



# **HUOLTOASEMAN ENERGIAE- HOKKUUDEN PARANTAMINEN**

Matti Pekkola

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2015  
Talotekniikan koulutus  
LVI-talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutus  
LVI-talotekniikka

PEKKOLA, MATTI:  
Huoltoaseman energiatehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 1 sivu  
Huhtikuu 2015

---

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin vanhojen huoltoasemien energiatehokkuutta. Tavoitteena oli tutkia, millä keinoilla voidaan parantaa huoltoasemien energiatehokkuutta ja vähentää energian- ja vedenkulutusta. Energiatehokkuuden lisäksi työssä tarkastellaan huoltoasemana toimivan kiinteistön LVI-järjestelmä- ja laitevaatimuksia.

Energiatehokkuuden parantamiskeinoja tarkastellaan työssä huoltoasemana toimivan Cafe Liljan LVI-järjestelmien ja kulutustietojen avulla. Työssä käsitellään Cafe Liljan LVI-järjestelmät ja niiden lämmitysenergiankulutukset. Tarkasteltavat energiatehokkuuden parantamiskeinot ovat lämmitysjärjestelmän perussäätö, lämmitysjärjestelmän vaihtaminen öljylämmityksestä maalämpöön tai kaukolämpöön, aurinkolämmön hyödyntäminen käyttöveden lämmittämisessä, ilmanvaihdon aikaohjaus ja lämmöntalteenoton lisääminen ilmastointiin.

Työssä laskettiin maa- ja aurinkolämpöjärjestelmän, lämmöntalteenoton ja ilmanvaihdon aikaohjauksen tuomat energiansäästöt ja investointikustannukset. Lisäksi laskettiin investointien takaisinmaksuajat. Tulosten perusteella erittäin kannattavia investointeja ovat öljylämmityksen vaihtaminen maalämpöön, lämmöntalteenoton lisääminen ilmanvaihtoon ja ilmanvaihdon pienentäminen käyttöajan ulkopuolella. Aurinkokeräimien käyttäminen lämpimän käyttöveden lämmittämiseen ei tuota tarpeeksi säästöä lämmityskustannuksiin ollakseen kannattava investointi.

---

Asiasanat: huoltoasema, energiatehokkuus, lämmitys, lämmöntalteenotto, maalämpö

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Building Services Engineering  
HVAC Services

PEKKOLA, MATTI:  
Improving of Energy Efficiency in a Service Station

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 1 page  
April 2015

---

The purpose of this thesis is to examine ways to improve energy efficiency of HVAC systems and how to conserve heating energy and water in old service stations. In addition to energy efficiency this thesis also examines the attributes of HVAC-systems in a service station.

The ways to improve energy efficiency are examined with the help of real service station, called Café Lilja and with its HVAC systems and heat energy and water consumption. The thesis examines different ways to improve energy efficiency by changing current oil heating system to a geothermal system, or a centralized heating system, or by utilizing solar heat energy for hot water, installing ventilation time control and heat recovery system and also by performing the initial adjustment of the heating system.

The payback times were calculated for geothermal system, solar heating system and heat recovery system based on the system's energy savings and investment costs. The results show that it is very profitable to invest in geothermal heating system, heat recovery system and ventilation time control system. Utilizing solar heat energy for heating hot water does not produce enough savings to the heating operating costs to be a profitable investment.

---

Key words: energy efficiency, service station, geothermal heating, heat recovery

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	HUOLTOASEMAN LVI-TEKNISET VAATIMUKSET.....	8
2.1	Lämmitys .....	8
2.1.1	Lämmitysjärjestelmät.....	10
2.1.2	Lämmönjakotapa.....	10
2.2	Käyttövesi ja viemärointi.....	10
2.3	Ilmanvaihto .....	11
2.3.1	Ravintolatilat .....	12
2.3.2	Myyvälätilat .....	12
2.3.3	Keittiötilat .....	12
2.3.4	Toimistotilat .....	13
2.3.5	Varastotilat .....	13
2.3.6	Saniteettitilat .....	13
3	ESIMERKKI HUOLTOASEMA.....	14
3.1	Lämmitys .....	14
3.2	Käyttövesi ja viemärointi.....	15
3.3	Ilmanvaihto .....	15
3.3.1	Tuloilman lämmitys .....	16
3.4	Toteutuneet kulutustiedot .....	16
3.4.1	Lämmitys .....	16
3.4.2	Käyttövesi .....	17
3.5	Arvioidut kulutukset .....	17
3.5.1	Lämmöntarveluku .....	17
3.5.2	Lämmityksen koko vuoden kulutus .....	18
3.5.3	Käyttövesi .....	20
3.5.4	Käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia.....	20
3.5.5	Koko vuoden energiankulutus yhteensä.....	20
4	ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN.....	22
4.1	Lämmitys .....	22
4.1.1	Lämmitysverkoston perussäätö.....	22
4.1.2	Maalämpö.....	23
4.1.3	Kaukolämpö .....	24
4.1.4	Aurinkokeräimet .....	25
4.2	Käyttövesi ja viemärointi.....	26
4.2.1	Vesilaitteet.....	26
4.3	Ilmanvaihto .....	27

4.3.1	Lämmöntalteenotto .....	27
5	ENERGIANSÄÄSTÖKEINOT ESIMERKKIKOHTEESSA .....	29
5.1	Maalämpö .....	29
5.1.1	Maalämmönkeruuputkiston mitoitus .....	29
5.1.2	Maalämmön lämmityskustannukset.....	30
5.1.3	Maalämmön investointikustannukset.....	31
5.2	Kaukolämpö.....	31
5.3	Vesilaitteet .....	33
5.4	Aurinkolämmitys .....	33
5.4.1	Aurinkolämmön investointikustannukset .....	36
5.5	Ilmastointi .....	36
5.5.1	Ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysteho lämmöntalteenotolla .....	38
5.5.2	Energiansäästö lämmöntalteenotolla.....	39
5.5.3	Lämmöntalteenoton investointikustannukset.....	41
5.6	Ilmanvaihdon puolittaminen käyttöajan ulkopuolella .....	41
5.7	Yhdistetyt energiansäästökeinot .....	43
6	YHTEENVETO .....	44
	LÄHTEET.....	45
	LIITTEET .....	47
	Liite 1. Helsinki-Vantaan lämmöntarveluvut öljynkulutuksen mittausjaksolta .....	47

**ERITYISSANASTO**

COP	coefficient of performance, lämpöpumpuille ilmoitettu hyötysuhde
LTO	lämmöntalteenotto
SPF-luku	lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökerroin, joka on lämpöpumpulla tuotetun vuotuisen energian suhde lämpöpumpun sekä apulaitteiden vuotuisen sähkönkulutukseen

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan erilaisia keinoja vanhojen huoltoasemien ja liikera-  
kennusten LVI-tekniisten järjestelmien energiatehokkuuden parantamiseen ja energian-  
ja vedenkulutuksen pienentämiseen. Energiatehokkuuden parantamiskeinoja tarkastel-  
laan todellisen huoltoasemana toimivan ja Liljendalissa Loviisassa sijaitsevan Cafe Lil-  
jan kulutustietojen ja LVI-järjestelmien avulla.

Työn ensimmäisessä osiossa ”Huoltoaseman LVI-tekniiset vaatimukset” tarkastellaan  
huoltoasemana toimivan rakennuksen LVI-tekniikalle asettamia LVI-tekniisiä vaatimuk-  
sia, kuten eri tilojen ilmamääriä ja vesikalustemääriä. Esimerkkikohteena olevan Cafe  
Liljan keskeiset LVI-järjestelmät käydään läpi osa-alueittain kohdassa ”Esimerkkihuol-  
toasema” lämmityksen, vesilaitteiston ja ilmanvaihdon osalta.

Kohdassa ”Energiatehokkuuden parantaminen” käydään läpi erilaisia energiatehokkuu-  
den parantamiskeinoja kuten maalämpö, lämmitysjärjestelmän perussäätö, kaukolämpö,  
aurinkolämmitys, vesihanojen vaihtaminen ja lämmöntalteenotto. ”Energiansäästökei-  
not esimerkkikohteessa” kohdassa lasketaan maalämmön, aurinkolämmön, vesilaittei-  
den vaihdon ja lämmöntalteenoton investointikustannukset ja niiden tuomat säästöt.  
Lisäksi kohdan lopussa on laskelma maalämmön, vesilaitteiden ja lämmöntalteenoton  
yhteisvaikutukselle käyttökustannuksiin.

Työn lopussa kerrataan saavutetut energiansäästöt ja takaisinmaksuajat ja pohdiskellaan  
aurinkolämmön hyödyntämistä paremmin rakennuksen lämmityksen ja käyttöveden  
lämmittämisen avuksi.

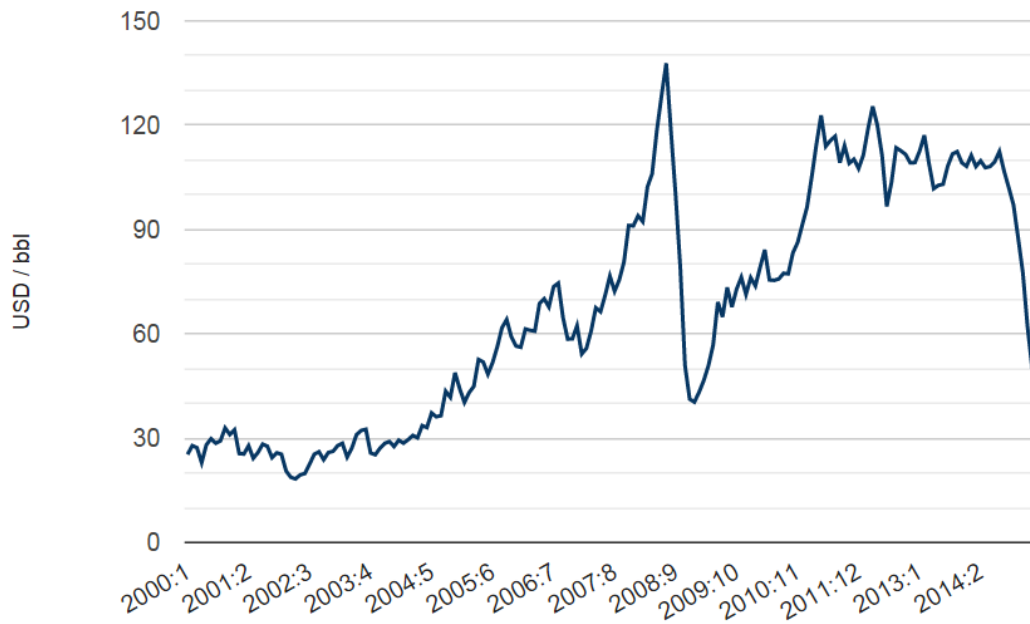
## 2 HUOLTOASEMAN LVI-TEKNISET VAATIMUKSET

### 2.1 Lämmitys

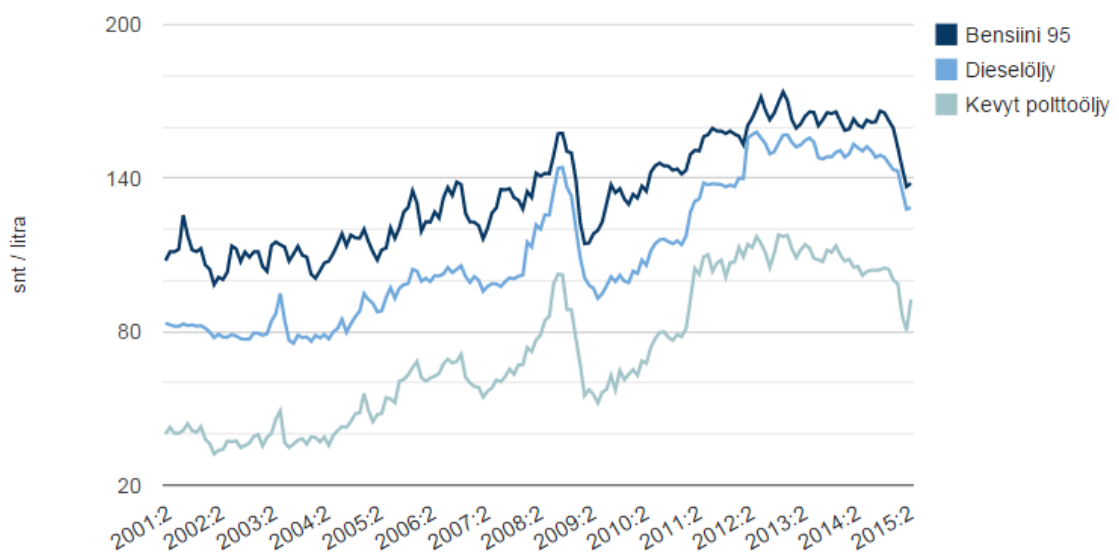
Useimmissa vanhemmissa huoltoasemarakennuksissa on käytössä edelleen öljylämmitys. Tämä johtuu siitä, että huoltoasemien kautta toimitetaan kevyttä polttoöljyä asiakkaille, kuten esimerkiksi kotitalouksille, joten öljyn varastointi ja käyttö myös huoltoaseman lämmitystä varten on helppoa ja vaivatonta.

Yleensä huoltoasemien lämmitysenergian ja -tehon tarve on hyvin suuri, johtuen suurista ikkunoista ja avoimista ja korkeista tiloista ja suuresta ihmisten liikkuvuudesta sisään ja ulos. Suuren energiantarpeen ja öljyn hinnan nousemisen takia vanhojen huoltoasemien kannattaisikin selvittää halvempien käyttökustannusten lämmitysjärjestelmien investointien kannattavuutta. Suuren energiankulutuksen takia investoinnit voivat maksaa kohteesta ja järjestelmästä riippuen itsensä takaisin jopa muutamissa vuosissa.

Tällä hetkellä (helmikuu 2015) kevyen polttoöljyn kuluttajahinta on kuitenkin halvimillaan sitten vuoden 2011, mutta pidemmällä tähtäimellä raakaöljyn ja polttoaineiden hintakehitys on jatkuvasti nousujohteista kuvien 1 ja 2 perusteella. Öljyn hinta on kuitenkin hyvin altis poliittisille ja sotilaallisille uhille tai konflikteille, luonnonmullistuksille ja maailmantalouden suhdannevaihteluille. Lisäksi öljyn tuotantomääriä ohjaa öljyntuottajamaiden järjestö Opec. Suomessa öljytuotteiden hintakehitykseen vaikuttaa myös verotus. Verojen kiristyksillä valtio saa lisätuloja ja ohjaa kulutusta ympäristöystävällisempiin polttoaineisiin ja lämmitysmuotoihin.



KUVA 1. Raakaöljyn hintakehitys vuodesta 2000 vuoteen 2014 Yhdysvaltain dollaria barreliä kohden (<http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/13-raakaoljyn-hintakehitys>).



KUVA 2. Öljytuotteiden kuluttajahintojen kehitys (<http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/12-oljytuotteiden-kuluttajahintojen-kehitys>).

### **2.1.1 Lämmitysjärjestelmät**

Huoltoaseman lämmitysjärjestelmän tulee olla varmatoiminen ja helppohoitoinen, koska huoltoasemat ovat yleensä aamusta myöhään iltaan auki, eikä ongelmatilanteissa myöhään illalla tai aikaisin aamulla ole aina huoltomiestä tavoitettavissa. Huoltoaseman sijainnista riippuen lämmitysjärjestelmäksi sopii maalämpö, kaukolämpö ja öljylämmitys. Suora sähkölämmitys ei ole suotavaa suuren energiankulutuksen takia ja puu- ja pellettilämmitys ovat yleensä melko suurta huolenpitoa vaativia. Monesti huoltoasemien kautta toimitetaan asiakkaille kevyttä polttoöljyä, joten öljyn varastointi ja käyttö myös huoltoaseman lämmitykseen on hyvin helppoa. Maalämmön vaatimille lämpökaivoille on yleensä hyvin tilaa huoltoasemien läheisyydessä, etenkin taajamien ulkopuolella. Taajamissa sijaitsevien huoltoasemien olisi kannattavinta liittyä mahdollisesti paikkakunnalla sijaitsevaan kaukolämpöverkkoon.

### **2.1.2 Lämmönjakotapa**

Huoltoaseman lämmönjakotavaksi sopii perinteisen patterilämmityksen lisäksi myös lattialämmitys. Etenkin uudistuotannossa lattialämmitys on suositeltavaa lämmön tasaisen jakautumisen ansiosta, mutta vanhaa huoltoasemaa saneerattaessa lattialämmitykseen siirtyminen voi olla hyvin kallista. Patterilämmitys taas toisaalta mahdollistaa paremman tilojen muunneltavuuden, elintarvikelinjastot yms. painavat kalusteet ja tarvikkeet voidaan sijoittaa minne tahansa ja tarvittaessa kiinnittää lattiaan ilman lämmitysputkistojen rikkoutumisen riskiä.

## **2.2 Käyttövesi ja viemärointi**

Huoltoasemien vesipisteet tulee olla varmatoimisia ja kestäviä etenkin asiakasvessoissa. Asiakaspaikkojen määrästä riippuen naistenvessassa tulee olla yksi tai useampi wc-pytty ja miesten vessassa yksi tai useampi wc-istuin ja urinaali. Miesten vessoissa urinaalien määrä voidaan korvata osittain wc-istuimilla. Asiakaspaikoista riippuvat wc-istuinten suositellut määrät esitetään taulukossa 1. Henkilökunnalle riittää yksi wc-tila, jossa istuin ja vesipiste, riippuen tietenkin työntekijöiden määrästä ja huoltoaseman

koosta. Isommilla huoltoasemilla on yleensä naisille ja miehille omat pukuhuoneet, joista löytyy useampi wc-istuin.

TAULUKKO 1. Asiakasvessojen wc-istuimet ja urinaalit (RT 94-11164 Ravintolat ja kahvilat 2014, s. 10).

Asiakaspaikat	naiset	miehet	
	wc-istuin	wc-istuin	urinaali
7-25	1 yhteinen		0
26-50	1	1	0
51-100	2	1	1
101-150	3	1	2
151-200	4	2	2
201-250	5	2	3
251-300	5	3	3
301-500	6	3	4

Keittiössä tarvitaan vesipisteitä ruoan laittoa, käsien pesua, astioiden pesemistä varten ja siivousta varten, niitä tulisi olla vähintään kolme kappaletta. Keittiössä sijaitsee myös astianpesukone, joka on huoltoaseman eniten vettä käyttävä laite. Keittiön viemärointi tulisi myös varustaa rasvanerotuskaivolla. Lattiakaivoja keittiössä tulisi olla sen verran, että mistään keittiön osasta ei ole yli neljän metrin matkaa lattiakaivolle (RT 94-11164 Ravintolat ja kahvilat 2014, s. 16).

### 2.3 Ilmanvaihto

Huoltoasemien ilmanvaihto on vanhemmissa rakennuksissa hoidettu yleensä yhdellä tai useammalla tuloilmakoneella ja huippuimureilla. Lämmöntalteenotto puuttuu yleensä kokonaan vanhemmista järjestelmistä ja niissä on usein yksi tai useampi lämpöpatteri, eikä usein ole jäähdytystä ollenkaan. Uudemmissa huoltoasemarakennuksissa ilmanvaihto on useimmiten tehty yhdellä tai useammalla ilmastointikoneella, joka sisältää lämmöntalteenoton ja lämmitys- ja jäähdytyspatterit.

Huoltoaseman ilmastointi voidaan jakaa kuuteen eri vyöhykkeeseen: ravintola, myymälä, keittiö, toimistotilat, varastotilat ja saniteettitilat. Useammalla ilmanvaihtokoneella saavutetaan parempi tilojen ilman olosuhteiden hallinta. Ilmanvaihdon olisi hyvä olla myös tarpeenmukaisesti hallittavissa.

### 2.3.1 Ravintolatilat

Ilmanvaihdon olisi paras olla ravintolassa syrjäyttävällä ilmanjakotavalla toteutettu, jossa ilma tuodaan tilaan lattiatasolle alilämpöisenä. Näin ilma kerrostuu ja ruoan hajut nousevat lämpimämmän ilman mukana ylös, pois oleskeluvyöhykkeeltä. Ravintolavyöhykkeen ulkoilmavirta tulee minimissään olla rakennusmääräyskokoelman D2 liitteen 1 taulukko 4:n mukaan joko henkilömitoituksen mukaan 10 l/s/hlö tai pinta-alan mukaan mitoitettuna 10 l/s/m<sup>2</sup>. Mitoitus tehdään ensisijaisesti henkilömäärän mukaan. Lisäksi ilmanvaihtolaitteiden suurin sallittu äänitaso on 43 dB rakennusmääräyskokoelma osan D2 liitteen 1 taulukon 4 mukaan. Ravintolan tulee olla alipaineinen muihin tiloihin verrattuna ruoan hajujen leviämisen välttämiseksi.

### 2.3.2 Myymälätilat

Huoltoasemien myymälätilojen ilmanvaihto voidaan toteuttaa sekoittavalla ilmanjaolla katosta puhaltavilla päätelaitteilla, tällöin ilmanlaatu ja lämpötila pysyvät tilassa tasaisena. Rakennusmääräyskokoelman osan D2 liitteen 1 taulukon 5 mukaan myymälän ulkoilmavirtaus tulee olla minimissään 2 l/s/m<sup>2</sup> ja äänitaso maksimissaan 48 dB.

### 2.3.3 Keittiötilat

Keittiön ilmanvaihto toteutetaan yleensä yhdellä tai useammalla yleispoistoventtiilillä, keittiöhuuvilla ruoan valmistus pisteiden yläpuolella ja tuloilmaventtiilillä (tai useammalla). Keittiön tulee olla alipaineinen muihin tiloihin verrattuna ruoan valmistamisesta syntyvien käryjen leviämisen estämiseksi. Keittiöissä on huolehdittava riittävästä korvausilman saamisesta huuvien ollessa päällä. Tämä voidaan toteuttaa joko erillisillä raitisilmaventtiileillä suoraan ulkoa tai muuttuva ilmavirtaisella tuloilmalla. Yleispoistoventtiilit varmistavat keittiön ilmavaihtumisen myös silloin, kun huuvat eivät ole käytössä. Huuvissa tulisi olla rasvanerotimet, jotta kanavistoon ei joutuisi rasvaa. Rasva kanavistossa voi aiheuttaa palovaaran.

Koska keittiössä valmistetaan ruokaa alusta loppuun saakka, niin kyseessä on valmistuskeittiö. Rakennusmääräyskokoelman osan D2 liitteen 1 taulukko 10 antaa valmistus-

keittiön ulkoilmavirralle minimivaatimuksen  $15 \text{ l/s/m}^2$  ja poistoilmavirralle  $15 \text{ l/s/m}^2$  ja maksimi äänitasoksi yhteensä 43 dB. Kuitenkin keittiön ilmanvaihto on mitoitettava tapauskohtaisesti lämpökuormien perusteella. Lämpökuormiin vaikuttaa keittiössä käytettävät laitteet ja niiden tehot. Ilmavirtojen mitoitukseen on saatavilla kattavaa apua keittiöhuuvien valmistajilta.

Mahdollisten siivoustilojen poistoilmanvaihto on minimissään  $4 \text{ l/s/m}^2$ . Korvausilma otetaan siirtoilmana muista läheisistä tiloista.

### **2.3.4 Toimistotilat**

Toimistotiloissa ilma on paras jakaa sekoittavana tasaisten lämpöolojen aikaan saamiseksi. Rakennusmääräyskokoelman mukaan toimistohuoneen tuloilmamäärä on minimissään  $1,5 \text{ l/s/m}^2$  ja äänitaso yhteensä maksimissaan 38 dB.

### **2.3.5 Varastotilat**

Yleensä varastotiloissa on pelkkä poistoilmanvaihto, tällöin korvausilma otetaan varastosta riippuen ulkoa tai siirtoilmana muista sisätiloista. Rakennusmääräyskokoelma antaa poistoilmavirraksi kuivavarastolle  $0,5 \text{ l/s/m}^2$ , yli neljän neliömetrin kylmävarastoille  $0,2 \text{ l/s/m}^2$ , jätehuoneelle  $5 \text{ l/s/m}^2$  ja jäädytetyille jätehuoneelle  $2 \text{ l/s/m}^2$ .

### **2.3.6 Saniteettitilat**

Saniteettitiloja ovat asiakasvessat, henkilökunnan wc-tilat ja -pukuhuoneet. Wc-tilojen poistoilmanvaihdon määrä on riippuvainen niissä olevien wc-istuinten määrästä. Rakennusmääräyskokoelman antama minimi poistoilman määrä on asiakasvessoissa paikkaa kohden  $30 \text{ l/s}$  ja henkilökunnan vessoissa  $20 \text{ l/s}$ . Päätelaitteiden maksimiäänitaso yhteensä 43 dB. Pukuhuoneiden ulkoilmavirta on minimissään  $5 \text{ l/s/m}^2$ , poistoilmavirta  $4 \text{ l/s/kaappi}$  ja maksimiäänitaso 43 dB.

### 3 ESIMERKKI HUOLTOASEMA

Esimerkkilaskelmissa käytettävä huoltoasema Cafe Lilja (kuva 3) sijaitsee valtatie 6:n varrella Liljendalissa Loviisassa. Huoltoasema tunnettiin aiemmin nimellä Shell Liljendal. Rakennus on valmistunut 1980 –luvun loppupuolella ja se on kooltaan n. 600 m<sup>2</sup>. Kohde on hyvin tyypillinen huoltoasemarakennus. Se sisältää myymälätilat, ravintolatilat, keittiötilat, varastotilat, saniteettitilat ja terassin. Asiakkaille on kolme sisäänkäyntiä, joista yksi sijaitsee terassin puolella, pääovi terassin vieressä ja myymälään yksi sisäänkäynti. Cafe Lilja on avoinna maanantaista lauantaihin 5.30-22.00 ja sunnuntaisin ja arkipyhinä 8.00-22.00.



Kuva 3. Cafe Lilja (<http://cafelilja.fi/?lang=fi>).

#### 3.1 Lämmitys

Cafe Liljan lämmitys on toteutettu yhdellä Laka Z-250 öljykattilalla, jota on käytetty noin 200 kW teholla, öljypolttimena toimii Oilon KP 26-H. Lämmityslaitteet ovat alle kymmenen vuotta vanhat ja poltin on huollettu viimeksi 9.10.2014. Öljykattilalla läm-

mitetään kierukalla varustettua käyttövesivaraajaa, huoltoaseman tiloja vesipattereiden avulla ja tuloilmakoneen kahta lämmityspatteria, joista toinen on kuitenkin ollut vuodon takia poissa käytöstä.

### 3.2 Käyttövesi ja viemärointi

Käyttövesipisteet rakennuksessa löytyvät WC-tiloista, keittiöstä ja henkilökunnan tiloista. Asiakasvessojen vesihanat ovat elektronisia. Lämmin käyttövesi lämmitetään kierukalla varustetussa 800 litran varaajassa. Varaajan lämmitysteho on 50 l/min.

### 3.3 Ilmanvaihto

Cafe Liljan ilmastointi on toteutettu yhdellä tuloilmakoneella ja neljällä poistoilma huippuimurilla. Tuloilma jaetaan keittiöön, ravintolaan ja käytäville. Huippuimurit poistavat ilmaa keittiöstä, WC-tiloista, myymälästä, ravintolasta ja varastotiloista. Keittiön huippuimuri on hyvin rasvainen (kuva 4), joka johtuu todennäköisesti vanhoista keittiöhuuvista ja niiden heikentyneestä rasvanerotuskyvystä. Lisäksi jätevarastossa ja teknisessä tilassa on oma kanavapuhallin, joka puhaltaa ilmaa ulos. Korvausilma tekniseen tilaan ja jätevarastoon otetaan raitisilmasäleikköjen kautta ulkoa. Taulukossa 2 esitetään kaikkien ilmanvaihtolaitteiden ilmamäärät ja vaikutusalueet.

TAULUKKO 2. IV-laitteiden tunnuksat, ilmamäärät, sijainnit ja vaikutusalueet.

Laite	Tunnus	Ilmamäärä(l/s)	Sijainti	Vaikutusalue
Tuloilmakone	TK1	2420	IV-konehuone	Keittiö, ravintola, käytävät
Huippuimuri	PK1	162	Katto	Myymälä, varastot, siivouskomero, toimisto
Huippuimuri	PK2	442	Katto	WC-tilat, sosiaalityilat, siivouskomero
Huippuimuri	PK3	1325	Katto	Ravintola
Huippuimuri	PK4	900	Katto	Keittiö
Kanavapuhallin	PK5	250	Tekninen tila	Tekninen tila
Kanavapuhallin	PK6	250	Jätevarasto	Jätevarasto



Kuva 4. Keittiön huippuimuri.

### **3.3.1 Tuloilman lämmitys**

Tuloilmakoneessa on yksi lämmityspatteri, sen lisäksi ravintolaan ja käytäville menevässä ilmanvaihtokanavassa on ollut toinen lämpöpatteri, joka on huonon kuntonsa takia poistettu käytöstä. Tuloilmakoneessa ei ole lämmöntalteenottoa.

## **3.4 Toteutuneet kulutustiedot**

### **3.4.1 Lämmitys**

Kohteen toteutunut lämmitysöljyn kulutus aikavälillä 13.12.2013 – 25.03.2014 on 33 911 litraa, eli tuona aikana lämmitykseen kokonaisuudessaan kulunut energia on noin 305 000 kWh olettaen, että lämmityksen hyötysuhde on 90 %, eli yhdellä öljylitrala tuotetaan noin 9 kWh lämmitysenergiaa (kevyen polttoöljyn lämpöarvo 10 kWh/l).

Koko vuoden pelkästään kohteen lämmitykseen kulunut energia vuonna 2014 voidaan arvioida lämmitystarveluvun avulla (kohta 3.5.1).

### **3.4.2 Käyttövesi**

Kohteen vedenkulutus on saatavilla 99 päivän mittaiselta ajanjaksolta väliltä 29.8.2014 – 25.11.2014, tuona aikana vettä on kulunut 465 m<sup>3</sup>. Koko vuoden vedenkulutus ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia lasketaan kohdissa 3.5.3 ja 3.5.4.

## **3.5 Arvioidut kulutukset**

### **3.5.1 Lämmöntarveluku**

Lämmitystarveluvun avulla voidaan verrata eri paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten lämmitysenergian kulutuksia ja saman rakennuksen lämmitysenergiankulutuksia eri vuodenaikoina. Se perustuu siihen, että rakennuksen lämmitysenergiankulutus on lähes suoraan verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Yleisimmin käytetty lämmitystarveluku on S17, jossa sisälämpötila oletuksena käytetään +17 °C. Lämmitystarveluvun yksikkönä käytetään °Cd.

Sisälämpötilan ja ulkolämpötilan päivittäisen keskiarvon erotuksella saadaan laskettua päivittäinen lämmitystarveluku. Kuukauden lämmitystarveluku on kuukauden päivittäisten lämmitystarvelukujen summa ja vuosittainen lämmitystarveluku on kuukausittaisten lämmitystarvelukujen summa. Ilmatieteenlaitos laskee lämmitystarveluvut kuukausittain 16 eri paikkakunnalle, joista ne on korjauskertoimien avulla laskettavissa muille paikkakunnille (<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>). Lämmitystarvelukujen laskennassa ei oteta huomioon keskiarvoltaan keväällä yli 10 °C päiviä, eikä syksyllä yli 12 °C päiviä, koska oletetaan, että kiinteistöjen lämmitys lopetetaan keväällä ja aloitetaan syksyllä kyseisten lämpötilojen ylittyessä/alittuessa.

### 3.5.2 Lämmityksen koko vuoden kulutus

Koska kohteen öljynkulutuksesta on tiedossa vain 104 päivän mittainen lämmitysjakso välillä 13.12.2013 – 25.3.2014, niin koko vuoden lämmitysenergian tarve voidaan arvioida käyttämällä näiden kuukausien lämmitystarvelukuja apuna. Kuukausien lämmitystarveluvut esitetään taulukossa 2. Taulukossa 2 esitetyt Loviisan lämmitystarveluvut saadaan kertomalla Vantaan lämmitystarveluvut Loviisan kertoimella K1, joka on 0,97.

Taulukko 3. Vantaan ja Loviisan lämmitystarveluvut kuukausittain 2013 - 2014.

Paikkakunta	Vantaa	Loviisa	Vantaa	Loviisa
Vuosi	2013	2013	2014	2014
Tammikuu	711	689,67	756	733,32
Helmikuu	554	537,38	487	472,39
Maaliskuu	733	711,01	479	464,63
Huhtikuu	429	416,13	304	294,88
Toukokuu	57	55,29	182	176,54
Kesäkuu	0	0	27	26,19
Heinäkuu	0	0	0	0
Elokuu	0	0	5	4,85
Syyskuu	103	99,91	82	79,54
Lokakuu	317	307,49	343	332,71
Marraskuu	406	393,82	445	431,65
Joulukuu	488	473,36	568	550,96
Koko vuosi	3798	3684,06	3678	3567,66

Mittausjaksolla ei ole mukana koko joulukuuta ja koko maaliskuuta, joten näiden kuukausien mittauksessa olevien päivien lämmitystarveluvut ovat saatavissa degreedays -sivustolta (<http://www.degreedays.net/>) etsimällä Helsinki-Vantaan sääasema tunnukset EFHK, valitsemalla astelukujen tyypiksi heating, asteiksi celsius, lämpötilaksi 17,0 °C, jaottelu päivittäin ja lämmöntarveluvut tarvittavalta ajanjaksolta. Tämän jälkeen klikataan ”Generate degree days”, jonka jälkeen sivustolla menee hetki koota tiedot ladattavaksi excel –tiedostoksi (liite 1). Päivittäisistä tuloksista laskemalla mittausjakson joulukuun päivien lämmöntarveluvut yhteen ja kertomalla tulos Loviisan kertoimella 0,97, saadaan joulukuun lämmöntarveluvuksi 258 °Cd ja vastaavasti maaliskuulle 383 °Cd.

Koko mittausjakson lämmitystarveluku saadaan lisäämällä kaikkien mittauksessa mukana olevien kuukausien lämmitystarveluvut yhteen. Näin ollen mittausjakson lämmöntarveluvuksi saadaan:

$$258 \text{ °Cd} + 733 \text{ °Cd} + 472 \text{ °Cd} + 383 \text{ °Cd} = 1847 \text{ °Cd}$$

Jotta saadaan laskettua pelkkään koko vuoden lämmitykseen tarvittava energiamäärä, öljynkulutuksen mittausjakson energiankulutuksesta on vähennettävä käyttöveden lämmitykseen kuluva energiamäärä. Mittausajanjakson lämpimänvedenkulutus voidaan laskea jäljempänä tulevien kohtien 3.5.3 ja 3.5.4 avulla. Lämpimänvedenkulutukseksi ajanjaksolle saadaan siis:

$$0,3 * \frac{104}{99} * 465 \text{ m}^3 = 147 \text{ m}^3$$

Lämpimänveden lämmitykseen ajanjaksolla kuluva energia on siis:

$$147 \text{ m}^3 * 58 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} = 8526 \text{ kWh}$$

Pelkästään lämmitykseen energiaa kuluu:

$$305\,000 \text{ kWh} - 8500 \text{ kWh} = 296\,500 \text{ kWh}$$

Jakamalla pelkästään lämmitykseen kuluva energia aikaisemmin lämmitysmittausajanjaksolle lasketulla lämmitystarveluvulla, saadaan yhden asteen lämmitykseen tarvittava energiamäärä joka voidaan sitten kertoa koko vuoden lämmitystarveluvulla, jotta saadaan koko vuoden energiankulutus.

Yhden asteen lämmitykseen tarvittava energia:

$$\frac{296\,500 \text{ kWh}}{1847 \text{ °Cd}} = 160,66 \text{ kWh/°Cd}$$

Koko vuoden pelkkään lämmitykseen tarvittava energia:

$$160,66 \frac{\text{kWh}}{\text{°Cd}} * 3568 \text{ °Cd} = 573\,194 \text{ kWh} \approx 573\,200 \text{ kWh}$$

### 3.5.3 Käyttövesi

Koska vettä kuluu vuodenajasta riippumatta lähes saman verran ympärivuoden, voidaan koko vuoden vedenkulutus laskea kaavalla 1:

$$V_a = \frac{d_a}{d_m} * V_m \quad \text{Kaava 1}$$

$V_a$	vedenkulutus vuodessa.
$d_a$	vuoden päivien määrä, 365.
$d_m$	vedenkulutuksen mittausjakson päivien määrä, 99.
$V_m$	vedenkulutus mittausjaksolla, 465 m <sup>3</sup> .

Koko vuoden vedenkulutukseksi saadaan siis 1714 m<sup>3</sup>.

Lämpimänvedenkulutukseksi voidaan arvioida 30 % kokonaisvedenkulutuksesta ([www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)). Lämpimänvedenkulutus on siis 514 m<sup>3</sup> vuodessa.

### 3.5.4 Käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia

Lämpimänkäyttöveden lämmitykseen tarvitaan energiaa 58 kWh/m<sup>3</sup> ([www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)), eli koko vuoden käyttöveden lämmitysenergian tarve on noin 29 812 kWh.

### 3.5.5 Koko vuoden energiankulutus yhteensä

Kohteen koko vuoden energiankulutus saadaan laskemalla lämmitykseen kuluva energia ja käyttöveden lämmitykseen kuluva energia yhteen.

$$573\,200 \text{ kWh} + 29\,800 \text{ kWh} = 603\,000 \text{ kWh}$$

Lämmityksen hyötysuhteella 0,9 lämmitykseen kuluu öljyä kaiken kaikkiaan:

$$\frac{603\,000 \text{ kWh}}{0,9 * 10 \frac{\text{kWh}}{\text{l}}} \approx 67\,000 \text{ litraa}$$

Lämmityskustannukset ovat siis kevyen polttoöljyn hinnalla 0,95 €/l (helmikuu 2015) noin 63 650 €/a.

## 4 ENERGIA TEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

### 4.1 Lämmitys

Lämmityksen energiatehokkuutta voidaan parantaa joko uusimalla lämmityslaitteistoa ja tekemällä lämmitysjärjestelmän tasapainotus tai vaihtamalla lämmitysjärjestelmää kokonaan. Lisäksi voidaan tarkastaa lämmitysverkon ja vesijohtojen eristys, joka kunnossa ollessaan vähentää lämmitysverkoston lämpöhäviöitä ja näin pienentää lämmitystarvetta. Kohteen sijainnista riippuen uudeksi lämmitysmuodoksi kannattaa valita kaukolämpö tai maalämpö.

#### 4.1.1 Lämmitysverkoston perussäätö

Lämmitysverkoston perussäädöllä varmistetaan lämmön tasainen jakautuminen rakennuksen kaikkiin tiloihin ja verkoston suunnitelmien mukainen toiminta. Epätasapainoinen verkosto aiheuttaa joidenkin tilojen korkean lämpötilan ja vastaavasti joidenkin tilojen matalan lämpötilan. Tällöin rakennuksen energiankulutus voi kasvaa jos viileiden tilojen lämmitykseen käytetään lisälämmittämiä ja vastaavasti liian lämpimien tilojen ylimääräinen lämpö tuuletetaan esimerkiksi ikkunasta ulos. Tasapainoinen lämmitysverkosto parantaa tilojen viihtyvyyttä.

Lämmitysverkoston perussäätö tulisi suorittaa, mikäli samalle lämpötilalle suunniteltujen tilojen lämpötilaero ylittää 2 °C. Ennen lämmitysverkoston perussäätöä olisi hyvä tarkastaa säätöventtiilien ja patteriventtiilien kunto ja vaihtaa ne tarvittaessa. Lisäksi verkoston tulee olla ilmattu ennen tarkistusmittauksien suorittamista.

Perussäätö suoritetaan asettamalla verkoston linjasäätöventtiileille ja patteriventtiileille suunnitelmien mukaiset esisäätöarvot. Tämän jälkeen linjasäätöventtiilien virtaamat mitataan ja hyväksytetään lämmitysverkoston suunnittelijalla. Rakennuksen tiloille suoritetaan huonelämpötilojen tarkistusmittaus perussäätöä seuraavalla lämmityskaudella. Lämmitysverkoston perussäätö voi laskea lämmityskustannuksia jopa 10-15 % ([www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)).

### 4.1.2 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmä koostuu maalämpöpumpusta, maalämmön keruuputkistosta ja varaajista. Maalämmön keruuputkissa kiertävä maalämpöneste sitoo itseensä maahan tai vesistöön varastoitunutta lämpöä, jonka avulla maalämpöpumpussa oleva kylmäaine höyrystetään. Maalämpöpumpun kompressorilla sitten nostetaan kylmäaineen painetta ja samalla sen lämpötila kasvaa. Maalämpöpumpussa olevassa lauhduttimessa kylmäaine muuttuu takaisin nesteeksi ja luovuttaa samalla lämpöä veteen, jota sitten käytetään rakennuksen lämmittämiseen ja käyttöveden lämmittämiseen. Yleisesti maalämpöpumppujen hyötysuhde eli COP on noin 3 ([www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)), eli yhdellä kilowatilla sähköä tuotetaan lämmitysenergiaa 3 kilowattia. Maalämpöjärjestelmän etuna on sen helpokäyttöisyys ja sen vähäinen huoltotarve.

Maalämpöpumppu voidaan mitoittaa osa- tai täystehoisena. Osatehoinen maalämpöpumppu kattaa noin 60-80 % kokonaislämmitystehontarpeesta. Loput tehontarpeesta katetaan pumpussa olevalla sähkövastuksella. Täystehoisella pumpulla katetaan koko lämmitystehontarve. Osatehoisella mitoituksella voidaan käyttää pienempää maalämpöpumppua, jonka ansiosta järjestelmän kokonaiskustannuksia saadaan hieman laskettua ja silti sillä katetaan lämmityksen vuotuisesta energiantarpeesta noin 95-99 %. Lämpöpumppu myös käy paremmalla hyötysuhteella käyntijakson ollessa pidempi leudommilla keleillä. Täysteholla mitoitettu pumppu kävisi samassa tilanteessa lyhyempiä käyntijaksoja ja sen hyötysuhde olisi huonompi. Pidemmät käyntiajat myös pidentävät kompressorin käyttöikä. Osatehomitoituksen huonona puolena on kuitenkin suurempi sähköverkosta tarvittava teho, minkä takia voidaan pumpulle tarvita suurempi sulakekoko.

Maalämmön keruuputkisto voidaan asentaa lämpökaivoon, pintamaahan tai vesistöön. Lämpökaivo on yleensä noin 115-165 mm halkaisijaltaan oleva reikä, joka porataan maahan. Lämpökaivon syvyys riippuu siitä, kuinka paljon lämmitystehoa tarvitaan. Tarvittaessa reikiä voidaan porata useampia. Lämpökaivon maksimisyvyys on käytännössä 200-250 metriä ([www.pt-energiaporaus.fi](http://www.pt-energiaporaus.fi)). Lämpökaivo vaatii vähiten pinta-alaa muihin keruutapoihin nähden, mutta se on kuitenkin kallein toteuttaa. Lämpökaivosta saadaan tehoa noin 42 wattia syvyysmetriä kohden (Maalämpöpumppu opas, Nibe Oy).

Pintamaahan sijoitettuna lämmönkeruuputkisto asennetaan kohteen sijainnista riippuen noin metrin syvyyteen, putket 1,5 metrin välein. Pohjois-Suomessa putkisto täytyy asen-

taa syvemmälle kylmemmästä ilmastosta johtuen. Pintamaahan asennettu putkisto vaatii paljon pinta-alaa, eikä sen päälle voi rakentaa. Keruuputkiston pituus riippuu maaperästä. Hiekkamaasta saadaan vähemmän tehoa kuin savimaasta, savimaassa tarvitaan n. 30-40 % vähemmän putkea saman tehon saamiseksi kuin hiekkamaassa ([www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)). Pintamaahan asennettu putkisto on yleensä halvin lämmönkeruutapa. Pintaputkistosta saadaan tehoa noin 12-15 wattia putkimetriä kohden (Maalämpöpumppu opas, Nibe Oy).

Maalämmön keruuputkisto voidaan asentaa järveen, mereen tai jokeen. Putkisto ankkuroidaan 3-5 metrin välein painoilla vesistön pohjaan. Vesistöön asennettaessa asennussyvyys tulee olla yli 2 metriä ja on huolehdittava siitä, että vesi ei pääse jäätymään putkiston ympärillä. Putkiston ympärille kertynyt jää voi aiheuttaa nostetta, joka voi johtaa putken nousemiseen veden pinnalle. Perustamiskustannuksiltaan vesistöön asennettu keruuputkisto on lämpökaivon ja pintaputkiston välillä. Vesistöön asentaminen vaatii kuitenkin erikoisvalmisteluja ja välineitä. Vesistöä saadaan tehoa noin 20 wattia putkimetriä kohden. (Maalämpöpumppu opas, Nibe Oy).

Maalämmön keruuputkistoissa käytetään jäätymätöntä maalämpöneste/vesiseosta. Maalämpönesteenä voidaan käyttää esimerkiksi Naturet -maalämpönestettä, jonka pääraaka-aine on etanoli. 30 % vesi/Naturet -seoksen jäätyislämpötila on noin -17 °C. Maalämmön keruuputkiston rakentaminen vaatii luvan kaupungin tai kunnan rakennusvalvonnalta.

### **4.1.3 Kaukolämpö**

Kaukolämpö on yleisin lämmitystapa Suomessa. Kaukolämpöä tuotetaan joko yhteistuotantolaitoksissa tai erillisissä lämpölaitoksissa. Yhteistuotantolaitoksissa tuotetaan sekä sähköä, että lämpöä ja niiden hyötysuhde on parempi kuin erillislaitosten. Polttoaineena käytetään pääosin maakaasua, kivihiiltä ja turvetta, mutta uusiutuvien polttoaineiden kuten puun käyttö polttoaineena lisääntyy kuitenkin koko ajan. Pienemmät erillislaitokset toimivat yleensä hakkeella tai pelletillä.

Kiinteistön kaukolämpöjärjestelmä koostuu lämmityksen lämmönsiirtimestä, ilmastoinnin lämmönsiirtimestä, käyttöveden lämmönsiirtimestä, kiertovesipumpuista, säätölait-

teista, paisunta- ja varolaitteista ja kaukolämmön sulkuventtiileistä ja mittareista. Kaukolämmön tuottaja rakentaa kaukolämpöputket sisälle kaukolämmön sulkuventtiileihin asti. Asiakkaan tehtäväksi jää kaukolämmön alajakokeskuksen hankkiminen. Alajakokeskus sisältää kiertovesipumput, säätölaitteet, paisunta- ja varolaitteet ja lämmönsiirtimet. Kaukolämmön alajakokeskuksen hankintaa varten tarvitaan tiedot rakennuksen lämmitystehosta, ilmastoinnin lämmitystehosta ja käyttöveden lämmitystehosta. Näiden pohjalta lämmönsiirtimien valmistaja rakentaa tehdasvalmiin alajakokeskuksen, joka asennetaan paikalleen kohteeseen ja kytketään kaukolämpöputkistoon ja lämmitysverktoon. Kaukolämmön etuna on sen pieni tilavaatimus teknisessä tilassa ja käytön helppous. Kaukolämpö ei vaadi suuria huoltotoimenpiteitä.

Kaukolämpöön liittyvät maksut jakaantuvat kolmeen osaan: liittymismaksu, tehomaksu ja energiamaksu. Liittymismaksulla katetaan kaukolämpöputkiston rakentamiseen liittyviä maksuja ja sen suuruus riippuu kiinteistön etäisyydestä kaukolämpölaitoksesta. Tehomaksun eli perusmaksun suuruus riippuu liittymän koosta ja se maksetaan kuukausittain yhdessä energiamaksun kanssa. Energiamaksu riippuu kulutetun lämpöenergian määrästä. Kaukolämmön energiamaksun verollinen keskihinta oli 68,5 €/MWh vuonna 2013.

#### **4.1.4 Aurinkokeräimet**

Aurinkolämpöjärjestelmä koostuu aurinkokeräimistä, varaajasta, pumppu- ja ohjausyksiköstä, yhdysputkistosta ja lämmönvaihtimesta. Lisäksi suurten lämpötilavaihteluiden vuoksi tarvitaan paisunta-astia ja varoventtiili. Aurinkokeräimet sitovat niissä kiertävään pakkasen kestäväan lämmönsiirtonesteeseen auringonsäteilyn sisältämää lämpöenergiaa. Lämmönsiirtonesteestä lämpö siirretään yleensä käyttövesivaraajaan. Keräimistä saatavaa lämpöä voidaan käyttää myös päälämmitysjärjestelmän apuna lämmitykseen. Aurinkokeräimillä saadaan tuotettua lämpöenergiaa helmikuun lopusta lokakuun alkuun kannattavasti. Suomessa saadaan kesäpäivinä tuotettua aurinkoenergiaa jopa enemmän kuin muualla Euroopassa pidempien päivien vuoksi ja Helsingissä koko vuoden aikana lähes saman verran kuin keski-Euroopan kaupungeissa (Aurinkolämpöjärjestelmän perusteet, mitoitus ja käyttö, Solpros Ay, taulukko 1).

Aurinkokeräimien tuottoon vaikuttaa käyttölämpötila, keräimien rakenne ja suuntaus. Käyttölämpötilan kasvaessa keräimen hyötysuhde laskee lämpöhäviöiden noustessa. Keräimiä on rakenteeltaan kahdenlaisia: tasokeräimiä ja tyhjiöputkikeräimiä. Tyhjiöputkikeräimet ovat tuotoltaan hieman tehokkaampia kuin tasokeräimet, mutta myös hintavampia. Tasokeräimillä saadaan tuotettua vuodessa noin 400 kWh/m<sup>2</sup> lämpöenergiaa ja tyhjiöputkikeräimillä noin 500 kWh/m<sup>2</sup> (Jodat Ympäristöenergia Oy). Aurinkokeräimien optimaalinen suuntaus on etelään päin ja niiden kallistus 30°-60°. 30 asteen kallistuksella saadaan enemmän lämpöenergiaa tuotettua kesällä ja 60 asteen kallistuksella saadaan lämpöä tuotettua tehokkaammin keväällä ja syksyllä.

Aurinkokeräinjärjestelmä mitoitetaan käyttöveden lämmitystä varten niin, että kesäkuukausina voidaan tuottaa 100 % yhden päivän lämpimän käyttöveden lämmitystarpeesta. Näin mitoitettuna aurinkojärjestelmä tuottaa noin 40-50 % vuotuisesta käyttöveden lämmitysenergian tarpeesta. Ylimoitusta tulee välttää, koska järjestelmän lämpötila voi kasvaa hyvin suureksi, mikäli kaikkea lämpöä ei saada otettua järjestelmästä käyttöön. Varaajan koko tulisi olla noin 2-3 kertaa päivittäisen lämpimän vedenkulutus.

## **4.2 Käyttövesi ja viemärointi**

Tänä päivänä veden kulutuksen vähentäminen on polttava puheenaihe. Vedenkulutusta voidaan hillitä käyttämällä vettä säästäviä vesilaitteita ja kulutustapoja muuttamalla. Myös lämpimän käyttöveden lämmityskuluja voidaan pienentää esimerkiksi aurinkokeräimillä.

### **4.2.1 Vesilaitteet**

Elektroniset vesilaitteet vähentävät veden kulutusta hillitsemällä veden virtausta, lämpötilaa ja virtausaikaa. Kaksitoimisissa WC-istuimissa on pienempi ja suurempi huuhtelu, pienempää olisi syytä käyttää silloin kun pytyyn huuhtelu on mahdollista pienemmällä vesimäärällä. Markkinoilta löytyy täysin vedettömiä urinaalimalleja, painonapilla varustettuja malleja ja elektronisilla tunnistimilla varustettuja malleja, jotka huolehtivat huuhtelusta itsestään.

### **4.3 Ilmanvaihto**

Ilmanvaihdon energiankulutusta voidaan pienentää huolehtimalla ilmanvaihtokanaviston ja lämmityspattereiden puhtaudesta ja laitteiston toimivuudesta. Jos käytössä on hyvin vanha ilmanvaihtokone, voi se olla sisäpuoleltaan ja puhaltimiltaan jo hyvin kunnut, joten sen vaihtaminen kokonaan voi olla tarpeellista. Tällöin olisi hyvä tarkistaa myös kohteen ilmanvaihdon riittävyys, kanaviston ja laitteiston toiminta ja mahdolliset käyttötarkoitusten muutokset tiloissa ja korjata puutteet samassa urakassa ilmanvaihtokoneen kanssa, jolloin usein päästään pienempiin kokonaiskustannuksiin.

Ilmanvaihdon energiankulutukseen voidaan vaikuttaa ilmanvaihdon aikaohjauksella ja tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla. Aikaohjauksessa ilmanvaihtoa pienennetään ajaksi, jolloin rakennus ei ole käytössä ja tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa ilmavirtoja säädetään kuormituksen mukaisesti.

#### **4.3.1 Lämmöntalteenotto**

Ilmastoinnin energiankulutusta voidaan vähentää merkittävästi investoimalla lämmöntalteenottoon. Lämmöntalteenotolla otetaan poistoilmasta lämpöenergiaa ja siirretään se tuloilmaan. Tällöin ilmanvaihdon lämmitykseen kuluva lämmitysenergiämäärä pienenee huomattavasti, riippuen tietysti ilmamääristä. Lämmöntalteenotto voidaan toteuttaa nestekiertoisena, vasta- tai ristivirtalämmönsiirtimellä tai regeneratiivisella lämmönsiirtimellä.

#### **Nestekiertoinen lämmöntalteenotto**

Nestekiertoisella lämmöntalteenotolla poisto- ja tuloilmakoneet voivat sijaita erillään. Lämpö siirretään poistoilmakoneessa olevalla LTO-patterilla lämmönsiirtonesteeseen ja nesteestä tuloilmaan tuloilmakoneessa sijaitsevalla LTO-patterilla. Lämmönsiirtonesteinä käytetään yleensä vesi-etyleeniglykoliseosta, jonka vahvuus on noin 30-50 % tarvittavasta pakkasenkestävyydestä riippuen. Lämmönsiirtoputkistoon tarvitaan pumppu pyörittämään nestettä LTO-pattereiden lävitse. Nestekiertoisen lämmöntalteenoton lämpötilasuhde on 45-60 % ja se riippuu lämmönsiirtopattereiden syvyydestä (Ilmastointi-

tekniikka ja sisäilmasto, s. 287). Nestekiertoa muuttamalla voidaan säätää lämmöntalteenoton tehoa ja estää pattereiden jäätyminen.

### **Vastavirta- ja ristivirtalämmönsiirrin**

Vastavirta ja ristivirtalämmönsiirtimiä käytetään tulo- ja poistoilmakoneissa, joissa tulo- ja poistoilman ei haluta sekoittuvan keskenään. Lämmönsiirtimien lämpötilasuhde on yleensä noin 50-70 %, se riippuu tulo- ja poistoilmamääristä (Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto, s. 287).

### **Regeneratiivinen lämmönsiirrin**

Pyörivä kennoinen regeneratiivinen lämmönsiirrin on näistä lämmöntalteenottolaitteista tehokkain. Sitä käytetään tulo- ja poistoilmakoneissa, joissa ei haittaa tulo- ja poistoilman pieni sekoittuminen keskenään. Kenno pyörii ilmanvaihtokoneen sisällä varaten lämpöenergiaa poistoilmasta ja siirtäen sitä tuloilmaan. Samalla lämmönsiirrin siirtää kosteutta poistoilmasta tuloilmaan tai päinvastoin. Kennolla on oma pieni sähkömoottori, joka pyörittää kennoa hihnan avulla. Regeneratiivisen lämmönsiirtimen lämpötilasuhde on noin 80 % (Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto, s. 290).

## 5 ENERGIANSÄÄSTÖKEINOT ESIMERKKIKOHOITEESSA

### 5.1 Maalämpö

Osatehomoitoksella nykyisen öljykattilan tuottaman tehon mukaan mitoitettuna maalämpöpumpun tehoksi tulisi 160 kW. Tämä vastaa 80 % kohteen huipputehon tarpeesta. 160 kW:lla maalämpöpumpulla voidaan kattaa noin 96 % kohteen vuotuisesta energiantarpeesta, loput 4 % katetaan pumpussa olevalla sähkövastuksella. Kate saadaan rakennusmääräyskokoelman osan D5 liitteen 2 taulukosta L2.1. Maalämpöpumpun tehon ja tilojen tarvitseman lämmitystehon suhde on 80 % ja lämmitysenergian määrän suhde käyttöveden lämmitysenergiaan on  $573\,200 \text{ kWh/a} / 29\,800 \text{ kWh/a} = 19,23$ . Koska taulukossa ei ole tarpeeksi korkeaa arvoa, niin käytetään arvona 4,0. Korkeimpana menovetenä käytetään 60 °C.

#### 5.1.1 Maalämmönkeruuputkiston mitoitus

Maalämpöjärjestelmän keruuputkisto mitoitetaan järjestelmän vaatiman tehon tai vuoden energiakulutuksen mukaan, riippuen siitä kumpi on suurempi. Kohteen kokonaisenergiankulutus on laskettu kohdassa 3.5.5 ja se on 603 000 kWh/a ja maalämpöpumpun teho 160 kW. Näillä tiedoilla lasketut lämpökaivon syvyydet ja maapiirin ja vesistön putkipituudet esitetään taulukossa 4.

Taulukko 4. Keruuputkistojen syvyydet ja pituudet.

			Tarvittava pituus (m)
Lämpökaivo	Teho (W/m)	42	3810
	Energia (kWh/m)	150	4020
Maapiiri	Teho (W/m)	12-15	10667-13333
	Energia (kWh/m)	60	10050
Vesistö	Teho (W/m)	20	8000
	Energia (kWh/m)	90	6700

Lämpökaivon maksimi syvyys on 200 m, joten kohteeseen tarvitaan 20 kappaletta 200 metrisiä lämpökaivoja. Maapiirin ja veteen upotetun keruuputkiston yhden piirin maksimipituus on 400 m, joten kohteeseen tarvittaisiin noin 25-30 kappaletta 400 metriä

pitkiä maapiirejä tai 20 kappaletta 400 metrisiä vesipiirejä kattamaan lämmitystehon ja energiantarve.

### 5.1.2 Maalämmön lämmityskustannukset

Kohteen kokonaisenergiankulutus on laskettu kohdassa 3.5.5 ja se on 603 000 kWh/a. Lämmitykseen energiaa kuluu 573 200 kWh/a ja käyttöveden lämmitykseen 29 800 kWh/a. Maalämpöpumpulla tuotetaan 96 % kokonaisenergiatarpeesta, joka on 578 880 kWh, ja loput 4 %, eli 24 120 kWh, tuotetaan sähkövastuksilla. Lämmityksen osuus lisälämmöstä on 22 928 kWh ja käyttöveden 1192 kWh. Pumpun sähkönkulutus voidaan laskea rakennusmääräyskokoelma osan D5 kaavalla 6.17:

$$W_{LP,lämmitys} = \frac{Q_{LP,lämmitys,tilat}}{SPF_{tilat}} + \frac{Q_{LP,lämmit,lv}}{SPF_{LKV}} + W_{lisälämmitys}$$

jossa

$W_{LP,lämmitys}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$Q_{LP,lämmitys,tilat}$	lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh
$SPF_{tilat}$	lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä
$Q_{LP,lämmit,lv}$	lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh
$SPF_{LKV}$	lämpöpumpun SPF-luku käyttöveden lämmityksessä
$W_{lisälämmitys}$	tarvittava lisälämmityksen sähköenergia

Pumpun SPF-luvut saadaan D5:n taulukosta 6.13. Taulukosta saadaan pumpulle SPF-luvuiksi lämmitykselle 2,5 ja käyttövedelle 2,3. Lämpöpumpulla lämmitettäväksi energiaksi  $Q_{LP,lämmitys,tilat}$  tulee lämmitykselle 573 200 kWh/a – 22 928 kWh/a = 550 272 kWh/a ja käyttövedelle 29 800 kWh/a – 1192 kWh/a = 28 608 kWh/a. Kaikki arvot kaavaan sijoitettuna saadaan:

$$\begin{aligned} W_{LP,lämmitys} &= \frac{550\,272 \text{ kWh/a}}{2,5} + \frac{28\,608 \text{ kWh/a}}{2,3} + 24\,120 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \\ &= 256\,667,0 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

Maalämpöpumpun sähkönkulutukseksi tulee siis 257 000 kWh/a. Lämmityskustannukset ovat sähkön hinnalla 0,12 €/kWh noin 31 000 € vuodessa, joka on hieman alle puolet nykyisen öljylämmitysjärjestelmän vuosikustannuksista.

### 5.1.3 Maalämmön investointikustannukset

Maalämpöjärjestelmän investointikustannukset muodostuvat maalämmön keruuputkistosta ja maalämpöpumpusta ja niiden kytkennöistä. Keruupiirien hinnat vaihtelevat melko paljon paikkakunnasta ja maaperästä riippuen. Arviolta lämpökaivon hinta on noin 35 €/m ja maapiiri noin 4 €/m (arviot perustuvat [www.maalämpöfoorumi.fi](http://www.maalämpöfoorumi.fi) ja [www.lämpöpumput.info](http://www.lämpöpumput.info) käyttäjien kertomiin hintoihin). Näillä hinnoilla lämmönkeruuputkistojen hinnaksi tulisi kohteen lämpökaivoille noin 140 000 € ja maapiirille noin 45 000 €. Teholtaan 160 kW maalämpöpumpun ja sille sopiva noin 2000 litran varaajan investointikustannukset ovat noin 60 000 €. Koska kohteen lähistöllä ei ole tilaa rakentaa 10 kilometrin mittaista maapiiriä, niin käytetään maalämpöjärjestelmän investointikustannuksina 200 000 €.

Öljylämmitykseen verrattuna säästöä syntyy:

$$63\,650 \text{ €/a} - 31\,000 \text{ €/a} = 32\,650 \text{ €/a}$$

Investoinnin takaisinmaksuaika on siis:

$$\frac{200\,000 \text{ €}}{32\,650 \text{ €/a}} = 6,12 \text{ a}$$

Investointi maalämpöön maksaa siis itsensä takaisin reilussa 6 vuodessa.

## 5.2 Kaukolämpö

Kaukolämpöön liittymiselle ei ole saatavilla liittymismaksua, eikä tehomaksua, koska kohteen lähistöllä ei ole mahdollista liittyä kaukolämpöverkkoon, joten kaukolämmöstä käydään läpi vain laitteiston mitoitus.

Kaukolämpöön liittymistä varten tarvitaan tiedot rakennuksen lämmitystehosta, ilmastoinnin lämmitystehosta ja käyttöveden lämmitystehosta. Tarvittavan lämmönsiirtimen teho lämmitykselle on nykyisen öljykattilan tehon mukaan 200 kW.

Käyttöveden lämmönsiirtimen koko voidaan laskea käyttöveden mitoitusvirtaaman mukaan. Mitoitusvirtaama lasketaan laskemalla kohteen vesipisteiden normivirtaamat yhteen rakennusmääräyskokoelman osan D1 liitteen 2 taulukon 1 avulla ja lukemalla rakennusmääräyskokoelman osan D1 liitteen 2 taulukosta 2 korkeimman normivirtaaman mukainen mitoitusvirtaama, joka esimerkki kohteen tapauksessa on 0,51 l/s, eli normivirtaamien summa on siis 2,8 l/s ja suurin normivirtaama on 0,2 l/s. Kaavalla 2 saadaan laskettua käyttöveden lämmönsiirtimen teho.

$$\varphi_{lkv} = \rho * c_p * q_{v,lkv} * (T_{lkv} - T_{kv}) \quad \text{Kaava 2}$$

$\varphi_{lkv}$	käyttöveden lämmitysteho.
$\rho$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup> .
$c_p$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kg.
$q_{v,lkv}$	lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama, 0,00051 m <sup>3</sup> /s.
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, 58 °C.
$T_{kv}$	kylmän veden lämpötila, 8 °C.

Kaavaan sijoitettuna:

$$\varphi_{lkv} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 0,00051 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * (58 \text{ °C} - 8 \text{ °C}) = 107,1 \text{ kW}$$

Lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen tehon tulee olla siis 107 kW.

Ilmastoinnin lämmönsiirtimen teho lasketaan myös kaavaa 2 soveltamalla. Ilmanvaihto puolitetaan lämpötilan laskeutuessa alle -15 °C, joten täydellä virtaamalla tiheytenä käytetään ilman tiheyttä 1,2 kg/m<sup>3</sup>, ilman ominaislämpökapasiteettina 1 kJ/kg, virtaamana tuloilman määrää 2,42 m<sup>3</sup>/s ja lämpötiloina sisäänpuhalluslämpötilaa 20 °C ja ulkoilman lämpötilana -15 °C. Lämmitysteho puolitettulla ilmamäärällä mitoituslanteessa saadaan käyttämällä ilmavirtana 1,21 m<sup>3</sup>/s ja ulkolämpötilana mitoituslämpötilaa -26 °C. Arvot

kaavaan 2 sijoitettuna saadaan ilmastonin lämmönsiirtimen tehoksi täydellä virtaamalla:

$$\varphi_{iv} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 2,42 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * (20 \text{ }^\circ\text{C} - (-15 \text{ }^\circ\text{C})) = 101,64 \text{ kW}$$

Täydellä virtaamalla lämmitysteho on siis 102 kW. Vastaavasti puolitetulle ilmavirralla saadaan tehoksi:

$$\varphi_{iv} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 1,21 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * (20 \text{ }^\circ\text{C} - (-26 \text{ }^\circ\text{C})) = 66,792 \text{ kW}$$

Ilmastonin lämmönsiirtimen tehoksi valitaan siis suurempi arvo, joka on täydellä ilmavirralla 102 kW.

### 5.3 Vesilaitteet

Kohteen vesilaitteet ovat jo elektronisia, joten asiakasvessojen vedenkulutusta ei voida enää vähentää. Suurin osa vedenkulutuksesta muodostuu keittiössä ruoan valmistuksessa, astianpesussa ja siivouksessa. Säästöä voitaisiin saada vedenkäyttötapoja muuttamalla ja käyttämällä vettä säästäviä pesukoneita.

### 5.4 Aurinkolämmitys

Tässä tapauksessa aurinkokeräimillä kerätty energia käytetään kokonaisuudessaan käyttöveden lämmitykseen. Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus on yksinkertaistettu ja suuntaa antava, todellisuudessa aurinkojärjestelmät on aina mitoitettava aurinkojärjestelmän valmistajan tai myyjän avulla.

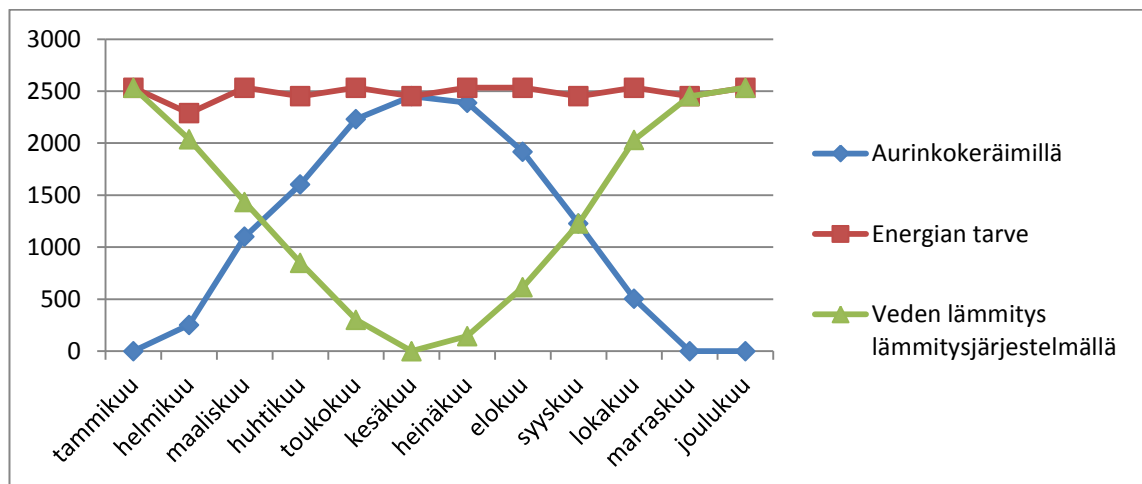
Aurinkolämmitysjärjestelmä mitoitetaan kattamaan käyttöveden lämmitystarpeesta 100 % kesäpäivinä (Solpros Ay, Aurinkolämpöjärjestelmän perusteet, mitoitus ja käyttö). Olli Seppäsen kirjoittaman Rakennusten lämmitys kirjan sivulla 342 olevan Kuva 14:n mukaan kesäkuussa Etelä-Suomessa tasokeräimillä saadaan energiaa tuotettua häviöt-

tömästi 78 kWh/m<sup>2</sup>. Aurinkolämpöjärjestelmän häviöt ovat arviolta noin 10 %, eli energiaa saadaan noin 70 kWh/m<sup>2</sup>. Tarvittava energiamäärä käyttöveden lämmittämiseen kesäkuun aikana on noin 2450 kWh, joten tarvittava keräin pinta-ala on:

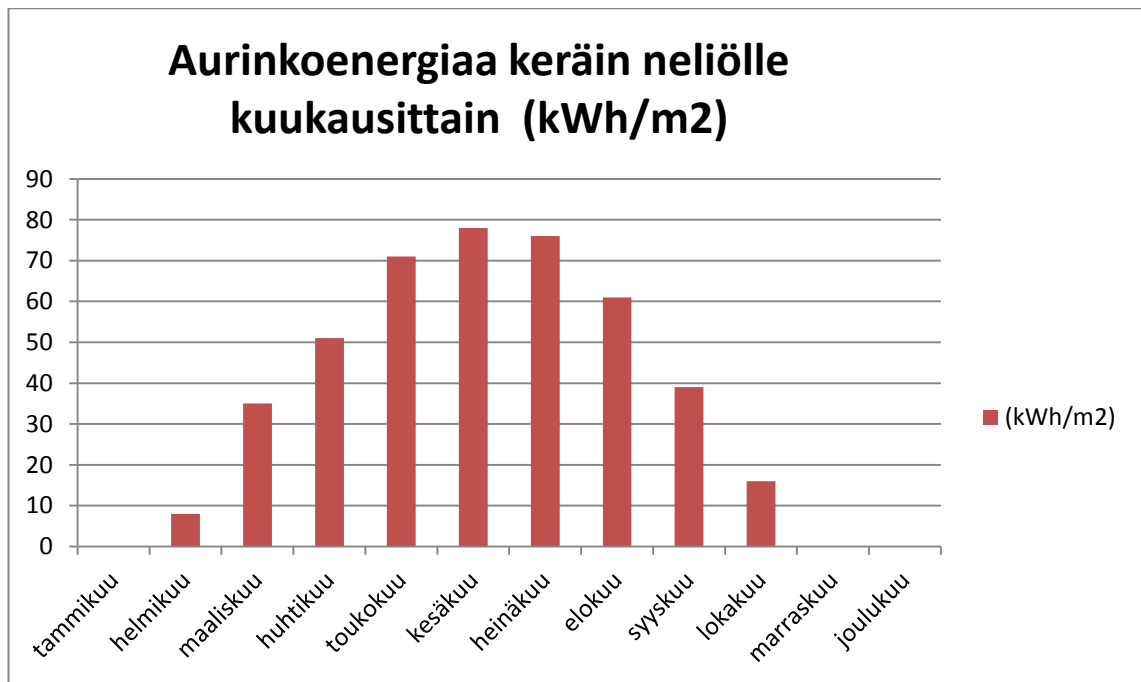
$$\frac{2450 \text{ kWh}}{70 \text{ kWh/m}^2} = 35 \text{ m}^2$$

Kesäkuun käyttöveden lämmitykseen kokonaan aurinkokeräimillä riittää siis noin 35 m<sup>2</sup> tasokeräimiä järjestelmän lämpöhäviöt huomioon ottaen. Keräimien lisäksi järjestelmään tarvitaan varaaja, johon lämpöä ajetaan, pumppu, jolla pumpataan lämmönsiirtonestettä keräimien läpi ja paisunta ja varolaitteet tasaamaan painenvaihteluita.

Kuvaajassa 1 esitetään Auringosta saatava lämpöenergia ja tarvittava lämmitysenergia lämmitysjärjestelmällä kuukausittain 35 m<sup>2</sup> keräinpinta-alalla. Kuvaajan arvot on laskettu perustuen Olli Seppäsen kirjan Rakennusten lämmitys sivun 342 kuvaan 14. Kuvan 14 arvot esitetään kuvaajassa 2.



Kuvaaja 1. Käyttöveden lämmitysenergia (kWh) kuukausittain 35 m<sup>2</sup>:llä paneeleja.



Kuvaaja 2. Aurinkoenergian määrä keräin neliötä kohti kuukausittain häviöttömästi.

Vuoden aikana keräimillä saadaan tuotettua noin 13 700 kWh lämmitysenergiaa. Kun käyttöveden lämmitykseen kuluu energiaa kokonaisuudessaan 29 800 kWh, niin keräimillä saadaan katettua 46 % käyttöveden lämmitykseen tarvittavasta energiasta. Euroääräisenä säästö on öljylämmityksellä 1450 € vuodessa.

Aurinkolämmityksellä tulee lisäksi käyttökustannuksia kiertovesipumpusta. Pumpun sähköteho voidaan laskea rakennusmääräyskokoelman osan D5 kaavalla 6.12:

$$P_{pumppu} = 50 \text{ W} + 5 \text{ W/m}^2 * A$$

jossa

$P_{pumppu}$  pumpun sähköteho

$A$  keräinten pinta-ala

Kaavaan sijoitettuna pumpun tehoksi saadaan:

$$P_{pumppu} = 50 \text{ W} + 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 32 \text{ m}^2 = 210 \text{ W}$$

Rakennusmääräyskokoelman osan D5 kohdan 6.5.2 mukaisesti voidaan pumpun käyntiajaksi 2000 h/a, joten pumpun sähköenergiankulutukseksi saadaan:

$$210 \text{ W} * 2000 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 420\,000 \frac{\text{Wh}}{\text{a}} = 420 \text{ kWh/a}$$

Sähkön hinnalla 0,12 €/kWh tämä tekee 50,4 €. Joten järjestelmän säästökseksi tulee 1450 €/a – 50 €/a = 1400 €/a.

#### 5.4.1 Aurinkolämmön investointikustannukset

Arvio tämän kokoisen aurinkokeräinjärjestelmän investointikustannuksista on 40 000 €. Järjestelmän takaisinmaksuajaksi tulee siis:

$$\frac{40\,000 \text{ €}}{1400 \text{ €/a}} = 28,6 \text{ a}$$

Järjestelmän takaisinmaksuaika on siis lähes 29 vuotta. Todellisuudessa öljyn hinnan noustessa takaisinmaksu aika voisi kuitenkin lyhentyä.

#### 5.5 Ilmastointi

Kohteen IV-konehuone on melko pienikokoinen (kuva 5) ja sinne mahtuu juuri ja juuri nykyisen kokoinen tuloilmakone, joten helpoin tapa toteuttaa kohteen lämmöntalteenotto on vaihtaa nykyiset huippuimurit uusiin huippuimureihin, joissa on lämmöntalteenottopatterit sisäänrakennettuna. Tämän lisäksi raitisilmanottoaukkoon lisätään lämmöntalteenottopatteri (kuva 6). Raitisilmanottoaukon kylkeen täytyy rakentaa myös pieni koppi lämmöntalteenottopiirin pumpulle ja venttiileille. Lisäksi tulee asentaa sisätiloihin sopivaan paikkaan säiliö lämmönsiirtonesteelle, jossa on myös pumppu lämmönsiirtonesteen lisäämistä varten.



Kuva 5. Cafe Liljan IV-konehuone.



Kuva 6. Raitisilmanottoaukko.

### 5.5.1 Ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysteho lämmöntalteenotolla

Lämmöntalteenottoa varten katolla olevat vanhat huippuimurit poistetaan ja kanavat yhdistetään, joten vanhojen neljän huippuimurin tilalle tarvitaan kaksi uutta huippuimuria. Uusien huippuimureiden ilmavirroiksi tulee 604 l/s ja 2225 l/s, poistoilmavirta on siis yhteensä 2829 l/s ja tuloilmavirta 2420 l/s.

Ilmanvaihdon lämmittämiseen tarvittava teho lasketaan kaavalla 3.

$$\varphi_{IV} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,tulo} * (T_{sp} - T_{LTO,mit}) \quad \text{Kaava 3}$$

jossa

$\varphi_{IV}$	ilmanvaihdon lämmitysteho
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kJ/kg
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, 2,42 m <sup>3</sup> /s
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, 18 °C
$T_{LTO,mit}$	lämmöntalteenoton jälkeinen ilman lämpötila

Tuloilman lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila lasketaan kaavalla 4.

$$T_{LTO,mit} = T_{u,mit} + \eta_{t,mit} * (T_s - T_{u,mit}) \quad \text{Kaava 4}$$

jossa

$T_{u,mit}$	ulkoilman mitoituslämpötila, -26 °C
$\eta_{t,mit}$	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa
$T_s$	sisäilman lämpötila, 20 °C

Lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde lasketaan kaavalla 5.

$$\eta_{t,mit} = \frac{\eta_{p,mit}}{R} \quad \text{Kaava 5}$$

jossa

$\eta_{p,mit}$	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa
R	tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan

Lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa saadaan kaavasta 6.

$$\eta_{p,mit} = (T_s - T_{jäte}) / (T_s - T_{u,mit}) \quad \text{Kaava 6}$$

jossa

$T_{jäte}$	jäteilman lämpötila, 0 °C
------------	---------------------------

Arvot kaavaan 6 sijoittamalla saadaan poistoilman lämpötilasuhteeksi:

$$\eta_{p,mit} = \frac{20\text{ °C} - 0\text{ °C}}{20\text{ °C} - (-26\text{ °C})} = 0,43$$

Sijoittamalla kaavasta 6 saatu arvo kaavaan 5 saadaan lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhteeksi:

$$\eta_{t,mit} = \frac{0,43}{\frac{2,42\text{ m}^3/\text{s}}{2,829\text{ m}^3/\text{s}}} = 0,50$$

Kaavasta 5 saatu lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhte sijoitetaan kaavaan 4:

$$T_{LTO,mit} = -26\text{ °C} + 0,50 * (20\text{ °C} - (-26\text{ °C})) = -3,0\text{ °C}$$

Ilmanvaihdon lämmitysteho saadaan laskettua kaavalla 3:

$$\varphi_{IV} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 2,42 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * (18\text{ °C} - (-3\text{ °C})) = 60,984\text{ kW}$$

Lämmöntalteenoton lisäämisen jälkeen ilmanvaihdon lämmitykseen tarvitaan tehoa noin 61 kW. Kohdassa 5.2 on laskettu ilmanvaihdon lämmitystehontarpeeksi ilman lämmöntalteenottoa 102 kW.

### 5.5.2 Energiansäästö lämmöntalteenotolla

Ilmastoinnin lämmityksen kuukausittainen energiankulutus vuonna 2014 ilman lämmöntalteenottoa lasketaan kaavalla 7.

$$Q_{iv} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,tuloilma} * ((T_{sp} - T_p) - T_u) * h \quad \text{Kaava 7}$$

jossa

$Q_{iv}$	kuukausittainen lämmitysenergiankulutus, kWh
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kJ/kg
$q_{v,tuloilma}$	tuloilmavirta, 2,42 m <sup>3</sup> /s
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, 18 °C
$T_p$	lämpötilan nousu puhaltimessa, 0,5 °C

$T_u$	ulkoilman keskilämpötila, Helsinki-Vantaa tammikuu 2014, -7,4 °C
$h$	kuukauden tuntien määrä, tammikuu 744 h

Arvot kaavaan sijoitettuna saadaan tammikuun lämmitysenergian kulutukseksi:

$$Q_{iv} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 2,42 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * ((18 \text{ °C} - 0,5 \text{ °C}) - (-7,4 \text{ °C})) * 744 \text{ h}$$

$$= 53\,798,3 \text{ kWh}$$

Lämmöntalteenoton kanssa ilman lämmitykseen kuluva lämmitysenergia tammikuussa voidaan laskea kaavan 7 avulla, mutta  $T_u$ :n paikalle sijoitetaan kaavalla 4 laskettu  $T_{LTO}$ . Kaavassa 4 käytetään  $T_{u,mit}$  arvon tilalla tammikuun keskilämpötilaa. Ilmavaihdon energiankulutukseksi lämmöntalteenoton kanssa saadaan tammikuussa 24 040,2 kWh. Kaikkien kuukausien energiankulutukset ja laskenta-arvot esitetään taulukossa 5. Kesäkuussa, heinäkuussa ja elokuussa LTO ohitetaan, joten laskelmissa käytetään ulkoilman keskilämpötilaa.

Taulukko 5. Ilmavaihdon lämmitysenergiankulutus ja laskenta-arvot kuukausittain vuonna 2014 LTO:lla ja ilman LTO:ta (Helsinki-Vantaan lentokentän keskilämpötilat <http://ilmatieteenlaitos.fi/kuukausitilastot>).

Kuukausi	Keskilämpötila (°C)	Tlto (°C)	Tuntien määrä (h)	Lämmitysenergia	
				Q_iv_LTO:lla (kWh)	Q_iv_Ilman LTO:ta (kWh)
Tammikuu	-7,4	6,4	744	24040,2	53798,3
Helmikuu	-0,4	9,9	672	14920,0	34931,6
Maaliskuu	1,5	10,8	744	14477,0	34569,2
Huhtikuu	5,7	12,9	720	9642,7	24672,4
Toukokuu	10,9	15,5	744	4376,6	14259,8
Kesäkuu	13,6	-	720	8154,4	8154,4
Heinäkuu	20,4	-	744	0,0	0,0
Elokuu	17,4	-	744	216,1	216,1
Syyskuu	12,3	16,2	720	2779,6	10872,6
Lokakuu	5,8	12,9	744	9856,6	25278,7
Marraskuu	2,2	11,1	720	13282,1	31990,5
Joulukuu	-1,3	9,4	744	17485,7	40618,8
Koko vuosi	6,7	13,4	8760	119231,0	279362,5

Koko vuoden kulutuksista nähdään, että lämmöntalteenotto säästää vuodessa lämmitysenergiaa 160 131,4 kWh. Öljyä säästyy siis noin 17 800 litraa vuodessa, joka on euroissa noin 16 900 €.

### 5.5.3 Lämmöntalteenoton investointikustannukset

Kaksi uutta lämmöntalteenottopatterilla varustettua, ilmavirraltaan sopivaa huippuimuria, lämmöntalteenottoputkisto varusteineen, tuloilman lämmityspatteri ja säiliö lämmönsiirtonesteelle maksaa asennettuna noin 45 000 €. Näin ollen investoinnin takaisinmaksuajaksi tulee:

$$\frac{45\,000\ \text{€}}{16\,900\ \text{€/a}} = 2,66\ a$$

Investointi maksaa itsensä takaisin alle kolmessa vuodessa.

### 5.6 Ilmanvaihdon puolittaminen käyttöajan ulkopuolella

Kohteen aukioloaika on maanantaista lauantaihin 5.30-22.00 ja sunnuntaisin ja arkipäivinä 8.00-22.00. Näin ollen täydellä ilmanvaihdolla käyntitunteja kertyy päivässä keskimäärin:

$$\frac{(22\ \text{h} - 5,5\ \text{h}) * 6 + (22\ \text{h} - 8\ \text{h})}{7} = 16,14\ \text{h}$$

Kuukausittaiset käyntituntimäärät saadaan siis kertomalla kuukauden päivien lukumäärä yhden päivän keskimääräisellä käyntituntimäärällä. Tammikuun 31:den päivän täyden virtaaman käyntituntimääräksi saadaan siis 500 h. Vastaavasti puolen virtaaman käyntitunnit saadaan kuukausittain kertomalla kuukausien päivien lukumäärä luvulla 24 h - 16,14 h = 7,86. Näin tammikuun puolikkaan virtaaman käyntituntimääräksi saadaan 244. Käyntituntien määrän avulla ja kaavaa 7 soveltamalla saadaan laskettua kuukausittaiset lämmitysenergiantarpeet. Tammikuun lämmitysenergian määrä lasketaan seuraavasti:

$$Q_{iv} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,tuloilma} * ((T_{sp} - T_p) - T_u) * h_{täysi} + \rho_i * c_{pi} * q_{v,1/2} * ((T_{sp} - T_p) - T_u) * h_{1/2}$$

$q_{v,1/2}$	ilman tilavuusvirta puolitettuna, 1,21 m <sup>3</sup> /s
$h_{täysi}$	kuukauden käyntituntien määrä täydellä virtaamalla, h
$h_{1/2}$	kuukauden käyntituntien määrä puolitetulla ilmanvaihdolla, h

Arvot kaavaan sijoittamalla tammikuun lämmitysenergiankulutukseksi saadaan lämmöntalteenoton kanssa 20 103,6 kWh ja ilman lämmöntalteenottoa 44 988,9 kWh. Taulukossa 6 esitetään kuukausittaiset lämmitysenergiankulutukset.

Taulukko 6. Lämmitysenergiankulutukset kuukausittain LTO:lla ja ilman LTO:ta.

Kuukausi	Keskilämpötila (°C)	Tlto (°C)	Tuntien määrä	Tuntien määrä	Lämmitysenergia	Lämmitysenergia
			täysi virtaama (h)	½ virtaama (h)	Q_iv_LTO:lla (kWh)	Q_iv_ilman LTO:ta (kWh)
Tammikuu	-7,4	6,4	500	244	20103,6	44988,9
Helmikuu	-0,4	9,9	452	220	12476,9	29211,6
Maaliskuu	1,5	10,8	500	244	12106,4	28908,5
Huhtikuu	5,7	12,9	484	236	8063,7	20632,3
Toukokuu	10,9	15,5	500	244	3659,9	11924,8
Kesäkuu	13,6	-	484	236	6819,1	6819,1
Heinäkuu	20,4	-	500	244	0,0	0,0
Elokuu	17,4	-	500	244	180,7	180,7
Syyskuu	12,3	16,2	484	236	2324,5	9092,2
Lokakuu	5,8	12,9	500	244	8242,6	21139,3
Marraskuu	2,2	11,1	484	236	11107,2	26752,0
Joulukuu	-1,3	9,4	500	244	14622,4	33967,5
Koko vuosi	6,7	13,4	5890	2870	99707,0	233616,9

Vertaamalla taulukon 6 arvoja taulukon 5 arvoihin, huomataan, että puolittamalla ilmanvaihto rakennuksen käyttöajan ulkopuolella säästetään lämmitysenergian kulutuksessa noin 20 000 kWh energiaa ja ilman LTO:ta noin 46 000 kWh energiaa vuodessa. Öljylämmityksen lämmityskustannukset pienenisivät LTO:n kanssa noin 2100 € ja ilman LTO:ta noin 4900 €.

Kaiken kaikkiaan säästetty lämmitysenergia lämmöntalteenotolla ja ilmanvaihdon puolituksella verrattuna alkuperäiseen järjestelmään on 179 655,5 kWh.

### 5.7 Yhdistetyt energiansäästökeinot

Maalämmön, lämmöntalteenoton ja puolitetun ilmanvaihdon investointikustannukset ovat yhteensä 245 000 € ja niillä saavutetaan lämmityksessä 179 655,5 kWh energiansäästö. Kokonaisuudessaan lämmitysenergiaa kuluu siis:

$$(573\,200\text{ kWh} - 179\,700\text{ kWh}) + 29\,800\text{ kWh} = 393\,500\text{ kWh} + 29\,800\text{ kWh} \\ = 423\,300\text{ kWh}$$

Kokonaisenergian kulutus pienenee siis noin 180 000 kWh:lla. Maalämpöpumpulla tarvittava lisäenergia on kohdan 5.1.2 perusteella 16 920 kWh, josta lämmitykselle 15 740 kWh/a ja käyttövedelle 1192 kWh/a, joten rakennusmääräyskokoelman osan D5 kaavalla 6.17 saadaan maalämpöpumpun sähkönkulutukseksi:

$$W_{LP,lämmitys} = \frac{377\,760\text{ kWh/a}}{2,5} + \frac{28\,608\text{ kWh/a}}{2,3} + 16\,920\frac{\text{kWh}}{\text{a}} = 180\,500\text{ kWh/a}$$

Sähkön hinnalla 0,12 €/kWh tämä tekee vuosittaisiksi käyttökustannuksiksi noin 21 660 €. Nykyisiin lämmityskustannuksiin verrattuna säästöä tulee: 63 650 €/a – 21 660 €/a = 41 990 €/a. Investointien takaisinmaksuajaksi tulee siis:

$$\frac{245\,000\text{ €}}{41\,990\text{ €/a}} = 5,83\text{ a}$$

Investointi maalämpöön ja lämmöntalteenottoon maksaisivat itsensä takaisin alle kuudessa vuodessa.

## 6 YHTEENVETO

Tulosten perusteella huoltoaseman kannattaisi investoida maalämpöön ja lämmöntalteenottoon ja asetuttaa tuloilmaan aikaohjaus, joka puolittaa ilmanvaihdon. Yhdistettynä noin 245 000 € investointi maksaisi itsensä takaisin hyvin nopeasti hieman alle kuudessa vuodessa. Lisäksi lämmitysjärjestelmän muutoksen yhteydessä tehtävällä lämmitysjärjestelmän perussäädöllä varmistetaan lämmitysjärjestelmän ja lämmönjaon oikea toiminta. Lisäinvestointina kannattaisi lisäksi vaihtaa kaikki patteriventtiilit termostaateineen, riippuen niiden iästä ja kunnosta. Näillä kaikilla investoinneilla voidaan lämmitysenergiankulutusta vähentää noin 30 %.

Energiansäästökeinoista pienin takaisinmaksuaika on lämmöntalteenotolla, alle 3 vuotta, ja eniten käyttökustannuksia laskee maalämpöjärjestelmän rakentaminen, yli 30 000 € vuodessa. Yhdistetyillä keinoilla saataisiin käyttökustannukset laskemaan yli 40 000 € vuodessa, eli säästöpotentiaalia käyttökustannuksissa on tulosten perusteella siis 65 %!

Tarkastelluista säästökeinoista aurinkokeräimien käyttäminen käyttöveden lämmitykseen ei ole kovin kannattavaa, sillä ne juuri ja juuri maksaisivat itsensä takaisin käyttökänsä aikana, joka on noin 25-30 vuotta. Optimoimalla keräinten suunta ja kallistuskulma kevättä ja syksyä varten, voitaisiin keräimiä käyttää käyttöveden lämmityksen lisäksi rakennuksen lämmityksen avuksi. Keräinpinta-alaa voitaisiin myös kasvattaa asettamalla keräinten kulmaksi yli 60 astetta, jolloin tuotto pienenee kesällä, mutta kasvaa suhteessa keväällä ja syksyllä. Ongelmana on kuitenkin edelleen yllämmön kertyminen kesällä kun lämmitysenergian tarve on hyvin pieni, mutta sitä voitaisiin välttää esimerkiksi peittämällä keräimiä tai suuntaamalla osa keräimistä enemmän kaakkoon ja osa lounaaseen.

## LÄHTEET

Helsinki-Vantaan lentokentän keskilämpötilat, Ilmatieteen laitos.

<http://ilmatieteenlaitos.fi/kuukausitilastot>

Ilmatieteenlaitos. Lämmitystarveluvut. <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

Jodat Ympäristöenergia Oy. Aurinkolämpöjärjestelmät. <http://www.energiakauppa.com/>  
Luettu 3.4.2015.

Lämpöpumput.info. <http://lampopumput.info/foorumi/index.php?topic=13431.0>

Maalämpöfoorumi.fi. <http://www.maalampofoorumi.fi/index.php?topic=5318.0>

Motiva. Kaukolämpö.

[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/kaukolampo](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/kaukolampo). Luettu 27.3.2015.

Motiva Oy. Kaukolämmön hinta.

[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/kaukolampo/kaukolammon\\_hinta](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/kaukolampo/kaukolammon_hinta). Luettu 27.3.2015.

Motiva Oy. Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston. <http://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>. Luettu 31.3.2015.

Motiva Oy. Lämpimän käyttöveden osuus ja lämmitykseen tarvittava energia.

[http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energiankayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammin\\_kayttovesi](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi). Luettu 13.2.2015.

Motiva Oy. Maalämpöpumppu.

[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/maalampopumppu](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu). Luettu 27.3.2015.

Nibe Oy. Maalämpöpumppu opas.

[http://www.nibe.fi/Documents/haato\\_fi/NIBE%20MLP%20JA%20VPDIM%20OPAS%201137-1.PDF](http://www.nibe.fi/Documents/haato_fi/NIBE%20MLP%20JA%20VPDIM%20OPAS%201137-1.PDF). Luettu 27.3.2015.

Olli Seppänen. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Solver Palvelut Oy 2008.

Olli Seppänen. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä 2001.

Oras Oy. Oras hinnasto.

[http://www.oras.com/Support/fi/eDock/Hinnasto\\_01\\_2014/Suomi2014\\_uusi.pdf](http://www.oras.com/Support/fi/eDock/Hinnasto_01_2014/Suomi2014_uusi.pdf). Luettu 5.4.2015.

PT-energiaporaus. Maalämpö on taloudellinen ja ekologinen ratkaisu. <http://www.pt-energiaporaus.fi/maalampo-on-taloudellinen-ja-ekologinen-energiaratkaisu>. Luettu 27.3.2015

Rakennustieto Oy. RT 94-11164 Ravintolat ja kahvilat (2014). [www.rakennustieto.fi](http://www.rakennustieto.fi)

Solpros Ay. Aurinkolämpöjärjestelmän perusteet, mitoitus ja käyttö.  
<http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>. Luettu 3.4.2015.

VTT. Aurinkolämmön laskentaopas. [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaaraykset](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaaraykset)

Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D1(2007) Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet. [www.ym.fi/rakentamismaaraykset](http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset).

Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2(2012) Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. [www.ym.fi/rakentamismaaraykset](http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset).

Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5(2012) Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta, ohjeet.  
[www.ym.fi/rakentamismaaraykset](http://www.ym.fi/rakentamismaaraykset).

Loviisan vesiliikelaitos. Vesimaksut 2015.  
<http://www.loviisa.fi/files/download/hinnasto2015.pdf>

## LIITTEET

### Liite 1. Helsinki-Vantaan lämmöntarveluvut öljynkulutuksen mittausjaksolta.

<http://www.degreedays.net/>

Päivämäärä	°Cd	Päivämäärä	°Cd	Päivämäärä	°Cd	Päivämäärä	°Cd
13.12.2013	14,9	8.1.2014	12,3	3.2.2014	17,8	1.3.2014	17,5
14.12.2013	22,2	9.1.2014	12,9	4.2.2014	17,4	2.3.2014	16,8
15.12.2013	16,5	10.1.2014	16	5.2.2014	20,7	3.3.2014	16,2
16.12.2013	13	11.1.2014	20,9	6.2.2014	24,9	4.3.2014	16
17.12.2013	12,8	12.1.2014	25,2	7.2.2014	19,9	5.3.2014	16,1
18.12.2013	16,1	13.1.2014	28,4	8.2.2014	15,5	6.3.2014	17,4
19.12.2013	15,3	14.1.2014	32,6	9.2.2014	15	7.3.2014	15,4
20.12.2013	14,2	15.1.2014	30,3	10.2.2014	16	8.3.2014	13,2
21.12.2013	13,2	16.1.2014	29,9	11.2.2014	17	9.3.2014	13,5
22.12.2013	11,6	17.1.2014	31,5	12.2.2014	16,5	10.3.2014	12,5
23.12.2013	13,1	18.1.2014	31,9	13.2.2014	16	11.3.2014	12,7
24.12.2013	13,6	19.1.2014	31,9	14.2.2014	16,7	12.3.2014	11,6
25.12.2013	12,2	20.1.2014	32,7	15.2.2014	17	13.3.2014	11,5
26.12.2013	13	21.1.2014	30,3	16.2.2014	15,9	14.3.2014	12,6
27.12.2013	13	22.1.2014	33	17.2.2014	15,4	15.3.2014	16,5
28.12.2013	11,9	23.1.2014	34,6	18.2.2014	16	16.3.2014	19,4
29.12.2013	12	24.1.2014	36,4	19.2.2014	16,9	17.3.2014	23,8
30.12.2013	13,8	25.1.2014	27,7	20.2.2014	19	18.3.2014	21,6
31.12.2013	13,7	26.1.2014	24,9	21.2.2014	19,6	19.3.2014	21
1.1.2014	13,6	27.1.2014	25,6	22.2.2014	15,3	20.3.2014	22,1
2.1.2014	16,6	28.1.2014	25,6	23.2.2014	14,5	21.3.2014	12,1
3.1.2014	16	29.1.2014	25,8	24.2.2014	13,6	22.3.2014	13,6
4.1.2014	15,4	30.1.2014	28,2	25.2.2014	15,5	23.3.2014	14,7
5.1.2014	12,9	31.1.2014	26,9	26.2.2014	17,6	24.3.2014	13,4
6.1.2014	15,3	1.2.2014	23,4	27.2.2014	16,6	25.3.2014	13,4
7.1.2014	14,5	2.2.2014	20,4	28.2.2014	16,8		