

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Timo Hyttinen

ON- JA OFF-GRID-AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT
PIENKOhteissa

Opinnäytetyö

Syyskuu 2018



OPINNÄYTETYÖ

Syyskuu 2018

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9

80200 JOENSUU

+358 13 260 600

Tekijä

Timo Hyttinen

Nimeke

On- ja off-grid-aurinkosähköjärjestelmät pienkohteissa

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä laskettiin kolmen eri aurinkosähköjärjestelmän koko, kustannus ja takaisinmaksuaika. Järjestelmät koostuivat 230 V:n sähköverkkoon liitetystä järjestelmästä ja 230 V:n ja 12 V:n sähköverkosta irti olevista järjestelmistä. On-grid järjestelmälle kohteena oli 105 neliömetrin kokoinen omakotitalo ja off-grid järjestelmille teoreettinen kesämökkikohde.

Järjestelmien koon mitoitus perustui PVGIS-laskurien antamiin tuloksiin keskimääräisestä energiantuotosta. On-grid-järjestelmä osoittautui kannattamattomaksi kyseiselle kohteelle annettujen kannattavuusehtojen mukaan. Off-grid-järjestelmät osoittautuivat kustannusten osalta varteenotettaviksi vaihtoehdoiksi verrattuna sähköverkkoon liittymiseen.

Kieli

suomi

Sivuja 25

Liitteet 5

Liitesivumäärä 5

Asiasanat

aurinkosähkö, sähköverkkoon liitetty, sähköverkosta irti oleva



THESIS

September 2018

**Degree Programme in Electrical
Engineering**

Tikkarinne 9

80200 JOENSUU

FINLAND

+ 358 13 260 600

Author

Timo Hyttinen

Title

On-Grid and Off-Grid Solar Systems in Small Scale Applications

Abstract

In this thesis, the size, cost and payback period of three different photovoltaic systems were calculated. The systems consisted of a 230 V on-grid system and 230 V -and 12 V off-grid systems. A 105 m² detached house was the subject for the on-grid system and a theoretical summer cottage was the subject for the off-grid systems.

The sizing of the systems was based on the results of the average yield of energy from the PVGIS counters. The on-grid system turned out to be unprofitable according to the given profitability terms. The off-grid systems turned out to be a considerable choice when compared to the costs of joining to the electricity distribution network.

Language

Finnish

Pages 25

Appendices 5

Pages of Appendices 5

Keywords

photovoltaic energy, on-grid, off-grid

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Aurinkosähkö Suomessa	6
2.1	Auringon säteily Suomessa.....	6
2.2	Aurinkosähkön kannattavuus Suomessa pienkohteissa	7
3	Keskeiset käsitteet	7
3.1	Aurinkokennotyypit.....	7
3.2	P- ja N-aine, sekä P-N liitos.....	8
3.3	On-grid-järjestelmä	8
3.4	Off-grid-järjestelmä	9
3.5	Vaihtosuuntaaja	9
3.6	MPPT-säätö (Maximum Power Point Tracking).....	9
3.7	Atsimuuttikulma	9
3.8	Kallistuskulma.....	9
3.9	PVGIS-laskuri (Photovoltaic Geographical information system)	10
3.10	AGM-akku (absorbed Glass Mat)	10
4	230 V:n on-grid-järjestelmän mitoitus omakotitaloon	11
4.1	Omakotitalokohteen tiedot.....	11
4.2	Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus	12
4.3	Aurinkosähköjärjestelmien takaisinmaksuaika	16
4.4	Tuloksien pohdinta	16
5	230 V:n ja 12 V:n off-grid-järjestelmien mitoitus teoreettiseen kesämökkikohteeseen	17
5.1	230 V:n off-grid-järjestelmä	17
5.1.1	230 V:n off-grid-järjestelmän lähtötiedot	17
5.1.2	230 V:n off-grid-järjestelmän aurinkopaneelitehon mitoitus	19
5.1.3	230 V:n off-grid-järjestelmän akuston mitoitus	20
5.1.4	230 V:n off-grid-järjestelmän invertterin ja lataussäätimen mitoitus.....	21
5.2	12 V:n off-grid-järjestelmä	21
5.2.1	12 V:n off-grid-järjestelmän lähtötiedot	21
5.2.2	12 V:n off-grid-järjestelmän aurinkopaneelitehon ja lataussäätimen mitoitus	22

5.2.3	12 V:n off-grid-järjestelmän akuston mitoitus	23
5.3	230 V:n -ja 12 V:n off-grid-järjestelmän takaisinmaksuaika ja pohdinta	23
	Lähteet	25

Liitteet

Liite 1	PVGIS-laskurin antamat arvot 3 kWp:n on-grid-järjestelmälle
Liite 2	PVGIS-laskurin antamat arvot 3,7 kWp:n on-grid-järjestelmälle
Liite 3	PVGIS-laskurin antamat arvot 4,5 kWp:n on-grid-järjestelmälle
Liite 4	PVGIS-laskurin antamat arvot 1 kWp:n off-grid-järjestelmälle
Liite 5	SolarXon 140 W aurinkopaneeli

1 Johdanto

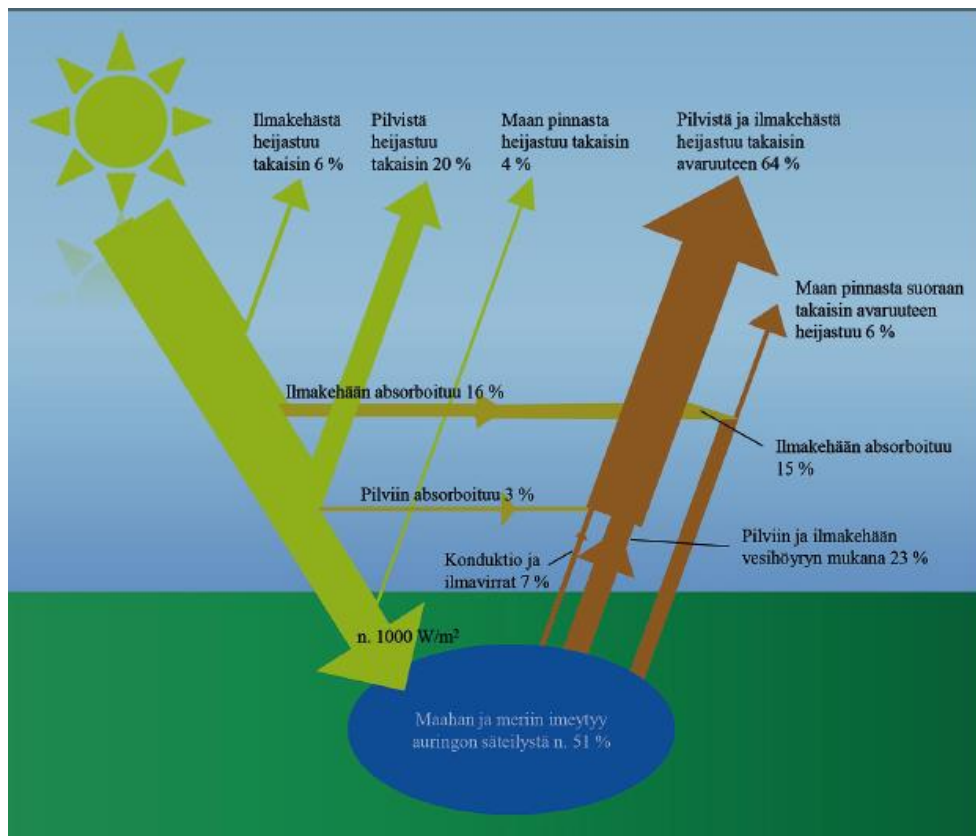
Opinnäytetyön tarkoituksena oli mitoitaa kolme eri aurinkosähköjärjestelmää pienkohteisiin. Järjestelminä toimivat 230 V:n verkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä sekä 230 V:n -ja 12 V:n verkkoon kytkemättömät järjestelmät. Verkkoon kytketyn järjestelmän kohteena oli Liperissä sijaitseva 105 m² omakotitalo. Verkkoon kytkemättömien järjestelmien kohteena oli teoreettinen kesämökkikohde, jonka sijaintina käytettiin Samppaanniemeä, joka sijaitsee Rääkkylässä.

Omakotitalon aurinkosähköjärjestelmän kannattavuusehtoina pidettiin 15 vuoden takaisinmaksuaikaa ja energiantuoton omakäyttöosuutta. Verkkoon kytkemättömien järjestelmien mitoitus perustui teoreettisiin sähkönkulutuksiin oleskeluaikoina. Järjestelmien energiantuoton laskelmissa käytettiin Euroopan komission ylläpitämän PVGIS-laskureiden antamia energiantuoton keskimääräisiä arvoja kohteiden sijainneille.

2 Aurinkosähkö Suomessa

2.1 Auringon säteily Suomessa

Teoreettisena säteilyn ylärajana maan pinnalla pidetään aurinkovakiota (SC) (n.1367-1370 W/m²), joka saapuu maan kaasukehän ulkorajalle. Säteilyn määrä kuitenkin pienenee säteilyn ohittaessa ilmakehän ja käytännössä maan pinnan säteilyn intensiteettinä pidetään n.1000 W/m². Säteilyn intensiteettiin vaikuttavat ilmakehän olosuhteet sekä maantieteellinen sijainti. Kuvassa 1 on esitetty säteilyn heijastumiset ja absorboitumiset ilmakehässä. Suomessa säteilyn vuotuinen keskiarvo on Etelä-Suomessa n. 980 kWh/m² ja Pohjois-Suomessa n. 750 kWh/m². [1]



Kuva 1. Auringon säteilyenergian kulku ilmakehässä. [1]

2.2 Aurinkosähkön kannattavuus Suomessa pienkohteissa

Aurinkosähkö investointina on Suomessa kannattavaa taloudellisesti, kun järjestelmällä saadaan korvattua kalliimpaa ostoenergiaa ja takaisinmaksuaikana on paneelien takuu-aika, joka on yleensä noin 25 vuotta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mitoitetaan järjestelmä kesäkuukausien pohjakulutuksen mukaan, jolloin tuottoa ei tule juurikaan myyntiin asti. Myyntisähköllä ei pienkokoisilla aurinkosähköjärjestelmillä voida kovinkaan paljoa nopeuttaa järjestelmän takaisinmaksuaikaa. [1]

3 Keskeiset käsitteet

3.1 Aurinkokennotyypit

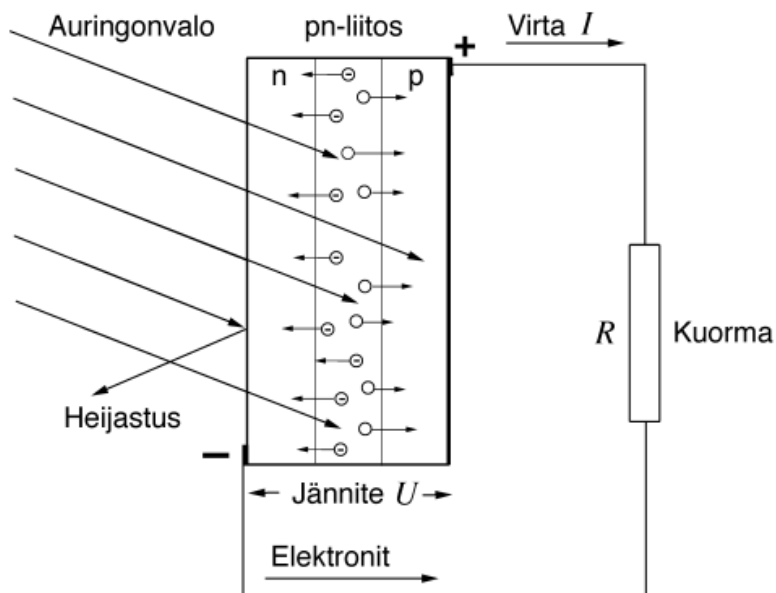
Aurinkokennoja on mm. c-Si eli yksi- ja monikidepiikennoja, ohutkalvo, moniliitos sekä väriaineherkistettyjä kennotyyppejä. Yleisimmät näistä kennotyypeistä kaupalliseen tarkoitukseen ovat yksi- ja monikidepiikennot, myös osa ohutkalvokennotyypeistä ovat yleisiä. Nämä ohutkalvotyypit ovat amorfinen pii, CIS/CIGS- ja CdTe-kennot. Taulukosta 1 selviää näiden edellä mainittujen kennotyyppien ominaisuuksia. [1]

Taulukko 1. Kennotyyppien ominaisuuksia. [1]

Ominaisuudet	Kiteinen pii		Ohutkalvo			Orgaaninen
	Monikiteinen	Yksikiteinen	Amorfinen pii	CIS/CIGS	CdTe	
Hyötysuhde (%)	13–16 %	15–20 %	5–10 %	7–16 %	7–16 %	3–5 %
Lämpötilan vaikutus (STC) tehoon (% / +1 °C)	–0,42	–0,40	–0,1...–0,3	–0,35...–0,40	–0,25...–0,36	...
Mekaaninen kestävyys	hauras	hauras	joustava	joustava	joustava	joustava
Varjostus	herkkä	herkkä	sietää	sietää	sietää	sietää
Käyttöikä (vuotta)	30+	30+	30+	30+	30+	0,5–3
Hinta	€€	€€€	€€€	€€€	€€€	€

3.2 P- ja N-aine, sekä P-N liitos

Aurinkokennojen toimintaperiaate perustuu P-N -liitokseen, joka sisältää kaksi eri puolijohde materiaalia. Poikkeuksena kuitenkin väriaineherkistetyt aurinkokennot, jonka toimintaa voidaan kuvata keinotekoisena fotosynteesinä. P-N -liitoksen puolijohdemateriaalit ovat P-aine eli positiivisen varauksen omaava aine sekä N-aine eli negatiivisen varauksen omaava aine. P-N -liitokseen pääsevät valohiukkaset eli fotonit muodostavat elektroni -aukkopareja. Elektronit siirtyvät N-aineeseen, jonka jälkeen ne yhdistyvät P-aineeseen siirtyneiden aukkojen kanssa ulkoisen johtimen kautta (kuva 2). [2]



Kuva 2. P-N -liitos. [2]

3.3 On-grid-järjestelmä

On-grid järjestelmä on sähköjakeluverkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä, joka toimii sähköjakeluverkon rinnalla. Järjestelmällä on mahdollisuus myös syöttää sähköä sähköjakeluverkkoon. Järjestelmässä on oltava vaihtovirtapiirin turvakytin, jolla erotetaan järjestelmä sähköverkosta [4].

3.4 Off-grid-järjestelmä

Off-grid-järjestelmä on sähköjakeluverkkoon kytkemätön järjestelmä, joka toimii omana saarekkeena. Mikäli sähköntuotanto ja -kulutus eivät ajallisesti kohtaa, niin järjestelmässä käytetään akustoa. Off-grid-järjestelmät ovat yleisiä kohteissa, joita ei voida helposti liittää yleiseen sähköverkkoon. [3]

3.5 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaaja on toiselta nimeltään invertteri. Vaihtosuuntaaja muuntaa tasasähkön vaihtosähköksi. Vaihtosuuntaajia voi olla 3- tai 1-vaiheisia, jotka tuottavat joko kanttiaaltoa tai siniaaltoa. Vaihtosuuntaaja tulee hankkia osaksi aurinkosähköjärjestelmää, kun järjestelmä on liitetty valtakunnalliseen sähköverkkoon [4].

3.6 MPPT-säätö (Maximum Power Point Tracking)

MPPT-säätimellä saavutetaan nopea, tasainen ja portaaton jännitealueen säätö. Tämä on toteutettu säätimessä olevilla muuntopiireillä [1]. MPPT-säädin säätää aurinkopaneelien ulostulojännitteen toimimaan maksimitehopisteessä, näin paneelit saadaan tuottamaan mahdollisimman suurella hyötysuhteella [3].

3.7 Atsimuuttikulma

Atsimuuttikulma on suuntakulma, joka ilmoitetaan asteina. Atsimuuttikulma 0° aurinkosähköjärjestelmissä tarkoittaa, että paneelit ovat suunnattu etelään. Kun atsimuuttikulma on 90° paneelit ovat suunnattuna länteen ja kulman ollessa -90° paneelit ovat suunnattuna itään. Kulman skaalaus on välillä -180° ja 180° .

3.8 Kallistuskulma

Aurinkosähköjärjestelmissä ilmoittaa paneelien pystysuuntaisen asennuskulman asteina. Esimerkiksi kallistuskulman ollessa 90° paneelit ovat pystyasennossa ja

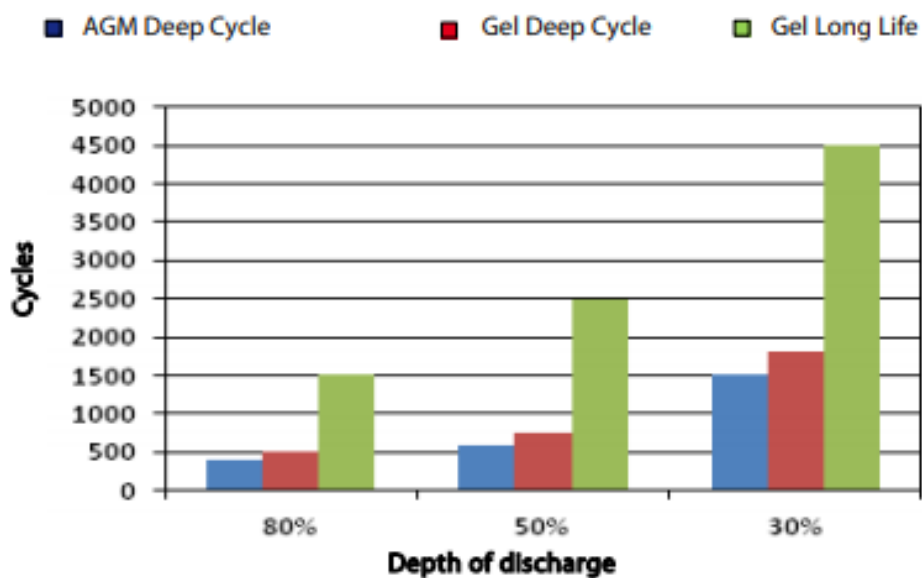
kallistuskulman ollessa 0° paneelit ovat vaakatasossa. Suomen olosuhteissa 35-45 % kallistuskulmaa pidetään optimaalisena kulmana [11].

3.9 PVGIS-laskuri (Photovoltaic Geographical information system)

PVGIS-laskuri on Euroopan komission ylläpitämä aurinkosähkön tuotanto -laskuri. PVGIS-laskurin avulla saadaan keskimääräinen päivätuotto ja kuukausituotto kilowattitunteina joka kuukaudelle halutulle sijainnille ja järjestelmän asetusarvoille. Laskurin avulla saadaan myös säteily neliömetrille kilowattitunteina.

3.10 AGM-akku (absorbed Glass Mat)

AGM-akut ovat suljettuja akkuja, joissa elektrolyytti on imeytetty eristeaineeseen ja levyjen aktiiviseen materiaaliin [5]. AGM-akut ovat huoltovapaita, joten näin ollen soveltuvat paremmin aurinkosähköjärjestelmiin kuin perinteiset lyijyakut. Kuviosta 1 näkee kuinka AGM-akun syväpurun suuruus vaikuttaa akun ikään Victron-merkkisissä akuissa.



Kuvio 1. Victron-merkkisten akkujen syväpurun syvyyden vaikutus akun ikään. [6]

4 230 V:n on-grid-järjestelmän mitoitus omakotitaloon

4.1 Omakotitalokohteen tiedot

Kohteena on puurakenteinen yksikerroksinen omakotitalo, joka sijaitsee Liperin kunnassa. Asuinpinta-alaa rakennuksessa on 105 m² ja pääasiallisena lämmitysmuotona toimii leivinuuni. Kovilla talvipakkasilla lisälämmityksenä käytetään huonekohtaisia sähköpattereita. Kohteessa on myös ilmalämpöpumppu, jota käytetään viilennykseen ja lämmitykseen. Pesutilassa on ympärivuoden päällä oleva sähköinen lattialämmitys. Käyttöveden lämmitystä varten on kolmivaihelämmivesivaraaja.

Katon kaltevuus on 27°, jonka mukaan paneelit olisi tarkoitus asentaa. Katon sivujen ilmansuuntina ovat koillinen ja lounas. Parhaimman paneelien energiantuoton kannalta tulee siis paneelit asentaa katon sivuun, jonka ilmansuuntana on lounas. Paneelien kallistuskulmaksi tulee siis 27° ja atsimuuttikulmaksi 45°.

Aurinkosähköjärjestelmää mitoittaessa käytettiin vuoden 2017 sähkönkulutustietoja, jotka ovat haettu sähkönsiirrosta vastaavan yrityksen Pohjois- Karjalan Sähkö Oy:n tarjoamasta Omawatti-palvelusta. Kohteen sähkön kokonaiskulutus vuonna 2017 oli 14116 kWh. Kohteen kuukausikohtaiset kulutukset näkyvät taulukosta 2.

Taulukko 2. Omakotitalon kuukausikohtainen sähkönkulutus.

Kuukausi	Sähkön kulutus (kWh)
01/2017	1607
02/2017	1490
03/2017	1439
04/2017	1240
05/2017	1117
06/2017	942
07/2017	881
08/2017	910
09/2017	1002
10/2017	1083
11/2017	1168
12/2017	1237
	yhteensä:
	14116

4.2 Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuusehtoina kohteelle pidettiin 15 vuoden takaisinmaksuaikaa, niin että järjestelmällä tuotettaisiin sähkö vain omaan käyttöön. Järjestelmänä toimii siis 230 V:n on-grid järjestelmä, eli sähkönjakeluverkon rinnalla toimiva järjestelmä. Tarkoituksena ei siis ole yrittää tuottaa talouden kokonaiskulutuksen verran sähköä, vain tuottaa mahdollisesti kesäkuukausina osa sähkönkulutuksesta omavaraisesti.

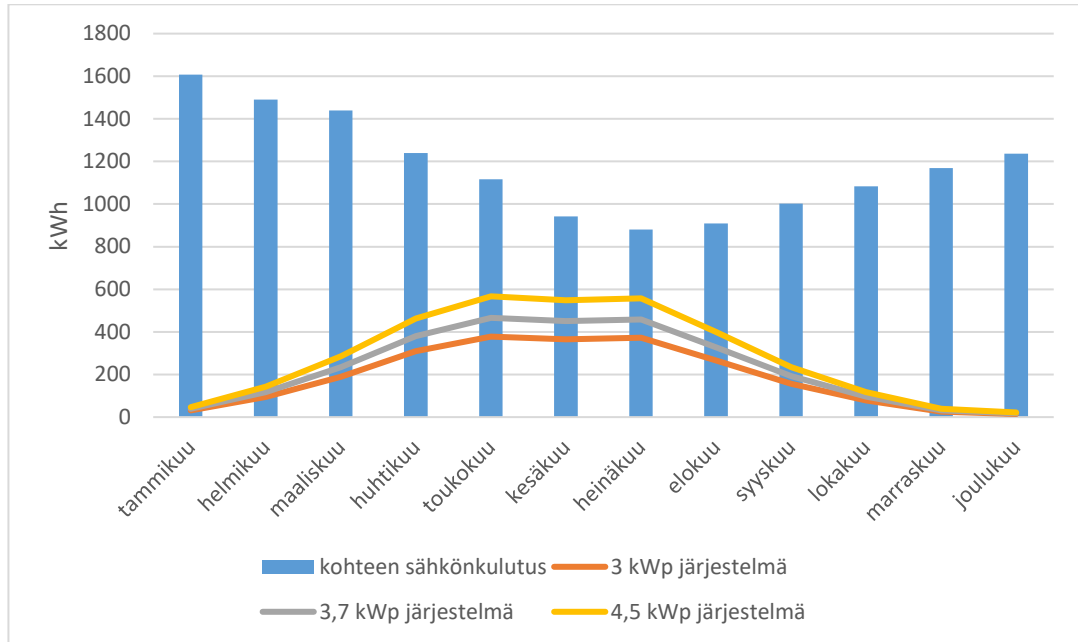
Markkinoilla ei kuluttajille ole tarjolla alle 3 kWp:n järjestelmiin 3-vaiheisia vaihtosuuntaajia, joten vaihtoehtoisen mitoitettavan järjestelmän minimikooksi valittiin 3 kWp. Yleisesti ottaen omakotitalojen maksimijärjestelmän koko on teholtaan 3-5 kWp [1]. Ottaen huomioon järjestelmän minimikoon ja yleisen järjestelmän koon haemme siis todennäköisesti järjestelmää väliltä 3-5 kWp. Kohteelle valittiin tarkasteluun kuluttajamarkkinoilta löytyvät 3 kWp, 3,7 kWp ja 4,5 kWp teholtaan olevat järjestelmät.

Tarkasteluun valittujen järjestelmien energian tuottoa varten käytettiin Euroopan komission ylläpitämää PVGIS-laskuria. Laskurin lähtötietoihin valittiin paneelien tyypiksi C-Si kennot ja arvioituihin järjestelmän häviöihin valittiin 14 % häviöt. Kyseiset häviöt sisältävät mm. vaihtosuuntaajassa ja kaapeleissa tapahtuvat häviöt. Asennustavaksi paneeleille asetettiin "free standing"-vaihtoehto, joten paneelit ovat tuulettuvia. Laskuri antoi kokonaiseksi järjestelmän häviöiksi 22,6 % kohteen sijainnille (liite 1,2,3). Laskurilla saatiin kohteen sijainnille taulukon 3 mukaiset energian tuotot eri kuukausille valituilla järjestelmillä.

Taulukko 3. Järjestelmien energian tuotot kilowattitunteina.

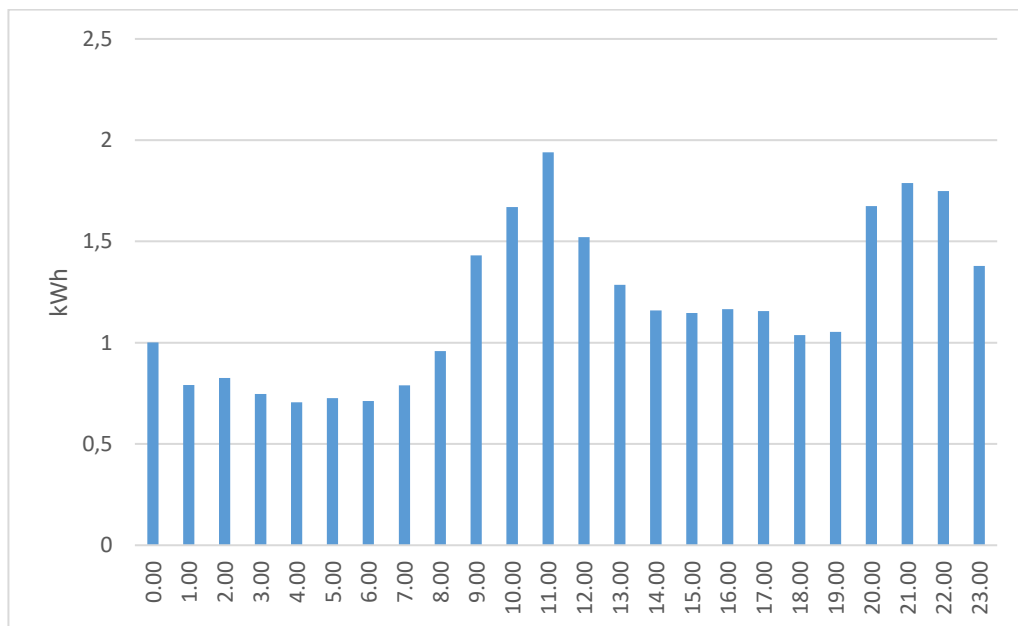
Kuukausi	Järjestelmä		
	3kWp (kWh)	3,7kWp (kWh)	4,5kWp (kWh)
tammikuu	32	39	47
helmikuu	95	118	143
maaliskuu	190	234	285
huhtikuu	309	380	463
toukokuu	378	466	567
kesäkuu	365	451	548
heinäkuu	372	458	557
elokuu	266	328	399
syyskuu	157	193	235
lokakuu	78	96	117
marraskuu	26	32	39
joulukuu	15	18	22
Yhteensä:	2283	2813	3422

Seuraavaksi verrattiin järjestelmien kuukausikohtaisia energian tuottoja kohteen kuukausikohtaisiin sähkönkulutuksiin. Kuukausikohtaisessa vertailussa näyttäisi, että järjestelmillä ei tulisi ylimääräistä tuotantoa (kaavio 1). Kuitenkaan kuukausikohtainen vertailu ei kerro tarkalleen, kohtaako järjestelmien tuotto ja kohteen sähkönkulutus keskenään. Mitoitettava järjestelmä ei sisällä akustoa, joten järjestelmä tuottaa sähköä suoraan kulutukseen auringonpaistetuntien aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että kulutus tulisi päivän tuntikohtaisessa tarkastelussa sijaita auringonpaistetuntien aikana. Mahdollista ylituotantoa voi tulla, mikäli sähkönkulutus keskittyy auringonpaistetuntien ulkopuolelle.



Kaavio 1. Järjestelmien energiantuottojen vertailu kohteen sähkönkulutukseen.

Kohteen tuntikohtaista kulutusta varten laskettiin 1-31.7.2017 päivien keskimääräiset tuntikohtaiset kulutukset (kaavio 2). Päivien valinta perustui siihen, että heinäkuussa oli pienin kokonaissähkönkulutus. Tällä varmistetaan, että järjestelmä on mitoitettu pienimmän sähkönkulutuksen mukaan.



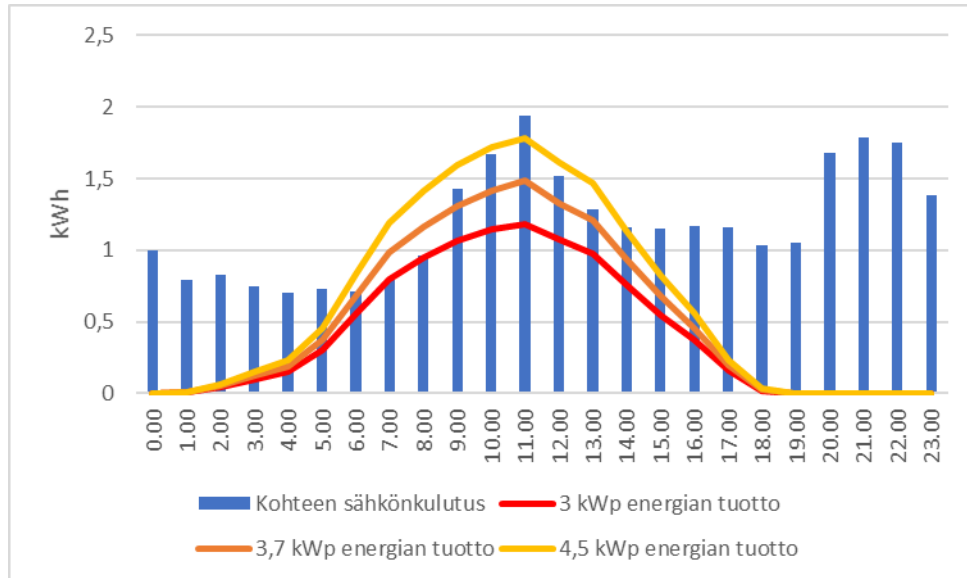
Kaavio 2. Keskimääräinen tuntikohtainen kulutus.

PVGIS-laskurilla saatiin csv-tiedostona kohteen sijainnille eri järjestelmien tuntikohtaiset energian tuotot aikavälille 1-31.7.2016, josta saatiin laskettua tuntikohtaiset keskiarvot (taulukko 4).

Taulukko 4. Energian keskimääräiset tuotot järjestelmille tunneittain.

klo	3kWp (kWh)	3,7kWp (kWh)	4,5kWp (kWh)
0:30	0,000	0,000	0,000
1:30	0,008	0,009	0,012
2:30	0,043	0,052	0,065
3:30	0,102	0,125	0,153
4:30	0,154	0,189	0,231
5:30	0,306	0,377	0,459
6:30	0,554	0,684	0,831
7:30	0,796	0,982	1,194
8:30	0,945	1,166	1,418
9:30	1,061	1,308	1,592
10:30	1,148	1,415	1,722
11:30	1,186	1,489	1,779
12:30	1,077	1,328	1,616
13:30	0,980	1,208	1,470
14:30	0,760	0,937	1,140
15:30	0,549	0,677	0,824
16:30	0,373	0,460	0,560
17:30	0,158	0,194	0,237
18:30	0,022	0,027	0,033
19:30	0,000	0,000	0,000
20:30	0,000	0,000	0,000
21:30	0,000	0,000	0,000
22:30	0,000	0,000	0,000
23:30	0,000	0,000	0,000

Verrattaessa järjestelmien keskimääräisiä tuntikohtaisia energian tuottoja keskimääräisiin tuntikohtaisiin kulutuksiin huomattiin, että 3 kWp:n järjestelmällä ylituotantoa ei tulisi (kaavio 3). 3,7 kWp:n ja 4,5 kWp:n järjestelmillä ylituotantoa on jonkin verran. Tuntikohtaisen vertailun perusteella 3 kWp:n järjestelmä olisi optimaalisin vaihtoehto, mikäli haluaa minimoida järjestelmän ylituoton.



Kaavio 3. Tuntikohtainen tuoton ja kulutuksen vertailu.

4.3 Aurinkosähköjärjestelmien takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaikaa laskiessa käytettiin vuodelta 2014 kuluttajilta kerättyjen järjestelmien alimpien hintatasojen keskiarvoa, joka on 1,78 €/Wp [9]. 3 kWp:n järjestelmän hankintahinnaksi saatiin noin 5300 €, 3,7 kWp:n järjestelmälle noin 6600 € ja 4,5 kWp:n järjestelmälle noin 8000 €. Laskuissa otettiin huomioon paneelien 0,5 % tehon vuosittainen lasku. Ostosähkön kokonaishintana käytettiin 0,14 €/kWh, jonka ajateltiin pysyvän vuosittain samana. Myyntisähkön hinnaksi arvioitiin 0,03 €/kWh.

Tuntikohtaisen tuoton ja kulutuksen vertailun perusteella arvioitiin 3 kWp:n järjestelmän tuoton omakäyttöosuudeksi 100 %, 3,7 kWp:n järjestelmälle 95 % ja 4,5 kWp:n järjestelmälle 85 %. 3 kWp:n järjestelmälle saatiin takaisinmaksuajaksi n. 17 vuotta, 3,7 kWp:n järjestelmälle n. 18,5 vuotta ja 4,5 kWh:n järjestelmälle n.20 vuotta.

4.4 Tuloksien pohdinta

15 vuoden kannattavuusehtoon ei päästy laskelmissa käytetyillä järjestelmien hankintahinnoilla. Esimerkiksi 3 kWp:n järjestelmälle vaadittaisiin noin 4600 € hankintahinta, jotta järjestelmän takaisinmaksuaika olisi 15 vuotta. 15 vuoden takaisinmaksuaikaan voisi todennäköisesti päästä, mikäli järjestelmän

hankintahintaa alentaisi hankkimalla järjestelmään tarvittavat laitteistot mahdollisimman edulliseen hintaan kuluttajamarkkinoilta ja olisi edellytykset asentaa järjestelmä itse. Järjestelmän hankintahinta tämän työn laskelmissa oli kuitenkin perusteltu vuodelta 2014 kuluttajilta kerättyjen tietojen perusteella, joten hankintahinta voi olla edullisempi nykypäivänä.

Sähköntuoton omakäyttöehto täyttyi 3 kWp:n järjestelmällä tuntikohtaisessa tuoton ja kulutuksen vertailussa, jonka keskimääräinen sähköntuotto ei ylittänyt keskimääräistä sähkönkulutusta. Mittauksista kuitenkin selvisi, että 3 kWp:n järjestelmä olisi hankintana kohteelle optimaalisin sähköntuoton omakäyttöosuuden kannalta. Tämä kuitenkin riippuu siitä, miten tarkkoja PVGIS-laskureiden antamat tulokset ovat ja miten keskimääräinen sähkönkulutus toteutuu käytännössä.

5 230 V:n ja 12 V:n off-grid-järjestelmien mitoitus teoreettiseen kesämökkikohteeseen

5.1 230 V:n off-grid-järjestelmä

5.1.1 230 V:n off-grid-järjestelmän lähtötiedot

Kohteessa käytettiin ainoastaan 230 V:n vaihtosähkölaitteita, joiden päivittäinen energiantarve on 1650 Wh (taulukko 5). Sijaintina käytettiin henkilökohtaisen kiinnostuksen vuoksi Samppaanniemeä, joka sijaitsee Rääkkylässä (kuva 3). Käyttökuukausina huhti-heinäkuu ja kohteessa oleskellaan vain viikonloppuisin (2-3 vrk).

Taulukko 5. Kesämökkikohteen 230 V:n vaihtosähkölaitteiden päivittäinen energiantarve.

Laite	Määrä	Tuntia/ päivä	Kulutusteho W/kpl	Energiantarve Wh/vrk
230 V VAIHTOSÄHKÖLAITTEET				
LED valo 3W	8	3,00 h	3 W	72 Wh/vrk
radio	1	4,00 h	20 W	80 Wh/vrk
kännykkä	2	0,50 h	10 W	10 Wh/vrk
jääkaappi	1	2,00 h	200 W	400 Wh/vrk
keittolevy	1	0,40 h	1000 W	400 Wh/vrk
mikroaaltouuni	1	0,25 h	800 W	200 Wh/vrk
imuri	1	0,16 h	1200 W	192 Wh/vrk
kahvinkeitin	1	0,16 h	1100 W	176 Wh/vrk
kannettava tietokone (laturi)	1	1,00 h	30 W	30 Wh/vrk
LED-TV ja digiboksi	1	2,00 h	50 W	100 Wh/vrk
Laitteiden yhteenlaskettu energiantarve				1650 Wh/vrk
Invertterin häviöt 10 %				165 Wh/vrk
Yhteenlaskettu vuorokauden energiantarve				1815 Wh/vrk

The screenshot shows the PVGIS Interactive Maps interface. The top navigation bar includes logos for JRC and CM SAF, and the title 'Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps'. The search bar contains the coordinates 'e.g., "Ispra, Italy" or "45.256N, 16.9589E"'. The map shows a location in Finland with a red pin. The configuration panel on the right is titled 'Performance of Grid-connected PV' and includes the following settings:

- Radiation database: Classic PVGIS
- PV technology: Crystalline silicon
- Installed peak PV power: 1 kWp
- Estimated system losses: 5 %
- Fixed mounting options:
 - Mounting position: Free-standing
 - Slope: 42 °
 - Azimuth: 1 °
- Tracking options:
 - Vertical axis: Slope: 0 °
 - Inclined axis: Slope: 0 °
 - 2-axis tracking:
- Output options:
 - Web page:
 - Text file:
 - PDF:

Kuva 3. PVGIS -laskurin asetusarvot kohteelle. [7]

PVGIS-laskurin asetusarvoina käytettiin c-Si kenoja, 5 % järjestelmähäviöitä (kuva 3). Laskuri on asetettu laskemaan optimoidut kulmat parhaimmalle paneeleiden tuotolle kyseiselle sijainnille. Paneeleiden kallistuskulmaksi laskuri antoi arvon 42° ja atsimuuttikulmaksi 1°. Eli paneelit tulisi suunnata etelään

kallistuskulmalla 42°. PVGIS-laskurin avulla saatiin yhden kilowatin järjestelmälle päivittäiselle energiantuotolle E_d keskiarvot 4,09-4,32 kWh aikavälille huhti-heinäkuu (taulukko 6). Järjestelmän kokonaishäviöiksi laskuri antoi arvon 19,1 % (liite 4).

Taulukko 6. 1 kWp:n järjestelmän päiväenergiantuotto kuukausittain.

1 kWp järjestelmä	
Kuukausi	E_d (kWh)
tammikuu	0,65
helmikuu	1,84
maaliskuu	2,75
huhtikuu	4,09
toukokuu	4,51
kesäkuu	4,32
heinäkuu	4,32
elokuu	3,27
syyskuu	2,19
lokakuu	1,21
marraskuu	0,45
joulukuu	0,32

5.1.2 230 V:n off-grid-järjestelmän aurinkopaneelitehon mitoitus

Järjestelmän tarvittava vähimmäispaneeliteho saatiin jakamalla pisimmän oleskeluajan kokonaisenergiantarve latauspäivien määrällä, sekä jakamalla tämä oleskeluaikavälin heikoimmalla 1 kWp:n järjestelmän keskimääräisellä päivätuotolla. Kokonaiskulutuksessa otettiin huomioon invertterin aiheuttamat häviöt, jotka ovat noin 10 % laitteiden yhteenlasketusta energiankulutuksesta (taulukko 5).

Kaava 1. 230 V:n off-grid-järjestelmän paneelitehon mitoitus.

$$x = \frac{W_{wh}}{E_d} = \frac{1,815 \text{ kWh} \times 3 \text{ vrk}}{4,09 \text{ kWh}} \approx 190 \text{ W}$$

x = järjestelmän vähimmäispaneeliteho

W_{wh}	= kokonaiskulutus oleskeluaikana
d	= latauspäivien määrä viikossa
E_d	= 1 kWp:n järjestelmän keskimääräinen päivätuotto

Aurinkopaneeliston vähimmäistehoksi saatiin noin 190 wattia (kaava 1), joten kohteen järjestelmään valittiin kaksi SolarXon 140W aurinkopaneelia (liite 5). Näillä paneeleilla järjestelmän paneelitehoksi tulee 280 W. 280 W:n paneeliteholla päiväenergiantuoton 4,09 kWh keskiarvon mukaan saadaan ladattua akustoa noin 85 % kolmen vuorokauden energiankulutuksesta neljän vuorokauden aikana milloin kohteessa ei oleskella.

5.1.3 230 V:n off-grid-järjestelmän akuston mitoitus

Järjestelmän akusto olisi hyvä mitoittaa oleskeluvuorokausien kokonaisenergiankulutuksen mukaan. Näin saataisiin varmistettua akuston varauksen riittävyys kohteessa oleskeluaikana. Akustoa ei tulisi syväpurkaa liikaa, joten laskuissa on hyvä käyttää syväpurkukerrointa 2. [1]. Esimerkiksi jos kohteen kokonaiskulutus olisi 1 kWh oleskeluaikana tulisi akustossa varausta olla 2 kWh verran, eli noin 165 ah.

Kaava 2. Akuston mitoituskaava. [1]

$$Q = \frac{S \times A \times E_{pvä}}{U} = \frac{2 \times 2 \times 1815 \text{ Wh/vrk}}{12 \text{ V}} = 605 \text{ Ah}$$

S	= syväpurkauksen estokerroin 2
A	= asumiskerroin: viikonloppu 2 vrk
$E_{pvä}$	= tarvittava päiväenergia Wh/vrk
U	= akuston jännite
Q	= akun kapasiteetti Ah

Akuston vähimmäiskooksi saatiin 605 Ah kahden vuorokauden energiankulutuksen mukaan. Saadun tuloksen mukaan valittiin järjestelmän akustoksi kolme 220 ah Victron AGM-akkuja, joten akuston kooksi saatiin yhteensä 660 ah. Asumiskertoimena käytettiin kerrointa kaksi olettaen, että paneelisto tuottaisi kahden oleskeluvuorokauden aikana yhden vuorokauden

energiankulutuksen verran. Teoriassa tämä toteutuu järjestelmän päiväenergiantuoton keskiarvolla. Mikäli tämä ei toteudu käytännössä on järjestelmään helppo lisätä akustoa enemmän tarvittaessa.

5.1.4 230 V:n off-grid-järjestelmän invertterin ja lataussäätimen mitoitus

Invertteri tulee mitoittaa kohteessa olevien vaihtosähkölaitteiden hetkellisen maksimikuorman mukaan. Tässä tapauksessa invertterin tulisi kestää vähintään jääkaapin ja imurin yhteisteho, joka on 1400 wattia. Invertteriksi valittiin 1600 watin kestävä MultiPlus Victron invertteri. Kuormaa tulee kuitenkin jakaa niin, ettei kohteessa päällä olevien laitteiden kuorma ylitä 1600 wattia. Kyseisessä invertterissä on myös lataus ominaisuus, joka mahdollistaa aggregaatin käytön osana järjestelmää. Mikäli järjestelmään lisää aggregaatin, voidaan akusto ladata aggregaatin avulla. Tämä mahdollistaa myös oleskelun kohteessa talvikuukausina, jolloin aurinkopaneeleilla ei tule juuri tuottoa.

Lataussäädintä mitoittaessa tulee laskea kohteessa olevien paneelien yhteenlaskettu maksimilatausvirta, joka tässä tapauksessa on 16,5 A. Lataussäätimeksi valittiin 30 A latausvirran kestävä lataussäädin, joka vielä kestää tarvittaessa yhden lisäpaneelista syntyvän latausvirran.

5.2 12 V:n off-grid-järjestelmä

5.2.1 12 V:n off-grid-järjestelmän lähtötiedot

Kohteen sijainti ja PVGIS-laskurin asetusarvot ovat samat kuin 230 V:n off-grid-järjestelmässä. Näin ollen keskimääräiset päiväenergiantuotot ovat myös samat. Käyttökuukausina huhti-heinäkuu ja kohteessa oleskellaan vain viikonloppuisin (2-3 vrk). Kohteessa käytetään ainoastaan 12 V:n tasasähkölaitteita, joiden päivittäinen energiantarve on 557,8 Wh (Taulukko 7).

Taulukko 7. Kesämökkikohteen 12 V:n tasasähkölaitteiden päivittäinen energiantarve.

Laite	Määrä	Tuntia/ päivä	Kulutusteho W/kpl	Energiantarve Wh/vrk
12 V TASASÄHKÖLAITTEET				
LED valo 3W	8	3,00 h	3 W	72 Wh/vrk
kylmäboxi (+10 :stä -18°C)	1			360 Wh/vrk
kahvinkeitin	1	0,34 h	170 W	57,8 Wh/vrk
vedenkeitin	1	0,34 h	200 W	68 Wh/vrk
kännykkä	2	0,50 h	10 W	10 W/vrk
Laitteiden yhteenlaskettu energiantarve				557,8 Wh/vrk

5.2.2 12 V:n off-grid-ärjestelmän aurinkopaneelitehon ja lataussäätimen mitoitus

Aurinkopaneeliston tehon laskemista varten käytettiin samaa kaavaa kuin 230 V:n off-grid-järjestelmässä. Vähimmäispaneelitehoksi saatiin noin 62 W (kaava 2), joten paneeliksi valittiin yksi SolarXon 140 W aurinkopaneeli. 140 W:n paneeli lataa kolmen oleskeluvuorokauden kokonaiskulutuksen jo noin kolmen vuorokauden aikana keskimääräisen päiväenergiatuoton mukaan. SolarXon 140 W paneelin maksimilatausvirta on 8,25 A (liite 5), joten lataussäätimeksi valittiin 10 A latausvirran kestävä lataussäädin.

Kaava 2. 12 V:n off-grid järjestelmän paneelitehon mitoitus.

$$x = \frac{W_{wh}}{E_d} = \frac{557,8 \text{ kWh} \times 3 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk} \times 4,09 \text{ kWh}} \approx 60 \text{ W}$$

x = järjestelmän vähimmäispaneeliteho

W_{wh} = kokonaiskulutus oleskeluaikana

d = latauspäivien määrä viikossa

E_d = 1 kW:n järjestelmän keskimääräinen päivätuotto

5.2.3 12 V:n off-grid-järjestelmän akuston mitoitus

Akuston mitoitukseen käytettiin samaa kaavaa kuin 230 V:n off-grid järjestelmässä. Akuston vähimmäiskooksi saatiin 186 Ah, joten akustoksi valittiin yksi 220 Ah akku.

Kaava 2. Akuston mitoituskaava. [1]

$$Q = \frac{S \times A \times E_{pva}}{U} = \frac{2 \times 2 \times 557,8 \text{ Wh/vrk}}{12 \text{ V}} \approx 186 \text{ Ah}$$

- S = syväpurkauksen estokerroin 2
 A = asumiskerroin: viikonloppu 2 vrk
 E_{pva} = tarvittava päiväenergia Wh/vrk
 U = akuston jännite
 Q = akun kapasiteetti Ah

5.3 230 V:n -ja 12 V:n off-grid-järjestelmän takaisinmaksuaika ja pohdinta

Taulukossa 8 on 230 V:n järjestelmälle ja taulukossa 9 on 12 V:n järjestelmälle valitut laitteet ja internetistä haetut hinnat. 230 V:n järjestelmän laitteiden kokonaishinnaksi tuli 3312 € ja 12 V:n järjestelmälle 819 €. Järjestelmät asennetaan itse, joten asennuskustannuksia ei ole otettu huomioon.

Taulukko 8. 230 V:n off-grid järjestelmän valitut laitteet.

2x SolarXon 140W aurinkopaneeli	298 €
3x Victron AGM akku 220ah	1 395 €
MultiPlus Victron invertteri/lataus 12V/1600W/70A	1 190 €
VictronMPPT30A-lataussäädin 12V=440W / 24V=700W	229 €
Tarvikkeet (mm. akkujohdot,telineet,paneelikaapelit)	200 €
yhteensä	3 312 €

Taulukko 9. 12 V:n off-grid järjestelmän valitut laitteet.

SolarXon 140W aurinkopaneeli	149 €
Victron AGM akku 220ah	465 €
Victron MPPT10A-lataussäädin	105 €
Tarvikkeet (mm. akkujohdot, telineet, paneelikaapelit)	100 €
yhteensä	819 €

Takaisinmaksuaikaa laskettaessa käytettiin ostosähkön kokonaishintana 0,14 € ja perusmaksujen kokonaishintana 10 €/kk. Vuosittainen oleskeluaikavälin huhti-heinäkuu kokonaissähkönkulutus 230 V järjestelmän mitoituksessa on 92,6 kWh ja 12 V:n järjestelmän mitoituksessa on 28,5 kWh. Vuosittaisen kokonaissähkönkulutuksessa oletettiin, että kohteessa oleskellaan joka viikonloppu 3 vuorokautta. Näin ollen vuosittainen takaisinmaksu 230 V:n järjestelmällä on noin 43 € ja 12 V:n järjestelmällä noin 34 €. Takaisinmaksuaika olisi 230 V:n järjestelmälle 77 vuotta ja 12 V:n järjestelmälle 24 vuotta. Takaisinmaksuaika varsinkin 230 V:n järjestelmälle on aika korkea, joka johtuu kohteen vähäisestä sähkönkulutuksesta verrattuna järjestelmän hankintakustannuksien suuruuteen. Tämän takia järjestelmää verrattiin sähkönjakeluverkkoon liittymisen sijaan vaihtoehtoisena sähköenergian lähteenä.

Pohjois-Karjalan Sähkö Oy yrityksen hinnasto pienjänniteliittymälle 3x25 A on 1 vyöhyke 3060 €, 2 vyöhyke 4275 € ja 2+ vyöhyke 7450 € [8]. Yrityksen internet sivustoilla on omaPKS-palvelu, josta voi sijainnin mukaan katsoa liittymän hinnan. Tämän työn kohteen sijainnille palvelu antoi hinnaksi 2+ vyöhykkeen hinnan, eli 7450 €. Liittymähintaan verrattuna kumpikin järjestelmä antaisi voitollista tuottoa järjestelmän asennuksesta lähtien.

Lähteet

1. Sähkötieto ry. 2017. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Espoo: Sähköinfo Oy. [Viitattu 22.8.2018]. ISBN 978-952-231-219-8 .pdf
2. Suntekno Oy. 2010. Aurinkopaneelin toimintaperiaate. [Viitattu 25.8.2018].
<http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki/paneelit.pdf>
3. Motiva Oy. 2016. Verkkoon kytkemätön aurinkosähköjärjestelmä. [Viitattu 25.8.2018].
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_kytkeaton_aurinkosahkojarjestelma
4. Motiva Oy. 2016. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. [Viitattu 25.8.2018].
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma
5. Exide technologies Oy. Teknistä tietoa. Helsinki. [Viitattu 30.8.2018].
http://exide.fi/wp-content/uploads/sites/15/2014/11/Exide_FAQ.pdf
6. Victron Energy B.V. Gel and AGM batteries. [Viitattu 1.9.2018].
<https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-GEL-and-AGM-Batteries-EN.pdf>
7. Euroopan komissio. PVGIS-laskuri. [Viitattu 6.9.2018].
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
8. Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. omaPKS -palvelu. [Viitattu 6.9.2018].
<https://oma.pks.fi/Connection/Connection>
9. Tahokorpo, M. 2015. Aurinkosähköjärjestelmien hintayhteenveto. Utuapu Oy.
10. Eurosolar Oy. SolarXon 140 W. [Viitattu 10.9.2018].
<https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/WebRoot/vilkas04/Shops/20120903-11092-142553-1/MediaGallery/140W.pdf>
11. Finlumo. 2016. Aurinkopaneelit mökille. [Viitattu 11.9.2018].
<http://www.finlumo.fi/aurinkopaneelit-mokille/>

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 62°34'1" North, 29°27'58" East, Elevation: 102 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 3.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 6.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.7%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 22.6%

Fixed system: inclination=27°, orientation=45°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	1.01	31.5	0.41	12.7
Feb	3.41	95.3	1.33	37.2
Mar	6.12	190	2.45	75.9
Apr	10.30	309	4.28	128
May	12.20	378	5.29	164
Jun	12.20	365	5.45	163
Jul	12.00	372	5.44	169
Aug	8.58	266	3.83	119
Sep	5.22	157	2.25	67.4
Oct	2.52	78.1	1.05	32.5
Nov	0.87	26.0	0.36	10.8
Dec	0.47	14.6	0.20	6.12
Yearly average	6.25	190	2.70	82.2
Total for year		2280		986

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

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

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

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

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 62°34'1" North, 29°27'58" East, Elevation: 102 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 3.7 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 6.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.7%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 22.6%

Fixed system: inclination=27°, orientation=45°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	1.25	38.8	0.41	12.7
Feb	4.20	118	1.33	37.2
Mar	7.55	234	2.45	75.9
Apr	12.70	380	4.28	128
May	15.00	466	5.29	164
Jun	15.00	451	5.45	163
Jul	14.80	458	5.44	169
Aug	10.60	328	3.83	119
Sep	6.44	193	2.25	67.4
Oct	3.11	96.3	1.05	32.5
Nov	1.07	32.1	0.36	10.8
Dec	0.58	18.0	0.20	6.12
Yearly average	7.71	234	2.70	82.2
Total for year		2810		986

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

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

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

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

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 62°34'1" North, 29°27'58" East, Elevation: 102 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 4.5 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 6.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.7%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 22.6%

Fixed system: inclination=27°, orientation=45°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	1.52	47.2	0.41	12.7
Feb	5.11	143	1.33	37.2
Mar	9.19	285	2.45	75.9
Apr	15.40	463	4.28	128
May	18.30	567	5.29	164
Jun	18.30	548	5.45	163
Jul	18.00	557	5.44	169
Aug	12.90	399	3.83	119
Sep	7.83	235	2.25	67.4
Oct	3.78	117	1.05	32.5
Nov	1.30	39.0	0.36	10.8
Dec	0.71	21.9	0.20	6.12
Yearly average	9.38	285	2.70	82.2
Total for year		3420		986

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

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

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

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

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 62°15'58" North, 29°31'4" East, Elevation: 61 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.5% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.1%

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

Combined PV system losses: 14.8%

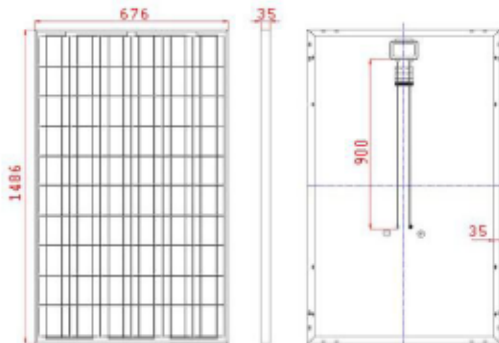
Fixed system: inclination=42°, orientation=1° (optimum)				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.65	20.0	0.65	20.1
Feb	1.84	51.6	1.90	53.3
Mar	2.75	85.2	2.97	92.0
Apr	4.09	123	4.69	141
May	4.51	140	5.47	170
Jun	4.32	130	5.35	161
Jul	4.32	134	5.44	169
Aug	3.27	101	4.01	124
Sep	2.19	65.8	2.57	77.0
Oct	1.21	37.4	1.33	41.3
Nov	0.45	13.6	0.48	14.5
Dec	0.32	10.0	0.33	10.3
Yearly average	2.50	75.9	2.94	89.4
Total for year		911		1070

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

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

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

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


SOLARXON ES-140P
Polycrystalline PV module

Specifications

Cells	Polycrystalline silicon solar cells 156x156mm
Number of cells	36
Dimensions (mm)	1486 x 676 x 35
Weight (kg)	12

Electrical Characteristics

Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25°C)			
Max Power P _m (W)	140	Cell Efficiency (%)	16.30
Max Power Voltage V _m (V)	22.0	Module Efficiency (%)	13.90
Max Power Current I _m (A)	8.25	Maximum System Voltage (V)	DC 1000 (TÜV)
Open-Circuit Voltage V _{oc} (V)	18.2	Power Tolerance (%)	+3
Short-Circuit Current I _{sc} (A)	7.69	Series Fuse Rating (A)	12

Components & Mechanical Data

Front Glass	High Transparency Tempered Glass, 3.2mm
Junction Box	Pass the TUV Certificate PPO(black/IP65)
Output Cables	4mm ² /0.9m
Connectors	MC4(UV resistance and self-locking/IP67)
Frame	Anodized aluminum alloy type 6063-T5
Encapsulation Material	EVA (0.50 ± 0.03mm thickness)
Back Foil	White TPT (0.32 ± 0.03mm thickness)
Fixing adhesive	Silicone Sealant(White)
Temperature Range(°C)	-40°C to +90°C
Max Load(Kpa)	2.4 wind load / 5.4 snow load

Temperature Coefficients

NOCT (°C)	47±2
Temperature Coefficient of P _m (%/°C)	-0.47±0.05
Temperature Coefficient of I _{sc} (%/°C)	0.04±0.01
Temperature Coefficient of V _{oc} (%/°C)	-0.38±0.02

Note

- STC: Irradiance 1000W/m², Module temperature 25°C, AM=1.5
- Nominal Operating Cell Temperature above data is only for reference
- Deviation of V_m(V), I_m(A), V_{oc}(V) an I_{sc}(A) of ±10%

Guarantee

- 5-year product guarantee
- 10-year performance guarantee at 90% power output
- 25-year performance guarantee at 80% power output

Contact us

Aurinkosähkötalo EuroSolar Oy
Haikankatu 1, 21200 RAISIO, FINLAND
Tel: +358 2 439 8611

Website: www.eurosolar.fi
Email: info@eurosolar.fi
Fax: +358 2 439 8711