



INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

VÕRGUÜHENDUSETA ERAMU ELEKTRIVARUSTUSSÜSTEEMI LAHENDUS

THE SOLUTION OF THE OFF-GRID ELECTRICITY SUPPLY SYSTEM FOR A PRIVATE HOUSE

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Igor Šramov

Üliõpilaskood: AAAM204142

Juhendaja: Toomas Vaimann

Tallinn 2022

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.

“.....” 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”.....20..... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Igor Šramov

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Eramu võrguvaba elektrivarustussüsteemi lahendus“,

mille juhendaja on Toomas Vaimann,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

19.12.2022

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loominguulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

ABSTRACT

Author: Igor Šramov

Type of the work: Master Thesis

Title: The solution of the off-grid electricity supply system for a private house

Date: 19.12.2022

101 pages

University: Tallinn University of Technology

School: School of Engineering

Department: Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

Supervisors of the thesis: Senior Researcher Toomas Vaimann

Abstract:

The aim of this master's thesis is to solve the problem of the electricity supply of a private house to be built on Naissaar. Provide advanced renewable energy solutions, reduce diesel generator operating hours and fuel consumption. Prepare a working project for electrical equipment, provide a solution for low-voltage equipment, prepare the main task of home automation to ensure the operation, management and control of the system.

The thesis examines the current status and development trends of renewable energy in Estonia. An overview of equipment used in renewable energy systems with power of up to 50 kW is given.

As part of the work, the profitability of the designed power system was analyzed. Calculations showed that with such electricity consumption and electricity price, the profitability of this system is almost unattainable. Since today there is no connection to the distribution network, this project is the only possible way to supply this private house with electricity. In case of connection to the distribution network, the payback of this project is about 20 years, which is a fairly common period for such systems.

Keywords: Energy flexibility, demand response, flexible loads, calculation model, private house

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema: **Võrguühenduseta eramu elektrivarustussüsteemi lahendus**

Lõputöö teema inglise keeles: **The solution of the off-grid electricity supply system for a private house**

Üliõpilane: **Igor Šramov, AAAM204142**

Eriala: **Energiamuundus- ja juhtimissüsteemid**

Lõputöö liik: **Magistritöö**

Lõputöö juhendaja: **Toomas Vaimann**

Lõputöö kaasjuhendaja:

2022/2023 Choose an item.

Lõputöö ülesande kehtivusaeg:

Lõputöö esitamise tähtaeg: **21.12.2022**

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

Kaasjuhendaja (allkiri)

1. Teema põhjendus

Eesti on elektrivõrguga üsna hästi kaetud ja selle arendamisse on viimastel aastatel palju raha investeeritud. Samas on kohti, kus elektriliinide paigaldamine on võimatu või ebaotstarbekas. Näiteks Naissaar. Taastuvate energiaallikate maksumuse vähendamine võib nendes kohtades täielikult või osaliselt lahendada energiavarustuse probleemi. Lihtsustades seeläbi nii seadmete kasutamist kui ka hooldust ning vähendades mõju loodusele.

2. Töö eesmärk

Töö eesmärgiks on lahendada Naissaarele rajatava eramu elektrivarustuse probleem. Pakkuda täiustatud taastuvenergia lahendusi, vähendada diisलगeneraatori töötunde ja kütusekulu. Koostada elektriseadmete tööprojekt, pakkuda lahendus madalpingeseadmetele, koostada koduautomaatika põhiülesanne süsteemi töö, juhtimise ja juhtimise tagamiseks.

3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- 1) Tugevvoolu- ja nõrkvoolu projekti koostamine
- 2) PV, tuuliku ja akude valimine
- 3) Automaatika lähteülesande koostamine

4. Lähteandmed

Eestis kehtivad standardid ja määrused

Tellijä lähteülesanne

Arhitekti poolt koostatud plaanid

Tehnoloogilised lähteandmed

5. Uurimismeetodid

Külastatakse objekti. Tutvutakse seadmete spetsifikatsiooniga. CAD programmid, Excel ja tekstiredaktori kasutamine projekti dokumentatsiooni koostamisel.

6. Graafiline osa

Esitatakse fotod, projekti dokumentatsioon, seadmete illustreerivad joonised.

7. Töö struktuur

Eessõna

Sissejuhatus

1. Taastuvenergetika Eestis
2. Objekti kirjeldus
 - 2.1. omapärasus, lähteülesande püstitus
3. Projektis kasutatavad seadmed
 - 3.1. PV liigitus
 - 3.2. Tuulikute liigitus
 - 3.3. Energia salvestusseadmed
4. Automaatika lähteülesanne
5. Töötava objekti analüüs
6. Kokkuvõte

8. Kasutatud kirjanduse allikad

Standardid

Õigusaktid

Seadmete andmelehed

10. Töö etapid ja ajakava

- | | |
|---|------------|
| 1. Teoreetilise osa kirjeldamine | 7.11.2022 |
| 2. Projekti dokumentatsiooni koostamine | 14.11.2022 |
| 3. Andmete kogumine | 14.11.2022 |
| 4. Esimese tööversiooni esitamine | 21.11.2022 |
| 5. Paranduste sisseviimine | 5.12.2022 |
| 6. Töö lõplik versioon | 19.12.2022 |

SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE	4
ABSTRACT	5
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	6
Eessõna 5	
Lühendite ja tähiste loetelu.....	6
Sissejuhatus	7
Introduction.....	9
1. Taastuenergia Eestis	11
1.1 Päikeseenergeetika	14
1.2 Tuuleenergeetika	14
1.3 Tuumaenergia	16
2. Taastuenergetika elektriseadmete ülevaatus	18
2.1 Päikesepaneelid.....	18
2.1.1 Monokristallilised päikesepaneelid	18
2.1.2 Polükristallilised päikesepaneelid	18
2.1.3 Amorfse kilega päikesepaneelid	20
2.1.4 CdTe baasil päikesepaneelid.....	21
2.1.5 CIGS baasil päikesepaneelid.....	21
2.2 Laadimiskontrollerid	21
2.3 Inverterid	23
2.4 Tuulikud	24
2.4.1 Horisontaalvõllil paiknevate tiivikutega tuulik (HAWT)	24
2.4.2 Ühelabalised tuuleturbiinid	25
2.4.3 Kahe labaga tuuleturbiinid	25
2.4.4 Kolme labaga tuuleturbiinid.....	26
2.4.5 Mitme labaga tuuleturbiinid.....	26
2.4.6 Vertikaalvõllil paiknevate tiivikutega tuulik.....	27
2.4.7 Savoniuse rootor	27
2.4.8 Darrieuse rootoriga tuulik	28
2.4.9 Helikoidrootoriga tuulik	29
2.4.10 Mitme labaga rootor	29
2.5 Energia salvestid	29
2.5.1 Pliihappe akud.....	30
2.5.2 Nikkel-kaadmium akud.....	30
2.5.3 Li-ioon akud.....	30
2.5.4 Energiasalvestite funktsioonid	31

3.	Eramu autonoomne elektrivarustus.....	33
3.1	Objekti kirjeldus	33
3.1.1	Inverteri valik	37
3.1.2	PV valik	38
3.1.3	PV kontrolleri valik.....	41
3.1.4	Akude valik.....	41
3.1.5	Tuuliku valik	43
3.1.6	Automaatika lähteülesande koostamine	46
3.1.7	Töötava objekti analüüs ja süsteemi tasuvus.....	50
3.1.8	Tasuvuse arvutus	53
4.	Kokkuvõte	57
	Summary	59
5.	Kasutatud kirjandus.....	61
	Lisa 1. Kasutatud seadmete tootelehed	66
	Lisa 2. Üksikelamu autonoomse elektrivarustuse projekt koos elektripaigaldise projektiga	71

Eessõna

Tahan avaldada tänu õppejõududele kannatlikkuse eest.

Käesoleva lõputöö teema oli peamiseks õpingute jätkamise põhjuseks ülikooli magistriõppes. Tehes mitmeid aastaid elektripaigaldiste projekte, sain esmakordselt koostada projekti, mis lahendas ühe kinnistu autonoomse elektrivarustuse.

Samuti avaldan tänu antud kinnistu omanikule, kellega koos sai valitud sobivad lahendused.

Lühendite ja tähiste loetelu

<i>CdTe</i>	Kaadmiumtelluriid paneelid (Cadmium telluride)
<i>CIGS</i>	Vaskindiumgalliumseleniit paneelid (copper indium gallium selenide)
<i>MWh</i>	Megavatt-tund
<i>kWh</i>	Kilovatt-tund
<i>Ah</i>	Ampertund
<i>PWM</i>	Pulsilaiusmodulatsioon (pulse-width modulation)
<i>MPPT</i>	Maksimaalse võimsuse punkti skaneerimine (Max Power Point Tracking)
<i>Pb</i>	Plii
<i>PbO2</i>	Pliidioksiid
<i>LiFePO4</i>	Liitiumferrofosfaat
<i>HAWT</i>	Horisontaalvõllil paiknevate tiivikutega tuulik
<i>VAWT</i>	Vertikaalvõllil paiknevate tiivikutega tuulik

Sissejuhatus

Kõigist inimeste majandustegevuse harudest mõjutab meie elu kõige enam energia. Energia on kõigi majandussektorite protsesside alus, materiaalse rikkuse loomise ja inimeste elatustaseme parandamise peamine tingimus. Pidev rahvaarvu kasv, tootmise enneolematult kiire areng, üha enam tavapäraste allikate ammendumine ja lõpuks ka keskkonnasäästlikkuse nõuded, sunnivad inimesi otsima uusi energiaallikaid, eelkõige neid, millel on taastuvad või ammendamatud reservid. Inimkond kasutab endiselt halvasti võimalusi saada energiat looduslikest, praktiliselt ammendamatuist allikatest: maa sisemuse ja ookeani soojusest, ookeani- ja jõgede hoovuste, tõusude ja mõõnade ehk loodete ja lainete ning tuule energiast.

Inimkond kulutab tohtul hulgal energiat. Põletame aastas 9–20 miljardit tonni kütust. Mineraalid moodustavad üle 60% kogu tarbitavast energiast (40,4% nafta, 9,5% kivisüsi, 16,4% maagaas); 19,7% ülejäänud tarbitavast energiast – tuumajaamad ja hüdroelektrijaamad; 3,6% - muudest energiaallikatest [1].

Viimastel aastatel on tehtud suuri investeeringuid taastuvenergeetikasse. Ainuüksi Eesti Energia AS on 2022 aasta teises kvartalis investeerinud 40 milj. euro ja sama aasta esimesel poolel oli investeering 157 milj. eurot. Kokku on neil plaanis investeerida aastatel 2022-2026 kuni 2,6 miljardit eurot. Kuid ka väiksed ettevõtted ja eraisikud panustavad taastuvenergiasse. Eesti Energia andmetel jõuab nendeni ca 150 päringut nädalas päikesepaneelide paigaldamise kohta. Kokku on Elektrilevi andmetel sõlmitud lepingud 12808 elektritootjatega summaarse võimsusega 545,5 MW [2].

2021 a. seisuga olid Eestis erinevate energia tootmise summaarsed võimsused [3]:

- elektrijaamu 1355 MW;
- soojuse ja elektri koostootmisjaamasid 351,8 MW;
- hüdroelektrijaamu 4,1 MW;
- tuuleelektrijaamu 320 MW ;
- päikeseelektrijaamu 335,2 MW.

Mis tähendab, et Eestis on umbes 1706,8 MW juhitavat võimsust ja 653 MW mida juhtida ei saa.

Vaatamata suurele huvile ja tehtud investeeringutele toodetakse enamus energiat fossiilkütustest ja väike osa saadetakse taastuvenergia allikatest. Eestis on säilinud mõned kohad, kus jaotusvõrk ei ole arenenud või puudub üldse - saared, üksikud talud, jne. Antud tööga on lahendatud Naissaarele ehitatud eramu autonoomne energiaga varustamine.

Antud töö on üles ehitatud kolmes peatükis. Esimeses peatükis tutvustatakse taastuvenergeetika seisut Eestis. Teises peatükis tutvustatakse tuule- ja päikesenergia

olemust ja päikesepaneelide ning tuulikute tööpõhimõtteid. Kolmandas peatükis tuuakse välja komponentide valik ning lõpliku elektripaigaldise projekti kirjeldus.

Introduction

Energy, out of all other economical sectors, has the most influence on our lives. Energy is the foundation to all economical processes, creation of material wealth and improvement of people's living standards. The constant growth of the population, the rapid development of production, the exhaustion of more and more conventional sources and finally the requirements of environmental sustainability, force people to seek for new sources of energy, especially those with renewable or inexhaustible reserves. Humanity still makes poor use of opportunities to obtain energy from natural, inexhaustible sources: the heat of the earth or the ocean, the energy of ocean and river currents, low and high tides, waves and wind.

Humanity consumes enormous amounts of energy. We burn between 9 and 20 billion tons of fuel per year. Fossils account for more than 60% of all energy consumed (40.4% oil, 9.5% coal, 16.4% natural gas); 19.7% of the remaining consumed energy are nuclear plants and hydroelectric plants; 3.6% - from other energy sources [1].

In recent years, large investments have been made in renewable energy. Eesti Energia AS alone has invested 40 million euros in the second quarter of 2022 and in the first half of the same year the investment was 157 million euros. In total, they plan to invest up to 2.6 billion euros in the years of 2022 to 2026. But small companies and individuals also contribute to renewable energy. According to Eesti Energia, they receive approximately 150 inquiries per week about the installation of solar panels. In total, according to Elektrilevi, contracts have been concluded with 12,808 electricity producers with a total capacity of 545.5 MW [2].

2021 as of 2015, the total capacities of different energy production in Estonia were [3]:

- power plants 1355 MW;
- heat and electricity cogeneration plants 351.8 MW;
- hydroelectric power plants 4.1 MW;
- wind power plants 320 MW;
- solar power plants 335.2 MW.

Which means that Estonia has about 1706.8 MW of controllable capacity and 653 MW that cannot be controlled.

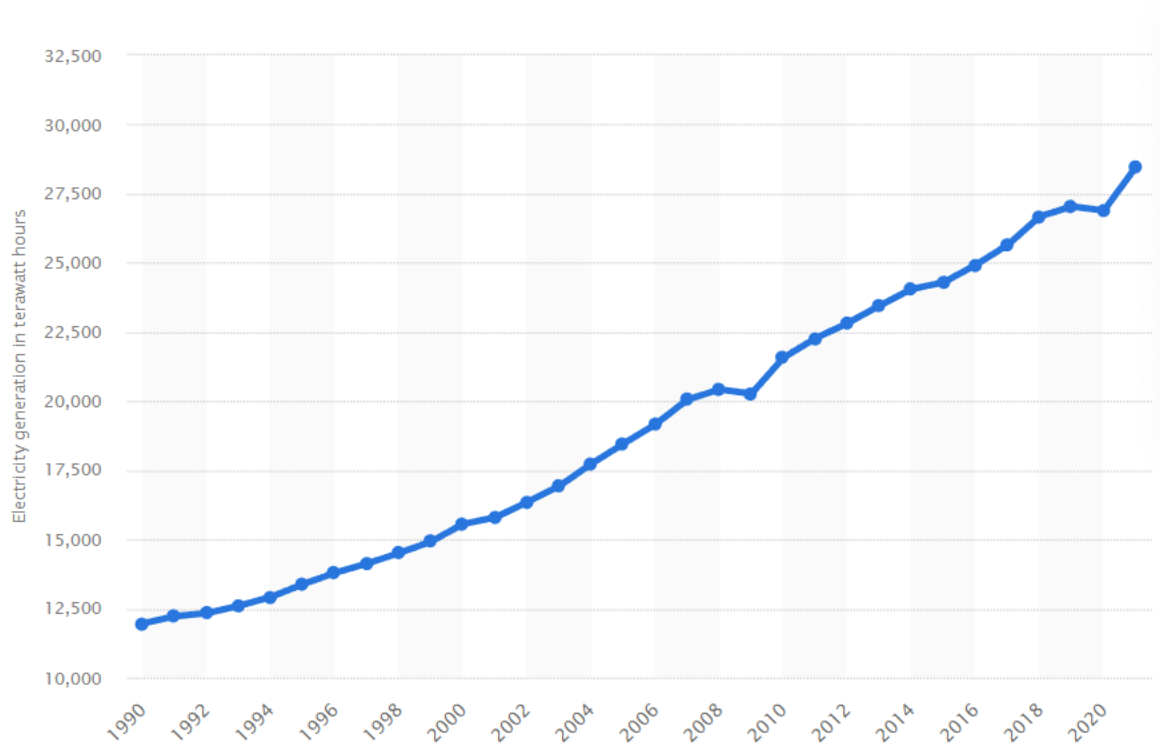
Despite the great interest and investments made, most of the energy is produced from fossil fuels and a small part is produced from renewable energy sources. There are some places left in Estonia where the distribution network is not developed or does not exist at all - islands, individual farms, etc. In this thesis, the autonomous energy supply of a private house built on island Naissaar has been solved.

This work is structured in three chapters. The first chapter introduces the state of renewable energy in Estonia. The second chapter introduces the nature of wind and solar energy and the working principles of solar panels and wind turbines. The third chapter presents the selection of components and the description of the final electrical installation project.

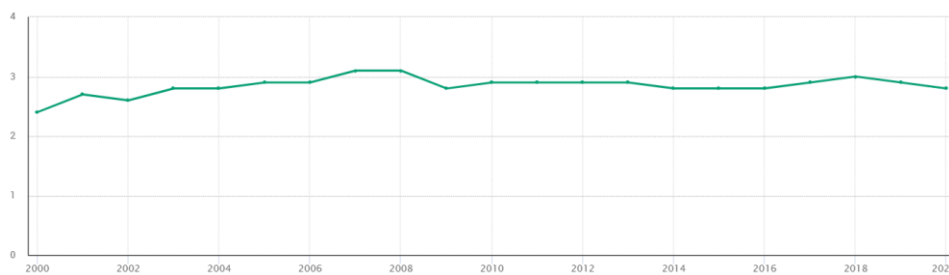
1. Taastuenergia Eestis

Ühiskond on juba aastaid seisnud silmitsi ülesandega leida ja kasutada ammendamatu energiaallikaid. Pariisi kliimakonverentsil sõlmitud kokkuleppega algas üleminek alternatiivsetele energiaallikatele, möödumas on fossiilsete energiaallikate ajastu ning seda, mis saab naftast sõltuvate riikide majandusest, võib vaid aimata. Taastuenergiat on eeliseid. Esiteks on seda palju. Teiseks ei too selle kasutamine kaasa soovimatuid keskkonnamõjusid. Kolmandaks on ilmselge eelis see, et tasuvusaja saabudes on toodetav elekter kättesaadav peaaegu tasuta. Suurtest miinustest võib välja tuua, et ta on kallim võrreldes traditsiooniliste energia saamise viisidega ja ei ole juhitav, mis tähendab traditsioonilise toomise vajadust. Tarbijad peavad maksma gaasi- ja põlevkivijaamade käitlemise eest, et nad saaksid pilves või tuulevaiksetel päevadel elektrit kasutada.

Joonisel 1.1 on näidatud energia vajaduse kasvu maailmas. Joonistel 1.2 ja 1.3 on näha, et Eesti tarbimine on stabiilne juba pikkade aastate jooksul.



Joonis 1.1 Elektrienergia tootmine aastatel 1990-2021 TWh [4]



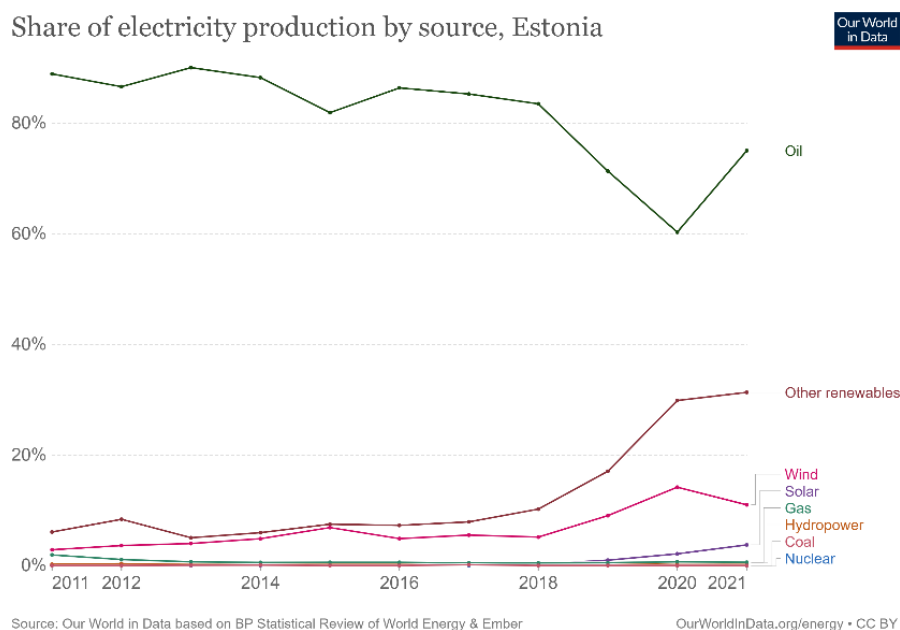
Joonis 1.2 Energia hulk lõpptarbimises ekvivalentne nafta mil tonnidele [5]

KE0230: ENERGIABILANSS | Aasta, Näitaja ning Kütuse/energia liik

		Elektrienergia, GWh
2020	Tegelik lõpptarbimine	7 180
2021	Tegelik lõpptarbimine	7 884

Joonis 1.3 Energiabilanss aastatel 2020-2021 [6]

Kuid energia saamise viisid jäid nii maailmas kui ka Eestis enamasti samaks (joonis 1.4). Tabelis 1.1 on näidatud, et suures osas kasutatakse fossiilkütust ning sejärel erinevad rohelised ja taastuvenergia viisid.



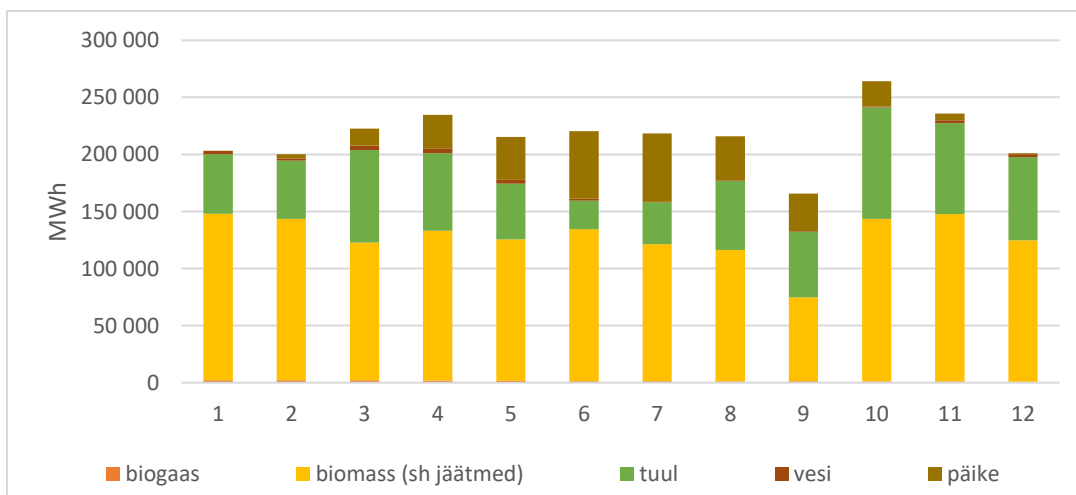
Joonis 1.4 Toodetud elektrienergia erinevate kütuseliikide järgi aastatel 2010-2021 [7]

Tabel 1.1 Elektriijaamade võimsus [8]

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Soojuselektriijaamade paigaldatud elektrivõimsus, MW	2 547	2 527	2 907	2 765	2 182	1 990
Hüdroelektriijaamade paigaldatud võimsus, MW	7	7	6	6	8	8
Tuuleelektriijaamade paigaldatud võimsus, MW	310	311	309	316	316	316

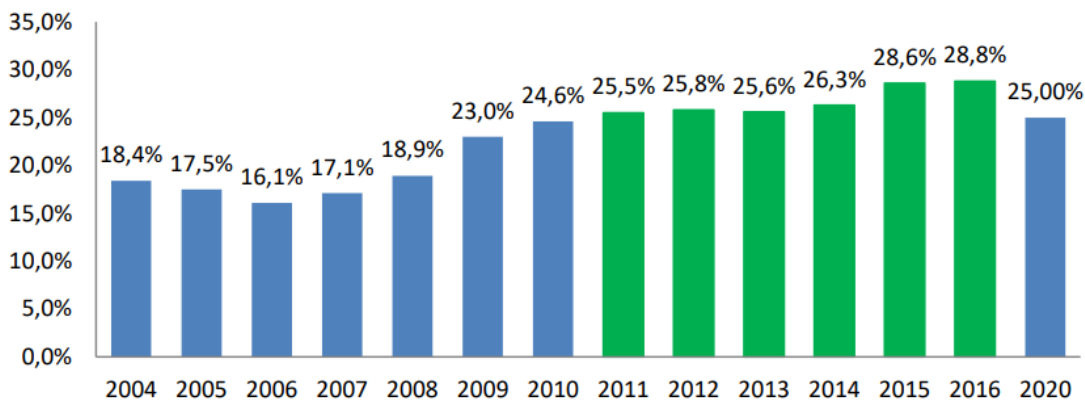
Tänapäeval tõmbavad taastuvad energiaallikad (TEA) üha enam tähelepanu nii tavainimeste kui ka paljude ettevõtete, riikide ja rahvusvaheliste organisatsioonide juhtkonnas. Taastuvate allikate hulka kuulub lai valik energiaallikaid ja tehnoloogiaid nende muundamiseks inimesele kasulikeks vormideks (elekter, soojus, külm, küte ja mootorikütused jne). Suurem osa taastuvatest energiaallikatest on päikeselist päritolu (päikesekiirgus, tuul, veevoolud, biomass). Mittepäikesenergia allikate hulka kuuluvad geotermiline energia, mere looded, inimtekkelise päritoluga heitsoojus ja muud. TEA hulka kuuluvad päike, tuul, vesi (v.a suured hüdroelektriijaamad), geotermilised allikad, biokütused ehk kõik allikad, mille energiat peetakse ammendamatuks.

Taastuvenergia arendamiseks on vähemalt kaks põhjust: keskkonnaohutus ja energiasõltumatus. Suureks puuduseks on aga energiatootmise ebastabiilsus, mis sunnib säilitama ja investeerima traditsioonilistesse energia saamise viisidesse. Joonisel 1.5 on toodud Eleringi poolt väljastatud andmed, mis näitavad, et võrku saabub umbes 1,4 korda rohkem energiat, mis on toodetud traditsioonilistest e. nafta, gaas jne. Energiaallikatest, kui taastuvatest allikatest.



Joonis 1.5 Toodetud võrku sisenenud elektrienergia 2021 a. [6]

2015. aastal võttis Eesti Pariisi kliimakonverentsil mitmeid kohustusi, mis aitavad kaasa ka taastuvate energiaallikate arendamisele. Üheks punktiks oli taastuvenergia osakaalu tõstmine lõpptarbimises 2020. aastaks 20%-ni. Nagu on näha, Eesti suutis täita enda peale võetud kohustused juba aastas 2011. aastaks tõsta taastuvenergia hulka kuni 25%-ni energia lõpptarbimises (Joonis 1.6).



Joonis 1.6 Taastuvenergia osakaal energia lõpptarbimises [9]

Eesti riiklikus energia- ja kliimakavas on planeeritud 2030. aastaks jõuda 42%-lise taastuvenergia osakaaluni energia summaarsest lõpptarbimisest [10].

1.1 Päikeseenergeetika

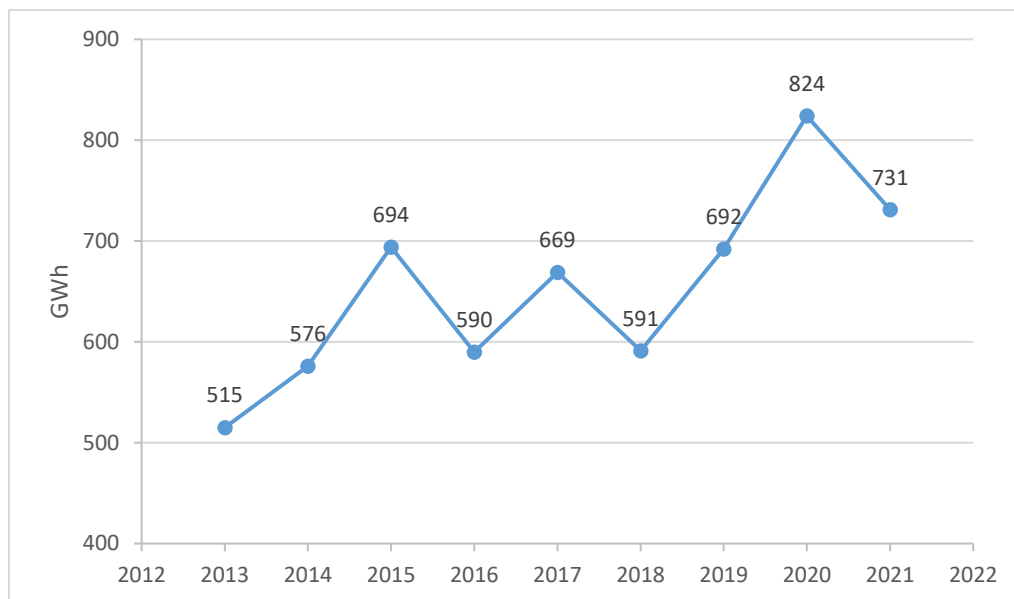
Eestis oli 2022. aasta alguseks ligi 10 000 päikeseenergia väiketootjat ja ligi 500 MW väikeseid päikeseelektrijaamu. Installeeritud päikeseenergia võimsus on kasvanud 128 MW-lt (1. jaanuar 2020) 335 MW-le (oktoober 2021) [11]. See on kõige lihtsam viis toota elektrienergiat oma majapidamisele või saada mikrotootjaks.

Hüppelise arengu on saanud päikeseenergeetika tänu tehnoloogiate arengule ja nende maksumuse vähenemisele ning tootmise kasvule. Kõik see kokku tõi kaasa investeeringute kasvu. Arenduses mängisid suurt rolli ka tänaseks lõppenud riiklikud toetused, mille raames maksti rahalist toetust alla 50 kW elektrilise võimsusega tootmisjaamadele.

Optimaalse kalde ja asimuudiga pinnale langeb aastas 1100–1200 kWh/m² energiat –85% sellest langeb vahemikus aprillist oktoobrini. 1 kW (~ 6 m²) võimsusega optimaalselt paigaldatud PV-jaam toodab aastas 900-1000 kWh energiat [12].

1.2 Tuuleenergeetika

Tuuleenergeetika on kõige tõhusam elektri saamise viis võrreldes muude taastuva elektrienergia tootmise viisidega. Andmed näitavad, et elektrituulikute toodang on stabiilne ja aasta suhtes prognoositav.



Joonis 1.7 Tuuleelektri toodang Eestis (GWh) [13]

Samal ajal vajab tuuleenergeetika kõige rohkem uuringuid ja ettevalmistusi. Lisaks sellele, kuni aastani 2021, kehtis tuuleparkidele ka kõrguse piirang. Aastatel 2019 ja 2021 kinnitas Vabariigi Valitsus otsuse radari ostmise ja sellega vabanes kõrguste piirangutest ca 27 000 km² maa-ala. Samaaegselt jäävad alles looduskaitsealad, mis takistavad uute tuuleparkide ehitamist.

Tänapäeval on Eestis püstitatud üle 140 elektrituuliku koguvõimsusega 320 MW. Kõrgustepiirangute kadumisega plaanitakse arendada uusi tuuleparke, samas paljude kaitsealade ja inimeste hajususe suuruse tõttu neid palju ei tule. Eesti omapära seisneb selles, et väga raske on leida tuuliku püstitamiseks asukohta, mille otseses mõjus ei oleks üks või rohkem elamuhoonet. Lahenduseks on plaanitud rakendada kompensatsiooni, nn. "tuulikutasu". Tasu on plaanitud maksta elanikele, kelle elamuhooned mõjutavad rajatud või rajatav tuulik ja selle suurus hakkab sõltuma toodetust elektri kogusest. Selleks on riigikogusse suunatud regulatsioon, mille vastuvõtmine peab toimuma veel aastal 2022.

Parralleelselt mandrile kavandatakse ehitada nn. off-shore e. meretuulepargid. „2021. aastal majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi poolt tellitud ka Kantar Emori poolt läbi viidud meelsuse uuring näitas Eesti elanike suurt poolehoidu meretuuleparkidele. Valdav enamik e. ligikaudu 80% vastanutest toetab tuuleparkide rajamist just merre.“, ütleb T. Talv Eesti tuuleenergia assotsiatsiooni tegevjuht. [12] Tabelist 1.2 on näha, et enamus planeeritavatest meretuuleparkidest on oma planeeritava võimsusega suuremad, mis eelnevate aastate jooksul on tänase päevani rajatud. Deklareeritud esimeste meretuuleparkide valmimisaeg on 2028. a.

Tabel 1.2 Meretuuleparkide arendusprojektid [14]

Ettevõtte	Ala	Võimsus	Projekti algus
Enefit Green AS	Hiiumaa	1100 MW	2006
Enefit Green AS	Liivi	1000 MW	2010
Five Find Energy	Nasva (near-shore)	4 MW	2011
Tuuletraal OÜ	Liivi laht	380 MW	2013
Saare Wind Energy OÜ	Saaremaa	1400 MW	2015
Utilitas	Saare-Liivi 5	5980MW	2021

Tuuleenergia omab väga palju positiivseid külgi, kuid on selge, et ilma riigi toetuseta ei ole võimalik edaspidi tuuleparke luua. Eesti suurim oht on kvalifitseeritud tööjõupuudus. Mitmed harud vajavad täiendõppe loomist või noorte inimeste koolitamist. See tähendaks uute õppekavade loomist, hangete läbiviimise muutmist. Siin oleks oodatud abi ja toetus erinevate ministriumite e. riigi poolt

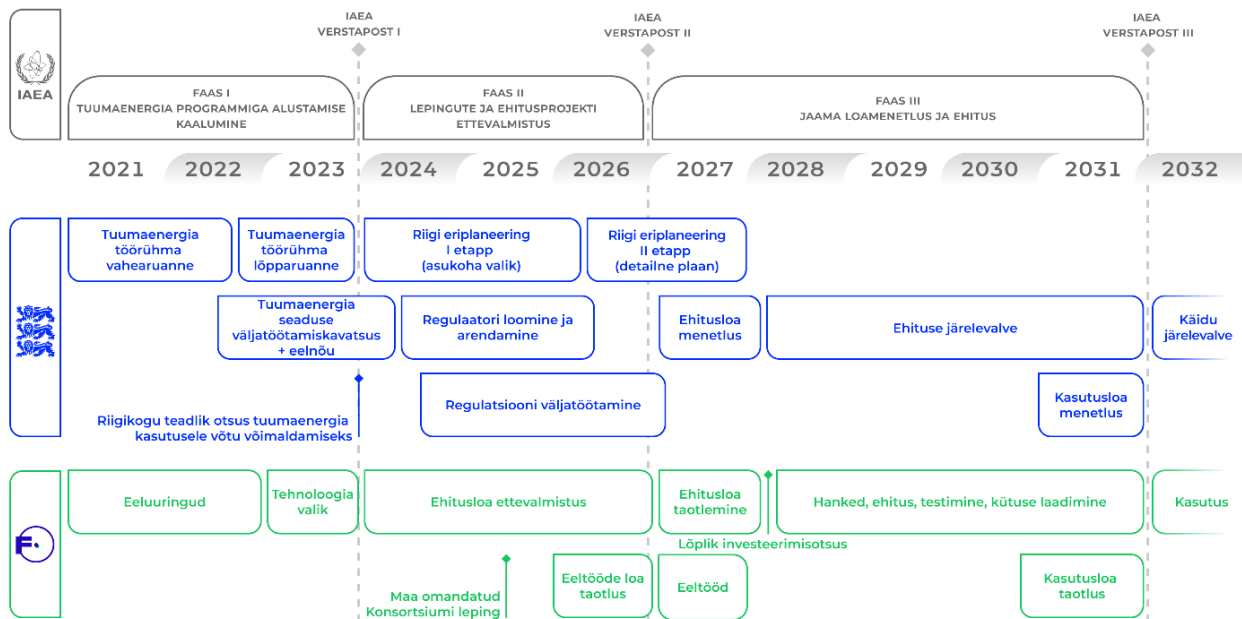
1.3 Tuumaenergia

Kuigi tuumaenergia ei kuulu taastuvate energiaallikate hulka, võimaldab saadava energia hulk ainekoguse kohta ja keskkonna jälje järgi liigitada selle roheline elektri alla.

Ühiskonnas käib diskussioon 300 MW tuumajaama rajamise vajalikkusest ja võimalikkusest Eestisse. Tuumaenergia arendamisega tegeleb Eestis Fermi Energia OÜ. Ettevõtte võttis ülesandeks teha vajalikud uuringud, mille alusel tuleb teha Riigikogu tasandil otsused tuumajaama rajamise otstarbekuse, regulatsioonide väljatöötamise ja seaduste vastuvõtmise kohta.

Eesti jaoks tähendaks tuumareaktori ehitamine täiesti uut tehnoloogilist läbimurret, uusi teadmisi. Samas leidub palju skeptikuid.

Tänapäeval teostatakse eeluuringud ja koostatakse plaanid. Selge, et enne lõpliku otsuse langetamist peab toimuma diskussioon ühiskonnas tuumajaama rajamise vajadusest. Ka selles valdkonnas puudub Eestis kvalifitseeritud tööjõud. Joonisel 1.8 on näidatud eeldatav tuumajaama ehitamise ajakava.



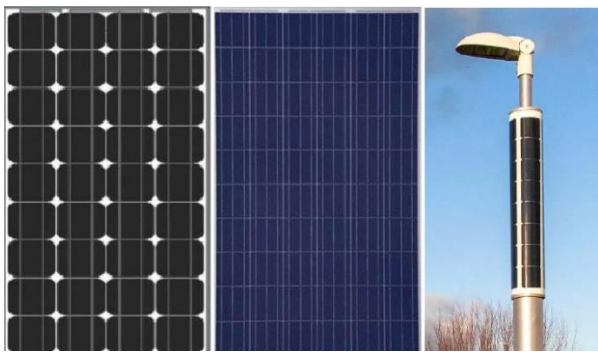
Joonis 1.8 Tuumareaktori planeerimise ja ehitamise ajajoon [15]

2. Taastuenergetika elektriseadmete ülevaatus

2.1 Päikesepaneelid

Päikesepaneelid on töökindlad, vastupidavad ja kergesti paigaldatavad, kuna ei sisalda liikuvaid osi. Vahel on päikesepaneelide kasutamine ainuvõimalus, kui puudub alaline võrguühendus, vaha on vaid palju päikesepaistelisi päevi.

Päikesepaneelide kasutusnäited: majade katustel elektri tootmiseks, tänava- ja aialambid valgustamiseks, akude laadimiseks, laevade seadmete elektriga varustamiseks, raadiosaatjad, pumbad, signalisatsioonid jne. Joonisel 2.1 on näidatud paneelide erisuse vastavalt tootmistehnoloogiale.



Joonis 2.1 Mono-, polükristallilised ja õhukese kilega päikesepaneelid [11], [17]

2.1.1 Monokristallilised päikesepaneelid

Levinuim ja populaarseim päikesepaneelide tüüp on monokristallilised päikesepaneelid. Struktuurselt koosneb selline paneel kümnetest silikoonfotomoodulitest, mis on kokku pandud üheks paneeliks. Need fotogalvaanilised elemendid on paigaldatud klaaskiust, töökindlasse ja vastupidavasse korpusesse, mis kaitseb neid fotomooduleid hästi nii tolmu kui ka õhuniiskuse eest. Selline päikesepaneelide disain võimaldab neid kasutada erinevates tingimustes – nii merel kui maal. Päikesepaneelide päikesevalguse energia muundamine elektrienergiaks toimub päikesepaneeli endi fotomoodulites energia muundamise fotoelektrilise efekti tõttu. Monokristalliliste päikesepaneelide valmistamise materjaliks on ülipuhas räni, mida kasutatakse ka pooljuhtseadmete tootmiseks radioelektronikas ja mida tänapäeva tööstus hästi valdab. Tänapäevaste päikesepaneelide kasutamise praktika on näidanud, et juba aastaid on üks populaarsemaid ja nõutumaid maailmas monokristallilised päikesepaneelid. Monokristalliliste paneelide efektiivsus on ligikaudu 20-22%.

2.1.2 Polükristallilised päikesepaneelid

Multikristallilise räni valmistamine on palju lihtsam kui ühekristallilise räni valmistamine. Ränisulandi aeglasel jahutamisel saadakse sellest polükristalliline räni, mida kasutatakse

polükristalliliste päikesepaneelide valmistamiseks. Protsess ise on vähem töömahukas kui ühekristallilise räni valmistamisel ning vastavalt sellele on sellised päikesepatareid odavamad. Kuid siiski on polükristallilise räni oluline puudus see, et sellel on teraliste piiridega alad, mis halvendavad veidi selle kvaliteeti. Polükristalliliste päikesepaneelide (moodulite) raam on valmistatud alumiiniumist ja kaetud spetsiaalse korrosioonivastase seguga, mis on must. Selle disaini kõrge kvaliteet ja vastupidavus saavutatakse, kinnitades kile kindlalt iga raami tagaküljele ja tihendades selle servade ümber. Kõik polükristallilise päikesepaneeli elemendid on kaetud spetsiaalse laminaadiga, mis on vastupidav nii äärmuslikele temperatuuridele kui ka lume ja vihma mõjudele.

Selleks, et vastata küsimusele, mis on parem - mono- või polü- kristallid ja vastavalt päikesepatareide tüüpidele, peab kõigepealt mõistma nende erinevusi ja sarnasusi.

Peamised erinevused mono- ja polü- kristalse tüüpi päikesepatareide vahel [18], [19]:

- Peamine erinevus nende kahe päikesepaneelide tüübi vahel on päikeseenergia elektrienergiaks muundamise efektiivsus. Tänapäevased masstootmises olevad monokristallpaneelid on päikeseenergia muundamise efektiivsusega maksimaalselt 22%. Masstootmises toodetud polükristalliliste paneelide puhul on päikeseenergia elektrienergiaks muundamise efektiivsus palju väiksem kui monokristallilistel paneelidel ja ulatub maksimaalselt 18%-ni. Seda tüüpi paneelide madalad efektiivsusnäitajad on tingitud asjaolust, et nende valmistamisel ei kasutata mitte ainult puhast primaarset räni, vaid ka ringlusesse võetud päikesepatareide jne toorainet. Siinkohal tuleb ka mõista, et mida kõrgemat kasutegurit omavad päikesepatareid, seda väiksem on nende suurus.
- Monokristallilised päikesepaneelid on ümarate nurkade ja ühtlase pinnaga. Nende kuju ümarus on seotud asjaoluga, et ühekristalliline räni saadakse selle valmistamisel silindrilistes toorikutes. Päikesemoodulite polükristallilised elemendid on ruudukujulised, kuna ka nende toorikud on tootmisel ruudukujulised. Oma struktuurilt on polükristallide värvus heterogeenne, sest ka polükristallilise räni koostis on heterogeenne ja sisaldab palju heterogeenset kristallilist räni, aga ka vähesel määral lisandeid.
- Mis puutub päikesemoodulite hinnapoliitikasse, siis monokristallilisest ränist päikesepatareid on veidi kallimad (umbes 10%) kui polükristallilisest ränist päikesepatareid – kui võrrelda neid võimsusühiku poolest. Siit võib mõista, et ühekristalliliste päikesepatareide kõrge hind on seotud eelkõige algse ühekristallilise räni kallima tootmis- ja rafineerimisprotsessiga. Kuna monokristallilistest päikesemoodulitest saab rohkem elektrienergiat, on soovitatav neid kasutada.

2.1.3 Amorfse kilega päikesepaneelid

Õhukese kile tehnoloogiad võimaldavad valmistada paneeli, mis on tootmiskuludelt odavamad. See asjaolu muudab kilepaneelid atraktiivsemaks suurte paneelialade ("farmide") ehitamisel, et toota päikesevalgusest elektrit, kui n.ö. päikesepõllumeest ei piira mitte niivõrd maa-ala, kuivõrd aku paigaldamise maksumus. Paigaldamine on võimalik mitte ainult katusetele, vaid ka hoonete külgpindadele. Õhukesekihilised paneelid ei vaja otsest päikesevalgust, need töötavad hajutatud kiirgusega, tänu millele on aastas toodetav koguvõimsus 10-15% suurem, kui traditsioonilistel kristallistel päikesepaneelidel. Õhuke kile on palju kulutõhusam viis energia tootmiseks ja võib uduses, pilves ilmaga (kliimas) või tööstusharudes, kus õhk on tolmune või sisaldab palju muid tahkeid osakesi, ületada üksikkristalle. Õhukese kilega paneele kasutatakse 95% juhtudest võrgusiseste süsteemide jaoks, mis toodavad elektrit otse võrku. Nende paneelide jaoks on vaja kasutada kõrgepingekontrollereid ja invertereid, mis ei ühildu väikese võimsusega majapidamissüsteemidega. Kuigi õhukese kilega paneelide maksumus on madal, võtavad need palju suurema ala (2,5 korda) kui mono- ja polükristallilised paneelid just madalama efektiivsuse tõttu. Õhukese kilega paneele saab tõhusalt kasutada süsteemides, mille võimsus on 10 kW või rohkem.

Monokristallilisi ja polükristallilisi paneele kasutatakse väikeste autonoomsete või varutoitesüsteemide ehitamiseks.

Amorfsest ränist valmistatud päikesepaneelid on ühe madalama efektiivsusega. Tavaliselt on selle väärtused vahemikus 6-8%. Kõigi räni fotogalvaaniliste muundurite tehnoloogiate hulgas toodavad need kõige odavamat elektrit.[19] Tabel 2.1 näitab eritüüpi päikesepaneelide plusse ja miinuseid.

Tabel 2.1 Erinevate PV võrdlus

Päikesepaneelide eelised		
Monokristallilised päikesepaneelid	Polükristallilised päikesepaneelid	Õhukese kilega päikesepaneelid
Elektriarvete vähendamine		
Keskkonna mõju		
Eluiga	Eluiga	Mitmekülgsus
Tõhusus	Lihtne ja odav tootmine	Paindlikkus
Suurem soojapidavus	Konkurentsivõimeline	Hea jõudlus kaudses valguses
		Hea jõudlus kõrgel temperatuuril
Päikesepaneelide puudused		
Mõju elektrivõrgule		
elektritootmise varieeruvus		
Alghind	Vähene efektiivsus	Tõhusus
Habras	Habras	Hind

2.1.4 CdTe baasil päikesepaneelid

Kaadmiimtelliiriidi (CdTe) päikesepaneelid põhinevad kiletehnoloogial. Pooljuhtkiht kantakse peale mitmesaja mikromeetrise õhukese kihina. Kaadmiimtelliiriidist valmistatud elementide efektiivsus on madal, kasutegur on umbes 11%. Võrreldes ränipaneelidega on nende akude vatt aga mitukümmend protsenti odavam.

2.1.5 CIGS baasil päikesepaneelid

CIGS on pooljuht, mis koosneb vasest, indiumist, galliumist ja seleenist. Seda tüüpi päikesepatareid valmistatakse samuti kiletehnoloogia abil, kuid võrreldes kaadmiimtelliiriidipaneelidega on selle efektiivsus suurem, selle kasutegur ulatub 15%-ni.

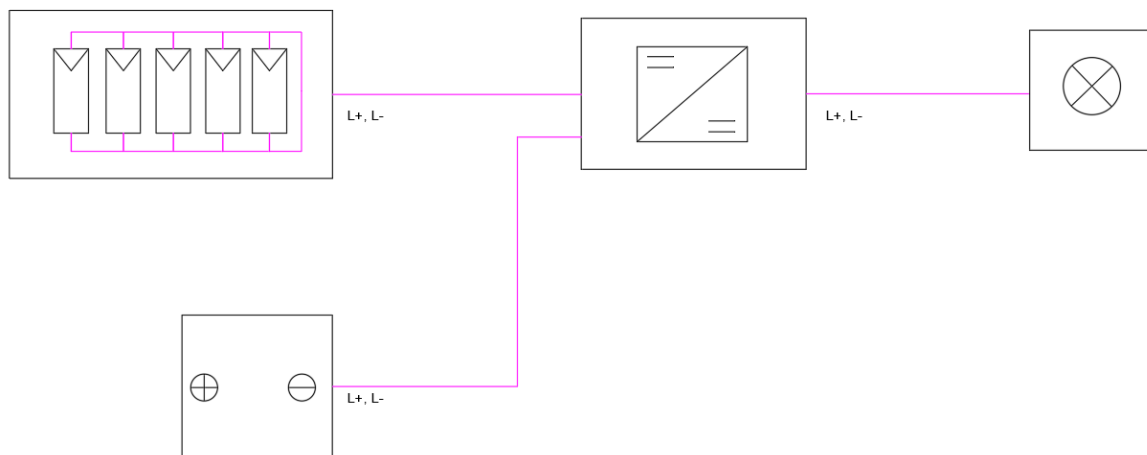
2.2 Laadimiskontrollerid

Kaasaegsetes päikeseelektrijaamades kasutatakse erinevaid vooluallikate ühendamise skeeme toodetud elektri ülekandmiseks töötavatele akudele. Need kasutavad erinevaid algoritme, põhinevad mikroprotsessoritehnoloogiatel ja neid nimetatakse kontrolleriteks. Päikesepatarei poolt toodetud elektrienergiat saab akupatareidele üle kanda:

- otse, lülitusseadmeid ja juhtseadmeid kasutamata;
- kontrolleri kaudu.

Esimese meetodi korral läheb allikast tulev elektrivool akudesse ja suurendab nende klemmides pinget. Alguses jõuab see teatud piirväärtuseni, olenevalt aku konstruktsioonist ja ümbritsevast temperatuurist. Laadimise algfaasis töötab vooluahel normaalselt. Kuid siis algavad äärmiselt ebasoovitavad/soovimatud protsessid: laadimisvoolu jätkuv tarnimine põhjustab pingetõusu, mis ületab lubatud väärtusi (suurusjärgus 14 V), ülelaadimine toimub elektrolüüdi temperatuuri järsu tõusuga, mis viib selle keemiseni koos destilleeritud veeauru intensiivse vabanemisega rakkudest. See võib põhjustada akude täieliku kuivamise ja sellega seoses väheneb järsult akude tööiga. Seetõttu lahendatakse laadimisvoolu piiramise probleem kontrollrite abil. Võimalus instrumentide pingeväärtust pidevalt jälgida ja käsitsi lüliteid vahetada on nii tänamatu töö, et seesugune käitlemine eksisteerib vaid teoreetiliselt.

Joonisel 2.2 on näidatud tüüpiline kontrolleri ühendusskeem.



Joonis 2.2 Tüüpiline kontrolleri ühendusskeem

Päikesepatareide laadimiskontrollerite tööalgoritm võib jagada kolmeks tüübiks:

- Sees / Väljas, kui ahel lülitab akud lihtsalt laadijasse vastavalt klemmide pingele. Väljas/Sees skeem on kõige lihtsam, kuid ebausaldusväärsem meetod. Selle peamine puudus on see, et kui aku klemmide pingetõuseb piirväärtuseni, ei lae võimsus täielikult. Sel juhul ulatub see ligikaudu 90%-ni nimiväärtusest. Akud kogevad pidevalt regulaarset energiapuudust, mis vähendab oluliselt nende eluiga;
- Pulsilaiusmodulatsiooni (PWM) skeem. PWM-kontrollerite skeemi ülesanne on juhtida toiteploki, et reguleerida pinget selle sisendis antud vahemikus, kasutades tagasisidesignaale. PWM-kontrollerid saavad lisaks: arvestada elektrolüüdi temperatuuri sisseehitatud või kauganduri abil (viimane meetod on täpsem), luua laadimispingete temperatuurikompensatsiooni, kohandada teatud tüüpi akudele (GEL, AGM, vedel

hape) erinevate pingegraafikutega samades punktides. PWM-kontrollerite funktsioonide suurenemine suurendab nende maksumust ja töökindlust;

- Maksimaalse võimsuse punkti skaneerimine.

Sellised seadmed on tähistatud ingliskeelsete tähtedega MPPT. Need töötavad ka samamoodi nagu impulsi laiuse muundurid, kuid on ülitäpsed, sest võtavad arvesse suurimat võimsust, mida päikesepaneelid suudavad pakkuda. See väärtus on alati täpselt määratletud ja dokumenteeritud. Näiteks 12 V päikeseplatade puhul on maksimaalne väljundvõimsus umbes 17,5 V. Tavaline PWM-kontroller lõpetab aku laadimise, kui pinge on saavutatud 14–14,5 V ja MPPT-tehnoloogiat kasutav kontroller kasutab lisaks ressursi päikeseplatadeid kuni 17,5 V. Akude tühjenemise sügavuse suurenemisega kasvavad (suurenevad) energiakaod allikast. MPPT-kontrollerid vähendavad neid. Sel viisil suurendavad MRPT-kontrollerid, kasutades impulsi laiuse teisendusi kõigis aku laadimistsüklites, päikeseplatade võimsust. Olenevalt erinevatest teguritest võib sääst olla 10-30%. Päikeseplatadele kontrollerit valides tuleks lisaks selle tööpõhimõtete tundmisele pöörata tähelepanu ka tingimustele, milleks see on projekteeritud. Seadmete peamised näitajad on: isendpinge väärtus, päikeseenergia koguvõimsuse väärtus ja ühendatud koormuse iseloom.

2.3 Inverterid

Inverter on seade, mis muundab päikesepaneelidelt saadava alalisvoolu vahelduvvooluks. Sõltuvalt kasutusviisist võib inverterid jagada kolme põhitüüpi:

- Autonoomsed inverterid (võrgust väljas) - inverterid, mis ei ole ühendatud välise elektrivõrguga, on mõeldud autonoomsete fotogalvaaniliste süsteemide jaoks;
- Võrgu inverterid (võrgus) - inverterid, mis töötavad sünkroonselt tsentraliseeritud toitevõrguga. Lisaks otsestele funktsioonidele võimaldavad sellised seadmed reguleerida võrgu peamisi tööparameetreid: pinge sagedus, amplituud jne. Elektrikatkestuse korral lülitub inverter automaatselt välja. Seda tüüpi inverter sobib ilma akudeta päikese-süsteemidele;
- Hübriidinverterid (hübriid) - ühendab autonoomsete ja võrku ühendatud seadmete omadused. Sellisel inverteril on suur hulk seadistusi, et optimeerida päikese-süsteemi tööd ühisest elektrivõrgust ja akude olemasolul.

Sõltuvalt väljundsignaalist on inverterid järgmised:

- Puhta sinusoidse väljundsignaaliga inverterid;
- Inverterid, mis genereerivad kvaasisinusoidaalset (modifitseeritud siinuse) väljundsignaali või ruutlainet.

Puhta siinuse lainekuju muundur võib toita mis tahes vahelduvvoolu koormust. Mittesinusoidsed ruutlaine muundurid ei sobi paljudele koormustele, näiteks asünkroonmootoritele või trafodele. Selle koormuse alla kuuluvad ka külmikud, erinevad pumbad, pesumasinad jne.

2.4 Tuulikud

Tuulegeneraator on seade, mis tuulevoogu muundades genereerib elektrilist või mehaanilist energiat selle hilisemaks kasutamiseks tarbijate poolt. Hetkel on kasutatavad kaks peamist tüüpi tuulikuid, mille disaini erinevused seisnevad tuuleenergiat püüdva elemendi pöörlemistelje suunas. Tuulegeneraatorid on:

- horisontaalse pöörlemisteljega;
- vertikaalse pöörlemisteljega.

Tuuleturbiini tööpõhimõtte on väga lihtne. Tuulevool avaldab survet tuuleratta labadele. Tuuleratta rootor on paigaldatud väikese kiirusega võllile. Tuule mõjul hakkab tuuleratas (labade ja väikese kiirusega võlliga rootor) pöörlema, muutes tuuleenergia mehaaniliseks energiaks. Madala pöörete võllilt läbi käigukasti kandub mehaaniline liikumine edasi elektrigeneraatorile. Kui generaatori rootor pöörleb, muundatakse mehaaniline energia elektrienergiaks.

2.4.1 Horisontaalvõllil paiknevate tiivikutega tuulik (HAWT)

HAWT on enamlevinud elektituulikud maailmas. Neil on tuuleratta pöörlemistelg, mille labad pöörlevad vastu tuult ja on maapinnaga paralleelsed. Selliselt töötamise versiooni nimetati tuulikuks. Horisontaalsete tuulegeneraatorite disain on tehtud selliselt, et tuuleratta esiosa keerab, tuult otsides, automaatselt. Lisaks saab muuta ka labade pöördenurka, et püüda energia kinni ka kõige väiksemast tuulest. Arvatakse, et seda tüüpi tuuleturbiinid sobivad suures koguses elektrienergia tootmiseks. Horisontaalseid tuulikuid iseloomustab kõrge kasutegur (40-50%) [20]. Seetõttu kasutatakse tuuleparkide süsteemide loomisel tavaliselt seda sorti tuulikuid.

Horisontaalse pöörlemisteljega tuuleturbiinide puhul saab tuuleratta teha erineva arvu labadega. Sõltuvalt sellest eristatakse ühe-, kahe-, kolme- ja mitme labaga modifikatsioone.

Horisontaalse pöörlemisteljega tuuleturbiinide kooste sisaldab tingimata täiendavaid konstruktsioonelemente, mis tagavad tuuleratta rootori orientatsiooni tuules, mis muudab konstruktsiooni keerulisemaks ja on seda tüüpi tuuleturbiinide puuduseks.

Horisontaalse võlli pöörlemisega tuuleturbiinide eeliseks on nende suurem kasutegur võrreldes mudelitega, mille pöörlemistelg on vertikaalne. Selle põhjuseks on asjaolu, et

rüнденurgad töörežiimides on siin väiksemad. Seetõttu on horisontaalse vööli pöörlemisega tuulikud oma kaalu ja mõõtmete poolest väiksemad, võrreldes sama võimsust tootvate vertikaaltuulikutelega.

2.4.2 Ühelabalised tuuleturbiinid



Joonis 2.3 Ühe labaga tuulegeneraator [21]

Ühe labaga tuulegeneraatorite peamine eelis on suur pöörlemiskiirus. Neil on teise laba asemel vastukaal, millel on õhu liikumise takistusele vähe mõju, mis võimaldab neid kasutada suure pöörlemiskiirusega generaatorite, sealhulgas asünkroonsete generaatorite, jaoks. Positiivseimaks omaduseks on see, et ühe labaga tuuleturbiinid võivad töötada väga nõrga tuulega.

Ühe labaga tuulik omab ka negatiivseid omadusi:

- Tänu suurele pöörlemiskiirusele on suur güroskoopiline efekt, mis tuule muutumisel aeglustab rootori pöörlemist ning tekitab lisakoormuse labale, rummule ja pöörlemissõlmele;
- Suurenenud oht paigaldise töötamise ajal, kuna suure kiirusega laba löögijõud on suurem kui madalal kiirusel töötaval tuulikul;
- Vajadus laba täpse tasakaalustamise järele.

2.4.3 Kahe labaga tuuleturbiinid

Kahe labaga tuulikud on disainilt sarnased ühe labaga tuulikutele, erinevad ainult labade arvu poolest. Võrreldes ühe labaga disainiga on neil oma eelis. Kuna siin on labade arv ühtlane, püsib tuuleratta rootor oma labade, mis tahes nurgaasendis, tasakaalus. Seetõttu puuduvad täiendavad konstruktsioonelemendid, mis tagaksid konstruktsiooni tasakaalu. Disaini lihtsustamine toob kaasa selle modifikatsiooni kulude vähenemise võrreldes ühe labaga tuuleturbiini sarnase mudeliga.

Selle konstruktsiooni puuduseks on see, et see on mürarikkam ja aldis vibratsioonile. [22]



Joonis 2.4 Kahe labaga tuulegeneraator- [21]

2.4.4 Kolme labaga tuuleturbiinid

See on tuuleratta võlli horisontaalse pöörlemisteljega tuuleturbiinide kõige levinum modifikatsioon. Selle eelised on:

- Hea tasakaal energiaväljundi, stabiilsuse ja väikese kaalu vahel;
- Väike vibratsioon;
- Vaikne.

Kolme labaga tuulegeneraatoreid toodetakse võimsusega mõnest vatist mitme megavatini. [23]



Joonis 2.5 Objektile paigaldatud kolme labaga tuulegeneraator

2.4.5 Mitme labaga tuuleturbiinid

Suure hulga labadega tuuleratta rootorid on võimelised arendama märkimisväärset pöördemomenti, mis on kahtlemata nende eelis. Sellistel tuuleratastel on aga suur inertsimoment, seega saavad need töötada vaid madalal kiirusel.

Mitme labaga tuuleturbiinide konstruktsiooniomadused ja tehnilised omadused vastavad enamasti veepumpade toiteallika nõuetele. Seetõttu kasutatakse neid tavaliselt alternatiivsete elektrienergia allikatena veepumbasüsteemides. [23]



Joonis 2.7 Mitme labaga tuuleturbiin [31]

2.4.6 Vertikaalvõllil paiknevate tiivikutega tuulik

Vertikaalsed tuuleturbiinid on vähem tõhusad kui horisontaalsed. Nende kasutegur on 3 korda väiksem kui horisontaalsetel modifikatsioonidel. Vertikaalse tuulegeneraatori labad pöörlevad risti maapinnaga igas suunas, olenemata tuule tugevusest. Seetõttu pöörleb 1/2 tuuleratta labade koguarvust alati vastutuult, mis vähendab oluliselt nende energiatõhusust. See on nende peamine puudus. Lisaks on nende puudusteks veel:

- Terade iseseisvaks pöörlemiseks puudub võimalus;
- Märkimisväärne koormus konstruktsioonelementidele;
- Terad peavad olema identsed ja vastama antud profiilile;
- Suurenenud müratase töö ajal.

Tuuleratta vertikaalse pöörlemisega tuulikutel on aga teatud eelised. Antud konstruktsiooniga tuulikuid on lihtsam paigaldada. See on tingitud asjaolust, et vertikaalse tuulerattaga konstruktsioonis on käigukast ja elektrigeneraator paigutatud maapinnale. Konstruktiivne eelis on ka see, et nad ei vaja tuulelippu. Neid iseloomustab iseseisev orientatsioon õhuvoolude suhtes.

Vertikaalsete tuuleturbiinide konstruktsioonidel on tuulerataste erinevate modifikatsioonide tõttu olulisi erinevusi.

2.4.7 Savoniuse rootor

See on üks lihtsamatest konstruktsioonidest, milles rootori labad on valmistatud silindriliste pindade kujul.

Savoniuse rootori eelised:

- võime alustada tööd madala tuulekiiruse juures
- saab kasutada ka madalamatel kõrgustel;
- alati tuule poole suunatud;
- lihtsa ehitusega;
- suhteliselt madalad tootmiskulud.

Savoniuse rootoriga tuulikutel on sama puudus kui kõigil vertikaaltuulikutel. See on tuuleenergia mittetäielik kasutamine ja sellest tulenevalt õhuvoolu muundamise madal efektiivsus. Sellist tüüpi tuulikuid kasutatakse kohtades, kus on vaja toota väikest võimsust turbiinidega, mis vajavad vähe hooldust või üldse mitte . Nt. Anemomeetrid. [24]



Joonis 2.8 Savoniuse rootoriga tuulik [25]

2.4.8 Darrieuse rootoriga tuulik

Väliselt on selline tuulegeneraator valmistatud kahe või kolme ovaalse kujuga kõverdatud labaga. Darrieuse rootoriga tuulegeneraatoreid on:

- lihtne valmistamine ja lihtne paigaldada;
- iseseisev orientatsioon õhuvoolu suunale;
- peamine veovõll asub maapinna lähedal, mis muudab selle hooldamise lihtsaks.

Sellise tuulegeneraatori peamine puudus on see, et rootor tuleb käsitsi käivitada. Seda eristab ka suur koormus tugisõlmedele, mis on põhjustatud õhuvoolude dünaamilisest mõjust. Tuuliku normaalseks tööks on vaja rangelt jälgida kindlaksmääratud tera profiili kogu selle pikkuses. Darrieuse rootoriga tuulik on töötades üsna lärmakas. [24], [26]



Joonis 2.9 Darrieuse rootoriga tuulik [25]

2.4.9 Helikoidrootoriga tuulik

Helikoidrootor on vertikaal-teljelise tuuleturbiini arendus. Viimaste labad on valmistatud helikoidse kõvera kujul, mis annab konstruktsioonile ühtlasema pöörlemise ja vähendab kandeosa koormust. Rootori labade diagonaalne painutus aitab kaasa suurele (kiirele) kiirusele. Tuulevoolu efektiivsus on horisontaalsetele seadmetele lähedane. Samal ajal põhjustab see töö ajal suurenenud müra ja tekitab helilaineid, mis paiknevad helispektri lühilainepikkuses. Helikoidrootori valmistamine on, teraprofiili keerulise konfiguratsiooni tõttu, kallis.



Joonis 2.10 Helikoidrootoriga tuulik [28]

2.4.10 Mitme labaga rootor

See on tuuleratta vertikaal-aksaalse konstruktsiooni modifikatsioon, mis tähendab, et labad on fikseeritud välimisel rõngal. Selline skeem aitab kaasa õhuvoolu, selle kokkusurumise ja kiirenduse hõivamiseks vajaliku kasuliku pindala suurenemisele, mis suurendab tuulegeneraatori kui terviku efektiivsust. [29] Lisaks on disain tundlik nõrkade tuule mõjude suhtes. Mitme labaga rootorit iseloomustab suurenenud materjalikulu, mis suurendab tuulegeneraatori kui terviku maksumust. Töötamise ajal kaasneb mitme labaga rootoriga tuuliku konstruktsiooniga kõrgendatud helitaust.

2.5 Energia salvestid

Elektrienergia akumulaatorid on energia salvestamise ja akumuleerimise kõige olulisem element. Elektrienergiasalvestite klassifikatsioon:

- elektrokeemilised, muudavad elektrienergia ainete keemiliseks energiaks;
- füüsilised energiaakumulaatorid, muudavad elektrienergia mehaaniliseks energiaks.

Igat tüüpi elektrokeemilised salvestusseadmed on võrguga ühendatud muundurite kaudu. Füüsiliste elektrienergia salvestusseadmete hulka kuuluvad peamiselt kahte tüüpi kompleksid:

- gravitatsioonilised salvestusseadmed;
- kineetilised akumulaatorid (hoorattad).

2.5.1 Pliihappe akud

Pliiakude tööpõhimõte põhineb plii ja pliidoksiidi elektrokeemilistel reaktsioonidel väävelhappe vesilahuses. Tavaliselt on selliste akude ühe elemendi nimipinge 2 V või 12 V. On hooldatavaid ja hooldusvabasid pliiakusid. Hooldatavad akud (Valve Regulated Lead Acid ehk VRLA) nõuavad perioodilist elektrolüüdi taseme ja tiheduse jälgimist ning hooldusvabad (suletud pliihappeakud ehk SLA) ei vaja täiendavat hooldust. Samuti eristatakse AGM – hooldusvabad akud, milles sulfaatelektrolüüt on seotud klaaskiuga ja geelelektrolüüdiga akud. AGM akud töötavad suurepäraselt puhverrežiimis, st. laadimisrežiimis. Selles režiimis töötavad need kuni 10-12 aastat (akud pingega 12 V) või isegi kuni 18 aastat (akud pingega 2 V).

2.5.2 Nikkel-kaadmium akud

Nende energiamahut on ligi kaks korda suurem kui Pb-akul, nad on efektiivsed madalatel temperatuuridel, samas on ka lubatavad laadimis- ja tühjendusvoolud oluliselt suuremad. Need eelised on võimaldanud nikkel-kaadmiumpatareisid laialdaselt kasutada maismaa transpordis, lennunduses ja statsionaarsetes süsteemides. Samal ajal on nikkel-kaadmiumakudel selline puudus nagu mälu efekt - nende energiamahut langeb järsult, kui tühjenemine või laadimine on puudulik ja selle taastamiseks on vaja spetsiaalseid laadimisalgoritme. Nendele puudustele vaatamata peeti nikkel-kaadmiumpatareisid Pb-le alternatiiviks elektrisõidukites, kuid nad ei suutnud Pb-d täielikult asendada, peamiselt kõrgema hinna tõttu.

2.5.3 Li-ioon akud

Akud on hooldusvabad ega vaja kogu tööperioodi jooksul erilist hooldust. Nende akude oluline omadus on nende võime suure vooluga laadida. Tänu sellele saab aku täis laadida vähem kui 2 tunniga. Liitiumioonakudel puudub mälu efekt, mistõttu saab neid igal ajal laadida. Samuti on aku täielikult hermeetiline, ilma mürgiste ja söövitavate heitmeteta, mis tahes töö- ja laadimisrežiimis. Liitiumioonakude võimsuse vähenemine nende eluea jooksul on happakude omaga võrreldes palju väiksem. Liitium-ioonakude puudused on nende kõrge hind ja väga madal jõudlus temperatuuril alla null kraadi Celsiuse järgi. Kuni viimase ajani oli küsimus seda tüüpi akude plahvatusohutuse kohta. Nüüd on see probleem

juba lahendatud, tootjad on õppinud valmistama ohutuid Li-Ion akusid ning viimastel aastatel on intsidentide arv olnud minimaalne. Samuti on selliste akude tüübil probleemiks taaskasutatavus ja keskkonna ohutus. On teada, et peaaegu kõik pliiakude komponendid on 100% taaskasutatavad, samas kui liitium-ioonakude ümbertöötlemiseks puuduvad kaubanduslikud protsessid.

Võib veel mainida superkondensaatorid ja hooratta salvestid. Neid süsteeme kasutatakse enamasti elektritranspordis käivitusvoolude salvestusseadmena. Lisaks kasutatakse neid suurtel süsteemidel, kus akud salvestavad rootori kiirendamisel kineetilist energiat, et see õigel ajal elektri kujul ära anda, tavaliselt kiirendava mootorina ja jõuvõtu vahendina. Erinevate akude elutsüklite arv ja kasutegur on näidatud tabelis 2.2.

Tabel 2.2 Erineva akutüüpi omadused [30]

Akupatarei tüüp	Tsüklite eluiga	Kasutegur
Pliiakud	250-1000	75-85%
NiCd	1500-3000	60-70%
NaS	2500-4500	89-89%
Li-ioon	500-10000	95-98%

2.5.4 Energiasalvestite funktsioonid

- võrgu koormusgraafikute ühtlustamine (elektrienergia kogunemine üleliigse (odava) energia kättesaadavuse perioodidel ja võrku tarnimine puudujäägi perioodidel);
- varustus koos stabiilsuspiiride suurendamise seadmetega;
- kriitiliste objektide katkematu toite tagamine, omavajadused;
- taastuvaid energiaallikaid kasutavate kaitiste abistamine - toitegraafiku ühtlustamine;
- energiaülekande võimaluse suurendamine;
- osalemine stabiilsuse juhtimises, pinge, sageduse ja reaktiivvõimsuse reguleerimises, mis suurendavad võrkude stabiilsust;
- koormusgraafiku ühtlustamine võrkudes, kus on oluline hajutatud toiteallikate osakaal;
 - o elektrikvaliteedi parandamine;
 - o pinge stabiilsuse säilitamine, paigaldades salvestusseadmeid nii toiteallikatele kui ka otse tarbijatele, eriti järsult muutuva koormuse korral. Toiteallikas pidevaks toiteallikaks;

- tarbijate töö toetamine sagedaste pidurdus- ja käivitusrežiimidega, eriti regeneratiivpidurdusrežiimides.

3. Eramu autonoomne elektrivarustus

3.1 Objekti kirjeldus

Eestil on ühendus Venemaaga läbi kolme 330 kV liini. Oma teise naabri, Lätiga, on ühendus loodud kahe samamahulise liiniga. 2006. aasta lõpust on Eesti ja Soome vahel ehitatud alalisvooluühendus EstLink 1 võimsusega 350 MW.

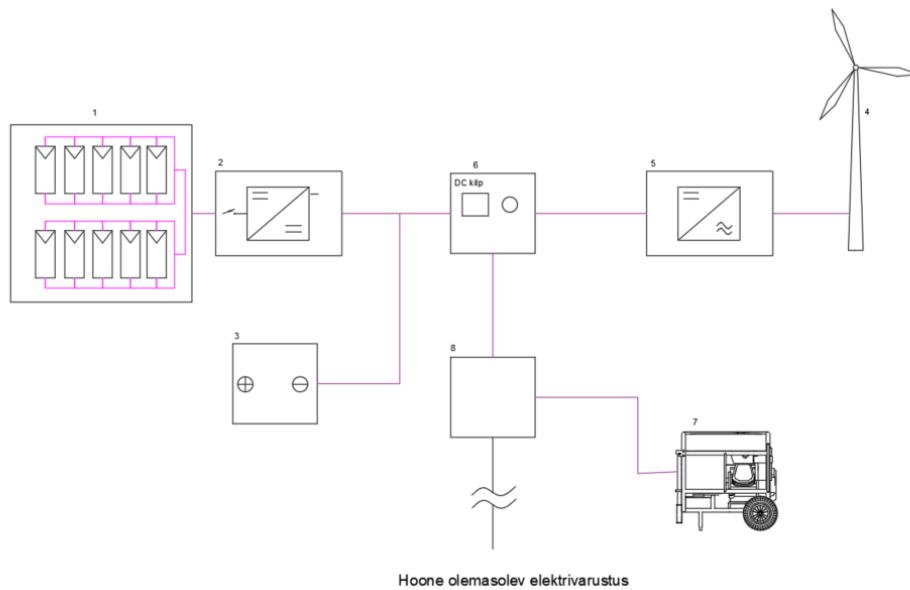
2014. aastal sai valmis ja võeti kasutusse EstLink 2 kaabel, mis võimaldas kasvatada Eesti ja Soome vahelise elektriühenduse koguvõimsuse 1000 MW-ni. Kõik see võimaldab tagada piisava võimsuse elektrituru tõhusaks toimimiseks ja elektri piiranguteta liikumiseks Balti- ja Põhjamaade vahel.

Jaotusvõrgus toimub elektrienergia vahetu toimetamine tarbijateni, ehk põhivõrgu poolt kohale toodud elektrienergia jaotamine tarbijatele. Jaotusvõrgus kasutatavad pingetasemed on palju madalamad, Eestis 0,4 kuni 35 kV. Eestis on üle 30 jaotusvõrguettevõtja, kes haldavad üle 65 500 km madal- ja keskpingeliine. Kõigil neil on kohustus tagada tarbijale kvaliteetne elektriühendus ja rikete kiire kõrvaldamine.

Vaatamata kõigele sellele on Eestis piirkondi, kus puudub jaotusvõrk. Naissaar on üks nendest vähesest kohtades Eestis, kus puudub elektrivõrk. Elektrienergia saamiseks kasutatakse kas vedelkütuse generaatoreid, päikesepaneele, tuulikud või nende kombinatsioone. Elektrivõrkude rajamine on aastate jooksul üks peamisest probleemist, mis takistab saare elu arendamist. Aastatarbimisega ca. 260 MWh oleks vaja leida liigikaudu 4-5 miljonit eurot, et saaks välja ehitada nn. targa võrgu, kus oleks kõik tootjad ja tarbijad ühenduses. Siiani lahendab iga majapidamine energiapuudumise probleemi iseseisvalt. [38]

Antud lõputööga lahendati ühe eramu autonoomse elektrivarustuse küsimus. Selle raames sai koostatud elektriprojekt, valitud komponendid ning projekt ka edukalt kasutusele võetud.

Esialgsele kinnistul oli vana ahiküttega maja, mis ei sobinud aastaringsest elamiseks. Elektri saamiseks kasutati väikest kaasaskantvat 2 kW generaatorit, mida jätkus valgustusele ja mõnele seadmele. 2018. aastal sai vastu võetud otsus vana maja lammutamiseks ja uue ehitamiseks.



Joonis 3.2 Elektrivarustuse põhimõtteline skeem

Tabel 3.1 Eluhoone elektritarbijad

Elumaja elektritarbijad					
	Nimetus	kW	Töötundide arv ööpäevas	Tarbimine täiskoormusega, kW	Tarbimine kui inimesed on ära, kW
1	PELLETIKATEL	0,25	12,00	3,00	3,00
2	HÜDROFOOR	0,8	0,50	0,40	0,40
3	VENT AGREGAAT	0,3	1,00	0,30	0,30
4	ELEKTRIBOILER	2	2,00	4,00	
5	KÜLMKAPP	0,3	24,00	7,20	
6	ELEKTRILIIT	1,7	1,00	1,70	
7	AUTOMAATIKA KONTROLLERI TRAFO	0,01	24,00	0,24	
8	AHI, MIKROLAINEAHI	0,8	0,50	0,40	
9	VALGUSTUS I JA II KORRUS	1,47	2,00	2,94	
10	VÄLIVALGUSTUS	0,03	1,00	0,03	
11	ELEKTRIPÕRANDAKÜTTED	1,05	0,04	0,04	
12	PISTIKUPESAD KÖÖGI TÖÖTASAPIND	2	1,00	2,00	
13	PISTIKUPESAD TEHN.RUUM, MAGAMISTUBA, VANNITUBA	0,5	1,00	0,50	
14	PISTIKUPESAD ELUTUBA, ESIK	0,5	3,00	1,50	
15	PISTIKUPESAD IIK VASAK POOL	0,5	1,00	0,50	
16	PISTIKUPESAD IIK PAREM POOL	0,5	1,00	0,50	
17	PISTIKUPESAD VÄLJAS	1	0,20	0,20	
18	NÕRKVOOLUSEADMED	0,1	24,00	2,40	2,40
			Kokku	27,85	6,10

Erikomponentidele olid esitatud järgmised nõuded:

Generaatorile esitatud nõuded:

- Nimivõimsus minimaalne 10 kW
- väljundfaaside arv 1;
- väljundfaasipinge 230 V;
- väljundpinge sagedus 50 Hz;
- käivitamine – elektristarteriga, automaatne;
- kontrolleri olemasolu (pinge, vool, sagedus, võimsus, kütuse nivoo) ;
- avariiline peatamine rikke korral;
- IP 65;

Päikesepaneelide minimaalsed nõuded:

- Monokristall
- Paneeli nimivõimsus vähemalt 300 W;
- Efektiivsus mitte alla 18%;
- Eluiga vähemalt 25 a. ;

Tuulikule minimaalselt esitatavaid nõuded:

- 3-labaline;
- Nimivõimsus al 2 kW;
- Peab olema komplektne koos kontrolleriiga;

Kontroller

- MPPT jälgimissüsteem;
- Laadimisvool miinimum 50A;
- Lai valik laadimispingetest;
- Kõrge efektiivsus;
- Loomulik jahutus;

Võrguinverterile esitatavaid nõuded:

- väljundfaaside arv 1;
- väljundfaasipinge 230 V;
- väljundpinge sagedus 50 Hz;
- võimsus vähemalt 8 kW;

- maksimaalne sisendpinge vähemalt 60 VDC;
- maksimaalne sisendvool vähemalt 100 A;
- aku ühendamise võimalus;
- kommunikatsiooni võimalus läbi Modbusi.

Akupangale esitatud nõuded:

- mahutavus vähemalt 5 kW/h;
- ühildatav nii võrgu- kui ka akuinverteriga;

Komponentide valimine

Kinnistu põhiline tarbimine toimub suviti, nädalavahetustel ja puhkuste ajal. Tarbimise selgitamiseks koostati tabel, kus on välja toodud seadmete eeldatav kasutamise tundide arv täiskoormusel e. juhul kui inimesed elavad majas sees ja juhul kui maja töötab autonoomselt.

3.1.1 Inverteri valik

Arvutuste tulemusena on teada, et elumaja kilbis on (On näha, et maja kilbis on arvatud) võimsus 13,8 kW. Kasutades üheaegsustegurit 0,4, saame, et korraga kasutatakse 5,5 kW. Lisades veel 0,5 kW tarbijatest, mis asuvad saunas ja kuuris, saame, et inverteri võimsus peab olema rohkem kui 6 kW. Antud projektis sai valitud inverter Quattro Inverter 48/8000. Millel on sisendpinge kuni 48 V ja nimivõimsus 8 kW. 2 kW võimsuse varu peab jätkuma nt. külmiku kompressori mootori käivitamiseks



Joonis 3.3 Inverter Quattro Inverter 48/8000. Lisa 1, joonis 70.

Antud tootja sai valitud lähtudes selle töökindlusest, samuti on sellel tootjal pakkuda erinevaid lisavarustusi. Akude laadimise seisuga kontrollimiseks oli lisatud projektile akude monitor BMV-700. Kontrollerisse info edastamiseks ja juhtimiseks oli lisatud ColorControl GX.



Joonis 3.4 BMV-700 ja ColorControl GX. Lisa 1, joonis 70.

Generaatori valik

Lähtudes tarbimisest ja reeglist, et generaator valitakse 20-30% varuga, oli valitud ühefaasiline diisel-generaator Fogo FDG 12,1 MS 230 V nimivõimsusega 12 kW.

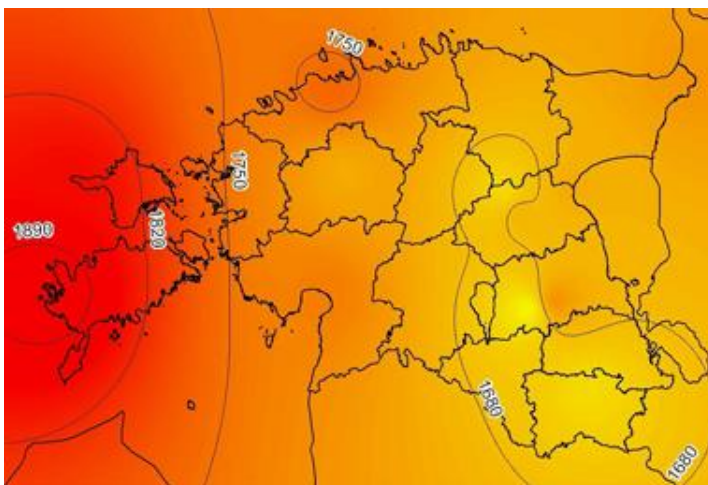


Joonis 3.5 Fogo FDG 12,1 MS 230V. Lisa 1, joonis 45.

Antud diiselgeneraator vastas kõikidele tingimustele. Kuid 140 liitrit oli ilmselgelt vähe ja lisaks sissehitatud paagile oli pandud juurde lisamahuti, kuhu mahub 750 liitrit kütust. See võimaldab 50% koormuse juures tagada umbes 13 päeva jagu elektrivarustust.

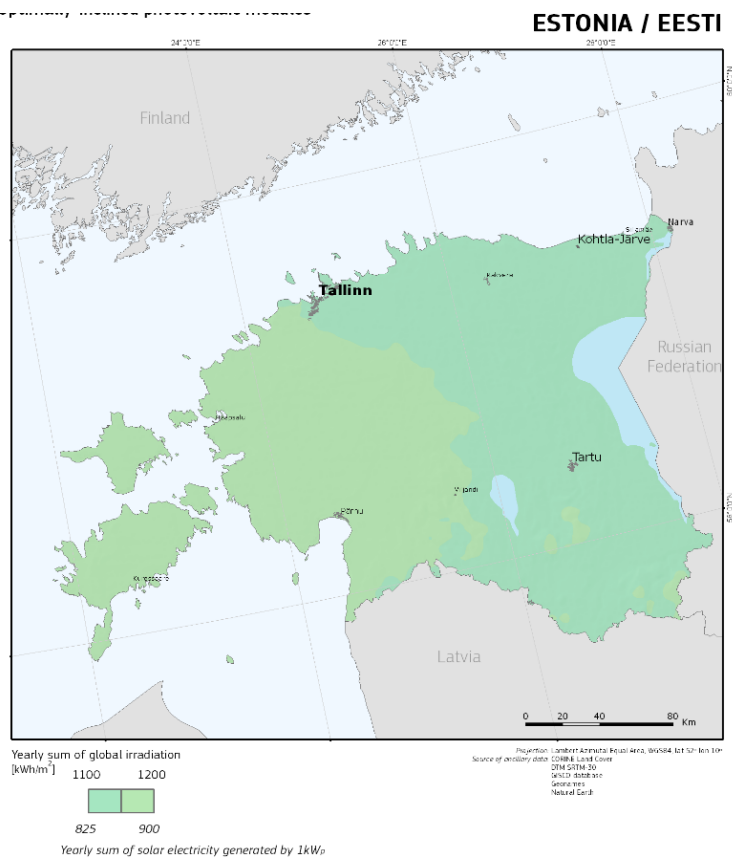
3.1.2 PV valik

Eestis, tänu oma geograafilisele asukohale, on üle poole aasta pilvised ehk päikesevabad päevad. Jooniselt 3.6 on näha, et kinnistu asukohas on aastas keskmiselt 1750 päikesepaistelist tundi.



Joonis 3.6 Aasta keskmine päikesepaiste kestus (h) Eestis. [32]

Päikese otsene kiirgus jääb vahemikku 900-1100 kWh/m². Seda on vähem kui Lõuna-Euroopas, nt. Saksamaal (ca 1200kWh/m²), kuid kui vaadata aasta keskmist näitu, siis tänu pikkadele päevadele, on päikeseenergia kogus suhteliselt sarnane.



Joonis 3.7 Päike otsene kiirgus aastas kWh/m² [33]

Selleks, et arvutada kui palju saab energiat, kasutame valemit

$$\eta_{max} = R_{\Sigma} * S * \eta * N \quad (3.1)$$

kus

R_{Σ} – Päikese otsese kiirguse maht, kWh/m² ;

S – Päikesepaneeli pindala, m² ;

η – PV kasutegur;

N – PV arv, tk;

või

$$\eta_{max} = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{I_s * A_c} * N \quad (3.2)$$

kus

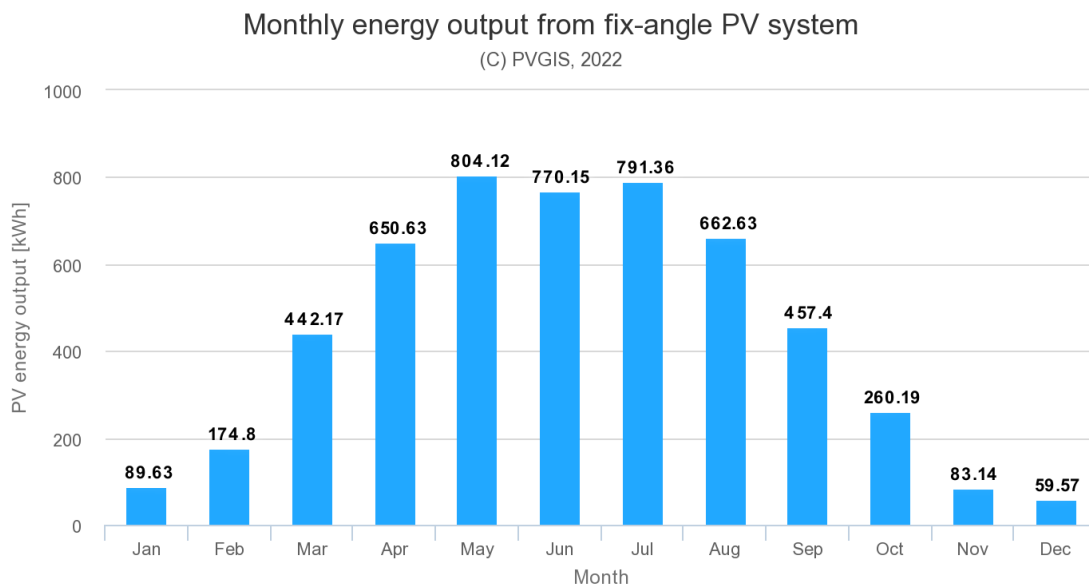
V_{mp} – pinge maksimaalse võimsuse punktil;

I_{mp} - vool maksimaalse võimsuse punktil;

I_s - Päikese osese kiirguse maht, kWh/m²;

A_c – PV pindala;

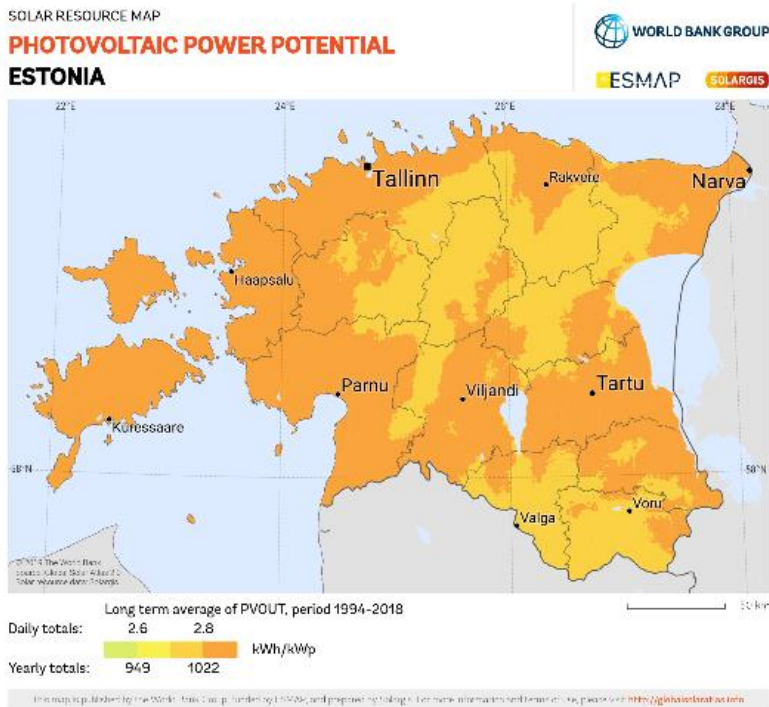
Nüüd leiame PV arvu ja pindala. Lähteülesandes oli nõue, et paneeli võimsus ei tohi olla alla 300W. Selle projekti jaoks sai valitud paneelid Q.PEAK BLKG5 330W. Nende mõõdud on 1685*1000 mm ja tootlikus aastas oleks, kasutades PVGIS arvused [39], ligikaudu 301932 kWh, joonis 3.8.



Joonis 3.8 Fikseeritud nurgaga PV tootlikus vastavalt PVGIS [39]

Otsustati, et esialgselt planeeritud päikesepaneelid paigaldatakse maja ja kuuri katusele. Ilmnes, et maja katus mahutab 15 ja kuuri katus 9 päikesepaneeli. Paneelide koguvõimsus on 7,9 kW (330 W nimivõimsus ja 24 tk). Antud number kehtib ainult ideaalsete ilmastikutingimuste korral. Kasutades valemit saame kehvema tulemuse. Kasutades tootepassi andmeid, saame arvutada, kui palju energiat on teoreetiliselt võimalik saada. Esimene valem annab meile sellise tulemuse nagu 7526 kW, kasutades teist saame tulemuseks 4949 kW.

Olemas on ka lihtne, universaalne meetod päikesepaneelide võimsuse arvutamiseks. Seda meetodid saab kasutada juhul, kui on teada ainult igakuine keskmine tarbimine. Selleks võtame kuu tarbimise ja jagame saadud tulemuse päikeseliste päevade arvuga. Kadude katmiseks tuleb korrutada saadud tulemus kahega.



Joonis 3.9 Fotogalvaanilise võimsuse potentsiaal tundides [34]

Joonis 3.9 näitab, et Eestis on aasta jooksul keskmiselt 2,8 tundi päikest päevas. Suvel, kui meil on põhitarbimine, võime aga arvestada 7 päikeselise tunniga päevas. Teeme arvutused kasutades mõlemaid näitajaid. Arvutus näitab, et suvel, 100% vajaduste katmiseks, on vaja paigaldada päekesepaneelid võimsusega 7,9 kW. Samas kui võtame arvesse terve aasta näidu, siis vajaliku energia saamiseks päikesepaneelide kogus peaaegu kahekordistub ja moodustab 14 kW.

3.1.3 PV kontrolleri valik

PV kontrolleriiks oli valitud inverteriga sama tootja toode Victron MPPT 250/60Tr. Tema eelised on

- Ülikiire tippvõimsuse jälgimine (MPPT) ;
- Kõrge muundamise efektiivsus;
- Loomulik konvektsioonjahutus;
- Aku pinge automaatne tuvastamine;
- Ülekuumenemiskaitse ja võimsuse vähendamine kõrge temperatuuri tingimustes;

3.1.4 Akude valik

Akude valikul selles projektis võrreldi liitiumioonakusid ja VLRA akusid. Liitiumioonakul on kindlasti parem jõudlus kui pliiakul. Samuti on pliiakudel selged eelised, kuna puudusid

kaalu või lubatud laadimisvoolu piirangud. Viimaseks põhjuseks oli see, et VLRA akudel on madalam hind.

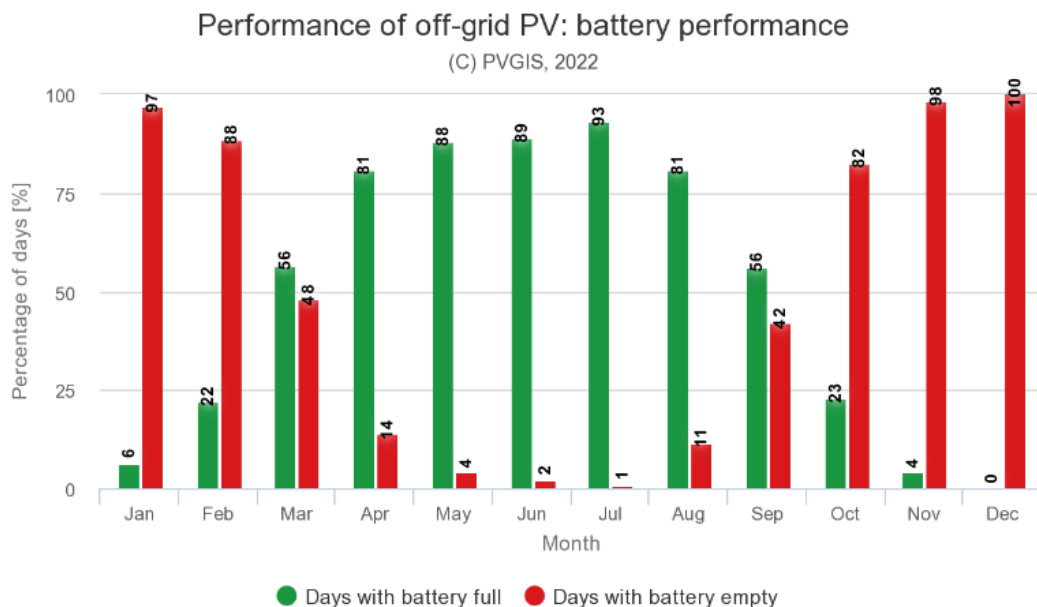
Selle tulemusena olid lõplikud valikukriteeriumid:

- Madalam ostuhind. Hind on umbes veerand liitiumiooni analoogi omahinnast;
- Taaskasutatav;
- Ohutus. Pliiakute keemia on oma olemuselt ohutum kui liitiumioonaku oma;
- Süsiniku jalajälg. Pliiakude tootmisel on väiksem süsiniku jalajälg kui liitiumioonakude tootmisel;

Akude maht oli valitud vastavalt laadimisvoolule. Kontrollerite laadimisvool on 60 A. Normaalingimustes ei tohi akud tühjeneda rohkem kui 60%-ni. Arvestades, et suvel on ca 7 tundi päikesevalgust, kui päikesepaneelid genereerivad elektrit, sai valitud 2 V 8 RES OPzV 1245 Ah, et süsteem võimaldaks laadida täismahus. Ühendades akusid järjest on saadud väljundpinge 48 V. Pinge 48 V valiku eelduseks olid:

- Tuuliku laadimispinge on 48 V;
- Inverterite laadimispinged on samuti 48 V;
- Maja katusele paigaldatud päikesepaneelid ja tuulik asuvad umbes 30 meetri kaugusel. Pingelangu kompenseerimiseks oli valitud 48 V pinge;

PVGIS arvutused näitasid, et ainult päikesepaneelid suudavad toota piisavalt palju energiat, et akud oleksid enamuse ajast laetud.



Joonis 3.10 Projekteeritud PV süsteemi jõudlud akkude laadimiseks [39]

3.1.5 Tuuliku valik

Tuuliku valik osutus kõige keerulisemaks. Esiteks erinevad uurimistööd [37] väikeste tuulikute kohta on näidanud, et väikeste tuulikute tasuvusaeg on niivõrd pikk ja tootlikus nii väike, et tihti ei ole neid otstarbekas püstitada. See on üks põhjustest, miks Eestis neid vähe kasutatakse. Teiseks põhjuseks võib märkida, et väiksed tuulikud võimsusega kuni 50 kW, pannakse madalatele mastidele, kus tuule kiirused on väikesed. Kuid arvestades, et lähiaastate jooksul teist alternatiivi tsentraalse jaotusvõrgu näol Naissaarele ei tule, langetati otsus tuuliku paigaldamise kasuks. Samuti oli tellijal arusaamine, et ainult päikesepaneelidest tuleva elektriga koguvaramustamist lahendada ei õnnestu. Tuuliku labade arv oli valitud lähtudes sellest, et vähendatud takistuse tõttu on üks laba optimaalne kogus energia tagastamiseks. Üksik laba võib aga viia tasakaalustamata turbiinini, mis on turbiini stabiilsuse seisukohalt ebapraktiline valik.

Samamoodi annavad kaks laba väljundvõimsust rohkem kui kolm, kuid neil on omad probleemid. Kahe labaga tuuleturbiinidel esineb suur võnkumine. Antud võnkumine tekitab täiendavaid probleeme turbiini kui terviku stabiilsusega ja samuti avaldab see pinget turbiini komponentidele, põhjustades aja jooksul nende kulumist ja efektiivsuse vähenemist.

Mis tahes labade arv, mis on suurem kui kolm, tekitab suurema tuuletakistuse, aeglustab elektritootmist ja on seega vähem efektiivne kui kolme labaga turbiin.

Nendel põhjustel on kolme labaga turbiinid ideaalne kompromiss suure energiaväljundi ning turbiini enda suurema stabiilsuse ja vastupidavuse vahel.

Naissaare tuulekiiruse keskmine väärtus on 5 m/s [36]. Kui vaadata lähimat saart, kus asub meteoroloogiline ilmajaam ja on tehtud tuulekiiruste mõõtmised kõrgusel 10 m, milleks on Pakri saar, näeme, et tuulekiirus varieerub 2-7 m vahel. [36]

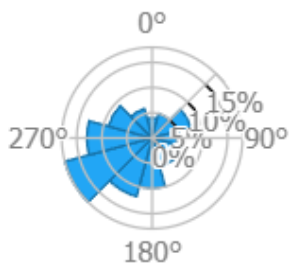


Joonis 3.11 Aasta keskmine tuule kiirus (m/s) Eestis [32]

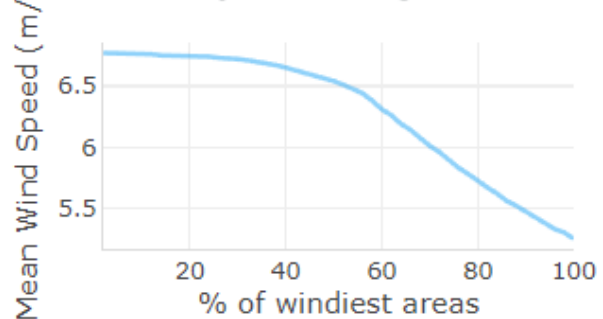
Kasutame Global Wind Atlasi [42] andmeid, et vaadata tuule suunda, kekmit kiirust ja missugune võib olla tuuliku võimsusköver. Graafik kujutab väljundvõimsuse ja rummu kõrguse tuule kiiruse vahelist seost.

Wind Frequency Rose

1/3 | next



Mean Wind Speed @Height 10m



Joonis 3.12 Naissaare tuulide suund ja kiirus [40]

Nagu joonistest on näha, siis tuule suund on väga sobilik antud kinnistu jaoks, tuulekiirus on 5 ja 6 m/s. See võimaldab arvestada, et tuuliku tootlikus võib olla 400-900 Wh.

Võttes väärtuse 5 m/s sai arvatatud tuule võimsus[20]

$$P = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 = 0,5 * 1,123 * 12,56 * 5^3 = 881,6 W \quad (3.3)$$

Kus

P – tuuleenergia võimsus, W;

ρ – õhu tihedus, 1,123 kg/m³ ;

A – labade pindala, m²;

V – tuule kiirus, m/s;

Turbiini koguefektiivsuse leiab järgmiselt [27]:

$$\mu = (1 - k_m) \times (1 - k_e) \times (1 - k_{e,t}) \times (1 - k_t) \times (1 - k_w) \times C_{Ik} \quad (3.5)$$

kus:

C_{Ik} on turbiini kasutegur. See peab olema väiksem kui Betzi limiit (59,3%) ja jääb tavaliselt 30–40% vahele;

k_w kas naaberturbiinidest või maastiku topograafiast tingitud äratuskaod, tavaliselt 3–10%;

k_m on labade ja käigukasti mehaanilised kaod, tavaliselt 0-0,3%;

k_e on turbiini elektrikaod, tavaliselt 1-1,5%;

$k_{e,t}$ on elektrikaod võrku edastamisel, tavaliselt 3–10%;

k_t on rikke või hoolduse tõttu tööst väljasoleku aja protsent, tavaliselt 2-3%;

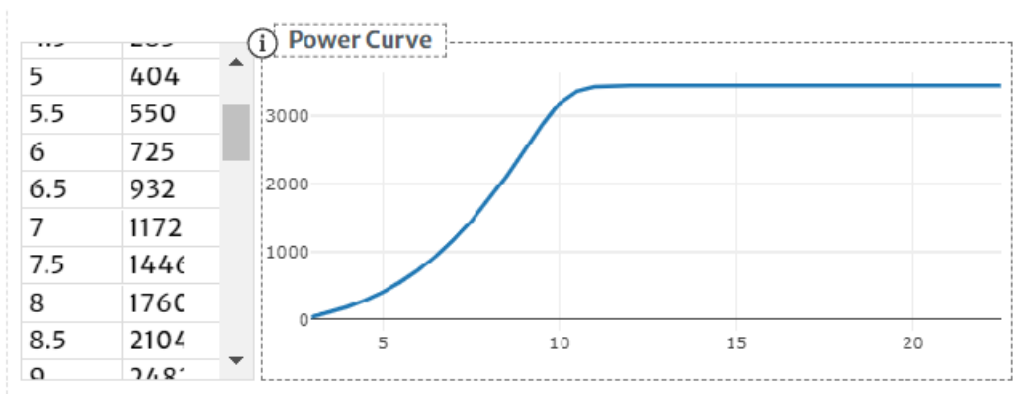
μ on tegelik efektiivsus;

Tuuleturbiini võimsuse leidmiseks tuleb korrutada kasutegur saadaoleva tuuleenergiaga:

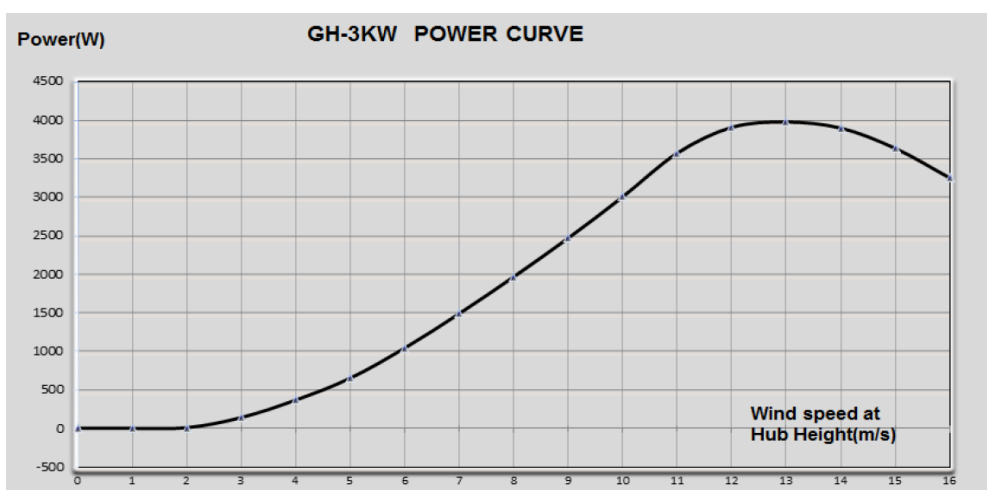
$$P_{\text{väljund}} = \mu \times P_{\text{tuul}} = 881 \times 0,36 = 317 \text{ W} \quad (3.1.5.2)$$

Antud number näitab kui palju teoreetiliselt on võimalik saada energiat pideva ja ühtlase tuule puhul.

Kinnistu asub merekaldal ja omab otsevaadet merele, mis soodustab tuuliku paigaldamist. Monitoorides turgu sai tehtud otsus tellida tuulik Hiinast. Sellega saavutati parim suhe hinna ja võimsuse vahel. Valituks osutus GREEF GH-3 kW hooldusvaba, käiguvaba tuulik. Tuuliku püstitamiseks osteti kasutatud 10 m valgustusmast. Selle tuuliku eeldatav tootlikuse graafik on näidatud Joonisel 3.13. Valitud tuuliku passislt võetud tootlikuse graafik on näidatud Joonisel 3.14.



Joonis 9 Eeldatav tuuliku tootlikus vastavalt Global Wind Atlasele [40]



Joonis 104 Valitud tuuliku GREEF GH-3 tootlikuse graafik

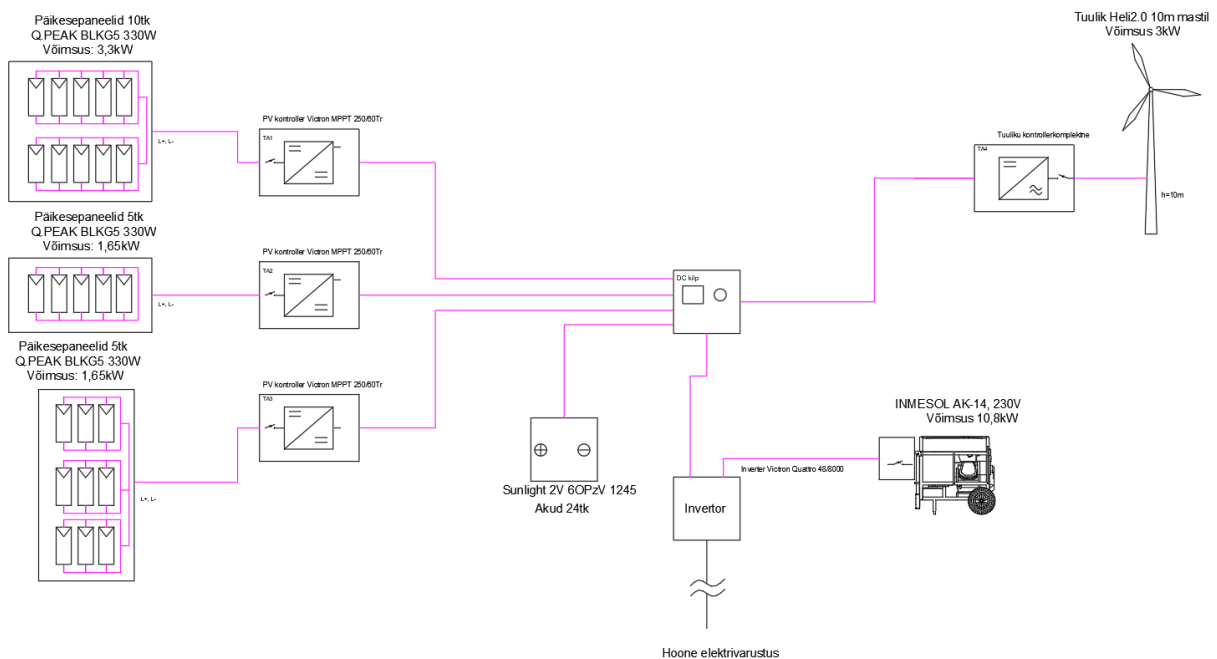
Kuigi tuulikust väljub kolmefaasiline pinge, kasutasime kontrolleriit, mis moodustas vahelduvvoolu pidevoolule. See andis kindlustunde, et pinge muutus ja voolu kvaliteet ei mõjuta elektripaigaldisi.

Autonoomse elektrivarustuse osade nimetused ja kogused on toodud Tabelis 3.2.

Tabel 3.2 Autonoomse elektrivarustuse süsteemi komponendid

Nimetus	Mark	Kogus	Ostetud riigist
Generaator	Fogo FDG 12,1 MS 230V	1	Poola
Inverter	Quattro Inverter 48/8000	1	Eesti
Kontroller	Victron MPPT 250/60Tr	3	Eesti
Akud	2V 8 RES OPzV 1245 Ah	24	Eesti
PV	Q.PEAK BLKG5 330W	24	Eesti
Tuulik koos kontrolleriiga	GREEF GH-3kW	1	Hiina
Tuuliku mast		1	Eesti

Lõplik elektrivarustuse põhimõtteline skeem on toodus joonisel 3.15



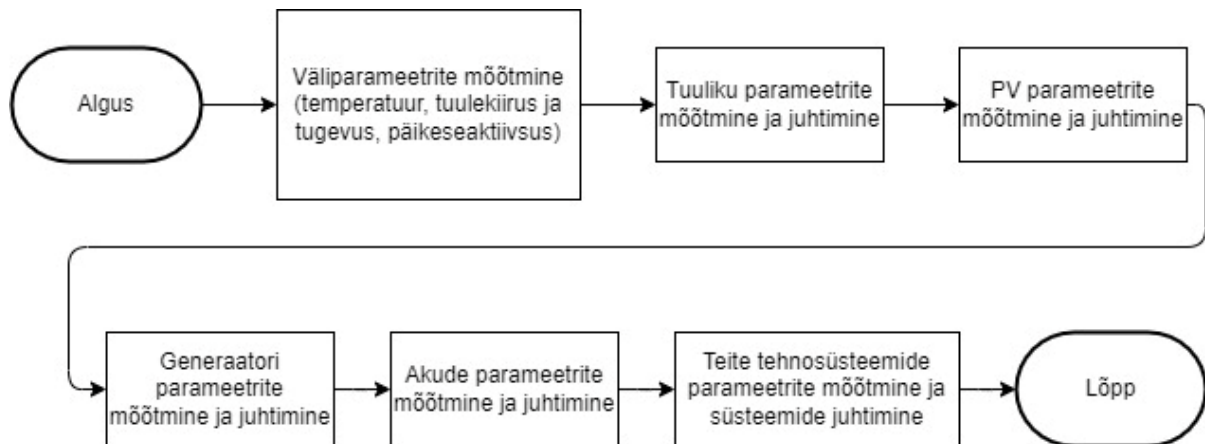
Joonis 11 Autonoomse elektrivarustuse põhimõtteline skeem

Antud toiteskeemil on olemas miinused nt. suur pingelangus, kuid see on tingitud Tellija soovist koondada akud, kontrolleriid ja inverter ühte kohta, mis oleks elumajast eemal.

3.1.6 Automaatika lähteülesande koostamine

Automaatikaprojekt telliti kolmandalt ettevõttelt ja selleks koostati lisaks elektriprojektile ka automaatika esmane tööülesanne. Kuna rajatis asub saarel ja sellele ei ole kiiret

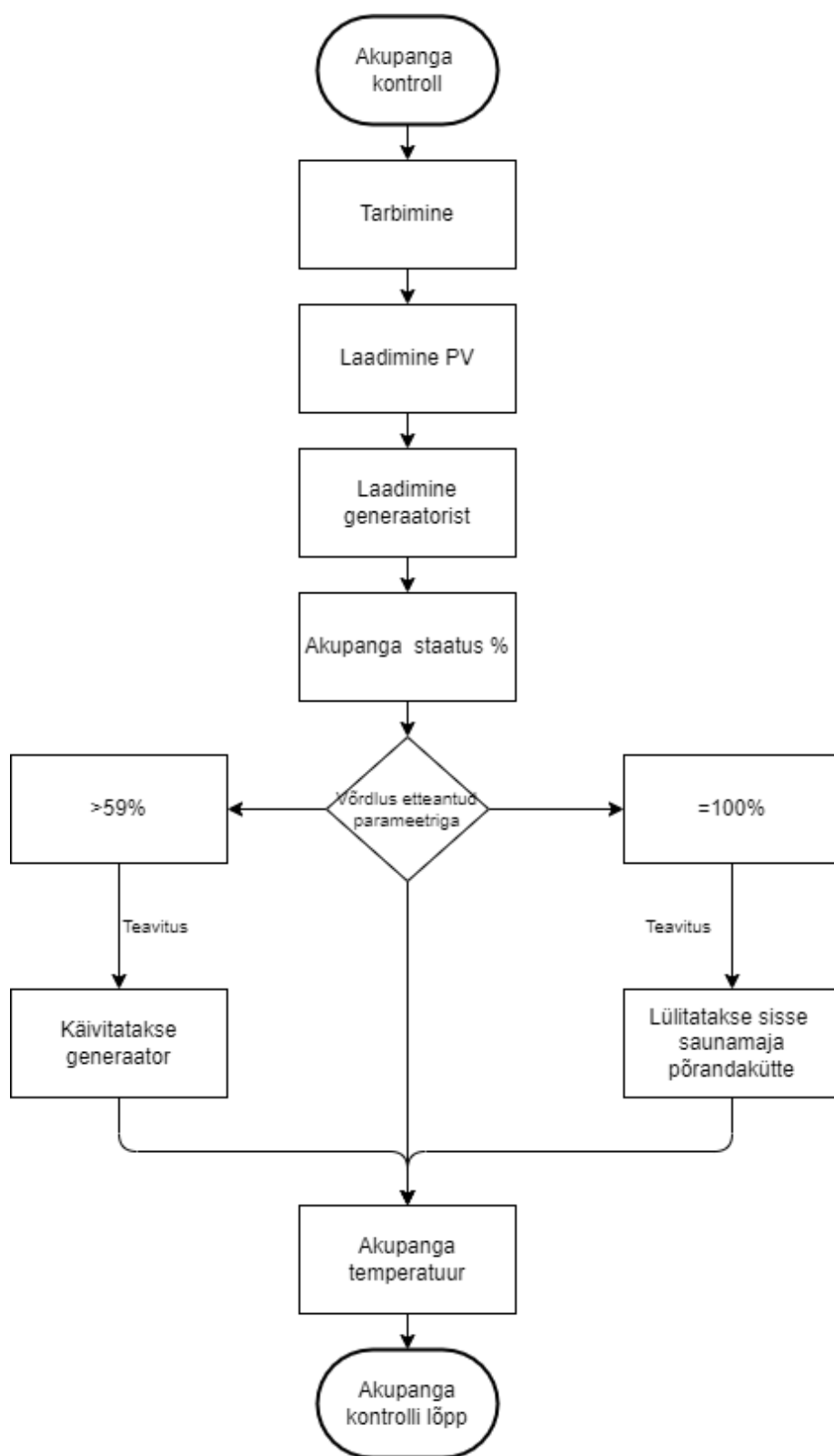
ööpäevaringset ligipääsu, siis pöörati palju tähelepanu jälgimisele ja tagasisidele. Joonisel 12.16 on kujutatud põhialgoritmi skeem.



Joonis 13.16 Põhialgoritmi plokk skeem

Kuna diiseldiiselaator ja akud on selle toitesüsteemi põhielemendid, on nende jälgimine ja juhtimine esmatähtis.

Valitud generaator on väga töökindel ja omab ülekoormuskaitset ja rikkejälgimist. Omandada tuli oskus, kuidas juhtida põhi- ja lisapaagi kütust, edastada tõrkeid ning generaatorit automaatselt ja käsitsi juhtida. Generaatori juhtimise plokk skeem näidatud joonisel 3.17.



Joonis 15 Akude juhtimise plokk skeem

Samuti oli koostatud ja edastatud lähteülesandeid ka teiste tehnosüsteemide kohta.

Sellisel kujul töötas süsteem ühe aasta. Eksploatatsiooni käigus selgus, et päikesepaneelide arvust ei piisa. Laadimisvool oli madal ja akud ei jõudnud laadida. Eestisse jõudis ka Hiinast tellitud tuulik. Lähtudes sellest ja projektist paigaldati puuduvad üheksa päikesepaneeli, valmistati ette tuuliku masti koht ja paigaldati tuulik.



Joonis 19 Kuuri katusel paigaldatud päikesepaneelid

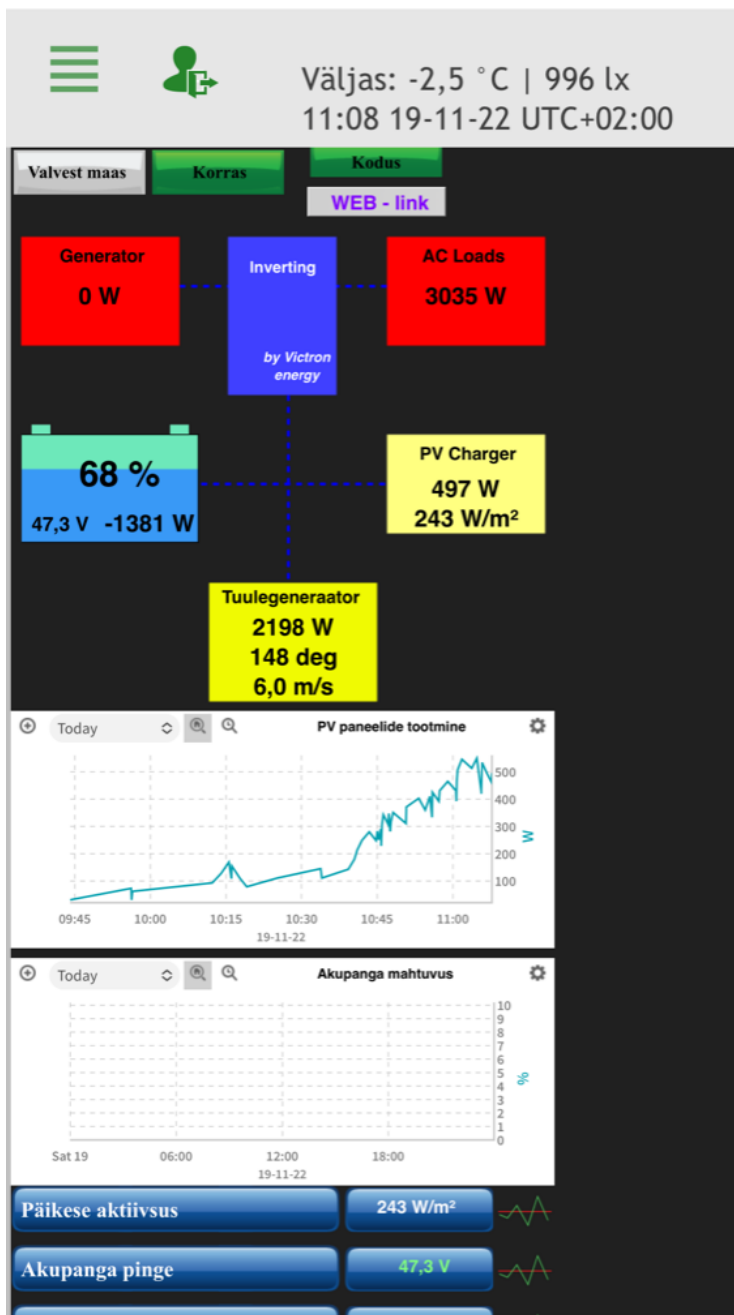


Joonis 3.23 Objektile paigaldatud tuulik

Paigaldati lisakontrollerid. Sai instaleeritud ja testitud automaatikasüsteem.



Joonis 3.24 Kontrollerid koos inverteriga



Joonis 3.25 Energiatootmissüsteemi ülevaade

Juba kaheaastane kasutuskogemus näitab, et süsteem on töökindel.

Generaatori kasutamine vähenes ca. 10 korda, 500 liitrist kütusest esimesel aastal kui süsteem oli osaliselt väljaehitatud kuni 50 liitri kütuseni, kui paigaldati tuulik ja puuduvad päikesepaneelid.

3.1.8 Tasuvuse arvutus

Ülaltoodud andmete põhjal saame arvutada selle autonoomse elektrivarustuse lahenduse tasuvuse. Vaatame, kuidas muutus elektri hind viimase 4 aasta jooksul

Tabel 3.3 MWh hind vastavalt Nord Pool AS [16]

Aasta	2019	2020	2021	2022
Keskmine hind Nord Pool AS, €/MWh	45,9	33,7	86,7	182,9

Näeme, et nelja aasta keskmine hind on liigikaudu 87 EUR/MWh. Võtame aluseks 2021. aasta elektri hinna, mis moodustas 867 EUR MWh või 0,0867 senti kWh. Autonoomse elektrivarustuse süsteemi maksumus on toodud Tabelis 3.4.

Tabel 3.4 Kasutatud komponentide koguhind

Nimetus	Hind, eur
Generaator	4 000 €
Invertor	2 320 €
Kontroller	3 840 €
Akud	3 324 €
PV	4 800 €
Tuulik koos kontrolleriga	5 700 €
Tuuliku mast	800 €
Kaablid	3 000 €
Paigaldus+häälestus	12 000
	40 620 €

Jagame süsteemi maksumuse energia hinnaga ja saame, et tasuvusaeg saabub kui toodame 468 393 kWh elektrienergiat. Kontrollerilt saadud etteantud andmete põhjal on tarbitud elektri kogus 4099,8 kWh. Kui jagame tagasimaksmiseks vajaliku kilovattide arvu juba tarbituga, saame selle täistasuvuseks, ligikaudu 228 aastat.

$$\frac{\text{süsteemi kogumaksmus}}{\text{aasta keskmine } 1kW \text{ hind}} = \frac{40620}{0,87} = 468393kW$$

$$\frac{kW \text{ vajadus süsteemi tasuvuseni}}{\text{aasta keskmine } 1kW \text{ hind}} = \frac{468393}{2049,9} = 228 a.$$

Reklaamidest on jäänud kõlama, et autonoomsete toitesüsteemide keskmine tasuvusaeg on 20–25 aastat. Võtame maksimaalse tähtaja ja arvutame, mis hinnaga ühe megavati täistasu tuleb.

Tabel 3.5 Tasuvus hind arvestades ainult Nord Pool AS hinda

Aasta	2019	2020	2021	2022	
Keskmine hind Nord Spool AS, EUR/MWh	45,9	33,7	86,7	182,9	800,0
Tasuvusaeg, aasta	432	588	228	108	25

Arvutused näitavad, et selle süsteemi tasuvus ei tule niipea. See on teoreetiline arvutus, mis arvestab ainult energia hindu Nord Poolis. Kui minna konkreetsemaks, mõjutavad tasuvust ka teised faktorid.

Lõpphinnale lisanduvad ka hoolduskulud, ligikaudu 50 eurot aastas. Vajalikud hooldustööd teostab omanik ise.

Samuti on vaja arvestada diislikütuse ostmise kuludega. Omaniku sõnul kulus esimesel aastal vaid elumajale paigaldatud 12 paneelile diislikütust umbes 500 liitrit aastas. Teisel aastal kulus 50 liitrit. See säästab juba 900 eurot aastas.

Saadud andmete põhjal oli kogutarbimine 4099,8 kW vt. joonis 3.27, millest generaator tootis 2878 kW vt. Joonis 3.26.



Joonis 3.26 Diislegeneraatoriga toodetud energia maht



Joonis 3.27 Kokku tarbitud elektrienergia

Võttes aluseks 2021. aasta hinna, saame, et tuulik ja paneelid andsid 1221 kW energiat. Selle maksumus on 1062,97 eurot. Arvestades diislikütuse kokkuhoidu ning paneelide ja tuulikute poolt toodetud energia maksumust, on kokkuhoid 1430 eurot aastas. Siis on tasuvus võrdne 28 aastaga. Tarbimise kasvuga väheneb tasuvusaeg.

$$\frac{40620}{1430} = 28 \text{ aastat}$$

Nüüd teeme arvutused, kui palju oleks elektriarved, kui oleks jaotusvõrkudega liitumise võimalus ja kui kiiresti kuluks selle süsteemi maksumusele sarnane summa. Nendeks arvutusteks võtame andmed Elektrilevi lehelt [35]

Liitumine jaotusvõrguga maksab 198 EUR/ampri kohta.

$$198 * 25 = 4950 \text{ EUR}$$

Võrguühenduse kuutasu on 4,55 EUR/ampri kohta

$$4,55 * 25 = 113,75 \text{ EUR}$$

Kuna ei ole teada ööise ja päevase elektritarbimise koguste vahet, arvestame, et Võrk 1 tariifiga ehk 7,51 sent/kWh. Kokku kahe aasta jooksul on tarbitud 4099,8 kWh, siis Aastatarbimine on 2049,9 kWh.

$$2049,9 * 7,51 = 153,9 \text{ EUR}$$

Kasutades 2021 aasta kWh hindu, siisaasta elektrienergia maksab

$$2049,9 * 0,87 = 1783,4 \text{ EUR}$$

Nüüd võib arvutada

$$\frac{40620 - 4950}{153,9 + 1783,4} = \frac{35670}{1937,3} = 18,4 \text{ aastat}$$

Arvutused näitavad, et vahe on ca. kümme aastat.

Reaalses elus selle tarbimise juures tasaarveldust ei ole võimalik saavutada. Väike tarbimine ja liigse toodetud elektrienergia müümise võimaluse puudumine ei luba prognoosida kiiret tasaarveldust. Samuti tuleb arvestada iga 6-8 aasta tagant akude vahetamisega.

4. Kokkuvõte

Taastuvenergia tehnoloogiline areng ja riigi tasandil selle arendamiseks võetud kohustused muudavad taastuvenergia väga oluliseks. Selle osa lõpptarbimises kasvab pidevalt. Käesoleva töö raames anti lisaks põhiülesandele ülevaade taastuvenergiast Eestis. Toodi välja taastuvenergia tootmise ja kasutamise näitajad ning näidati suundi, kuhu see Eestis liigub.

Teises peatükis kirjeldatakse taastuvenergia komponente, mida saab kasutada väikestes majapidamistes. Tuuleturbiinid, päikesepaneelid, energiasalvestid. Lisaks tutvustatakse erinevate tehnoloogiliste lahenduste plusse ja miinuseid.

Selle töö põhieesmärki kirjeldatakse kolmandas peatükis. Töö põhiülesandeks oli Naissaarele rajatava eramu elektrivarustuse projekti lahendamine, autonoomse elektrivarustuse lahenduste väljapakumine ja projekteerimine. Objekti eripära on see, et seda kasutatakse enamasti suveajal (suvepäevadel) ja harva muudel aastaegadel. Ka volutarve oli erirežiimides erinev. Töö toimus kolmes etapis.

Esimeses etapis koguti kokku lähteülesanded. Koostatud sai elektrivarustuse projekt, selgitatud välja eeldatavad elektri tarbimised. Teine etapp oli jagatud kaheks etapiks - autonoomsete elektrivarustuse projekti koostamine ja komponentide valik. Esialgu eeldati, et peamiseks energiaallikaks saab olla diisलगeneraator koos teiste komponentidega, mis sellele kaasa aitavad. Projekti koostamisel, võttes arvesse objekti asukohta ja tellija soove, otsustati nihutada põhifookus taastuvenergiale, et säilitada maksimaalne vaikus ja vähendada CO₂ eraldumist. Selle jaoks lisati krundile päikesepaneelid ja väike tuulegeneraator. Töös on toodud välja, milliseid meetmeid ja rakendusi saab kasutada päikese ja tuuleenergia planeerimisel. Vastavalt kontrolleri laadimisvooludele ja päevasele tarbimisele valiti VLRA akud. Lisaks projektile koostati põhiülesanne automatiseerimiseks.

Peamiseks piiranguks seadmete valikul ja ostmisel olid rahalised piirangud. Seadmete valik kestis umbes 4 kuud. Seetõttu osteti generaator otse Poola tootjalt. Kuna põhitarbimine toimub suvel, siis otsustati soetada päikesekontrollerid, inverter ja päikesepaneelid kohalikul müüjal. See tagab, et eseme purunemisel on võimalus saada varuosi või vahetada uue vastu. Samuti oli oluline saada vajadusel kiiret tugiteenust.

Kolmas etapp koosnes ehitamisest. Ehitus kestis 2 aastat. Samas oli näha, kui hästi oli seadmed valitud, mis soetati kahes osas. Esimesel aastal osteti diisलगeneraator koos tarvikutega ja suurem osa päikesepaneelidest. Järgmisel aastal osteti puuduvad päikesepaneelid ja paigaldati tuulik. Jälgides elektrienergia tootmist sai selgeks, et algselt suvel paigaldatud paneelide arv ei võimaldanud akusid 100% täis laadida. Samad probleemid olid ka perioodil novembrist märtsini. Sel perioodil oli vaja kasutada

diiseldiisliinid. Peale tuuliku ja lisapaneelide paigaldamist on diislikütuse kokkuhoid ca. 10 korda.

Lõpuks viidi erinevate hindade jaoks läbi majandusliku tasuvusearvutused. Arvutused näitasid, et praeguse elektritarbimise juures ning esialgseid investeeringuid ja tegevuskulusid arvesse võttes, ulatub tasuvus ca. 30 aastaks. Kui lisada siia akude vahetus, siis selgub, et tasuvus ei pruugi olla saavutatud.

Tänaseks süsteem toimib juba 2,5 aasta. Võib öelda, et projektijärgsed eesmärgid on saavutatud. Kütusekulu on minimeeritud ja põhielektrienergia saavutamise viis on päikesepaneelid ja tuulik. Elektrienergia tarbimise suurendamisel tuleb ka muuta paigaldatud komponente.

Summary

The technological development of renewable energy and the commitments made for its development at the state level make renewable energy very important. Its share in final consumption is constantly growing. Within the scope of this thesis, in addition to the main task, an overview of renewable energy in Estonia was given. Indicators of the production and use of renewable energy were introduced and the directions shown in which it is moving in Estonia.

The second chapter describes the components of renewable energy that can be used in smaller households. Wind turbines, solar panels, energy storage. In addition, the pros and cons of various technological solutions are introduced.

The main objective of this work is described in the third chapter. The main task of the work was solving the electrical supply project for a private house to be built on island Naissaar and proposing and designing autonomous electrical supply solutions. The peculiarity of the object is that it is mostly used in summer time (summer days) and rarely in other seasons. Power consumption was also different in special modes. The work took place in three stages.

In the first stage, initial tasks were collected. The electricity supply project was made and the expected electricity consumption was determined. The second stage was divided into two stages - preparation of the autonomous electrical supply project and selection of components. Initially, it was assumed that the main source of energy could be a diesel generator with other components that contribute to it. When preparing the project, taking into account the site's location and the client's wishes, it was decided to shift the main focus to renewable energy in order to maintain maximum silence and reduce CO₂ emissions. For this, solar panels and a small wind generator were added to the plot. The paper outlines which measures and applications can be used in solar and wind energy planning. According to the charging currents of the controllers and the daily consumption, VLRA batteries were selected. In addition to the project, the main task was prepared for automation.

The main limitation in the selection and purchase of equipment was financial constraints. The selection of equipment lasted about 4 months. Therefore, the generator was purchased directly from a Polish manufacturer. Since the main consumption takes place in summer, it was decided to purchase solar controllers, inverter and solar panels from a local vendor. This ensures that if the item breaks, there is a chance to get spare parts or exchange for a new one. It was also important to get quick support when needed.

The third phase consisted of construction. The construction lasted 2 years. At the same time, it was clear how well the equipment was chosen, which was purchased in two parts.

In the first year, a diesel generator with accessories and most of the solar panels were purchased. The following year, the missing solar panels were purchased and a small wind turbine was installed. By monitoring the production of electricity, it became clear that the number of panels installed in the summer did not allow the batteries to be charged 100%. The same problems existed in the period from November to March. During this period, it was necessary to use a diesel generator. After installing the wind turbine and additional panels, the diesel fuel savings is approx. 10 times.

Finally, economic profitability calculations were performed for different prices. The calculations showed that with the current electricity consumption and taking into account the initial investments and operating costs, the payback period is in 30 years. If battery replacement costs are added, it turns out that profitability may not be achieved.

Today, the system has been operating for 2.5 years. It can be said that the post-project goals have been achieved. Fuel consumption is minimized and the main way to achieve electricity is solar panels and wind turbines. When increasing the consumption of electricity, the installed components must also be changed.

5. Kasutatud kirjandus

- [1] International Energy Agency, „Share of world total final consumption by source, 2019”, [Võrgumaterjal]. <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/final-consumption>.
- [2] Eesti energia, „Eesti Energia investeeris teises kvartalis ligi sada miljonit eurot Eesti Energia investeeris teises kvartalis ligi sada miljonit eurot”, [Võrgumaterjal]. <https://www.energia.ee/uudised/avaleht/-/newsv2/2022/08/04/eesti-energia-investeeris-teises-kvartalis-ligi-sada-miljonit-eurot>.
- [3] Elering, „Elektri tarbimine ja tootmine”, [Võrgumaterjal]. <https://elering.ee/elektri-tarbimine-ja-tootmine>
- [4] Statista Inc. „Electricity generation worldwide from 1990 to 2021”, [Võrgumaterjal]. <https://www.statista.com/statistics/270281/electricity-generation-worldwide/>
- [5] EUROSTAT, „Final energy consumption”, [Võrgumaterjal]. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_07_11/default/line?lang=en
- [6] Statistikaamet, „ KE0230: ENERGIABILANSS KÜTUSE VÕI ENERGIA LIIGI JÄRGI”, [Võrgumaterjal] https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__energeetika__energia-tarbimine-ja-tootmine__aastastatistika/KE0230/table/tableViewLayout2
- [7] Our World in Data, Global Change Data Lab, „Share of electricity production by source, Estonia”, [Võrgumaterjal]. <https://ourworldindata.org/electricity-mix>
- [8] Statistikaamet, „KE032: Elektri jaamade võimsus”, [Võrgumaterjal]. https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__energeetika__energia-tarbimine-ja-tootmine__aastastatistika/KE032/table/tableViewLayout2
- [9] Konkurentsamet, „Aruanne Elektri- ja Gaasiturust Eestis 2017”, [Võrgumaterjal] https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/elektri-ja_gaasituru_aruanne_2017.pdf
- [10] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Riiklik energia- ja kliimakava”, [Võrgumaterjal]. <https://mkm.ee/energeetika-ja-maavarad/energiamaajandus/energia-ja-kliimakava>
- [11] A. Meesak, „Päikeseenergeetika Eestis 2021a.”, Loengu materjaal, Eesti Päikeseelektri assotsiatsioon
- [12] Eesti Taastuvenergia Koda, „Taastuvenergia aastaraamat 2021”, [Võrgumaterjal]. <http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2022/08/Taastuvenergia-aastaraamat-2021.pdf>

- [13] ELERING AS, „ Vörku antud kütuseliigiti", [Vörgumaterjal].
<https://elering.ee/sites/default/files/2022-11/V%C3%B5rku%20antud%20k%C3%BCtuseliigiti%20-%20net%20production%20mix%20by%20fuel.xlsx>
- [14] Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon, „Arendusprojektid", [Vörgumaterjal].
<https://tuuleenergia.ee/arendusprojektid>
- [15] Fermi Energia AS, „ Tuuma elektriijaama rajamise ajajoon", [Vörgumaterjal].
<https://fermi.ee/ajajoon/>
- [16] ELERING AS, „ Börsihinnad", [Vörgumaterjal].
<https://dashboard.elering.ee/et/nps/price?interval=minute&period=years&start=2021-12-31T22:00:00.000Z&end=2022-12-31T21:59:59.999Z&show=table>
- [17] FlexSol Solutions, Soluxio Light Pole Cataloge, [Vörgumaterjal].
<https://soluxio.lighting/solar-light-post/>
- [18] A. El Hammoumi, S. Chtita, S. Motahhir, A. El Ghzizal „Solar PV energy: From material to use, and the most commonly used techniques to maximize the power output of PV systems: A focus on solar trackers and floating solar panels", Review article, [Vörgumaterjal].
https://www.researchgate.net/publication/363887439_Solar_PV_energy_From_material_to_use_and_the_most_commonly_used_techniques_to_maximize_the_power_output_of_PV_systems_A_focus_on_solar_trackers_and_floating_solar_panels
- [19] P. Choudhary, R. K. Srivastava „Sustainability perspectives- a review for solar photovoltaic trends and growth opportunities", Review article, [Vörgumaterjal].
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619311849>
- [20] Sambeet Mishra, "Wind and Solar Energy Resources", Loengu materiaal, Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics, Tallinn University of Technology
- [21] M. Shafiee, M. Patriksson, A. Strömberg, „Maintenance Strategy for Offshore Wind Turbine Blades Considering Logistics", Research Article, [Vörgumaterjal].
https://www.researchgate.net/publication/255989091_An_Optimal_Number-Dependent_Preventive_Maintenance_Strategy_for_Offshore_Wind_Turbine_Blades_Considering_Logistics/download
- [22] K. Adeseye Adeyeye, N. Ijumba, J. Colton, George W. Woodruff School of Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA „ The Effect of the Number of Blades on the Efficiency of a Wind Turbine",

- [Võrgumaterjal+R82]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/801/1/012020/pdf>
- [23] Andi F. Sudarma, M. Kholil, S. Subekti, I. Almahdy, International Journal of Environmental Science and Development 11(12):555, Dec. 2020, „The Effect of Blade Number on Small Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) Performance: An Experimental and Numerical Study” [Võrgumaterjal].
https://www.researchgate.net/publication/345700722_The_Effect_of_Blade_Number_on_Small_Horizontal_Axis_Wind_Turbine_HAWT_Performance_An_Experimental_and_Numerical_Study
- [24] J. Damota, I. Lamas, A. Couce, J. Rodríguez, E.U.P. A Coruña University, March 2015, „Vertical Axis Wind Turbines: Current Technologies and Future Trends”, [Võrgumaterjal].
https://www.researchgate.net/publication/274318535_Vertical_Axis_Wind_Turbines_Current_Technologies_and_Future_Trends
- [25] N. Pettersson, „Savonius Wind Turbine”, [Võrgumaterjal].
<http://netzeroguide.com/savonius-wind-turbine/>
- [26] A. Das, Dr. P. Kumar Talapatra, „Modelling and Analysis of a Mini Vertical Axis Wind Turbine”, [Võrgumaterjal]. https://www.researchgate.net/figure/Different-types-of-Darrieus-rotor-VAWT_fig1_313893605
- [27] ElProCus Technologies Pvt Ltd, „What is a Darrieus Wind Turbine & Its Working”, [Võrgumaterjal]. <https://www.elprocus.com/darrieus-wind-turbine-working/>
- [28] AERO company, Ukraine, „Helicoid vertical axis wind turbine”, [Võrgumaterjal].
<https://aeroprop.aero/en/helicoid-vertical-axis-wind-turbine/>
- [29] E. Bešliagić, K. Varda, D. Petković, University of Zenica, 2018 „1 Geometry optimization of small helicoid VAWT rotor”, [Võrgumaterjal].
https://www.researchgate.net/publication/326964032_Geometry_optimization_of_small_helicoid_VAWT_rotor
- [30] T. Puškarjova, Tallinna Tehnikaülikool 6 juuli 2017, „Akupangad Eesti õigusruumis ja elektrisüsteemis”, [Võrgumaterjal].
<https://digikogu.taltech.ee/et/item/f9ba74f3-47c7-4125-87b4-26ed4ecfa15c>
- [31] Saoirse Kerrigan, Mar 28, 2018, „The Scientific Reason Why Wind Turbines Have 3 Blades”, [Võrgumaterjal]. <https://interestingengineering.com/science/the-scientific-reason-why-wind-turbines-have-3-blades>
- [32] Sven-Erik Enno, Tartu Ülikool, 2012, „Eesti kliimanäitajad”, [Võrgumaterjal].
https://dSPACE.ut.ee/bitstream/handle/10062/24920/22_eesti_kliimanitajad.html

- [33] European Commission, „Estonia irradiation and solar electricity potential”, [Võrgumaterjal].
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_pdfs/G_opt_EE.png
- [34] Solargis, „Estonia Photovoltaic Potential”, [Võrgumaterjal].
<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/estonia>
- [35] Elektrilevi, 01.10.2022, „Elektrilevi võrguteenuse hinnakiri”, (Võrgumaterjal). https://www.elektrilevi.ee/-/doc/8644141/kliendile/Elektrilevi_hinnakiri_vorguteenuse_hinnad_alates_10_okt_oober_2022_EST.pdf
- [36] V. Puusepp, EESTI MAAÜLIKOOL, „EESTI TUULEKIIRUSTE STATISTILINE ANALÜÜS”, magistritöö, [Võrgumaterjal] .
https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/3674/Valmar_Puusepp_MA_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [37] K. Aprelkova, Tallinna Tehnikaülikool, „Väiketuulikute tasuvuse arvutamine”, magistritöö, [Võrgumaterjal]. <https://digikogu.taltech.ee/et/Download/3d05ccc4-6421-45a7-8b24-92cb7fdc1682>
- [38] MTÜ Linnalabor, „Naissaare arengukava tegevuskava 2019-2029”, [Võrgumaterjal].
<http://www.linnalabor.ee/failid/n/bd6f523267fa1246536b2d4e5c0a454a>
- [39] European Commission, „PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM”, [Võrgumaterjal]. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [40] The Global Wind Atlas, web-based application [Võrgumaterjal]. <https://globalwindatlas.info/en>

LISAD

Technical specification

Model	GH-3KW
--------------	---------------

Performance

Rated Power	3000W
Max Power	4000W
Start Wind Speed	3m/s(6.72mph)
Rated Wind Speed	10m/s(22.4mph)
Working Wind Speed	4-25m/s (8.96-56 mph)
Safety Wind Speed	50m/s(112mph)

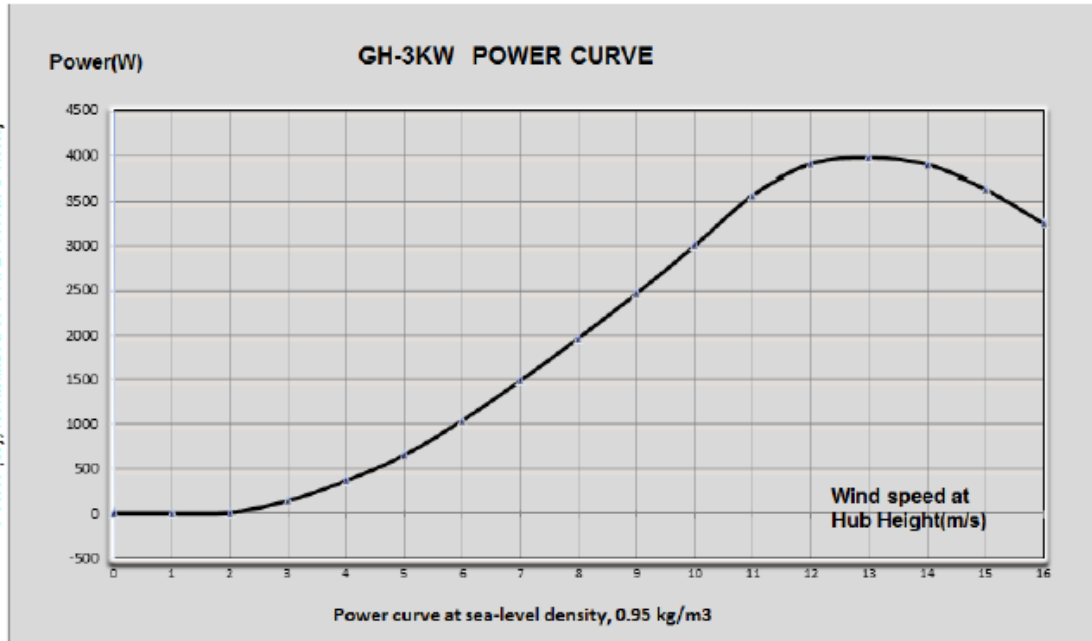
Physical Parameters

Blades Length	1.9M(6.23ft)
Blades Rotor Diameter	4M(13.12ft)
Blades Material &Quantity	FRP /3PCS
Top Weight	150kg
Swept Area	8.04 m ²

Generator Parameters

Generator Type	Permanent Magnet Generator
Rated Speed	300RPM
Start Torque	2.5N.M
Option Voltage	48-240VAC
Protection Method	Electromagnetic Brake +PWM
Protection Grade	IP54
Working Temperature	-40-50°C
Life time	20 Years

Power Curve



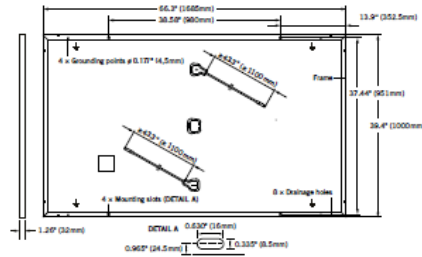
Annual Energy Production

Annual Wind Speed m/s	3	4	5	6	7	8	9
Production (kWH)	1752	4380	8322	12877	17608	22338	26368
Annual Wind Speed m/s	10	11	12	13	14	15	16
Production (kWH)	30222	33288	34952	35040	34164	32412	30222

This data will have $\pm 10\%$ difference according to real condition.

Päikesepaneelide tehnilised andmed

MECHANICAL SPECIFICATION	
Format	66.3 in x 39.4 in x 1.26 in (including frame) (1685 mm x 1000 mm x 32 mm)
Weight	41.2 lbs (18.7 kg)
Front Cover	0.13 in (3.2 mm) thermally pre-stressed glass with anti-reflection technology
Back Cover	Composite film
Frame	Black anodized aluminum
Cell	6 x 20 monocrystalline QANTUM solar half-cells
Junction box	2.76-3.35 in x 1.97-2.76 in x 0.51-0.83 in (70-85 mm x 50-70 mm x 13-21 mm), decentralized, IP67
Cable	4 mm ² Solar cable; (+) ≥ 43.3 in (1100 mm), (-) ≥ 43.3 in (1100 mm)
Connector	Multi-Contact MC4, IP68



ELECTRICAL CHARACTERISTICS		315	320	325	330	
POWER CLASS						
MINIMUM PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS, STC ¹ (POWER TOLERANCE +5W / -0W)						
Minimum	Power at MPP ¹	P_{MPP} [W]	315	320	325	330
	Short Circuit Current ¹	I_{SC} [A]	10.04	10.09	10.14	10.20
	Open Circuit Voltage ¹	V_{OC} [V]	39.87	40.13	40.40	40.66
	Current at MPP ¹	I_{MPP} [A]	9.55	9.60	9.66	9.71
	Voltage at MPP	V_{MPP} [V]	32.98	33.32	33.65	33.98
	Efficiency ¹	η [%]	≥ 18.7	≥ 19.0	≥ 19.3	≥ 19.6
MINIMUM PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CONDITIONS, NMOT ²						
Minimum	Power at MPP	P_{MPP} [W]	235.3	239.0	242.8	246.5
	Short Circuit Current	I_{SC} [A]	8.09	8.13	8.17	8.22
	Open Circuit Voltage	V_{OC} [V]	37.52	37.77	38.02	38.27
	Current at MPP	I_{MPP} [A]	7.52	7.56	7.60	7.64
	Voltage at MPP	V_{MPP} [V]	31.30	31.62	31.94	32.25

¹Measurement tolerances $P_{MPP} \pm 3\%$; $I_{SC}, V_{OC} \pm 5\%$ at STC: 1000W/m², 25 ± 2°C, AM 1.5 G according to IEC 60904-3 - 2800 W/m², NMOT, spectrum AM 1.5 G

Q CELLS PERFORMANCE WARRANTY

At least 98% of nominal power during first year. Thereafter max. 0.54% degradation per year. At least 93.1% of nominal power up to 10 years. At least 85% of nominal power up to 25 years.

All data within measurement tolerances. Full warranties in accordance with the warranty terms of the Q CELLS sales organization of your respective country.

Standard terms of guarantee for the 10 % companies with the highest production capacity in 2014 (as at September 2014)

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Typical module performance under low irradiance conditions in comparison to STC conditions (25°C, 1000W/m²).

TEMPERATURE COEFFICIENTS							
Temperature Coefficient of I_{SC}	α	[%/K]	+0.04	Temperature Coefficient of V_{OC}	β	[%/K]	-0.28
Temperature Coefficient of P_{MPP}	γ	[%/K]	-0.37	Normal Module Operating Temperature	NMOT	[°F]	109 ± 5.4 (43 ± 3°C)

PROPERTIES FOR SYSTEM DESIGN				
Maximum System Voltage V_{SYS}	[V]	1000 (IEC) / 1000 (UL)	Safety Class	II
Maximum Series Fuse Rating	[A DC]	20	Fire Rating	C (IEC) / TYPE 1 (UL)
Max. Design Load, push ²	[lbs/ft ²]	75 (3600 Pa) / 55 (2667 Pa)	Permitted module temperature on continuous duty	-40 °F up to +185 °F (-40 °C up to +85 °C)
Max. Test Load, Push / Pull ²	[lbs/ft ²]	113 (5400 Pa) / 84 (4000 Pa)	² see installation manual	

QUALIFICATIONS AND CERTIFICATES		PACKAGING INFORMATION	
UL 1703; VDE Quality Tested; CE-compliant; IEC 61215:2016; IEC 61730:201, application class A		Number of Modules per Pallet	32
		Number of Pallets per 53' Trailer	30
		Number of Pallets per 40' High Cube Container	26
		Pallet Dimensions (L x W x H)	69.3 in x 45.3 in x 46.9 in (1760 mm x 1150 mm x 1190 mm)
		Pallet Weight	1415 lbs (642 kg)

NOTE: Installation instructions must be followed. See the installation and operating manual or contact our technical service department for further information on approved installation and use of this product.

Hanwha Q CELLS America Inc.
300 Spectrum Center Drive, Suite 1250, Irvine, CA 92618, USA | TEL +1 949 748 59 96 | EMAIL inquiry@us.q-cells.com | WEB www.q-cells.us

Specifications subject to technical changes © Hanwha Q CELLS Q.PEAK DU.0.G5.315-330_2018-03_Rev03_NA

DC/AC inverteri tehnilised andmed

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Yes				
Integrated Transfer switch	Yes				
AC inputs (2x)	Input voltage range: 187-265 VAC Input frequency: 45 – 65 Hz Power factor: 1				
Maximum feed through current (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERTER					
Input voltage range (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output (1)	Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1%				
Cont. output power at 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Cont. output power at 25°C (W)	2400	4000	6400	8000	12000
Cont. output power at 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Cont. output power at 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Peak power (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Maximum efficiency (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Zero load power (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Zero load power in AES mode (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Zero load power in Search mode (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
CHARGER					
Charge voltage 'absorption' (V DC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Charge voltage 'float' (V DC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Storage mode (V DC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Charge current house battery (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Charge current starter battery (A)	4 (12V and 24V models only)				
Battery temperature sensor	Yes				
GENERAL					
Auxiliary output (A) (5)	25	50	50	50	50
Programmable relay (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protection (2)	a-g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
General purpose com. port	2x	2x	2x	2x	2x
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temp.: -40 to +65°C Humidity (non-condensing): max. 95%				
Maximum altitude	3500 m				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminium (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery-connection	Four M8 bolts (2 plus and 2 minus connections)				
230 V AC-connection	Screw terminals 13 mm ² (6 AWG)	Bolts M6	Bolts M6	Bolts M6	Bolts M6
Weight (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51	72
Dimensions (hxxwxd in mm)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
STANDARDS					
Safety	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emission, Immunity	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Road vehicles	12V and 24V models: ECE R10-4				
Anti-islanding	See our website				
1) Can be adjusted to 60 HZ. 120 V models available on request					
2) Protection key: a) output short circuit b) overload c) battery voltage too high d) battery voltage too low e) temperature too high f) 230 VAC on inverter output g) input voltage ripple too high	3) Non-linear load, crest factor 3:1 4) At 25°C ambient 5) Switches off when no external AC source available 6) Programmable relay that can a.o. be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function AC rating: 230 V / 4 A DC rating: 4 A up to 35 VDC, 1 A up to 60 VDC				



Digital Multi Control Panel

A convenient and low cost solution for remote monitoring, with a rotary knob to set PowerControl and PowerAssist levels.



VE.Bus Smart Dongle

Measures battery voltage and temperature and allows monitoring and control of Multis and Quattros with a smartphone or other Bluetooth enabled device.



Computer controlled operation and monitoring

Several interfaces are available:



Color Control GX and other GX devices

Monitoring and control. Locally, and also remotely on the [VRM Portal](#).



MK3-USB (VE.Bus to USB interface)

Connects to a USB port ([see 'A guide to VEConfigure'](#))



VE.Bus to NMEA 2000 interface

Connects the device to a NMEA2000 marine electronics network. See the [NMEA2000 & MFD integration guide](#)



BMV-712 Smart Battery Monitor

Use a smartphone or other Bluetooth enabled device to:

- customize settings,
- monitor all important data on single screen,
- view historical data, and to
- update the software when new features become available.

**Lisa 2. Üksikelamu autonoomse elektrivarustuse projekt koos
elektripaigaldise projektiga**



**Üksikelamu
Viimsi vald**


Töö nr 10118

**ISAKU, LÕUNAKÜLA, VIIMSI VALD ERAMU
VÕRGUVABA ELEKTRIVARUSTUSSÜSTEEMI
TÖÖPROJEKT**


TELLIJA: Eraisik

PROJEKT: Igor Šramov

EL-0-02- DOKUMENTIDE NIMEKIRI								
Nr	Muudatus				Muutja			Kuupäev
.								
	HOONE TUGEVVOOLUPAIGALDIS (EL)							
Nr.	Dok.	Dokumendi nimetus	Mööt- kava	Lehe suurus	Proj. KP	V.	Muud. KP	Faili nimi.
0 - Ülddokumendid (tiitelleht, sisukord, dokumentide nimekiri jms)								
1	EL-0-01	Tiitelleht	-	A4	5.09.2019	v01	-	10118_TP_EL-0-01_v01_Tiitelleht
2	EL-0-02	Dokumentide nimekiri	-	A4	5.09.2019	v01	-	10118_TP_EL-0-02_v01_DokNimekiri
3 - Seletuskirjad								
1	EL-3-01	Seletuskiri	-	A4	5.09.2019	v01	-	10118_TP_EL-3-01_v01_Seletuskiri
4 - Asendiplaanijoonised (väliosa plaanijoonised)								
1	EL-4-01	Välisvõrgud	1:100	A3	5.09.2019	V0 2	-	10118_TP_EL-4-01_v02_valivork
5 - Ehitise üldised plaanijoonised (horisontaalsed üldjoonised, sh üldskeemid)								
1	EL-5-001	Magistraalliinide skeem	1:50	A3	5.09.2019	v01	-	10118_TP_EL-5-001_v01_magliinid
2	EL-5-002	Autonoomse elektrivarustuse skeem	1:50	A3	5.09.2019	v01	-	10118_TP_EL-5-002_v01_toide- skeem
3	EL-5-003	Maandus ja piksekaitse skeem	1:50	A3	5.09.2019	v01	-	10118_TP_EL-5-003_v01_maandus
4	EL-5-031,041	Maja elektrivarustus 1. korrus	1:50	A3	5.09.2019	v01	-	10118_TP_EL-5-031,041_v01_1k- maja
5	EL-5-032,042	Maja elektrivarustus 2. korrus	1:50	A3	5.09.2019	v01	-	10118_TP_EL-5-032,042_v01_2k- maja

Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi projekteerimine		Joonise nimetus Dokumentide nimikiri		Eriala EL
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald		Töö nr 10118		Staadium TP
 ELSYS Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee		Proj. insener		Möötava -
		Proj. I.Šramov		Leht EL- DOKNIM
		K. Polutornov		Lehti 72 – 101
Kuupäev		Tellija Erasisik		

6	EL-5-033,043	Abihoone elektrivarustus	1:100	A0	12.05.2021	v05	-	10118_TP_EL-5-033,043_v01_a bihoone
7	EL-5-034,044	Sauna elektrivarustus	1:50	A3	12.05.2021	v01	-	10118_TP_EL-5-034,044_v01_s auna
7 - Muud joonised (sõlmed, detailid jms)								
1	EL-7-001	PJK1 skeem	-	A4	5.09.2019	v02	-	10118_TP_EL-7-001_v02_DC
2	EL-7-002	PJK2 skeem	-	A4	5.09.2019	v03	-	101181_TP_EL-7-002_v03_PJK
3	EL-7-003	GPJK1 skeem	-	A4	5.09.2019	v03	-	10118_TP_EL-7-003_v03_JK-M
4	EL-7-004	GPJK2 skeem	-	A4	5.09.2019	v02	-	191201_TP_EL-7-004_v02_JK-S
8 - Spetsifikatsioonid, mahtude loetelud jms								
1	EL-8-01	Materjalide spetsifikatsioon	-	A4	5.09.2019	v02	-	10118_TP_EL-8-01_v02_Spetsifikatsioon

Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi prjekteerimine		Joonise nimetus Dokumentide nimikiri		Eriala EL
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald				Staadium TP
				Mõõtkava -
 ELSYS Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Projekt		Töö nr 10118	Leht EL-DOKNIM
	I.Šramov			Lehti 73 – 101
	Proj. insener		Tellija Erasisik	
	K. Polutornov			
	Kuupäev			

SELETUSKIRI

1. ELEKTROTEHNILINE OSA

1.1 Ehitise üldandmed

Projektiga on lahendatud Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald asuva eramu võrguvaba(autonoomse) elektrivarustussüsteem. Samuti lahendatud ka üksikelamu elektripaigaldis.


1.2 Lähteandmed

Projekti koostamise aluseks on Tellija poolt esitatud lähteandmed, arhitekti poolt koostatud plaanid, tehnoloogilised lähteandmed.

1.3 Nõuded ja normid:


Elektripaigaldise projekteerija (edaspidi projekteerija) koostatud seletuskiri, arvutuslik osa, joonised ning toodud lisadokumendid moodustavad üksteist täiendades elektripaigaldise projektdokumentatsiooni (edaspidi projekt). Projekt on koostatud, kontrollitud ja kinnitatud vastavalt:

- Ehitusseadustik
- Majandus- ja taristuministri 17.07.2015 määrus nr 97 “Nõuded ehitusprojektile”
- Majandus- ja taristuministri 08.06.2015 määrus nr 62 “Nõuded ehitusprojekti ekspertiisile”
- Siseministri 30.03.2017 määrus nr 17 “Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded ja nõuded tuletõrje veevarustusele”
- EVS 932:2017 Ehitusprojekt
- Seadme ohutuse seadus SEOS
- Majandus- ja taristuministri 26.06.2015 määrus nr 74 “Elektripaigaldise käidule ja elektritööle esitatavad nõuded”
- Majandus- ja taristuministri 03.07.2015 määrus nr 86 “Auditi kohustusega elektripaigaldised ning nõuded elektripaigaldise auditile ja auditi tulemuste esitamisele”

Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi prjekteerimine		Joonise nimetus SELETUSKIRI	Eriala EL
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald			Staadium TP
			Mõõtkava -
 ELSYS Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Projekt I.Šramov	Töö nr 10118	Leht EL-SLK
	Proj. insener K. Polutornov		
	Kuupäev		Tellija Erasisik

- Majandus- ja taristuministri 14.07.2015 määrus nr 91 “Elektriseadmetele esitatavad ohutuse nõuded ning elektriseadmele ja elektripaigaldisele esitatavad elektromagnetilisele ühilduvuse nõuded ja vastavushindamise kord”
- EVS-HD 60364-1 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 1: Põhialused, üldiseloostus, määratlused.
- EVS-HD 60364-5-51 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 5-51 Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Üldjuhised
- EVS-HD 60364-5-52 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-52: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Juhistikud
- EVS-HD 60364-5-534 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-53 Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Kaitselahutamine, lülitamine ja juhtimine. Jaotis 534 Liigpingekaitsevahendid
- EVS-HD 60364-5-54 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-54 Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Maandamine, kaitsejuhid ja kaitse-potentsiaaliühtlustusjuhid
- EVS-HD 60364-5-56 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5- 56 Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Turvasüsteemid
- EVS-HD 60364-4-43 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-43: Kaitseviisid. Liigvoolukaitse
- EVS-HD 60364-4-41 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-41 Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest
- EVS-HD 60364-4-42 Madalpingelised elektripaigaldised Osa 4-42 Kaitseviisid. Kaitse kuumustoime eest.
- EVS-HD 60364-4-444 Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-444 Kaitseviisid. Kaitse pingehäirete ja elektromagnetiliste häirete eest
- EVS-HD 60364-4-443 Ehitiste elektripaigaldised. Osa 4-44 Kaitseviisid. Kaitse pingehäirete ja elektromagnetiliste häirete eest. Jaotis 443 Kaitse pikse- ja lülitusliigpingete eest
- EVS-EN 61439-1 Madalpingelised aparaadikoosted. Osa 1:Üldreeglid

Kui tekib vastuolu erinevates normdokumentides esitatud nõuete vahel, mõne üksikjuhtumi lahendamisel, siis tuleb juhinduda nõudest, mis esitab antud probleemi lahendamiseks kõrgendatud tingimused.

Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi prjekteerimine		Joonise nimetus SELETUSKIRI		Eriala EL
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald				Staadium TP
				Mõõtkava -
 ELSYS Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Projekt		Töö nr 10118	Leht EL-SLK
	I.Šramov			Lehti 75 – 101
	Proj. insener			
	K. Polutornov			
	Kuupäev		Tellijä Erasisik	

1.6 Kaabelliinide trasside taastamine

Katendid taastatakse või ehitatakse välja vastavalt arhitektuursele asendiplaanile ning vertikaalplaneeringule. Üldjuhul kõik katendid taastatakse üldehitustööde käigus. Katendite taastamise maht täpsustatakse täiendavalt enne töövõtu hinnapakumise tegemist. Osad alad mida ehitustöödega otseselt ei käsitleta (on ja jäävad olemasolevad) tuleb taastada vastavalt eelnenud olekule. Kinnistul trasside taastustööd on vaja teostada üheaegselt vertikaalplaneeringu alusel tehtavate töödega ja tööde maht enne ehitustööde algust on vajalik kooskõlastada peatöövõtjaga. Pärast tööde lõpetamist peab olema ehitusplats koristatud tekkinud ehitusjätmetest ja muus ehitusprahist.

1.7 Kilbid


DC kilp paigaldatakse abihoone ruumi. Päikesepaneelide ja tuuliku kaabliliinidele paigaldatakse moodüllülid ja sulavkaitsmed. Peakilbi PJK kaitseaste min. on IP 20.

Peakilp PJK paigaldatakse abihoone ruumi. Peakilbi PJK kaitseaste min. on IP 20.

Peakilbi väljuvate liinide kaitsmetena kasutatakse automaatkaitseüliliteid.

Elamu jaotuskeskus JK-M on ette nähtud kogu elamu elektrivarustuse tagamiseks. Keskus on üheseksiooniline pingele 1x230V. Sisestusele on projekteeritud pealüliti ja liigpingepiirikud tüüp 1+2. Jaotuskeskusest JK-M saavad elektritoited elamus paiknevad elektritarbijad. Jaotuskeskustest saavad elektritoite elamu peletikattel, sisevalgustus, pistikupesad, elektripliit, ventilatsiooniseade, jt. projekteeritud elektriseadmed. Pistikupesade toiteliinid ja valgustuse toiteliinid on varustatud lisaks liinide automaatkaitseülilitele rikkevoolukaitselülititega, rakendusvooluga 30 mA, samuti on ette nähtud märgade ja niiskete ruumide valgustuse grupiliinide kaitsmine automaatkaitseülilitele lisaks rikkevoolukaitselülititega rakendusvooluga 30 mA. Keskuste lühisekindlus 6kA. Keskustes on väljundfiidrites kaitsmetena ette nähtud kasutada automaatkaitseüliliteid Keskusesse JK-M nähakse ette maanduslatid, milline ühendatakse maandusseadmega .

Sauna jaotuskeskus JK-S on ette nähtud kogu saunamaja elektrivarustuse tagamiseks. Keskus on üheseksiooniline pingele 1x230V. Sisestusele on projekteeritud pealüliti ja liigpingepiirikud tüüp 1+2. Jaotuskeskusest JK-S saavad elektritoited elamus paiknevad elektritarbijad. Pistikupesade toiteliinid ja valgustuse toiteliinid on varustatud lisaks liinide automaatkaitseülilitele rikkevoolukaitselülititega, rakendusvooluga 30 mA, samuti on ette nähtud märgade ja niiskete ruumide valgustuse grupiliinide kaitsmine automaatkaitseülilitele lisaks rikkevoolukaitselülititega rakendusvooluga 30 mA. Keskuste lühisekindlus 6kA. Keskustes on väljundfiidrites kaitsmetena ette nähtud kasutada automaatkaitseüliliteid Keskusesse JK-S nähakse ette maanduslatid, milline ühendatakse maandusseadmega .

Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi projekteerimine		Joonise nimetus SELETUSKIRI	Eriala EL
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald			Staadium TP
			Mõõtkava -
 Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Projekt I.Šramov	Töö nr 10118	Leht EL-SLK
	Proj. insener K. Polutornov		Lehti 77 – 101
	Kuupäev	Tellija Erasisik	

1.10 Maandused ja potentsiaaliühtlustused

Inimese kaitse elektrilöögi eest peab tagama elektripaigaldise pingeltide osade puutepinge alla 50 V. See saavutatakse toite kiire väljalülitamisega 0,4 s jooksul, potentsiaaliühtlustuse ja kaitsemaandusega.

Kõik elektripaigaldise pingeltid osad maandatakse installatsioonikaabli PE-soone abil peamaanduslati külge. Kordusmaandus koos teiste ohutustehniliste abinõudega (potentsiaaliühtlustus ja automaatide 0,4 sec väljalülitamine) peab tagama pingeltide osade puutepinge alla 50 V. Kõik elektriliselt juhtivad osad (torustikud, metallkonstruktsioonid jm.) maandatakse potentsiaaliühtlustusjuhi 6 mm² (Cu) abil.

Peamaanduslatti, mis asub tehnoruumis ühendada vaskjuhtmega MK-16 mm² maanduskontuur. Potentsiaaliühtlustuslatina kasutada peamaanduslatti.

Maanduseks paigaldatakse hoone vundamendi juurde maanduskontuur OBO RD10 kuumtsingitud terastraadist, väljavõte sealt tuuakse tehnoruumi peamaanduslatti juurde.

Maandustakistuse väärtus peab tagama neutraaljuhtidel ja hoone potentsiaaliühtlustusel puutepinge alla 50V ja maandustakistuse vähem, kui 30oomi.

Ohtlikes tingimustes olevaid elektriseadmeid toidetakse 30 mA rikkevoolulüliti kaudu, nendeks on kõik üldkasutatavad pistikupesade liinid, valgustus ruumides, kütte- ja sulatuskaablid.

1.11 Pistikupesad

Pistikupesad paigaldatakse süvistatuna seinale, tehnoruumis pinnapealselt.

Pistikupesad peavad olema varustatud ava sulguriga. Pistikupesade tooteseeria valib tellija.

Kõik pistikupesade liinid tehakse vaskkaablitega. Ühe- ja kahekohalised maanduskontaktiga pistikupesade klass on üldjuhul 16 A, 250 VAC. Niisketes ja tuleohtlikes ruumides näha ette pritsmekindlad (IP 34, IP 44) pistikupesad

Pistikupesade paigalduskõrgus:

üldiselt seinapistikud ja koristuspesad põrandast h=200 mm;

niiskete ruumide pistikupesad h=1200 mm;

tööpinnast kõrgemal olevad pistikupesad 200 mm tööpinnast kõrgemal või h=1100 mm põrandast;


1.12 Valgustuspaigaldised

Ruumide valgustamiseks kasutatakse süvistatavaid, pinnapealseid ja riputatavaid valgusteid, optika ja IP klass vastavalt ruumi otstarbele. Valgustid on tellija tarnes.

Valgusallikatena kasutatakse LED tüüpi valgusallikaid.

Lülitite paigaldamise kõrgus põrandast h=1000 mm

Ruumide valgustused lülitatakse tavalülititega ja nende kaabeldamiseks kasutatakse PPJ3G1,5 kaablit.

Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi projekteerimine		Joonise nimetus SELETUSKIRI	Eriala EL
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald			Staadium TP
			Möötkava -
 Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Projekt	Töö nr 10118	Leht EL-SLK
	I.Šramov Proj. insener		
	K. Polutornov Kuupäev		Tellija Erasisik

1.13 Elekterküte

Elumajas on paigaldatud peletikattel ja põhikütteks on veepõrandakütte. Niiskettesse ruumidesse on ette nähtud ka elektri põrandakütted DEVIMAT150T 252 W 2 tk.Saunamajas paigaldatud põrandakütted Deviflex 18 535 W ja 395 W, Deviflex 10T 695 W.

1.14 Projektdokumentatsioon, selle ulatus ja siduvus


Projekteerija poolt koostatud projektdokumendid moodustavad üksteist täiendades elektrivarustuse laiendamise projekti.

Enne tööde alustamist koostab töövõtja ise või tellib projekteerijalt nõuetekohased Tööjoonised, mis vastavad tema poolt valitud seadmetele Juhul, kui tööde teostajal muudatusettepanekuid käesoleva projekti kohta ei ole, siis võib Tööjoonistena kasutada käesolevat projekti.


Juhul kui projekti dokumentides avastatakse ebaselgeid aspekte, mida ei õnnestu lahendada üldisi norme ja monteerimistraditsioone järgides, tuleb töövõtjal paluda koheselt täiendavaid selgitusi.

Elektripaigaldiste selgituse lisas olevate jooniste pädevus järjekord on järgmine:

- seletuskiri, spetsifikatsioon;
- elektripaigaldiste plaanid, skeemid.

Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi prjekteerimine		Joonise nimetus SELETUSKIRI	Eriala EL	
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald			Staadium TP	
			Möötkava -	
 Mustandi tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Projekt	Töö nr 10118	Leht EL-SLK	
	I.Šramov			Lehti 80 – 101
	Proj. insener			
	K. Polutornov			
Kuupäev		Tellija Erasisik		

Jrk. nr	Nimetus, tüüp, mark ja tehniline iseloomustus, valmistaja tehas	Ühik	Kogus	Märkus
PROJEKTEERITUD KESKUSED				
1.1	Jaotuskeskus DC (vt. EL-7-001)	kmpl.	1	
1.2	Jaotuskeskus PJK (vt. EL-7-002)	kmpl.	1	
1.3	Jaotuskeskus JK-M (vt. EL-7-003)	kmpl.	1	
1.4	Jaotuskeskus JK-S (vt. EL-7-004)	kmpl.	1	
INSTALLATSIOONIMATERJALID				
2.1	Turvalüliti pinnapealne, 4-pooluseline, 400V, 25A, IP65, asendi kontaktiga	tk.	1	
2.2	Pinnapealne pistikupesa 1-kohaline, kaitsekaanega, 16A, 250V, N, PE, IP44	tk.	17	
2.3	Süvistatav pistikupesa 1-kohaline, kaitsekaanega ja ava sulguriga, 16A, 250V, N, PE, IP44	tk.	27	
2.4	Süvistatav pistikupesa 1-kohaline, 16A, 250V, N, PE, IP20	tk.	49	
2.5	Pinnapealne 1-klahviline lüliti, 10A 250V IP20	tk.	3	
2.6	Süvistatav 1-klahviline lüliti, 10A 250V IP20	tk.	13	
2.7	Süvistatav veksellüliti, 10A 250V IP20	tk.	9	
2.8	Süvistatav 2-ne veksellüliti, 10A 250V IP20	tk.	8	
2.9	Süvistatav ristveksellüliti, 10A 250V IP20	tk.	3	
2.10	Süvistatav grupilüliti (2-klahviline), 10A 250V IP20	tk.	5	
2.11	Pinnapealne harukarp klemmidega	tk.	15	
2.12	Süvistatud harukarp klemmidega	tk.	40	
3.20	PVC TORU d20	m	25	
3.21	PVC TORU d16	m	300	
3.22	KÕRI d16	m	100	
3.23	PVC-kaablikaitsetoru d50, klass A	m	200	
MUUD SEADMED				
3.1	PV paneel Q.PEAK BLKG5 330W	kmpl.	24	
3.2	PV paneelide kinnitussüsteem Renusol	kmpl.	3	
3.3	PV kontrolleri Victron MPPT 250/60Tr	kompl.	3	
3.4	Tuuliku komplekt GREEF GH-3 kW , laadimiskontroller 48V/3000W	kompl.	1	
3.5	Mast kuumtsingitud h-10m, seinapaksus vähemalt 4mm	kompl.	1	

Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi projekteerimine		Joonise nimetus Spetsifikatsioon	Eriala EL
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald			Stadium TP
			Möötkava -
 ELSYS Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Projekt	Töö nr 10118	Leht EL-SEAD
	I.Šramov		Lehti 81 – 101
	Proj. insener		
	K. Polutornov		
Kuupäev		Tellijä Erasisik	

Jrk. nr	Nimetus, tüüp, mark ja tehniline iseloomustus, valmistaja tehas	Ühik	Kogus	Märkus
3.6	Mastivundament r/b1000x1000x1000mm	kompl.	1	
3.7	diisel-generaator Fogo FDG 12,1 MS 230 V 12 kW	kompl.	1	
3.8	Mahuti 750l	tk.	1	
KUUMUTUS- JA KÜTTESEADMED				
4.1	Devimat150T/525 W/7 m	kompl.	1	
4.2	Devimat150T/375 W/5 m	kompl.	1	
4.3	Põrandaküttegaabel Deviflex 18T, 535 W/29 m	kompl.	1	
4.4	Põrandaküttegaabel Deviflex 18T, 535 W/22 m	kompl.	1	
4.5	Põrandaküttegaabel Deviflex 10T, 695 W/70 m	kompl.	1	
4.6	Ruumi termostaat 230V	kompl.	5	
MAGISTRAALKAABLID				
5.1	Alumiiniumkaabel AXPk 4x25, klass C	m	30	
5.2	Alumiiniumkaabel AMCMK 4x10/10	m	50	
5.3	Alumiiniumkaabel AXCMK-HF C 4x6/6	m	50	
5.4	Alumiiniumkaabel AXPk 4x25, klass C	m	50	
5.5	Vaskaabel MCCMK 3G6	m	10	
5.6	Vaskaabel H07RN-F 5g16	m	10	
5.7	Vaskaabel MK70	m	15	
5.8	Vaskaabel MK25	m	3	
5.9	Vaskaabel MK10	m	9	
5.10	Solar kaabel must H1Z2Z2-K 6mm ²	m	50	

Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi prjekteerimine		Joonise nimetus Spetsifikatsioon		Eriala EL	
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald				Staadium TP	
				Möötkava -	
 ELSYS Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Projekt		Töö nr 10118	Leht EL-SEAD	
	I.Šramov				Lehti 82 – 101
	Proj. insener				
	K. Polutornov				
	Kuupäev			Tellijä Erasisik	

Jrk. nr	Nimetus, tüüp, mark ja tehniline iseloomustus, valmistaja tehas	Ühik	Kogus	Märkus
MUUD KAABLIID				
6.1	Vaskaabel XPJ-HF C 5G2,5	m	20	
6.2	Vaskaabel XPJ-HF C 5x1,5	m	300	
6.3	Vaskaabel XPJ-HF C 4x2,5	m	80	
6.4	Vaskaabel XPJ-HF C 3G2,5	m	680	
6.5	Vaskaabel XPJ-HF C 3G1,5	m	500	
6.6	Vaskaabel XPJ-HF C 2x1,5	m	80	
6.7	Kaabel XPUJ3G1,5	m	200	
6.8	Kaabel XPUJ3G2,5	m	60	
6.9	Juhe MKEM-HF6KORO	m	20	
6.10	Juhe MKEM-HF16KORO	m	30	
MAANDUS JA POTENSIAALIÜHTLUSTUS				
7.1	Maanduspaigaldis (vt. EL-5-003)	kmpl.	1	

Märkused:

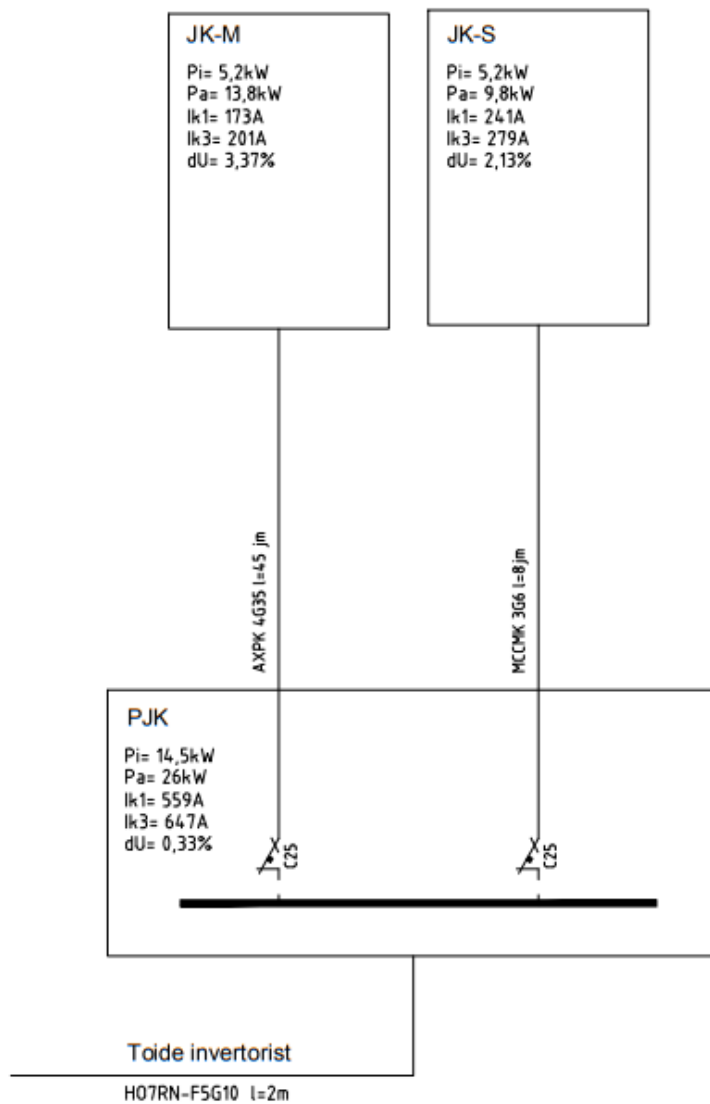
Spetsifikatsioonis ei ole arvestatud abimaterjalid (kaablite kinnitustarvikud, paigalduslint, kinnitusmaterjalid, pistikupesade ja lülite toosid ja raamid jne.) - määrab Töövõtja.


Töövõtjal on kohustus toodete asukohad ja kogused kontrollida ja Tellijaga kooskõlastada enne ehitustööde algust.

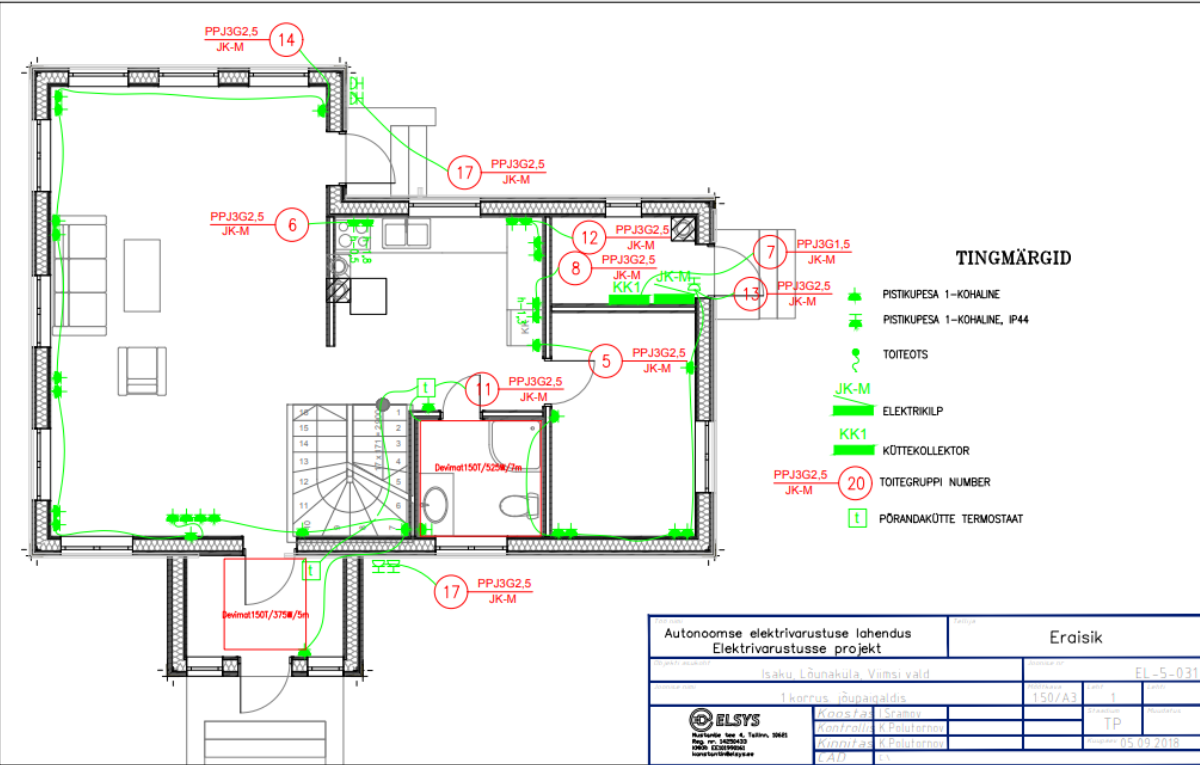
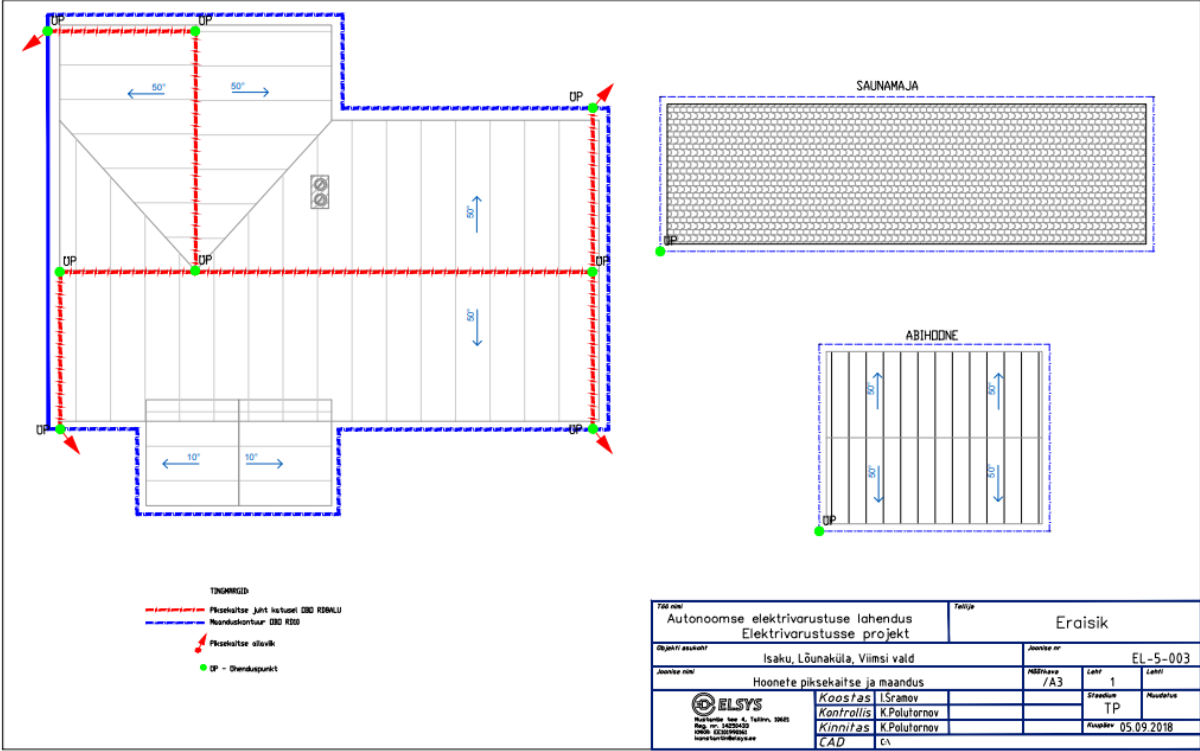
Erinevuste ja muude ebatäpsuste avastamisel võtta arvesse joonised.

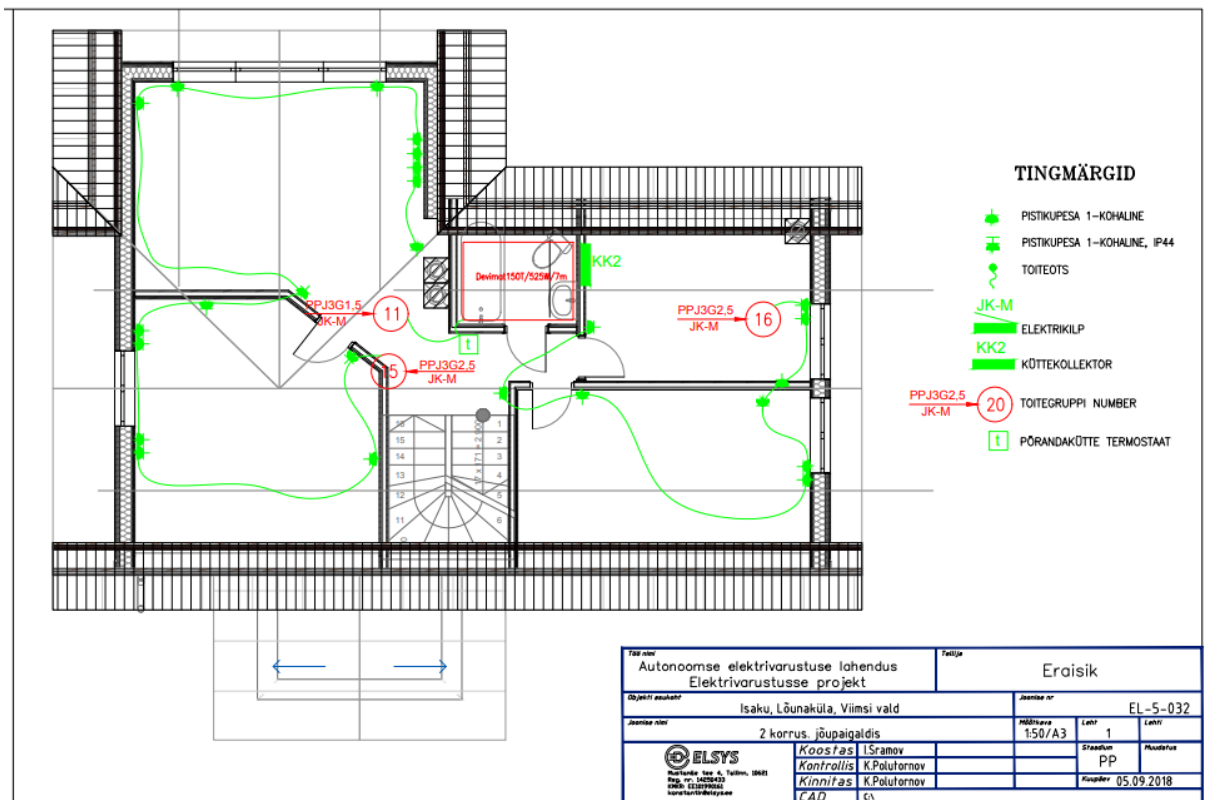
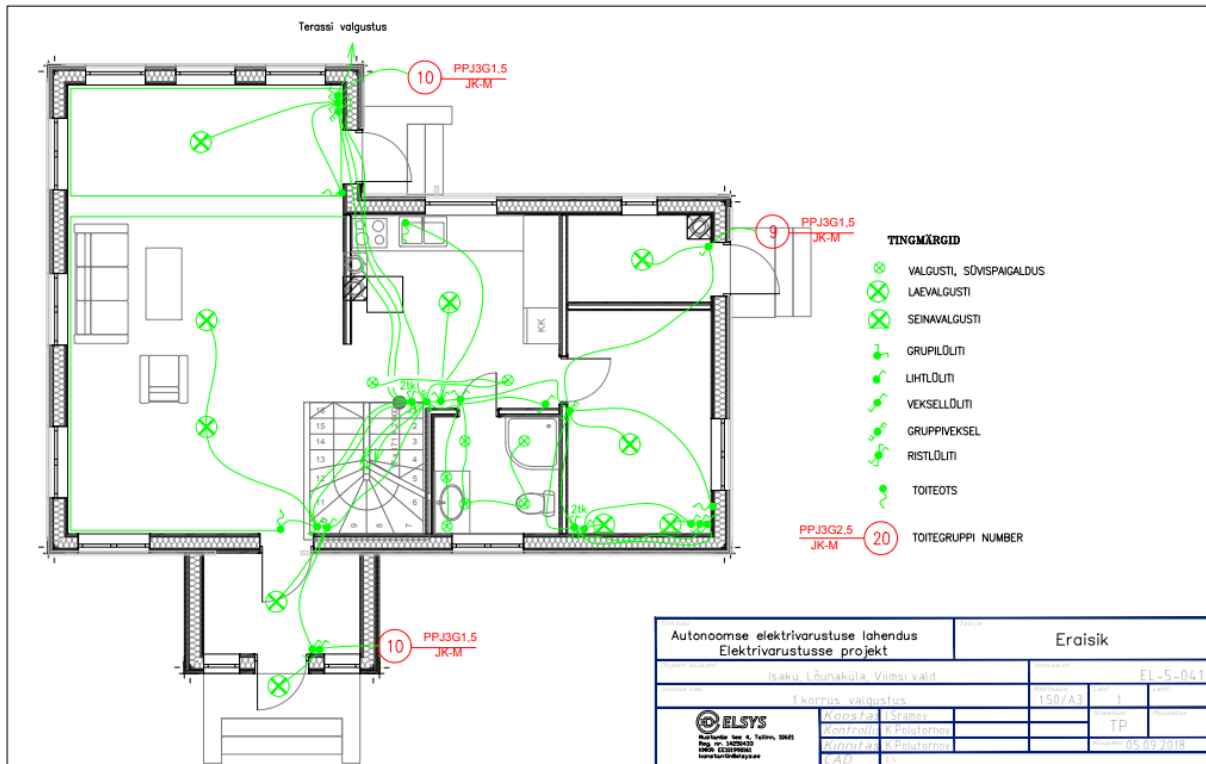
Pistikupesade, lülite ja termostaatide tootesarjad täpsustada Tellijaga.

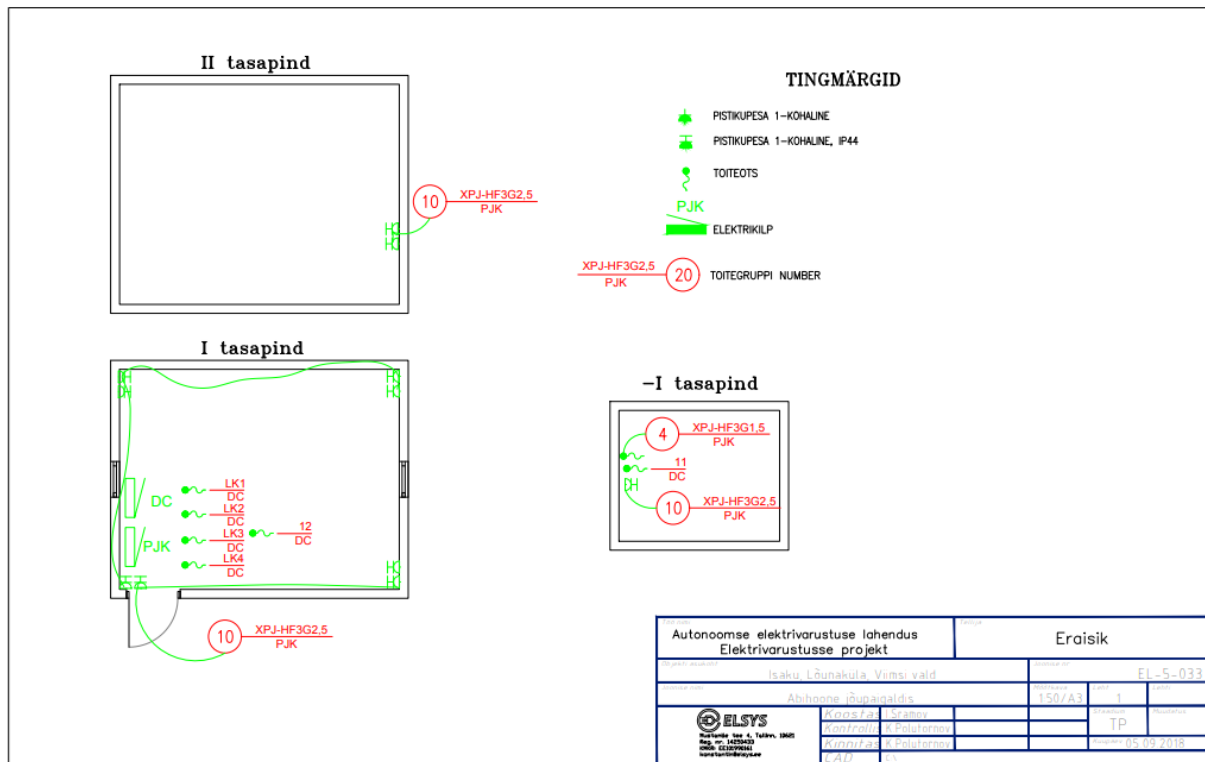
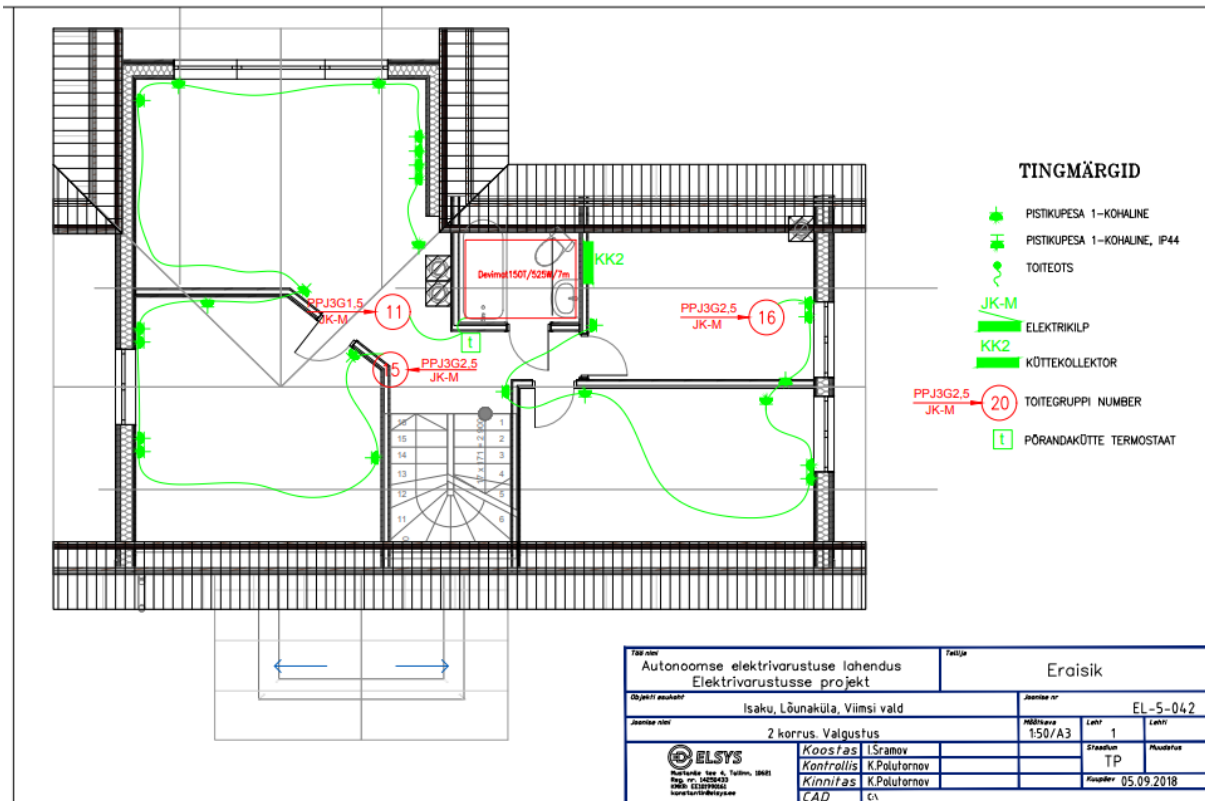
Objekti nimi Võrguvaba elektrivarustussüsteemi projekteerimine		Joonise nimetus Spetsifikatsioon		Eriala EL
Aadress Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald				Staadium TP
				Möötkava -
 ELSYS Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14250433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Projekt		Töö nr 10118	Leht EL-SEAD
	I.Šramov			Lehti 83 – 101
	Proj. insener			
	K. Polutornov			
	Kuupäev		Tellija Erasik	

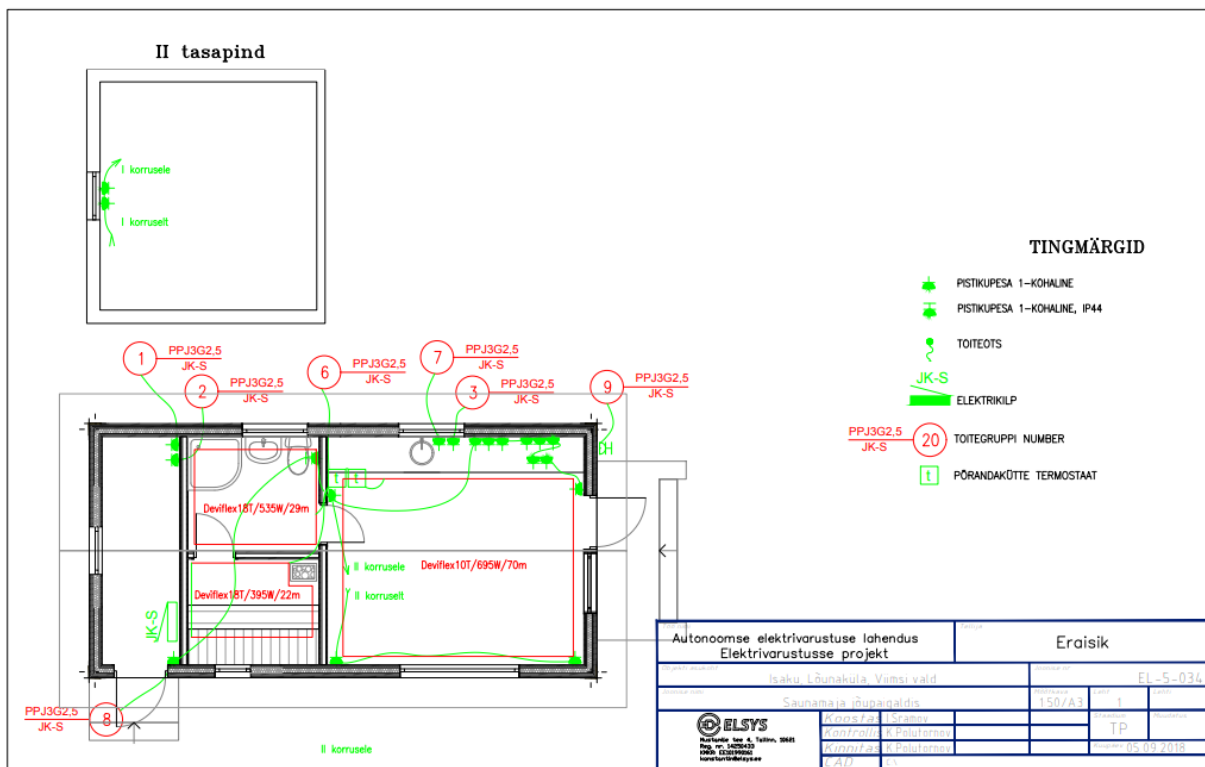
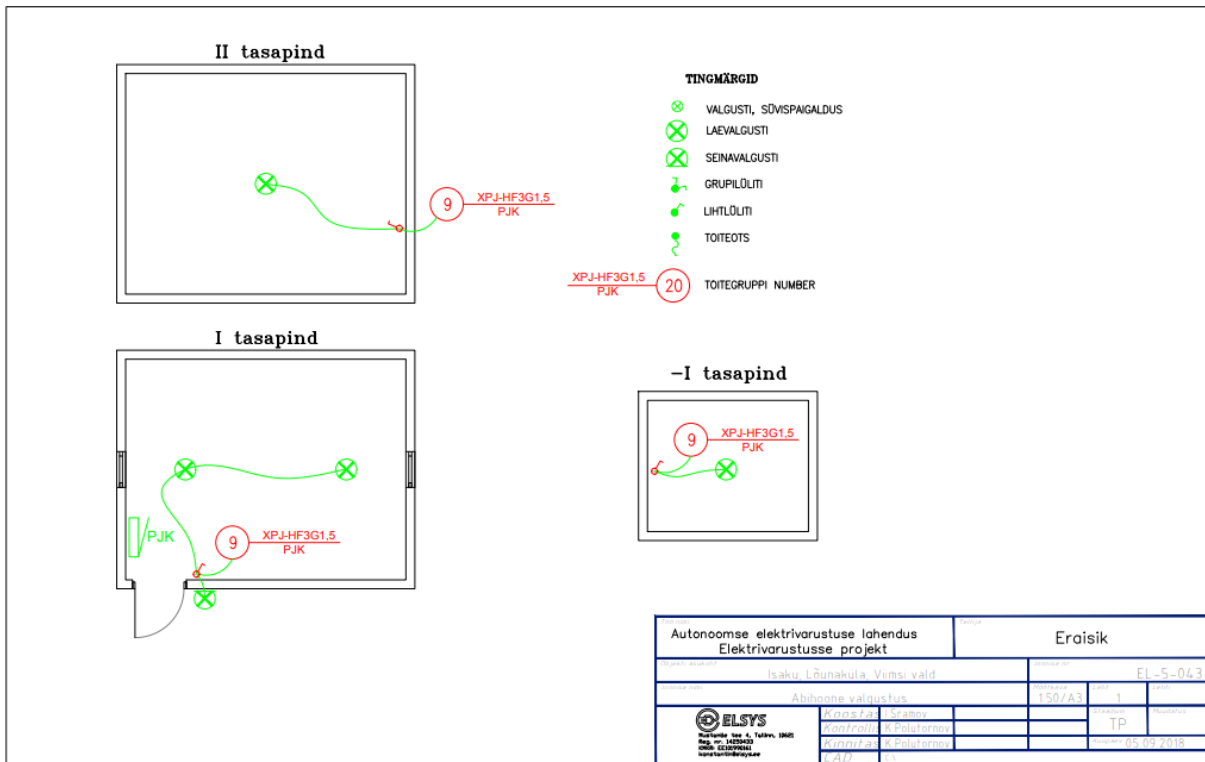


Töö nimi Autonoomse elektrivarustuse lahendus Elektrivarustusse projekt		Tellija Eraisik		
Objekti asukoht Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald		Joonise nr EL-5-001		
Joonise nimi Elektrivarustuse ja magistraalliinide skeem		Mõõtkava 1:50/A3	Leht 1	Lehti
 Mustamäe tee 4, Tallinn, 10621 Reg. nr. 14200433 KMKR: EE101990161 konstantin@elsys.ee	Koostas	I.Sramov		Stadium
	Kontrollis	K.Polutornov		TP
	Kinnitas	K.Polutornov		Kuupäev
	CAD	CA		05.09.2018
				Muudatus

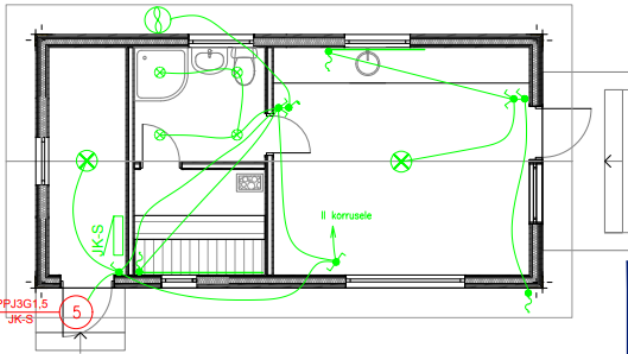
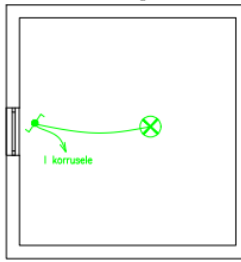








II tasapind

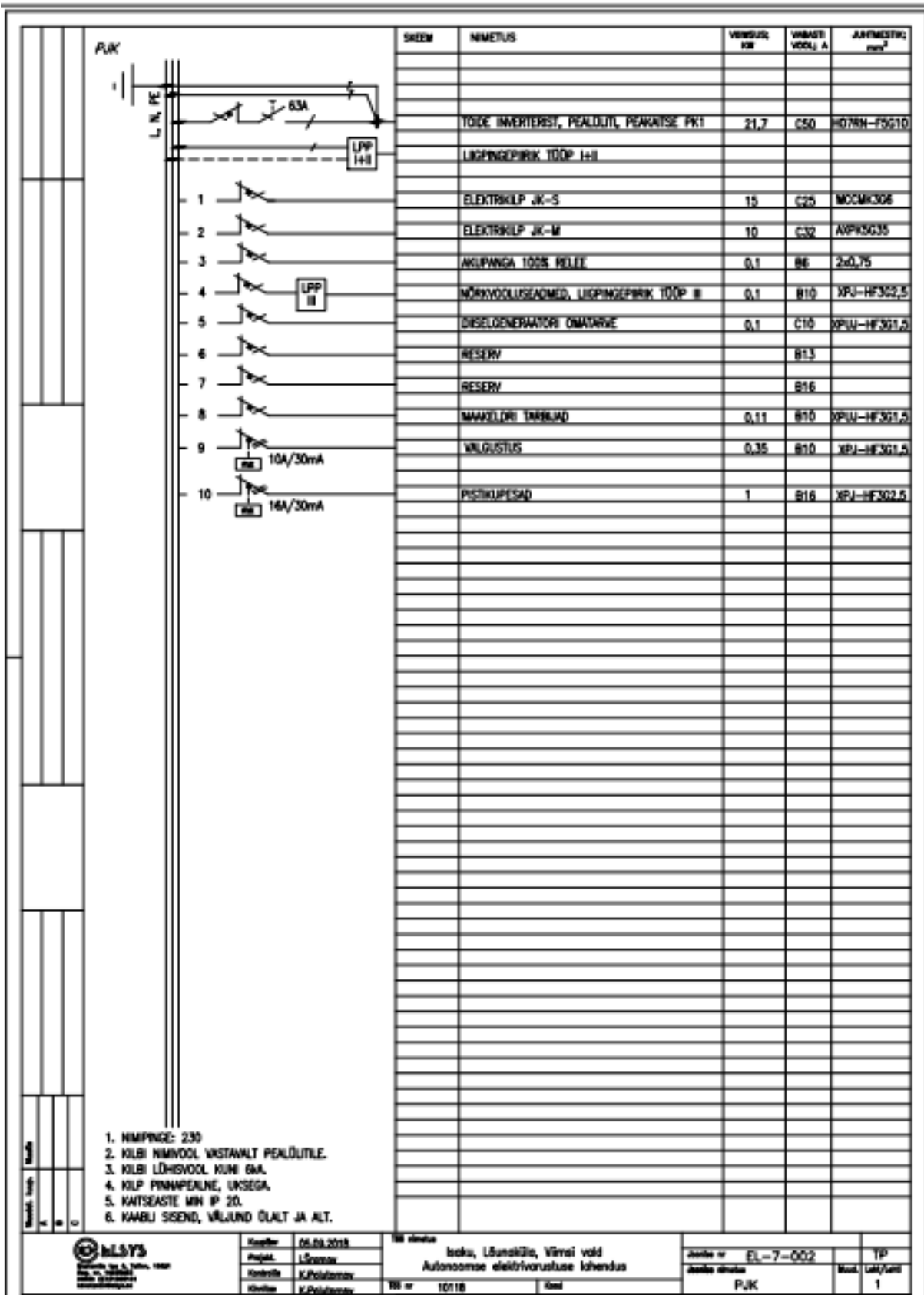


TINGMÄRGID

- ⊗ VALGUSTI, SÕVISPAIGALDUS
- ⊗ LAEVALGUSTI
- ⊗ SEINAVALGUSTI
- ⊗ VENTILAATOR
- ⊗ GRUPILÜLITI
- ⊗ LIHTLÜLITI
- ⊗ VEKSELLÜLITI
- ⊗ TOITEOTS

PPJ3G2.5 JK-S 20 TOITEGRUPPI NUMBER

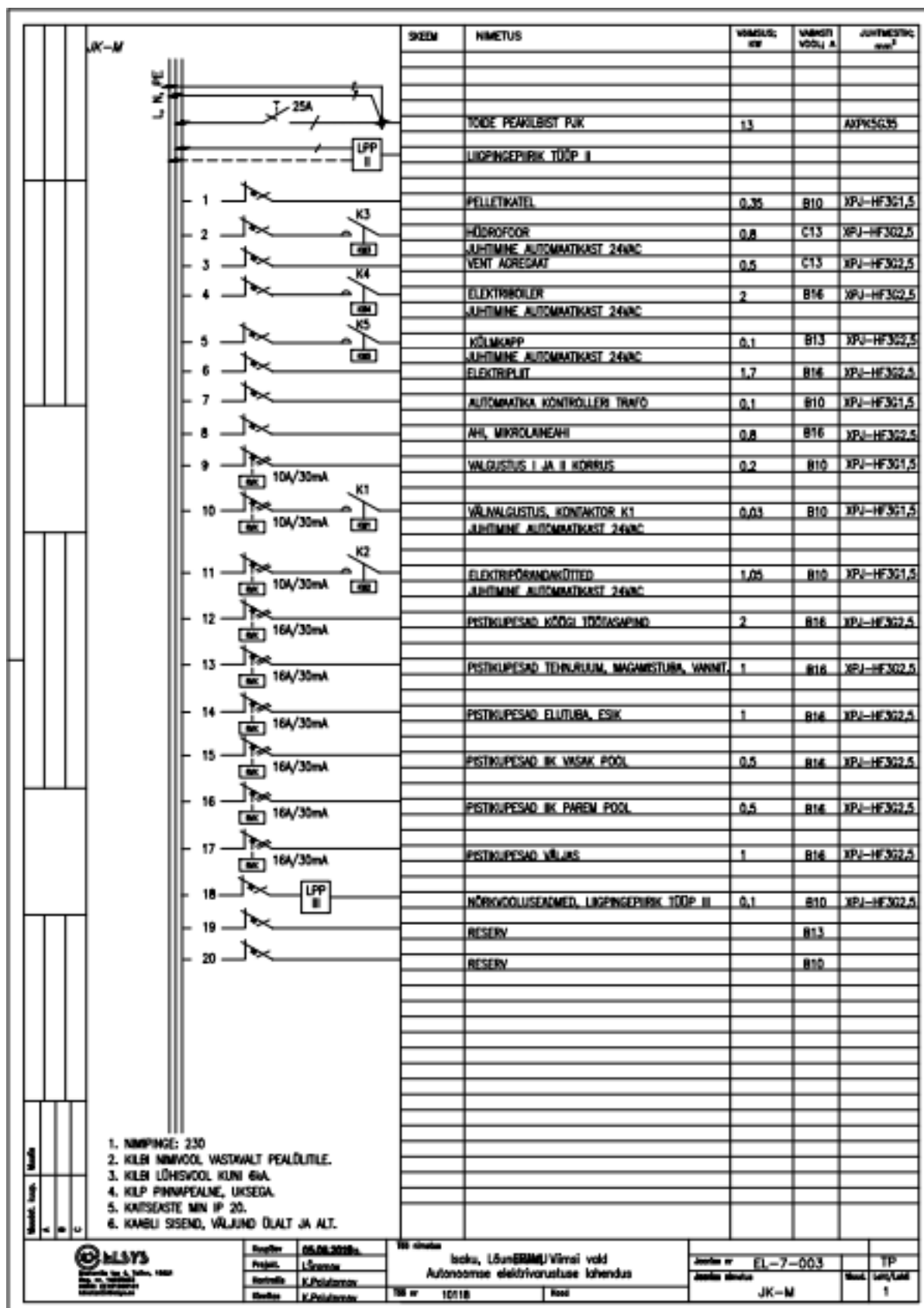
Autonoomse elektrivarustuse lahendus Elektrivarustusse projekt		Eraisik	
Projekti koostaja	Isaku, Lõunaküla, Viimsi vald	Projekti nr	EL-5-044
Projekti nimi	Saunamaja valgustus	Alalaud	150/A3
ELSYS Elektritehnika, ins. & Tehnik, OÜ Põ. nr. 4000457 00001 Eesti www.elsys.ee	Kirjutaja	1	Projektant
	Kontrolli	TP	Projektant
	Kinnitaja		05.09.2018
	Al		

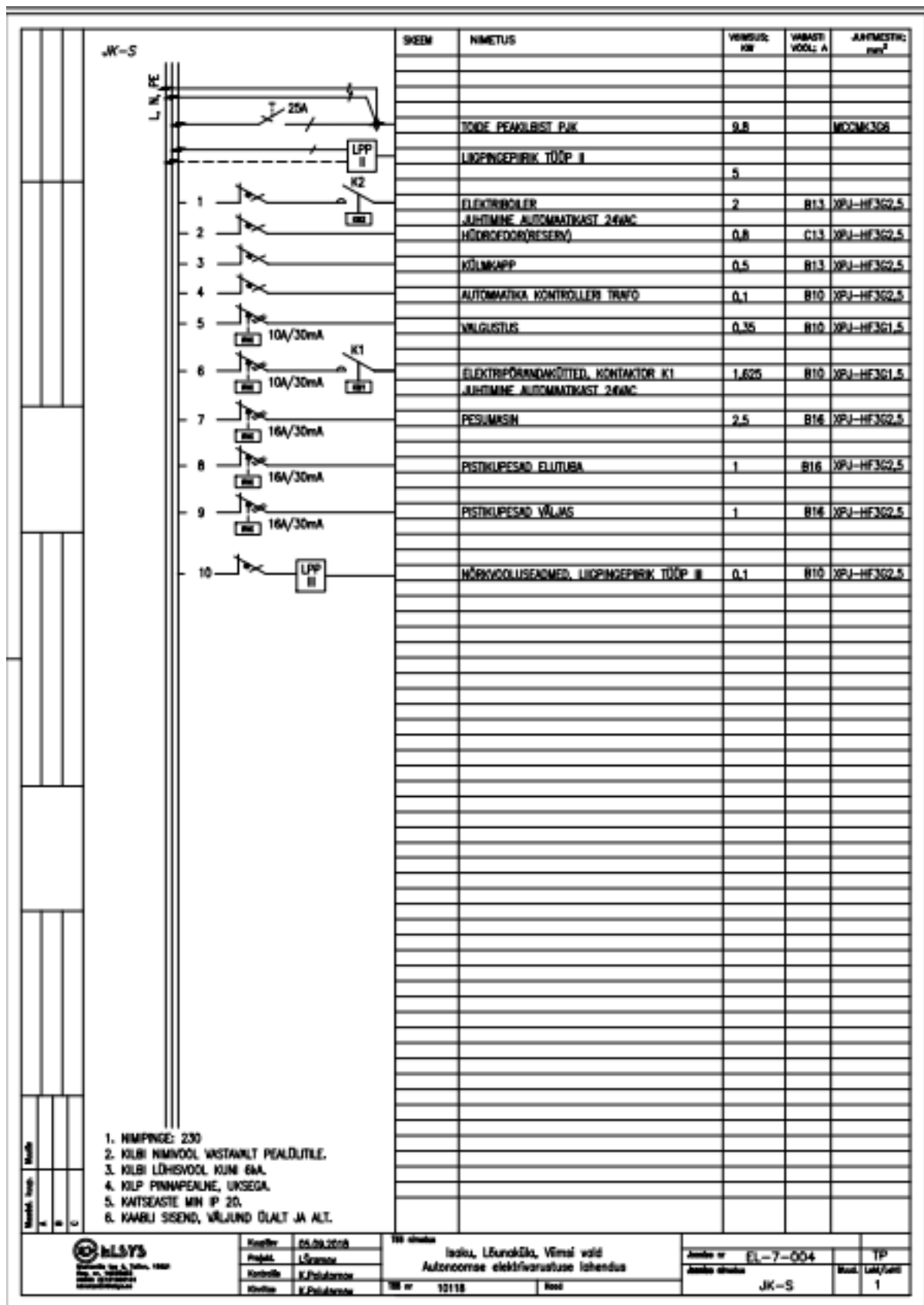


SIKEM	NIMETUS	VIGIUS kW	VIBASTI VOOL, A	ARVIMISTIK mm ²
	TOIDE INVERTERIST, PEALÜTIL, PEAKAISE PK1	21,7	C50	H07RN-F5G10
	LIGIPINGEPIIK TÕDP I-II			
1	ELEKTRIKLP JK-S	15	C25	MOCMK306
2	ELEKTRIKLP JK-M	10	C32	AWPK5G35
3	AKUPANGA TÕDN RELEE	0,1	B6	2x0,75
4	NÕRKOOLUSEADMED, LIGIPINGEPIIK TÕDP II	0,1	B10	XPLU-HF3G1,5
5	DIESELGENERAATORI OMATARVE	0,1	C10	XPLU-HF3G1,5
6	RESERV		B13	
7	RESERV		B16	
8	MAAKLORI TARBUMAD	0,11	B10	XPLU-HF3G1,5
9	VILGUSTUS	0,35	B10	XPLU-HF3G1,5
10	PISIKUPESAD	1	B16	XPLU-HF3G1,5

1. NIMPIINGE: 230
2. KILBI NIMIVOOL VASTAVALT PEALÜTILE.
3. KILBI LÕHISVOOL KUNI 63A.
4. KLP PINNAPEALNE, UKSEGA.
5. KATSEASTE MIN IP 20.
6. KABLJI SISEND, VÄLJUND ÜLALT JA ALT.

	Kaasleht	05.09.2018	1018 Isaku, Lõunakõla, Virrali vald Autonoomse elektrivõrgu loendus	Arvite nr	EL-7-002	TP 1
	Projekt	L.Šestov		Arvite nimetus	PJK	
	Kontroll	K.Politanov				
	Kirjutaja	K.Politanov				





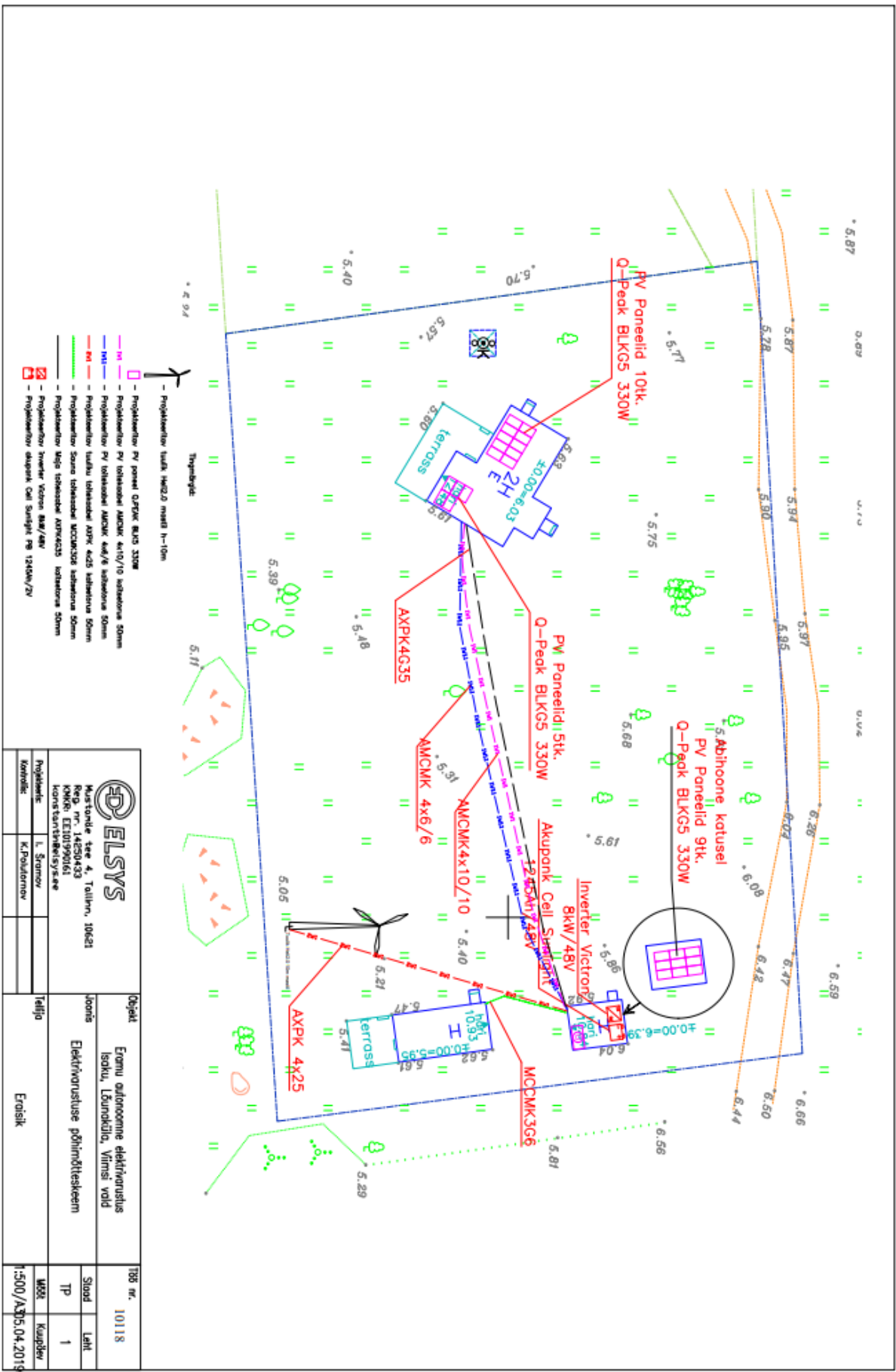
1. NIMPINGE: 230
2. KILBI NIMIVÕOL VASTAVALT PEALDUTILE.
3. KILBI LÕHISVÕOL KUMI 6A.
4. KILP PINNAPEALNE, UKSEGA.
5. KAITSEASTE MIN IP 20.
6. KAABLI SISEND, VÄLJUND OLALT JA ALT.



Koostaja: 05.09.2018
 Projekt: Lõpetatud
 Kontroll: K. Põldmaa
 Kiiruse: K. Põldmaa

100 skema
 Iseala, Lõunakõla, Viimsi vald
 Autonoomse elektrivarustuse lahendus
 № nr 10118

Arvite nr EL-7-004
 Arvite skema JK-S
 TP
 Koostaja: 1



- - Projektsioon PV paneel Q-PEAK BLKG 330W
- ▨ - Projektsioon PV tahasele MDCMK 4x10/10 tahasele 50mm
- ▨ - Projektsioon PV tahasele MDCMK 4x6/6 tahasele 50mm
- ▨ - Projektsioon tahku tahasele AXPK 4x25 tahasele 50mm
- ▨ - Projektsioon tahku tahasele MDCMK3G6 tahasele 50mm
- ▨ - Projektsioon kogu tahasele MDCMK3G6 tahasele 50mm
- ▨ - Projektsioon tuuleturbiinide korpuste 10x10m
- ▨ - Projektsioonid alapeki või sarnajd pü 12x6Ah/48V

ED ELSYS

Muutuste tee 4, Tallinn, 10621
 Reg. nr. 14520433
 KMR: EE101990161
 konsult@elsys.ee

Objekt	Eromu autonoomne elektrivõrkus	186 nr.
Asukoht	Isaku, Läänrakvere, Vilmsi vald	10118
Projektsiooni	Elektrivõrkususe põhiimiteeskem	Sheet
Komplekt	L. Sarnav	TP
Komplekt	K. Põldaru	1
Projektsiooni	Erak	Määr
Komplekt		1:500/A3/05.04.2019