

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Imatra
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Viljami Mehiläinen

LOMA-ASUNNON ENERGIAVAIHTOEHTOJEN VERTAILU HANKINTA- JA KÄYTTÖKUSTANNUKSILTAAN

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Viljami Mehiläinen

Loma-asunnon energiavaihtoehtojen vertailu hankinta- ja käyttökustannuksiltaan 35 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikan yksikkö, sähkötekniikan koulutusohjelma
tuotantopainotteinen linja

Ohjaaja: lehtori Timo Loukiala Saimaan AMK

Lisääntynyt tarve hallita ilmaston muutosta on vilkastuttanut tutkimustyötä uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseksi ja yhä energiatehokkaampien järjestelmien rakentamiseksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla eri energiavaihtoehtojen taloudellisuutta ja käyttömukavuutta niin hankinta- kuin käyttökustannuksiltaan loma-asumisessa.

Opinnäytetyöhön energiavaihtoehtoja on selvitetty aiheeseen liittyvän kirjallisuuden, ajankohtaisten lehtiartikkeleiden sekä Internetistä haetun tiedon perusteella. Opinnäytetyöhön valitut energiavaihtoehdot olivat hybridijärjestelmä, joka käsittää aurinko- sekä tuulienergian sekä suorasähkö. Opinnäytetyön teoriaosuudessa tutkitaan eri energiavaihtoehtojen taloudellisuutta sekä ekologisuutta.

Eri energiavaihtoehtojen vertailu tapahtui laskemalla vaihtoehtojen kustannukset niin hankintahinnaltaan kuin käyttökustannuksiltaan. Vertailussa pohdittiin myös energiavaihtoehtojen käyttömukavuuksia. Vertailun pohjana on ilmalämpöpumppua tutkimalla saadut kaaviot, jotka perustelevat energiavaihtoehdon valintaa. Opinnäytetyön perustana on yhteen loma-asuntoon tehty sähkösuunnitelma.

Energiavaihtoehtoja vertaamalla suorasähkö osoittautui paremmaksi energiantuottomuodoksi opinnäytetyössä olevalle loma-asunnolle hybridijärjestelmään verrattuna.

Avainsanat

energiavaihtoehto, sähkösuunnitelma, ilmalämpöpumppu

ABSTRACT

Viljami Mehiläinen

The comparison of energy options in holiday home by procurement- and operating costs 34 pages, 2 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Technology, Electric engineering

Electrical power engineering

Tutor: Mr Timo Loukiala, Msc, Lecturer, SCP

The purpose of this thesis was to compare different types of energy that are available in a vacation apartments and cottages. The main goal in this study was to compare solar- and wind power to normal electricity and to find which one is more efficient and better compared to costs. The work begins by doing electric planning in a specific cottage.

In this thesis I have also studied how does an air-source heat pump be effective and economical as used as heating equipment. This research I did by using a specific computer program that measures air-source heat pumps activity.

The study shows that in this specific cottage the normal electricity works better and is more efficient in economical point of view.

Keywords

different types of energy, electric planning, air-source heat pump

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 OPINNÄYTETYÖN RAJAUS	7
3 LOMA-ASUMINEN SUOMESSA	7
Opinnäytetyön kohteena oleva loma-asunto	8
4 SÄHKÖSUUNNITELMA	9
CADS Planner Electric	11
5.1 Aurinkoenergia	12
5.2 Tuulienergia.....	13
5.2.1 Tuulivoima ennen	14
5.2.2 Tuulivoiman käyttö	14
5.3 Hybridijärjestelmä	16
5.4 Suorasähkö	16
6 ENERGIAVAIHTOEHTOJEN VERTAILU	17
6.1 Sähkönkulutuksen ja akkupankin koon laskeminen hybridijärjestelmää varten	18
6.2 Energiajärjestelmän valinta	18
7 LÄMMITYS JA ENERGIATEHOKKUUS	21
7.1 Ilmalämpöpumppu.....	21
7.1.1 Logtemp tietokonepohjainen ohjelma ilmalämpöpumpun toiminnan seurannassa.....	23
8 PÄÄTELMÄT.....	30
LÄHTEET.....	34

LIITTEET

Liite 1. Aurinko- + tuulienergia = Hybridi

Liite 2. Sähkösuunnitelma

1 JOHDANTO

Yhä useampi loma-asunto lämpiää nykyään monella lämmitysjärjestelmällä. Useimmissa loma-asunnoissa on varsinaisen lämmitysjärjestelmän tukena tulisija. Nykyään lämmitysjärjestelmän valinta on monitahoisempaa ja uudet hybridijärjestelmät luovat monipuolisia vaihtoehtoja lämmitysjärjestelmän rakentamiseen. Lämmitysjärjestelmän suunnittelussa ollaan siirtymässä vaiheeseen, jossa sitä ajatellaan kokonaisuutena, joka kootaan useammasta tarkoituksenmukaisesta osasta. Hybridilämmitys yhdistää monta energianlähdettä, jotka yleensä vaihtuvat vuodenaikojen mukaan. Ympäri vuoden asuttavassa loma-asunnossa kesäisin riittää aurinkoenergia, kun taas talvella voidaan miettiä suoräsähkölle eri vaihtoehtoja. Hybridilämmitys on varteenotettava vaihtoehto, kun asunnossa on ennestään esim. puu- tai pellettijärjestelmä, jonka rinnalle halutaan toinen energianlähde. Silloin vaihtoehtoina on yleensä aurinkoenergia tai lämpöpumppu. Myös sähkö voi olla ympäristöystävällinen vaihtoehto, jos sen tuottaa omassa pientuulivoimalassa.

Lämmitysratkaisun järkiperäinen valinta on oikeastaan mahdoton tehtävä, koska pitäisi tietää, miten energian hinta muuttuu tulevaisuudessa. Tähän vaikuttavat niin maailmanmarkkinat kuin erilaiset veropäätökset. Oikea näkemys parista seuraavasta vuodesta ei auta, sillä lämmitysjärjestelmä on kymmenien vuosien investointi. Valinta perustuu yleensä oletuksiin ja uskomuksiin, jotka jokainen joutuu tekemään henkilökohtaisesti.

Loma-asuntorakentamisessa yleensä uutta kohdetta rakentaessa pääsee helpommalla: lämmitysjärjestelmä on niin suuri investointi, että siihen kannattaa panostaa rakennusvaiheessa jopa hieman aiottua enemmän, jos sen käyttö on vastaavasti jatkossa halvempaa. Opinnäytetyössä rakennuskohteena oli opinnäytetyön tekijän oma loma-asunto, joten energia- ja lämmitysjärjestelmien vertailu tuntui hyvinkin tärkeältä asialta tutkia. Loma-asunto on pääasiassa kesäkäytössä, mutta rakennusvaiheessa on varauduttu siihen, että mökki on jatkossa myös talviasuttava. Loma-asunto on vuonna 2008 valmistunut Kontio hirs-

mökki, joka sijaitsee Ruokolahden Mietinsaassa. Pinta-alaltaan mökki on noin 30 m².

2 OPINNÄYTETYÖN RAJAUS

Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla eri energiavaihtoehtojen kannattavuutta loma-asumisessa. Vertailuun otettiin kaupalliset hybridi -, ja suorasähkövaihtoehto. Vertailu koski energiavaihtoehtojen investointi- ja käyttökustannuksia esimerkin loma-asuntokohteessa. Energiavaihtoehtojen vertailu ja harkinta aloitettiin sähköntarpeen arvioinnista ja sähkösuunnitelman tekemisestä. Opinnäytetyössä tutkitaan myös kyseisen loma-asunnon energiakustannuksia ilmalämpöpumpunkäyttöön vertaamalla.

3 LOMA-ASUMINEN SUOMESSA

Nykyään monet loma-asunnot suunnitellaan jo rakennusvaiheessa jopa ympäristöystävälliseen asumiseen. Samalla kun loma-asuntojen varustelutaso paranee, niiden energiankulutus ja ympäristökuorma kasvavat. Suomessa loma-asuntoja on tällä hetkellä noin puoli miljoonaa, ja niiden määrä on kasvussa. Keskeistä nykyajan loma-asumisessa on luonnonvarojen oikea hoito ja vastuu ympäristöstä, jolloin energiavarojen huolellinen käyttö korostuu. Loma-asuntoa rakentaessa ja sen energiankäyttöä suunniteltaessa on haasteena löytää ekologisesti ja taloudellisesti yhteensopivia ja kestäviä ratkaisuja. Yhä useammat rakentajat ovat kiinnostuneita vaihtoehtoisista sähköistystavoista vapaa-ajan asunnoillaan. Nykyään mökin saa helposti sähköistettyä uusiutuvalla energialla eli aurinko- tai tuulivoimalla. (Sillanpää 2010)

Aurinkokennoilla mökille saa tarpeeksi energiaa jääkaappia, valoa, tv:tä ja jopa painevettä varten. Vuosien varrella aurinkopaneelit ovat kehittyneet huomattavasti ja

nykyään ne ovat hyvin toimivia ja helppoja käyttää, tämän todistaa mm. laitteille annetut jopa yli parinkymmenen vuoden takuut. Lisäksi laitteiden hinnat ovat viime vuosina laskeneet niiden yleistyessä, eivätkä laitteet ole nykyään huoltokustannuksiltaan kohtuuttomia. Monet yritykset pystyvät tarjoamaan asiakkailleen helpon ja ekologisesti kestävä ratkaisun mökin sähköistykseen (Sillanpää 2010).

Metsähallitus kartoitti viime vuonna liiketoimintamahdollisuuksiaan uusituvan energian markkinoilla. Energiaprojektin selvityksen pohjalta tehtiin myös ehdotus jatkokehitystoimista ja toiminnan organisoimisesta. Tuulivoima kohosi selvityksessä hyväksi vaihtoehdoksi sekä liiketoiminnan että Suomen ilmastotavoitteiden edistämisen kannalta (Mäkinen 2010).

Kotimainen ja ilmainen tuulienergia tukee myös Suomen energiantuotannon omavaraisuutta. Tällä hetkellä Suomen energiaomavaraisuus on alle 30 prosenttia. Tuulivoimaa ei voi säädellä, joten kulutus ja tuotanto eivät aina vastaa toisiaan. Tämän vuoksi tuulivoima tarvitsee tuekseen jonkin verran niin sanottua säätövoimaa ja aurinkoenergian hyödyntäminen tuulivoiman rinnalla on hyvin perusteltu vaihtoehto (Sillanpää 2010)

Opinnäytetyön kohteena oleva loma-asunto

Energiantarvetta pienentäviä ratkaisuja loma-asunnon suunnittelussa ovat mm. rakennuksen kompakti muoto, hyvä lämmöneristys ja ilmatiivis ulkovaippa. Tehokas lämmön talteenotto ilmanvaihdossa edellyttää käytännössä koneellista ilmanvaihtoa ja ikkunoiden ja ovien tulee olla hyvin eristettyjä, ikkunapinnan tulee olla myös kohtuullinen rakennuksen kokoon nähden. Loma-asumisessa olisi myös tärkeää hyödyntää varaavaa massaa, eli sijoittaa esim. varaava tulisija lämmön takaamiseksi. Koneellista viilennystä tulisi välttää ja sen sijaan käyttää esimerkiksi varjostavia rakenteita, kaihtimia ja ikkunalasien aurinkosuojakalvoja (Lykykangas 2010).

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi esittää, että kaiken uudisrakentamisen on vuoden 2020 jälkeen oltava ”lähes nollaenergiarakentamista”. Se käytän-

nössä edellyttää energiatuotantoa rakennuksessa tai lähialueella. Nettonolla-energiatalossa rakennuksen vuotuinen energiantuotto ja energiankulutus ovat yhtä suuret, mikä johtaa siihen, että tuoton ja kulutuksen eriaikaisuuden johdosta tarvitaan sähkön mikrotuotannon syöttötariffia tai kehittynyttä akkuteknologiaa käytettäväksi energiantuotantoon. On tärkeää, että vuosittainen energiantuotto mitoitetaan vastaamaan vuosittaista energiankulutusta. Tällöin energiantuotto ja – kulutus vastaavat ajallisesti hyvin toisiaan kesäkäyttöön painottuvassa vapaa-ajan asunnossa (Lylykangas 2010).

Loma-asunto, johon energiavaihtoehtojen vertailu tehtiin, on rakennettu 120 mm paksuisesta höylätystä hirrestä. Hirrestä rakennettu hirsimökki on lämmin ja ekologinen valinta, sillä hirsirakenne on hengittävä ja se tasaa miellyttävästi sisäilman lämpötilaa ja kosteutta (Kontiotuote Oy). Opinnäytetyössä käsiteltävän loma-asunnon hirsiseinissä ei ole lisäeristettä, pelkästään katossa on 200 mm villaa. Lattiassa on lämmöneristeenä 100 mm villaa ja lattiassa on villan alla betonilaatta, jonka alla on vielä styrox-levy eristeenä. Loma-asunnon ikkunat ovat kaksinkertaista lasia. Eri energiavaihtoehtoja vertaamalla haluttiin varmistaa tehokas energiantuotto ja -kulutus, jos loma-asunnon käyttö lisääntyy ja energiantarpeet kasvavat tulevaisuudessa. Vertailun lähtökohtana oli sähkösuunnitelma, joka tehtiin sähkösuunnitteluun tarkoitetulla CADS Planner Electric-ohjelmalla.

4 SÄHKÖSUUNNITELMA

Sähkösuunnittelu on tärkeä osa asunnon suunnittelua. Sähköistysratkaisujen valinta vaikuttaa merkittävästi rakennuksen toimivuuteen, asumismukavuuteen, energiatalouteen ja myös asunnon arvoon. Hyvä etukäteissuunnittelu ja harkinta takaavat parhaiten toivotun lopputuloksen sekä sähkön ja laitteiden energiatehokkaan käytön. Tarkkaan harkittu ja huolella toteutettu sähköistys soveltuu asukkaiden mieltymyksiin, tarpeisiin ja turvallisuusvaatimuksiin. Onnistuneet sähköistysratkaisut on suunniteltu lähtien käyttäjän yksilöllisistä tarpeista sekä

turvallisuusnäkökohdat huomioiden, esimerkiksi vikavirtasuojakytkimen tuomalla lisäturvallisuudella. Samoin laitevalintoja ohjaavat energiataloudellisuus, muunneltavuus tulevaisuudessa ja huollettavuus (Energiateollisuus).

Sähkösuunnitelman tekeminen kannattaa aloittaa samaan aikaan muun rakennussuunnittelun kanssa. Jos sähkösuunnitelmassa voidaan huomioida sekä rakennesuunnittelu että muut suunnitelmat, ja vastaavasti muussa suunnittelussa otetaan huomioon myös sähkösuunnitelma, on helpompaa saada rakennuksesta toimiva kokonaisuus. Suunnittelu on aina kompromissien tekemistä, ja parhaaseen lopputulokseen päästään kun sähkösuunnitteluun kiinnitetään riittävästi huomiota jo muun rakennussuunnittelun alkuvaiheessa (Pekka Lankinen Oy).

Sähkösuunnitelman näkyvin osa ovat erilaiset sähköasiat ja -kytkimet sekä tietysti valaistus. Sähkösuunnitelmassa kannattaa ottaa huomioon asuintilojen käyttö mahdollisuuksien mukaan kalustusta myöten, jotta valaistus ja erilaiset painikkeet sekä rasiat voidaan sijoittaa sellaisiin paikkoihin, että niiden käyttö on mukavaa ja turvallista. Opinnäytetyössä käsiteltävään loma-asuntoon tehtiin sähkösuunnitelma itse. Sähkösuunnitelmaan tuli tehdä valaistus tuvan puolelle, keittiöön hyvä työvalo, saunaan tunnelmavalistus ja mökille pihavalot. Pistorasioita tulisi olla riittävästi, että mm. keittiönurkkauksessa olisi mukava työskennellä. Loma-asunnon lämmitys suunniteltiin toteutettavaksi sähköpattereilla, lämpöilmapumpulla ja saunan puolella lattialämmityksellä.

Sähkösuunnitelmassa määritetään tosin paljon muutakin kuin valaisimien tai kytkimien paikat. Hyvässä sähkösuunnitelmassa on huomioitu rakennuksen maadoitus ja suojamaadoitus sekä vikavirtasuojaja- ja vikavirtasuojakytkinkaaviot. Kodinkoneille ja muille sähkölaitteille on määritetty pistorasiat ja niiden paikat, sekä suunnitelmassa näkyy rakennuksen sähkökytkimet paikkoineen. Rakennuksen lämmitysjärjestelmä suunnitellaan myös osana sähkösuunnitelmaa sekä samalla voidaan tehdä valaistussuunnitelma. Peruseriaatteena hyvälle sähkösuunnittelulle on sähköturvallisuus (Pekka Lankinen Oy).

Opinnäytetyön loma-asunnon sähköpääkeskus sijaitsee ulkoseinässä ja pienempi ryhmäkeskus sijaitsee mökin sisällä. Kaikki pistorasiat sekä lattialämmitys ovat varustettu vikavirtasuojilla, ja ne sijaitsevat ryhmäkeskuksessa. Pääkeskukselta tulee syöttö ryhmäkeskukselle, joka on MCMK 4x6+6.

CADS Planner Electric

CADS Planner Electric sähkösuunnitteluohjelma soveltuu laajasti sähkö- ja automaatioalan eri suunnittelu- ja dokumentointitarpeisiin kuten rakennussähköistykseen, teollisuussähkö- ja automaatio- ja keskusten layout-suunnitteluun kuin myös jakeluverkkojen suunnitteluun. CADS Planner Electric on Suomen käytetyin sähkösuunnitteluohjelmisto (Kyndata Oy).

5 ENERGIAVAIHTOEHDOT

Olemme erilaisia energiankäyttäjiä, samankokoisissa ja erityyppisissä asunnoissa asuvat perheet kuluttavat energiaa hyvin vaihtelevasti. Energiankäyttö on elämäntapa-asia, jossa arkisilla käyttötavoilla ja henkilökohtaisilla mieltymyksillä on oma vaikutuksensa (Energiateollisuus). Nykypäivänä loma-asuntoihin vaaditaan myös samankaltaisia mukavuuksia kuin omakotitaloasumiseen, joten erilaiset energiavaihtoehdot tulevat kyseeseen myös mökielämän suunnittelussa. Loma-asumisessa kiinnitetään vielä ehkä enemmän huomiota energiavaihtoehtojen taloudellisuuteen ja ekologisuuteen.

Energiatehokkuus on helpoin, edullisin ja ympäristöystävällisin tapa vähentää päästöjä ja lisätä Suomen energiaomavaraisuutta. Energiapihien käyttötottumusten ja ratkaisujen lisääminen on käytännössä hyvää sekä kukkarolle että ilmastolle. Energiatehokkuuden parantaminen ei tarkoita silti askeettista asumista, vaan kulutusta on mahdollista leikata reilusti järkevillä valinnoilla ja fiksulalla energian käytöllä. (Energiateollisuus). Energiatehokkuutta voidaan parantaa miettimällä erilaisia energiavaihtoehtoja ja vertailemalla niiden hyötysuhteita.

Laitehankintojen yhteydessä kannattaa tehdä päätöksiä, jotka vaikuttavat merkittävästi energiankulutukseen ja sen kustannuksiin. Energiatehokkuuden ottaminen yhdeksi hankintojen valintakriteeriksi vaikuttaa suotuisasti loma-asunnon energian käyttöön. Kun laitteet hankitaan vain tarpeeseen ja valitaan energiaterhoikkaita käyttötapoihin sopivia sähkölaitteita, tehdään parempi ratkaisu niin taloudellisuuden kuin ympäristökuormituksen kannalta. Hankintojen yhteydessä laitteiden käyttöohjeisiin ja -vinkkeihin on myös tutustuttava huolellisesti, sillä laitteen lopullisen energiaterhoisuuden ratkaisee käyttötavat (Energiaterhoisuus).

Nykypäivän energiavaihtoehtojen vertailu perustuu paljolti ekologisiin valintoihin. Suorasähkö on edelleen kovasti pintaansa pitävä ja useimmiten helpoin, nopein ja vaivattomin energiamuoto valittavaksi. Kuitenkin yhä enemmän suositaan vaihtoehtoisia energiamuotoja ja rinnakkaisjärjestelmiä, onhan loma-asuminen muutoinkin arkipäiväisestä asumisesta erilaisempaa.

5.1 Aurinkoenergia

Aurinko on ehtymätön energianlähde ja elämän edellytys maapallolla, kautta aikojen ihmiset ovat osanneet hyödyntää aurinkoa energiakäyttöön. Aurinkoenergiaa on aina saatavilla, eikä sitä tarvitse kuljettaa pitkien matkojen päähän. Hyödynnettäessä aurinkoenergiaa säästetään uusiutumattomia energianlähteitä ja muun lämmitysenergian tarvetta asunnossa. Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää joko aktiivisesti tai passiivisesti. Aktiivisessa aurinkoenergian hyödyntämisessä auringon säteily otetaan talteen erillisillä keräimillä, kun taas passiivisessa aurinkoenergian hyödyntämisessä auringon tuottama energia saadaan talteen mm. ikkunoiden tai seinien lämpiämisen kautta. Aktiiviset aurinkoenergialaitteistot jakautuvat aurinkosähköön ja aurinkolämpöön. Sähköä tuottavia laitteita kutsutaan aurinkopaneeleiksi tai aurinkokennoiksi.

Aurinkosähköjärjestelmä koostuu paneelistosta, lataussäätimestä, akustosta, sähköjohdoista ja kulutuslaitteesta, esimerkiksi televisiosta. Aurinkojärjestelmä tuottaa sähköä itsenäisesti auringonsäteilystä ja varastoi sähkön myöhempää käyttöä varten. Aurinkosähköjärjestelmä voi olla omavarainen, verkkoon kytketty tai hybridijärjestelmä. Esimerkiksi kesämökille asennettava aurinkosähköjär-

jestelmä on omavarainen. Omavaraudessa aurinkosähköjärjestelmässä käytetään energiavarastona akustoa. Sen lisäksi järjestelmässä tarvitaan lataussäädintä (Suomela 2004).

Aurinkopaneelit lataavat akut seuraavaa mökillä oloa varten. Paneelimäärän tarvetta laskiessa tulisikin ottaa huomioon, millaisella käytöllä loma-asunto on. Jos mökkiä käytetään lähinnä viikonloppuisin, yksi alle 80 W paneeli tuottaa riittävästi sähköä jokaisena viikkona aina helmikuusta lokakuun loppuun. Jos mökkiä käytetään talvikauden aikana, pääsiäisenä, kesälomalla ja syksyllä, aurinkopaneelille jää riittävästi aikaa ladata akut käytien välillä. Jos sähkön käyttö on runsasta, varastoivan akkupankin on oltava suhteellisen suuri. Jos mökkiä ei käytetä usein, paneeliksi riittää pienempi, koska paneelilla riittää aikaa ladata suurikin akkupankki. Vastaavasti voimala, joka soveltuu ahkerasti käytetyille mökille, ja jonka sähkönkulutus on vähäinen, sisältää suuren aurinkopaneelin ja pienehkön akkupankin. Suuri paneeli ei välttämättä vaadi suurta akkupankkia. Akkujen käyttöikä on rajoitettu, mutta hyvin huollettuna ne voivat kestää käytössä yli 10 vuotta. Tänä aikana käytössä olevaa akkupankkia ei kannata laajentaa, koska vanhat ja uudet akut eivät toimi hyvin yhdessä. (Sunwind Gylling Oy). Loma-asuntoon suunniteltiin neljä kappaletta Kyocera KC 130 W:sia aurinkopaneeleita, 8 kappaletta Victron AGM 200 Ah hyytelöakkuja ja NexT 675 Quattro LCD ohjausyksikkö. Victron AGM akut ovat täysin suljettuja, huoltovapaita ja kestävät hyvin syväpurkausta täysin vahingoittumatta. Niissä on erinomainen varauksen vastaanottokyky, matala itsepurkaus ja pieni sisäinen vastus.

5.2 Tuulienergia

Tuulivoima on tuulen eli ilman virtauksen liike-energian muuntamista tuuliturbiineilla sähköksi. Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa, joka on peräisin auringon säteilyenergiasta. Suurimmassa osassa nykyaikaisia tuulivoimaloita pyörivien lapojen liike-energia muutetaan sähkövirraksi. Menetelmä on samankaltainen kuin vanhemmissa tuulimyllyissä, joissa tuulen liike-energiaa käytetään esimerkiksi jyvien jauhamiseksi tai veden pumppaamiseksi maasta (Suomen Tuulivoimayhdistys ry).

5.2.1 Tuulivoima ennen

Tuulivoimaa on hyödynnetty ihmisten tarpeisiin ainakin 3000 vuoden ajan. Ennen 1900-lukua tuulivoimaa käytettiin pääasiallisesti suoraan mekaanisen työn tekemiseen, kuten veden pumppaamiseen tai viljan jauhantaan (TUT). Euroopassa tuulivoima alkoi kehittyä nykyaikaiseksi energiantuotantomuodoksi öljykriisin seurauksena alkaen vuodesta 1973 (FWT Oy). Vaikka vasta öljykriisi synnytti suuremman kiinnostuksen tuulivoimaan, olivat ensimmäiset tuuliturbiinit kehitetty jo 1900-luvun alussa. Yhtäältä tuulivoima oli jo tuotekehitysasteella heti toisen maailmansodan päättymisen jälkeen (TUT).

Vuoden 1973 öljykriisin seurauksena tuulivoima alkoi kiinnostaa laajempia kansalaisryhmiä, sillä maatilat tarvitsivat jatkuvasti lämpöenergiaa. Öljy oli kallista ja tuuli ilmaista. Kyläpajat kehittivät pieniä tuulivoimaloita ja paransivat niitä jatkuvasti. Pieniä tuulivoimalayhdistyksiä perustettiin niin rakentajille kuin laitosten omistajille, jotka alkoivat rekisteröidä ja raportoida tietoja voimaloista (TUT).

Voimaloiden koko kasvoi vuonna 1987 jo 200 kW ja 250 kW tasolle. Vuonna 1993 oli saavutettu 500 kW kokoluokka joka jäi kuitenkin vain välivaiheeksi, sillä kiinnostus veti merelle. Tanskalaisen tuulivoima aikakauden historia päättyi noin vuonna 1995, jolloin siirryttiin nykyaikaan. Tällöin myös otettiin käyttöön termi OFF-SHORE: voimaloiden nimellistehot nousivat 500 kW tasolta nopeasti 600 kW-1650 kW tasolle. OFF-SHORE-teknologiaa ryhdyttiin kehittämään melkein kaikissa valmistajatehtaissa. Kiinnostus kohdistui nimenomaan käyttövarmuuteen ja huollon helppouteen. Perustusrakennelmia mietittiin ja suunnitelmissa lähdettiin varovasti liikkeelle. Vuonna 1995 Midkraft niminen voimayhtiö rakennutti Tanskan järjestyksessä toisen OFF-SHORE-puiston kooltaan 5 MW. **Puistossa** on 10 voimalaa ja sen vuosituotannoksi laskettiin 15 GWh (TUT).

5.2.2 Tuulivoiman käyttö

Käynnistyäkseen tuulivoimala tarvitsee vähintään 3 m/s tuulennopeutta. Riippuen voimalamallista, tuulen nopeuden ollessa 13 m/s voimala saavuttaa nimellistehonsa. Tästä eteenpäin aina 25 m/s voimala tuottaa vakiotehoa. Parhaita

paikkoja tuulivoimaloille ovat merten rannikot, merialueet, aukeat mereen rajoittuvat pellot tai suurten mäkien ja vuorten rinteet ja laet, joissa tuulen keskinopeus on noin 6 m/s. Tuulisuus vaihtelee vuorokauden, vuodenaikojen ja säärintamien mukaan. Keskimääräinen tuulen energia on kuitenkin lähes vakio ja laajalla alueella tuotannon erot tasoittuvat. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry). Kun otetaan huomioon, että tuulesta saatava energian määrä muuttuu ja kasvaa tuulen nopeuden mukaan, niin tuulienergian määrä syksyllä ja talvella on huomattavasti suurempi kuin kesäaikana. (Eurosolar Oy).

Tuulivoima soveltuu hajautettuun energiantuotantoon. Sähköä voidaan tuottaa myös pientuulivoimaloilla itse kulutuspaikoilla: maataloilla, taloyhtiöissä, omakotitaloissa ja kesämökeillä. Sähköä voi tuottaa omavaraisesti tai myös valtakunnanverkkoon. Tuulivoimaa käytetään pienimuotoisesti esimerkiksi merkkivaloihin, havaintoasemiin ja viestiasemien radioiden akkujen lataamiseen ja aurinkovoiman täydennyksenä (Suomen Tuulivoimayhdistys ry).

Pientuulivoimalla voidaan tuottaa merkittävä osa talouden sähkötarpeesta. Alle 2000 watin (W) laitteet soveltuvat käyttötarpeesta riippuen kesämökin valaistukseen ja elektroniikan tarpeisiin. Kiinteistökohtaisia tuulivoimaloita on monen tyyppisiä. Vaaka-akseliset potkurityyppiset ja pystyakseliset voimalat ovat tavanomaisempia. Vaaka-akseliset turbiinit on suunniteltu määrätulle tuulen nopeusalueelle, jotta ne toimisivat parhaiten. Pystymalliset puolestaan toimivat hyvin pyörteisissä tuuliolosuhteissa. (Motiva).

Paras paikka tuulivoimalalle olisi saaristo, rannikolla on paremmat tuuliolosuhteet kuin sisämaassa. Olennaista kuitenkin on, että voimala pääsee kiinni mahdollisimman voimakkaisiin tuuliin. Helpoiten tämä saavutetaan korkealla mastolla. Kaikki esteet, kuten puut ja rakennukset synnyttävät pyörteitä, jotka heikentävät tuulen voimaan. Metsäisessä ja kumpareisessa Suomessa tuulivoimalan maston korottaminen vaikuttaa nopeasti energiantuottoon. Voimalan napakorkeuden tulisi olla selkeästi esteitä korkeammalla. Tuulella on valtava voima, joten voimalan rakenteiden tulee olla kestäviä. Viisas voimalan rakentaja myös varmistaa, että voimalan suojajärjestelmät ovat kunnossa mm. salamaniskun haittavaikutuksilta. (Motiva).

Opinnäytetyön kohteena olevan loma-asunnon tontti avautuu Saimaalle, joten tuulivoimalan masto suunniteltiin asennettavaksi rantaan. Luonnolliseksi tämän paikan mastolle teki se, että tuuli puhaltaa ajoittain voimakkaastikin Saimaalta. Tuulivoimalan syöttökaapelin pituus mastolta mökille tulisi olemaan noin 25 metriä.

5.3 Hybridijärjestelmä

Hybridivoimala on hyvä tapa varmistaa jatkuva omavarainen energiantuotanto, hyödyntämällä sekä aurinkovoimaa että tuulivoimaa. Lisäämällä tuuli-aurinkotekniikkaa, uusiutuvaa energiaa voi hyödyntää entistä tehokkaammin. (Tuulivoimala).

Suomen olosuhteissa on erittäin perusteltua käyttää yhdessä aurinkosähköä ja tuulienergiaa, sillä aurinkotuntien määrä on kesällä suuri ja tuulen keskinopeudet samaan aikaan selvästi alhaisempia. Aurinkopaneeli ja tuuligeneraattori muodostavat yhdessä oman sähköisen latausjärjestelmänsä säädinlaitteineen suhteessa akkuun (liite 1), joten ne voidaan helposti asentaa tai ottaa pois käytöstä ilman, että toisen järjestelmän toiminta tästä mitenkään häiriintyy (Eurosolar Oy).

5.4 Suorasähkö

Sähkö on kaikille Suomessa asuville ihmisille toimitettu peruspalvelu. Sähköverkon tehtävänä on siirtää voimaloissa tuotettu sähkö sähkön käyttäjille. Suomessa on noin kolme miljoona sähkön käyttäjää ja neljäsataa sähköä tuottavaa voimalaitosta (Energiateollisuus).

Suora sähkölämmitys on halpa rakentaa, helppohoitoinen ja huoltovapaa, käyttökustannuksiltaan kallis. Varaava sähkölämmitysjärjestelmä varaa yöllä halvempaa yösähköä (vesivaraaja). Lämpöä voidaan myös luovuttaa betonilaattaan asennettavilla sähköasennuksilla, tällöin voidaan valaa paksumpi betoni-laatta, joka varaa lämpöä (Omakotitalo.net).

Opinnäytetyön kohteena olevalle loma-asunnolle vedettävän syöttökaapelin pituus muuntamolta on noin 700 metriä, ja se vedettäisiin järven pohjaa pitkin tontin laidalle. Loma-asunnon sähkökeskuksen pääsulakekoko olisi 3x25A.

6 ENERGIAVAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Sähkösuunnitelman avulla selvitettiin loma-asuntoon tarvittava tehon tarve ja sen perusteella vertailtiin erilaisia energiavaihtoehtoja, kuitenkin suurin piirtein samaa hintaluokkaa olevia. Energiavaihtoehdot joita vertailussa käytettiin, olivat suorasähkö ja hybridijärjestelmä, joka sisältää aurinko + tuulivoimalan. Ajatuksena oli saada toimiva energiajärjestelmä loma-asuntoon kohtuullisella hankintahinnalla, joten vertailuun otettiin samanhintainen hybridijärjestelmä mitä sähköliittymän hankinta mökille maksaisi. Vertailussa myös laskettiin energiakustannukset järjestelmien huoltokustannusten ja käyttökustannusten mukaan kymmenen vuoden aikasyklillä.

Sähkösuunnitelmaa varten mietittiin, mihin kaikkeen sähköenergiaa loma-asunnossa tarvittaisiin. Sähkösuunnitelman avulla arvioitiin tarvittavien sähkölaitteiden tarve ja kulutus. Loma-asunnon energiankulutusta arvioitiin energiatarvetaulukon (taulukko 1) avulla.

MÄÄRÄ	LAITE	TEHO (W) / kpl	KÄYTTÖAIKA (h) / vrk	ENERGIATARVE / vrk
3	Sisävalot	40	8	960 Wh
2	Saunavalaistus	40	3	240 Wh
3	Ulkovalaistus	40	2	240 Wh
1	Jääkaappi	250	3	750 Wh
1	Kodinkoneet	1500	0,5	750 Wh
1	Vesipumppu	900	0,5	450 Wh
1	Lattialämmitys	600	3	1800 Wh
1	Ilmalämpöpumppu	600	2	1200 Wh
Yht.				6390 Wh

Taulukko 1. loma-asunnon energiatarpeesta

6.1 Sähkönkulutuksen ja akkupankin koon laskeminen hybridijärjestelmää varten

Kaikkien laitteiden teho ilmoitetaan watteina. Laitteiden kuluttama energia taas wattitunteina (Wh). 40 W:n hehkulamppu, joka on käytössä 2 tuntia, kuluttaa energiaa 80 wattituntia ($40\text{ W} \times 2\text{ h} = 80\text{ Wh}$). Kesämökin vuorokauden sähköntarve kannattaa laskea wattitunteina, jonka vertailussa laskin hybridijärjestelmälle.

Akun sisältämä energia ilmoitetaan ampeeritunteina (Ah), joita käytän laskelmissani. Tämä merkitsee sitä, että päivittäinen sähköntarve on muutettava wattitunneista ampeeritunneiksi. $6390\text{ Wh} : 12\text{ V} = 532,50\text{ Ah}$, joka on esimerkki tapauksen päivittäinen energian kulutus. Päivittäinen energiamäärä tulee laskea päivien määrällä, jonka mökillä viettää kerralla. Näin saadaan mökin sähkötarve selville. Esimerkiksi viikonloppukäytössä $532,50\text{ Ah} \times 3 = 1597,50\text{ Ah}$ tai yksi viikko mökillä $532,50 \times 7 = 3727,50\text{ Ah}$. Laskelmissa otetaan kuitenkin huomioon se, että mökki on käytössä vain viikonloppuisin. Tästä johtuen tarvittava **akku**-määrä on 8 kpl:ta 200 Ah akkuja

6.2 Energiajärjestelmän valinta

Hybridijärjestelmäksi valittiin Eurosolarin peruspaketti, jossa voidaan käyttää seuraavia laitteita: TV/DVD, tietokone, jääkaappi valaistus, kännykkälaturi, vesipumppu sekä noin 1500 watin invertteriä. Kyseessä oleva hybridijärjestelmä on hankintahinnaltaan reilut 8000 €, johon sisältyy kahdeksan 200 Ah akkuja. Tämä hybridijärjestelmä valittiin vertailuun edullisuutensa vuoksi ja koska sähköliittymästä saatu tarjous paikalliselta sähköntuottajalta on suurin piirtein samanhintainen. Suorasähkön liittymismaksu koostuu liittymisosasta ja mittarointiosasta. Pienjänniteliittymien liittymismaksun perustana on pääsulakekoko ja liittymän sijainti. Pääsulakekoko valitussa loma-asunnossa on 3 x 25 A ja mökin sijainti sellainen, että liittymätarjous tuli olemaan 5558 €.

Sähkön kulutus mökillä kesäisin on noin 600 kWh, perustuen energiatarvelaskentaan (taulukko 1) energiankulutuksesta, jos mökkiä käytetään viikonloppuisin eli noin 90 päivänä vuodessa. Kymmenen vuoden suorasähkönkulutus saadaan laskemalla suorasähkön hinta (0,114 €/ kWh), joka on:

Päiväkulutus on 6,5 kWh

6,5 kWh x 90 päivää = 585 kWh

0,114 € / kWh x 585 kWh = 67 € / vuosi

67 € x 10 = 670 € / 10 vuotta

Sähköliittymän perusmaksu vuoteen on 100,80 €, mikä kymmenen vuoden aikana tarkoittaa 1008 €. Näin ollen kymmenen vuoden käyttökustannukset sähköliittymän kohdalla ovat 670 € + 1008 € = **noin 1700 €**.

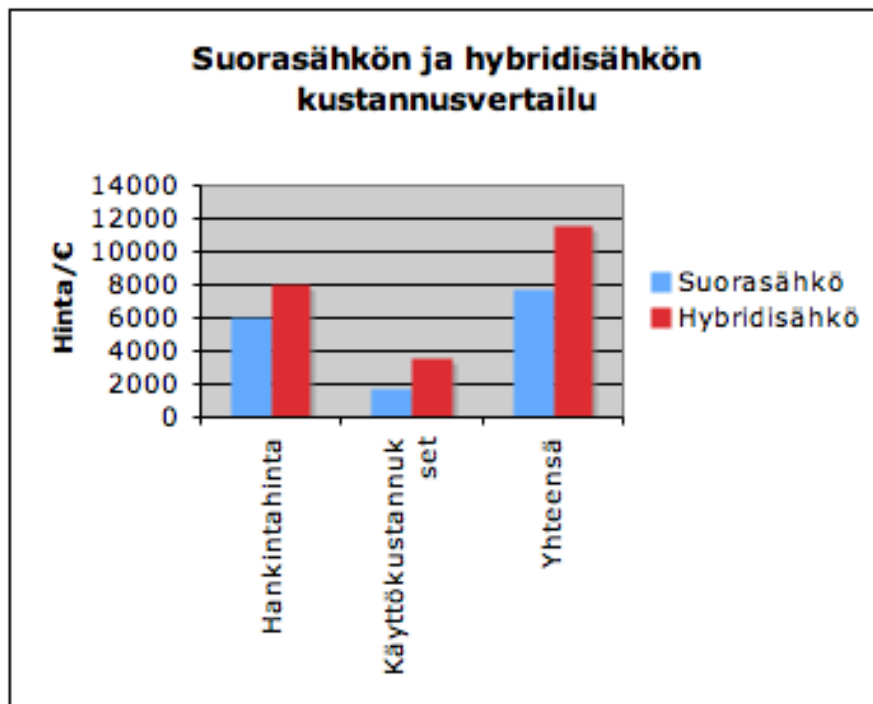
Hybridijärjestelmässä ainoat käyttökustannukset ovat tuuliturbiini välihuolto sekä järjestelmän akkujen vaihdot. Näin ollen kymmenen vuoden käyttökustannukset ovat:

1 kpl 200 Ah akku = 399 €. Näitä tarvitaan siis 8 kpl:ta, joten 399 € x 8 = 3192 €.

Tuuliturbiinin huoltokustannukset ovat noin 300 € / 10 vuodessa.

Näin ollen 10 vuoden käyttökustannukset ovat 3192 € + 300 € = **noin 3500 €**.

Hybridijärjestelmä on hyvä vaihtoehto, jos sähkön kulutus on pientä. Energiamuoto on myös ekologinen, sekä tuotettu energia on ilmaista. Järjestelmä on helppo asentaa myös itse. Suorasähkömahdollisuutta ei aina loma-asuntoihin saa ja suorasähköliittymät voivat olla investoinneiltaan kalliita, riippuen liittymän tarjoajasta ja sijainnista. Suomen olosuhteissa hybridijärjestelmän hankinta on hyvinkin perusteltua. Laskelmien perusteella voidaan kuitenkin todeta, että kustannuksiltaan hybridijärjestelmä tulee kalliimmaksi.



Taulukko 2. suorasähkön ja hybridisähkön kustannusvertailusta

Sähkösuunnitelman tehotarpeen mukaan laskettiin, että suorasähkö olisi tähän käyttötarkoitukseen paras ja luotettavin vaihtoehto. Kertainvestoinneiltaan molemmat järjestelmät ovat samanlaiset, mutta huoltokustannukset ovat suorasähkön käytössä pienemmät verrattuna hybridijärjestelmään. Vaikka suorasähkön kustannukset näkyvät kuukausittain, pitkällä aikavälillä tarkasteltuna se on käyttäjäystävällisempi. Kyseistä loma-asuntoa ei käytetä ympärivuotisesti, mutta niin halutessaan mökkikautta voi pidentää suorasähkön tuoman helppouden takia mm. lämmityksen suhteen. Suorasähkö energiamuotona ei ole myöskään riippuvainen sääolosuhteista ja on tehontarpeen kasvaessa ehtymätön. Loma-asunnon lämmittämiseen vertailtava hybridijärjestelmä ei sovellu, sillä se on tehoton ja lähinnä tarkoitettu pieneen kulutukseen. Lämmitykseen tarkoitettut tehokkaammat hybridijärjestelmät maksavat moninkertaisesti enemmän ja ovat myös huoltokustannuksiltaan kalliimpia.

7 LÄMMITYS JA ENERGIATEHOKKUUS

Yhä useampi asunto lämpiää nykyään monella lämmitysjärjestelmällä. Useimmissa pienrakennuksissa on varsinaisen lämmitysjärjestelmän tukena jonkinlainen rinnakkaislämmitys eli lämmitysjärjestelmän rinnalla käytettävää lämmitystä, esimerkiksi tulisija, aurinkolämmitys, tuulivoima tai ilmalämpöpumppu. Sähkölämmityksen perinteiset muodot ovat patterilämmitys ja lattialämmitys. Asunnon energiankäytöstä noin puolet käytetään lämmitykseen (Energieoteollisuus).

Lämmitykseen vaikuttavat energiataloudelliset pääkohdat ovat hyvin lämpöä eristävät rakenteet, rinnakkaislämmityksen hyödyntäminen, ilmaisenergian hyödyntäminen, lämmön talteenotolla varustettu ilmainvaihto sekä vähän vettä kulluttavat kalusteet ja käyttöveden paineen säätö. Lämpöä eristäviin rakenteisiin eli ulkoseiniin, kattoon ja lattiaan kannattaa kiinnittää huomiota ja eristää ne 50–100 mm tavallista paksummalla lämmöneristyksellä. Ikkunoiden tulisi olla lämmöneristyskyvyltään tavallisia ikkunoita paremmat eristyslasi-rakenteiset ikkunat. Näin minimoidaan asunnon energiahukka (Omatkotitalo.net).

7.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumput ovat tulleet viime vuosina suomalaisiin koteihin. Ilmalämpöpumppu on järkevä investointi, sillä sen avulla voidaan hyödyntää ulkoilman lämpöä sisäilman lämmittämiseen myös talvella. Ainoaksi lämmitysmuodoksi ilmalämpöpumppu ei riitä, mutta varsinaisen lämmitysjärjestelmän rinnalla se voi, oikein asennettuna ja käytettynä, pienentää lämmityskustannuksia merkittävästi varsinkin suorasähkölämmitteisissä asunnoissa. Ilmalämpöpumppu ei pelkästään lämmitä, vaan myös puhdistaa ilmaa, poistaa kosteutta sekä viilentää kesäaikana. On hyvä huomata, että viilennyskäyttö lisää ilmalämpöpumpun sähkönkulutusta ja siten vähentää lämmityskuluissa saatavaa hyötyä (Energieoteollisuus).

Tärkein termi laitteita vertailtaessa on sen hyötysuhde (COP), joka kertoo, miten paljon lämpötehoa laite antaa suhteessa kulutettuun sähkötehoon. Eli mitä suu-

rempi COP-arvo, niin sen suurempi säästö. Lämpöpumppujen vuosihyötysuhteet vaihtelevat laiteratkaisusta riippuen välillä 1,5 - 3 eli talon lämmittämiseen tarvitaan sähköenergiaa 25 - 50 prosenttia vähemmän (Energiateollisuus).

Yksinkertaisen hyötysuhteen kaava:

$$COP=Q/W$$

jossa Q on lämmitysteho

jossa W on ottoteho

Ilmalämpöpumppu, jossa lämmön keruu tapahtuu ulkoilmasta ulkoseinälle sijoitettavan puhallin/höyrynyksikön avulla, lämmön luovutus tapahtuu joko yhden tai useamman puhallin/lauhdutinyksikön kautta suoraan rakennuksen sisäilmaan. Lämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti ulkolämpötilan laskiessa alle -10°C:een. Lämmön luovutus tapahtuu yhdessä tai useammassa lauhdutinyksikössä (Pistoke Oy).

Järjestelmän haitta on se, että se vaatii suurimman mahdollisen energiatarpeen mukaan mitoitettua rinnakkaisen lämmitysjärjestelmän, koska juuri kylmimmällä säällä lämpöpumppu ei ole käytettävissä. Tutkimusten mukaan kaikkein kustannustehokkain lämmitysmuotoyhdistelmä on ilmalämpöpumppu ja varaava tulisija yhdessä. Lämpöpumppu on pitkälle kehitetty, helposti asennettava, varmatoiminen ja jota on helppo ohjata kaukosäätimellä. Haittana ovat ulkona olevan höyrynyksikön ja sisätiloissa olevan puhallinkonvektorin puhallinäänät sekä ajoittainen höyrystinpatterin tarvitsema sulatus, joka alentaa saavutettavaa lämpökerrointa (Pistoke Oy).

Opinnäytetyössä käytetään Panasonic E9 invertterimallista ilmalämpöpumppua, jonka maksimiteho on 1400 W. Ilmalämpöpumpun sisäyksikön lämpötila-asetus on +22 °C ja puhallin on automaattiasetuksella. Ilmalämpöpumppu on asennettu omakotitaloon. Omakotitalossa mitattavien tulosten perusteella päätetään

hyödyntää ilmalämpöpumpusta saatavaa energiatehokkuutta myös loma-asumisessa, jos loma-asunto olisi tulevaisuudessa käytössä ympärivuotisesti. Kuvat 2, 3 ja 4 kertovat, miten ilmalämpöpumppu toimii talviolosuhteissa. Kuva 4 näyttää ilmalämpöpumpun toimintaa kun ulkona on -5 - -10 °C. Kuvan 4 mukaisesti seurattiin ilmalämpöpumpun sulatuksen ottamaa tehoa ja huomattiin, että sulatuksen käynnistyessä ilmalämpöpumppu pysähtyy ja kääntää toiminnan päinvastaiseksi, jolloin sulatuksen ottama teho verkosta lähtee noin 100 W:sta. Sulatuksen aikana tapahtuu ulkoyksikön huurteisen kennon sulatus ja sisäyksikkö hohkaa sinä aikana kylmää ilmaa. Kylmimmillään sisäyksikkö voi hohtaa yli -20 °C ilmaa ja ottoteho vaihtelee silloin 500–800 W:ia. Keskimääräinen ottoteho vuorokaudessa vaihtelee 400–800 W:n välillä. Sulatuksen jälkeen ilmalämpöpumppu kääntää toiminnan taas lämmittäväksi ja alkaa lämmittää sisäyksikön kennoa. Saavutettaessa lämpötilan noin + 15 °C, puhallin käynnistyy ja alkaa puhaltaa lämmintä ilmaa. Kun sisäyksikkö saavuttaa huippupisteen, jolloin sisäyksikkö puhaltaa yli +40 °C ilmaa, silloin ilmalämpöpumppu ottaa verkosta tehoa lähes 1400 W:ia.

Ilmalämpöpumpun sulatukseen vaikuttaa ulkolämpötilan lisäksi myös ilman kosteus.

Ilmalämpöpumpun energiakulutusta seurattiin pistorasiaan liitettävällä kWh-mittarilla. Joulukuun 2009 ilmalämpöpumpun energiakulutus oli 345 kWh ja ilmalämpöpumppu oli toiminnassa joulukuussa 602 tuntia (joulukuun koko talon yhteiskulutus oli 2303 kWh). Heinäkuun 2010 ilmalämpöpumpun energiakulutus oli 104 kWh ja ilmalämpöpumppu oli käytössä tarpeen mukaan, josta myös osan ajan stand-by tilassa, yhteensä kuitenkin n. 700 tuntia (heinäkuun koko talon yhteiskulutus oli 589 kWh). Kulutuksesta voi päätellä, että minkä talvella säästää energiassa sen voi myös kesällä tuhlata viilentämiseen.

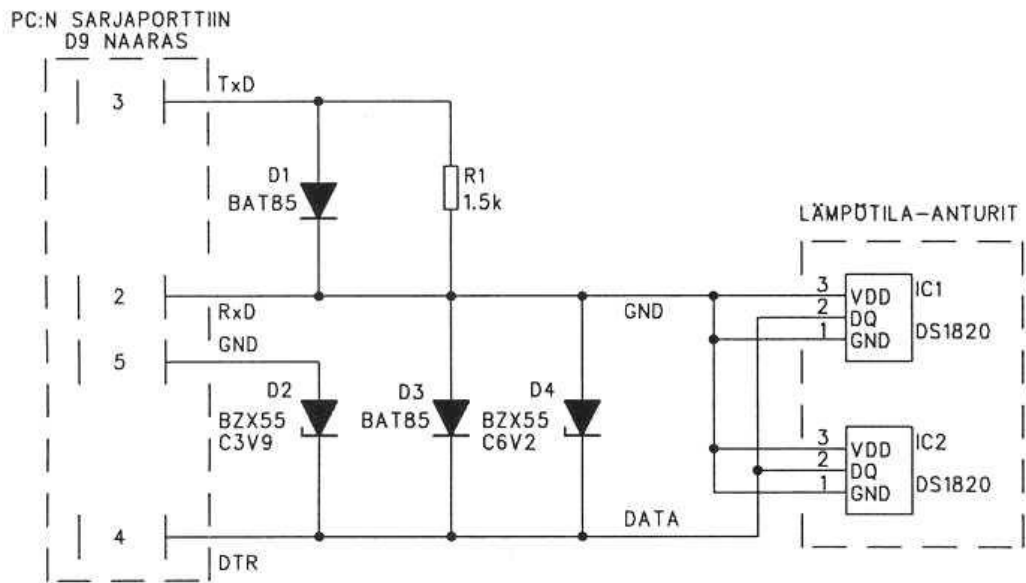
7.1.1 Logtemp tietokonepohjainen ohjelma ilmalämpöpumpun toiminnan seurannassa

LogTemp ohjelmalla voidaan seurata lämpötilatietoja päivä-, viikko-, tai kuukausikuvista. Ohjelma on tarkoitettu useiden 1-wire lämpötila-antureiden mittauksiensa seurantaan ja tallentamiseen. Mittausten intervalli on säädettävissä. Anturei-

den lukemat tallennetaan tiedostoihin ja esitetään graafisesti. Grafiikassa esitettävät anturit ja esitysväri voidaan määrittellä jokaiselle anturille erikseen. Lisäksi grafiikka voidaan määrittellä tallentumaan automaattisesti. Tiedostoihin tallennettuja mittaustietoja voidaan syvällisemmin käsitellä esim. taulukkolaskennassa. Mittaukset voidaan myös määrittellä käynnistymään automaattisesti (MR Soft).

LogTemp-ohjelman tuettuja 1-wire antureita / piirejä ovat DS1820 lämpötilaanturit, jonka mitta-alue on -50 °C - +70 °C, lisäksi ohjelmaan on saatavissa ilmankosteuden mittaus-, auringon säteilyn mittaus-, ilmanpaine- ja jänniteantureita. LogTemp-ohjelmaan on saatavilla myös laskenta-antureita; salamanlaskija, sademittari, tuulen nopeus ja energia kulutus antureita.

Tutustuin lämpötilanseurantaohjelmiin vuosia sitten ostaessani ensimmäisen ilmalämpöpumpun ja päädyin LogTemp-ohjelmaan, koska ohjelma oli ilmainen ja lämpömittarin rakentaminen oli yksinkertaista. Ohjelman käyttämiseen tarvittiin vain internetistä ladattava ohjelmaversio sekä Dallas merkkisiä DS1820 antureita 3 kpl. Ensimmäinen anturi mittaa huoneenlämpötilaa, toinen anturi on asennettu sisäyksikön puhallettavan säleikön eteen. Kolmas anturi on asennettu ulkoyksikön läheisyyteen, koska se mittaa ulkolämpötilaa. Antureita varten rakennettiin pieni piirikortti, johon anturit kytkettiin (kuva 1). Piirikortti kytkettiin sitten tietokoneen sarjaporttiin. Antureita voidaan kytkeä rinnakkain useampi kappale, kunhan ne ovat osoitteelliset, jotta tietokone tunnistaa jokaisen anturin.



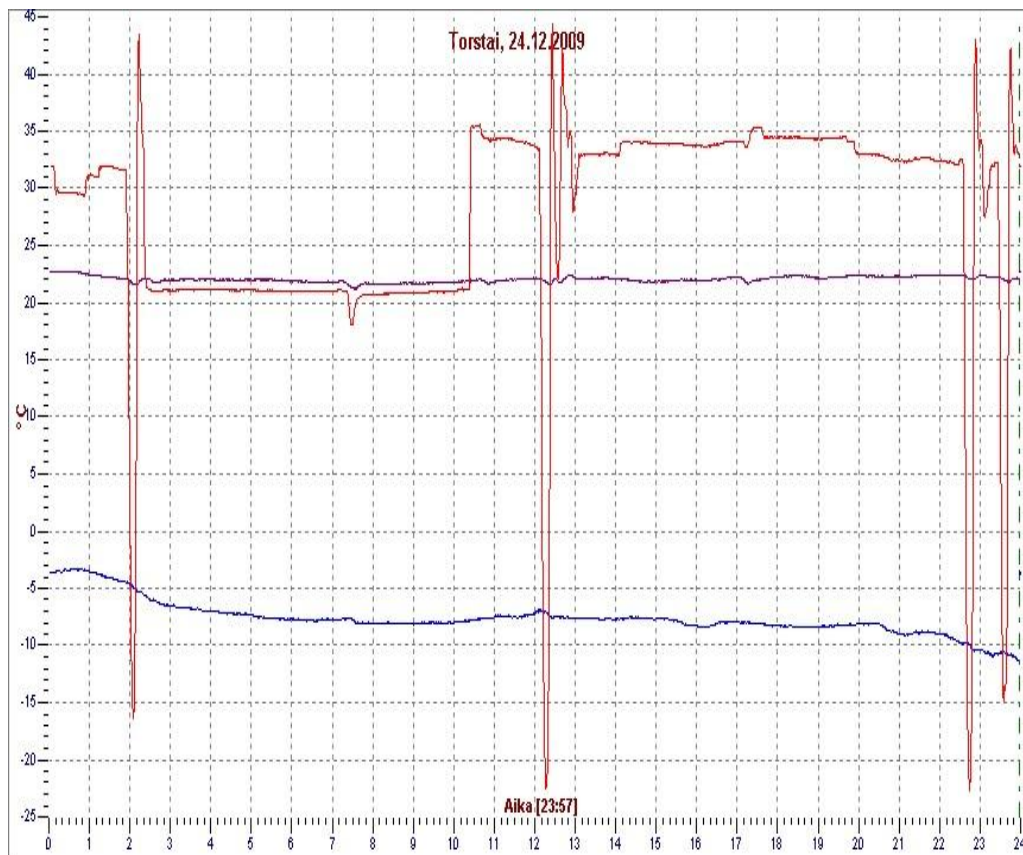
Antureiden piirikortti (Kuva 1.)

Opinnäytetyötä varten tein LogTemp-ohjelmalla seurantaan ilmalämpöpumpun toiminnasta noin puolen vuoden ajalta (joulukuu 2009 – heinäkuu 2010). Otin opinnäytetyöhön neljä kaaviota, joista voi lukea ilmalämpöpumpun toimintaa.

Kaavioissa merkit tarkoittavat:

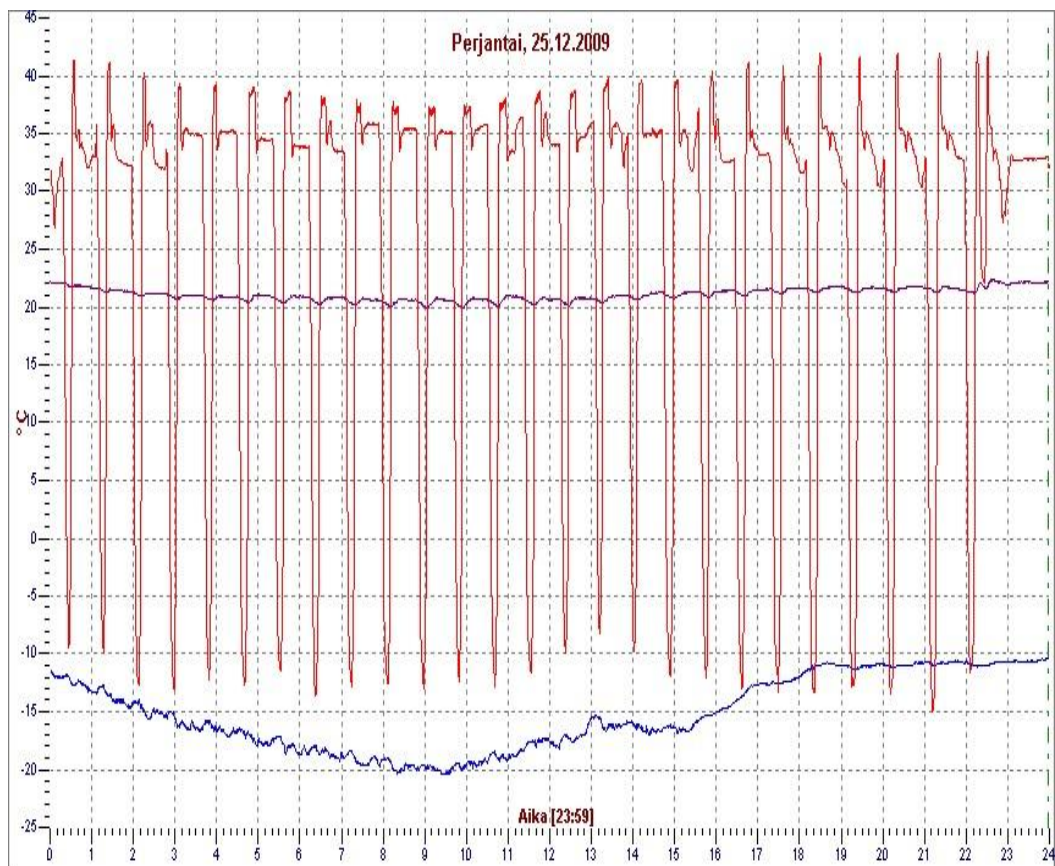
- sisälämpötila
- ulkolämpötila
- sisäyksiköstä puhaltava ilma

Ilmalämpöpumppu käynnistyy 10 h välein, kun ulkona on $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (kuva 2). Pumpun kennon sulatusvaihe kestää noin kymmenen minuuttia, kun sulatus käynnistyy sisäyksiköstä hohkaava ilma alkaa viilentyä ja kylmimmillään se on noin $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ilmaa, tämän jälkeen toiminta muuttuu jälleen lämmittäväksi ja ilmalämpöpumppu nostaa tehon maksimiin ja sisäyksiköstä puhaltavan ilman lämpötila kohoaa yli $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Samalla kaaviosta nähdään, että sulatuksen aikana huonelämpötila tippuu hieman. Pienellä pakkasella ilmalämpöpumppua on vielä taloudellisesti kannattavaa pitää päällä.



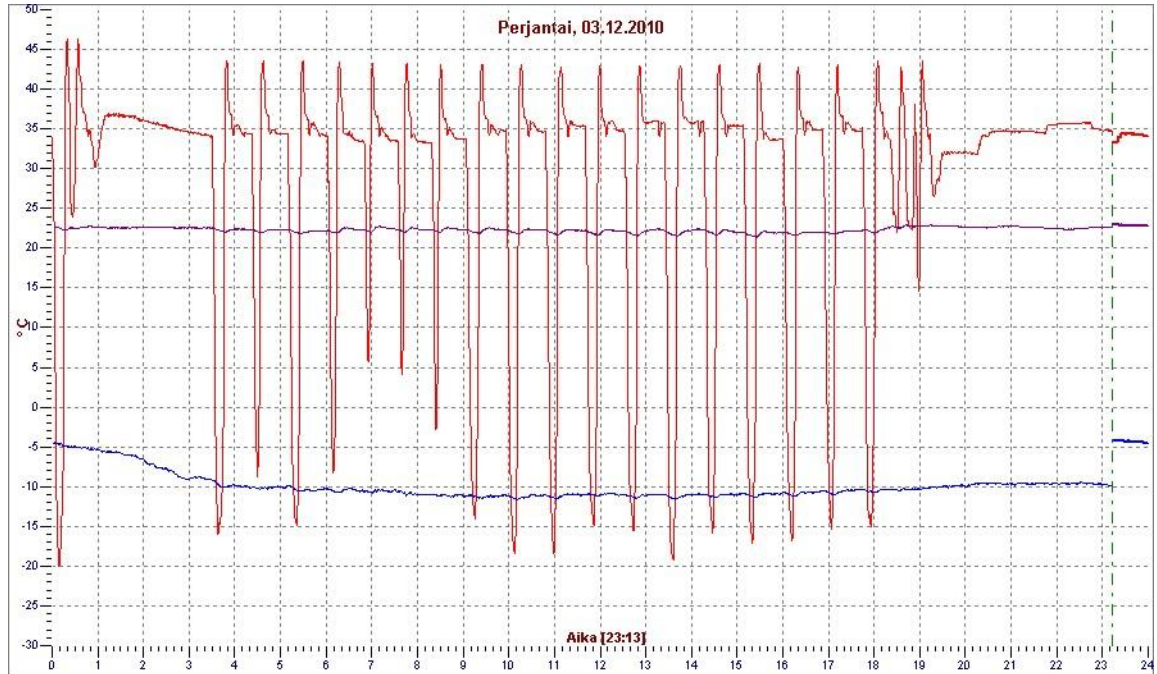
Ilmalämpöpumppukuva LogTemp ohjelmalla, kun ulkona n. $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Kuva 2.)

Ilmalämpöpumppu käynnistyy alle tunnin välein, kun ulkoilman lämpötila on -10 – -20 C asteen välillä (kuva 3). Sulatuksen käynnistyessä lämpötila alkaa laskea hiljalleen ja sisäyksiköstä hohkaa kylmää ilmaa ja kylmimmillään noin -10 asteista ilmaa, tämän jälkeen toiminta muuttuu jälleen lämmittäväksi ja ilmalämpöpumppu nostaa tehon maksimiin ja sisäyksiköstä puhaltavan ilman lämpötila kohoaa yli +40C:een. Huonelämpötila tippuu hieman jokaisen sulatusvaiheen kohdalla. Kovilla pakkasilla sulatustiheys tapahtuu useammin, mutta sulatusteho on pienempi ja lyhyempi ajallisesti. Kovemmissa pakkasilla ilmalämpöpumpun käyttö ei ole enää taloudellisesti kannattavaa.



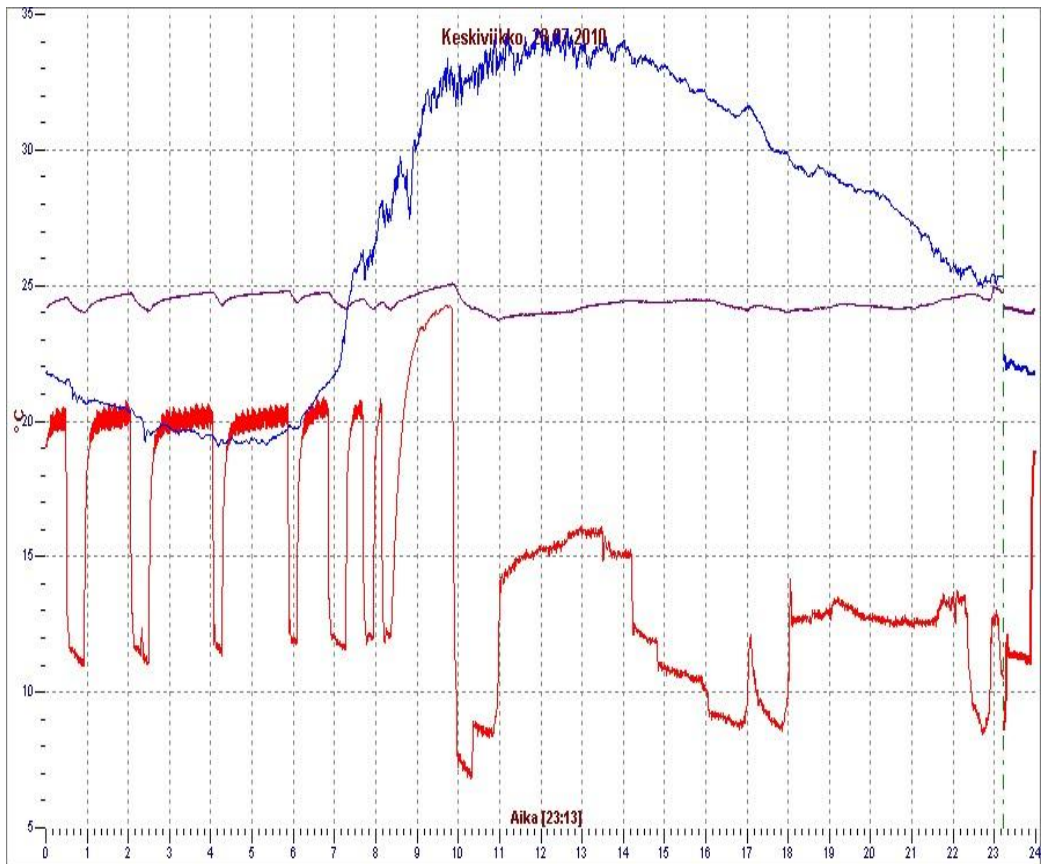
Ilmalämpöpumppukuva LogTemp ohjelmalla, kun ulkona -10 - -20 °C. (Kuva 3.)

Kuvasta voi huomata, että kun lämpötila on alle $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, ilmalämpöpumpun sulatus tapahtuu muutamien tuntien välein. Kun lämpötila laskee alle $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:en, niin ilmalämpöpumppu sulattaa ulkoyksikköä noin tunnin välein.



Ilmalämpöpumppukuva LogTemp ohjelmalla, kun ulkolämpötila vaihtelee $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ välillä. (Kuva 4.)

Kesällä tilanne on päinvastainen. Ilmalämpöpumpun sisäyksikkö puhaltaa viileää ilmaa huoneistoon (kuva 5). Käynnistyessään ilmalämpöpumppu puhaltaa noin +10 asteista ilmaa, samalla huoneen lämpötila laskee hieman. Kun kesäkuumalla lämpötila nousee ulkona ja kohottaa sisätilan lämpötilaa, ilmalämpöpumppu reagoi nopeasti ja alkaa puhaltaa vielä viileämpää ilmaa.



Ilmalämpöpumppukuva viilennyksestä helteellä LogTemp ohjelmalla (Kuva 5.)

8 PÄÄTELMÄT

Suorasähkön valintaa perustelen sen luotettavuuden ja monipuolisuuden takia myös sen vaivattomuudella. Sähköliittymätarjous on mielestäni kohtuullinen ottaen huomioon mökin sijainnin sekä sähköliittymän avaus käy asiakkaalta huolettomasti. Suorasähkö luo myös mahdollisuuden jälkikäteen lisäenergiantarpeelle, sillä tehoa voidaan kasvattaa aina liittymän mitoitusasteeseen asti. Loma-asumisessa sähkön heikkous on siinä, jos sähkönjakelu jostain syystä joskus katkeaa. Vaihtoehtojärjestelmä kustannuksiltaan tulee toki suurin piirtein samanhintaiseksi, mutta huoltokustannuksiltaan hybridijärjestelmä tulee mökin käytössä pitemmällä aikavälillä todennäköisesti kalliimmaksi. Mökin käyttötarkoitukseen perustuen suorasähkö tuntuu paremmalta vaihtoehdolta niin käyttökustannusten mutta myös käyttömukavuuden vuoksi. Vaikka sähköliittymät voivat maksaakin huomattavasti enemmän, on tämä vaihtoehto selkeästi paras juuri tälle mökille. Olen yllätynyt hybridijärjestelmän käyttökustannuksista, onhan loma-asunto kuitenkin vai osan vuodesta käytössä, eikä energiantarve sen vuoksi ole suuri. Yleinen käsityshän taitaa olla, että vaihtoehtoenergiat ovat edullisempia siksi, että niiden avulla voidaan itse tuottaa käyttöenergiaa. Todennäköisesti mökin käyttö tulevaisuudessa kasvaa, joten senkin puolesta suorasähkön valinta on järkevää ja perusteltua.

Ilmalämpöpumpun tutkiminen selvitti, mitkä ovat pumpun käytön hyvät ja huonot puolet. Taulukoista sain selville, miten pumppu käytännössä toimii ja missä menevät ulkoilman minuusrajat ilmalämpöpumpun käytön tehokkuutta ajatellen. Voidaan kuitenkin todeta, että ilmalämpöpumpun hyötysuhde laskee huomattavasti, kun ulkoilman lämpötila laskee – 10 asteeseen tai kylmemmäksi.

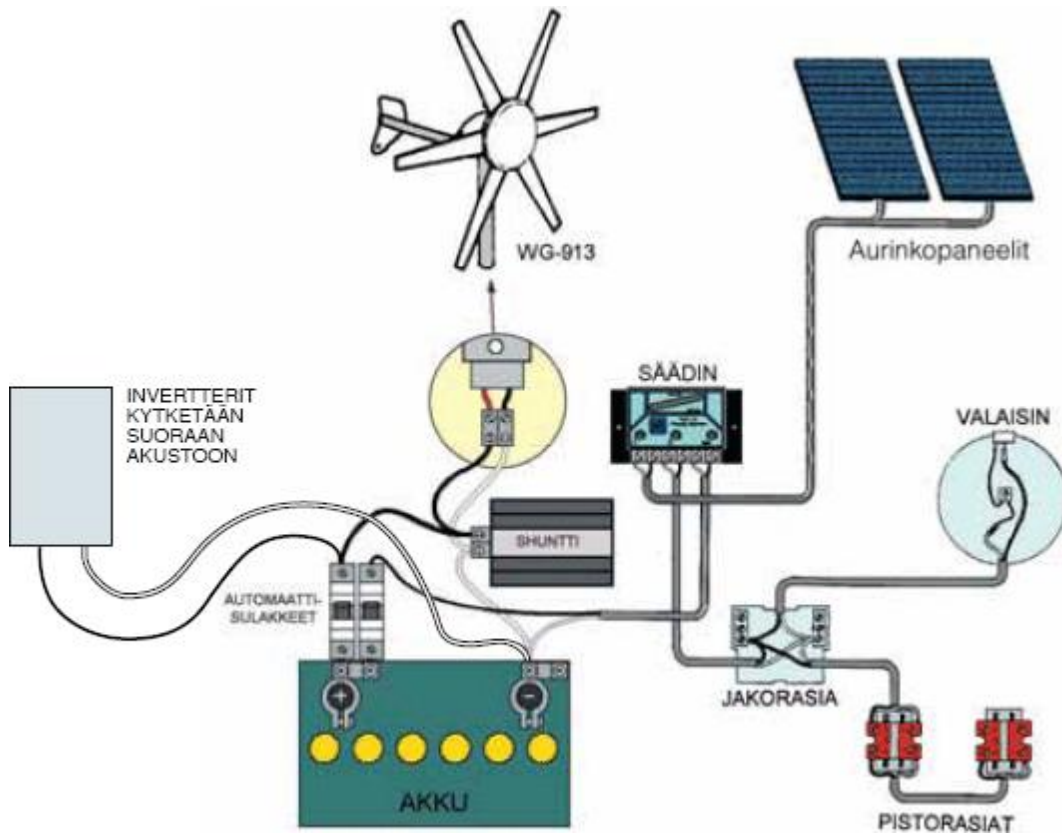
Kestävää kehitystä ajatellen omavarainen sähköntuotanto olisi parasta. Käyttökustannuksiltaan hinnakkaampi hybridijärjestelmä mahdollistaisi tämän, mutta näiden järjestelmien käytössä on otettava huomioon myös akkujen hävittämisen tuomat ekologiset ongelmat. Hybridijärjestelmä täytyy myös usein huoltaa ulkopuoliset huolitsijan toimesta, mikä ei tuntunut tässä tapauksessa olevan hyvä vaihtoehto. Suorasähkö luo huolettomuutta sähköntuoton suhteen.

Opinnäytetyöprosessi oli mielestäni mielenkiintoinen, tutkimusprosessi koski kuitenkin omaa loma-asuntoa. Rakennusvaiheessa energian kulutukseen liittyvät asiat ovat yleensä päällimmäisenä. Sähkösuunnitelma oli helppo tehdä mökin pohjakuvaa mukaillen, myös suunnitteluohjelmaa oli helppo ja yksinkertaista käyttää. Opinnäytetyö palveli loma-asunnon rakennusprojektia hyvin. Opinnäytetyössä olisin voinut tutkia myös muita saatavilla olevia energiavaihtoehtoja, mutta kyseisen loma-asunnon sijainnin mukaan suorasähkön ja hybridijärjestelmän vertailu tuntui luonnolliselta.

Sähkölittyminen tässä tapauksessa on parempi vaihtoehto ja monipuolisempi hybridijärjestelmään verrattuna. Hybridijärjestelmän teho on rajallinen ja huoltokustannuksen ovat kalliita, vaikka energia on ilmaista. Loma-asunnossa, jossa on pieni tehontarve tai suorasähköä ei ole saatavilla tai se on liian kallista, aurinko, tuuli tai hybridijärjestelmä on hyvä vaihtoehto.

Ilmalämpöpumppu on hyvä rinnakkaislämmitykseen suorasähkön kanssa, kun käyttö rajautuu koville pakkasille. Ilmalämpöpumpun käyttö talvella saattaa aiheuttaa ongelmia sulatuksen johdosta aiheutuvasta vedestä jos veden poistoaukko jäätyy. Tämän ongelman ehkäisemiseksi tarvittaessa voidaan käyttää lämmityskaapelia tai suurentaa veden poistoaukkoa. Talven aikana kannattaa seurata ulkoyksikön tilannetta ja poistaa sen ympäriltä ylimääräinen lumi.

Opinnäytetyön jatkotutkimusaiheena voisi olla siis esimerkiksi useamman energiavaihtoehdon vertailu.



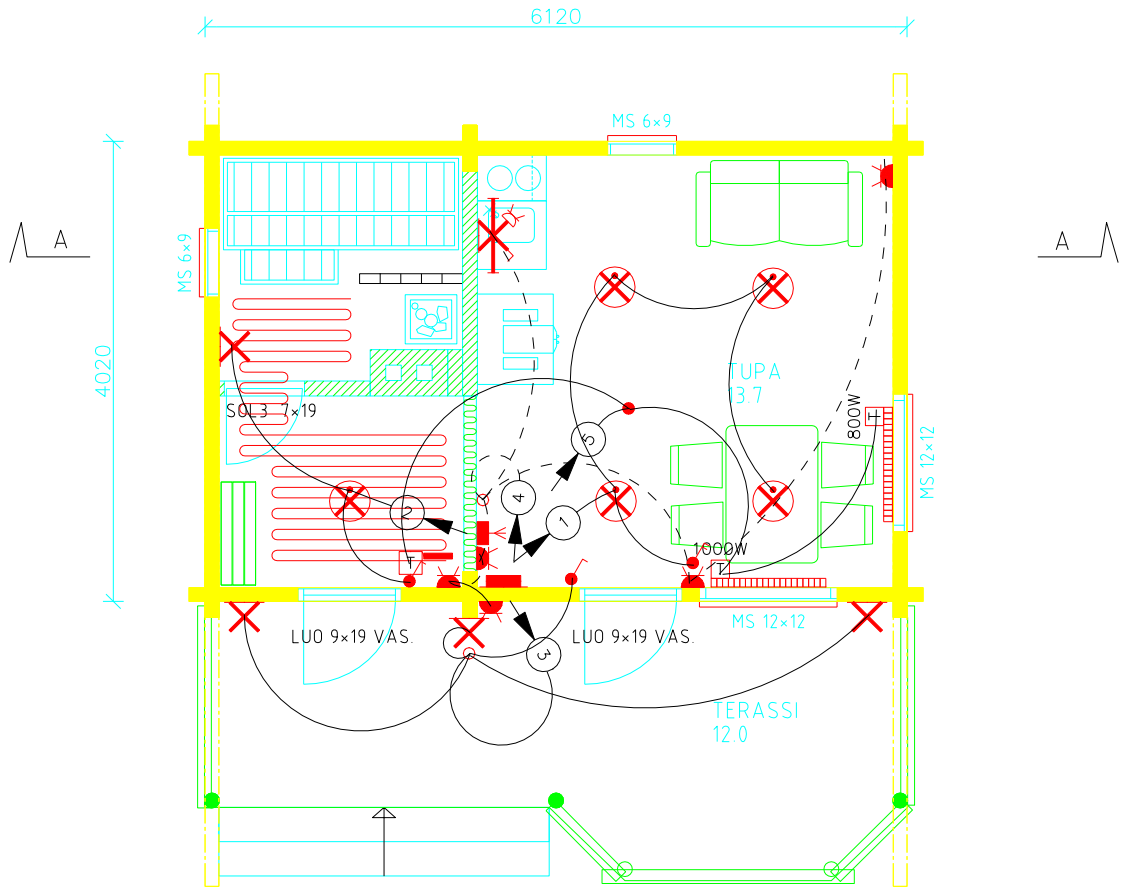
LIITE 1 Aurinko- + tuulienergia = Hybridi

Laitteisto:

Aurinkopaneelit: Kyocera KC 4x130 W

Akku: Victron AGM 8x200 Ah, 12 V

Säädin: Next 675 Quattro LCD



LIITE 2 Sähkösuunnitelma

LÄHTEET

Energiateollisuus. Sähkösuunnittelu.
<http://www.energia.fi/fi/sahko/kotijasahko/tietoarakentajalle/sahkosuunnittelu>
(Luettu 6.6.2010)

Eurosolar Oy. <http://eurosolar.fi/tuoteluettelo/eurosolar kuvasto-2010.pdf> (Luettu 7.12.2010)

Kontiotuote Oy 2010. <http://www.kontio.fi/fin/Tuotetietoa/Tiukkasyinen-Kontio.648.html> (Luettu 1.12.2010)

Kymdata Oy.
<http://www.cads.fi/fi/Tuotteet/S%C3%A4hk%C3%B6%20ja%20automaatio>
(Luettu 8.10.2010)

Lylykangas K. 2010. Arkkitehti Safa. Loma-asumista energiatehokkaasti.
http://www.southwood.fi/easydata/customers/southwood/files/asumisen_osaamisen_siirto/loma-asumista_energiatehokkaasti_090910.pdf (Luettu 10.11.2010)

MR Soft tmi 2010. <http://www.mrsoft.fi/ohj01.htm> (Luettu 7.11.2010)

Motiva. Omaa tuulienergiaa. Suomen Tuulivoimayhdistys ry.
http://motiva.fi/files/3036/Omaa_tuulienergiaa.pdf (Luettu 8.8.2010)

Mäkinen J. 2010. Metsähallitus. Tiedotteet 2008.
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/ajankohtaista/Tiedotearkisto/Tiedotteet2008/Sivut/Metsahallituspanostaa uusiutuvaan energiaan.aspx> (Luettu 3.6.2010)

Omatkotitalo.net. http://www.omakotitalo.net/hyvatietaa_lammitys.html (Luettu 1.9.2010)

Pekka Lankinen Oy. Insinööritoimisto. <http://www.sahkosuunnitelma.fi/> (Luettu 15.5.2010)

Pistoke Oy. <http://pistoke.fi/ratkaisut> (Luettu 1.9.2010)

Sillanpää A. 2010. Laatumaa kehittää kestävää loma-asumista.
<http://www.metsafi-lehti.fi/index.php?page=55043452b1090d0219de50a3484c396> (Luettu 15.5.2010)

Suomela M-L 2004. Vaasan yliopisto. Viestintätieteen laitos. Aurinkosähköjärjestelmä – Systemaattinen sanasto.
<http://lipas.uwasa.fi/termino/WasaTerm/aurinko/1.1omavarainenaurinkoshkjrstelm.html#Topic19> (Luettu 3.11.2010)

Suomen tuulienergia FWT Oy <http://www.suomentuulienergia.fi/>
(Luettu 1.4.2010)

Suomen Tuulivoimayhdistys ry <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tuulivoima>
(Luettu 10.4.2010)

Sunwind Gylling Oy. <http://www.sunwind.fi/?q=node/43> (Luettu 10.4.2010)

Tampereen teknillinen yliopisto. Seminaarit.
<http://webhotel2.tut.fi/units/set/opetus/kurssit/Wind/Seminaarit/luku2.pdf> (Luettu
5.12.2010)

Tuulivoimala. http://www.tuulivoimala.com/Hybridivoimalat___-__Akkukykenta.asp (Luettu 8.8.2010)