

Teemu Rajatammi

Kesähuvilan sähkö- ja lämmitysjärjestelmät

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

7.5.2017

Tekijä	Teemu Rajatammi
Otsikko	Kesähuvilan sähkö- ja lämmitysjärjestelmät
Sivumäärä	51 sivua + 3 liitettä
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Osmo Massinen ins. AMK Timo Rajatammi
<p>Työn tarkoituksena on tutkia uuden kesähuvilan erityyppisten energiantuottojärjestelmien soveltuvuutta kesä- ja ympärivuotisella käytöllä. Tutkimuksen esimerkkinä käytettiin uutta 80 m² hirsirakenteista kesähuvilaa.</p> <p>Ensimmäiseksi työssä tutkittiin mikä on nykypäivän sähkö- ja lämmitysjärjestelmien vaatimustaso. Löydöksenä havaittiin, että peruslämpö ja sähkön pientuotanto yleistyvät suurissa osin uusissa kesämökeissä. Toiseksi laskettiin voidaanko kesämökin energiantarve kattaa pientuotannolla. Näiden tietojen perusteella saatiin selville, onko pientuotantoa taloudellista pitää ainoana energianlähteenä vapaa-ajan asunnolla. Tämän jälkeen määriteltiin erilaisten lämmitysjärjestelmien mahdollisuuksia kesämökillä.</p> <p>Tutkimuksen lopputuloksena todettiin, että kesähuvilan sähkö- ja lämmitysjärjestelmää ei ole taloudellista toteuttaa pelkästään pientuotannolla, mutta valaistukselle ja taloussähkölle se on mahdollinen. Tutkimuksilla todettiin myös, että kesämökillä on taloudellista tuottaa lämpö useamman järjestelmän kokonaisuudella.</p>	
Avainsanat	aurinkosähkö, tuulisähkö, energiankulutus kesämökillä, lämmitysjärjestelmä kesämökillä,

Author	Teemu Rajatammi
Title	Summer cottage electric and heating systems
Number of Pages	51 pages + 3 appendices
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Power systems
Instructor	Osmo Massinen, Lecturer Timo Rajatammi, Bachelor of Engineering
<p>The purpose of this paper is to study the suitability of different types of energy output systems in summertime and year-long use. The case study profiles a new 80 m² log villa.</p> <p>Firstly, study involved researching the contemporary standards of electric and heating systems. Results showed that the small-scale basic heating and electricity production is becoming more common in new summer cottages. Secondly, the study calculated whether a cottage's energy consumption could be covered with small-scale production. The economical viability of small-scale energy production as the sole form of generated heat and electricity of a leisure residence was established based on these findings. Various heating solutions for the summer cottage were then defined.</p> <p>In conclusion, the study found that trying to cover a summer home's electric and heat needs is not economical with small-scale production alone; but lighting and household power could be arranged with just the small-scale methods. The study also found that the most economical form of energy production at a summer cottage is to combine more than one system's output.</p>	
Keywords	solar power, wind power, summer cottage power consumption, summer cottage heating system

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennuksen energiantarve Suomessa	2
3	Sähkön tuottaminen vapaa-ajan asunnolle	4
3.1	Aurinkoenergia	4
3.2	Tuulivoima	16
3.3	Valtakunnanverkko	21
4	Lämmitysjärjestelmät	26
4.1	Hyvä lämmitysjärjestelmä vapaa-ajanasunnolla	26
4.2	Suorasähkölämmitys	27
4.3	Lämpöpumput	31
4.4	Puulämmitys	34
5	Valaistusjärjestelmä 12 voltilla	37
6	Tulevaisuuden näkymät	42
7	Yhteenveto	43
7.1	Yhteenveto lämmityksestä	43
7.2	Yhteenveto sähkön tuotantotavoista	45
8	Tulokset	46
	Lähteet	47

Liitteet

Liite 1. Liittymahinnasto_01012016_netti viittaus muista hinnoista.

Liite 2. Palveluhinnat Järvisuomen Energia

Liite 3. Bluesolar Charge Controller MPPT 150/70 & 150/85 Lataussäädin

1 Johdanto

Kesähuvilan käyttömukavuus kasvaa huomattavasti lämmityksen myötä. Nykyaikaisilla järjestelmillä on useita erityyppisiä mahdollisuuksia lämmittää vapaa-ajan asuntoa. Lämmitys mahdollistaa kesämökille monia mukavuuksia. Ennen peruslämmityksen puuttumisen takia kesämökillä ei soveltunut tavaroiden säilyttämiseen kosteuden ja tunkkaisen tuoksun takia. Nykyisin peruslämpöä pyritään pitämään yllä mökeissä ympäri vuoden. Se mahdollistaa vedellä toimivan sisävessan ja painvedellä toimivat kodinkoneet. Mukavuutta lisää esimerkiksi termostaattisuihku ja sisällä oleva poreamme.

Aikaisemmin kesämökeillä ei ole ollut sähköä ja ne rakennettiin sähköttömiksi. Silloin vaatimustaso on ollut todella paljon pienempi. Sähköverkon laajenemisen myötä useille kesämökkitaloille on ollut mahdollista saada verkkosähköä. Kun sähköverkko on kasvanut, niin mahdolliselle kesämökkiryhmittymälle on ollut kannattavaa liittää sähköverkon perään. Jälkikäteen sähköistettyjen kesämökkien sähkölaitteiden vaatimustaso on ollut pieni. Ihmisille on riittänyt, että vanha öljylamppu vaihdettiin sähkövalaisimeen ja petroolilämmitin sähkölämmittimeen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla erilaisia energiantuotantotapoja ja opinnäytetyössä laskennat on tehty 80 m²:n uuden hirsihuvilan mukaan. Työssä pohditaan erilaisten lämmitys- ja sähköntuottojärjestelmien ominaisuuksia. Kun erityyppisiä järjestelmiä ja niiden kokoja on kartoitettu, niitä vertaillaan keskenään. Johtopäätöksistä voidaan vertailla, mitä eri järjestelmiä kannattaa käyttää kohteessa ja minkälaisia järjestelmiä on markkinoilla.

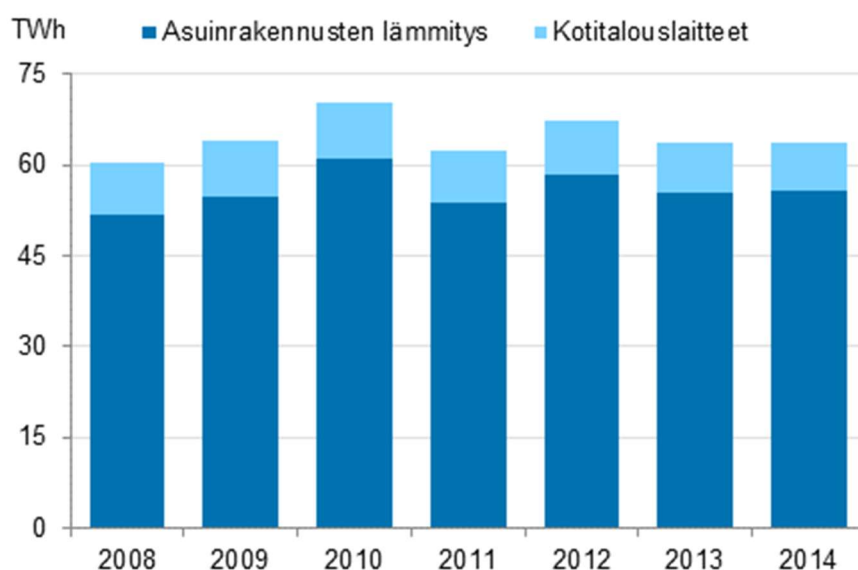
Ensimmäiseksi tässä työssä kartoitetaan kesämökin energiantarve. Työssä myös vertaillaan erityyppisten järjestelmien ominaisuuksia. Löydöksenä voidaan havaita, että ei ole taloudellisesti kannattavaa käyttää muita järjestelmiä hirsihuvilan peruslämmittämiseen kuin verkkosähkö. Pitkien etäisyyksien takia verkkosähköä ei ole aina saatavilla tai sen investointihinta on korkea. Muilla järjestelmillä voidaan toteuttaa toimivia järjestelmiä, jos talven pimeitä kuukausia ei oteta huomioon.

2 Rakennuksen energiantarve Suomessa

Energiantarve, eli kuinka paljon rakennus käyttää energiaa. Energiantarve koostuu lämmityksestä ja taloussähköstä. Lämmitys vie suurimman osan koko energiantarpeesta. Tilastokeskuksen mukaan asumisen energiankulutuksesta yli 80 prosenttia kului lämmitykseen vuosina 2008-2011. Asumisen energiankulutuksen näkee kuvasta 1. [1; 2; 3.]

Lämmityksen osuus tulee varmasti vielä lisääntymään koko energiantarpeesta, koska taloussähkön energiantarve pienenee. Valaistuksessa siirrytään kovaa vauhtia vähän energiaa kuluttavaan LED-valaistukseen. Markkinoille tulee myös jatkuvasti paremman energiatehokkuusluokan omaavia laitteita. Taloussähkö koostuu valaistuksesta, keittiösähkölaitteista, sähkökiukaasta, elektroniikasta ja muista sähkölaitteista. [1; 2; 3.]

Lämmityksessä käytettävän sähkön määrä vähentyy jatkuvasti lämpöpumppujen lisääntymisen ansiosta. Tämä ei kuitenkaan vähennä rakennuksen energiantarvetta. Lämmitykseen tarvitaan energiaa aina ulkolämpötilaan verrannollinen määrä. Lämpöpumput hyödyntävät ilmaan, maahan, peruskallioon tai vesistöön varastoitunutta energiaa. Lämpöpumppujen lisääntyessä sähköä kuluu vähemmän tuotettuun lämmitysenergiaan nähden. Asuinrakennusten lämmitysenergiasta 5 prosenttia kuluu vapaa-ajan asuinrakennuksiin. Vapaa-ajan rakennusten yleisin lämmöntuottotapa on puulämmitys. [1; 2; 3.]



Kuva 1. Asumisen energiankulutus suomessa 2008- 2014 [2.]

Vapaa-ajan asunnon energiantarve

Suomessa on noin puoli miljoonaa vapaa-ajan asuntoa. Niistä 90 prosenttia on sähköistetty. Valtaosa sähköistetyistä vapaa-ajan asunnoista on kytketty valtakunnanverkkoon. Kymmenen prosenttia saa sähkönsä aurinkopaneeleilla ja yhdeksän prosenttia käyttää omaa generaattoria sähkön tuottamiseen.

Puolet kesämökeistä soveltuvat kesä-, kevät- ja syyskäyttöön ja vain kolmasosa soveltuu ympärivuotiseen käyttöön. Mökkikausi pidentyy sähköistyksen ansiosta varhaisesta keväästä myöhäiseen syksyyn lämmityksen ansiosta. Nykyisin mökkeillä alkaa olemaan useita asuinmukavuuksia ja ne voivat vastata jopa vakituisia asuntoja kodinkoneiden ansiosta. [4.]

Kesähuvilan energiantarve on verrannollinen siellä vietettyjen päivien määrään. Määrään vaikuttaa myös peruslämmön osuus eli rakennuksen ympärivuotista lämmittämistä vähintään noin 10- 15 °C:een lämpötilaan. Tavallisimmin peruslämpö tuotetaan suoralla sähkölämmityksellä. Nykyään 30 prosenttia vapaa-ajan rakennuksista on peruslämmitettyjä ja uusiin peruslämmitys tulee noin 60 prosenttiin. Ympäristöministeriön teettämän tutkimuksen mukaan sähköistetty mökki kuluttaa keskimäärin 1500 kilowattituntia (kWh) vuodessa. Peruslämmitettävä kesähuvila vie normaalilla sähkökäytöllä keskimäärin 8000 kilowattituntia vuodessa. Taloussähkön osuus on tästä 160- 360 kilowattituntia vuodessa. [3, 5.]

3 Sähkön tuottaminen vapaa-ajan asunnolle

Vapaa-ajan asunnon sähköntarve kasvaa jatkuvasti. Moni lisää ylellisyyksiä mökeillensä. Ylellisyydet kuluttavat sähköä. Suurin osa ihmisistä saa sähkön valtakunnan verkosta. Tämä ei kuitenkaan ole monien mielestä paras tapa. Mökkeilijät ovat tottuneet elämään ilman sähköä, koska liittymän tuonti omalle tontille voi olla kallista tai periaatteelliset syyt estävät mökin liittämisen valtakunnan verkkoon. Markkinoilla on erilaisia sähkön omatuottojärjestelmiä. Aurinkoenergia on näistä kaikista suosituin sen ekologisuuden ja hinnan takia. Moni tuottaa sähkönsä myös tuulivoimalla. Tässä luvussa kerrotaan aurinko- ja tuulienergian tuottamisesta ja sen käytettävyydestä vapaa-ajan asunnolla. [3.]

3.1 Aurinkoenergia

Aurinkoenergia on suosittu tapa tuottaa kesämökille sähköä. Se on uusiutuva ja täten ei kuormita ympäristöä saasteiden tai päästöjen takia. [6.]

Aurinkoenergian tuottamisen tärkein komponentti on aurinkopaneeli. Paneelit koostuvat positiivisesta ja negatiivisista puolijohdelevyistä. Levy muuttaa auringonsäteet tasasähköksi. Auringonsäteiden saapuessa paneelin pintaan säteen fotoninen energia irrottaa negatiivisesta puolijohdelevystä elektroneja, jolloin paikalle muodostuu elektroniaukkopareja. Puolijohdelevyjen välissä vaikuttava sähkökenttä vaikuttaa elektroniaukkopareihin, niin että elektronit kulkeutuvat kennon negatiiviselle paneelille ja aukot positiiviselle. [6.]

Aurinkopaneelin nimellisteho eli Watt-peak on teho, minkä paneeli tuottaa, kun auringon säde kohtaa paneelin pinnan kesällä 35 asteen kulmassa. Säteen teho on oltava 1000 wattia neliometriä kohden (w/m^2). Tätä lukemaa ei kuitenkaan saavuteta, koska Etelä-Suomessa keskipäivällä kesäpäivänseisauksen aikana suurimmillaan teho on noin 800 w/m^2 .

Käytännössä tämäkin määrä on huomattavasti pienempi. Sitran ja ympäristöministeriön toimeksiannosta laaditun laskentaoppaan mukaan auringon keskimääräinen säteilyenergian teho on 706 w/m^2 vuodessa. Mittaustulos on saatu Jyväskylässä ja mittalaitteisto on asetettu 45 asteen kulmaan aurinkoa kohden. Paneeleita on eri kokoisia ja koot ilmoitetaan yleensä tehon mukaan. Paneelien tehot ovat 50 watin ja 300 watin välissä. Paneelien määrä ja teho riippuvat järjestelmän koosta. [7; 8; 9.]

Aurinkopaneelin hyötysuhde määrittää kuinka paljon paneeliin kohdistuneesta auringon säteilystä muuttuu sähkötehoksi. Hyötysuhde on tärkeä luku järjestelmän mitoittamisessa. Se saadaan jakamalla nimellisteho paneelin pinta-alan ja säteilytehon tulolla.

Aurinkopaneelin hyötysuhde

$$\eta_0 = \frac{P}{L_s \cdot A} \quad (1)$$

η_0 on aurinkopaneelin hyötysuhde

P on paneelin nimellisteho

L_s on auringon säteilyteho

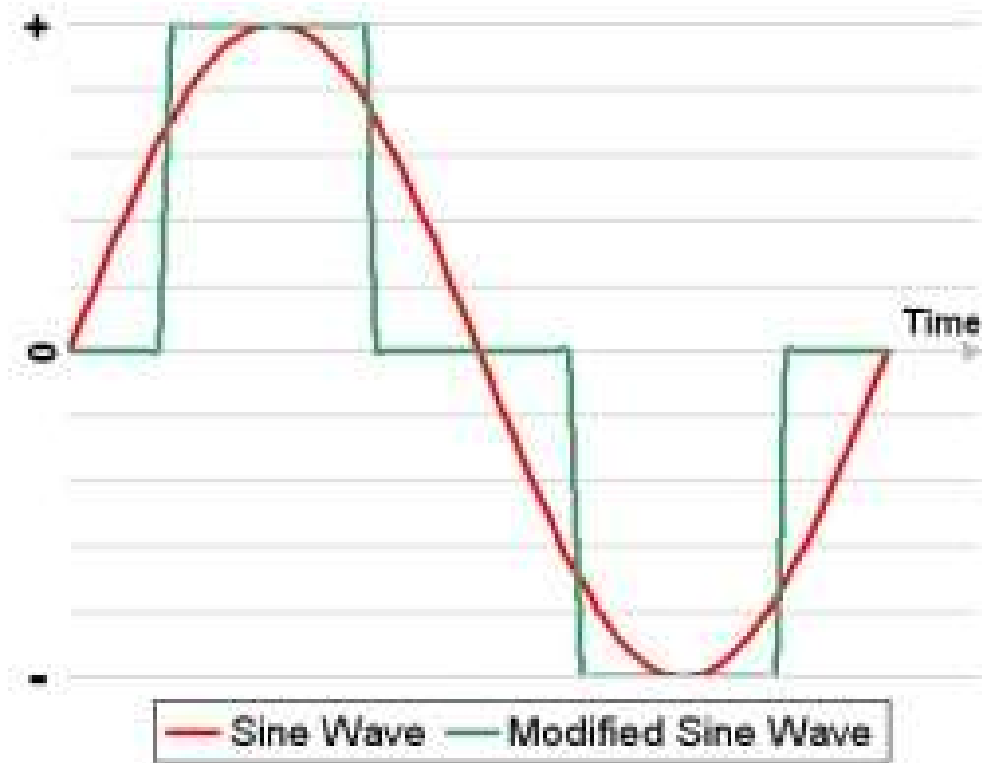
A on paneelin pinta-ala

[10]

Aurinkosähköjärjestelmän rakenne

Aurinkosähköjärjestelmä koostuu yksinkertaisimmillaan paneelista, kaapeleista, lataussäätimestä ja pistorasiasta/tulpasta. Lataussäädin toimii paneelin ja pistotulpan välissä. Parhaiten se toimii akun ja paneelin välissä. Lataussäädin vahtii, ettei akusto yli lataudu, syväpurkaannu tai virta ei vuoda takaisin paneeliin. Usein lataussäätimien toiminnassa on otettu huomioon järjestelmän toiminnan ja akun eliniän kannalta oleelliset seikat. Lataussäätimen tulee olla maksimivirraltaan vähintään yhtä suuri kuin paneelien yhteenlaskettu maksimivirta. Jos järjestelmää halutaan myöhemmin kasvattaa, tulisi lataussäädin mitoittaa suuremmaksi. Akuttomalla järjestelmällä voidaan käyttää samalla hetkellä tuotettua sähköä. Järjestelmään on kuitenkin viisasta lisätä akku tai useampia akkuja. Akku mahdollistaa sähkön käytön yöllä tai hetkellä kuin aurinko ei paista. Paneelit lataavat akun täyteen, jolloin sen varauksen saa käyttää haluamallaan hetkellä. [9.]

Järjestelmään voi myös lisätä invertterin eli muuntajan. Sitä käytetään, jos järjestelmällä halutaan käyttää laitteita jotka toimivat normaalilla 230 voltin (V) vaihtosähköllä. Muuntaja muuttaa 12 V:n tai 24 V:n tasasähkön 230 V:n vaihtosähköksi. Se valitaan suuremmaksi, kuin käytettävien sähkölaitteiden teho. Markkinoilla on monia eri tehoisia invertterejä 12 V:n ja 24 V:n järjestelmille. Halvimmat markkinoilla olevat muuntajat voivat muuntaa jännitteen modifioituna eli kanttiaaltona. Tämä saattaa häiritä loisteputkia tai televisiota. Useimmat kulutuslaitteet eivät häiriinny kanttiaallosta, mutta toimivuus kannattaa varmistaa laitteen myyjältä. Kalliimman hintaluokan laitteet tuottavat puhdasta siniaaltoa, joka ei häiritse laitteita. Kanttiaalto vaihtaa napaisuuden terävänä piikkinä, toisin kuin siniaalto, joka tekee sen sulavammin. Kuvassa 2 on kummatkin aallot kuvattu päällekkäin. Kuvassa 2 punainen aalto on siniaaltoa ja vihreä on modifioitu siniaalto, eli kanttiaalto. [11; 9.]



Kuva 2. Siniaalto ja modifioitu aalto [12.].

Järjestelmä on periaatteessa kasvatettavissa lähes äärettömäksi lisäämällä paneeleita, akkuja ja kasvattamalla kaapelin poikkipinta-alaa. Järjestelmän ylivoittaminen ei kuitenkaan ole viisasta, koska järjestelmät ovat kalliita ja sähköä tuotettaisiin enemmän kuin sitä pystyttäisiin kuluttamaan. Sähkölaitokset kuitenkin tarjoavat vaihtoehdon, että tuotetun sähkön voi myydä valtakunnanverkkoon. [9.]

Pelkän aurinkosähkön hyödyntäminen

Aurinkosähkijärjestelmä mitoitetaan vuosittaiselle 8000 kWh:n energiatarpeelle. Ympäristöministeriö käyttää samaa lukua. Se vastaa peruslämmitettävää ja normaalilla sähkökäytöllä olevaa vapaa-ajan asuntoa. [2]

Paneelit

Valitaan JN-solarin NSP D6P260E3A, 260 w:n aurinkopaneeli (kuvassa 3.) Se on teholtaan suuri ja tyypiltään monikidepaneeli. Taulukossa 1 on lueteltu paneelin tiedot.



Kuva 3. NSP D6P260E3A 260 wattinen aurinkopaneeli. [9.]

Taulukko 1. Aurinkopaneelin NSP D6P260E3A tiedot. [9.]

Teho	260 W
Maksimivirta	8.47 A
Maksimijännite	30.73 V
Avoimen piirin jännite	37.67 V
Oikosulkuvirta	8.87 A
Koko (korkeus x leveys x syvyys)	1640 mm x 992 mm x 35 mm
Paino	18 kg

Aaltoyliopiston kannattavuuslaskurista johdettu kaava laskee aurinkopaneeleille tarvittavan nimellistehon kaavan 2 avulla. [29]

$$\frac{E_t}{c} \cdot 1000 \frac{W}{m^2} \quad (2)$$

E_t on järjestelmän energiantarve

C on auringon keskimääräinen säteilyenergian teho

$1000 \frac{W}{m^2}$ on auringon keskimääräinen säteilyenergian teho jota on käytetty paneelin nimellistehon laskemiseen

Paneeleiden nimellisteho saadaan laskettua kaavan 2 avulla, kun sijoitetaan paneelin arvot.

$$\frac{8000 \frac{W}{m^2}}{706 \frac{W}{m^2}} \cdot 1000 \frac{W}{m^2} = 11331 \text{ W} \quad (2)$$

Nimellisteho jaetaan valitun paneelin teholla, jotta saadaan paneelien lukumäärä laskettua.

$$\frac{11331 \text{ W}}{260 \text{ wp}} = 44 \text{ kpl}$$

Paneeleita pitäisi siis olla 44 kpl

Paneelien yhteishinta on

$$44 \text{ kpl} \cdot 229 \text{ €/kpl} = 10\,076 \text{ €}$$

Neljälle paneelille tarkoitettu teline maksaa 340 €, eli koko järjestelmälle

$$340 \cdot \frac{44}{4} = 3740 \text{ €}.$$

Maahan sijoitettuna tilaa kuluisi noin 100 neliometriä jos jokainen paneeli olisi 45 asteen kulmassa etelään päin. Paneelit sijoitettaisiin neljään riviin, jokaisessa rivissä olisi 11 paneelia. Rivin pituus on 10 metriä. Jokaisen rivin välistä pitäisi varata tilaa, jotta taaempi paneelirivi ei jäisi etummaisen varjoon. Neljä riviä paneeleita on 10 metriä pitkä. Katolle sijoittaessa paneelien tulisi osoittaa etelään, koska itä- tai länsisuuntaan osoittaessa tehohäviö on 25 prosenttia, ja silloin paneelien määrää täytyisi kasvattaa 25 prosenttia suuremmaksi. [13; 9; 19.]

Akusto

Auringon paiste ei ole jatkuvaa. Välillä auringon paiste estää pilvet ja välillä aurinko on horisontin alapuolella. Tällöin aurinkopaneelit eivät tuota sähköä, mutta sille saattaisi kuitenkin olla tarvetta. Energia voidaan ladata akkuihin ja käyttää sieltä myöhemmin. Akusto koostuu monesta akusta ja muodostavat yhdessä ison kapasiteetin verrattuna normaaliin vapaa-ajan akustoon. Akkuja on markkinoilla erikokoisia, mutta valitsimme mahdollisimman suuren akuston ison järjestelmämme takia.

Mitoitetaan akusto 3000 ampeeritunnin kokoiseksi, koska se riittää muutaman päivän käyttöön, kun akkuja puretaan 12 tunnin ajan ja tunnin käyttö on 1,5 kilowattituntia. Sen aikana akkuja ladataan aina auringon paistaessa. Akusto kannattaa myös ylimitoittaa, koska se lisää niiden elinikää. Akuksi valitaan AGM-akku. AGM-nimi tulee sanoista Absorbent Glass Matt (imeytetty lasivillamatto). Akun toiminta perustuu erottimena toimivaan lasivillamattoon. Yksi akku on 260 A:n suuruinen ja tällöin saadaan laskettua akkujen tarvittava määrä. Valitun akun tiedot ovat taulukossa 2. [14; 15.]

Taulukko 2. akun teknisiä tietoja

Akun tiedot	
Kapasiteetti (Ah)	260
Jännite (V)	12
Tyyppi	AGM
Huoltovapaa	Kyllä
Mitat (PxLxK) (mm)	518 x 276 x 242
Paino (kg)	60

Koko akuston koko on 3000 Ah ja yhden akun koko on 260 Ah. Lasketaan montako akkua tarvitaan:

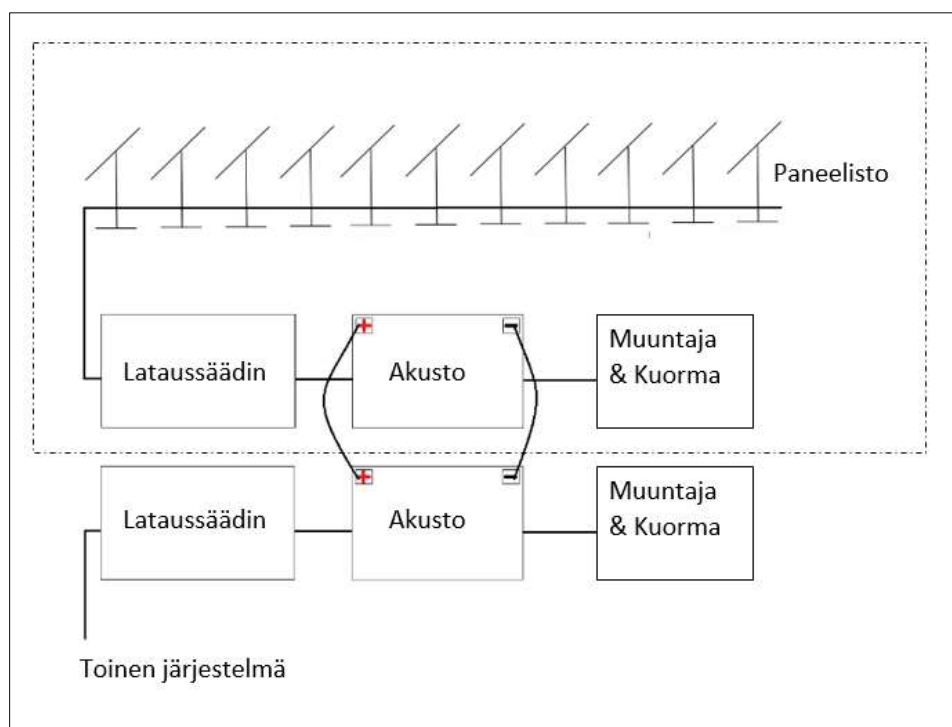
$$\frac{3000Ah}{260 \frac{Ah}{kpl}} = 11,5 \text{ kpl}$$

Akun hinta on 485 euroa kappale ja niitä tarvitaan 12 kappaletta.

$$12 \text{ kpl} * 485 \text{ €/kpl} = 5820 \text{ €}$$

Akut on uusittava 10 vuoden välein. Akkujen tilavaatimus on oltava katettu, hyvin tuuletettu ja kuiva. Akut ovat kooltaan 552 mm * 240 mm * 240 mm ja painavat 60 kg/kpl. Akut tarvitsevat siis 7 metriä tukevaa hyllytilaa. Akut voidaan myös sijoittaa lattialle. [16.]

Järjestelmä on jaettu neljään osaan, koska lataussäädin ei kestä koko järjestelmän tehoa. Jokainen osa on samanlainen. Kuvassa 4. on demonstroitu yhden järjestelmän kytkentä periaatekuvana. Akustot ovat kytketty rinnakkain jokaisen järjestelmän välillä, niin ettei akustoilla olisi jännite-eroja.



Kuva 4. Periaatekuva aurinkopaneelijärjestelmän yhdestä osasta ja sen liittamisestä muihin järjestelmiin.

Lataussäädin

Victron Energy BlueSolar MPPT 150/70 (kuva 5) lataa akut 83A latausvirralla. Latausteho on pieni 3000 ampeeritunnin akustolle, koska laturilla kestäisi 36 aurinkoista tuntia ladatakseen akuston täyteen. Laitteita voi kuitenkin kytkeä useamman rinnakkain mikä nopeuttaa latausta. Lataussäädin asetetaan paneelien nimellisvirran mukaan toimimaan 36 voltin jännitteellä.

Tällaisen järjestelmän tehontarpeelle tarvitaan neljä laturia ja ne muodostavat yhden yhteisen verkon. Laturi muuntaa myös sähkön 230 v järjestelmään sopivaksi, mikä mahdollistaa vapaa-ajan asunnon mukavuudet hiustenkuivaajasta pesukoneeseen. Invertterin tekniset tiedot ovat liitteestä 3. Laitteen hinta on 725 euroa kappale. [18; 17.]



Kuva 5. Victron Energy BlueSolar MPPT 150/70invertteri/laturi [17; 18.]

Aurinkopaneelijärjestelmän kaapelointi

Lataussäätimen teho on 3000 wattia. Se mahdollistaa yhdentoista rinnakkain kytketyn paneelin kytkennän. Aurinkopaneelien jännite on 36 voltia. Maksimi jännitteen alenema on tässä kohteessa 8 %:n SFS 600-5-52 taulukon 52G mukaan. Lasketaan kuparikaapelin pituus 15 metrin pituisena. Ohmin laista ja tehon kaavasta saadaan johdettua kaava. [46]

$$I = \frac{P}{U^2} \Rightarrow \frac{3000 \text{ W}}{36 \text{ V}} = 83 \text{ A} \quad (14)$$

P on lataussäätimen teho

U on aurinkopaneelien jännite

I on kaapelissa kulkeva virta

Valitaan kaapeli, jota saa kuormittaa 83 A virralla. SFS 6000-5-52 taulukossa B.52.2 seurataan D-saraketta, koska taulukon B.52.1 se vastaa maahan asennettua kaapelia. 10 mm² -paksuista kaapelia ei voida käyttää sen 77 ampeerin maksimi kuormitettavuuden takia. 16 mm², 25 mm² ja 35 mm² kaapelit ja vertaillaan niiden jännitehäviötä. Kaapeleiden maksimikuormitettavuudet ovat 100 A, 130 A, 160 A. [46]

Kaapelin jännitehäviö saadaan SFS 6000-5-52 liitteen 52G kaavalla. [46]

$$U_{\text{kaapeli}} = b * \left(p_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B \quad (15)$$

C_i on jännitteenalenema voltteina

b on kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaihepiirille

p₁ on johdinmateriaalin resistiivisyys normaalikäytössä (kuparilla 0,0175 Ω/m)

L on johtojärjestelmän pituus metreinä

S on johtimen poikkipinta-ala mm²:nä

cos φ on tehokerroin. 1-vaiheisessa järjestelmässä vaihe-eroa ei ole

sin φ on tehokerroin. 1-vaiheisessa järjestelmässä vaihe eroa ei ole

λ on johtimen reaktanssi pituusyksikköä kohden. Jos ei ole tiedossa tarkkoja arvoja, reaktanssin oletetaan olevan 0,08 mΩ/m

I_B on suunniteltu virta ampeereina

Lasketaan kaapelien jännitehäviöt yksi kaapeli kerrallaan järjestyksessä 16 mm², 25 mm² ja 35 mm².

$$U_{16\text{mm}^2} = 2 * (0,0175 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} * \frac{15 \text{ m}}{16 \text{ mm}^2} * 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m} * 15 \text{ m}) * 83 = 3,268 \text{ V} \quad (15)$$

$$U_{25\text{mm}^2} = 2 * (0,0175 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} * \frac{15 \text{ m}}{25 \text{ mm}^2} * 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m} * 15 \text{ m}) * 83 = 2,092 \text{ V} \quad (15)$$

$$U_{35\text{mm}^2} = 2 * (0,0175 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} * \frac{15 \text{ m}}{35 \text{ mm}^2} * 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m} * 15 \text{ m}) * 83 = 1.494 \text{ V} \quad (15)$$

Jännitteen alenema prosentteina lasketaan

$$\Delta_{\text{kaapeli}} = \frac{100}{U} * U_{\text{kaapeli}} \quad (16)$$

Δ_{kaapeli} on jännitteen alenema prosentteina

100 on kerroin

U on kaapelin jännite (36 V)

U_{kaapeli} on kaavalla [15] laskettu arvo

$$\Delta_{16} = \frac{100}{36} * 3,268 \text{ V} = 9,07 \% \quad (16)$$

$$\Delta_{25} = \frac{100}{36} * 2,092 \text{ V} = 5,81 \% \quad (16)$$

$$\Delta_{35} = \frac{100}{36} * 1,494 \text{ V} = 4,15 \% \quad (16)$$

”Yleisenä tavoitetasona voidaan pitää 4 % mitattuna asennuksen nimellisjännitteestä”- [45]

Valitaan kaapeliksi 35 mm² kaapeli.

Yhden lataussäätimen ja paneelien välinen matka on plus ja miinus kaapelilta yhteensä 15 metriä. Lataussäätimiä on neljä kappalaetta

Kaapelin hinta on 10 € metri

$$10 \text{ €} / \text{m} * 15 \text{ m} * 4 \text{ kpl} = 600 \text{ €}$$

Koko aurinkopaneelijärjestelmän hinta saadaan aurinkosähköjärjestelmän komponenttien summalla:

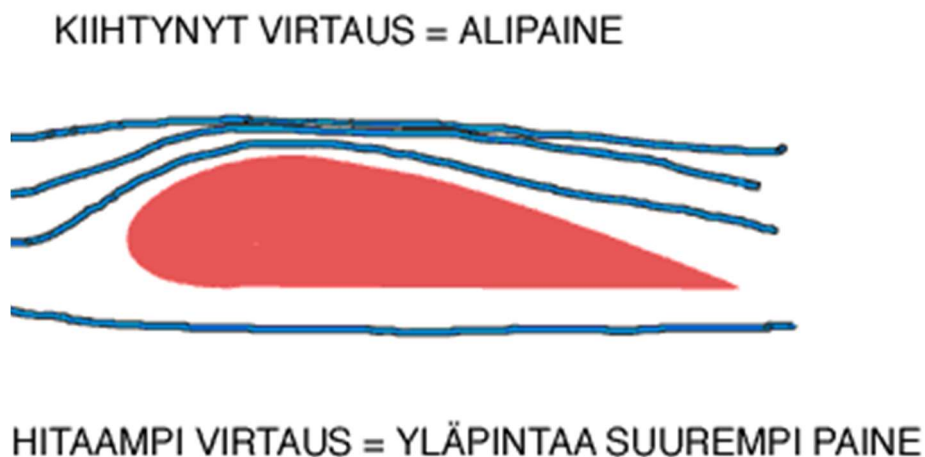
Paneelit +paneelien telineet + akusto + neljä lataussäädintä + kaapelointi

$$10076 \text{ €} + 3740 \text{ €} + 5820 \text{ €} + 2900 \text{ €} + 600 = 23\ 150 \text{ €}$$

Aurinkosähköllä lämmittäminen ei ole mahdollista marraskuun-helmikuun aikana, koska auringonpaiste on todella vähäistä ja lämmitystarve iso.

3.2 Tuulivoima

Tuulivoimassa otetaan ilmavirtauksen liike-energia käyttöön tuuliturbiinin avulla. Perinteinen viljan jauhoiksi jauhava tuulimylly perustui myllyn siipiä liikuttavaan tuulen painevoimaan. Roottori ei kuitenkaan pysty hyödyntämään koko siiville kohdistuvaa energiaa. Nykyaikaiset kapeammilla ja aerodynaamisilla lavoilla olevat tuulivoimalat saavat energiansa roottorin liikkeelle panevan tuulen aiheuttaman nostovoiman ansiosta. Nostovoima syntyy siiven kohdatessa ilmavirran. Ilmavirta jakaantuu siiven ylä- ja alapuolelle. Ilma on ohuempaa siiven päällä, koska ilma joutuu kulkemaan pidemmän matkan päästäkseen toiselle puolelle siipeä. Kuvassa XX on poikkileikkauskuva siiven päästä katsottuna. Kuvassa 6. Siiven päällä oleva ohuempi ilma synnyttää alipaineen joka toimii nostovoimana. [21; 47.]

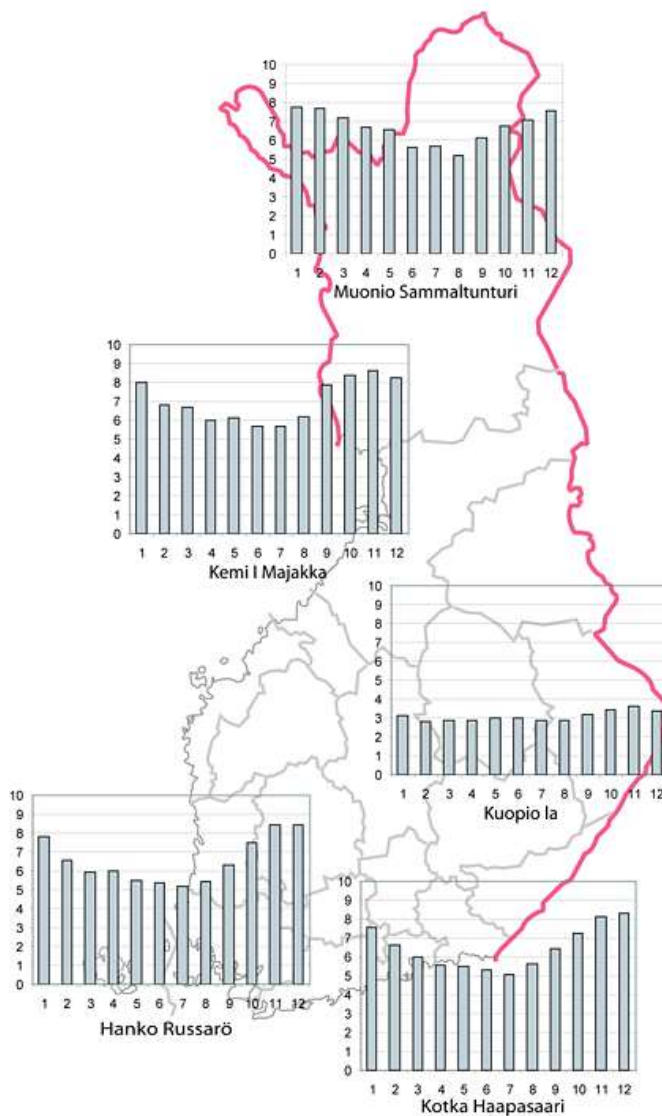


Kuva 6. Siiven poikkileikkauskuva päästä katsottuna. [47.]

Tuulen nopeus Suomessa

Vaikuttavin tekijä Suomen tuuliolosuhteissa on varmasti Atlantti. Atlantilla syntyvät tuulet ja sieltä kulkeutuvat ilmamassat liikkuvat usein maamme ylitse. Tämän ansiosta Suomi on Etelä-Eurooppaan verrattuna parempi paikka tuulivoimalle. Brittein saaret, Norjan rannikko ja Tanska sijaitsevat lähempänä Atlantin valtamerä ja täten hyötyvät enemmän kovasta merituulesta. [21.]

Yleensä sääasemat sijoitetaan ihmisen havaintokorkeudelle, koska tuulen nopeus riippuu korkeudesta merenpintaan nähden. Havaintoasemilta saaduista tiedoista voidaan päätellä, että tuulen nopeus riippuu myös vuodenajasta. Toisin kuin aurinkovoimalla, tuulivoimalla saadaan enemmän energiaa talvella. Tuulen voimakkuuteen vaikuttaa myös sijainti. Meri-, rannikko- ja tunturialueet ovat parhaita paikkoja tuulivoimalan sijoittamiselle. Sisämaassa vuotuinen tuulennopeus on huomattavasti pienempi kuin rannikolla. Kuvasta 7 voidaan nähdä, miten meri-, tunturi- ja sisämaan olosuhteet vaikuttavat tuulen nopeuteen Suomessa. Kuopion tuuliolosuhteet katsotaan vastaavan sisämaan tuuliolosuhteita. [21.]



Kuva 7. Tuulen keskimääräinen nopeus Suomessa eri alueilla. [21.]

Tuulivoimalat yksityiskäyttöön

Pienet tuulivoimalat ovat pääsääntöisesti tarkoitettu vapaa-ajanasuntojen akuston lataamiseen. Voimala lataa akuston täyteen, ja yli menevä energia ohjautuu automaattisesti lämmitykselle.

Tuulivoimaloissa ilmoitettava nimellisteho tuotetaan tietyllä tuulen nopeudella. Tämä ei kuitenkaan vastaa todellista tuottoa. Kuvassa 5 voi todeta, että keskimääräinen tuulienopeus Suomessa on paljon pienempi millä tuulivoimalan ilmoitettu nimellisteho voidaan tuottaa.

Tuulivoimalan potkurin halkaisijalla on merkittävin eroavaisuus nykyaikaisten tuulivoimaloiden energiantuotannon välillä. Markkinoilla olevat koot ovat 26 senttimetrin ja 10 metrin välissä. Tehot ovat 108 watista 10 kilowattiin. Myös käynnistysnopeus vaihtelee eri merkkien välillä.

Vertaillaan kolmea isomman kokoluokan tuulivoimalaa.

Tuule C200:n halkaisija on 5 m. Nimellisteholtaan se on 4 kW (10 m/s).

Windspot 7,5 kW:n potkurin halkaisija on 6.3 m ja nimellisteho 7,5 kW (12 m/s).

Ilmari 10 kW:n potkuri on isoin, 9,5 m halkaisija. Nimellisteho on jo 10 kW (9.5 m/s)

Tuulivoimaloiden nimellistehot ovat ilmoitettu eri tuulienopeuksilla, eli nimellistehot eivät ole suoraan verrannollisia. Taulukossa 3 vertaillaan tuulivoimaloiden tuottoa. Tuotto 3 m/s vastaa Kuopion keskimääräistä tuulienopeutta ja 7 m/s vastaa Kemin majakassa saatuja tuulienopeuksia. [10; 22; 23.]

Taulukko 3. eri tuulivoimaloiden tekniset tiedot ja laskennalliset vuosituotot

Taulukko 3.	Tuule C200	Windspot 7,5 kW	Ilmari 10 kW
roottorin halkaisija (m)	5	6,3	9,5
nimellisteho (kW/(m/s))	4 (10)	7,5 (12)	10 (9,5)
ulostulo jännite (V)	0 - 230	230	230
käyntiinlähtö nopeus (m/s)	1,9	3	2.5
tuotto 3 m/s (W)	250	330	450
tuotto 7 m/s (W)	1500	2500	5000
vuosituotto 3 m/s (kWh)	2200	3000	6000
vuosituotto 7 m/s (kWh)	10800	25000	42000
max. tuotto (kW)	4200	8000	10200
Maston korkeus (m)	12 tai 18	12, 18 tai 24	18 tai 24
Hinta alk. (€)	15 900	30 000	35 000

Taulukon luvuilla voidaan laskea kuinka, paljon tuulivoimalat tuottavat vuorokaudessa latausvirtaa akkuihin. Sisämaan tuuliolot eivät mahdollista edes suurimmalla Ilmari 10 kW käytöllä tuottamaan koko kesämökin energiantarvetta, mutta rannikolla jokainen tuulivoimaloista tuottaisi jo tarvittun 8000 kilowattitunnin määrän tehoa. [10; 22; 23.]

Tuulivoimala tarvitsee lataussäätimen. Se muuttaa tuuligeneraattorin tuottaman vaihtovirran akuille sopivaksi tasavirraksi. Tämän ansioista tuulivoimalan latausjohto voi olla suhteellisen ohut, koska sähkö siirretään vaihtovirtana lähelle akustoa. Muutaman lataussäätimien hinnat ovat lueteltu taulukossa 4.

Taulukko 4. Lataussäätimien hinnat. [24.]

Teho	Jännite	Hinta
5 kW	48v	2100,-
7,5 / 10 kW	240v	2676,-

Tuuliolosuhteet vaikuttavat järjestelmän mitoitukseen. Rannikolla tuuliolosuhteet ovat huomattavasti paremmat, kuin sisämaassa. Rannikolla neljä kilowattinen Tuule C200 riittäisi tuottamaan tarvittavan tehon. Sisämaassa kuitenkin yksikään taulukon 3 tuulivoimaloista ei pystyisi saavuttamaan riittävää tehoa, vaan voimaloita jouduttaisiin käyttämään enemmän.

Tuulivoimajärjestelmä sisämaassa

Sisämaan tuuliolosuhteilla tuulivoimala tarvitsee useamman tuulivoimalan. 8000 kilowattitunnin tuottamiseen tarvitaan Ilmari 10 kW ja Tuule C200 tuulivoimalat. Niiden yhteishinta on 50 900 euroa. Järjestelmä vaatii myös kaksi lataussäädintä. Ne maksavat yhteensä 4776 euroa. Akustona käytetään samaa akustoa kuin aurinkojärjestelmässä. Akuston hinta on kaapelointineen 6060 euroa. Yhteishinnaksi saadaan 61 736 euroa.

Tuulivoimajärjestelmä rannikolla

Rannikon suotuisten tuuliolosuhteiden ansiosta Tuule C200 tuottaa jo yli 10 kilowattituntia vuodessa. Tämä mahdollistaisi pelkästään vain yhden tuulivoimalan käytön vuotuisen 8000 kilowattitunnin tuottamiseen. Tuule C200 maksaa 15 900 euroa. Viisi kilowattinen lataussäädin maksaa 2100 euroa ja akusto 6060 euroa. Yhteishinta on 24 060 euroa.

3.3 Valtakunnanverkko

Suomen sähköverkko koostuu monesta eri komponentista. Voimajärjestelmään koostuu voimalaitoksia, suurjännitteisestä jakeluverkosta, jakeluverkosta, kantaverkosta ja sähkön kuluttajista. Verkkomme kuuluu yhteispohjoismaiseen sähköjärjestelmään. Jäsenmaita ovat Ruotsi, Norja ja Itä-Tanska. Suomesta on myös luotu tasasähköyhteydet Venäjälle ja Viroon. Yhteispohjoismainen sähköjärjestelmä on myös liitetty tasasähköyhteyksillä Keski-Euroopan järjestelmään. [25.]

Sähköliittymä mökkitontille

Sähköliittymän hankinta omalle tontille edellyttää erilaisia toimenpiteitä. Kuluttajalla on hyvä olla valmis sähkösuunnitelma pääsulakkeiden mitoittamista varten. Sulakekoko riippuu järjestelmän koosta ja järjestelmässä käytettävien laitteiden tehosta. Koot alkavat 3 x 25 A:sta ja niitä on mahdollista ostaa yli 200 A:n kokoisia. Liittymien kokoluokkia on taulukossa 5. Normaalisti vapaa-ajan asunnoilla käytetään pienintä sulakekokoa eli 3 x 25 A:n pääsulakkeita järjestelmien pienien kokojen ja vähäisen sähkön kulutuksen takia.

Sähköliittymän hinta Järvisuomen energialla

Järvisuomen energian liittymän hinta määräytyy pääsääntöisesti pääsulakkeiden ja vyöhykkeen mukaan. Vyöhyke on aluekaavasta riippuvainen. Ne jakautuvat pääsääntöisesti vyöhyke 1 ja vyöhyke 2 -alueisiin. Vyöhyke 1 on tarkoitettu asemakaava-alueella sijaitseviin liittymiin. Vyöhykkeen 2 hinnat ovat tarkoitettu sovellettavaksi kaava-alueiden ulkopuolella enintään 800m etäisyydelle muuntamoista tai normaaleista verkkorakenteista. [liite 1]

Taulukko 5 Liittymismaksut Järvisuomen energialla sulakekoon mukaan. [43.]

LIITTYMISMAKSUT (alv 0 %)

Pääsulake	Vyöhyke 1 €	Vyöhyke 2 €
3 x 25 A	2 930	5 120
3 x 35 A	3 790	6 130*
3 x 50 A	5 110	7 810*
3 x 63 A	6 200	9 470*
3 x 80 A	7 520	10 950**
3 x 100 A	9 200	12 640**
3 x 125 A	11 500	14 990**
3 x 160 A	14 720	17 450**
3 x 200 A	18 400	21 400**
Yli 3 x 200 A	92 €/A	107 €/A**

Verkkoyhtiö veloittaa myös työtunneista, mittarin asennuksesta ja verkkoon kytkennästä 320 euroa jos töihin kuluu kaksi tuntia aikaa. [43.]

Sähkön hinta

Sähköstä maksetaan yleensä perushinnan ja kulutettujen kilowattien mukaan. Kulutettujen kilowattien määrän laskee jokaisessa taloudessa oleva kilowattituntimittari. Sähkölaitos laskuttaa kuluttajaa käytetyistä kilowattitunneista sopimuksen mukaan. Sähkøyhtiöillä on erilaisia sopimusvaihtoehtoja. Sopimusten hinnat näkyvät taulukossa 6. Pääsääntöisesti niiden erot ovat tunti-, kiinteän- ja pörssihinnan välillä. Tuntihinnalla maksetaan tietyltä vuorokauden tunnilta tietty hinta. Kiinteässä hinnassa on sopimuksen mukainen hinta. Pörssihinta perustuu suoraan sähköpörssin vaihtuvaan tuntihintaan. Sähköhintaan vaikuttaa myös verkkopalvelumaksu ja verot. Sähkön hinta koostuu karkeasti 1/3 sähköstä 1/3 verkkopalvelumaksuista ja 1/3 veroista. [43.]

Taulukko 6 Suursavon sähkön perushinnasto. [43.]

	Energiamaksu snt/kWh	Kuukausimaksu €/kk
Yleissähkö	6,06	4,49
Yösähkö		4,49
Päiväenergia	6,58	
Yöenergia	5,21	
Vuodenaikäsähkö		4,49
Talviarkipäivä	7,19	
Muu aika	5,50	

Ympäristöministeriön mukaan Suomessa vapaa-ajanasunnoiden keskimääräinen vuotuinen sähkönkulutus on 8000 kilovattituntia, josta 7000 kilowattituntia on lämmitystä. Lämmitys voidaan käyttää halvemmalla yö energialla. 3x25 ampeerinen liittymän perusmaksu maksaa yleisähköllä 28,07 euroa kuukaudessa. Jos käytössä on vuorokauden ajan mukaan veloittava sopimus, niin kuukausimaksu on 50,34 euroa. Vuodessa perusmaksut maksavat yleissähköllä 336.84 euroa ja yösähköllä 604.08 euroa. Hintojen lisäksi sähköstä peritään sähkövero. Vero on 2,8 snt/kWh. [43.]

Laskelma vuotuisesta energianhinnasta.

Yösähköllä maksettava energian hinta lasketaan kaavalla

$$A + B + C + D \quad (8)$$

A on yöllä käytetyn sähkön hinta + siirto [9]

B on päivällä käytetyn sähkön hinta + siirto (10)

C on perusmaksu yösähköllä

D on sähkövero (11)

$$A = (7000 \text{ kWh} * 5,21 \text{ snt}) + (7000 \text{ kWh} * 1,31 \text{ snt}) = 456,40 \text{ €} \quad (9)$$

$$B = (1000 \text{ kWh} * 6,58 \text{ snt}) + (1000 \text{ kWh} * 3,03 \text{ snt}) = 98,80 \text{ €} \quad (10)$$

$$C = 604,08 \text{ €}$$

$$D = 2,8 \text{ snt/kwh} * 8000 \text{ kwh} = 224 \text{ €} \quad (11)$$

$$A + B + C + D = 1383,28 \text{ €} \quad (8)$$

Yleissähköllä maksettava energian hinta lasketaan kaavalla

$$D + E + F \quad (12)$$

$$D \text{ on sähkövero} \quad (11)$$

$$E \text{ on yleissähkön hinta + siirto} \quad (13)$$

F on perusmaksu yleissähköllä

$$D = 2,8 \text{ snt/kWh} * 8000 \text{ kWh} = 224 \text{ €} \quad (11)$$

$$E = (8000 \text{ kWh} * 6,06 \text{ snt}) + (8000 \text{ kWh} * 3,62 \text{ snt}) = 774,4 \text{ €} \quad (13)$$

$$F = 336,84$$

$$D + E + F = 1335,24 \text{ €} \quad (12)$$

Kokonaishinta

3 x 25 ampeerin liittymän avaaminen maksaisi yhteensä töineen ja tarvikkeineen 4350 euroa tai 6540 euroa vyöhykkeestä riippuen. Hinnassa on otettu huomioon liitteestä 2 löytyvät palveluhinnat. Urakoitsijan arvio sähköpääkeskuksen ja 10m:n liityntäkaapelin hinnaksi on katsottu 1100 € sisältäen asennuksen.

Yö- ja yleissähkön hintojen välillä ei ole huomattavaa eroa. Vuotuinen energian hinta on 1335,24, kun kesä-asunto lämmitetään sähköllä.

4 Lämmitysjärjestelmät

Hirsihuvilan mukavuuden ja käyttökokemuksen luo hyvä lämmitysjärjestelmä. Lämmitys on aina ollut iso kysymys taloa tai mökkiä rakennettaessa. Nykypäivänä se on paljon laajempi ja asiaan paneutumista vaativa uusien lämpöpumppujärjestelmien takia. Vihreys ja ekologisuus ovat myös nykypäivänä isoja kysymyksiä lämmitysjärjestelmää valittaessa. Energiatehokas Koti-hanke on listannut vaihtoehtoja ja valintaperusteita pientalon lämmitysjärjestelmille. [26]

- ekologisuus (hiilidioksidi- ja pienhiukkaspäästöt);
- polttoaineen hinta (tulevaisuuden hintakehitys);
- helppohoitoisuus (varmatoimisuus);
- käyttökustannukset;
- investointikustannukset; ja
- tilantarve.

Nämä vaihtoehdot ovat hyviä ottaa huomioon myös kesämökin lämmitystä suunniteltaessa. Kesäaasunnolla on otettava myös huomioon, halutaanko siellä pitää peruslämpö, eli onko mökki jatkuvasti lämmitettynä. Tämä mahdollistaisi esim. vesikiertoisten järjestelmien käytön. [26.]

4.1 Hyvä lämmitysjärjestelmä vapaa-ajanasunnolla

Moni haluaa mennä viettämään vapaa-aikaansa rauhallisesti ja huolettomasti kesämökilleen. Tällöin on tärkeää, että lämmitysjärjestelmä toimii moitteitta ja varmasti. Järjestelmässä ei siis saisi olla liikaa huoltoa kaipaavia osia, jotka aiheuttavat käyttökatkoja ja kustannuksia.

Vapaa-ajanasunnon lämmitysjärjestelmää valittaessa on hyvä ottaa kaksi asiaa huomioon. Onko rakennus talvi käytössä ja pidetäänkö siellä peruslämpöä? Esimerkiksi ilmalämpöpumppua ei voi käyttää alle -15 °C ... -35 °C lämpötiloissa mallista riippuen. Peruslämpöä ei voida ylläpitää pelkällä puulämmityksellä ympäri vuoden, koska puita pitäisi lisätä jatkuvasti.

Suurinta osaa ihmisistä kiinnostaa varmasti järjestelmän hinta ja sen käytöstä aiheutuvat kustannukset. Lämmitysjärjestelmien hinnat eroavat toisistaan huomattavasti. Opinnäytetyössä on otettu huomioon myös sähkön tuottaminen omavaraisesti. Täten myös sähkön tuottamisen kustannuksissa on isoja eroja.

Vihreys ja ekologisuus ovat monelle tänä päivänä iso asia. Oman tuotannon lisääminen vähentää valtakunnan verkosta saatavan ”epäekologisen” sähkön käyttöä. Moni sähköyhtiö tarjoaa vihreää sähköä, joka on tuotettu tuuli-, vesi- tai aurinkoenergiaa hyödyntäen. Sähköyhtiöt ottavat tästä kuitenkin isomman hinnan kuin normaalista sähköstä.

Hyvä lämmitysjärjestelmä toimii niin kuin se on suunniteltu. Se on helppokäyttöinen, investointi ja käyttökustannukset ovat käyttäjälle mieluisat. Lämmitysjärjestelmä on tarvittaessa myös ekologinen.

4.2 Suorasähkölämmitys

Suorassa sähkölämmitysjärjestelmässä rakennus lämmitetään samalla hetkellä kuin sähkö käytetään. Tällöin lämpöä ei varastoida mihinkään vaan se luovutetaan suoraan lämmitettävään tilaan. Ohjausjärjestelmänä toimii yleensä termostaattiohjaus joka pitää lämpötilan halutulla tasolla. Lämmön tuotto ja luovutus tapahtuvat normaalisiin radiaattorissa, eli ns. patterissa. Patteri on yleensä ulkoseinään ikkunan alle kiinnitettävä lämmitin. Toiminta perustuu lämpöä antavaan konvektoriin. Lämmittimen kuumat pinnat saavat aikaan ilmavirtauksen. Ilmavirtaus lämmitetään ja lämmin ilma leviää huoneeseen ja huoneesta tulee korvaava ilma uudestaan lämmitettäväksi. [27.]

Sähkölämmityksen edut

Sähkölämmittämisellä on monia etuja ja sen ylivoimainen etu on helppo säädettävyys ja hallittavuus. Ne ovat talon rakentajan ja sen käyttäjän pakollisia vaatimuksia. Edut liittyvät tekniikkaan, kustannuksiin ja käyttökokemuksiin. Sähkölämmitys on hyvä valinta pohjoismaisiin oloihin, jossa luotettavuus, taloudellisuus ja tehokkuus ovat suuressa roolissa. Suoran sähkölämmityksen luotettavuus pohjautuu termostaattiin, joka säätelee

lämmön aina tasaisesti ja ottaa huomioon muut lämmityslähteet ja jakaa lämmön niiden mukaan. Tällöin sähkölämmitin ei tuota turhaan lämpöä ja energiaa ei kulu hukkaan. Termostaatin ansiosta järjestelmä on oikein mitoitetuna, asennettuna ja käytettynä myös taloudellinen. Alkuinvestointi on myös pieni verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin halvan hintansa ja helpon asentamisen takia. Sähkölämmittimen käyttö on helppoa ja oikein käytettynä turvallista. [27.]

Suorasähkölämmityksen hinta

Sähköpattereita on markkinoilla laajasti erilaisia. Toiset ovat pystymallisia ja toiset vaakamallisia. Vaakamalli on parempi vaihtoehto hirsirakennuksessa, koska ne voidaan sijoittaa lämmitysenergiaa käyttävän viileän ikkunan alle. Sähkölämmittimien hyötysuhde on lähes 100 prosenttia, joten ne voidaan valita huonekohtaisen lämmitystehon tarpeen perusteella. Lämmittimien pitäisi kuitenkin olla suunnilleen ikkunan levyisiä. Normaalisti lämpöpatterit mitoitetaan 15-35 W/m². Matalaenergiataloissa tehon tarve on 15 W/m². Enston Lista-lämmittimen mitoituskaaviosta voidaan laskea tarvittava tehomäärä lämmitykselle. [27.]

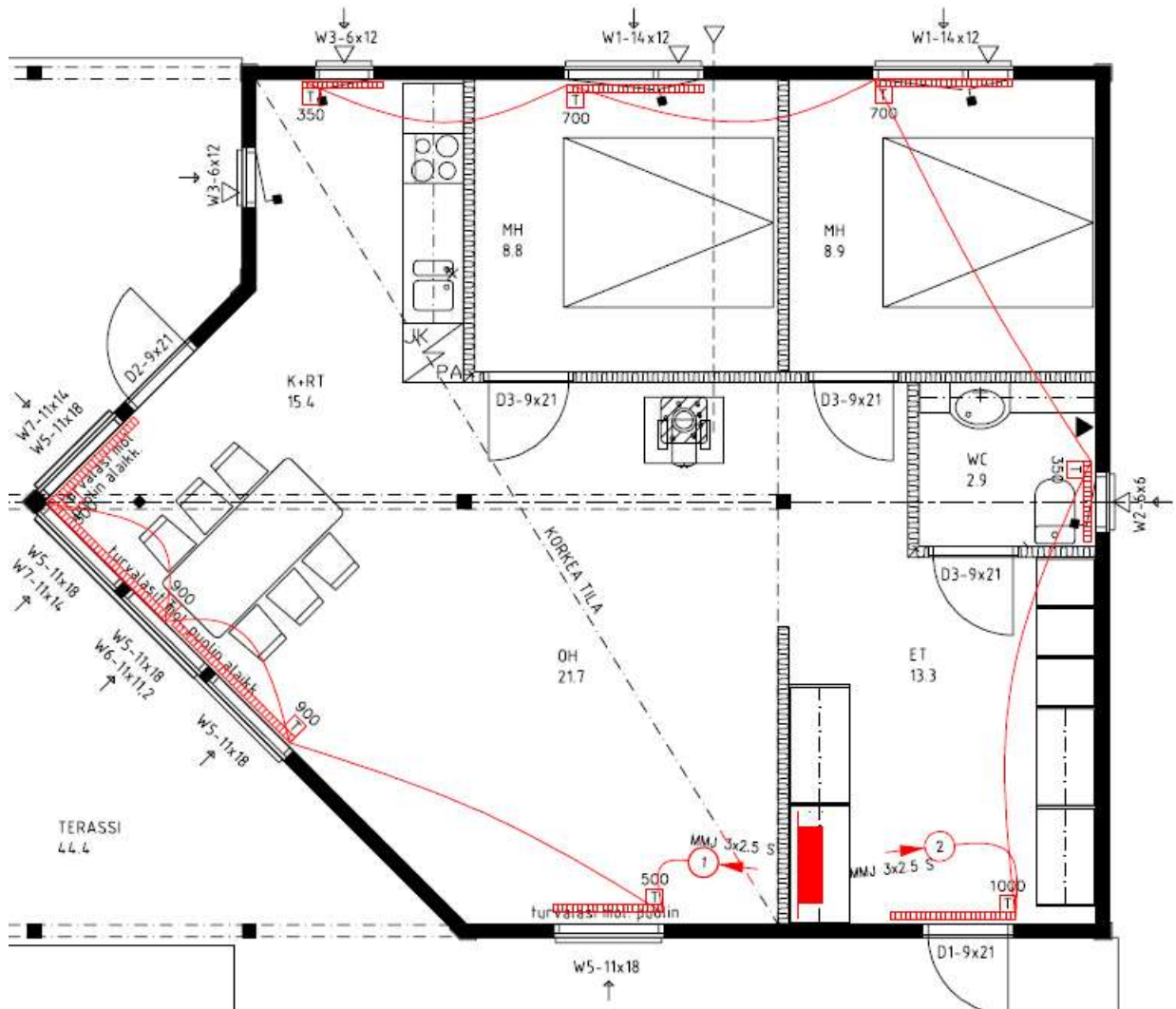
Taulukko 7. Enston Lista-lämmittimen mitoituskaavio

TEHO (W)	LÄMMITETTÄVÄ ALUE (m ²), KUN MITOITUSTEHO ON			LÄMMITETTÄVÄN ALUEEN TILAVUUS (m ³)		
	15 W / m ²	25 W / m ²	35 W / m ²	15 W / m ³	25 W / m ³	35 W / m ³
150	4	2	2	10	6	4
200	5	3	2	13	8	6
350	9	6	4	23	14	10
500	13	8	6	33	20	14
550	15	9	6	37	22	16
700	19	11	8	47	28	20
800	21	13	9	53	32	23
900	24	14	10	60	36	26
1000	27	16	11	67	40	29
1200	32	19	14	80	48	34

Taulukon mukaan 7 neliömetrinen tila vaatii 25 wattia neliötä kohti. Tämä tarkoittaisi, että lämmityksen tarve olisi 5000 wattia. Lämmitysjärjestelmä on viisasta mitoittaa reilusti suuremmaksi vapaa-ajan asunnossa. Tällöin loma-asunnolle tullessa mökin saa lämmitettyä nopeasti haluttuun lämpötilaan. Vapaa-ajan asunnon lämmönhukka on suurempi kuin normaaleissa asunnoissa. [27.]

Lämmittimien sijoitus kohteeseen

Lämmittimet sijoitetaan ikkunoiden alle. Eteisen lämmitys on suunniteltu toteutettavaksi säteilylämmittimellä, koska siellä ei ole tilaa normaalille seinäpatterille. Sähkölämmitys on jaettu kahteen ryhmään. Ryhmiä syötetään mmj 3 x 2,5 S kaapeleilla. Johdonsuojakatkaisijat mitoitetaan 16 A:n kokoisiksi. Yhden ryhmän tehonkesto on 3,6 kilowattia. Ensimmäinen ryhmä on kooltaan 2800 wattia. Se koostuu kahdesta 900 wattisesta ja kahdesta 500 W:n lämmittimestä. Toinen ryhmä on kooltaan 3100 kilowattia. Se koostuu kahdesta 350 W:n lämmittimestä, kahdesta 700 W:n lämmittimestä ja yhdestä 1000 W:n säteilylämmittimestä. Lämmittimet on sijoitettu huviaan kuvassa 8. [27.]



Kuva 8. Lämmityspiirustus.

Taloon.com myy patterit seuraavin hinnoin:

Ensto Lista 350 w on 161,9 €

Ensto Lista 500 w on 135,9 €

Ensto Lista 700 w on 155,9 €

Ensto Lista 900 w on 224,9 €

Säteilylämmitin 1000 w 109 €

Yhteishinta on 1466,2 €

[28, 29.]

4.3 Lämpöpumput

Lämpöpumput ovat laitteita, jotka siirtävät lämpöenergiaa kylmemmästä tilasta lämpimämpään. Useimmiten lämpöpumpuilla tarkoitetaan ilmalämpöpumppua. Lämpöpumppu voi olla myös maalämpöpumppu. Toiset lämpöpumput johtavat lämmön veteen jota käytetään asunnon lämmittämiseen. Lämpöpumppuja voidaan käyttää myös ilmastointilaitteena. Moni laite, kuten jääkaappi, ilmastointilaitte ja pakastin, toimivat lämpöpumpun kanssa samalla tekniikalla. [30.]

Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpun toiminta perustuu lämmön johtamiseen maaperästä tai vesistöistä vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään.

Usein lämmönlähteenä toimii peruskallio. Peruskallioon porataan syvä lämpökaivo. Yleensä kaivo on 100- 300 metriä syvä. Lämpökaivoon tulee lämmönkeruuputkisto, joka on maalämpöpumpulle kehitetty muoviputki. Nykyaikaisen putken hyötysuhde on kasvanut edeltäjistään. Lämmönsiirron nopeus ja pienempi painehäviö ovat parantuneet huomattavasti. Uuden putken toiminta perustuu putken sisäpinnan rihlaukseen, tällöin keruuneste etenee putkessa turbulenssisesti. Näitä putkia kutsutaan turbulenssikollektoreiksi. Turbulenssikollektori alentaa maalämpöpumpun käyttökuluja. [31; 32.]

Putkessa kiertävä lämmönkeruuneste koostuu veden ja bioetanolin sekoituksesta. Sekoitussuhdetta säätämällä voidaan säätää nesteen pakkasenkestoa. Yleensä suhde on 70/30, jossa veden osuus on suurempi. Tällä suhteella pakkasen kestävyys on noin -15°C. [31; 32.]

Porakaivon toimintaperiaate

Porakaivosta ylös tuleva lämmönkeruuneste kohtaa lämpöpumpussa kiertävän kylmänesteen joka alkaa kiehua. Kiehuva neste muuttuu höyryksi ja höyry puristetaan kasaan kompressorilla. Paineen kasvaessa nesteen lämpötila kasvaa. Tämä lämpö johdetaan rakennuksen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. [31], [32]

Ilmalämpö

Ilmalämpöpumppu on hyvä ja edullinen ilman lämmitys- tai viilennysratkaisu. Se koostuu pääsääntöisesti ulko- ja sisäyksiköistä. Ilmalämpöpumpun toiminta perustuu lämpöenergian siirtämiseen. Energia siirretään höyrystimen, kompressorin, lauhtuttimen ja paineensuuntaajan avulla ulkoilmasta sisäilmaan. Ilmalämpöpumpussa kiertävä kylmäaine höyrystetään ulkoilmasta saadulla lämmöllä. Nestemäisen kylmäaineen höyrystyessä siihen sitoutuu lämpöenergiaa. Höyry imetään höyrystimestä kompressorilla eteenpäin järjestelmässä ja puristetaan pienempään tilaan. Puristuksesta syntyvä paine nostaa kylmäaineen lämpötilan. Kuuma höyry johdetaan lauhtuttimeen. Siellä se viilennetään ja höyry muuttuu nestemäiseksi. Olomuodon muutos vapauttaa lämpöenergian josta se voidaan siirtää lämmitysverkostoon. Olomuotonsa muuttanut nestemäinen kylmäaine kulkee paineensuuntaajaventtiilin kautta, jossa sen paine ja lämpötila laskevat. Lämpötila on lopuksi -10°C , kun kylmäaine palaa höyrystimeen ja aloittaa uuden kierroksen. [33; 34.]

Ilmalämpöpumppu ei yksinään riitä lämmittämään kesähuvilaa kovimmilla pakkasilla. Tästä syystä se ei voi olla ainoa lämmönlähde ympärivuotisessa käytössä olevassa kiinteistössä. [35.]

COP. ja SCOP. hyötysuhteet

Lämpöpumppujen hyötysuhde ilmoitetaan omalla standardoidulla luvulla. COP eli Coefficient Of Performance kertoo, kuinka tehokkaasti lämpöpumpun kuluttama energia muuttuu lämpöenergiaksi. Merkintä COP 5 tarkoittaa, että 1 kilowatilla tuotetaan 5 kilowattia lämpöenergiaa. [36.]

Toiset valmistajat ilmoittavat COP-lukemat vanhalla EN 255-standardilla. Tämä antaa kuitenkin isomman lukeman ja lämpöpumppua hankkiessa on hyvä tarkistaa, että COP-lukema on ilmoitettu virallisella EN 14511-standardilla. [36.]

SCOP eli Seasonal Coefficient Of Performance kertoo vuosittaisen hyötysuhteen. SCOP-luku kertoo tarkemmin todellisen hyötysuhteen oikealla markkina-alueella. Eurooppa on jaettu standardin EN 14825 mukaisesti kolmeen eri ilmastovyöhykkeeseen. Vyöhykkeet ovat Keski-Eurooppa, Etelä-Eurooppa ja Pohjois-Eurooppa. Pohjois-Eurooppa perustuu Helsingin ilmasto-olosuhteisiin. Suomessa myytävien laitteiden SCOP-lukemat on laskettava Helsingin ilmaston mukaisesti. [36.]

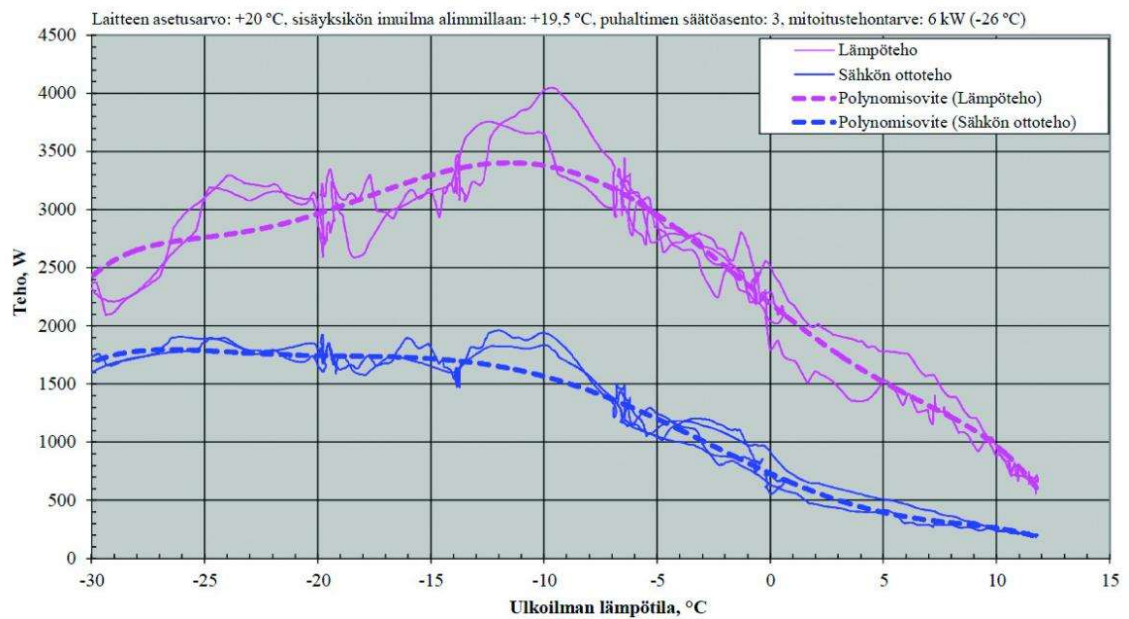
Energian säästön kannalta COP- ja SCOP-lukemien seuraamisen sijasta kannattaa keskittyä kuinka paljon laite tuottaa lämpöä matalilla ulkolämpötiloilla. Mitä alhaisempi ulkolämpötila on, sitä isompi on asunnon lämmöntarve. Tehokkaimmat ilmalämpöpumput tuottavat lämpöä vielä -25 ... -30 asteen pakkasilla. [37.]

Ilmalämpöpumpun valinta

Markkinoilla on monia erilaisia ilmalämpöpumppuja. Ilmalämpöpumput eroavat toisistaan COP-arvossa, energiatehokkuudessa, tehossa, mukavassa viilennyksessä, ilman puhdistuksessa, mahdollisesta etäohjauksessa, ulkonäössä ja äänessä. Pumppu myös pitää mitoittaa lämmitettävään tilaan. Markkinoilla on suuret määrät erilaisia ilmalämpöpumppuja.

VTT:n ilmalämpöpumpputestissä testattiin 14 eri laitetta. Parhaat tulokset saatiin Mitsubishi Electric MSZ-FH35VE + MUZ-FH35VEHZ laitteilla. Sen tuottama lämpöteho on vielä -25 °C :n pakkasella 2,8 kW. Kuvasta 7 näkyy sinisellä laitteen kuluttama sähkö ja tuotettu lämpö violetilla. Kyseinen ilmalämpöpumppu tuottaa siis vielä -30 °C pakkasella lähes kilowatin lämpöä. Laitteen saa asennettuna 2131 €:n hinnalla. [37; 38.]

Taulukko 8. Mitattu ilmalämpöpumpun kuluttama ja tuottama teho. [37.]



Taulukosta 8. laskettaessa keskiarvot tuloksiksi saadaan keskituotoksi 2500 wattia ja keskikulutukseksi 1200 wattia. Tämä ilmalämpöpumppu vastaa siis puolia mökin lämmitystarpeesta, jos lämmityskapasiteetti on luvun 4.2 mukainen 5000 wattia.

4.4 Puulämmitys

Puulämmitys on varmasti perinteisin ja luonnollisin lämmitysmuoto. Puuta poltettaessa vapautuu hiilidioksidia luonnollisesti yhtä paljon kuin lahoamisessakin. Huvilalla puulämmitystä ei käytetä yleensä päälämmön lähteenä, mutta se on todella hyvä toisen järjestelmän rinnalla pudottamassa sähkölaskun hintaa. Se ei ole riippuvainen

myrskyistä tai sähkökatkoista. Polttoaine tulee yleisimmin kesämökin pihaympäristöstä omakustanteisesti. Tällöin poltettavat puut voidaan katsoa ilmaisiksi.

Tässä työssä takaksi valittiin Tulikiven Mustio, (kuva 9.) Se on kokoluokaltaan sopiva 80 m²:n mökkiin ja lämmön varausominaisuuksiltaan erittäin hyvän hyötysuhteen omaava lämmitysvaihtoehto.



Kuva 9. Tulikiven Mustio tulisija. [39]

Vaikka puulämmitys on tehokas ja halpa lämmitysmuoto. Se ei kuitenkaan mahdollista vapaa-ajan asunnon peruslämmitystä, koska puiden lisääminen ei ole mahdollista aikoina kun mökillä ei olla. Puulämmitys on kuitenkin hyvä lisä esimerkiksi suoran sähkölämmityksen rinnalla. Silloin se vähentää sähkönkulutusta lämmittäessään rakennusta. [39.]

Taulukoiden 9. ja 10. avulla voidaan laskea takalle teho. Lämmönvarauskapasiteetti on 42 kilowattituntia ja katsotaan, että kaikki lämpö on luovutettu 21 tunnin kuluttua. Yhden tunnin lämmitystehoksi saadaan laskemalla kaksi kilowattituntia yhtä tuntia kohden, kun luvut jaetaan keskenään. [39.]

Taulukko 9. Mustion lämpötekniisiä tietoja.

Hyötysuhde	77 %
Maksimipuumäärä	12.2 kG
Lämmönvarauskapasiteetti	42 kWh

Taulukko 10. Musition lämmönluovutusaika prosentteina. [39.]

Lämmönluovutusaika prosenttia maksimitehosta (h)
4,6 h (100%)
13,8 h (50%)
21,3 h (25%)

5 Valaistusjärjestelmä 12 voltilla

Valaistusjärjestelmät ovat muuttuneet LED-lamppujen ansiosta. Tämä mahdollistaa kesämökin valaistusjärjestelmän toteuttamisen vähäisen energiankulutuksen omaavilla LED-valonlähteillä. Kesähuvilan valaistuksen voi toteuttaa helposti pienellä aurinkosähköjärjestelmällä.

Tässä työssä kesämökin valaistus toteutetaan yhdeksällä valaisimella. Nykyaikaiset led-lamput tuottavat jo yli 100 luumenia wattia kohden, joten jokaiselle valaisimelle voidaan varata 10 wattia tehoa. Tehon tarve on siis yhteensä 90 wattia. Lasketaan tarvittava paneeliteho kaavan 2. mukaan 100 wattilla.

$$\frac{100 \text{ W}}{706 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \cdot 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 141,6 \text{ W} \quad (2)$$

Valitaan IBC SoloSol 150 CS, 150 W aurinkopaneeli. Paneelin hinta on 249 €

Akku

Mitoitetaan akusto yhden viikonlopun sähkön tarpeelle, olettaen ettei aurinko paista viikonlopun aikana. Ensimmäiseksi lasketaan, paljonko tehoa tarvitaan viikonlopun aikana. Yhdeksän valaisinta on 12 tuntia päällä koko viikonlopun aikana. Yhden valaisimen teho on 10 wattia.

$$12 \text{ h} * 10 \text{ W} * 9 \text{ kpl} = 1080 \text{ wattituntia}$$

Akun koko saadaan tehonkaavalla. Lasketaan akun jännitteellä.

$$\frac{P}{U} = I \quad (3)$$

P on kulutettu teho tunnissa

U on jännite

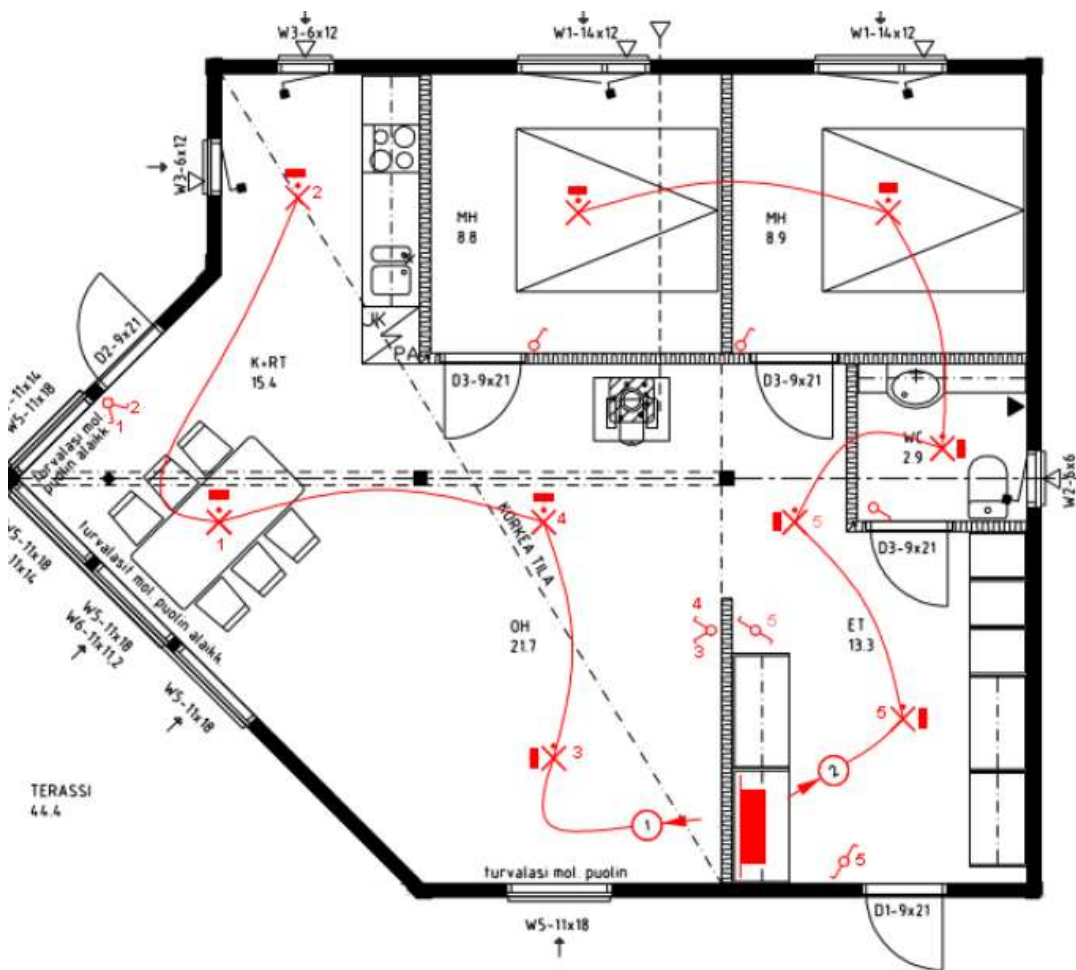
I on tarvittava akkukapasiteetti

$$\frac{1080 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = 90 \text{ ampeerituntia} \quad (3)$$

Valitaan Ritar RA12-100D, 100Ah AGM akku. Akun hinta on 239 €. [9], [10]

Valaistuksen kaapelointi

Valaistusta kaapeloidessa on otettava kaapelin poikkipinta-ala huomioon. Valaistusryhmiä on kaksi. Ensimmäisessä ryhmässä on 4 valaisinta eli tehon tarve mitoitetaan 40 watiksi ja kaapelin tarvittava pituus on 12 metriä. Toisessa valaistusryhmässä tehontarve on 50 wattia ja kaapelin pituus on 16 metriä. Valaistusryhmät näkyvät kuvassa 10. Taulukosta 11. valitaan sopiva kaapeli, joka vastaa valaistusryhmää. Virta saadaan tehon kaavalla 3 laskettua



Kuva 10. Kesähuvilan 24 V:n valaisimien pistesijoituspiirros.

Ryhmä 1

$$\frac{40 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 3,33 \text{ A} \quad (3)$$

Ryhmä 2

$$\frac{50 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 4,2 \text{ A} \quad (3)$$

Taulukko 11. Kaapelien mitoitus.

Kaapeli	1A	2A	3A	4A	5A
2 x 2,5mm ²	35 m	17 m	12 m	9 m	7 m
2 x 4mm ²	57 m	28 m	19 m	14 m	11 m
2 x 6mm ²	85 m	42 m	28 m	21m	17 m

Kummatkin ryhmät voidaan mitoittaa 2 x 4 mm²:n kaapelille. Kaapelia tarvitaan 20 metriä kun jokaiselle valaisimelle jätetään 30 cm kytkentävaraa. Kaapeli maksaa 2,5 € metriä kohden ja yhteensä 30 metrin pituinen kaapeli on 75 €. [9.]

Johdoton asennus

Hirsitaloon on helppo asentaa valokytkimet johdottomina asennuksina. Johdotonratkaisun toiminta perustuu uppoasennettavaan kytkimeen, joka sijoitetaan koje- tai jakorasiaan. Kytkin voi myös olla valaisinpisteen kanssa samassa rasiassa. Johdotonsarjan CMR-1224-kytkin (kuva 11.) kytketään syöttävän kaapelin ja valaisimen väliin. Kytkennän jälkeen valaisinta voidaan ohjata erilaisilla kauko-ohjaimilla. Erilaisia ohjaimia on muun muassa magneettikytkin, kaukosäädin, liiketunnistin, himmennin ja perinteinen seinäkytkin. Valaistuksen ohjaus toteutetaan seinäkytkimillä kuvan 10 mukaisesti. Kytkimet saavat virtansa paristoista. Ohjain ei käytä jatkuvasti virtaa ja sen ansiosta kytkimen virtalähteenä oleva patteri kestää normaalisti vuosia. [40.]



Kuva 11. Johdoton CMR-1224 uppoasennettava kytkin. [40.]

Johdoton sarja tarvitsee toimiakseen uppoasennettavat CMR-1224-kytkimet jokaiselle valaisimelle. Kytkimiä tarvitaan yhdeksän kappaletta. Yhden kytkimen hinta on 32,30 euroa. Yhdeksän kappaletta maksaa 290,7 euroa. [41.]

Seinäkytkimiä tarvitsee seitsemän kappaletta. Yhden kytkimen hinta on 16,90 euroa. Kahteen kytkimeen tulee kaksoispainike ja se maksaa 4,90 euroa kappaleelta lisää. Kytkimien yhteishinta on 128,10 euroa. [42.]

Aurinkosähköllä toimiva valaistusjärjestelmä Johdoton-sarjan valaistusohjauksella maksaa ilman valaisimia.

Aurinkopaneeli + akku + kaapelointi +(9 * CMR-124) +(9 *seinäkytkintä)

249 € +239 € + 75 € + 290,70 € + 128,10 € = 981,8 €

6 Tulevaisuuden näkymät

Kesähuviloiden sähköjärjestelmät tulevat laajenemaan ihmisten vaatimustason kasvun myötä. Komponenttien hyötysuhteiden kasvamisen myötä järjestelmien energiatehokkuus kasvaa ja tekniikan kehittymisen myötä perinteiset asennusjärjestelmät tulevat muuttumaan langattomien ohjauksien myötä. Langattomien järjestelmien myötä myös asennustyöt ja kustannukset tulevat helpottumaan.

Kun komponentit kehittyvät jatkuvasti ja valmiit pistokeliittimellä liitettävät laitteet mahdollistavat maalikoidenkin tekevän asennustöitä ja laitteistojen rakennuskustannukset tulevat edullisemmaksi. Laitteistojen standardisoimisen ja suurempien valmistuserien kasvamisen myötä hinnat tulevat putoamaan.

Tekniikan kehittymisen myötä uusia innovaatioita tulee markkinoille jatkuvasti. Yhdysvaltalainen V3Solar on kehittänyt kartiomallisen aurinkopaneelin (kuva 12.). Spin Cell ei eroa tekniikaltaan perinteisestä aurinkopaneelistä, mutta pyörivänä kartiona se tuottaa jopa 20 kertaa enemmän energiaa, kuin perinteiset paneelit. [44.]



Kuva 12. Spin Cell aurinkopaneeli. [44.]

Akkujen kehitystyö on ottanut suuria harppauksia viime aikoina. Akkujen kehityksen myötä niiden hyötysuhteet tulevat edelleen kasvamaan ja voivat päästä lähelle öljypohjaisten polttoaineiden energiatehokkuutta verrattuna niiden varastointitilaan.

7 Yhteenveto

Tässä luvussa verrataan opinnäytetyössä käsiteltyjä järjestelmiä ja niiden ominaisuuksia.

7.1 Yhteenveto lämmityksestä

Opinnäytetyössä on esitelty erilaisia lämmitysratkaisuja. Tarkastellaan teoriassa ilmalämpöpumpun ja suoran sähkölämmityksen eroavaisuuksia tuotetun tehon ja kulutetun energian välillä. Mitoitetaan lämpöenergian tarve viiteen kilowattiin. Taulukossa 12. on kirjattu järjestelmien teho, lämmön tuotto, investointihinta ja kulutetun energian hinta. Arvot ovat ilmoitettu wattitunteina (Wh) ja euroina. Yhden ilmalämpöpumpun tuottama teho on puolet tarvittavasta lämmitystehon määrästä. Käytetään siis laskennassa kahden ilmalämpöpumpun. Kulutetun energian hinta on saatu kaavan 13 mukaan ja energian määränä on käytetty laitteen tehoa. Alapuolella on laskettu kulutetun energian hinnat taulukon 6 hintojen mukaan.

Ilmalämpöpumppu

$$2 * ((1200 \text{ kWh} * 6,06 \text{ snt}) + (1200 \text{ kWh} * 3,62 \text{ snt})) = 233,2 \text{ €} \quad (13)$$

Suorasähkölämmitys

$$(5000 \text{ kWh} * 6,06 \text{ snt}) + (5000 \text{ kWh} * 3,62 \text{ snt}) = 484 \text{ €} \quad (13)$$

Taulukko 12. Ilmalämpöpumpun ja suoran sähkölämmityksen vertailu.

Järjestelmä	Teho (kWh)	Tuotto (kWh)	Investointi hinta (€)	Vuotuinen energian hinta (€)
Suorasähkölämmitys	5,0	5,0	1466	484
Kaksi ilmalämpöpumppua	2,4	5,0	4262	233

Järjestelmien vuotuisten energiahintojen erotus on 250 euroa. Ilmalämpöpumppujen käytöllä siis säästää energiakustannuksissa vuodessa 250 euroa. Järjestelmät maksisivat itsensä takaisin noin 18 vuodessa, jos käytössä on kaksi ilmalämpöpumppua.

Lämmitysjärjestelmä hirsihuvilaan

Hirsihuvilan lämmitystarve on mitoitettu luvussa 4.2. Lämmitystehon tarve on 5000 wattia. Suorasähkölämmitys voidaan mitoittaa tuottamaan koko tarvittava lämmitysteho, mutta rakennusta ei tarvitse lämmittää pelkästään sillä. Kun järjestelmään lisätään muita lämmönlähteitä ja patterit ovat oikein ohjelmoitu, sähköpattereiden termostaatit reagoivat lämpötilaan vähentämällä patterin lämmitystehoa. Kun muut lämmönlähteet ovat energiatehokkaampia, sähkön kulutus laskee, mutta lämmitysteho pysyy samana.

Mitoitetaan järjestelmään suoransähkölämmityksen lisäksi ilmalämpöpumppu ja puulämmitteinen takka. Yhden ilmalämpöpumpun ja takan tuottama lämmitysteho on yhteensä 4500 wattia, kun ilmalämpöpumppu tuottaa keskimäärin 2500 wattia ja takka 2000 wattia. Tällöin suoran sähkölämmityksen osuudeksi koko lämmityskapasiteetista jää vain 500 wattia. Koko sähkötehotarve on yhteensä 1700 wattia, kun ilmalämpöpumppu kuluttaa 1200 wattia. Sähköenergiaa säästyy silloin 66 prosenttia.

7.2 Yhteenveto sähkön tuotantotavoista

Sähkölaitteet ovat kirjattu hintoineen taulukkoon 13. Laskuissa on otettu huomioon 20 vuoden käytöstä määräytyvät kulut. Verkkosähkön käyttökulut ovat 1335 euroa vuodessa. Hinta tulee luvun 3.3 laskelmien mukaan. Muissa järjestelmissä kustannukset tulevat 10 vuoden välein uusittavasta akustosta.

Taulukko 13. Sähkölaitteiden hinnat ja 20 vuoden kustannukset

Järjestelmä	Investointi (€)	Kustannukset (€)	Yhteensä (€)
Aurinkosähkö	23 150	5820	29 320
Tuulisähkö sisämaassa	61 736	5820	67 556
Tuulisähkö rannikolla	24 060	5820	29 880
Valtakunnanverkko (vyöhyke 1)	4 350	26 705	31 055
Valtakunnanverkko (vyöhyke 2)	6 540	26 705	33 245

Tuulisähkölaitteet rannikolla on lähes halvin laskennassa mukana olleista järjestelmistä. Tässä opinnäytetyössä oleva vapaa-ajan asunto on kuitenkin keskisuomen Mikkelissä. Tässä tapauksessa tuulisähkölaitteet ovat poissuljettuna kalliin hintansa tai tuulettoman sijainnin takia.

Aurinkosähkölaitteet on erittäin kilpailukykyinen valtakunnanverkon kanssa, jos katsotaan hintoja. 20 vuoden käytön jälkeen voidaan katsoa, että aurinkosähkölaitteet on maksanut itsensä takaisin, jos verrataan tätä hintaan, joka valtakunnalliselle verkkoyhtiölle on pitänyt maksaa vuosittain. Tämän jälkeen vuosittainen energian tuotanto voidaan katsoa rahalliseksi tuloksi, koska rahaa on mennyt yhtä paljon valtakunnanverkosta ostettuun sähkön, kuin aurinkosähkölaitteiden investointiin.

Pimeät talvikaudet ovat kuitenkin lähes sähköttömiä, jos sähkölaitteidenä on käytössä vain aurinkosähkö. Tästä syystä aurinkosähköllä ei voida ylläpitää peruslämpöä, joka mahdollistaisi painevedellä toimivat järjestelmän. Aurinkopaneelit vievät myös luvussa 3.1 mainitun noin 100 neliömetrin tilan. Näistä syistä aurinkosähkölaitteet ja valtakunnanverkko eivät ole suoraan verrannollisia keskenään.

8 Tulokset

Työssä tutkittiin erilaisten lämmitys- ja sähköistysjärjestelmien eroavaisuuksia uudessa Mikkelissä sijaitsevassa hirsihuvilassa. Ensimmäiseksi työssä mitoitettiin, paljonko lämmitys ja taloussähkö vievät energiaa vapaa-ajan asunnossa. Toiseksi tutkittiin, pystyvätkö aurinko- ja tuulivoimajärjestelmät tuottamaan kaikkea tarvittavaa energiaa. Kolmantena tutkittiin erilaisten lämmitysjärjestelmien ominaisuuksia ja hyötysuhteita.

Tulokseksi saatiin keskimääräinen 8000 kilowattitunnin vuosikulutus. Tämän pohjalta lähdettiin mitoittamaan aurinko- ja tuulivoimajärjestelmiä. Tulokseksi todettiin, että järjestelmät kasvaisivat todella suuriksi laajalla aurinkopaneelikentällä ja puuta korkeammalla tuulivoimalalla. Todettiin myös, että järjestelmillä ei olisi täydellistä sähkön tuotannon varmuutta pimeiden ja tuulettomien vuodenaikojen takia. Todettiin, että sähköjärjestelmä tulisi liittää valtakunnanverkkoon takaamaan jatkuvan sähkön käytön.

Ongelmaksi tuli opinnäytetyössä sähkön tuottaminen pelkällä aurinkosähköllä. Tällaisia järjestelmiä ei ole markkinoilla, ja se täytyi suunnitella kokonaan tässä työssä.

Todettiin, että aurinko- ja tuulivoima soveltuu pienien järjestelmien sähköistämiseen. Tällöin aurinkopaneelit ja akusto eivät olisi suuria tilan viejiä ja suuret tuulivoimalat pysyvät hiljaisempina ja pienempinä. Esimerkkinä pienestä järjestelmästä käytettiin huvilan valaistusjärjestelmää.

Opinnäytetyössä ei mitoitettu vesikiertoisia lämmitysjärjestelmiä niiden vaikeiden asennustöiden ja korkean jäätymisriskin takia. Ilmalämpöpumppu todettiin energiatehokkaaksi vaihtoehdoksi suoran sähkölämmityksen kanssa. Hyväksi lämmitystavaksi todettiin ilmalämmön, suoransähkölämmityksen ja takan yhdistelmä.

Vapaa-ajanasunnon lämmittämiseen ei kannata käyttää pelkkää aurinko- ja tuulisähköä, jos rakennuksessa halutaan pitää peruslämpö vuoden ympäri.

Lähteet

- [1] Asumisen energiankulutus, 2012, verkkodokumentti, Tilastokeskus, http://tilastokeskus.fi/til/asen/2011/asen_2011_2012-11-16_tie_001_fi.html, päivitetty 16.11.2012, luettu 23.4.2017
- [2] Asumisen energiankulutus edellisvuoden tasolla vuonna 2014, 2015, verkkodokumentti, Tilastokeskus http://www.stat.fi/til/asen/2014/asen_2014_2015-11-20_tie_001_fi.html päivitetty 20.11.2015, luettu 23.4.2017
- [3] Vapaa-ajan asumisen ekotehokkuus, 2010, verkkodokumentti, Ympäristöministeriö https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37982/SY6_2010_Vapaa-ajan_asumisen_ekotehokkuus,_sivut_1-63.pdf?sequence=1, luettu 23.4.2017
- [4] Vapaa-ajan asunto, 2016, verkkodokumentti, Vattenfall, <http://www.vattenfall.fi/fi/vapaa-ajanasunto.htm>, luettu 23.4.2016
- [5] Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015–2050, 2016, verkkojulkaisu, Suomen ympäristökeskus, <http://tem.fi/documents/1410877/2772829/Rakennusten+energiankulutuksen+perusskenaario+Suomessa+2015-2050/7a02bf88-65f0-4069-a547-20c35936e231>, luettu 23.4.2017
- [6] Aurinkosähkö perusteet, 2009, verkkodokumentti, Huoltodata, <http://www.huoltodata.com/aurinko/perusteet.html>, luettu 23.4.2017
- [7] Säteilypaino, 2016, verkkodokumentti, Wikipedia, https://fi.wikipedia.org/wiki/Maan_s%C3%A4teilypaino, päivitetty 14.12.2016, luettu 23.4.2017
- [8] Aurinko-opas 2012, 2012, verkkodokumentti, Ympäristöministeriö, <http://www.ym.fi/download/noname/%7BF4F73E83-56AF-4112-AD7B-0E1F1804D38B%7D/30750>, luettu 23.4.2017

- [9] JN-Solar, verkkodokumentti, <http://www.jn-solar.fi/fi/>, luettu 23.4.2017
- [10] Finn wind, verkkodokumentti, <http://www.finnwind.fi/>, luettu 23.4.2017
- [11] Muuntajat, verkkodokumentti, Eurosolar, <http://www.eurosolar.fi/muuttajat/>, luettu 23.4.2017
- [12] Squaring up to the energy crisis, 2013, verkkodokumentti, Cyclops pedal power, <https://cyclospedalpower.wordpress.com/2013/04/>, luettu 23.4.2017
- [13] Aurinkosähköjärjestelmät, verkkodokumentti, Mr.LVI, <https://www.varaaja.com/index.php/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/nibe-pv-3031-3kw>, luettu 23.4.2017
- [14] Akkutyypit, verkkodokumentti, Euroglobe, <http://www.euroglobe.fi/akkuluettelo/akkutyypit/>, luettu 23.4.2017
- [15] Aurinkopaneelijärjestelmän akut, verkkodokumentti, SWenergia, <http://www.swenergia.fi/mokkilaiset/energia-aurinkojarjestelmat/aurinkopaneelijarjestelman-akut.html>, luettu 23.4.2017
- [16] Akku AGM 250 Ah, 2017, verkkodokumentti, Tuontitukku, <https://www.tuontitukku.fi/tuote/akku-agm-250ah-mbat-518x276x242mm-kestava-monipuoliseen-kayttoon/6430055261417/>, luettu 23.4.2017
- [17] BlueSolar MPPT 150/70 & 150/85, 2017, verkkodokumentti, Viktor energy, <https://www.victronenergy.com/solar-charge-controllers/mppt-150-70>, luettu 23.4.2017
- [18] Aurinkopaneelit, 2017, verkkodokumentti, Akku-Ässä Oy, <https://www.aurinkopaneelit.info/etusivu>, luettu 24.4.2017

- [19] Aurinkopaneelien sijoittaminen ja suuntaus, 2017, verkkodokumentti, HSY, <http://ilmastoinfo.fi/aurinkosahkoakotiin/miten/huomioitavaa/>, luettu 24.4.2017
- [20] Kannattavuuslaskurit, 2017, verkkodokumentti, FinSolar, <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/kannattavuuslaskurit/>, luettu 24.4.2017
- [21] Suomen tuuliatlas, 2011, verkkodokumentti, <http://www.tuuliatlas.fi>, luettu 24.4.2017
- [22] Windspot, 2011, <http://finland.windspot.es/>, luettu 24.4.2017
- [23] Kodin energia, 2017, verkkodokumentti <https://sites.google.com/site/kodinvihreaenergia/etusivu>, luettu 24.4.2017
- [24] Tuulivoimalan lataussäädin, 2017, verkkodokumentti, Saaristotekniikka, <http://verkkokauppa.saaristotekniikka.com/product/185/tuulivoimalan-lataussaadin-5kw-20kw>, luettu 24.4.2017
- [25] Suomen sähkövoimajärjestelmä, 2017, verkkodokumentti, Fingrid, <http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx>, luettu 24.4.2017
- [26] Lämmitys, 2017, verkkodokumentti, Energiatehokas koti, http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitus, päivitetty 21.4.2017, luettu 24.4.2017
- [27] Sähkölämmitysratkaisut, 2017, verkkodokumentti, Ensto, https://www.ensto.com/download/13212_sahkolammitysratkaisut.pdf, luettu 24.4.2017
- [28] Enston lista lämmittimien hinnat, 2017, verkkodokumentti, Taloon.com, <http://www.taloon.com/ds/hakutulokset?q=ensto+lista>, luettu 24.4.2017

- [29] Terassilämmitin 1000 W, 2017, verkkodokumentti, Motonet,
<http://www.motonet.fi/fi/tuote/383148/Terassilammitin-1000-W>, luettu 24.4.2017
- [30] Lämpöpumppu, 2017, verkkodokumentti, Wikipedia,
<https://fi.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4mp%C3%B6pumppu>, päivitetty 14.3.2017, luettu 24.4.2017
- [31] Maalämpöpumpun toiminta, 2017, verkkodokumentti, St1,
<http://st1maalampo.fi/maalampo/maalampopumppu-toiminta/>, luettu 24.4.2017
- [32] Miksi valita lämpöpumppu?, 2017, verkkodokumentti, IVT,
<http://www.ivt.fi/tietoa/yleista/>, luettu 24.4.2017
- [33] Lämpöä ilmassa, 2008, verkkodokumentti, Motiva,
<https://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>, luettu 24.4.2017
- [34] Ilmalämpöpumppu, 2017, verkkodokumentti, Wikipedia,
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Ilmal%C3%A4mp%C3%B6pumppu>, muokattu 19.4.2017, luettu 24.4.2017
- [35] Ilmalämpöpumppu haussa? Näin ilmalämpöpumput säästävät energiaa, 2017, verkkodokumentti, Lämpöykkönen,
http://lampoykkonen.fi/tuotteet/ilmalampopumput/?gclid=CNuh29Td09MCFRyJsgod_d4B0w, luettu 24.7.2017
- [36] COP vs. SCOP-hyötysuhteiden erot, 2015, verkkodokumentti, Nilan,
<http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>, luettu 24.4.2017
- [37] VTT:n testiraportit - Ilmalämpöpumppuvertailu, 2017, verkkodokumentti, Scanoffice,
<http://www.scanoffice.fi/fi/tuotteet/tuoteryhmat/ilmalampopumput/raportit-ja-sertifikaatit/vttn-testiraportit>, luettu 24.4.2017

- [38] Ilmalämpöpumppu Mitsubishi Electric FH35 2017, verkkodokumentti, Mr,Ivi, <https://www.xn--lmpumppuhuolto-0kb22a.com/index.php/ilmalaempoepumpput/ilmalampopumpput-mitsubishi/mitsubishi-electric-fh35>, luettu 24.4.2017
- [39] Tulikivi, 2017, verkkodokumentti, <http://www.tulikivi.fi/>, Luettu 24.4.2017
- [40] Johdoton, 2017, verkkodokumentti, <http://www.johdoton.fi/>, luettu 24.4.2017
- [41] Johdoton CMR-1224 kytkin 12/24V järjestelmiin, 2017, verkkodokumentti, Siikalatvan laitehuolto, <http://www.janilehto.com/product/49/johdoton-cmr-1224-kytkin-1224v-jarjestelmiin>, luettu 24.4.2017
- [42] Tuotteet, 2017, verkkodokumentti, Electratec, <http://www.electratec.net/tuotteet.html?id=374/>, verkkodokumentti
- [43] Hinnasto ja ehdot, 2017, verkkodokumentti, Järvisuomen energia, <http://www.jseoy.fi/Sahkoverkko/Hinnasto-ja-ehdot/>, luettu 24.4.2017
- [44] Pyörivä aurinkopaneeli tuottaa 20 kertaa enemmän sähköä kuin tavallinen, 2012, verkkodokumentti, Tekniikka ja talous, <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2012-10-04/Pyörivä-aurinkopaneeli-tuottaa-20-kertaa-enemmän-sähköä-kuin-tavallinen-3310885.html>, luettu 24.4.2017
- [45] Johdon mitoitus, 2016 verkkodokumentti Pekka Rantala http://www.oamk.fi/~pekkar/kevat_2016_aineisto/Kiinteiston_sahkoverkko/Osa2_Johdon_mitoitus_k2016.pdf, luettu 26.4.2016
- [46] SFS käsikirja 600-1, Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset, 2012, sivut 245, 262 ja 263
- [47] Taistelu nostovoimasta, verkkodokumentti, Ilmailutoimittajat, <http://www.ilmailutoimittajat.fi/seli/taistelu%20nostovoimasta.html>, luettu 30.4.2017

Liittymahinnasto_01012016_netti viittaus muista hinnoista.

LIITYMÄHINNASTO 1.1.2016 alkaen

LIITYMISMAKSUT (alv 0 %)

Pääsulake	Vyöhyke 1 €	Vyöhyke 2 €
3 x 25 A	2 930	5 120
3 x 35 A	3 790	6 130*
3 x 50 A	5 110	7 810*
3 x 63 A	6 200	9 470*
3 x 80 A	7 520	10 950**
3 x 100 A	9 200	12 640**
3 x 125 A	11 500	14 990**
3 x 160 A	14 720	17 450**
3 x 200 A	18 400	21 400**
Yli 3 x 200 A	92 €/A	107 €/A**

* Vähintään sulakeperusteinen liittymismaksu sulakekoot 35–63 A, kun etäisyys muuntamosta on yli 600 m. Jos verkosto ei täytä sähköteknisiä vaatimuksia ja joudutaan rakentamaan uutta verkostoa, liittymismaksu määräytyy verkoston rakentamiskustannuksien mukaisesti.

** Vähintään sulakeperusteinen liittymismaksu sulakekoot 80–200 A. Jos verkosto ei täytä sähköteknisiä vaatimuksia ja joudutaan rakentamaan uutta verkostoa, liittymismaksu määräytyy verkoston rakentamiskustannuksien mukaisesti.

LIITYMISMAKSUT (ei palautuskelpoinen alv 0 %)

20 kV:n liittymän hinta on 81 €/kW + liittymän välittömät rakentamiskustannukset.

20 kV:n liittymän hinta (liittymispiste sähköasemalla) on 44 €/kW + liittymän välittömät rakentamiskustannukset.

110 kV:n liittymän hinta on 34 €/kW + liittymän välittömät rakentamiskustannukset.

Vyöhykkeen 1 hintoja sovelletaan asemakaava-alueilla sijaitseviin liittymiin.

Vyöhykkeen 2 hintoja sovelletaan asemakaava-alueiden ulkopuolella enintään 800 m etäisyydelle olemassa olevasta muuntamosta normaalein verkstorakentein ja ehdoin rakennettaviin liittymiin.

Yli 63 A kohteet käsitellään tapauskohtaisesti. Liittymismaksu määräytyy tällöin verkoston rakentamiskustannusten perusteella, mutta on vähintään vyöhykkeen 2 hintojen mukainen.

Yli 600 metrin päässä muuntamosta sijaitsevat liittymät ja joiden sulakekoko on 35–63 A käsitellään tapauskohtaisesti. Liittymismaksu määräytyy tällöin verkoston rakentamiskustannusten perusteella, mutta on vähintään vyöhykkeen 2 hintojen mukainen.

Hinnoittelua ei sovelleta, jos muuntopiiri kuuluu aluehinnoittelun piiriin tai siinä on voimassa normaalia kalliimman liittymismaksun palautusehto.

YLLÄPITOMAKSUT (alv 24 %)

Liittymäkoko €/kk	Kiinteä maksu
0,4 kV	18,96
20 kV	149,00
110 kV	505,92

Ylläpitomaksu laskutetaan niiltä liittyjiltä, joiden sähkön käyttö on keskeytynyt liittijästä johtuvasta syystä eikä liittymissopimusta puureta. Ylläpitosopimuksen jännitetaso on liittymäsopimuksen mukainen.

Uudelta liittyjältä peritään ylläpitomaksu, mikäli verkkopalvelusopimus ei ole alkanut toimitusaikaa seuraavan kalenterivuoden loppuun mennessä.

Palveluhinnat Järvisuomen Energia

PALVELUHINNAT 1.1.2017 alkaen (alv 24 %)

LASKUTUKSEN PALVELUHINNAT

Laskujäljennös	6,00 €/lasku
Erikseen pyydetty lasku tai muu selvitys	12,00 €/kpl
Maksukehotus (alv 0 %)	5,00 €

MUUT PALVELUHINNAT

	€/kerta
Vianetsintämaksu normaalina työaikana	105,00
Vianetsintämaksu työajan ulkopuolella	210,00
Katkaisu- tai jälleenytkentämaksu	40,00
Jälleenytkentämaksu työajan ulkopuolella	80,00
Verkkoon kytkentä tai irrotusmaksu	90,00
Mittauksen toimenpidemaksu	
• asennus, irrotus, vaihto tai käyntimaksu	90,00
Mittamuuntajaliitännäisen mittauksen toimenpidemaksu	
• asennus, käyttöönotto, vaihto, erillisluenta tai käyntimaksu	180,00
Mittarin tarkastus koestuspöydällä	150,00
Etäluettavan mittalaitteen luenta asiakkaan pyynnöstä	18,00
Pikanäyttö	350,00

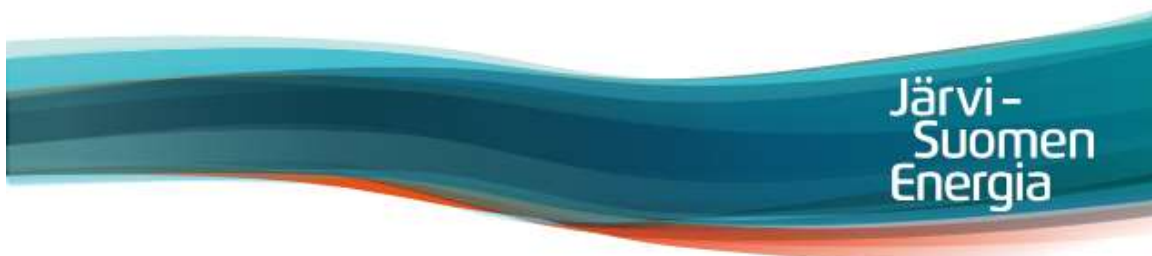
VUOKRALAITTEET

Työmaakeskuksen asennus ja irrotus	200,00 €/kerta
------------------------------------	----------------

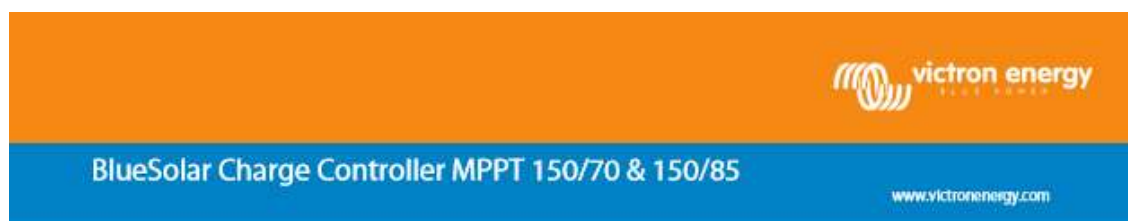
ASENNUSPALVELUT JA TOIMITUKSET

Tuntiveloitus (toimihenkilöt ja asentajat)	70,00 €/tunti
Työajan ulkopuoliselta ajalta laskutetaan tuntihinnat kaksinkertaisina.	
Kilometrikorvaukset ja päivärahat laskutetaan valtion matkustussäännön mukaan.	

Palvelujen myyntihinnat koskevat Järvi-Suomen Energia Oy:n verkkoaluetta.
Alueen ulkopuolelle palvelut erillisen tarjouksen mukaan.



Bluesolar Charge Controller MPPT 150/70 & 150/85 Lataussäädin



Solar Charge Controllers
MPPT 150/70 and 150/85

PV voltage up to 150 V

The BlueSolar MPPT 150/70 and 150/85 charge controllers will charge a lower nominal-voltage battery from a higher nominal voltage PV array.

The controller will automatically adjust to a 12, 24, 36, or 48V nominal battery voltage.

Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Especially in case of a cloudy sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30% compared to PWM charge controllers and by up to 10% compared to slower MPPT controllers.

Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions

If partial shading occurs, two or more maximum power points may be present on the power-voltage curve. Conventional MPPT's tend to lock to a local MPP, which may not be the optimum MPP.

The innovative BlueSolar algorithm will always maximize energy harvest by locking to the optimum MPP.

Outstanding conversion efficiency

Maximum efficiency exceeds 98%. Full output current up to 40°C (104°F).

Flexible charge algorithm

Several preconfigured algorithms. One user programmable algorithm.

Manual or automatic equalisation.

Battery temperature sensor. Battery voltage sense option.

Programmable auxiliary relay

For alarm or generator start purposes

Extensive electronic protection

Over-temperature protection and power derating when temperature is high.

PV short circuit and PV reverse polarity protection.

Reverse current protection.

CAN bus

To parallel up to 25 units, to connect to a ColorControl panel or to connect to a CAN bus network

BlueSolar Charge Controller	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Nominal battery voltage	12 / 24 / 36 / 48V Auto Select	
Rated charge current	70A @ 40°C (104°F)	85A @ 40°C (104°F)
Maximum solar array input power 1)	12V: 1000W / 24V: 2000W / 36V: 3000W / 48V: 4000W	12V: 1200W / 24V: 2400W / 36V: 3600W / 48V: 4650W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Minimum PV voltage	Battery voltage plus 7 Volt to start	Battery voltage plus 2 Volt operating
Standby power consumption	12V: 0,85W / 24V: 0,75W / 36V: 0,90W / 48V: 1,00W	
Efficiency at full load	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Absorption charge	14.4 / 28.8 / 43.2 / 57.6V	
Float charge	13.7 / 27.4 / 41.1 / 54.8V	
Equalization charge	15.0 / 30.0 / 45 / 60V	
Remote battery temperature sensor	Yes	
Default temperature compensation setting	-2,7 mV/°C per 2V battery cell	
Remote on/off	Yes	
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A	DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC
Communication port	VE.Can: two paralleled RJ45 connectors, NMEA2000 protocol	
Parallel operation	Yes, through VE.Can. Max 25 units in parallel	
Operating temperature	-40°C to 60°C with output current derating above 40°C	
Cooling	Low noise fan assisted	
Humidity (non condensing)	Max. 95%	
Terminal size	35mm ² / AWG2	
Material & color	Aluminium, blue RAL 5012	
Protection class	IP20	
Weight	4,2kg	
Dimensions (h x w x d)	350 x 160 x 135mm	
Mounting	Vertical wall mount	Indoor only
Safety	EN/IEC 62109-1	
EMC	EN 61000-8-1, EN 61000-6-3	

1) If more solar power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum