

Eetu Toivonen

OMAKOTITALOLAAJENNUKSEN SÄHKÖ- JA
AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2012

OMAKOTITALOLAAJENNUKSEN SÄHKÖ- JA AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Toivonen, Eetu
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2012
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri
Sivumäärä:29
Liitteitä:

Asiasanat: sähkösuunnittelu, valaistussuunnittelu, aurinkokeräimet

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käydä läpi tärkeimmät asiat, jotka täytyy ottaa huomioon tehtäessä omakotitalon laajennukseen sähkösuunnitelmaa.

Laajennuksen sähkösuunnitelmaa tehtäessä oli otettava huomioon kasvava perhe sekä asukkaiden omat mielipiteet pistorasioiden ja kytkimien paikoista. Sähköpiirustukset tehtiin cads-planneria käyttäen, jolloin saatiin reaaliaikaisesti poistettua ja lisättyä valopisteitä ja pistorasioita. Tämän avulla saatiin kaikkia perheen jäseniä tyydyttävä lopputulos. Sähkökeskus sekä pääsulakkeet oli mitoitettava ottaen huomioon lisääntyneet syötöt sekä kasvava kuorma.

Lämmitysjärjestelmänä laajennuksessa käytettiin vesikiertoista lattialämmitystä. Tämän järjestelmän kanssa käytettäväksi suunniteltiin myös aurinkokeräimet, joiden käytöllä päästäisiin pienempiin sähkönkulutuksiin. Vesivaraaja on mietitty niin että aurinkokeräimet voidaan tulevaisuudessa lisätä helposti uuteen vesivaraajaan.

Lopputuloksesta tuli kaikkien mielestä kiitettävä. Valaistus toimi suunnitellusti ja pistorasioita on tarpeeksi. Kaapelit sekä johdonsuojakatkaisijat ovat mitoitettu standardien mukaisesti.

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa käytettiin apuna internetistä löytyvää tietoa, jota löytyy nykyään kohtuullisen helposti. Tämä tutkielma oli ajankohtaista, koska tulevaisuudessa aurinkokeräimien asennuslukumäärä tulee kasvamaan ja ihmiset haluavat esimerkkejä, kuinka paljon rahaa voi säästää aurinkojärjestelmän asennuksella.

DESIGNING THE ELECTRIFICATION AND SOLAR ENERGY SYSTEM OF THE DETACHED HOUSE

Toivonen, Eetu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

May 2012

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages:29

Appendices:

Keywords: electrical planning, lightning design, solar collector

The purpose of this thesis was to go through the most important things that need to be taken into account when designing the electrification of the expansion of the detached house.

In the design the needs of the growing family had to be considered - how to place sockets and switches. Electrical drawings were made using the CADS Planner in order to provide real-time modifications. This made it possible that all members of the family were satisfied with the outcome. The switchboard and its main fuses were designed to meet the needs of the increasing load.

Water-based floor heating was used as a heating system. The heating system is designed to operate parallel with solar panels and the charger has been designed so that the solar panels can be added easily in the future.

The results are good. Lighting works as planned and there is enough power outlets. Cables and circuit breakers are rated as stated by the standards. Solar power system was designed by the aid in the design of the information found from the Internet. This thesis is topical, because the number of solar panel installations grows at the moment and people want examples on how much money can be saved with the solar system installations.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 SÄHKÖSUUNNITTELU	5
2.1.1 Sähköpiirustus	5
2.1.2 Pistorasiat ja kytkimet	6
2.1.3 Valaistus	8
2.1.4 Kaapelointi	8
2.1.5 Antennijärjestelmä	10
2.1.6 Datajärjestelmä.....	12
2.2 Sähkökeskuksen suunnittelu	13
2.3 Varaajan mitoitus ja kytkentä	14
3 AURINKOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	17
3.1 Aurinkokeräimet	17
3.1.1 Tasokeräin	20
3.1.2 Tyhjiöputkikeräin	23
3.2 Aurinkopaneeli.....	25
4 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	30
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän omakotitalon laajennukseen liittyvän tutkielman perustana on kirjoittajan oma kiinnostus sähkösuunnitelmien tekemiseen. Raportin tavoitteena oli kertoa tärkeimmät asiat, jotka on otettava huomioon sähkösuunnitelmaa tehtäessä.

Raportissa käydään läpi myös keskuksen mitoituksessa huomioon otettavat asiat. Vesikiertoisen lattialämmityksen varaajan mitoitus. Raportissa käydään läpi myös antenni- ja telejärjestelmän tärkeimmät komponentit, suunnittelu sekä niiden mitoitus ja mittaukset.

Aurinkosähköjärjestelmät tulevat tulevaisuudessa olemaan enemmän esillä uusien talojen rakentamisessa. Niiden käyttö on ympäristöystävällistä ja ne säästävät käytettävän sähköenergian määrää. Tästä syystä otin aiheekseni suunnitella aurinkojärjestelmä lisänä lämmitysjärjestelmää.

Työn tavoitteena oli saada kattava paketti asioista, joita täytyy ottaa huomioon suunniteltaessa laajennukseen sähkö- ja yleiskaapelointia sekä aurinkosähköjärjestelmää.

2 SÄHKÖSUUNNITTELU

2.1.1 Sähköpiirustus

Sähkösuunnitelmaa tehtäessä käytettiin piirtämiseen CADS- sähköpiirustusohjelmaa. Sähköpiirustusta tehtäessä oli otettava huomioon perheen toiveet sähköpisteiden paikoista sekä niiden sijoitteluun liittyvät yleiset standardit. CADS:iä käyttäen saatiin hyvä alkusuunnitelma jota oli helppo lähteä toteuttamaan. Hyvä sähkösuunnitelma on koko hyvän sähköjärjestelmän ydin. Johtojen vetäminen on helpompaa ja nopeampaa, kun näkee suoraan mihin sen kuuluu mennä ja minkä kokoisia johtoja käytetään.

Sähköpiirustuksiin kuuluu:

- Asemapiirustus
- Johdotuspiirustus
- Lämmityspiirustus
- Keskuskaavio
- Datakaavio
- Antennikaavio

2.1.2 Pistorasiat ja kytkimet

Pistorasiapaikkojen suunnittelussa käytettiin apuna perheen mielipiteitä paikoista, joissa he haluaisivat käyttää viihde-elektroniikkaa sekä kodinkoneita. Pistorasioita oli hyvä laittaa tarpeeksi paljon, jotta ne eivät jää liian vähäisiksi. Niiden jälkeensä asentaminen on työlästä sekä rahaa vievää, joten suunnitelmassa mietittiin tarkkaan mihin pistorasiat sijoitetaan. Pistorasiat suunniteltiin myös makuuhuoneessa ja olohuoneessa laitettavaksi seinän yläpäähän, jotta esimerkiksi saadaan asennettua taulu-televisio seinään kiinni ja sen sähkönsyöttö saadaan vedettyä tyylikkäästi piilossa. Nykyajan standardien mukaan uusissa rakennuksissa käytetään vain maadoitettuja pistorasioita, joita myös me uuteen osaan asensimme.

Kuva 1. Piirrosmerkkejä



Kuvassa 2 on 2-osainen maadoitettu pinta-asennuspistorasia. 1-osainen maadoitettu pinta-asennuspistorasia sekä 1-osainen maadoittamaton uppo-asennuspistorasia.

Kuva 2. Rasiat asennettu katon rajaan



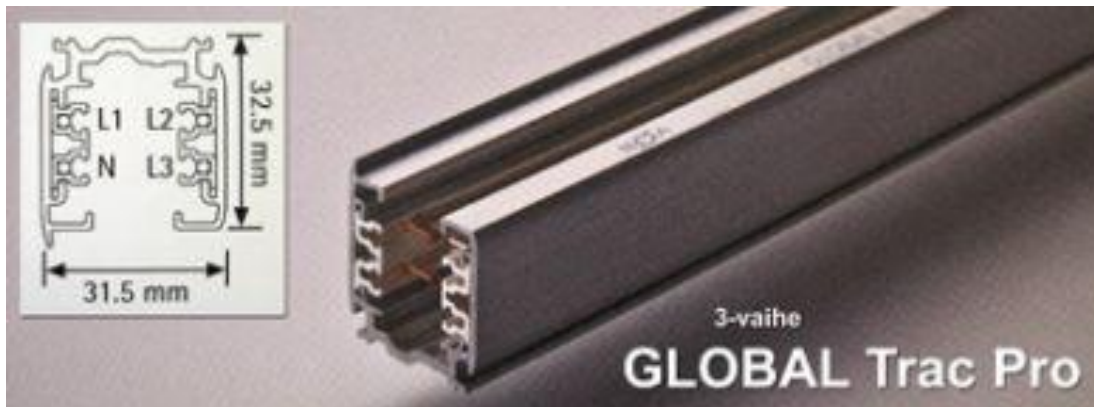
Kuvassa ovat makuuhuoneen katon rajaan asennetut kojerasiat. Niihin kytketään pistorasiat, antennirasia sekä datarasia. Taulutelevisio on esimerkiksi helpompi asentaa seinään, kun rasiat sijaitsevat seinän yläpäässä.

Kytkimien paikkojen suunnittelussa haluttiin valaisimien ohjaamisesta tehdä helppoa ja ekologista. Suunnitelmassa pyrittiin saamaan tilanne, että valoja on päällä vain sen verran kuin kulloinkin halutaan ja tarvitaan. Sellainen suunnitelma, jossa kaikki ison tilan valot menevät päälle samasta kytkimestä, on sähkökulutuksenkin kannalta täysin järjetöntä. Valojen ohjaukseen käytettiin useita säädettäviä himmentimiä. Säädettävien himmentimien hyviin puoliin kuuluu, että ne säästävät sähköä, mutta myös pidentävät halogeenilamppujen käyttöikä. Säädettävillä himmentimillä saadaan myös tunnelmavalaistus aikaiseksi.

2.1.3 Valaistus

Valaistuksesta pyrittiin suunnittelemaan toimiva kokonaisuus. Valaistusta ohjataan useista kytkimistä ja himmentimistä, joten valaisimia piti olla useita. Suunnitelmassa päädyttiin olohuoneen osalta 3-vaihe virtakiskoon, joka menee olohuoneen poikki ja olohuoneen kulmasta lähtee toiseen kulmaan. Tällä kisko ratkaisulla saadaan jokainen lamppu kytkeä omalle vaiheelle ja näin päästään hyvään lopputulokseen. Keittiöön ja takan eteen päätettiin suunnitelmassa laittaa halogeenispotit, jotka tuo huoneeseen valoa mutta myös tarvittaessa tunnelmaa. Nykyisin paljon käytetyt spottivalot on helppo himmentää, jolloin myös niiden käyttöikä pitenee. Halogeenilamppujen polttoikä on myös pitempi kuin vanhojen hehkulamppujen. Valaisin pisteitä laitettiin keittiöön, makuuhuoneeseen sekä vessaan. Vessaan päätettiin kattoon laittaa myös neljä halogeenivalaisinta sekä loisteputkivalaisin lavuaarin yläpuolelle. Makuuhuoneeseen suunniteltiin myös tähtitaivas, joka koostui monesta pienestä led-lampusta.

Kuva 3. 3-vaihe virtakisko./13/



2.1.4 Kaapelointi

Kaapeloinnin suunnittelussa oli otettava huomioon standardin SFS 6000 vaatimukset. Johtimen johtavuuksien tulee olla riittävän suuria ja sen poikkipintaa määrittäessä on otettava huomioon seuraavat asiat:

- suurin sallittu lämpötila (kuormitettavuus), mikä määrittellään kuormitettavuustaulukoista
- oikosulkukestoisuus
- jännitteen alenema erityisesti pitkissä vedoissa
- mekaaninen rasitus

Pistorasia- ja valaisinryhmät laitettiin erikseen omien johdonsuojajykymien taakse. Suunniteltaessa kaapelin maksimivirran keston on oltava suurempi, kuin johdonsuojakatkaisijan toimintavirta. Suunnitelmassa pistorasiaryhmille valittiin kaapeliksi 3x2.5mm² MMJ kaapeli, joka sopii sekä ulko- että sisäasennuksiin. Kaapeli kestää uppo-asennuksena 19 ampeerin virran. Se on oikea valinta kun käytettiin 16 ampeerin johdonsuojakatkaisijoita pistorasiaryhmissä. Valaisin ryhmille valittiin syötöksi MMJ 3x1,5mm² kaapeli, joka kestää 14 ampeerin virran. Kytkimissä joilla ohjataan montaa valopistettä, suunniteltiin käytettävän MMO 7x1,5mm² ohjauskaapelia.

Kuormitustaulukot sisältävät arvot uppoasennukselle (A), pinta-asennukselle (C), maa-asennukselle (D) ja vapaasti ilmaan tehtäville asennukselle (E). Arvot ovat laskettu PVC-eristeisille kaapeleille, joten ne soveltuvat myös PEX-eristeisille kaapeleille, joilla on korkeampi kuormitettavuusluokka.

Taulukko 1. Johtimien kuormitustaulukko /1/

Johtimen nimellispoikki- pinta (mm ²)	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A	C	D	E
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208

Taulukosta näemme eri johdin paksuuksien virtakestot. Esim. asennustapaa A käyttäen 25A johdonsuoja-automaatin jälkeen on asennettava 6mm² kupari kaapeli. Kaapeli kestää siis 31 ampeerin virran, joten kuormituksen ollessa yli 25A johdonsuoja-automaatti laukeaa ja kaapeli kestää virran.

2.1.5 Antennijärjestelmä

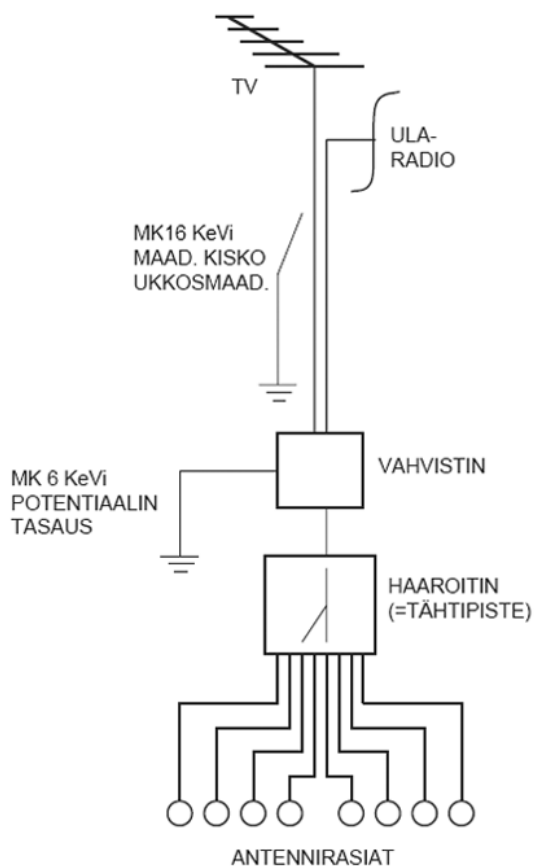
Antennijärjestelmän suunnittelu alkoi antennirasioiden paikkojen valinnalla. Yleensä antennirasiat sijoitetaan paikkoihin, joissa on pistorasia samassa paikassa. Nykyään käytetään talojen antennijärjestelmissä kaapelia, jolla päästää korkeisiin taajuuksiin ilman suuria kohinoita. Koaksiaalikaapeli sopii tähän tarkoitukseen hyvin, koska sillä on hyvät signaalin siirto ja häiriön sieto ominaisuuden. Käytimme järjestelmässä Tellu 13 merkistä kaapelia, jonka impedanssi on 75Ω. Antennivahvistin sekä haaroitin sijoitettiin keskuksen viereen siihen tarkoitukseen soveltuvaan pieneen antennikeskukseen. Tässä minun tapauksessa järjestelmässä oli jo antenni valmiina katolla, joten tehtäväkseni tuli suunnitella johtotiet sekä rasioiden paikat.

Antennijärjestelmän tärkeä komponentti ovat antennivahvistin. Antennivahvistinta tarvitaan, kun signaali on liian heikko hyvän kuvan saamiseksi eli silloin, jos antennista saatava signaali on alle 35dBμV. Televisioissa ja digivastaanottimissa itsessään on vahvistin, jolla parannetaan signaalin tasoa tv:n käsittelyprosesseja varten. Jos vastaanotossa ensimmäisen vahvistimen(esimerkiksi mastovahvistimen tai aktiiviantenniin integroidun vahvistimen)kohinaluku on huonompi kuin itse televisiossa tai digiboksissa olevan vahvistimen (enintään 6dB), voi käydä niin, että signaalin laatu vain huononee vaikka mastovahvistimen tai aktiiviantennin vahvistus on suuri(esimerkiksi 20-30dB). Suositeltava kohina luku antennipiirin alkupäähän kytkettävälle vahvistimelle on 2-3 dB, jos signaalia tarvitsee vahvistaa paljon eli ollaan kaukana lähetinasemasta.

Taulukko 2. Signaalien min/max tasot./11/

Signaali	Min. taso (dBuV)	Max. taso (dBuV)
AM-VSB-TV	60	77
6077FM-TV	47	77
4777FM-radio	50	70
DVB-C, 64 QAM	47	67
DVB-C, 256 QAM	53	73
DVB-T, COFDM (64 QAM)	35	74

Taulukosta näkee eri signaalityyppien vaadittavat (dB μ V) tasot. Tässä tapauksessa on antennijärjestelmä eli DVB-T, jonka taso pitää olla välillä 35-74dB μ V.

Kuva 4. DVB-T järjestelmän peruskokoonpano./2/

Kuvassa nähdään yleisen antennijärjestelmän peruskokoonpano. Antenni sijaitsee katolla, josta tuodaan koaksiaalikaapelilla signaali vahvistimelle. Vahvistimesta kaapeli tuodaan haaroittimelle, josta jaetaan kaikkiin antennirasioihin huoneissa.

2.1.6 Datajärjestelmä

Datajärjestelmällä nykyaikana tarkoitetaan kokonaisvaltaista kaapelointia, johon kuuluu niin internet- kuin puhelin-palvelutkin. Nykykaapeloinnilla päästään aina 10Gbit/s lähiverkkonopeuksiin. Nykypäivän vaatimuksena on E-luokka, joten kaapelina käytetään kategorian 6 parikaapelia. Ensisijainen kaapelirakenne on suojaamaton kaapeli (U/UTP). Modeemit ja reitittimet kuuluvat myös telejärjestelmään.

Suunnitelmassani joka huoneeseen laitettiin 2-osainen telerasia. Kaapelit päätetään RJ-45 liittimiin. Kaapelina käytetään ns. siamilaista Cat 6 parikaapelia, jota yleisesti käytetään omakotitalojen datajärjestelmissä. Tällä kaapelilla päästään enimmillään 90 metrin pituuksiin, jolloin E- luokan suorituskyky toteutuu. Johtotiet suunniteltiin niin että kaapelit menevät suorina JM25- suojaputkessa ja kaapelin sallittu vetovoima ei ylitä. Putkellinen asennus mahdollistaa myös sen, että tulevaisuudessa kaapelin voi vaihtaa. Laajakaistamodeemi sijoitettiin omaan pieneen telekeskukseen, johon myös johtojen toiset päät päätettiin. /3/.

Taulukko 2. Kaapelien ylärajataajuus./3/

Kaapelin tai liittimen kategoria	Kaapeloinnin luokka	Ylärajataajuus	Sovellusryhmä
Parikaapelointi			
6	E	250 MHz	ICT
6 _A	E _A	500 MHz	ICT
7	F	600 MHz	ICT
BCT-B	BCT-B	1000 MHz	ICT ja BCT
CCCB	CCCB	0,1 MHz	CCCB ¹
Koaksiaalikaapelointi			
BCT-C	BCT-C	3000 MHz	BCT

Taulukosta voi katsoa mitä kaapelin ja liittimien kategoriaa pitää käyttää, jotta päästää tiettyyn taajuusluokkaan. E- luokkaan päästää käyttämällä kategorian 6 kaapeleita ja liittimiä.

2.2 Sähkökeskuksen suunnittelu

Keskuksen suunnittelu kuuluu sähköinsinöörin normaaleihin työtehtäviin. Sähkökeskus toimii tärkeänä pääpisteenä, josta kaapelit jaetaan eri pisteisiin. Keskuksessa voi sijaita myös eri laitteita, kuten modeemeja, antennien vahvistimia sekä erilaisia lisälaitteita. Keskuksen suunnittelussa on otettava huomioon vaiheiden nimellisvirta, tarvittavat johdonsuojajakytkimet sekä niiden mitoitus, vikavirtasuojien lukumäärä sekä lisälaitteiden tarvitsema tila.

Keskuksessa sijaitsee myös päämaadoituskisko, johon kaikki suojamaadoituksella varustetut pistorasia- ja valaisinryhmät liitetään. Uusien standardien mukaan jokaiseen pistorasia ryhmään, johon voidaan kytkeä käsissä pidettävä laite, on kytkettävä vikavirtasuojajytkin. Myös meidän tilaamassa keskuksessa vikavirtasuojajytkimiä oli useita.

Kuva 4. Valitsemamme keskus



Kuvassa valitsemamme keskus. Keskus tilattiin UTU Elec oy:ltä. Keskuksessa on talon vanhan sekä uuden osan johdonsuoja- ja vikavirtasuojakytkimet. Tarvittaessa keskuksessa on tilaa lisätä uusia kytkimiä. Keskus on 400 voltin ja 63 ampeerin nimellisvirran kestävä.

Keskus oli valmis paketti UTU:n mallistosta. Keskus kytkettiin 2-tariffimittauksella eli yö- ja päivä sähkölle. Tämän avulla saadaan isoja kodinkoneita, kuten pesukonetta, kuivausrumpua ja tiskikonetta käytettyä sekä vesivaraaja lämmitettyä yöllä, koska sähkö on halvempaa yö aikaan. Pääsulakkeita ei keskuksessa ole, koska ne sijaitsevat välikatolla.

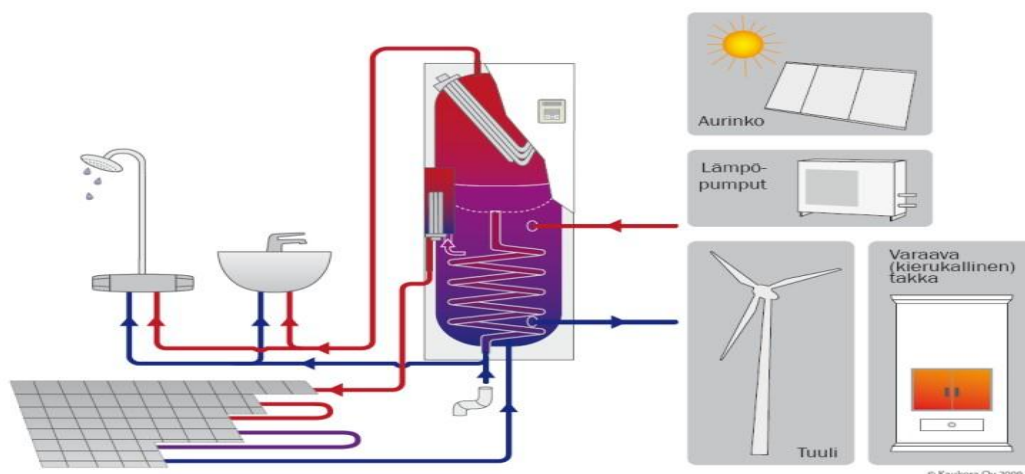
2.3 Varaajan mitoitus ja kytkentä

Varaajan hankkiessa on tärkeintä miettiä mitä ominaisuuksia siltä vaaditaan ja paljonko lämmintä vettä tarvitaan. Tässä minun tapauksessa laajennusosaan laitettiin vesikiertoinen lattialämmitys joka oli otettava huomioon valittaessa vesivaraajaa. Tulevaisuutta silmällä pitäen on hyvä että lämmitysjärjestelmää voidaan laajentaa. Aurinkokeräimet tai ilmavesilämpöpumppu voidaan helposti suoraan kytkeä siihen.

Tärkeimmät ominaisuudet tulevalle varaajalle oli että sen vesisäiliöt riittävät kattamaan koko perheen käyttöveden sekä noin 100m² laajennusosan lattialämmityksen.

Kuva 5. Ecowatti merkin vesivaraaja

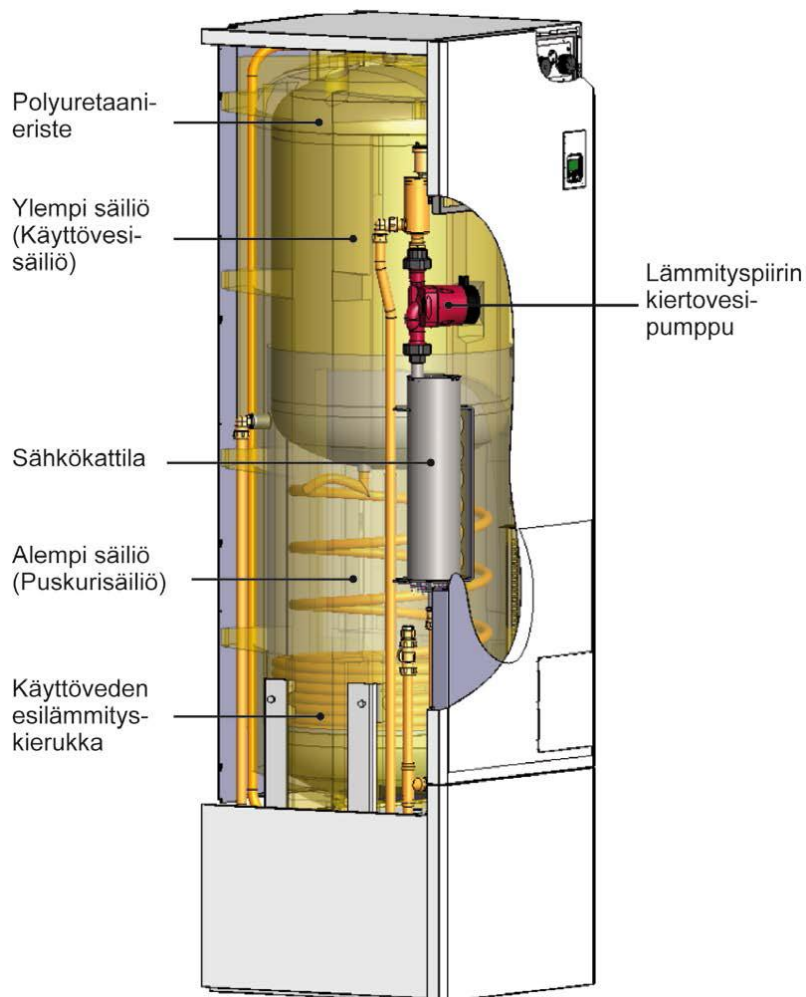
Valintamme päättyi Kaukora Oy:n Ecowatti vesivaraajaan. Sen saa kytkettyä tähteen tai kolmioon, jolloin päästään 230 voltin tai 400 voltin käyttöjännitteeseen. Tässä mallissa on myös kaksi 150 litran säiliötä. Toinen säiliö on käyttövedelle ja toinen lämmitykseen.

Kuva 6. Poikkileikkauskuva varaajasta./13/

Kuvasta nähdään kuinka hyvin varaaja on suunniteltu. Lattialämmityksen vesi sijaitsee alemmassa säiliössä ja käyttövesi ylemmässä. Kylmä vesi tulee kierukan kautta, jolloin se lämpenee jo hieman.

Varaaja toimii täysin automaattisesti ulkoilmaohjatulla, tehonvalvonnalla varustetulla automatiikalla. Varaajaan voidaan kytkeä maa- tai ilmavesilämpöpumppu, veteen varaava takka, aurinkokeräimet tai muu tilapäinen tai toissijainen lämmönlähde. Sen automatiikka huolehtii, että lämpimän käyttöveden tuotto on riittävää ja että lämmityksen menoveden lämpötila on oikea. Varaaja koostuu kahdesta erillisestä säiliöstä, joista alempi toimii ulkopuolisen energianlähteen puskurisäiliönä ja ylempi säiliö käyttövesisäiliönä. Käyttövesi kulkeutuu käyttövesisäiliöön alemmassa säiliössä olevan kuparikampakerukan kautta. Laitteen automatiikka kykenee ohjaamaan kahta lämmityspiiriä ja aurinkojärjestelmää. Tämä oli juuri oikea valinta, koska järjestelmää pystyy laajentamaan myöhemmin esimerkiksi katolle sijoitettavilla aurinkokeräimillä./4/

Kuva 7. Varaajan pääkomponentit./14/



3 AURINKOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Nykypäivänä kun uusista omakotitaloista halutaan ja vaaditaan ympäristöystävällisempiä ja energia säästäviä, tulee monelle ajatus auringon käyttämisestä energian lähteenä. Aurinko joka on 330.000 kertaa maan kokoinen, on erittäin suuri energian lähde. Sen säteily teho on $17 \cdot 10^{15} \text{ W} = 170 \text{ PW}$, joka vastaa noin 170 miljoonaa Loviisan ydinvoimalaitoksen tehoa. Tästä valtavasta energiamäärästä pystytään nykytekniikalla hyödyntämään vain pieni osa.. Tämän takia on hyvä käydä läpi aurinkojärjestelmien tekniikkaa ja paljonko niillä voisi säästää rahaa. Erityisesti kesäaikaan pitäisi saada valjastettua aurinkoenergia hyötykäyttöön, kun aurinko paistaa melkein koko ajan./12/

Aurinkoenergiesovelluksen jaetaan yleensä lämpöä ja sähköä tuottaviin, jotka myös tässä työssäni käyn läpi. Aurinkojärjestelmää suunniteltaessa on ensiksi mietittävä haluaako tuottaa lämmintä vettä vai sähköä.

3.1 Aurinkokeräimet

Aurinkolämpöä tuotetaan aurinkokeräimellä. Aurinkokeräintä käytetään ensisijassa lämpimän käyttöveden tuottamiseen, mutta sitä voidaan käyttää myös huoneiden lämmittämiseen. Useimmiten aurinkolämpöä sovelletaan talokohtaisiin ratkaisuihin, mutta myös laajempia aluelämpöjärjestelmiä on toteutettu. Yleisimmin käytetään nestekiertoista tasokeräintä, jossa pumpun avulla kierrätetään vesi-glykoliseosta. Lämmennyt neste kulkee kokoomaputkien kautta lämmönvaraajaan. Varaajasta lämpö siirtyy lämmönvaihtimen kautta lämpimään käyttöveteen tai talon lämmitysjärjestelmään.

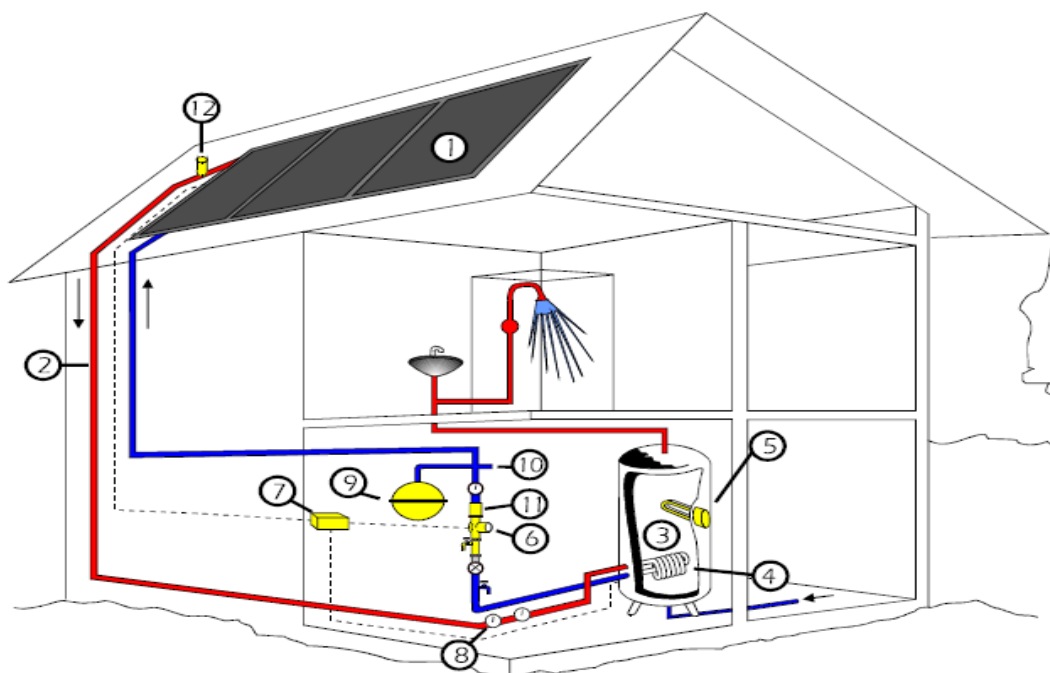
Kuva 6. Katolla tyhjiöputkikeräimet./9/



Kuva katolla sijaitsevista tyhjiöputkikeräimistä, joissa on heat-pipe tekniikka.

Aurinkolämmitystä varten lämminvesivaraajassa on oltava tilaa aurinkokeräin- ja lämmönjakopiirien lämmönsiirtimille. Järjestelmän toimintaa ohjataan ohjausyksiköllä. Jos käyttövesi lämmitetään varaajassa lämmönsiirtimillä, käytetään paineistamatonta varaajaa. Jos käyttövesi otetaan suoraan varaajasta, käytetään paineistettua varaajaa. Jotta varaajan alaosan kylmä vesi ja yläosan lämmin vesi eivät sekoittuisi, sijoitetaan lämmönsiirtimet ja putkiyhteydet tarkasti. Mutta meidän tapauksessa varaajassa on kaksi erillistä säiliötä, joten nesteenä voidaan käyttää myös vesiglykoliseosta. Keräimet voidaan asentaa niin katolle, seinälle kuin maahankin. Muistettava on, että keräimen ja lämminvesivaraajan väliin tulee meno- ja paluuputket, jotka ovat kumpikin eristeineen noin 60 mm halkaisijaltaan./5/

Kuva 7. Aurinkojärjestelmän periaate

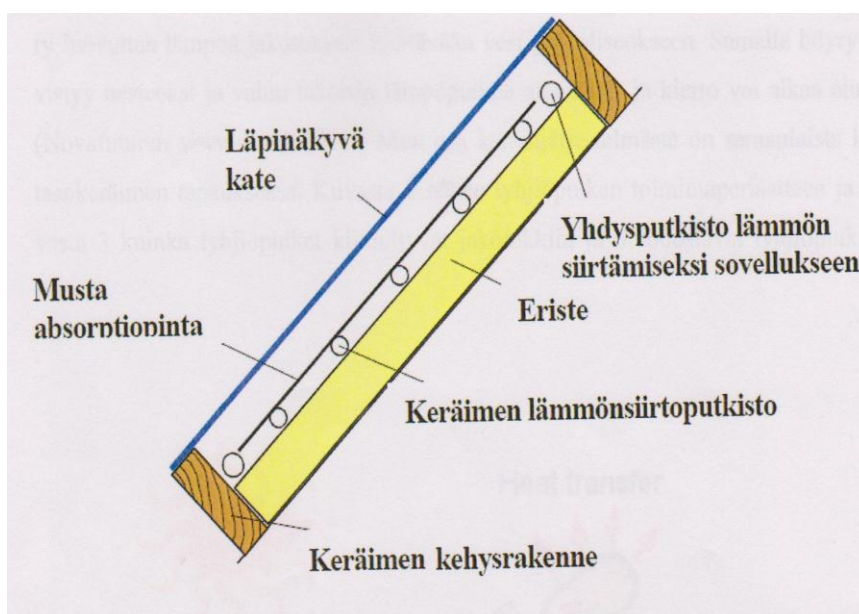


Auringon säteily muunnetaan aurinkokeräimessä (1) lämmöksi. Lämpö siirretään putkistossa (2) virtaavan lämmönsiirtonesteen (vesi/jäänestoaine-seos) avulla lämpövaraajaan (3), jossa se luovuttaa lämpönsä lämmönvaihtimen (4) kautta veteen. Varaajaan asennettu peruslämmönlähde, esimerkiksi lämpövastus (5), varmistaa lämpimän veden saannin pilvisinä jaksoina. Jäähdyntynyt vesi kierrätetään pumpun (6) avulla takaisin aurinkokeräimelle. Säätyksikkö (7) huolehtii, että pumppu käynnistyy vain jos aurinkokeräimen lämpötila on korkeampi kuin lämpövaraajan lämpötila. Säätyksikköön kuuluu kaksi lämpötila-anturia. Keräinputkiston vesitilavuus muuttuu lämpötilan muuttuessa. Nämä kompensoidaan paisunta-astian (9) avulla, joka pitää putkistonpaineen tasaisena. Yksisuuntaventtiili (11) estää käänteisen kierron tai lämmön virtaamisen keräimiin kun pumppu ei käy. Ylipaineventtiili (10) päästää kiertonestettä ulos, jos paine putkistossa kasvaisi liian korkeaksi. Ilmanpoistiventtiili (12) asennetaan järjestelmän korkeimpaan kohtaan, jotta putkistossa mahdollisesti oleva ilma saadaan poistettua. Kylmän veden sisään syöttö ja lämpimän veden ulosotto varaajasta rakennetaan lisäksi./16/

3.1.1 Tasokeräin

Tasokeräintyyppit voidaan jakaa neste- ja ilmakiertoisiin. Nestekiertoinen tasokeräin on yleisin käytetty lämpökeräin tyyppi. Tasokeräimessä auringon säteily osuu tummaan absorptiolevyyn, joka on pinnoitettu selektiivisellä pinnoitteella. Selektiivisyydellä tarkoitetaan että pinnoitteella on korkea absorptiokerroin eli se pystyy imemään tehokkaasti lämpösäteilyä ja toisaalta matala emissiokerroin eli pinta luovuttaa vain vähän lämpösäteilyä takaisin ulkoilmaan. /6/

Kuva 7. Tasokeräimen poikkileikkauskuva



Absorptiolevyssä on kiinni keruuputkisto, joka on tyypillisesti kupariputkea. Putki on myös maalattu selektiivisellä pinnoitteella. Keruuputkisto on asennettu kotelon sisälle, jonka etuseinä on lämpösäteilyn läpipäästävä selektiivinen lasi. Tällainen lasi läpäisee lämpösäteilyn huomattavasti paremmin kuin tavallinen lasi ja selektiivisyytensä ansiosta se heijastaa absorptiopinnasta heijastuneen lämpösäteilyn takaisin pintaan. Lämpöhäviöiden minimoimiseksi takaseinä on eristetty. /6/

Suunniteltu, oikein kytketty ja oikein säädetty järjestelmä pystyy tuottamaan noin 50 %:a lämpimän käyttöveden energiatarpeesta ja noin 15 - 30 %:a rakennuksen lämmitykseen tarvittavasta energiasta vuositasolla. Jos arvioidaan että tavallisen, omakotitalossa asuvan perheen energiakulutus on noin 20 000 kWh:a vuodessa, ja tästä läm-

pimän käyttöveden osuus on noin 25 %:a, eli 5 000 kWh ja lämmityksen noin 75 %, eli 15 000 kWh. Hyvällä aurinkolämpöjärjestelmällä ja tehokkailla aurinkokeräimillä pystyy vuodessa tuottamaan noin 300 - 500 kWh/keräinneliö. 5 - 10 m²:n keräinala pystyy auringosta siten tuottamaan vuodessa lämpöenergiaa noin 1 500 - 5 000 kWh:a. /15/

Ihanteellisin ilmansuunta aurinkokeräinten suuntaamiseen on etelä. Mikäli keräimiä ei voida asentaa suoraan etelään, voidaan ne suunnata myös kaakkoon ja lounaaseen ilman suurempia haittoja. Mikäli aurinkokeräimet asennetaan suoraan aamuaurinkoa (itä) tai ilta-aurinkoa (länsi) kohti, aurinkokeräinpinta-ala saa olla hieman suurempi, noin 30- 50 %:a suurempi. Aurinkokeräimet voidaan asentaa myös katon molemmille lappeille esim. itä-länsi, mikäli talon harja on pohjois-eteläsuunnassa. Näin mahdollistetaan auringon säteiden vastaanoton katon ja lappeiden suunnasta huolimatta. /15/

Taulukko 5. Arvio lämpimästä vedestä erilaisissa sovelluksissa. /16/

Sovellus	Tarve, litraa	Min	Keskimäärin	Max
Pientalo	/henkilö/päivä	30	50	60
Urheilu	/suihku	30	45	60
Ravintola	/paikka	10	25	45

Edellä olevasta taulukosta voidaan laskea että 5 henkinen perhe, joista 3 on pieniä lapsia kuluttaisi noin: $2 * 50\text{litraa} + 3 * 30\text{litraa} = 190$ litraa lämmintä vettä päivässä. Lämmitykseen ei mene kesällä paljonkaan vettä. Tasokeräimien hyötysuhde huononee jos niistä halutaan saada kuumaa vettä. Eli tasokeräimet sopivat paremmin lattialämmityksessä käytettävän noin 40 celsiusen veden lämmittämiseen. Koska meidän varaajassamme on kaksi säiliötä, tasokeräin sopii tässä tapauksessa myös käyttöveden lämmitykseen. 100 litran lämmittämiseen 10 celsius-asteella menee noin 1,63 kWh sähköenergiaa. Kesällä saadaan tuotettua noin 60 kWh lämpöenergiaa tasokeräimellä joka on m² kokoinen.

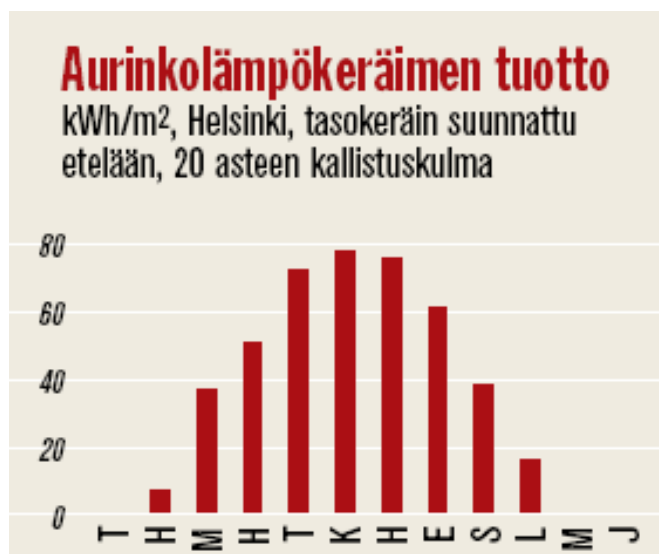
Suunnitelmaani valitsin 10 kappaletta SX 2.51 – tasokeräintä, joiden absorbaattorin pinta-ala on 2,31m². Niiden yhteen laskettu pinta-ala on 2,31 * 10 = 23,10m². Neliön kerääjällä pystytään tuottamaan noin 300 kWh energiaa vuoden aikana. Näillä päästään 6900 kWh tuottoon. Tämä on 30- 40 % koko talon käyttämästä energia määrästä. Ainoa mikä keräinjärjestelmässä kuluttaa sähköä on kiertovesipumppu.

Taulukko 6. Laskettu säästö tasokeräimillä.

Sähkön hinta kWh (€)	Kiertovesipumppu kulutus (kWh)
0,14	450
Säästö	Säästö kiertovesipumppu kulut vähennetty
966	903
300 litran 10C° lämmittämiseen menee (kWh)	Tasokeräimien hinta (€)
1,63	5000
80C° menee (kWh)	Kiertovesipumpun kulut (€)
13,04	63
Sähkö energiaa vuodessa menee (kWh)	Tasokeräimien tuotto (kWh)
4720,48	6900
Rahaa sähköön vuodessa (€)	Säästö (€)
660,8672	242,1328

Tällainen järjestelmä säästäisi noin 240 euroa sähkölaskussa vuodessa. 5000 euron keräinjärjestelmä maksaisi itsensä takaisin suunnilleen 20 vuodessa.

Kuva 8. Aurinkokeräimen tuotto. /17/

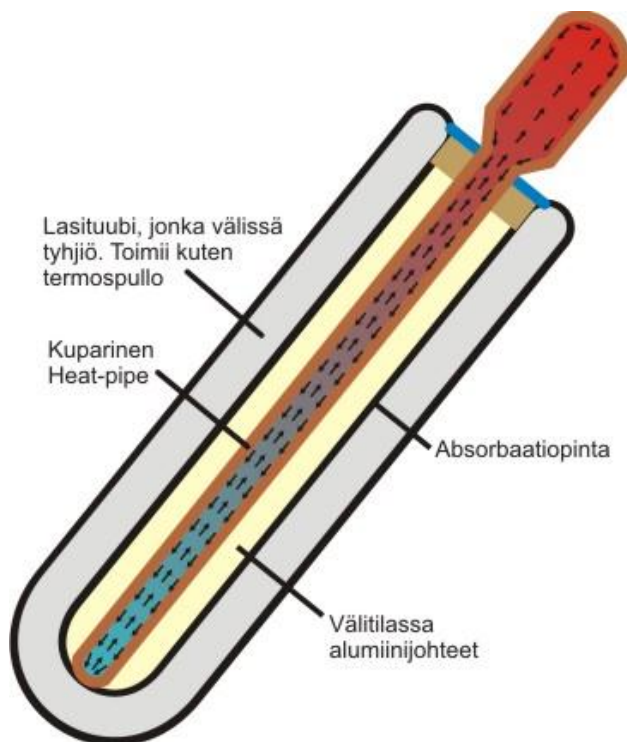


3.1.2 Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputki rakentuu kahdesta päällekkäisestä lasiputkesta, joiden välissä on tyhjiö sekä lämpöputkesta, joka on sisemmän lasiputken sisällä. Sisemmän lasiputken pinnalla on tumma absorptiopinta, joka imee tehokkaasti auringon säteilyä ja siirtää syntyneen lämmön alumiinilastujen välityksellä putken sisällä olevaan lämpöputkeen. Kirkkaan ulommaisena ja tummapintaisen sisemmän putken välillä oleva tyhjiö toimii tehokkaana lämpöeristeenä./7/

Lämpöputki, ns. heat-pipe, on suljettu kupariputki, jonka sisällä on jotain höyrystävää nestettä, yleensä alkoholia. Auringon säteilyn vaikutuksesta alkoholi lämpenee ja höyrystyy liikkuen putken sisällä ylöspäin. Putken yläpäässä on laajennus, jossa höyry luovuttaa lämpöä jakotukissa kiertävään vesi-glykoliseokseen. Samalla höyry tiivistyy nesteeksi ja valuu takaisin lämpöputken alapäähän ja kierto voi alkaa alusta. Kierto toistuu niin kauan kun auringonpaistetta riittää. Vaikka sisäpinta on yli 150 C°, lasiputken ulkopinta on täysin käsin kosketeltavissa. Yhdessä keräimessä on joko 20 tai 30 putkea. Useita keräimiä voi kytkeä sarjaan./7/

Kuva 9. Kuvassa tyhjiöputkikeräimen poikkileikkauskuva./8/



Internetistä löytyi hyvä sivusto, jossa oli energiamittarilla mitattu tyhjiöputkikeräinten tuottama energiamäärä. Käytän tätä suunnitelmassani, jotta päästään kohtuullisiin arvioihin saatavasta energiamäärästä.

Kohteessa on 2kpl 4,4m² tyhjiöputkikeräintä asennettuna eteläiselle katolle noin 30 asteen kulmaan. Lämmön siirtomatka noin 12m. Varaaja 300L. Mittaus energiamittarilla varaajan päässä. /8/

Tässä kohteessa varaajan päästä mitattuna talteen saatu energiamäärä oli:

21.-28.4	151 KWh	29.4-3.5	98 KWh	4.-11.5	101 KWh
12.-18.5	181 KWh	19.-26.5	135 KWh	27.-1.6	161 KWh
2.-9.6	124 KWh	10.-15.6	74KWh	16.-22.6	125 KWh
23.-29.6	187 KWh	30.6-6.7	101KWh	7.-14.7	87 KWh
15.-20.7	125 KWh	21.-27.	103 KWh	28.7-3.8	119 KWh
4.-10.8	158 KWh	11.-17.8	94 KWh	18.-24.8	118 KWh
25.-31.8	53 KWh	1.-7.9	71 KWh	8.-14.9	94 KWh
15.-21.9	73KWh	22.-28.9	43KWh	29.9-5.10	50KWh
6.-12.10	57KWh	13.-26.10	50KWh	27.-9.11	33KWh
10.-30.11	18KWh	1.12.-12.2	0KWh	13.-14.2	8KWh
15.-21.2	17KWh	22.-28.2	16KWh	1.-7.3	12KWh

Yhteensä tuotto 2837kWh vuodessa 2 kappaleella tyhjiöputkikeräimiä. Nostetaan tyhjiöputkikeräinten määrä 5, jolloin tuotto olisi noin 7092 kWh vuodessa. Yhteenlaskettu pinta-ala olisi $5 * 4,4\text{m}^2 = 22,0\text{m}^2$, joka on melkein sama kuin tasokeräinten pinta-ala edellä. OPC- tyhjiöputkikeräimen voivat tuottaa 1m² alalla jopa 700- 500 kWh vuodessa energiaa. Mutta tässä tapauksessa tyhjiöputkikeräin tuottaa vain 1m² alalla 354 kWh vuodessa. Säätöä olisi siis enemmän paremmalla keräimellä.

Taulukko 7. Laskettu tyhjiöputkikeräinten säästö vuodessa.

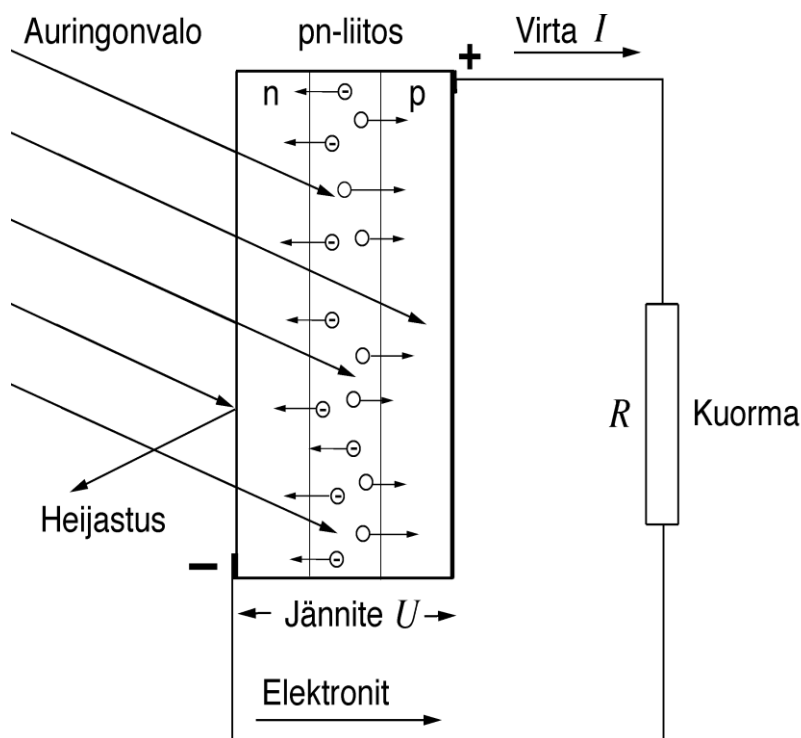
Sähkön hinta kWh (€)	Kiertovesipumppu kulutus (kWh)
0,14	450
Säästö €	Säästö kierto-vesipumppu kulut vähennetty
992,88	929,88
300 litran lämmittämiseen 10C° sähköä menee (kWh)	Tyhjiöputkikeräimien hinta (€)
1,63	4475
80C° menee (kWh)	Kiertovesipumpun kulut (€)
13,04	63
Sähkö energiaa vuodessa menee (kWh)	Tasokeräimien tuotto (kWh)
4720,48	7092
Paljonko rahaa menee vuodessa veden lämmitykseen (€)	Säästö (€)
660,8672	269,0128

Taulukosta näemmä että tyhjiöputkikeräimet tuottavat säästöä lähes saman verran kuin tasokeräimet. Niiden hankinta hinta on myös neliötä kohden lähes sama kuin tasokeräimillä. Mutta kalliimmilla OPC- tasokeräimillä olisi päästy lähes kaksin kertaiseen säästöön vuodessa.

3.2 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneelin tarkoitus on muuttaa auringon valo suoraan sähkövirraksi. Aurinkopaneeli on periaatteessa hyvin suuri fotodiodi, jossa on yhdistetty kaksi erityyppistä puolijohdemateriaalia (p ja n). Kun auringon valo kohdistuu paneeliin, niin ainakin osalla valohiukkasista (fotoneista) on niin suuri energia, että ne pääsevät ohuen pintakerroksen läpi pn- liitokseen ja voivat muodostaa elektroni-aukkopareja. Lähellä pn- liitosta muodostuvista pareista elektronit kulkeutuvat n- puolelle ja aukot p- puolelle. Rajapintaan muodostuneen sähkökentän vuoksi elektronit voivat kulkea vain tiettyyn suuntaan. Niiden on kuljettava ulkoisen johtimen kautta p- tyyppin puolijoh-teeseen, jossa ne vasta voivat yhdistyä sinne kulkeutuneiden aukkojen kanssa. Valaistun liitoksen eri puolilla on siten jatkuvasti vastakkaismerkkiset varauksenkuljettajat ja liitos voi toimia ulkoisen piirin jännitelähteenä.

Kuva 10. Kuvassa aurinkopaneelin toimintaperiaate./13/



Aurinkopaneelijärjestelmän suunnittelu lähtee liikkeelle tarvittavan sähkötehon määrän miettimisestä. Tässä suunnitelmassani käytän aurinkopaneeleita vain lamppujen tarvitseman sähköenergian tuottamiseen, koska ei ole järkeä käyttää 10 000 euroa paneeleihin, kun niiden teho ei talvi aikaan riitä koko kämpän sähkönsyöttämiseen.

Aurinkoenergiatuotto jakautuu vuodenaikojen mukaan seuraavasti:

Aurinkoisina kevät- ja kesäpäivinä aurinkopaneelit tuottavat sähköenergiaa määrän, joka vastaa parhaimmillaan noin 6 tunnin toimintaa nimellisteholla. Puolipilvisinä kevät- ja kesäpäivinä sähköenergian tuotto vastaa noin 3-5 tunnin toimintaa nimellisteholla. Syys- ja talvipäivinä jolloin aurinko näyttäytyy sähköenergian tuotto vastaa noin 1-4 tunnin toimintaa nimellisteholla. Pilvisinä syys- ja talvipäivinä sähköenergian tuotto vastaa maksimissaan tunnin toimintaa nimellisteholla. (Energiantuottoarvio pohjautuu Tampereen teknillisen yliopiston sähkömagnetiikan yksikössä tehtyyn diplomityöhön Tampereen leveyspiirille sijoitetun aurinkopaneelin tuotosta). /21/

Valitsin suunnitelmaani Naps Super 130 Watin valmispaketin, johon kuuluu:/21/

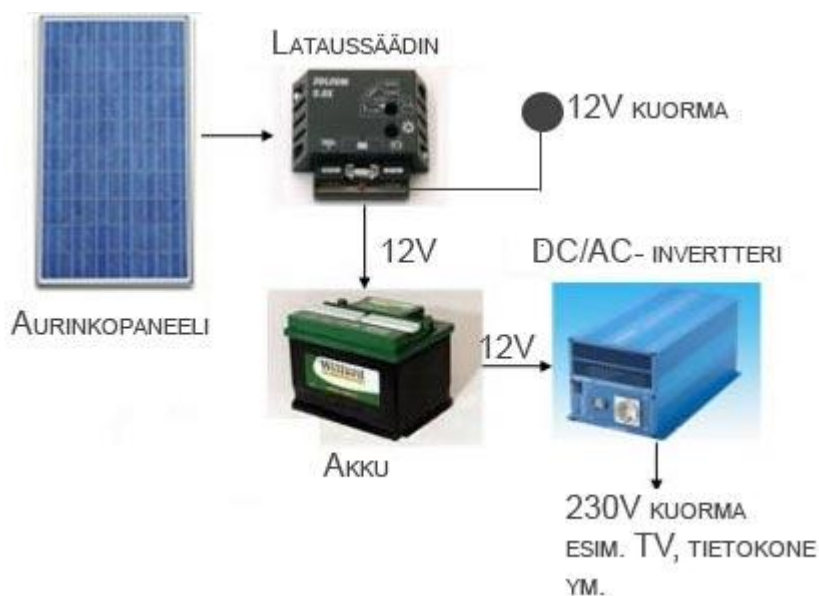
- Aurinkopaneeli 130W (1480 x 670 x 34mm)
- Asennusteline (katto tai seinä)
- Lataussäädin NC-30 N
- Lähtösulakekotelo 2 x 16A
- Kaapeli AJM 2 x 6mm² ruskea, 50m
- Kytkenärasia ABOX harmaa 4/6
- Akkujohto sulakkeella (4m, 2 x 6mm², 25A, akkukenkä)
- Asennustarvikepakkaus, sisältö alla
- Käyttöohje
- 2 kpl Marine DP110 12V / 110Ah (Vapaa-ajan akku)

Mukaan tuli myös asennustarvikepaketti:

- Abiko pihdit + liitinsarja
- 4 x pistorasia 2-osainen
- 4 x pistotulppa
- 4 x jakorasia
- 2 x katkaisija
- 24 x puuruuvi
- Kaapeli AJM ruskea 2 x 2,5mm², 50m
- 200 x kaapeli kiinnike
- Yleismittari V/A

Hinta: 1250,00€

Kuva 11. Aurinkopaneelijärjestelmän toimintaperiaate./19/



130 watin paneeli riittää hyvin laajennusosan valaistukselle. Valaisimiksi pitää tässä tapauksessa valita pienempi tehoisia valaisimia, jotta paneelien teho riittää niiden käyttöön. Valaisimiksi valitaan 5 kappaletta 9 watin led-kiskovalaisinta. Halogeenien paikalle asennetaan led-valaisimet, jotka vievät 4 wattia jokainen. Lavuaarin päälle sijoitetaan 18 watin loisteputkivalaisin. Näiden yhteenlaskettu teho on 87 wattia, joten paneelin teho riittää hyvin niille. Ylimääräinen sähköteho varastoidaan akkuihin, silloin kun valot eivät ole päällä. Jos käytössä on isompi tehoisia paneeleita, voi sähköyhtiön kanssa tehdä sopimus ylimääräisen sähkötehon syöttämisestä verkkoon.

Hyvä nyrkkisääntö arvioida aurinkosähköjärjestelmän tuottoa onkin kertoa aurinkopaneelien nimellisteho tuhannella. 100 Wp:n aurinkopaneeli tuottaa vuodessa karkeasti 1000 x 100 W eli 100 kWh sähköä./21/

Taulukko 8. 130 watin järjestelmästä saatava säästö.

Sähkön hinta (kWh) €	Hankinta hinta €	Tuotettu sähköteho (tunti) Wh
0,14	1250	130
Säästö €	Tuotettu sähköteho (vuosi) kWh	
18,2	130	

Tästä laskemalla 1250/18 euroa = 70 vuodessa maksaisi itsensä takaisin. Mutta pitää muistaa että aurinkopaneelit säästävät ympäristöä ja auringosta tuleva energia on ilmaista.

Lasketaan myös aurinkopaneelin hyötysuhde (efficiency). Se saadaan jakamalla nimellisteho Wp paneelin pinta-alan ja säteilytehon 1000 W/m² tulolla. Esim.: Paneelin nimellisteho on 130 Wp ja paneelin pinta-ala on 1,0 m². Hyötysuhde = 130 Wp / (1,0 m² x 1000 W/m²) = 13 %. Edellisessä esimerkissä 13 %:ia paneeliin kohdistuneesta auringon säteilyenergiasta muuttuu sähköenergiaksi./21/

Toinen vaihtoehto olisi ollut 320 watin verkkoon kytketty järjestelmä. Järjestelmän voit kytkeä suoraan talon sähköverkkoon ja näin pystytään pienentämään kodin sähkölaskua. Järjestelmän kytkeminen vaatii luvan paikalliselta sähköyhtiöltä sekä valtuutetun sähköasentajan asennuksen. Järjestelmä sisältää 4kpl FVG 80M-MC aurinkopaneeleita (yhteensä.320W) ja StecaGrid 300M verkkoinvertterin. Verkkoinvertte-

rillä pystytään 12 voltin jännite muutettua 230 voltiksi siniaalloksi. Paneelit ketjuteetaan yhteen ja kytketään verkkoinvertterin tuloliittimiin. Verkkoinvertteri voidaan kytkeä esimerkiksi pistorasiaan pistotulpalla. Hintaa järjestelmällä on 1495,00 euroa./20/

Taulukko 9. 320 watin järjestelmästä saatava säästö.

Sähkön hinta (kWh) €	Hankinta hinta €	Tuotettu sähköteho (tunti) Wh
0,14	1250	320
Säästö €	Tuotettu sähköteho (vuosi) kWh	
44,8	320	

Tästä laskemalla $1495/44,8$ euroa = 33 vuodessa maksaisi itsensä takaisin.

Lasketaan paneelin hyötysuhde $320 \text{ Wp} / (4 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2) = 8 \%$ Paneeliin kohdistuneen aurinko säteilyenergiasta muuttuu sähköenergiaksi.

4 YHTEENVETO

Kun aloin tekemään työtä, minulla oli hyvät alkutiedot sähkösuunnittelusta. Sähkösuunnittelussa oli otettava huomioon etenkin sähköturvallisuus, joka juuri korostuu sillä että osataan esimerkiksi valita ja laskea johtoja suojaavat sulakkeet. Insinöörin perustietoihin kuuluu tieto standardeista, koska ja missä tilanteessa johto tarvitsee suojata vikavirtakytkimellä. Työssäni kävin läpi laajennuksen sähkösuunnitelman eri osa-alueet, mutta samat asiat tulisi eteen myös suunniteltaessa uuden omakotitalon sähköjä.

Aurinkosähköjärjestelmistä löytyi hyvin perustietoa internetistä. Oli erittäin mielenkiintoista hakea tietoa kyseisistä järjestelmistä ja siitä tuli hyvä paketti, jos haluaa vertailla eri aurinkoenergia muotoja. Ihmiset haluaa olla suunnan näyttäjä ympäristöä vähän kuormittavien energiamuotojen käyttäjänä. Silloin kannattaa miettiä hankkivansa aurinkojärjestelmä omakotitaloon.

LÄHTEET

1. Tiainen, Esa, D1 käsikirja, Kirjapaino, 2009.
2. ST-kortisto www-sivut, saatavilla:
<http://www.sahkoinfo.fi/ProductGroup.aspx?id=60>, viitattu 14.9.2012.
3. ST-kortisto www-sivut, saatavilla:
<http://www.sahkoinfo.fi/ProductGroup.aspx?id=60>, viitattu 11.9.2012.
4. Kaukoran www-sivut, saatavilla:
http://www.kaukora.fi/Sahkolammitys/Jaspi_Ecowatti, viitattu 19.9.2012.
5. Motivan www-sivut, saatavilla:
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkokeraimet, viitattu 15.8.2012.
6. Komulainen, K. 2006. Aurinkolämpö–teknologia ja mahdollisuudet. Pro gradu – tutkielma, Jyväskylän yliopisto, viitattu 12.8.2012
7. Novafuture www-sivut, saatavilla: <http://www.novafuture.fi>, viitattu 11.7.2012.
8. Kylpyhuonemarket www-sivut, saatavilla:
<http://www.kylpyhuonemarket.fi/Aurinkoenergia/Aurinkopaneelit/Tyhioeputkikeraimen-toimitaperiaate>, viitattu 14.8.2012.
9. Aurinkovoima www-sivut, saatavilla: <http://www.aurinkovoima.fi/fi/tuotteet/ahp-tyhjioputkikerain>, viitattu 19.9.2012.
10. Faninger-lund, H. & Lund, P. 2000. Aurinkolämmön itserakennusopas. Helsinki: Solpros, saatavilla: <http://www.kolumbus.fi7solpros/reports/SolarGueide.PDF>, viitattu 11.9.2012
11. Hmsmultimedia www-sivut, saatavilla:
http://www.hmsmultimedia.fi/hms/tekstisivu.tpl?navi_id=308, viitattu: 19.9.2012.
12. Hellgren, Heikkinen, Suomalainen & Kala 1999, Energia ja ympäristö, Helsinki: Opetushallitus
13. Taloon www-sivut, saatavilla: <http://www.taloon.com/jaspi-ecowatti-13kw-sahkokattila/LVI-5058537/dp>, viitattu 19.9.2012.
14. Kaukora www-sivut, saatavilla:
http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/kayttoohjeet/Jaspi_Ecowatti_kayttoohje7.2011.pdf, viitattu 19.9.2012.
15. Aurinkovoima www-sivut, saatavilla:
<http://www.aurinkovoima.fi/fi/sivut/aurinkoenergia>, viitattu 19.9.2012.
16. Kolumbus www-sivut, saatavilla:
<http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>, viitattu 19.9.2012.

17. Motiva www-sivut, saatavilla:

http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia_www.pdf, viitattu 19.9.2012.

18. E27 www-sivut, saatavilla: <http://www.e27.fi/kauppa>, viitattu 19.9.2012.

19. Google www-sivut. saatavilla: <http://www.google.fi/imgres?q=aurinkopaneeli>, viitattu 19.9.2012.

20. Akkupojat www-sivut, saatavilla:

<http://www.akkupojat.fi/index.php/site/aurinkopaneelit/aurinkopaneelit-2/naps-valmispaketti-130w>, viitattu 19.9.2012.

21. Finnwind www-sivut. saatavilla: www.finnwind.fi/aurinkovoima, viitattu 19.9.2012.