

Eemeli Paranko

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu sähköttömään vapaa-ajan asuntoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

4.4.2015

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Eemeli Paranko Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu sähköttömään vapaa-ajan asuntoon 27 sivua + liite 4.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Osmo Massinen
<p>Tässä insinööriyössä suunniteltiin aurinkosähköjärjestelmä sähköttömään vapaa-ajan asuntoon. Työssä myös vertailtiin aurinkosähköä ja jakeluverkkoon liittymistä sähköistysvaihtoehtoina kyseiseen kohteeseen. Myös tuulienergian käyttöä aurinkosähköjärjestelmän tukena pohdittiin hieman.</p> <p>Työssä käsiteltiin aurinkosähkön tuottamiseen tarvittavia komponentteja ja niiden toiminta-periaatteita. Myös muutamaa erityyppistä komponenttivaihtoehtoa vertailtiin keskenään ja valittiin kohteeseen parhaiten sopivat. Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelemisen lisäksi työn kohteena olevalle vapaa-ajan asunnolle tehtiin myös sähkösuunnitelma.</p> <p>Työssä vertailtiin myös erityyppisten järjestelmien aiheuttamia kustannuksia. Vertailu tapahtui pääasiassa jakeluverkkoon liittymisen ja aurinkosähköjärjestelmän välillä.</p> <p>Lopputuloksena selvisi, että kyseisessä kohteessa aurinkosähköjärjestelmä on huomattavasti edullisempi vaihtoehto kohteen sähköistämiseen.</p>	
Avainsanat	Aurinkosähkö, vapaa-ajan asunto, suunnittelu

Author Title	Eemeli Paranko Planning of Photovoltaic System for a Cabin Without Electricity
Number of Pages Date	27 pages + 1 appendix 4 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructor	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study is to create a plan of photovoltaic system for a cabin without electricity. Also a comparison between photovoltaic system and joining the distribution network is given. Another option considered in the study, is using wind energy alongside photovoltaic system.</p> <p>Components needed for the photovoltaic system and their working principles are presented. A couple of different types of components were compared with each other and those best suited for this system were chosen. Besides the photovoltaic system plan, an electric plan for the cabin was created.</p> <p>There is also a price comparison given between different types of systems. The comparison is made mainly between photovoltaic system and joining the distribution network.</p> <p>The conclusion of this study is that creating a photovoltaic system is a lot cheaper option for getting electricity to the cabin than joining the distribution network.</p>	
Keywords	Photovoltaic, cabin, planning

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Aurinkosähkön tuottaminen	1
2.1	Aurinkosähkön tuottamisessa tarvittava laitteisto	1
2.2	Aurinkopaneelin toimintaperiaate	2
2.3	Eriytyypiset aurinkopaneelit	2
2.4	Ohjausyksikkö ja vaihtosuuntaaja	4
2.5	Akusto	5
2.5.1	Avoimet akut	5
2.5.2	Venttiiliohjatut akut	5
3	Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu	6
3.1	Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelukohde	6
3.2	Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelun lähtökohdat	9
3.3	Aurinkosähköjärjestelmässä käytettävä jännite	13
3.4	Aurinkosähköjärjestelmään valittavat laitteet	14
4	Vapaa-ajan asunnon sähköistämisen kustannukset	18
4.1	Sähköverkkoon liittyminen	18
4.2	Aurinkosähkö	19
4.3	Rakennuksen sähköasennukset	21
4.4	Kokonaiskustannukset	23
5	Yhteenveto	24
	Lähteet	26
	Liitteet	
	Liite Pääkeskuksen dokumentointi	

Lyhenteet

AGM	<i>Absorbent Glass Mat.</i> Akkutyyppi, jossa elektrolyytti on imeytetty lasivillaserottimeen.
FLA	<i>Flooded Lead Acid battery.</i> Avoin akku.
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking.</i> Ohjausyksikkötekniikka, jossa akkujen latausvirta ja jännite pyritään pitämään optimaalisena.
NOCT	<i>Nominal Operating Cell Temperature.</i> Aurinkopaneelien todellisia toimintaolosuhteita mukailevissa oloissa tehty maksimitehon määrittäminen.
PWM	<i>Pulse-Width Modulation.</i> Ohjausyksikkötekniikka, jossa akkujen latausvirtaa pätkitään tarpeen mukaan.
STC	<i>Standard Test Conditions.</i> Aurinkopaneelien standardiolosuhteissa tehty maksimitehon määrittäminen.
VRLA	<i>Valve-Regulated Lead Acid battery.</i> Venttiiliohjattu akku.

1 Johdanto

Sähkö on nykymaailmassa perusedellytys, jota ilman on vaikea kuvitella elävänsä. On kuitenkin olemassa vielä nykyäänkin paikkoja, joihin sähkönjakeluverkko ei ulotu, eikä suurten kustannusten takia ole järkevääkään ulottaa. Usein tällaiset paikat ovat vapaa-ajan asuntoja tai joitain muita väliaikaiseen olemiseen tarkoitettuja kiinteistöjä. Tällaisten kohteiden sähköistys toteutetaan usein tuottamalla sähköä paikallisesti esimerkiksi aggregaatilla, tuulivoimalalla, polttokennolla tai aurinkokennolla.

Tässä insinööriyössä suunnitellaan aurinkosähköjärjestelmä sähköttömään vapaa-ajan asuntoon. Työssä selvitetään aurinkopaneelin toimintaperiaate, ja millaisia laitteistokokonaisuuksia aurinkosähkön tuottamisessa voidaan käyttää. Työssä myös valitaan kohteena olevalle vapaa-ajan asunnolle sopivat laitteet aurinkosähkön tuottamista varten, sekä verrataan niiden aiheuttamia kustannuksia jakeluverkkoon liittymisen kustannuksiin. Suunnitelmaan sisällytetään myös rakennuksen sisäiset sähköasennukset, joista tehdään myös kustannuslaskelmia.

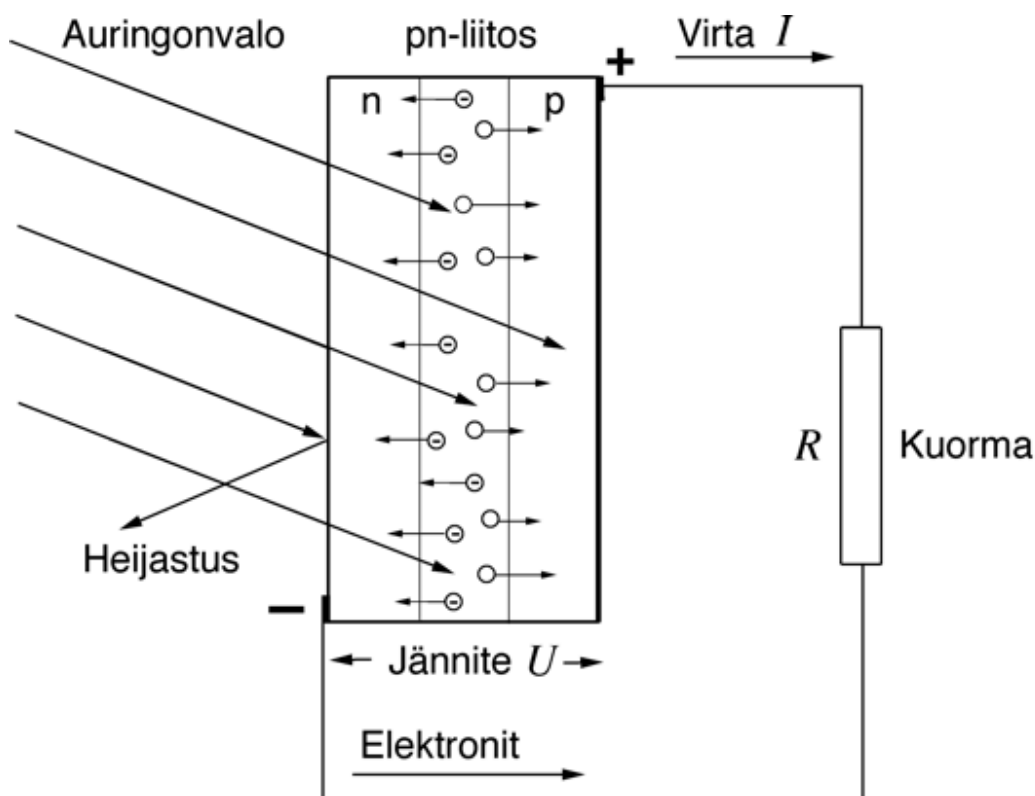
2 Aurinkosähkön tuottaminen

2.1 Aurinkosähkön tuottamisessa tarvittava laitteisto

Aurinkosähkön tuottamisessa tarvitaan yksinkertaisimmillaan aurinkopaneeli ja ohjausyksikkö. Pelkästään näiden kahden laitteen kokonaisuudella järjestelmän jännite on sidottu aurinkopaneeleiden tuottamaan jännitteeseen ja sähköä voidaan käyttää ainoastaan silloin kun auringon säteily osuu aurinkopaneeleihin. Akuston lisääminen järjestelmään mahdollistaa sähkön käytön silloinkin kun aurinko ei paista paneeleihin. Vaihotosuuntaajan lisääminen järjestelmään taas mahdollistaa pienjännitejärjestelmissä yleisesti käytössä olevan vaihtojännitteen käytön. Silloin myös yleisimpiä sähkölaitteita voidaan käyttää järjestelmässä.

2.2 Aurinkopaneelin toimintaperiaate

Aurinkopaneeli koostuu aurinkokennoista, joiden rakenne perustuu kahdesta erityyppisestä puolijohteesta muodostettuihin liitoksiin. Niitä kutsutaan pn-liitoksiksi. Osa aurin-
gon valohiukkasista osuu pn-liitoksista muodostettuun pintaan, jossa ne muodostavat
elektroni-aukkopareja. Elektronit kulkeutuvat n-puolelle ja aukot vastaavasti p-puolelle.
Liitokohtaan syntyy sähkökenttä, ja sen vuoksi elektronit voivat kulkea p-puolelle, yh-
distymään aukkojen kanssa, vain ulkoisen johtimen kautta. Liitoksen eri puolilla on siis
jatkuvasti erimerkkiset varauksenkuljettajat, ja siitä syystä eri puolien välille syntyy jän-
nite. (Kuva 1.)(1, s. 1.)



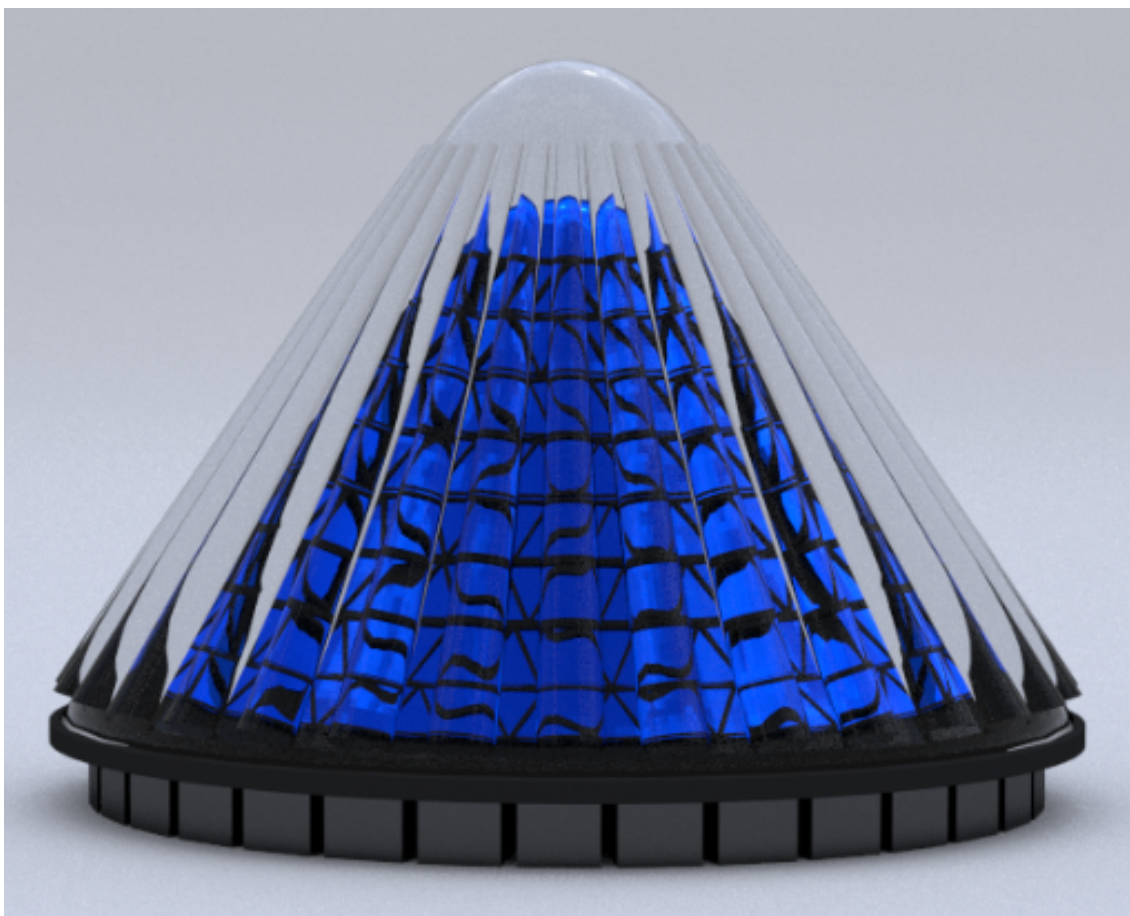
Kuva 1. Aurinkopaneelin toimintaperiaate (1, s. 1)

2.3 Erityyppiset aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit ryhmitellään nykyisin kennojen kiderakenteen perusteella: yksikide-,
monikide- ja ohutkalvopaneeleihin. Hinta ja hyötysuhde kulkevat käsi kädessä panee-
leita vertailtaessa. Aurinkopaneelin hyötysuhde ilmoitetaan prosenttiosuutena paneeliin

osuvasta aurinkoenergiasta, joka saadaan muutettua sähköksi (esimerkiksi 100 %:n hyötysuhteella kaikki paneeliin osuva aurinkoenergia saataisiin muutettua sähköksi). Yksikidepaneeli on kallein parhaimmalla hyötysuhteella, jota halvempi huonommalla hyötysuhteella on monikidepaneeli ja ohutkalvopaneeli on halvin huonoimmalla hyötysuhteella. (2.)

Aurinkosähkön tuottamiseen tulee myös innovaatioita koko ajan. Yksi hyvin mielenkiintoinen idea on pyörivä aurinkokeräin SPIN Cell. Keräin on kartion muotoinen ja siinä on ympäriinsä linsejä, joiden tarkoitus on kohdistaa auringon säteily kennopintaan (kuva 2). Kohdistettu auringonvalo tuottaa moninkertaisesti sähköä kennosta. Kennoissa on kuitenkin ongelmana kuumuus, joka pienentää kennon tuottoa ja pahimmillaan saattaa jopa vaurioittaa sitä. Tästä syystä keräin pyörii. Pyöriessään keräimen varjon puolella olevat kennot saavat jäähtyä, ja keräystä voidaan tehdä jatkuvalla tahdilla. Kartion muoto myös pienentää keräimen riskiä tarttua tuulen mukaan. (3.)



Kuva 2. Pyörivä aurinkokeräin SPIN Cell (3)

2.4 Ohjausyksikkö ja vaihtosuuntaaja

Ohjausyksikkö on laite, joka säätää aurinkopaneelilta akuille tulevaa latausjännitettä ja -virtaa. Jännitteen ja virran säätäminen on tärkeää, jotta akkuja ei ylladata. Ohjausyksikön tarkoituksena on myös estää akuille vahingollinen syväpurkaus sekä vuotovirtojen kulkeminen aurinkokennoille päin. Ohjausyksiköitä on erilaisia: PWM-tekniikkaan perustuvia, MPPT-tekniikkaan perustuvia sekä ohjausyksikön ja vaihtosuuntaajan yhdistelmälaitteita.

PWM-tekniikkaan (Pulse-Width Modulation) perustuva ohjausyksikkö syöttää hieman akuston nimellisjännitettä suuremman tasajännitteen akuille ja pätkee kulkevaa virtaa tarpeen mukaan. PWM-säädintä käytetään pienissä 12 V:n ja 24 V:n tasasähköjärjestelmissä. (4.)

MPPT-tekniikkaan (Maximum Power Point Tracking) perustuva ohjausyksikkö tutkii jatkuvasti, millä jännitteellä ja virralla aurinkopaneelistä saadaan suurin teho irti. MPPT-säätimellä saadaan optimaalinen tuotto olosuhteiden vaihdellessakin. MPPT-säädin kestää myös korkeamman jännitteen kuin PWM-säädin. Korkeamman jännitteen kesto mahdollistaa paneelien kytkemisen sarjaan, ja korkeampi jännite paneelien ja säätimen välissä pienentää virtalämpöhäviöitä. (4.)

Vaihtosuuntaajan ja ohjausyksikön yhdistelmälaitteessa on yhdistetty aurinkopaneelin jännitteen ja virran hallinta, akun lataamisen hallinta ja tasajännitteen vaihtosuuntaaminen. Usein vaihtosuuntaaminen tehdään tasajännitteestä 230 V:n vaihtojännitteeksi, jotta se on yhteensopiva jakeluverkon ja useimpien sähkölaitteiden kanssa.

Aurinkosähköjärjestelmissä käytetään vaihtosuuntaajia myös erillisinä komponentteina. Käytössä on monen aurinkopaneelin tasajännitteen vaihtojännitteeksi muuttavia vaihtosuuntaajia ja jokaiselle aurinkopaneelille erikseen asennettavia niin sanottuja mikroinverttereitä eli pienikokoisia vaihtosuuntaajia. Mikroinvertterillä vältetään esimerkiksi suurissa sarjaan asennetuissa paneelijärjestelmissä vaarallisen suuret tasajännitteet. Toinen merkittävä mikroinvertterin tuottama etu on paneelien toimiminen erillään. Jos esimerkiksi yksi mikroinvertteri menee epäkuuntoon voi muu järjestelmä silti toimia normaalisti. Paneelit toimivat erillään myös likaantuessaan tai joutuessaan varjoon, eli vain

osateholla toimivan paneelin teho putoaa, ei kaikkien paneelien, kuten yhden suuremman vaihtosuuntaajan järjestelmässä kävisi. (5.)

2.5 Akusto

Aurinkosähköjärjestelmään soveltuvat hyvin syväpurkausta kestävät akut. Yleisimmin käytössä olevat akut voidaan jakaa kahteen pääryhmään: avoimet akut (FLA eli Flooded Lead Acid battery) ja venttiiliohjatut akut (VRLA eli Valve-Regulated Lead Acid battery). (6; 7.)

2.5.1 Avoimet akut

Avoimet akut johdattavat ladatessa syntyvät kaasut ulos korkkien tai venttiilien kautta. Tämän takia avoimien akkujen elektrolyytineste vähenee ja sitä joudutaan lisäämään tarpeen vaatiessa.

Sekä avoimista akuista että venttiiliohjatusta akuista löytyy hyviä ja huonoja puolia. Avoimien akkujen hyvänä puolena voidaan pitää esimerkiksi sitä, että ne ovat halvempia kuin venttiiliohjatut akut. Ne kestävätkin yleensä myös enemmän purkusyklejä ja syväpurkausta kuin venttiiliohjatut akut. Avoimilla akuilla on usein myös parempi saataavuus siitä syystä, että niitä on ollut pitempään markkinoilla kuin venttiiliohjatut akkuja.

Huono puoli avoimissa akuissa on esimerkiksi se, että niihin joudutaan lisäämään elektrolyytinestettä säännöllisesti. Huonona puolena voidaan pitää myös sitä, että avoimen akun voi asentaa vain pystyasentoon. Myös asennuspaikan suhteen tulee rajoituksia siinä mielessä, että sen pitää olla hyvin tuulettuva latauskaasujen vuoksi. Avoimet akut myös purkautuvat itsestään nopeammin kuin venttiiliohjatut akut. (6; 7.)

2.5.2 Venttiiliohjatut akut

Myös venttiiliohjatut akut voidaan jakaa kahteen ryhmään: AGM-akut ja geeliakut. AGM-akuissa elektrolyytineste on imeytetty lasivillaerottimeen (Absorbent Glass Mat). Geeliakuissa elektrolyytineste taas on sidottu geeliin.

AGM-akuissa on muun muassa suurempi käyttölämpötila-alue kuin avoimissa akuissa ja geeliakuissa. AGM-akuilla on myös vertailukolmikon hitain itsepurkautumisnopeus. Ne kestävät myös paremmin tärinää ja iskuja kuin geeliakut ja avoimet akut.

Verrattuna geeliakkuihin ja avoimiin akkuihin AGM-akut kestävät huomattavasti paremmin säännöllistä syväpurkausta. Syväpurkaus tarkoittaa siis tilannetta, jossa akun varaus käytetään lähes loppuun asti. Myös säännöllinen osittaisessa varauksessa oleminen, eli akut eivät pääse latautumaan täyteen asti, rasittaa AGM-akkuja enemmän kuin geeliakkuja tai avoimia akkuja.

Geeliakut sen sijaan kestävät AGM-akkuja paremmin syväpurkausta. Ne myös kestävät AGM-akkuja paremmin tilannetta, jossa ollaan jatkuvasti osittaisessa varauksessa.

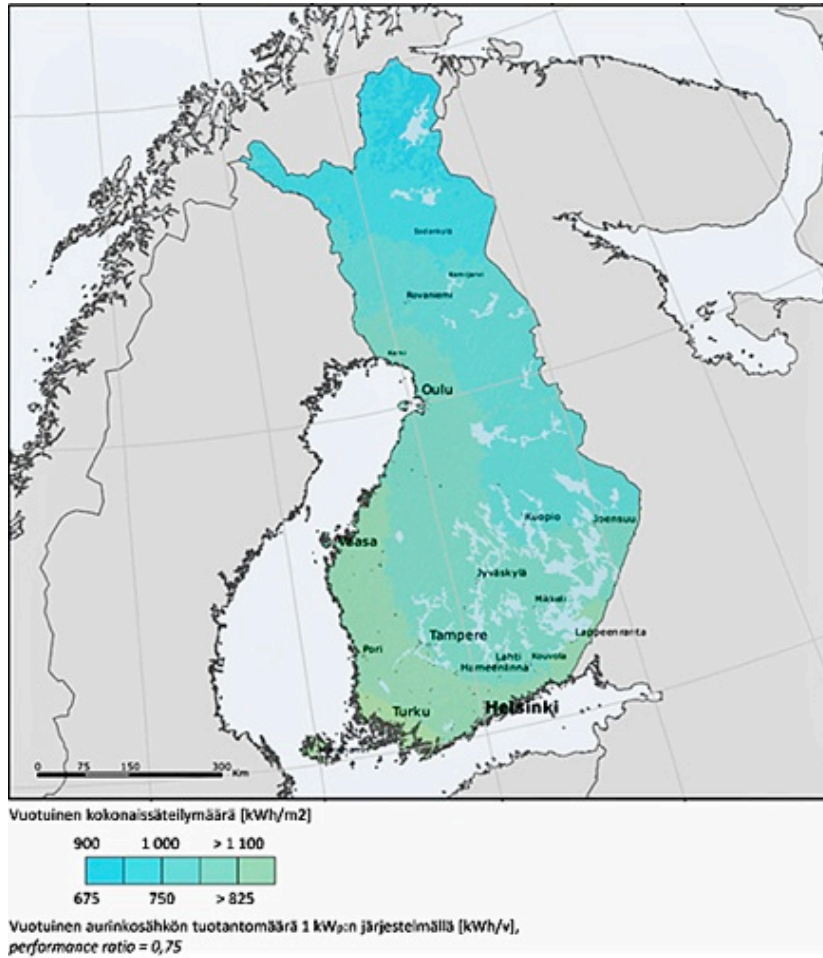
Geeliakuissakin on huonoja puolia. Ne ovat kalliimpia kuin AGM-akut tai avoimet akut. Niillä on huonompi suorituskyky kylmässä kuin kahdella muulla edellä mainitulla akkutyypillä. Ne myös kestävät huomattavasti kevyttä purkausta kuin AGM-akut tai avoimet akut. Kevyellä purkauksella tarkoitetaan siis esimerkiksi alimmillaan 80%:n varaukseen purkamista. Geeliakut myös purkautuvat itsestään nopeammin kuin AGM-akut. (6; 7.)

3 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu

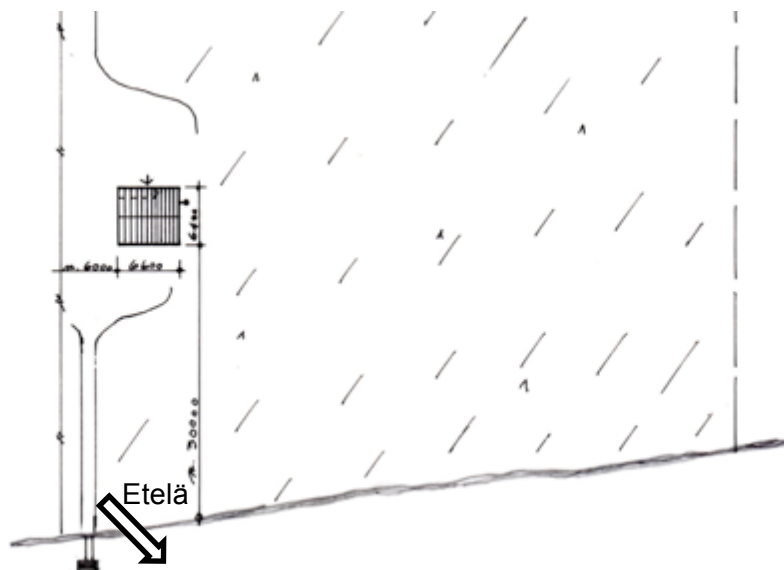
3.1 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelukohde

Suunnittelun kohteena on vuonna 1986 rakennettu vapaa-ajan asunto, jolla ei ole sähköä syrjäisen sijainnin vuoksi. Sähköliittymän tilaamista asunnolle on harkittu, mutta sen hankintakustannukset ovat olleet liian suuret.

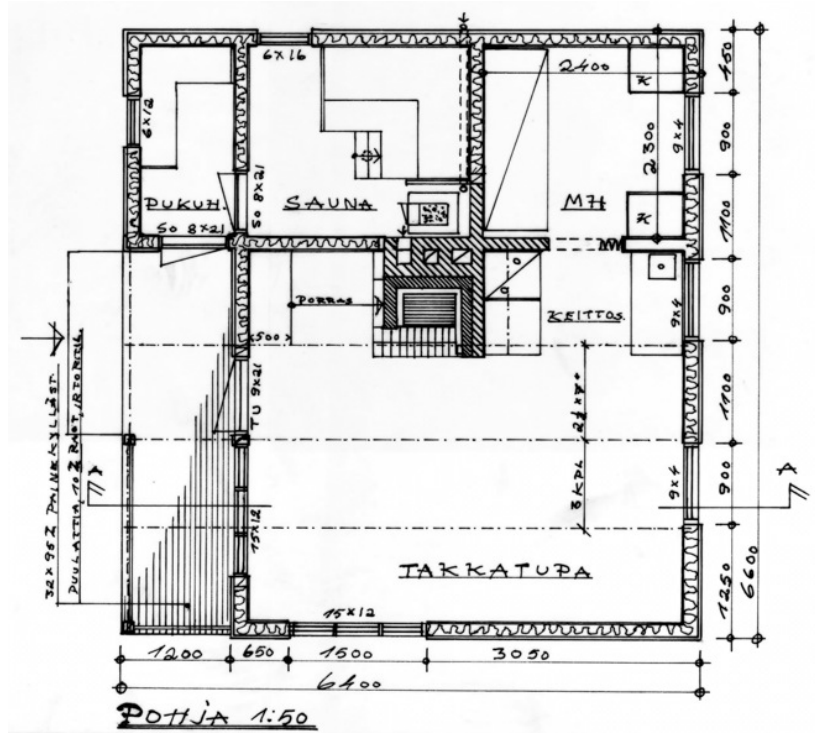
Vapaa-ajan asunto sijaitsee 30 m järven rannasta alueella, jossa vuotuinen auringonsäteilyn kokonaismäärä on yli 1 000 kWh/m², eli edellytykset aurinkoenergian käytölle ovat suhteellisen hyvät (kuvat 3 ja 4, ks. seur. s.). Asunnossa on 42,2 m² katettua pinta-alaa, johon sisältyy sauna, pieni terassi ja pieni yläkerta yöpymistä varten (kuvat 5 ja 6, ks. s. 8).



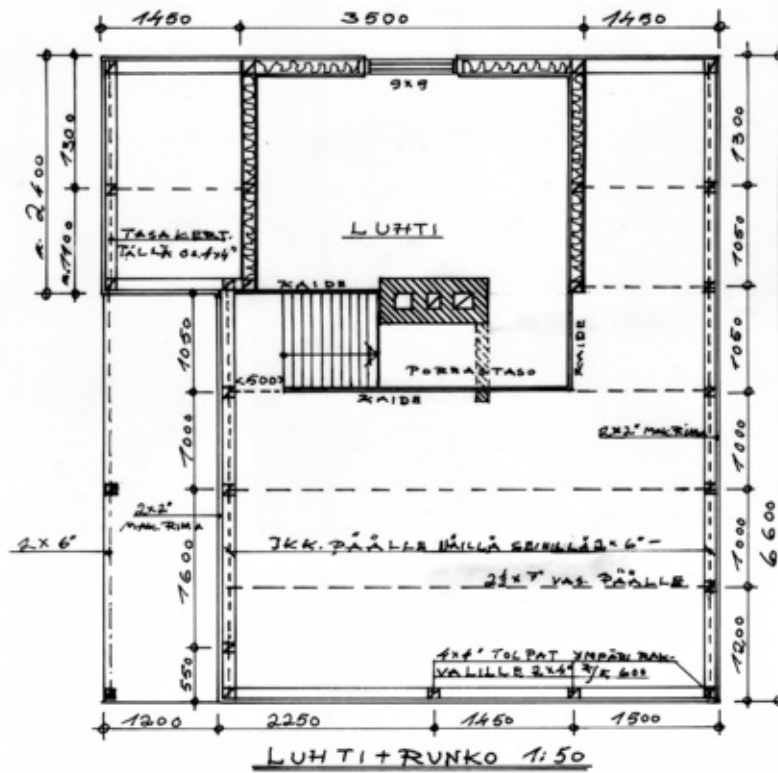
Kuva 3. Vuotuinen auringonsäteilyn kokonaismäärä (8)



Kuva 4. Vapaa-ajan asunnon asemakaavapiirustus



Kuva 5. Vapaa-ajan asunnon alakerran pohjapiirustus



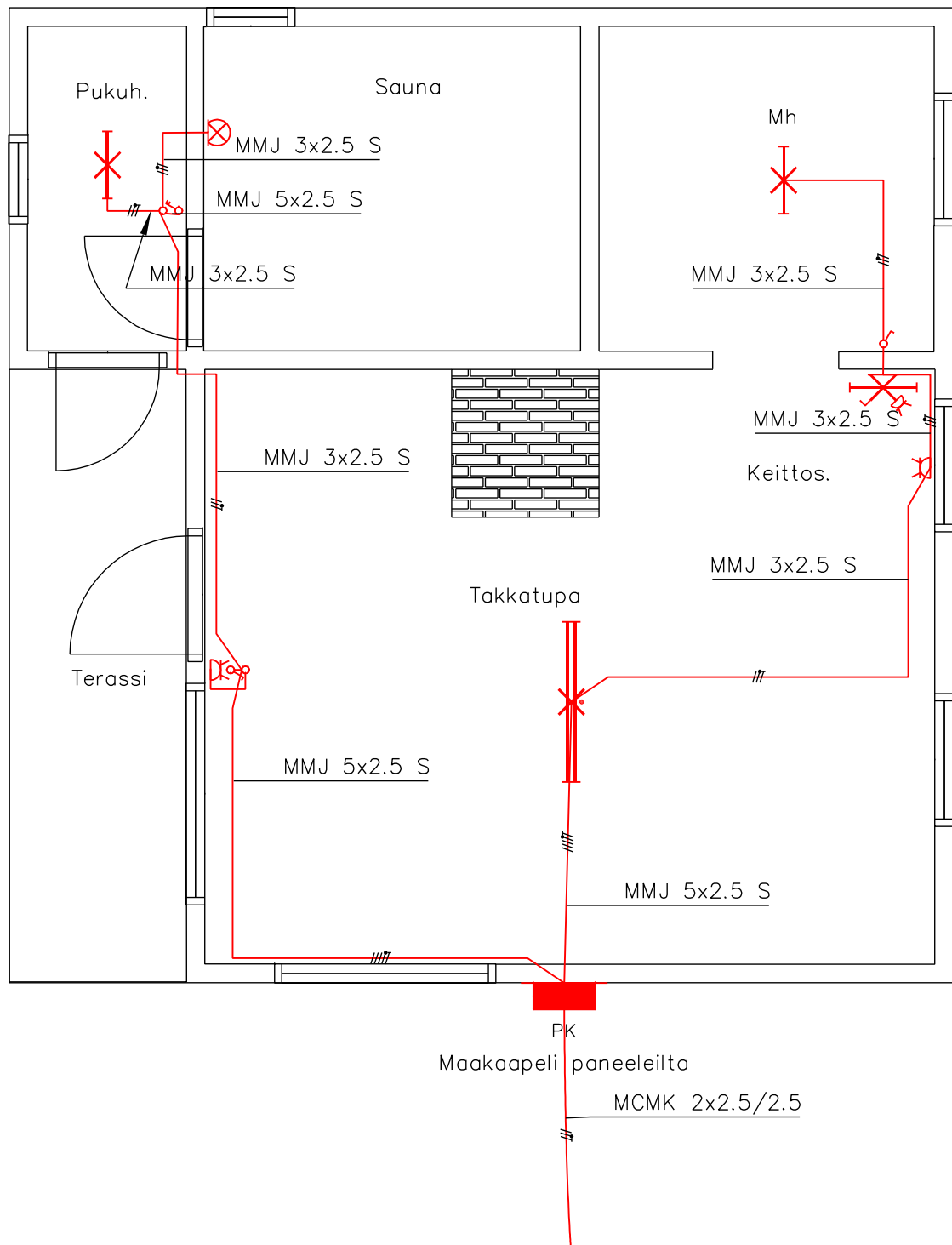
Kuva 6. Vapaa-ajan asunnon yläkerran pohjapiirustus

3.2 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelun lähtökohdat

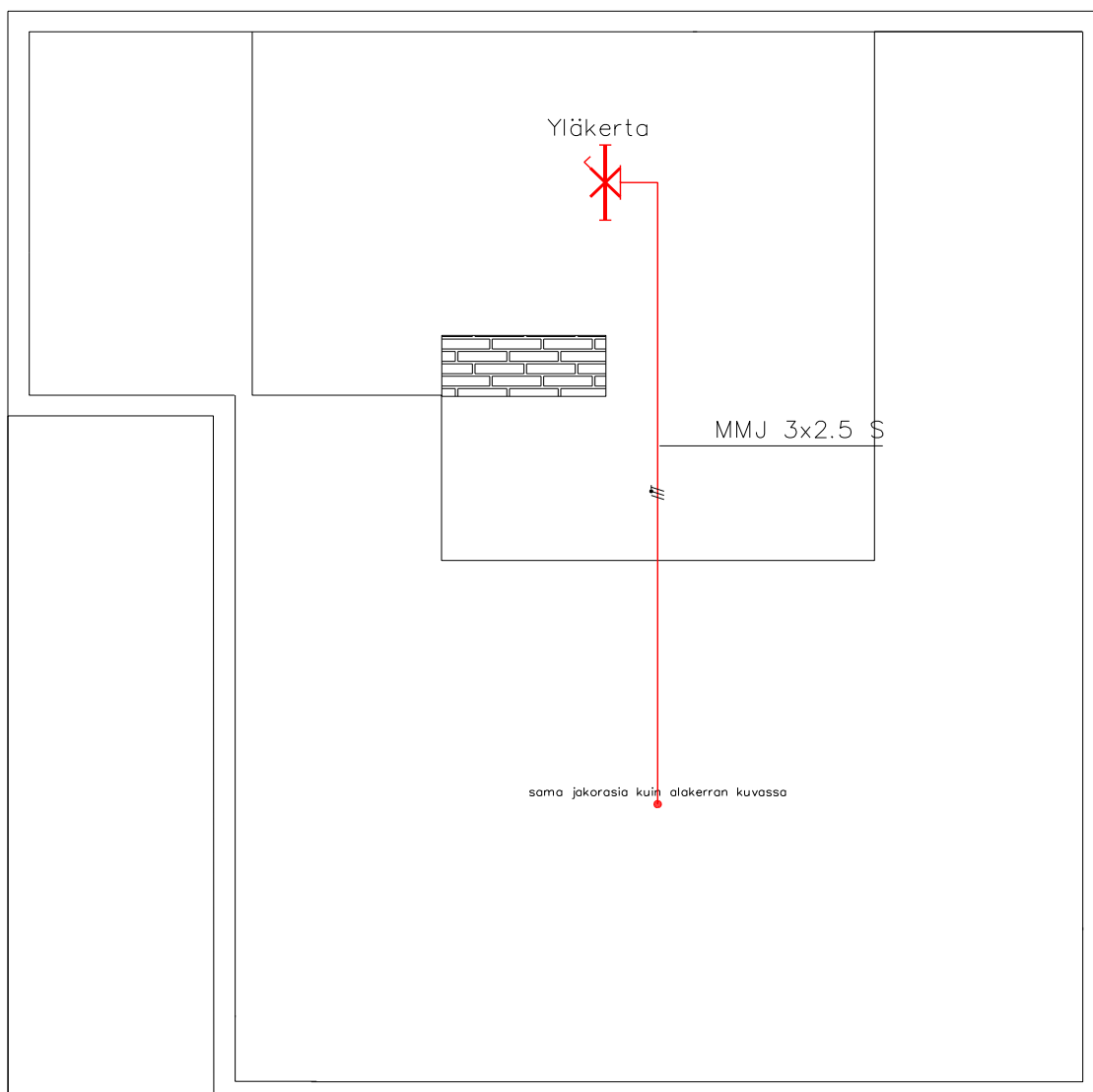
Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelun perustana käytetään aurinkopaneelien sijoituspaikkaa. Kyseessä olevassa kohteessa paneelit kannattaa sijoittaa järven rantaan, jossa auringon säteilyllä on vähiten esteitä. Lisäetuna rantaan sijoittamisessa on järven pinnasta heijastuva säteily, joka saattaa hetkellisesti lisätä paneelille tulevaa säteilyä jopa yli 20 %. Kuitenkin vuositasolla järvestä heijastuvan säteilyn osuus on vain muutama prosentti. Paneelit kannattaa sijoittaa rantaan kallistettuna 45°:een kulmaan pystysuunnasta, jolloin voidaan lisätä kerättävän säteilyn määrää 20 - 30 % vuodessa vaakasuoraan asennukseen verrattuna. Paneelien suunnaksi on paras valita etelä, jotta keräysteho saataisiin optimaaliseksi. (8; 9.)

Seuraavaksi tulisi ratkaista kuinka suuri järjestelmä halutaan, eli kuinka paljon sähkötehoa järjestelmässä tarvitaan. Kyseinen mökki on käytössä pääosin kesäisin, mutta jonkin verran myös syksyisin. Sähköä käytettäisi pääasiassa valaistuksessa (n. 190 W), mobiililaitteiden lataamisessa (n. 70 W), radion kuuntelemisessa (n. 15 W), kylmlaitteissa (n. 80 W) ja järviveden pumppaamisessa (n. 200 W). Eli järjestelmän tulisi pystyä tuottamaan noin 600 W:n teho.

Jotta voidaan ratkaista järjestelmässä käytettävä jännite, tulee selvittää, miten paljon johtoa tarvitaan sähkönsiirtoon. Rantaan sijoittaminen aiheuttaa noin 25 m:n sähkönsiirtomatkan rannasta vapaa-ajan asunnolle (kuva 4, ks. s. 7). Lisäksi rakennuksen sisällä on tehtävä sähköasennuksia. Sähkönkulutuspuisteiden sijainti ja niille tulevat johdotukset on hyvä suunnitella tässä vaiheessa. Käytetään rakennuksen sähkösuunnitelman tasopiirustusten ja pääkeskuksen kaavioiden tekemiseen ohjelmaa CADS Electric. Valmiista tasopiirustuksista voidaan laskea, että rakennuksen sisällä johtomatkaa tulee noin 35 m (kuva 7, ks. seur. s.; kuva 8, ks. s. 11). Näin ollen arvioitua johtomatkaa sähkönsiirtoon tulee yhteensä 60 m. Arvio perustuu tilanteeseen, jossa kaikissa kulutuspuisteissa olisi kulutusta.



Kuva 7. Alakerran sähkösuunnitelman tasopiirustus

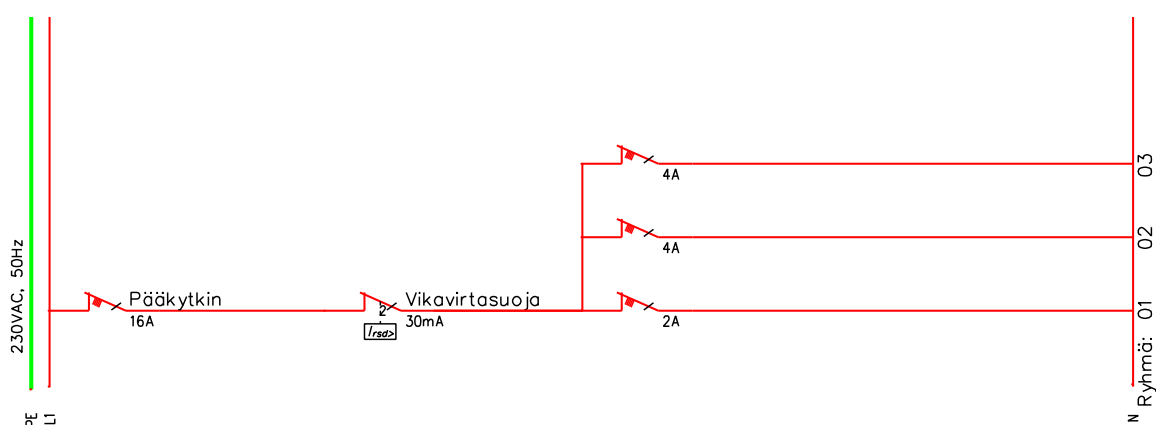


Kuva 8. Yläkerran sähkösuunnitelman tasopiirustus

Tasopiirustuksissa on suunniteltu rakennuksen sisäinen sähköjärjestelmä. Sisäisten asennusten lisäksi on myös aurinkosähköjärjestelmän komponenttien välillä tehtävä johdotuksia, sekä tuotava sähkö maakaapelia pitkin pääkeskukseen. Pääkeskukseen on liitettävä myös maadoitusköysi. Se on kaivettava hyvin johtavaan maahan lenkin muotoon, ja sen molemmat päät on kiinnitettävä keskuksen maadoituskiskoon. Tasopiirustukset on tehty siten, että järjestelmä voidaan sähköistää myös jakeluverkosta tarpeen vaatiessa. Valaistuksen hyötysuhde ja pistorasioiden määrä on kuitenkin pohdittu aurinkosähköjärjestelmän kannalta. (Kuva 7, ks. ed. s.; Kuva 8.)

Myös pääkeskuksen rakenne on suunniteltu ensisijaisesti aurinkosähköjärjestelmää varten. Kaikissa lähdöissä on käytetty lisäsuojauksena vikavirtasuojaa. Se on erityisen hyvä tässä järjestelmässä, sillä vikavirrat ovat tavallista pienempiä, eivätkä aina välttämättä riitä laukaisemaan ylivirtasuojia. Turvallisuuden maksimoimiseksi ylivirtasuojat on myös mitoitettu mahdollisimman pieniksi ja riittävän nopeatoimisiksi. Pääkeskuksen suojiin lisäksi tulisi myös vaihtosuuntaajassa olla ylivirtasuojaus, jotta järjestelmä saadaan suojattua myös ennen pääkeskusta. Tämä seikka otetaan huomioon vaihtosuuntaajan valinnassa. (Kuvat 9 ja 10; Liite.)

Keskuskin on nopeasti muunnettavissa jakelujärjestelmästä syötettäväksi. Jopa koko sähköjärjestelmän muuttaminen yksivaiheisesta kolmivaiheiseksi käy nopeasti pääkeskuksen nykyaikaisen moduulijärjestelmän ansiosta.



Kuva 9. Ote pääkeskuksen piirikaaviosta

RYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A
01	Sauna	Valaistus	3x2,5 ja 5x2,5	0,46	B2
02	Takkatupa+parvi	Valaistus+PR	3x2,5 ja 5x2,5	0,92	C4
03	Keittos.+MH	Valaistus+PR	3x2,5 ja 5x2,5	0,92	C4

Kuva 10. Ote pääkeskuksen keskuskaaviosta

3.3 Aurinkosähköjärjestelmässä käytettävä jännite

Järjestelmässä voidaan käyttää 12 V/24 V:n tasajännitettä tai 230 V:n vaihtojännitettä. Tasajännitteistä 24 V:n aurinkopaneelit ovat hinta/teho suhteeltaan parempia ja korkeammalla jännitteellä virtalämpöhäviöt ovat pienempiä (10). 24 V:n tasajännitteen ja 230 V:n vaihtojännitteen välillä valinta on vaikeampi. 24 V:n tasajännite on turvallisempi ja yksinkertaisempi. Huono puoli ovat suuremmat virtalämpöhäviöt ja sen soveltumattomuus yleisimpien sähkölaitteiden jännitteeksi. 230 V:n vaihtojännitteellä taas on pienemmät virtalämpöhäviöt ja se on yleisempi sähkölaitteiden jännite. Huono puoli on vaihtosuuntaajan kuluttama noin 10 %:n sähköteho kokonaissähkötehosta.

Johtimissa tapahtuva tehohäviö voidaan laskea riittävän tarkasti kaavalla

$$P = I^2 * R,$$

jossa P on tehohäviö, I johtimissa kulkeva virta ja R johtimien yhteenlaskettu resistanssi. Johtimien yhteenlaskettu resistanssi voidaan laskea kaavalla

$$R = z * l,$$

jossa R on johtimien yhteenlaskettu resistanssi, z johtimen impedanssi ja l johtimen pituus. Johtimien impedanssit katsotaan kirjasta D1-2012.

24 VDC:n järjestelmässä maksimitehoksi määritellyn 600 W:n siirtämiseen tarvittava virta voidaan laskea kaavalla

$$I = \frac{P}{U},$$

jossa I on johtimissa kulkeva virta, P kuljetettava sähköteho ja U järjestelmän jännite, eli $I = \frac{600 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 25 \text{ A}$. Jos käytetään yleistä $3 * 2,5 \text{ mm}^2$:n kaapelia, jonka resistanssi on

$R = z * l = 8,77 \text{ E} - 3 \frac{\Omega}{\text{m}} * (2 * 60 \text{ m}) = 1,052 \Omega$, saadaan tehohäviöksi: $P = I^2 * R = (25 \text{ A})^2 * 1,052 \Omega \approx 660 \text{ W}$. Tässä järjestelmässä voidaan käyttää myös paksumpaa kaapelia. Lasketaan tehohäviöt vielä kaapelille $3 * 6 \text{ mm}^2$. Resistanssi on silloin: $R = 3,66 \text{ E} - 3 \frac{\Omega}{\text{m}} * (2 * 60 \text{ m}) = 0,439 \Omega$. Ja tehohäviö: $P = (25 \text{ A})^2 * 0,439 \Omega \approx 270 \text{ W}$.

230 VAC:n järjestelmässä virraksi saadaan edellä mainitulla kaavalla: $I = \frac{600 \text{ W}}{230 \text{ V}} \approx 2,61 \text{ A}$. Käytettäessä $3 * 2,5 \text{ mm}^2$:n kaapelia saadaan tehohäviöksi: $P = (2,61 \text{ A})^2 * 1,052 \Omega \approx 7,2 \text{ W}$. Tässä järjestelmässä tarvitaan kuitenkin vaihtosuuntaajaa, jonka tehohäviö on noin 10 % eli 60 W. Yhteensä tehohäviöksi tulee siis 67,2 W.

Kaapeleissa tapahtuvat tehohäviöt siis jäävät huomattavasti pienemmiksi 230 VAC:n järjestelmässä. 24 VDC:n järjestelmässä oli vielä $3 * 6 \text{ mm}^2$:n kaapelillakin enemmän tehohäviöitä. Sen lisäksi $3 * 6 \text{ mm}^2$:n kaapeli on noin 2,8 kertaa kalliimpaa kuin $3 * 2,5 \text{ mm}^2$:n kaapeli. Kannattavinta on siis rakentaa 230 VAC:n järjestelmä.

3.4 Aurinkosähköjärjestelmään valittavat laitteet

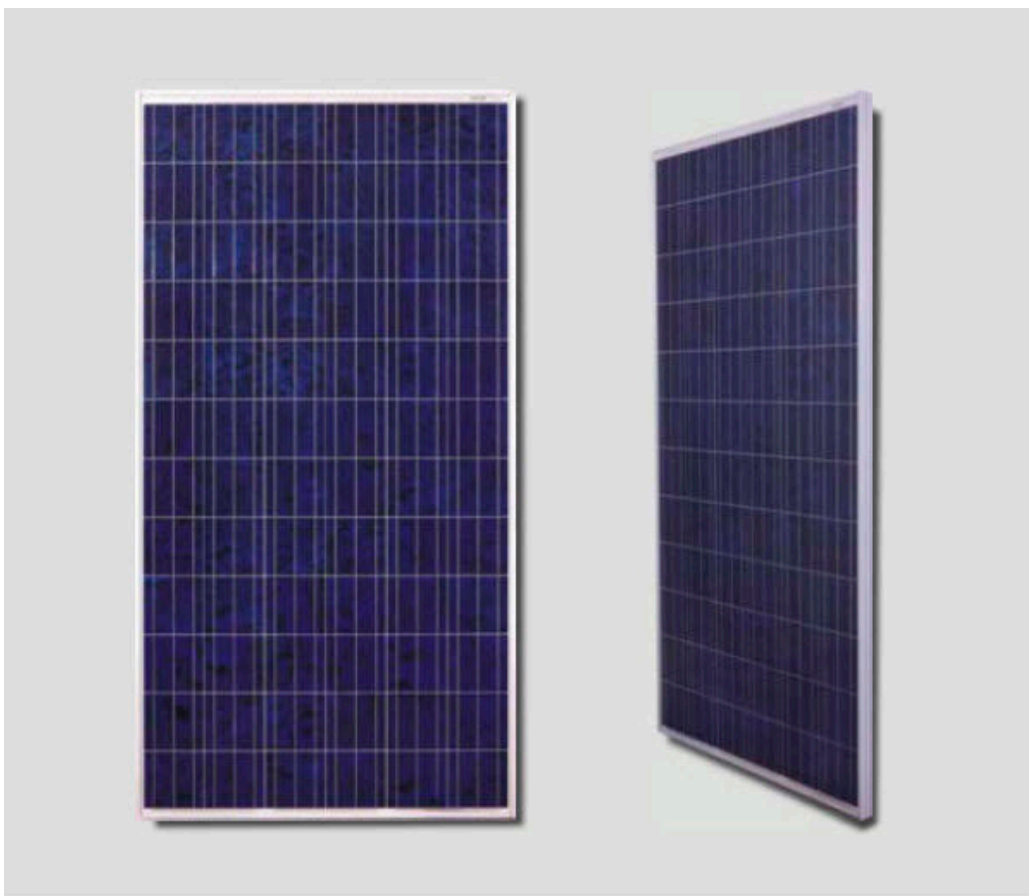
Kyseisen aurinkosähköjärjestelmän optimaalisen toimimisen takaamiseksi tarvitaan siis seuraavat laitteet:

1. Aurinkopaneeli/-paneelit aurinkoenergian keräämistä ja sähköenergiaksi muuttamista varten.
2. Ohjausyksikkö akkujen lataamisen ja purkamisen kontrollointiin.
3. Vaihtosuuntaaja muuttamaan akuilta tuleva tasajännite vaihtojännitteeksi.
4. Akusto sähköenergian varastointiin.

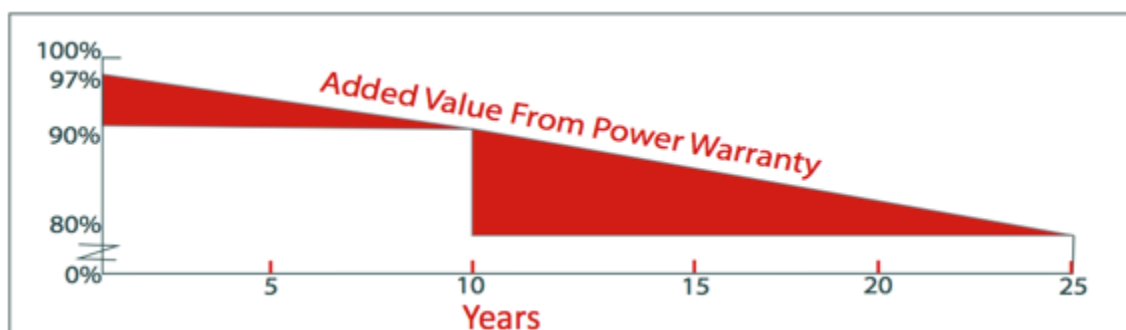
Laitteet on valittu siten, että kustannukset pysyisivät kohtuullisina, ja laitteisto olisi hyvälaatuinen. Myös suorituskyvyn, monipuolisuuden ja ominaisuuksien vertailu oli osa valintaprosessia.

Suunnittelukohteeseen tarvitaan kaksi aurinkopaneelia, joiksi valitaan Canadian Solarin malli CS6X-310P (kuva 11, ks. seur. s.). Se on monikidepaneeli, jonka teoreettinen maksimiteho on 310 W (STC eli Standard Test Conditions). Kuitenkin paneelin todellinen, tositalannetta mukailevassa mittauksessa mitattu maksimiteho on vain 225 W (NOCT eli Nominal Operating Cell Temperature). Takuu paneelilla materiaaleille ja

valmistusvirheille on 10 vuotta ja 25 vuotta suorituskyvylle lineaarisen kuvaajan mukaisesti (kuva 12). (11.)



Kuva 11. Canadian Solar CS6X-310P-aurinkopaneeli (12)



Kuva 12. Canadian Solar CS6X-310P-aurinkopaneelin takuu suorituskyvylle (13, s. 1)

Järjestelmään valitaan akkujen lataamisesta huolehtivaksi ohjausyksiköksi OutBack Power FLEXmax FM60-150VDC (kuva 13, ks. seur. s.). Se on MPPT-säädin, jonka

sisääntulo- ja latausjännite voidaan säätää 10 - 80 VDC. Laite pystyy toimimaan maksimiteholtaan 4 500 W:n (STC) aurinkopaneelijärjestelmän kanssa, joten järjestelmä on helposti laajennettavissa. Säädin toimii maksimissaan 98,1 %:n hyötysuhteella. Säätimessä on myös näyttö ja 128 päivän muisti erilaisille laitteiston mittausarvoille. Takuu laitteessa on viisi vuotta, mutta on laajennettavissa 10 vuoteen. (14.)



Kuva 13. OutBack Power FLEXmax FM60-150VDC-ohjausyksikkö (15)

Vaihtosuuntaajaksi järjestelmään valitaan Growatt 1000 (kuva 14, ks. seur. s.). Laite pystyy maksimissaan tuottamaan 1000 W:n vaihtojännitteisen tehon hyötysuhteella 97 %. Vaihtosuuntaajassa tapahtuvat tehohäviöt ovat siis jopa pienempiä kuin aikaisemmin arvioitu 10 %. Laitteessa on muun muassa ylivirta- ja ylijännitesuojaus sekä maavuodon tarkkailu. Valmistaja antaa laitteelle viiden vuoden takuun, mutta sen saa ilmaisella rekisteröinnillä laajennettua 10 vuoteen. (16.)



Kuva 14. Growatt 1000-vaihtosuuntaaja (17)

Akusto järjestelmään on vielä mitoittamatta. Kohteena olevalla vapaa-ajan asunnolla siis käydään vain alkukesästä alkusyksyyn, joten aurinkoa ja valoisuutta riittää pitkälle iltaan. Sähkön käyttö siis luultavasti sijoittuu iltaan ja aamuun, sillä silloin oleskellaan sisällä ja käytetään sähkölaitteita. Arviolta noin 4 tuntia vuorokaudesta on sähkön käyttöä pelkällä akustolla. Tämä aika on luultavasti myös vuorokauden suurimman kulutuksen aikaa, koska auringonpaisteella tuskin tarvitsee ainakaan valoja niin paljon kuin pimeällä. Tämän seikan vuoksi myös aurinkopaneeleiden teho voitiin mitoittaa hieman huippukulutusta alhaisemmaksi.

Jos siis akkutehon käyttö on 4 tuntia vuorokaudessa, tarvitaan arvioidulla 600 W:n maksimikulutuksella energiamäärä, joka voidaan laskea kaavalla

$$E = t * P,$$

jossa E on energiamäärä, t sähkökäyttöaika ja P tarvittava teho. Eli $E = t * P = 4 \text{ h} * 600 \text{ W} = 2,4 \text{ kWh}$. Valittu vaihtosuuntaaja tarvitsee toimiakseen vähintään 70 VDC.

Näin ollen 12 VDC:n akkuja tarvitaan kuusi kappaletta sarjassa, jolloin saadaan jo 72 VDC:n jännite.

Akuiksi valitaan 12 VDC:n nimellisjännitteen Trojan 24-AGM (kuva 15). Akuilla on vuoden takuu, jonka saa halutessa laajennettua kahteen vuoteen. Se pystyy tuottamaan viiden tunnin purkuajassa 67 Ah, joka valitsemassamme 72 VDC:n akustossa tarkoittaa energiaa: $E = P * t = U * I * t = 72 V * 67 A * 1 h = 4,8 kWh$. Tämä akusto pystyy siis tuottamaan noin kaksinkertaisen energian tarvittavaan määrään nähden. Näin ollen akuston ikä pitenee kun sitä ei käytetä tyhjäksi asti. (18.)



Kuva 15. Trojan 24-AGM-akku (19)

4 Vapaa-ajan asunnon sähköistämisen kustannukset

4.1 Sähköverkkoon liittyminen

Suunnittelukohte sijaitsee syrjäseudulla Hämeenlinnan Tuuloksessa. Sähköverkkoa tai sähköliittymiä ei ole lähellä, joten sähköverkkoon liittyminen on kallista. Verkkoyhtiön arvion mukaan vuonna 2014 sähköliittymän tilaus maksaisi yhdelle alueella olevalle

kiinteistölle 67 444 €. Jos kaksi tai useampi alueella olevista kiinteistöistä ottaisi liittymän, olisi hinta yhtä liittymää kohti 44 962 €. Liittymät olisi varustettu 3 * 25 A:n pääsulakkeilla. Liittymän hinta nousee korkeaksi, sillä sitä varten olisi asennettava: 3,4 km suurjännite- ja pienjännitemaakaapelia, 180 m pienjännitteistä vesistökaapelia sekä puistomuuntaja, jakokaappeja ja suur- ja pienjänniteliittimiä.

Sen lisäksi, että sähköverkkoon liittyminen on kallista, joutuu sähkön käytöstä ja siirrostä maksamaan vielä liittymisen jälkeenkin. Usein myös sähkön laadun kanssa on ongelmia syrjäseuduilla ja varsinkin sähkölinjojen loppupäissä. Tosin ainakaan ilmaston aiheuttamat ylijännitteet tuskin ovat kovin suuri ongelma, sillä uusi verkko toteutettaisiin maa- ja vesistökaapeleina.

4.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähköön käyttö sen sijaan on järjestelmän perustamiskustannusten jälkeen ilmaista. Tosin laitteita joutuu joskus uusimaan ja huoltamaan, vaikkakin kaikille komponenteille, paitsi akuille, on mahdollista saada 10 vuoden takuu. Akusto on kuitenkin myös suunniteltu kestäväksi ainakin 10 vuotta. Akkujen kestäminen pitkään vaatii niiden kunnosta huolehtimista ja huoltamista, myös talviaikaan.

Aurinkosähköjärjestelmän perustamiskustannukset koostuvat yksittäisten komponenttien hinnoista, asennustarvikkeista ja asennustyöstä. Komponenttien internetistä löytyvien hintojen keskiarvoilla voidaan tehdä kustannuslaskelmia riittävän tarkasti. Toimituskulut katsotaan DHL:n hinnastosta, ja ne saattavat hieman poiketa todellisista kuluista. Edellä mainituista hinnoista esitetään laskelmat taulukossa 1 (ks. seur. s.).

Taulukko 1. Aurinkosähkön tuottamiseen tarvittavien komponenttien hinnat

Komponentti	Hinta	Toimituskulut	Yhteishinta	Kuva
Canadian Solar CS6X-310P	254 €	124 €	$2 * (254 € + 124 €) = 756 €$	
OutBack Power FLEXmax FM60-150VDC	456 €	48 €	$456 € + 48 € = 504 €$	
Growatt 1000	407 €	32 €	$407 € + 32 € = 439 €$	
Trojan 24-AGM	267 €	107 €	$6 * (267 € + 107 €) = 2 244 €$	

Aurinkosähkön tuottamiseen tarvittava laitteisto maksaa siis yhteensä: $756 € + 504 € + 439 € + 2 244 € = 3 943 €$. Laitteiston lisäksi asennustyötä suorittamaan tarvitaan sähkömies, jonka tunti-laskutus internetistä löytyvien hintojen keskiarvona on 51 €/h. Laitteiston toimintakuntoon saattaminen vaatii arviolta 8 tuntia sähkömiehen työtä. Aikaan

siis sisältyy laitteiston suojaaminen säältä ja paneelien asentaminen asianmukaisiin telineisiin. Lisäkustannuksia tulee siis: $8 h * \frac{51 \text{ €}}{h} = 408 \text{ €}$.

Myös johdoista, kaapeleista ja asennustarvikkeista aiheutuu kuluja. Laitteiden väliset johdotukset voidaan tehdä kaapelilla MMJ 3 * 2,5 mm², jonka hinta on 1,39 €/m. Kyseisiin johdotuksiin tarvitaan noin 10 m kaapelia, joten hintaa tulee: $10 m * \frac{1,39 \text{ €}}{m} = 13,9 \text{ €}$. Akusto johdotetaan laajennusta ajatellen varmuuden vuoksi 10 mm²:n johdoilla, jonka hinta on 1,95 €/m. Johtoa tarvitaan noin 6 m, joten kustannukseksi tulee: $6 m * \frac{1,95 \text{ €}}{m} = 11,7 \text{ €}$. Aurinkopaneelien asennusteline maksaa 295 €. Filmivanerit ja kattopelti laitteiston sääsuojuukseen: 133 €.

Kaiken kaikkiaan voidaan arvioida, että asennustarvikkeista tulee 500 € lisähintaa. Kun asennustarvikkeet ja työ lisätään laitteiston hintaan, saadaan loppusummaksi: 500 € + 408 € + 3 943 € = 4 851 €. Näin ollen aurinkosähköjärjestelmän hankintakustannukset jäävät jopa huomattavasti pienemmiksi kuin jakeluverkkoon liittymisen kustannukset halvimmillaan.

4.3 Rakennuksen sähköasennukset

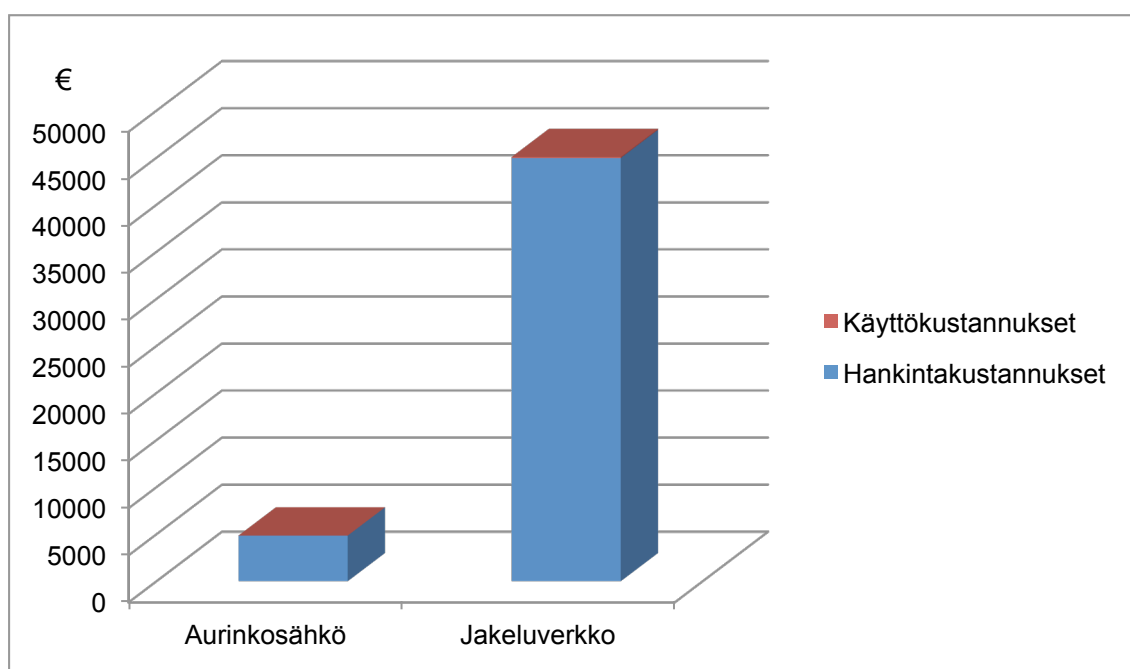
Sähkönsyöttöjärjestelmästä riippumatta myös rakennuksen sisällä tarvitsee tehdä sähköasennuksia, jotka aiheuttavat kuluja. Listaus tarvittavista sähkötarvikkeista ja sähkötyöstä esitetään taulukossa 2 (ks. seur. s.). Listauksessa on otettu huomioon myös sähkönsiirto aurinkopaneelilta pääkeskukseen. Tarvikkeiden hinnat on katsottu taalon.com nettikaupasta (20).

Taulukko 2. Rakennuksen sähköasennuksien kustannukset

Tuote:	Yksikköhinta (€/kpl, €/m, €/h):	Määrä (kpl/m/h):	Kokonais- hinta (€):
Jakorasia	7,6	3	22,8
Johdonsuojakatkaisija B 2 A	16,9	1	16,9
Johdonsuojakatkaisija C 4 A	16,9	2	33,8
Kaapeli MMJ 3 * 2,5 S	1,4	26	36,4
Kaapeli MMJ 5 * 2,5 S	2,2	9	19,8
Kupariköysi maadoitukseen 1 * 25 mm ²	4,2	25	105,0
Kytkin 1 os. (pinta, kostea tila)	13,9	2	27,8
Kytkin 2 os. (pinta, kostea tila)	16,5	1	16,5
Loistelamppuvalaisin (14 W)	43,9	2	87,8
Loistelamppuvalaisin (2 * 49 W)	75,9	1	75,9
Loistelamppuvalaisin + kytkin (14 W)	50,9	1	50,9
Loistelamppuvalaisin + kytkin + 2 os. pistorasia (14 W)	53,5	1	53,5
Maakaapeli MCMK 2 * 2,5 + 2,5	1,7	25	42,5
Pistorasia, maadoitettu 2 os. (pinta, kuiva tila)	9,9	2	19,8
Saunavalaisin (40 W)	22,9	1	22,9
Sähkökeskus 9 moduulia	27,5	1	27,5
Sähkötyö	51,0	14	714,0
Vikavirtasuoja 1-vaiheinen, 30 mA	41,9	1	41,9
Yhteensä:			<u>1415,7</u>

4.4 Kokonaiskustannukset

Ainakin perustuskustannusten näkökulmasta on järkevämpää rakentaa aurinkosähköjärjestelmä kuin liittyä jakeluverkkoon kyseisessä kohteessa. Toinen näkökulma on käyttökustannukset. Käyttökustannuksia aurinkosähköjärjestelmässä voivat aiheuttaa laitteiden huoltamiset, korjaamiset ja uuteen vaihtamiset. Kuvassa 16 on havainnollistettu kustannusten jakautumista ensimmäisenä vuonna.



Kuva 16. Havainnollistava esitys hankinta- ja käyttökustannuksista optimaalisessa tilanteessa (tilanne ensimmäisenä vuonna)

Vaikka jakeluverkon käyttökustannuksiksi on arvioitu 100 €/vuosi ja aurinkosähköjärjestelmän käyttökustannuksiksi 0 €/vuosi, ne näyttävät silti olevan yhtä suuri osa järjestelmien kokonaiskustannuksista. Tämä johtuu jakeluverkkoon liittymisen huomattavasti suuremmista kustannuksista. (Kuva 16.)

Aurinkosähköjärjestelmä on siis kokonaiskustannustenkin perusteella huomattavasti edullisempi vaihtoehto sähkön saamiseksi suunnittelukohteeseen kuin jakeluverkkoon liittyminen. Eli kun kaikki kustannukset lasketaan yhteen, tulee koko sähköjärjestelmä aurinkosähköllä syötettynä maksamaan ensimmäisenä käyttövuotena yhteensä:

4 851 € + 1 416 € + 0 € = 6 267 €. Käyttökustannukset luultavasti nousevat jonakin vuonna, mutta pysyvät todennäköisesti lähellä nollaa ainakin ensimmäiset 10 vuotta.

5 Yhteenveto

Insinööriyössä suunniteltiin aurinkosähköjärjestelmä kesäkäytössä olevalle vapaa-ajan asunnolle. Suunnitelma onnistui hyvin ja aurinkosähköjärjestelmästä tuli laadukas ja monipuolinen kokonaisuus. Erityisen onnistunut oli jännitteen valinta, sillä valitulla 230 VAC:n järjestelmällä saatiin virtalämpölämpöä pienemmiksi. Myös koko sähköjärjestelmä monipuolistui tällä ratkaisulla.

Työn aikana tuli selväksi, että kyseiselle vapaa-ajan asunnolle jakeluverkkoon liittymistä parempi sähköistysratkaisu on tuottaa sähkö paikallisesti aurinkopaneeleilla. Tämä lopputulos johtuu siitä, että kohde sijaitsee syrjäseudulla, Hämeenlinnan Tuuloksessa, kaukana jakeluverkon yhtymäpisteistä. Sijainnista johtuen jakeluverkkoon liittyminen on erityisen kallista.

Jos kohde olisi isompi ja sähkön tarve suurempi, akuutimpi, ja käyttö olisi ympärivuotista, saattaisi valinta kallistua jakeluverkon puolelle. Tällaisessa tilanteessa jouduttaisiin aurinkosähköjärjestelmä mitoittamaan niin suureksi, että kustannukset saattaisivat olla lähellä jakeluverkon liittymiskustannuksia. Aurinkosähköjärjestelmä jouduttaisiin kaiken lisäksi mitoittamaan talvikäytön mukaan, jolloin sähköntarve on suurimmillaan. Talvella myös auringonsäteily on heikointa ja sitä on vähemmän. Sen lisäksi paneelien pinnassa oleva lumi ja jää heikentävät keräystehoa.

Yksi vaihtoehto, jakeluverkkoon liittymisen ja pelkän aurinkosähkön välillä, voisi olla tuulivoiman lisääminen tukemaan aurinkosähköjärjestelmää. Tällöin vapaa-ajan asunnon käyttöä voitaisiin lisätä sekä kevään että syksyn puolella. Tuulivoimala auttaisi sähkön tuotannossa myös pilvisinä päivinä kesällä. Myös tuulisina iltoina ja aamuina saataisiin tuotettua sähköä tuulivoimalalla, kun aurinkopaneelit eivät pimeyden vuoksi tuota mitään.

600 W:n tuulivoimalan lisääminen järjestelmään tulisi maksamaan noin 4 000 € - 5 000 €. Tähän hintaan sisältyisi voimalan lisäksi: tuulivoimalan perustukset, masto,

harukset ja liitosjohdot. Liittäminen voitaisiin tehdä järjestelmässä jo olevaan lataussäättimeen. Rakennelman kestävyys lisäksi huomioon tulisi ottaa erilaiset rakennusluvut ja säädökset tuulivoimaloille, muun muassa voimalan aiheuttamat ääni- ja näköhaitat. Myös tuulen riittävyys kyseisellä alueella tulisi ottaa huomioon, vaikkakaan se ei kyseisessä kohteessa olekaan niin oleellista, sillä tuulivoimala paikkaisi aurinkosähkön tuotantoaukkoja sen sijaan, että sillä tavoiteltaisiin mahdollisimman suurta tuottoa. (21; 22.)

Työ osoittaa myös, että sähkönjakeluverkkoon liittyminen ei ole ainoa tai aina paras mahdollinen vaihtoehto sähköistää kiinteistö. Vaihtoehtoinen sähköistämisyjärjestelmä, aurinkosähkö, saattaa olla myös ympäristöarvoja ajateltaessa parempi ratkaisu, sillä energiantuotantoprosessi on päästötön ja käyttäjän itsensä hallittavissa. Akusto on komponentti, joka ympäristönäkökulmasta saattaa aiheuttaa hieman negatiivista arvoa aurinkosähkölle. Kuitenkaan oikein käytettynä ja kierrätettynä akutkaan eivät ole kovin suuri ympäristöriski.

Tulevaisuudessa, aurinkopaneelien, vaihtosuuntaajien ja akkujen kehittyessä saattaa jopa lähellä sähköverkon liityntäpistettä olevalle kiinteistölle tulla tilanne, jossa aurinkosähkölle perustaminen on kannattavampaa kuin verkkoon liittyminen. Tällaisissa tilanteissa voisi sittenkin sähköverkon kannalta olla järkevää liittää kiinteistö sähköverkkoon. Silloin sen aurinkosähkölle perustaminen voisi tuottaa sähköä muillekin kuluttajille, kun kyseisessä kiinteistössä ei sitä tarvita. Tällä tavoin saataisiin jaettua sähköntuotantoa useaan eri pisteeseen ja lähemmäksi käyttäjiä.

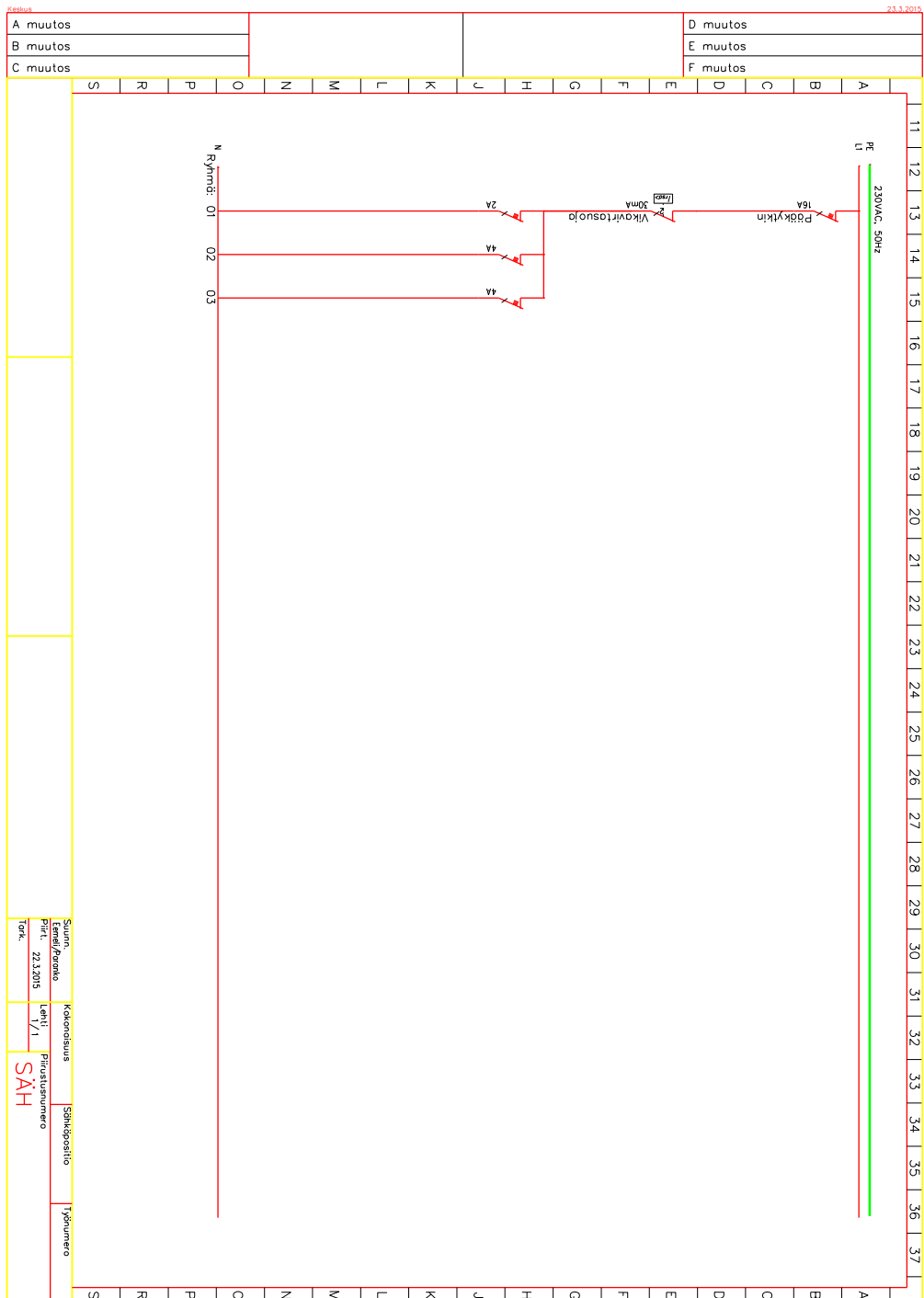
Lähteet

- 1 Aurinkopaneelit. 2010. Verkkodokumentti. Suntekno.
<<http://www.suntekno.fi/resources/public/tietopankki/paneelit.pdf>>. Luettu 11.11.2014.
- 2 Aurinkosähkö. Verkkodokumentti. Micre.
<<http://www.micre.eu/fi/energiantuotanto/aurinkosaehkoe/>>. Luettu 11.11.2014.
- 3 SPIN Cell – Design Concept. 2014. Verkkodokumentti. V3Solar.
<<http://v3solar.com/design-concepts/>>. Luettu 12.11.2014.
- 4 Aurinkosähköjärjestelmän lataussäädin. 2012. Verkkodokumentti. Avada.
<<http://autonilmastointilaitahuolto.fi/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman-lataussaadin/>>. Luettu 12.11.2014.
- 5 Micro Inverters and AC Solar Panels. The Future of Solar Power? 2009-2015. Verkkodokumentti. Peacock Media Group.
<<http://www.solarquotes.com.au/inverters/micro/>>. Luettu 13.11.2014.
- 6 Selecting the Best Battery for Renewable Energy Applications. 2012. Verkkodokumentti. Dean Middleton.
<<http://www.nacleanenergy.com/articles/13081/selecting-the-best-battery-for-renewable-energy-applications>>. Luettu 16.11.2014.
- 7 FAQ – Kysymyksiä ja vastauksia. Verkkodokumentti. Exide technologies Oy.
<http://exide.fi.loopiadns.com/wp/wp-content/uploads/2009/05/Exide_FAQ.pdf>. Luettu 16.11.2014.
- 8 Auringonsäteilyn määrä Suomessa. 2014. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa>. Luettu 22.11.2014.
- 9 Aurinkopaneelien asentaminen. 2014. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen>. Luettu 22.11.2014.
- 10 Usein kysyttyä aurinkopaneeleista, aurinkopaneelien asennuksesta jne. Verkkodokumentti. Finnwind Oy. <<http://www.finnwind.fi/aurinkovoima>>. Luettu 4.12.2014.
- 11 Max Power CS6X-300/305/310P. 2014. Verkkodokumentti. Canadian Solar Inc.
<http://www.canadiansolar.com/fileadmin/user_upload/downloads/datasheets/Datasheet_MaxPower_CS6X-P_en.pdf>. Luettu 15.12.2014.

- 12 Canadian Solar CS6X-310P 310 watt poly solar panel. 1999-2014. Verkkodokumentti. Alternative Energy Store Inc. <<http://www.altestore.com/store/Solar-Panels/Canadian-Solar-CS6X-310P-310-Watt-Poly-Solar-Panel/p11604/>>. Luettu 15.12.2014.
- 13 CS6X-P. 2013. Verkkodokumentti. Canadian Solar Inc. <<http://sunelec.com/datasheet-library/download/canadian-solar-max-power-cs6x-datasheet-151225.pdf>>. Luettu 15.12.2014.
- 14 FLEXmax 60/80. 2014. Verkkodokumentti. OutBack Power. <<http://www.outbackpower.com/outback-products/charge-controllers/item/flexmax-6080>>. Luettu 15.12.2014.
- 15 Outback Flexmax 60 MPPT solar charge controller. 1999-2014. Verkkodokumentti. Alternative Energy Store Inc. <<http://www.altestore.com/store/Charge-Controllers/Solar-Charge-Controllers/MPPT-Solar-Charge-Controllers/Outback-Solar-Charge-Controllers-MPPT/Outback-Flexmax-60-MPPT-Solar-Charge-Controller/p6875/>>. Luettu 15.12.2014.
- 16 Growatt 1000/1500/2000/3000. 2013. Verkkodokumentti. Growatt Co.Ltd. <<http://www.ginverter.com/UploadFiles/20141014/2014101411290636.pdf>>. Luettu 16.12.2014.
- 17 Growatt 1000-3000. 2013. Verkkodokumentti. Growatt Co.Ltd. <<http://www.ginverter.com/html/2013/12/20/201312200257174193044.html>>. Luettu 16.12.2014.
- 18 24-AGM Data sheet. 2014. Verkkodokumentti. Trojan Battery Company. <http://www.trojanbattery.com/pdf/datasheets/24AGM_Trojan_Data_Sheets.pdf>. Luettu 18.12.2014.
- 19 Trojan 24-AGM 12V, 76Ah (20hr) AGM sealed battery. 1999-2014. Verkkodokumentti. Alternative Energy Store Inc. <<http://www.altestore.com/store/Deep-Cycle-Batteries/Batteries-Sealed-Agm/Trojan-24-AGM-12V-76AH-20HR-AGM-Sealed-Battery/p9842/>>. Luettu 18.12.2014.
- 20 taloon.com. 2004-2015. Verkkokauppa. Taloon Yhtiöt Oy. <<http://www.taloon.com/>>. Luettu 6.1.2015.
- 21 600W, 24VDC Ampair Wind Turbine. 200-2015. Verkkodokumentti. Alaskan Inc. <http://www.absak.com/catalog/product_info.php/cPath/32_93_95/products_id/1151>. Luettu 10.1.2015.
- 22 Rakennuslupa. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <<http://www.tuulivoimaopas.fi/lupamenettelyt/rakennuslupa>>. Luettu 12.1.2015.

Pääkeskuksen dokumentointi

Suunnittelukohteen pääkeskuksen piirikaavio.



Keskuskaavio suunnittelukohteen pääkeskukselle.

Keskuskaavio

A muutos			D muutos												
B muutos			E muutos												
C muutos			F muutos												

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37			
A	KESKUS																RHYMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.							
B	PENK																01	Sauna	Valaistus	3x2,5 jo 5x2,5	0,46	B2								
C	PENK																02	Tokkatupotporvi	Valaistus+PR	3x2,5 jo 5x2,5	0,92	C4								
D	PENK																03	Keittos+MH	Valaistus+PR	3x2,5 jo 5x2,5	0,92	C4								
E																														
F																														
G																														
H																														
J																														
K																														
L																														
M																														
N																														
O																														
P																														
R																														
S																														

Suunnitelma Pöytä: 22.3.2015 Tark.	Kokouksisuus Lähti: 1/1	SÄH	Sähköposti Pöytänumero
--	----------------------------	------------	---------------------------