



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**Päikesepaneelide tootlikkuse ja tasuvuse analüüs
tegelikes tingimustes**

**Analysis of productivity and profitability of solar panels under
real conditions**

MASINAEHITUS- JA ENERGIATEHNOLOOGIA PROTSESSIDE JUHTIMINE
- ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Janno Mikk

Üliõpilaskood: 193268EDJR

Juhendaja: Aleksei Hõbesaar
Nooremlektor

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.

"15" Mai 2023.

Autor:Janno Mikk...Allkirjastatud digitaalselt....

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." 20.....

Juhendaja: .Aleksi Hõbesaar...Allkirjastatud digitaalselt....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees ...Allkirjastatud digitaalselt.

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Janno Mikk (sünnikuupäev: 03.12.1991)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Päikesepaneelide tootlikkuse ja tasuvuse analüüs tegelikes tingimustes, mille juhendaja on Aleksei Hõbesaar,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas 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 punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Janno Mikk, 193268EDJR

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine

Juhendaja(d): Nooremlektor, Aleksei Hõbesaar, aleksei.hobesaar@taltech.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Päikesepaneelide tootlikkuse ja tasuvuse analüüs tegelikes tingimustes

(inglise keeles) Analysis of productivity and profitability of solar panels under real conditions

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Omatarbeks paigaldatud erinevate päikesepaneelide omavaheline võrdlus.
2. Tootlikkuse võrdlus temperatuurist.
3. Päikesepaneelide tasuvus omatarbel ja elektrivõrku müües.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Andmete kogumine ja korrastamine	12.03.2023
2.	Andmete analüüsimine	31.03.2023
3.	Järelduste tegemine analüüsitud andmete alusel.	25.04.2023

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "17" Mai, 2023a

Üliõpilane: Janno Mikk Allkirjastatud digitaalselt "....." 20.....a
/allkiri/

Juhendaja: Aleksei Hõbesaar Allkirjastatud digitaalselt "....." 20.....a
/allkiri/

Programmijuht:

..... "....." 20.....a
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1. PÄIKESEPANEELID	10
1.1 Päikesepaneelide kasutamine	10
1.2 Elektrienergia hind	10
1.3 Päikesepaneelide tüübid	11
1.4 Inverterite tüübid	12
1.5 Süsteemi paigaldus	12
1.6 Omatarbeks süsteemi maksumus	13
2 TOOTISMOODULI E HITAMINE	14
2.1 Projekti koostamise eelarve	14
2.2 Päikesepaneelide valimine	14
2.3 Inverteri valimine	14
2.4 Maaraami ehitamine	15
2.5 Temperatuuri mõõtmine	16
2.6 Väline vaatlus ja sidevahendid	16
3 ANDMETE ANALÜÜS	17
3.1 Tootlikus tehase andmete järgi	17
3.2 Tootlikus tegelikes tingimustes maaraamil	18
3.2.1 Tootlikus ühes päevas	18
3.2.2 Tootlikus ühes kuus	19
3.2.3 Tootlikus 6 kuu lõikes	19
3.3 Tootlikuse sõltuvus temperatuurist	20
3.4 Omatarbeks kasutatud elektrienergia	22
3.5 Päikesepaneelide tasuvus võrkumüügil	22
3.6 Päikesepaneelide tasuvus omatarbel	23
KOKKUVÕTE	24
SUMMARY	25
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	27
LISAD	29
Lisa 1	29
Lisa 2	30
Lisa 3	31

Lisa 4.....	32
Lisa 5.....	33
Lisa 6.....	34

EESSÕNA

Lõputöö valmis autori suurest huvist päikesepaneelide vastu. Autoril on mitme aastane kogemus elektrivaldkonnas kus kliendid on pidevalt uurinud erinevate päikesepaneelide tasuvuse kohta. Ka autorit ennast on huvitanud erinevate tootjate hinnaerinevused ja tootlikused. Tulenevalt sellest valiti juhendajaga lõputöö teema.

Peale juhendaja abistasid lõputööga päikesepaneelide ja inverterite maaletoojad kes andsid soovitusi, ideid paneelide valikul ja paigaldusel. Autor soovib tänada Sigmasystem OÜ'd kes ideest kuuldes kohe vastavad vahendid võimaldas.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

4G – Mobiilsidevõrk sagedusel 800MHz, 1800MHz, 2600MHz

Imp / A – Maksimaalne voolutugevus täielikult koormatud paneelil

Isc / A – Suurim lühisvool tootlikusel amprides

kWh – ühes tunnis toodetud vatti elektrienergia 10^3

MW – ühes tunnis toodetud vatti elektrienergia 10^6

STC / Pmax/ W – Standard testimis tingimuste maksimaalne võimsus vattides

TIER 1- Tootja poolt tagatud standard [8]

W – vatt SI mõõtühik

Vmp / V – Maksimaalne pinge täielikult koormatud paneelil

Voc / V – Maksimaalne pinge mida toodab päikesepaneel ilma koormuseta

SISSEJUHATUS

Tänapäeva ühiskonnas on suureks probleemiks energia resursside aina suurenev kasutamine. Viimastel aastatel on eriti aktuaalseks muutunud taastuva elektrienergia kasutamine. Probleem tõusis teravamalt esile tänu euroopas toimuvatele sündmustele, millest tulenevalt on piiratud odavama energiaallikate sisseostu. See on omakorda euroopa elektriturul energia hinda tõstnud mitmeid kordi. Lisaks hinna tõusule tekkis turul ka energiapuudus. 2022 aastal hoiatas Eesti peaminister mitmeid kordi võimalike elektrikatkestuste eest [1]. Elektrienergia hinna kiire kasv on kaasanud ka teiste toodete ja teenuste kallinemise. Et vältida suuri kulutusi elektrienergiale ja hoiduda võimalike elektrikatkestuste eest on koduomanikud hakanud omatarbeks paigaldama hoonetele ja nende lähedusse päikesepaneele.

Tulenevalt suurtest paigaluse kogustest ja lõputöö autori suurest huvist päikesepaneelide vastu, alustas ta uurimust, kas ja kui kiiresti tasuvad päikesepaneelide maksumus ära tegelikes tingimustes paigaldatuna maaraamile. Kuna paneeli tootja väärtused leitakse ideaal tingimustes siis uuriti kas väärtused paberil ka tegelikus nii on.

Lõputöö esimeses osas on kirjeldatud päikesepaneelide kasutamist. Järgmises peatükis tuuakse välja elektri hind ja selle kujunemine elektriturul. Edasi vaadatakse üle päikesepaneelide tüübid. Selgitatakse mõisted „On grid“, „Off grid“ ja hübriid inverterite süsteem. Kirjeldatakse elektrienergia tootmisüksuse rajamise etappe ja viimaseks vaadatakse üle investeringu maksumus omatarbe eesmärgil paigaldatud süsteem eraisikule.

Teises osas tuuakse välja lõputöö jaoks ehitatud süsteemi eelarve ja maksumus. Selgitatakse mille alusel valiti töös kasutatud päikesepaneelid. Kuidas arvutati ja koostati paneelide paigalduseks vajalik alusraam. Ühtlasi on kirjeldatud ka mõõtevahendeid mida kasutatud töö tulemuste saamiseks.

Kolmanda osana on analüüsitud kallima ja odavama päikesepaneeli tootlikust maapeale paigaldatud fikseeritud raamil. Kirjeldatakse saadud tulemusi graafikute põhjal. Uuritud paneelide andmed on kokkuvõetud Microsoft Excel ga.

1. PÄIKESEPANEELID

1.1 Päikesepaneelide kasutamine

Viimastel aastatel on elektrit tootvate päikesepaneelide kasutamine plahvatuslikult kasvanud. Elektrilevi andmetel oli 2022 aasta lõpuks üle 15500 elektritootjat koguvõimsusega 607 MW [2], võrreldes 2019 aastaga on seda 3 korda rohkem. Selle kasvu ajendiks Eestis oli riigitoetus toodetud kwh'le, teisalt aga päikesepaneelide odavnemine ja nende lihtsam kättesaadavus [3]. Kolmandaks peamiseks põhjuseks on elektrihindade hüppeline kasv ja sellest tingitud suured kulutused elektrienergiale [4]. Et vähendada kulutusi elektrienergiale paigaldatakse Eestis palju päikesepaneele. Autori kogemusel paigaladavad eramaja omanikud paneelid peamiselt majakatustele, harvemal juhul maaraamidele aga ka fassaadidele. Ärilisel tootmis eesmärgil ehitatakse tootmisüksused peamiselt põldudele. Kuna ka omatarbe eesmärgil paigaldatakse paneele maaraamidele ja hõivatakse põllundusele vajalike pindalasi siis uuriti lõputöös kas maaraamile paigaldatud kallimal päikesepaneelil on eeliseid võrreldes odavamaga, et vähendada elektritootmiseks hõivatavat pindala.

1.2 Elektrienergia hind

Elektrienergia hind on eelnevatel aastatel püsinud stabiilne, kuid viimaste aastate sündmused on lükanud energia hinna kiirele tõusule [4].

Alates 2010ndast aastast pakutakse Eestis toodetud elektrienergiat Nordpool AS elektribörsil. Börsil kujuneb elektrihind tootjate ja klientide hulgast. Iga päev annavad kliendid järgmise päeva nõudluse prognoosi elektrienergiale oksjonile, millele hakkavad vastama tootjad. Nii proovitakse leida võimalik tasakaal pakkumise ja nõudluse vahel. Juhul kui klientide nõudlus ületab pakkumise siis elektrihind tõuseb ja vastupidisel puhul energiahind langeb. Harva tuleb ette ka juhuseid kus elektrihind saab olla ka negatiivne, sellisel juhul maksab elektritootja tootmise eest peale. Eelmise aasta 2022 ja 2020 elektrihinna võrdlus kuude kaupa on toodud tabelis 1.2. Lõputöö üheks eesmärgiks oli võrrelda kas kallim päikesepaneel tasub investeringut odavama paneeli ees. [4]

Tabel 1.2 Nordpooli hinnad aastatel 2022 ja 2023

	Detsember	263,45	45,49
	November	218,99	40,99
	Oktoober	174,29	37,62
	September	228,93	39,60
	August	361,35	40,90
	Juuli	233,21	30,10
	Juuni	173,83	37,77
	Mai	151,37	25,02
	Aprill	100,66	23,69
	Märts	151,23	24,02
	Veebruar	104,63	28,11
	Jaanuar	141,74	30,82
Aasta		2022	2020

1.3 Päikesepaneelide tüübid

Ühe osana lõputööst uuriti omatarbeks paigaldatud päikesepaneelide tootlikuse erinevust. Kuna päikesepaneele on erinevaid ja saab kasutada erineval otstarbel siis tuleb enne selgitada millised on päikesepaneelide tüübid. Laialdaselt kasutatakse tänapäeval päikesepaneele elektritootmiseks ja tarbevee soojendamiseks läbi soojusvaheti [5]. Tarbevee soojendamiseks mõeldud päikesepaneele nimetatakse ühtlasi kollektoriteks, mille eesmärk on boileris või soojussalvestis vee soojendamine [6]. Kuid tänapäeva suurem osa tarbijatest kasutab just aga elektritootmiseks mõeldud päikesepaneele. Energia tootmiseks mõeldud paneelid liigituvad vastavalt ehitusele kolmeks peamiseks põhitüübiks : polükristall, monokristall ja kile tüüpi päikesepaneelid. Erinevat tüüpi paneelidel on väga erinev kasutegur valguse muundamisel elektriks, kasutegurid on toodud tabelis 1.3. Tabelist on näha, et kõige väiksem kasutegur on kile tüüpi paneelidel, järgnevad polükristall paneelid ja suurima kasuteguriga monokristall tüüpi päikesepaneelid. Autori töökogemuse põhjal on Eestis kasutusele võetud enamasti monokristall paneelid. Teisi tüüpi paneele on kasutatud arhitektuurse välimuse andmiseks mis on olnud riiklikult ettekirjutatud. Lõputöös uuriti kõige laialdasemalt kasutusel olevat monokristall paneele. Võrreldud on erinevust odavama ja kallima paneeli vahel. Saadud elektrienergiat kasutati mõõtevahendite ja sidevahendite toimimiseks.

Tabel 1.3 Erinevat tüüpi päikesepaneelide parameetrid [7], [8]

Parameeter	Monokristall paneel	Polükristall paneel	Kile
Kasutegur	19%-24%	15%-17%	12,6%

1.4 Inverterite tüübid

Päikesepaneelidest saadakse alalisvoolu, kuid enamuse tänapäeva seadmeid töötab vahelduvvoolu pingega. Selleks, et kasutada saadud energiat võrgupingel töötavate masinatega muundatakse alalisvool vahelduvvooluks inverteriga. Inverterid jagunevad kolmeks erinevaks süsteemiks - On-grid, Off-grid ja hübriid elektrisüsteem. Off-grid ehk ilma elektrivõrguta süsteemid on tavaliselt kasutusel maamajades ja eraldatud kohtades kuhu elektriliin ei jõua ning selle rajamine ei ole finantsiliselt otstarbekas. Off-grid süsteemil ei ole suuri nõudmisi elektrienergia kvaliteedil, kuna seda tarbib tootja ise kinnises võrgus. On-grid ehk elektrivõrku ühendatud elektrisüsteemil peab süsteemi ehitaja järgima väga kindlaid parameetreid ja tagama tootlikuse stabiilsuse. Hübriid süsteem on mõeldud kasutamiseks nii võrgust eraldatud olekus kui ka võrku ühendatud olekus. Inverterite plussid ja miinused on toodud tabelis 1.4. Lõputöös on kasutatud paneelide võrdluseks on-grid tüüpi inverterit.

Tabel 1.4 Inverterite eelised

	Plussid	Miinused
Võrguta süsteem	Ei sõltu võrguettevõttest	Piiratud aeg kasutada
Võrguga ühendatud süsteem	Ülearuse energia saab müüa tagasi elektrivõrku, Odav ehitada	Sõltub võrguettevõttest
Hübriid süsteem	Ei sõltu võrguettevõttest, Saab müüa üleliikse energia tagasi võrku siis kui hind on kõrge.	Kallis soetushind Off-grid süsteemiks peab lisama kallid akud.

1.5 Süsteemi paigaldus

Päikesepaneelidega tootmist on võimalik taodelda kõikidel era- ja juriidilistel isikutel Eesti Vabariigis. Lõputöö autori kogemusel jaguneb kogu liitumise protsess neljaks erinevaks etapiks. Etapp 1 esitatakse taotlus päikesepargi loomiseks võrguettevõtjate kodulehel. Peale taotluse esitamist annab võrguhaldaja teada võimalikust vabast võimsusest piirkonnas ja liitumiseks vajalike muudatuste tegemise maksumusest. Etapp 2 esitatakse kohalikule omavalitsusele ehitusteatis või ehitusluba, vastavalt taotletud hoone liigile. Etapp 3 sisaldab kogu paigaldise väljaehitamist ja seadistamist võrguga liitumiseks. Viimaseks etapiks esitatakse võrguettevõtjale inverteri seadistusprotokoll ja

ehitaja vastavusdeklatsioon. Üle 35A peakaitsmega liitumispunktidel tuleb koostada ka seadme vastavus audit [9]. Võrguga liitumiseks esitatav avaldus on toodud lisas 1. Seadistusprotokolli näidis on toodud välja lisas 2 ja ehitaja vastavusdeklatsioon näidis on toodud lisas 3.

1.6 Omatarbeks süsteemi maksumus

Omatarbeks paigaldatud päikesepaneelide süsteemi maksumus võib erineda mitmeid tuhandeid eurosid. Lõputöös tuuakse välja elektrivõrguga liitunud maaraamile paigaldatud süsteemi maksumus. Maksumus koosneb neljast erinevast komponendist. Esimeseks osaks on elektrivõrguga liitumise tasu mis lõputöö autori kogemustel võib olla 500 eurost kuni 1 000 000 euroni, kuid sagedasem tasu on 536.-. Teise etapina projekti koostamine mis tulenevast projektist jääb 500€ lähedusse. Kolmandana päikesepaneelide, kinnitusvahendite ja paigalduse maksumus. Päikesepaneelide hinda arvutatakse senti vati kohta, enamik hindu jääb 0.3 senti vat vahemikku. Paneelide paigaldust arvestatakse koos kinnituste paigaldusega 50 eurot paneel. Viimaseks komponendiks on inverter, mille hind sõltub süsteemi võimsusest ja tüübist. Lõputöö autori kogemusel kujuneb kogu süsteemi maksumuseks 1020€ üks kWh, see sisaldab paigaldust ja vajalike pabereid kogu liitumise juures.

2 TOOTMISMOODULI EHITAMINE

2.1 Projekti koostamise eelarve

Lõputöö projekti eelarve koosnes lõputöö koostaja oma finantsilistest vahenditest. Projekti eelarveks oli 1500 eurot. Kogu eelarve suurim kulutus oli elektrivõrguga liitumine energia müügiks. Teise suurema kulutuse moodustas inverteri ja päikesepaneelide soetamine. Viimaseks kulutuseks oli maapealse raami ehitamine. Eelarve ja maksumus koos käibemaksuga on ära toodud tabelis 2.1.

Tabel 2.1 Eelarve

	Eelarve	Maksumus
Elektrivõrguga liitumine	600.-	550.-
Päikesepaneel "Sunenergy 380W"	180.-	135.-
Päikesepaneel "Longi 380W"	180.-	160.-
Inverter "Hoy miles HM-1500"	300.-	325.-
Elektroonika	100.-	170.-
Maaraam	140.-	70.-
Kokku	1500.-	1410.-

2.2 Päikesepaneelide valimine

Lõputööks vajalikke päikesepaneele valiti võimsuse, turul kättesaadavuse ja hinna järgi. Tööks vajalikud paneelid leiti kiiresti, kuid saadi viimased saadaval olevad paneelid, sest nõudlus turul oli kõrge. Paneelide valikul kõige tähtsamaks osaks osutus paneeli võimsus, sest lõputöö tarbeks leidis ainult ühte tüüpi inverterit, mis mahtus koostatud eelarvesse. Päikesepaneelide teiseks oluliseks osaks oli paneelide maksumus eurodes ja tootja tuntus euroopa turul. Valituks osutusid Longi – LR4-60HPH 380W ja Sunenergy SUN 60M-H6 380 päikesepaneelid. Longi päikesepaneelid on suure turundusega saavutanud tuntuse kogu Eesti turul ja kuulub TIER 1 tootjate hulka. Seevastu Sunenergy on Eestis vähem tuntud ja ei kuulu TIER 1 tootjate hulka. Kahe päikesepaneeli hinnavahe töö koostajale oli 25 eurot, kuigi tootlikuse parameetrid on üksteisele väga sarnased. Mõlemad paneelid soetati lõputöö eesmärgil ja müüad nõustusid paneele müüma sisseostu hinnaga, tingimusel, et täpset hinda ei avaldata. Päikesepaneelide andmelehed on toodud lisa 4 ja lisa 5.

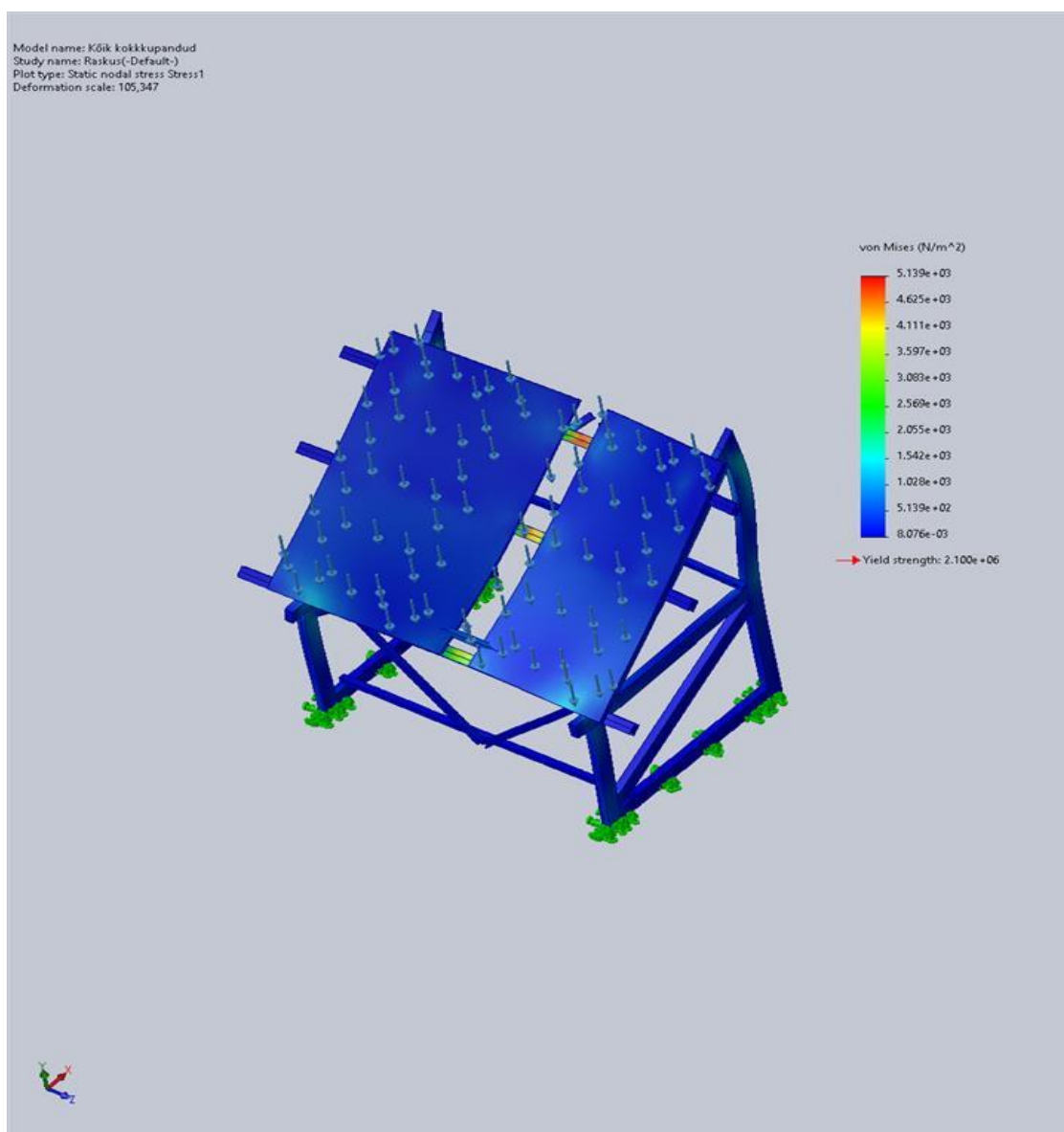
2.3 Inverteri valimine

Nagu eelpool mainitud siis lõputöö eelarvesse mahtus ainult 1 tüüpi inverter. Soodsaimaks osutus on-grid mikroinverter, mida Eesti turult oli keeruline leida. Kuid koostöös inverteri tootjaga leiti sellele lahendus.

Kättesaadavaks mikroinverteriiks leiti „on-grid“ tüüpi Hoymiles HM-1500. Sellel inverteril on neli sisendit, kus iga sisend toetab 380W päikesepaneeli. Mikroinverteri kasuks aitas otsustada ka võimekus mõõta iga päikesepaneeli sisendit eraldi. Inverteri andmeleht on toodud lisas 6.

2.4 Maaraami ehitamine

Lõputöö tarbeks ehitati puidust maaraam kogu süsteemi paigalduseks. Raam projekteeriti Solidworksi tarkvaraga. Maaraami koostamiseks kasutati ehitustelt alles jäänud ja ära viskamisele kuulunud puidumaterjali. Kõige keerulistemaks detailiks osutusid pikkade horisontaalsete talade leidmine. Leitud horisontaal materjal osutus kõige õhemaks detailiks kogu paigaldusel seega tuli teostada detailile tugevusarvutus Solidwork programmis, saadud tulemus on esitatud joonisel üks. Raami 3D vaated on toodud lisas 6.



Joonis 2.1 Raami 3D mudel

Tulemuseks saadi, et raami kõige nõrgemad osad kannatavad $5.139e+03 \text{ N/m}^2$ kohta raskust, mis võrdub 524 kg/m^2 kohta. Raami nõrgeima koha pindalaks on 0.016 m^2 mis kannatab lisaks olemasolevale raskust $32,75 \text{ kg}$, Joonis 2.1 peal märgitud punasena. Suurim oht puruneda tuleneb lumekoormusest päikesepaneelidele. Kuna paneelid on suunatud 42 kraadise nurga alla siis loetakse Eesti tingimuses koormust 0 N/m^2 .

2.5 Temperatuuri mõõtmine

Päikesepaneelide temperatuuri mõõtmine toimus HWg seadmetega. Neid seadmeid kasutavad Eestis ka haiglad ja mobiilside operaatorid. Paneelide temperatuuri mõõdeti välise 2 juhtmelise termomeetriga mis paigaldati ühenduskohtade lähedusele vastu paneeli tagumist külge. Andmete visualiseerimine ja kogumine toimus HWg pilveteenuse vahendusel.

2.6 Väline vaatlus ja sidevahendid

Paneelide väliseks vaatluseks kasutati 355° pöörlevat turvakaamerat, millega jälgiti kohalikku ilma ja uuriti visuaalselt võimalike põhjuseid väiksema tootlikusele. Kaamera ja mõõtevahendite andmete ülekandeks kasutati mobiilside operaatori 4G võrku. Kuna katsetus stand asub maapiirkonnas kuhu sideoperaatorid hästi ei levi, siis lisati ruuteri seadmele juurde suundantennid.

3 ANDMETE ANALÜÜS

3.1 Tootlikus tehase andmete järgi

Kõik päikesepaneelid, mis on lubatud Euroopa Liidu turule on testitud valmistaja tehases [10]. Testimine hõlmab paneeli purunemist raskuste all, tulekindlust, elektrivoolu tootlikust ja ilmastikule vastupidamist [11]. Kõik saadud tulemused tuleb esitada toote andmelehtedel. Lõputöös kasutatud paneelide parameetrid on toodud tabelis 3.1.

Tabel 3.1 Päikesepaneelide andmed [12]

Parameeter	Paneel Longi "LR4-60HPH - 380W"	Paneel Sunenergy "Mars – SUN 60M-H6 380W"
Klaas	Ühekordne karastatud klaas, 3,2mm paks, kaetud	3,2 mm paks karastatud ja vähese raua sisaldusega klaas
Ühenduskarp	IP68, kolme diodiga	IP68, kolme diodiga
Optimaalne töö temperatuur	-40°C - +85°C	-40°C - +85°C
Kõrgeim tootlikus temperatuuril	45°C ± 2°C	45°C ± 2°C
Esikülje staatilise koormustaluvus	5400Pa	5400Pa
Mooduli efektiivsus	20,9%	20,54%
Tuletundlikus	UL Type 1 või 2	-
Moodulite arv	120 (6x20)	120 (6x20)
STC Pmax/W	380W	380W
Voc/V	41,3V	41,7V
Isc/A	11,69A	11,42A
Vmp/V	34,8V	34,8V
Imp/A	10,92A	10,92A
Võimsuse tolerants	0 - +5W	0 - +5W

Nagu tabelist selgub on tegemist väga võrdsete toodetega. Kuid silmapaistab mooduli efektiivsuse erinevus. Erinevus andmetes võib tulla tootja testimise tingimuse erinevusest, sest testimise tingimustel on lubatud tolerants $\pm 3^{\circ}\text{C}$ [7]. Mõlemad tootjad garanteerivad 368,6-380W tootlikuse esimese 5 aasta jooksul.

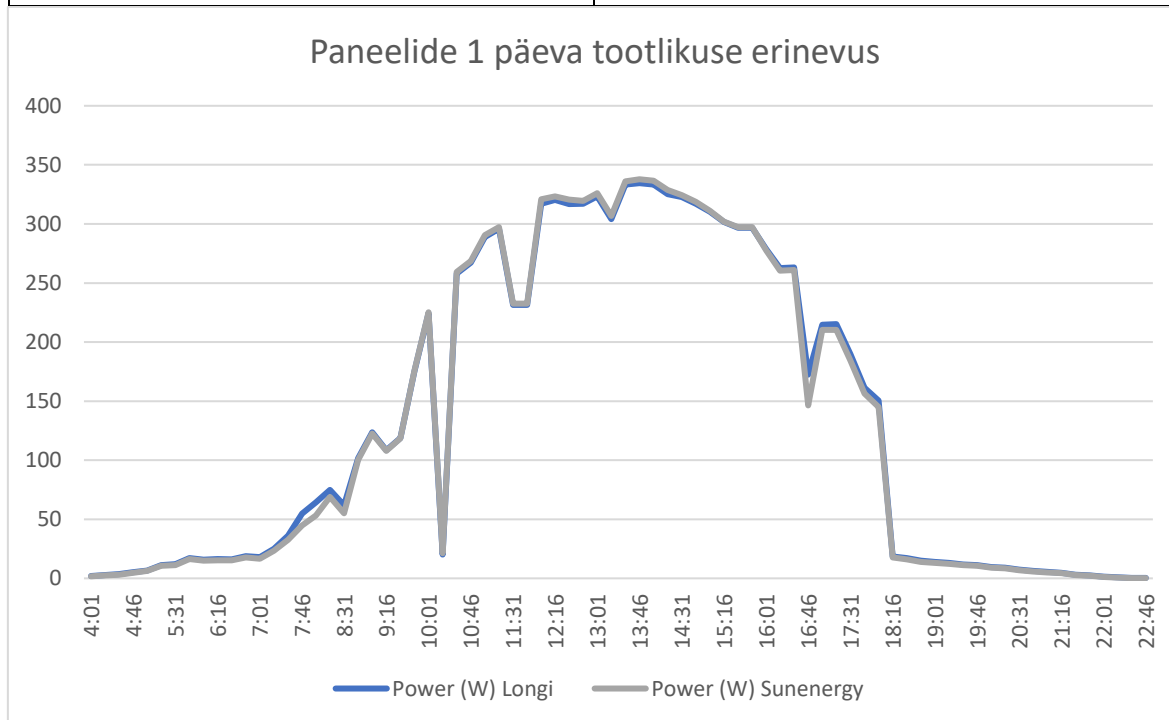
3.2 Tootlikus tegelikes tingimustes maaraamil

3.2.1 Tootlikus ühes päevas

Tootlikus tegelikes tingimustes näitab meile, et tehase katsetused ei vasta tegelikusele. Graafikut 1 uurides on näha kallima paneeli suuremat tootlikust. Ka täpsemalt tabeli andmeid võrreldes näeme, et kallim päikesepaneel Longi "LR4-60HPH" toodab elektrienergiat rohkem võrreldes odavama Sunenergy "Mars – SUN 60M-H6 380W" paneeliga. Kuna tehase andmete järgi toodab kallim paneel 20,9%-20,54% = 0.36% rohkem energiat, siis teostati selle kontroll arvutus. Kontrollimiseks uuriti rohkem tootnud paneeli 1 päeva tootlikust ja lahutati sellest 0.36%. Saadud tulemus peab ühtima vähem tootnud paneeli 1 päeva tootlikusega. Rohkem tootnud paneel tootis 1 päevaga 2.41kWh millest 0.36% = $(0.36 \times 2.41) / 100 = 0.008676\text{kWh}$. Rohkem tootnud paneeli toodangust lahutati saadud tulemus ($2.41 - 0.008676 = 2,401 \text{ kWh}$). Arvutustest selgub, et odavam paneel tootis vähem elektrienergiat kui tehase andmetel 2 paneeli erinevusel näidatud. Erinevus on $(100 \times 2.38) / 2.41 = 98,76$ mis teeb $100 - 98.76 = 1.24 \%$ ühes päevas. Ühe päeva tootlikuse andmed on toodud tabelis 3.2.1 ja graafiliselt joonisel 3.1.

Tabel 3.2.1 Paneelide 1 päeva tootlikus

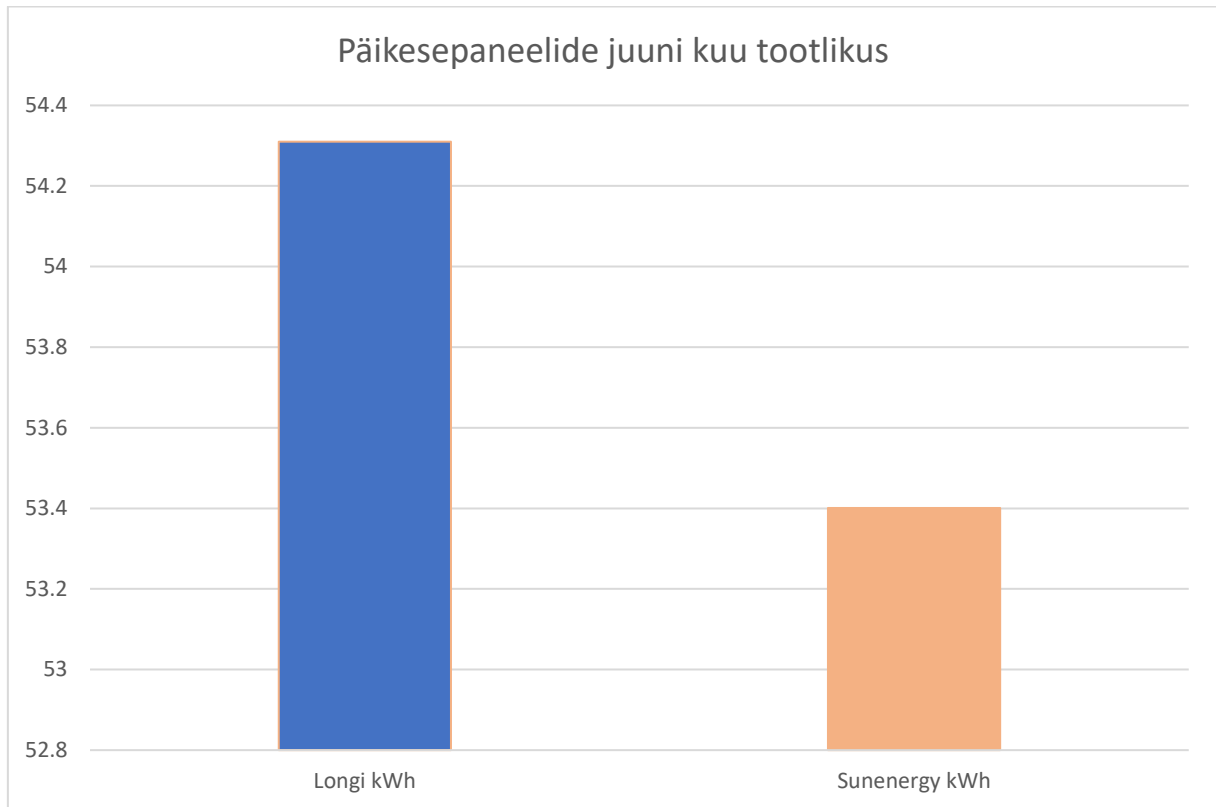
Paneel Longi "LR4-60HPH -380W"	Paneel Sunenergy "Mars – SUN 60M-H6 380W"
2.41kWh	2.38kWh



Joonis 3.1. Ühe päeva tootlikuse erinevus

3.2.2 Tootlikus ühes kuus

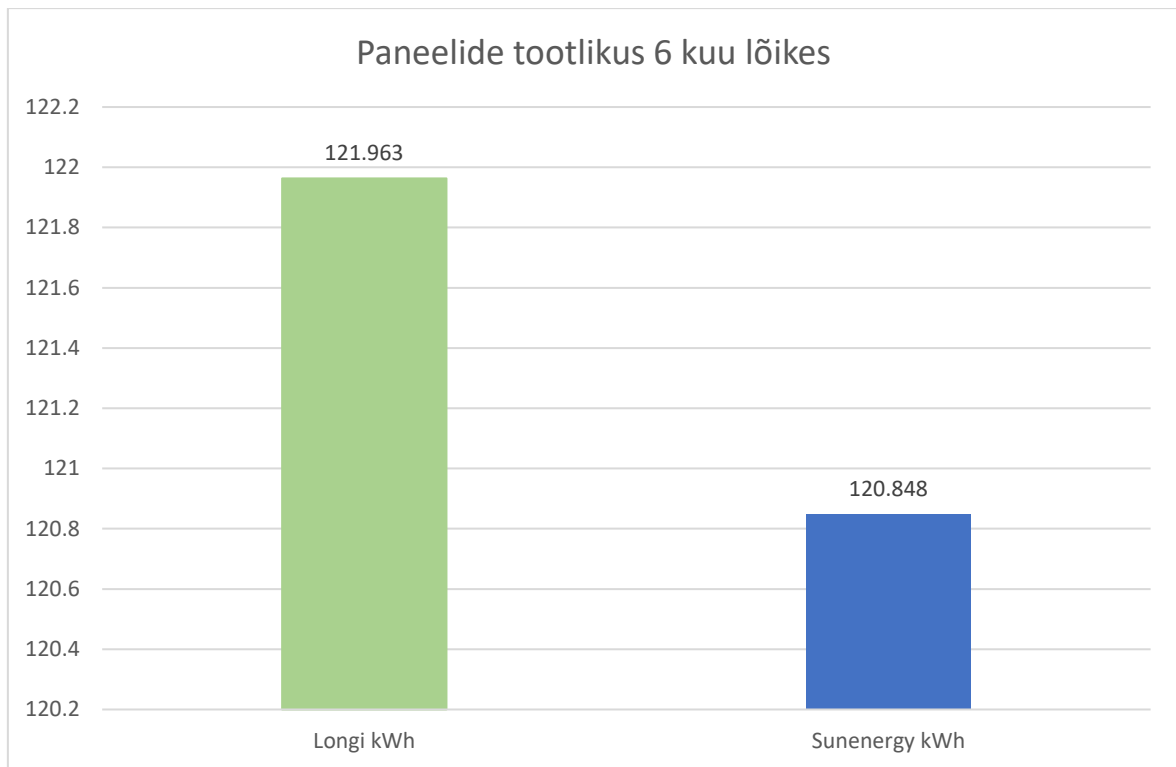
Järgmisena kontrolliti kahe paneeli ühe kuu lõikes toodetud elektrienergia erinevust. Nagu graafik 3.2 elt näha siis kallim paneel tootis 1 kuus 54.31 kWh ja odavam paneel tootis 53.41 kWh elektrienergiat. Tulenevalt sellest arvutati tootlikuse vahe protsentides. Vähem toodeti $(100 \times 53.41) / 54.31 = 98,34\%$ mis teeb $100\% - 98,34\% = 1.65\%$ elektrienergiat.



Joonis 3.2. Tootlikus 1 kuu lõikes

3.2.3 Tootlikus 6 kuu lõikes

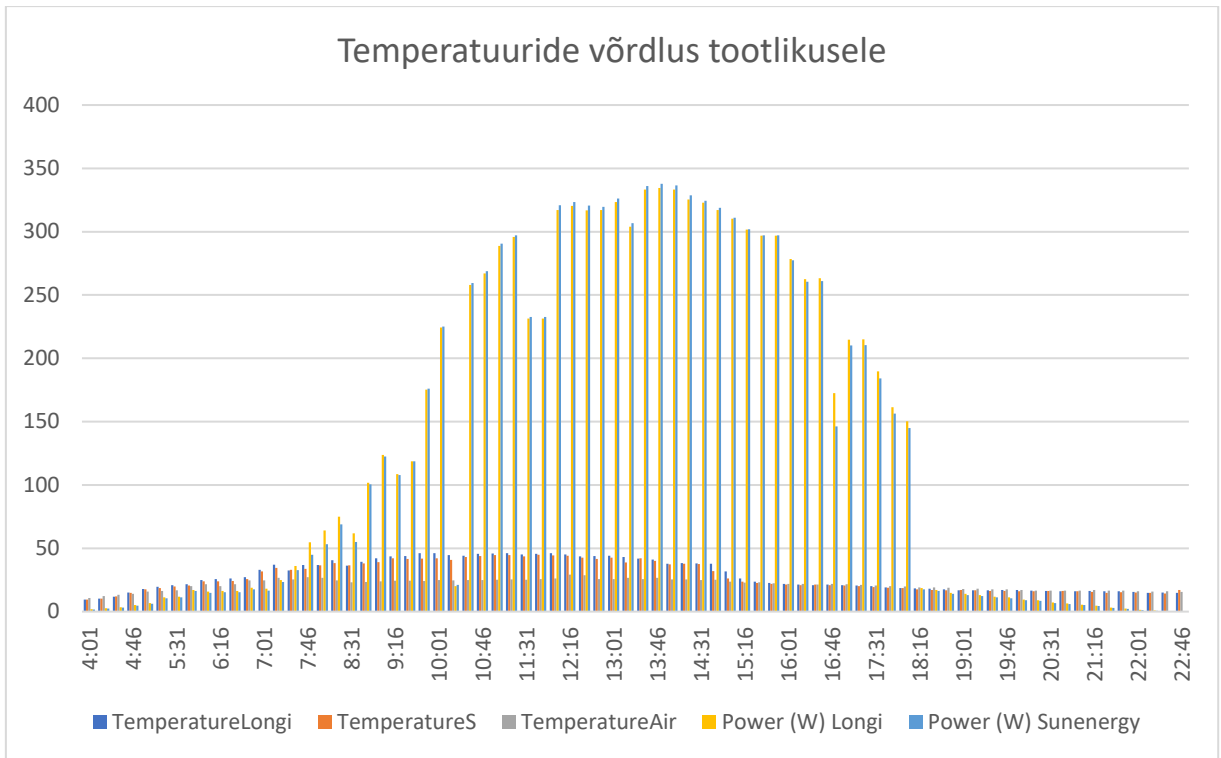
Viimase etapina kontrolliti kahe paneeli elektritootlikust 6 kuu lõikes. Graafikust 3.3 on näha, et kallim paneel tootis 6 kuuga 121.963 kWh ja odavam paneel 120.848 kWh elektrit. Sellest sooritati kahe paneeli erineva tootlikuse arvutus protsentides. Uuriti palju tootis odavam paneel vähem energiat $((100 \times 120.88) / 121.963 = 99.11$ mis teeb $100\% - 99.11\% = 0.888\%$



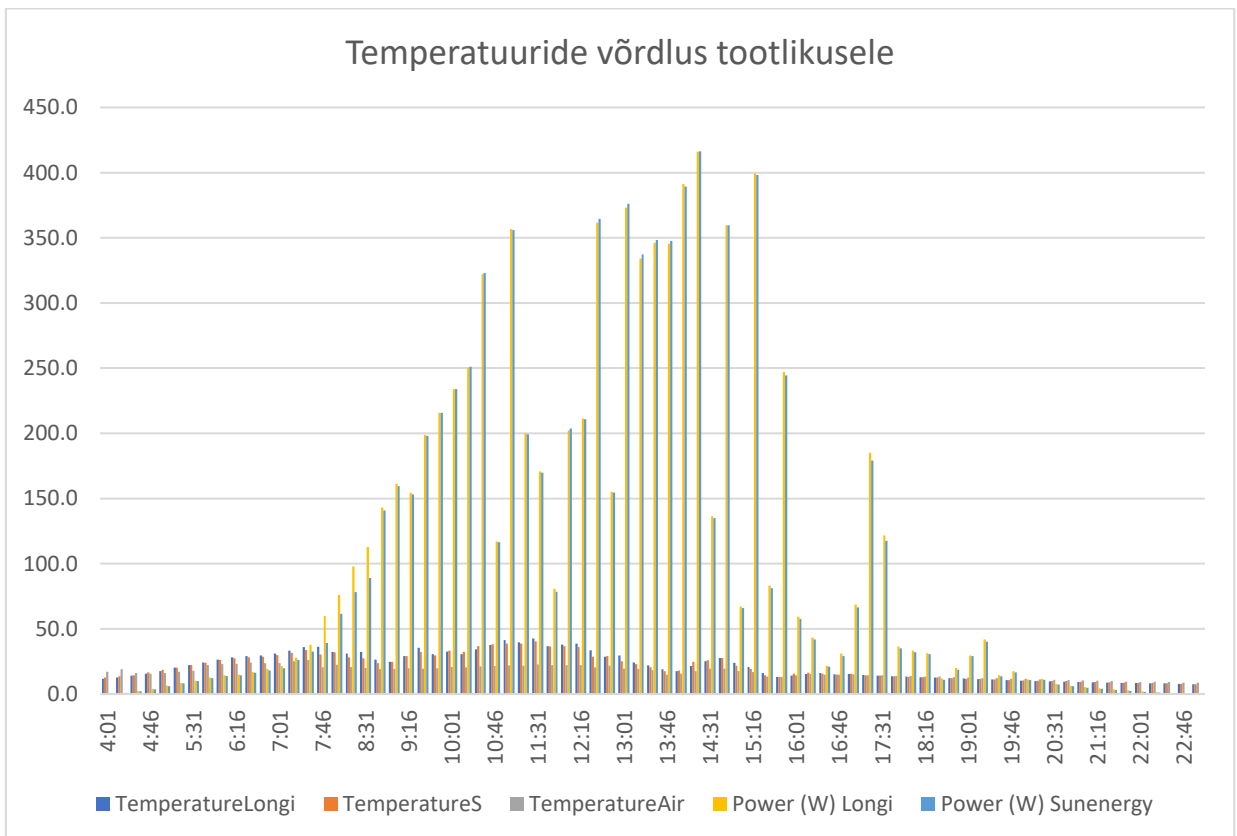
Joonis 3.3. Tootlikus 6 kuu lõikes

3.3 Tootlikuse sõltuvus temperatuurist

Päikesepaneelide andmelehtede järgi on tootlikust katsetatud 25°C keskkonna temperatuuril otsese päikesepaiste juures mille tulemusel on leitud, et paneelide parim töö temperatuur on 45°C ± 2°C. Lõputöö autor on leidnud paneele katsetades, et parim keskmine väliskeskonna temperatuur on 24,7°C ja parim paneeli tootlikuse temperatuur on 35,9°C. Päeva kõige suurem tootlikus on toodud välja graafikus number 3.4. Katsetusel olnud paneelidel kõige suurem tootlikus 416W oli väliskeskonna temperatuuril 17,7°C ja paneeli temperatuuril 21,6°C. Kõige suurema tootlikuse andis päikesepaneeli hetkeline jahtumine tänu ilmastiku tingimustele. Lõputöö koostaja arvates saavutaks päikesepaneel kõige suurem tootlikuse, kui paneel jahtuks iga 15 minuti järel ja peale mida tõuseks temperatuur tagasi endiseks. Kõige suurema tootlikuse momendiga hetk on toodud graafikus number 3.5.



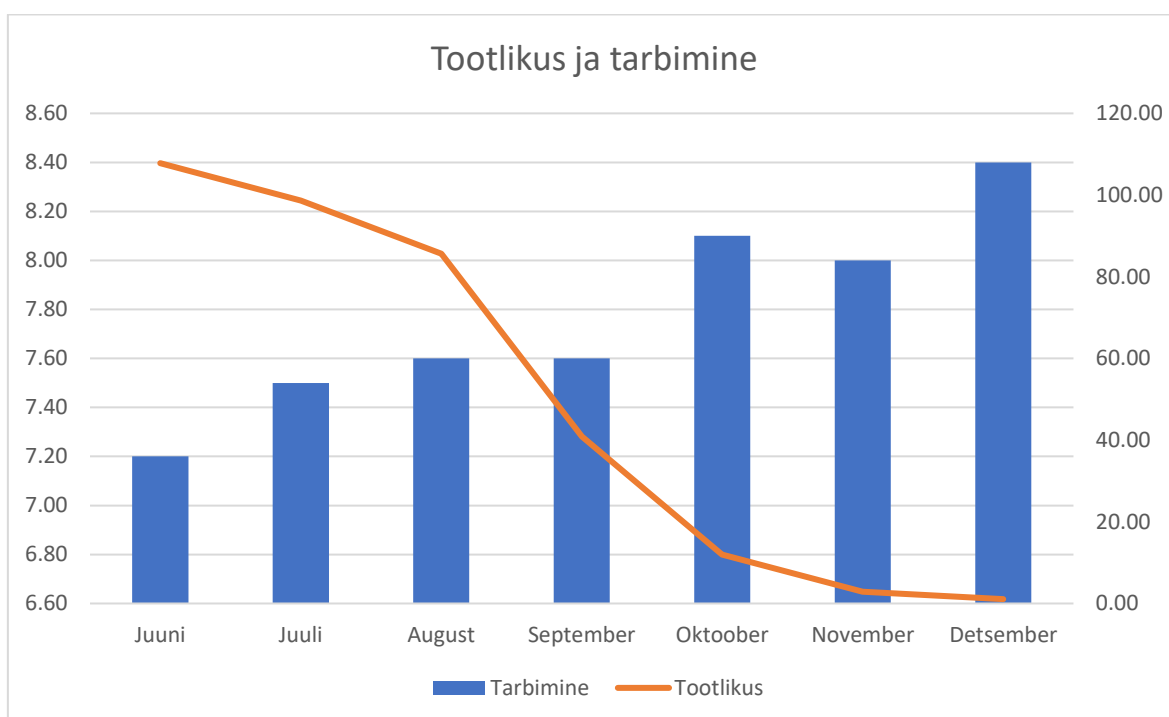
Joonis 3.4. Temperatuuri võrdlus tootlikusele



Joonis 3.5. Kõige suurem tootlikus temperatuuril

3.4 Omatarbeks kasutatud elektrienergia

Päikesepaneelidest saadud elektrienergiat kasutati mõõte, valve ja sideseadmete tööks. Kõik seadmed kokku tarbivad keskmiselt 0.247 kWh elektrienergiat ööpäevas. Ühes kuus tarbivad seadmed keskmiselt 7.77 kWh elektrienergiat. Enamikel kuudel ületab tootlikus elektrienergia tarbimise. Alla oma tarbimise tootlikuse kuud on november, detsember. Alla oma tarbimise tootlikuse kompenseerib suvekuudel ette toodetud elektrienergia, mida tuleb võrgust tagasi osta. Aastal 2022 juunist kuni detsembrini tootsid kaks päikesepaneeli 348,9 kWh elektrienergiat. Sellest energiast omatarbeks kulutati 54,4 kWh elektrienergiat. Elektrivõrku müüdi rohkem energiat kui suudeti ära tarbida. Kuude löikes tarbimine ja tootmine on toodud graafikus 3.6.



Joonis 3.6. Tootlikus ja tarbimine

3.5 Päikesepaneelide tasuvus võrkumüügil

Eelpool peatükis 2.1 toodi välja kogu projekti maksumus. Lõputöö koostajal õnnestus plaanitud eelarvest saada odavam lahendus mis läks kokku maksma 1410 eurot, kuid see sisaldas mõõtevahendeid mida autori kogemustel kodudes ei paigaldada. Sellest tulenevalt tuleb lahutada summast elektroonika osa 170 eurot. Lõputöö eesmärgiks loodud katseseadmed andsid 6 kuu jooksul võrku 348.90 kWh energiat. Selle ostmiseks sõlmitud lepingu alusel saadi 66.17 eurot tulu, millest arvutati maha võrguteenus tasu 28.66€, järele jäi 37.51 eurot. Kui süsteem töötab terve aasta siis arvestuslik tulu oleks 68 eurot. Süsteemi tasuvusaeg 2 päikesepaneeliga on $1240 / 68 = 18.2$ aastat. Nagu eelpool peatükis 2.4 kirjeldatud siis inverteril on neli sisendit ning lõputöö tarbeks kasutati vaid kahte sisendit. Kui võetakse kasutusele veel 2 lisisendit siis kogu

süsteemi tasuvusaeg väheneb 2 korda. Kasutades nelja inverteri sisendit, igas 380W päikesepaneel siis tasuvusajaks on $18.2 / 2 = 9.1$ aastat, arvutusele tuleb liita veel 2 paneeli maksumus. Tasuvusaega pikendab võrgust elektrienergia tagasi ostmine, sest lisanduvad võrguteenus tasud, mis on pidevas muutumises. Lisaks ostab tarbija tagasi elektrienergiat kallima hinnaga kui müüb.

3.6 Päikesepaneelide tasuvus omatarbel

Tasuvus omatarbel lähteandmed on samad mis on arvatud punktis 3.5. Lõputöö eesmärgil loodud süsteemi maksumuseks ilma mõõteseadmeteta on 1240 eurot. Juhul kui tarbitakse kogu toodetud elektrienergia kohapeal siis ei lahutata energiahinnast ostja marginaali, ehk energiahind jääb kõrgem. Antud tööraames sõlmitud lepingu marginaaliks on 2 senti toodetud kWh tunnilt. Kuue kuu jooksul toodeti 348,9 kWh elektrienergiat ja see osteti lepingu alusel 66.17€ eest, see teeb 0.19 s/kWh. Kuna omatarbeks kujuneks hind 2 senti kõrgem siis ühe kWh tunnihind oleks 0.21 senti, mis teeb toodetud energiahinnaks 73,27€. Kogu toodetud energiast lahutatakse võrguteenustasu mis tuleneb võrguettevõtja hinnakirjast. $73,27 - 28,66 = 44,60€$. Süsteemi töötamisel terve aasta siis arvestuslik tulu oleks maksumusel 82,2€. Kogu tasuvuseks saab arvutada $1240 / 82,2 = 15,08$ aastat. Juhul kui kasutada inverteri kõiki sisendeid siis tasuvus ajaks jääb $15,08 / 2 = 7,5$ aastat.

KOKKUVÕTE

Lõputöö peamiseks eesmärgideks oli omatarbeks paigaldatud kallima ja odavama päikesepaneelide tootlikuse võrdlus, teiseks tootlikuse uurimine temperatuurist, kolmandaks omatarbeks paigaldatud paneelide tasuvus energiat võrku müües ja omatarbeks kasutamisel. Viimase aasta kiirest elektrienergiahinna kasvust tingituna on eramajapidamistes kiiresti kasvanud päikesepaneelide osakaal.

Esimese osana uuriti kas kallima hinnaga päikesepaneel on tootlikum kui odavam. Lõputöös jõuti selgusele, et kallim paneel toodab rohkem elektrienergiat, kuid mitte märkimisväärselt rohkem. Pikema 6 kuu perioodi vältel jäi 2 paneeli tootlikuse erinevuseks 1.116 kWh, mis keskmise elektrihinna 19,18 s/kWh juures teenib 21,4 senti rohkem. Kallima paneeli ja odavama paneeli hinnavaheks on 25 eurot, selle tasuvuseks kuluks 58,4 aastat. Töö koostaja arvates ei ole otstarbekas paigaldada kallimaid paneele.

Lõputöö teise osana uuriti päikesepaneelide tootlikuse sõltuvust väliskeskonna temperatuurist. Uurimisega jõuti järeldusele, et parim keskmine väliskeskonna temperatuur maaraamile paigaldatud paneelidele on 17,7°C. Sellisel temperatuuril saavutatakse kõrgeim hetkeline tootlikus 416W seda tingimusel, et kui toimub vahepealne päikesepaneeli jahtumine. Kui päikesepaneelid soojenesid ühtlaselt, ilma vahpealse pilvedest tingitud jahtumiseta ei saavutanud päikesepaneelid isegi nimiväärtust 380W ja tootlikus jäi 336W juurde.

Viimases osas uuriti päikesepaneelide tasuvust omatarbeks paigaldamisel. Töös jõuti järeldusele, et kõige otstarbekam on kogu toodetud elektrienergia kohapeal ära tarbida. Sellisel juhul on kogu süsteemi tasuvusaeg 1,56 aastat lühem. Lõputöö koostaja kogemusel ja enda harjumustel tarbitakse suurem hulk energiat aga õhtuti. Sellest tulenevalt ostetakse enamik energiat elektrivõrgust tagasi. Selleks, et efektiivselt kasutada toodetud energiat kohapeal, peab tarbija muutma väga palju enda elektrienergia kasutamise harjumisi.

SUMMARY

The ever-increasing use of energy resources is a big problem in today's society. In the recent years, the use of renewable electricity has become particularly relevant. The problem became more acute due to the events taking place in Europe, as a result of which the purchase of cheaper energy sources are limited. This, in turn, has increased the price of energy on the European electricity market several times.

The aim of this thesis was „Analysis of productivity and profitability of solar panels under real conditions“ by Janno Mikk. The rapid increase in the price of electricity has also led to an increase in the price of other products and services. In order to avoid large expenses on electricity and to avoid possible power outages, home owners have started to install solar panels on and near their buildings for their own use.

Due to the large amount of installation and the thesis author's great interest in solar panels, he started researching whether and how quickly the cost of solar panels will pay off in real conditions when installed on a ground frame.

The first part investigated whether a more expensive solar panel is more productive than a cheaper one. The thesis concluded that the more expensive panel produces more electricity, but not significantly more.

As the second part of the thesis, the dependence of the productivity of solar panels on the temperature of the external environment was studied. The research concluded that the best average outdoor temperature for panels installed on a ground frame is 17.7°C. At this temperature, the highest instantaneous output of 416W is achieved, provided that there is an intermediate cooling of the solar panel.

In the last part, the profitability of solar panels for personal use was investigated. The work came to the conclusion that it is most expedient to consume all the produced electricity locally. In this case, the payback period of the entire system is 1.56 years shorter.

According to the experience of the author of the thesis and his own habits, a larger amount of energy is consumed in the evenings. As a result, most of the energy is bought back from the electricity grid. In order to effectively use the

produced energy locally, the consumer has to change a lot of his electricity usage habits.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] "Kallas hoiatas taas elektrikakkestuste eest", [Online] URL: <https://www.err.ee/1608806356/kallas-hoiatas-taas-elektrikatkestuste-ees> (14.04.2023)
- [2] „Elektrilevi andmed“, [Online] URL: <https://www.elektrilevi.ee/et/elektritootja-liitumine?liitumisprotsess=nanotootja> (16.04.2023)
- [3] "Taastuenergia toetus", [Online] URL: <https://elering.ee/taastuenergia-toetus> (16.04.2023)
- [4] „Nordpool hinnad“, [Online] URL: <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data/Dayahead/Area-Prices/ALL1/Hourly/?view=table> (18.04.2023)
- [5] "echno-economic analysis and energy forecasting study of domestic and commercial photovoltaic system installations in Estonia", Lauri Kütt, 2022, [Online], URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544222010593> (25.04.2023)
- [6] „Analysis of a Flat-plate Solar Collector“, Fabio Struckmann, 2008, [Online] URL: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44502033/Fabio-libre.pdf?1460024617=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalysis_of_a_Flat_plate_Solar_Collector.pdf&Expires=1683062555&Signature=WGREvc8oOZJXPdVI0Dob1COiAB3twZvb~PqlwsdrGLNfTdevrCWluvRMd9nk9dVtnMLUeUS3wC74SpCqkMKwg2DmSlpUHGrLO2k0nSn~ssmAsGn7~RoctnxuCtvuePd8Cx1BI8UCk6A6BIX9tJ-4lg67No88mCdwWM2Lw1OxbLURuTE7ylca6FyUTuvCOxUmT9zVEF5D9L~lku2nXysgje~LYY2J--M~lleSlyfoMdxv2fpu5S-2WSUPTvXIIDwtX6Bu-VfnmeTZ18MuPaUP4UfDVeNvnDFBI0YRCjFOGnSS7NxosDuwknhj3-zPv13At0kcECXLmFvvFzIOTaw8eA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA (25.04.2023)
- [7] "Device Characteristics of CZTSSe Thin-Film Solar Cells with 12.6% Efficiency", Wei Wang, Mark T. Winkler, Oki Gunawan, Tayfun Gokmen, Teodor K. Todorov, Yu Zhu, David B. Mitzi, 2013, [Online] URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aenm.201301465> (28.04.2023)
- [8] „A Power Case Study for Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels in Bursa City, Turkey“, AyGegül TaGçJoLlu, Onur TaGkIn, and Ali Vardar, 2016 [Online] URL: https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/31422/1/Ta%c5%9f%c3%a7%c4%b1o%c4%9flu_vd_2016.pdf (01.05.2023)
- [9] "Auditi kohustusega elektripaigaldised ning nõuded elektripaigaldise auditile ja auditi tulemuste esitamisele", [Online] URL: <https://www.riigiteataja.ee/akt/108072015014?leiaKehtiv> (01.05.2023)
- [10] „European Solar Test Installation“ [Online] URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-solar-test-installation_en (01.05.2023)
- [11] "Mechanical load testing of solar panels — Beyond certification testing", [Online] URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7750338> (03.05.2023)

[12] “Tootja standard” URL: <https://www.evergreenelectrical.com.au/blog/tier-1-tier-2-solar-panels> (03.05.2023)



LIITUMISTAOTLUS ELEKTRIENERGIA TOOTJALE

TAOTLUSE ESITAJA

EES- JA PEREKONNANIMI / ÄRINIMI		ISIKU- VÕI REGISTRIKOOD
KONTAKTAADDRESS (TÄNAV, MAJA, KORTER, TALU, LINN, VALD, MAAKOND, SIHTNUMBER)		
KONTAKTTELEFON	E-POST	
ESINDAJA EES- JA PEREKONNANIMI	ESINDAMISE ALUS <input type="checkbox"/> amet <input type="checkbox"/> volikiri	
ESINDAJA TELEFON	ESINDAJA E-POST	

TARBIMISKOHA ANDMED

OBJEKTI ADDRESS (TÄNAV, MAJA, KORTER, TALU, LINN, VALD, MAAKOND)		
KATASTRISUSE NIMI	KATASTRITUNNUS	
KLIENDI POOLT SOOVITUD LIITUMISPUNKTI ASUKOHA KOORDINAADID L-EST'92 SÜSTEEMIS:	X	Y
KEHTIVA VÕRGULEPINGU NUMBER	KEHTIVA MÕÖTEPUNKTI EIC KOOD	KEHTIVA ARVESTI NUMBER

SOOVITAVA VÕRGUÜHENDUSE ANDMED

LIITUMINE <input type="checkbox"/> madalpingel; <input type="checkbox"/> keskpingel;		
VÕRGUÜHENDUSE LÄBILASKEVÕIME TARBIMISEL: A (madalpingel) või kW (keskpingel)	VÕRGUÜHENDUSE LÄBILASKEVÕIME VÕRKU ANDMISEL: kW	

TEHNILISED ANDMED TOOTMISÜKSUSTE (GENERAATORITE/INVERTERITE) KOHTA

1. Mudeli nimi:	;	maksimumvõimsus:	kW;	arv:	tk;
2. Mudeli nimi:	;	maksimumvõimsus:	kW;	arv:	tk;

TOOTMISMOODULI ANDMED

NIMI (TOOTJA VALIKUL)	TOOTMISÜKSUSTE SUMMAARNE MAKSIMUMVÕIMSUS kW
LIIK <input type="checkbox"/> energiapargimoodul; <input type="checkbox"/> sünkroonmoodul	
PRIMAARENERGIAALLIKAS (PÄIKE, TUUL, BIOMASS, BIOGAAS, HÜDRO, KÜTTEÕLI, DIISEL, MAAGAAS, AKUPANK VMT)	

TÄIENDAVID MÄRKUSED

--

Taotluse allkirjastamisega kinnitan oma soovi ja esitatud andmete õigsust.

TAOTLUSE ESITAJA

NIMI JA ALLKIRI
KUUPAEV

Lisa 2 Tootmismooduli seadistamise protokoll

Tootmismooduli seadistamise protokoll

Juhend: täita lahtrid, ► valik ◀ tähistab rippmenüüd.

ELEKTRITOOTJA LIITUMISLEPINGU NR	ADDRESS
----------------------------------	---------

1. VÕIMSUSE SÄTTED

SEADISTATUD MAKSIMAALNE AKTIIVVÕIMSUS	VÕRKU ANTAVA AKTIIVVÕIMSUSE PIIRANGU SÄTE (NETOVÕIMSUS)
---------------------------------------	---

2. TOOTMISÜKSUSTE TÕÜBITÄHISED JA SEERIANUMBRID

TÜÜBITÄHIS	SEERIANUMBER	TÜÜBITÄHIS	SEERIANUMBER
1.		6.	
2.		7.	
3.		8.	
4.		9.	
5.		10.	

3. SAGEDUSKAITSE

Järgnevate funktsioonide seadistamine on kohustuslik.

RAKENDUSPARAMEETER	ALASAGEDUSKAITSE		ÜLESAGEDUSKAITSE		ÜLESAGEDUSEGA PIIRATUD SAGEDUSTUNDLIK TALITLUS	
	LÄVI	AEG	LÄVI	AEG	LÄVI	STATISM
MÄÄRATUD VÄÄRTUS	≤ 47,4 Hz	≥ 0,1 s	≥ 51,6 Hz	≥ 0,1 s	50,2 Hz	5 %
SEADISTATUD VÄÄRTUS	Hz	s	Hz	s	Hz	%

4. PINGEKAITSE

Järgnev tabel on eeltäidetud Elektrilevi soovituslike vaikesätetega, mis on esitatud suhteliste suurustena nimiliitumispinge suhtes. Teistsuguste sätete korral tuleb tabelis vastavad väärtused üle kirjutada.

RAKENDUSPARAMEETER	ALAPINGE		ÜLEPINGE I ASTE		ÜLEPINGE II ASTE	
	LÄVI	AEG	LÄVI	AEG	LÄVI	AEG
SEADISTATUD VÄÄRTUS	0,85	1,5 s	1,1	3 s	1,15	0,1 s

5. VÕRGUST ERALDUMINE VÕI VÄLJALÜLITUMINE VÕRGUPINGE KADUMISEL (VÕRGUKAOTUSKAITSE)

LAHENDUSVIISI KIRJELDUS

6. AUTOMAATNE HÄIRINGUJÄRGNE TAASLÜLITUS VÕRKU

Järgnev tabel on eeltäidetud Elektrilevi soovituslike vaikesätetega. Teistsuguste sätete korral tuleb tabelis vastavad väärtused üle kirjutada.

PARAMEETER	ENNISTUSAEG	SAGEDUSVAHEMIK
SEADISTATUD VÄÄRTUS	60 s	49,0 Hz - 50,1 Hz

7. REAKTIIVVÕIMSUSE REGULEERIMINE

REGULEERIMISVIIS ► valik ◀	TÄPSUSTUS (VAJADUSEL)
-------------------------------	-----------------------

MÄRKUSED

--

Käesolevaga kinnitan seadistatud väärtuste vastavust esitatud andmetele ning et tootmismooduli omanikku on informeeritud seadistatud väärtustest. Seadeväärtusi võib muuta ainult kooskõlastatult võrguettevõtjaga.

Seadeväärtuste muutmiseks palume saata uued soovitatud sätete väärtused e-posti aadressile: elektritootjad@elektrilevi.ee. Võrguettevõtja kooskõlastab seadeväärtuste muudatuse, mille järgselt on võimalik uute väärtuste sisestamine seadmesse. Pärast tootmismooduli ümberseadistamist palume taasesitada tootmismooduli seadistamise protokoll uute andmetega.

SEADISTAJA EES- JA PEREKONNANIMI	KUUPAEV	ALLKIRI
----------------------------------	---------	---------

Lisa 3 Nõuetekohasuse deklaratsioon

Elektripaigaldise ehitaja: JMelekter OÜ, MTR: TEL004053
Vastemõisa tee 10-3, Vastemõisa küla
Põhja-Sakala vald Viljandimaa 71301
e-post: jmelekter@gmail.com

Elektripaigaldise nõuetekohasuse deklaratsioon nr. 0001

Ehitis:

nimetus ja aadress

Ehitise omanik

nimi, aadress, kontaktandmed, äriregistri- või isikukood

Käidukorraldaja:

nimi, kontaktandmed, isikukood, pädevustunnistuse nr ja selle väljaandja

Elektripaigaldis: Liik III, 3x230/400V, 3x32A

liik, peakaitsme nimivool ja nimipinged

Elektripaigaldise ehitamise aluseks olnud normdokumendid:
EVS-HD/IEC/EN 60364, 61140, 60529, 12464-1

Hinnangu tähistus: V – nõuetele vastav, M – nõuetele mittevastav, X – antud elektripaigaldises ei saa nõuet rakendada

Jrk.	Visuaalkontroll	Hinnang
1.	Elektrilöögivastane kaitse	V
2.	Kaitse soojustoime eest, tule leviku tõkestamine	V
3.	Juhtide ristlõike vastavus koormusvoolule ja pingekaole	V
4.	Kaitse ja järelvalveseadmete valik ja sätted	V
5.	Kaitselahutus ja lülitusseadmete valik ja paigutuse õigsus	V
6.	Elektriseadmete ja kaitseviiside vastavus välistoimetele	V
7.	Neutraal ja kaitsejuhtide tunnusvärvid ja tähiste õigsus	V
8.	Jooniste ja hoiatussiltide olemasolu	V
9.	Vooluahelate, kaitsmete, lülitusseadmete, klemmide märgistus	V
10.	Juhtide liidete sobivus ja töökindlus	V
11.	Käiduks ja hoolduseks vajaliku ruumi piisavus	V
12.	Elektromagnetiline ühilduvus	X
13.	Dokumentatsioon sh kaetud tööde aktid	V
14.	Nõuetekohased mõõtmis- ja katseprotokollid	V
16.	Hoolduskava (käidukava)	-

Puudused: ei ole

Otsus: ehitatud elektripaigaldis vastab kehtiva Elektriõhutuseseaduse ja selle alusel kehtestatud õigusaktide nõuetele.

Elektripaigaldise ehitaja vastutav elektritööde juht

XXXXXXXX

eesnimi perekonnanimi

tema pädevustunnistus A pädevusklass, EL- 050-00, Inspecta Estonia OÜ

pädevusklass, tunnistuse number ja väljaandja

Kuupäev 20.04.2022

Vastutava elektritööde juhi allkiri.....

Lisa 4 Päikesepaneeli Longi andmeleht

Hi-MO 4m

LR4-60HPH 350~380M

20.9%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~+5W
POWER
TOLERANCE

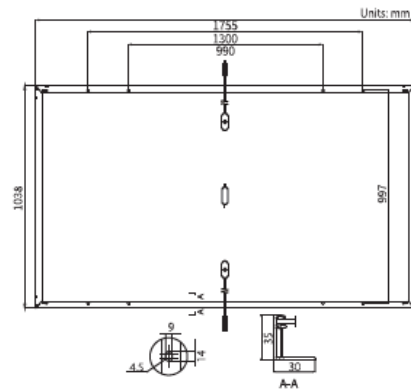
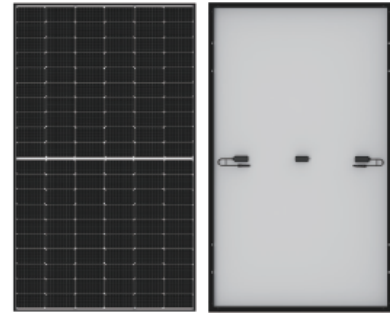
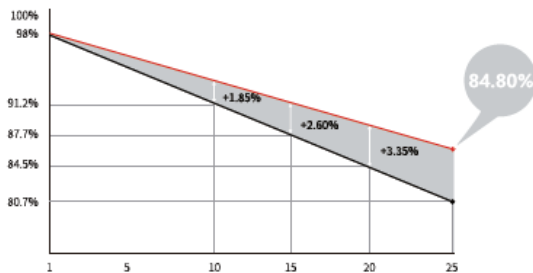
<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.55%
YEAR 2-25
POWER DEGRADATION

HALF-CELL
Lower operating temperature

Additional Value

25-Year Power Warranty



Mechanical Parameters

Cell Orientation	120 (6×20)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , 1200mm length can be customized
Connector	EVO2
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	19.5kg
Dimension	1755×1038×35mm
Packaging	30pcs per pallet / 180pcs per 20' GP / 780pcs per 40' HC

Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C

Test uncertainty for P_{max}: ±3%

Power Class	350	355	360	365	370	375	380
Maximum Power (P _{max} /W)	350	355	360	365	370	375	380
Open Circuit Voltage (V _{oc} /V)	40.1	40.3	40.5	40.7	40.9	41.1	41.3
Short Circuit Current (I _{sc} /A)	11.15	11.25	11.35	11.43	11.52	11.60	11.69
Voltage at Maximum Power (V _{mp} /V)	33.6	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6	34.8
Current at Maximum Power (I _{mp} /A)	10.42	10.51	10.59	10.68	10.76	10.84	10.92
Module Efficiency(%)	19.2	19.5	19.8	20.0	20.3	20.6	20.9

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5 W
V _{oc} and I _{sc} Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	20A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of I _{sc}	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.350%/°C

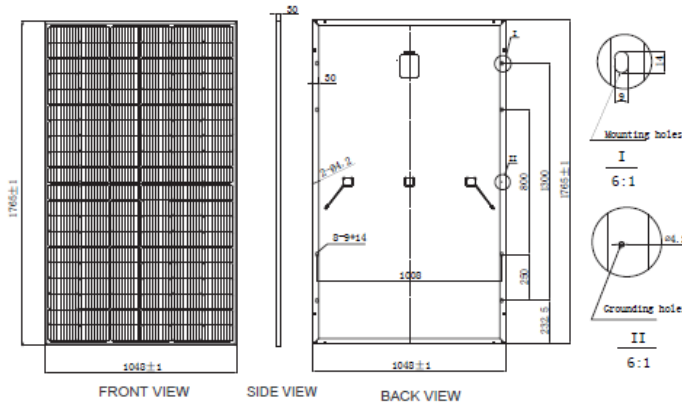
Floor 19, Lujiazui Financial Plaza, Century Avenue
826, Pudong Shanghai, China
Tel: +86-21-80162606
Web: en.longi-solar.com

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. LONGI reserves the right of final interpretation. (20211017V12-DG)

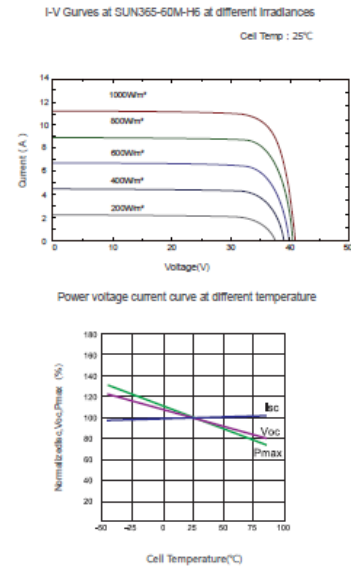
Lisa 5 Päikesepaneel sunenergy tooteleht

Mars Series SUN 60M-H6

MECHANICAL DRAWINGS



I-V CURVES



MECHANICAL SPECIFICATION

Cell Type	Mono Crystalline 166x83mm
Number Of Cells	120 (6x20)
Dimensions(AxBxC)	1765x1048x30mm
Weights	20.5kg
Glass	3.2mm Tempered Low Iron Glass
Aluminium Frame	Anodised Aluminium
Junction Box	Split Junction Box (IP68 ,three diode)
Connector	Mc4 Compatible
Output Cables	4.0mm²,+300mm,-300mm Customized Length

PACKING CONFIGURATION

Container	40' HQ
Pieces Per Pallet	35
Pallets Per Container	24
Pieces Per Container	840

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Module Type	360W		365W		370W		375W		380W	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power At STC(Pmax)	360W	270.6W	365W	274.4W	370W	278.1W	375W	281.9W	380W	285.6W
Short Circuit Current(Isc)	11.08A	8.95A	11.16A	9.02A	11.26A	9.10A	11.34A	9.16A	11.42A	9.23A
Open Circuit Voltage(Voc)	40.9V	38.1V	41.1V	38.3V	41.3V	38.5V	41.5V	38.7V	41.7V	38.9V
Maximum Power Current(Imp)	10.59A	8.49A	10.67A	8.55A	10.76A	8.62A	10.84A	8.69A	10.92A	8.75A
Maximum Power Voltage(Vmpp)	34.0V	31.9V	34.2V	32.1V	34.4V	32.3V	34.6V	32.5V	34.8V	32.7V
Module Efficiency	19.46%		19.73%		20.00%		20.27%		20.54%	
Power Tolerance	0~+5W		0~+5W		0~+5W		0~+5W		0~+5W	
Maximum System Voltage	VDC 1500V									
Maximum Series Fuse	20A									
Increased Snowload Acc. to Iec 61215	5400Pa									
Operating Temperature	-40~+85°C									
Number Of Bypass Diodes	3									
Norminal Operating Cell Temperature(Noct)	45°C±2°C									
Temperature Coefficient Of Pmax	-0.36%/°C									
Temperature Coefficient Of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficient Of Isc	0.05%/°C									

STC: 1000W/m2 irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5. NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, wind speed 1m/s.



SUNERGY USA WORKS LLC
www.sunergyworks.com



Lisa 6 Koostatud alusraami vaated

