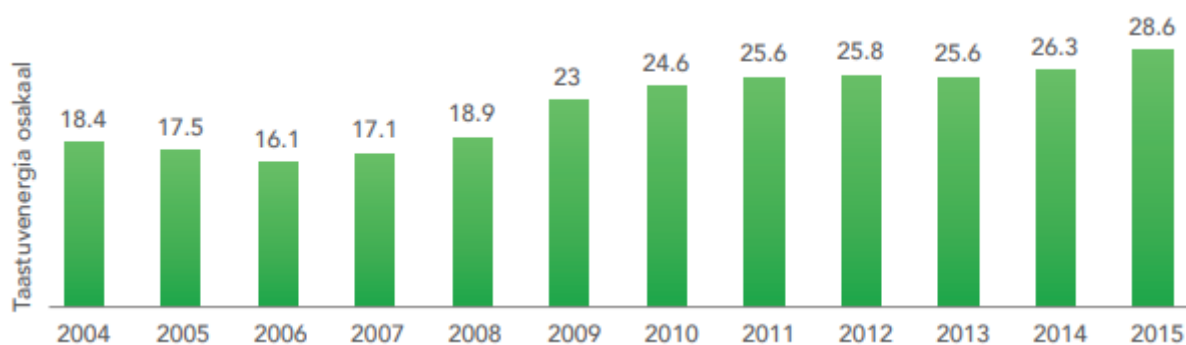
Seetõttu viiakse lõpule varem algatatud projektid ja ka 2017. aasta osas võib ennustada tootmisvõimsuste kasvu. Jätkuvalt on aga ebaselge riigi poliitika taastuenergia investeeringute suhtes pärast 2020. aastat. Selline ebaselgus avaldab kindlasti mõju ka investeeringutele taastuenergia sektoris lähiaastatel. Eeldatava stsenaariumi puhul jääb Eestis elektritarbimise kasv aastas keskmiselt ühe protsendi juurde. Üldine kokkuvõtte tarbimise prognoosist on toodud järgnevas tabelis 1.1.

**Tabel 1.1.** Kokkuvõtte Eesti kogutarbimise ja tipukoormuse statistikast ja prognoosist aastani 2032 [9]

Tarbimise statistika			Tarbimise prognoos		
Aasta	Aastane tarbimine, TWh	Tipukoormus, MW	Aasta	Aastane tarbimine, TWh	Tipukoormus, MW
2005	7,2	1331	2017	8,7	1539
2006	7,8	1555	2018	8,8	1548
2007	8,2	1526	2019	8,9	1560
2008	8,3	1525	2020	9,0	1571
2009	7,8	1513	2021	9,1	1582
2010	8,2	1587	2022	9,2	1594
2011	7,9	1572	2023	9,3	1605
2012	8,1	1433	2024	9,4	1616
2013	7,9	1510	2025	9,5	1628
2014	7,8	1423	2026	9,6	1639
2015	7,9	1553	2027	9,7	1650
2016	8,2	1472	2028	9,8	1660
			2029	9,9	1671
			2030	10,0	1681
			2031	10,1	1698
			2032	10,2	1715

Üldine elektritarbimine näitab siiaamaani kasvutrendi, kuid elektrisüsteemi tipukoormused on viimasel kümnendil püsinud sisuliselt muutumatult, jäädes enamasti 1400 ja 1600 MW vahele. Sellegipoolest tuleks arvestada, et tarbimise kasvust tulenevalt on oodata ka mõningast tipukoormuse kasvu [9].

Taastuenergia osakaal suurenes 2015. aastal energia lõpptarbimises Eurostati andmetel 2,3% võrreldes 2014. aastaga: 26,3%-lt 28,6%-ni (vaata joonis 1.5). Soojussektoris kasvas taastuenergia osakaal samal perioodil 45,1%-lt 49,6%-ni. Elektrisektoris on taastuenergia osakaal 2015. aasta seisuga 15,1% ning transpordisektoris 0,4% [10].



**Joonis 1.5.** Taastuenergia osakaal energia lõpptarbimises (%) [10]

Jooniselt 1.5 on näha Eesti taastuenergiate osakaalu aastate lõikes, kui vaadelda lõpptarbimise osakaalusid siis 2015 aasta seisuga oli osakaal 28,6%. 2014 aasta seisuga 26,3% see tähendab, et aastane osakaalu kasv oli 2,3%.

Taastuenergia tuleb vaadata Eesti elektritootmise strateegiliste valikute kontekstis. Eesti elektrimajanduse arengu visioon aastani 2050 näeb ette, et elektri tootmisel toetatakse majanduse ressursitõhusust, sealhulgas kasutatakse energiaallikana erinevaid tootmisjäärke, mida mujal pole enam otstarbekas või võimalik kasutada. Sellest tulenevalt kasvab elektri tootmisel kütusevabade ja teiste taastuvate energiaallikate osakaal. Sealjuures on toetused elektri tootmisele erandlikud ja vajaduspõhised kriitilise tootmisvõimekuse tagamiseks ning peamiseks investeeringute teostamise initsiaatoriks on turumehhanismid kaasaarvatud erinevad paindlikud koostöömehhanismid [11].

Lisaks on Eesti riigil eesmärk kasutada aastaks 2020 transpordis 10% taastuvkütuseid, millest mingi osa on plaanis katta biometaaniga. Selleks on riigil plaanis arendada biometaani turgu ja luua selle jaoks vajalikud tingimused. Biometaani tootmise käivitamine toob gaasiturule juurde uue kohalikul toorainel põhineva varustusallika ja avab gaasitarbimise osas transpordisektoris mitmeid uusi valdkondi [11]. Kohalikust toorainest toodetud taastuvkütus edendab jätkusuutlikku regionaalarengut, mitmekesistab maamajandust ja vähendab sõltuvust importkütustest, edendades samas hajutatud energiatootmist ja vähendades keskkonna saastamist.

## 2. TURISMITALU ÜLEVAADE

### 2.1. Turismitalu üldandmed

Turismitalu asub Jõgevamaal, Palamuse vallas, Änkkülas, Udu talus, Kuremaa järve ääres. Turismitalu suuruseks on 30,3 hektarit, sellest 10,5 hektarit on põllumaad, heinamaad umbes 7 hektarit, 4 hektarit on turismi pinda, 7 hektarit on metsa ja ülejäänud on veetalune rohumaa. Joonisel 2.1 on välja toodud turismitalu asukoht ja paiknemine. Uuritav turismitalu alustas oma tegevusega 2000 aasta suvel ja on nüüdseks tegelenud juba 17 aastat. Algas aastatel oli turismitalul selle kohapeal puud ja heinamaa, nüüdseks on iga aastaga järjest laienetud ja hetkeseisuga kasutavaks pinnaks on 4 hektarit. Turismitalu on väga mitmekülgne ja võimaluste rohke, 4 hektarilisele maaalale on ära mahutatud 18 eluhoonet (millest kaks on hetkel projekteerimisel) ja 7 abihoonet.



**Joonis 2.1.** Uuritav turismitalu aerofoto koos krundi piiriga [12]



Turismitalu hoonete ja rajatiste asukohad on väljatoodud joonisel 2.2. Hoonetel on madala või kõrge kaldega viilkatused. Majutushoonetest viis hoonet on kahekorruselised ja ülejäänud ühekorruselised. Hoonete vundamendid on monoliitbetoonist postvundamendid, mis on rajatud allapoole maapinna külmumispiiri.

Postvundamentidele on paigaldatud puidust raamistik. Hoonete välisseinadeks on puitkarkass-seinad ja seinte vahel soojustuseks paigaldatud mineraalvill. Väljapoole on paigaldatud tuuletõkkeplaadid ja vertikaalne laudvooder, voodri all tuulutusvahe. Seestpoolt on kõikide ruumide seinad ja laed kaetud laudvoodriga, välja arvatud pesemisruumid. Hoonete kandvateks postideks on kasutatud 15x15 cm ja 20x20 cm puitprusse. Vaheseinad on puitkarkassist ja heliisolatsiooniks seinte vahel mineraalvill. Vahelaed on puittaladel ja vahelae soojustamiseks on kasutatud mineraalvilla. Katuste katteks bituumensindlid OSB- plaadil, kandekonstruktsiooniks puitsarikad ja roovitus. Katuste otstesse on paigaldatud vihmaveesüsteem [13].



**Joonis 2.2.** Turismitalu hoonete ja rajatiste asendiplaan: 1 – vastuvõtumaja; 2 – parkla; 3 ja 35 – pumbajaamad; 4, 7 ja 30 – puukuurid, 5, 6 ja 39 – plaanitavad peremajad; 8 ja 22 – peremajad; 9 ja 34 – välikäimlad; 10 – laste mänguväljak; 11 - 21 – kämpingumajakesed; 23, 24, 29 ja 36 – katusealused; 25 – kilesaun; 26 ja 27 – paadi- ja ujumissillad; 28 – abihoone; 31 – lõkkeplats; 32 – võrkpalliplats; 33 – saunamaja; 37 – korvpallilaud; 38 - puhkemaja

Hoonete põrandad on paigaldatud puittaladele ja põranda talade vahel on heliisolatsiooniks kivivill. Kämpingu majakestes ja tubades reeglina laudpõrandad, suuremates hoonetes, kus olemas pesuvõimalus on põrandad betoneeritud ja kaetud keraamiliste plaatidega. Hoonetel, kus on terrassid on kasutatud puidumaterjaliks terrassilauda. Majutushoonete tualettruumides ja kööginišis soojustatud betoonpõrand 100 mm vahtpolüstüreeniga EPS100. Hoonetel, millel on kaks korrust, on sisetrepid puidust astmete ja käsipuudega [13].

Aastaringiselt kasutatavatel hoonetel on aknad plastraamide ja pakettklaasidega. Sise- ja välisüksed puidust. Majutushoonete tuletõkkeuksed EI15. Kolmes hoones on talviti kasutatavaks kütteallikaks keraamilisest tellisest valmistatud ahi ja korstna kõrgus üle katuse harja on 80 cm. Hoonete siseseinad ja laed on kaetud voodrilauaga ja lakitud. Tualettruumides on seinte katteks glasuurplaadid. Väljastpoolt on voodrilaud ja muud fassaadide puitosad värvitud ilmastikukindla puidukaitsevärvi [13].

Hoonete veevarustus on lahendatud olemasolevatest veevõtukohtadest. Antud turismitalul on pumbamaju kaks tükki, kus siis hoonete vahel on võrdselt ära jaotatud veetarve. Sooja vee saamiseks kasutatakse peamiselt elektriboilereid. Reo- ja kanalisatsiooniveed kogutakse paigaldatud kogumismahutitesse. Kahe hoone puhul on rajatud reovete kanaliseerimiseks septik ja rajatud imbsüsteem. Ettevõttel on plaanis arendada 2018. aastal reovete ärajuhtimiseks kõikidest kogumismahutites imbsüsteem, et vähendada kulusid reovete äraveo pealt [14].

Küte ja ventilatsioon on majutushoonetes üsna erinev. Kütmine on lahendatud kolmes hoones ahjuga ja suviti kasutatakse kütmiseks/jahutamiseks õhksoojuspumpa. Kämpingu majakestes on kütteallikaks elektriradiaatorid, mis tarbivad üsnagi palju voolu. Samuti on kasutusel õhksoojuspumbad, mida kasutatakse talviti hoonete kiiresti kütmiseks või suvel hoonete jahutamiseks. Ruumide ventileerimiseks on paigaldatud välisõhurestid tualettruumidesse ja kööginišši [14].

Majutushoone teisele korrusele pääseb läbi trepikoja, mis on eraldatud omaette tuletõkkesektsiooniks. Teise korruse trepiahallist ja otsmisest oast on pääsud terrassi kohal olevale rõdule. Kõigis majutushoonete ruumides on loomulik valgustus, kõik aknad on avatavad. Saunamajale teostati 2016 aastal rekonstrueerimistööd, mille käigus parandati energiatõhusust (vt. Lisa 1), kus on näidatud hoone ristlõige. Projektist tulenevalt

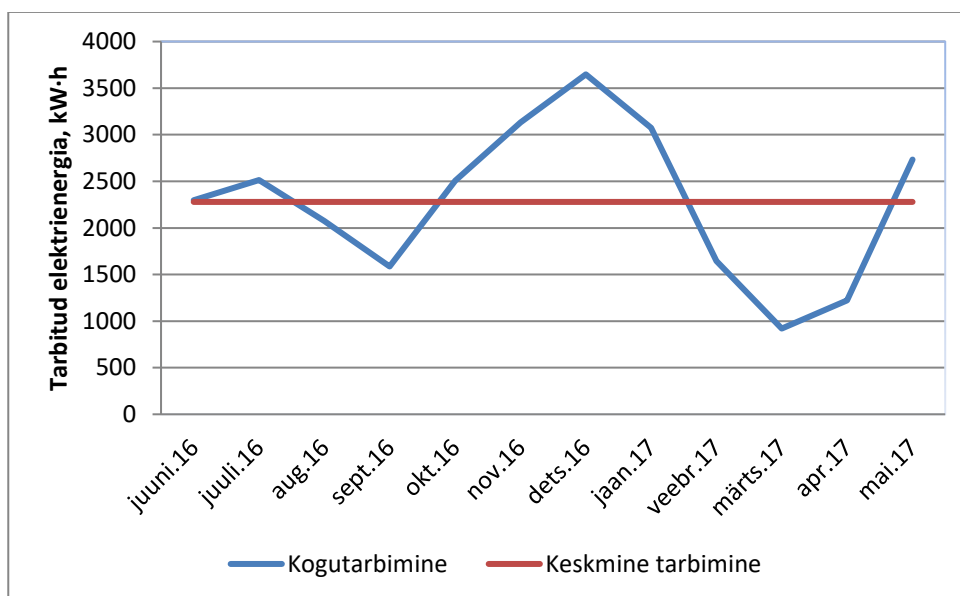
rekonstrueeritava hoone energiatõhusus ei tohi ületada 270 kW·h/(m<sup>2</sup>·a).

Rekonstrueerimistöode käigus on välispiirete valikul lähtutud järgmistest väärtustest:

- 1) välisseina soojuslähivus 0,15-0,25 W/(m<sup>2</sup>·a);
- 2) katuste ja põrandate soojuslähivuse 0,1-0,2 W/(m<sup>2</sup>·a);
- 3) akende ja uste soojuslähivus 0,6-1,1 W/(m<sup>2</sup>·a).

## 2.2. Energiatarve

Turismitalus kasutatava elektri tarbimise perioodiline ülevaade on saadud Eesti Energia kaudu [15]. Eesti Energiast saadud tulemusel on ära näidatud tarbimine kuude lõikes. Turismitalu uuritavaks ajavahemikuks on võetud 1. juuni 2016 kuni 31. mai 2017. Joonisel 2.3 on ära näidatud elektri tarbimine kuude kaupa. Jooniselt on näha, et elektri tarbimine antud vahemikus on üsna kõikum. Suur elektrienergia tarbimine on olnud aasta lõpul, kus siis kohati elektrienergia tarve on tõusnud üle 3500 kW·h , täpsemalt 3648 kW·h. Keskmiseks elektrienergia tarve oli turismitalul antud perioodil 2279 kW·h.



**Joonis 2.3.** Elektrienergia keskmine ja kogutarbimine väljatooduna kuude lõikes

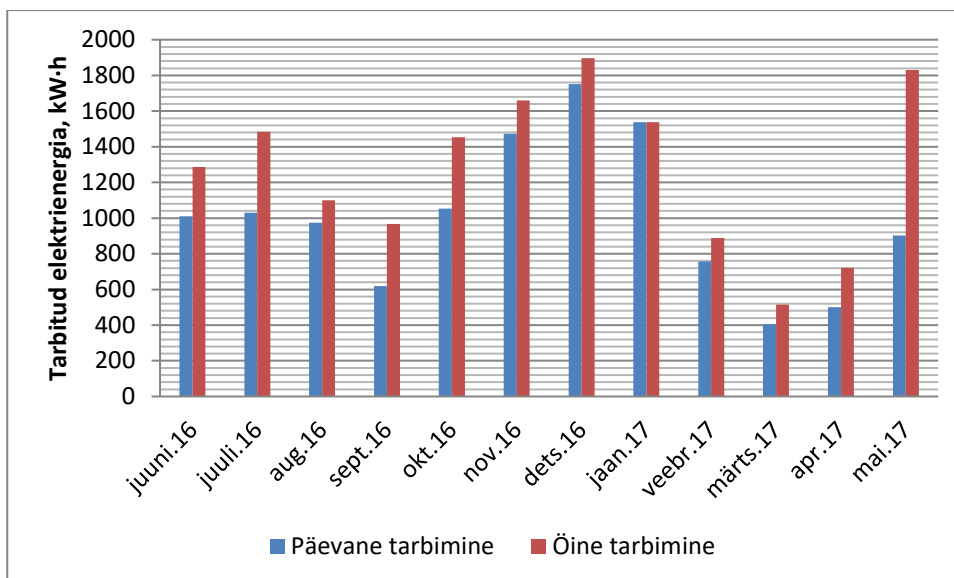
Tuleb mainida, et uuritavas turismitalus on hetkel talviseks kasutamiseks, vaid viis hoonet. Tulevikus plaanitakse hakata turismitalu aastaringselt töös hoidma, kuid hetkel on põhirõhk kevadest sügiseni. Hooaeg algab mais ja lõpeb oktoobris. Turismitalus kasutatava

elektri kogutarbimine ajavahemikul 1. juuni 2016 kuni 31. mai 2017 on näha tabelis 2.1. Kogutarbimiseks oli antud perioodil 27349 kW·h. Samuti on tabelis 2.1. toodud välja tarbimine päevase- ja öise tariifi järgi. Lisas 4 on väljatoodud turismitalus energiavarustus ja liinide paiknemine, jooniselt on näha kuidas peajaotuskeskusest PJK hargneb edasi väiksemateks jaotuskeskusteks JK1-9.

**Tabel 2.1.** Turismitalu elektrienergia päevane ja öine tarbimine ajavahemikul 1. juuni 2016 kuni 31. mai 2017

<b>Kuu</b>	<b>Päevane tarbimine, kW·h</b>	<b>Öine tarbimine, kW·h</b>
Juuni 2016	1010,68	1286,32
Juuli 2016	1030,74	1483,26
August 2016	974,78	1099,22
September 2016	618,15	966,85
Oktoober 2016	1052,52	1453,48
November 2016	1472,51	1660,49
Detsember 2016	1751,04	1896,96
Jaanuar 2017	1537	1537
Veebruar 2017	756,24	887,76
Märts 2017	404,8	515,2
Aprill 2017	501,02	720,98
Mai 2017	901,56	1830,44
<b>Kokku:</b>	<b>12011,04</b>	<b>15337,96</b>
<b>Aastas kokku:</b>	<b>27349</b>	

Tabelist 2.1 on selgelt näha, et suurem osa elektrienergia tarbimisest on tulnud öise tariifi järgi. Turismitalu peamine tegevusperiood on maist kuni oktoobrini, siis nendel kuudel ka elektrienergia tarve suurem võrreldes vahemikuga veebruar kuni märts.



**Joonis 2.4.** Elektrienergia tarbimine väljatooduna kuude lõikes ajavahemikul 1.juuni 2016 kuni 31. mai 2017

Jooniselt 2.4 on ilusti näha, et uuritava ajavahemikul 1. juuni 2016 kuni 31. mai 2017 on elektri tarbimine olnud suurem talve perioodil. See näitab seda, et kuna talvel hoitakse hoonete temperatuure kuskil  $+10\text{ C}^\circ$  juures, et tagada huvilistele võimalus ka talve perioodil ruume/hooneid rentida. Siis sellest tingituna talve perioodil ka tunduvat suurem elektrienergia tarbimine. Suvisel perioodil on üsna suur elektrienergia tarbimine olnud öise tariifi ajal, selle põhjuseks saab pidada seda, et kuna suvised õhtud kipuvad olema jahedad, siis inimesed kasutavad temperatuuri hoidmiseks elektriradiaatoreid.

Turismitalu suurimateks elektrienergia tarbijateks võib pidada hoonetes paiknevaid seadmeid: külmkapid, veekeedukannud, sügavkülmad, veeboilereid, elektripliidid, õhksoojuspumbad, mikrolaineahjud, pesumasinad ja televiisorid. Kuna peamiselt saadud toormaterjal, millest turismitalul ehitatud hooned on, tulevad lähimast saekaatriist, siis tuleb ka ette materjali enda töötlemist.



**Joonis 2.5.** Turismitalu peremaja hoone katusel paiknev vaakum torudega kollektor, punase noolega tähistatud [16]

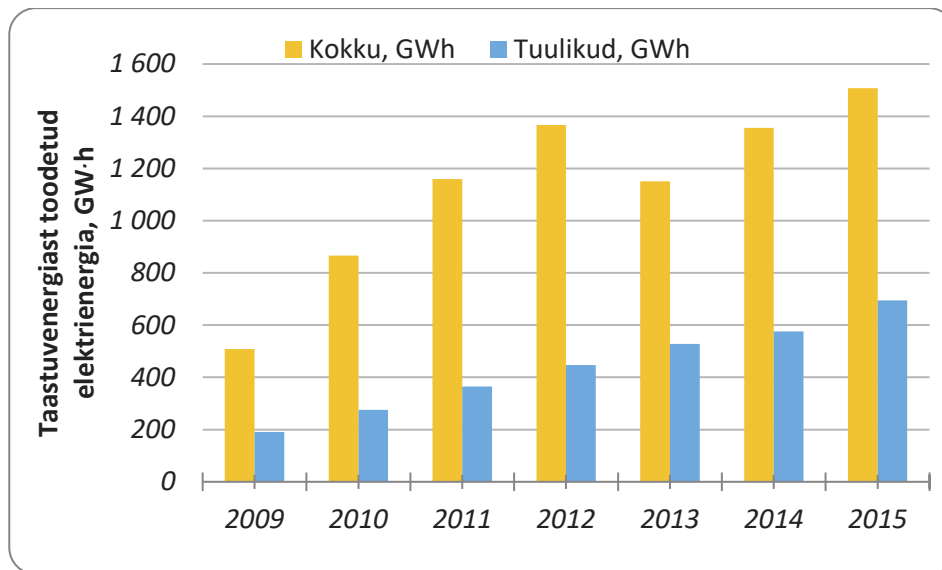
Turismitalul on olemas nõukogude aegsed tööriistad: suur hõövel pink 1,5 kW, puit materjali paksusmasin ja ketassaag 1,5 kW. Kuna seadmed on üsna vanad, siis nende seadmete elektrienergia tarve on kindlasti tuntavalt suuremad, kui uute seadmete puhul. 2014 aastal valminud peremajas on kasutusel päikese kollektor vaakum torudega, mis kütab aastaringselt peremajale tarbitava veekoguse. Joonisel 2.5 on välja toodud kasutuses olev päikese kollektor. Soetatud on üks kasutatud päikese kollektor juurde, vaakum torudega, mis vajab hetkel üles paigaldamist. Päikese energial töötav kollektor tagab tulevikus kindlasti väiksema elektrienergiakulu.

### **3. TUULEENERGIA KASUTUSVÕIMALUSE ANALÜÜS**

#### **3.1. Eesti tuuleenergia**

2013. aasta seisuga oli Eestis installeeritud tuuleenergia võimsusi kuskil 279,9 MW ulatuses. Kõik rajatud tuulepargid asuvad maismaal. Elektrisüsteemihaldur Eleringiga ja tuuleenergia arendajate vahel elektrivõrguga liitumiseks on sõlmitud lepingutele koguvõimsusega 1844,20 MW ulatuses ja hetkel Eestis arendamisel ligi 1700 MW maismaa tuuleenergia võimsusi. Lisaks veel mitmed projektid, millel puuduvad liitumislepingud, kuid on näiteks alustatud detailplaneering või keskkonnamõtjude hindamisega. Siia kuuluvad ka meretuuleparkide arendused. Eesti Tuuleenergia Assotsiatsiooni sõnul on kokku arenduses maismaa- ja meretuuleparke Eestis kuskil 3000 MW ulatuses [17].

AS Elering andmetel müüdi 2012. aastal Eesti elektrivõrku 1366 GW·h taastuvastest allikatest toodetud elektrienergiat. Sellest ligikaudu 33 % (448 GW·h) toodeti elektrituulikute abil. Joonisel 3.1 kajastatud andmed 2013. aasta kohta kirjeldavad AS Elering prognoosi. Samal ajal kui 2013. aasta taastuvenergia toodang prognooside kohaselt langeb (1210 GW·h), on prognoositud tuuleenergia abil toodetud elektrienergia kohuste suurenemist kuni 581 GW·h-ni ehk 48 % kogutoodangust. Alates 2010. aastast saab tuult energiaallikana kasutatav tootja toetust. Kalendriaastas on toetust makstud Eestis kokku 600 GW·h tuuleenergiast toodetud elektrienergia eest [17]



**Joonis 3.1.** Taastuenergiast toodetud elektrienergia aastate lõikes [17]

Jooniselt 3.1 on selgelt väljatoodud taastuenergiast toodetav elektrienergia, kus aastate lõikes on näha, et tuulegeneraatorid moodustavad peaaegu poole taastuenergiatoodangust.

### 3.2. Tuulegeneraatori valik

Väiketuuliku planeerimisel on kõige tähtsamaks küsimuseks piisava tuuleressursi olemasolu. Ühtset reeglit vajalikule minimaalsele aasta keskmisele tuulekiirusele on raske anda, kuna see sõltub vajadusest. Näiteks võib autonoomse süsteemiga tuuliku paigaldamiseks aktsepteerida väiksemat tuuleressurssi, sest alternatiivsed energiaallikad on kallid ja hõlmavad tihti suuremaid keskkonnamõjusid. Autonoomse süsteemi puhul võiks tuuliku paigaldamisele hakata mõtlema alates tuulekiirusest 3,5 m/s, antud turismitalul on keskmiseks tuulekiiruseks 3,1 m/s (vaata tabel 3.1). Võrguühendusega kohas alates 4,5 m/s ja kui tuulekiirus on juba 5-6 m/s on see väga hea. Madalatel kõrgustel on sellised kohad üldjuhul Eestis ainult rannikul ja saartel. Samuti on väga oluline tuuliku paigutamine eemale läheduses olevatest hoonetest või rajatistest. Kõik looduslikud ja tehisoobjektid takistavad tuule sujuvat voolamist, vähendades tuule kiirust ja tekitades õhukeeriseid ehk turbulentsi. Sellistes oludes väheneb tuuliku toodang oluliselt ja turbulentsi poolt põhjustatud vahelduvale mehaanilisele koormusele ja tuuliku komponentide eluiga

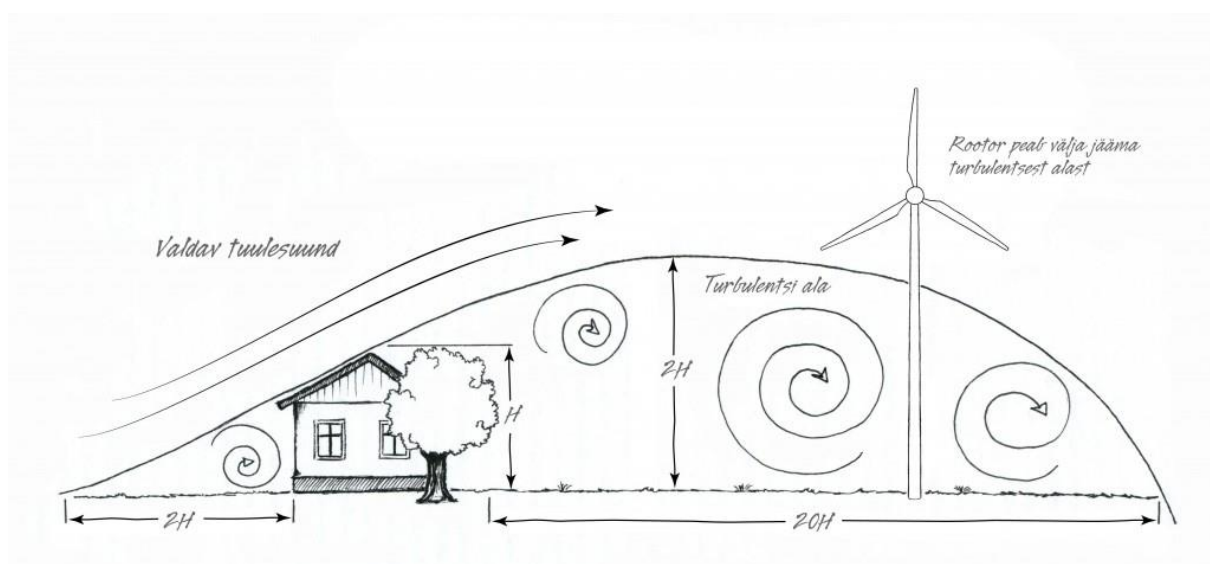


selletõttu väheneb. Tuulik tuleb paigutada eemale nii puudest, majadest kui muudest tuult piiravatest objektidest. Joonisel 3.2 on näidatud turbulentsseid piirkondi, millest väljapoole peaks tuuliku kindlasti paigutama [18].

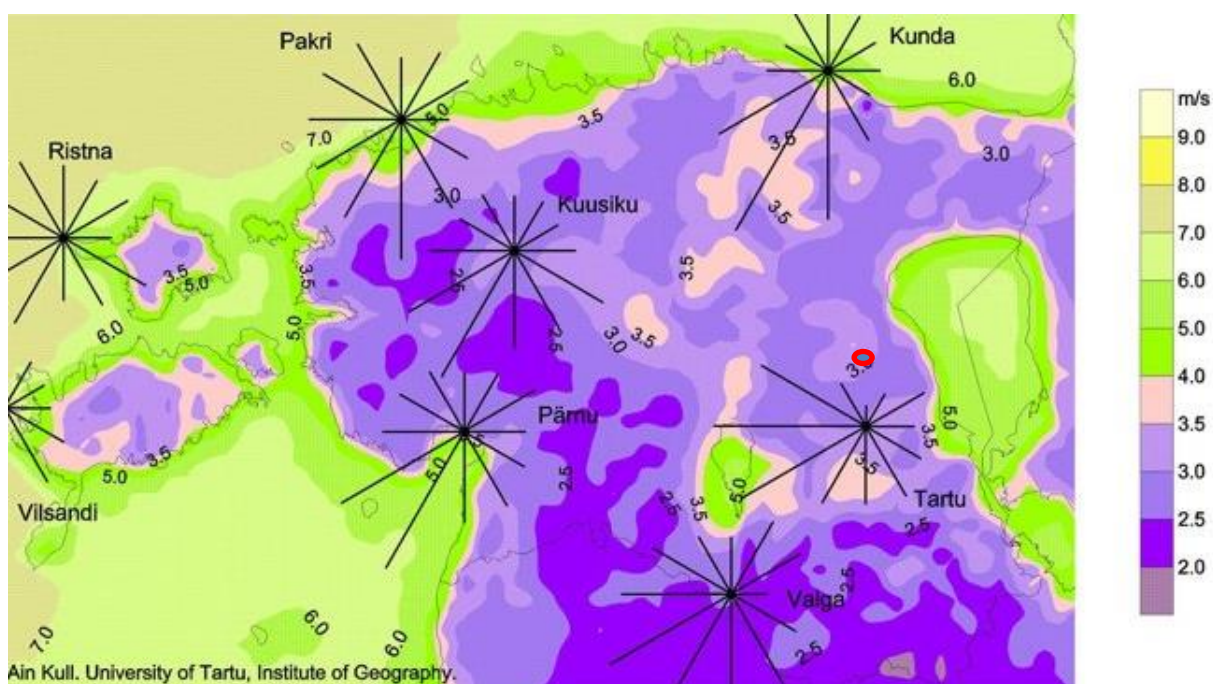
**Tabel 3.1.** Keskmised tuulekiirused Jõgevamaal [19]

KUU	Keskmine tuulekiirus m/s
jaanuar	3,4
veebruar	3
märts	3,3
aprill	3,4
mai	3,2
juuni	2,9
juuli	2,5
august	2,5
september	2,9
oktoober	3,3
november	3,5
detsember	3,5
<b>KESKMINE:</b>	<b>3,1</b>

Tabelist 3.1 antud tuulekiirused on üsna madalad, maist kuni oktoobrini, kui on turismitalul hooaeg on tuulekiirused üsna tagasihoidlikud, kuid aasta lõikes keskmine tuule kiirus 3,1 m/s.



**Joonis 3.2.** Tuule teel paiknevatest objektidest tekkivad turbulentsed õhuvoolud ja nende suhteline mõjukaugus olenevalt takistuse kõrgusest [19]



**Joonis 3.3.** Keskmine tuule kiirus aastas 10 meetri kõrgusel [19]

Joonisel 3.3 kajastuvad keskmised tuule kiirused aastas, täpsemalt 10 meetri kõrgusel. Turismitalu asukoht on märgitud joonisel punase ringiga.

### 3.3. Tuulegeneraatori valik ja järeldused

Võttes aluseks tuuleenergia assotsiatsiooni poolt välja öeldud lause, et autonoomse süsteemi puhul võiks tuuliku paigaldamisele hakata mõtlema alates tuulekiirusest 3,5 m/s ja võrguühendusega kohas alates 4,5 m/s, siis töö autor peab tõdema, et antud lahendus sellele turismitalule jääks kasutuks ja võib tekitada lõppkokkuvõttes lisakulusid. Antud töö käigus reaalseid katseid tuule mõõtmise koha pealt ei tehtud. Seda tööd edasi arendades tuleks teha esmalt mõõtmised ja siis kindel soovitus ettevõttele edasi anda. Kuna turismitalul on potentsiaalset pinda, kus realselt tuulegeneraatoreid rajada, tuleks läbi viia eelnevalt mõõtmine. Samuti peab välja toome tuulegeneraatori maksumuse, mis on üsna suure finantseerimise vajadusega [16].

Kui anda nõu turismitalule tuulegeneraatori soetamiseks, siis soovitaks autor Osiris/Evoce 10kW tuulegeneraatorit (vt. Joonis 3.4). Konkurentsilt üks parimaid 10kW tuulikuid

maailmas oma kvaliteedilt, tootlikkuselt kui ka hinna poolest. Aastane ja reaalne tootlikkus keskmisel tuulekiirusel 5m/s on 22.000kW·h. Võrdluseks Eestis toodetavatele ja kallim Konesko TUGE10 suudab samal tuulekiirusel toota kuni 14.000kW·h [20].



**Joonis 3.4.** Osiris/Evoco 10kW tuulegeneraator [20]

Osiris/Evoco tuulik on tänu oma väiksele pöörete arvule, kvaliteetsele elektroonikale ja muudetava labade nurgale suuteline töötama ka tormituultega. Tuulik peatatakse juhul, kui 25m/s tuulehoog kestab rohkem kui 30 sekundit ja 35m/s tuulepuhang 1 sekund. Konesko TUGE10 lülitub välja 16m/s tuulekiirusel. Osiris/Evoco tuulik omab vajalikke sertifikaate, millede hulgas ka karmimaid nõudeid ja tingimusi kinnitav IEC61400-2. Antud sertifikaati on välja antud vaid kahele 10kW tuulikule maailmas. Tuulikukomplekti netohind koos 15 meetrise mastiga on 33 000 eurot, lisandub käibemaks ja paigalduse kulud [20].

## 4. PÄIKESEENERGIA KASUTUSVÕIMALUSE ANALÜÜS

### 4.1. Päikesepaneelide liigid

Päikesepaneelidega ehk PV-paneelidega muundatakse päikeseenergia elektrienergiaks ja PV-paneele saab pidada kõige töökindlamateks taastuvenergia allikateks, kuna neil puuduvad liikuvad osad. Nende hooldamine on lihtne ja hooldamiskulud on sellevõrra väiksemad. Päikesepaneelid koosnevad omavahel ühendatud PV-elementidest, mis on paigutatud üldjuhul alumiiniumraami ja kaetud peegeldust vähendava klaasiga. Puhastamisel tuleb ettevaatlik olla klaas võib puruneda ja selle tagajärjel võib pääseda niiskuse PV-elementide vahele, mille tulemusena rikutakse paneelid. Peale raamidega piiratud PV-paneelide valmistatakse ka ilma raamita paneele, mida saab paigaldada kas katuse- või näiteks fassaadilahendustena [21].

Päikesepaneeli valmistatakse ränist ning rüni sisalduse järgi jaotuvad PV-paneelid mono-, multi- ja polükristallilisteks päikesepaneelideks. Peale kristalliliste päikesepaneelide toodetakse ka sadestatud kilega (*thin film*) paneele, mis on küll tunduvalt odavamad kuid ka väiksema kasuteguriga kui kristallilisest ränist valmistatud paneelid. Joonisel 4.1 on näidatud polükristalliline PV-paneel. Päikesepaneelide ostmisel on väga oluline paneelides oleva rüni sisaldus. Rüni sisaldus määrab ära PV-paneeli efektiivsuse. Tavaliselt jääb PV-paneelide efektiivsus vahemikku kuskil 13-20% [21].



**Joonis 4.1.** Polükristalliline PV-paneel

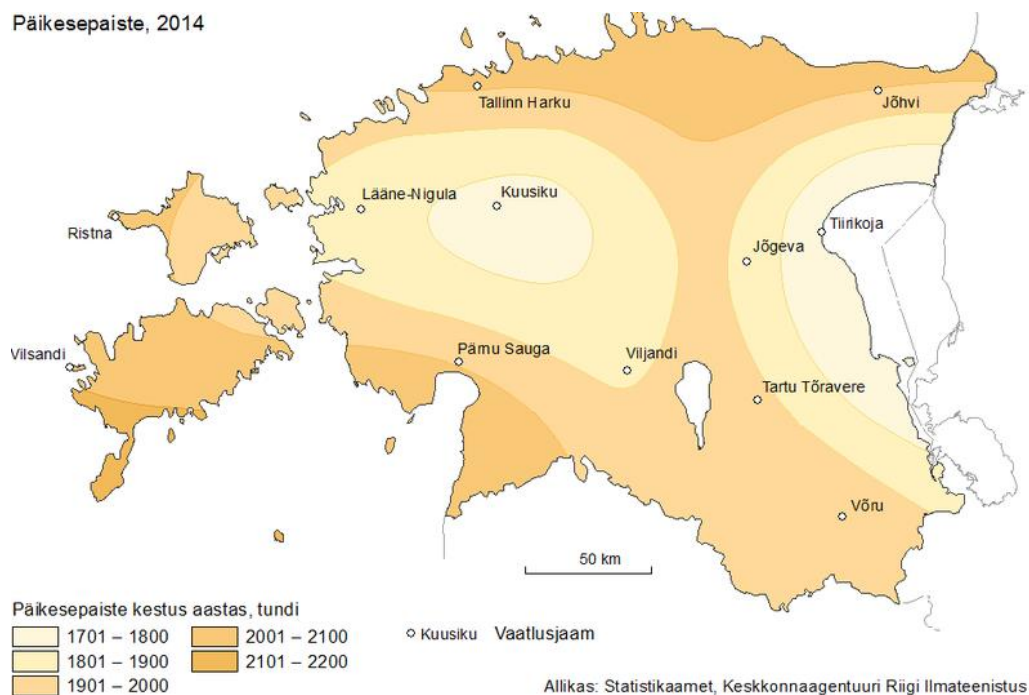
Päikesepaneelid on kihtidena kokku laotud ja pressi all lamineeritud. Kihte on viis: [22]

- peegeldust vähendava pinnatöötusega klaas;
- polümeerist kilematerjal;
- omavahel ühendatud päikeseptareid elemendid;
- polümeerist kilematerjal;
- alusmaterjal, milleks on tavaliselt plast plaat.

#### **4.2. Turismitalu päikesejaam *off-grid* lahendusena**

Tarbijad Eestis on üha rohkem hakanud kasutama päikeseenergiat ja iga aastaga on kasutamine muutumas populaarsemaks. Eelnevalt kasutati päikeseenergiat sellistes kohtades, kus võrguga ei olnud võimalik liituda või liitumise hind tuli finantsiliselt kallis, nüüdseks on see muutunud. Üha rohkem lisandub lõpptarbijaid kes on huvitatud oma hoonete katusele paneelide paigaldustest. Päikeseenergiast valdavalt domineerivad väiketootjad, kes toodavad elektrit endale või müüvad elektrit võrku ja saavad tootmise eest ettenähtud taastuvenergiatoetust. 2014. aasta lõpuga oli Eestis üle 350 väiketootja, kes said taastuvenergiatoetust. Eesti ja Saksamaa päikeseenergia tootlus on üsna sarnane. Saksamaal langeb maapinnale ruutmeetri kohta rohkem päikesekiirgust kui Eestis. Eestis

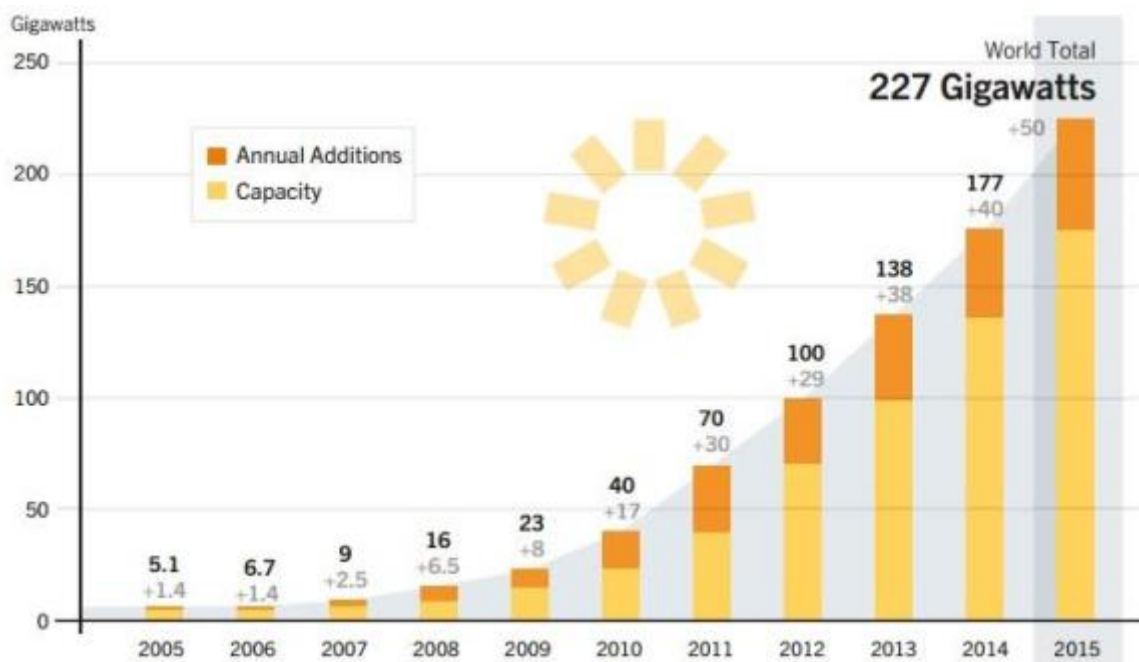
on madalamad temperatuurid, selletõttu töötavad siin paneelid efektiivsemalt ja peavad kauem vastu. Eestis hakati päikeseenergia võimsuseid ulatuslikumalt installeerima alates aastast 2012 [23]. Päikeseenergia on jõudmas järjekordse tipuni – globaalselt peaks 2018 aastal ulatuma päikeseenergia võimsus 100 miljardi gigavatini, selgub IHS Markiti prognoosist [24]. Jooniselt 4.2 vaadates on näha turismitalu piirkonnas Jõgeval päiksepaiste kestvus tundides. Antud piirkonnas jääb see vahemiku 1801-1900 tundi aastas. Päikesepaneel toodab alalisvoolu (DC), mis sõltuvalt paneelide kujust ja olemusest jääb 12-24 V vahele. Tarbijad aga on üldjuhul 230 V vahelduvvoolu seadmed, mis töötamiseks vajavad 50 Hz sagedust. Seetõttu kasutataksegi invertereid, mis muundab tekkinud elektri sobivaks kujuks. Inverteri valiku puhul tuleb enne läbi mõelda, kuidas soovitakse süsteemi kasutada. Juhul kui eesmärgiks on paneelide toodangut ka võrku müüa, tuleb esmalt kindlaks teha, kas antud inverter on võrguteenuse pakkuja poolt heaks kiidetud. Kodumaisest kaubandusvõrgust soetades saab kindel olla, et kaupleja on veendunud inverteri sobilikkuses Eesti turule ja võrku. Mujalt soetatud inverter korral, näiteks välismaalt ostes, tuleb aga olla ettevaatlik tundmatu toodangu suhtes.



**Joonis 4.2.** Päikesepaiste kestus aasta lõikes [23]

Päikesepaneelide valikul tuleb kindlasti silmas pidada, et ei tekiks üledimensioneerimist. Kuna paneelid on kallid, siis ei ole mõttekas ainult talvekuude jaoks paneelide

paigaldusvõimsuse mitmekordistamine. Joonisel 4.3 päikeseelektripaneelide võimsused välja toodud aastate lõikes.



**Joonis 4.3.** Paigaldatud päikeseelektripaneelide võimsused aastate lõikes [26]

Paneelide paigaldusvõimsus vastava kuu kohta avaldub järgnevalt:

$$P = \frac{E}{E_p}, \quad (4.1)$$

kus  $P$  on paneelide koguvõimsus, kW;

$E$  - tarbitav energiahulk kuus, kW·h;

$E_p$  - 11kW päikesepaneeli tootlikkus kuus, kW·h.

Päikesepaneelide kohta täpsema tootlikkuse turismitalule saab välja arvutada PVGIS programmiga [25]. Andmebaasi veebikeskkond on kasutajasõbralik, andes kasutada hõlpsalt mõistetavat kalkulaatorit plaanitava paigaldise tootlikkuse arvutamiseks. Programmi on sisestatud turismitalu täpne asukoht. Paneelid on paigaldatud arvutustes raamiga maapinnale suunaga lõunasse. Kaldeid muudan vahemikus 30°-50°, et leida kõige optimaalsem kalle energia saamiseks. Antud süsteemi kadudeks on võetud 7% kuna tehniliste andmete järgi võiks see olla kuskil 5% lisame 2%, kuna kadusid võib tekkida tegelikult rohkem. PVGIS programm arvutab turismitalule välja paigaldatava päikesejaama

tootlikkuse kuude lõikes. Leidmaks sobivaima päikesejaama võimsuse, arvutan vajalikud paigaldusvõimsused kuude lõikes valemit 4.1. kasutades. 11 kW päikesepaneeli tootlikkust. Esmalt leian optimaalse kaldenurga päikesepaneelile. (tabel 4.1.) Andmed on kantud tabelisse. (tabel 4.2.) Tabelise on kantud ka päikeseenergia vajalik tootlikkus. Vajalik tootlikkus on võrdne kogutarbimisega, sest muid taastuenergia liiki ei ole hetkel plaanis kasutada. PVGISi arvutused väljatoodud Lisa 3.

**Tabel 4.1.** PV paneeli aastane tootlikkus sõltuvalt paneelide kaldenurgast maapinna suhtes

<b>Kaldenurk kraadides</b>	30°	35°	40°	45°	50°
<b>Aastane tootlikkus, kW·h</b>	10400	10600	10700	10400	10200

Tabel 4.1 põhjal valin kõige suurema tootlikkusega kaldenurga. Turismitalu päikesepaneelide kaldenurgaks saab 40°.

**Tabel 4.2.** Paigaldusvõimsused kuude lõikes 40 kraadise kaldenurgaga

<b>KUU</b>	<b>Päikeseenergia vajalik tootlikkus kuus, kW·h</b>	<b>11kW päikesejaama tootlikkus kuus, kW·h</b>	<b>Arvutuslik paigaldusvõimsus, kW</b>
jaanuar	3074	228	13,48
veebruar	1644	413	3,98
märts	920	996	0,92
aprill	1222	1420	0,86
mai	2732	1590	1,72
juuni	2297	1490	1,54
juuli	2514	1490	1,69
august	2074	1310	1,58
september	1585	928	1,71
oktoober	2506	518	4,84
november	2297	196	11,72
detsember	3648	137	26,63

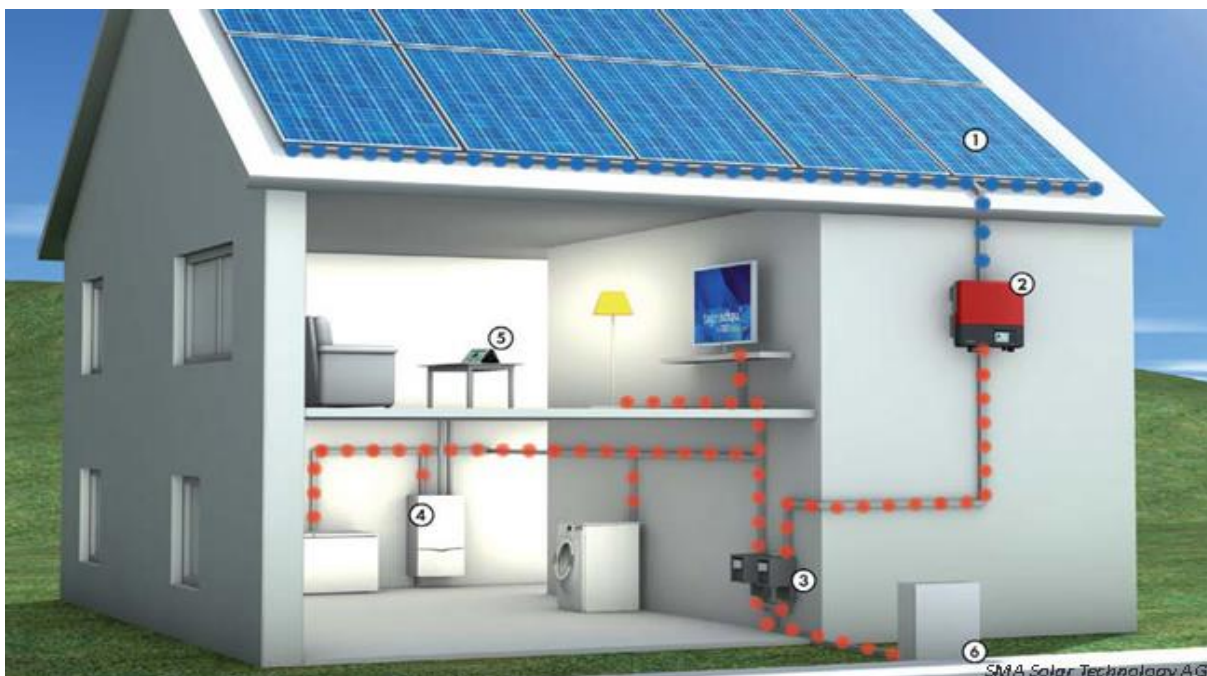
Tabelist 4.2 selgub et suve perioodil 11 kW päikesejaama elektrienergia tootlikkus on väiksem kui turismitalu jõuab ära tarbida. Autori arvates tuleks suurendada päikesejaama



võimsust 11 kW kuskil 15 kW või peaks proovima *on-grid* lahendust. *On-grid* lahenduse puhul saaks vajadusel tarbida ja vajadusel võrku tagasi suunata elektrienergiat.

### 4.3. Turismitalu päikesejaam *on-grid* lahendusena

*On-grid* lahendus tähendab elektrivõrguga kahepoolset liitumist. Inverteri abil muundatakse päikeseenergiast saadud alalisvool võrguga ühilduvaks vahelduvvooluks. Kõik tarbimisest ülejääv energia suunatakse automaatselt võrku tagasi ja sealt edasi juba teiste tarbijateni. Kui tarbimine on suurem, kui päikesepaneelide toodetav energia, siis võetakse võrgust elektrit juurde. *On-grid* süsteemis töötab elektrivõrk kui akumulaator.[27] Valitud paigaldusvõimsuseks võrguga ühendatud süsteem puhul sai 11 kW. Päikesejaama paneelid on paigaldatud maapinnale suunaga lõunasse, 40 kraadise kaldenurgaga. Tulemused on kantud tabelisse. (tabel 4.1) Lisaks on tabelisse kantud turismitalu igakuised elektriarve summad. Elektrienergia hind eurodes kilovatt tunni kohta on saadud terve kuu elektrienergia tasu jagamisel selle antud kuu elektrienergia kogutarbimisega.



**Joonis 4.4.** *On-grid* lahendus: 1 - Alalisvoolu tootvad päikesepaneelid; 2 - SMA Sunny Boy inverter – muundab alalisvoolu elektrivõrguga sobivaks vahelduvvooluks; 3 – Elektriarvestid; 4 – Tarbijad; 5 - SMA Bluetooth monitooringu seade; 6 - Elektrivõrgu liitumiskilp [27]

**Tabel 4.3.** Turismitalu 11 kW päikesejaama toodang kuude lõikes koos elektrienergia hinna ja arvutusliku kokkuhoiuga

Kuu	Turismitalu energia tarbimine kuus kW·h	11 kW päikesejaama toodang kuus kW·h	Elektri hind kuus 2016 - 2017 aastal EUR	Elektri hind 2017 aastal EUR/kW·h	Arvutuslik kokkuhoid kuus EUR
Jaauar	3074	405	360,23	0,12	47,46
Veebruar	1644	751	198,96	0,12	90,89
Märts	920	1810	118,62	0,13	207,62
Aprill	1222	2570	150,36	0,12	285,16
Mai	2732	2900	288,7	0,11	305,50
Juuni	2297	2710	268,99	0,12	310,29
Juuli	2514	2710	289,85	0,12	309,45
August	2074	2390	246,68	0,12	278,28
September	1585	1690	188,55	0,12	199,05
Oktoober	2506	941	290,56	0,12	109,10
November	3133	357	363,55	0,12	41,43
Detsember	3648	249	420,7	0,12	28,72

Turismitalu elektri hind kuulõikes on toodud välja Lisas 5. Elektrienergia kokkuhoiu arvutamiseks saan leida valemi *on-grid* süsteemi rakendamisel järgnevalt. Valem kehtib nendel kuudel, kus tarbitav elektrienergia osakaal on suurem kui tootmine:

$$S = H_k - (E_t - E_p) \cdot H_o, \quad (4.2)$$

- kus  $S$  on rahaline sääst kuus, EUR;  
 $H_k$  – elektrienergia hind kuus, EUR;  
 $E_t$  – tarbitav energia kuus, kW·h;  
 $E_p$  – päikesepaneeli toodang kuus, kW·h;  
 $H_o$  – elektrienergia ostuhind, EUR/kW·h.

Kuudel, kus tootmine on suurem, kui tarbimine näiteks märtsist – septembrini on rahaline sääst leitav järgnevalt:

$$S = H_k + (E_p - E_t) \cdot H_m, \quad (4.3)$$

- kus  $H_m$  on elektrienergia müügi hind, EUR/kW·h.

Seega näiteks oktoobrikuu rahaline sääst:

$$S = 290,56 - (2506 - 941) \cdot 0,12 = 109,1 \text{ eurot}$$

Oktoobrikuu arvutuslik rahaline sääst 109,1 eurot, järgnevate kuude arvutustulemused on kantud tabelisse 4.3. Elektrienergia arvutused on tehtud ideaalolukorras. Elektrienergia müügihinnaks on võetud 0,1EUR/kW·h. Teoreetiliselt peaks turismitalu tarbima kogu kohapeal toodetud elektrienergia enda tarbeks. Tabelist 4.3 on ilusti nähtavad kuud, kui elektrienergiat jääb mõnel kuul üle. Turismitalu poolt antud perioodil jääb see kuude lõikesse märts-september. Kui jääb elektrienergiat üle, siis elektrimüügi hind, mis on mõned protsendid elektri börsihinnast madalamal, arvestatakse maha igakuisest elektriarvest[29]. Juhul, kui müügist saadav summa on suurem, kui elektri ostmisele kuluv, siis on võimalik see raha jätta ettemaksuks järgmisse kuusse

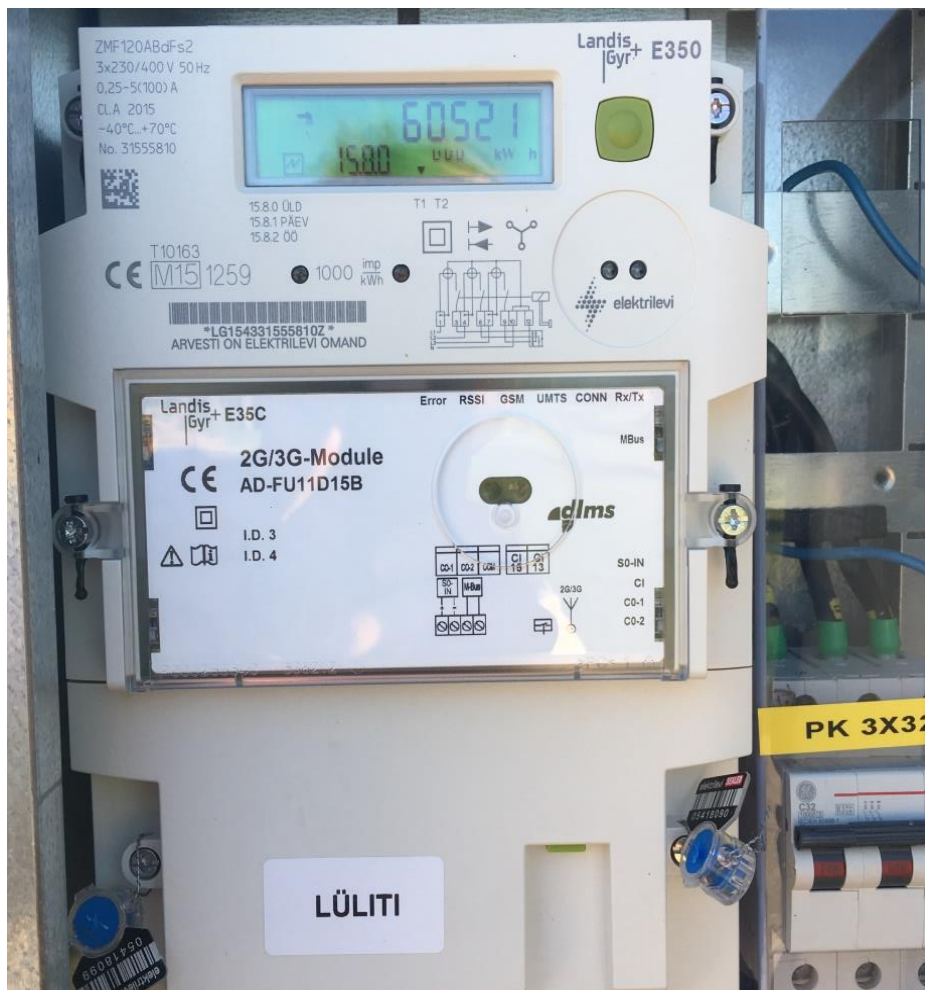
#### **4.4. Järeldused päikeseenergia kasutusvõimalustest**

Turismitalu tarbeks tuleks valida *On-grid* lahendus, kuna antud lahendusega saab vajadusel tarbida või võrku tagasi müüa elektrienergiat. Turismitalu päikesepaneelide valikuks sai smarteconist WINAICO päikesepaneelid. Valiku põhjuseks kuna hinnad tunduvad mõistlikud ja hinna sees on ka päikesepaneelide paigaldus ja kohapeal võimalik kohe liitumisdokumentide vormistamine. Paneelide võimsuseks on täpsemalt 10920 W ja antud lahenduses siis 42 tükki 260 W, pindalalt hõivab ära koos kõikide tarvikutega umbes 70 m<sup>2</sup>. Tootlikkuseks on välja toodud 10700 kW·h ja komplekti maksumus koos paigalduse ja 20% käibemaksuga on 13500 eurot. Päikesepaneelide mõõtudeks 1665 x 999 mm [29]. Turismitalus on kasutamisel 3 faasiline peakaitse 32A (vt. Joonis 4.5).



**Joonis 4.5.** Turismitalus paiknev peakaitse 3x32A

Inverter jälgib kogu tarbimist ja olenevalt vajadusest võetakse võrgust elektrit või antakse võrku tagasi. Võrku antud ja võrgust võetud elektrienergia arvestamiseks on tarvis kahe-suunaline elektriarvesti. Turismitalu praegune elektrienergia arvesti on Landis gyr + E350 (vt. joonis 4.6).



**Joonis 4.6.** Turismitalus paiknev elektriarvesti Landis Gyr +E350

Tasuvusaja arvutamisel ei ole arvestatud muutuvat inflatsiooni ega elektrienergia hinna muutumist. Tasuvusajaleidmisel on võetud päikesepaneelide peale kuluv investeering koos seadmete ja paigaldusega.

Tasuvusaja aastates saab leida järgmiselt: [30]

$$T = \frac{I}{A}, \quad (4.4)$$

kus  $T$  - on tasuvusaeg, aastat;

$I$  - investeeringukulu, EUR;

$A$  - aastane tulu, EUR.

Investeeringu kuludele peame liitma juurde veel peale päikesepaneelide maksumuse liitumistasu kuskil 800 €. Aastase tulu leiame järgnevalt kui liidame tabelis 4.3 arvutusliku kokkuhoiu kokku. Aastane summaarne tulu seega 2212,95 €. Arvutame tasuvusaja:

$$T = \frac{14300}{2212,95} = 6,46 \text{ aastat}$$

Tasuvusaeg aastates on ligikaudu 6,5 aastat, antud lahenduse puhul tasuks *On-grid* lahendus võtta. Kui võrrelda tuulegeneraatori maksumust ja päikesepaneelimaksumust, siis on vahe ligi 2,5 kordne kui võtta arvesse, et tuulegeneraator maksumus 33000 € ja kulud päikeseenergia soetamiseks 14300€.

## 5. TURISMITALU ENERGIAKASUTUSE OPTIMEERIMINE

### 5.1. Energiamärgis

Turismitalul on antud välja energiämärgis vaid 2016 aastal rekonstrueeritud saunamaja kohta. Projektis on mainitud, et rekonstrueeritava hoone energiatõhusus ei tohi ületada 270 kW·h/(m<sup>2</sup>a), seega energiämärgis F. Energiämärgis võib kanda endas palju erinevat informatsiooni, nagu näiteks maja aastane energiatarbimine. Märgistel võivad olla soovitusel, kuidas hoone energiatõhusust parandada ja mis viisi see lihtsam oleks. Energiämärgisel on välja toodud hoone energiatarbimise klass, seda A-st kuni G-ni [31]. Uuematel elektriseadmetel, kodumasinatele või muudel elektrilistele seadmetel on samuti välja toodud energiatarbe klass. Klass G on kõige suurema energiatarbega ja klass A vastupidi väiksema energiatarbega. Joonis 5.1 energiatarbe klassid kaalutud energiaerikasutuse KEK ja energiatõhususarvu ETA järgi [32].

VÄIKEELAMUTE ENERGIAMÄRGIS	
Energiämärgise klass	Energiakulu kWh/m <sup>2</sup> a
A	≤ 120
B	121-130
C	131-150
D	151-190
E	191-250
F	251-320
G	≥321

**Joonis 5.1.** Väikeelamut energiämärgise klassid [33]

Pärast 31. detsembrist 2020 peavad kõik uued ehitised olema liginullenergiahooned. Neid samu nõudeid peavad juba pärast 31. detsembrist 2018 täitma uusehitised, mida kasutavad

ja omavad näiteks riigiasutused. Turismitalule see tähendab seda, et tuleb võimalikult kiiresti lasta teha omale tulevaste hoonete ehitus projektid valmis. Liginullenergiahoone avalikel hoonetel maksimaalselt 120 kW·h/(m<sup>2</sup>a). Seda on väiksel ettevõtjal üsna keeruline saada ja tagada.

## 5.2. Järeldused energiakasutuse kohta

Turismitalu paikneb geograafiliselt heas kohas, kus on võimalik kasutada tuulegeneraatoreid. Uurides erinevaid allikaid selgus, et tuuleenergia puhul on kõige olulisem tuul, mis rootorit ringi ajaks. Jõgevamaal ilmastiku andmete statistika põhjal selgus, et antud piirkonnas keskmine tuule kiirus on 3,1 m/s. Tuulekiirus peaks olema vähemalt 4,5 m/s, et antud lahenduse juurde pidama jääda. Selgus ka tõsiasi, et tuulegeneraatori soetamine ja paigaldamine on tunduvalt kallim, kui päikesepaneelide soetamine ja paigaldamine. Tuulegeneraatori potentsiaal hetkel turismitalul puudub. Tulevikus tuleks teha reaalsed katsed antud piirkonnas, et selgitada välja tuulekiirus, keskkonnamõjud ja juba sellest tulenevalt edasi otsustada.

Päikeseenergia seadmete soetamisel turismitalule leidis autor, et 11 kW koguvõimsusega päikesejaama soetamine tuleks suuresti suveperioodil kasuks. Talve perioodil peaks maksma elektrienergia eest, kuid suvel jääks seda antud lahendusega ülegi ja oleks võimalik elektrivõrku tagasi müüa. Turismitalul tuleks kasuks liituda mikrotootjatega. Liitumise väljaehitamine, kui võrguettevõtjalt saadud pakkumine on sobilik, tuleb esmalt maksta 50% lepingu maksumusest. Seejärel teeb võrguettevõtja liitumiseks vajalikud toimingud. Üldjuhul liitumise väljaehitamise aeg sõltub liitumise keerukusest. Kui turismitalul piisab ainult arvesti vahetamisest, siis sooritatakse tööd 2-3 nädala jooksul [29].

Pärast liitumist on võimaik taotleda taastuvenergiatoetusi, mis on 5,37 senti/kW·h. Taastuvenergiatoetuse maksab põhivõrguettevõtja Elering AS [29]. Päikesepaneelide paigaldamiseks leiti koht, kuhu neid paigutada (vt.joonis 5.2).



**Joonis 5.2.** Turismitalu puhkemaja, mille katusele võiks planeerida 70 m<sup>2</sup> alalisvoolu tootvad päikesepaneelid koguvõimsusega 11 kW

Joonisel 5.2 nähtava hoone katuse pinda on ligikaudu 150 m<sup>2</sup>. Madalakaldelise katuse mõõtmed on 11x6 m. Antud hoone paikneb turismitalu keskel ja on heasukohaga päikesekiirguse püüdmiseks. Päikesepaneelide paiknemine katusel oleks turismi seisukohalt kasulik, kuna seltskonnad pidevalt vahetuvad ja madalamal oleksid need inimestele kättesaadavamad. Antud päikeseenergia lahendus saaks sammuti head reklaami. Turismitalus inimesi liigub palju nii rahvusvaheliselt kui ka Eesti siseselt oleks see kindlasti paljudele energeetikutele huvi allikaks. Sammuti oleks huvitatud tavatarbija kuidas on antud süsteemi juures lahendatud päikeseenergia tarbimine.



## KOKKUVÕTE

Turismitalu energiakasutuse analüüsi käsitleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli analüüsida erinevaid taastuvenergialahendusi ja leida turismitalule soodsamaid ja kaasaegsemaid elektrienergia kasutamise võimalusi. Peamisteks alusteks, mille abil turismitalu energiatarvet saab, millegagi võrrelda on 2016 juuni – 2017 mai saadud elektrienergia kulud aasta lõikes.

Bakalaureuse töö käigus reaalseid mõõtmisi päikesevalguse ega ka tuule kiiruse kohapealt ei tehtud. Uurides erinevaid taastuvenergia võimalusi selgus, et antud piirkonnas on tuule kiirustega kehvad lood. Jõgeva maakonnas keskmiseks tuulekiiruseks on 3,1 m/s. Tuulegeneraatori normaalseks toimeks oleks tarvis vähemalt tuulekiirust 4,5 m/s.

Töös täideti kõik püstitatud uurimisülesanded. Energia majanduspoliitilise tausta puhul selgus, et Euroopa komisjonil on viis rõhukohta strateegias keskendutakse viiele peamisele valdkonnale: energiavarustuse tagamisele, energiatõhususe suurendamisele, energia siseturu laiendamisele, heitgaaside vähendamisele ja teha uusi teadusuuringuid. Euroopa Liidu eesmärgiks on 2020. aastaks tõsta taastuvenergia osakaalu tarbimises 20 protsendini ning 2030. aastaks vähemalt 27 protsendini.

Eeldatava stsenaariumi puhul jääb Eestis elektritarbimise kasv aastas keskmiselt 1 % juurde. Lisaks on Eesti riigil eesmärk kasutada aastaks 2020 transpordis 10% taastuvkütuseid, millest mingi osa on plaanis katta biometaaniga. Turismitalu paikenb kuremaa järve kaldal 4 hektarilisel alal. 4 hektarilisele alale on ära mahutatud 18 eluhoonet (millest kaks on hetkel projekteerimisel) ja 7 abihoonet.

Taastuvenergeetika valiku kohapealt sai esmalt keskendutud tuulegeneraatori valiku võimalustele, kuid lähemal uurimisel selgus, et turismitalule antud lahendus ei sobi, kuna paikneval alal pole piisavalt tuult energia tootmiseks. Päikesepaneelide valikul sai otsustatud *off-grid* kui ka *on-grid* lahenduse vahel, kuid valikuks jäi *on-grid* lahendus.

*On-grid* lahenduse plussiks sai, et suurema tarbimise korral võetakse võrgust energiat juurde, samas ülejäänud energiat on võimalik võrku tagasi suunata.

Päikeseenergia seadmete soetamisel turismitalule leidis autor, et 11 kW koguvõimsusega päikesejaama oleks hetkel turismitalule piisav. Päikeseenergia astane tootlikus 40 kraadise

nurga all on 10700 kW·h. Turismitalu aastane energiatarve on 27349 kW·h, see tähendab, et võrgust tuleks juurde osta pool tarbitavast elektrienergiast, ehk elektrienergiale kulunud summa väheneb poole võrra. Turismitalu *on-grid* lahenduse maksumuseks sai autor 14300€ ja tasuvusajaks 6,5 aastat.

Antud teemat edasi arendades tuleks rõhku pöörata reaalsetele mõõtmistulemustele, mis oleks vaja esmalt läbi viia ja seejärel täpsete hinnangute andmine ettevõttele taastuvenergia allikate soetamisel. Autor leiab, et tuleks teostada tasuvusanalüüs ja kas rahaliselt on võimalik antuid energiaallikaid soetada.

## SUMMARY

At the moment, renewable energy sources and energy efficient home solutions are topical issues. Home automation and its management are also topical issues. The main focus of this work is on researching and finding alternatives for the tourism farm's energy use. The research farm is founded in 2000.

The aim of the bachelor thesis is to study the energy use of the Tourist Farm and make proposals for improving the energy class of buildings. Also finding new energy-saving solutions for the tourist destination. The following research tasks have been set to achieve the goal:

- to introduce the background of energy economic policy,
- to introduce renewable energy targets in the European Union,
- give an overview of renewable energy in Estonia,
- create an overview of the tourism farm under study,
- find new solutions for renewable energy sources;
- analyze the results obtained,
- make suggestions for improving the energy class of a study room.

The advantage of the on-grid solution was that, when consumed more, the network will receive energy while the rest of the energy can be redirected to the network.

In the acquisition of solar energy for a tourist farm, the author argued that a 11 kW solar power station would be sufficient for the tourist farm at the moment. The annual productivity of 40 ° is 10700 kW·h. The annual energy consumption of a tourism farm is 27349 kW·h, which means that the network should be purchased for half of the electricity consumed, that is, the amount of electricity consumed will be halved. The cost of the on-grid solution for the tourist park was 14300 euros and the payback period was 6.5 years. In further developing this topic, emphasis should be put on the actual measurement results that would need to be carried out first and then accurate estimates of the company's acquisition of renewable energy sources. The author believes that a cost-benefit analysis should be carried out to determine whether it is possible to finance energy sources.

## KASUTATUD KIRJANDUS

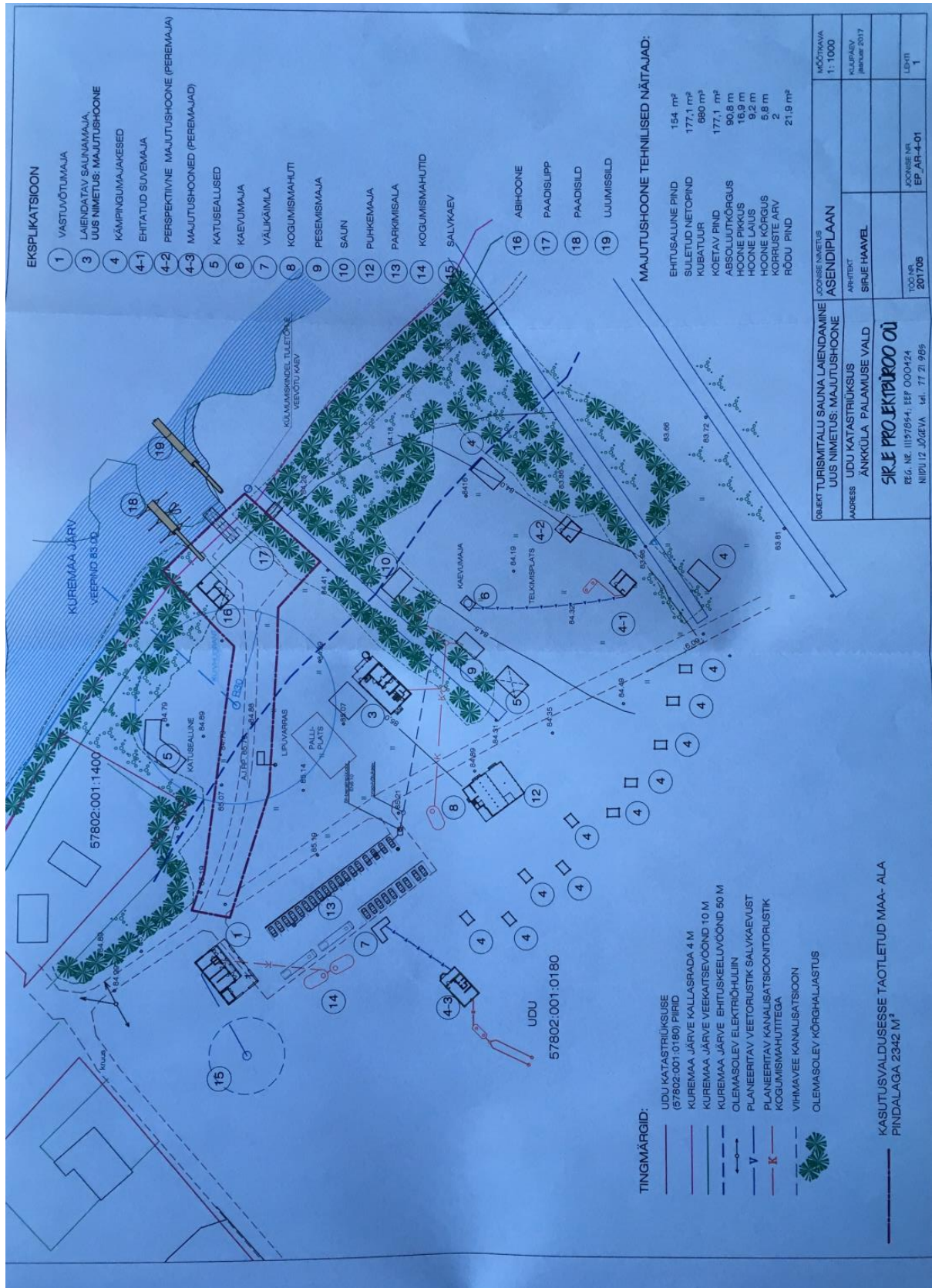
1. **Raudjärv, R., Kuskova, L.** Energiatarbimine kodumajapidamistes. 2013. <http://ee.dokumendid68623> (11.05.2017).
2. Elering, Varustuskindluse aruanne 2017, [on-line] [https://elering.ee/sites/default/files/public/Elering\\_VKA\\_2017.pdf](https://elering.ee/sites/default/files/public/Elering_VKA_2017.pdf) (11.05.2017)
3. Gaasituru käsiraamat 2017, [on-line] <https://elering.ee/gaasituru-kasiraamat-2017/1-energiapoliitika/11-euroopa-liidu-energiapoliitika> (11.05.2017)
4. Energialiit ja kliima meetmed 2017, [veebileht] <http://publications.europa.eu/webpub/com/factsheets/energy/et/> (12.08.2017)
5. *European Commission.* (2017). [On-line] ] <https://ec.europa.eu/energy/en/news/eu-wellway-meeting-2020-renewable-energy-target> (11.01.2018).
6. Taastuv energeetika aastaraamat 2017, [on-line] [http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2017/06/TEK\\_aastaraamat\\_2016\\_A4\\_5mmBleed\\_31.05.2017-1.pdf](http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2017/06/TEK_aastaraamat_2016_A4_5mmBleed_31.05.2017-1.pdf) (11.01.2018)
7. Tuuleenergia, taastuvenergia osakaal Eestis ja Euroopas, [on-line] <http://www.tuuleenergia.ee/2018/01/taastuvenergia-osakaal-el-i-tarbimises-oli-tunamullu-17-protseenti/> (13.02.2018)
8. Taastuvenergeetika aastaraamat 2016, [on-line]
9. [http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2017/06/TEK\\_aastaraamat\\_2016\\_A4\\_5mmBleed\\_31.05.2017-1.pdf](http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2017/06/TEK_aastaraamat_2016_A4_5mmBleed_31.05.2017-1.pdf) (13.02.2018)
10. Eleringi aasta raamat 2017, [on-line] [https://elering.ee/sites/default/files/public/Elering\\_VKA\\_2017.pdf](https://elering.ee/sites/default/files/public/Elering_VKA_2017.pdf) lk 58 (14.02.2018)
11. Taastuvenergeetika aastaraamat 2016, [veebileht] [http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2017/06/TEK\\_aastaraamat\\_2016\\_A4\\_5mmBleed\\_31.05.2017-1.pdf](http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2017/06/TEK_aastaraamat_2016_A4_5mmBleed_31.05.2017-1.pdf) (14.02.2018)
12. Elering, taastuvenergia toetus, [e-ajakiri] <https://elering.ee/taastuvenergia> (14.02.2018)
13. Maaameti andmed Änkülase paigutuse turismiala kohta, geoportaal [https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app\\_id=UU82A&user\\_id=at&LANG=1&WIDTH=1066&HEIGHT=613&zlevel=9,648668.60943357,6509905.9268166&setlegend=UUKAT1\\_82=1](https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app_id=UU82A&user_id=at&LANG=1&WIDTH=1066&HEIGHT=613&zlevel=9,648668.60943357,6509905.9268166&setlegend=UUKAT1_82=1) (15.03.2018)

14. Vastuvõtumaja ja peremaja arhitektuuriosa teostusjoonised, Tellija Kalevipoja turismitalu OÜ, (2014). Peremaja, Sirje projektibüroo OÜ, 15 lk.
15. Sauna laiendamine, majutushoone arhitektuuriosa teostusjoonised, Tellija Kalevipoja turismitalu OÜ, (2014). Peremaja, Sirje projektibüroo OÜ, 18 lk.
16. Eesti energia, [veebileht] <https://www.energia.ee> (15.03.2018)
17. Turismitalu pildid, Udu talu, [on-line] [https://www.google.ee/search?q=udu+talus&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjfvPjAyavbAhUsh6YKHfPNByQQ\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=\\_](https://www.google.ee/search?q=udu+talus&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjfvPjAyavbAhUsh6YKHfPNByQQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=_) (15.03.2018)
18. Energiatalgud, Tuuleenergia ressurss, [e-ajakiri] [https://energiatalgud.ee/index.php/Tuuleenergia\\_ressurss?menu-4](https://energiatalgud.ee/index.php/Tuuleenergia_ressurss?menu-4) (16.03.2018)
19. Tuuleenergia, Elektri tuulikute keskkonnamõjude hindamise käsiraamat 2004,
20. [www.tuuleenergia.ee/uploads/File/Tuulikute\\_KMH\\_tekst.doc](http://www.tuuleenergia.ee/uploads/File/Tuulikute_KMH_tekst.doc) (16.03.2018)
21. Copower, Tooted generaator tuulikule, [veebileht] <http://copower.ee/tooted-generaator-tuulik-paikesepaneel-ilmajaam/tuulegeneraatorid/> (16.04.2018)
22. **Pinn, M., Pinn, R., Pinn, M.** Elekter päikesest ja tuulest. Lk 110-117. MTÜ Kolm Kobrast. Tallinn, 2012
23. Taastuvenergia, Päikese- ja tuuleenergia alased infomaterjalid, [veebileht] <http://www.taastuvenergia.ee/paikese-ja-tuuleenergia-alased-infomaterjalid/paikesepaneeli-ehitus-ja-efektiivsus/> (16.04.2018)
24. Energiatalgud, Päikesepaneelid, [on-line] <https://energiatalgud.ee/index.php/P%C3%A4ikesepaneel?menu-135> (16.04.2018)
25. Äripäev, Päikeseenergia võimsused, [e-ajakiri] <https://www.aripaev.ee/borsiuudised/2017/12/14/paikeseenergia-voimsus-uletab-100-miljardi-gigavati-piiri> (12.05.2018)
26. PVGIS, Päikesepaneelide aastane tootlikkus, [veebileht] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe> (14.05.2018)
27. Renewables 2016 Global Status report. Ren21, [veebileht] <http://www.ren21.net/wp> (14.05.2018)
28. Päikesepaneel, Mikrotootjana Liitumine, [veebileht] <http://paikesepaneel.ee/Web/MikrotootjanaLiitumine> (15.05.2018)
29. Smartecon, Mikrotootja liitumine, [veebileht] <https://smartecon.ee/mikrotootja-liitumine/> (25.05.2018)
30. **Meesak, Andres.** Taastuvenergia mikro- ja väikelahendused energiakulude alandajana. [on-line] [Tsiteeritud: 13. Mai 2016. a.] [http://www.koda.ee/public/Failid/A.Meesak\\_paikeseenergia\\_tootmine\\_ja\\_taastuvenergia\\_lahendused.pdf](http://www.koda.ee/public/Failid/A.Meesak_paikeseenergia_tootmine_ja_taastuvenergia_lahendused.pdf). (25.05.2018)

31. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2010/31/EL hoonete energiatõhususe kohta. (2010).  
Direktiiv. – *Euroopa Liidu Teataja*. [veebileht] <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&rid=5> (25.05.2018).
32. Energiamärgise vorm ja väljastamise kord. (vastu võetud 17.12.2008, jõustunud 1.01.2009).  
Määruse lisa 4. – *Riigi Teataja*. [veebileht] <https://www.riigiteataja.ee/akt/13094120> (25.05.2018)
33. Majaehitaja, Milline peaks olema elamu energiamärgise klass, [veebileht]  
<http://www.majaehitaja.ee/milline-peaks-olema-eramu-energiamaergise-klass/> (25.05.2018)

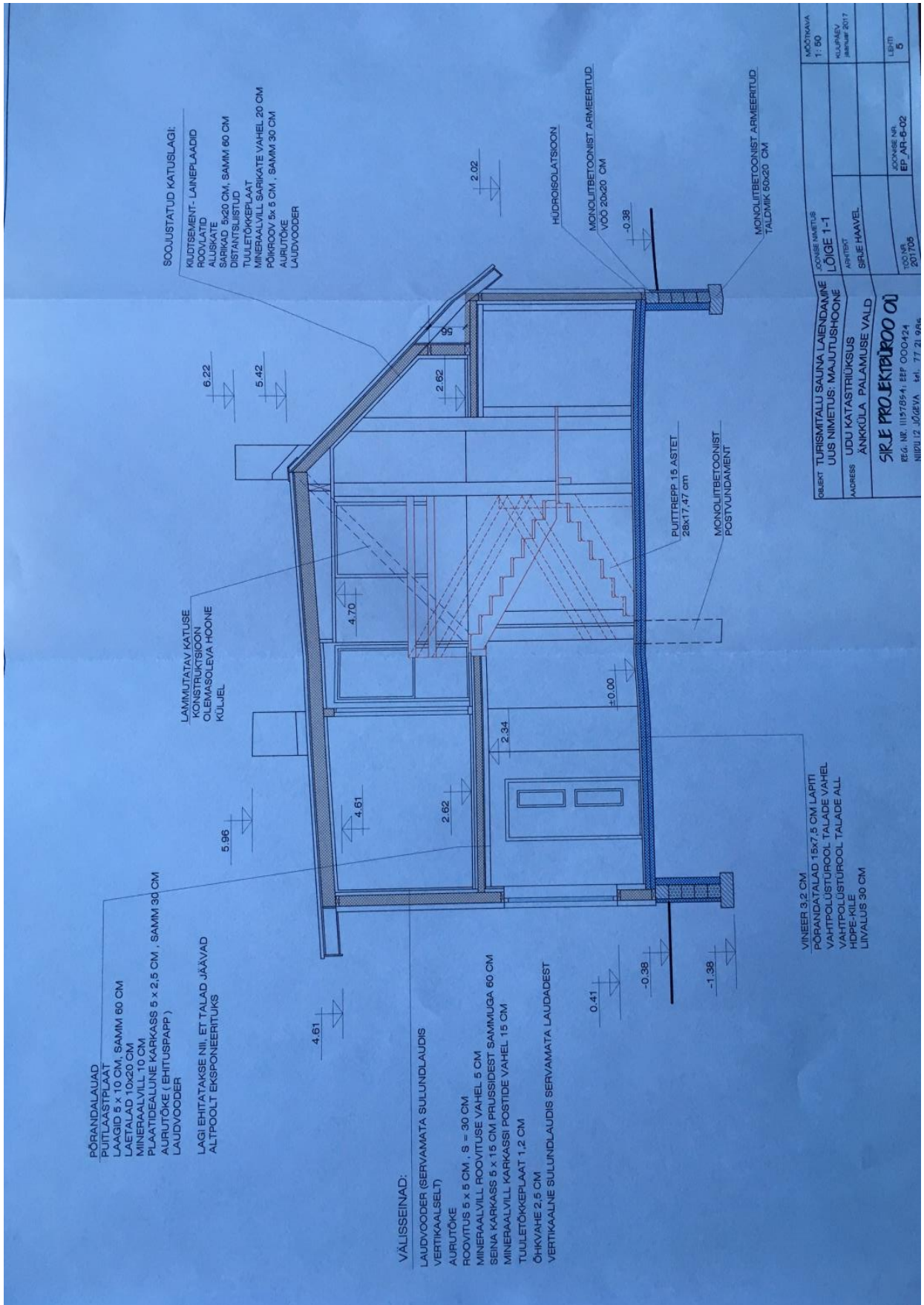
**LISAD**

**Lisa 1.** Turismitalu asendiplaan koos krundil paiknevate hoonetega





## Lisa 2. Turismitalu saunamaja lõige koos konstruktsiooniga



### Lisa 3. 11 kW võimsusega päikesejaama aastane tootlikkus 40 kraadise kaldenurgaga

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 11.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.7% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.1%

Other losses (cables, inverter etc.): 7.0%

Combined PV system losses: 16.7%

<b>Fixed system: inclination=40°, orientation=0°</b>				
Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	7.36	228	0.70	21.8
Feb	14.70	413	1.43	40.1
Mar	32.10	996	3.27	101
Apr	47.20	1420	5.03	151
May	51.40	1590	5.76	178
Jun	49.60	1490	5.66	170
Jul	48.00	1490	5.59	173
Aug	42.40	1310	4.82	149
Sep	30.90	928	3.39	102
Oct	16.70	518	1.74	53.9
Nov	6.54	196	0.66	19.7
Dec	4.42	137	0.43	13.4
<b>Yearly average</b>	<b>29.4</b>	<b>893</b>	<b>3.22</b>	<b>97.8</b>
<b>Total for year</b>		<b>10700</b>		<b>1170</b>

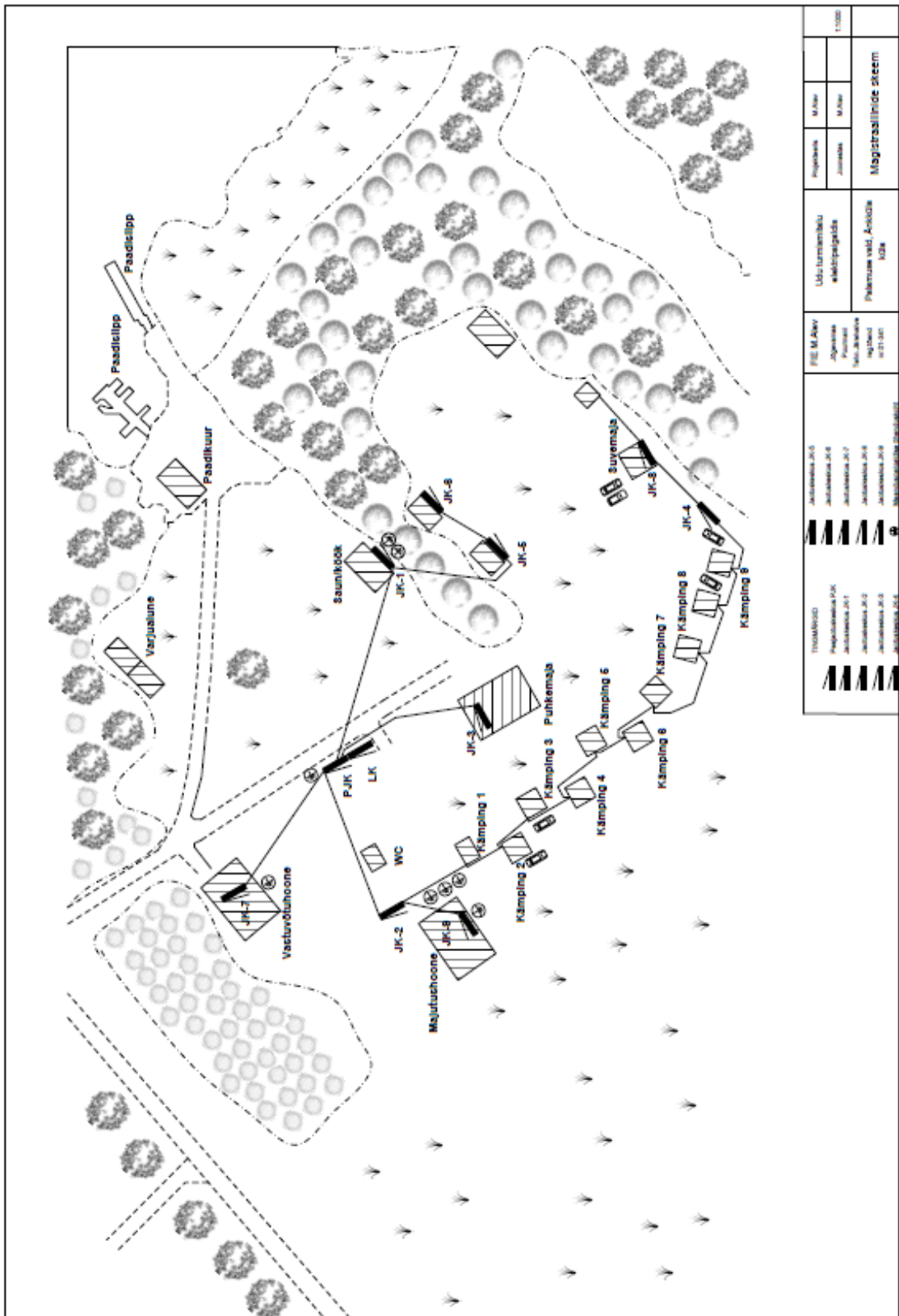
$E_d$ : Average daily electricity production from the given system (kWh)

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

$H_d$ : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

$H_m$ : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

**Lisa 4.** Turismitalu energiavarustus skeem



## Lisa 5. Turismitalu elektrienergia kulud kuude lõikes

### Viitenumber 02404300003

Udu, 49225 Ännküla Palamuse vald, Jõgeva maakond

KUUPÄEV	ARVE NUMBER	MAKSETÄHTAEG	SUMMA		
30.04.2017	024874480961	17.05.2017	150.36	EUR	Vaatan
31.03.2017	024598983546	17.04.2017	118.62	EUR	Vaatan
28.02.2017	024244833963	17.03.2017	198.96	EUR	Vaatan
31.01.2017	024209295283	17.02.2017	360.23	EUR	Vaatan
31.12.2016	024221151914	17.01.2017	420.70	EUR	Vaatan
30.11.2016	024174560025	19.12.2016	363.55	EUR	Vaatan
31.10.2016	024237394779	18.11.2016	290.56	EUR	Vaatan
30.09.2016	024830337827	17.10.2016	188.55	EUR	Vaatan
31.08.2016	024869294566	16.09.2016	246.68	EUR	Vaatan
31.07.2016	024047689144	17.08.2016	289.85	EUR	Vaatan
30.06.2016	024359442624	18.07.2016	268.99	EUR	Vaatan
31.05.2016	024642507123	20.06.2016	178.06	EUR	Vaatan
30.04.2016	024750451474	17.05.2016	104.12	EUR	Vaatan
31.03.2016	024258382865	18.04.2016	288.70	EUR	Vaatan

# LIHTLITSENTS

Mina, Matti Kärmas

sünniaeg 20.11.1993

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö  
Turismitalu energiakasutuse analüüs,  
mille juhendaja(d) on Tõnis Peets

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,  
1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja  
1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(allkiri)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(kuupäev)

---

## Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)

