

Kimmo Uusitalo

MÖKIN SÄHKÖSUUNNITTELU UUSIUTUVAA ENERGIAA
HYÖDYNTÄMÄLLÄ

Sähkö- ja Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2016

Mökin sähkösuunnittelu uusiutuvaa energiaa hyödyntämällä

Uusitalo, Kimmo
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Lokakuu 2016
Ohjaaja: Ylinen, Marko
Sivumäärä: 31
Liitteitä: 5

Asiasanat: Tuulienergia, Aurinkoenergia, Energiajärjestelmät, Hyötysuhde

Opinnäytetyössä suunniteltiin 1960-luvulla rakennettuun mökkiin sähköjen päivitys ja laskettiin olisiko kohteessa järkevää hyödyntää uusiutuvan energian mahdollisuuksia. Tavoitteena oli selvittää onko hintalaatusuhteeltaan kannattavaa lisätä tuuli- tai aurinkovoimalla toimivaa lisävirtalähdettä kohteeseen. Lisäksi tutkittiin erilaisia uusiutuvassa energiassa käytettäviä komponentteja ja niiden eroja.

Cottages electric designing by using renewable energy methods

Uusitalo, Kimmo

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electric and Automation Technology

October 2016

Supervisor: Ylinen, Marko

Number of pages: 31

Appendices: 5

Keywords: Wind energy, Solar energy, Energy systems, Efficiency

In this thesis plan was to design electric update to decade of 1960 built cottage and also calculate could it be wise to utilize renewable energy possibilities on the resort. Common objective was to find out is it cost-effective by price-quality ratio to add wind- or solar power working additional power supply to the resort. Additionally we investigated different devices and differences between devices used in renewable energy.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	MITÄ ON UUSIUTUVA ENERGIA	8
2.1	Uusiutuva energia Suomessa	8
2.2	Lainsäädäntö ja asetukset.....	9
2.3	Tuulivoima (yleistä asiaa).....	10
2.4	Aurinkoenergia (yleistä asiaa)	13
2.4.1	Off-grid aurinkosähköjärjestelmä.....	15
2.4.2	On-grid aurinkosähköjärjestelmä	16
2.4.3	Hybridijärjestelmät	17
3	SÄHKÖN HINNAN KEHITYS	17
4	LÄHTÖKOHDAT.....	18
5	LAITTEET	19
5.1	Perusteluja laitteille.....	19
5.2	Tuulivoimassa käytettävät laitteet.....	20
	Tuulivoimala Air-Breeze	20
	Tuulivoimala HY 600	20
5.3	Aurinkovoimassa käytettävät laitteet.....	21
	Aurinkopaneeli PV BLUE 60P	21
	MPPT- Lataussäädin 40A	22
5.4	Invertteri.....	22
5.5	Akusto	23
6	HYÖTYSUHTEET JA LASKELMAT.....	23
7	KUSTANNUSARVIOT.....	27
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	29
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	
Liite 1	Uusiutuvien energialähteiden käyttö 1970-2015.	
Liite 2	Uusiutuvan energian tuotanto tuotantolähteittäin.	
Liite 3	Tuulen nopeudet Suomessa.	
Liite 4	Vuoden kokonaissäteilyn määrä Euroopassa.	
Liite 5	Sähkön hinnan muutos pientalossa 2000-2016	

LYHENTEET

EED	Energiatehokkuusdirektiivi (Energy Efficiency Directive)
EPBD	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (Energy Performance of Buildings Directive)
EMV	Energiamarkkinavirasto
EU	Euroopan Unioni
HAWT	Vaakasuorassa oleva tuuliturbiini (Horizontal Axis Wind Turbine)
kWh	Kilowattitunti
LVV	Lämmivesivaraaja
MPPT	Maksimitehoa hakeva (säädin) (Maximum Power Point Tracking)
MW	Megawatti
MWh	Megawattitunti
PWM	Pulssinleveysmodulaattori (säädin) (Pulse Width Modulation)
STC	Aurinkokennon standardiolosuhteet (Standard Test Condition)
TWh	Terawattitunti
VAWT	Pystysuorassa oleva tuuliturbiini (Vertical Axis Wind Turbine)
W_p	Aurinkopaneelin nimellisteho (Watt-peak)

TERMIT

Invertteri	Verkkovaihtosuuntaaja
------------	-----------------------

Mikrotuotantolaitos

Tuotantolaitos joka on ensisijaisesti tarkoitettu tuottamaan sähköä omaan käyttöön

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella pieneen mökkiin sähköistys sekä selvittää uusiutuvan energian kannattavuus sekä pyrkiä saamaan mahdollisimman edullisesti sähköillä toimiva kesämökki. Koska uusiutuva energia yleistyy koko ajan ympäri maailmaa, oli ajankohtaista harkita sen käyttöä myös tässä mökkiprojektissa.

Lisäksi koulussamme on juuri käynnissä ”Kampus-projekti” jossa hyödynnetään aurinkovoimaa, joten pystyin kuuntelemaan muiden tiedonkeruuta aurinkovoimasta. Se herätti innostustani miettiä sen käyttöä pienemmässä kohteessa.

Työssä perehdytään erityisesti aurinkoenergian ja tuulienergian tekniikkaan, lainsäädäntöihin, komponentteihin sekä lasketaan paljonko säästöä tai lisäkuluja muodostuu missäkin ajassa jos investoitaisiin uusiutuvaan energiaan. Työssä selvitettiin ja ratkaistiin, mitä ongelmia ja mahdollisuuksia kohdataan kun vanhaan rakennuksen sähköjärjestelmään liitetään lisävirtalähde.

2 MITÄ ON UUSIUTUVA ENERGIA

2.1 Uusiutuva energia Suomessa

Suomessa käytettäviä uusiutuvia energianlähteitä ovat puu, tuulivoima, biopolttoaine sekä aurinkovoima, käytännössä siis kaikki energianlähteet jotka ovat ns. ”loppumattomia” tai uudesti kasvavia. Vesi on myös uusiutuvaa energiaa, mutta Suomen aalto- ja vuorovesi olosuhteet eivät ole sen hyödyntämiseen sopivia. Lisäksi uusiutuvan energianlähteistä ei vapaudu lainkaan kasvihuonekaasuja, näistä biopolttoaine on poikkeus. Kasvihuonekaasuilla tarkoitetaan metaani-, dityppioksidi- ja hiilidioksidipäästöjä. Tässä opinnäytetyössä perehdymme näistä tuuli- ja aurinkovoimaan. Uusiutuvan energian käyttö on huomattavasti kasvanut viimeisien vuosien aikana kuten liitteestä 1 ja 2 voimme todeta. (Kuntatekniikka www-sivut 2016.)

Vuoden 2015 lopussa, tuulivoiman laajuus Suomessa oli 387 tuulivoimalaa jotka tuottivat 1005 MW ja sillä hyödynnettiin noin 2,8% sähkönkulutuksesta joka oli 2,3TWh. Suomen energia- ja ilmastostrategiassa on asetettu tavoite nostaa tuulivoiman tuotanto 9 TWH:iin vuoteen 2025 mennessä. Lisäksi Suomen energiastrategiaan kuuluu uusiutuvan energian tuotannon kohotus 40 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Tähän keskeinen syy on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Myös Suomen ilmasto- ja energiapoliittiset linjaukset ja EU- direktiivit vaativat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä. Jokaisen EU:hun kuuluvan valtion piti toimittaa kansallinen uusiutuvan energian toimintasuunnitelma 2010 - 2020 ajalle viimeistään 30.6.2012. Muualla maailmassa aurinko- ja tuulienergiaa hyödynnetään paljon Suomea enemmän. Se johtuu osittain siitä että esimerkiksi Keski-Euroopassa aurinko paistaa vuodessa huomattavasti enemmän. (Liite 4) Toisena esimerkkinä tuuliset maat kuten Tanska joka pystyy tuulivoimalla tuottamaan lähes 50% sähköstään. Saarivaltioissa kuten Iso-Britannia ja Irlanti saadaan tuulienergiaa lähes vuoden jokaisena päivänä.

2.2 Lainsäädäntö ja asetukset

Ensimmäisten valtioiden joukossa vuonna 1995 Suomessa avattiin sähkömarkkinat kilpailulle ja pantiin voimaan sähkömarkkinalaki. Tätä lakia uudistettiin laajalti vuonna 2013. Lain edellyttämää verkkotoimintaa valvoo Energiamarkkinavirasto, joka pyrkii myös edistämään kilpailulle perustuvien sähkömarkkinoiden toimintaa. EMV tarkastaa neljän vuoden välein yhtiöiden asiakkailta perimät verkkomaksut. Jos sähköyhtiön verkkomaksuilla keräämä tuotto ylittää kohtuullisuuden rajan tulee yhtiön laskea siirtohintoja seuraavaksi valvontajaksoksi. Sähköenergian myyntitoiminta on muutoin vapaata eikä näin ollen edellytä toimilupaa. EMV on asettanut myös joitakin vaatimuksia sähkötuotantoon liittyen mm. mittausvelvollisuus. Kokonaisvastuu Suomen energiasäätelystä kuuluu Työ- ja elinkeinoministeriölle. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 117-125§.)

Rakennusten energiadirektiivi EPBD edellyttää, että kaikki julkiset rakennukset tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia vuoden 2018 loppuun mennessä. Kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia 2020 aikana. (Finvac www-sivut 2013). Suomessa energiatehokkuustasot ilmoitetaan E-luvulla, joka tulee rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta ja energiatodistuksesta. Toistaiseksi käsite ”lähes nollaenergiarakennus” on hyvin epämääräinen. Energiatehokkuusdirektiivi EED, edellyttää laajemmin energiatehokkuuden parantamista esimerkiksi peruskorjattavat rakennukset (Rakennusteollisuus www-sivut 2016).

Projektissamme Kankaanpäässä pientaloon aurinkopaneeleita asennettaessa on huomioitava, jos paneelien pinta-ala ylittää 10m^2 on haettava toimenpidelupaa kaupungilta. Järjestelmän verkkoon kytkemiseen pitää erikseen hakea lupaa Vatajankosken Sähkö Oy:ltä.

2.3 Tuulivoima (yleistä asiaa)

Tuulta voidaan hyödyntää tuulivoimalan avulla sähkö- tai lämpöenergiaksi. Tuulivoimalasta tulee helposti mieleen suuret tuulipuistot. Tuulienergiaa pystytään hyödyntämään mökeillä ja omakotitaloissa pientuulivoimaloilla, jos halutaan keventää ostosähkön kulutusta. (Tuulivoimayhdistyksen opas 2011.)

Tuulivoimaa käytetään usein aurinkoenergian rinnalla, koska Suomessa talvikaudet ovat normaalisti kesäkuukausia tuulisempia. Aurinkoenergiasta ei ole juuri hyötyä talvisin. Tuulivoimaa ei silti käytetä yleensä ainoana energianlähteenä sen vaatiman tilatarpeen takia. Muita haittoja ovat melu, maisemavaikutukset ja kallis hinta. (Tuulivoimayhdistyksen opas 2011.)

Tuuliolosuhteet on syytä huomioida tuulienergiaa laskettaessa sillä sisämaassa hyötysuhde on huonompi kuin rannikolla. Korkeutta nostamalla ja avoimelle sijoitettaessa myös sisämaassa saadaan hyviä energi tuloksia (Swenergia www-sivut 2016).

Koska kohteemme sijaitsee Kankaanpäässä, pellon reunalla oli odotettavissa kohtalaisen hyviä tuloksia. Suomen tuuliolosuhteet löytyvät liitteestä 3. Kesämökeille asennettavissa pientuulivoimaloissa tehot ovat yleensä noin 200 - 300 watin luokkaa ja niitä voidaan käyttää 12V,24V,48V ja 230V järjestelmissä. Tuulivoimala voidaan kytkeä lämmityksen yhteyteen esimerkiksi lämminvesivaraajaan kuvan 1. mukaisella lämmityssäätimellä. (Tuulivoimayhdistyksen opas 2011.)

Kuva 1. Tuulivoimalan lämmityssäädin (Tuulivoimayhdistyksen opas 2011).



Omakotitalon kokoiseen kiinteistöön pelkkään lämmitykseen tarvitaan vähintään 5kW kokoinen tuulivoimala. Sähkön saamiseksi tarvitaan verkkoinvertteri, jonka kytkemiseen tarvitaan aina sähköyhtiön lupa. Lupa myönnetään sen jälkeen kun mikrotuotantolaitoksesta on lähetetty yleistietolomake. Invertterin saa kytkeä ainoastaan sähköasentaja. Invertteriin on tehtävä käyttöönottotarkastus.

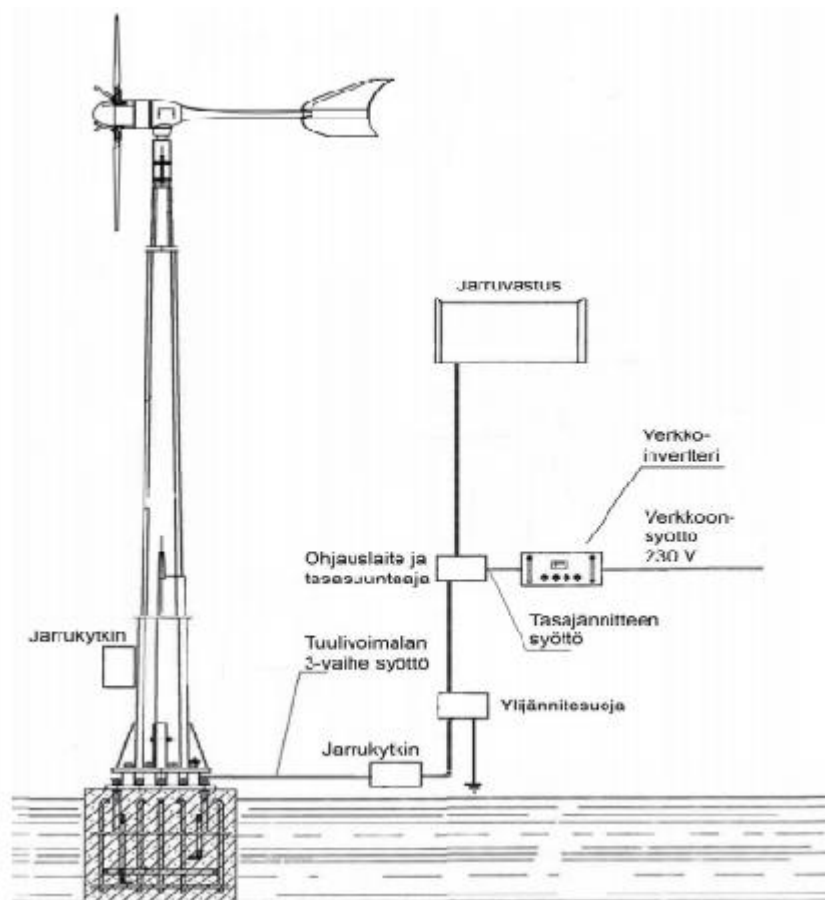
Potkurin Halkaisija (m)	Generaattorin koko (kW)	Vuosituotanto (kWh)
2-3	0,2-1	<1000
3-4	1-3	1000-3000
4-6	3-5	3000-7000
6-10	5-10	7000-25000

Taulukko 1. Tuulivoimaloiden kokoluokat (Tuulivoimayhdistyksen opas 2011).

Tuulivoimaloita voi olla kahdentyyppisiä, kuten ilmenee taulukosta 1. Ne voivat olla vaaka-akselisesti (HAWT) jolloin potkuri on pystysuunnassa, kuten kuvassa 2. tai ne voivat olla pystyakselisia (VAWT) jolloin potkuri on vuorostaan vaakasuuntaista. Näistä vaihtoehtoista vaaka-akselinen on kustannustehokkaampi koska pinta-ala tuuleen nähden saadaan suuremmaksi luonnollisesti. Pystyakseliset tuulivoimalat eivät kuitenkaan ole niin herkkiä ilman turbulenssille kuin vaaka-akseliset. Tuulivoimalan olisi hyvä olla vähintään 7-10 metriä esteiden kuten rakennusten yläpuolella, jotta ilman pyörteily sekä äänihaitat vähenisivät.

Tuulivoimajärjestelmiä vertailtaessa potkurin pyörähdyspinta-alat on syytä olla samat. 5m² potkurin energiantuotto-odotukset ovat puolet pienemmät kuin 10m². Teho ja energiantuoton vertailussa eri valmistajat ilmoittavat eri nimellistehoja laitteilleen. Nimellisteho on lähes turha suure laitteiden vertailussa. Energiantuotolla on hyvä vertailla jos se on laskettu lähellä käyttökohdetta. Tehon suure on kW ja energiantuoton suure ilmoitetaan kWh. Kolmantena vertailusuurena on hyvä laatu ja käyttöikä. Lähtökohtaisesti tuulivoimala on pitkäaikainen investointi, joten laatu, kestävyys ja huollettavuus astuvat keskeisimpään asemaan. (Finnwind www-sivut 2013)

Kuva 2. Tuulivoimajärjestelmän osat (Tuulivoimayhdistyksen opas 2011).



Kuva 3. Turbulenssin vaikutukset (Home Power Magazine 2013).

TURBULENSSIN VAIKUTUS

Turbulenssi eli tuulen pyörteisyys heikentää tuulen voimaa esteen edessä ja takana. H:n korkuinen este synnyttää taakseen $20 \times H$ pituisen alueen, jossa tuulivoimala toimii heikosti.



Tuulivoimalan masto on yleensä ainakin 15 metriä korkea, jotta se ylittää kaikki esteet. Mitä korkeammalle se asennetaan, sitä paremmat tuulennopeudet saadaan. Tämä voidaan todeta kuvasta 3. Mastoratkaisuja on kuitenkin kolmen tyyppisiä, putkimasto, ristikkomasto ja harusmasto.

Itsestään seisova putkimasto, jota käytetään esimerkiksi Mäntyluodon tuulipuistossa. Tämä malli on alhaalta leveä ja hyvin valettu ja kapenee päätä kohden. Kuvassa 2. on

käytetty tätä ratkaisua. Ristikkomasto on myös itsestään seisova ja muutenkin lähes samanlainen kuin yllämainittu, mutta edullisempi ja kevyempi vaihtoehto. Harustettu masto on harusvajereilla maahan tai rakenteisiin tuettu masto joka on edullisin vaihtoehto, mutta vaatii eniten tilaa ympärilleen. (Tuulivoimayhdistyksen opas 2011).

2.4 Aurinkoenergia (yleistä asiaa)

Aurinkoenergiaa saadaan auringon tuottamasta säteilyenergiasta, aurinkokennon rakenteen avulla säteily pystytään hyödyntämään sähköenergiana. Aurinkosähköjärjestelmiä rakennetaan perinteisesti paikkoihin johon verkkovirtaa ei saada mutta myös lisäenergian lähteeksi. Kohteista muutamia mainitakseni kesämökit, saaristot, veneet ja syrjäiset kohteet.

Auringosta saatava energia on päästötöntä, uusiutuvaa sekä siinä on edulliset käyttökustannukset ja pitkä käyttöikä. Miinuksena ovat suuret investointikulut. Aurinkopaneelijärjestelmän saa joissakin kunnissa asentaa ilman erityisiä toimenpiteitä katon lappeen suuntaisesti tai seinäkiinnityksenä yhtenäisesti. Aurinkopaneelin kiinnitysrakenteet eivät saa jäädä häiritsevästi näkyviin. Aurinkovoima on yleensä tuulivoiman tapaan lisäenergian lähteenä, koska Suomessa ei syys-talvisaikaan aurinkopaneelit tai aurinkokeräimet tuota lähes lainkaan energiaa. Toinen asia mikä aurinkoenergiassa on tärkeässä asemassa, on esteettömyys ja paneelien oikea kulma. Edellä mainitut asiat ratkaisevat eniten aurinkoenergian talteenotossa. Mikäli paneeliin tulee varjo-kohta, tippuu koko paneelin teho merkittävästi. (Taulukossa 2. esimerkki aurinkojärjestelmäkokoja Onnisen valikoimista). Optimikulma Kankaanpäässä on 41-43° välillä. Yhdistämällä aurinkopaneelijärjestelmään tuulivoima, saadaan kohteeseen monipuolinen energiansaanti sekä lisäkapasiteettia. Aurinkovoima sopii parhaiten kohteeseen jossa on lämmitysjärjestelmässä lämminvesivaraaja. Kohteessamme on puulämmitteinen lämminvesivaraaja. (Finnwind www-sivut 2013.)

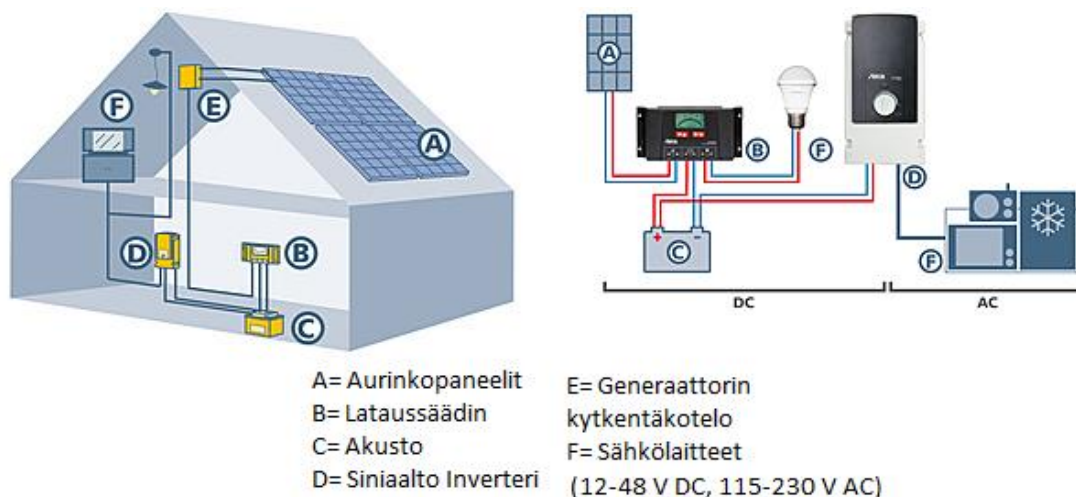
Teho (kWp)	Paneelit (kpl)	Vuosituotantoarvio (kWh)	Pinta-ala (m ²)
1,53	6	1400	11,0
2,55	10	2300	17,0
3,06	12	2800	21,0
5,10	20	4600	35,0
8,16	32	7300	57,0
10,20	40	9100	70,0

Taulukko 2. Aurinkosähköpaketti esimerkkejä (Onninen Oy, pdf esite pakettiesimerkeistä 2016).

Aurinkojärjestelmä kokonaisuudessaan kuvassa 4. Aurinkopaneelijärjestelmissä lataussäätimellä rajoitetaan akulle tulevaa jännitettä paneelista, koska aurinkopaneelin tuottama sähköjännite on noin 16,5-21V. Akun tullessa täyteen jännite alkaa rasittaa akkua. Lyijyakun kiehumisraja on alle 15V, ylilatautuminen voi rikkoa akun. Lataussäätimet toimivat kuin latausreleet, kun akku on täynnä, se kytkee paneelin irti akusta. Järjestelmissä akusto kerää ja jakaa jännitettä vaihtosuuntaajalle jonka tehtävänä on muuttaa aurinkopaneelien tuottamaa jännitettä kotitalouteen sopivaksi 230V vaihtojännitteeksi.

Vaihtosuuntaajalla suojataan yleensä myös koko järjestelmää. Invertteriä hankkiessa on varmistettava että se on paikallisen jakeluverkkoyhtiön hyväksymä. Invertteri kannattaa myös pikkuisen ylimitoittaa, ettei siitä tule rajoittavaa komponenttia huipputehon aikaan. Jos jonkinäköistä generaattoria halutaan käyttää sähkövirran tuottamiseen, generaattorin kytkentäkotelo on syytä asentaa ennen lataussäädintä. Lopuksi käytettävät sähkölaitteet joita on hieman listattu sähkönkulutuksineen alempana taulukossa 3.(Eurosolar www-sivut 2016.)

Kuva 4. Off-grid Aurinkovoimajärjestelmän osat (Steca www-sivut 2016).



2.4.1 Off-grid aurinkosähköjärjestelmä

Verkkoon kytkemättömässä aurinkosähköjärjestelmässä on ideana, että aurinkopaneeleista tuotettu sähkö varastoidaan akkuihin ennen käyttöä jota ohjataan lataussäätimen avulla. Tähän on suunniteltu MPPT-säädin joka säätaa aurinkopaneelit tuottaa mahdollisimman suurella hyötysuhteella ja valvoo akuston latautumista tarkasti. Tätä säädintä käytetään myös On-grid järjestelmissä. MPPT-säätimen lisäksi on myös halvempi vaihtoehto PWM-lataussäädin, yksinkertaisempi perussäädin jolla päästään 20-40 prosenttia heikompaan lataustehoon kuin MPPT-säätimellä. Tässä työssä valitsimme MPPT-säätimen keskeisempään rooliin, koska toisessa tuulivoimalassamme on sellainen sisäänrakennettuna ja se helpotti laskelmia. (Motiva www-sivut 2016.)

Off-grid järjestelmiä suositaan usein paikoissa joihin ei saada helposti verkkosähköä. Akulta saadaan suoraan 12V tai 24V mutta asentamalla inverteri järjestelmään siitä saadaan 230V jännite. Tärkeää on jos off-grid järjestelmää käytetään yksinään, on huomioitava paneeleissa ja akustoissa että kulutusta on myös silloin kun aurinko ei paista, kuten yöllä ja pilvisinä päivinä. (Motiva www-sivut 2016.)

2.4.2 On-grid aurinkosähköjärjestelmä

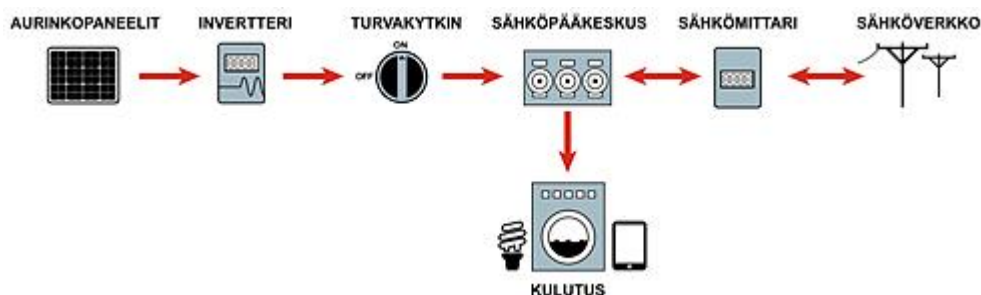
Tämä aurinkosähköjärjestelmä on verkkoon liitetty järjestelmä. Tässä järjestelmässä verkkoinvertteri on välttämätön jotta saadaan sähköverkon ja jakeluverkon vaatimukset täytettyä. Aurinkopaneelien ja invertterin jälkeen järjestelmä kytketään sähköpääkeskukseen missä se kytketään sähköverkkoon. (Motiva www-sivut 2016.)

Kolmevaiheinen vaihtosuuntaaja palvelee kaikkia vaiheita, mutta alle kolmen kilowatin 3- vaiheisia inverttereitä ei vielä ole markkinoilla. Kolmen kilowatin invertteri on liian iso tämän kohteen järjestelmään. Siitä olisi suurin hyöty sillä se hyödyttäisi kaikkia sähkölaitteita. Sähkölaitteiden ryhmitys vaikuttaa jonkin verran kokonaisvaltaisen kapasiteetin hyötymiseen. (Motiva www-sivut 2016.)

Yksivaiheinen vaihtosuuntaaja on pieniin sähkötuotantojärjestelmiin yleisemmin käytetty laite juuri sen saatavuudesta johtuen. Se tuottaa sähköä vain yhteen vaiheeseen. Tässä kohteessa käytämme kolmea 1-vaihe vaihtosuuntaajaa jossa jokainen on omalla vaihejohtimellaan. Vaihtosuuntaajat ohjelmoidaan toimimaan kolmevaiheisesti. (Motiva www-sivut 2016.)

Sähkön käyttäminen omaan tarpeeseen on kannattavampaa kuin sen syöttäminen jakeluverkkoon, Suomessa siitä ei makseta kovin hyvin. Jakeluverkkoon syöttämisen minimoiminen tapahtuu käyttämällä laitteita silloin kuin aurinkosähköjärjestelmä tuottaa sähköä. Aurinkosähköjärjestelmä on pystyttävä erottamaan sähköverkosta lukittavalla vaihtovirta turvakytkimellä johon verkkoyhtiö pääsee käsiksi. Se tulee sijoittaa invertterin ja keskuksen väliin. Järjestelmässä pitää myös olla energiamittari joka mittaa sekä verkkoon syötettyä ja otettua tehoa, se on kuitenkin sähköjakeluverkonhaltijan vastuulla. Selventävä kuva järjestelmästä kuvassa 5. (Motiva www-sivut 2016.)

Kuva 5. On-grid järjestelmän kaavio (Motiva www-sivut 2016).



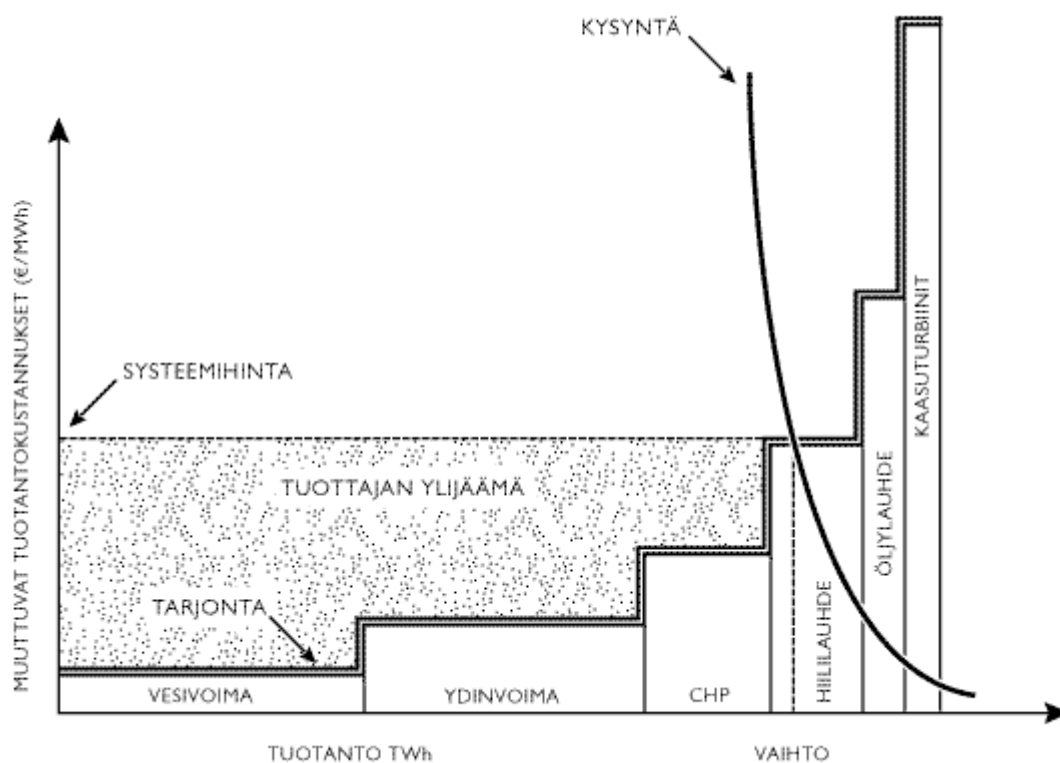
2.4.3 Hybridijärjestelmät

Aurinkotunteja kertyy kesällä paljon. Vuorostaan tuulen keskinopeudet ovat samaan aikaan heikkoja, syksy-talvi pimeään aikaan tuulen nopeudet ovat taas korkeita. Käyttäjän näkökulmasta ajateltuna aurinkopaneeli ja tuuligeneraattori muodostavat oman latausjärjestelmänsä säädinlaitteinensa suhteessa akkuun. Aurinkopaneelin ja tuuligeneraattorin pystyy erottamaan toisistaan ilman että toinen järjestelmä häiriintyy. (Eurosolar www-sivut 2016.)

3 SÄHKÖN HINNAN KEHITYS

Suomessa sähkön hinta on ollut pitkään nousujohdannainen mutta viime aikoina nousu on tasoittunut, lähitulevaisuudessa on silti odotettavissa jälleen nousua (liite 5) (Tilastokeskus www-sivut 2016). Suomessa ja Euroopassa tärkeimpiä sähkön energialähteistä on ydinvoima ja vesivoima, jos niihin tapahtuu muutoksia, se vaikuttaa koko sähkön myyntihintaan herkästi. (Tämä on esitetty kuvassa 6.) EU:ssa tapahtuvat direktiivien tai säännöksiä muutokset voivat vaikuttaa sähkön hintaan Suomessa. Sähkön hinnan nousu on yksi suurista syistä miksi ihmiset haluavat tuottaa omaa sähköään uusiutuvalla energialla.

Kuva 6. Sähkön hinnan muodostuminen (Kilpailu- ja kuluttajavirasto www-sivut 2010).



4 LÄHTÖKOHDAT

Kohde on vuonna 1967 rakennettu puutalo, joka sijaitsee metsän ja pellon reunassa, noin 40 kilometriä Porista. Pelto on rakennuksen eteläpuolella, johon myös katon lape osoittaa, joten se ei haitanne aurinkopaneelien järjestelyä. Rakennuksessa on noin 80m² asuinpinta-alaa, sekä paljon ikkunoita. Rakennuksessa on takka, puulämmitteinen kiuas sekä puuliesi. Pihalla on ulkoporeallas joka kuluttaa käytettäessä huomattavasti sähköä. Kohteeseen lisätään pesutiloihin lattialämmitys sekä ilmalämpöpumppu pienentämään lämmityskuluja. Kohteeseen tulee 25A yksivaiheinen verkkovirta, jonka syystä lisävirtalähteet eivät ole yksistään syöttönä rakennukselle. Kohteeseen on tarkoitus tehdä verkkovirran lisäksi on-grid syöttävä järjestelmä. Taulukossa 3, joitakin sähkölaitteita ja niiden kulutuksia joita todennäköisesti tullaan käyttämään kohteessa, sähkönkulutuksen vertailuun.

Sähkölaite	Kulutus
Led-valaistus 10 lediä	30W x 4 linjaa = 120W
Kännyn / Kannettavan tietokoneen lataaminen	1,3W / 65 W
Mikroaaltouuni	750W
Kahvinkeitin	650-1000W
Jääkaappi käynnistys- / jäähdytysteho	1200W / 100W
ILP lämmitys / jäähdytysteho	150-1300W / 150-750W
Ulkoporeallas	2000W

Taulukko 3. Sähkölaitteiden kulutuksia (Finnwind www-sivut 2013).

5 LAITTEET

5.1 Perusteluja laitteille

Nämä laitteet ovat valittu sattumanvaraisesti ja eri sivustoilta ostettuina. Valitsin kuitenkin tuulivoimaloista toisen vertailun vuoksi siten, että siinä on sisäänrakennettu lataussäädin. Käytin myös halvimpia löydettyjä hintoja laitteissa. Laitteet ovat yleisesti käytettyjä uusiutuvassa energiassa.

5.2 Tuulivoimassa käytettävät laitteet

Tuulivoimala Air-Breeze

- **Nimellisteho W** 12,5 m/s
- **Käyttöjännite V** 12
- **Roottorin halkaisija mm** 1140
- **Paino kg** 5,9
- **Sisäänrakennettu MPPT-Lataussäädin**
- **Paneeliteho W** 160
- **Sisäänrakennettu MPPT- lataussäädin**
- **Hinta** 1180€ sis. Alv 24%



(Navimare www-sivut 2016).

Tuulivoimala HY 600

- **Nimellisteho W** 12 m/s
- **Käyttöjännite V** 24
- **Roottorin halkaisija mm** 1800
- **Paino kg** 25
- **Maston liitännä sisähalkaisija mm** 41 tai 76
- **Paneeliteho W** 250
- **Hinta** 1850€ sis. ALV 24%



(swenergia www-sivut 2016).

5.3 Aurinkovoimassa käytettävät laitteet

Aurinkopaneeli PV BLUE 60P

- **Nimellisteho** 260 Wp
- **Käyttöjännite** V 12
- **Tyyppi** Monikide (polykristalli)
- **Mitat mm** 41 x 990 x 1695
- **Paino kg** 19
- **Tehontuottotakuu** 25 vuotta / 80%
- **Materiaalitakuu** 10 vuotta
- **Hinta** 308€ ALV 24%



(Kodinrauta www-sivut 2016).

MPPT- Lataussäädin 40A

- **Valmistaja** Ep Solar
- **Malli** Tracer4215BN
- **Käyttöjännite** 24V
- **Nimellisteho** Max. 1040W
- **Suojausluokka** IP30
- **Mitat mm** 303 x 183 x 64
- **Hinta** 390€ ALV 24%



(Aurinkopaneelikauppa www-sivut 2016).

5.4 Invertteri

- **Valmistaja** Steca
- **Valmistusmaa** Saksa
- **Nimellisteho** 1800W
- **Hyötysuhde** 98,6
- **Takuu** 7-10 Vuotta
- **Hinta** 1190€ ALV 24%

(Energiatukku www-sivut 2016).

5.5 Akusto

- **Akku** SW Comfort 250 AGM-akku 303Ah
- **Kapasiteetti 20h** 250Ah
- **Kapasiteetti 120h** 303Ah
- **Mitat mm** 520x268x249
- **Paino** 71kg
- **Hinta** 550€ ALV 24%



(swenergia www-sivut 2016).

6 HYÖTYSUHTEET JA LASKELMAT

Etelä-Suomessa auringonsäteilyä voidaan vastaanottaa noin 1000kWh/m^2 vuodessa, vaakatasossa olevasta paneelistä. Aurinkopaneelistä saadusta säteilyn määrästä voidaan hyödyntää noin 15% sähköön muuttaessa. Aurinkokeräimillä pystytään muuttamaan 57-85% lämmöksi auringosta saadulla säteilyllä. Pientuulivoimalan kapasiteettiarvo on noin 30-40% luokkaa vuodessa. (Motiva www-sivut 2016.)

Aurinkopaneelin hyötysuhde lasketaan jakamalla nimellisteho, sen pinta-alalla ja STC:n säteilymäärällä joka on määritetty laboratoriotiloissa 1000W/m^2 ja kennon lämpötila $25\text{ }^\circ\text{C}$ (Motiva www-sivut 2016). Paneelien takuuseen sisältyy että paneelit tuottavat ensimmäiset 10 vuotta vähintään 90% valmistajan ilmoittamasta nimellistehosta, sekä 25 vuotta vähintään 80% valmistajan ilmoittamasta nimellistehosta, Kuivissa 7 ja 8 tuotto sataprosenttisella nimellisteholla. Aurinkopaneelien tekninen elinikä voi olla jopa yli 30 vuotta, mutta inverttereiden ikä on vain noin 15 vuotta ja akkujen ikä tällaisissa järjestelmissä 5-10 vuotta. Suomessa on-grid aurinkovoimajärjestelmän arvonlisäverollinen hinta oli vuonna 2013 1,8-4,0 €/Wp. Pientalokokoluo-

kassa järjestelmän tyypillinen koko on noin 2 kWp. (Finnwind aurinkoenergiaopas 2013.)

Lasketaan aurinkopaneelijärjestelmä 2kWp:n mukaan, joka oletetaan sopivan kokoiseksi. Paneeleita tarvitaan $10\text{kpl} \times 260\text{Wp} \times 0,8 = 2080\text{Wp}$ näin ollen paneelit tuottaisivat 2kWp vielä takuun mukaan 25 vuoden päästä. Kuitenkin ensimmäiset 10 vuotta riittävä määrä olisi $9\text{kpl} \times 260\text{Wp} \times 0,9 = 2106\text{Wp}$. Hyödynsin lähteistä saatavaa apuohjelmaa ja sieltä sain kuvan 7 ja 8 mukaiset tulokset. Selitteet yksiköille kuvien 7 ja 8 jälkeen.

Kuva 7. Aurinkoenergian tuotantolaskelma jälkimmäiset 15 vuotta (PVGIS www-sivut. 2016).

Kallistuskulma 28°, suunnattuna etelään				
Kuukausi	E_d	E_m	H_d	H_m
Tammikuu	0.90	27.8	0.51	15.8
Helmi	3.07	85.9	1.72	48.3
Maaliskuu	4.81	149	2.81	87.2
Huhtikuu	7.42	222	4.58	137
Toukokuu	8.67	269	5.57	173
Kesäkuu	8.57	257	5.63	169
Heinäkuu	8.36	259	5.55	172
Elokuu	6.40	198	4.17	129
Syyskuu	4.43	133	2.77	83.0
Lokakuu	2.36	73.1	1.41	43.6
Marraskuu	0.97	29.0	0.56	16.8
Joulukuu	0.51	15.9	0.29	9.08
Vuoden Keskiarvo	4.71	143	2.97	90.4
Vuosituotto		1720		1080

Kuva 8. Aurinkoenergian tuotantolaskelma ensimmäiset 10 vuotta (PVGIS www-sivut. 2016).

Kallistuskulma 28°, suunnattuna etelään				
Kuukausi	E_d	E_m	H_d	H_m
Tammikuu	0.91	28.1	0.51	15.8
Helmi	3.11	87.0	1.72	48.3
Maaliskuu	4.87	151	2.81	87.2
Huhtikuu	7.51	225	4.58	137
Toukokuu	8.78	272	5.57	173
Kesäkuu	8.68	260	5.63	169
Heinäkuu	8.46	262	5.55	172
Elokuu	6.48	201	4.17	129
Syyskuu	4.49	135	2.77	83.0
Lokakuu	2.39	74.0	1.41	43.6
Marraskuu	0.98	29.4	0.56	16.8
Joulukuu	0.52	16.1	0.29	9.08
Vuoden Keskiarvo	4.77	145	2.97	90.4
Vuosituotto		1740		1080

E_d = Päivittäinen sähköntuoton keskiarvo (kWh)

E_m = Kuukausittainen sähköntuoton keskiarvo (kWh)

H_d = Päivittäinen auringonsäteilykeskiarvo neliometriä kohden (kWh/m²)

H_m = Kuukausittainen auringonsäteilykeskiarvo neliometriä kohden (kWh/m²)

Tuulivoimalan teho lasketaan kaavalla $P = 0,5 \times \rho \times C_p \times A \times V^3$, jossa ρ on ilman tiheys kg/m³, C_p = tehokerroin, R = lavan pituus, metreinä, A = pyyhkäisy pinta-ala joka saadaan $\pi \times R^2$, V = tuulen nopeus m/s. Ilman tiheys ρ on maan päällä 1,293kg/m³.

Pyyhkäisy pinta-alaksi A saadaan käyttämillämme tuulivoimaloilla ja yllä olevalla kaavalla $\pi \times 1140^2 \text{ mm} = 4,080\text{m}^2$ ja HY 600 voimalalla $\pi \times 1800^2 \text{ mm} = 10,174 \text{ m}^2$. Tuulen nopeus liitteen 3 mukaan Kankaanpäässä olisi noin 10 m/s joten V^3 on silloin 1000.

Energian tuotannossa käytetyn tuulivoimalan tehokerroin C_p on noin 0,4. Teho $P = 0,5 \times 1,293 \times 0,4 \times 4,080 \times 1000 = 1056 \text{ W}$, jotta saadaan 5kW, $5 \times 1056\text{W} = 5,280 \text{ kW}$ ja HY 600 voimalalla 2631 W riittäisi $2 \times 2631\text{W} = 5,262 \text{ kW}$. Näin ollen vuodessa tuotettu energiamäärä olisi Air breeze tuulivoimalalla $5280 \times 24\text{h} \times 365\text{päivää}$

$x 0,3\% = 13,876 \text{ kWh}$ ja HY 600 tuulivoimalalla $5262\text{W} \times 24\text{h} \times 365 \text{ päivää} \times 0,3\% = 13,829 \text{ kWh}$. Näitä lukuja tarvitsemme seuraavissa laskuissa. (Tuulivoimayhdistyksen opas 2011.)

Sähkön hinta Kankaanpäässä, Vatajankosken sähköltä ostettuna yksivaiheiseen 25A keskukseseen on $2,92\text{€}/\text{kk}$ perusmaksu yleissähköä. Koska yksivaiheiseen keskukseseen ei saa kausi tai yösähköä ja kulutusmaksut ovat $6,60\text{snt} / \text{kWh}$.

Kolmevaiheiseen keskukseseen perusmaksu yleissähköstä olisi $3,32\text{€} / \text{kk}$ ja kulutusmaksu samansuuruinen kuin yksivaiheisella keskuksella. Vatajankosken sähköltä ostettuna sähkönhinnan arvo olisi ensimmäisten 10 vuoden aikana aurinkovoimalla tuotettuna $1148,4\text{€}$ ($1740\text{kWh} \times 10 \text{ vuotta} \times 6,60\text{snt}$) jos koko tuotettu energia saadaan hyödynnettyä.

Seuraavan 15 vuoden sähkönhinnan arvo $1702,8\text{€}$ ($1720\text{kWh} \times 15 \text{ vuotta} \times 6,60\text{snt}$). Näin ollen tuotetun sähkön arvo on $2851,2\text{€}$. Tähän pitää lisätä säästettyjen perusmaksujen arvo ($2,92\text{€} \times 12\text{kk} \times 25 \text{ vuotta}$) 876€ . Kokonaisuudessaan säästettyjä euroja kertyy ($2851,2\text{€} + 876\text{€}$) $3727,2\text{€}$. Koska tässä kohteessa emme luovu kokonaan verkkosähköstä, joudumme maksamaan perusmaksua myös käyttäessämme uusiutuvaa energiaa. Kun jaamme kulutusmaksujen kokonaisarvon 25 vuodella ($2851,2 / 25$) saadaan yhden vuoden tuottoarvoksi $114,5\text{€}$. (Vatajankosken sähkön www-sivut 2016.)

Air breeze tuulivoiman sähkönhinnan arvoksi saadaan $22895,4\text{€}$. ($13\ 876\text{kWh} \times 25 \text{ vuotta} \times 6,60\text{snt}$). Kun tähän lisätään perusmaksun arvo, tulee kokonaissäästöksi ($22895,4\text{€} + 876\text{€}$) $23771,4\text{€}$. Kun kulutusmaksut jaetaan 25, saadaan vuodessa tuotetun sähkön arvoksi $915,8\text{€}$. HY 600 tuulivoimalalla tuotetun sähkön arvoksi tulee $22817,9\text{€}$ ($13829\text{kWh} \times 25 \text{ vuotta} \times 6,60\text{snt}$). Perussähkön hinta lisättyinä tähän saadaan kokonaissäästöksi ($22817,9\text{€} + 876\text{€}$) $23693,9\text{€}$. Kun kulutusmaksut jaetaan 25 saadaan $912,7\text{€}$ vuodessa. (Vatajankosken sähkön www-sivut 2016.)

7 KUSTANNUSARVIOT

Aurinko- ja tuulijärjestelmien kustannusarviot perustuvat takuuajan loppumisen laitteiden välittömään hajoamiseen ja sen jälkeen aina uuden laitteen investointiin. Lataussäätimelle takuu on 10 vuotta ja jokaiselle vaiheelle asennetaan oma lataussäätimensä (3 kappaletta / 10 vuotta). Akkujen takuu vaihtelee, mutta ne on laskettu 10 vuotta kestäviksi tässä käytössä, lisäksi laskennassa on käytetty 1 akku jokaista kilowattia kohden (aurinkopaneelijärjestelmässä 2, tuulivoimassa 5 / 10 vuotta). Invertteihin on laskettu 10 vuotta kestoiksi (1kpl / 10 vuotta). Kaapeleita ei ole huomioitu. Valitut laitteet ovat yleisesti paljon aurinkoenergiassa käytettyjä, tästä syystä halusin käyttää niitä myös tässä kohteessa. Suunnittelu periaate esitetty kuvassa 4, tuulivoiman kohdalla paneelit korvataan tuuli generaattorilla.

Sähkön ostoarvo ensimmäiset 10 vuotta ilman omaa energianlähdettä 1148,4€. Tulos laskettu hyötysuhteet ja laskelmat kohdassa, komponenttien arvo lasketaan seuraavaksi. Yksivaiheiset invertterit ohjelmoidaan toimimaan 3-vaiheisena, kaikissa laskennoissa. Aurinkopaneeli laskuissa on eritelty komponenttien hinnat mutta energiamuotoja vertaillen kannattaa keskittyä kohtaan jossa on koko 25 vuoden investointihinta. Tuulivoimaloissa teho ei laske alle 5 kW:n 25 vuoden aikana joten niitä ei tarvitse kasvattaa.

Ensimmäiset 10 vuotta aurinkovoimalla:

Paneelit 9kpl x 240€ = 2160€

Invertterit 1kpl x 1190€ = 1190€

Akusto 2kpl x 550€ = 1100€

Lataussäädin 3kpl x 259€ = 777€

Kokonaisinvestointi = 5227€

Sähkön ostoarvo seuraavat 15 vuotta ilman omaa energianlähdettä 1702,8€.

On lisättävä 1 kappale paneeleita, jotta nimellisteho pysyy seuraavat 15 vuotta myös yli 2kWp:ssä. Muissa laitteissa takuu täyttyy tänä aikana ja tästä syystä uusien laitteiden hankinnat on laskettu lisänä.

Seuraavat 15 vuotta aurinkovoimalalla:

Paneelit 1kpl lisää = 240€
 Invertterit 2kpl x 1190€ = 2380€
 Akusto 4kpl x 550€ = 2200€
 Lataussäädin 6kpl x 259€ = 1554€
 Lisäinvestointi kokonaisuudessaan = 11 134€
 Investoinnit koko 25 vuoden aikana = 16 361€

Kun jaetaan 25 vuoden kokonaisinvestointi, kokonaissähkön arvolla saadaan tulokseksi aika jossa aurinkovoima on maksanut itsensä eli $16361\text{€} / 114,5\text{€} = 142,9$ vuotta. Sähkön ostoarvon perusteella täytyisi siis ylläpitää järjestelmää 142,9 vuotta jotta se olisi maksanut järjestelmän hinnan.

Tuulivoimalla tuotetun sähkön ostoarvo HY 600 tuulivoimalalla on 22817,9€. Invertterit, akut ja lataussäätimet pitää uusia 25 vuoden aikana kahdesti ja ne on kaikki laskettu molemmissa tuulivoimaloiden kohdissa.

Tuulivoimala HY 600, 2kpl x 1850€ = 3700€
 Invertterit 3kpl x 1190€ = 3570€
 Akut 15kpl x 550€ = 8250€
 Lataussäätimet 9kpl x 259€ = 2331€
 Investointi kokonaisuudessaan 25 vuoden aikana = 10581€

HY 600 tuulivoimalat maksavat itsensä takaisin 11,6 vuoden ylläpidon jälkeen, joka saadaan laskemalla kaavalla kokonaisinvestointi jaettuna vuosituoton arvolla ($10581 / 912,7\text{€}$).

Tuulivoimalla tuotetun sähkön ostoarvo Air Breeze tuulivoimalalla on 22895,4€
 Tuulivoimala Air breeze, 5kpl x 1180€ = 5900€
 Invertterit 3kpl x 1190€ = 3570€
 Akusto 15kpl x 550€ = 8250€
 Kokonaisinvestointi 25 vuoden ajalta = 17 720€

Air breeze tuulivoimala on maksanut itsensä takaisin 19,3 vuodessa, joka saadaan laskemalla kaavalla kokonaisinvestointi jaettuna vuosituoton arvolla (17720€ / 915,8€).

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä selvitettiin onko investointi uusiutuvaan energiaan tämän kokoisessa kohteessa järkevää, sekä minkä hintaista se olisi valituilla laitteilla. Tutustuimme myös tuuli- ja aurinkoenergian vaikutuksiin erilaisissa tilanteissa sekä eri vuodenaikoina. Investointilaskelmat tuntuivat hurjilta määriltä rahaa, kuitenkin investointien jälkeen kaikki ovat vain ”ilmaista energiaa”, huoltotoimenpiteet pois lukien. Laskin sähkön hinnan Suomessa sen verran arvokkaaksi, että tarpeeksi pitkällä aikavälillä kalliskin investointi uusiutuvaan energiaan maksaisi itsensä takaisin. Tässä tapauksessa pitäisi lähes 143 vuotta pitää paneelit toimintakunnossa siihen että aurinkopaneelijärjestelmä olisi maksanut investointihinnan takaisin. Ei kuulosta kovin hyvältä sijoitukselta näin pieneen talouteen vaikka valtio tukeekin uusiutuvan energian käyttöä. Pitää huomioida että todennäköisesti komponentit kestävät kauemmin mitä ne ovat näissä laskelmissa ajateltu kestämään.

Tuulivoimalla aika olisi huomattavasti kohtuullisempi, hieman reilu 11 tai 19 vuotta, mutta pihan pitäisi olla kuin tuulipuisto. Oma näkemykseni laskelmiin perustuen on, ettei Suomessa tueta vielääkään tarpeeksi uusiutuvaan energiaan siirtymistä että päästäisiin muiden Euroopan maiden tasolle.

LÄHTEET

Aurinkopaneelikauppa www-sivut. Viitattu 23.11.2016, MPPT-Lataussäädin
http://www.aurinkopaneelikauppa.fi/epages/aurinkopaneelikauppa.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/20120903-11092-142553-1/Products/%2204140%20MPPT%22

Energiatukku www-sivut. Viitattu 23.11.2016, Steca Grid Invertteri
http://energiatukku.fi/index.php?route=product/product&path=36_41_42&product_id=84

Eurosolar www-sivut. Viitattu 22.11.2016, Hybridijärjestelmät
<http://www.eurosolar.fi/hybridijarjestelmat/>

Eurosolar www-sivut. Viitattu 23.11.2016, Voinko kytkeä paneelin akkuun ilman lataussäädintä? <http://www.eurosolar.fi/usein-kysyttya/?kysymys=7>

Sähkömarkkinalaki. Viitattu 22.11.2016, 588/2013 Luku 17, voimaantulo
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>

Finvac www-sivut. Viitattu 22.11.2016, Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD <http://www.finvac.org/eutietoa/3.1-epbd>

Finnwind aurinkoenergiaopas sivut 5-7. Viitattu 13.11.2016
www.finnwind.fi/aurinko/Aurinkoenergiaopas-Finnwind.pdf

Finnwind www-sivut. Viitattu 23.11.2016
<http://www.finnwind.fi/aurinkoenergia/#aurinkopaneeli-luvat>

Finnwind www-sivut. Viitattu 23.11.2016, Miten voi vertailla eri valmistajien voimaloita? <http://www.finnwind.fi/tuulivoima>

Kilpailu- ja kuluttajavirasto www-sivut. Viitattu 23.11.2016
<http://www.kkv.fi/ratkaisut-ja-julkaisut/aloitteet-lausunnot-ja-kannanotot/kilpailuvirasto/2010/4.6.2010-ydinvoiman-lisarakentaminen-ja-mankala-periaate/>

Kodinrauta www-sivut. Viitattu 23.11.2016, PV blue 60 aurinkopaneeli
<https://www.kodinrauta.com/pv-blue-60p-aurinkopaneeli-260-wp-cak320-luokittelematon>

Kuntatekniikka www-sivut. Viitattu 14.11.2016
<http://kuntatekniikka.fi/2016/01/27/uusiutuvan-energian-tavoite-ylittyi-etuajassa/>

Laskentaohjelma Auringontehon laskentaa varten. Viitattu 24.11.2016
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Motiva www-sivut. Viitattu 14.11.2016, Aurinkoenergia
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia

Motiva www-sivut. Viitattu 14.11.2016
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Motiva www-sivut. Viitattu 24.11.2016
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho

Motiva www-sivut, Viitattu 14.11.2016, Tuulivoima
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/tuulivoima

Motiva www-sivut. Viitattu 22.11.2016, Off-grid järjestelmä
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_kytkeaton_aurinkosahkojarjestelma

Motiva www-sivut. Viitattu 22.11.2016 On-grid järjestelmä,
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma

Navimare www-sivut. Viitattu 22.11.2016, Air breeze tuuligeneraattori
http://www.navimare.fi/product_details.php?p=359

Onninen esite aurinkosähköjärjestelmien pakettiesimerkeistä. Viitattu 14.11.2016

Rakennusteollisuus www-sivut. Viitattu 22.11.2016, Rakennusten energiatehokkuus direktiivi EED <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Ilmasto--ja-energiapolitiikka/Energiatehokkuus-suunnitteluvaiheessa/>

Steca www-sivut. Viitattu 14.11.2016
http://www.steca.com/index.php?Inverter_systems

Swenergia www-sivut. Viitattu 22.11.2016, Sw comfort 250Ah agm akku
<http://www.swenergia.fi/mokkilaiset/energia-aurinkojarjestelmat/aurinkopaneelijarjestelman-akut/sw-comfort-250-agm-akku-303-ah.html>

Swenergia www-sivut. Viitattu 14.11.2016, Tuulienergia
<http://www.swenergia.fi/mokkilaiset/energia-aurinkojarjestelmat/tuulivoima.html>

Swenergia www-sivut. Viitattu 22.11.2016, HY 600 tuuligeneraattori
<http://www.swenergia.fi/mokkilaiset/energia-aurinkojarjestelmat/tuulivoima/tuulivoimala-hy-400-600-2.html>

Tilastokeskuksen PX-web tietokannat. Viitattu 14.11.2016
http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/075_ehk_tau_108.px

Tilastokeskus PX-web tietokannat. Viitattu 23.11.2016

http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehi/050_ehi_tau_105_fi.px/table/tableViewLayout1/?rxid=9cc708c9-5a15-4d30-9d51-81417d95efb8

Tilastokeskus sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Viitattu 19.12.2016

http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2016/03/ehi_2016_03_2016-12-08_kuv_005_fi.html

Tuuliatlas www-sivut. Viitattu 13.11.2016, Tuulikartta

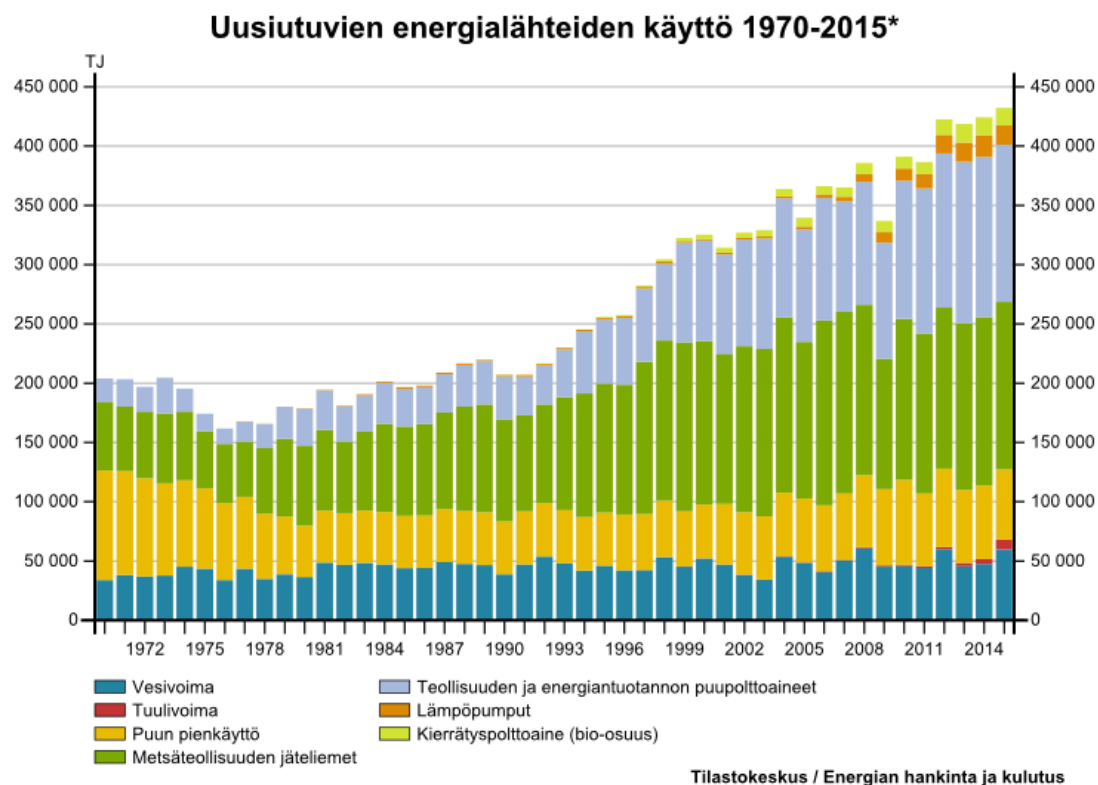
www.tuuliatlas.fi/fi/index.html

Tuulivoimayhdistyksen opas pientuulivoiman käyttöön Viitattu 23.11.2016

http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/759-Joka_miehen_opas_motiva.pdf

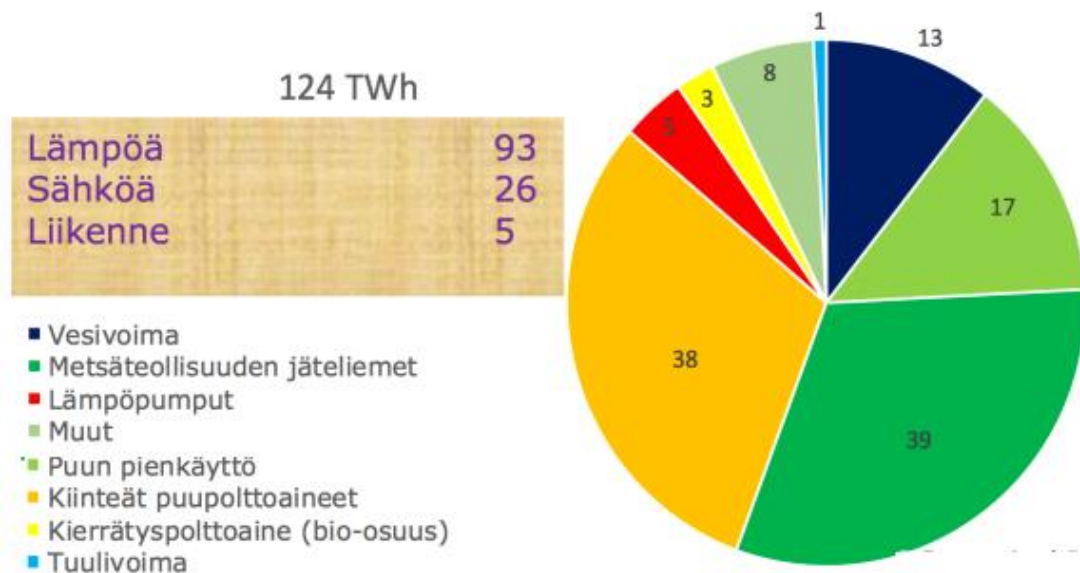
Vatajankosken sähkön www-sivut. Viitattu 24.11.2016

<https://www.vatajankoski.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkoa-kotiin-ja-mokille/myynnin-sopimusehdot/>

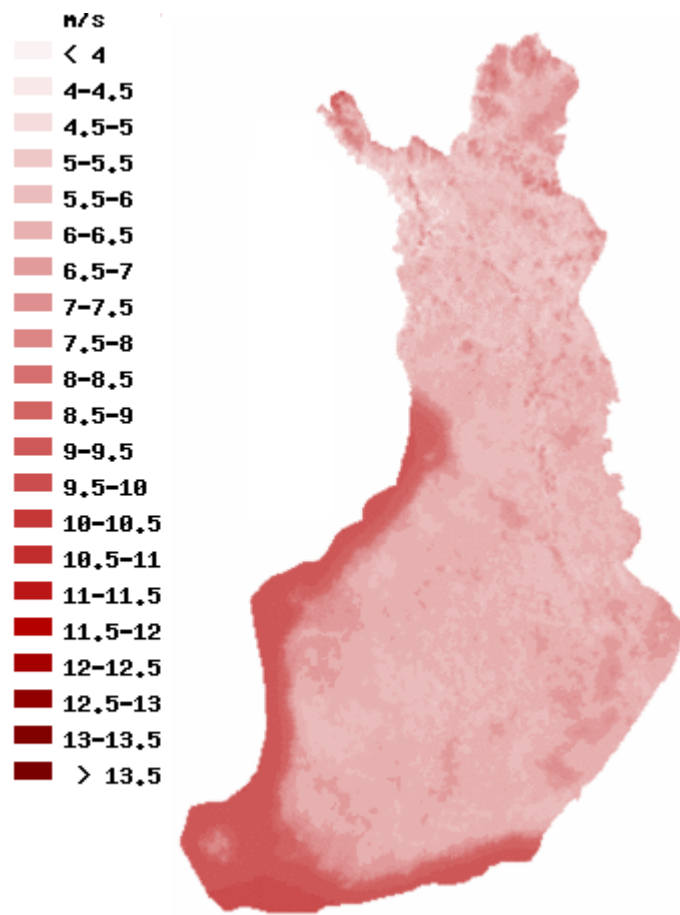


(Tilastokeskuksen PX-web tietokannat 2016).

Uusiutuvan energian tuotanto energialähteittäin 2014

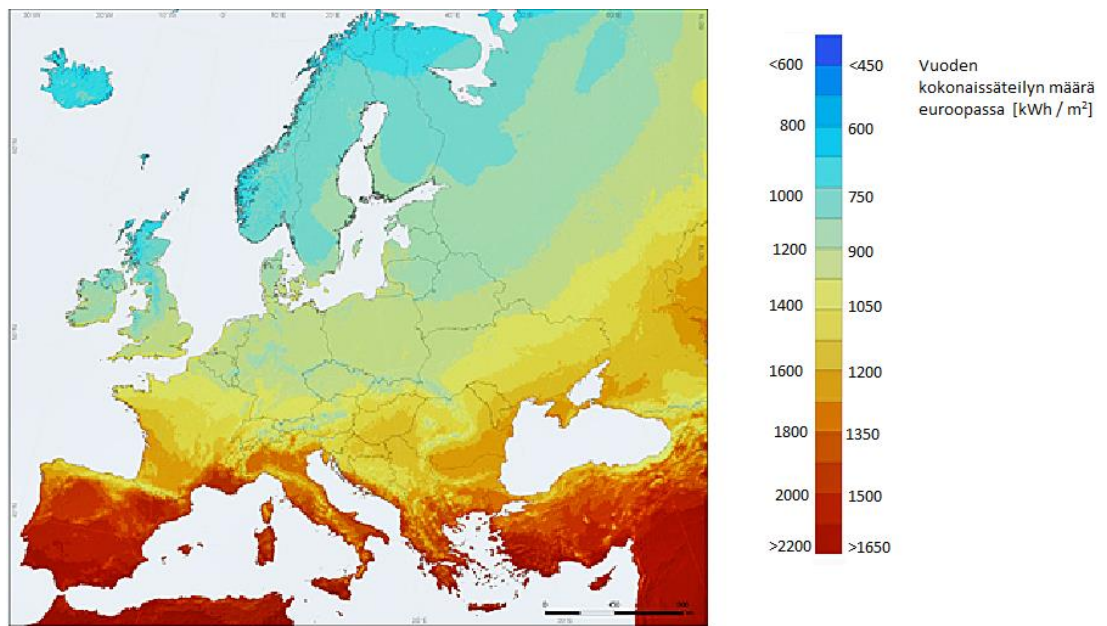


(Kuntatekniikka www-sivut 2016).

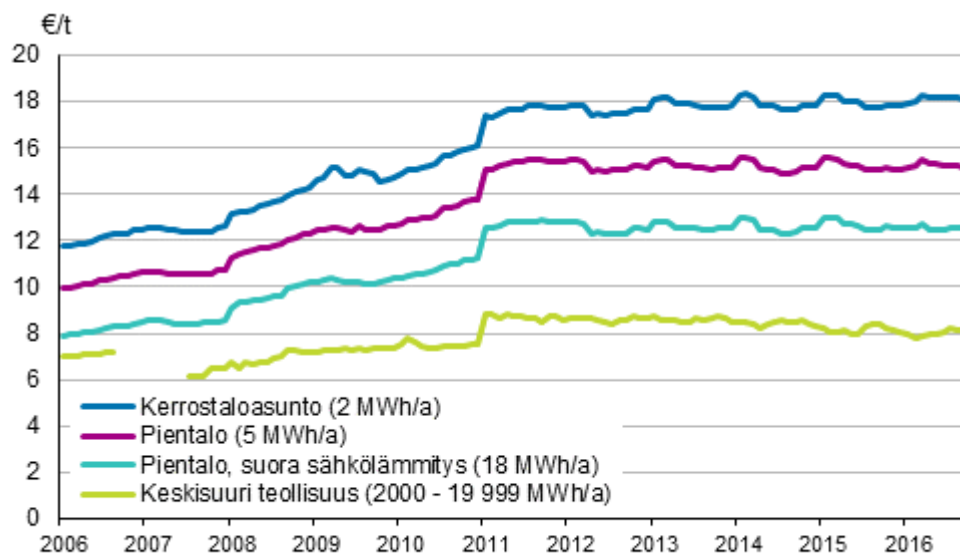


(Tuuliatlas www-sivut 2011).

LIITE 4



(Motiva www-sivut 2016).



(Tilastokeskus www-sivut 2016).