



# Sähköenergiaomavaraisuuden mahdollisuudet asumisessa

Erkka Kanerva

Opinnäytetyö, AMK  
Toukokuu 2022  
Teknologia  
Energia- ja ympäristötekniikka

**Kanerva, Erkka**

**Sähköenergiaomavaraisuuden mahdollisuudet asumisessa.**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2022, 28 sivua.

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko asuminen sähköomavaraisena mahdollista Suomessa. Tarkastelussa oli energian riittävyys. Sähkön tuotannon tavoitteena oli käyttää aurinko- sekä tuulienergiaa. Työn tilaajana toimi Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Selvitystä varten tehtiin laskelma sähkönkulutuksesta, -tuotosta ja akkukapasiteetista. Laskelmissa hyödynnettiin saatavilla olevia mittaustuloksia tuulen nopeudesta, sekä aurinkoenergian tuottolaskelmia. Kulutuksen määrittämisessä hyödynnettiin kotitalouksien sähkönkulutusarvoja sekä valaistuksen tehoon perustuvia arvoja. Työ suoritettiin minimoimalla kulutus, määrittämällä energiantuotanto riittävälle tasolle ja määrittämällä riittävä akkukapasiteetti tuottokatkosten ajaksi. Laskenta tehtiin taulukkolaskentaohjelmalla.

Sähköenergiaomavaraisuus todettiin olevan mahdollista kookkaan akuston ja tuuli sekä aurinkovoimalan avulla. Erot hyvä- ja huonotuottoisten kuukausien välillä havaittiin suuriksi. Jotta energia riittäisi heikompi-tuottoisena kuukautena, havaittiin hyvätuottoisena kuukautena syntyvän ylituotantoa.

Tulokset todettiin ennemminkin suuntaa antaviksi, tarkemmat tulokset vaatisivat perehtymistä pidemmältä ajalta tuotannon katkoihin ja tarkan kustannuslaskelman tekemisen.

**Avainsanat (asiasanat)**

uusiutuvat energialähteet, säteilyenergia, energia, sähköomavaraisuus

**Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

**Kanerva, Erkka**

### **Possibilities of electricity self-sufficiency in housing**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2022, 28 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The objective of the thesis was to determine whether living as an electric self-sufficient is possible in Finland. The analysis was on energy adequacy. The aim of electricity production was to use solar and wind energy. The work was commissioned by Jyväskylä University of Applied Sciences.

For the purpose of the study, a calculation of electricity consumption, output and battery capacity was made. In the calculations, the available measurements of wind speed and the calculation of solar energy production were used. Households' electricity consumption values and values based on the power of lighting were used in determining consumption. The work was carried out by minimizing consumption, determining energy production at an adequate level and determining sufficient battery capacity during electricity production interruptions. The calculation was done using a spreadsheet program.

Electrical energy self-sufficiency was found to be possible with the help of a large battery and wind, as well as a solar power plant. The differences between the periods of high and low production were found to be large. In order to have enough energy in a low-production month, overproduction was found to be generated in a high-production month.

The results were found to be indicative, more accurate results would require studying production interruptions over a longer period of time and making an accurate calculation of costs.

### **Keywords/tags (subjects)**

Renewable energy, solar energy, energy, off-grid electricity

### **Miscellaneous (Confidential information)**

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Sähkön tarpeen määrittäminen</b> .....	<b>5</b>
2.1	Vaihtoehdot sähkökäytölle .....	5
2.2	Sähkön kuukausikulutus .....	6
<b>3</b>	<b>Sähköntuotanto</b> .....	<b>7</b>
3.1	Tuulienergia .....	7
3.2	Aurinkoenergia .....	8
<b>4</b>	<b>Sähkön varastointi</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Järjestelmän mitoitus</b> .....	<b>10</b>
5.1	Järjestelmän esittely .....	10
5.2	Sähköenergian tarve .....	11
5.3	Tuulivoimalan tuottolaskelmat .....	12
5.3.1	Tuulen määrä .....	12
5.3.2	Tuulesta saatava sähköenergia .....	12
5.4	Aurinkovoimalan tuottolaskelmat .....	14
5.4.1	Auringon säteilyenergian määrä .....	14
5.4.2	Asennuskulman vaikutus .....	14
5.4.3	Auringosta saatava sähköenergia .....	16
5.5	Akuston mitoitus .....	17
<b>6</b>	<b>Yhteenveto</b> .....	<b>18</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>21</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>22</b>
	Liite 1. Tuulen nopeus aineisto (Puumalan mittauspiste, ensimmäiset 100 riviä 52705:stä) .	22
	Liite 2. LG Neon 2 tekniset tiedot .....	23
	Liite 3. Akun varauksen tila .....	25

## Kuviot

Kuvio 1.	Tuulivoiman tuotto eri kuukausina .....	13
Kuvio 2.	Tuulivoiman päiväkohtainen tuotto joulukuun 2020 .....	13
Kuvio 3.	Kuukausittainen tuotto 30 asteen kulmaan asennettuna 6700 kWp järjestelmällä (PVGIS 2019) .....	15
Kuvio 4.	Kuukausittainen tuotto pystysuoraan asennettuna 6700 kWp järjestelmällä (PVGIS 2019) .....	16
Kuvio 5.	Auringosta saatava sähköenergia (PVGIS 2019) .....	17

Kuvio 6. Akkujärjestelmän varaustaso joulukuu 2020.....	18
---	----

## **Taulukot**

Taulukko 1. Sähkön viikoittainen käyttö (Motiva 2016).....	11
--	----

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoitus oli teoreettisesti selvittää, olisiko pelkästään uusiutuvalla itsetuotetulla sähköenergialla varustetussa talossa mahdollista asua ympärivuotisesti Suomessa. Opinnäytetyössä tehtiin laskennallinen tarkastelu itsetuotetun sähköenergian riittävydestä ympärivuotiseen asumiseen. Työssä tarkasteltiin sähköenergiaomavaraisuuden mahdollisuuksia pääsääntöisesti sähköenergian riittävyden näkökulmasta ja millaisilla laitteilla, sekä järjestelyillä omavaraisena asuminen olisi mahdollista. Työssä tehtiin myös suppea kustannustarkastelu.

Auringon ja tuulen hyödyntäminen sähköenergianlähteenä kasvaa jatkuvasti. Aihe valikoitui omasta kiinnostuksesta ja yleisestä keskustelusta jatkuvasta sähkön hinnan noususta. Koska sähkön hinta nousee ja hajautetun tuottojärjestelmien sekä varastointijärjestelmien hinnat laskevat, heräsi ajatus, voisiko itsetuotettu sähköenergia olla vaihtoehto verkkosähkölle. Vaikka sähköomavaraisuuden kustannukset olisivat korkeat, työstä saa kuitenkin lähtökohdan kuinka paljon energiaa täytyisi tuottaa ja minkälaiset järjestelyt se vaatii. Alkuperäisenä ideana oli laskea sähköenergian minimitarve omakotitalossa ja optimoida sähköntuottojärjestelmä talvikuukausille, jotta määritetty energiantarve täyttyy. Työn edetessä tarkastelu painottui myös tuotantokatkojen tarkasteluun.

Tarkasteltavia kysymyksiä ovat esimerkiksi:

- Mikä määrittää sähkön minimi tarpeen asumisessa?
- Kuinka paljon uusiutuvaa energiaa on mahdollista tuottaa eri järjestelmillä?
- Mitkä ovat sähkön varastointi mahdollisuudet?
- Minkälaisia mahdollisuuksia on kulutuksen ohjauksessa?

Työn alussa määritettiin teoreettinen kohde ja sijainti, mihin laskenta tehtiin. Kohteen sijainti määrittää mitä tietoja aurinko- ja tuulienergiantuoton laskennassa käytetään. Kohteen sijainniksi valit-

tiin järvi-Suomi. Näin työn tuloksia voisi hyödyntää myös oikeassa kohteessa, joka sijaitsee verkkosähköliittymän kannalta haasteellisella alueella. Vesistöjen takia verkkosähköliittymän saaminen saattaa olla kallista, mutta energian tuottomahdollisuudet ovat hyvät.

Henkilölukumäärä vaikuttaa talouden sähkönkäyttöön useimpien laitteiden kohdalla (Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011–2013, 39). Sähköenergian tarpeen määrittäminen tehtiin neljän henkilön käytön mukaan omakotitalossa. Laitekohtaiset kulutustiedot saatiin Motivan (2016) julkaisemasta artikkelista. Kulutustietoja vertailtiin myös Adato energia Oy:n tutkimusraporttiin (2013, 40), jossa oli laskettu kotitalouksien esimerkki kokonaiskulutuksia. Sähköenergian tarvetta käsitellään tarkemmin luvussa 2.2. ja laskelmissa huomioon otettavan energiatarpeen määrää luvussa 2.1.

Aurinkoenergian laskennassa hyödynnettiin PVGIS-sivuston tarjoamaa aurinkoenergia laskuria sijaintiin perustuen. Lähtökohtana pidettiin hyviä aurinko ja tuulienergian tuottomahdollisuuksia. Auringon osalta paneelit voidaan asentaa pystysuoraan etelä seinälle, jossa ei ole varjostuksia. Näin optimoidaan tuotto tasaisemmin ympärivuotista käyttöä ajatellen. Aurinkoenergian laskentaa käsitellään kappaleessa 3.2.

Tuulienergian osalta tehtiin ensin vertailua kahden Ilmatieteen laitoksen sääaseman mittaustiedoista. Sääaseman mittauskorkeus on talojen ja merkittävien esteiden yläpuolella, joten käytettävät arvot antavat todenmukaisen tuloksen pientuulivoimalan tuoton laskennassa. Tuulienergian hyödyntämisen näkökulmasta kohteessa ei ole merkittäviä esteitä, eikä jäätämistä oteta huomioon. Laitteiden tilankäyttöön ei tässä otettu kantaa. Kohteen tuulen nopeus tietona käytettiin vertailussa vuosien 2018–2020 Ilmatieteen laitoksen Pulkkilan harjun- ja Puumalan kirkonkylän sääaseman tietoja. Tuulienergian riittävyyden määrittämisessä päädyttiin käyttämään vuoden 2020 Puumalan kirkonkylän mittaustuloksia. Tuulienergian tuottoa käsitellään tarkemmin luvussa 3.1.

Työssä ei käsitellä kohteen lämmittämistä, jäähdyttämistä, eikä lämpimän- tai kylmän veden tuottamista. Sähköenergian tarpeen määrittämisessä pois rajattiin myös sähkön jakaminen ulkoisiin kohteisiin kuten autoon.

## 2 Sähkön tarpeen määrittäminen

### 2.1 Vaihtoehdot sähkökäytölle

Sähkökäyttöä voidaan asumisessa korvata muilla ratkaisuilla. Niiden korvaamisessa on omat hyvät ja huonot puolet. Osa liittyy käytettävyyteen ja huoltoon, osa kustannuksiin ja myös mieltymyksiin. Seuraavassa on lyhyesti esitelty muutamia vaihtoehtoja, sekä pohdintaa, jotka tässä sähkön tarpeen määrittämisessä on otettu huomioon.

Sähkölieden korvaamiseen on useita vaihtoehtoja. Sähköliesi voidaan korvata kaasu-, puu- tai pellettiliedellä. Pellettiliesi, kuten jotkin kaasuliedet, kuluttavat myös hieman sähköä, mutta kulutus on lähes merkityksetön. Sähkölieten verrattuna kaasuliesi on näistä vaihtoehdoista helppohuoltosin ja helpompi toteuttaa. Pelletti- ja puuliesi vaatii hieman enemmän ylläpidolta, kuin pelkän polttoaineen hankinnan ja säilytyksen. Sijainnin järjestelyt hormin suhteen, tuhkan tyhjennyksen sekä nuohouksen tarve ovat puu- ja pellettilieden rasitteena. Kaikki vaihtoehdot ovat kuitenkin suhteellisen helppo toteuttaa omakotitalon rakennuksen yhteydessä.

Myös kylmälaitteita voidaan korvata kaasukäytöllä, kuten jääkaappi ja pakastin. Kylmätilaa tarjoaa myös kylmäkellari, mikäli sellaiseen on mahdollisuus. Kaasukäyttöiset jääkaapit, sekä pakastimet ovat kuitenkin melko arvokkaita verrattuna sähkökäyttöiseen ja myös kuluttavat melko paljon kaasu. Kylmälaitteiden kaasukäytöllä korvaaminen voisi tulla kysymykseen, jos sähköä ei ole lainkaan eli esimerkiksi vikatilanteessa säilyttämään pakasteet kylminä.

Koneellisen ilmanvaihdon voi korvata painovoimaisella ilmanvaihdolla, jolloin korvaavana energiana on lämmitysenergia ja tuulen aiheuttamat paineen vaihtelut. Järjestelmän etuina on helppohuoltoisuus ja se ei kuluta sähköä. Haittapuolia on taas suuremmat lämmityskulut, toimimattomuus kesällä ja säädön tarve tilanteen mukaan.

Koneellinen pyykin kuivatus on luonnollista korvata perinteisellä kuivaamisella narulla. Samoin sähkötoiminen kiuas korvautuu perinteisellä puulämmitteisellä kiukaalla.

Sähkövalaistusta ei voida täysin korvata kaasuvalolla tai öljykynttilöillä. Kaasutoimiset valot tai erilaiset kynttilät toimivat ennemminkin vara- ja tunnelmavalaisuksena.



Korvattavat sähkökäytöt tässä tapauksessa sähköliesi, sähkökuivas, kuivausrumpu ja ilmanvaihto, jotka otetaan laskelmassa huomioon. Muita korvattavia sähkökäyttöjä ei ole, joita tässä työssä käsiteltäisiin. Useasta kotitaloudesta löytyy paljon pieniä sähkökäyttöisiä laitteita, joiden merkitys tässä laskelmassa on kuitenkin todella pieni.

## 2.2 Sähkön kuukausikulutus

Sähkön kulutus voidaan laskea laitekohtaisesti, kun tiedetään laitteen teho ja käyttöaika. Laitteen kuluttama sähköenergian määrä lasketaan kertomalla laitteen teho (kW) laitteen käyttöajalla (h) jolloin saadaan tulokseksi kilowattitunteja. (Sähkönkulutus.)

Motivan (2016) julkaiseman sähkönkulutustietojen perusteella saa laskettua kulutuksen kilowattitunteina. Kulutus on järkevä laskea viikon tarkastelujaksolle, koska tiettyjä laitteita ei käytetä joka päivä. Laitekohtaiseen sähkönkulutukseen vaikuttaa sen käyttökerrat ja -tapa (Esimerkkejä huoneistokohtaisesta sähkönkulutuksesta 2016). Kulutuksen määrittämistä ja vertailua varten on laskettu sekä keskiarvo että minimi kulutus. Seuraavassa on kuvattu, kuinka kulutuslaskelmat on tehty.

Keskiarvoa kulutusta laskettaessa on huomioitu kyseisen laitteen keskiarvokulutus, mikäli on ilmoitettu vaihteluväli ja Motivan ilmoittamat käyttökerrat tai ajat. Valaistuksen kulutus on laskettu pimeälle vuodelle niin, että kymmenen valaisinta samanaikaisesti päällä, joista jokainen tehoaan kymmenen wattia. Viikoittainen käyttöaika on laskettu niin, että arkisin valaistus on päällä kymmenen tuntia ja viikonloppuisin 15 tuntia vuorokaudessa.

Minimi kulutus on laskettu ilmoitettujen minimi kulutusten mukaan ja käyttökerroista, sekä ajoista on vähennetty. Astianpesukoneen ja pyykinpesukoneen käyttökerroista on jätetty yksi kerta pois, sekä pölynimurin ja tietokoneiden käyttötunnit on puolitettu. Valaistuksen kulutuksesta on tingitty niin, että vain kuusi valaisinta on kerralla päällä.

### 3 Sähköntuotanto

#### 3.1 Tuulienergia

Tuulivoimala muuttaa tuulessa olevan liike-energian käytettävään muotoon, tässä tapauksessa sähköksi. Tuotetulla sähköllä ladataan akkuja, joista sähköä voi edelleen ottaa laitteiden käyttöön. (Eklund 2011, 4.)

Tuulienergian tuoton arviointiin on valmiita laskureita kuten ilmatieteen julkaisema Tuuliatlas. Tuuliatlas.fi verkkosivulla on mahdollista tarkastella tuulen keskimääräistä nopeutta ja esimerkki-voimalan tuottoa. Tarkemmat mittaustiedot on rajoitettu tietyille alueille ja matalimmillaan 50 metrin korkeudelle. (Tuuliatlas 2009.)

Tuuliatlas soveltuu paremmin isompien voimaloiden tuoton arviointiin. Tähän työhön valittiin arviointi menetelmäksi Ilmatieteenlaitoksen sääaseman julkaisema todellinen tuulenmittaustieto, joka on matalammalla korkeudella sekä tuulen nopeustietoa on saatavilla tiheällä mittaus sykllillä. Näin saadaan tarkempi kuva tuulivoimalan tuotosta ja niistä hetkistä, jolloin tuottoa ei ole.

Tuulesta saatava energia määräytyy Eklundin (2011, 9) mukaan tuulivoimalan pyyhkäisyypinta-alan, ilman tiheyden, tehokertoimen ja tuulen nopeuden mukaan seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p A V^3$$

Jossa:

$$\rho = \text{ilman tiheys, kg/m}^3$$

$$C_p = \text{tuulivoimalan tehokerroin}$$

$$A = \text{tuulivoimalan pyyhkäisyypinta – ala}$$

Jotta voimalan koko voidaan määrittää, täytyy saatavan energian määrä laskea pyyhkäisyypinta-alan neliötä kohti. Muokkaamalla kaavaa, saadaan se muotoon, teho pyyhkäisyypinta-alaa kohden:

$$P/A = \frac{1}{2} \rho C_p V^3$$

Ilman tiheytenä laskennassa käytetään likiarvoa  $1,3 \text{ kg/m}^3$ , jota käytetään yleisesti tuulienergielaskelmissa (Mitä on tuulivoima?). Tuulivoimalan tehokertoimena käytetään keskimääräistä arvoa 35 % (Eklund 2011, 11). Tuulen nopeus tieto on saatu Ilmatieteen laitoksen havaintoasemalta ja on ilmoitettu edellisen kymmenen minuutin keskimääräisenä nopeutena. (Neuvoja havaintosuureisiin.) Jotta tehosta saadaan laskettua tuotettu energia, se täytyy kertoa ajalla, eli tässä tapauksessa kuudesosa tunnilla. Muutettuna vielä vertailukelpoiseen muotoon tulos jaetaan 1000 jolloin tulokseksi saadaan kilowattituntia neliölle, jokaista mittaustiedon kymmenen minuutin ajanjaksoa kohden. Kokonaistuotto on näiden hetkittäisten tulosten summa halutulta aikaväliltä.

Mittaustiedot on käsitelty Excel-ohjelmalla tulkittavaan muotoon. Pieni osa mittausaineistosta on esitetty liitteessä 1.

### 3.2 Aurinkoenergia

Auringon säteilyenergian hyödyntämisessä käytetään aurinkopaneeleita, jotka muuttavat auringon fotonien energian sähkövirraksi. Aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä, joka voidaan varastoida akkuihin ja käyttää myöhemmin tasasähkönä tai vaihtosähkönä. (Auringosta sähköä.)

Aurinkosähköjärjestelmän tuottoon vaikuttaa paneeliin kohdistuvan säteilyn määrä, hyötysuhde, paneelin lämpötila, suuntauskulma, puhtaus ja järjestelmän häviöt. Paneelin hyötysuhde ilmoitetaan prosentteina tai piikkiwatteina (Wp). Piikkiwatti eli paneelin nimellisteho on määritetty standardi olosuhteissa, joissa auringon säteily määrä paneelille on  $1000 \text{ W/m}^2$  ja lämpötila 25 celsius astetta. Hyötysuhde voidaan laskea nimellistehosta, kun paneelin pinta-ala tiedetään. Hyötysuhde saadaan jakamalla piikkiwattit testiolosuhteissa paneeliin kohdistuneella wattimäärällä. (Aurinkosähköjärjestelmän teho 2021.)

Aurinkosähkön tuoton laskemiseen on useita menetelmiä ja laskureita. Ilmatieteenlaitos julkaisee auringon säteilyn keskimääräisiä kuukausiarvoja vyöhykkeittäin, joita hyödyntämällä pystyy laskemaan aurinkosähköjärjestelmän tuoton. Sivustolta voi ladata keskimääräisiä säteilyarvoja neliömetrille eri ilmansuuntiin ja eri kallistuskulmilla. (Energialaskennan testivuodet.)

Aurinkosähköjärjestelmän laskentaan on käytetty monipuolista Euroopan komission julkaisemaa verkkopohjaista PVGIS interactive tools- laskuria. PVGIS sivusto jakaa tietoa aurinkoenergiasta ja auringon säteilyn arvoja sekä valmiita arvioita aurinkoenergian tuotosta. Sivuston laskureilla pystyy monipuolisesti arvioimaan erilaisten aurinkosähköjärjestelmien toimintaa asetetussa sijainnissa halutulla aikavälillä. Päiväkohtaisia tai tuntikohtaisia toteutuneita säteily- tai tuottoarvoja ei kuitenkaan ole saatavilla, vaan tulokset ovat pitkän aikavälin satelliittihavaintoihin perustuvia keskimääräisiä arvioita. (PVGIS interactive tools.)

Käytetyissä laskelmissa sijainti on asetettu laskurissa samaan kohtaan, missä laskennassa käytävä ilmatieteen laitoksen sääasemakin sijaitsee.

## 4 Sähkön varastointi

Sähkön varastointia varten kohde on varustettu akkujärjestelmällä. Akkujärjestelmiä on monenlaisia perustuen eri tekniikkoihin. Suurin osa myynnissä olevista kWh-kokoluokan järjestelmistä on litium pohjaisia akkuja hyödyntäviä. Akustoon kuuluu itse akut ja hallintajärjestelmä. Akkuja on saatavilla eri kapasiteeteilla varustettuna. Useat kotitalouskäyttöön tarkoitetut laitteistot ovat skaalautuvia muutamasta kWh:sta yli 100 kWh:n järjestelmiksi. Käytettävissä oleva sähköenergia määräytyy akun kapasiteetin ja laitteiston hyötysuhteen mukaan. Tyypilliset valmistajan ilmoittamat hyötysuhteet ovat 90–95 prosentin luokkaa. Akkujärjestelmän hyötysuhde on otettu huomioon tuoton laskennassa kokonaishukkaprocentin valinnassa.

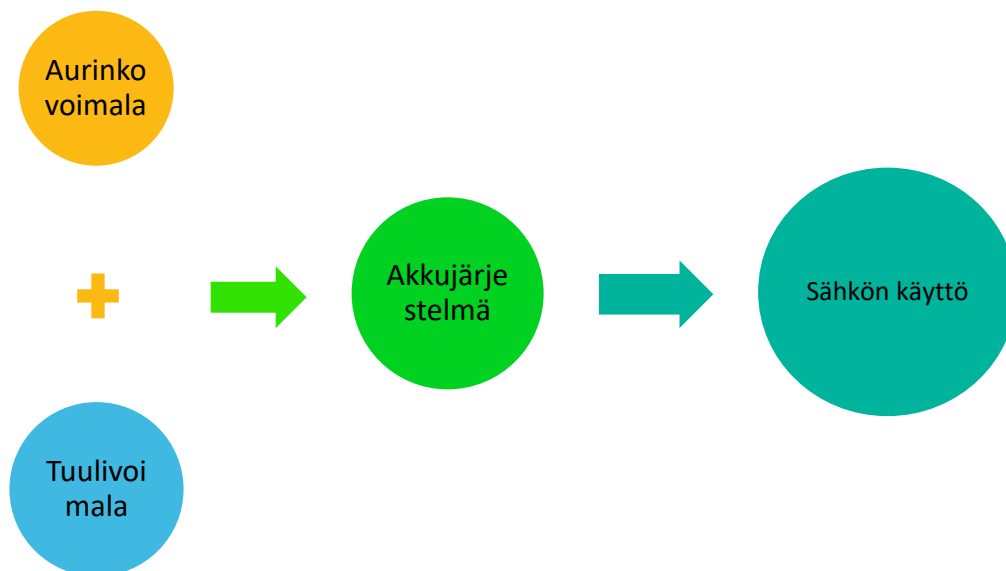
Akkujärjestelmän tehtävä on kattaa energiantarve silloin kun tuottoa ei ole. Järjestelmän mitoitus voidaan tehdä niin, että määritetään aika, jonka akun kapasiteetin täytyy riittää keskimääräisellä kulutuksella ilman tuotantoa. Tässä laskelmassa tarkastellaan sähköenergian riittävyttä pidemmällä aikavälillä ja kuukausi, viikko sekä päivä tasolla.

PVGIS-sivuston laskureissa on myös sähkön varastoinnin tarpeeseen työkaluja. Sivustolla on mahdollista arvioida aurinkosähkön tuotto ja varastointikapasiteetti verkkoon liittymättömään järjestelmään. Nämä laskurit eivät kuitenkaan ota huomioon kuin aurinkoenergian tuoton, joten niiden hyödyntäminen ei ole tässä yhteydessä mahdollista.

## 5 Järjestelmän mitoitus

### 5.1 Järjestelmän esittely

Sähkön tuottoa varten laskennassa oleva kohde on varustettu sekä tuulivoimalalla että aurinkovoimalalla. Aurinkovoimalan tuotto riippuu siitä, kuinka paljon auringon säteilyä osuu paneeleille. Tuulivoimalan tuotto on riippuvainen siitä, kuinka paljon tuulee. Näiden tuotantotekniikoiden yhteenlaskettu energiantuotanto tulisi kattaa kulutus vähintään kuukausitasolla. Pimeimpinä kuukausina sähkön tuotto aurinkopaneeleilla on erittäin vähäistä, jolloin suurin osa käyttösähköenergiasta täytyy tuottaa tuulivoimalalla. Näin ollen tuulivoimalan koko määrittyy pimeimpien kuukausien tuottotarpeen mukaan.



## 5.2 Sähköenergian tarve

Seuraavassa taulukossa on esitetty kulutuslaskelmat. Niissä on laskettu Motivan (2016) julkaisemien kulutustietojen sekä valaistuksen tehon ja käyttöajan pohjalta käytettävä sähköenergian keskiarvo- ja minimikulutus.

Taulukko 1. Sähkön viikoittainen käyttö (Motiva 2016).

	Keskiarvo			Minimien mukaan		
	Kwh	Käyttö/viikko	Kwh/viikko	Kwh	Käyttö/viikko	Kwh/viikko
Astianpesukone	1,05 kerta	5	5,25	0,5 kerta	4	2
Kylmälaitteet			0			0
jääkaappi	0,6 vrk	7	4,2	0,3 vrk	7	2,1
pakastin	0,95 vrk	7	6,7	0,5 vrk	7	3,5
Pyykinpesukone	1,15 kerta	5	5,75	0,6 kerta	4	2,4
Pölynimuri	1,5 kerta	1	1,5	1,5 kerta	0,5	0,75
Televisio	0,135 tunti	20	2,7	0,07 tunti	20	1,4
Kannettava tietokone/tabletti	0,04 tunti	140	5,6	0,04 tunti	70	2,8
kännykät/oheislaitteet	1,9 viikko	1	1,9	1,9 viikko	1	1,9
Kahvinkeitin	0,1 10 min	10	1	0,1 10 min	10	1
Mikroaaltouuni	0,2 10 min	14	2,8	0,2 10 min	14	2,8
Valaistus	10 valaisinta kerralla päällä			6 valaisinta kerralla päällä		
10W led	0,1 tunti	80	8	0,06 tunti	80	4,8
		Viikossa	45,4		Viikossa	25,5
		Kuukaudessa	196,5		Kuukaudessa	110,3
		Vuodessa	2358,2		Vuodessa	1323,4

Sähköenergian viikoittainen tarve sijoittuu näiden kahden laskelman väliin. Oikeilla laitevalinnoilla ja sopivalla käytöllä voi kulutuksesta vähentää paljon. Minimiarvosta 25,5 kWh viikossa, on haasteellista pienentää kulutusta merkittävästi muuten kuin hetkellisesti. Rakennuksen ollessa asumiskäytössä esimerkiksi valaistus ja kylmälaitteet kuluttavat sähköä tietyn määrän. Viihdelaitteiden runsas käyttö ja esimerkiksi etätyö kotona taas kasvattavat kulutusta. Esimerkiksi vähentämällä pesukoneiden pesukertoja ja viihdelaitteiden, sekä valaistuksen käyttöä pystyy vähentämään kulutusta hieman. Valaistuksen vähentäminen pimeänä vuodenaikana on hankalaa ja myös turvallisen liikkumisen kannalta kyseenalaista.

Kuukausittainen sähkön tarve keskimäärin on 153 kWh ja viikoittainen keskimäärin 35 kWh. Minimiarvo 25,5 kWh viikossa määrittää tason, johon tuotossa pitäisi päästä.

## 5.3 Tuulivoimalan tuottolaskelmat

### 5.3.1 Tuulen määrä

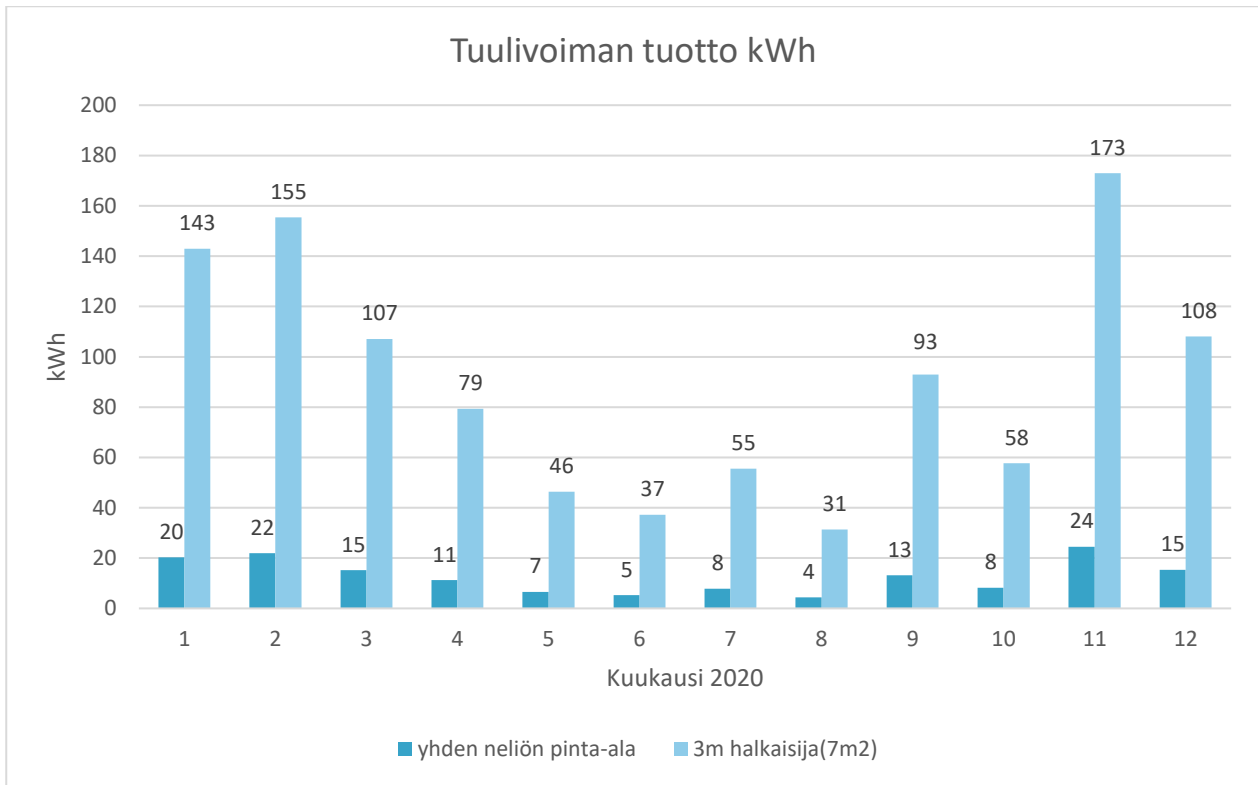
Koko vuotta tarkasteltaessa kuukausittainen tuulienergian määrä näyttää painottuvan talvikuukausille. Vuosien 2018–2020 tuulen nopeus tietoja vertailtaessa tuulen määrä näyttää olevan vuosittain lähes sama, suuria eroja vuositasolla ei ole. Tämä vertailu muutaman vuoden ajalta ei kuitenkaan anna täydellistä kuvaa tuulen määrän vaihteluista pidemmällä aikavälillä. Tarkastelussa kävi kuitenkin ilmi, että vuoden aikana saattaa olla pitkiäkin ajanjaksoja, jolloin tuulienergiaa ei ole saatavilla. Tällöin tuulee vähän tai tuulen nopeus ei ylitä voimalan käynnistymiseen tarvittavaa 3 m/s tuulennopeutta.

Mittaustietoja vuoden ajalta kertyy yli 52000 eli 6 mittausta joka tunnilta. Jokainen mittaus on edellisen kymmenen minuutin keskiarvo. Analysoinnissa otettiin huomioon kaikki 3 m/s ja sen ylittävät tuulennopeusmittaukset, ylärajaa ei asetettu. Jotkin tuuliturbiinit eivät tuota sähköä suuremmilla tuulennopeuksilla, mutta tämän vaikutus laskelmiin katsottiin niin vähäiseksi, että sitä ei otettu huomioon.

### 5.3.2 Tuulesta saatava sähköenergia

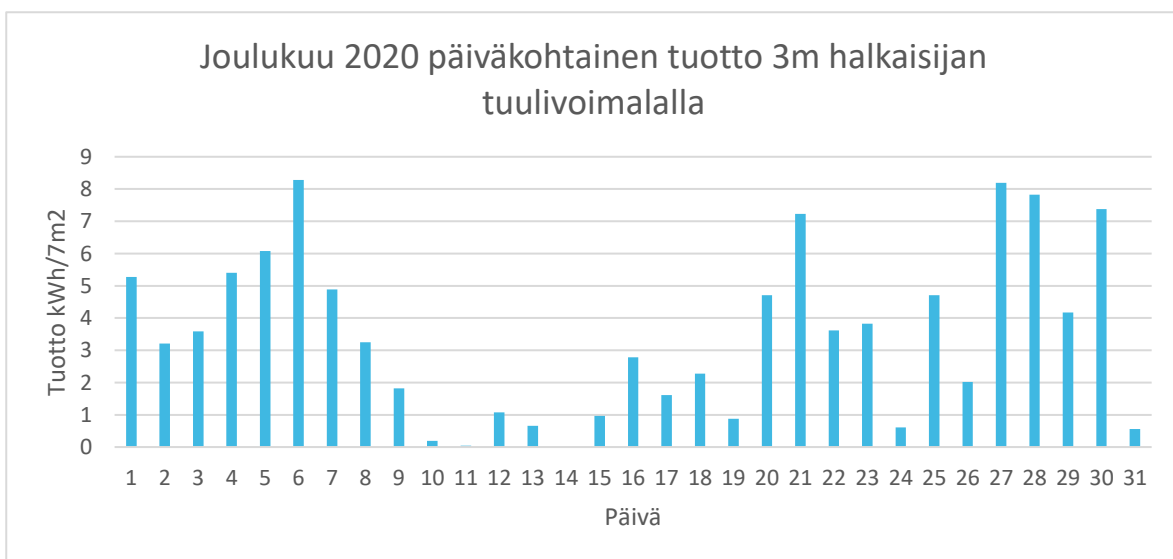
Tuulivoimalan tuotto laskettiin Puumalan kirkonkylän sääaseman mittaustietojen perusteella. Kokonaishäviönä tuotetusta sähköenergiasta on käytetty 12 prosenttia. Tämä hukkaprosentti on arvioitu järjestelmälle huomioiden johdotuksen, akkujärjestelmän ja invertterin. Eli laskelmissa kaikki energia ladataan akkuihin ja käytetään sieltä. Todellisuudessa osa energiasta käytetään kuitenkin tuottoaikana eli ilman akuston lataus - purkaus syklin häviötä, mutta tämän vaikutus tuloksiin arvioitiin merkityksettömäksi. Tulosten esityksessä on havainnollistamisen helpottamiseksi käytetty sekä neliömetrin että seitsemän neliömetrin pyyhkäisy-pinta-alaa.

Seuraavassa kuvaajassa on esitetty tuulivoimalan tuotto eri kuukausina ja kahdella eri pyyhkäisy-pinta-alalla. Kuvaajasta voi havaita, että kolmen metrin halkaisijaltaan oleva voimala tuottaisi jo tarvittavan määrän sähköenergiaa joulukuussa. Kuukausia vertailtaessa eri vuosina löytyi myös sellaisia talvikuukausia, jolloin samalla voimalalla ei ylletä tuotossa edes puoleen vuoden 2020 joulukuun tuottoon verrattuna.



Kuvio 1. Tuulivoiman tuotto eri kuukausina.

Seuraava tarkastelun kohde oli viikko ja päiväkohtainen tuotto. Päiväkohtaisessa tarkastelussa havaittiin, että kuukausittain on pitkiä ajanjaksoja, jolloin ei tuule juuri lainkaan. Tällöin tuotto ei riitä kattamaan tarvetta, vaikka tuulivoimalan kokoa kasvattaisikin. Seuraavassa kuvaajassa on joulukuun päiväkohtainen tuotto kolmen metrin halkaisijalla olevalla tuulivoimalalla.



Kuvio 2. Tuulivoiman päiväkohtainen tuotto joulukuu 2020



Päiväkohtainen tarkastelu tuulivoiman osalta on tärkeä, jotta nähdään minkä kokoiseen energiavarastoon tulisi varautua tuulen vaihtelevuuden takia.

Tarkasteltaessa vertailuvuosien tuulienergian määriä, huomattiin että esimerkiksi 2018 joulukuun tuulienergian määrä on alle puolet vuoden 2020 joulukuun määrästä. Tämä on otettava huomioon tuulienergian ja akkukapasiteetin mitoituksessa.

## **5.4 Aurinkovoimalan tuottolaskelmat**

### **5.4.1 Auringon säteilyenergian määrä**

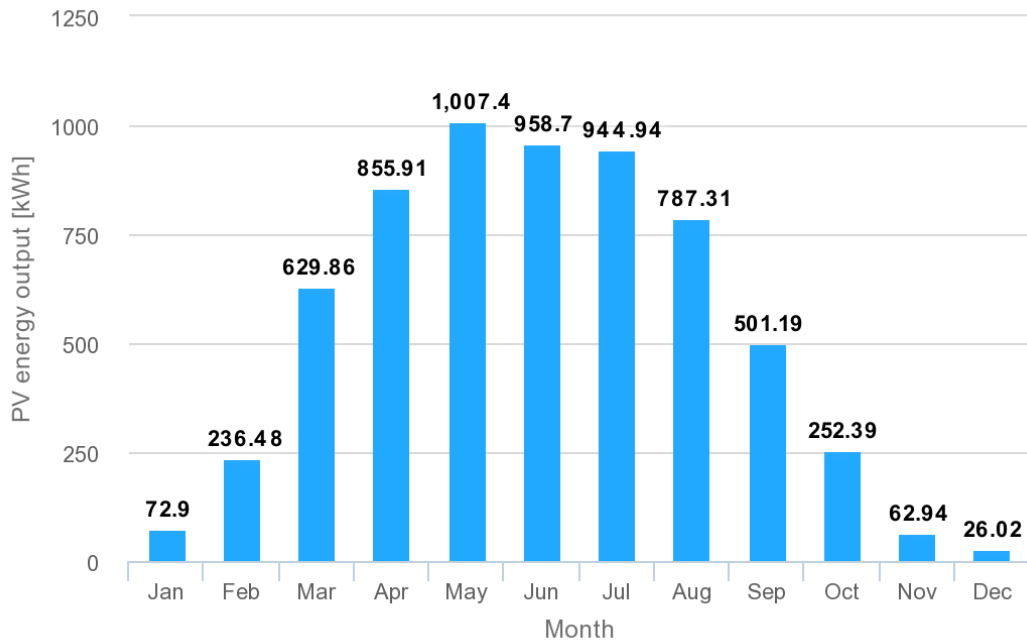
Auringon säteilyenergian määrää tarkasteltiin keskiarvona kuukausitasolla. Kuukausittaiset vaihte-  
lut ovat kyseisessä kohteessa todella suuret. Talvikuukausina auringon säteilyenergia on vain murto-osa kesäkuukausiin verrattuna. Joulukuu on keskimääräisesti auringon säteilyenergialtaan kaikkein pienin.

### **5.4.2 Asennuskulman vaikutus**

Käytetystä laskurista saadaan keskimääräisiä tuloksia kuukausittaisesta tai päivittäisestä tuotosta asennettujen paneelien nimellistehon mukaan. Laskennassa on käytetty kuukausittaista tuottoa, josta on laskettu päivittäinen keskimääräinen tuotto. Tarvittavien paneelien määrän arviointi perustuu paneelien tehon mukaan laskettuun tuottoon ja tehona paneelille on käytetty 335W. Kyseisessä teholuokassa löytyy useiden valmistajien paneeleita ja tähän esimerkkiin valittiin LG Neon 2 (Liite 2). Kokonaishäviönä järjestelmälle on käytetty 12 prosenttia. Tuottoon vaikuttaa paneelin asennuskulma ja suuntaus. Alla olevasta kuvasta nähdään kuukausittainen tuotto 20 paneelilla, asetettuna 30 asteen kulmaan ja etelään päin.

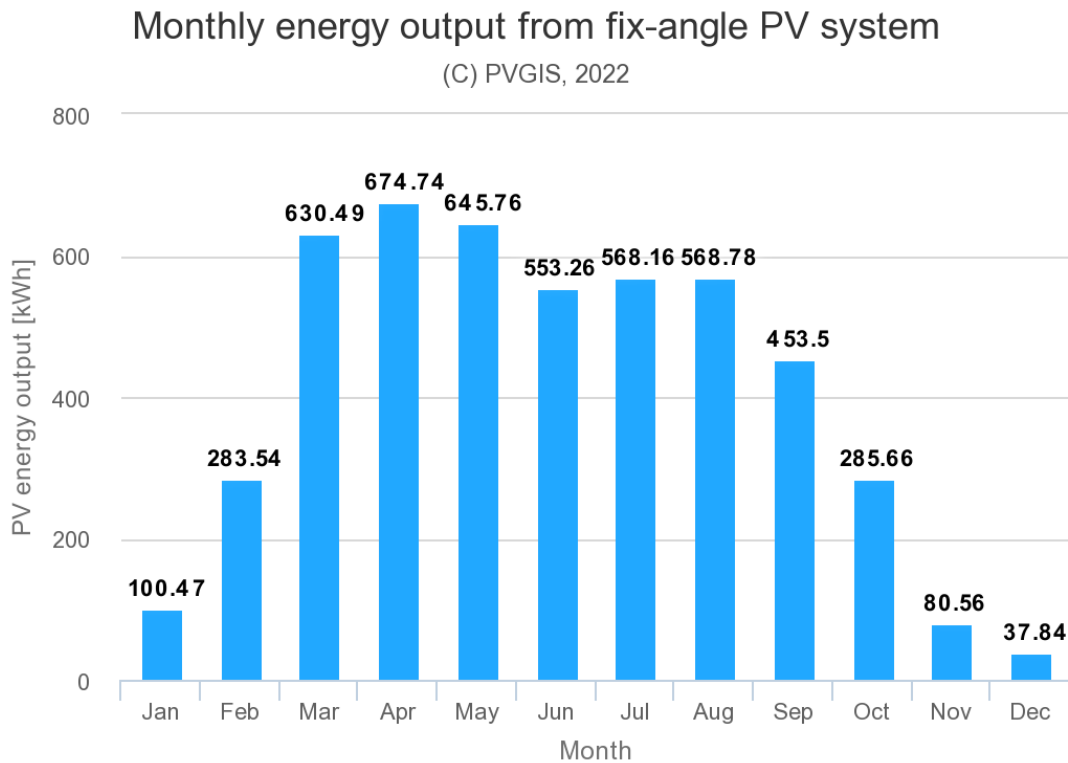
## Monthly energy output from fix-angle PV system

(C) PVGIS, 2022



Kuvio 3. Kuukausittainen tuotto 30 asteen kulmaan asennettuna 6700 kWp järjestelmällä (PVGIS 2019).

Kuukausittaisia kWh määriä tarkasteltaessa nähdään, että ne jäävät marras-, joulukuussa alle keskimääräisen tarpeen. Vastaavasti ylituotantoa syntyy tämänkokoisella järjestelmällä melko paljon. Kun paneelit sijoitetaan pystyyn, saadaan kesän ylimääräisen tuotannon määrää pienemmäksi ja tuottoa optimoitua kuukausille, joissa aurinko paistaa matalalta. Seuraavassa kuvassa (Kuvio 4) on esitetty vastaavan järjestelmän tuotto pystysuorassa asennuksessa.

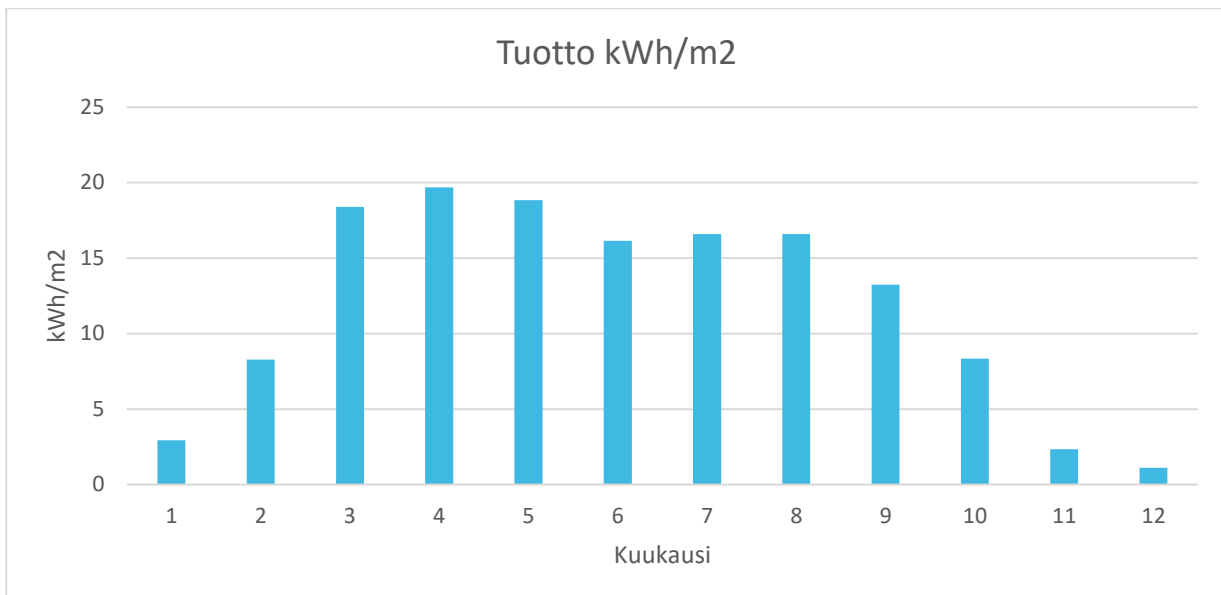


Kuvio 4. Kuukausittainen tuotto pystysuoraan asennettuna 6700 kWp järjestelmällä (PVGIS 2019).

Verrattaessa tuottoa 30 asteenkulmaan sijoitettuun, saadaan tuottoa tasaisemmin kuukausitasolla ympäri vuoden. Tähän pystysuoraan sijoitteluun päädyttiin jo työn suunnittelun varhaisessa vaiheessa. Pystysuorassa asennuksessa on myös käytännön hyötyä, kuten paneelien pysyminen lumettomana talvella.

#### 5.4.3 Auringosta saatava sähköenergia

Edellisiä esimerkkejä tarkasteltaessa huomaa, että helmi - lokakuussa riittäisi aurinkosähköenergiaa yli tarpeen. Pystysuora sijoittelu ei kuitenkaan ratkaise ongelmaa talvikuukausien vähäisestä tuotosta, vaikka laskennassa huomioitaisiin paneelien tehon kasvu viileämmässä lämpötilassa. Tämä on esimerkkipaneelilla noin 10 prosenttia jo nollan asteen lämpötilassa (liite 2). Jotta pelkkä aurinkosähköjärjestelmä riittäisi tuottamaan kuukausittaisen sähköntarpeen ympärivuotisesti, järjestelmän kokoa joutuisi kasvattamaan yli kolminkertaiseksi. Tämä tarkoittaisi yli 60:tä paneelia ja ylituotannon määrän huomattavaa kasvua.



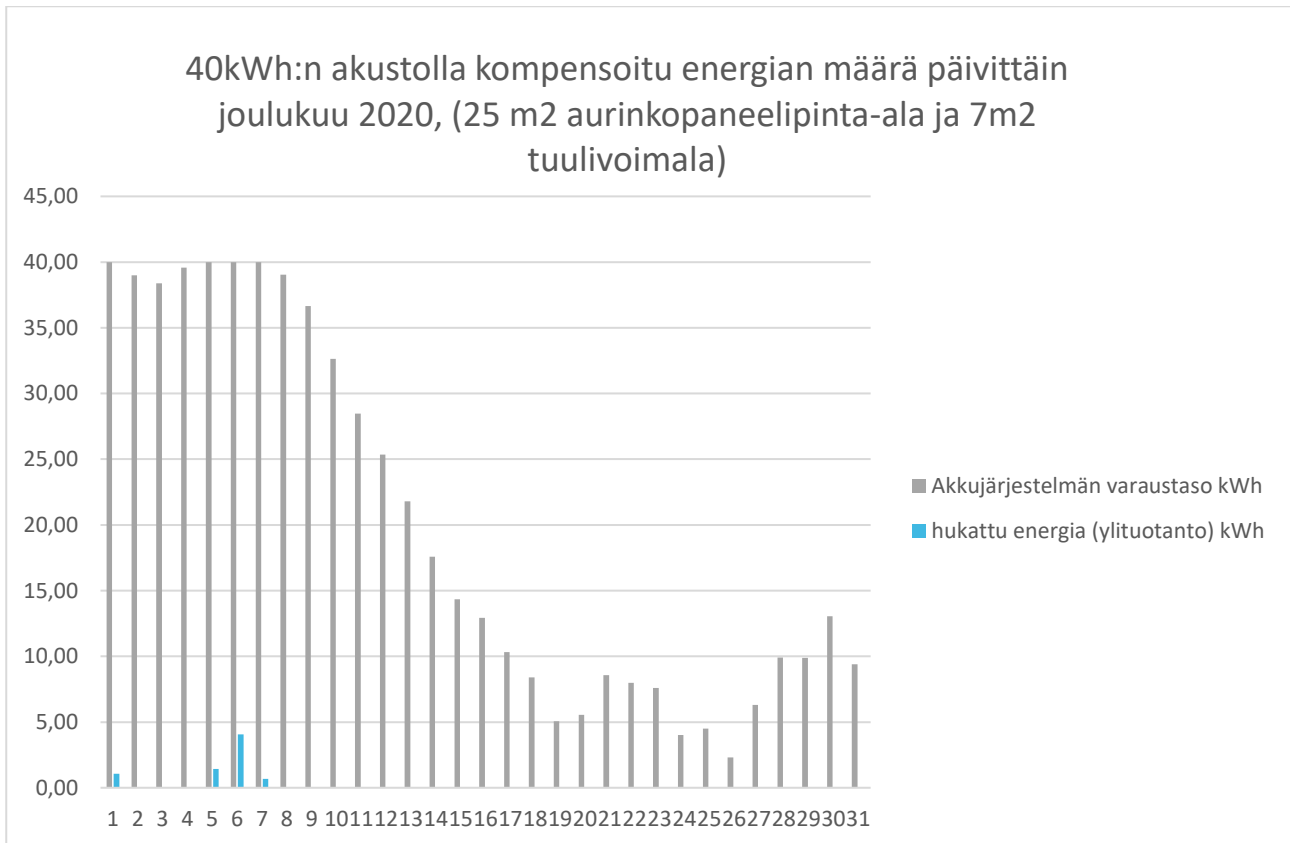
Kuvio 5. Auringosta saatava sähköenergia (PVGIS 2019).

Yllä olevasta pylväsdiagrammista näkee kuukausittaisen vaihtelun sähköenergian määrästä paneeliliineliölle. Aurinkoenergian päiväkohtaisia tuottotietoja ei ollut käytettävissä. Olisi ollut mielenkiintoista tutkia korreloivatko tuulettomat jaksot ja auringonpaiste.

## 5.5 Akuston mitoitus

Akuston mitoituksessa otettiin huomioon kulutuslaskelmat sekä tuuli- että aurinkovoiman yhteenlaskettu tuotto. Tuulivoiman osalta käytettävissä oli päiväkohtaiset tuottoarvot, kun taas aurinkovoiman ja kulutuksen osalta pidemmän ajan keskimääräiset arvot. Päivätason tarkastelua varten laskettiin päiväkohtainen arvo jakamalla keskimääräinen arvo päivien lukumäärällä.

Akuston ja energiantuotannon mitoitusta varten tehtiin Excel-taulukko, joka laskee annetuilla voimaloiden pinta-aloilla sekä akuston kapasiteetillä energian riittävyttä päivätasolla. Taulukossa otettiin huomioon myös akuston kapasiteetin yläraja. Tästä muodostettu akuston kapasiteetin kuvaaja on hyvä havainnollistamaan akuston varauksen tilaa, sekä mitoituksen kannalta riittävää kapasiteettia. Alla olevassa kuvaajassa näkyy selkeästi tuulienergian puute kahdeksannen päivän jälkeen. Ylituotanto näkyy erillisenä pylväänä kyseisen päivän kohdalla.



Kuvio 6. Akkujärjestelmän varaustaso joulukuu 2020.

Vertailuvuosien heikoimpana joulukuuna tuulienergian tuotto ei riittänyt edes kaksinkertaistamalla tuulivoimalan pyyhkäisyypinta-alan. Akuston kapasiteettia täytyi lisäksi nostaa 60 kilowattituntiin, jotta energia riittäisi tarkastelussa olevalle ajanjaksolle. Kuvatuissa vertailuissa kuukauden alussa akuston kapasiteetti on täysi. Ote laskelmissa käytetystä taulukosta on liitteessä 3.

## 6 Yhteenveto

Auringon tarjoamaa energiaa on vuositasolla tasaisemmin saatavilla kuin tuulivoimaa. Aurinkovoimalan tuotossakin on vaihteluja, mutta ei vastaavanlaisia tuotannon katkoja kuin tuulivoimassa. Talven aikana tuotto ei kuitenkaan yksin riitä kattamaan tarvetta ilman, että voimala mitoitetaan todella suureksi talvikuukausien energiatarpeen mukaan. Aurinkojärjestelmän etuina on vähäinen huollon tarve ja edullinen hinta.

Tuulen määrän suuri vaihtelu aiheuttaa haasteita tuulivoimalan mitoitukselle. Kun ei tuule, niin suurikaan voimala ei tuota mitään. Vuodessa saattaa olla useita pitkiä ajanjaksoja, jolloin pelkkä tuulivoima ei riitä. Tuulienergian tarve toisaalta vuositasolla on vain muutaman kuukauden mittainen, jolloin käyttöaste jää melko pieneksi. Tuulivoimaloiden hinta on aurinkopaneelijärjestelmiin verrattuna korkea. Tuulienergian hyödyntämisen haasteet sai pohtimaan, että kannattaako tuulienergiaa hyödyntää asumisessa lainkaan.

Sähkön kulutuksen tarkastelussa heräsi uusia kysymyksiä, kuten miten riippuvaisia olemme sähköstä ja mitä tapahtuu, jos sitä ei ole jollain ajanjaksolla olekaan? Sähkön kulutus ei myöskään ole aina todellisuudessa tasaista edes viikkotasolla. Kulutuksen säätelyyn ja tarkkailuun on nykyisissä akkujärjestelmissä hyviä mahdollisuuksia. Jos tiedossa on, että tuottoa ei ole saatavilla on ehkä mahdollista siirtää sähköenergiaa kuluttavia toimenpiteitä. Sekä myös päinvastoin, kun on ylituotantoa, jota ei pysty varastoimaan sitä kannattaa käyttää tuottohetkellä. Tuulienergian tuoton ennustaminen luo omat haasteensa kulutuksen säätelyyn.

Kulutuksen vähentäminen turvallisuuden kustannuksella on arveluttavaa. Valojen vähentäminen pimeänä vuodenaikana lisää riskejä liikkumiseen. Sekä sähköenergiasta riippuvaiset turvallisuustekijät, kuten esimerkiksi puhelin olisi hyvä pitää toimintakunnossa. Häätätilanne ja varajärjestelmänä voisi pitää kuitenkin jotain polttoainetta käyttävää generaattoria tai vaikkapa sähköauton akkua.

Alkuperäisestä ideasta ja suunnitelmasta poiketen, pelkästään energian tuoton tarkastelun sijaan päädyttiin tarkastelemaan ajanjaksoja, jolloin energian tuotantoa kyseisellä tekniikalla ei ole. Juuri tämä on voimaloiden ja akkukapasiteetin mitoituksen kannalta merkityksellinen tieto. Vuosi ja kuukausitasolla energiantuoton riittäessä on kuitenkin mahdollista olla ajanjaksoja, jolloin tuottoa ei ole lainkaan. Niinä aikoina, jolloin tuottoa ei ole, täytyy tarvittava energiamäärä saada akustosta. Tämän ajanjakson pituus määrittää energiavaraston kapasiteetin. Eli täytyy määrittää se aika mihin varautua, jolloin energian tuotantoa ei ole. Kapasiteetin riittävyyden näkökulmasta tarkasteltuna sähköenergia akustossa riittää määritetyllä kulutuksella tietyksi ajaksi ilman tuotantoa.

Energian riittävyyden kannalta täysin omavaraisen järjestelmän mitoitukseen on monta vaihtoehtoa. Yhteen ratkaisuun päädyttiin kuitenkin kevyen kustannustarkastelun jälkeen. Ratkaisu nojaa kookkaaseen aurinkosähköjärjestelmään ja suureen akustoon, lisäksi täytyy olla tuulivoimaa talven kuukausille. Tuulivoiman osalta riittäisi noin 10 neliömetrin pyyhkäisyypinta-ala, aurinkovoimalan

pinta-alaksi määrittyi 30 neliötä. Lisäksi tarvitaan noin 60 kWh:n akkujärjestelmä, jotta energia ei loppu tuotannon katkoina. Pelkästään aurinkoa ja tuulta hyödynnettäessä ylituotantoa syntyy suurimman osan vuotta. Jos käytössä olisi polttoaineella toimiva generaattori, järjestelmän koko olisi huomattavasti pienempi. Tämä saattaisi kustannuksia tarkasteltaessa olla kannattavampi vaihtoehto.

Tehty mitoitus pohjautuu teoreettiseen arvioon kulutuksesta ja tuotosta, akuston osalta tuotannon katkoista. Saadut tulokset ovat suuntaa antavia sähköenergian riittävyyden suhteen. Tarkasteltu muutaman vuoden aika ei riitä määrittämään kuinka usein ja minkä mittaisia vähä tuulisia ajanjaksoja esiintyy. Tuotannon katkon tarkempi määrittäminen vaatisi pidemmän ajanjakson tarkastelua tuulen osalta. Mielenkiintoinen tarkastelu syntyisi myös tuulen ja auringonpaisteen päivätason korrelointitarkastelusta. Jotta tarvittavan järjestelmän kustannukset saataisiin minimoitua, täytyisi tehdä kattava kustannusten määrittäminen, johon tässä työssä ei perehdytty.

## Lähteet

Auringosta sähköä. N.d. Artikkelin Motivan verkkosivulla. Motiva Oy. Viitattu 25.11.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa).

Aurinkosähköjärjestelmän teho. 2021. Artikkelin Motivan verkkosivuilla. Viitattu 25.3.2022. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho).

Eklund, E. 2011. Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön. Tampereella tuulee -projekti. Tampere: Sitra. ECO2 Ekotehokas Tampere 2020. Viitattu 20.7.2021. [https://www.motiva.fi/files/6010/Joka\\_miehen\\_opas\\_pientuulivoiman\\_kayttoon.pdf](https://www.motiva.fi/files/6010/Joka_miehen_opas_pientuulivoiman_kayttoon.pdf).

Energialaskennan testivuodet. N.d. Artikkelin Ilmatieteenlaitoksen verkkosivulla. Ilmatieteen laitos. Viitattu 23.7.2021 <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/energialaskennan-testivuodet-nyky>.

Esimerkkejä huoneistokohtaisesta sähkönkulutuksesta. 2016. Artikkelin Motiva Oy:n verkkosivuilla 25.11.2016. Viitattu 20.7.2021. [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa\\_ energian- ja\\_ vedenkulutuksesta/esimerkkeja\\_huoneistokohtaisesta\\_sahkonkulutuksesta](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_ energian- ja_ vedenkulutuksesta/esimerkkeja_huoneistokohtaisesta_sahkonkulutuksesta).

Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011. 2013. Adato energia Oy:n tutkimusraportti. Julkaistu 26.2.2013. [https://www.motiva.fi/files/8300/Kotitalouksien\\_sahkonkaytto\\_2011\\_Tutkimusraportti.pdf](https://www.motiva.fi/files/8300/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_Tutkimusraportti.pdf).

Mitä on tuulivoima? N.d. Artikkelin tuuliatlas.fi sivustolla. Ilmatieteen laitos. Viitattu 23.7.2021. <http://www.tuuliatlas.fi/tuulivoima/>.

Neuvoja havaintosuureisiin. N.d. Artikkelin Ilmatieteenlaitoksen verkkosivulla. Viitattu 23.7.2021. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/neuvoja-havaintosuureisiin>.

PVGIS Interactive tools. 2019. Verkkójulkaisu. European Commission, Joint Research Centre. Viitattu 9.3.2022. [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html).

Sähkönkulutus. N.d. Artikkelin Caruna Oy:n verkkosivuilla. Viitattu 3.4.2022. <https://www.caruna.fi/palvelut/omat-sahkoasiat/sahkolaitteiden-energiankulutus>.

Tuuliatlas. 2009. Artikkelin Ilmatieteenlaitoksen sivulla. Viitattu 5.4.2022. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tuuliatlas>.



# Liitteet


## Liite 1. Tuulen nopeus aineisto (Puumalan mittauspiste, ensimmäiset 100 riviä 52705:stä)

Vuosi	Kk	Pv	Klo	Aikavyöhh	Tuulen nopeus (m/s)
2020	1	1	00:00	UTC	4,7
2020	1	1	00:10	UTC	4,6
2020	1	1	00:20	UTC	4,3
2020	1	1	00:30	UTC	3,1
2020	1	1	00:40	UTC	2,9
2020	1	1	00:50	UTC	3,3
2020	1	1	01:00	UTC	3,4
2020	1	1	01:10	UTC	2,6
2020	1	1	01:20	UTC	3,7
2020	1	1	01:30	UTC	3,9
2020	1	1	01:40	UTC	4,7
2020	1	1	01:50	UTC	4
2020	1	1	02:00	UTC	3,7
2020	1	1	02:10	UTC	3,6
2020	1	1	02:20	UTC	3,6
2020	1	1	02:30	UTC	3,5
2020	1	1	02:40	UTC	3,8
2020	1	1	02:50	UTC	4,2
2020	1	1	03:00	UTC	3,6
2020	1	1	03:10	UTC	3,1
2020	1	1	03:20	UTC	2,7
2020	1	1	03:30	UTC	2,4
2020	1	1	03:40	UTC	2,7
2020	1	1	03:50	UTC	2,7
2020	1	1	04:00	UTC	2,2
2020	1	1	04:10	UTC	2,2
2020	1	1	04:20	UTC	2,6
2020	1	1	04:30	UTC	2,8
2020	1	1	04:40	UTC	3,2
2020	1	1	04:50	UTC	3,9
2020	1	1	05:00	UTC	3,7
2020	1	1	05:10	UTC	3,8
2020	1	1	05:20	UTC	4,6
2020	1	1	05:30	UTC	4,9
2020	1	1	05:40	UTC	4
2020	1	1	05:50	UTC	4,8
2020	1	1	06:00	UTC	4,4
2020	1	1	06:10	UTC	3,6
2020	1	1	06:20	UTC	4,1
2020	1	1	06:30	UTC	3,5
2020	1	1	06:40	UTC	3,2
2020	1	1	06:50	UTC	3,7
2020	1	1	07:00	UTC	3,8
2020	1	1	07:10	UTC	3,4
2020	1	1	07:20	UTC	3
2020	1	1	07:30	UTC	3,9
2020	1	1	07:40	UTC	4,2
2020	1	1	07:50	UTC	4,1
2020	1	1	08:00	UTC	4,7
2020	1	1	08:10	UTC	3,8
2020	1	1	08:20	UTC	3,3
2020	1	1	08:30	UTC	2,7
2020	1	1	08:40	UTC	3,2
2020	1	1	08:50	UTC	3,7
2020	1	1	09:00	UTC	3,4
2020	1	1	09:10	UTC	3,3
2020	1	1	09:20	UTC	3,2
2020	1	1	09:30	UTC	3,7
2020	1	1	09:40	UTC	4
2020	1	1	09:50	UTC	3,3
2020	1	1	10:00	UTC	3,6
2020	1	1	10:10	UTC	3,7
2020	1	1	10:20	UTC	3,5
2020	1	1	10:30	UTC	3,6
2020	1	1	10:40	UTC	2,6
2020	1	1	10:50	UTC	2,4
2020	1	1	11:00	UTC	2
2020	1	1	11:10	UTC	2,4
2020	1	1	11:20	UTC	2,8
2020	1	1	11:30	UTC	3,5
2020	1	1	11:40	UTC	3,4
2020	1	1	11:50	UTC	3,5
2020	1	1	12:00	UTC	3,3
2020	1	1	12:10	UTC	3,3
2020	1	1	12:20	UTC	3,9
2020	1	1	12:30	UTC	3,9
2020	1	1	12:40	UTC	3,4
2020	1	1	12:50	UTC	3,9
2020	1	1	13:00	UTC	4,5
2020	1	1	13:10	UTC	4
2020	1	1	13:20	UTC	4
2020	1	1	13:30	UTC	3,6
2020	1	1	13:40	UTC	4
2020	1	1	13:50	UTC	4,5
2020	1	1	14:00	UTC	4,7
2020	1	1	14:10	UTC	4,2
2020	1	1	14:20	UTC	3,9
2020	1	1	14:30	UTC	4,1
2020	1	1	14:40	UTC	4,1
2020	1	1	14:50	UTC	4,4
2020	1	1	15:00	UTC	4,5
2020	1	1	15:10	UTC	4,9
2020	1	1	15:20	UTC	4,7
2020	1	1	15:30	UTC	5,2
2020	1	1	15:40	UTC	5
2020	1	1	15:50	UTC	4,1
2020	1	1	16:00	UTC	4,4
2020	1	1	16:10	UTC	4,6
2020	1	1	16:20	UTC	4,6
2020	1	1	16:30	UTC	3,9

## Liite 2. LG Neon 2 tekniset tiedot

# LG NeON<sup>®</sup> 2


LG340N1C-A5 | LG335N1C-A5 | LG330N1C-A5




60

## 340W | 335W | 330W






The LG NeON<sup>®</sup> 2 is LG's best selling solar module. It received the acclaimed 2015 Intersolar AWARD for featuring LG's Cello Technology that increases its power output and reliability making it one of the most powerful and versatile modules on the market.






### Feature

<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div> <p><b>Enhanced Performance Warranty</b></p> <p>LG NeON<sup>®</sup> 2 has an enhanced performance warranty. After 25 years, LG NeON<sup>®</sup> 2 is guaranteed at least 86% of initial performance.</p> </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div> <p><b>High Power Output</b></p> <p>Compared with previous models, the LG NeON<sup>®</sup> 2 has been designed to significantly enhance its output efficiency making it efficient even in limited space.</p> </div> </div>
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div> <p><b>Aesthetic Roof</b></p> <p>LG NeON<sup>®</sup> 2 has been designed with aesthetics in mind; thinner wires that appear all black at a distance. The product can increase the value of a property with its modern design.</p> </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div> <p><b>Outstanding Durability</b></p> <p>With its newly reinforced frame design, LG has extended the warranty of the NeON<sup>®</sup> 2 from 15 years to 25 years. Additionally, LG NeON<sup>®</sup> 2 can endure a front load up to 6000 Pa, and a rear load up to 5400 Pa.</p> </div> </div>
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div> <p><b>Better Performance on a Sunny Day</b></p> <p>LG NeON<sup>®</sup> 2 now performs better on a sunny days thanks to its improved temperature coefficient.</p> </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div> <p><b>Near Zero LID (Light Induced Degradation)</b></p> <p>The n-type cells used in LG NeON<sup>®</sup> 2 have almost no boron, which may cause the initial performance degradation, leading to less LID.</p> </div> </div>

**About LG Electronics**

LG Electronics is a global big player, committed to expanding its operations with the solar market. The company first embarked on a solar energy source research program in 1985, supported by LG Group's vast experience in the semi-conductor, LCD, chemistry and materials industries. In 2010, LG Solar successfully released its first Mono<sup>®</sup> series to the market, which is now available in 32 countries. The Neo<sup>®</sup> (previous Mono<sup>®</sup> Neo<sup>®</sup>, Neo<sup>®</sup>2, Neo<sup>®</sup>2 Bifacial) won the "Intersolar AWARD" in 2013, 2015 and 2016, which demonstrates LG Solar's lead, innovation and commitment to the industry.



# LG NeON<sup>®</sup> 2

LG340N1C-A5 | LG335N1C-A5 | LG330N1C-A5

## Mechanical Properties

Cells	6 x 10
Cell Vendor	LG
Cell Type	Monocrystalline / N-type
Cell Dimensions	161.7 x 161.7 mm / 6 inches
# of Busbar	12 (Multi Wire Busbar)
Dimensions (L x W x H)	1,686 x 1,016 x 40 mm
	66.38 x 40 x 1.57 in
Front Load	6,000Pa / 125 psf*
Rear Load	5,400Pa / 113 psf*
Weight	18 kg / 39.68 lb
Connector Type	MC4 (MC), PV-JM601A(JMTHY)
Junction Box	IP68 with 3 Bypass Diodes
Cables	1,000 mm x 2 ea / 39.37 in x 2 ea
Glass	Tempered Glass with AR Coating
Frame	Anodized Aluminium

\* Please refer to the installation manual for the details.

## Certifications and Warranty

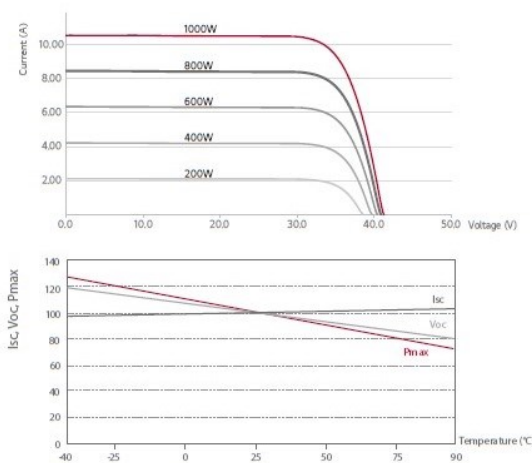
Certifications	IEC 61215, IEC 61730-1/-2
	UL 1703
	IEC 61701 (Salt mist corrosion test)
	IEC 62716 (Ammonia corrosion test)
	ISO 9001
Module Fire Performance	Type 1 (UL 1703)
Fire Rating	Class C (ULC/ORD C 1703, IEC 61730)
Product Warranty	25 Years
Output Warranty of Pmax	Linear Warranty*

\* 1) 1st year: 98%, 2) After 1st year: 0.5% annual degradation 3) 86% for 25 years

## Temperature Characteristics

NOCT	[ °C ]	45 ± 3
Pmax	[%/°C]	-0.37
Voc	[%/°C]	-0.27
Isc	[%/°C]	0.03

## Characteristic Curves



## Electrical Properties (STC\*)

Model	LG340N1C-A5	LG335N1C-A5	LG330N1C-A5
Maximum Power (Pmax)	[W] 340	335	330
MPP Voltage (Vmpp)	[V] 34.5	34.1	33.7
MPP Current (Impp)	[A] 9.86	9.83	9.80
Open Circuit Voltage (Voc)	[V] 41.1	41.0	40.9
Short Circuit Current (Isc)	[A] 10.53	10.49	10.45
Module Efficiency	[%] 19.8	19.6	19.3
Operating Temperature	[°C]	-40 ~ +90	
Maximum System Voltage	[V]	1000 (UL / IEC)	
Maximum Series Fuse Rating	[A]	20	
Power Tolerance	[%]	0 ~ +3	

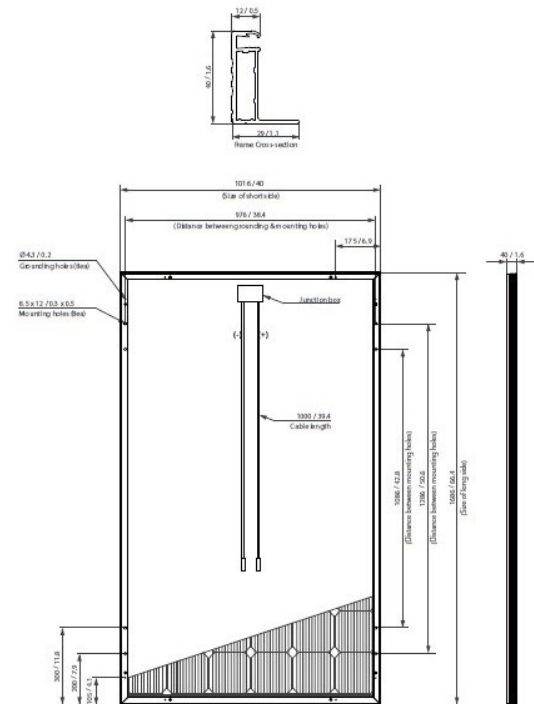
\* STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, cell temperature 25 °C, AM 1.5  
 The nameplate power output is measured and determined by LG Electronics at its sole and absolute discretion.  
 The typical change in module efficiency at 200 W/m<sup>2</sup> in relation to 1000 W/m<sup>2</sup> is -2.0%.

## Electrical Properties (NOCT\*)

Model	LG340N1C-A5	LG335N1C-A5	LG330N1C-A5
Maximum Power (Pmax)	[W] 251	247	243
MPP Voltage (Vmpp)	[V] 31.9	31.5	31.2
MPP Current (Impp)	[A] 7.86	7.83	7.81
Open Circuit Voltage (Voc)	[V] 38.3	38.2	38.1
Short Circuit Current (Isc)	[A] 8.47	8.44	8.41

\* NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

## Dimensions (mm / inch)



\* The distance between the center of the mounting/grounding



LG Electronics Inc.  
 Solar Business Division  
 LG Twin Towers, 128 Yeouido-daero, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07336, Korea  
[www.lg-solar.com](http://www.lg-solar.com)

Product specifications are subject to change without notice.  
 DS-N5-60-C-G-F-EN-805 04

© 2018 LG Electronics. All rights reserved.



### Liite 3. Akun varauksen tila

Päivä	Tuotto		Tuotto - kulutus kWh	Akkujärjestelmän varaustaso kWh	hukattu energia kWh
	Aurinko tuotto kWh	Tuuli tuotto kWh			
	Paneeli neliöitä (m <sup>2</sup> )	Pyyhkäisyypinta-ala (m <sup>2</sup> )			
	25	7	kertymä		
1	0,89	5,28	1,07	40,00	1,07
2	0,89	3,21	0,07	39,00	0
3	0,89	3,59	-0,55	38,38	0
4	0,89	5,40	0,64	39,57	0,00
5	0,89	6,08	2,51	40,00	1,44
6	0,89	8,28	6,58	40,00	4,07
7	0,89	4,88	7,26	40,00	0,68
8	0,89	3,25	6,30	39,04	0
9	0,89	1,82	3,91	36,65	0
10	0,89	0,19	-0,11	32,64	0
11	0,89	0,05	-4,27	28,48	0
12	0,89	1,08	-7,40	25,34	0
13	0,89	0,66	-10,95	21,80	0
14	0,89	0,00	-15,16	17,59	0
15	0,89	0,97	-18,39	14,35	0
16	0,89	2,78	-19,82	12,92	0
17	0,89	1,61	-22,42	10,32	0
18	0,89	2,28	-24,35	8,39	0
19	0,89	0,87	-27,69	5,06	0
20	0,89	4,71	-27,19	5,56	0
21	0,89	7,23	-24,17	8,58	0
22	0,89	3,62	-24,76	7,99	0
23	0,89	3,82	-25,14	7,60	0
24	0,89	0,61	-28,74	4,00	0
25	0,89	4,71	-28,24	4,50	0
26	0,89	2,02	-30,43	2,32	0
27	0,89	8,19	-26,45	6,30	0
28	0,89	7,83	-22,83	9,92	0
29	0,89	4,17	-22,86	9,88	0
30	0,89	7,38	-19,69	13,05	0
31	0,89	0,56	-23,34	9,40	0
<b>Yhteensä</b>	<b>27,6</b>	<b>107,1</b>			

5,1 kWh päivakohtainen kulutus

40 kWh akkukapasiteetti

