

Pekka Kytömäki

# Sähkölämmitteisen pientalon energiaremontti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

13.5.2013

Tekijä Otsikko	Pekka Kytömäki Sähkölämmitteisen pientalon energiaremontti
Sivumäärä Aika	30 sivua + 3 liitettä 13.05.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaaja	yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Tämän insinööriyön aineisto on kerätty EEMontti – Lämmityskulut puoleen kilpailun aikana. EEmontti tulee sanasta EnergiarEmontti.</p> <p>Insinööriyössä selvitettiin kohdekiinteistön remontin toteutusta, laadittiin asennetun järjestelmän tekninen kuvaus. Energiansäästöä selvittiin käyttäen hyväksi kohteesta mitattua sähkönkulutustietoa ja omia mittauksia sekä yleisesti saatavilla olevaa tilastotietoa. Lisäksi selvitettiin remontin vaikutuksia sisäilmastoon ja palvelukonseptin kehittämiskarpeita.</p> <p>Kohderakennus on 1960-luvun omakotitalo Pohjois-Helsingissä. Rakennus on 1,5-kerroksinen, ja sen pinta-ala on 250 m<sup>2</sup>. Lisäksi rakennukseen kuuluu kellarikerros, jossa on puolilämmin autotalli. Rakennukseen asennettiin maalämpöpumppu, jonka lämmönlähteenä on kaksi lämpökaivoa. Lämpöpumpulla lämmitetään sekä lämmitysverkostovettä että käyttövettä.</p> <p>Energian säästöä tutkittiin eritavoin ja sähkösäästöprosentti lämmitykseen vaihteli välillä 20..26 %.</p> <p>Remontin aloittaminen viivästyi useita kuukausia pääasiassa rakennuslupaprosessin takia. Asukas pystyi asumaan talossa koko remontin ajan ja oli lopputulokseen tyytyväinen</p>	
Avainsanat	energiaremontti, EEMontti, energiansäästö

Author Title	Pekka Kytömäki Energy renovation in a single-family house
Number of Pages Date	30 pages + 3 appendices 13 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design orientation
Instructor	Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was written on the basis of the data collected during a national contest with the goal to split the consumption of heating energy in half.</p> <p>The thesis investigated the energy renovation of a 1.5-storey single-family house with a surface area of 250 m<sup>2</sup> from the 1960's. The house has a basement with a semi-heated garage. A geothermal heat pump with two thermal wells was installed in the house to serve a hydronic heating system and produce domestic hot water. Also, a technical description of the system was done.</p> <p>The energy savings were examined with the data from the measured electricity consumption, and from measurements specially made for the final year project. Publicly available statistics were also used. In addition, the effect of the renovation on indoor climate and ways to develop the service concept were studied.</p> <p>The energy savings were studied in various ways. The savings in electric heating ranged from 20 to 26%.</p>	
Keywords	energy consumption, energy renovation

## Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoite	1
1.3	Toteutus	2
1.4	Rajaukset	2
2	Kohteen kuvaus	2
2.1	Rakennus	2
2.2	Remontin toteutus	3
3	Lämmitysjärjestelmä	4
3.1	Alkutilanne	4
3.2	Uusi Lämmitysjärjestelmä	5
3.2.1	Maalämpöjärjestelmän kuvaus	5
4	Mittaukset	11
5	Laskelmat	17
5.1	Normeerattu lämmitysenergia	17
5.2	Kokonaiskulutus	21
5.3	Regressioanalyysi	21
5.4	Yhteenveto	26
6	Palvelukonseptin kehittäminen	27
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Pohjapiirustukset	
	Liite 2. Lämpötilan pysyvyys	
	Liite 3. Säästölaskelma	

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön aineisto on kerätty EEmontti kilpailun aikana. EEmontti tulee sanasta EnergiarEmontti. Green Net Finland ry ja Sitra järjestävät yhteistyössä EEmontti – Lämmityskulut puoleen kilpailun. Kilpailu oli suunnattu energiaremontteja tarjoaville yrityksille. Tavoitteena oli kerätä hyviä teknisiä esimerkkiratkaisuja pientalojen energiaremontteihin. Tavoitteen toteutuessa se merkitsee omakotiasujille entistä kokonaisvaltaisempien ja kohtuuhintaisten palvelujen saatavuutta yhdeltä luukulta. Palveluntarjoajille esimerkkiremonttien ratkaisumallit muodostavat aineiston, joita voidaan käyttää seuraavissa kohteissa. Asiantuntijat valitsivat kilpailuun neljä eri-ikäistä sähkölämmitteistä taloa, joissa ei ole vesikierroista lämmitysjärjestelmää (1.). Metropolia Ammattikorkeakoulun osuus liittyy projektin tekniseen osaan, jossa rahoittajana oli TEKES. Osuudessa selvitettiin remonttien toteutusta, laadittiin asennettujen järjestelmien tekniset kuvaukset ja arvioitiin remonteilla saatavia säästöjä. Kohteista kolme toteutettiin.

### 1.1 Tausta

Suomessa on yli miljoona erillispientaloa. Näistä noin 500 000 on suorasähkölämmitteisiä pientaloja, joiden energiankulutus ei vastaa nykypäivän EU-standardveja. Pelkästään asuintalojen lämmitykseen kuluu Suomessa lähes viidennes kaikesta energianloppukäytöstä ja asumiseen kulutetusta energiasta noin puolet muodostuu lämmityksestä ja ilmanvaihdosta. Suomessa rakennukset kuluttavat lähes 45 % loppuenergiankulutuksesta ja kattavat noin 30 % kasvihuonepäästöistä. (2, s. 1.)

### 1.2 Tavoite

Tavoitteena on selvittää yhden kohdekiinteistön energian säästö käyttäen hyväksi kohteesta mitattua sähkönkulutustietoa ja omia mittauksia sekä yleisesti saatavilla olevaa tilastotietoa. Lisäksi selvitettiin remontin vaikutuksia sisäilmastoon ja palvelukonseptin kehittämiskarpeita.

### 1.3 Toteutus

Sähkönkulutuksia mitattiin viikon ajan kulutuksien jakautumisen selvittämiseksi lämmitys- ja kotitaloussähkön kesken. Helsingin Energialta pyydettiin sähkön kulutustiedot tunneittain ja Ilmatieteen laitokselta Helsinki-Vantaan lentokentän lämpötilat tunneittain.

### 1.4 Rajaukset

Asennukset valmistuivat ja lämmitys alkoi 16.11.2012 suunnitellussa laajuudessa. Tästä johtuen emme kerinneet kokoamaan mittaustietoa kokonaiselta lämmityskaudelta. Seurantajakso alkoi marrasluussa 2011, kun kiinteistöön asennettiin etäluettava energia mittari. Seurantajakso loppui helmikuun 2013 loppuun. Kohteessa ei pystytty mittaamaan maalämpöpumpun lämmönkeräyspiirin lämpötiloja, joten järjestelmän COP-arvoa ei päästy laskemaan. Lisälämmön lähteinä olevien tulisijojen vaikutusta ei ole otettu huomioon niiden epäsäännöllisen käytön vuoksi.

## 2 Kohteen kuvaus

### 2.1 Rakennus



Kuva 1. Kohdekiinteistö.

Kohderakennus on 1960-luvun omakotitalo Pohjois-Helsingissä. Rakennus on 1,5-kerroksinen, ja sen pinta-ala on 250 m<sup>2</sup>. Lisäksi rakennukseen kuuluu kellarikerros, jossa on puolilämmin autotalli. Rakennuksen piha-alue sijoittuu rakennuksen ympärille. Rakennuksessa asuu kaksi aikuista ja kaksi teini-ikäisiä nuorta.

Kellarikerroksessa on sauna, pesuhuone, takkahuone ja WC sekä puolilämpimät askarteluhuone ja autotalli. Alakerrassa on kaksi asuinhuonetta, olohuone, keittiö, WC ja lisäksi kuisti/eteinen. Yläkerrassa on kaksi makuuhuonetta, porrasaula sekä kylpyhuone. Kohteessa on painovoimainen ilmanvaihto, jota tehostetaan liesituulettimella ja WC-tilojen poistopuhaltimilla. Rakennuksessa on kaupungin käyttövesi- ja viemäri-liittymä. Vesijohdot ovat kupariset. Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertoa. Omistajalta saadun tiedon mukaan vedenkulutus on ollut kahtena edellisenä vuonna 115 m<sup>3</sup>/vuosi. Rakennuksen pohjapiirrokset ovat liitteinä 1.

## 2.2 Remontin toteutus

Projektin tavoiteaikataulu oli kolme viikkoa. Aloittamaan päästiin vasta viisi kuukautta aiottua myöhemmin. Aloituksen viivästyminen johtui maalämpökaivojen vaatimasta lupaprosessista. Maalämpö alkoi virrata talon lämminvesivaraajaan ja alakerran pattereihin 25.4.2012. Maalämpöpumppuyksikkö oli lämmittänyt lämmintä käyttövettä jo viikon ajan, koska vanha varaaja oli kerinnyt mennä juuri rikki. Omistaja purki olohuoneen lattian parketin itse lattialämmityksen tieltä. Johtuen omistajan aikataulusta yläkerran kylpyhuoneen ja olohuoneen lattialämmitykset kytkettiin vasta 16.11.2012.

### 3 Lämmitysjärjestelmä

#### 3.1 Alkutilanne

Alkutilanteessa rakennuksen lämmitysmuoto oli osittain varaava suora sähkölämmitys. Pääasiallisena lämmönjakotapana ovat sähköpatterit. Asuinhuoneiden, olohuoneen ja kellarin askarteluhuoneen kiinteät sähköpatterit olivat massavaraajatyypisiä ja toimivat yösähköllä. Ilmalämpöpumppu on asennettu yläkerran portaikkoon. Keittiössä, kuistilla ja kellarikerroksen takkahuoneessa on sähköinen lattialämmitys. Takkahuoneen lattialämmitys on yösähköohjattu (kuva 2). Lisälämmönlähteinä kellarikerroksen takkahuoneessa ja yläkerran aulatilassa on varaava uuni.

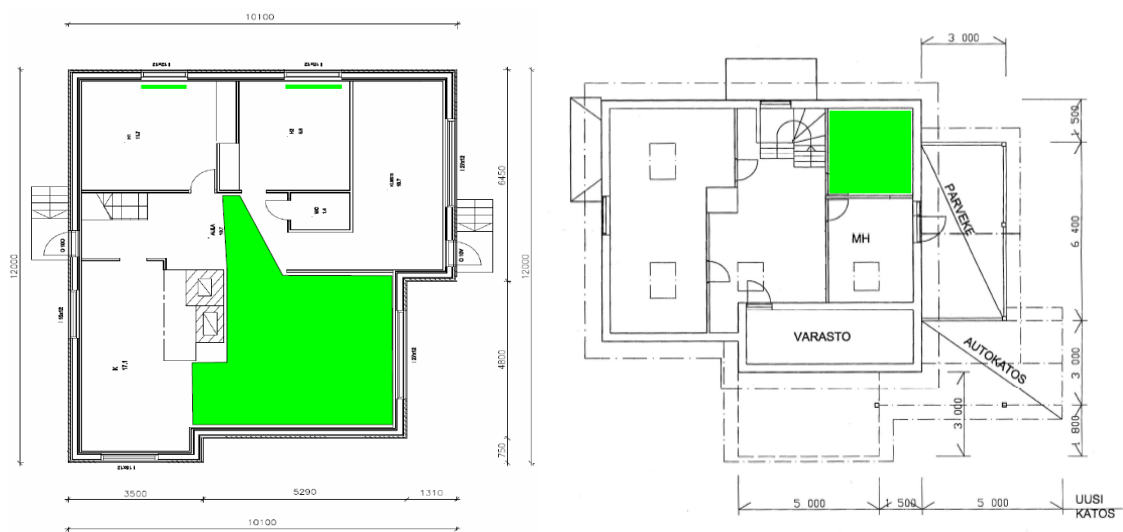


Kuva 2. Sähkölämmityksellä toteutetut alueet



### 3.2 Uusi lämmitysjärjestelmä

Lämmitysmuodoksi valittiin osittainen maalämpö (kuva 3), jota on tarkoitus laajentaa kellarikerrokseen muiden remonttien yhteydessä. Alakerran olohuoneen patteri korvattiin lattialämmityksellä ja alakerran asuinhuoneisiin vaihdettiin vesikiertoiset patterit. Suunnitelmissa on myös vaihtaa keittiön patteri vesikiertoiseksi. Yläkerran kylpyhuoneeseen laitettiin myös lattialämmitys. Ilmalämpöpumppu jää huolehtimaan kesällä viilennyksestä. Suunnitelmissa on korvata kellarin sähkölämmitys maalämmöllä.

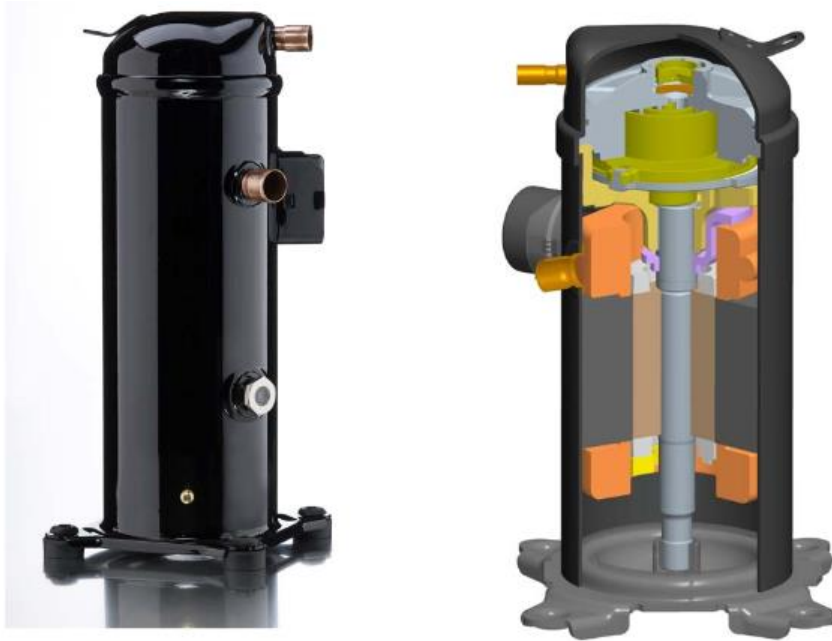


Kuva 3. Maalämmöllä toteutetut alueet

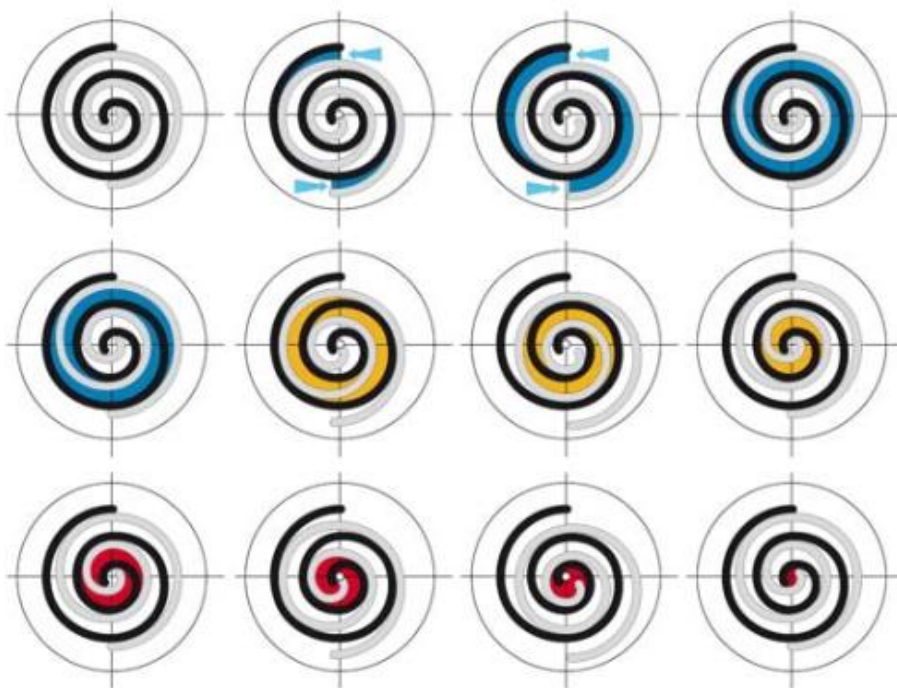
#### 3.2.1 Maalämpöjärjestelmän kuvaus

Pihalle on porattu kaksi maalämpökaivoa, joiden syvyydet ovat 125 m. Kaivojen kannet on upotettu nurmikon pinnan alle. Eristetyt lämpöjohdot vedettiin autotalliin maalämpöpumppuyksikölle.

Maalämpöpumppu on IVT Premiumline C10 (kuva6). Sen lämpöteho on valmistajan mukaan 10,7kW ja COP-arvo 5. Kylmäainetta R410A:ta on 2,2 kg. Kompressori on scroll-tyyppinen (kuva 4). (4.)

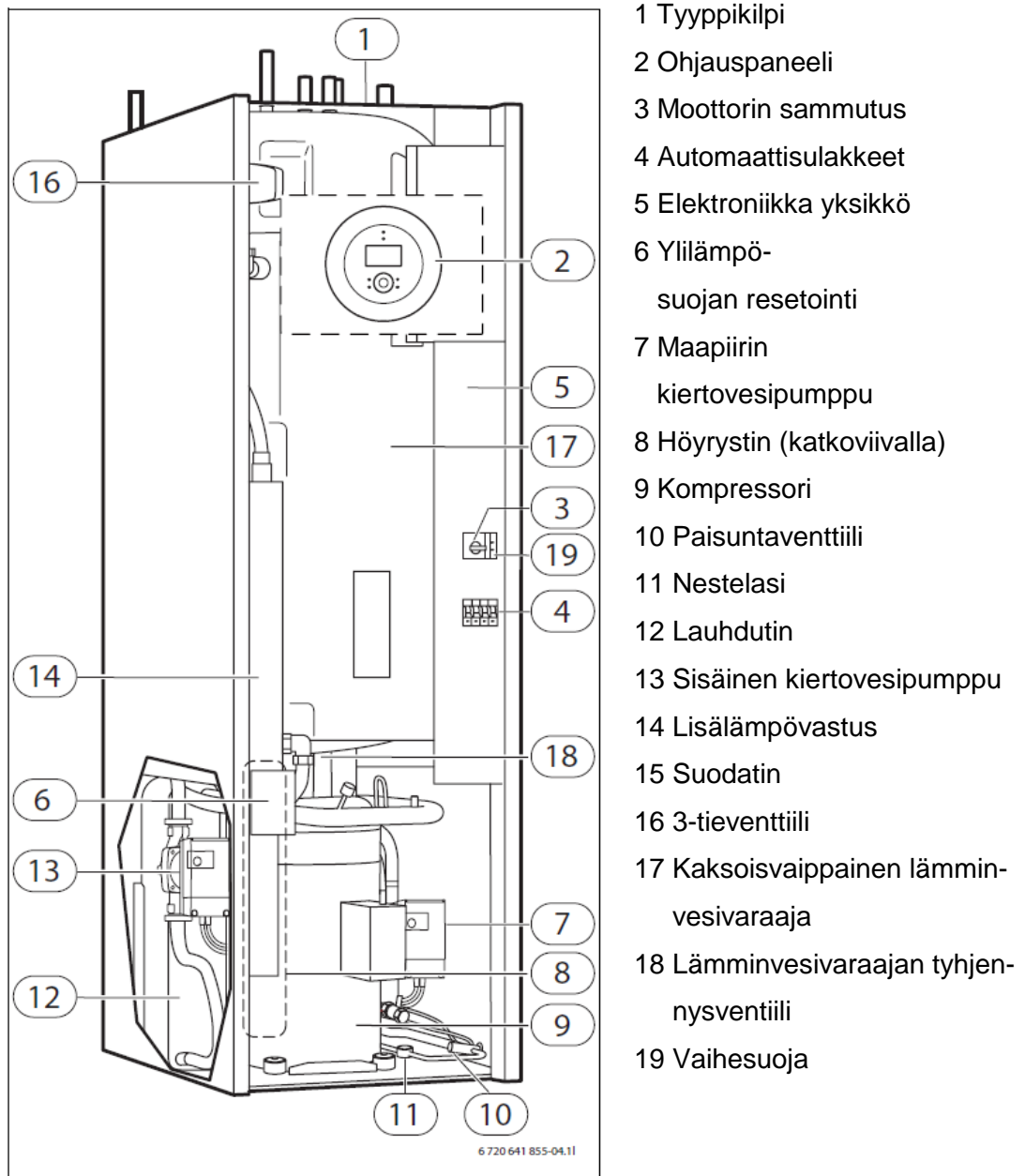


Kuva 4. Scroll-kompressorin leikkauskuva (4, s. 1).

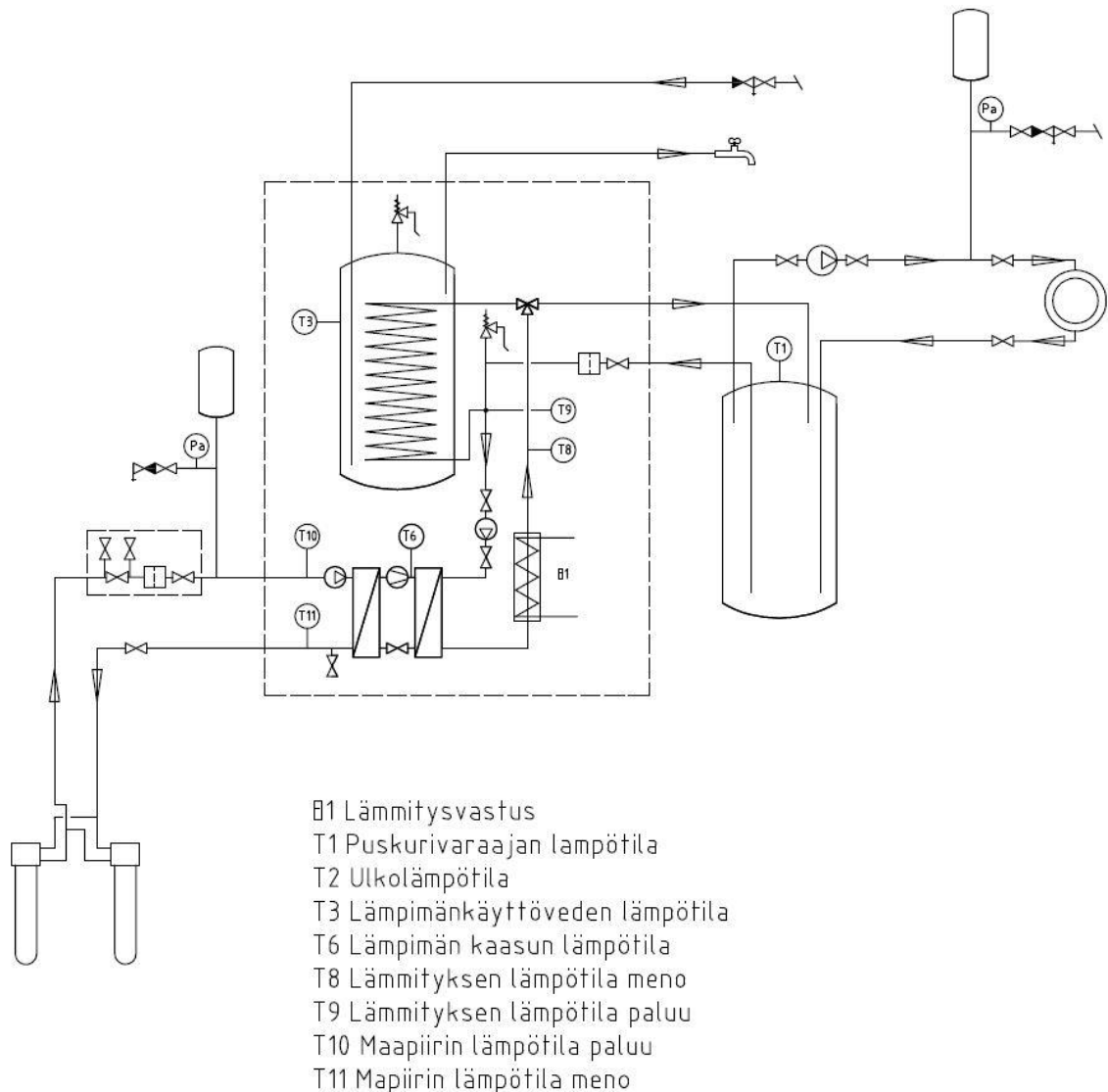


Kuva 5. Scroll-kompressorin puristusprosessi (4, s. 3).

Kompressorin pyöriessä ulkokehälle tulee matalapaineista kaasua. Se imetään kahden spiraalin väliin. Kaasu puristuu spiraalien välissä ja poistuu kompressorista spiraalin keskeltä puristuneena (kuva 5).



Kuva 6. Maalämpöpumpun leikkauskuva (2, s. 14).



Kuva 7. Lämmitysjärjestelmän toimintakaavio

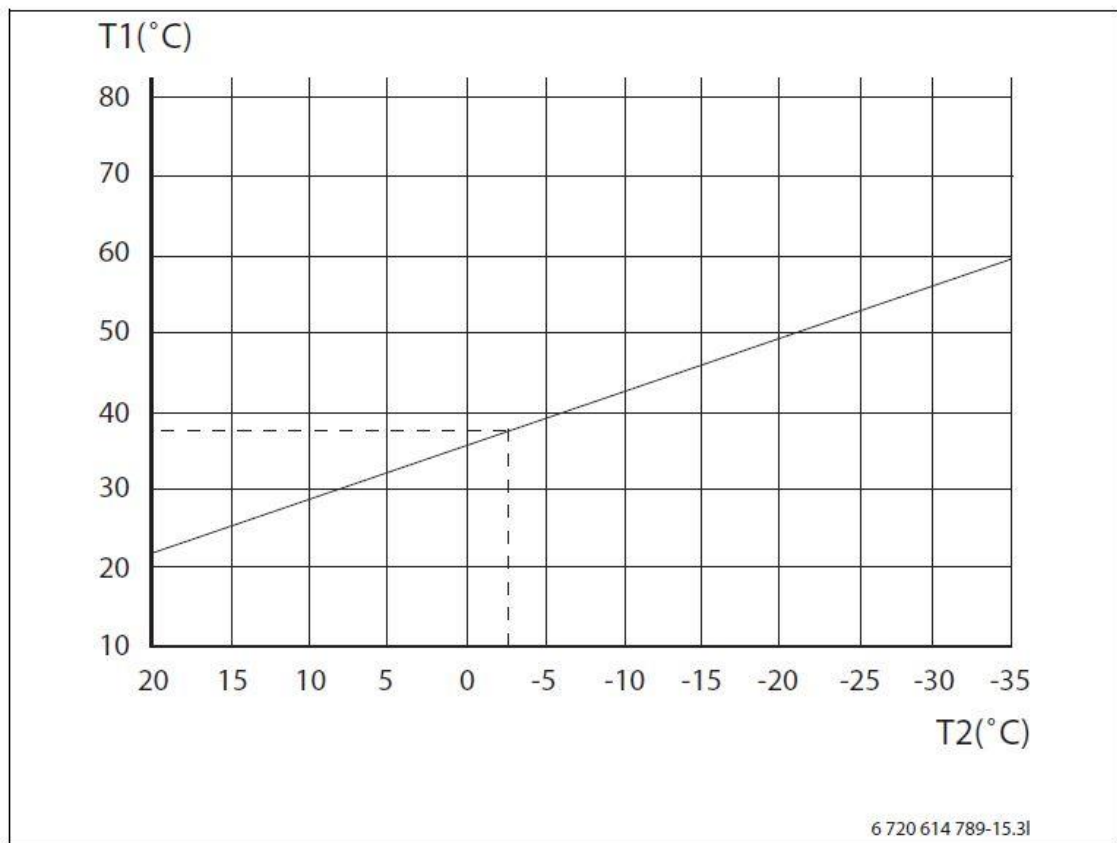
Lämpökaivon maalämpöneste pumpataan kaivosta lämpöpumpun höyrystimelle ja siitä takaisin kaivoon varaamaan itseensä lämpöä. Maalämpönesteenä käytetään myrkytöntä bioetanoliliuosta, jossa alkoholipitoisuus on 30 % jäätymisen estämiseksi. Lämmönkeruunesteessä olevan alkoholin tarkoituksena on estää keruunesteen hyhääntymisen ja jäätymisen. Alkoholipitoisuudeltaan 30 %:n seoksen hyhääntymispiste on noin - 19 astetta (6, s.10.). Keruupiirin lämpötila vaihtelee yleisesti - 5...+ 5 °C välillä.

Lämpöpumpun höyrystimellä lämpöpumpun kylmäaine höyrystyy ja sitoo itseensä lämmönkeruunesteeseen sitoutunutta lämpöä. Kaasuuntunut kylmäaine kulkeutuu kompressoriin, jossa sitä puristetaan korkeampaan paineeseen, jolloin kaasu kuumeenee. Lauhduuttimella kuumakaasu luovuttaa lämpönsä toisiopiirin nesteelle samaan

tapaan kuin maalämpöneste luovutti sen kylmäaineelle. Lauhduksessa kylmäainehöyry nesteytyy ja se johdetaan paisuntaventtiin kautta takaisin höyrystimelle uuteen kiertoon (kuva 7).

Säätöpaneelista on asetettu käyttövesi- ja lämmitysverkostoon lähtevät lämpötilat. Käyttöveden lämpötila on asetettu +55 °C:seen. Maalämpöpumppu käynnistyy, kun lämpötila lämmitysverkostossa laskee kytkentäerotuksen verran alle lämpökäyrästä tulevan tavoitetason ja vastaavasti sammuu, kun lämpötila on noussut kytkentäerotuksen verran lämpökäyrän tavoitetason yläpuolelle.

Kuvassa 8 T1 on patteriverkon menolämpötila ja T2 on ulkolämpötila.



Kuva 8. Tehdasasetettu patteriverkon säätökäyrä (3, s. 58).

Järjestelmässä on kaksi varaajaa. Lämpimän käyttöveden varaaja ja lämmitysverkoston puskurivaraaja. Lämpimän käyttöveden varaaja sijaitsee maalämpöpumppuyksikössä ja sen koko on 225 l. Lämmitysverkoston puskurivaraajan (kuva 9) tehtävänä on vähentää ja pidentää maalämpöpumpun käyntijaksoja. Sen koko on 300 l. Kun varaajien esiasetettu lämpötila alittuu, maalämpöpumppu käynnistyy. Kolmitieventtiilillä ohja-

taan virtaus oikeaan varaajaan. Varaajiin kiertävä neste on lämmityspiirin neste, joka lämmitetään maalämpöpumpun lauhduttimella haluttuun lämpötilaan.

Lämmitysverkoston kiertovesipumppu ohjaa pyörimisnopeuttaan pitäen paine-eron pumpun imupuolelta painepuolelle vakiona. Mikäli patteriverkostossa menee termostaatteja kiinni, pumppu hidastaa pyörimisnopeuttaan ja vastaavasti lisää pyörimisnopeuttaan termostaattien avautuessa.



Kuva 9. Maalämpöpumppu ja ulkoinen puskurivaraaja.

#### 4 Mittaukset

Mittaukset suoritettiin 15.1...22.1.2013. Mittausjakson pituus oli 166 tuntia. Mittauksilla pyrittiin selvittämään sähkölaitteiden kulutukset ja sisäilmaolosuhteita. Suunnitelmissa oli myös poistoilman määrän mittaus, mutta poistoilmaventtiilien hankala sijoittelu katoverhouksien taakse teki siitä mahdottoman.

Maalämpöpumppuun oli asennettu oma kulutusmittarinsa asennuksen yhteydessä. Pistokkeista mitattiin sähkönkulutus kuvan mittarilla (kuva 10). Mittauksia jäi mittaamatta, koska mittauspisteitä oli enemmän kuin meillä oli mittareita.

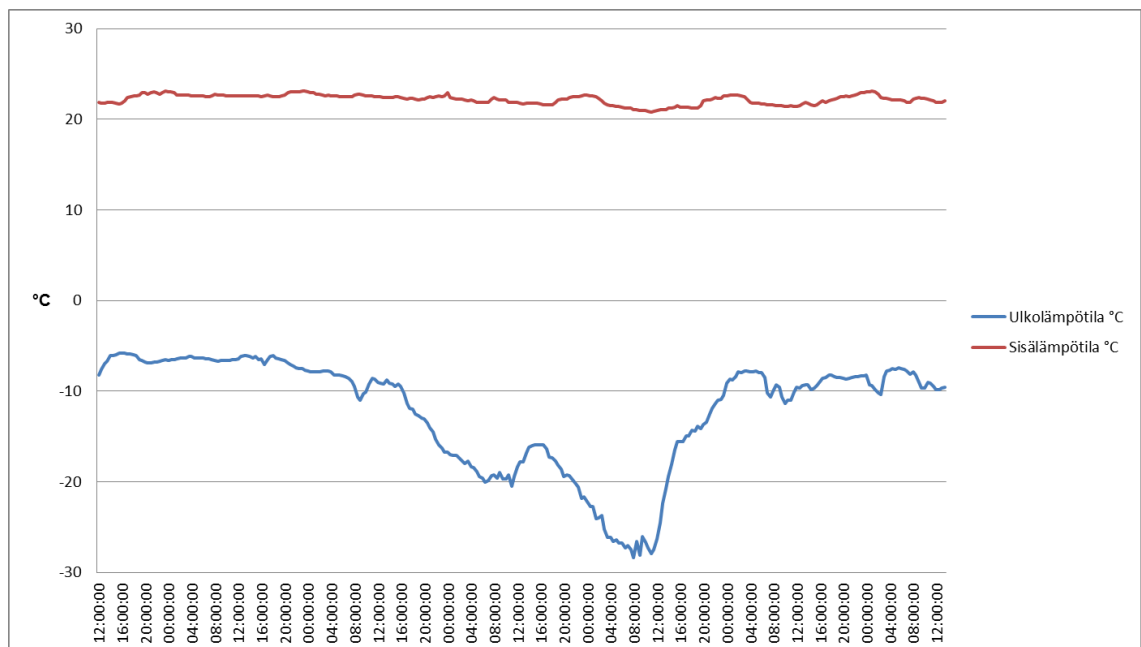


Kuva 10. Tehnolite Remote Cost Control sähkönkulutusmittari (2, s. 45).

Taulukossa 1 on esitetty mittausjakson tulokset.

Taulukko 1. Kulutusmittaukset

Mittauspisteet	Alku	Loppu	Kulutus	$Q_{\text{kok}}$
	kWh	kWh	kWh	%
Kokonaiskulutus $Q_{\text{kok}}$	37889	38768	879	
Yösähkö	8336	8599	263	29,9
Päiväsähkö	29553	30168	615	70
Maalämpöpumppu	690,8	803,6	112,8	12,8
	max			
Viihdekeskus	301,2	W	13	1,5
Keittiön lattialämmitys	1002	W	165,4	18,8
Kellarin askarteluhuone	1006	W	29,0	3,3
Yläkerran lämmitys				
Makuuhuone1 patteri1	1239	W	68,2	7,8
Makuuhuone1 patteri2	1035	W	48,3	5,5
Vesisänky	1706	W	28,9	3,3
Mitatut yhteensä			465,4	53,0
Mittaamaton kulutus kWh			413,6	47
Mittaamaton kulutus tunnissa kWh/h			2,5	

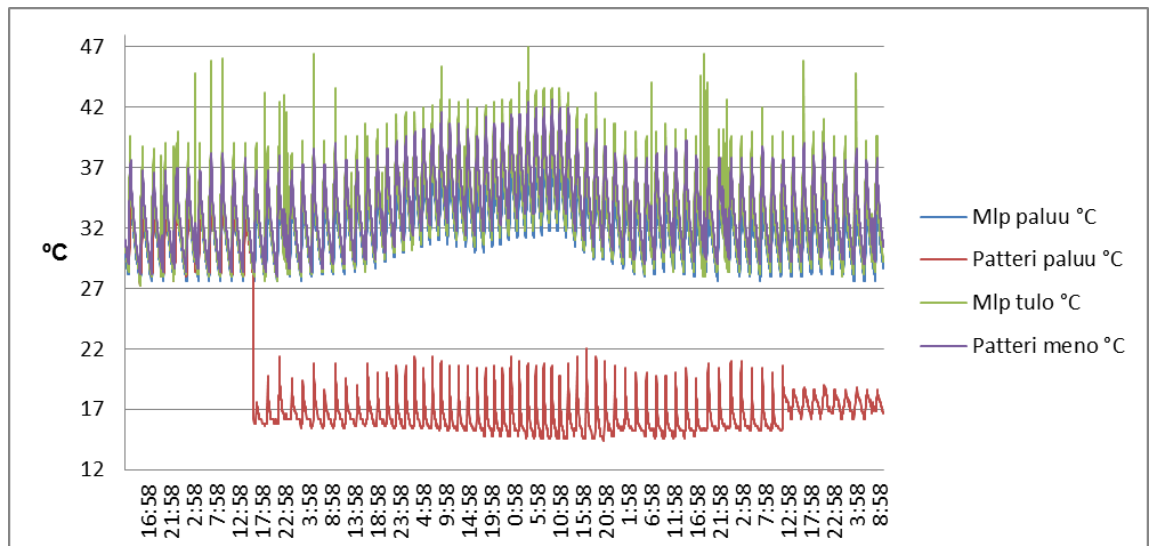


Kuva 11. Ulko- ja sisälämpötilat mittausjaksolla.





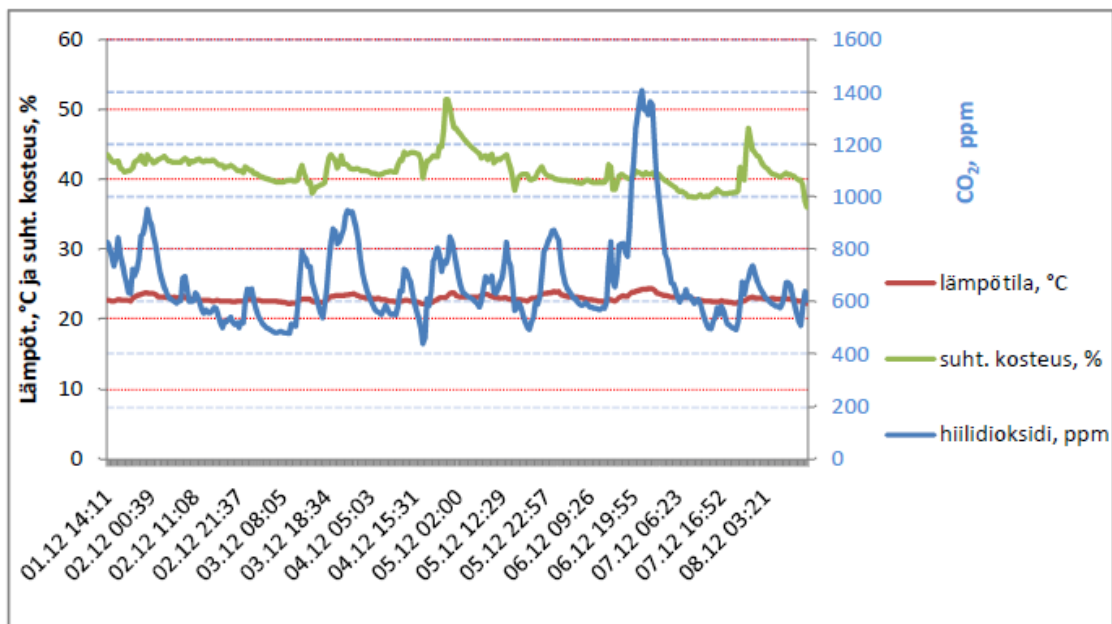
Kuva 12. Puskurivaraajan lämpötilan mittaus



Kuva 13. Maalämpöpumpun puskurivaraajan lämpötilat

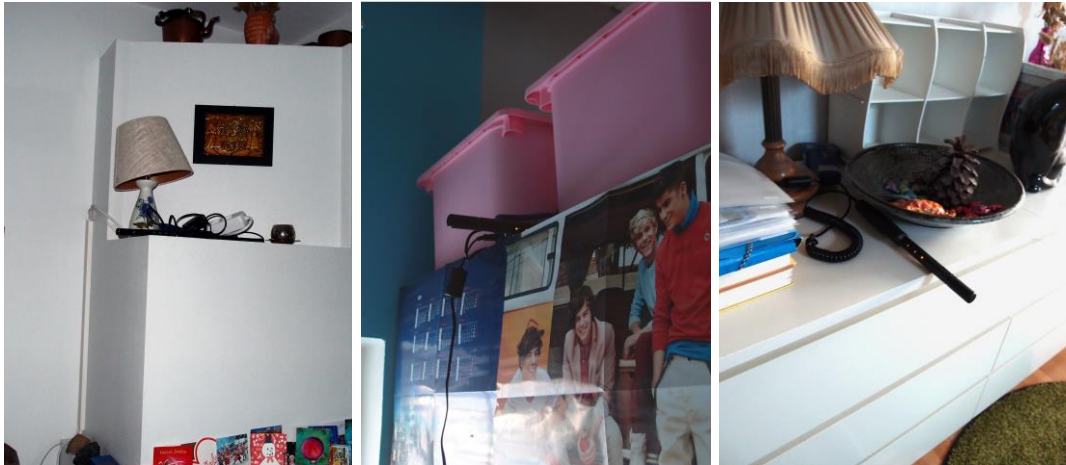
Maalämpöpumpun menoveden lämpötila oli maksimissaan 47,6 °C. Ulkolämpötilan laskiessa patteriverkon paluulämpötila laski huomattavasti. Siihen on todennäköisesti syynä patteriverkon eristämättömät putket, jotka lämmittivät autotallia. Autotallin lämpötila oli 14 °C koko mittauksen ajan. Tarkoitus oli mitata myös maapiirin lämpötilat menoja paluuputkista. Putket olivat kuitenkin niin hyvin eristetty, ettei niihin olisi saanut kiinni mittauselementtejä rikkomatta eristyksiä.

Sisäilmaolosuhteista toistettiin sama mittaus olohuoneessa kuin joulukuussa 2011. Koska ilmanvaihdolle ei ole tehty mitään, niin lattialämmitys ja ulkoilman olosuhteet ovat ainoat muuttuneet tekijät. Mittausjakson keskilämpötila ulkona oli +1,8 °C 2011 ja nyt se oli -12,8 °C. Sääolosuhteilla on suuri vaikutus painovoimaiseen ilmanvaihtoon.

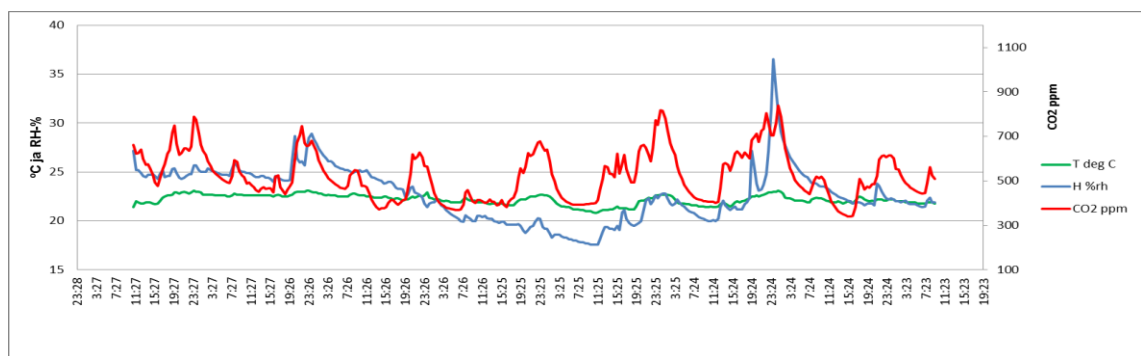


Kuva 14. Olohuoneen sisäilman mittaus 2011 (10, s. 12).

Sisäilman olosuhteita mitattiin TSI IAQ-Calc 7525- sisäilman laadun mittarilla. Ulkolämpötilaa mitattiin dataloggerilla, joka sijoitettiin talon puutarhaan puuhun noin 1,5 m:n korkeuteen viiden metrin päähän talon ulkoseinästä.

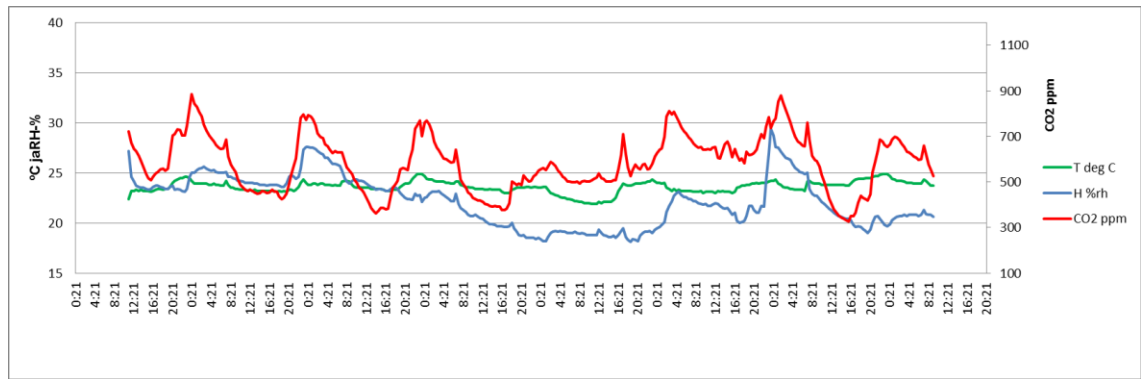


Kuva 15. Sisäilmanmittareiden sijainnit

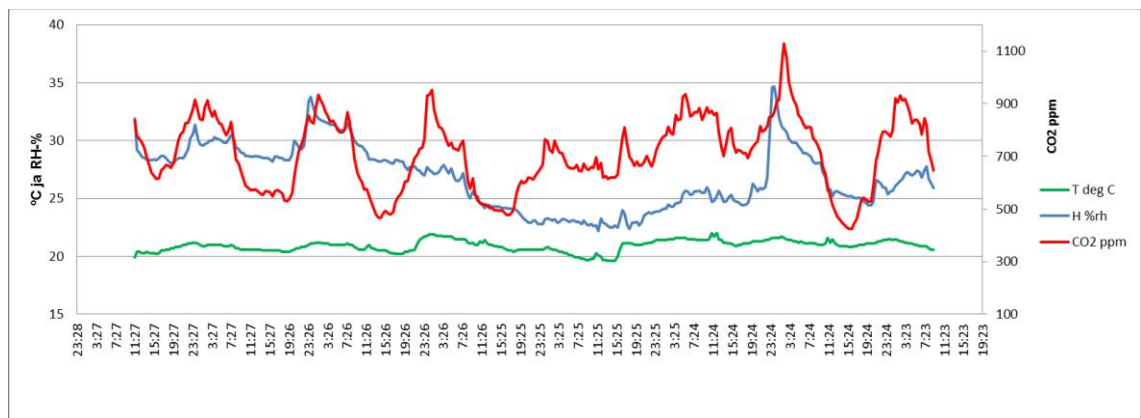


Kuva 16. Olohuoneen ilman lämpötilä, kosteusprosentti ja CO<sub>2</sub> pitoisuus

Taulukossa vasemmalla pystyasteikolla on esitetty sisäilman lämpötilä (°C) lämpötilä ja suhteellinen kosteus (%) sekä oikealla CO<sub>2</sub>-pitoisuus (ppm). Vaaka-asteikolla on aika.



Kuva 17. Isomman makuuhuoneen lämpötilä, kosteusprosentti ja CO<sub>2</sub>-pitoisuus



Kuva 18. Pienemmän makuuhuoneen lämpötilä, kosteusprosentti ja CO<sub>2</sub>-pitoisuus

Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilä on mittausjaksolla 21...25 °C. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan sisäilman hiilidioksidipitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana saa olla yleensä enintään 2 160 mg/m<sup>3</sup> (1 200 ppm) (7.). Sisäilman CO<sub>2</sub>-pitoisuus mittauspisteissä pysytteli lähes koko jakson ajan alle 1 000 ppm:ssä.

## 5 Laskelmat

### 5.1 Normeerattu lämmitysenergia

Tässä menetelmässä vertaillaan kuukausittaista lämmitysenergian kulutusta ennen ja jälkeen maalämpöpumpun asennuksen. Lämmitysenergian kulutus normeerataan normaalikuukauden lämmitystarpeen suhteen. Lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen kunkin kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Kuukauden lämmitystarveluku ( $S_t$ ) on vuorokausien lämmitystarvelukujen summa. Normaalivuosien 1971–2000 kuukausikohtaiset lämmitystarveluvut ( $S_n$ ). Laskennassa on käytetty Helsinki-Vantaan lentoaseman lukuja. Nämä tiedot on saatu Ilmatieteen laitokselta. Sähkökulutustiedot on saatu Helsingin Energialta.

Energiankulutukset normeerataan kaavoilla (1) ja (2)

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{kok}} - Q_{\text{kt}} - Q_{\text{lkv}} \quad (1)$$

$$Q_n = S_n / S_t * Q_{\text{tot}} \quad (2)$$

missä

$Q_{\text{kok}}$	kokonaissähkökulutus, kWh
$Q_{\text{kt}}$	kotitaloussähkö, kWh
$Q_{\text{lkv}}$	käyttöveden lämmittämisen vaatima energia, kWh
$Q_{\text{tot}}$	rakennuksen tilojen lämmittämiseen vaatima energia, kWh
$Q_n$	rakennuksen normeerattu lämmitysenergiankulutus, kWh
$S_n$	normaalikuukauden (1971-2000) lämmitystarveluku, °C vrk
$S_t$	toteutunut lämmitystarveluku °C vrk

Kuukausittainen sähkökulutus on saatu Helsingin Energian etäluettavavasta kulutusmittarista. Mittari on asennettu kiinteistöön 2.11.2011. Marraskuun 2011 kulutukseen on lisätty puuttuva 59 tuntia käyttäen marraskuun keskikulutusta.

Kotitaloussähkön määrittämisessä on käytetty hyväksi Suomen rakentamismääräyskoelman D5 ohjearvoja. (8, s. 37.)

Taulukko 2. Kotitaloussähkön kulutuksen tunnusluvut

Kulutukset D5:n mukaan					
Valaistus		10W/m <sup>2</sup>	200m <sup>2</sup>	0,228311	kWh
Mikroaaltouuni		55	kWh/v	0,006279	kWh
Liesi		520	kWh/v	0,059361	kWh
Astianpesukone		250	kWh/v	0,028539	kWh
Pesukone		240	kWh/v	0,027397	kWh
Kuivausrumpu		300	kWh/v	0,034247	kWh
Jääkaappiakastin		720	kWh/v	0,082192	kWh
Toimisto PC		430	kWh/v	0,049087	kWh
Koti PC:t	2x	80	kWh/v	0,009132	kWh
Muut arvioidut kulutukset					
Viihdekeskus		0,077	kWh	0,077	kWh
WLANx3		0,027	kWh	0,027	kWh
$\Phi_{kt}$				0,628543	kW

Taulukko 3. Lämpimän käyttöveden valmistuksen energiantarve

Lämpötilaero dt		50 °C			
Veden vuosikulu- tus		115	m <sup>3</sup> /v	315,07	l/d
Lämpimän käyttöveden osuus 40 %				126,03	l/d
$Q_{lkv1}=qv \cdot 4,18 \cdot dt^*/3600$				7,32	kWh/d
$\Phi_{lkv1}$				0,30	kW

Tekniikan Maalima testasi maalämpöpumppujen COP-arvoja, ja esitteli testitulokset numerossa 18E/2012(9.). COP-arvo on riippuvainen maapiirin tulolämpötilasta ja lämpimän käyttöveden lämpötilasta. Maapiirin lämpötilaksi on oletettu laskelmissa 0 °C. Käyttöveden lämpötila on 55 °C. Taulukosta COP-arvoksi saadaan 2,5 (9, s.17).

Taulukko 4. Lämmin käyttövesi maalämpöpumpun jälkeen

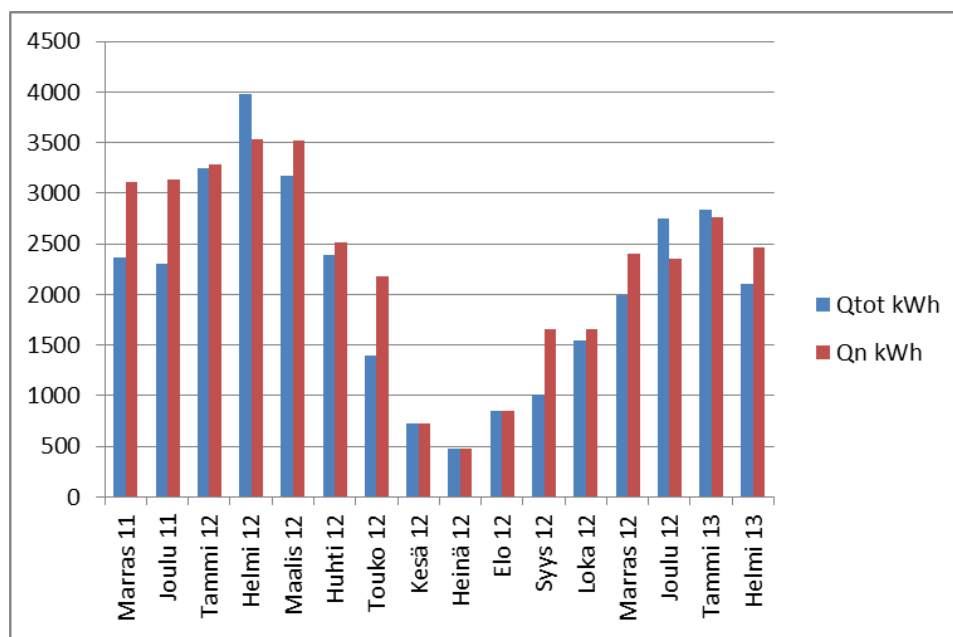
Maalämpöpumpun COP 2,5					
$\Phi_{lkv2}=\Phi_{lkv1}/2,5$				0,12	kW

Taulukko 5. Lämmin käyttövesi ja kotitaloussähkö yhteensä

$Q_{kt}+Q_{lkv1}$	0,93	kW
$\Phi_{kt}+\Phi_{lkv2}$	0,75	kW

Taulukko 6. Normeeratut kulutukset kuukausittain

Kuukausi	$Q_{\text{kok}}$ kWh	$Q_{\text{lkv}}+Q_{\text{kt}}$ kWh	$Q_{\text{tot}}$ kWh	$S_t$	$S_n$	Kerroin	$Q_n$ kWh
Marras 11	3040,56	672,05	2368,51	383	502	1,31	3104,42
Joulu 11	2972,98	672,05	2300,93	463	631	1,36	3135,83
Tammi 12	3919,29	672,05	3247,24	683	691	1,01	3285,28
Helmi 12	4646,99	672,05	3974,94	728	647	0,89	3532,67
Maalis 12	3844,60	672,05	3172,55	535	593	1,11	3516,49
Huhti 12	3060,22	672,05	2388,17	382	402	1,05	2513,21
Touko 12	1937,83	540,35	1397,48	106	165	1,56	2175,32
Kesä 12	1263,37	540,35	723,02	15	15	1,00	723,02
Heinä 12	1012,49	540,35	472,14	1	1	1,00	472,14
Elo 12	1385,08	540,35	844,73	6	6	1,00	844,73
Syys 12	1555,86	540,35	1015,51	113	185	1,64	1662,56
Loka 12	2090,50	540,35	1550,15	340	364	1,07	1659,57
Marras 12	2528,03	540,35	1987,68	415	502	1,21	2404,37
Joulu 12	3285,25	540,35	2744,90	736	631	0,86	2353,30
Tammi 13	3378,83	540,35	2838,48	711	691	0,97	2758,63
Helmi 13	2650,45	540,35	2110,10	554	647	1,17	2464,32



Kuva 19. Normeeruksen kulutukset kuukausittain

Yleisin tapa kuvata säästöjä on vertailla kokonaiskulutuksen laskua.

Taulukko 7. Kokonaiskulutus

Kuukausi	Qkok11...12 kWh	Qkok12...13 kWh	Säästö %
Marras	3041	2528	17
Joulu	2973	3285	-11
Tammi	3919	3379	14
Helmi	4647	2650	43
Säästöt keskimäärin			16

Normeerattu kulutus on parempi tapa tarkastella kulutuksen laskua.

Taulukko 8. Normeerattu lämmitysenergiankulutus

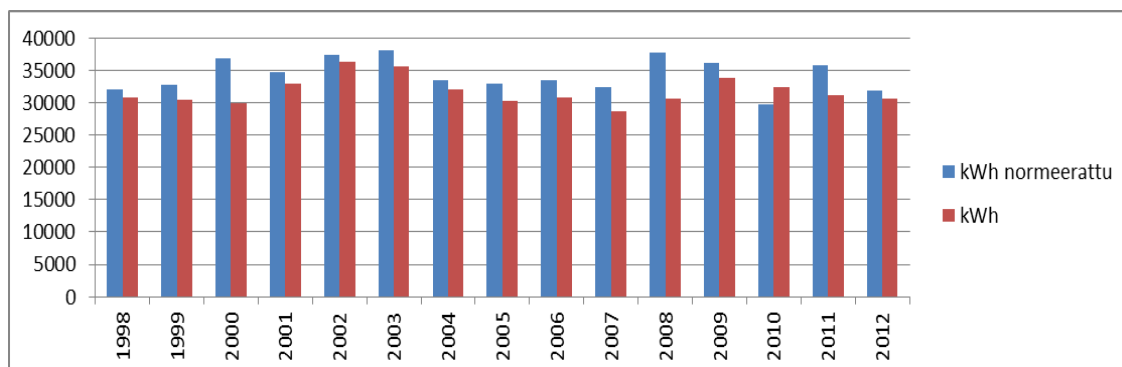
Kuukausi	Qn11...12 kWh	Qn12...13 kWh	Säästö %
Marras	3104	2404	23
Joulu	3136	2353	25
Tammi	3285	2759	16
Helmi	3533	2464	30
Säästöt keskimäärin			23

Keskimääräinen säästö lämmitysenergiaan ( $Q_l$ ) oli 23 %. Lämpöenergian osuus kokonaiskulutuksesta on 77 %. Säästö kokonaiskulutuksesta tulee 17,7 %. Kokonaissäästöksi saadaan 22,2 %.



## 5.2 Kokonaiskulutus

Kulutuslukemat on saatu jakamalla kulutusmittarin lukema lukemavälin päivien lukumäärällä ja kertomalla se vuoden päivien lukumäärällä.



Kuva 20. Normeerauksen vaikutus kulutuslukuihin

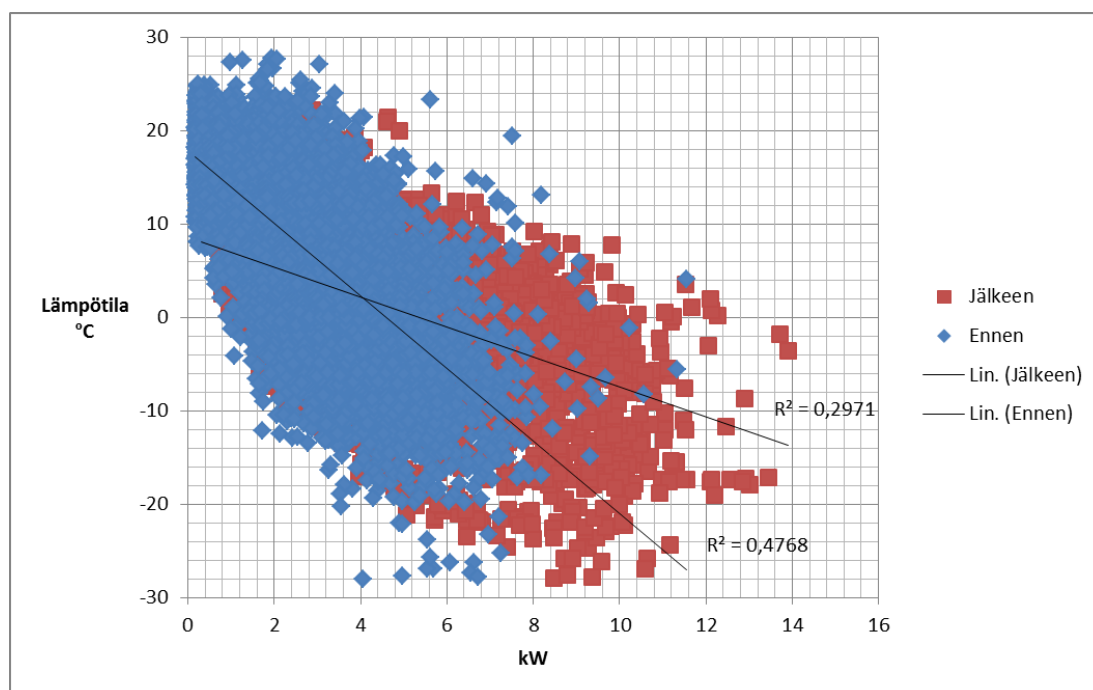
Ilmalämpöpumppu on hankittu 18.4.2004 sen vaikutuksen huomaa vuosien 2004...2007 sähkön kulutuksessa. Takan käytön vuosittaiset vaihtelut voivat selittää sähkönkulutuksen vaihtelut.

## 5.3 Regressioanalyysi

Lämpötilan ja sähkönkulutuksen välistä riippuvuutta on selvitetty regressioanalyysillä. Lähtötietoina on käytetty Helsinki-Vantaan lentoaseman tuntisia lämpötilatietoja. Nämä tiedot on saatu Ilmatieteen laitokselta. Tuntien sähkönkulutus on saatu Helsingin Energian etäluettavavasta kulutusmittarista. Mitä kauempana korrelaatiokerroin on nolasta, sitä voimakkaammasta lineaarisesta yhteydestä on kyse. Yksiselitteistä sääntöä korrelaatiokertoimen arvon tulkitsemiseksi ei ole. Karkealla tasolla voidaan kertoimen itseisarvolle käyttää seuraavia arvoja:

- $|r| < 0,3$  muuttujien välillä ei ole juurikaan lineaarista yhteyttä
- $0,3 < |r| < 0,7$  muuttujien välillä on jonkin verran lineaarista yhteyttä
- $|r| > 0,7$  muuttujien välillä on selvä lineaarinen yhteys (10.)

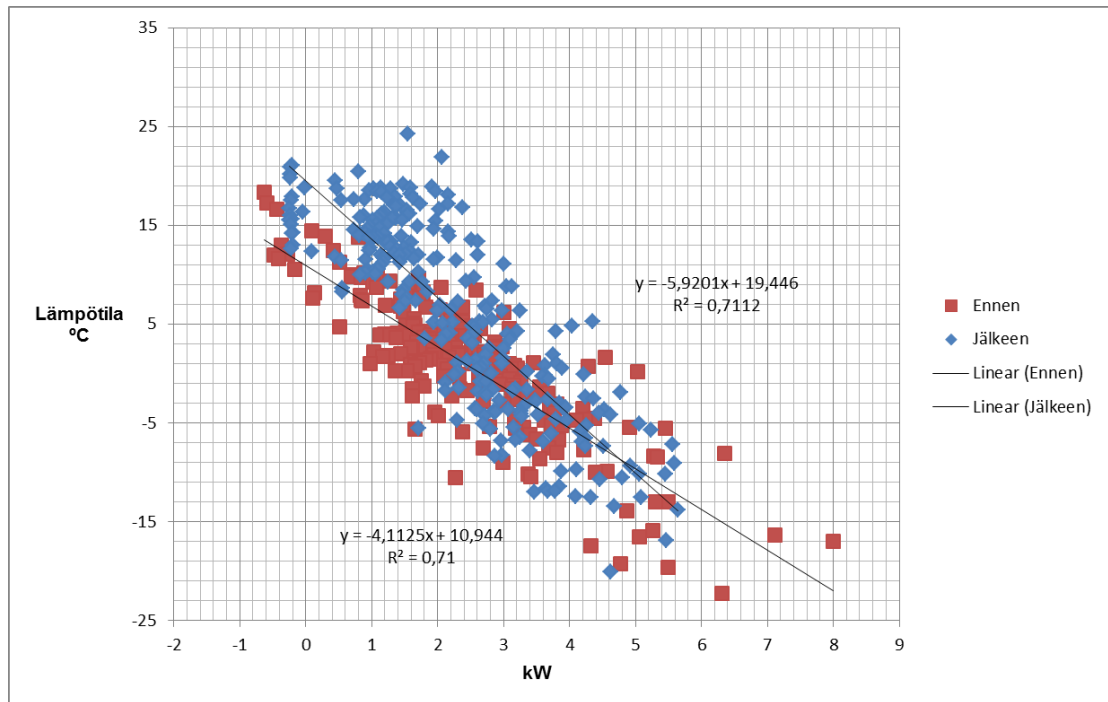
Kuvassa 21 on esitetty tunnitaiten sähkönkulutuksien ja vastaavien ulkolämpötilojen riippuvuus.



Kuva 21. Mittaustulokset tunneittain ennen ja jälkeen maalämpöpumpun asennuksen

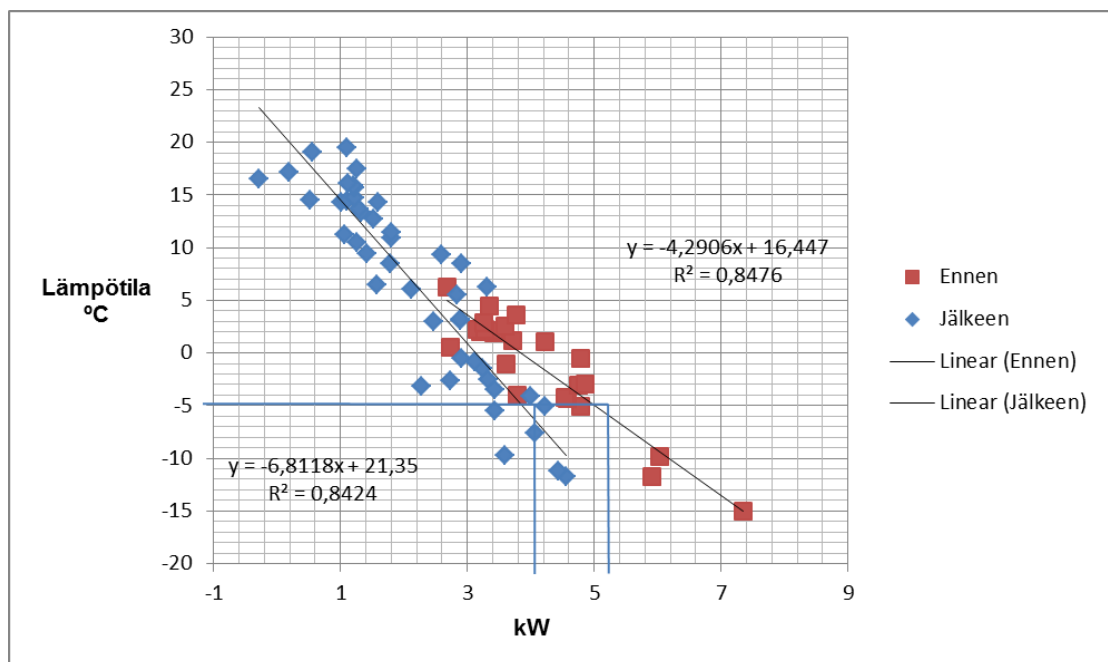
Kuvassa 21 nähdään, että korrelaatio on heikko. Tilastollisesti  $|r|$  on ennen lämpöpumpun asennusta noin 0,7 ja asennuksen jälkeen noin 0,55. Tehontarve vaihtelee suuresti isojen sähköntarpeen osatekijöiden käynnistymisien ja pysähtymisien mukaan. Takkahuoneen lattialämmitys esimerkiksi ohjattiin päälle yösähkön ajaksi, jolloin lähes vakiosuuruinen teho esiintyy kello 22 aikaan riippumatta ulkolämpötilasta.

Seuraavaksi kuvassa 22 on esitetty vuorokausikulutuksien mukaan lasketun sähkötehon tarpeen ja vuorokauden keskilämpötilan mukainen riippuvuus. Korrelaatiokerroin  $|r|$  on jo yli 0,8. Yksittäisten vuorokausien ero samalla ulkolämpötiloilla on edelleen suuri. Tämä voi aiheutua ulkoisista tai sisäisistä lämpökuormista, yksittäisten laitteiden päälle/pois-kytkeytymisien vaikutus lienee tässä pienempi.



Kuva 22. Mittaustulokset päivittäin ennen ja jälkeen maalämpöpumpun asennuksen

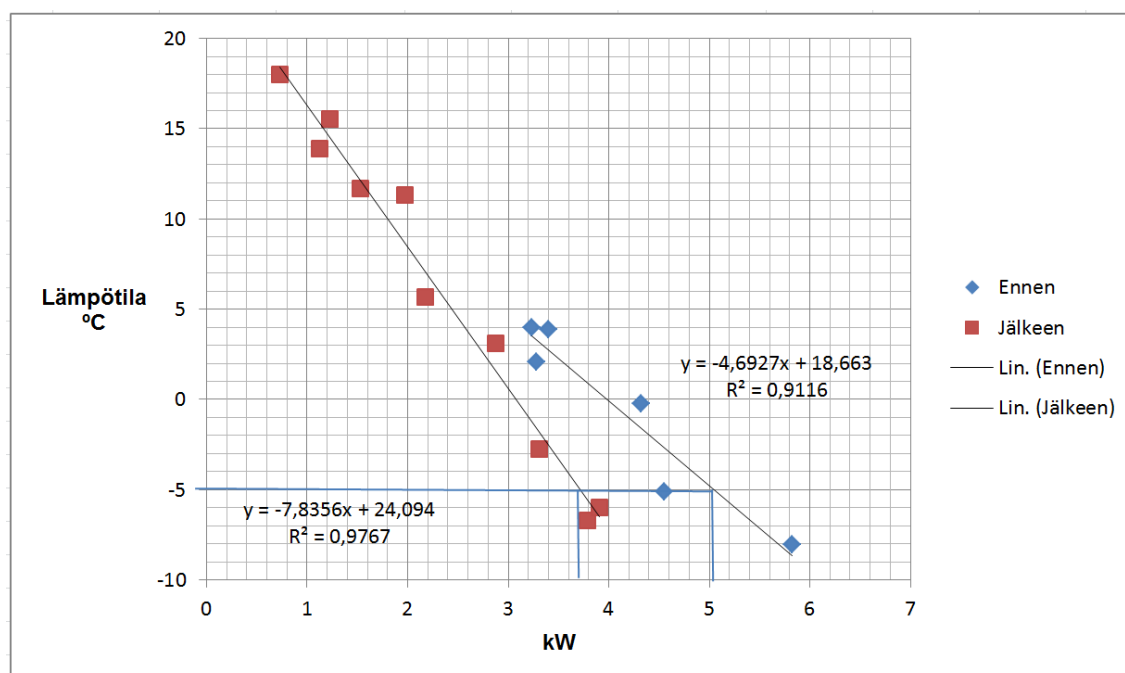
Kuvassa 23 on esitetty vastaavat asiat laskettuna viikoittaisista tiedoista. Korrelaatiokerroin  $|r|$  on jo yli 0,9, ja se on samaa luokkaa tilanteelle ennen lämpöpumpun asennusta ja tilanteelle lämpöpumpun asennuksen jälkeen.



Kuva 23. Mittaustulokset viikoittain ennen ja jälkeen maalämpöpumpun asennuksen

Pisteet edustavat tilojen lämmittämisen sähkötehontarvetta. Kotitaloussähkön ja lämpimän käyttöveden valmistamisen osuudet on vähennetty. Kuvasta nähdään, että tehontarve ulkolämpötilalla - 5 °C on tämän tarkastelun mukaan 3,8 kW lämpöpumpun kanssa ja 5 kW ilman lämpöpumppua. Säästöä 24 %.

Kuvassa 24 on esitetty vastaavat asiat laskettuna kuukausittaisista tiedoista. Korrelaatiokerroin  $|r|$  on jo ennen lämpöpumpun asennusta noin 0,95 ja asennuksen jälkeen yli 0,98.

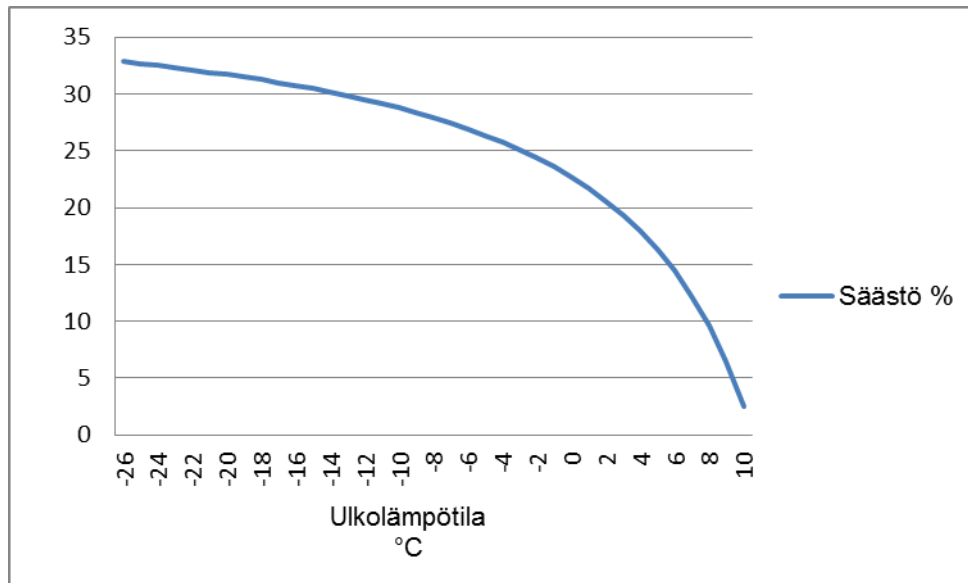


Kuva 24. Mittaustulokset kuukausittain ennen ja jälkeen maalämpöpumpun asennuksen

Tehontarve ulkolämpötilalla -5 °C on tämän tarkastelun mukaan 3,71 kW lämpöpumpun kanssa ja 5,04 kW ilman lämpöpumppua. Säästöä 26 %. Se on samaa luokkaa kuin edellisessä kuvassa.

Seuraavaksi lasketaan sähkönkulutus saatujen kaavojen avulla ennen ja jälkeen lämpöpumpun asennuksen ja siitä säästöprosentti. Tämän jälkeen lasketaan säästöprosentin keskiarvo ja ulkolämpötilan pysyvyyksien mukaan painotettu keskiarvo.

$$P = (\Phi_1 - \Phi_2) / \Phi_1 * 100 \quad (3)$$



Kuva 25. Ukolämpötilan vaikutus säästöprosenttiin

Kuvasta 25 näemme miten lämpötila vaikuttaa säästöprosenttiin. Mitä alhaisempi lämpötila sitä suurempi on säästöprosentti.

$$K_{a1} = \Sigma P / n \quad (4)$$

$$K_{a1} = 25 \%$$

$$K_{a2} = \Sigma (S * h) / \Sigma h * 100 \quad (5)$$

missä

$\Phi_1$  Sähkönkulutus ennen maalämpöpumppua eri lämpötiloissa kW

$\Phi_2$  Sähkönkulutus maalämpöpumpun asennuksen jälkeen eri lämpötiloissa kW

h Vuoden lämpötilapysyvyys tunnit liitteestä 2, h

P Säästöprosentti (3)

n Säästöprosentti lukemien lukumäärä

$K_{a1}$  Säästöprosenttien aritmeettinen keskiarvo (4)

$K_{a2}$  Säästöprosenttien lämpötilapainotettu vuosikeskiarvo (5)

$$K_{a2} = 20 \%$$

#### 5.4 Yhteenveto

Eri menetelmillä laskettuna vuotuinen sähkön säästöprosentti vaihteli välillä 20...26 %. Mitä matalampi lämpötila on, sitä suurempi on säästöprosentti. Kotitaloussähkön osuus vaihtelee vuorokauden eri aikoina. Mitä pidempi mittausjakso on, sitä vähemmän kotitaloussähkön vaihtelut vaikuttavat sähkönkulutuksen vaihteluun. Jakson minimipituus on viikko, jos pyritään hyvään korrelaatioon.

## 6 Palvelukonseptin kehittäminen

Työssä haastattelin palveluntarjoaja Seneran edustajaa sähköpostitse kyselykaavakkeella. Hänen mielestään kokonaisaikataulu tulisi saada lyhyemmäksi. Ko. projektissa aikataulua venytti suurilta osin rakennuslupaprosessi sekä asiakkaan tekemien työsuoritusten eteneminen. Projektin alussa tulisi pitää vielä lisäksi oma kokous liittyen aikataulutukseen ja vaiheisiin. Oman hankaluuden aikatauluun aiheutti lupaprosessi. Kokonaisuutena prosessi oli ok, mutta aikataulutukseen tulisi puoleltamme kiinnittää suurempaa huomioita ja sitouttaa asiakas aikatauluun sekä suunnitelmiin, jotka on hyväksytyt. Senera tekee myös jatkossa vastaavia järjestelmiä ja kehittää prosessia tällaisiin kohteisiin jatkuvasti, jotta prosessista tulisi kustannustehokas.

Asukasta haastateltiin myös tutkimushankeen puitteissa EEmontti-projektin loppuraporttia varten puhelimitse. Projektin aikataulu venyi pitkälle yli suunnitellun johtuen rakennuslupaprosessista. Aikataulua venytti myös se, että asukas poisti omana työnä vanhan parketin, koska olohuoneeseen asennettiin lattialämmitys. Toisaalta urakoitsija osoitti joustavuutta aloittamalla asennukset viikkoa ennen sovittua aikaa, koska talon vanha LV-varaaja alkoi vuotaa. Remonttitoiden kestoaikaa asukas piti sopivana, ja urakoitsija tiedotti hyvin työvaiheista. Varsinaista asumishaittaa töistä ei juuri aiheutunut, koska asennukset tehtiin enimmäkseen talon kellarissa. Haitat kohdistuivat lähinnä niihin osuuksiin, jotka asukas teki omana työnä. Työturvallisuudesta urakoitsija piti asukkaan mukaan hyvää huolta, eikä pölystä tai melustakaan ollut urakoitsijan työosuuksissa haittaa. Asukas on tyytyväinen työn laatuun ja saamaansa opastukseen laitteista, jota olisi hänen mukaansa ollut enemmänkin tarjolla. Suurimpana ongelmana hän pitää kellariin jäänyttä sähköistä lattialämmitystä, joka on talvisin käytännössä aina päällä. Aikomuksena on tulevaisuudessa uusida se vesikiertoiseksi ja liittää lämpöpumpun verkostoon. Keittiöön on myös tulossa vesikiertoinen lämmityspatteri, jolloin keittiöön jääneen sähköisen lattialämmityksen käyttöä voidaan rajoittaa aamuiksi ja illoiksi. Keittiön lattian pintamateriaali on keraaminen laatta, ja asukas haluaa mukavuussyistä säilyttää siinä lattialämmityksen. Lattia on uusittu hiljattain, joten vesikiertoinen lattialämmitys ei siellä tule kyseeseen. Autotalliin asennettu puhallinpatteri toimii hyvin ja tehoa olisi riittävästi muidenkin kellarin tilojen lämmittämiseen, mutta palo-osastoinnin takia käyttö rajoittuu autotalliin. Talven kylmimmillä ilmoilla perheen tyttäret ottivat makuuhuoneissaan käyttöön siirrettävät sähköpatterit.

Remontin taloudesta asukkaalla on pessimistinen käsitys, hänen laskelmiensa mukaan takaisinmaksuaika ylittää laitteiden teknisen kestoiän. Remontin lopulliset kustannukset ylittivät kilpailuvaiheessa tiedossa olleet summat selvästi. Palvelukonsepti sinänsä toimi tässä kohteessa hyvin, koska suurin ongelma oli hankkeen viivästyminen, ja se aiheutui urakoitsijasta riippumattomista syistä. Urakoitsijasta riippuvat asiat hoituivat mallikelpoisesti.



## 7 Yhteenveto

Suomessa on yli miljoona erillispientaloa. Näistä noin 500 000 on suorasähkölämmitteisiä pientaloja, joiden energiankulutus ei vastaa nykypäivän EU-standardeja. Pelkästään asuintalojen lämmitykseen kuluu Suomessa lähes viidennes kaikesta energianloppukäytöstä ja asumiseen kulutetusta energiasta noin puolet muodostuu lämmityksestä ja ilmanvaihdosta.

Tämän insinööriyön aineisto on kerätty EEmontti-kilpailun aikana. EEmontti tulee sanasta EnergiarEmontti. Green Net Finland ry ja Sitra järjestävät yhteistyössä EEmontti – Lämmityskulut puoleen kilpailun. Kilpailu oli suunnattu energiaremontteja tarjoaville yrityksille. Tavoitteena oli kerätä hyviä teknisiä esimerkkiratkaisuja pientalojen energiaremontteihin. Tavoitteen toteutuessa se merkitsee omakotiasujille entistä kokonaisvaltaisempien ja kohtuuhintaisten palvelujen saatavuutta yhdeltä luukulta. Palveluntarjoajille esimerkkiremonttien ratkaisumallit muodostavat aineiston, joita voidaan käyttää seuraavissa kohteissa. Asiantuntijat valitsivat kilpailuun neljä eri-ikäistä sähkölämmitteistä taloa, joissa ei ole vesikieroista lämmitysjärjestelmää (1.). Metropolia Ammattikorkeakoulun osuus liittyy projektin tekniseen osaan, jossa rahoittajana oli TEKES. Osuudessa selvitettiin remonttien toteutusta, laadittiin asennettujen järjestelmien tekniset kuvaukset ja arvioitiin remonteilla saatavia säästöjä. Kohteista kolme toteutettiin.

Tavoitteena on selvittää yhden kohdekiinteistön energian säästö käyttäen hyväksi kohteesta mitattua sähkönkulutustietoa ja omia mittauksia sekä yleisesti saatavilla olevaa tilastotietoa. Lisäksi selvitettiin remontin vaikutuksia sisäilmastoon ja palvelukonseptin kehittämiskarpeita.

Kohderakennus on 1960-luvun omakotitalo Pohjois-Helsingissä. Rakennus on 1,5-kerroksinen, ja sen pinta-ala on 250 m<sup>2</sup>. Lisäksi rakennukseen kuuluu kellarikerros, jossa on puolilämmin autotalli. Rakennuksen piha-alue sijoittuu rakennuksen ympärille. Rakennuksessa asuu kaksi aikuista ja kaksi teini-ikäisiä nuorta.

Rakennukseen asennettiin maalämpöpumppu, jonka lämmönlähteenä on kaksi tontille porattua lämpökaivoa. Lämpöpumpulla lämmitetään sekä lämmitysverkostovettä että käyttövettä. Olohuoneeseen ja yläkerran kylpyhuoneeseen asennettiin vesikiertoinen lattialämmitys. Keittiön ja kellarin sähköiset lattialämmitykset sekä keittiön sähköpatteri jäivät ennalleen, mutta kaksi viimeksi mainittua on tarkoitus jatkossa muuttaa vesikier-

toiseksi ja liittää lämpöpumpun verkostoon. Ilmalämpöpumppu jää kesäaikaista viilennystarvetta varten.

Menetelminä käytettiin normaalin kuukauden lämpötilaan normeerattua lämmitysenergian kulutusta ja tilastollista regressioanalyysiä.

EEmontti projektin tavoite on haastava, koska Suomen pientalojen rakennuskanta on niin moninainen.

Sähkönkulutuksia mitattiin viikon ajan kulutuksien jakautumisen selvittämiseksi lämmitys- ja kotitaloussähkön kesken. Lisäksi mitattiin kohteen sisäolosuhteita.

Energian säästöä tutkittiin eri tavoin, ja sähkönsäästöprosentti lämmitykseen vaihteli välillä 20..26 %.

Sisäolosuhteisiin remontilla ei ollut merkittävää vaikutusta.

Mittauksissa kävi selvästi ilmi, että autotallin katossa olevat patteriverkon putket pitää ensi tilassa eristää ja hankkia autotalliin lämmönlähde, jolla lämmitetään autotalli tarvittaessa. Autotallin lämmitykseen on nyt asukkaan mukaan hankittu puhallinpatteri.

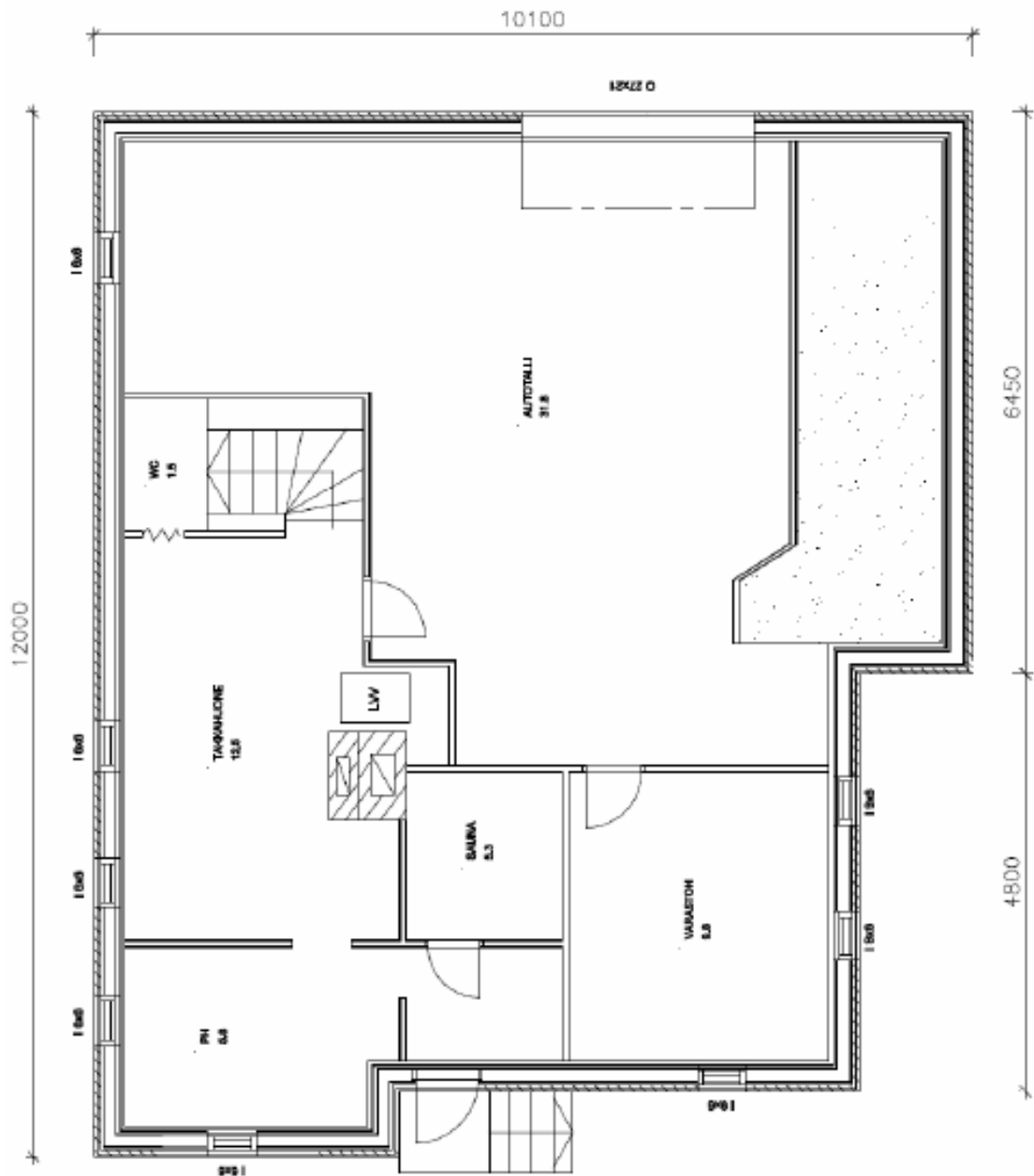
Remontin aloittaminen viivästyi useita kuukausia pääasiassa rakennuslupaprosessin takia. Asukas pystyi asumaan talossa koko remontin ajan ja oli lopputulokseen tyytyväinen

## Lähteet

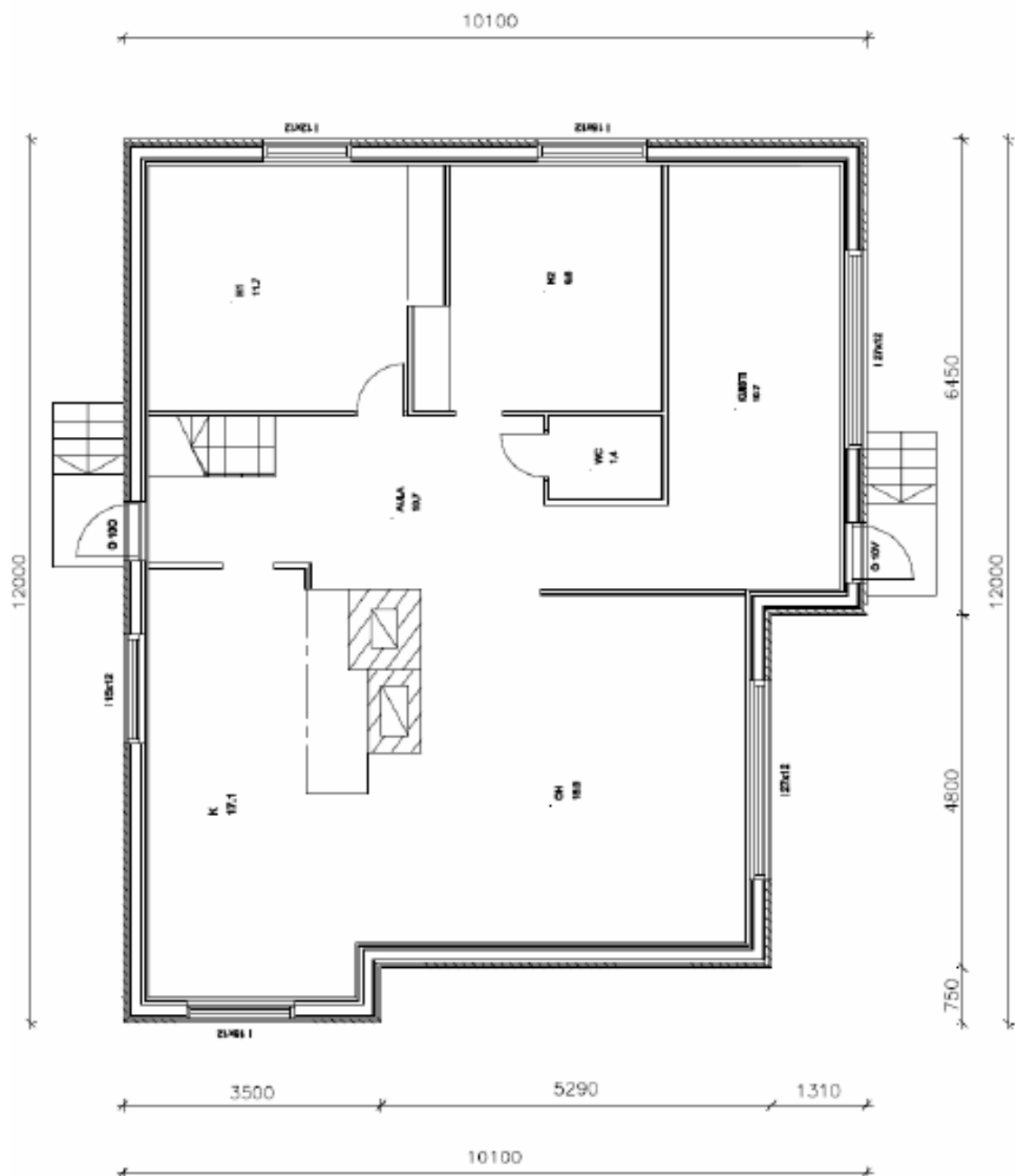
- 1 EEMontti-kilpailu käynnistyy 15.09.2011. Verkkodokumentti. Green Net Finland. [http://www.eemontti.fi/?page\\_id=109](http://www.eemontti.fi/?page_id=109). Luettu 13.04.2013.
- 2 von Hellens, Saija. 2013. Sähkölämmitteisen pientalon energiaremontti. Insinööri-työ. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 3 IVT GREENLINE HE Installations Manual Greenline HE. Verkkodokumentti. IVT. <http://www.ivt.se/pages/Documents.asp?InglID=88&IngLangID=1>. Luettu 30.04.2013
- 4 IVT PremiumLine EQ-Energiatehokkain maalämpöpumppu. Verkkodokumentti. IVT. <http://www.ivt.fi/pages/product.asp?InglID=345&IngLangID=1>. Luettu 30.04.2013
- 5 Kylmäsovellusten scroll-kompressorit. Verkkodokumentti. Danfoss. [http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/D42A573B-D423-42A4-B366-9B9EF12272C8/0/scroll\\_textFIN.pdf](http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/D42A573B-D423-42A4-B366-9B9EF12272C8/0/scroll_textFIN.pdf). Luettu 30.04.2013
- 6 Teollisuustuotteet Tuotetiedot. Verkkodokumentti. Altia. [http://www.altiacorporation.fi/connect/9a899cd4-8fc7-49a5-b827-3330cb15e080/altia+tuotekansio+4\\_11+org+.pdf?MOD=AJPERES](http://www.altiacorporation.fi/connect/9a899cd4-8fc7-49a5-b827-3330cb15e080/altia+tuotekansio+4_11+org+.pdf?MOD=AJPERES) Luettu 12.05.2013
- 7 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010. Määräykset ja ohjeet 2010. Suomenrakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 8 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2007. Määräykset ja ohjeet 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 9 Tekniikan Maailma 18E 2012. Otavamedia 2012
- 10 Korrelaatio. Verkkodokumentti. Digma Avoin yhteisöllinen oppimisympäristö <http://www2.amk.fi/mater/tutkimusmenetelmat/kvantitat/kuvailu/korre.htm>. Luettu 17.04.2013.
- 11 Lämpöpumppujen energialaskentaopas. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/l%C3%A4mp%C3%B6pumppujen%20energi%C3%A4laskentaopas.pdf>. Luettu 26.04.2013.
- 12 Hakaneva, Petri. 2012. Pientalon energiankulutus ja energiatehokkuuden parantaminen. Insinööri-työ. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

# Pohjapiirustukset

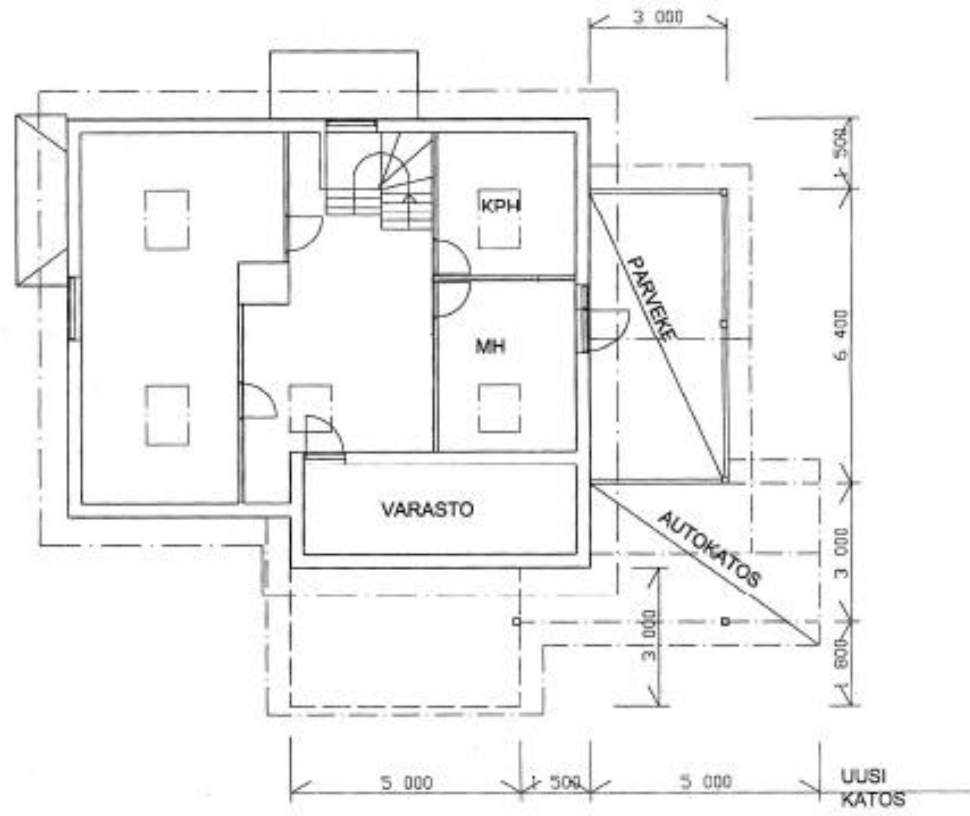
pohjakerros



1. kerros



2. kerros



## Lämpötilanpysyvyys

## LIITE 2

## Sää tiedot

Oheisissa sää tiedoissa lämpötilan pysyvyystiedot perustuvat Suomen energialaskennan referenssivuoden (D3 2012) tunnitaisiin ulkolämpötiloihin.

## Säävyöhykkeet I ja II

Ulkoilman lämpötilä Tu, °C	Lämpötilavälin kesto h	Kumulatiivinen lämpötilavälin kesto h	DH (20 °C) astetunnit °Ch	Kumulatiivinen DH (20 °C) kumulatiiviset astetunnit °Ch
-22	0	0	0	0
-21	7	7	287	287
-20	19	26	771	1058
-19	23	49	888	1946
-18	21	70	799	2745
-17	30	100	1102	3847
-16	55	155	1987	5834
-15	83	238	2913	8747
-14	63	301	2144	10891
-13	72	373	2370	13262
-12	52	425	1654	14916
-11	49	474	1521	16436
-10	49	523	1472	17908
-9	76	599	2210	20118
-8	124	724	3483	23601
-7	146	870	3950	27551
-6	169	1039	4396	31947
-5	174	1213	4358	36305
-4	193	1406	4625	40930
-3	214	1620	4916	45846
-2	237	1856	5203	51050
-1	301	2158	6328	57378
0	519	2676	10372	67750
1	494	3170	9387	77137
2	460	3630	8278	85415
3	354	3984	6016	91432
4	280	4264	4485	95917
5	301	4566	4520	100437
6	279	4844	3900	104337
7	300	5144	3895	108232
8	280	5424	3364	111596
9	285	5709	3132	114727
10	290	5999	2900	117627
11	293	6292	2641	120268
12	293	6585	2341	122608
13	322	6907	2257	124865
14	297	7204	1782	126647
15	291	7495	1454	128101
16	309	7804	1237	129338
17	209	8014	628	129966
18	180	8194	361	130327
19	160	8354	160	130487
20	142	8496	0	130487
21	98	8594	0	130487
22	48	8643	0	130487
23	41	8684	0	130487
24	29	8713	0	130487
25	33	8746	0	130487
26	6	8752	0	130487
27	3	8755	0	130487
28	5	8760	0	130487

## Säästölaskelma

**VPW 2100** ID 2012-04-10 10:32:14 **VPW2100**

**Valittu sijainti** Finland - Helsinki-Vantaa **Ilmastotiedot METEONORM**

Uudisrakennus (Lasketaan huipputehon mukaan)  
 Olemassa oleva talo tai tiedossa oleva energian kulutus

Talo: Omakotitalo Rakennusvuosi: 1959  
Talon tyyppi: Kaksikerroksinen talo ullakolla Lämmitettävä pinta-ala: 351 m<sup>2</sup>

**Energian kulutus**

Sähkön kokonaiskulutus 45500 kWh x 0,12 €/kWh josta taloussähkön osuus 6500 kWh.  
 Sähkö as additional heat source

Muu energian kulutus	Hinta	Hyötysuhde	Lisälämmöntarve
<input type="text"/> m <sup>3</sup> öljyn kulutus/vuosi	<input type="text"/> €/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> %	<input type="radio"/> Öljy
<input type="text"/> m <sup>3</sup> polttopuun kulutus/vuosi	<input type="text"/> €/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> %	<input type="radio"/> Lämmityspuu
<input type="text"/> m <sup>3</sup> kaasun kulutus/vuosi	<input type="text"/> €/m <sup>3</sup>	<input type="text"/> %	<input type="radio"/> Maakaasu
<input type="text"/> kWh muu energian kulutus/vuosi	<input type="text"/> €/kWh	<input type="text"/> %	<input type="radio"/> Muu kulutus

**Lämmin käyttövesi**

Asuntojen lukumäärä 1 huonelämpötilassa 20 °C  
Asukkaiden määrä 4  Suihku  Amme  Poreamme  
Laskennallinen käyttöveden kulutus 4500 kWh

**Lämpöpumpun tyyppi**

IVT Greenline  IVT Air  
 IVT Poistoilma  IVT PremiumLine  
 Manuaalinen valinta 1 kpl IVT Premiumline EQ C10  
 VBX  ilman VBX:ää  LTO  
Maan tyyppi: Normaali kallio/normaali maa  
Lake heat

**Lämmönlähde**

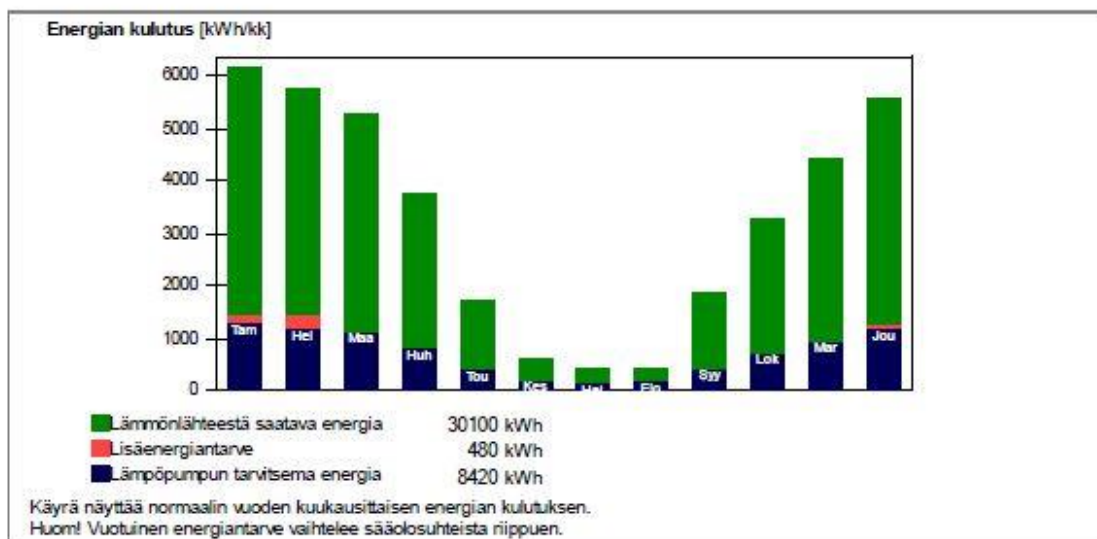
Geoterminen  Ilmanvaihto  Pohjavesi AUTO °C

**Lämmönjakojärjestelmä**

Menoveden lämpötila 35 °C Asumisesta tuleva lämpö 3 °C  
ulkolämpötilan ollessa OUT °C Keruunesteen lämpötila  
Vähimmäis tehopeitto 70 % °C



Laskelman tulos		ID 2012-04-10 10:32:14	VFW2100
<b>1 kpl IVT Premiumline EQ C10</b>			
Talonn tiedot		Version: 2012-03-28 15:45:35	
Laskettu/annettu teho	14.4 kW	Lisälämmitys	3.9 kW
Laskettu/annettu energia	39000 kWh	Lämpöpumpun tarvitsema energia	8420 kWh
Alueen keskilämpötila	4,7 °C	Lisäenergia	480 kWh
DUT	-24.6 °C	Lämmönlähteestä saatava energia	30100 kWh
		Lämpöpumpun käyttöaika	3660 h/v
		Tehon peitto	73 %
		Energian peitto	99 %
<b>Lämmönlähde</b>			
Porakaivon aktiivinen syvyys	236 m	Maaputkiston pituus	810 m
Porakaivojen minimimäärä	2 kpl	Maapiirin lenkkejä min.	2 kpl
Suurin painehäviö	88 kPa	Suurin painehäviö	80 kPa
Lämmönkeruunesteen keskilämpötila	-1 °C	Kompaktikeräimiä	0 kpl
		Lämmitysjärjestelmän minimilavuus	105 litraa
Säästölaskelma pohjautuu asiakkaan antamiin tietoihin. Laskelma on suunta antava.			



Vuotuinen energiankulutus		ID 2012-04-10 10:32:14	VPW2100
<b>Nykyinen lämmitysjärjestelmä</b>			
Ostettavan energian kokonaismäärä		39000 kWh	
<b>Hyötykäytössä oleva energia</b>	=	<b>39000 kWh</b>	
josta 34500 kWh lämmitykselle			
ja 4500 kWh lämpimälle käyttövedelle			
<b>Lämpöpumpulla</b>			
Lämpöpumpulta saatu energia		38520 kWh	
Lisäenergiatarve		480 kWh	
<b>Hyötykäytössä oleva energia</b>		<b>39000 kWh</b>	
Lämpöpumpun kuluttama energia		8420 kWh	
Lisäenergiatarve		480 kWh	
<b>Ostettava energiamäärä lämpöpumpulla</b>		<b>8900 kWh</b>	
Uusiutuva energia (ilmainen energia)		30100 kWh	
<b>Koko säästö lämpöpumpulla verrattuna nykyiseen</b>		<b>30100 kWh</b>	
<b>Puhdas säästö lämpöpumpulla verrattuna nykyiseen</b>		<b>30100 kWh</b>	

Taloussähkön kulutusta ei ole huomioitu laskelmissa.

Kokonaisenergiankulutuksesta on vähennetty lämpöhäviöt, joita ei voita hyödyntää talon lämmitykseen. Esimerkki: Talon lämmitysenergiatarve on 30000 kWh (vastaa 3 m<sup>3</sup> öljyä 100% hyötysuhteella). Öljykattilan hyötysuhde on 75%, joten tarvitaan 4 m<sup>3</sup> öljyä (3/0,75) lämmitykseen. Tämä tarkoittaa, että 1 m<sup>3</sup> ostettua öljyä menee hukkaan.

Laskelmassa lämpöhäviöt sisältyvät kokonaissäästöihin.

Puhtaassa säästössä häviöt eivät sisälly.

Vuotuiset kulut (käyttökulut)		ID 2012-04-10 10:32:14	VPW2100
<b>Nykyiset vuotuiset kulut</b>			
Suora-sähkö 0,12EUR/kWh		4680 EUR	
<b>Tämänhetkiset vuosikulut yhteensä</b>		<b>4680 EUR</b>	
<b>Vuotuiset kulut lämpöpumpulla</b>			
Lämpöpumpun kuluttama energia		1010 EUR	
Lisäenergiankulutus		58 EUR	
<b>Kaikki vuosikulut yhteensä lämpöpumpulla</b>		<b>1068 EUR</b>	
<b>Kaikki säästöt lämpöpumpulla</b>		<b>3612 EUR</b>	

Säästölaskelma pohjautuu asiakkaan antamiin tietoihin. Laskelma on suunta antava.

Taloussähkön kulutusta ei ole huomioitu laskelmissa.