

Saku Suvanto

# Poistoilmalämpöpumppu

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Insinöörityö  
28.5.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Saku Suvanto Poistoilmalämpöpumppu 31 sivua 28.5.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	rakennusten sähkö- ja tietotekniikka
Ohjaaja(t)	yliopettaja Torsti Viilo toimitusjohtaja Esa Suvanto
<p>Tämän työn aiheena on poistoilmalämpöpumppu. Insinöörityössä selvitetään, minkälaisia eri ratkaisuja on mahdollista tehdä poistoilmalämpöpumpulla pientalojen lämmityksessä. Työssä tuli selvittää myös poistoilmalämpöpumpun asennukseen ja talotekniikan suunnitteluun liittyviä seikkoja sekä poistoilmalämpöpumpun hankinta- ja käyttökustannuksia.</p> <p>Työssä tuli myös tutkia, mihin energiaa kuluu ja mihin lämpöä tarvitaan pientaloissa. Tutkimuksessa käytettiin hyväksi omia käytännön kokemuksia, laitevalmistajien antamia tuloksia sekä aikaisempia tutkimuksia samasta aiheesta.</p> <p>Tutkimuksen perusteella suurin osa pientaloissa käytetystä energiasta kuluu veden ja huoneiston lämmittämiseen. Tulosten perusteella poistoilmalämpöpumpulla voidaan saada aikaan merkittävää säästöä pientalon energian kulutuksessa, ja se on myös hankintakustannuksiltaan edullisempi vaihtoehto kuin maalämpöpumppu.</p>	
Avainsanat	poistoilmalämpöpumppu, asennus, suunnittelu, kulut, säästöt

Author Title Number of Pages Date	Saku Suvanto Exhaust air heat pump 31 pages 28 May 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructor(s)	Torsti Viilo, Principal Lecturer Esa Suvanto, Managing director
<p>The topic of this Bachelor`s thesis was the exhaust air heat pump. The purpose was to find out what kind of different solutions can be used with an exhaust air heat pump in the heating of single-family houses. Also, installation and costs of an exhaust air heat pump were explored in the study.</p> <p>An objective was also to find out where the energy is actually used in a single-family house, and as well as heating is needed. The study was based on personal experiences, information given by the importers of exhaust air pumps, and on previous research on the subject.</p> <p>Based on the study, most of the energy used in single-family houses goes to heating, on one hand, the water and, on the other hand, the house. Based on the results, remarkable savings in the energy consumption in single-family houses can be achieved with an exhaust air heat pump. It is also a more affordable option than a ground heat pump.</p>	
Keywords	exhaust air heat pump, installation, planning, costs, saves

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähkön hinta	1
2.1	Sähkøyhtiöt	1
2.2	Sähkön siirto	2
3	Yleistä lämpöpumpuista	3
4	Historia	4
5	Toimintaperiaate	6
5.1	Lämpöpumpun toiminta	7
5.2	Lämmön tuottaminen ja käyttöveden lämmitys	8
5.3	Lämpöpumppprosessi	8
5.3.1	Poistoilma	9
5.3.2	Kylmäainepiiri	10
5.3.3	Kompressori	10
5.3.4	Lämmönvaihdin	10
5.3.5	Lauhdutin	10
5.3.6	Lämmityspiiri	10
5.3.7	Lämmitysvesi	10
5.3.8	Lämmin käyttövesi	11
5.3.9	Tuloilman lämmitys	11
6	Suunnittelu	11
6.1	Poistoilmalämpöpumpun sijoittaminen huoneistossa	12
6.2	Vesikiertopatterilämmitys	12
6.3	Vesikiertoinen lattialämmitys	13
6.4	Ilmanvaihto	14
6.5	Liitännävaihtoehdot	14
7	Hankinta ja käyttökustannukset	14
7.1	Lämpöpumpulämmityksen kannattavuus	15
7.2	Hankintakustannuksia ja vertailua	15
8	Aurinkokeräimet	16

8.1	Tasokeräimet	18
8.2	Tyhjiöputkikeräimet	19
8.3	Aurinkokeräinten sijoittaminen	20
8.4	Aurinkokerääjien investointikustannukset	20
9	Energiankulutus pientaloissa	20
9.1	Mihin energiaa kuluu?	21
9.2	Taloussähkö	22
9.3	F470 arvioitu sähkönkulutus vuodessa	25
9.4	Uudisrakennus	25
10	Omia kokemuksia	26
10.1	Tehokkuus	26
10.2	Huoltaminen	26
10.3	Kustannukset	27
10.4	Rakennusmääräykset	27
10.5	Tulevaisuus	27
10.6	Maalämpö	28
11	Yhteenvedo	28
	Lähteet	30

## **1 Johdanto**

Insinööriyön tekeminen sai alkunsa kahden paritalon projektista, kun aloin miettiä taloudellista ja sopivaa lämmönlähdettä huoneistoille. Pientalojen lämmitysjärjestelmiä ja rakennusmääräyksiä koskevat vaatimukset tiukentuvat vuosi vuodelta. Yhtenä merkittävänä syynä siihen, miksi lämpöpumppumarkkinoiden odotetaan kasvavan kovaa vauhtia on se, että energian hinta on koko ajan nousussa. Lämpöpumppuja asennetaan yhä enemmän ja enemmän, koska lämpöpumppuja voidaan pitää ympäristöystävällisinä ja näillä saadaan aikaan huomattava energiansäästö.

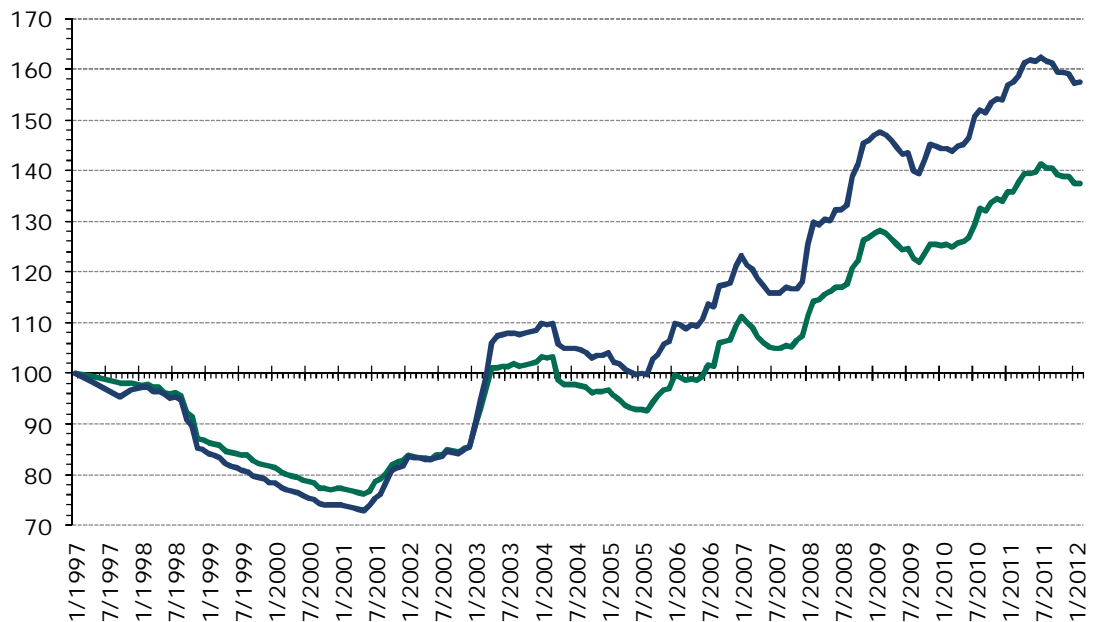
Energian hinta on lähes kaksinkertaistunut viimeisen kymmenen vuoden aikana, mikä on johtanut valitsemaan yhä useamman uudisrakennuksen lämmönlähteeksi lämpöpumpun, sekä pakottanut pieniä ja suuria taloyhtiöitä saneeraamaan lämmitysjärjestelmäkseen lämpöpumpun pitääkseen lämmityskustannukset kurissa. Lämpöpumppujärjestelmien kehittyessä jatkuvasti kovaa vauhtia, voidaan nykyään lämmitellä jopa kokonaisia tehdaslaitoksia ja erittäin suuria kiinteistöjä lämpöpumppujen avulla. Lämpöpumppujärjestelmiä voidaan myös räätälöidä uudis- ja saneerauskohteisiin, joissa hyödynnetään rakennuksen poistoilmaa, maalämpöä, sekä aurinkolämpöä saaden minimoitua rakennuksen lämmitykseen tarvittavan energian kulutus.

## **2 Sähkön hinta**

### **2.1 Sähkøyhtiöt**

Suomessa on tällä hetkellä noin 120 sähköä tuottavaa yritystä ja noin 400 voimalaitosta. Sähkön tuotanto on kuitenkin keskittynyt pääasiassa kahteen yritykseen: Fortumiin ja Pohjolan Voimaan. Pohjoismaisten sähkömarkkinoiden vapauduttua ruotsalainen Vattenfall ja saksalainen E.On ovat tulleet myös Suomen sähkömarkkinoille. Sähkön vähittäismyyjinä toimivat pääasiassa paikalliset jakeluyhtiöt, jotka myyvät itse tuottamaansa tai ostamaansa sähköä. Osa jakeluyhtiöistä on eriyttänyt sähkön myyntitoiminnan ja sähköverkkotoiminnan. Myös sähkön tuottajayhtiöt, kuten Fortum Power and Heat ja Vattenfall, ovat monien muiden

toimijoiden ohella olleet kiinnostuneet sähkön vähittäismyynnistä. Energiamarkkinavirasto valvoo toimitusvelvollisuusmyyntiä ja sen hinnoittelua. (1)



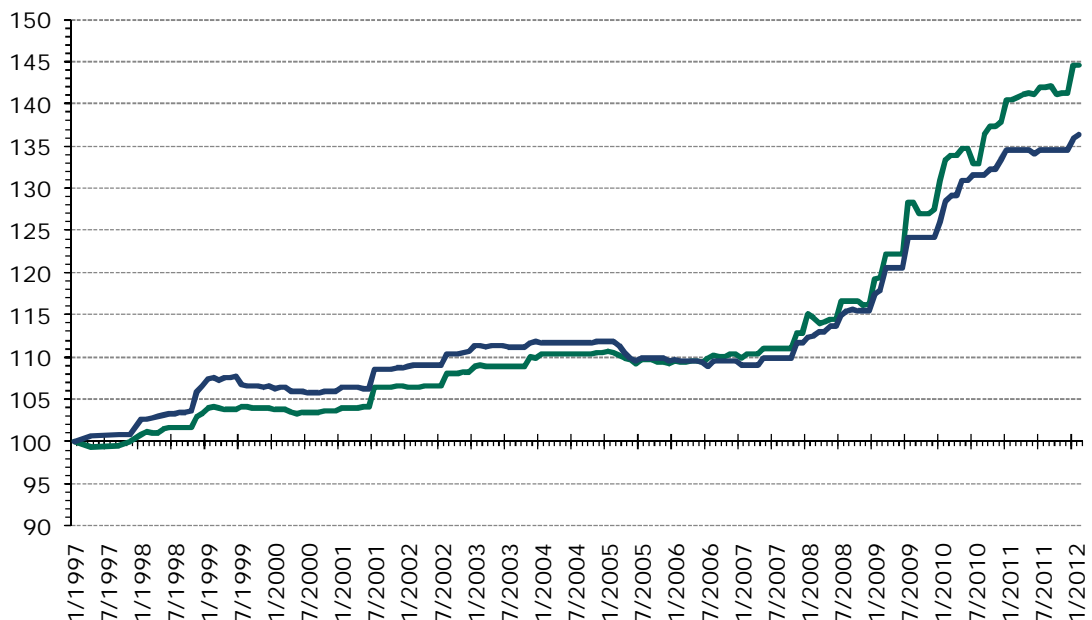
Kuva 1. Sähkön reaali hintakehitys vuodesta 1997, inflaatiokorjattu (1).

## 2.2 Sähkön siirto

Sähköverkkoliiketoiminta on kasvanut ja kehittynyt voimakkaasti viimeisten vuosikymmenten aikana. Sähköverkkoliiketoimintaan vaikuttavat toimintaympäristön, sähkön kysynnän sekä talouskehityksen muutokset. Kulutetulla sähkönmäärällä on suuri vaikutus siirtohintoihin, sillä hinnoittelun pohjana käytetään yleisesti yhtenäistä aikaperusteista perusmaksua, johon tulee lisäksi siirretyn sähkön määrästä riippuva maksu.

Vuoden 1999 alussa kuvassa 1 näkyy hinnan nousu, joka oli seurausta siirtoverkon tariffimuutoksesta. Vuoden 1999 jälkeen hinnat tasoittuivat ja pysyivät lähes samalla tasolla vuoteen 2005 asti, jolloin uusi valvontamalli otettiin käyttöön. Hinnat laskivat vuoteen 2008 saakka, jolloin seuraava valvontakausi alkoi ja yhtiöt kompensoivat ensimmäisen valvontakauden alijäämiä.

Veroton siirtohinta (kuva 2) on noussut reaalisesti noin kuusi prosenttia kymmenessä vuodessa. Nousu on tapahtunut viimeisen kolmen vuoden aikana, sillä kahdeksaan vuoteen sähkönsiirtohintaa ei noussut reaalisesti vuoden 2001 tasolle kyseisellä kulutusprofiililla. Energiaverojen korotus näkyy voimakkaana verollisen hinnan nousuna vuoden 2011 alussa ja verolliset siirtohinnot ovat nousseet lähes 30 prosenttia vuoden 2001 tasolta. Sähkön kokonaishinta on noussut reaalisesti yli 67 prosenttia vuodesta 2001. Tämä nousu on jakautunut tasaisemmin kymmenen vuoden ajanjaksolla, mutta merkittävä osuus viime vuosien kokonaishinnan noususta on ollut seurausta energiaverojen korotuksista. Käyttäjien välillä on hinnassa suuria kulutettuun sähkön määrään liittyviä eroja. Nimelliset hinnat ovat pysyneet tasaisena vuoteen 2008 asti, jolloin ne lähtivät selvään nousuun. (1)



Kuva 2. Verottoman sähkön siirtohinnan kehitys vuodesta 1997 (1).

### 3 Yleistä lämpöpumpuista

Lämpöpumput luokitellaan neljään kategoriaan; maa-, vesi-ilma-, ilma- ja poistoilmalämpöpumppeihin. Näistä voi helposti sekoittaa vesi-ilma-, ilma- ja poistoilmalämpöpumpun. Lämmönkeräystapa ja sen luovuttamistapa vaihtelevat eri lämpöpumpputyypeissä. Ilmalämpöpumppu kerää lämmön suoraan ulkoilmasta ja luovuttaa sen rakennuksen sisäilmaan. Ilma/vesilämpöpumppu kerää lämmön myös



suoraan ulkoilmasta, mutta luovuttaa sen vesivaraajaan. Poistoilmalämpöpumppu ottaa lämmön rakennuksen poistoilmasta ja luovuttaa sen takaisin rakennuksen tuloilmaan ja vesivaraajaan. Maalämpöpumppu kerää lämmön maasta tai vedestä putkistossa kiertävään keruunesteeseen ja luovuttaa sen vesivaraajaan.

Ilmalämpöpumput ovat yksinkertaisia ja halvimpia lämpöpumppuja. Niiden lämmityskyky heikkenee lämpötilan jäähtyessä ja loppuu kokonaan pakkasen kiristyttyä riittävästi. Tämän takia ne eivät sovellu Suomen oloissa muutoin kuin lämmitysjärjestelmän rinnalle pienentämään energiankulutusta. Ne vähentävät energiankulutusta vielä nollakeleillä ja pienillä pakkaslukemilla. Ilmalämpöpumpun lämmöntuotantokyky on ristiriidassa rakennuksen lämmöntarpeen kanssa. Kovilla pakkasilla, kun lämpöenergiaa tarvittaisiin eniten, ilmalämpöpumppu ei sitä pysty tuottamaan.

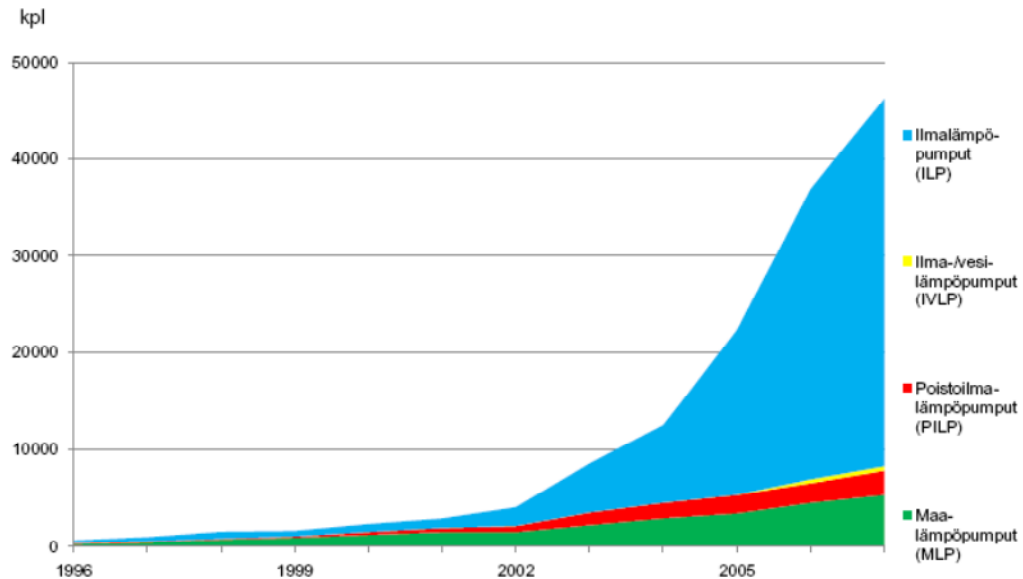
Maalämpöpumput ovat ilmalämpöpumppua tehokkaampia, mutta myös kalliimpia. Sillä voi tuottaa rakennuksen lämmitysenergian tarpeen lähes kokonaan, mutta varalle tarvitaan myös muu lämmitysmuoto, esimerkiksi sähkölämmitys, jolla voi kovilla pakkasilla tai häiriötilanteissa lämmittää rakennusta.

Suosituimpia poistoilmalämpöpumppuja ovat Nilan ja Nibe, mutta niiden perusmallit eivät ole niitä parhaita. Ne eivät lämmöntuotannon hyötysuhteen osalta ole markkinoiden tehokkaimpia laitteita. Nilanin valikoimasta löytyy suosittu EC9. Toinen tunnettu valmistaja on Nibe, jonka tuorein malli on F470 vaikuttaa olevan hyvin keskitasoinen pumppu. Osapuilleen samaa kuin kilpailija Nilanin perusmallit. Niben kalliimpi poistoilmalämpöpumppu on F750. Se on laite, joka puristaa jäteilmän -15 asteen lämpötilaan, eli ilmasta saadaan puristettua kaikki mahdollinen lämpö irti. Tehot ovat hurjat, mutta niin on hintakin. Pelkkä laite maksaa lähemmäs 10 000 euroa ja siihen tulee vielä asennuskulut päälle. (10, s. 77–81; 6)

## **4 Historia**

Lämpöpumpun periaate on vanha keksintö, jota on käytetty jo kauan maailmalla viilennyskäytössä. Tunnetuin lämpöpumppusovellus on jääkaappi. Lämpöpumppua on käytetty enimmäkseen jäähdytykseen ja vasta viime vuosikymmeninä sitä on ruvettu käyttämään myös lämmitykseen. Energiakriisin seurauksena 1970- ja 1980-luvuilla

lämpöpumput yleistyivät Suomen pientalojen lämmitysjärjestelmissä. Innostus lämpöpumppuihin kuitenkin loppui melko nopeasti epäonnistuneiden järjestelmäratkaisujen seurauksena. 1990-luvun loppupuolella lämpöpumppujen menekki alkoi jälleen kasvaa. Vuoteen 2020 mennessä lämpöpumppuja odotetaan olevan Suomessa jo noin miljoona. (12)



Kuva 3. Suomen lämpöpumppujen vuosien 1996–2007 myyntimäärät kappaleina (12).

Lämpöpumppujen suosio kasvaa Suomessa nopeasti. Yhä useampaan suomalaiseen talopakettiin kuuluu poistoilmalämpöpumppu, esimerkiksi Älvsby-talojen talopaketeissa toimitukseen kuuluu Niben uusiin poistoilmalämpöpumppu F750.

Vuonna 1995 Suomessa joka sadas pientalorakentaja valitsi lämmitystavakseen lämpöpumpun. Vuonna 2003 20-kertainen määrä rakentajia valitsi maalämpöpumpun tai poistoilmapumpun lämmitystavakseen. Vuonna 2002 Suomessa myytiin 3 600 lämpöpumppua ja vuonna 2003 lähes 5 700. Kasvua oli vuodessa 58 %. Myydyistä lämpöpumpuista 40 % on maalämpöpumppuja, ilmalämpöpumppuja runsaat 40 % ja poistoilmalämpöpumppuja noin 20 %. Nykyään yli 20 % pientalorakentajista valitsee lämpöpumppulämmityksen. Tänä vuonna lämpöpumppuja myydään Suomessa yli 8 500 kappaletta. Suomessa on käytössä yli 35 000 lämpöpumpulla varustettua kiinteistöä. Yleisimpiä ovat maalämpöpumput, mutta myös poistoilmaa kierrättävien ja ulkoilmaa käyttävien ilmalämpöpumppujen suosio on kasvanut.

Merkittävä kohde lämpöpumpputekniikalle uudisrakentamisen lisäksi ovat suurten kiinteistöjen vesikiertoisten öljy- ja sähkölämmitysten saneeraus, jossa lämpöpumput ovat vaihtoehtona pelletti- ja hakelämpöjärjestelmien rinnalla. Ruotsissa on käytössä 400 000 lämpöpumppua, ja niitä myydään vuosittain noin 40 000. Ruotsissa noin puolet lämpöpumpuista on poistoilmalämpöpumppuja, ja noin 90 % pientalorakentajista valitsee lämmitysmuodoksi lämpöpumpun. (12)

## 5 Toimintaperiaate

Nykyisten ilmanvaihdon rakentamismääräysten (D2) mukaan rakennusten sisäilman on vaihdettava vähintään kahden tunnin välein. Poistoilmalämpöpumpun on otettava tästä ilmasta talteen vähintään 30 prosenttia sen lämpöenergiasta. Poistoilmalämpöpumppu (PILP) toimii rakennuksen lämpöpumppuna, ilmastointikoneena ja lämminvesivaraajana, joka kerää lämpöä höyrystin- tai liuos patterin avulla rakennuksen jäteilmasta. Lämpöenergia luovutetaan lauhdutin patterilla rakennuksen käyttöveden, lämmitysverkoston tai tuloilman lämmittämiseen. Kesäaikaan tuloilman lämmitykseen ei ole tarvetta. Silloin käyttökohteena on ainoastaan käyttövesi. (6)

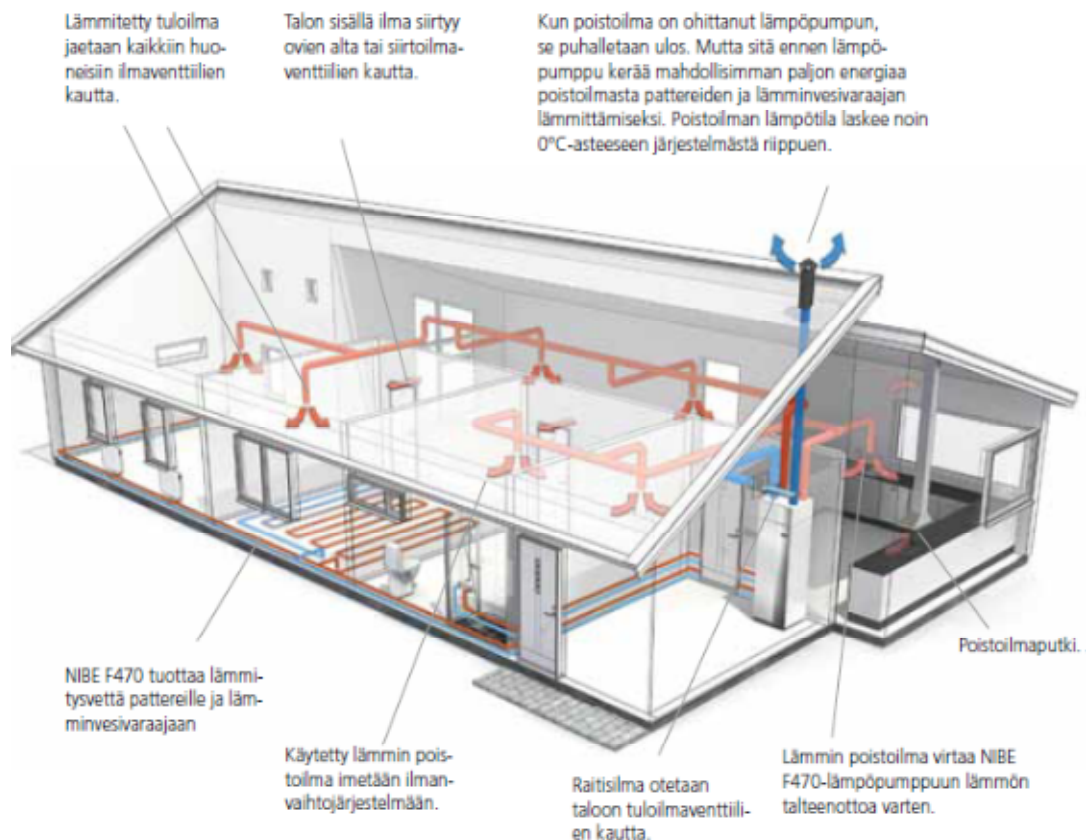
Poistoilmalämpöpumppu vaatii rinnalleen toisen lämmitysmuodon, sillä sen avulla pystytään tuottamaan noin 40 °C:n lämpöistä vettä. Se ei vaadi kuitenkaan täysimittaista lämmitysjärjestelmää, koska poistoilman lämpötila pysyy samana ulkolämpötilasta riippumatta. Poistoilmalämpöpumpun hyvä puoli esimerkiksi maalämpöpumppuun verrattuna on sen kokonaiskustannukset, koska se sisältää myös ilmastointikoneen ja sillä on mahdollista myös jäähdyttää kesäisin. (6)

Vuositasolla poistoilmalämpöpumpun lämpökerroin esimerkiksi suorassa sähkölämmityksessä on noin 1,5–2,2 valmistajasta ja tyypistä riippuen. Poistoilmalämpöpumppu liitetään vesikiertoiseen patteri- tai lattialämmitysjärjestelmään ja se lämmittää myös tuloilman (kuva 4). Se sopii siis taloihin, joissa on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä ja mekaaninen ilmanvaihtojärjestelmä. Siinä on valmiudet erilaisten tuotteiden ja lisävarusteiden, esimerkiksi vedenlämmittimen ja muiden lämmitysjärjestelmien liittämiseen. (6)

Nibe F470 on varustettu ohjausyksiköllä, joka pitää sisälämpötilan kustannustehokkaasti ja luotettavasti halutulla tasolla. Tilatiedot, toiminta-aika ja lämpöpumpun lämpötilat näytetään suurella ja selkeällä näytöllä. (6).

## 5.1 Lämpöpumpun toiminta

Käytetty lämmin poistoilma johdetaan ilmanvaihtoyksiköllä lämpöpumppupiirissä olevan lämmönsiirtimen läpi. Osa talteen otetusta lämpöenergiasta siirretään lämmönsiirtimen kautta lämminvesivaraajaan. Samaan aikaan osa lämpöenergiasta siirretään toisen lämmönsiirtimen kautta tuloilma- ja lämmityspiiriin. Lämminvesivaraajan kaksoisvaippajärjestelmä lämmittää lämmitys- ja käyttöveden lisäksi myös tuloilman.



Kuva 4. Lämpöpumpun toiminta (7).

## 5.2 Lämmön tuottaminen ja käyttöveden lämmitys

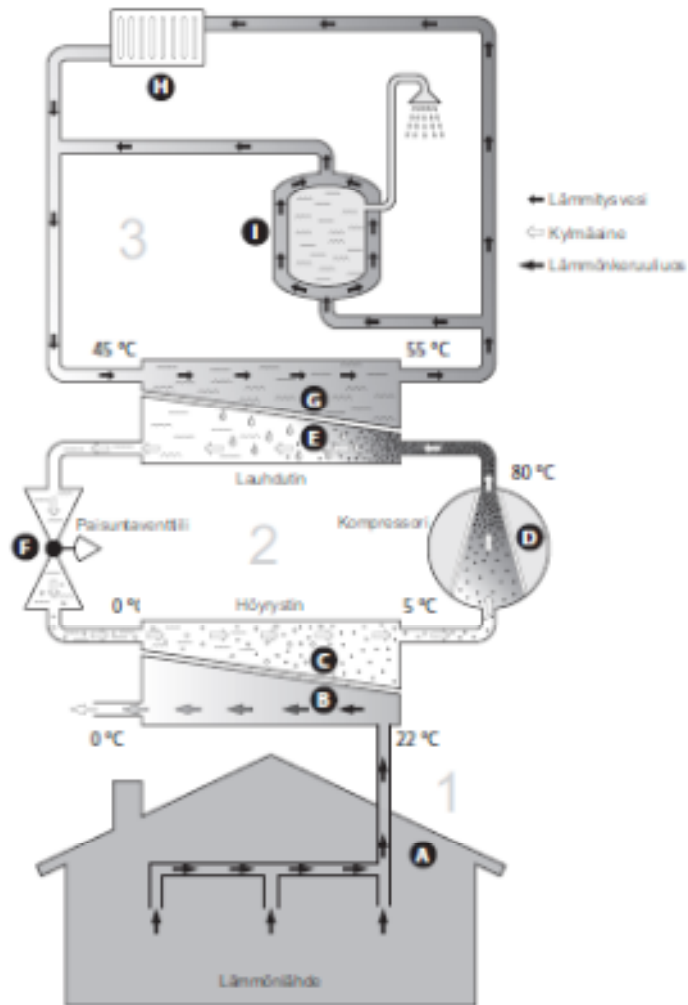
Tyypillisesti noin 10–25 % koko lämmitysenergiasta kuluu lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Lämmintä käyttövettä kulutetaan keskimäärin 35 –50 litraa/asukas/vrk. Asukkaiden käyttötottumukset vaikuttavat kuitenkin lämpimän käyttöveden energiankulutukseen merkittävästi. (7)

Lämmön tuottaminen ja käyttöveden lämmitys tulee osana energian talteenoton ja ilmastoinnin prosesseja. Energian talteenoton jälkeen poistoilmasta saatu energia varastoidaan kattilaveteen. Kattilavedestä saadaan energiaa tarpeen mukaan rakennuksen lämmittämiseen, sekä käyttöveden ja tuloilman lämmittämiseen. Jos poistoilmasta saatu energia-määrä ei kovilla pakkasilla riitä lämmittämään tarpeeksi paljon vettä, kytkeytyy laitteen sähkövastus päälle ja lämmittää tarvittavan määrän vettä. Nibe Fighter 470 poistoilmalämpöpumpun sähkövastuksen vakioteho on 8,0 kW, lisäksi saatavilla on myös 13,5 kW:n sähkövastus. (7)

## 5.3 Lämpöpumpppu prosessi

Lämpöpumpuissa käytetään hyväksi suljettua kiertoprosessia. Kylmäainevirta höyrystyy sitoen lämpöä ja lauhtuu luovuttaen lämpöä laitteistossa. Höyrystimen ja lauhduttimen välissä on kompressori, jolla korotetaan kylmäaineen paine ennen lauhtumista. Ennen höyrystintä paine alennetaan paisuntaventtiilissä. Höyrystimessä kylmäainevirtaan sitoutunut lämpö on huomattavasti suurempi kuin kompressorin vaatima työ. Lauhduttimessa poistuva lämpövirta eli lauhduttimessa hyödyksi saatava lämpö on höyrystimessä sitoutuneen lämmön ja kompressorityön summa. Tätä ilmiötä kutsutaan Carnot-prosessiksi. (11, s. 377)

Poistoilmalämpöpumppu käyttää talon poistoilmaan varastoitunutta lämpöenergiaa talon lämmittämiseen. Poistoilman sisältämä energia muutetaan asuinlämmöksi kolmessa eri piirissä (kuva 5). Lämpöpumppu kerää ilmaista lämpöenergiaa poistoilmasta (1) ja siirtää sen lämpöpumppuun. Kylmäainepiirissä (2) lämpöpumppu nostaa kerätyn lämpöenergian alhaisen lämpötilan käyttökelpoiselle tasolle. Lämmityspiirillä (3) lämpö jaetaan taloon. (7)



Kuva 5. Järjestelmän periaate. A Poistoilma, B Kylmäainepiiri, C kompressori, D Lämmönvaihdin, E Lauhdutin, F Lämmityspiiri, G Lämmitysvesi, H lämmin käyttövesi (7).

### 5.3.1 Poistoilma

Lämmin huoneilma siirtyy lämpöpumppuun talon ilmanvaihtojärjestelmän kautta. Sen jälkeen puhallin ohjaa ilman lämpöpumpun höyrystimeen. Täällä ilma luovuttaa lämpöenergian kylmäaineeseen ja ilman lämpötila laskee jyrkästi. Sen jälkeen kylmä ilma puhalletaan ulos talosta. (7)

### 5.3.2 Kylmäainepiiri

Lämpöpumpussa kiertää suljetussa piirissä toinen neste, kylmäaine, joka virtaa myös höyrystimen läpi. Kylmäaineella on erittäin alhainen kiehumispiste. Höyrystimessä kylmäaine sitoo itseensä poistoilmassa olevaa lämpöenergiaa ja alkaa kiehua. (7)

### 5.3.3 Kompressori

Kaasumuodossa oleva kylmäaine virtaa sähkökäyttöiseen kompressoriin. Kun kaasu puristetaan kokoon, paine ja lämpötila nousevat voimakkaasti, noin viidestä asteesta noin 80 asteeseen. (7)

### 5.3.4 Lämmönvaihdin

Kompressori työntää höyryn lämmönvaihtimeen, lauhduttimeen, jossa se luovuttaa lämpöenergiaa lämpöpumpun kattilaosaan. Samalla höyry jäähtyy ja tiivistyy taas nesteeksi. (7)

### 5.3.5 Lauhdutin

Koska paine on edelleen korkea, kylmäaine kulkee paisuntaventtiilin läpi, jolloin paine laskee niin, että kylmäaineen lämpötila laskee alkuperäiseen arvoon. Kylmäaine on nyt kiertänyt täyden kierron. Se siirtyy nyt höyrystimeen, ja prosessi toistuu. (7)

### 5.3.6 Lämmityspiiri

Lämpöenergia, jonka kylmäaine luovuttaa lauhduttimessa, varastoituu lämmitysveteen, jonka lämpötila nousee noin 35 asteeseen (menolämpötila) (7).

### 5.3.7 Lämmitysvesi

Lämmitysvesi kiertää suljetussa järjestelmässä ja se pumpataan talon pattereihin/ lämmityssilmukoihin sekä lämpöpumpun tuloilmapatteriin. Tuloilmapatteri lämmittää ilman, joka puhalletaan huoneisiin, joissa on tuloilmaventtiili. (7)

### 5.3.8 Lämmin käyttövesi

Lämpöpumpun sisäinen lämminvesivaraaja sijaitsee kattilaosassa. Lämmin kattilavesi lämmittelee käyttöveden. (7)

### 5.3.9 Tuloilman lämmitys

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa raitis ilma puhalletaan huoneisiin tuloilmakanavien ja tuloilmaventtiilien kautta. Kylmä ulkoilma lämmitetään lämmöntalteenottolaitteessa (LTO) talosta poistettavasta ilmasta saatavalla lämpöenergialla. Mikäli LTO-laitteella ei saada tuloilmaa riittävän lämpimäksi (noin +15 °C), tuloilmaa lämmitetään ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterilla. (7)

## 6 Suunnittelu

Poistoilmalämpöpumpulla otetaan talteen lämpöä rakennuksesta koneellisesti poistettavasta ilmasta. Mikäli rakennuksessa ei ole koneellista tuloilmaa, korvausilmaa saadaan korvausilmaventtiileistä tai ikkunoiden tiivisteraoista. Korvausilman suunnittelu vaatii huolellisuutta, jotta vältetään vedon aiheuttamilta ongelmilta. Poistoilmalämpöpumppu on ainoa tapa ottaa lämpöenergiaa talteen rakennuksesta poistettavasta ilmasta, jos käytettävissä ei ole koneellista tuloilmaa.

Talteen saatavaa lämpö määrää rajoittaa kuitenkin poistoilman kosteus ja sen mukanaan tuoma höyrystimen huurtumis- ja jäätymisongelma, siksi kerrostalossa ei poistoilmaa jäähdytetä alle 0 °C:seen. Poistoilman lämpö määrä riittää kerrostaloissa käyttöveden lämmitykseen ja tuottamaan osan lämmitysjärjestelmään tarvitsemasta lämmöstä. Lisälämmityksen tarve ei kuitenkaan ole suuri, esimerkiksi jos lämpöpumppu pystyy tuottamaan 50 % suurimmasta lämmöntarpeesta, se kattaa 90 % kaikesta lämmöstä, koska todella kylmää on vain suhteellisen lyhyen jakson ajan vuodessa. Lämpöpumppu vaatii toimiakseen jatkuvan ilmavirran, eli tunnissa noin 0,5 kertaa rakennuksen ilmatilavuus. Pumpun vaatiman jatkuvan ilmavirran vuoksi sitä ei voi pysäyttää poissaolojen ajaksi, jos sitä käytetään rakennuksen lämmittämiseen. Poistoilmalämpöpumpun hyötynä vanhoissa rakennuksissa, joissa ilmanvaihto ei useinkaan toimi kunnolla, on myös sisäilman laadun paraneminen.



Poistoilmalämpöpumppua voidaan hyödyntää monella eri tavalla rakennuksen lämmityksessä, käyttöveden tuottamisessa ja tuloilmanlämmityksessä. Lämpöpumpulla on myös mahdollista lämmitellä vain pelkkää käyttövettä, jolloin poistoilmaa jäädytetään vain vähän. Toinen mahdollisuus on lämmitysverkoston lämmöntuotanto ja samalla käyttöveden lämmitys. Kolmantena vaihtoehtona on ilmalämmitys, jonka yhteydessä lämmitetään myös käyttövettä.

Poistoilmalämpöpumpun ongelmana on sähkönkulutuksen lisääntyminen. Oman lisähaasteensa tuo vanhempien rakennusten korkeampi mitoituslämpötila. Ongelman aiheuttaa, että lämpöpumpulla pystytään tuottamaan tehokkaasti vain noin 50–65 °C:n lämpöistä vettä. Lämpötilan ollessa kuumempi tarvitaan lisälämmitystä. Laitteisto ei vaadi kuitenkaan rinnalleen täysimittaista lämmitysjärjestelmää, koska poistoilman lämpötila on vakio ulkolämpötilasta riippumatta.

Poistoilmalämpöpumppua suunniteltaessa lämmön lähteeksi, tulee huomioida tiettyjä asioita suunnitteluvaiheessa: lämpöpumpun sijoittaminen lämmitettävään kohteeseen, lämmitystapa, ilmanvaihto sekä muut lämmitykseen liittyvät seikat. Poistoilmalämpöpumpun toiminnan tehokkuuteen vaikuttaa suoraan hyvin suunniteltu ilmanvaihto, sillä poistoilmalämpöpumppu ottaa lämmön talteen poistoilmasta. (11, s. 380–383; 6; 7; 13.)

#### 6.1 Poistoilmalämpöpumpun sijoittaminen huoneistossa

Poistoilmalämpöpumpun sijoittaminen huoneistossa on tärkeää, jotta lattialämmitys- tai patteriverkoston ei tulisi liian pitkiä putkivetoja. Liian pitkissä putkivedoissa tai liian pitkissä lattialämmitys putkistoissa poistoilmalämpöpumpun hyötysuhde laskee. Kun lähtevän ja tulevan lämmitysveden ero kasvaa, joutuu poistoilmalämpöpumppu käyttämään enemmän energiaa veden lämmittämiseen. Näin ollen poistoilmalämpöpumpun ihanteellisin sijoituspaikka olisi mahdollisimman keskellä huoneistoa.

#### 6.2 Vesikiertopatterilämmitys

Radiaattorilämmitys on Suomessa yksi yleisimmistä vesikiertoisista lämmönjakojärjestelmistä. Radiaattorilämmitys koostuu lämmöntuotantolaitteistosta, putkistosta ja radiaattoreista. Radiaattorilämmityksen suunnittelussa on oleellista

lämmönjakojärjestelmän lämpötilaohjelma, eli radiaattoreille menevän ja niiltä palaavan veden lämpötilat. Yleisesti pyritään siihen, että lämmönjakojärjestelmän lämpötilat olisivat mahdollisimman alhaiset. Poistoilmalämpöpumppu voidaan joko liittää patteriverkostoon tai nykyään suosiossa olevaan lattialämmitysvesikiertoon. Patteriverkostoon kytkettäessä joka huoneeseen tulee suunnitella patteri tai useampi huonekoosta riippuen. Pattereiden ohjaus voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla, joko perinteisellä patterin kyljessä olevalla käsin säädettävällä mekaanisella termostaatilla, tai sähköisellä seinään asennettavalla termostaatilla, joka ohjaa toimilaitetta lämmönjakotukilla. Lämmönjakotukilla toimilaitte kuristaa tai lisää patterille menevän veden määrää pitäen huoneessa halutun lämpötilan. (13)

### 6.3 Vesikiertoinen lattialämmitys

Vesikiertoinen lattialämmitys on yleinen lämmönjakojärjestelmä uusissa rakennuksissa. Vesikiertoinen lattialämmitys koostuu lämmöntuotantolaitteistosta, jakotukista, termostaateista ja lattiarakenteen sisään sijoitetusta putkikierukasta. Vesikiertoisen lattialämmityksen etuja ovat mm. kiertoveden matala lämpötila 35–40 °C ja ikkunoiden alta pois jäävät radiaattorit. Kiertoveden matala lämpötilataso on seurausta suuresta lämmönsiirtopinta-alasta. Oikein suunnitellun ja toteutetun lattialämmityksen avulla lattian pintalämpötila on 23–24 °C. Lattian pintalämpötilan yläraja on 27 °C.

Suunniteltaessa lattialämmitysvesikiertoa on otettava huomioon useita seikkoja.

Lattialämmitysvesikiertoa suunniteltaessa, joka huoneeseen tulisi suunnitella erillinen lämmityssilmukka tai useampi huonekoosta riippuen, kuitenkin niin että silmukan pituus ei ylittäisi 90 m:ä. Nykyään suosituin lattialämmitysputkikoko on 20 mm, ja maksimi silmukkapituus on n. 90 m. Toinen suunnitellussa huomioitava tekijä on, että lattialämmitysvesikierto tulee suunnitella asennettavaksi aina ulkoseinistä sisäänpäin, jolloin lämpimin poistoilmalämpöpumpulta tuleva lämmitysvesi tulee ensin ulkoseinällä ja palaa kierrettyään huoneen takaisin poistoilmalämpöpumpulle. Lattialämmitysvesikiertoa voidaan ohjata joko sähköisellä termostaatilla tai niin kutsutulla käsiohjauksella suoraan jakotukista. Huonekoon ollessa suuri voidaan yhdellä termostaatilla ohjata useampaa lattialämmityssilmukkaa. (13)

#### 6.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtosuunnitelma ei poikkea erillisellä ilmanvaihtokoneella varustetun talon tai huoneiston ilmanvaihtosuunnitelmasta. Talo tai huoneisto suunnitellaan aina alipaineiseksi ja huoneiston sisäilman tulee olla vaihtunut kokonaan kahden tunnin välein. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 määrää tarkat sisäilmastonormit ja ilmanvaihdon edellytykset. Mikäli huoneistossa on takka, se tulee huomioida ilmanvaihtoa suunnitellessa, jotta takan käytöstä saataisiin mahdollisimman paljon energiaa talteen, sijoittamalla yksi tai useampi poistoilmaventtiili takan yläpuolelle tai läheisyyteen. Poistoilmalämpöpumppu imee takan lämmittämää ilmaa ja siirtää lämpöenergian lattialämmitysvesikiertoon ja jakaa näin takasta saamaa lämpöenergiaa huoneistoon. Ilmanvaihtoa suunniteltaessa ei ole yhtä ainoaa oikeaa tai hyvää ilmanvaihtosuunnitelmaa, vaan hyviä vaihtoehtoja toteuttaa rakennuksen ilmanvaihto voi olla lukuisia. (13; 17.)

#### 6.5 Liitännävaihtoehdot

Poistoilmalämpöpumppu voidaan liittää usealla eri tavalla, esim. aurinkopaneeliin, kahteen tai useampaan lämmitys- järjestelmään, kaasukattilaan, kaukolämpöön, aurinkolämpöön tai toiseen lämminvesivaraajaan.

### 7 Hankinta ja käyttökustannukset

Taloteknistenhankintojen kustannukset ja niiden käyttökustannukset ovat usein kääntäen verrannollisia, mitä halvempi hankintakustannus, sitä suuremmat ovat käyttökustannukset. Hankintakustannuksiltaan poistoilmalämpöpumppu on edullinen ratkaisu, sillä poistoilmalämpöpumpussa on yhdistettynä ilmanvaihtolaite, lämminvesivaraaja ja lämmityslaite. Käyttökustannukset riippuvat paljon käyttäjästä. Korkealla huonelämpötilalla ja runsaalla lämpimän veden käytöllä voivat kustannukset olla huomattavasti suuremmat kuin käyttäjällä, joka käyttää huomattavasti vähemmän lämmintä vettä ja polttaa paljon puita takassa. Tutkimusten mukaan yhden asteen sisälämpötilan nosto lisää lämmityskustannuksia 5 %. (7)

## 7.1 Lämpöpumppulämmityksen kannattavuus

Energian hinnan vaihtelu ja viime vuosien hinnan nousu ovat lisänneet energiaa säästävän maalämmön suosiota. Maalämpö on käyttökustannuksiltaan edullinen. Sen sijaan maalämpöpumpun investointikustannus on suhteellisen korkea. Pienissä asuintaloissa (110–120 m<sup>2</sup>) ja matalaenergiataloissa ilmalämpöpumppu tai poistoilmalämpöpumppu, johon on liitetty koneellinen ilmanvaihto ja vesikiertoinen lattialämmitys, ovat taloudellisia ratkaisuja. (14)

Poistoilmalämpöpumpulla varustetussa talossa takan käyttö on tehokasta, koska lämpöä saadaan jaettua rakennukseen myös lattialämmityksen kautta. Mitä suurempi talo ja sen energiankulut ovat, sitä kannattavampaa investointi maalämpöön on. Suuren kiinteistön sähkölämmityksen säästöillä maalämpöinvestoinnin takaisinmaksu aika on kohtuullinen ja investointi hyvin kannattava. Kiinteistön koko ei rajoita maalämpöjärjestelmää, jos vaan tarvittava lämmönkeruujärjestelmä saadaan sijoitettua rakennuksen läheisyyteen. Maalämpöpumppu omakotitaloon maksaa laitteen tehosta riippuen 5 000–9 000 €. Lisäksi tulevat keruuputkiston ja lämmönjakolaitteiden kustannukset. Lämmönkeruuputki maksaa 1,5–2 €/metri. Käyttökustannukset sen sijaan ovat edulliset, koska vain lämpöpumppuun kuluva sähkö maksaa. (14)

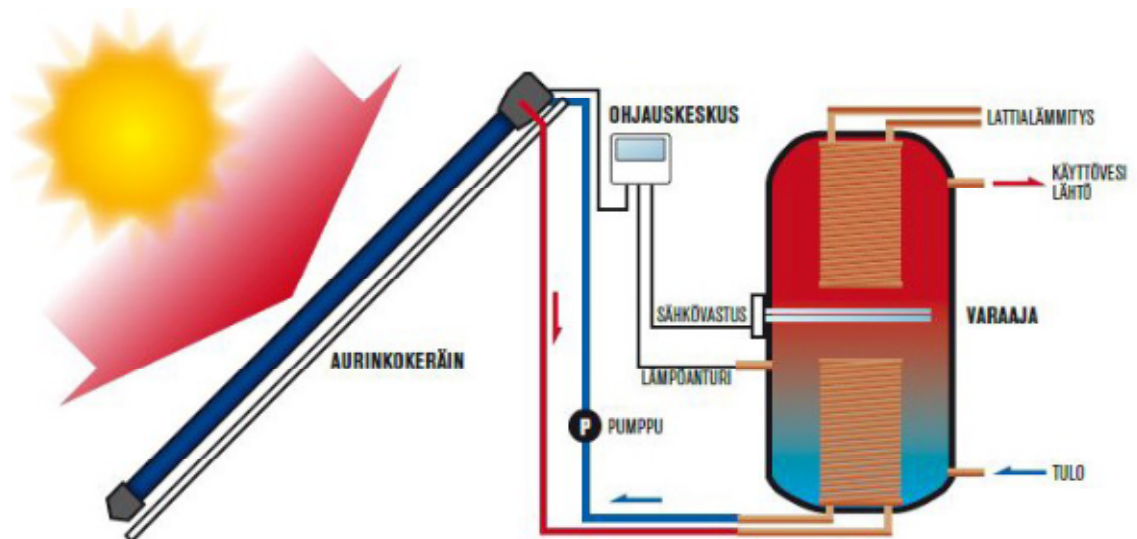
## 7.2 Hankintakustannuksia ja vertailua

Maalämpöpumppu ei sisällä talon ilmastointia. Ilmastointi toteutetaan erillisellä lämmön talteenotolla varustetulla koneellisella ilmanvaihdolla. Poistoilmapumppu sisältää koneellisen ilmastoinnin. Maalämmössä 2/3 kiinteistön lämpöenergiasta on peräisin lämmönlähteestä, pienillä tonteilla reilun 100 m:n syvyydestä poranreiästä, isommilla tonteilla 400–600 m<sup>2</sup>:n alueelle upotetusta maaputkistosta. Poistoilmalämpöpumppu ottaa 40–50 % talon ja käyttöveden tarvitsemasta lämmitysenergiasta lämmönlähteenä toimivasta ilmastoinnin poistoilmasta. Maalämpöpumppujärjestelmän investointi, joka sisältää vesikiertoisen lattialämmityksen ja porareian on noin 11 000–15 000 €. Poistoilmapumppujärjestelmän investointi, joka sisältää vesikiertoisen lattialämmityksen ja koneellisen ilmastoinnin, maksaa 10 000–13 000 € asennettuna. Maalämpöpumppu lämmittää 150 m<sup>2</sup>:n talon noin 400 euron vuosikustannuksella. Poistoilmalämpöpumpun kustannukset samankokoisessa talossa ovat 600–700 euroa. Jos lämmitysjärjestelmän saneerauksen yhteydessä on tarve laittaa ilmanvaihto

kuntoon ja kyseessä on alle 150 m<sup>2</sup>:n talo, poistoilmapumppu on soveltuva ratkaisu. Jos rakennus on suuri ja öljy/sähkövaraajakattilalla varustetun keskuslämmityksen saneeraus on ajankohtainen, maalämpöpumppu on todennäköisemmin parempi vaihtoehto. (14)

## 8 Aurinkokeräimet

Aurinkolämpöä tuotetaan aurinkokeräimellä (kuva 6). Useimmiten aurinkolämpöä sovelletaan talokohtaisiin ratkaisuihin, mutta myös laajempia aluelämpöjärjestelmiä on toteutettu. Aurinkokeräintä käytetään ensisijassa lämpimän käyttöveden tuottamiseen, mutta sitä voidaan käyttää myös huoneiden lämmittämiseen. 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. Aurinkolämmitystä varten lämminvesivaraajassa on oltava tilaa aurinkokeräin- ja lämmönjakopiirien lämmönsiirtimille. Järjestelmän toimintaa ohjataan ohjausyksiköllä. (8)



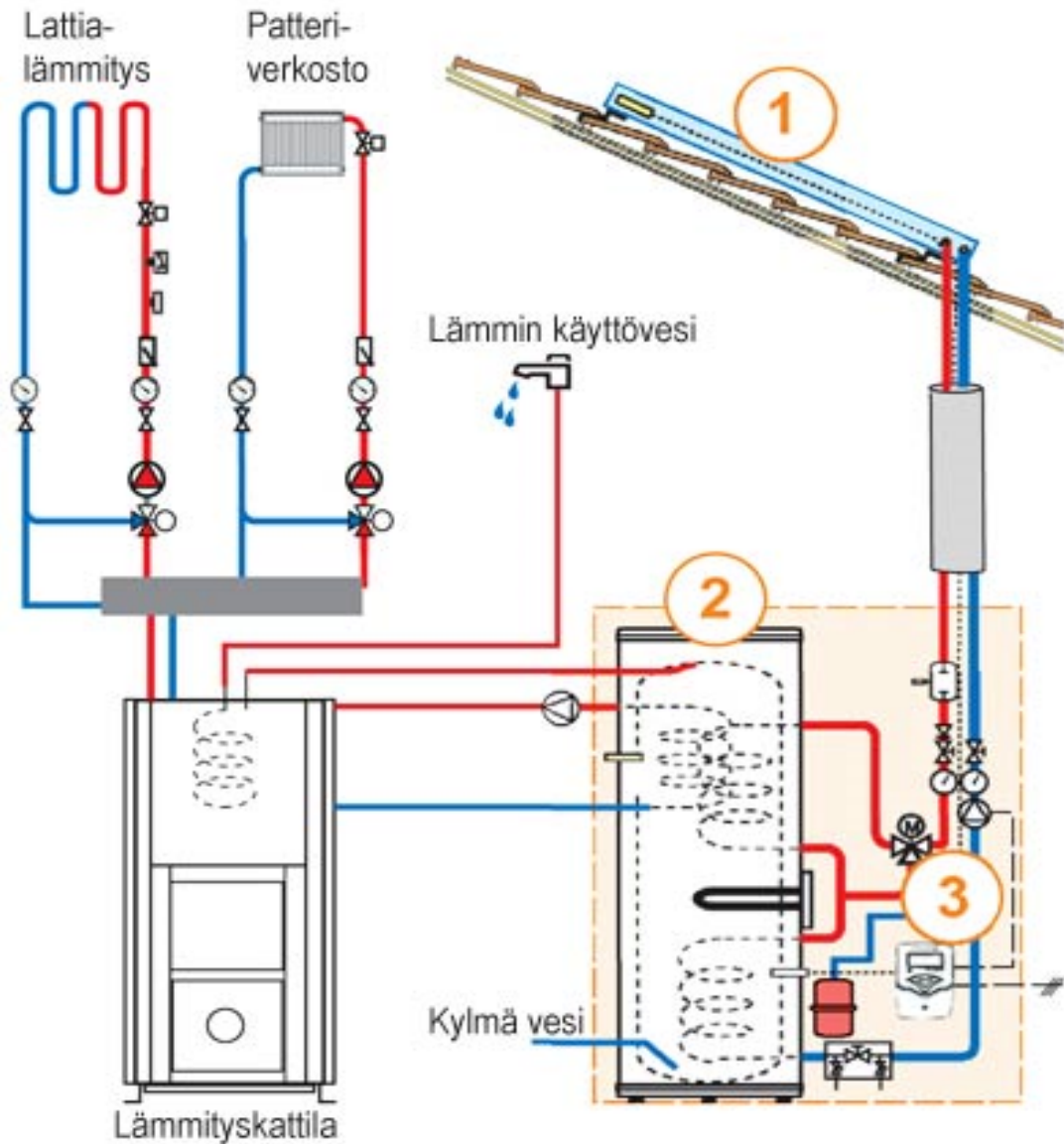
Kuva 6. Aurinkokeräinjärjestelmän osat.

Lämmönsiirtimillä lämmitetään käyttövesi varaajassa, jos 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.

Aurinkokeräimet vastaanottavat ja keräävät auringonsäteilyä ja muuttavat sen lämmöksi, joka voidaan kuljettaa nesteen tai ilman välityksellä lämpövarastoon tai suoraan käyttökohteeseen. Keräimiä on olemassa ilma- ja nestekiertoisia. Nestekiertoiset voidaan jakaa edelleen taso- ja tyhjiöputkikeräimiin. Yleisin keräinmalli on nestekiertoinen tasokeräin, jossa kierrätetään pumpun avulla vesi-glykoliseosta. Tyhjiöputkikeräimiä on olemassa vielä kahta alatyyppeä. Tyhjiöputkikeräimet ovat tasokeräimiä tehokkaampia, koska ne pystyvät hyödyntämään auringon hajasäteilyä tehokkaammin. (8)

Aurinkolämpö sopii hyvin yhteen öljy-, pelletti-, puu-, hake-, sähkö- ja maalämmön kanssa (kuva 7). Aurinkolämpö sopii erityisen hyvin lämmitysjärjestelmään, jossa jo on vesivaraaja, esimerkiksi öljy-, puu- tai hakelämmitys, mutta myös lämpöpumppujärjestelmiin. Öljy- ja aurinkolämmön yhdistämiseksi on kehitetty tarkoitukseen sopiva öljykattila. Sähkölämmitteisessä talossa aurinkolämpö voidaan kytkeä lämminvesivaraajaan. Aurinkolämpöjärjestelmän mitoituksessa, suunnittelussa ja asennuksessa on syytä käyttää LVI-alan asiantuntijoita. Taloissa, joissa on lattialämmitysjärjestelmä, saadaan enemmän energiaa aurinkolämpöjärjestelmästä, koska kiertävän nesteen lämpötila on matalampi kuin patterilämmitysjärjestelmässä. Kun aurinkolämpöjärjestelmää mitoitetaan, lähtökohtana on kesäkuukausien lämpöenergiakulutus, lähinnä käyttöveden tarve. Varaajan kapasiteetin tulisi riittää muutaman päivän kulutukseen. Aurinkolämpöjärjestelmä toimii talvikaudella muun lämmitysjärjestelmän ohella. (8)

Yleisesti voidaan sanoa, että omakotitalossa puolet vuotuisesta lämpimän käyttöveden energiantarpeesta saadaan 5–8 m<sup>2</sup>:n keräinpinta-alalla. Huoneiden lämmitys mukaan luettuna tarvitaan 10–12 m<sup>2</sup>:ä keräinpinta-alaa. (8)



Kuva 7. Aurinkolämpöjärjestelmän kytkeminen toiseen lämmitysjärjestelmään (9).

### 8.1 Tasokeräimet

Auringonsäteilyä lämmöksi muuttavat keräimet, jotka keräävät säteilyä tumman keränelementin avulla, voidaan jakaa katettuihin ja kattamattomiin keräimiin. Keränelementin pinta muuttua siihen osuvan valosäteilyn lämpösäteilyksi. Keräimet ovat yleensä metallisia, mutta myös lämpöä kestäviä muoveja käytetään. Hyvät absorbointi- ja lämmönsiirto-ominaisuudet ovat elementin toimintavaatimuksia. Selektiivipinnalla pystytään parantamaan keräimen absorbointia ja hyötysuhdetta, koska se toimii eräänlaisena valo-loukkuna. Tyypillisesti pinnat ovat elektrolyttisesti valmistettuja mustakromi- ja mustanikkelipinnoitteita ja erilaisia tyhjiötekniikalla

valmistettuja pinnoitteita. Materiaalien lisäksi myös pinnanmuodot, lämmönsiirtotavat sekä elementtien koot vaihtelevat. Keräimiksi kannattaa valita tyhjiöputkikeräimet, jos keräimiä käytetään vain kuuman käyttöveden tuottamiseen. Tyhjiöputkikeräimen hyötysuhde on korkeammilla lämpötilatasoilla parempi kuin tasokeräimien. (8)

Tyhjiöputkitekniikan avulla pystytään hyödyntämään mm. auringon hajasätelyä tehokkaammin kuin tavallisen tasokeräimen avulla. Tyhjiöputkitekniikasta on hyötyä varsinkin kevättalvella ja syksyllä eli vuodenaikoina, jolloin aurinko paistaa vähemmän, mutta energiaa tarvitaan enemmän. Tyhjiöputkikeräin voi tuottaa noin 30 % enemmän energiaa neliötä kohden kuin tasokeräin. Etelä-Suomessa tyhjiöputkikeräimen lämmöntuotto alkaa jo helmikuussa, ja siitä saadaan lämpöä vielä marraskuussa. (8)

## 8.2 Tyhjiöputkikeräimet

Tyhjiöputkijärjestelmän rakentaminen tulee tasokeräinjärjestelmää kalliimmaksi, joten asennus kannattaa mahdollisuuksien mukaan tehdä niin, että järjestelmästä saadaan paras hyöty irti. Ennen tyhjiöputkikeräinten hankintaa kannattaa varmistua siitä, että aurinko paistaa katolle myös matalalla ollessaan (alkukevällä ja loppusyksyllä). Jos tontin ympärillä on korkeita puita, saattaa aurinko päästä paistamaan katolle riittävästi vasta huhtikuussa. Tällöin tyhjiöputkista saatava hyöty jää pienemmäksi. Kesäaikaan myös tasokeräin riittää hyvin kattamaan koko lämmitystarpeen. (8)

Koska tyhjiöputkilla saadaan kesäisin huomattavasti enemmän tehoa kuin tarve vaatii, voidaan putket asentaa enemmän pystyasentoon kuin tasokeräimet. Putket voidaan asentaa jopa täysin pystyasentoon. Näin saadaan enemmän tehoa alkukevällä ja loppusyksyllä, jolloin aurinko paistaa matalammalta. Kesäaikainen teho pienenee vastaavasti, mutta riittää yleensä kuitenkin kattamaan kulutuksen. (8)

Tyhjiöputkien toiminnasta lumiolosuhteissa on vielä melko vähän kokemusta. Keski-Euroopassa niitä on kuitenkin ollut käytössä myös lumisilla alueilla. Suuria ongelmia ei ole ilmennyt. Tyhjiöputkien pintalämpötila ei nouse niin korkealle, että lumi sulaisi sen pinnalta, kuten tapahtuu tasokeräimillä. Kun tyhjiöputket asennetaan enemmän pystyasentoon, lumi valuu helpommin niiden pinnalta eikä ongelmia pitäisi syntyä. On kuitenkin mahdollista, että niiden päältä on poistettava lumet manuaalisesti, jotta



niiden energiantuotanto jatkuisi. Tyhjiöputket kannattaa siis asentaa paikkaan, johon pääsee helposti. (8)

### 8.3 Aurinkokeräinten sijoittaminen

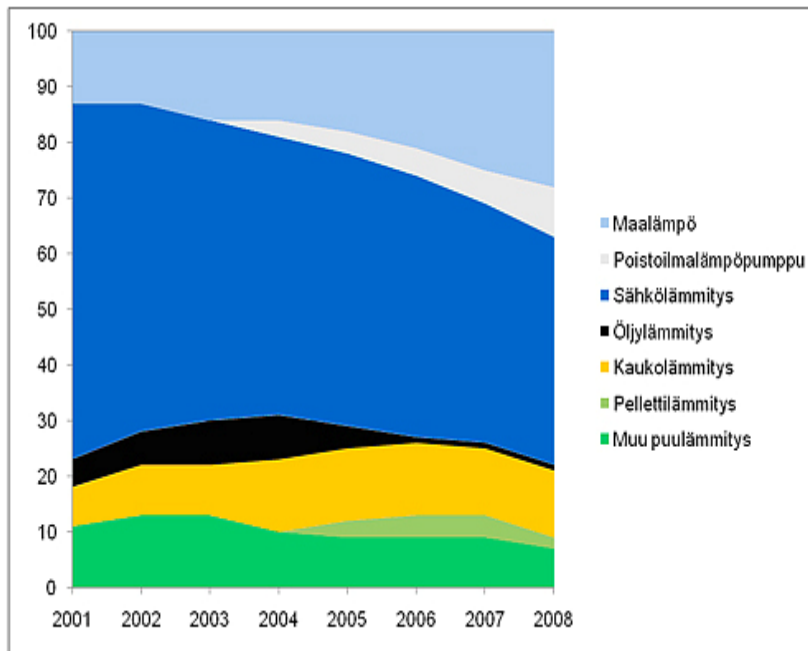
Aurinkokeräinten toiminnan kannalta tärkeintä on, että aurinko pääsee esteettömästi paistamaan keräimeen koko päivän. Keräimiä ei siis tule sijoittaa varjoisaan paikkaan. Käytännössä yleensä riittää, että keräimet sijoitetaan rakennuksen katolle tai avoimella tontilla rakennuksen seinustalle. Sijoituspaikan valintaan vaikuttaa myös se, kuinka kaukana keräimistä varaaja sijaitsee. Termisten keräinten sijoituspaikkaa valittaessa kannattaa muistaa, että ne toimivat sitä paremmin, mitä tuulettomampi sijoituspaikka on. Maan pyörimisestä johtuva auringon näennäinen kulkeminen taivaan poikki, yhdistettynä ratatason ja maan akselin kallistuskulmaan aiheuttaa sen, että auringon korkeuskulma muuttuu päivittäin. Talvella auringon korkeuskulma Etelä-Suomessa leveyspiirillä 60 on noin seitsemän astetta ja kesäisin 53 astetta. (8)

### 8.4 Aurinkokerääjien investointikustannukset

Tavallisimmat aurinkokerääjät ovat pinta-alaltaan 1–2 m<sup>2</sup>. Yhden neliömetrin keräin tuottaa energiaa yleensä 250–400 kWh vuodessa. Tyhjiöputkikerääjät tuottavat tavallisia keräajiä enemmän energiaa, mutta ovat tavallisia aurinkokeräajiä kalliimpia. Aurinkokerääjillä tuotetun energian rahallinen arvo on vuodessa noin 20–30 euroa neliömetrin kokoista kerääjää kohden käytetyn vertailuenergian hinnasta riippuen. Pientaloon sopiva 8–12 neliömetrin järjestelmä maksaa asennettuna 4 000–5 000 euroa. Yhteishankinnalla tai tekemällä esimerkiksi osa asennustyöstä itse, voidaan kustannusta alentaa. (8)

## 9 Energiankulutus pientaloissa

Pientalon rakentajat käyttävät yleensä paljon aikaa lämmitysjärjestelmän valintaan. Tärkeämpää on kuitenkin sitä ennen miettiä, voidaanko talon lämmitysenergiatarvetta vähentää paremmalla eristyksellä ja tiiveydellä. Energian hinta eri muodoissaan tulee suurella todennäköisyydellä nousemaan rakennuksen elinkaaren aikana. Rakennuksen lämmitystarpeen pienentämiseen tähtäävät investoinnit tulevat aina kannattavammaksi. Kuvassa 8 esitetään eri lämmitysjärjestelmien markkinaosuudet uusissa pientaloissa. (4)



Kuva 8. Lämmitysjärjestelmien markkinaosuus uusissa pientaloissa (4).

### 9.1 Mihin energiaa kuluu?

Pientaloissa noin puolet energiasta menee lämmitykseen, viidesosa veden lämmitykseen ja loppu valaistukseen ja kodin sähkölaitteisiin. Energiankulutukseen vaikuttavat asumismuoto ja omat tottumukset. Samankokoisten perheiden energiankäytössä voi olla suuriakin eroja. Omia tottumuksia muuttamalla voi vaikuttaa energiankulutukseen ja siitä aiheutuviin kustannuksiin. Jotta energiaa voisi käyttää järkevästi, on tärkeä tietää, mihin sitä kuluu. (15)

Pientalossa tarvitaan lämmitysenergiaa lämmittämään huonetilat, taloon ulkoa tuotava raitis ilma sekä lämmin käyttövesi. Pientalossa energiankulutus jakaantuu seuraavasti:

huonetilojen lämmitysenergia	40–60 %
käyttöveden lämmitys	10–25%
tuloilman lämmitys	5–15 %
huoneisto ja kiinteistö sähkö	20–30 %



Kuva 9. Taloussähkönkulutus neljän hengen omakotitaloasunnossa (120 m<sup>2</sup>) (15).

Neljän hengen kaukolämmitteisessä omakotitalossa keskimääräinen sähkönkulutus on noin 7000 kWh. Sähkölämmitteisessä talossa sähköä kuluu suurin piirtein kaksinkertainen määrä. Kuvasta 9 näkee, miten sähkönkulutus jakautuu eri osa-alueiden kesken. Omakotitaloissa valaistukseen kuluu keskimäärin yli viidennes kotitaloussähköstä. Energiaa säästävät valaistusratkaisut ovat olleet suuressa kasvussa viime vuosina. Nelihenkisen perheen sähkönkulutus 120 m<sup>2</sup>:n sähkölämmitteisessä omakotitalossa on noin 21 000 kilowattituntia vuodessa. Lämmitykseen ja veden lämmittämiseen kuluu yli 70 prosenttia sähköstä (kuva 10). Pitkään laskettiin, että keskivertotalous kuluttaa vuodessa n. 5000 kWh taloussähköä. Nykypäivänä luku on usein 6 000–12 000 kWh/vuosi. (15)



Kuva 10. Sähkön kulutuksen osa-alueet (15).

Taulukko 1. Taloussähkö (7).

Laite	Normaaliteho (W)		Likimääräinen vuosikulutus (kWh)
	Käyttö	Valmiustila	
Taalu-TV (käyttö: 5 hvrk, valmiusaika: 19 hvrk)	200	2	380
Digiboksi (käyttö: 5 hvrk, valmiusaika: 19 hvrk)	11	10	90
DVD (käyttö: 2 hviikko)	15	5	45
Pelikonsoli (käyttö: 6 hviikko)	160	2	67
Radio/stereo (käyttö: 3 hvrk)	40	1	50
Tietokone näyttöineen (käyttö: 3 hvrk, valmiusaika 21 hvrk)	100	2	120
Hehkulamppu (käyttö 8 hvrk)	60	-	175
Spotti, halogeeni (käyttö 8 hvrk)	20	-	55
Jäakaappi (käyttö: 24 hvrk)	100	-	165
Pakastin (käyttö: 24 hvrk)	120	-	300

Taulukko 2. Taloussähkö (7).

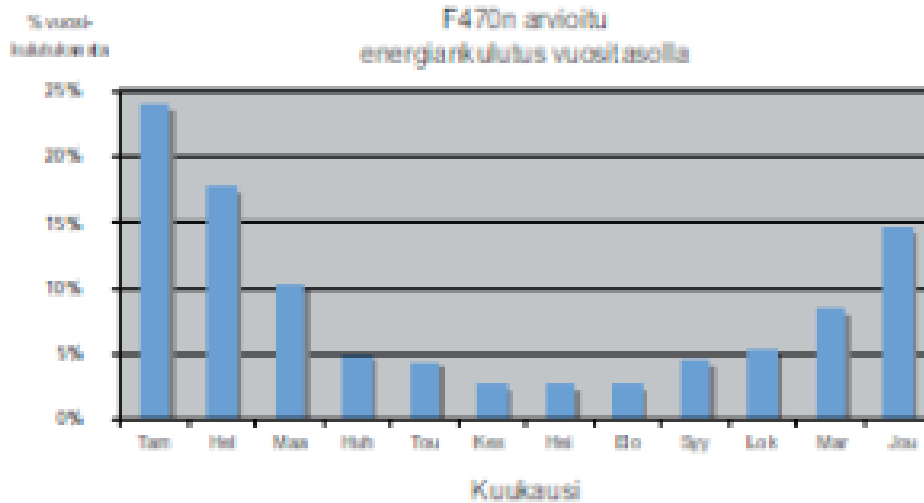
Laite	Normaaliteho (W)		Likimääräinen vuosikulutus (kWh)
Liesi, levyt (käyttö: 40 min/vrk)	1500	-	365
Liesi, uuni (käyttö: 2 h/viikko)	3000	-	310
Astianpesukone, liitetty kylmäveteen (käyttö 1 kertaa/vrk)	2000	-	730
Pesukone (käyttö: 1 kertaa/vrk)	2000	-	730
Kuivausrumpu (käyttö: 1 kertaa/vrk)	2000	-	730
Pölynimuri (käyttö: 2 h/viikko)	1000	-	100
Moottorinlämmitin (käyttö: 1 h/vrk, 4 kuukautta vuodessa)	400	-	50
Sisätilanlämmitin (käyttö: 1 h/vrk, 4 kuukautta vuodessa)	800	-	100

Nämä ovat arvioituja esimerkkiarvoja (taulukko 1 ja 2). Esimerkki: Perhe, jossa on kaksi aikuista ja 2 lasta, asuu omakotitalossa, jossa on 1 taulutelevisio, 1 digiboksi, 1 DVD-soitin, 1 pelikonsoli, 2 tietokonetta, 3 stereota, 2 hehkulamppua WC:ssä. 2 hehkulamppua kylpyhuoneessa, 4 hehkulamppua keittiössä, 3 hehkulamppua ulkona, pesukone, kuivausrumpu, astianpesukone, jääkaappi, pakastin, liesi, pölynimuri, moottorinlämmitin = 6240 kWh taloussähköä vuodessa. Talon energiamittarin lukeminen säännöllisesti, mielusti kerran kuukaudessa helpottaa havaitsemaan nopeasti muuttuneen sähkönkulutuksen. Uusissa taloissa on usein kaksi energiamittaria. Taloussähkö kannattaa laskea erotuksesta. (7)

### 9.3 F470 arvioitu sähkönkulutus vuodessa

Sisälämpötilan nostaminen yhdellä asteella lisää sähkönkulutusta noin 5 %.

Kuvassa 11 esitetään Niben F470-poistoilmalämpöpumpun arvioitu sähkönkulutus vuositasolla. Sen sähkönkulutus on pienimmillään kesä–heinäkuussa. (7)



Kuva 11. Niben F470-poistoilmalämpöpumpun arvioitu sähkön kulutus vuodessa (7).

### 9.4 Uudisrakennus

Uudisrakennukset käyvät ensimmäisenä vuonna läpi kuivumisprosessin. Talo voi silloin kuluttaa huomattavasti enemmän energiaa kuin myöhempinä vuosina. 1–2 vuoden jälkeen tulisi säätää uudelleen lämpökäyrä, lämpökäyrän muutos sekä talon termostaattiventtiilit, koska lämmitysjärjestelmä vaatii yleensä alhaisemman lämpötilan kuivumisprosessin päätyttyä. (7)

## 10 Omia kokemuksia

Kahden paritaloprojektin myötä, josta insinöörityöni sai alkunsa, olen saanut suunnitella, asentaa ja seurata poistoilmalämpöpumpun toimintaa ja sen ympärille rakennettua talotekniikkaa. Poistoilmalämpöpumppu vaikuttaa kaikkiin talotekniikan LVIS-osa-alueisiin, jolloin suunnittelussa täytyy huomioida kaikkien osa-alueiden yhteensopivuutta. Yleinen tavoite oli saada pohjaratkaisultaan mahdollisimman käytännöllinen ja taloudellinen paritalo, jonka talotekniikka olisi helppokäyttöinen ja vähä huoltotöinen. Niben F470-poistoilmalämpöpumppu osoittautui sopivaksi ratkaisuksi tällöin 125 m<sup>2</sup>:n huoneiston lämmönlähteeksi, ja käsitys oikeasta valinnasta on vain vahvistunut vuosien varrella.

Maalämpö oli varteen otettava vaihtoehto, mutta kallis toteuttaa neljän erillisen huoneiston lämmitysjärjestelmänä, ja yhden tai kahden yhteisen lämpöpumpun lämmityskustannuksien jakaminen olisi tuottanut ongelmia.

### 10.1 Tehokkuus

Poistoilmalämpöpumppu ei ole yhtä tehokas lämmönlähteenä kuin maalämpöpumppu, mutta nykyään saatavilla on kehittyneet aurinkolämpökeräimet toimimaan poistoilmalämpöpumpun rinnalle, joka lisäävät huomattavasti sen tehokkuutta ja alentavat käyttökustannuksia. Aurinkokeräinpaketin hankintakustannukset ovat noin 5 000 €, ja keräimen pystyy liittämään poistoilmalämpöpumppuun myöhemminkin. Aurinkokeräimet ja poistoilmalämpöpumpun kustannukset yhteensä ovat samaa luokkaa maalämpöpaketin kustannuksien kanssa ja hyöty laitteista on suunnilleen sama.

### 10.2 Huoltaminen

Poistoilmalämpöpumpun huoltaminen osoittautui helpoksi, sillä asukkaan tehtäväksi jäi ilmanvaihtosuodattimien vaihtaminen ja mahdollinen veden lisääminen lämmityspiiriin, jonka maallikko osaa tehdä pikaisella opastuksella. Laitteen toimivuudesta kertoo hyvin se, että vuositarkastuskäynnillä asennuksesta asukkaat ovat unohtaneet koko laitteen olemassaolon.

### 10.3 Kustannukset

Käyttökustannuksiltaan on ollut mielenkiintoista seurata neljän eri perheen sähkön kulutusta projektin jälkeen. Viisihenkisen perheen, jossa on kolme alle kymmenenvuotiaasta lasta, koko sähkönkulutus oli vuonna 2010 keskimäärin 150 €/kk, huippukulutus helmikuun ennätyspakkasilla oli noin 300 € ja heinäkuun helteillä vain 60 €. Iso osa tämän perheen sähkölukusta ovat pesukoneet ja kuivausrummut. Asunnoissa on lisävarusteena iso kiertoilmatakatka, joka talvella auttaa pitämään lämmityskustannukset kurissa. Toinen ääripää on yksin asuva henkilö, jonka vuoden sähkön keskimääräinen kulutus on noin 110 €/kk.

### 10.4 Rakennusmääräykset

Rakennusmääräykset tiukentuvat vuosivuodelta, mikä ohjaa uudistalojen lämmityskustannuksia laskuun ja talon lämmönlähteiltä vaaditaan yhä korkeampaa energiatehokkuutta. Vuonna 2008 aloitetussa kahden paritalon projektissa eristysvaatimukset olivat 170 mm eristettä seinissä ja 400 mm eristettä katossa. Vuonna 2010 seinissä vaadittiin 225 mm eristystä ja katossa 500 mm eristystä. Nämä seikat vaikuttavat suoraan talon lämmitysenergian tarpeeseen. Uudiskohde, jossa parhaillaan olen mukana, on vastaavanlainen pohjaratkaisultaan kuin paritaloprojekti, mutta omakotitalona, jonka lämmönlähteenä toimii poistoilmalämpöpumppu ja aurinkoenergia. Lisäksi tontille rakennetaan autotalli 30 m<sup>2</sup>, jonka lämmönlähteenä toimii suora sähkö sekä ilmalämpöpumppu. On mielenkiintoista nähdä, miten rakentamismääräysten kiristyminen ja aurinkoenergian lisääminen talon energian kulutukseen vaikuttaa, ja verrata niitä edellisiin projekteihin. (16)

### 10.5 Tulevaisuus

Nykyään järjestetään hyviä lämpöpumppukoulutuspäiviä, josta saa erinomaista tietoa kehittyneistä ja uusista lämmitystavoista ja lämmönlähteistä ja lämmitysratkaisuista, jotka ovat vasta tuloillaan. Merkittävimpiä ja mielenkiintoisimpia tulevaisuuden lämmitysmuotoja mielestäni on aurinkoenergia, joka kehittyy huimaa vauhtia ja sen mahdollisuudet toimia minkä tahansa lämmitysjärjestelmän rinnalla on kattava. Varsinkin saneerauskohteissa aurinkolämpö on varteenotettava vaihtoehto lämpimänkäyttöveden lämmittämiseen. Uusimpia aurinkolämmöllä varustettuja suuria rakennuksia on Ivalossa sijaitseva hotelli, jonka kaikki lämmin käyttövesi tehdään



aurinkolämmöllä. Aurinkolämpö yksinään ei voi korvata poistoilmalämpöpumppua koko talon lämmönlähteenä ja ilmanvaihtolaitteena, mutta se toimii hyvänä apuna muun lämmityksen rinnalla.

## 10.6 Maalämpö

Ensimmäisiä maalämpöpumppuihin liittyviä kokemuksia on kertynyt noin viiden vuoden ajalta, jolloin asensimme Nauvossa sijaitsevalle 160 m<sup>2</sup>:n mökillämme viisi vuotta sitten maalämpöpumpun. Sen toimintaa ja energian kulutusta seuranneena vuosien varrella kokemukseni ovat olleet positiivisia. Maalämpöpumppu on melko huoltovapaa ja toimintavarma lämmityslaite. Toinen mielenkiintoinen hanke, jossa olen mukana, on 84 huoneiston kerrostalon lämmityksen saneeraus, jossa vaihdetaan öljylämmitys maalämpöön. Öljylämmitys korvataan neljällä 60 kW:n lämpöpumpulla ja investoinnin arvioidaan säästävän taloyhtiön varoja noin 60 000–70 000 € vuodessa.

## 11 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoitus oli tutustuttaa ja selventää, minkälainen laite on poistoilmalämpöpumppu, minkälaisia eri ratkaisuja sillä voidaan tehdä ja verrata sitä maalämpöpumppuun. Poistoilmalämpöpumppu on investointina huomattavasti halvempi kuin maalämpöpumppu. Maalämpöpumppu on huomattavasti energiatehokkaampi. Poistoilmalämpöpumppu ja aurinkoenergia yhdessä investointina ovat suunnilleen maalämpöpumpun luokkaa. Maalämpöjärjestelmän lisäkustannuksena poistoilmalämpöpumppuun verrattuna on uudiskohteissa ilmanvaihtokone. Poistoilmalämpöpumpun rinnalle kytketty aurinkoenergiajärjestelmä auttaa huomattavasti poistoilmalämpöpumppua energian säästämässä, sillä auringosta saadaan noin 8 kk vuodessa lämpöä, jota poistoilmalämpöpumppu pystyy hyödyntämään. Aurinkoenergiajärjestelmän etuja on se, että sen voi lisätä toimimaan lähestulkoon minkä tahansa vesikiertoisin lämmitysjärjestelmän rinnalle myöhemmin. Aurinkolämmityksen ongelmana on kuukausittain vaihteleva aurinkoenergian saatavuus. Poistoilmalämpöpumppu on melko huoltovapaa ja luotettava lämmönlähde alle 150 m<sup>2</sup>:n pientaloihin.

Lämpöpumput ovat kehittyneet viimeisen vuosikymmen aikana hurjasti ja tulevat kehittymään tulevaisuudessa vielä enemmän. Toinen alue, joka tulee kehittymään

tulevaisuudessa ja valtaamaan markkinoita, on aurinkolämpö. Aurinkolämmön mahdollisuuksia ei kaikkia vielä oikein tiedetä, mutta asiantuntijat ovat puhuneet jopa aurinkojäähdytysjärjestelmästä. Rätälöityjen lämpöpumppujärjestelmien ja aurinkokeräinjärjestelmien yhdistelmiä tullaan tulevaisuudessa näkemään yhä enemmän. Vuosi vuodelta tiukentuvat rakentamismääräykset ja ympäristövaatimukset sekä jatkuva energian hinnan nousu pakottavat ihmisiä investoimaan järjestelmiä, jotka säästävät energiaa pitääkseen lämmitysjärjestelmien käyttökustannukset kurissa.

## Lähteet

- 1 Sähköverkkoliiketoiminnan kehitys ja valvonnan vaikuttavuus. 2011. Verkkodokumentti. Energiamarkkinavirasto.  
[http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Sahkoverkkotoiminnan\\_kehitys\\_valvonnan\\_vaikuttavuus.pdf](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Sahkoverkkotoiminnan_kehitys_valvonnan_vaikuttavuus.pdf). Luettu 10.3.2012.
- 2 Sähkön myynti ja tuotanto. 2011. Verkkodokumentti. Energiamarkkinavirasto.  
<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=2307&pgid=38&languageid=246>. Luettu 10.3.2012.
- 3 Sähkön hinnan kehitys. 2011. Verkkodokumentti. Energiamarkkinavirasto.  
[http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kalvoja\\_sahkon\\_hinnan\\_kehityksesta\\_12\\_03.pdf](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kalvoja_sahkon_hinnan_kehityksesta_12_03.pdf). Luettu 10.3.2012.
- 4 Mihin lämpöä tarvitaan? 2012. Verkkodokumentti. Motiva.  
[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/mihin\\_lampoa\\_tarvitaan](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/mihin_lampoa_tarvitaan). Luettu 18.2.2012.
- 5 Lämmitysjärjestelmän valinta. 2012. Verkkodokumentti. Motiva.  
[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta). Luettu 18.2.2012.
- 6 Poistoilmalämpöpumppu. 2012. Verkkodokumentti. Sulpu.  
[http://www.sulpu.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=21&Itemid=115](http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=115). Luettu 18.2.2012.
- 7 Nibe F470. 2012. Verkkodokumentti. Nibe Oy.  
<http://www.nibe.fi/Tuotteet/Poistoilmalampopumput/Tuotevalikoima/NIBE-F470/> Luettu 18.2.2012.
- 8 Aurinkokeräimet. 2011. Verkkodokumentti. Motiva.  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkokeraimet](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkokeraimet). Luettu 12.4.2012.
- 9 Aurinkolämpö. 2012. Verkkodokumentti. Callidus.  
<http://www.callidus.fi/aurinkolampo> Luettu 12.4.2012.
- 10 Perälä, Rae. 2009. Lämpöpumput Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmistä. Helsinki: Alfamer Oy.
- 11 Seppänen, Olli. 1995. Rakennusten lämmitys. Espoo: Suomen LVI-yhdistysten liitto ry.
- 12 Rautio, Juha. 2008. Lämpöpumput ja niiden taloudellisuus ja ympäristöystävällisyys erillisten pientalojen lämmityksessä. Verkkodokumentti. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.  
<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/43221/nbnfi-fe200901081010.pdf?sequence=3>. Luettu 12.4.2012.
- 13 Lämpöpumppujärjestelmän suunnittelu. 2012. Verkkodokumentti. Sulpu.  
<http://www.sulpu.fi/images/stories/pdf/LPjarjsuunnittelu.pdf>. Luettu 27.3.2012.

- 14 Maalämpöpumppu. 2012. Verkkodokumentti. Sulpu.  
[http://www.sulpu.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=114](http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114). Luettu 27.3.2012.
- 15 Sähkönkulutus sähkölämmitteisessä omakotitalossa. 2012. Verkkodokumentti. Oulun energia.  
[http://www.oulunenergia.fi/energianeuvonta/mihin\\_kotisi\\_sahko\\_kuluu/sahkolammitteinen\\_omakotitalo](http://www.oulunenergia.fi/energianeuvonta/mihin_kotisi_sahko_kuluu/sahkolammitteinen_omakotitalo). Luettu 27.3.2012.
- 16 Rakennusten lämmöneristysmääräykset. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelmat, osa C3. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 17 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihtomääräykset ja ohjeet. 2008. Suomen rakentamismääräyskokoelmat, osa D2. Helsinki: Ympäristöministeriö.