



ENERGIAVARAAJA OMAKOTITALOSSA JA UUSIUTUVAT ENERGIAT

Case Pihlajamaa

Mikko Jykelä

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013
Talotekniikan
koulutusohjelma
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-talotekniikka

MIKKO JYKELÄ:

Energiavaraaja omakotitalossa ja uusiutuvat energiat
Case Pihlajamaa

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 13 sivua
Huhtikuu 2013

Opinnäytetyön referenssikohteena on käytetty omakotitalolaajennusta ja samassa yhteydessä toteutettavaa energianmuotoremonttia. Työ on koostunut lämmityslaitteiden kytkentäkaavioehdotuksen tekemisestä tilaajalle ja tästä kirjallisesta raportista. Raportissa käsitellään pääasiassa kohteeseen soveltuvia uusiutuvia energianlähteitä ja tutkitaan, millainen ja minkä kokoinen energiavaraaja kohteeseen olisi hyvä valita, kun käytetään tarkasteluajankohtana vuotta 2013.

Selvitystyön tuloksena referenssikohteena olevaan omakotitaloon tulisi valita 1000 litran varaaja ja lämmöntuottotehon tulisi olla 10 kW. Lämmönlähteinä kohteessa käytetään maalämpöä, aurinkoenergiaa ja bioenergiaa. Lämmönlähteet kohteessa on valittu kokonaisuuden toimintaa ajatellen. Työn tuloksena voidaan todeta energian varaamisen olevan avainasemassa kaikissa asuinrakennuksissa siirryttäessä käyttämään yhä enemmän uusiutuvaa energiaa. Energiavaraajan koko ja myös passiiviset energianvarastointitavat ovat tärkeässä roolissa omakotitalon lämmitysenergiantarpeen vähentyessä ja viilennysenergiantarpeen lisääntyessä.

Asiasanat: energiavaraaja, uusiutuvat energianlähteet

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkekoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Services

Mikko Jykelä:
Energy Storage in Single House and Renewable Energies
Case Pihlajamaa

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 13 pages
April 2013

The purpose of this thesis was to find the most suitable energy storage for a one-family house, and to make a few proposals for renewable energy solutions that match this specific house.

The old heating system in the house is central heating with oil burner and floor heating. The new system should be more energy efficient and it should use renewable energy sources. Renewable energy is not always available. Therefore, you can't use it wherever you want. You should, for example, either have a massive structure or hot water energy storage where you can deposit excess heat.

As a result of this thesis, it was estimated that the energy storage for this one-family house should be 1000 dm³, and the heating system should be 10 kW.

Key words: Energy storage, renewable energies

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SUUNNITTELUKOHDE	7
2.1	Kohteen tiedot.....	7
2.1.1	Lämmitysjärjestelmä.....	7
2.1.2	Ilmanvaihtojärjestelmä.....	8
2.2	Laajennussuunnitelma	8
2.3	Energiaremontti	8
2.4	Lämmitystehontarve	9
3	UUSIUTUVAT ENERGIAT OMAKOTITALOSSA	11
3.1	Aurinkoenergia	11
3.1.1	Tasokeräin.....	12
3.1.2	Tyhjiöputkikeräin.....	15
3.2	Lämpöpumput.....	16
3.2.1	Porakaivo	17
3.3	Bioenergia.....	18
3.4	Tuulienergia.....	19
3.5	Ehdotus energianlähteiksi referenssiomakotitaloon	20
4	TUNTUVAN LÄMMÖN VARASTOINTI.....	21
4.1	Materiaalin energian sitovuus.....	23
4.1.1	Varastojen materiaalivertailua	24
4.2	Varastointitekniikat.....	24
4.2.1	Passiivinen energiavarasto, lämpöakku	25
4.2.2	Aktiivinen energiavarasto, energiavaraaja.....	25
4.3	Energiavaraajien ominaisuudet.....	26
4.4	Erilaisia energiavaraajia.....	27
4.5	Varaston koko	29
4.6	Varaajan yhteet	32
5	POHDINTA.....	33
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	37
	Liite 1. Rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskenta 1(4).....	37
	Liite 2. Ilmanvaihtokoneiden vuosihyötysuhteet 1(2).....	41
	Liite 3. Aurinkoenergiantuotto kohteessa 1(6).....	43
	Liite 4. Putkikykentäkaavio 1(2).....	49

ERITYISSANASTO

Energiavaraaja	Energiaa ladataan ja puretaan ulkoisen voiman vaikutuksesta
Energiaremontti	Lämmötuottolaitteen vaihtaminen energiatehokkaammaksi nykyisten Suomen rakentamismääräysten mukaan
Luonnonvoimainen	Toimii luonnonlakien mukaan
LVI-tekniset laitteet	Ilmanvaihtolaite, lämmötuottolaite ja oheislaitteet
Lämpöakku	Lämmönjohtumiseen perustuva varastotyyppi
p-m ³	Pinokuutiometri
Täysin varaava	Kattaa kiinteistön vuokautisen energiantarpeen kokonaan
Tuntuva lämpö	Kiinteään aineeseen sitoutunut lämpöenergia

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävät aiheet liittyvät vahvasti omakotitalon laajennuksen yhteydessä suoritettavaan energianmuotoremonttiin. Opinnäytetyössä on myös kerrottu muutamista laitteista, jotka eivät ole sidottu referenssi kohteeseen. Ideointivaiheen jälkeen varsinainen opinnäytetyön työstäminen alkoi työn teettäjän pyytäessä tekemään ehdotuksia laajennuksen LVI-tekniisten laitteistojen vaatimasta tilasta. Opinnäytetyössä käyttämäni aika meni pitkälti tämän tilantarpeen ja lämmityksessä käytettävien laitteiden kytkentäkaavioiden luonnosteluun. Luonnosvaiheen lämmityskytkentäkaavio on esitetty liitteenä.

Opinnäytetyön aihe: Energiavaraaja omakotitalossa ja uusiutuvat energiat muovautui hiljalleen olemassa olevan prosessin aikana. Energiavaraaja nousi tärkeimmäksi, kun huomasin laskelmia tehdessäni, ettei kohteeseen valittujen lämmöntuottolaitteiden teho täysin vastaa lämmityksen tarvitsemää laskennallista lämmitystehoa mitoitusolosuhteissa. Työn otsikon termi ”uusiutuvat energiat” oli pitkään muodossa ”ilmaiset energiat”, koska jälkimmäinen termi ”ilmaiset energiat” kuvaa auringosta ja maaperästä kerättävää energiaa paremmin. Nämä ”ilmaiset” energiat ovat kerättävissä lämmönsiirtoon kuluvilla pumppauskustannuksilla.

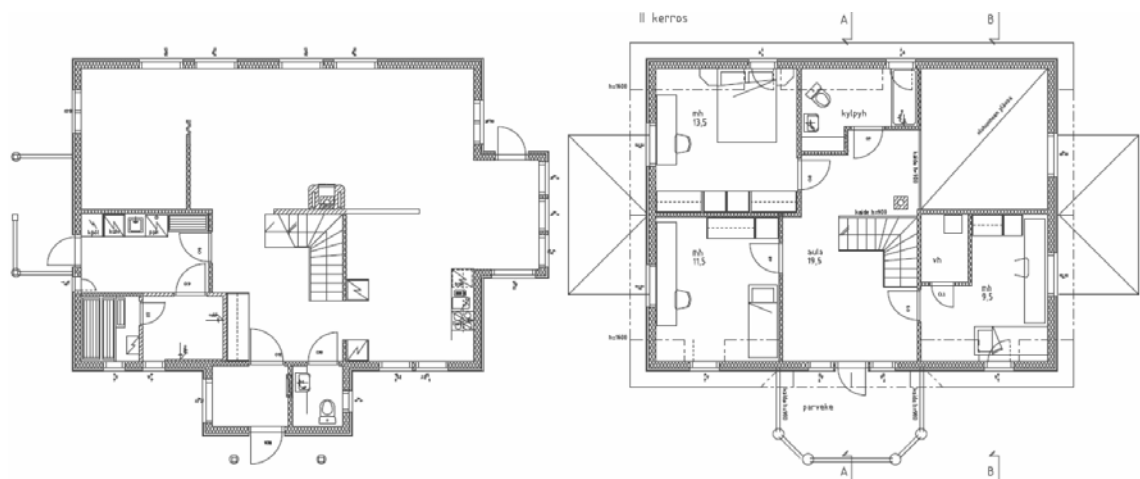
Tämän kirjallisen raportin toisessa luvussa käsitelen suunnittelukohteena olevaa referenssiomakotitaloa kertomalla siitä yleiskuvauksen. Tämän jälkeen kerron laajennussuunnitelman yhteydessä suoritettavasta energianmuotoremontista ja lasken kohteen lämmitystehontarpeen. Kolmannessa luvussa kerron hieman näkemyksiä uusiutuvista energianlähteistä ja niiden soveltumisesta omakotitaloihin. Neljännessä luvussa käsitellään tuntevan lämmön varastointia eli lämmön varaamista erilliseen energiavaraajaan, kerrotaan erilaisista varaajista ja varaajan mitoittamisesta. Lisäksi teen ehdotuksen varaajan tilavuudeksi.

2 SUUNNITTELUKOHDE

2.1 Kohteen tiedot

Kiinteistö on vuonna 2000 rakennettu kaksikerroksinen 181 m²:n omakotitalo. Tontti sijaitsee Nokian Tottijärvellä. Tontilla on myös 60 m²:n yhdistetty autotalli- ja varastorakennus. Tällä hetkellä rakennuksessa asuu kaksi henkilöä. Kiinteistö sijoittuu tontille itä-länsisuunnassa ja kohteen pääovi on suunnattu etelään. Talon ja eteläpuolella sijaitsevan varasto- ja autotallirakennuksen etäisyys toisistaan on noin 20 metriä.

Kuvassa 1 on alkuperäisen asuinrakennuksen pohjakuvat, vasemmalla ensimmäisestä kerroksesta ja oikealla toisesta kerroksesta.



KUVA 1. Asuinrakennuksen pohjakuva molemmista kerroksista (Pihlajamaa 2012)

2.1.1 Lämmitysjärjestelmä

Alkuperäisen kiinteistön lämmöntuotto hoidetaan varastorakennuksessa sijaitsevalla öljykattilalla, josta lämpö siirretään asuinrakennukseen maanalaista siirtoputkistoa pitkin. Lisäksi olohuoneessa on varaava takka. Lämmönjako koko rakennuksessa on toteutettu lattialämmityksellä.

2.1.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihto olemassa olevassa asuinrakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Alkuperäinen pyörivällä lämmöntalteenottolaitteella varustettu ilmanvaihtokone on vaihdettu poistoilmalämpöpumpulla toimivaan malliin syksyllä 2012.



KUVA 3. Lämpöpumpputoiminen ilmanvaihtokone (Mer-air 2013)

2.2 Laajennussuunnitelma

Omistajilla on haaveena rakentaa taloon oma uima-allas kuntouintia varten. Uima-allasta varten rakennukseen tarvitaan laajennusosa. Uima-allas on kooltaan 3,4 x 6 metriä. Altaan 6 metrin pituus ei sellaisenaan sovellu kunto-uintiin, joten sitä käyttötarkoitusta varten uima-altaaseen on asennettava vastavirtauintilaite. Uintilaite kierrättää altaan vettä ja aiheuttaa virtauksen, jolloin altaassa voi uida pitkiäkin matkoja.

2.3 Energiaremontti

Lisäosan rakentamisen yhteydessä suoritetaan energiaremontti, jossa vaihdetaan lämmöntuottolaitteena oleva fossiilista polttoainetta käyttävä öljylämmitys uusiutuviin energianlähteisiin. Lämmöntuottolaite tai -laitteet on tarkoitus sijoittaa remontin yhteydessä laajennusosan yhteyteen rakennettavaan tekniseen tilaan. Tällöin mm. nykyisestä varasto- ja asuinrakennuksen välisestä maaperässä sijaitsevasta siirtoputkistosta aiheutuvat kuljetushäviöt vähenevät.

2.4 Lämmitystehontarve

Kiinteistön kokonaislämmitystehontarve on laskettu ympäristöministeriön Internet-sivuilta löytyvällä D3 tasauslaskimella 2012, joulukuun 2012 versiolla (liite 1). Ilmanvaihtolaitteiden vuosihyötysuhteet on laskettu valmistajien Internet-sivuilta löytyvillä Microsoft Excel-laskentataulukoilla (Mer-air 2013, Vallox 2013). Ilmanvaihtolaitteiden hyötysuhteiden laskentataulukot on esitetty liitteessä 2.

Tärkeimmät laskentatulokset on esitetty taulukossa 1 ja täydelliset lämmitystehontarpeen laskentatulokset ovat liitteissä 1 ja 2. Tasauslaskimesta saadut tulokset kertovat rakennuksen lämmitystehontarpeen (kW) yhtä Kelviniä (K) kohden kW/K.

Vuosittainen lämmitysenergiantarve saadaan laskettua kaavalla 1 kertomalla lämmitystehontarve paikkakunnan lämmöntarveluvulla K_d ja jakamalla vuorokauden tuntimäärällä (Motiva 2013).

$$E_{\text{läm.}} = \frac{\Phi_{\text{läm.}} * K_d}{24 \text{ h/d}}$$

$E_{\text{läm.}}$ on vuosittainen lämmitysenergiantarve kWh

$\Phi_{\text{läm.}}$ on rakennuksen lämmitystehontarve Kelviniä kohden kW/K

K_d on paikkakunnan lämmöntarveluku vuorokautta kohden

24 h/d on vuorokauden tuntimäärä

Rakennuksen lämmitystehontarve on yhteensä 0,199 kW/K ja Nokian lämmöntarveluku on 4542 K_d . Sijoittamalla edelliset arvot kaavaan yksi saadaan laskentatulokseksi 37702 kWh/a.

$$E_{\text{läm.}} = \frac{\Phi_{\text{läm.}} * K_d}{24 \text{ h/d}} = \frac{0,199 \frac{\text{kW}}{\text{K}} * 4542}{24 \text{ h}} = 37702 \text{ kWh}$$

Edellinen laskutoimitus sekä uuden että vanhan lämmitystehontarpeet on eriteltyinä taulukossa 1. Lisäksi taulukkoon on laskettu lämmitystehontarpeet mitoitusolosuhteissa. Mitoitusolosuhteessa käytettävä lämpötilaero (dT) on 50 astetta.

TAULUKKO 1. Tasauslaskennasta saadut tulokset

Vanha osa	156 kW/K	
Astepäivä		29556 kWh/a
dT 50		7,8 kW
Uusi osa	43 kW/K	
Astepäivä		8147 kWh/a
dT 50		2,15 kW
Yhteensä		
Astepäivä		37702 kWh/a
dT 50		9,95 kW

Kohteen energiankulutusta pystytään arvioimaan paremmin toteutuneen lämmitysenergiankulutuksen avulla. Kohteessa on kulunut öljyä ennen laajennusta noin 2,4 m³/a ja puuta noin 4 m³/a. Nykyaikaisen kattila-poltinyhdistelmän hyötysuhde on yli 90 % (Neste 2013). Varaavan takan hyötysuhde on 80–85 % (Motiva 2013). Öljyn energiasisältö on 9806 kWh/m³ (Seppänen 2001). Polttopuun energiasisältö on väliltä 1230–1700 kWh/p-m³ (Metsäkeskus 2013). Laskelmassa on arvioitu poltettavista puista 50 % olevan koivua ja 50 % mäntyä, jolloin energiasisällöksi saadaan 1530 kWh/p-m³.

TAULUKKO 2. Kohteessa toteutunut energiankulutus

Materiaali	Toteutunut kulutus (m ³)	Polton hyötysuhde	Lämpöenergiaksi muuttunut määrä (m ³)	Aineen ener- giasisältö (kWh/m ³)	Toteutunut energiankulutus (kWh)
Öljy	2,4	0,9	2,16	9806	21180
Puu	4	0,8	3,20	1530	4897
				Yhteensä	26077

3 UUSIUTUVAT ENERGIAT OMAKOTITALOSSA

1800-luvulta alkaen siirryttiin käyttämään pääenergianlähteenä fossiilisia polttoaineita. Ennen 1800-lukua käytettiin energianlähteinä uusiutuviksi energioiksi luokiteltavia vettä ja tuulta sekä poltettavaksi kelpaavia bioenergianlähteitä. Nykyään helposti hyödynnettävissä olevat fossiiliset polttoaineet ovat vähenemässä. Tästä syystä ihmiskunnan täytyy siirtyä helpommin hyödynnettävissä oleviin energianlähteisiin. (Keskitalo 2012.)

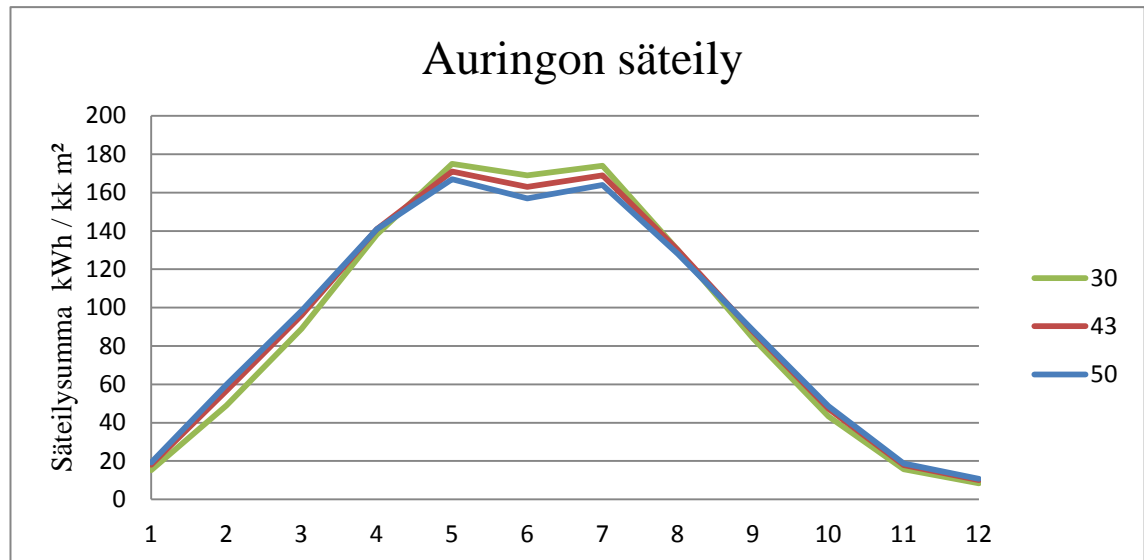
Ilmaisiksi energioiksi luetaan jo kertaalleen maksettu sähköenergia, auringon säteilystä saatava ja ihmisten aineenvaihdunnasta aiheutuva lämpöenergia (Seppänen 2001). Uusiutuvaksi energiaksi luokitellaan ehtymättömät energiamuodot (Motiva 2013). Ehtymättömiä ovat aurinko-, tuuli-, vesi- ja bioenergia sekä geoterminen energia. Bioenergianlähteitä ovat puuperäiset polttoaineet, peltobiomassat, biokaasu ja kierrätyspolttoainesten biohajoava osa. (Ilmasto-opas 2013.)

3.1 Aurinkoenergia

Kaikki maapallon pinnalla oleva energia on peräisin auringosta. Auringon säteilyenergian avulla puut yhteyttävät hiilidioksidista ja vedestä happea sekä glukoosia (Suomisanakirja 2013). Suomessa auringon säteet tuottavat maanpinnalle vaakatasoon osuessaan noin 0,8–1 kWh/m² tehon (Kallioharju 2013). Passiivista aurinkoenergiaa on hyödynnetty ennen vanhaan tekemällä savi- ja kivirakennuksien seinistä paksuja (Keskitalo 2011).

Kuvaajassa 1 on kuvattu auringon säteilyenergiatason yhden neliömetrin absorptio-alaa kohden optimisuuntauksella. Optimisuuntauksella atsimuuttikulma on -1 astetta ja kallistuskulma 43 astetta. Vertailun vuoksi taulukossa on säteilysummat eri kallistuskulmilla. Kallistuskulmaa muuttamalla energiaa saadaan tuotettua eri määrä eri kuukausina. (Euroopan komissio 2013.) Täydelliset laskentatulokset ovat liitteessä kolme.

Kuvaajasta 1 voimme huomata jyrkemmän kallistuskulman vaakasuoraan pintaan nähdessä olevan järkevämpi ratkaisu kohteen energiantuottoa ajatellen. Silloin lämpöenergiaa saadaan enemmän alku- ja loppuvuodesta.



Kuvaaja 1. Auringon kuukausittaiset säteilyenergiatsummat suunnittelukohteessa eri kallistuskulmista (Euroopan komissio 2013)

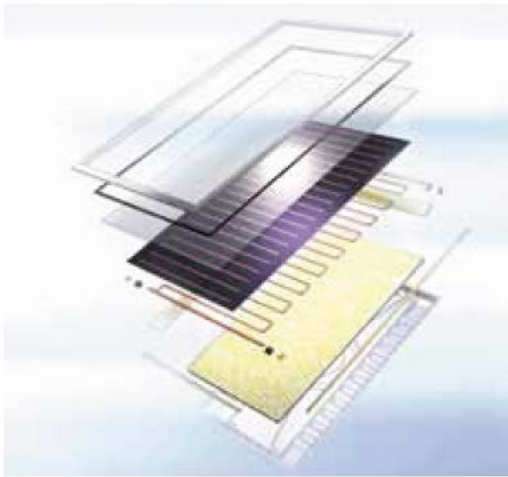
Auringon lämpöenergian keräämiseksi on kahdenlaisia keräimiä, taso- ja tyhjiöputkikeräin. Kerääjät päästävät auringon säteet sisäänsä ja osuessaan esteeseen säteet muuttuvat lämpöenergiaksi. Seuraavissa kahdessa kappaleessa käsitellään ensimmäiseksi tasokeräimet ja sen jälkeen tyhjiöputkikeräimet.

3.1.1 Tasokeräin

Tasokeräimellä voidaan lämmittää joko nestettä tai ilmaa. Yleisimmin lämmitetään nestettä, joka kiertää varaajan vesitilassa sijaitsevassa kierukassa ja keräimen putkiston välillä. Ilmakiertoinen keräin on vähemmän käytetty keräintyyppi johtuen ilman huonosta energiansitovuudesta (Kaukomarkkinat 2013). Solarventi valmistaa keräimiä, jotka ottavat rei'itetyn takapaneelin kautta ulkoilmaa ja lämmittävät ilman ennen sisäänpuhallusta (Solarventi 2013). Tasokeräimen etuna tyhjiöputkikeräimeen verrattuna on vaapampi asennuskulma ja pienempi koko (Motiva 2013).

Tasokeräimen rakenne on yksinkertainen. Päällimmäisenä on läpinäkyvä taso, joka päästää säteet sisään ja estää lämmönsiirtymisen saman tien ulos. Tason alla on absorptiopinta, joka kerää säteiden sisältämää energiaa. Absorptio-pinnan alla on putkisto, jossa kiertää neste tai ilma. Keräimen pohjalla putkiston alla on eriste, jolla hidastetaan lämmön siirtymistä ulos keräimestä. (Kaukomarkkinat 2013.) Nestekiertoisen tasokeräimen rakenne on esitetty kuvassa 4.

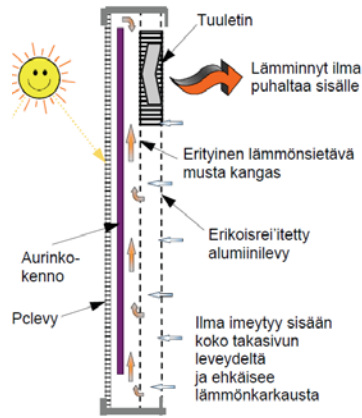
Ruukin valikoimista löytyy omakotitalon kattoon integroitava tasokeräin. Etuina järjestelmässä on putkitusten jääminen eläimiltä ja säältä suojaan, jolloin putkieristeet pysyvät paremmassa kunnossa. (Ruukkikatot 2013.)



KUVA 4. Tasokeräimen rakenne (Kaukomarkkinat 2013)

Solarventin aurinkoilmakeräin on tasokeräin, jolla lämmitetään raitista ulkoilmaa ja puhalletaan lämmennyt ilma sisätilaan kanavan kautta. Aurinkopuhallin on tarkoitettu mökkikäyttöön tai muihin rakennuksiin, joissa on painovoimainen ilmanvaihto. Keräimen etuihin kuuluu, ettei laite tarvitse ulkopuolista virtalähdettä. Laite tekee tarvitsemansa sähköenergian sisäänrakennetulla aurinkopaneelilla. (Solarventi 2013.)

Kuvassa 5 on aurinkoilmakeräimen ulkoyksikön leikkauskuva, josta huomaa rakenteen poikkeavan ilmakiertoisesta keräimestä, jossa kierrätetään sisäilmaa. Aurinkoilmakeräin puhalttaa sisään ulkoilmaa, jonka se ottaa sisään takapuoleltaan rei'itetyn levyn läpi. Yksikkö voidaan asentaa suoraan talon seinälle tai katolle (Solarventi 2013).



KUVA 5. Aurinkoilmakeräin (Solarventi 2013)

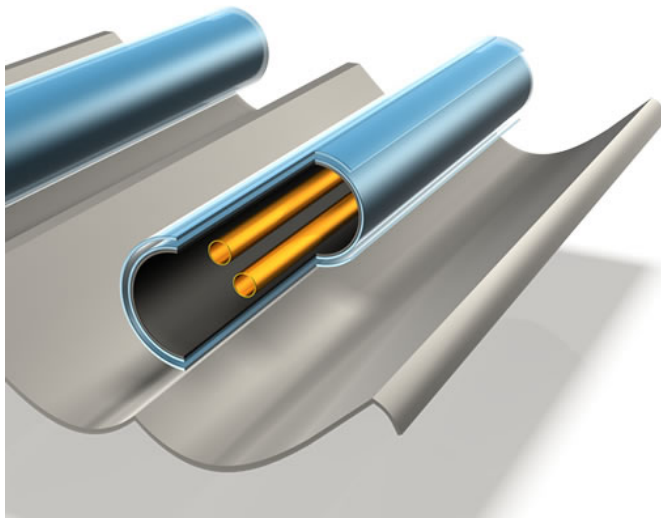
Aurinkoilmakeräimen asentaminen talon seinään on yksinkertaista. Keräimen taakse tehdään reikä, johon asennetaan putki. Putki liitetään keräimen takana olevaan kaulukseen ja putken toiseen päähän asennetaan lautasventtiili. Lautasventtiilin avulla saadaan sisään puhallettavaa ilmavirtaa säädelyä. Näiden lisäksi paneelissa olevalle puhaltimelle on ohjausyksikkö, jolla paneeli voidaan kytkeä pois käytöstä tarvittaessa. Kytettäessä puhallin pois käytöstä, paneeli on silti turvallinen, sillä rakenne ei lämpene yli 70 asteen aurinkoisimpinakaan päivinä. (Solarventi 2013.)



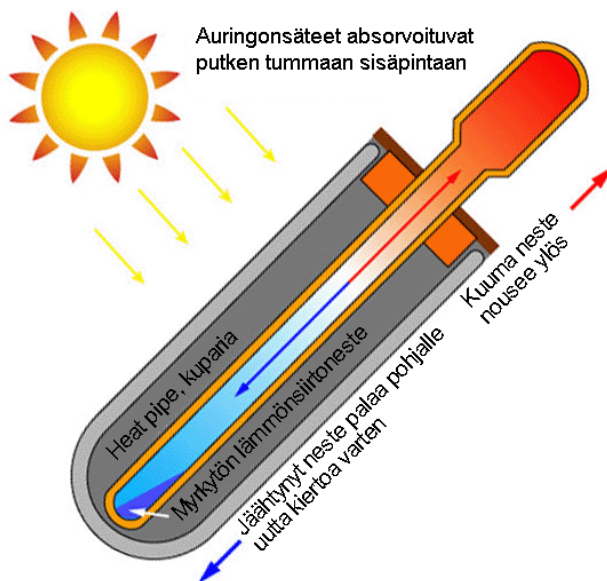
KUVA 6. Aurinkoilmakeräimen asennus seinälle (Solarventi 2013)

3.1.2 Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputkikeräin koostuu lasiputkesta, jonka seinämien väliin on luotu tyhjiö. Tyhjiöputken sisin osa on väriltään musta. Keräinputken sisällä on lämmönkeruuputkisto, joita on kahdenlaisia. Toinen on u-putkilenkki, joka kiertää jokaisessa tyhjiöputkessa (JTV-energia 2013). Toinen on ns. heatpipe-putki, jossa on sisällä alhaisessa lämpötilassa höyrystyvää ainetta. Aine siirtää lämpöä putken yläpäässä olevaan keräinputkeen höyrystymällä ja lauhtumalla. (Aurinkopuisto 2013.) U-putken leikkauskuva on kuvassa 7 ja heatpipen kuvassa 8.



KUVA 7. U-pipe tyhjiöputki (JTV-energia 2013)



KUVA 8. Heatpipe tyhjiöputken toimintaperiaate (Aurinkopuisto 2013)

Tyhjiöputkitekniikalla toimivalla keräimellä on muutamia etuja verrattuna tasokeräimeen. Eduista tärkein on auringon hajasäteilyn hyödyntäminen, josta on hyötyä etenkin kevättalvella ja syksyllä. Silloin aurinko paistaa vähemmän, mutta energiantarve on kuitenkin suurempi kuin kesällä. (Aurinkopuisto 2013.)

Tyhjiöputkikeräin koostuu useammasta tyhjiöputkesta. Moduuli on helppo koota ja yksittäiset putket pystyy helposti puhdistamaan tai tarvittaessa vaihtamaan uusiin. (Kaukora 2013.) Kuvassa 2 on 20 tyhjiöputkea sisältävä keräinmoduuli.



KUVA 9. Aurinkokeräinmoduuli (Kaukora 2013)

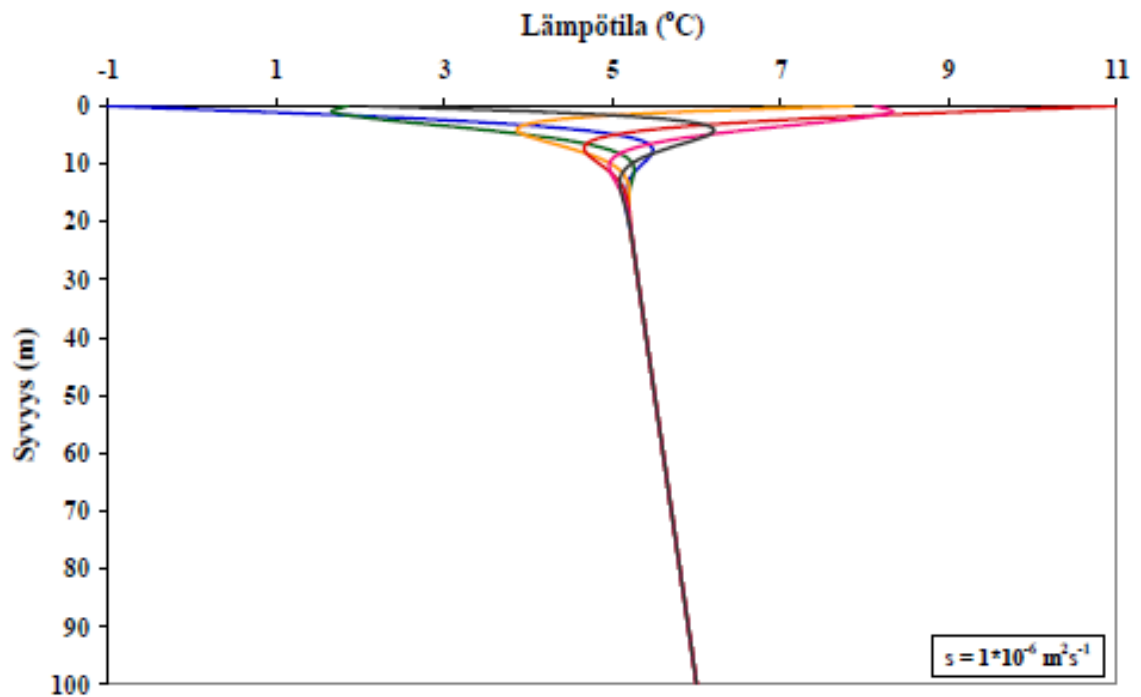
3.2 Lämpöpumput

Lämpöpumput käyttävät energianlähteinä kalliosta saatavaa geotermistä energiaa, maaperää, ilmaa tai vettä (Motiva 2013). Porakaivosta saatava geoterminen energia on peräisin maan sisustassa tapahtuvasta radioaktiivisesta hajoamisesta ja sitä on saatavilla melko tasalämpöisenä ympäri vuoden (kuva 10). Pintamaasta saatava lämpö on peräisin auringosta ja sen lämpötila vaihtelee huomattavasti kuukausittain, kuten voimme kuvasta huomata (Keskitalo 2011).

Kohteen uusi lämmöntuottojärjestelmä on suunniteltu toteutettavaksi Nereuksen valmistamalla lämpöpumpulla, joka käyttää lämmönlähteinä porakaivoa ja aurinkoenergiaa.

3.2.1 Porakaivo

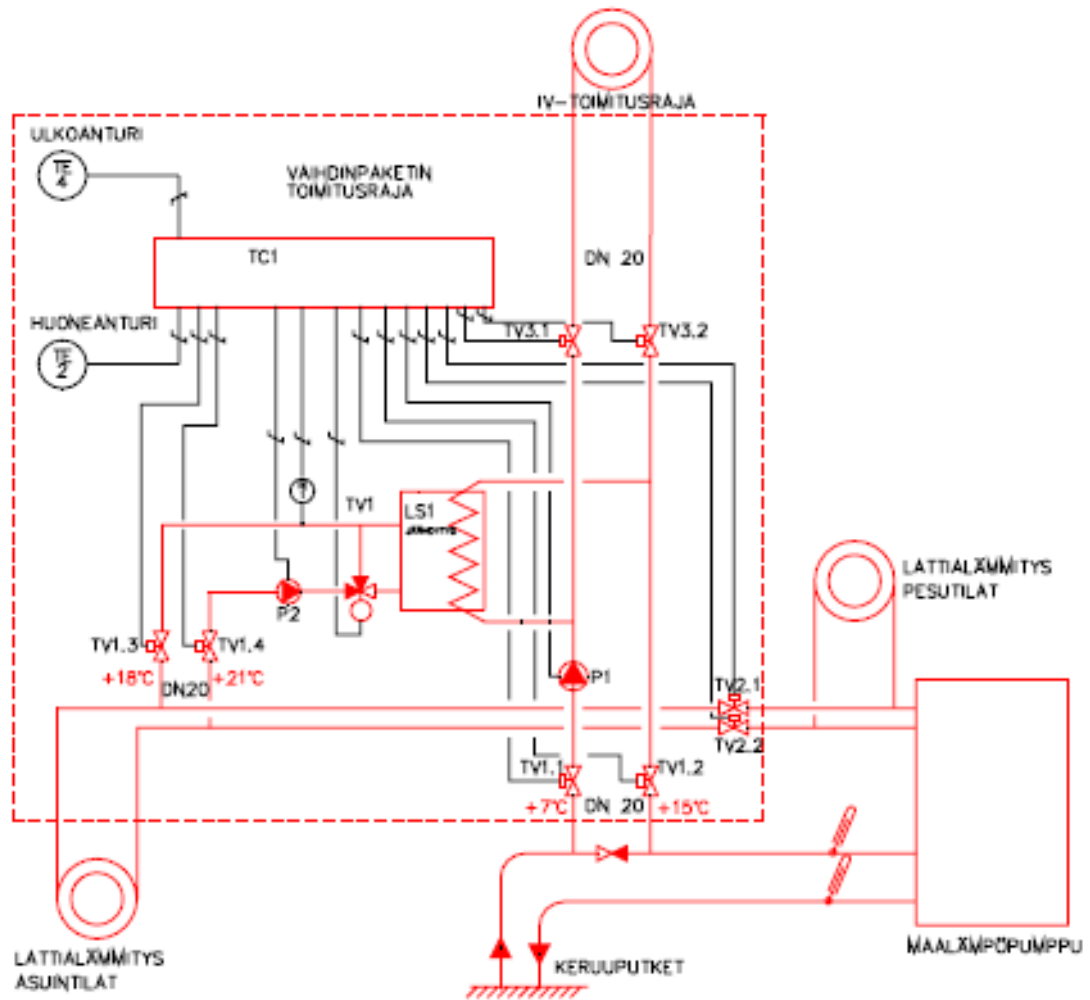
Maaperän lämpötila asettuu vakioksi noin +5 asteeseen 15 metrin syvyydessä (Juvonen 2009). Syvemmälle mentäessä lämpötila kasvaa melko tasaisesti 0,5 – 1 astetta / 100 metriä kohden (Leppäharju 2008). Kuvassa 10 on kuvaaja maaperän lämpötilasta syvyydestä riippuvaisena eri kuukausina.



KUVA 10. Maaperän lämpötilan tasaantuminen (Leppäharju 2008)

Maaperän tasaisesta lämpötilasta ympäri vuoden on etuna mahdollisuus käyttää sitä myös ilman esijäähdytykseen tai esilämmitykseen (Leppäharju 2008, Vallox 2013). Maalämpöpumppujen yhteyteen on mahdollista saada viilennysjärjestelmä, jolloin lattialämmitysputkissa ajetaan maapiirin kiertonesteellä jäähdytettyä vettä (Nereus 2013).

Nereuksen viileäpaketin kytkentäkaavio on kuvassa 11. Keruuputket tarkoittavat maapiiriä. Termostaattiventtiili TC1 ohjaa säätöventtiileitä TV1 ja TV2 auki / kiinni sekä pumppua P1 käyntiin / pois. Säätöventtiileiden ollessa auki ja pumpun käydessä neste kiertää lämmönsiirtimellä LS1, joka erottaa maapiirin nesteen lämmitysvedestä. Lisäksi maapiiriä voidaan käyttää ilmanvaihdon tuloilman esijäähdytykseen.

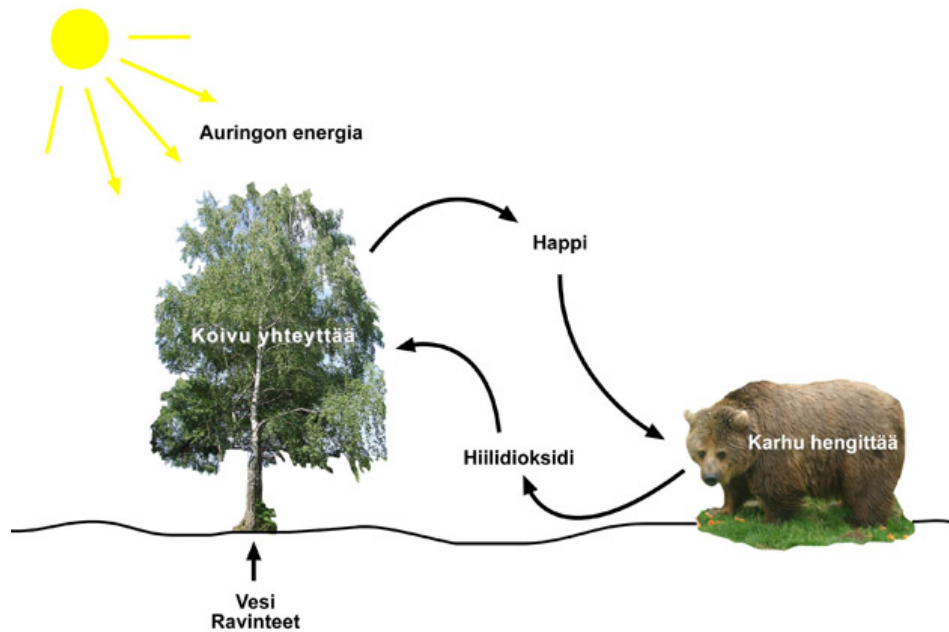


KUVA 11. Maaviileäpaketin kytkentäkaavio, maalämpöpumpun yhteyteen (Uotila 2012)

3.3 Bioenergia

Bioenergia on biokaasusta, puu- ja peltobiomassoista sekä kierrätys- ja jätepolttoainesten biohajoavasta osasta polttamalla hyödyksi saatavaa energiaa (Motiva 2013). Bioenergian poltossa vapautuvat hiilidioksidipäästöt sitoutuvat polton jälkeen uudelleen biomassaan yhteyttämisprosessin kautta (kuva12), jolloin puhutaan hiilineutraaleista polttoaineista (Keskitalo 2011).

Luonnosvaiheessa referenssikohteessa oli lämmönlähteenä myös puuenergiaa käyttävä vesikiertoinen tulisija. Tällöin kohteen omistajat olisivat voineet käyttää enemmän hyödykseen omalta tontilta saatavaa puuta.

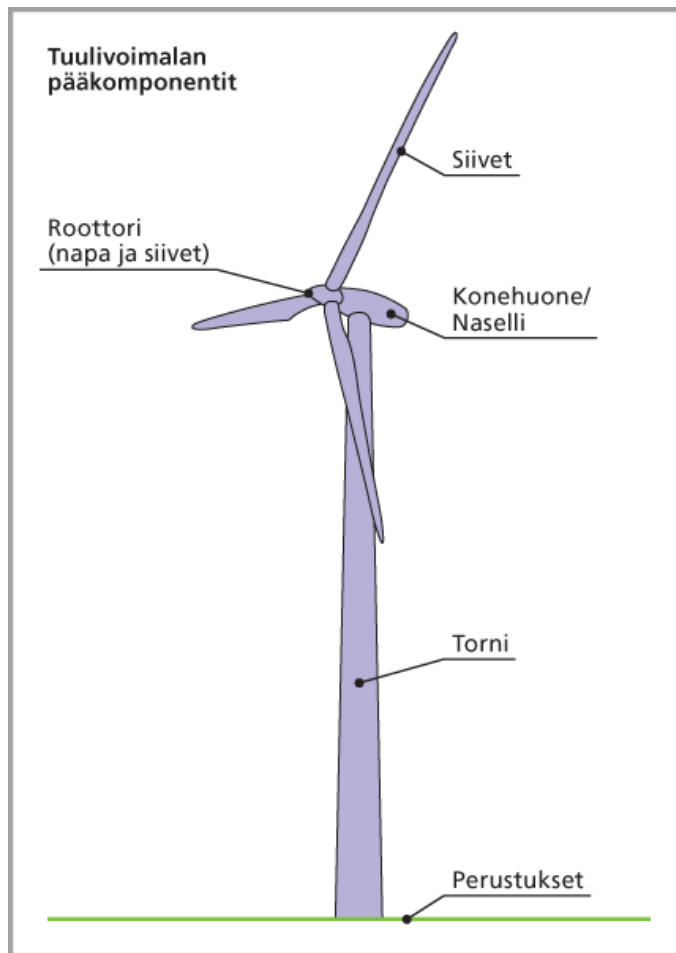


KUVA 12. Yhteyttämisen prosessi (Helsingin yliopisto 2013)

3.4 Tuulienergia

Tuulienergia on energiantuotantomuotona vähäpäästöinen. Haittapuolena tuulivoimassa on tuulilojen vaihtelu. Tällöin järjestelmän kokonaistehosta saadaan hyödyksi noin 30 prosenttia. Ongelmia etenkin omakotitalojen pienillä tonteilla aiheutuu voimalan ympäristön esteettisyyden kärsiminen, lavoista syntyvä ääni ja lapojen suuri pyörähdyspinta-alan tarve. (Keskitalo 2011.)

Tuulienergian pääkomponentit ovat perustukset, torni, konehuone, roottori ja siivet. Perustukset pitävät laitoksen paikoillaan ja torni nostaa konehuoneen yläilmoihin tuulisempiin oloihin. Konehuone koostuu roottorista ja siivistä pois maanpinnalta. Konehuoneessa voimalan koneisto on suojassa säältä. Roottori koostuu navasta ja siivistä. Napa yhdistää siivet konehuoneeseen. Siivet muuttavat tuulen sisältämän liike-energian pyöriväksi liikkeeksi. (Tuulienergiaopas 2013.)



KUVA 13. Tuulivoimalan osat (Tuulivoimaopas 2013)

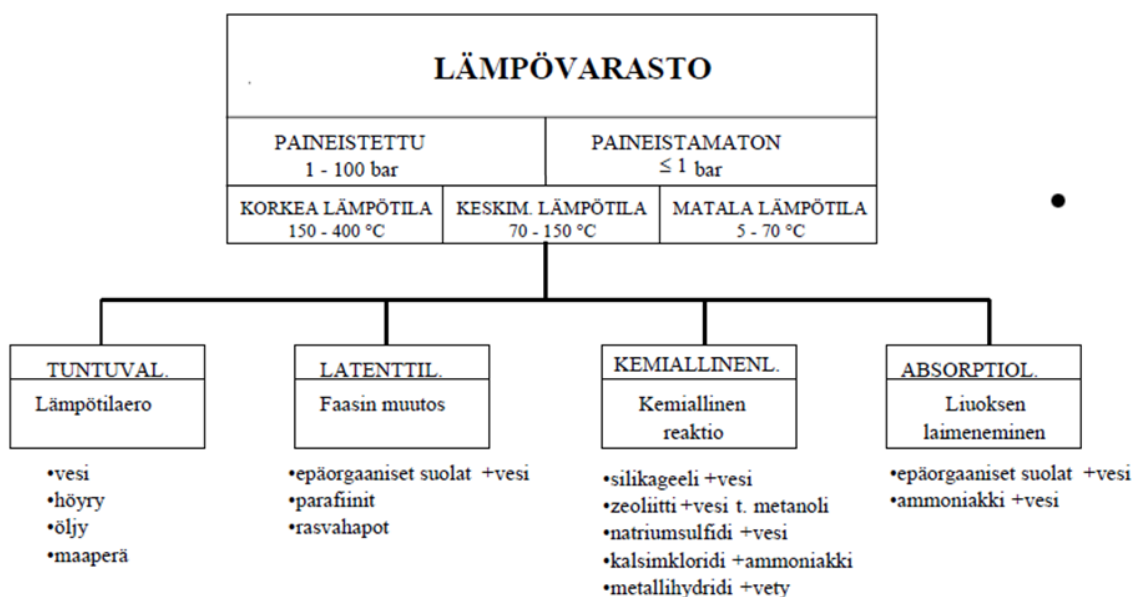
3.5 Ehdotus energianlähteiksi referenssimakotitaloon

Edellä käsitellyistä energianlähteistä referenssinä olevaan omakotitaloon ehdotettiin aurinkoenergiaa ja porakaivoa käyttävä lämpöpumppu sekä bioenergiaa käyttävä vesikiertotakka. Maapiirin nestettä käytettäisiin lisäksi ilmanvaihdon raitisilman esilämmitykseen tai jäädytykseen kanavapatterin avulla sekä allastilan kosteudenhallintaan puhallinkonvektorilla. Luonnoskytkentäkaavio on liitteessä 4.

4 TUNTUVAN LÄMMÖN VARASTOINTI

Lämpövarastot voidaan jakaa monella tavalla toimintaperiaatteensa mukaan. VTT:n tutkimuksessa lämpövarastot ovat jaoteltu neljään eri varastointitapaan. Varastointitapoja ovat tuntuva-, latentti-, kemiallinen- ja absorptiolämmön varastointi. Tässä työssä keskitytään tuntevan lämmön varastointia energiavaraajaan.

Kuvassa 14 on VTT:n tekemä esimerkkimäärittelmä erilaisista lämpövarastoista.

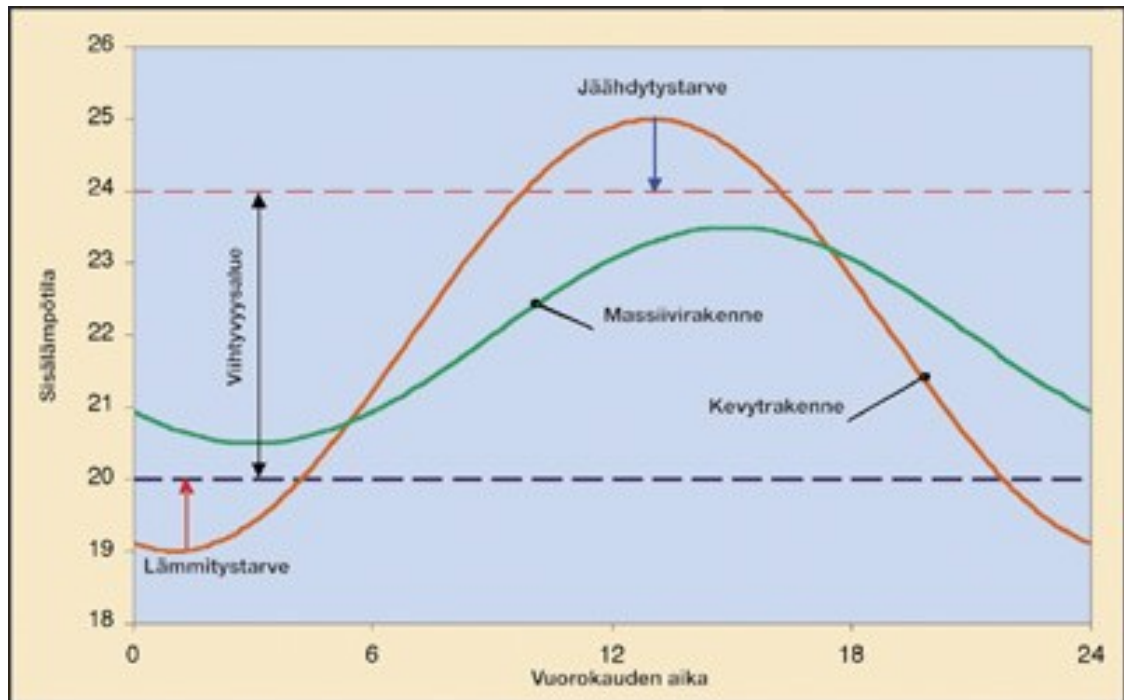


KUVA 14. Lämpövaraston määrittely (Alanen 2003)

Tuntuva lämpöä varastoidaan energiavarastoihin eri syistä. Syitä energian varaamiseen ovat mm. energiantuoton ja -käytön eriaikaisuus, lämmöntuottolaitteiden käyntiaikojen pidentäminen ja kulutushuippujen tasaaminen. (Alanen 2003.)

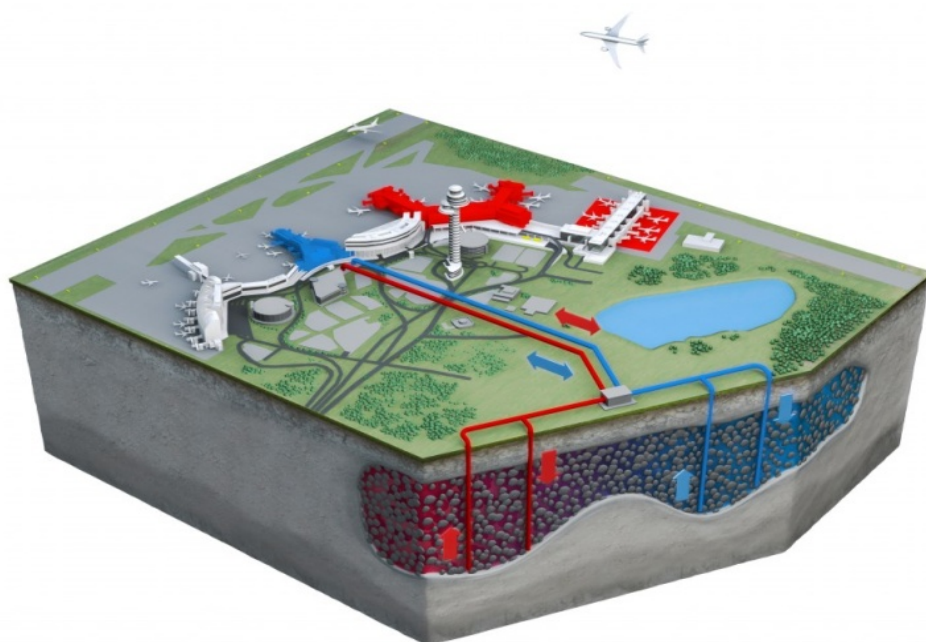
Tuntevan lämmön varastoinnin etuihin kuuluu yksinkertainen tekniikka, jolla tarkoitetaan massiivista rakennetta. Tällöin kyseessä on esimerkiksi paksu lattialaatta, johon voidaan varata lämpöä. Kiinteistöissä, joissa käytetään tulisijoja, sydänmuurit ja takka varaavat lämpöä puuta poltettaessa. (Seppänen 2001; Alanen 2003; Suikka 2006).

Kuvassa 15 on pohjoismaisessa tutkimuksessa selvitetty ero massiivisessa $610 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ ja kevyessä $50 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ rakenteessa vuorokautisessa lämpötilan muutoksessa. Viihtyvyysalueen rajat on tutkimuksessa asetettu 20 ja 24 lämpöasteen välille. (Suikka 2006.)



KUVA 15. Massiivisen ja kevyen rakenteen vertailua yötuuletuksessa (Suikka)

Arlandan lentokenttä käyttää maanalaista vesisäiliötä energiankulutuksen pienentämiseen. Säiliötä käytetään sekä jäähdytykseen että lämmitykseen. (Retermia 2013). Kuvassa 16 on periaatekaavio säiliöstä.



KUVA 16. Arlandan lentokentän energiavarasto (Retermia 2013)

4.1 Materiaalin energian sitovuus

Kiinteässä muodossa olevan materiaalin kykyä sitoa energiaa pystytään arvioimaan tiedettäessä materiaalin massa tai tilavuus. Materiaaleille on määritetty keskimääräisiä lämpösisältöjä painoyksikköä ja Kelviniä kohden. Yksikkö on J / kg K tai kJ / kg K. Tästä käytetään nimitystä ominaislämpökapasiteetti. (Inkinen 2008.)

Kaavassa 2 on materiaalin lämpökapasiteetin laskentakaava. Laskettaessa lämpökapasiteettiä on tiedettävä materiaalin ominaislämpökapasiteetti, tiheys ja tilavuus (Inkinen 2008).

Kaava 2: Materiaalin lämpökapasiteetin laskeminen

$$C = c_p * \rho * V \quad 1.$$

C on lämpökapasiteetti (J / K)

c_p on ominaislämpökapasiteetti (J / kg K)

ρ on tiheys (kg / m³)

V on tilavuus (m³)

Materiaaleille keskimääräisiä ominaislämpökapasiteetteja, lämmönjohtavuuksia ja tiheyksiä on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2: Materiaalien ominaislämpökapasiteetteja, lämmönjohtavuuksia ja tiheyksiä

Aine	Ominaislämpökapasiteetti c_p (kJ / kg K)	Tiheys ρ (kg / m ³)
Betoni	0,800	2300
Rauta	0,447	7870
Jää	2,040	920
Vesi	4,217	1000
Maa-aines	1,840	300

Tutkimuksessa on esitetty energiavaraston olevan keskeinen tehokkaan ja optimaalisen lämmöntuotannon ja -käytön osa (Alanen 2003).

4.1.1 Varastojen materiaalivertailua

Taulukosta 2 voidaan huomata ominaislämpökapasiteeteissa ja tiheyksissä olevan suuria eroja. Lasketaan seuraavaksi taulukon 2 aineiden lämpökapasiteetit käyttämällä kaavaa 2. Laskentatulokset on esitetty taulukossa 3.

$$C_{bet.} = c_{p_{bet.}} * \rho_{bet.} * V_{bet.} = 0,800 \frac{kJ}{kg K} * 2300 \frac{kg}{m^3} * 1m^3 = 1840 \frac{kJ}{K}$$

Taulukko 3: Materiaalin lämpökapasiteetti

Aine	Ominaislämpökapasiteetti c_p (kJ / kg K)	Tiheys ρ (kg / m ³)	Määrä (m ³)	Lämpökapasiteetti (kJ / K)
Betoni	0,800	2300	1	1840
Rauta	0,447	7870	1	3518
Jää	2,040	920	1	1877
Vesi	4,217	1000	1	4217
Maa-aines	1,840	300	1	552

Laskentatuloksista voimme nähdä vedellä olevan paras lämpökapasiteetti tilavuusyksikköä kohden. Seuraavana on rauta, sitten jää, betoni ja viimeisenä maa-aines.

4.2 Varastointitekniikat

Toimintaperiaatteensa mukaan tuntuva lämmön varastot voidaan jakaa monella eri tavalla. Varastossa voidaan säilöä kylmä- tai lämpöenergiaa. Varasto voi olla paineistettu tai paineistamaton. (Alanen 2003.) Tässä työssä jaottelin varastot aktiiviseen ja passiiviseen energiavarastoon. Molemmissa tapauksissa varaston keskilämpötila on matala. Kuvassa 14 oli VTT:n tekemä määrittely varastoista.

4.2.1 Passiivinen energiavarasto, lämpöakku

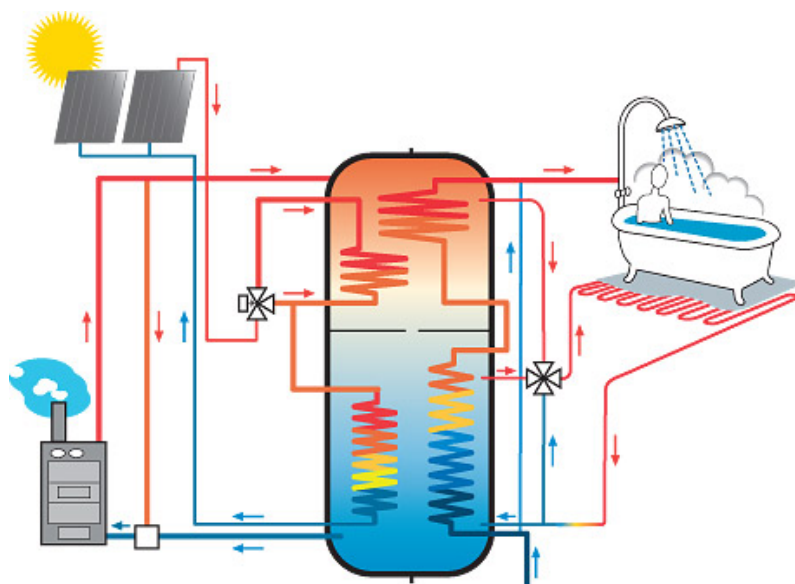
Passiivisesta energiavarastosta puhuttaessa tarkoitetaan varastoa, jossa lämpöenergian varastointiaika on pitkä, useista viikoista pariin kuukauteen. Varasto toimii luonnonvoimaisesti ja on paineistamaton. Lämpöakku käytetään kuormanvaihtelun hallintaan. (Alanen 2003.)

Pitkän varastointiajan saavuttamiseksi täytyy olla paljon energiaa sitovaa massaa, kuten taulukosta 2 voidaan todeta. Suuren koon vuoksi lämpöakku sijoitetaan yleensä maaperään rakennuksen alle, jolloin varaston lämpöhäviöt ovat pienet (Alanen 2003).

4.2.2 Aktiivinen energiavarasto, energiavaraaja

Aktiiviseen energiavarastoon lämpöä ladataan ja puretaan ulkopuolisen voiman vaikutuksesta ja säiliötyyppiset varastot ovat siis paineistettu. Helpon liikuteltavuuden ja suuren lämpökapasiteetin vuoksi varaajien sisältönä on nestettä, yleensä vettä. Varastointiaika on vuorokaudesta viikkoon. (Seppänen 2001.)

Kuvassa 17 on havainnollistettu, kuinka lämpöenergiaa ladataan ja puretaan energiavaraajaan. Kuvassa energiaa tuotetaan aurinkokeräimillä ja puukattilalla. Energiaa käytetään lattian ja käyttöveden lämmitykseen.



KUVA 17. Kytentäkuva lämmitysjärjestelmästä (Akvaterm 2013)

4.3 Energiavaraajien ominaisuudet

Varaajia löytyy usealta eri valmistajalta. Omakotikäyttöön tarkoitettujen varaajien tilavuudet vaihtelevat aina 270 litrasta 5000 litraan. Yhden ison varaajan sijasta varaajia voi kytkeä myös yhteen, jolloin on myös joissain tilanteissa saavuttaa etuja. Etuja saatavat olla mm. pienempi tilantarve ja pienemmät lämpöhäviöt. (Seppänen 2011.)

Muodoltaan varaaja on joko pyöreän, kulmikkaan tai ovaalin mallinen (kuva 18). Näistä kolmesta mallista pyöreällä varaajalla säilytetään paras lämmön kerrostuminen. Kulmikkaita tai ovaalin mallisia varaajia käytetään niiden pienemmän tilantarpeen vuoksi. (Rakentaja 2013.)

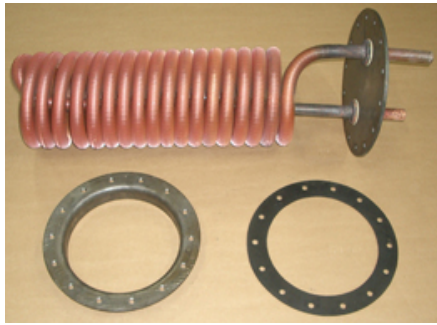
Kuvassa 18 on Akvatermin valmistamia varaajamalleja.



KUVA 18. Erimallisia varaajia, vasemmalla pyöreä, keskellä suorakulmio ja oikealla ovaali (Akvaterm 2013)

Useimmiten lämmintä käyttövettä varten varaajissa on lämmityskierukka tai kaksi, jolloin toinen kierukka on veden esilämmitystä varten. Lämmityskierukka sijaitsee varaajan yläosassa ja esilämmityskierukka taas alaosassa. Esilämmityskierukalla varustettuna varaajan lämpötilaa voidaan pitää alhaisempana ja lämpötilan kerrostuminen on parempaa.

Kuvassa 19 on käyttöveden lämmittämiseen tarkoitettu kampakuparikierukka.

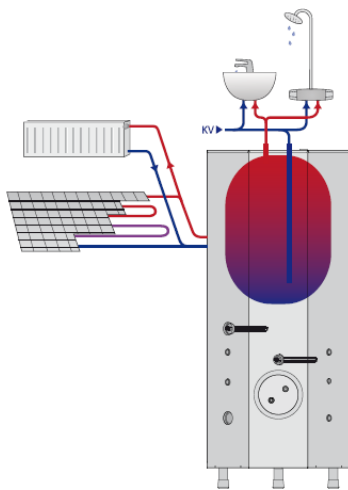


KUVA 19. Kampakuparikierukka (Rica 2013)

Varaajissa olennaisen tärkeää energiatehokkuuden kannalta on lämpötilan kerrostuminen. Ulkopuolisten voimien vaikutuksesta varaajaan aiheutuu liikettä, joka heikentää lämmön kerrostumista. (Puumala 2003.) Lämpötilan kerrostumista parantamassa varaajan yläosassa on tasauslevy, jolla tehostetaan lämmön säilymistä varaajan yläosassa (Termax 2012). Kappaleessa 4.6, kuvassa 23, on varaajan läpileikkaus. Kuvasta voidaan havaita myös tasauslevyn sijainti varaajassa.

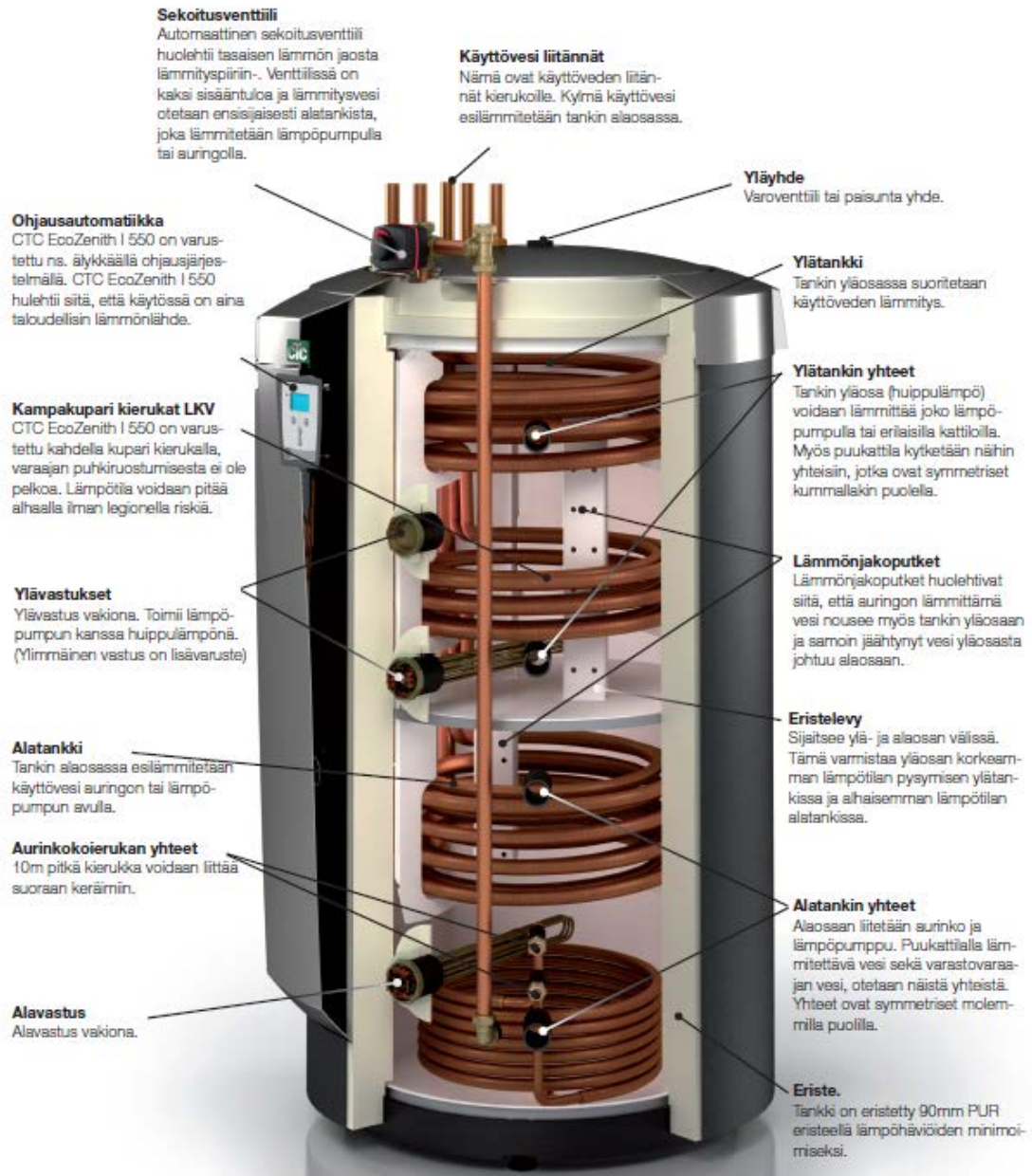
4.4 Erilaisia energiavaraajia

Kuvassa 20 on Jäspän valmistama varaaja, jossa energiavaraajan säiliön sisälle on asennettu pienempi käyttövesisäiliö. Tällöin pienemmässä säiliössä on valmiina enemmän lämmintä käyttövettä kuin kierukassa. (Kaukora 2013.)



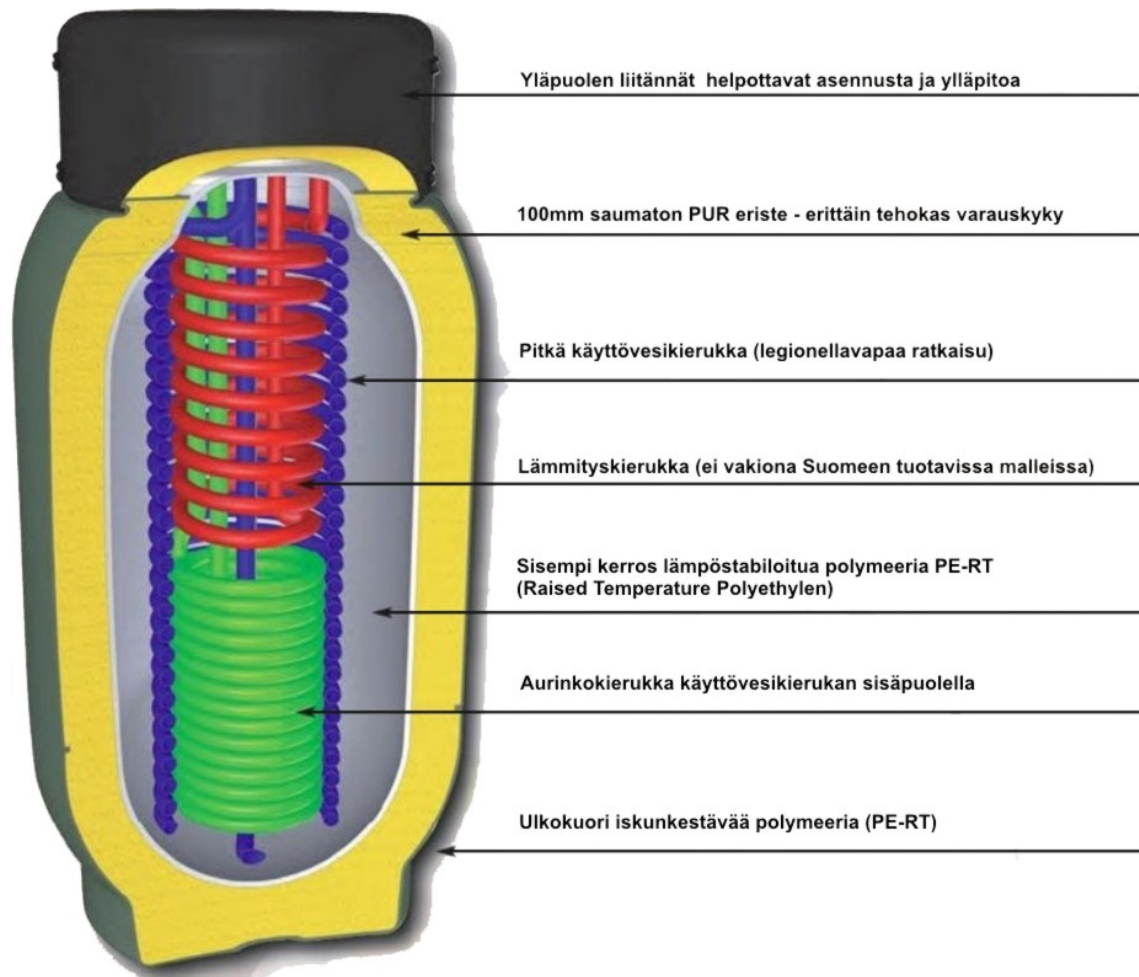
KUVA 20. Hybridivaraaja, jossa käyttövedelle on erillinen säiliö lämmitysvesisäiliössä (Kaukora 2013)

CTC valmistama varaaja on esitetty kuvassa 21. Varaaja on varustettu älykkäällä ohjausautomaatiikalla. Varaaja on sähkökattila, johon pystyy liittämään myös ulkoisia lämmönlähteitä. Ohjausjärjestelmä ohjaa varaajan sisällön lämpötilaa ulkolämpötilan mukaan. (Ctcvarme 2013.)



KUVA 21. CTC EcoZenith I 550 hybridivaraajan läpileikkaus (Ctcvarme)

Rikutec valmistaa Riku´therm-nimisiä varaajia, joissa erikoisuutena putkiliittännät ovat varaajan yläosassa. Valmistajalta löytyy myös malli, joka on mahdollista sijoittaa maaperään talon ulkopuolelle. (Kukkohovi 2013.)



KUVA 22. Riku'therm varaajan läpileikkaus (Riku'therm 2013)

4.5 Varaston koko

Varaston varauskyvyn tarve voidaan laskea kaavalla 2 tiedettäessä mitoitusolosuhteen lämmitystehontarve ja kertomalla se ajalla, jolla lämmitys hoidetaan varaajalla (Puumala 2006).

Kaava 3: Varaston energiasisältö

$$E = \Phi t \quad 2.$$

E on varausmäärä (kWh)

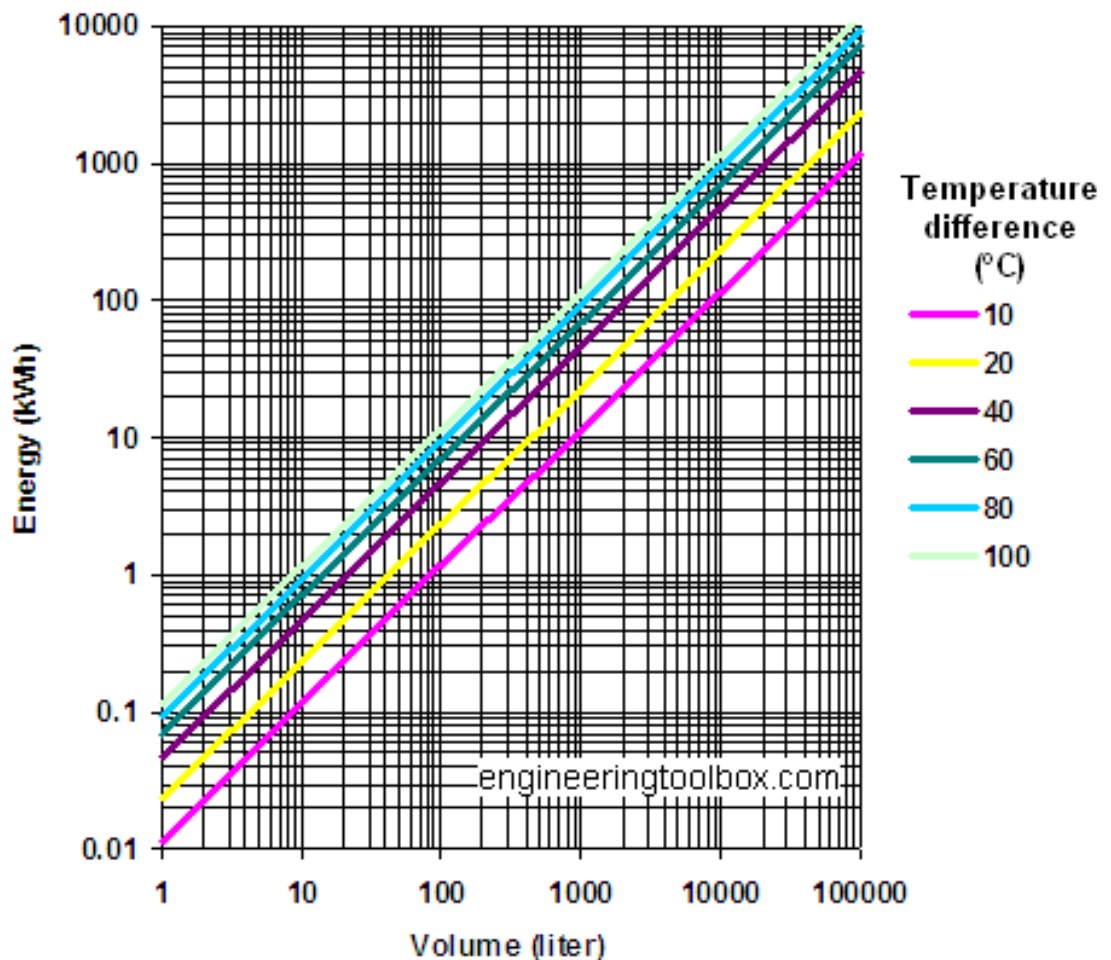
Φ on mitoitusolosuhteen lämpöteho (kW)

t on varausaika (h)

Kohteessa energianvaraajan tulee kattaa vain laajennusosan lämmöntarve, koska vain laajennusosan lämmitys on suunniteltu toteutettavaksi varaajan kautta. Olemassa olevan rakennuksen lattialämmitys hoidetaan Nereuksen maalämpöpumpulla. Maalämpöpumpussa on kolmitieventtiili, jolla ohjataan lämmitystä tarpeen mukaan lattialämmitykseen tai varaajaan. Laajennusosan energiankulutus lasketaan käyttäen kaavaa 3, johon sijoitetaan laajennusosan lämmitystehontarve mitoitusolosuhteissa.

$$E = \Phi t = 2,15kW * 24 \frac{h}{vrk} = 51,6 kWh/vrk$$

Varaajan tilavuus voidaan arvioida kuvasta 23 tai laskemalla kaavalla 4, jolla on laskettu myös kuvaajan 23 arvot (Engineer toolbox 2013).



KUVA 23. Veden keskilämpötilaneron muutoksesta riippuva energiasisältö (kWh) tilavuusyksikköä kohden (Engineer toolbox 2013)

Lämmitystehontarve kohteessa mitoitusolosuhteessa on 51,6 kWh/vrk. Näin ollen voidaan kuvan 23 avulla arvioida tarvittavan varaajan koon olevan noin 1000 litraa, kun keskilämpötilaero on 40 K.

Kaava 4: Veden lämpötilasta riippuva energiasisältö.

$$E = c_p * dt * m$$

E on energiasisältö (kWh)

c_p on ominaislämpökapasiteetti (kJ / kg K)

dt on lämpötilaero (K)

m on massa (kg)

Energiavaraajan koko saadaan määriteltyä pyörittämällä kaavaa 4 ja olettamalla nesteen tilavuuden olevan 1000 kg/m³. Sijoittamalla kaavaan mitoitusolosuhteen lämmitystehontarve 51,6 kWh/vrk ja keskilämpötilaero 40 K saadaan laskentatulokseksi 1101 kg, jolloin tarvittava tilavuus on noin 1,1 m³.

$$m = \frac{E}{c_p * dt} = \frac{51,6 \text{ kWh/vrk}}{4,217 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * 40 \text{ K}} = 1101 \text{ kg} = 1,1 \text{ m}^3$$

Kaavalla 5 voidaan laskea lämmöntuottolaitteen keskimääräinen tehontarve, kun tiedetään mitoitusolosuhteen lämmitystehontarve. (Puumala 2003.)

Kaava 5: Lämmöntuottolaitteen tehon määrittely

$$\Phi = \frac{E}{t} \quad 3.$$

Φ on keskimääräinen lämmitysteho vuorokaudessa (kW)

E on vuorokautinen lämmitysenergian tarve (kWh)

t on varausaika (h)

Varaajan sopiva varausaika riippuu käytettävästä lämmöntuottolaitteesta. Tässä tapauksessa vuorokautisen lämmitysajan energiavaraajalle oletetaan olevan 6 tuntia, jolloin 18 tuntia voidaan lämmittää olemassa olevaa rakennusta. Tässä ajassa varaaja tai huonetila ei ehdi jäähtyä vielä liikaa.

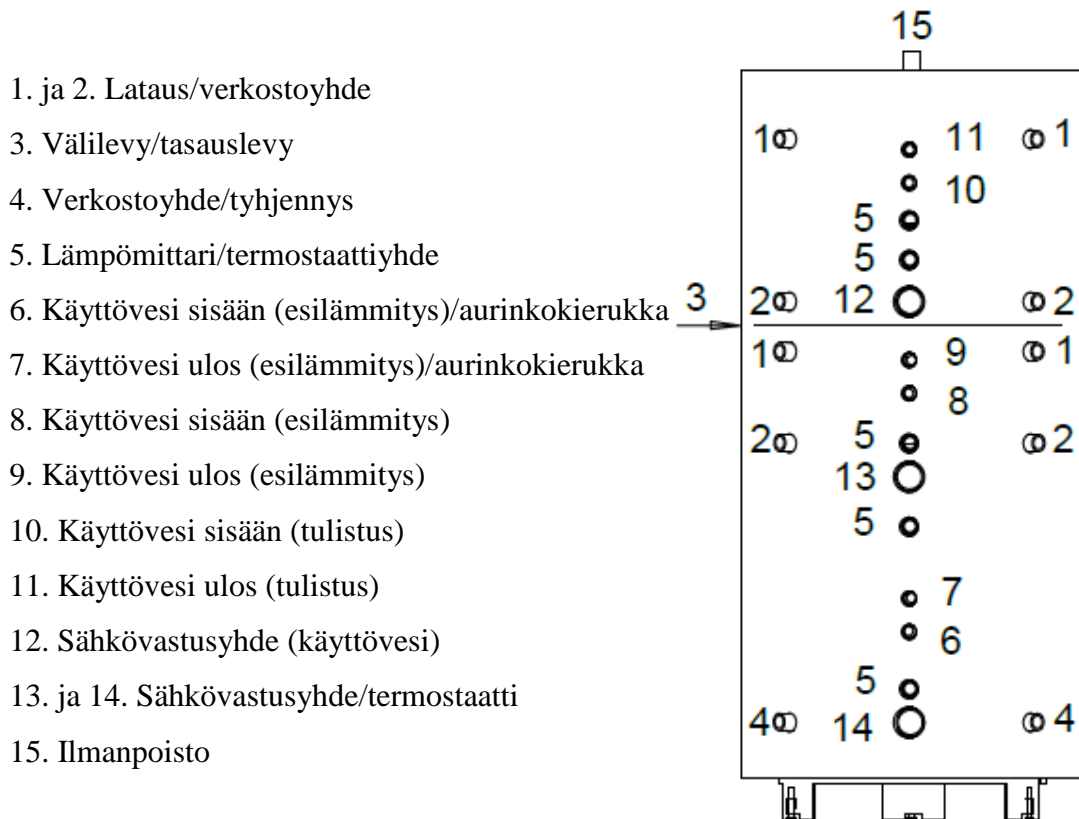
Lämmöntuottolaitteen teho voidaan laskea käyttäen kaavaa 5. Vuorokautinen lämmitysenergiantarve on 51,6 kWh.

$$\Phi = \frac{E}{t} = \frac{51,6 \text{ kWh/vrk}}{6h} = 8,6 \text{ kW}$$

Lämmöntuottolaitteen keskitehon referenssikohteessa pitäisi olla 8,6 kW kuuden tunnin ajan, jos halutaan kattaa lämmitystehotarve mitoitusolosuhteissa vuorokauden aikana.

4.6 Varaajan yhteet

Kuvassa 24 on esitetty perinteisen energiavaraajan yhteet, jotka mahdollistavat erilaisien lämmöntuottolaitteiden ja -luovuttimien kytkemisen varaajaan.



KUVA 24. Varaajan yhteet (Termax)

5 POHDINTA

Opinnäytetyön aikana suurimmaksi haasteeksi muodostui lopullisen aiheen valinta. Alkuperäisenä tarkoituksena oli toimia innovatiivisena LVI-suunnittelijana omakotitalon laajennuksessa, kun laajennukseen sijoitetaan uima-allas. Aihe kuulosti alun perin todella haastavalta ja haasteelliseksi se osoittautuikin. Kirjallisessa raportissa käsitellään energiavaraajaa ja uusiutuvia energioita. Aiheena tämä on alkuperäistä tarkoitusta suppeampi. Aihe liittyy vahvasti kohteessa kaavailtuun energianmuotoremonttiin, jolloin tilaaja ja tekijä hyötyivät aiheesta. Laajemman näkökulman ansiosta opinnäytetyö soveltuu hyödynnettäväksi myöhemminkin.

Ensimmäisessä suunnittelijakokouksessa otin kantaa varaajan tilavuuteen ja LVI-tekniisten laitteiden vaatimaan tilantarpeeseen. Ennen kokousta olin suorittanut alustavia laskelmia, joissa varaajan tilavuudeksi laskin 1500 litraa. Lopulta varaajasta ja muista teknisistä laitteista tekemäni arvio tilantarpeesta osoittautui vääräksi ja varaajan tilavuudeksi muodostui tämän jälkeen 1000 litraa.

Referenssikohteeseen tekemäni luonnoskytkentäkaavion pohjana käytin kohteeseen valitun maalämpöpumppuvalmistajan kytkentäkaaviota ja muokkasin siitä paremmin kohteeseen sopivan. Kohteeseen ehdotettujen tekniisten laitteiden määrä kasvoi suureksi ja tämä aiheutti epävarmuutta lopputuloksen toimivuuteen ja tilan riittävyteen. Myöhemmässä vaiheessa alkuperäisestä ehdotuksesta on karsittu näitä laitteita. Opinnäytetyöprosessin aikana opin, että monenlaisia ongelmia saattaa muodostua tekniikkaa lisätessä. Yksinkertaiset ratkaisut ovat toimintavarmimpia eikä tätä asiaa pidä unohtaa suunniteltaessa erilaisia kokonaisuuksia.

Energian varaaminen muodostaa jokaisessa kohteessa oman haasteensa ja tulevaisuudessa varastojen käyttö lisääntyy siirryttäessä yhä enemmän uusiutuviin energianlähteisiin. Energiavaraaja ei ole yksistään rakennuksen energianvaraamismuoto etenkin passiivi- tai nollaenergiataloissa, joissa rakenteet ovat massiivisia ja lämpöä varautuu niihinkin jo paljon. Uusiutuvista energianlähteistä aurinkoenergia on helpoimmin hyödynnettävissä oleva energianlähde. Aurinkoenergian haittapuolena on kuitenkin sen epätasainen jakautuminen ympärivuotisessa käytössä.

LÄHTEET

Alanen, R., Koljonen, T., Hukari, S. & Saari, P. 2003. Energian varastoinnin nykytila. Tulostettu 2.2.2013.

Aurinkopuisto. Tietoa aurinkokeräimistä. Luettu 12.3.2013.

<http://www.aurinkopuisto.com/Tietoa-aurinkoker%C3%A4imist%C3%A4.php>

CTC. EcoZenith I 550 hybridivaraaja. Tulostettu 26.3.2013.

http://www.ctcvarme.se/web/misc_1_2/101/441/Muut_tuotteet/CTC_EcoZenith/CTC_EcoZenith_I550-542.aspx

Euroopan komissio. Aurinkosähkön paikkatietojärjestelmä – Interaktiiviset kartat. Luettu 18.3.2013. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>

Helsingin yliopisto. Biologian opetuksen resurssikeskus – BioPop. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Virtuaalimetsä-opetusaineisto. Luettu 25.11.2012.

http://www.helsinki.fi/biosci/biopop/virtuaalimetsa/syventavat/s4c_vuorovaikutus.html

Ilmasto-opas. Luettu 15.3.2013.

<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/c14a79cd-d384-41f4-a422-32338ecb35ca/bioenergia.html>

Inkinen, P. & Tuohi, J. 2008. Momentti 1. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

JTV-energia. CPC-tyhjiöputkikeräimet. 2008. Tulostettu 20.3.2013.

<http://www.jtv-energia.fi/cpc-tyhjioputki.html>

Juvonen, J. 2009. Ympäristöopas, lämpökaivo. Suomen ympäristökeskus.

Tulostettu 20.10.2012. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108367>

Kallioharju, K. 2013. Aurinkoenergian ja aurinkosähkön perusteet. Opetusmateriaali. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.

Kaukomarkkinat. Wolf tasokeräin. 2012. Tulostettu 5.1.2013.

http://www.kaukomarkkinat.com/files/attachments/kaukomarkkinat/fi/tuotteet/aurinkokeraain/kaukomarkkinat_wolf_tasokerain_web.pdf

Kaukora. 2013. Jäspi hybridivaraajat, energiavaraajat.

http://kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/Jaspi-Hybridivaraajat_0213_web.pdf

Keskitalo, J. 2011. Ihmiskunnan energiakriisi. Tallinna: Gaudeamus Helsinki University Press.

Kukkohovi, M. Suomen ekotalot. 2013. RikuTherm-varaaja. Luettu 2.4.2013.

Leppäharju, N. 2008. Kalliolämmön hyödyntämiseen vaikuttavat geofysikaaliset ja geologiset tekijät. Oulun yliopisto. Fysikaalisten tieteiden laitos. Pro gradu -tutkielma.

Mer-air. Tuotteet 26C. Luettu 20.3.2013.

http://www.merair.fi/fi/tuotteet/merair_26_c.html

Mer-air. Vuosihyötysuhdelaskin. Luettu 20.3.2013.

http://www.merair.fi/fi/tekniset_tiedot.html

Metsäkeskus. 2013. Halkoliiteri polttopuun ominaisuudet. Luettu

9.4.2013. <http://www.halkoliiteri.com/?id=587>

Motiva. 2013. Tukilämmitysjärjestelmät. Luettu 9.4.2013.

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjestelmat

Motiva. 2012. Laskukaavat: Lämmitysenergiankulutus. Luettu 20.3.2013.

http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergiankulutus

Nereus. 2012. Lämpöpumppuesite. Tulostettu 1.9.2012.

<http://www.nereus.fi/file.php?360>

Neste. 2013. Kattila ja poltin. Luettu 9.4.2013.

<http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%2C2655%2C2710%2C2791%2C2797%2C3185%2C3189>

Oilon. Öljypolttimet omakotitaloihin. Luettu 20.3.2013.

<http://www.oilon.com/oilon-home/tuotteet/polttimet/oljypolttimet/>

Pihlajamaa, P. 2000. Kiinteistön kuvat. Luettu 21.12.2012.

Puumala, M. 2003. Akvaterm varaajan valintaopas. Tulostettu 20.11.2012.

<http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/pdf/valintaopas.pdf>

Rakentaja. 2013. Pientalon tekninen tila. Luettu 9.4.2013.

http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/merakentajat/pientalon_teknila.htm

Retermia. Case Arlanda. Luettu 15.3.2013.

<http://www.retermia.fi/sovellusesimerkkeja/case-arlanda/>

Rica. 2013. Varaajat ja kierukat. Luettu 10.2.2013.

http://rica.fi/index.php?article_id=387

Ruukkikatot. Ruukki classic solar -lämpökatto. Luettu 18.3.2013.

<http://www.ruukkikatot.fi/Kattotuotteet/Ruukki-Classic-Solar-lampokatto>

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. päivitetty painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino.

Solarventi. Ilma-aurinkokeräimet. Luettu 18.3.2013. <http://solarventi.fi/tuotteet.html>

Suikka, A. DI. 2006. Energiansäästö betonirakenteen avulla. Luettu 18.12.2012.

<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/sisalampotilat-ja-viihtyvyyys>

Suomisanakirja. Luettu 23.3.2013. <http://suomisanakirja.fi/yhteytys>

Termax. 2012. Energiavaraajat. Tulostettu 5.10.2012.

http://www.termax.fi/easydata/customers/termocal/files/liitetiedostot/225398_aqua_varaaja.pdf

The engineer toolbox. Energy storage in water – kWh. Luettu

8.4.2013. http://www.engineeringtoolbox.com/energy-storage-water-d_1463.html

Tuulivoimaopas. Tuulivoimalaitos. Luettu

20.3.2012. http://tuulivoimaopas.fi/yleista_tuulivoimasta/tuulivoimalaitos

Uotila, N. 2012. Viileäpaketin tekninen dokumentaatio. Nereus. Tulostettu 23.3.2013.

http://www.nereus.fi/viilennys/tekninen_ohje

Vallox. Vuosihyötysuhdelaskin Luettu 20.3.2013.

<http://www.vallox.com/energielaskurit>

LIITTEET

Liite 1. Rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskenta

1(4)

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskelma, D3-2012 (voimassa 1.7.2012 alkaen)

Rakennuskohde	
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	Uudis
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TAYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennusliavuus	144 rak-m ²
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	50 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	50 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
	1
Rakennuksen kerros määrä	1 kerrosta

Lasketatuloksia

Julkisivupinta-ala on 54 m²
 Ikkunapinta-ala on 22 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 20 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 94 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ²		U-arvot, W/(m ² K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	44	41	0,17	0,00	0,15	7,5	6,6
Hirsiseinä			0,40	0,00		-	-
Yläpohja	50	50	0,09	0,00	0,10	4,5	5,0
Alapohja (ulkoliimaan rajoittuva)			0,09	0,00		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,00		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾		50	0,16	0,00	0,15	8,0	7,5
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,00		-	-
Ikkunat	7,5	10,9	1,00	1,80	1,00	7,5	10,9
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾	2,0		1,00	1,80	1,00	2,0	2,0
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Kattovaiokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	154	154				29,5	32,0
Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset							
Ulkoseinä			0,26	0,00		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,00		-	-
Yläpohja			0,14	0,00		-	-
Alapohja (ulkoliimaan rajoittuva)			0,14	0,00		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,00		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,00		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,00		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulko-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Kattovaiokuvut			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä							
VAIPAN ILMAVUODOT							
Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²)							
Vuotolima							
Lämpimät tilat	2,0	4,0	0,0024	0,0049		2,9	5,9
Puoliämpimät tilat	2,0					-	-
ILMANVAIHTO							
Poistolimavirta, m ³ /s							
Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [h _s]							
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat	0,020		45	79		13,2	5,0
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Puoliämpimät tilat			45			-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						46	43
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

© Työkalukeräjä, Toukokuu 2012 (versio 4.0.0.2012)

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroin laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkolimaa korkeampi vuotainen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillia alapohjan pinta-alasta. Tällöin osan C4 ohjeen mukaan yksityskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillia alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkolimaa rajoittuvana.

²⁾ Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertomalla 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.

³⁾ Ulko-ovien ja tuuletusluukuihin sisältyvät myös savunpoisto-, ulostähtä- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, D3-2012 (voimassa 1.7.2012 alkaen)

Rakennuskohde
Rakennuslupatunnus

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)			
Pinta-alat			
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- puoliilämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rakennusosien U-arvot			
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rakennusvaipan ilmanpitävyys			
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnittelu-arvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enimmäisarvo Suunnittelu-arvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>		4 4,00
- puoliilämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>		4
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus			
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertailuarvo Suunnittelu-arvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>		46 W/K 43 W/K
- puoliilämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>		
Tarkistuslistan yhteenveto			
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

© Ympäristöministeriö, 1. heinäkuuta 2012 (versio joulukuun 2012)

Lisäselvitykset	
Rakennuksen ilmanpitävyys	
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} suunnittelu-arvoa. Suunnittelu-arvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottolaitteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjeita vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyöhykkeen I:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).	

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, D3-2012 (voimassa 1.7.2012 alkaen)

Rakennuskohde	
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	Olemassa oleva
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	
Päiväys	
Tulos: Suunnitteluratkaisu	EI TÄYTÄ VAATIMUKSIA

Rakennuksen laajuus tiedot

Rakennusilavuus	501 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	90 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	186 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerros määrä	2 kerrosta

Lackentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 170 m²
 Ikkunapinta-ala on 29 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 17 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 118 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

PERUSTIEDOT	Pinta-ala, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	152	138	0,17	0,60	0,22	25,8	30,4
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	128	128	0,09	0,60	0,14	11,5	17,9
Alapohja (ulkomaailmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾	90		0,18	0,60	0,20	15,8	19,8
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,18	0,60		-	-
Ikkunat	14,9	28,5	1,00	1,80	1,75	14,9	49,9
Ulkoo-ovet ja huuletaloaukuk ³⁾	3,6		1,00	1,80	0,50	3,6	1,8
Kattokkunnat			1,00	1,80		-	-
Kattovalokuvut			1,00	2,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	397	397				71,8	119,8
Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset							
Ulkoseinä			0,28	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkomaailmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,28	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulkoo-ovet ja huuletaloaukuk ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattokkunnat			1,40	2,80		-	-
Kattovalokuvut			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
	Ilmanvuotokulu, m ³ /(h m ²) [q _{v,i}]		Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v,i} · v ₀ / 24 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, WK [H _{vaip} = 1200 · q _{v,i}]		
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	4,0	0,0092	0,0184	11,0	22,1	
Puoliämpimät tilat	2,0				-	-	
ILMANVAIHTO							
	Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}]		Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [h _v]		Ominaislämpöhäviö, WK [H _v = 1200 · q _{v,p} · (1-h _v)]		
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat	0,074		45	84	49,1	14,3	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Puoliämpimät tilat			45		-	-	
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
					Ominaislämpöhäviö, WK [H = H _{vaip} + H _{vaip} + H _v]		
					Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					132	156	
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					-	-	

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroin laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotoinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällöin otan C4 ohjeen mukaan yksityskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkomaailmaan rajoittuvana.

²⁾ Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan ottaa C4 mukaisesti laskea yksinkertaisesti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvaihdon. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.

³⁾ Ulko-ovien ja tuuletusluukuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huuletaloaukuk sekä muut vastaavat luukut.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, D3-2012 (voimassa 1.7.2012 alkaen)

Rakennuskohde			
Rakennusluopfunnus			
Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)			
Pinta-alat			
Vertailukokunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerostasaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	kyllä v	ei	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa	v		
- lämpimässä tiloissa			
- puoliämpimässä tiloissa			
Rakennusosien U-arvot			
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuria	kyllä v	ei	
Rakennusvaipan ilmanpitävyys			
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvin q_{50} suunniteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	kyllä v	ei	
- lämpimässä tiloissa			Enimmäisarvo Suunniteluarvo
- puoliämpimässä tiloissa			4 4,00
			4
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus			
Suunniteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	kyllä	ei	Vertailuarvo Suunniteluarvo
- lämpimässä tiloissa		x	132 W/K 156 W/K
- puoliämpimässä tiloissa			
Tarkistuslistan yhteenveto			
Suunniteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	kyllä	ei	
		x	
Lisäselvitykset			
Rakennuksen ilmanpitävyys			
Rakennuksen suunniteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvin q_{50} suunniteluarvoa. Suunniteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla enintään 4 m ³ /(h m ²), mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mitaamalla tai muulla menetelmällä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa 4 m ³ /(h m ²).			
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde			
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voidaan määrittää lämmöntalteenottoalteen valmistajan ilmoittaman varmennetun vuosihyötysuhteen perusteella. Ohjelta vuosihyötysuhteen määrittämiseksi esitetään ympäristöministeriön monisteessa 122 ja tasauslaskentaoppaassa. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään osassa D3/2012 esitetyn säävyhytye t:n säätiedoilla (Helsinki-Vantaa).			

Ilmanvaihdon vuosihyötysuhteen laskenta:

Ominaislämpöhäviöiden laskemiseksi laajennettua tasauslaskentaa käyttäen
(Ympäristöoppaan 106 lämpöhäviöiden tasauslaskelma)

Tämä on Vallox ilmanvaihtokoneiden poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdelaskurin tulosraportti.
Vuosihyötysuhteen laskenta perustuu ympäristöministeriön monisteen 122 mukaiseen ohjeistukseen.

Kohdetiedot:

Rakentaja: -
Osoite: Pajulahdentie 50
Postinumero ja postitoimipaikka: 37310 TOTIJÄRVI
Laskelman tekijä: -

Laskentatiedot:

Paikkakunta, jonka lämpötilakertymäfunktiota käytetään:	Helsinki
Ilmanvaihtokone:	Vallox 150
Poistoilmavirta ilmanvaihtokoneen kautta dm ³ /s:	59 dm ³ /s
Tuloilmavirta ilmanvaihtokoneen kautta dm ³ /s:	53,1 dm ³ /s
Muu poistoilmavirta dm ³ /s (esim. erillinen liesituuletin tai erillinen poisto):	0 dm ³ /s
Muun poistoilmavirran käyttöaika h/d (tuntia/vuorokausi):	0 h/d
Sisäilman lämpötila C-asteina:	24 °C
Jäätymisenestön toiminta lämpötila:	5 °C
Tuloilman max lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen:	24 °C

Tulokset:

Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde:	85,7 %
Koko tilan ilmanvaihdon vuosihyötysuhde:	65,7 %
Koko ilmanvaihdon tarvitsema energiamäärä ilman lämmöntalteenottoa:	10777 kWh/vuosi
Maapiiristä saadun ilmaisenergian määrä:	2000 kWh/vuosi
Ilmanvaihdon tarvitsema energiamäärä ilmaisenergia huomioituna:	8777 kWh/vuosi
Ilmanvaihtokoneella saavutettu energiansäästö:	6449 kWh/vuosi
Ilmanvaihdon kokonaisenergiakulutus (sisältää myös mahd. muut poistot):	2328 kWh/vuosi
Ilmanvaihdon kokonaisvuosihyötysuhde, kun ilmaisenergia on huomioitu:	78,4 %

Lähteet:

Ympäristöministeriön moniste 122, <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=9298&lan=FI>
Energialaskennan säätiedot - suomalainen testivuosi, Bengt Tammelin, Eero Erkiö, ISSN 0782-8079



Paikkakunta Helsinki
Valittu kone 26 C

Koneen tiedot	
LTO:n vuosihyötysuhde	83,0 %
IV:n vuotuinen energiantarve	2984,6 kwh/a
IV-koneen tuottama energia(Q _{to})	14612,7 kwh/a
IV:n tarvitsema energia ilman LTO:ta (Q _{iv})	17597,3 kwh/a

Laskennan perusteena on käytetty poistoilmalämpöpumpusta lämmityksen (ulkolämpötila alle +12) aikana saatavaa energiaa verrattuna ilmanvaihdon vuotuiseseen energiantarpeeseen.

Lähteet:

Energialaskennan säätiön tiedot - suomalainen testivuosi, Bengt Tammelin, Eero Erkiö, ISSN 0782-6079

Pystykallistus 42, atsimuutti -1



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 61°24'4" North, 23°20'56" East, Elevation: 110 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.1%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.0%

Fixed system: Inollination=42 deg., orientation=-1 deg. (optimum)					
Month	Ed	Em	Hd	Hm	
Jan	0.51	15.9	0.58	18.1	
Feb	1.74	48.7	2.01	56.2	
Mar	2.56	79.5	3.09	95.8	
Apr	3.69	111	4.70	141	
May	4.17	129	5.54	172	
Jun	3.97	119	5.45	163	
Jul	3.96	123	5.47	170	
Aug	3.10	95.1	4.20	130	
Sep	2.25	67.5	2.91	87.3	
Oct	1.24	38.4	1.52	47.0	
Nov	0.51	15.3	0.60	17.9	
Dec	0.29	8.97	0.33	10.2	
Year	2.33	71.0	3.04	92.4	
Total for year		852		1110	

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

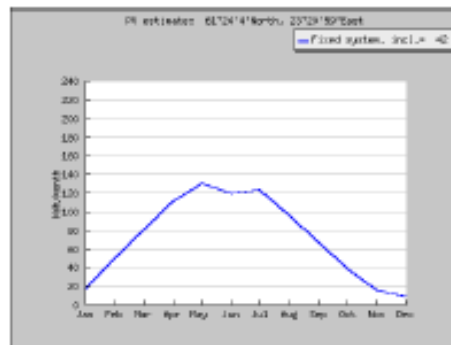
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Pystykallistus 42, atsimuutti -1

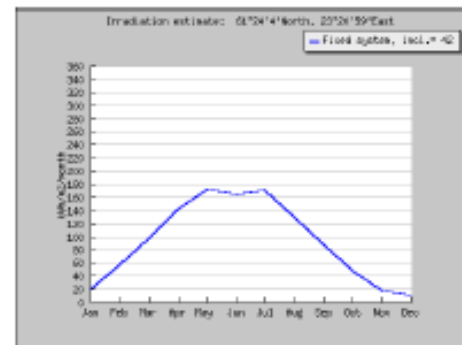


Photovoltaic Geographical Information System

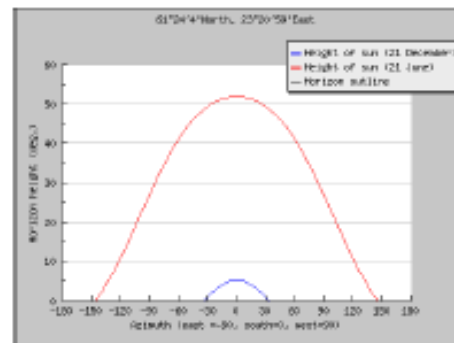
European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Pystykallistus 30, atsimuutti -1



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 61°24'4" North, 23°20'50" East, Elevation: 110 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.3% (using local ambient temperature)
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.4%
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
Combined PV system losses: 22.9%

Fixed system: Inclination=30 deg., orientation=-1 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	0.43	13.3	0.50	15.4
Feb	1.52	42.5	1.75	49.0
Mar	2.39	74.2	2.87	89.1
Apr	3.62	109	4.60	138
May	4.25	132	5.63	175
Jun	4.12	124	5.64	169
Jul	4.08	127	5.61	174
Aug	3.12	96.7	4.21	130
Sep	2.17	65.1	2.79	83.8
Oct	1.14	35.3	1.40	43.3
Nov	0.45	13.4	0.53	15.8
Dec	0.24	7.43	0.28	8.60
Year	2.30	69.9	2.99	90.9
Total for year		839		1090

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

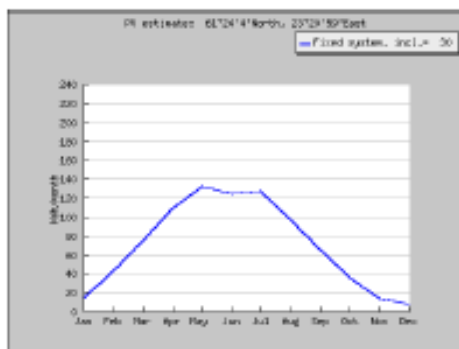
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Pystykallistus 30, atsimuutti -1

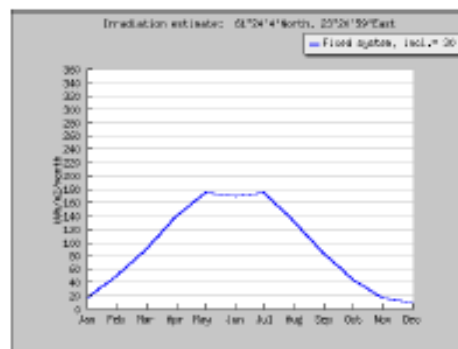


Photovoltaic Geographical Information System

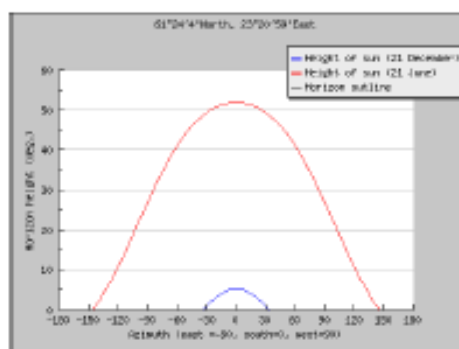
European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorized, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Pystykallistus 50, atsimuutti -1



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 61°24'4" North, 23°20'59" East, Elevation: 110 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.7% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.0%

Fixed system: inclination=50 deg., orientation=-1 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	0.56	17.2	0.63	19.5
Feb	1.85	51.7	2.14	59.8
Mar	2.63	81.4	3.17	98.4
Apr	3.67	110	4.69	141
May	4.04	125	5.39	167
Jun	3.80	114	5.24	157
Jul	3.82	118	5.29	164
Aug	3.04	94.1	4.13	128
Sep	2.27	68.0	2.94	88.1
Oct	1.28	39.7	1.57	48.7
Nov	0.54	16.2	0.63	18.9
Dec	0.32	9.75	0.38	11.0
Year	2.32	70.5	3.02	91.8
Total for year		846		1100

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

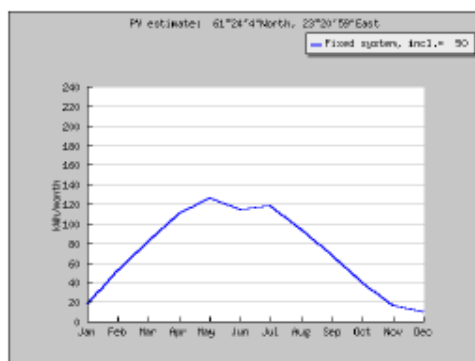
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Pystykallistus 50, atsimuutti -1

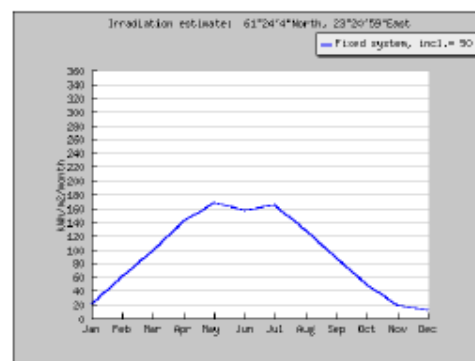


Photovoltaic Geographical Information System

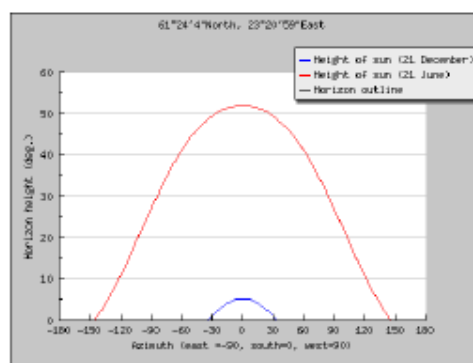
European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

