

Mikko Siemala

Kesämökin sähköistäminen aurinko- ja tuulivoimalla sekä aggregaatilla

Kesämökin sähköistäminen aurinko- ja tuulivoimalla sekä aggregaatilla

Mikko Siermala

Opinnäytetyö

Kevätlukukausi 2011

Tietotekniikka

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty omasta aloitteesta Kalajoella vuonna 2010 ja 2011. Suurin osa työstä on itsenäistä suunnittelua, mitoitusta ja pohdintaa. Ainoastaan käytännön testeissä tarvittiin asennusluvut omaava henkilö. Kiitos Sulo Sierralalle sähköpääkeskuksen testaukseen liittyvästä avusta.

22.2.2011

Mikko Siemala

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka, Tietoturvatekniikka

Tekijä: Mikko Siermala

Opinnäytetyön nimi: Kesämökin sähköistäminen aurinko- ja tuulivoimalla sekä aggregaatilla

Työn ohjaaja: Esko Harvala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi:

Kevätlukukausi 2011

Sivumäärä: 34

TIIVISTELMÄ

Tavoitteena on suunnitella kesämökin sähköistäminen käyttämällä aurinko- ja tuulivoimaa sekä aggregaattia energianlähteenä. Kesämökki tulee sijaitsemaan meren rannalla paikalla, jossa ei ole liityntää sähköverkkoon. Tämän takia sähkön tuottaminen tulee suorittaa edellä mainituilla keinoilla. Työssä on tarkoituksena myös selvittää, miten voitaisiin seurata kesämökin sähkönkulutusta ja maksimoida luonnosta saatava hyöty niin, että aggregaattia tarvitsee käyttää mahdollisimman vähän sähkön tuottamiseen.

Työssä mitoitetaan ja valitaan sopivat laitteet eli aurinkopaneeli, tuulivoimala, aggregaatti ja tarvittavat lisälaitteet energian tuottamista varten. Laitteiden valitsemisessa ja mitoittamisessa on otettava huomioon, minkälaista sähkön kulutusta on odotettavissa ja kuinka pitkiä aikoja mökillä vietetään.

Työssä onnistuttiin suunnittelemaan tarkoitukseen sopiva järjestelmä, vaikka käytännössä ei päästy testaamaan valmista sähköjärjestelmää. Hybridijärjestelmä tuottaa helposti tarvittavan määrän energiaa, joten järjestelmä on omavarainen. Suunniteltiin millaisia testejä voitaisiin valmiille sähköjärjestelmälle tehdä. Käytännössä testattiin sähköpääkeskusta ja todettiin se toimivaksi.

Asiasanat:

Aurinkoenergia, tuulienergia, sähköjärjestelmä

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Information Technology, Information Security Technology

Author: Mikko Siermala

Title of thesis: Electrifying a summer house with a solar panel, a wind turbine and a generator unit

Supervisor: Esko Harvala

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2011 Number of pages: 34

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis was to design how to electrify a summer house with a solar panel, a wind turbine and a generator unit. The summer house is going to be situated by the sea in an area that has no connection to a power plant. Another aim was to find out how to monitor the energy consumption of the summer house and to benefit from the nature so that the generator unit is used as little as possible.

One task was dimensioning and choosing adequate devices, i.e. a solar panel, a wind turbine, a generator unit and other necessary accessories for generating electric power. The expected electricity consumption and time spent at the summer house had to be considered when choosing and dimensioning devices.

We managed to design a suitable system for the purpose even though the testing of the system was impossible. The hybrid system can easily produce enough energy so the system is self-sufficient. The tests for the ready electric system were designed. The switchboard was tested in practise and noticed that it works.

Keywords:

Wind energy, solar energy, generating electric power

SISÄLLYS

ALKULAUSE	1
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	7
2 MÄÄRITELMÄ.....	8
3 TOIMINTAYMPÄRISTÖ.....	9
4 TOTEUTUS.....	10
4.1 Hybridijärjestelmä	10
4.1.1 Aurinkopaneeli.....	10
4.1.2 Tuulivoimala.....	12
4.2 Aggregaatti.....	12
4.3 Akut, lataussäädin ja vaihtosuuntaaja (invertteri)	13
4.4 Mitoitus ja laitevalinnat	14
4.4.1 Kulutuksen laskeminen.....	15
4.4.2 Aurinkopaneelin, tuulivoimalan ja akkujen valitseminen	16
4.4.4 Aggregaatin valitseminen	20
4.4.3 Laturin, säätimen ja vaihtosuuntaajan (invertterin) valitseminen	20
4.4.5 Kaapeleiden mitoitus.....	22
4.5 Hyötysuhteen maksimoiminen	24
5 TESTAUS	27
5.1 Sähköpääkeskuksen testaus	27
5.2 Aurinkopaneelin ja tuulivoimalan testaus.....	30
6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	31
7 YHTEENVETO.....	32
LÄHDELUETTELO	33
LIITTEET	36

1 JOHDANTO

Tuuli- ja aurinkoenergian yhdistäminen on hyvä tapa turvata sähkönsaanti läpi vuoden. Kesällä tuulen määrä on vähäisempi, mutta auringosta saadaan paljon energiaa. Talvella taas tuulesta saatavan energian osuus on suurempi. Aurinkopaneelin ja tuuligeneraattorin lisäksi otetaan käyttöön aggregaatti. Aggregaatilla varmistetaan sähkön saatavuus, jos tuulesta ja auringosta saatava energia ei riitä sähkön tuottamiseen.

Suomessa auringosta saatavan energian määrä ei poikkea juurikaan Euroopan maista. Ongelmana on lähinnä aurinkoenergian kausiluontoisuus ja siksi se on hyvä vaihtoehto kesämökille, koska sen pääasiallinen käyttö sijoittuu kesäaikaan. Tällöin aurinkoenergiaa on parhaiten saatavilla. Tuuli energian lähteenä on arvaamattomampi kuin aurinko. Tuulen esiintyminen on satunnaisempaa. Kesämökin tuleva sijainti puoltaa tuulienergian käyttöä, koska meren rannalla on huomattavasti tuulisempaa kuin sisämaassa.

Viime aikoina aurinko- ja tuulivoiman käyttö energian lähteenä on lisääntynyt paljon. Tekniikan kehittyessä pystytään näitä hyödyntämään yhä paremmin. Aurinkoa ja tuulta voidaan pitää ehtymättömänä luonnonvarana. Vielä ei kuitenkaan pystytä hyödyntämään täydellisesti auringosta ja tuulesta saatavaa energiaa. Erilaisia aurinkopaneeleja ja tuuligeneraattoreita on runsaasti saatavilla eri valmistajilta.

2 MÄÄRITELMÄ

Kesämökille tehdään sähkösuunnitelma koko järjestelmän hahmottamisen helpottamiseksi. Tavoitteena on suunnitella hyötysuhteeltaan mahdollisimman hyvä järjestelmä. Hyötysuhteen maksimoimiseksi on aurinkopaneeli ja tuuligeneraattori sijoitettava paikalle, jossa ne tuottavat mahdollisimman paljon sähköä. Aurinkopaneelissa on myös etsittävä kulma ja ilmansuunta, josta saadaan eniten hyötyä irti.

Käytännössä kesämökistä on olemassa sähköpääkeskus ja pohjapiirustus. On siis suunniteltava mökkiin tuleva sähköjärjestelmä alusta alkaen. Pohjapiirustuksen sähköpisteet piirretään Sähkö Jcad -ohjelmalla ja pohjapiirustus on liitteenä (Liite 1). Suunnitelmassa päätetään, mitä sähkölaitteita mökkiin sijoitetaan. Sähkölaitteiden määrä ja niiden kuluttama energia pitää selvittää jotta voidaan mitoittaa tarvittavan suuruinen aurinkopaneeli ja tuuligeneraattori sekä akut, kaapelit ja muut tarvittavat lisälaitteet.

Tuuli- ja aurinkovoimalla on tarkoitus kattaa vähemmän sähköä vaativien laitteiden kulutus, kuten perusvalaistus ja jääkaappi. Aggregaattia tullaan tarvitsemaan vain enemmän tehoa vaativia laitteita kuten sähköhellaa tai pölynimuria käytettäessä. Aggregaattia tarvitaan myös, kun auringosta ja tuulesta ei ole sähköä saatavilla esimerkiksi tuulettomina ja pilvisinä päivinä.

Työssä selvitetään eri valmistajien tarjoamia laitteita ja pyritään hankkimaan tarkoitukseen sopivimmat laitteet. Laitteita valittaessa on otettava huomioon aurinkopaneelin ja tuuligeneraattorin tehokkuus, laatu sekä hinta.

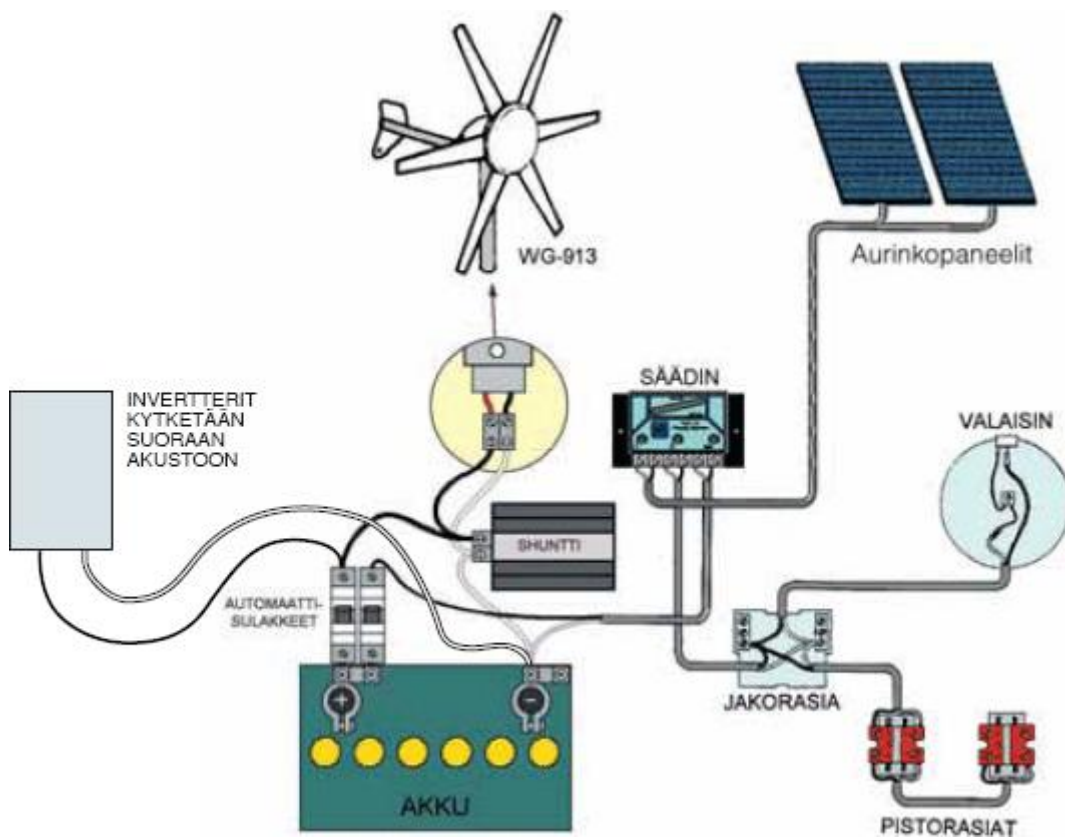
3 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Käytännössä kesämökistä on olemassa pohjapiirustus ja Strömbergin sähköpääkeskus. Kesämökki tullaan sijoittamaan Kalajoelle meren rannalle alueelle, jossa ei ole liityntää sähköverkkoon. Työssä yritetään saada suunniteltua hinnan ja laadun suhteelta mahdollisimman hyvä ja toimiva ratkaisu. Rajoituksena ovat aurinkopaneelin, tuuligeneraattorin, aggregaatin ja muiden tarvittavien laitteiden hinnat ja saatavuus.

4 TOTEUTUS

4.1 Hybridijärjestelmä

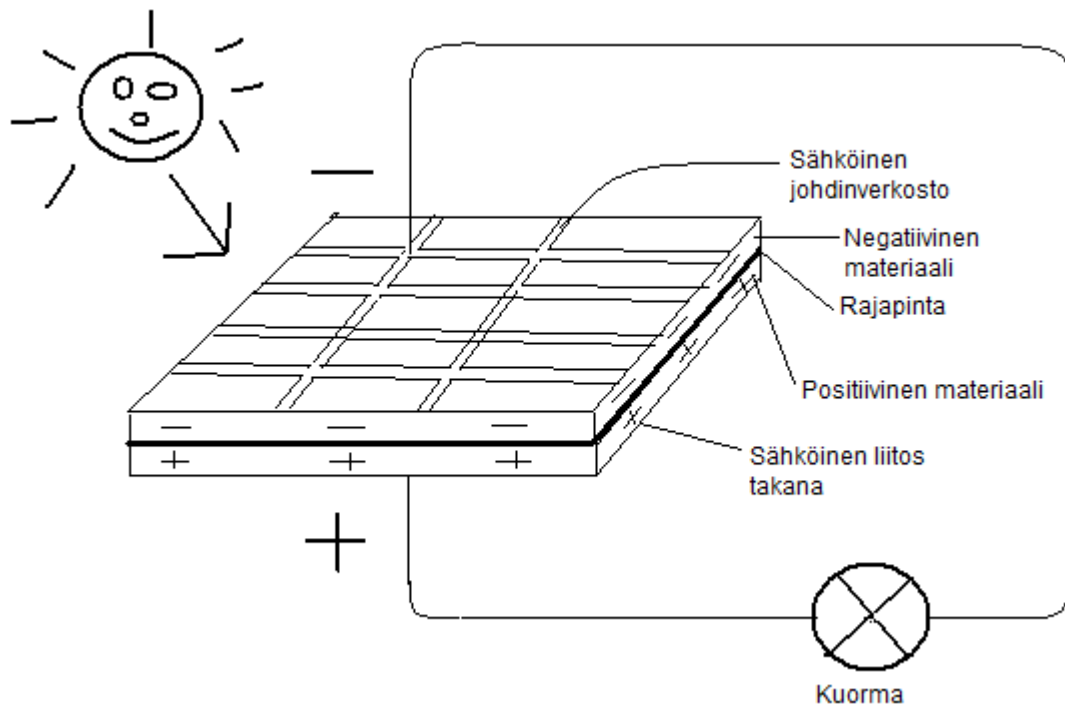
Järjestelmää, jossa on aurinkopaneeli ja tuulivoimala, kutsutaan hybridijärjestelmäksi. Tällaisella järjestelmällä pystytään varmistamaan sähkönsaanti pilvisinä tai tuulettomina päivinä. Kesällä saadaan tuotettua tarpeeksi energiaa, vaikka tuulen nopeudet ovat alhaisia, koska aurinko on pitkään esillä. Talvella auringon paisteen määrä on vähäisempää, mutta tuulesta saatavan energian määrä moninkertaistuu tuulen nopeuden kasvaessa. (Eurosolar. 2008b)



Kuva 1. Hybridijärjestelmän periaatekuva. (Eurosolar. 2008b)

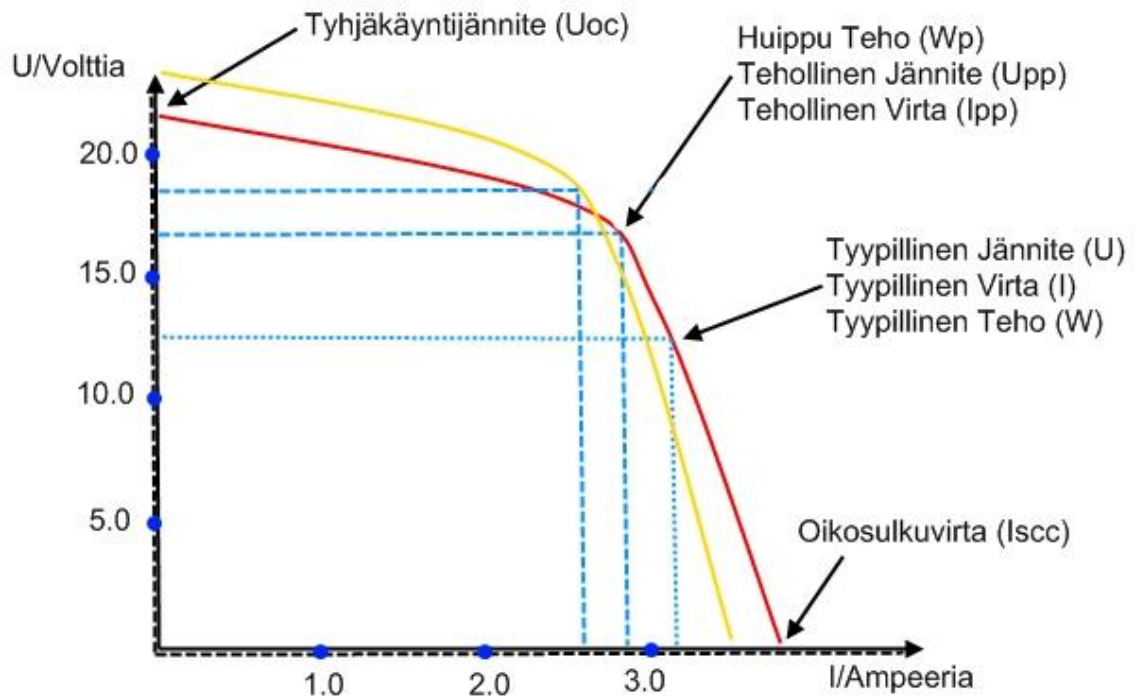
4.1.1 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneeli koostuu aurinkokennoista, jotka on kytketty sarjaan ja rinnan. Aurinkokenno koostuu positiivisesta ja negatiivisesta puolijohdeesta sekä rajapinnasta. Rajapinnan toisella puolella on negatiivinen ja toisella positiivinen puolijohde. Valo aiheuttaa puolijohdeessa elektroni-
aukko-pareja, jotka aikaansaavat sähkökentän. (Erat ym. 2001, 128,129)



Kuva 2. Aurinkokennon toimintaperiaate. (Erat ym. 2001, 129)

Aurinkokennot valmistetaan luonnossa esiintyvistä piistä, joka jalostetaan tangoiksi. Jalostetuista tangoista leikataan ohuita noin 0,35 - 0,45 mm paksuja kennoja. Piistä saadaan valmistettua kolmen tyyppisiä kennoja: yksikiteisiä, monikiteisiä ja amorfisia. Eniten käytetään yksikiteisestä piistä valmistettuja kennoja. Yksikiteisellä ja monikiteisellä kennolla on kuitenkin vain pieni ero. Piistä valmistettujen kennojen hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että ne tuottavat saman verran sähköä, vaikka kennoa käytettäisiin kymmeniä vuosia. Aurinkokennojen tuottama energia verrattuna auringosta saatavilla olevaan energiaan jää pieneksi. Tavallisimpien aurinkopaneelien hyötysuhde jää noin 10-14 % tasolle. Ihanteellisissa olosuhteissa, kuten laboratoriossa, on mahdollista päästä jopa yli 20 %:n hyötysuhteeseen. (Erat ym. 2001, 132, 133)



Kuva 3. Aurinkopaneelin ominaiskäyrä. (OPAM Instruments Oy. 2011)

Aurinkopaneelin ominaiskäyrästä nähdään tehopiste, joka kertoo, kuinka paljon paneeli voi maksimissaan tuottaa tehoa. Tehopisteessä jännitteen ja virran suhde on optimaalisin ja pienikin jännitteen muutos vähentää ulos saatavaa tehoa. (OPAM Instruments Oy. 2011)

4.1.2 Tuulivoimala

Tuulen aiheuttaa maapallon eri osissa olevat ilmanpaine-erot, jotka syntyvät, kun aurinko lämmittää maan pintaa epätasaisesti. Ilma virtaa korkeapainealueelta matalapainealueella ja tätä ilmavirtaa kutsutaan tuuleksi. Tuulen suunta riippuu maapallon pyörimisliikkeestä. (Howstuffworks. 2010b)

Tuulivoimala muuttaa tuulesta saatavan kineettisen energian sähköksi. Virtaava ilma liikuttaa roottoria, joka pyörittää generaattoria. Generaattori muuttaa pyörimisenergian sähköksi, joka siirtyy kaapelia pitkin akulle. (Howstuffworks. 2010a)

4.2 Aggregaatti

Aggregaatti on laite, joka tuottaa sähköä polttomoottorin avulla. Vaihtoehtoina ovat bensiinillä ja dieselillä toimivat polttomoottorit. Aggregaatin yleisimpiä käyttökohteita ovat kesämökit, työmaat

ja sairaalat. Aggregaatti on äänekäs laite ja sitä käytetään mielellään vain silloin, kun sähköä oikeasti tarvitaan. (Wikipedia. 11.8.2010a)

4.3 Akut, lataussäädin ja vaihtosuuntaaja (invertteri)

Suunniteltavan järjestelmän on tarkoitus olla omavarainen eli tarvitaan akkuja varastoimaan energiaa. Perinteisissä lyijy-happoakuissa elektrodi on lyijysulfaatti (PbSO_4) ja elektrolyytinä toimii tislattu vesi, johon on sekoitettu hieman rikkihappoa. Tällaisia akkuja on esimerkiksi autoissa starttiakkuina. Syväpurkauksia kestävät akut sisältävät elektrolyytin geelissä, kiinteässä aineessa tai nesteessä. Syväpurkausakut soveltuvat hyvin aurinkosähköjärjestelmiin, koska ne kestävät hyvin syväpurkauksia ja niissä on oikeanlainen rakenne. Tässä työssä suunniteltavan järjestelmän akkujen täytyy olla pitkäikäisiä, kestää syväpurkautumista, kestää jatkuvaa lataamista ja purkamista eli lataussyklejä ja huollon tarve täytyy olla vähäinen. Akkuihin pystytään varastoimaan ainoastaan muutaman päivän tai viikon energian tarve. Tavallinen starttiakku ei kuitenkaan ole tarkoitukseen sopiva, vaan tarvitaan tarkoitukseen suunniteltu akku. Starttiakku on suunniteltu antamaan nopeasti paljon virtaa ja se myös ladataan nopeasti suurella virralla, joten se ei kestä pieniä latausvirtoja. Aurinkokennoakut kestävät pieniä latausvirtoja, ja niiden hyötysuhde on parempi kuin tavallisen starttiakkujen. (Erat ym. 2001, 136, 137)

Uutta tekniikkaa edustavat geeli -ja AGM (Absorbent glass mat) -akut. Geeliakuissa elektrolyytinä toimii geeli. Geeli mahdollistaa akun sijoittamisen hankaliin kohteisiin, jossa tavallinen lyijy-happoakku saattaa vuotaa. Huonona puolena geeliakuissa on, että ne eivät kestä suuria lataus- ja purkuvirtoja ja eivät sovellu esimerkiksi järjestelmään, jossa on vaihtosuuntaaja (invertteri). AGM -akuissa happo on imeytetty lasikuitumattoon ja näin ollen niistä voidaan tehdä suljettuja. AGM -akut ovat pitkäikäisiä ja ne on suunniteltu juuri mökkikäyttöä silmällä pitäen, eli niitä voi jatkuvasti purkaa ja ladata, huollon tarve on vähäinen, kestävät hyvin syväpurkauksia ja ovat pitkäikäisiä. (Eurosolar 2008; REPS Oy Ab 23.7.20)

Lataussäätimen tehtävä on estää akkuja ylilatautumasta ja purkautumasta täysin tyhjäksi. On olemassa eri säätötapoja käytäviä säätimiä. Vanhinta ja halvinta tekniikkaa edustaa säädin, joka elektronisella piirillä mittaa akun jännitteen ja kynnyksjännitteen tullessa vastaan säädin katkaisee virransyötön. Jännitteen laskiessa tarpeeksi säädin käynnistää uudestaan akun latauksen. Paremmiin soveltuva tekniikka käyttää pulssileveyden modulaatiota (PWM). Akun ollessa täysi säädin ei lopeta lataamista kokonaan, vaan akkuun kulkee virta, mutta jännitetasoa ei yritetä

ylläpitää määritetyllä tasolla. Muita älykkäitä säätimiä on hakkuriperiaatteella toimiva napajännitteen muuttumista valvova laite, jossa on oma prosessori. Joissakin säätimissä akun jännitettä voidaan säätää lämpötila-anturin avulla. (Erat ym. 2001, 140; Hoikkala 2003-2004)

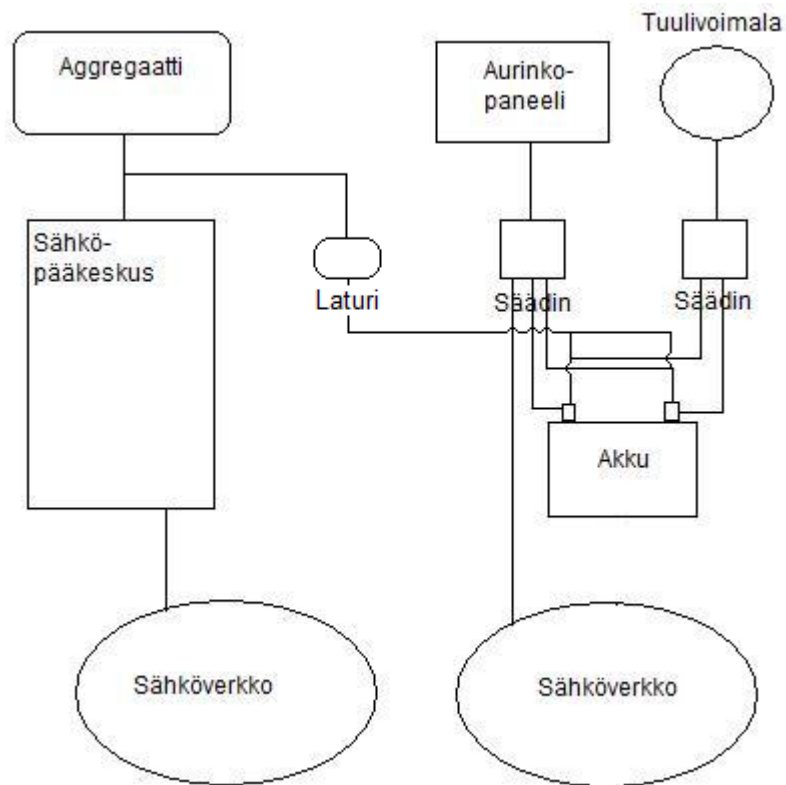
Aurinkopaneelista saatava sähkö on tasasähköä. Vaihtosähköä saadaan käyttöön tarkoitukseen sopivan vaihtosuuntaajan (invertteri) avulla. Vaihtosuuntaajalla 12, 24 ja 48 voltin tasajännitteet saadaan muutettua 110 tai 240 voltin vaihtojännitteeksi. Huonoja puolia vaihtosuuntaajassa on häviöiden lisääntyminen. Hyötysuhde on noin 80-90 % kuorman ollessa 25-100 % vaihtosuuntaajan tehosta. (Erat ym. 2001, 140,141)

4.4 Mitoitus ja laitevalinnat

Mitoitus aloitetaan miettimällä kesämökin käyttöastetta. Vastaamalla esimerkiksi alla oleviin kysymyksiin voidaan kartoittaa helposti, millainen järjestelmä mökille kannattaa sijoittaa.

- Kuinka usein mökkiä käytetään? Talvi- ja kesäaika?
- Kuinka pitkään mökkiä käytetään kerralla? Viikonloppu vai viikko?
- Mitä sähkölaitteita mökillä tulee olemaan?
- Onko varajärjestelmää olemassa?

Kesämökkiä käytetään eniten kesäaikaan toukokuun ja elokuun välisenä aikana, mutta myös taviaikaan mökkiä pitää pystyä käyttämään. Mökkiä pitää pystyä käyttämään vähintään viikonlopun yli arviolta 2 - 4 päivää kerrallaan. Mökkiin tulee kaksi erillistä eri jännitteillä toimivaa sähköjärjestelmää. Hybridijärjestelmällä ladataan akkuja, joilla käytetään 12/24 voltin tasasähköjärjestelmää. Aggregaatilla käytetään 230 voltin vaihtovirtaa tarvitsevia laitteita. Hybridijärjestelmällä käytetään tarkoitusta varten suunniteltuja laitteita kuten 12 voltin jännitteellä toimivaa jääkaappia tai led-valaisimia. Aggregaatilla käytetään paljon tehoa vaativia laitteita, kuten sähkökiuas, sähköhella tai pölynimuri.



Kuva 4. Sähköjärjestelmien periaatekuva

4.4.1 Kulutuksen laskeminen

Hybridijärjestelmää ei tarvitse mitoittaa kovin tarkasti, koska kesämökille sijoitetaan varajärjestelmä. Järjestelmä kannattaa kuitenkin mitoittaa hieman yläkanttiin. Hybridijärjestelmät tuottavat tasasähköä minkä vuoksi niillä voidaan suoraan käyttää vain 12/24 V toimivia pienitehoisia laitteita.

Taulukko 1. Kohteen arvioitu vuorokausikulutus.

Kulutuslaite	Määrä	Teho (W)	Käyttöaika (h)	Wh
Lamppu	9	3	6	162
TV+Digiboksi	1	100	4	400
Jääkaappi	1	50	8,4	420
Tietokone	1	90	4	360
Yhteensä				1342

Kulutuksen arvioinnissa on käytetty led-valaisimia joiden arvioitu kulutus on 3 W ja 12V jääkaappia, jonka arvioitu kulutus on 50W. Jääkaapin käyntisuhde on noin 35 % eli sen päivittäiseksi käyttöajaksi saadaan $0,35 * 24h = 8,4h$. (Solarpoint. 2010)

Led-valaisimien käyttö pienentää huomattavasti kulutusta, kun vaihtoehtona on esimerkiksi 60 W hehkulamput. Television katseluun tarvitaan vaihtosuuntaajan (invertteri) avulla tuotettua 230 V vaihtovirtaa. Kulutuksen laskemisessa ei huomioida 230 V jännitteellä toimivaa varajärjestelmää.

4.4.2 Aurinkopaneelin, tuulivoimalan ja akkujen valitseminen

Aurinkopaneelin ei tarvitse olla kovinkaan suuri, koska rinnalla on myös tuulivoimala tuottamassa sähköä. Sopivan kokoisen aurinkopaneelin voi valita esimerkiksi tutkimalla alla olevia taulukoita.

Taulukko 2. Odotettavissa oleva tuotto nimellisteholtaan 80 W aurinkopaneelille. Paneelin hyötysuhde 14,5% (Solarpoint, 2010)

	SÄTEILYN PANEELIIN WH/VRK(* KALLISTUSKULMA 30 ASTETTA)	MÄÄRÄ PANEELIN TUOTTO WH/VRK PANEELIN HYÖTYSUHDE 14,5%	PANEELIN TUOTTO WH/VRK PANEELIN HYÖTYSUHDE 14,5%	AKUN LADATTAESSA SÄÄTİMESSÄ/KAAPLEISSA 10%=TODELLINEN AKKUUN AH/VIKKO	HYÖTYSUHDE 70%+HÄVIÖT TODELLINEN TUOTTO WH/VIKKO
TAMMI	166	24	14	8,5	102
HELMI	830	120	70	42	504
MAALIS	1650	240	140	84	1008
HUHTI	2370	343	200	120	1440
TOUKO	3030	440	256	153	1836
KESÄ	3360	490	285	171	2052
HEINÄ	2980	430	251	150	1800
ELO	2480	360	210	126	1512
SYYS	1540	220	128	77	924
LOKA	830	120	70	42	504
MARRAS	166	24	14	8,5	102
JOULU	110	16	9	5,5	66

Taulukko 3. Esimerkkejä aurinkopaneelien keskimääräisestä tuotosta Suomessa Wh/vrk (JN-Solar, 2010)

Paneelin teho	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu
50 Wattia	280 Wh/vrk	275 Wh/vrk	276,5 Wh/vrk	216 Wh/vrk
85 Wattia	476 Wh/vrk	467,5 Wh/vrk	470 Wh/vrk	367 Wh/vrk

Kesämökin arvioitu päivittäinen kulutus on 1342 Wh/vrk. Nimellisteholtaan noin 50 W aurinkopaneeli on tarkoitukseen tarpeeksi suuri. 50 W aurinkopaneelilla pystytään kesäkuukausina tuottamaan vajaa 300 Wh/vrk, jolloin loput voidaan jättää tuulivoimalan tuotettavaksi.

Taulukko 4. Aurinkopaneelien vertailu.

Myyjä	Valmistaja	malli	teho	Hinta €
Eurosolar	Blue solar	monikide	50 W	210
JN-Solar	Kyocera	monikide, KD 50SE-1P	50 W	249
Solarpoint	Solarpoint	yksikide	40 W	150,8
Solarpoint	Solarpoint	yksikide	60 W	219,9
Suntekno	Solara	yksikide, SM-55	55 W	275

Haetaan nimellisteholtaan noin 50 W aurinkopaneelia ja yllä olevasta listasta voidaan päätellä, että paras vaihtoehto on Blue Solar 50 W–monikiteinen-aurinkopaneeli. (Eurosolar. 2008)

Taulukko 5. Tuulen nopeudet Kalajoella Ulkokallassa aikavälillä 12/2008 - 8/2010 päivittäin klo 7-19 paikallista aikaa. (Windfinder. 2010)

Kuukausi	tammi	helmi	maalis	huhti	toukokuu	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	SUM
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Vallitseva Tuulen suunta	▲	▲	▲	▲	▼	↗	▲	↖	↗	↘	↘	↗	↖
Tuulen todennäköisyys > = 4 Beaufort (%)	70	52	34	32	43	37	51	52	80	60	77	88	56
Keskisarvo Tuulen nopeus (m/s)	8	6	6	5	6	5	6	6	9	7	7	9	6
Ilman lämpötilan keskiarvo (°C)	-5	-7	-3	0	5	10	15	15	12	4	2	0	3

Yllä olevan taulukon perusteella voidaan olettaa, että Kalajoella meren rannalla keskimääräinen tuulen nopeus on noin 6 m/s 12 tunnin aikana. (Windfinder. 2010) Tämä nopeus on riittävä pyörittämään tuulivoimalaa niin että saadaan tuotettua sähköä (Liite 4).

Taulukko 6. Tuulivoimaloiden vertailu.

Myyjä	Nimi	Teho	Hinta €	Lisätietoja
Eurosolar	Rutland WG 913	100 W	1190	Masto hankittava erikseen, 12 V/24 V
Eurosolar	AIR Breeze	200 W	990	Masto hankittava erikseen, 12 V/24 V

JN-Solar	Aeolus	300 W	659	Masto kuuluu hintaan, 24 V järjestelmä
ThermoSunEco	AIR Breeze	200 W	980	Masto hankittava erikseen, 12 V/24 V
ThermoSunEco	AIR Breeze Marine	200 W	1290	Masto hankittava erikseen, 12 V/24 V

Yllä olevasta taulukosta nähdään että paras vaihtoehto on AIR Breeze -tuuligeneraattori. Kyseisen laitteen nimellisteho on 200 W 12,5 m/s tuulella. Voidaan laskea että 6 m/s tuulella kyseinen generaattori tuottaa 96 W ja kun oletetaan, että tuulee 12 tuntia päivässä, päivittäinen tuotto on $12 \text{ h} * 96 \text{ W} = 1152 \text{ Wh}$. Saatu tulos on lähellä päivittäistä kulutusta. AIR Breeze -tuuligeneraattorin teknisissä tiedoissa ilmoitetaan noin 1300 Wh tuottoa päivälle (Liite 4). Tästä voidaan päätellä, että kesämökille sijoitettava tuulivoimalan ei tarvitse olla nimellisteholtaan kovinkaan iso.



Kuva 5. AIR Breeze -Tuuligeneraattori

Akun kapasiteetti ilmoitetaan ampeeritunteina (Ah). Arvioitu kulutus saadaan muutettua wattitunneista ampeeritunneiksi seuraavalla kaavalla:

$$\text{Ampeeritunteina} = \frac{\text{kulutus(Wh)}}{\text{jännite(V)}} = \frac{1342\text{Wh}}{12\text{V}} = 111,84\text{Ah/vrk}$$

Kahdessa päivässä mökillä kulutetaan arviolta $2 * 111,84 \text{ Ah/vrk} = 223,68 \text{ Ah/2vrk}$, kolmessa päivässä $3 * 111,68 \text{ Ah/vrk} = 335,52 \text{ Ah/3vrk}$ ja neljässä päivässä $4 * 111,68 \text{ Ah/vrk} = 446,72$

Ah/4vrk. Todellisuudessa akun kapasiteetti on vain noin 60-80 %. Akkua ei saa purkaa aivan tyhjäksi vaan on jätettävä noin 20 % käyttämättä. On myös huomioitava että akun lataus hidastuu välillä 80-100 %. (Saari 2010, 15, 16)

$$A = \frac{111,84 \text{ Ah}}{0,6} = 185 \text{ Ah}$$

$$A = \frac{111,84 \text{ Ah}}{0,8} = 140 \text{ Ah}$$

Vuorokaudessa tarvittava akkukapasiteetti on siis 140 - 185 Ah/vrk. Voidaan laskea että 2 - 4 päivälle tarvitaan akkukapasiteettia 370 - 740 Ah.

Paras vaihtoehto on valita AGM -akku. AGM -akut ovat huoltovapaita, pitkäikäisiä ja kestävät mökkikäyttöä, jossa jatkuvasti ladataan ja puretaan akkua sekä latausvirrat ovat pieniä. AGM akku soveltuu myös parhaiten järjestelmään, jossa on vaihtosuuntaaja. Hinnaltaan AGM -akut ovat kalliimpia verrattuna muihin akkuvaihtoehtoihin. Se on kuitenkin kannattava sijoitus, sillä järjestelmä maksaa ajan kanssa itsensä takaisin. (Eurosolar. 2008a)

Taulukko 7. AGM akkujen vertailu.

Myyjä	Valmistaja	Kapasiteetti (Ah)	Hinta €
Eurosolar	Victron Deep Cycle	220	475
JN-Solar	Ritar RA12-200D	200	399
ThermoSunEco	Victron AGM Deep Cycle	165	365
ThermoSunEco	Megalight Power	210	380
ThermoSunEco	Victron AGM Deep Cycle	220	432

Edullisin vaihtoehto taulukon 7. perusteella on ThermoSunEcon myymä Megalight Power 210 Ah kapasiteetilla.



Kuva 6. Megalight Power 210 Ah AGM -akku.

4.4.4 Aggregaatin valitseminen

Aggregaatti tullaan sijoittamaan mökin ulkopuolelle omaan suojattuun koteloon, koska se tuottaa tappavaa pakokaasua ja on äänekäs. Aggregaatilla käytetään enemmän tehoa vaativia laitteita ja samalla ladataan akkuja.

Hyvä vaihtoehto aggregaatiksi on 3-vaiheinen hitaasti käyvä (1500r/min) Lombardinin diesel generaattori. Tämän generaattorin teho on noin 13 kW, joka on riittävä esimerkiksi sähkökiukaan tai sähköhellan käyttämiseksi. Laite maksaa noin 6000 euroa (Finnparttia Sähkötukku. 2010) Hitaasti käyvä aggregaatille tulee hintaa huomattavasti enemmän verrattaessa nopeammin käyviin (3000r/min). Jatkuvassa käytössä hitaammin käyvä kannattaa hankkia, koska sen käyttöikä on huomattavasti pitempi noin 10000-40000 tuntia. (Sunwind. 2011)

4.4.3 Laturin, säätimen ja vaihtosuuntajan (invertterin) valitseminen

Aurinkopaneelilla ja tuulivoimalalla täytyy olla omat lataussäätimet. Aurinkopaneelille tuleva säädin on taulukon 7 perusteella Steca PR 1010 -lataussäädin, joka soveltuu hyvin pienille järjestelmille. Lataussäädin toimii PWM-tekniikalla ja sisältää akun purkautumisen estävän estosuuntaisen diodin ja sulakkeet. (Steca Electronics. 2011) Kaikki tuulivoimalat eivät sisällä omaa lataussäädintä, vaan tarvitaan erikseen hankittava säädin. Järjestelmään valittiin AIR Breeze -tuuligeneraattori, joka sisältää oman lataussäätimen. Aurinkopaneeli ja tuuligeneraattori kytketään säätimien kautta suoraan akkuihin. (Eurosolar. 2008b)

Taulukko 8. Lataussäätimien vertailu.

Myyjä	Valmistaja	Max virta (A)	Hinta €	Lisätietoja
JN-Solar	Steca PR 1010	10	109	12/24 V, LCD - näyttö
JN-Solar	Steca Solsum 10.10 F	10	69	12/24 V
Eurosolar	SS-10 L	10	100	

Aggregaattia käytettäessä ladataan samalla akkuja. On hankittava tarkoitukseen sopiva laturi, joka kytketään aggregaatin ja akkujen väliin. Aluksi järjestelmään sijoitetaan halvimman akkuvaihtoehdon mukaan kaksi 210 Ah akkua rinnakkain eli akkukapasiteettia on yhteensä 420 Ah. Tarkoitukseen sopiva laturi on 45A maksimivirralla lataava laite, joka riittää maksimissa 500 Ah kapasiteetille. (Hoikkala. 2003 – 2004)

Vaihtoehtoja ovat:

Taulukko 9. Latureiden vertailu.

Myyjä	Valmistaja	Latausvirta (A)	Hinta €
JN-Solar	Waeco PerfectCharge IU 4512 Laturi	45	575
Vapaa-ajan tarviketalo	PerfectCharge	45	595

Vaihtosuuntaaja tuottaa joko modifioitua siniaaltoa tai puhdasta siniaaltoa. Modifioitu siniaalto saattaa häiritä herkkiä sähkölaitteita eivätkä ne välttämättä toimi kunnolla. Vaihtosuuntaajan täytyy antaa puhdasta siniaaltoa, koska sillä käytetään lähinnä televisiota tai kannettavaa tietokonetta.

Vaihtoehtoja ovat:

Taulukko 10. Vaihtosuuntaajien vertailu.

Myyjä	Valmistaja	Teho (W)	Hinta €
JN-Solar	Waeco SinePower MSP 162	150	179
JN-Solar	Waeco SinePower MSP 352	350	230
ThermoSunEco	Siniaalto invertteri	600	219
Solarpoint	Solarpoint	300	170

4.4.5 Kaapeleiden mitoitus

12 voltin järjestelmän kaapeleiden tulee olla mahdollisimman lyhyitä, jotta jännitehäviöt jäävät mahdollisimman pieniksi. Tämä vaikuttaa osaltaan koko järjestelmän tehokkuuteen. Liitteestä 1 voidaan todeta, että jokaisen yksittäisen kaapelin pituus on maksimissaan 10 metriä. Kaapeleilla on seuraavanlaiset vakio poikkipinta-alat: 0,5 ; 0,75 ; 1 ; 1,5 ; 2,5 ; 4 ; 6 ; 10 ; 16 ; 25 ; 35 ja 50 mm². Seuraavalla yksinkertaistetulla kaavalla voidaan laskea tarvittavat johtimien poikkipinta-alat. Kaava pätee vain 12 VDC:llä. (Saari, Raimo. 2010, 7, 8)

$$A = \frac{0,025 \cdot P \cdot l}{\%}$$

A = poikkipinta (mm²)

P = teho (W)

l = johtimen yksinkertainen pituus metriä (ei edestakainen)

% = sallittu jännitehäviö prosenttia

Esimerkki 1. Kaapelin mitoitus:

Valitaan sähkölaitteen tehoksi 50 W ja johtimen pituudeksi 10 metriä. Suurin sallittava jännitehäviö on 5 % (12 V – 5 % = 11,4 V).



The diagram shows a cable with a cross-section of 1.5 mm² and a length of 10 m. The voltage drop is indicated as 5%.

Led-valaistukselle sopii pienempikin kaapeli. Led-valaisimen teho on 3 W ja niitä on 9 kappaletta eli 9*3 W=27 W.

$$\% = \frac{0,025 \cdot P \cdot l}{A} = \frac{0,025 \cdot 27W \cdot 10m}{1,5mm^2} = 4,5\%$$

Esimerkin 1. yksinkertaistettua kaavaa ei voida soveltaa käytännössä, koska käytännössä paneelin syöttämä jännite on korkeampi kuin 12 V.

Esimerkki 2. Jännitehäviö:

Seuraavaksi lasketaan jännitehäviö 10 m pituiselle ja 1,5 mm² paksuiselle kaapelille. Tuloksesta päätellään, voidaanko tällaista johdinta käyttää kytkennässä.



U = jännitehäviö (V)

I = piirin maksimivirta = 0,5A

ρ = kuparin resistiivisyys +20°C = 0,0178 Ω mm²/m

A = poikkipinta-ala (mm²) = 1,5mm²

l = kaapelin pituus (m) = 10m

Valaisimille ja kytkimille vedettävät kaapelit tulevat olemaan vähintään 1,5 mm², koska jännitehäviö jää reilusti alle 5 %. Kaapelin mitoituksessa on tapana vetää yhden koon isompi kaapeli, jolloin vedettävän kaapelin kooksi tulee 2,5 mm². (Wikipedia. 31.7.2010c)

$$\frac{0,059V}{12V} \cdot 100\% = 0,5\%$$

Aurinkopaneelilta ja tuulivoimalalta säätimelle ja säätimeltä akulle vedettävien kaapeleiden tulee olla vahvempia. Arvioidaan että 10m mittainen kaapeli on riittävä aurinkopaneelin ja säätimen välille. Blue solar 50 W-monikideaurinkopaneelin tiedoista nähdään, että paneelin maksimivirta on 2,78 A (Liite 3).

Esimerkki 3.

Lasketaan alla olevalla kaavalla aurinkopaneelin ja säätimen välisen kaapelin paksuus.

$$\frac{\text{Matka(m)} \cdot \text{Paneelivirta(A)}}{32} = \text{Poikkipinta-ala(mm}^2\text{)}$$

$$\frac{10\text{m} \cdot 2,78\text{A}}{32} = 0,87\text{mm}^2 \text{ (Eurosolar. 2008b)}$$

Esimerkistä 3. nähdään, että laskennallisesti riittää alle 1 mm² kaapeli. On kuitenkin perusteltua vetää suuremmat kaapelit, koska jännitehäviöt pienenevät entisestään ja se ei kustannuksissa juurikaan näy.

Esimerkki 4.

Alla olevalla kaavalla on mitoitettu säätimen ja kulutuslaitteen välinen kaapeli. Esimerkiksi jääkaappi on teholtaan 50 W joten voidaan laskea, että se kuluttaa 50 W/12 V = 4,17 A virtaa

$$\frac{\text{Matka(m)} \cdot \text{Kulutusvirta(A)}}{16} = \text{Poikkipinta-ala(mm}^2\text{)}$$

$$\frac{10\text{m} \cdot 4,17\text{A}}{16} = 2,61\text{mm}^2 \text{ (Eurosolar. 2008b)}$$

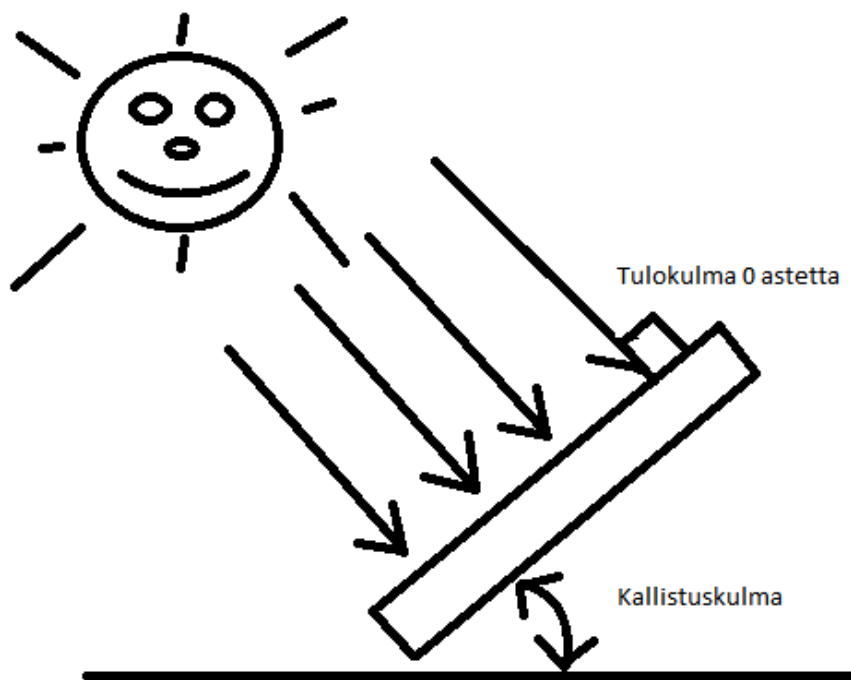
Jännitehäviö kyseiselle kaapelille:

$$U = I \cdot R = I \cdot \rho \cdot \frac{l}{A} = 2,9\text{A} \cdot 0,0178 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{10\text{m}}{2,5\text{mm}^2} = 0,206\text{V} = 206\text{mV}$$

Laskuista voidaan päätellä että 12 V kulutuslaitteille vedettäväksi kaapeleiksi riittää noin 2,5 mm² paksuinen kaapeli eli vedettävät kaapelit tulevat olemaan 4 mm². Vaihtosuuntaajalle vedettävä kaapeli tulee mitoittaa laitteen ottaman maksimivirran mukaan. Solarpointin 300 W invertteri ottaa maksimissaan 35 A virtaa. Kaapelin paksuudeksi riittää 10 mm², jos kaapeli asennetaan uppoasennuksena. (Wikipedia. 31.7.2010c)

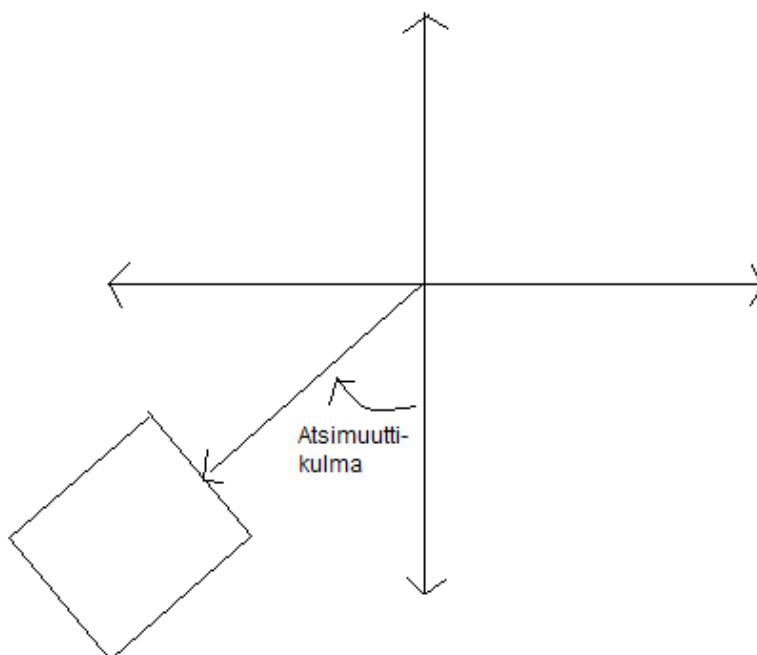
4.5 Hyötysuhteen maksimoiminen

Auringosta saatava hyöty saadaan mahdollisimman suureksi suuntaamalla aurinkopaneeli oikein. On valittava oikea kallistuskulma ja suuntakulma eli atsimuuttikulma. Kallistuskulma on pinnan normaalin ja vaakatason välinen kulma. Kallistuskulma on kohdillaan, kun auringon säteet ovat kohtisuorassa aurinkopaneeliin nähden eli tulokulma on 0°. Kallistuskulma on talvella optimaalisin, kun se on sama kuin leveysaste plus 15°-20°. Kesällä kallistuskulmaa pitää muuttaa. Kesällä kallistuskulman pitää olla sama kuin leveysaste eli pienempi kuin talvella, koska aurinko paistaa eri korkeudelta. Kallistuskulman kannalta optimaalisinta olisi, että kulma säädetään erikseen kesä- ja talviajalle. (Erat ym. 2001, 13, 14, 16)



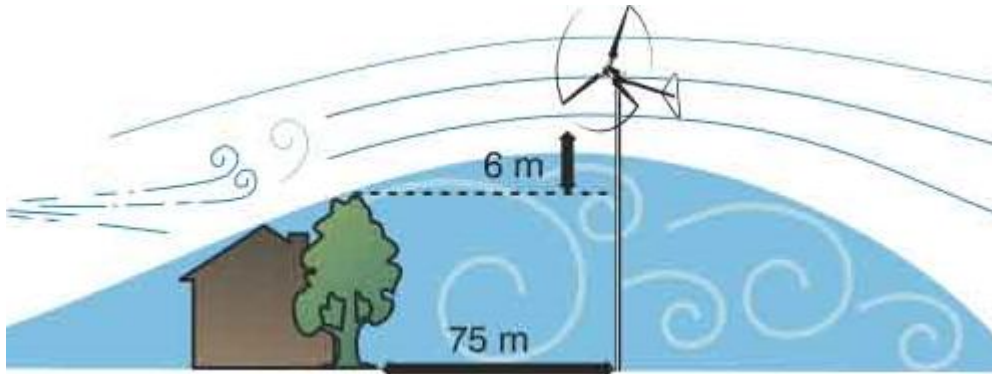
Kuva 7. Kallistuskulma ja tulokulma. (Erat ym. 2001, 14)

Atsimuuttikulmaa sanotaan poikkeamaksi etelästä. Atsimuuttikulmaksi valitaan yleensä etelä, joka on optimaalisin vaihtoehto. Isojen esteiden ollessa edessä voidaan suunnaksi valita myös länsi tai itä, mutta tällöin aurinkopaneelista saatava energia jää pienemmäksi. (Erat ym. 2001, 15)



Kuva 8. Suuntakulma eli atsimuuttikulma (Erat ym. 2001, 14)

Tuulivoimala tulee sijoittaa mahdollisimman tuuliselle paikalle. Parhaita paikkoja ovat korkeat ja esteettömät paikat, joissa ei ole turbulenssia eli häiritseviä pyörteisiä ilmavirtauksia. On kuitenkin katsottava että sijoituspaikka ei ole liian kaukana mökistä, sillä kalliin kaapelin pituus on pidettävä järkevänä. Tässä järjestelmässä on järkevintä suunnata tuulivoimala merelle päin. (REPS Oy Ab 23.7.2009b)



Kuva 9. Tuulivoimalan sijoittaminen (REPS Oy Ab 23.7.2009b)

5 TESTAUS

Aurinkopaneelin, tuulivoimalan ja aggregaatin testausta ei voida suorittaa käytännössä, koska kesämökki on vasta suunnitteilla eikä ole vielä ajankohtaista hankkia kyseisiä laitteita. Voidaan kuitenkin suunnitella mahdollisimman hyvin ja tutkia jo valmiita samantyyppisiä järjestelmiä.

5.1 Sähköpääkeskuksen testaus

Tällä hetkellä sähköpääkeskus on ainut konkreettinen laite, joka järjestelmästä on olemassa. Sitä voidaan käytännössä testata. Testit tehdään NTC-termistorin (Negative Temperature Coefficient) ja lämpöpatterin avulla. NTC-termistori on käytännössä vastus, jolla on negatiivinen lämpötilakerroin. Resistanssi pienenee lämpötilan kasvaessa. NTC-termistori toimii huoneessa termostaattina ja sähköpääkeskuksen prosessori säätää lämpöpatteria muuttuvan vastusarvon mukaan. (Wikipedia. 4.5.2010b)



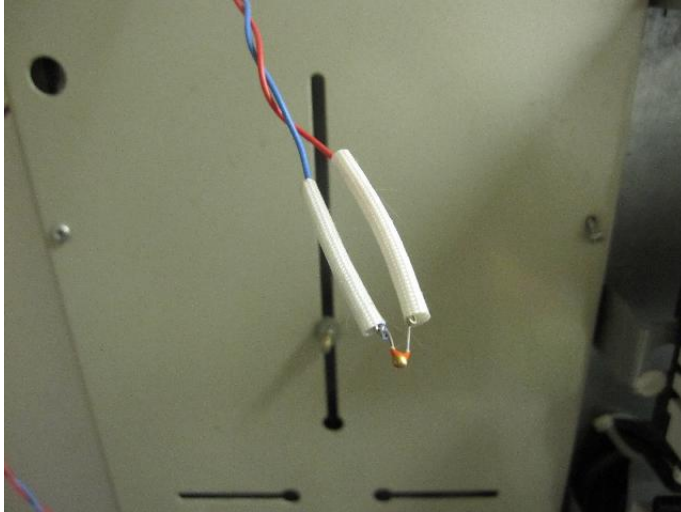
Kuva 10. Strömberg-sähköpääkeskus.

Testauksessa käytettävä Strömbergin sähköpääkeskus on lähes uuden veroinen vaikka on noin 20 vuotta vanha, koska sitä ei ole käytetty kuin harjoituksissa. Keskuksessa on Termoset 15 mikroprosessoriohjattu lämpötilaohjainyksikkö.



Kuva 11. Keskuksen testaus järjestelmä kytkettynä.

Keskukseen kytkettiin NTC-termistori eli termostaatti ja lämmitin. Termostaatti mittaa huoneen lämpötilaa ja sen mukaan keskuksen lämpötilaohjain kytkee lämpöpatterin päälle tai pois. Termostaatti kytkettiin keskuksen mittaus liityntään (Liite 5).



Kuva 12. NTC-termistori eli termostaatti kytkettynä.



Kuva 13. Lämmitin ennen virran kytkemistä.

Lämpöpatterin led-valosta nähdään, että virta kulkee patterille. Lämpötilan ohjainyksiköstä voidaan säätää haluttu lämpötila huoneeseen. Lämmittimen syöttö tulee vaiheelta L1 ja se on kytketty J1-ohjaimen liittimeen nro:6. Lämmitin toimii orjalämmittimenä eikä kuvassa 13 näkyvää säätöä tarvita (Liite 6).



Kuva 14. Lämmitin virran kytkemisen jälkeen.

5.2 Aurinkopaneelin ja tuulivoimalan testaus

Hybridijärjestelmää voidaan testata tietokonepohjaisella (PC) tai modulaarisella testausjärjestelmällä. Modulaarisessa järjestelmässä on tarkoitusta varten hankitut mittalaitteet ja järjestelmä on helposti laajennettavissa. Tähän tarkoitukseen sopiva järjestelmä on tietokonepohjainen, sillä modulaarinen järjestelmä on tarkoitettu vaativiin teollisuuden ympäristöihin. Nykyään lähes kaikki omistavat tietokoneen eikä semmoisen hankkiminen ole kallista. Tietokone vastaa mitattavan tiedon käsittelystä, säilyttämisestä ja esille tuomisesta. Tietokonepohjainen mittausjärjestelmä vaatii tietokoneen lisäksi esimerkiksi emolevyyn liitettävän tarkoitukseen suunnitellun kortin. (Forsberg ym. 2001)

Aurinkopaneelin ja tuulivoimalan toimivuus ja tuottavuus voidaan testata, kun järjestelmä on rakennettu. Aurinkopaneelin ja tuuligeneraattorin toimivuuden voi testata mittaamalla tyhjäkäyntijännite ja oikosulkuvirta tavallisella jännite- ja virtamittarilla. Tyhjäkäyntijännite ja oikosulkuvirta mitataan suoraan aurinkopaneelin ja tuuligeneraattorin navoista.

6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Jatkokehitysmahdollisuuksia tällaiselle järjestelmälle voisi olla aurinkopaneelien, akkujen ja tuulivoimaloiden määrän lisääminen tai laitteiden vaihtaminen tehokkaampiin. Lisättäessä mökkiin sähköä tarvitsevia laitteita tarvitaan myös suurempaa sähkön tuotantoa. Aluksi mökki on suunniteltu vain viikonloppukäyttöön ja, jos halutaan pidentää kerralla mökillä oltavaa aikaa, voidaan akkuja ja hybridijärjestelmää laajentaa. Järjestelmä on mitoitettu tuottamaan energiaa yli kulutuksen. Akkujen tullessa yli jäävä energia voitaisiin ohjata esimerkiksi varaaviin lämmittämiin.

7 YHTEENVETO

Onnistuttiin tekemään suunnitelma, jonka pohjalta on helppo lähteä käytännössä toteuttamaan omavaraista sähköjärjestelmää, kun se on ajankohtaista. Työssä saatiin mitoitettua ja valittua riittävä aurinkopaneeli, tuulivoimala, aggregaatti ja lisälaitteet sekä mitoitettua tarvittavat kaapelit. Järjestelmän testausta ei voitu käytännössä tehdä vaan suunniteltiin miten järjestelmää voitaisiin testata. Käytännössä testattiin sähköpääkeskusta ja todettiin se toimivaksi.

LÄHDELUETTELO

Erat, B; Erkkilä, V; Löfgren, T; Nyman, C; Peltola, S; Suokivi, H 2001. Aurinko-opas, aurinkoenergiaa rakennuksiin. Helsinki: Sarmala Oy: Rakennusalan Kustantajat RAK.

Eurosolar. 2008a. Akut. Hakupäivä 27.9.2010, <http://www.eurosolar.fi/akut/>.

Eurosolar. 2008b. Hybridijärjestelmät. Hakupäivä 28.9.2010, <http://www.eurosolar.fi/hybridijarjestelmat/>.

Eurosolar. 2008c. Tuuligeneraattorit. Hakupäivä 21.9.2010, <http://www.eurosolar.fi/tuuligeneraattorit/>.

Finnparttia Sähkötukku. 2010. Hinnasto 24. Hakupäivä 27.9.2010, <http://www.finnparttia.fi>.

Forsberg, T; Kärkäs, R; Huitu J 2001. Instrumentointitekniikka. Hakupäivä 31.1.2011, <http://www.tkk.fi/Yksikot/Elektroniikka/Kurssit/171/Materiaali-2001/Instrumentointitekniikka.pdf>

Hoikkala, Timo. 2003-2004a. Timo Hoikkalan aurinkoenergiaopas, Hybridijärjestelmä. Hakupäivä 1.10.2010, <http://www.eurosolar.tv/opas/sivu16/sivu16.html>.

Hoikkala, Timo. 2003-2004b. Timo Hoikkalan aurinkoenergiaopas, Invertterit ja laturit. Hakupäivä 4.1.2011, <http://www.eurosolar.tv/opas/sivu26/sivu26.html>.

Hoikkala, Timo. 2003-2004c. Timo Hoikkalan aurinkoenergiaopas, Lataussäätimet. Hakupäivä 7.9.2010, <http://www.eurosolar.tv/opas/sivu07/sivu07.html>.

Howstuffworks. 2010a. How wind power works. Hakupäivä 6.9.2010, <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/wind-power.htm>.

Howstuffworks. 2010b. What causes winds. Hakupäivä 6.9.2010 <http://science.howstuffworks.com/dictionary/meteorological-terms/wind-info1.htm>.

JN-Solar. 2010. Aurinkopaneelit. Hakupäivä 20.9.2010, http://www.jn-solar.fi/index.php?main_page=index&cPath=1.

OPAM Instruments Oy 2011. Aurinkopaneelien erot. Hakupäivä 31.1.11, http://www.kilowatti.com/index.php?option=com_content&task=view&id=47&Itemid=74.

REPS Oy Ab 23.7.2009a. TUOTTEET – Akut. Hakupäivä 27.9.2010, <http://www.reps.fi/fi/main-prod-batteries-fi.htm>.

REPS Oy Ab 23.7.2009b. TUOTTEET – Tuulivoima henkilökohtaiseen käyttöön. Hakupäivä 23.8.2010, <http://www.reps.fi/fi/frames-prod-wind-fi.htm>.

Saari, Raimo. 2010. Huviveneiden 12 VDC sähköjärjestelmät. Hakupäivä 21.9.2010, <http://www.imps.fi/arkisto/Kotisatama/Venesahkt.pdf>.

Solarpoint. 2010. Paneelitehon mitoitus. Hakupäivä 20.9.2010, <http://www.solarpoint.fi/paneelitehonmitoitus.php>.

Southwest Windpower. 2011. AIR Breeze land spec. Hakupäivä 21.1.2011, http://www.windenergy.com/documents/spec_sheets/3-CMLT-1095_Air_Breeze_spec.pdf.

Steca Electronics. 2011. Steca PR 1010, PR 1515, PR 2020, PR 3030. Hakupäivä 4.2.2011, http://www.steca.de/index.php?Steca_PR_10_30_en.

Sunwind. 2011. Aggregaatti: valintaopas. Hakupäivä 24.2.2011, <http://www.mokille.fi/aggregaatti-valintaopas-p-1010.html>.

Victron energy. 2011. BlueSolar Polycrystalline panels. Hakupäivä 20.1.2011, <http://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet%20-%20BlueSolar%20Polycrystalline%20Panels%20-%20rev%2002%20-%20EN.pdf>.

Wikipedia. 11.8.2010a. Aggregaatti. Hakupäivä 6.9.2010, <http://fi.wikipedia.org/wiki/Aggregaatti>.

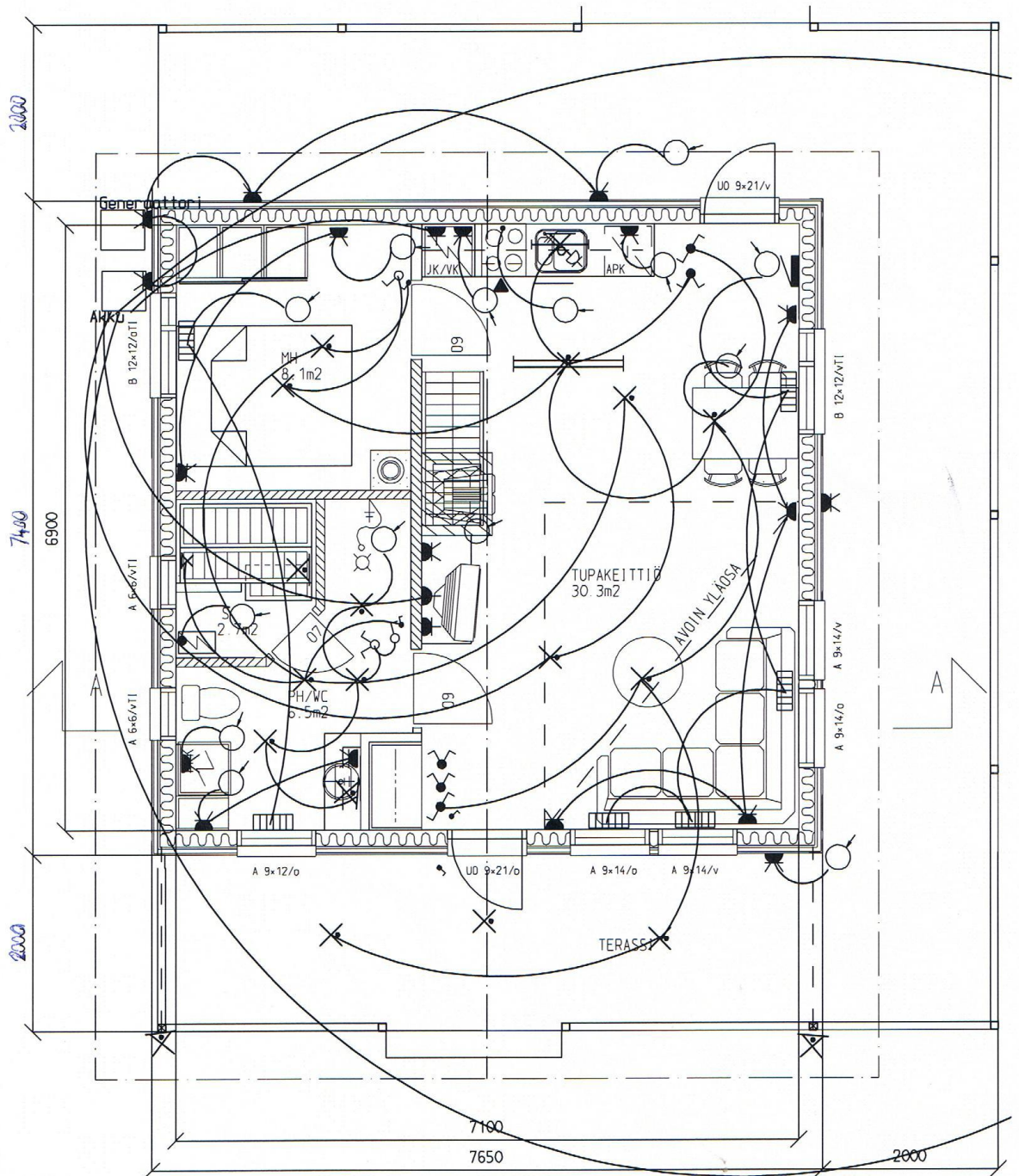
Wikipedia. 4.5.2010b. NTC – termistori. Hakupäivä 26.1.2011, <http://fi.wikipedia.org/wiki/NTC-termistori>.

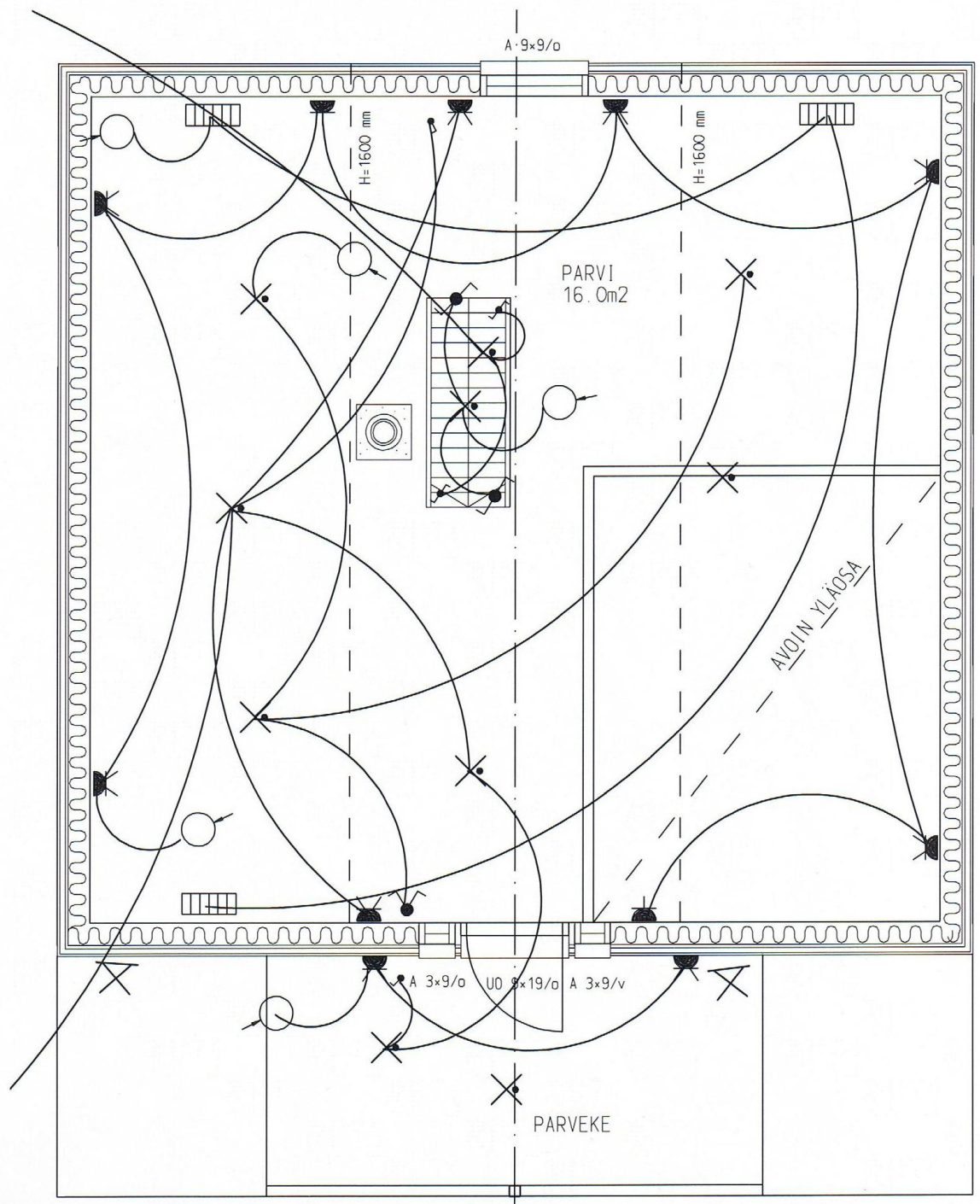
Wikipedia. 31.7.2010c. Sähköjohto. Hakupäivä 26.1.2011, <http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6johto>.

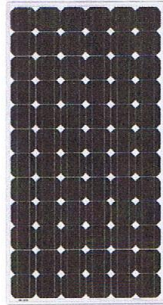
Windfinder. 2010. Windfinder - Tuuli- & säätilastot Kalajoki/Ulkokalla. Hakupäivä 21.9.2010, http://www.windfinder.com/windstats/windstatistic_kalajoki.htm#.

LIITTEET

Liite 1	Pohjapiirustuksen sähköpisteet
Liite 2	Keskuskaavio
Liite 3	Aurinkopaneelin tekniset tiedot
Liite 4	Tuulivoimalan tekniset tiedot
Liite 5	Lämpötila-anturien kytkentä
Liite 6	Ohjaimen syötön ja lämmittimien kytkentä







BlueSolar Monocrystalline 280W

- Low voltage-temperature coefficient enhances high-temperature operation.
- Exceptional low-light performance and high sensitivity to light across the entire solar spectrum.
- 25-year limited warranty on power output and performance.
- 2-year Limited warranty on materials and workmanship.
- Sealed, waterproof, multi-functional junction box gives high level of safety.
- High performance bypass diodes minimize the power drop caused by shade.
- Advanced EVA (Ethylene Vinyl Acetate) encapsulation system with triple-layer back sheet meets the most stringent safety requirements for high-voltage operation.
- A sturdy, anodized aluminum frame allows modules to be easily roof-mounted with a variety of standard mounting systems.
- Highest quality, high-transmission tempered glass provides enhanced stiffness and impact resistance.
- Pre wired quick-connect system with PV-ST01 connectors.



PV-ST01 connectors

Type	Module Size	Glass size	Weight	Electrical data under STC (1)				
				Nominal Power	Max-Power Voltage	Max-Power Current	Open-Circuit Voltage	Short-circuit Current
				P _{MPP}	V _{MPP}	I _{MPP}	V _{oc}	I _{sc}
Module	mm	mm	Kg	W	V	A	V	A
SPM30-12	552x525x30	546x519	3	30	18	1.66	21.6	1.83
SPM50-12	679x778x35	673x772	6.5	50	18	2.78	21.6	3.05
SPM80-12	1205x545x35	1199x539	8	80	18	4.44	21.6	4.88
SPM130-12	1482x676x35	1476x670	13	130	18	7.23	21.6	7.94
SPM180-24	1580x808x35	1574x802	15	180	36	4.95	43.2	5.45
SPM280-24	1962x992x50	1956x986	19	280	36	7.78	43.2	8.55

Module	SPM30-12	SPM50-12	SPM80-12	SPM130-12	SPM180-24	SPM280-24
Nominal Power (±3% tolerance)	30W	50W	80W	130W	180W	280W
Cell type	Monocrystalline					
Number of cells in series	36			72		
Maximum system voltage (V)	1000V					
Temperature coefficient of P _{MPP} (%)	-0.48/°C	-0.48/°C	-0.48/°C	-0.48/°C	-0.48/°C	-0.48/°C
Temperature coefficient of Voc (%)	-0.34/°C	-0.34/°C	-0.34/°C	-0.34/°C	-0.34/°C	-0.34/°C
Temperature coefficient of Isc (%)	+0.05/°C	+0.05/°C	+0.05/°C	+0.05/°C	+0.05/°C	+0.05/°C
Temperature Range	-40°C to +80°C					
Surface Maximum Load Capacity	200kg/m ²					
Allowable Hail Load	23m/s, 7.53g					
Junction Box Type	PV-RH0301					
Connector Type	PV-ST01/M PV-ST01/F					
Length of Cables	900mm					
Output tolerance	+/-3%					
Frame	Aluminium					
Product warranty	2 years					
Warranty on electrical performance	10 years 90% + 25 years 80% of power output					
Smallest packaging unit	1 panel					
Quantity per pallet	88 panels	44 panels	44 panels	40 panels	52 panels	36 panels

1) STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM (Air Mass) 1.5



Technical Specifications

Rated Capacity	160 watts at 28 mph (12.5 m/s)
Rotor Diameter	46 in (1.17 m)
Weight	13 lb (5.9 kg)
Shipping Dimensions	27 x 12.5 x 9 in (686 x 318 x 229 mm) 17 lb (7.7 kg)
Mount	1.5 in schedule 40 1.9 in (48 mm) OD pipe
Start-Up Wind Speed	6 mph (2.68 m/s) ²
Voltage	12, 24 and 48 VDC
Turbine Controller	Microprocessor-based smart internal regulator with peak power tracking
Body	Cast aluminum (Marine is powder coated for corrosion protection)
Blades	(3) Injection-molded composite
Overspeed Protection	Electronic torque control
Kilowatt Hours per Month	38 kWh/mo at 12 mph (5.4 m/s)
Survival Wind Speed	110 mph (49.2 m/s)
Warranty	3 year limited warranty



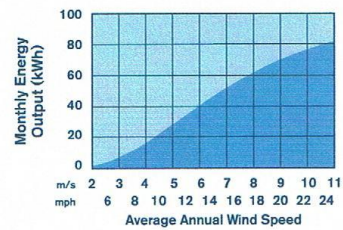
SMALL WIND. BIG ENERGY.

The most powerful wind generator in its class.

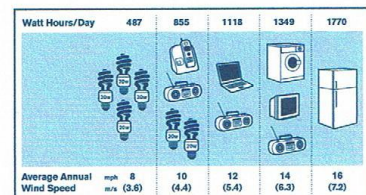
The all-new Air Breeze. Quieter, more efficient, and precision engineered to deliver more energy at lower wind speeds than any other wind generator in its class.¹ The Air Breeze is the latest generation of AIR – with more than 140,000 sold in 120 countries – the world’s most popular small wind generator.

- Injection-molded composite blades
- Microprocessor-based smart internal regulator with peak power tracking
- Aircraft-quality aluminum alloy castings
- Brushless neodymium alternator
- Maintenance-free – only two moving parts

MONTHLY ENERGY²



POWER THIS WITH AIR BREEZE



THREE YEAR WARRANTY

Southwest Windpower
1801 W. Route 66
Flagstaff, AZ 86001 USA

928.779.9463
www.airbreeze.com



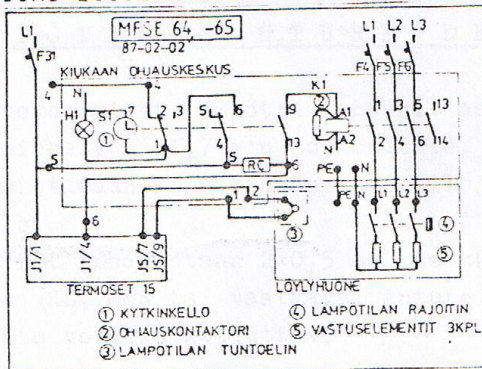
Makers of Skystream 3.7® / AIR / Whisper

¹Wind generators with the same swept area as Air Breeze.
²Data collected by the North Carolina Small Wind Initiative/Appalachian State University Small Wind Research and Demonstration Facility, Beech Mountain, NC, USA.

♻️ Printed on recycled paper with vegetable inks using 100% new wind energy.

SÄHKÖKIUAS LIITETÄÄN TERMOSET:iin SEURAAVASTI:

5/8



Saunakiukaan toimitukseen sisältyy sauna-anturi ja siihen liittyvä 2m pitkä lämmönkestävä johto sekä täydelliset asennus- ja käyttöohjeet.

Lämpötilan tuntoelin asetetaan saunatilaaan kiuasvalmistajan ohjeiden mukaisesti.

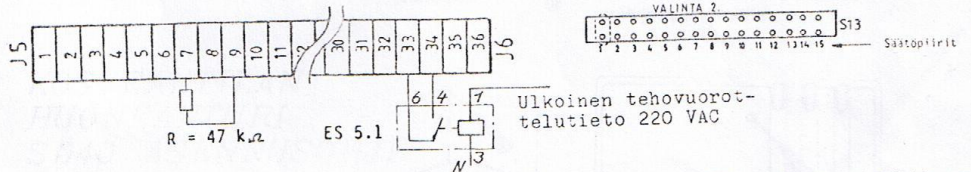
Kiuas kytkeytyy pois päältä aikakytkimellä asetellun ajan kuluttua.

Kun kiuas kytkeytyy päälle, säätöpiirit, jotka on valittu tehovuorotteluun kytkeytyvät pois päältä.

Pinta-asennuksessa sauna-anturin johto tulee suojata mekaanisesti, joko putkella tai listalla

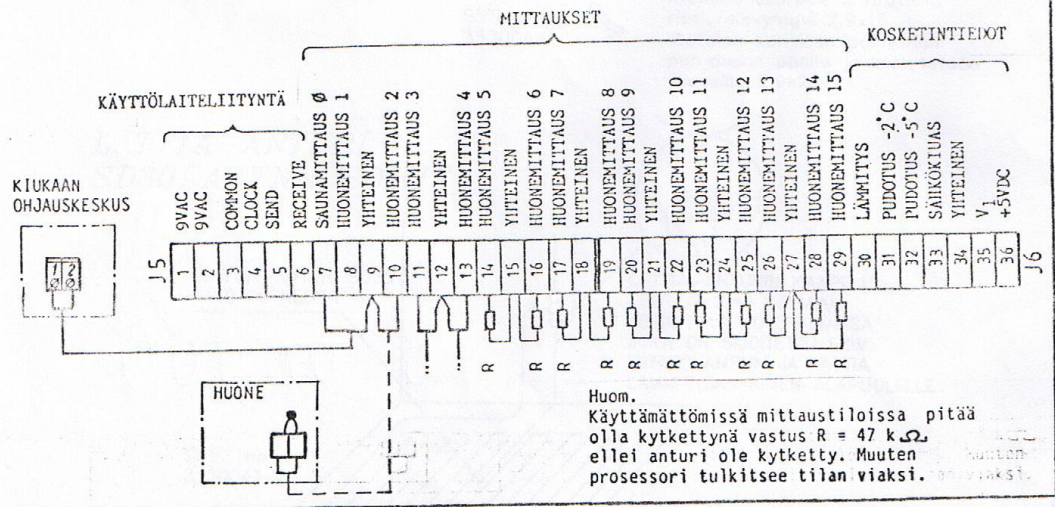
Huom. Kiukaan pitää olla sellainen, että siinä on mekaaninen lämpötilanrajoitin. Esim. MISA 12645, 12660 tai 12675. Valmistaja MISA-KIUAS OY, PL 12 54711 LEMI, puh. 953-46391, telex 58-256

TEHOVUOROTTELU



Haluttaessa pelkkä tehovuorottelu, tehdään yo. kuvan mukainen kytkentä sekä valitaan tehovuorotteluun halutut säätöpiirit kuten kohdassa (Kiuasohjaus ja tehovuorottelu) HUOM: Tällöin säätöpiiriä N:o 1 ei voida käyttää lämmityskäytössä.

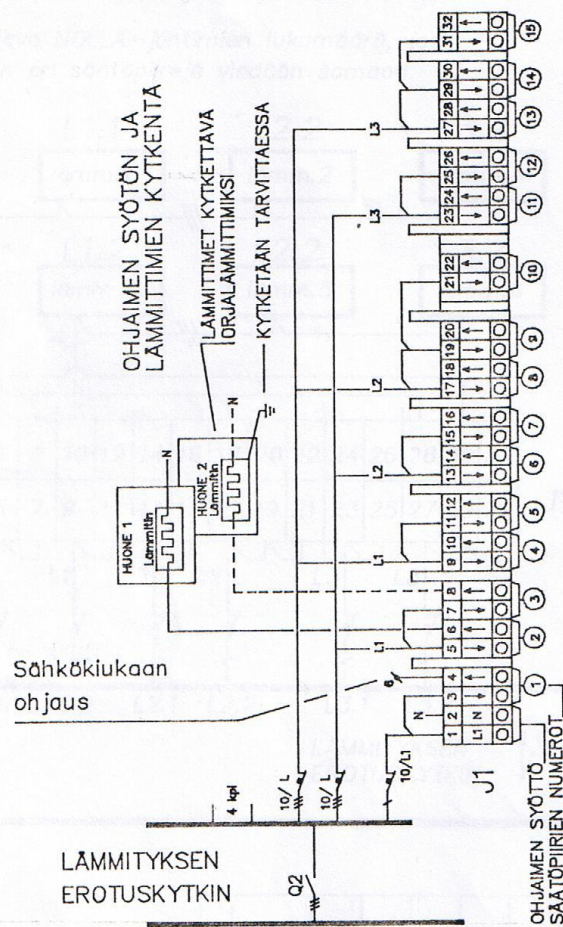
LÄMPÖTILA-ANTURIEN KYTKENTÄ:



7/8

OHJAIMEN SYÖTÖN JA LÄMMITTIMIEN KYTKENTÄ

Lämmittimet kytkettävä ohjelämmittiniksi.



Ohjaimen- ja säätöpiirien 1- 5 syöttö otetaan vaiheelta L1
 Säätöpiirien 6- 10 syöttö vaiheelta L2
 Säätöpiirien 11- 15 syöttö vaiheelta L3