



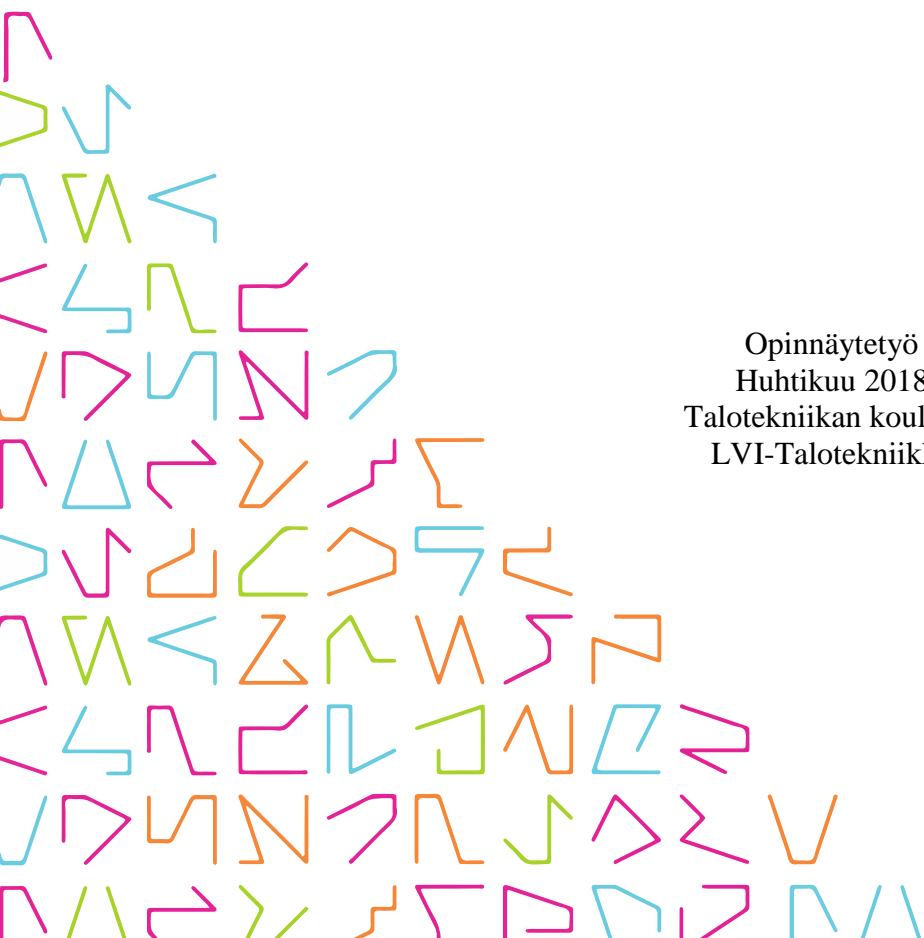
TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ASUINKERROSTALON ENERGIATEHOKKUU- DEN PARANTAMINEN LVI-TEKNISIN RAT- KAISUIN

As Oy Petsamonkatu 14

Joel Maksniemi

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Talotekniikan koulutus
LVI-Talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
LVI-Talotekniikka

JOEL MAKSNIEMI:

Asuinkerrostalo energiatehokkuuden parantaminen
As Oy Petsamonkatu 14

Opinnäytetyö 62 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyön toimeksiantaja on asunto-osakeyhtiö Petsamonkatu 14. Työn tavoitteena oli tuottaa taloyhtiölle aineisto, jossa vertaillaan kustannustehokkaita ja toteuttamiskelpoisia ratkaisuja rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi. Aineiston tarkoituksena on helpottaa energiasaneeraukseen liittyvien laitteiden ja lämmöntuottojärjestelmien valintaa. Ratkaisut rajattiin käsittämään nykyisen lämmöntuottojärjestelmän muokkausta, uusien lämmöntuottojärjestelmien lisäämistä nykyisen rinnalle ja nykyisen lämmöntuottojärjestelmän korvaamista uudella energiatehokkaammalla vaihtoehdolla.

Työssä tehtyjen vertailujen pohjana käytettiin eri laitetoimittajien ja konsulttien tekemiä, sekä omia laskelmia. Parantamishdotuksille laadittiin takaisinmaksu-, - ja energiansäästölaskelmat, joille tehtiin myös herkkyystarkastelua eri korkotasolla ja energian hinnoilla. Lisäksi työssä arvioitiin myös lämmöntuottojärjestelmien soveltuvuutta ja toteuttamiskelpoisuutta kohteeseen, sekä pyrittiin tuomaan esille mahdolliset järjestelmäkohdattaiset haasteet ja edut.

ABSTRACT

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

JOEL MAKSNIEMI:

Improving the Energy Efficiency of Residential Apartment Building
Housing Cooperative Petsamonkatu 14

Bachelor's thesis 62 pages, appendices 2 pages
April 2018

The purpose of this thesis was to collect information on different ways to improve the energy efficiency of a residential apartment building. The selected improvement methods that were compared were restricted to improving the existing HVAC systems and/or adding new systems to work side by side with the existing one or replacing the existing system with a more energy-efficient solution. The basic working principles of the selected improving methods were explained in the theoretical section whereas the analysis section compared the selected HVAC system improvements by their suitability for the building, the estimated life cycle costs and the payback period.

The work was commissioned by the housing cooperative Petsamonkatu 14. As the outcome of this thesis a material was collected, the purpose of which is to aid in the process of deciding on the energy renovation, which the housing cooperative is planning to execute in order to save on heating costs.

Key words: hvac, energy efficiency

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	ENERGITEHOKKUUS	8
2.1	Lainsäädäntö	8
2.1.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki	8
2.1.2	Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen korjaus- ja muutostöissä 4/13 ja 2/17	9
2.2	Energian kulutus asuinrakennuksissa	11
2.2.1	Lämmitysenergian kulutus	12
2.2.2	Lämpimän käyttöveden tuottamiseen kuluva energia.....	12
2.3	Tulevaisuuden näkymät	14
2.3.1	Sähkön hinnan kehitys	17
2.3.2	Kaukolämmön hinnan kehitys.....	18
2.3.3	Energian tuotanto Tampereella nyt ja tulevaisuudessa	19
3	LVI-TEKNISIÄ RATKAISUJA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI	21
3.1	Lämpöpumput	21
3.1.1	Maalämpöpumppu.....	21
3.1.2	Ilmalämpöpumppu	22
3.1.3	Vesi-ilmalämpöpumppu	23
3.1.4	Poistoilmalämpöpumppu	24
3.2	Aurinkoenergia	25
3.2.1	Aurinkopaneelit.....	26
3.2.2	Aurinkokeräimet	27
3.3	Muut ratkaisut	30
3.3.1	Lämmönjakokeskuksen uusiminen	30
3.3.2	Lämmityspattereiden uusiminen	30
3.3.3	Kaukolämmön laskutusvesivirran pienentäminen	30
4	KOHTEEN TIEDOT	31
4.1	Yleistiedot	31
4.2	Kohteen suojele ja sen vaikutus korjausrakentamiseen.....	32
4.3	Nykyiset talotekniset järjestelmät ja niiden perusparannukset	33
4.4	Muut energiatehokkuuteen vaikuttavat perusparannukset.....	34
4.5	Kohteen lämmitysenergiankulutus	35
4.6	Tehtyjen parannusten vaikutus	36
4.7	Kohteen lämpimän käyttöveden tuottamiseen käytetty lämmitysenergia	37
5	HANKEKOHTAINEN LVI-TEKNISTEN RATKAISUJEN VERTAILU ...	39

5.1	Ratkaisujen karsiminen	39
5.2	Vertailtavat ratkaisut	39
5.2.1	Haasteet	40
5.2.2	Alkuinvestointi	41
5.2.3	Laskennalliset säästöt lämmityksen ostoenergiassa	42
5.2.4	Lämmityspattereiden uusiminen kohteessa	43
5.2.5	Kohteen sähköliittymän uusiminen	43
5.2.6	Alustavien arvioiden analysointi	44
5.3	Laskennan tulokset	47
5.3.1	Vertailu 2016 tilanteeseen	48
5.3.2	Vertailu nykytilanteeseen	50
5.3.3	Säästöt ostoenergiassa	51
5.3.4	Säästöt hiilidioksidipäästöissä	52
5.3.5	Takaisinmaksuajat	53
5.3.6	Herkkyystarkastelu eri energian hinnoilla	53
6	POHDINTA	57
	LÄHTEET	59
	LIITTEET	61
	Liite 1. Kohteen kaukolämmön käyttöraportti sivu 1. (Tampereen sähkölaitos)	
	61	
	Liite 2. Kohteen kaukolämmön käyttöraportti sivu 2. (Tampereen sähkölaitos)	
	62	

LYHENTEET JA TERMIT

COP	Lämpöpumpun hyötysuhde, joka kertoo, että paljonko lämmitysenergiaa voidaan tuottaa yhdellä kilowatilla sähköenergiaa (Coefficient of performance)
SCOP	Lämpöpumpun vuosihyötysuhde, joka kertoo hyötysuhteen koko lämmityskauden ajalla markkina-alueella (Seasonal coefficient of performance)
SPF	Sama kuin SCOP, mutta huomioi myös käyttöveden lämmityksen (Seasonal performance factor)
LTO	Lämmön talteenotto
IV	Ilmanvaihto
kW	Kilowatti
kWh	Kilowattitunti
LVI	Lämpö, vesi, ilmanvaihto
RKY	Rakennettu kulttuuriympäristö
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki
VTT	Teknologian tutkimuskeskus
ARA	Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus
SULPU	Suomen Lämpöpumppuyhdistys
ALV	Arvolisävero

1 JOHDANTO

Työn aiheena on energiatehokkuuden parantaminen asuinkerrostalossa. Tässä työssä perehdytään erilaisiin LVI-tekniisiin keinoihin, joilla voidaan vähentää lämmitykseen käytettävän ja ostettavan energian kulutusta eräässä asuinkerrostalossa. Näiden eri keinojen soveltuvuutta ja toteuttamiskelpoisuutta kohteeseen vertaillaan keskenään ja pyritään tuomaan esille mahdollisilla toteutuskeinoilla saavutettuja hyötyjä ja haittoja.

Energiankulutus on noussut jatkuvasti jo 50-luvulta lähtien, tämän seurauksena myös ilmastolämpenemistä aiheuttavat kasvihuonepäästöt ovat lisääntyneet. Kasvihuonekaasuista valtaosa on peräisin energiantuotannosta ja kulutuksesta ja näistä noin neljännes aiheutuu Suomessa rakennusten lämmityksestä. Tulevaisuudessa on siis entistä tärkeämpää säästää lämmitysenergiaa ja suosia uusiutuvia energiantuotantotapoja.

EU:n tasolla on asetettu päästöihin, kulutukseen ja energiantuotantoon liittyvät energia- ja ilmastotavoitteet tuleville vuosikymmenille. Suomessa näihin tavoitteisiin pyritään pääsemään lainsäädännön avulla, joka pyrkii aktiivisesti vähentämään hiilidioksidipäästöjä. Suomen lopullisena tavoitteena onkin täysin hiilineutraali yhteiskunta. Energiansäästötoimenpiteet tulevat siis koskettamaan jokaista suomalaista lähitulevaisuudessa.

Eri energiansäästöratkaisuihin oli saatavilla kohteeseen tehtyjä laitetuotoimittajien ja konsultointiyritysten tekemiä investointi- ja elinkaarikustannuslaskelmia. Näitä laskelmia vertaillaan työssä keskenään ja niitä apuna käyttäen luodaan myös omat elinkaarilaskelmat, jonka avulla vertaillaan eri ratkaisujen kannattavuutta.

Lopputuloksena tuotetaan aineisto, jonka tarkoituksena on helpottaa kohteen taloyhtiön päätöksentekoprosessia tulevan energiasaneeraustoimenpiteen valinnassa.

2 ENERGITEHOKKUUS

2.1 Lainsäädäntö

2.1.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Suomessa rakentamista ohjataan lailla, ja näistä tärkeimpänä voidaan pitää maankäyttö- ja rakennuslakia. Ympäristöministeriön verkkosivuilla maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteiksi on lueteltu: ”Järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että ne luovat edellytykset hyvälle elinympäristölle. Edistää ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävästä kehitystä. Turvata kansalaisille osallistumismahdollisuus asioiden valmistelussa. Turvata suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus ja avoin tiedottaminen.”

Maankäyttö ja rakennuslakia täydennetään rakentamismääräyskokoelmien avulla, rakentamismääräyskokoelman eri osiot ovat: suunnittelu ja valvonta, rakenteiden lujuus ja vakaus, paloturvallisuus, terveellisyys, käyttöturvallisuus, esteettömyys, meluntorjunta ja ääniolosuhteet, energiatehokkuus, rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje ja asuntopuunnittelu (Ympäristöministeriö verkkosivut). Seuraavissa kappaleissa on tarkasteltu lähemmin sitä, että mitä energiatehokkuutta koskeva rakentamismääräyskokoelma pitää sisällään.

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) yleisenä tavoitteena on lain ensimmäisen pykälän mukaan: ”järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävästä kehitystä.” Pykälän kaksi mukaan lain soveltamisala: ”Tässä laissa säädetään alueiden ja rakennusten suunnittelusta, rakentamisesta ja käytöstä.”

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) pykälässä 117g (16.12.2016/1151) Energiatehokkuus on määrätty seuraavaa: ”Energiatehokkuutta on parannettava rakennuksen rakennus- tai toimenpideluvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa.

Edellä mainittuja vaatimuksia ei kuitenkaan sovelleta: 7) rakennukseen, jota suojellaan rakennusperinnön suojelemisesta annetun lain (498/2010), kaavassa annetun suojelemääräyksen tai maailman kulttuuri- ja luonnonperinnön suojelemisesta tehdyn yleissopimuksen (SopS 19/1987) mukaiseen maailmanperintöluetteloon hyväksymisen nojalla osana määrättyä ympäristöä tai sen erityisten arkkitehtonisten tai historiallisten ansioiden vuoksi siltä osin, kuin sen luonne tai ulkonäkö muuttuisi energiatehokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten noudattamisen vuoksi tavalla, jota ei voida hyväksyä.”

Vaikka Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) pykälän 117g kuulostaakin siltä, että se koskisi tämän työn kohteena olevaa rakennusta, niin näin ei kuitenkaan ole, sillä kyseistä rakennusta ei ole suoraan kaavalla suojattu.

2.1.2 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen korjaus- ja muutostöissä 4/13 ja 2/17

Ympäristöministeriön asetusta ”4/13 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä” sovelletaan kohteissa, joissa tehdään maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan rakennus- tai toimenpideluvanvaraista korjaus- tai muutostyötä.

Ympäristöministeriön asetuksella ”2/17 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta” on kumottu ja muutettu asetuksen 4/13 määräyksiä. Tässä kappaleessa on esitetty asetuksen 4/13 mukaiset määräykset, asetuksen 2/17 muutoksilla.

Asetuksen 4/13 pykälässä kaksi todetaan seuraavaa: ”Rakennuksen käyttötarkoituksen pysyessä ennallaan voidaan kesäajan huonelämpötilan laskenta jättää tekemättä, jos muuten voidaan varmistua, että rakennuksen ominaisuudet eivät korjauksen tai muutoksen johdosta heikkene.

Korjaus- tai muutostyöhankkeeseen ryhtyvän on, lupaan tarvittavan suunnittelun yhteydessä esitettävä toimenpiteet, joilla rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa rakennusosittain, järjestelmittäin tai koko rakennuksesta hankkeen laajuuden ja päättämänsä tavan mukaisesti. Korjaus on laajamittainen, kun rakennuksen vaippaan tai raken-

nuksen teknisiin järjestelmiin liittyvien korjausten jälleenrakentamiskustannuksiin perustuvat kokonaiskustannukset ovat yli 25 prosenttia rakennuksen arvosta, rakennusmaan arvo pois lukien. Laajamittaisen korjauksen yhteydessä hankkeeseen ryhtyvän on osoitettava valittujen toimenpiteiden olevan kustannusoptimaalisella tasolla.”

Jos rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisia ominaisuuksia parannetaan, rakennuksen energiankulutus saa kasvaa ominaisuuksien parantamisesta johtuvalla laskennallisella määrällä.”

Asetusten 4/13 ja 2/17 pykälässä viisi on asetettu teknisille järjestelmille seuraavat vaatimukset: ”Kun rakennuksen teknisiä järjestelmiä peruskorjataan, uudistetaan tai uusitaan, on noudatettava seuraavia vaatimuksia;

-Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä eli lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 %.

-Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,0 kW/(m³/s).

-Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 1,0 kW/(m³/s).

-Ilmastointijärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,5 kW/(m³/s).

-Lämmitysjärjestelmien hyötysuhdetta parannetaan laitteiden ja järjestelmien uusimisen yhteydessä uusittavilta osin. Uusimisen jälkeen rakennuksen pääasiallinen lämmöntuottojärjestelmän ja tilojen pääasiallisen lämmönjakojärjestelmän hyötysuhteiden välisen suhteen on oltava vähintään 0,8. Suhdeluku on laskettava pääasiallisen lämmöntuottojärjestelmän ja tilojen pääasiallisen lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteiden osamääränä. Pääasiallisen lämmöntuottojärjestelmän tai tilojen pääasiallisen lämmönjakojärjestelmän on oltava vähintään 0,73. Kun rakennuksen uusittu pääasiallinen lämmöntuottojärjestelmä on lämpöpumppu, lämpöpumpun SPF-luvun ja tilojen pääasiallisen lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteen välisen suhteen on oltava vähintään 2,4. Suhdeluku on laskettava lämpöpumpun SPF-luvun ja tilojen pääasiallisen lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteen osamääränä. Uusitun tilojen pääasiallisen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus saa olla enintään 2,5 kWh/m² (lämmitettyä nettoalaa kohden).

-Vesi- ja/tai viemärijärjestelmien uusimiseen sovelletaan, mitä uudisrakentamisesta säädetään.”

2.2 Energian kulutus asuinrakennuksissa

Työ- ja elinkeinoministeriön verkkosivujen mukaan kasvihuonekaasuista n. 80% on peräisin energiantuotannosta ja kulutuksesta. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2016 kaikesta tuotetusta energiasta noin neljännes kului Suomessa rakennusten lämmitykseen.

Energiatehokkuuden parantamisen yhtenä päätavoitteena on kasvihuonepäästöjen vähentäminen taloudellisesti kannattavasti. Uusiutuvia energiamuotojen käyttöä tulisi lisätä ja energiankulutusta vähentää, jotta voitaisiin turvata energian riittoisuus, vähentää energian tuontitarvetta, alentaa energiakustannuksia ja käyttää luonnon resurssit tehokkaammin. (Työ- ja elinkeinoministeriö verkkosivut)

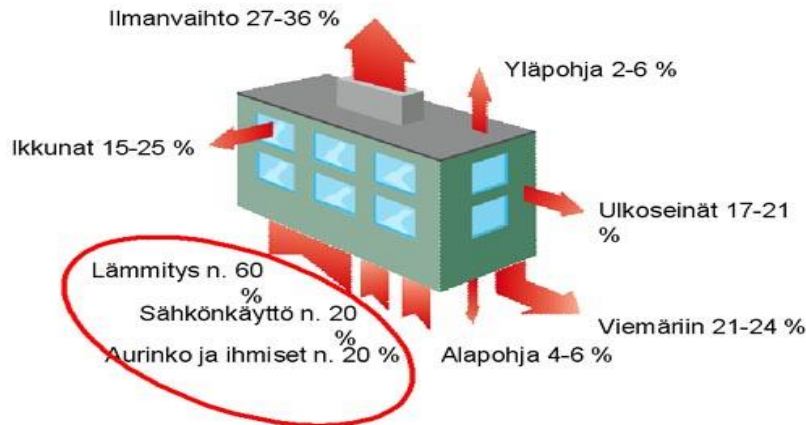
Aiempiä vuosina energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävissä korjausrakennushankkeissa onkin ollut mahdollista hakea energia-avustusta valtiolta. Avustuksen suuruus on ollut yleensä 25% remontin kokonaiskustannuksista. Energia-avustuksia ei ole kuitenkaan enää myönnetty 01.01.2017 jälkeen valtion huonon taloudellisen tilanteen vuoksi. (Ara.fi)

TAULUKKO 1. Asumien energiankulutuksen jakautuminen eri vuosina. (Tilastokeskus)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Tilojen lämmitys	48 765	41 419	45 928	42 739	42 831	40 804	44 954
Varsinaiset asuinrakennukset yhteensä	46 365	39 339	43 663	40 643	40 690	38 760	42 514
- Erilliset pientalot	29 101	25 091	27 641	25 595	25 967	24 507	27 282
- Rivi- ja ketjutalot	4 462	3 767	4 215	3 972	3 925	3 816	4 092
- Asuinkerrostalot	12 802	10 481	11 807	11 076	10 798	10 437	11 140
Vapaa-ajan asuinrakennukset	2 399	2 080	2 265	2 097	2 140	2 044	2 440
Kotitalouslaitteet ¹⁾	9 092	8 320	8 856	8 395	8 099	7 886	8 295
- Valaistus	2 702	2 482	2 349	2 115	1 919	1 876	1 770
- Ruoan valmistus	826	799	714	697	689	680	681
- Muut sähkölaitteet	5 564	5 039	5 793	5 583	5 491	5 330	5 844
Saunojen lämmitys	2 880	2 871	2 894	2 902	2 924	2 920	3 049
Käyttöveden lämmitys	9 522	9 584	9 658	9 727	9 789	9 850	9 961
Asuminen yhteensä	70 259	62 194	67 336	63 763	63 643	61 460	66 259

Asuinrakennuksissa energiaa käytetään tilojen lämmitykseen, käyttöveden lämmittämiseen ja sähkölaitteisiin. (Tilastokeskus) Taulukkoa 1 tulkitsemalla voidaan huomata, että tilojen lämmitykseen kuluu ylivoimaisesti eniten energiaa, siksi siitä on myös mahdollista

saada suurimmat säästöt. Tässä työssä on perehdytty pääosin siihen, miten lämmitysenergiaa voitaisiin kuluttaa ja ostaa vähemmän. Energiataseella voidaan havainnollistaa sitä, miten energiaa tulee asuinrakennukseen ja mihin sitä käytetään (KUVA 1).



KUVA 1. Tyypillisen 1950-1970-luvun kerrostalon energiataase. (Teeparannus.fi)

2.2.1 Lämmitysenergian kulutus

Tilojen lämmitykseen käytettävän energian määrää voidaan tarkastella laskennallisesti tai olemassa olevien kulutustietojen perusteella. Laskennallinen tarkastelu tulee tehdä Rakentamismääräyskokoelman ”Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta, ohjeet, 2018” mukaisesti. Rakentamismääräyskokoelman ohjeen mukaan rakennuksen lämmitystehon tarve riippuu pääasiassa rakenteiden johtumislämpöhäviöistä, ilmavuodoista ja ilmanvaihdosta. Olemassa olevan rakennuksen energian kulutusta voidaan tarkastella olemassa olevien kulutustietojen, kuten kaukolämpölaskussa esitetyn käyttöraportin avulla.

2.2.2 Lämpimän käyttöveden tuottamiseen kuluva energia

Luotettavin tapa käyttöveden lämmittämiseen kulutetun energian tarkastelulle olisi suoraan kulutetun lämpimän veden määrästä. Käyttöveden kulutustietojen puuttuessa, voidaan sen lämmitykseen kulutettua vuosittaista energian määrää kuitenkin arvioida usealla eri tavalla. Eräs tapa tälle on lämmityskauden ulkopuolelle sijoittuvien kuukausien kau-

kolämmön kulutustietojen tarkastelu, sillä silloin rakennuksessa ei oletettavasti kulu lämmitysenergiaa muuhun kuin lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Motivan esittämä tapa lämpimän veden kulutuksen arviointiin on neliöperusteinen ja sen mukaan voidaan arvioida energiankulutusta eri kaavojen avulla.

Motivan ohjeen mukaan lämpimän käyttöveden kulutusta voidaan arvioida asuinrakennuksissa käyttämällä sen kulutuksesta oletusarvoa $0,6 \text{ m}^3/\text{brm}^2$, jos tarkempia kulutustietoja ei ole saatavilla. Bruttoalaan lasketaan kaikki kerrostasoalat riippumatta siitä, ovatko ne lämmitettyjä.

Motivan ohjeen mukaan lämpimän käyttöveden tuottamiseen käytettyä energiaa Q_{lkv} voidaan tarkastella kaavalla 1, jos energiankulutusta ei ole erikseen mitattu:

$$Q_{\text{lkv}} = 58 \times V_{\text{lkv}} \quad (1)$$

, jossa V_{lkv} = kulutetun lämpimän käyttöveden määrä m^3/a

58 = energiamäärä kWh/m^3 , joka tarvitaan veden lämmittämiseen.

Mikäli lämpimän käyttöveden määrää ei ole erikseen mitattu, mutta tiedetään kohteen kokonaisvedenkulutus, niin oletetaan lämpimän käyttöveden osuudeksi 40% kokonaiskulutuksesta.

Kun tiedetään lämpimän käyttöveden kulutus, niin voidaan sen lämmittämiseen käytetty energia laskea kaavalla 2:

$$Q = \frac{\rho \times C_p \times V \times (t_2 - t_1)}{3600} \quad (2)$$

. jossa Q = veden lämmittämiseen kuluva energia (kWh)

ρ = veden tiheys ($1\,000 \text{ kg}/\text{m}^3$)

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti ($4,2 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$)

V = vedenkulutus (m^3)

t_2 = lämmitetyn veden lämpötila, yleensä $55 \text{ }^\circ\text{C}$

t_1 = lämmitettävän veden lämpötila, yleensä $5\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$

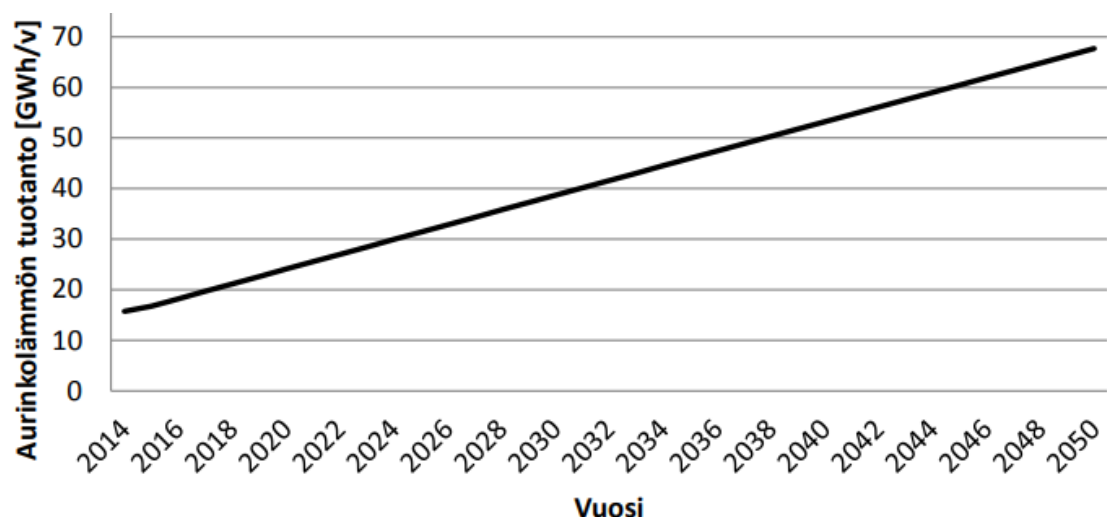
3600 = yksikkömuunnoskerroin $\text{kJ} \rightarrow \text{kWh}$

2.3 Tulevaisuuden näkymät

RES-Direktiivi 2009/28/EY on EU:n neuvoston ja parlamentin asettama lainsäädäntö-ohje, joka koskee uusiutuvien lähteiden käyttöä energiantuotannossa. Direktiivin ohjeiden mukaan jokaiselle jäsenvaltiolle on annettu omat tavoitteensa, joilla koko EU:n uusiutuvien energialähteiden osuus energian kokonaiskulutuksesta saataisiin nousemaan 20%:iin vuoteen 2020 mennessä. Suomelle asetettu tavoite uusiutuvan energian loppukulutuksesta on 38% vuoteen 2020 mennessä. (Energiavirasto)

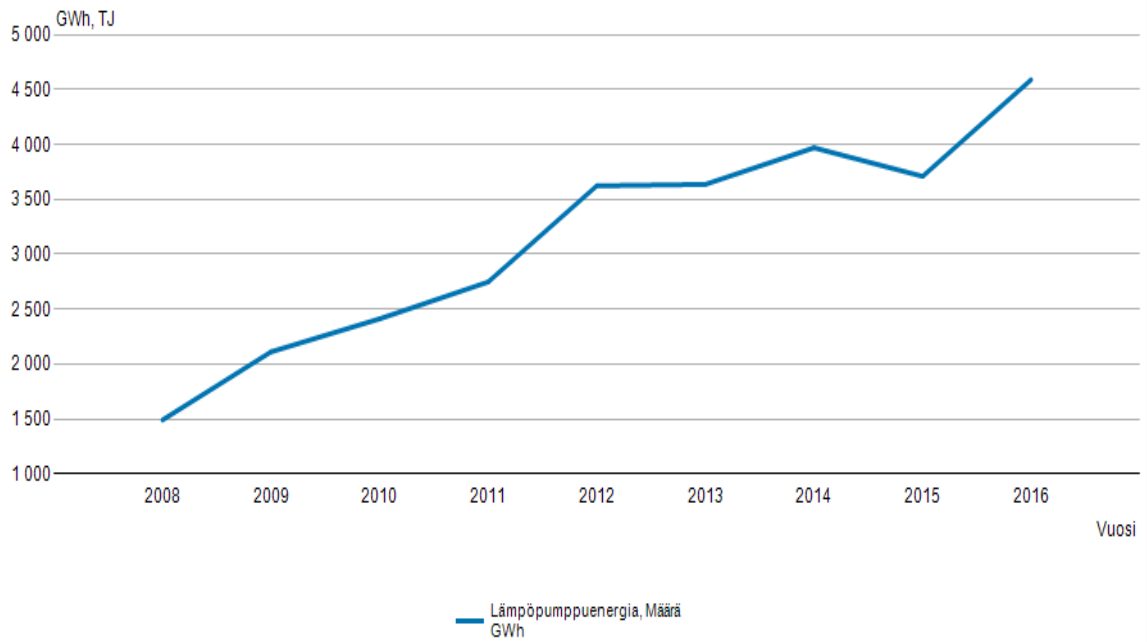
Suomen ympäristökeskuksen raportissa ” Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015-2050” on pohdittu rakennusten energiankulutuksen muutosta ja uusiutuvan energian osuuden lisääntymistä rakennusten lämmitysenergian kulutuksessa tulevaisuudessa. Raportissa arvioidaan päätettyjen ja toimeenpantujen poliittisten toimien vaikutusta vuoteen 2050 saakka.

Nykyinen lainsäädäntö velvoittaa lisäämään uusiutuvan energian käyttöä. Aurinkolämpö luetaan uusiutuvaksi energiaksi, joten raportissa on oletettu sen tuotannon kehittyvän tulevaisuudessa. Raportissa ei ole huomioitu passiivista aurinkoenergiaa, eikä esimerkiksi kaukolämmön kautta syötettyä aurinkoenergialla tuotettua lämmitysenergiaa, vaan ainoastaan rakennuksissa aurinkokeräimillä tuotettu energia. Aurinkoenergian tuotannon on arvioitu kehittyvän lineaarisesti ja tällä tavoin arvioitu kehitys on osoitettu kuvassa 2.



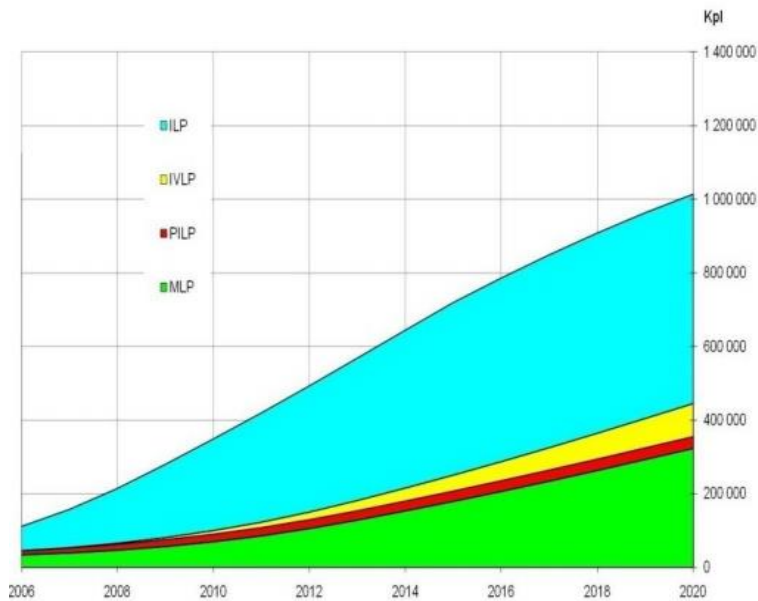
KUVA 2. Aurinkolämmön tuotannon kehityksen ennuste. (Suomen ympäristökeskuksen raportti 35/2016)

Lämpöpumppujen käyttö tilojen lämmittämiseen Suomessa on yleistynyt runsaasti viime vuosina. Vuodesta 2008 lämpöpumppujen kuluttama energia onkin jo yli kolminkertais-
tunut, kuten voidaan havaita tulkitsemalla kuvaa 3. (Tilastokeskus). Lämpöpumppujen kasvavan suosion voidaan olettaa johtuvan osin lämpöpumpputekniikan kehittymisestä, osin alati kiristyvien energiamääräysten vaikutuksesta ja osin kuluttajien halusta säästää energiakustannuksissa.



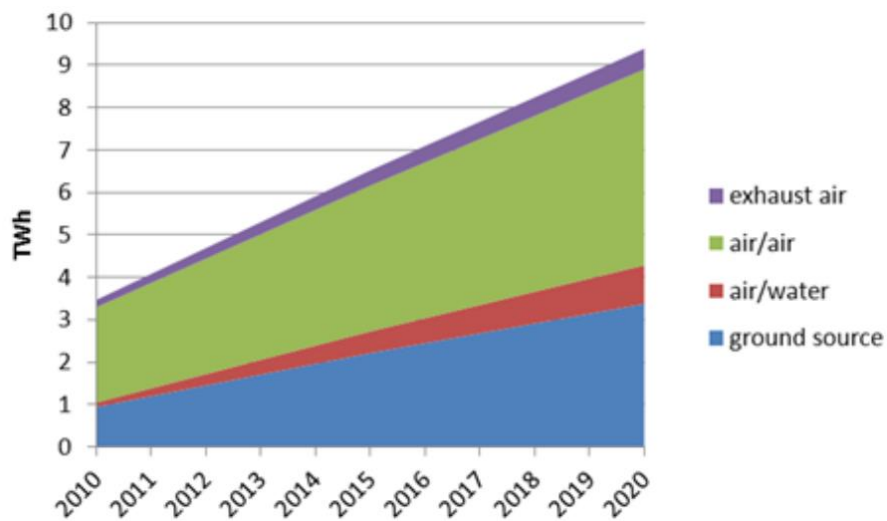
KUVA 3. Lämpöpumppuenergian määrä suomessa (Tilastokeskus)

SULPU:sen julkaisussa ”Lämpöpumppujen merkitys ja tulevaisuus” kerrotaan lämpöpumppujen nykyisin vähentävän hiilidioksidipäästöjä jo yli miljoona tonnia vuodessa. Samassa julkaisussa on arvioitu, että lämpöpumpuilla on tuotettu yli 30TWh uusiutuvaa energiaa koko Suomessa ja tämän arvellaan vähentäneen hiilidioksidipäästöjä yli 8 miljoonalla tonnilla.



KUVA 4. Lämpöpumppujen määrän kehitys ja jakauma (SULPU)

VTT:sen ja Aalto-yliopiston ennusteen mukaan Suomessa tulee olemaan miljoona lämpöpumpua vuonna 2020 (KUVA 4). Ennusteen mukaan lämpöpumpuilla tuotettaisiin lämmitysenergiaa 10TWh vuodessa nykyisen n.5TWh sijaan (KUVA 5.)



KUVA 5. Lämpöpumpuilla tuotetun lämmitysenergian jakauma ja ennuste (SULPU)

Alla esitetyssä taulukossa 2 on esitetty Suomen ympäristökeskuksen raportin mukainen ennuste Suomen rakennuskannan hankitun energian määrästä tulevaisuudessa kahden eri talousarvion mukaan. Hankitun energian määrä lämmönlähteittäin on laskettu hyötysterägiasta hyötysuhteen avulla ja taulukossa esitetyt arvot sisältävät sekä omavaraisenergian,

että ostetun energian. Taulukossa esitetty sähkön hankittu energiamäärä sisältää lämpöpumppujen kuluttaman sähkön.

TAULUKKO 2. Rakennuskannan hankitun energian ennuste GWh/a (Suomen ympäristökeskuksen raportti 35/2016)

	v.2020		v.2030		v.2040		v.2050	
	Perus-skenaario	Matalampi talouskasvu	Perus-skenaario	Matalampi talouskasvu	Perus-skenaario	Matalampi talouskasvu	Perus-skenaario	Matalampi talouskasvu
Puu	16061	16362	15367	15486	14772	14688	14207	13892
Turve	74	66	65	53	56	43	47	35
Hiili	3	2	3	1	2	0	2	0
Raskas polttoöljy	520	523	495	502	475	485	455	468
Kevyt polttoöljy	5808	5188	3806	3183	2009	1580	537	513
Maakaasu	694	672	655	622	621	579	587	542
Lämpöpumppuenergia	4480	4387	5801	5518	6687	6176	7196	6431
Aurinkolämpö	24	24	39	39	53	53	68	68
Kaukolämpö	31335	30708	29746	28107	28355	25613	26900	23142
Sähkö	17366	16002	17933	15902	18149	15732	17673	15221
Yhteensä	76365	74011	73910	69629	71179	65299	67672	60779

Taulukkoa 2 tulkitsemalla voidaan havaita ennusteen osoittavan kokonaisenergian hankinnassa merkittävää laskua. Lämpöpumppuenergian lisääntymisen taas arvellaan johtavan siihen, että sähkön energiankulutus tulee ennusteen mukaan lisääntymään tulevaisuudessa.

2.3.1 Sähkön hinnan kehitys

Yle uutisten mukaan sähköenergian hintaan ei lähivuosina ole tulossa suurta korotusta. Olkiluoto 3 ydinvoimalan valmistuminen ja Suomen ja Ruotsin välille rakennettava uusi siirtoyhteys tulevat mahdollisesti alentamaan sähköenergian hintaa tulevina vuosina. EU:n päästökaupan uudistuksien vaikutusta sähkön hintaan ei ole vielä tarkasti analysoitu. Energiateollisuus Ry:n Petteri Haverin mukaan vuoteen 2020 mennessä lakimuu-
tosten vaikutukset ovat vielä maltillisia, mutta vuoteen 2030 mennessä fossiilisten polttoaineiden avulla tuotetun energian hinta nousee selvästi muihin tuotantomuotoihin verrattuna. (Yle uutiset)

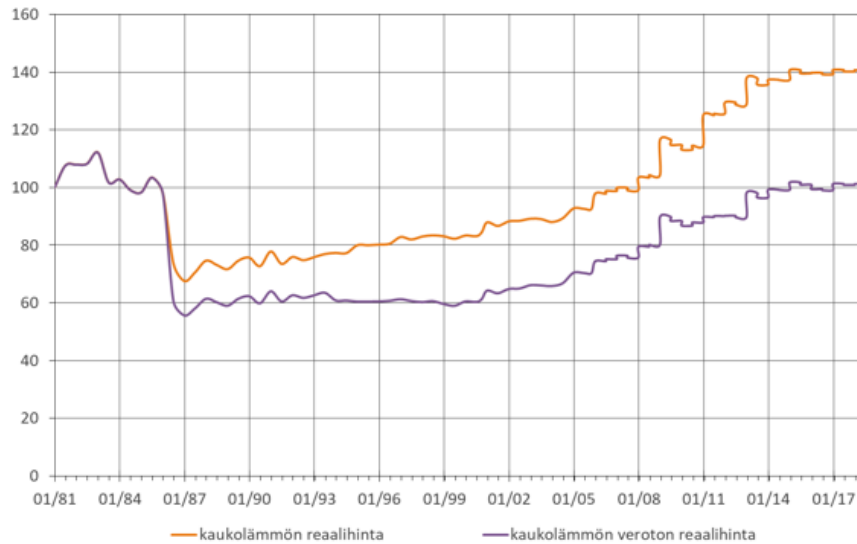
Vaikka sähköenergian hinta itsessään ei muuttuisi, niin sähkön tuotantorakenne tulee kuitenkin muuttumaan lähitulevaisuudessa EU:n asettamien energia-, ja ilmastotavoitteiden täyttämiseksi tehtyjen lakimuutosten vaikutuksesta. Uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön osuus tulee nousemaan, joka johtaa siihen, että tuotannon ajoittaminen kysynnän mukaan vaikeutuu. Uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä ei välttämättä ole aina saatavilla, sillä sen tuotanto on riippuvainen vallitsevista olosuhteista.

Kehitys tulee johtamaan siihen, että sähköjärjestelmien joustavuus vähenee ja se näkyy hintojen vaihteluna. Sähkön ajoittainen saatavuuden heikkous tulee näkymään sähkön hinnassa korottavana tekijänä, kun taas aurinkoisella ja tuulisella säällä uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä on runsaasti saatavilla, joten hinta laskee. Sähkön kulutusta tulisi tulevaisuudessa mukauttaa tuotannon mukaiseksi, tätä kutsutaan sähkön kysyntäjoustoksi.

Etäluettavien sähkömittareiden avulla sähkön kulutusta voidaan seurata tunnin tarkkuudella, tämä mahdollistaa entistä tarkemman, jopa tunneittain muuttuvan sähkön hinnoittelun. Sähkön käyttöä voidaan automatiikan avulla painottaa halvemmille tunneille, kun taas hintojen noustessa sähkönkulutusta voitaisiin vähentää. (Energiateollisuus)

2.3.2 Kaukolämmön hinnan kehitys

Ouman Oy:n tekemän selvityksen ”kaukolämmön hintakehitys vuodesta 2005 vuoteen 2015” mukaan kaukolämmön hinta Suomessa on noussut keskimäärin noin 100% ja Tampereella hinnankorotus tuona aikana on ollut 136%. Ouman Oy:n Matti Nevala arvioi Tekniikka & Talous lehden artikkelissa energiayhtiöiden olevan osittain olosuhteiden uhreja, sillä valtion asettamat verojen korotukset ja kuntaomistajien tulospainheet vaikuttavat suuresti kaukolämmön hintojen nousuun. Tampereen Sähkölaitoksen toimitusjohtaja Jussi Laitinen selitti aamulehden tekemässä haastattelussa hinnan nousun johtuneen yhtiön tekemistä suurista investoinneista.



KUVA 6. Kaukolämmön hinnan kehitys vuodesta 1981. (Energiateollisuus)

2.3.3 Energian tuotanto Tampereella nyt ja tulevaisuudessa

Tampereen sähkölaitos Oy on Tampereella toimiva energiayhtiö, joka tuottaa sähköä, kaukolämpöä ja kaukokylmää paikallisesti Naistenlahden ja Lielahden voimalaitoksissa, Tammervoiman hyötyvoimalaitoksessa sekä muutamassa pienemmässä vesivoimalaitoksessa.

Sähkölaitos on pyrkinyt korvaamaan fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla energialähteillä viime vuosina ja kaukolämmön hiilidioksidipäästöt ovatkin laskeneet merkittävästi vuosien 2010-2017 aikana (KUVA 7). Vuonna 2016 Tampereen sähkölaitoksen kuluttajille myymästä sähköenergiasta noin 96% tuotettiin uusiutuvilla energian lähteillä, kuten vedellä, tuulella ja puuperäisillä polttoaineilla. Kaukolämpö tuotetaan Naistenlahden ja Lielahden voimalaitoksissa yhteistuotantona sähkön kanssa ja 43% siitä on tuotettu kokonaan uusiutuvia energialähteitä käyttäen.



KUVA 7. Kaukolämmön hiilidioksidipäästöt (Tampereen Sähkölaitos)

Myydyn sähkön energiatuotannosta aiheutui Tampereen sähkölaitoksen verkkosivujen mukaan hiilidioksidipäästöjä vuonna 2016 noin 118g/kWh ja myydyn kaukolämmön energiatuotannosta vuonna 2017 noin 161g/kWh. Motivan verkkosivujen mukaan keskimääräinen sähköntuotannon CO₂-päästö Suomessa on viiden viime vuoden keskiarvon mukaan laskettuna 181g/kWh. Energiateollisuus ry:n mukaan kaukolämmön yhteistuotantoalueiden kolmen vuoden keskiarvon mukaan laskettu CO₂-päästö on 176g/kWh.

Tampereen sähkölaitoksen joulukuussa 2017 verkkosivuillaan tekemän julkaisun mukaan naistenlahti 2 voimalaitos tullaan uudistamaan vuoteen 2022 mennessä. Uudistuksen suunnittelun tärkeimpänä lähtökohtana on ollut ympäristöystävällisyys ja tulevien uudistusten myötä voimalaitoksella tulisi pystyä tuottamaan sähkö-, ja lämmitysenergiaa 100% biopolttoaineilla.

3 LVI-TEKNISIÄ RATKAISUJA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

3.1 Lämpöpumput

Lämpöpumppujen toiminta perustuu kylmäainekiertoon, jossa lämpöenergia siirretään höyrystimen avulla keruupiiristä tai ilmasta kylmäaineeseen. Höyrystimeltä tullut kylmäaine paineistetaan kompressorin avulla, jonka jälkeen se jatkaa matkaansa lauhduttimelle, jossa se luovuttaa kylmäaineeseen varastoituneen lämpöenergian lämmityskäyttöön (Motiva).

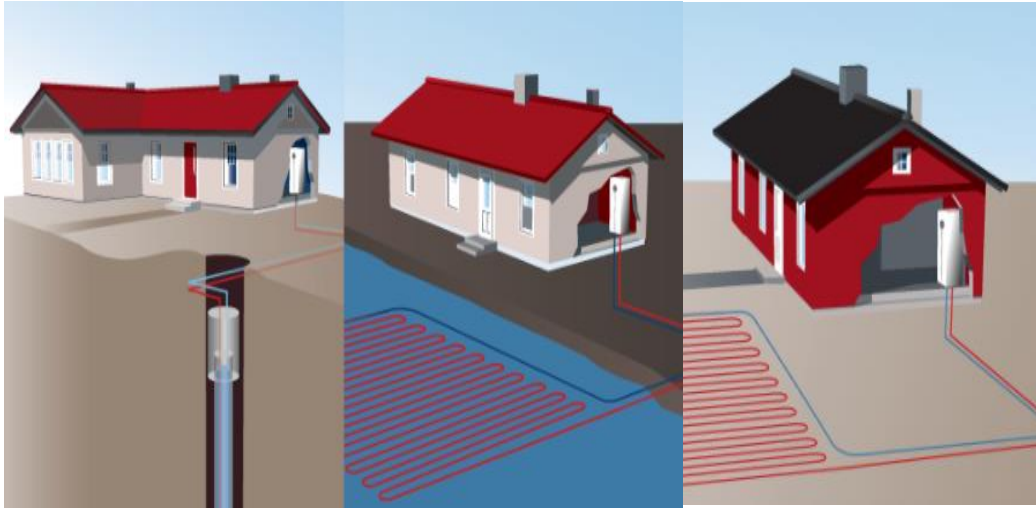
Lämpöpumppujen tehokkuutta kuvataan hyötysuhteen ja vuosihyötysuhteen avulla, eli COP-, SCOP ja SPF-arvojen avulla. COP-arvo kuvaa sitä, että kuinka monta kilowattia lämmitysenergiaa saadaan tuotettua yhden kilowatin sähköteholla tietyllä toiminta-alueella. SCOP-arvo taas kertoo koko lämmityskauden vuosihyötysuhteen markkina-alueella ja SPF-luku ottaa huomioon myös käyttöveden lämmityksen. SCOP-arvo vaihtelee ilmastotyypin mukaan ja lämpöpumppua valittaessa onkin tärkeää, että tarkasteltava arvo on ilmoitettu sillä alueella, johon lämpöpumppua ollaan asentamassa. SPF-arvoa voidaan kutsua täydelliseksi hyötysuhteeksi ja sitä pidetään tarkimpana tapana lämpöpumppujen tehoa vertailtaessa. (Thermia.fi)

3.1.1 Maalämpöpumppu

Maalämpö on epäsuoraa aurinkolämpöä, sillä maalämpöpumppu siirtää maaperässä olevaa auringon tuottamaa lämpöä lämmönjakojärjestelmään tai käyttöveden lämmitykseen. Lämmönsiirto maaperästä lämmitykseen tapahtuu lämmönkeruupiirin avulla (Motiva.fi)

Lämmönkeruupiirissä kiertää vesi-etanoli-liuos, jonka jäätymispiste on yleensä noin -17°C . Keruupiirissä kiertävä neste lämpiää vain muutaman asteen ja lämpöpumppu nostaa nesteen lämpötilan $30-65^{\circ}\text{C}$:seen, jolloin sitä voidaan käyttää lämmitykseen. Keruupiiri asennetaan maahan, joko yhteen tai useaan pystysuoraan 100-200 metriä syvään po-

rakaivoon, pintamaahan noin metrin syvyyteen, tai vaihtoehtoisesti tontin lähellä sijaitsevan vesistön pohjaan vähintään kahden metrin syvyyteen (KUVA 8). (maalämpöpumpun ja porakaivon mitoitus, maalämpö.fi) (Motiva.fi)



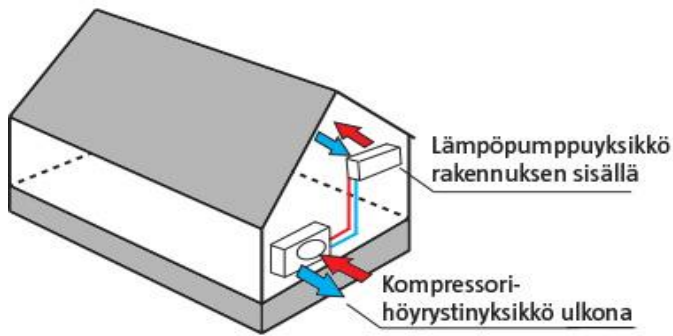
KUVA 8. Maalämmön keruupiirin sijoitusvaihtoehdot (Maailmalämpö.fi)

Tilastokeskuksen mukaan vuoden 2016 lopussa Suomessa oli noin 60 000 asuinkerrostaloa, joista 410 sai lämmitysenergiansa maalämmöstä, näistä rakennuksista 14 sijaitsi Tampereella. (Tilastokeskuksen PX-tietokannat)

3.1.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu ottaa lämmitysenergiansa ulkoilmasta ja siirtää sen kylmäainekiertoa hyödyntäen suoraan huoneilmaan. Toisin, kuin muiden lämpöpumppujen tapauksessa, ilmalämpöpumpun avulla ei voida lämmittää käyttövettä, eikä se ole liitettävissä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Ilmalämpöpumppu on tukilämmitysjärjestelmä, mikä tarkoittaa sitä, että se vaatii aina rinnalleen täystehomitoitetun päälämmitysjärjestelmän. Ilmalämpöpumput soveltuvat pientaloihin, ja niitä ei tiettävästi ole käytetty Suomessa kerrostalojen lämmitykseen. (Motiva.fi)

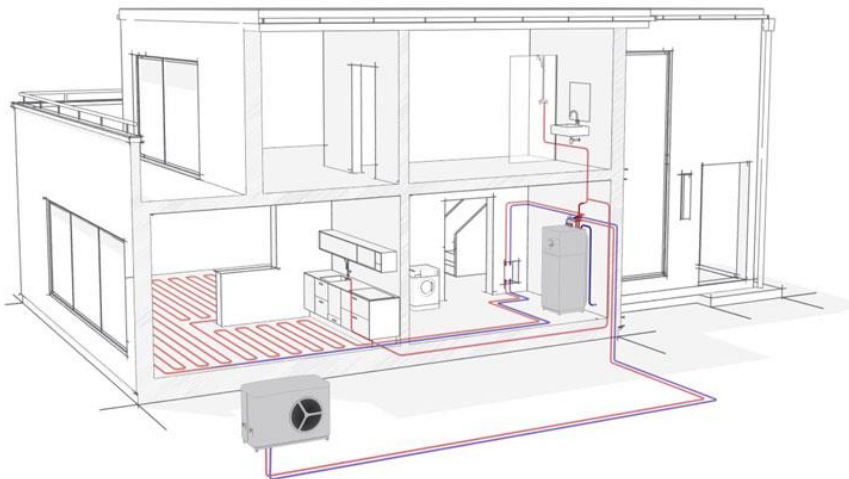
Ilmalämpöpumppu koostuu talon ulkopuolelle sijoitettavasta ulkoyksiköstä ja rakennuksen sisäpuolelle asennettavasta sisäyksiköstä (KUVA 9). Ulkoyksikössä oleva patteri ottaa kylmäaineeseen ilmasta lämpöenergiaa, joka luovutetaan sisäyksikössä olevan puhalinpatterin avulla huoneilmaan. Ilmalämpöpumpun toiminta on käännettävissä ja sitä voidaan kesäaikaan käyttää hyödyksi myös rakennuksen jäähdyttämisessä. (SULPU)



KUVA 9. Ilmalämpöpumpun sijoittelu rakennukseen (Bauhaus.fi)

3.1.3 Vesi-ilmalämpöpumppu

Vesi-ilmalämpöpumpun toimintaperiaate eroaa ilmalämpöpumpun toiminnasta siten, että vesi-ilmalämpöpumppu luovuttaa ulkoilmasta ottamansa lämmitysenergian rakennuksen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Vesi-ilmalämpöpumpun avulla voidaan hoitaa myös käyttöveden lämmitys ja sillä voidaan kattaa koko rakennuksen lämmitystarve.

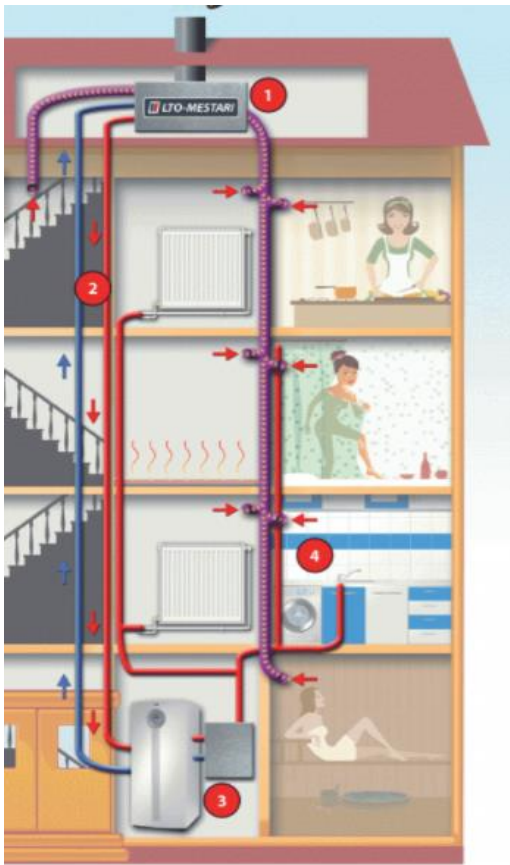


KUVA 10. Vesi-ilmalämpöpumpun sijoittelu ja toiminta. (Rakentaja.fi)

Ulkoilmasta lämmitysenergiansa ottavat lämpöpumput tuottavat vähiten energiaa silloin kun lämmitystehoa tarvittaisiin eniten, joten kylmimpien kausien varalle vesi-ilmalämpöpumppu varustetaan perinteisesti sähkövastuksella, joka tarvittaessa pystyy kattamaan rakennuksen lämmitystehontarpeen. Ilma-vesilämpöpumpun lämmityksen toimintalämpötilan rajana voidaan usean valmistajan tietojen mukaan pitää -20°C , tätä alempien ulkolämpötilojen vallitessa lämmitys hoidetaan siis sähkövastuksella (SULPU). Talven 2016-2017 aikana Tampereella kyseinen -20°C raja alittui 6.1.2017 ja tätä kylmää kautta kesti alle vuorokauden (Foreca.fi).

3.1.4 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu korvaa rakennuksen ilmanvaihtokoneen ja se saa lämmitysenergiansa nimensä mukaisesti poistoilmasta. Toimiakseen se vaatii olemassa olevan poistoilmakanaviston, jota pitkin huonetiloista poistettava ilma voidaan johtaa lämpöpumpulle. Lisäksi toiminnan varmistamiseksi rakennuksen ilmanvaihtokertoimen tulee olla yli 0,5 l/h, joten poistoilmalämpöpumppua ei tule asentaa rakennukseen, jossa korvausilmaa ei voida tuoda tiloihin hallitusti.



KUVA 11. Poistoilmalämpöpumpun sijoittelu ja toimintaperiaate. (IVT-Turku)

Kerrostalokohteissa talteenottoyksikkö sijoitetaan perinteisesti katolle, josta lämmitysenergia siirretään eristetyn putkiparin sisällä esim. tekniseen tilaan sijoitetulle poistoilmalämpöpumpulle, josta sen tuottama lämmitysenergia voidaan johtaa tuloilman lämmitykseen, vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään tai käyttöveden lämmitykseen. Poistoilmalämpöpumpulla ei voida kylmien jaksojen aikana tuottaa kaikkea vaadittavaa lämmitysenergiaa, joten vesi-ilmalämpöpumpun tapaan, sekin varustetaan usein riittävän tehokkaalla sähkövastuksella. (Sulpu.fi)

3.2 Aurinkoenergia

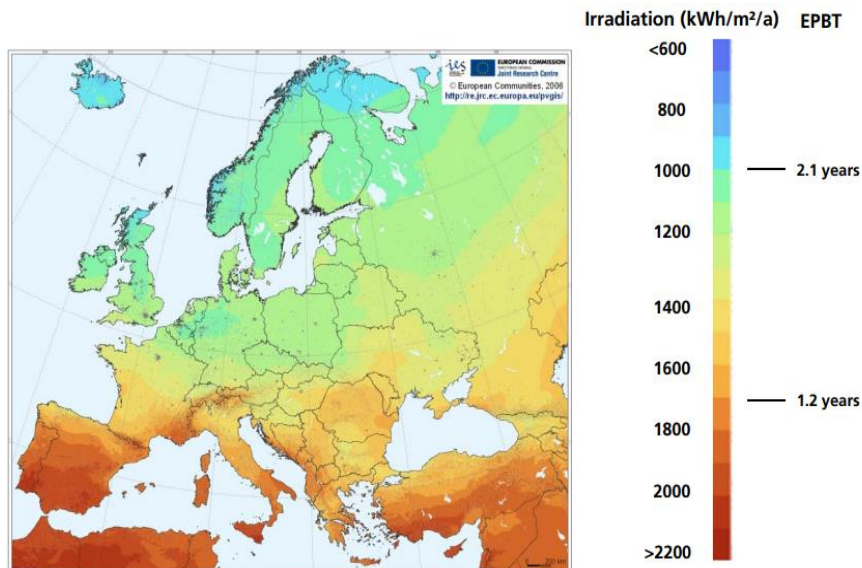
Aurinkoa voidaan pitää ihmiskunnan mittakaavassa loputtomana energianlähteenä ja sen hyödyntäminen on ekologista. Lähes kaikessa sähkön ja lämmitysenergian tuotannossa hyödynnetään aurinkoenergiaa jollain tavalla epäsuorasti, mutta on olemassa myös aurinkopaneeli-, ja aurinkokeräinjärjestelmiä, joiden avulla sitä voidaan hyödyntää suoraan sähkön ja lämmön tuotantoon asuinrakennuksissa. Aurinkopaneeleilla muutetaan aurin-gosta tuleva säteily suoraan sähköenergiaksi, kun taas aurinkokeräimillä auringon läm-pösäteilystä saatava lämmitysenergia siirretään väliaineen avulla joko lämmitysjärjestel-mään tai käyttöveden lämmitykseen.

Aurinkoenergialla tuotetun sähkön osuus Suomessa on Tilastokeskuksen mukaan jatku-vassa kasvussa. Vuodesta 2008 aurinkoenergian avulla tuotetun sähköenergian määrä on lähes viisinkertaistunut, kuten voidaan havaita tulkitsemalla kuvaa 12. (Tilastokeskus). Verkkoon kytkemättömien, eli ns. off-grid järjestelmien, määrästä Suomessa ei ole saa-tavilla tarkkaa tietoa, joten tilastotiedot perustuvat verkkoon kytkettyihin on-grid järjes-telmiin. Sähkön kulutus Suomessa vuonna 2016 oli Energiategollisuus Ry:n mukaan 85100 GWh, joten vaikka aurinkoenergialla tuotetun sähköenergian määrä onkin kas-vussa, niin sen osuus sähkön kokonaiskulutuksesta on silti verrattain pieni. Suomessa au-rinkoenergiaa on saatavilla eniten kesäaikaan, kun energian tarve on pienimmillään, kun taas talvella energiantarpeen ollessa huipussaan, on hyötykäyttöön valjastettavan aurin-koenergian määrä vähäinen.



KUVA 12. Aurinkoenergialla tuotetun sähkön määrä suomessa. (Tilastokeskus)

Aurinkoenergiajärjestelmien tuotantokyky on riippuvainen saatavilla olevasta auringon säteilyn määrästä (KUVA 13.), joten kohteen maantieteellinen sijainti on hyvin merkittävässä roolissa näiden järjestelmien toimintatehokkuuden kannalta.



KUVA 13. Auringon säteilyn määrä neliometriä kohti vuodessa Euroopassa. (Fraunhofer instituutti)

3.2.1 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit koostuvat aurinkokennoista, jotka muuntavat auringosta tulevan säteilyn sähköenergiaksi valosähköilmiön avulla. Auringonvalon osuessa aurinkokennon etuosaan, säteily läpäisee pinnan ja heijastuu takaisin kennon takaosasta, jolloin etu- ja takaosan välille syntyy matala, noin 0,5 Voltin jännite. Aurinkokennot kytketään sarjaan, jotta jännite saadaan nostettua sähköenergian tuotantoon sopivalle tasolle. (Vattenfall)

Tällä hetkellä kuluttajille markkinoitavat aurinkokennot valmistetaan tavanomaisesti yksi- tai monikiteisestä piistä ja näistä kennoista koostuvilla paneeleilla auringon säteilystä saadaan muutettua sähköenergiaksi n. 15-19% (Motiva). Pinotun tekniikan aurinkopaneeleilla pystytään hyödyntämään myös auringonvalon pidempiä aallonpituuksia energiantuotannossa ja tällä tekniikalla on pystytty luomaan aurinkopaneeli, joka kykenee 46% hyötysuhteeseen laboratorio olosuhteissa. (Fraunhofer instituutti)

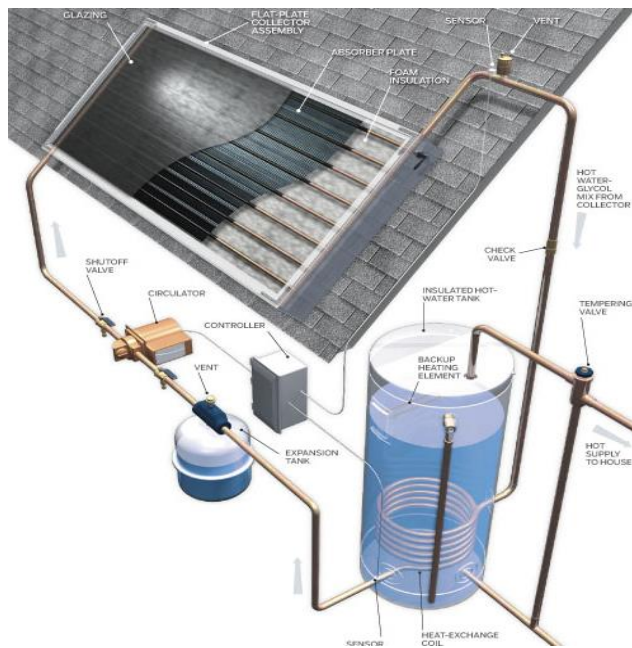


KUVA 14. Aurinkopaneeleita omakotitalon katolla (Keravanenergia.fi)

Fraunhofer instituutin teettämän tutkimuksen mukaan aurinkopaneelijärjestelmän energettinen takaisinmaksuaika Pohjoismaissa on noin. 2.5 vuotta, kun taas Etelä-Euroopassa päästään alle vuoteen. Finsolarin verkkosivujen mukaan optimaalinen suunta aurinkopaneeleille Suomessa on Etelään päin 30 asteen kulmassa pystysuunnassa.

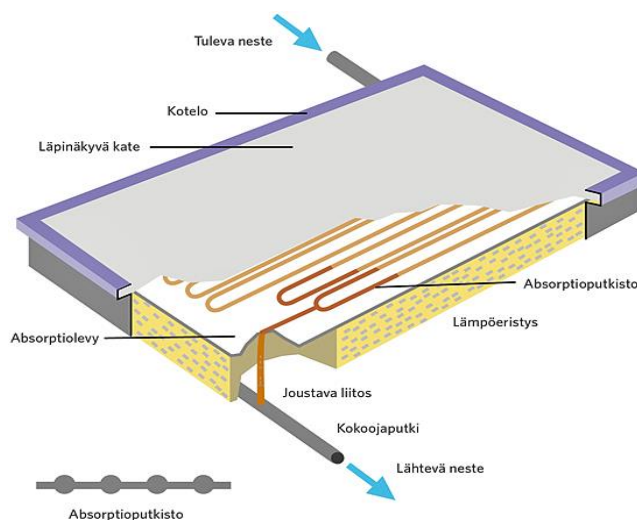
3.2.2 Aurinkokeräimet

Aurinkokeräimellä siirretään auringon säteilyn lämpöenergia rakennuksen tai käyttöveden lämmitykseen. Aurinkokeräin siirtää auringon säteilystä saadun lämpöenergian lämmönsiirtonesteen avulla joko varaajaan, tai suoraan lämmitykseen. Aurinkokeräimillä lämmitetään usein vain käyttövettä ja niiden avulla ei usein pystytä kattamaan koko lämmitysenergian tarvetta, vaan aurinkokeräimet liitetään yleensä osaksi muuta vesikiertoista lämmitysjärjestelmää, jolloin ostoenergian määrä vähenee. Aurinkokeräimet soveltuvat parhaiten tukemaan alhaisempia menoveden lämpötiloja vaativia lämmönjakotapoja, kuten esimerkiksi lattialämmitystä. Lämmönsiirtonesteen avulla toimivat aurinkokeräimet jaetaan tasokeräimiin ja tyhjiöputkikeräimiin. (Motiva)



KUVA 15. Tasokeräimen rakenne ja liitosperiaate varaajaan. (Pacific Energy sales)

Tasokeräimet ovat nimensä mukaan tasomaisia keräimiä, joissa lähes koko keräimen pinta ottaa auringon säteilyä vastaan. Päälimmäisenä tasokeräimessä on yleensä läpinäkyvä erikoislasista valmistettu kate, joka ehkäisee absorptiopinnan lämpöhäviöitä. Noin 90% auringon säteilystä läpäisee katteen, jolloin keräimen sisällä oleva tumma absorptiopinta imee itseensä lämpöä (KUVA 16). Absorptiopinnan sisällä kulkee tavallisimmin kuparista valmistettu absorptioputkisto, jossa lämmönsiirtoneste kulkee. Lämmönsiirtonesteinä toimii tavallisimmin vesi, mutta Suomessa siihen lisätään propyleeni-glykolia jäätymisvaaran vuoksi. Glykoli heikentää hieman veden lämmönsiirto-ominaisuuksia, mutta sitä käytettäessä järjestelmää ei tarvitse tyhjentää lämpötilan laskiessa -0°C :een alapuolelle. (Motiva)



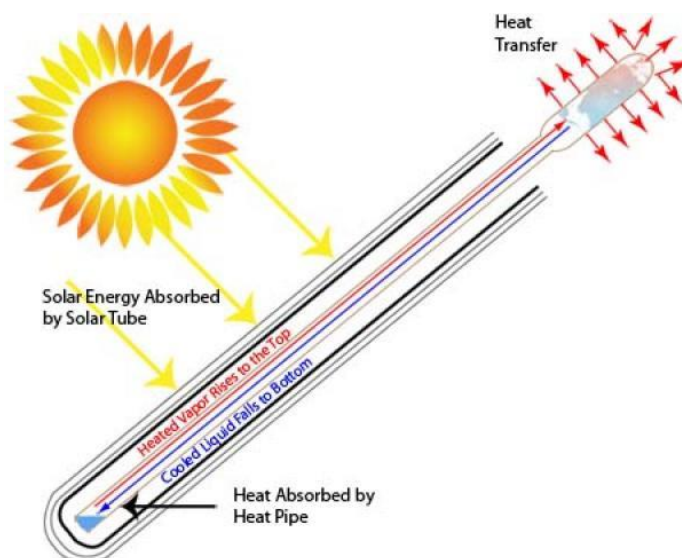
KUVA 16. Tasokeräimen rakenne. (Motiva)

Tyhjiöputkikeräimet ovat tasokeräimiä harvinaisempia ja ne tuottavat lämpöä usein tasokeräimiä paremmin erityisesti kylmempinä ajanjaksoina. Keräimessä rinnakkain olevat lasiset tyhjiöputket koostuvat ulommasta ja sisemmästä putkesta, joiden välillä on tyhjiö.



KUVA 17. Tyhjiöputkikeräimiä kerrostalon katolla. (Harmiton Oy)

Auringon säteily läpäisee ulomman lasiputken, jolloin sen lämpöenergia pääsee absorboitumaan sisempään putkeen, jonka sisällä lämpöenergia siirtyy yhä kupariseen sauvaan ja sen sisällä olevaan lämmönsiirtonesteeseen (KUVA 18). Sauvan sisällä lämmönsiirtonesteinä toimiva vesi tai alkoholi höyrystyy lämmitessään, jolloin se nousee ylös sauvan kärkeen. Noustuaan sauvan kärkeen, lämmönsiirtoneste luovuttaa lämpöenergiansa keuruupiirissä kulkevaan lämmönsiirtonesteeseen, samalla lauhtuen takaisin nestemäiseen muotoon, jonka seurauksena lämmönsiirtoneste valuu takaisin sauvan alaosaan.



KUVA 18. Tyhjiöputken rakenne (Saimaa gardens service)

3.3 Muut ratkaisut

3.3.1 Lämmönjakokeskuksen uusiminen

Kaukolämmön alajakokeskuksen lämmönsiirtimien käyttöikä on tyypillisesti 20-25 vuotta (Oulun Energia). Energiasaneerausta tehtäessä kaukolämmön alajakokeskukseen joudutaan useimmiten tekemään muutoksia, eri lämmöntuottojärjestelmien lisäämisen johdosta. Usein järkevin ratkaisu on uusia koko kaukolämmön alajakokeskus, sillä näin voidaan varmistua siitä, että kaukolämpölaitteisto toimii optimaalisesti uuden lämmöntuottojärjestelmän kanssa. (PILP-kerrostaloissa -Kiinteistöliiton ohje) Motivan teettämässä oppaassa ”energiatehokas lämmönsiirto”, on arvioitu lämmönsiirtimien ylimitoitamisen olevan yksi merkittävä tekijä lämmönsiirtimien likaantumisessa. Lämmönsiirtimen likaantumisen ylimitoitustilanteessa arvellaan aiheutuvan suunniteltua pienemmästä virtaamasta. Lämmönsiirtimen likaantuminen aiheuttaa lämmönsiirtokyvyn heikkenemistä, joka taas nostaa energiakustannuksia. (Energiatehokas lämmönsiirto Motiva)

3.3.2 Lämmityspattereiden uusiminen

Kohteen nykyiset lämmityspatterit on mitoitettu 60/80°C verkoston lämpötiloilla, uudisrakennuksille asetetun 30/45°C sijaan. Rakennuksen päälämmitysmuodon vaihtuessa lämpöpumpputekniikkaan pidetään yleisesti järkevänä vaihtaa tilalle suuremmat patterit. Suuremmilla pattereilla voidaan käyttää alhaisempia lämpötiloja, mikä taas puolestaan parantaa lämmönjakojärjestelmän hyötysuhdetta. Pattereiden vaihto ilman muita järjestelmä uudistuksia ei yksinään usein ole kannattava investointi. (Motiva).

3.3.3 Kaukolämmön laskutusvesivirran pienentäminen

Tampereen Sähkölaitoksen jakaman kaukolämmön laskutusperusteena on toteutuneen kulutuksen mukaan laskutettava energiamaksu sekä kiinteä kuukausittainen tehomaksu, joka määräytyy laskutusvesivirran mukaan. Laskutusvesivirran oikein määritelty suuruus on lämmönmyyjälle tärkeää, sillä sen avulla pystytään varautumaan riittävän lämmitystehon tuottamiseen kylmimpinä ajanjaksoina. Laskutusvesivirtaa ei tarvitse erikseen tarkastuttaa, sillä Tampereen Sähkölaitos suorittaa tarkastuksen jokaisen lämmityskauden jälkeen automaattisesti. (Tampereen Sähkölaitos verkkosivut)

4 KOHTEEN TIEDOT

4.1 Yleistiedot

As Oy Petsamonkatu 14 tai tuttavallisemmin Petsamontorni on Tampereen Kalevassa sijaitseva 1956 valmistunut asuinkerrostalo. Rakennuksen arkkitehtoninen ilme on mainikkaan tamperelaisarkkitehti Harry W. Schreckin käsialaa. Petsamontorni on järjestyksessään viimeisenä valmistunut Kalevan Ilvespuistoa ympäröivästä kymmenestä tornitalosta.

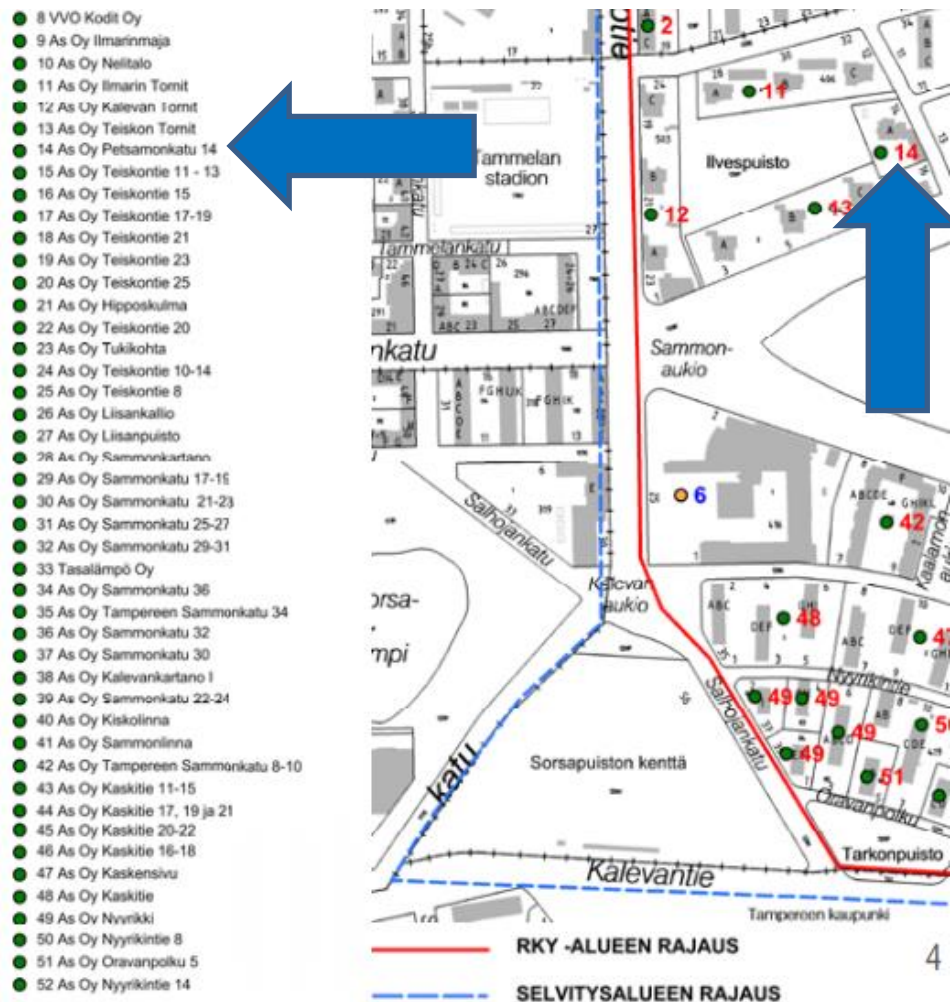
Petsamontornissa on yhdeksän asuinkerrosta, joissa on yhteensä 29 asuntoa, näiden lisäksi talossa on myös kellarikerros, joka pitää sisällään asukkaiden varastotilat ja lämmönjakohuoneen, sekä ylin kerros, jossa on sauna, pyykkitupa ja ullakotilat. Lisäksi talon yhteydessä on 2-kerroksinen liikesiipi, joka pitää sisällään kahdeksan toimisto- ja liikehuoneistoa.



KUVA 19. As Oy Petsamonkatu 14 (www.petsamontorni.fi)

4.2 Kohteen suojele ja sen vaikutus korjausrakentamiseen

Tampereen kaupungin 16.6.2015 teettämässä Kalevan rakentamistapaohjeessa on luokiteltu Kaleva valtakunnallisesti merkittäväksi rakennetuksi kulttuuriympäristöksi (RKY), tämä asettaa tiettyjä rajoituksia alueella sijaitsevien rakennusten korjaus- ja muutostöille.



KUVA 20. Kalevan RKY-alueen rajausta (Tampere.fi)

Kuvassa 20 esitetyt rakennukset on luokiteltu Tampereen kaupungin teettämässä inventoinneissa rakennustaiteellisesti ja historiallisesti ainutlaatuisiksi. Näiden kohteiden korjausrakentamishankkeissa energiansäästötavoitteita tulisi soveltaa ottaen huomioon kohteen erityispiirteet ja. Näiden kohteiden osalta rakennusvalvontaviranomainen tulkitsee rakennuksen energiansäästötavoitteet tapauskohtaisesti. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti ”rakennus- tai toimenpideluvanvaraisten korjaus- ja muutostöiden tai käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä on parannettava rakennuksen energiatehokkuutta vain, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa tuhoamatta rakennuksen erityispiirteitä.”

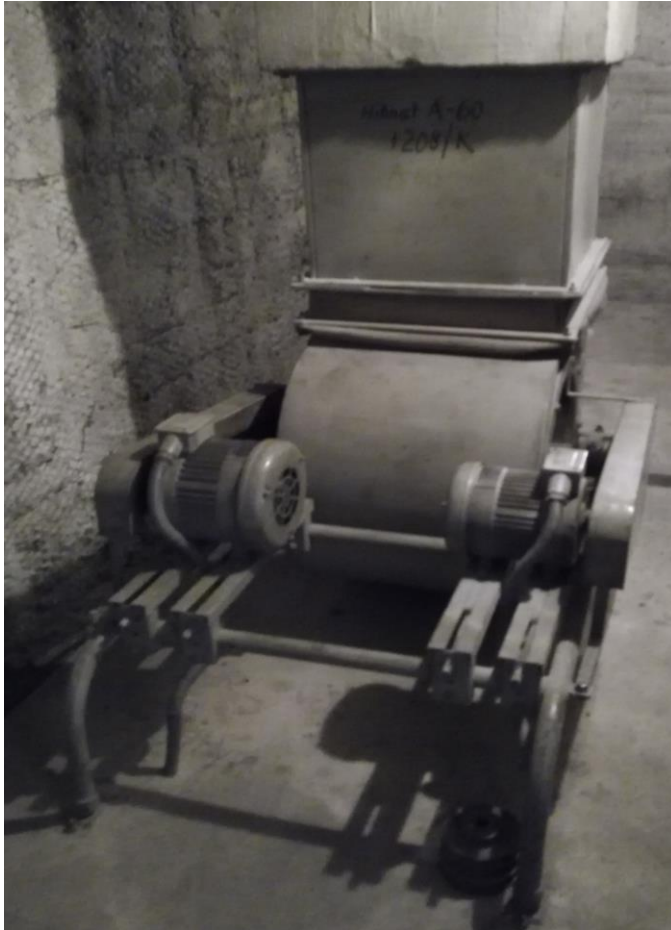
Vaikka nämä rakennukset eivät suoraan olekaan asemakaavalla suojeltuja, niin tulee niiden korjaus- ja muutostöissä ottaa erityisesti huomioon teknisten laitteiden sijoittelu ja se että ne mukailisivat rakennuksen ominaispiirteitä. Teknisten laitteiden lisääminen julkisivuun on luvanvaraista, joka tarkoittaa sitä, että laitteiden sijoittelun mahdollisuudet tulee harkita tapauskohtaisesti rakennuslupamenettelyn yhteydessä. (Kalevan rakentamistapaohje)

4.3 Nykyiset talotekniset järjestelmät ja niiden perusparannukset

Rakennuksen lämmitysmuotona on kaukolämpö ja lämmönjakotapana on vesikiertoinen patterilämmitys. Kaukolämmön alajakokeskus on uusittu vuonna 1998 toteutetun käyttövesi-, lämpö- ja viemärisaneerauksen yhteydessä. Patteriventtiilit on vaihdettu vuonna 2012 ja lämmitysjärjestelmään on lisätty Spirovent-ilmanerotin vuonna 2017.



KUVA 21. Kohteen kaukolämmön alajakokeskus (Joel Maksniemi)



KUVA 22. Kohteen poistoilmapuhallin (Joel Maksniemi)

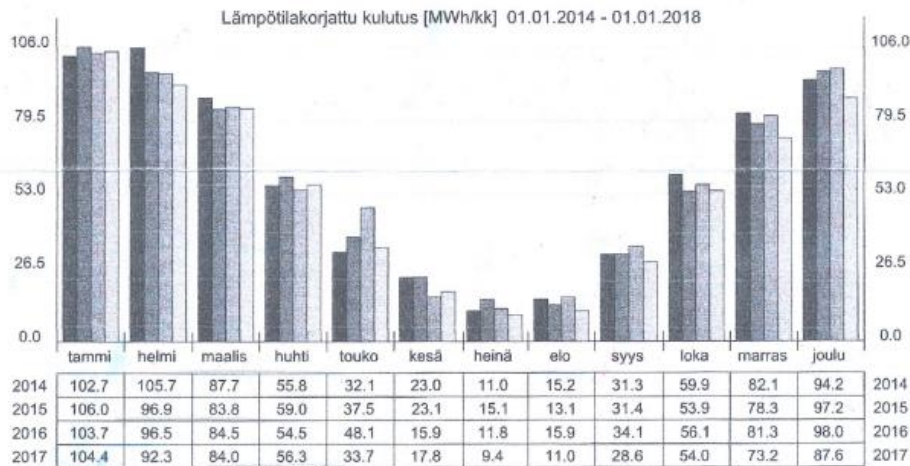
Asuntojen ilmanvaihto on toteutettu poistoilmapuhaltimen avulla, jota palvelevat alkupe-
räiset Strömberg sähkömoottorit KUVA 22. Kohteen ikkunat on uusittu ja ne on myös
tiivistetty uudelleen, tämän seurauksena kohteen ilmanvaihdon toimiessa täydellä tehol-
laan korvausilma tulee suurelta osin rappukäytävästä ja takkojen savupiipuista. Korvaus-
ilman hallitun saamisen turvaamiseksi ilmanvaihdon ajastettu tehostus lopetettiin, pääte-
laitteiden ilmamäärät säädettiin ja tasapainotettiin uudelleen ja osa tuuletusikkunoiden
tiivisteistä poistettiin vuoden 2017 syyskuussa.

4.4 Muut energiatehokkuuteen vaikuttavat perusparannukset

Rakennukseen on vaihdettu kolmilasiset Alavus-ikkunat ja nykyaikaisemmat parveke-
ovet vuonna 1995, ikkunat on tiivistetty uudelleen vuonna 2015. Liikesiiven pihanpuoli-
set ikkunat on vaihdettu 2007 ja näyteikkunat ja ulko-ovet on vaihdettu vuonna 2017.

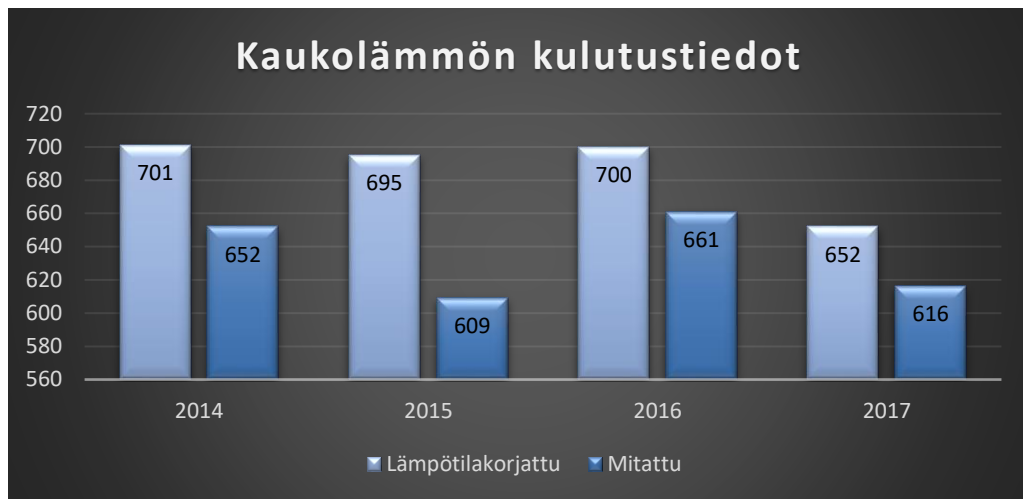
4.5 Kohteen lämmitysenergiankulutus

Kohteen lämmitysenergian kulutusta voidaan tarkastella olemassa olevan kaukolämpöjärjestelmän kulutustietojen perusteella. Kuvassa 23 on esitetty kohteen kaukolämmön käyttöraportissa (Liite 1 Kaukolämmön käyttöraportti sivu 1.) esitetyt lämpötilakorjatut kulutustiedot kuukausittain vuosilta 2014-2017. Aluetta palveleva kaukolämpöyhtiö on Tampereen sähkölaitos.



KUVA 23. Kaukolämmön lämpötilakorjattu kulutus kuukausittain. (Joel Maksniemi)

Lämpötilakorjattu kulutus lasketaan mitatun tuloksen perusteella suhteuttamalla se vertailuvuoteen lämmitystarvelukujen avulla. Tällä tavalla esitettynä sääolosuhteiden vaikutus on pyritty minimoimaan, jolloin kulutustiedot ovat helpommin vertailtavissa keskenään. Kulutustietoja tarkastelemalla voidaan huomata vuoden 2017 syyskuussa tehtyjen ilmanvaihdon muutostöiden vaikutus lämmitysenergian kulutukseen. Kuvaa 24. tarkastelemalla huomataan vuoden 2015 olleen tavallista lämpimämpi, sillä vaikka mitattu kulutus onkin ollut hyvin alhainen, niin lämpötilakorjattu kulutus on silti ollut samalla tasolla muiden vuosien kanssa.



KUVA 24. Kohteen kaukolämmön kulutustiedot vuosittain (Joel maksniemi)

Kaukolämmön hinta vaihtelee kuukausittain ja sen hinnoittelu painottuu lämmityskaudelle, kuten voidaan huomata tulkitsemalla kuvaa 25. Petsamontornin laskutusvesiviraksi on laskettu $3,8\text{m}^3/\text{h}$, joka tarkoittaa sitä, että kaukolämmön verollinen tehomaksu on $785\text{e}/\text{kk}$. Kuukausittaisen tehomaksun lisäksi kaukolämmöstä maksetaan mitatun kulutuksen mukaan perusmaksua $62\text{e}/\text{MWh}$, jota lasketaan kesällä 20% ja korotetaan talvisin 10%. Vuositasolla kohteen kaukolämmön mitattu kulutus viimeisen kolmen vuoden aikana on noin $633\text{MWh}/\text{a}$ (KUVA 25). Keskimäärin taloyhtiö siis käyttää lämmitykseen vuodessa noin 50 000 euroa.

Laskuttava kulutus (laskettu lämpötilakorjatusta kulutuksesta lämmitystarvelukujen avulla)													
	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä
2014	95	98	81	52	30	21	10	14	29	56	76	87	649 Mwh
2015	89	82	71	50	32	20	13	11	27	46	66	82	587 Mwh
2016	98	91	80	52	46	15	11	15	32	53	77	93	664 Mwh
K-A	94	90	77	51	36	19	11	13	29	51	73	87	633 Mwh
Tampereen sähkölaitoksen hinnaston 2017 ja 2018 mukaiset energiahinnat kuukausittain													
	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä
hinta e/Mwh	68	68	62	62	62	50	50	50	62	62	62	68	e/Mwh
Tehomaksu e/kk	785	785	785	785	785	785	785	785	785	785	785	785	9420 e/a
Energiamaksut	6433	6166	4797	3166	2211	924	564	665	1815	3187	4532	5962	40424 e
Yhteensä	7218	6951	5582	3951	2996	1709	1349	1450	2600	3972	5317	6747	49844 e

KUVA 25. Kaukolämmön kulutus ja energiakustannukset kohteessa. (Joel Maksniemi)

4.6 Tehtyjen parannusten vaikutus

Liitteistä 1 ja 2 (Kohteen kaukolämmön käyttöraportti sivut 1 ja 2.) voidaan tarkastella kohteeseen tehtyjen energiatehokkuuden parannustoimenpiteiden vaikutusta. Kuvassa 26. on esitetty talven 2017-2018 kaukolämmön energiankulutuksen muutokset viime talveen verrattuna. Esitetyt luvut ovat lämpötilakorjattuja ja yksikkö on MWh.

	2016-17	2017-18	muutos	muutos%
marras	81,3	65,1	-16,2	-20
joulu	98	87,6	-10,4	-11
tammi	104,4	96,3	-8,1	-8
helmi	92,3	86,9	-5,4	-6
	<u>376</u>	<u>335,9</u>	<u>-40,1</u>	<u>-11</u>

KUVA 26. Kohteen kaukolämpölaskussa esitetyt muutokset energiankulutuksessa (Tampereen Sähkölaitos.)

Kuvan 26 pohjalta tehtiin ennuste koko lämmitysvuodelle 2018, joka on esitetty taulukossa 3. Ennusteessa oletettiin maaliskuu-toukokuun ajalle energiankulutuksen muutoksen olevan kuvan 26 keskiarvon mukainen -11% viime talveen verrattuna, kun taas kesä-joulukuun kulutus oletettiin samaksi, kuin vuonna 2017. Taulukossa 3. ilmanvaihdon tehoksen lopetus on osoitettu tummanvihreällä taustalla.

TAULUKKO 3. Parannusten ennustettu vaikutus kaukolämmön kulutukseen (Joel Maksniemi)

	Laskutettava kulutus (laskettu lämpötilakorjatusta kulutuksesta lämmitystarvelukujen avulla)													
	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä	
2016	98	91	80	52	46	15	11	15	32	53	77	93	664	Mwh
2017	99	87	79	53	32	17	9	10	27	51	69	83	616	Mwh
2018	91	82	71	48	29	17	9	10	27	51	69	83	587	
	Hintaennuste vuodelle 2018													
	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yhteensä	
hinta e/Mwh	68	68	62	62	62	50	50	50	62	62	62	68		e/Mwh
Tehomaksu e/kk	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	9048	e/a
Energiamaksut	6197	5592	4422	2964	1774	833	440	515	1673	3159	4270	5637	37476	e
Yhteensä	6951	6346	5176	3718	2528	1587	1194	1269	2427	3913	5024	6391	46524	e

4.7 Kohteen lämpimän käyttöveden tuottamiseen käytetty lämmitysenergia

Kohteesta ei ollut saatavilla tietoja käyttöveden kulutuksesta, joten tarkasteltiin kohteen lämpimän käyttöveden tuottamiseen kulutettua energiaa laskennallisesti. Energian kulu- tusta arvioitiin kaukolämmön kulutustietojen perusteella, sekä kappaleessa 2.2.2 esitetty- jen laskukaavojen avulla. Laskennan tulokset esitetty alla olevassa taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Lämpimän käyttöveden tuoton energiankulutus

KL kulutustietojen avulla arvioitu	100 MWh
Motiva kaava 1 mukaan laskettu	134 MWh
Motiva kaava 2 mukaan laskettu	122 MWh
Keskiarvo	119 MWh

Vuosien 2014-2016 Heinä,- ja Elokuun kaukolämmön kulutustiedoista (Kuva 25) saadun keskiarvon mukaan laskettuna, käyttöveden lämmitykseen kuluisi vuodessa energiaa noin 100 000 kWh, jonka osuus on noin 14,3% vuosikulutuksesta. Prosentuaalisesti laskettuna lämpimän käyttöveden tuottamiseen kuluisi vuodessa siis noin 7700 euroa.

Kohteen lähtötiedoissa suurin annettu ala on lämmitetty nettoala 3861m², joka kerrottuna Motivan ohjeistamalla arvolla 0,6 m³/brm² lämpimän käyttöveden kulutukseksi saataisiin 2316,6m³/a.

Kun sijoitetaan Motivan ohjeen mukaisesti arvioitu lämpimän käyttöveden kulutus kaavaan 1. saadaan lämpimän käyttöveden tuottamisen energiankulutukseksi:

$$58 \times 2316,6 \text{ m}^3/\text{a} = 134\,363 \text{ kWh/a} \quad (1)$$

Jos taas sama arvioitu kulutus asetettaisiin kaavaan 2, niin lämpimän käyttöveden tuottamisen energiankulutukseksi saataisiin:

$$\frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times 2316,6 \text{ m}^3/\text{a} \times (55^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})}{3600} = 121622 \text{ kWh} \quad (2)$$

5 HANKEKOHTAINEN LVI-TEKNISTEN RATKAISUJEN VERTAILU

5.1 Ratkaisujen karsiminen

Aurinkoenergiaa hyödynnetään tavallisimmin käyttöveden lämmitykseen, jonka lämmittämiseen käytettävän energian osuus tässä kohteessa on melko vähäinen. Aurinkolämmitystä hyödynnetään perinteisesti alhaisempia menoveden lämpötiloja käyttävien lämmönjakotapojen kanssa ja nykyisellään kohteessa oleva lämmitysverkosto on mitoitettu menovedenlämpötilalla 80°C, joten toimiakseen aurinkolämmitys vaatisi todennäköisesti myös lämmönjakojärjestelmään mittavia muutoksia. Koska kyseessä on rakennustaiteellisesti ja historiallisesti merkittävä rakennus, niin tulisi aurinkokeräinten ja paneelien sijoittelussa käyttää rakennusvalvonnan mukaan erityistä harkintaa. Aurinkoenergiajärjestelmän toteuttaminen kohteeseen olisi siis hankalaa.

Sundial Finland Oy:n kohteeseen esittämällä aurinkolämmitysratkaisulla esilämmitettäisiin käyttövettä 30m² tasokeräinkentän avulla. Laskelman mukaan alkuinvestointi olisi noin 20000 euroa ja tällä järjestelmällä pystyttäisiin alustavan arvion mukaan saavuttamaan 1000 euron vuosisäästö, joka tulisi todellisuudessa olemaan oletettavasti vielä vähemmän, sillä laskelmassa ei oltu huomioitu kaukolämmön hinnan muutosta vuodenajan mukaan. Tultiin siihen tulokseen, että tähän kohteeseen ei olisi kannattavaa asentaa aurinkolämmitysjärjestelmää.

5.2 Vertailtavat ratkaisut

Toteuttamiskelpoisiksi vertailtaviksi ratkaisuiksi valittiin ilma-, vesi-ilma-, poistoilma-, ja maalämpöpumppu. Näistä lämmöntuotantojärjestelmistä pyrittiin tuomaan esille mahdolliset haasteet, hyödyt, haitat, riskit ja arviot energiansäästöissä. Työn tilaaja oli pyytänyt alustavat laskelmat eri energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksista energiansäästöön eri toimittajilta ja päädyttiin käyttämään näissä laskelmissa esitetyjä arvoja vertailussa. Pyydettiin myös vertailtavaksi muilta toimittajilta alustavia arvioita eri energiasaneeraus ratkaisuista ja vertailtiin näitä keskenään. Vertailtavia laskelmia oli saatavilla vesi-ilma- lämpöpumpulle, poistoilmalämpöpumpulle, maalämmölle, sekä maalämmön ja poistoilmalämpöpumpun yhteistoteutukselle.

5.2.1 Haasteet

Rakennuksen arkkitehtonisen ilmeen suojaamiseksi luodut rajoitteet saattavat aiheuttaa haasteita myös vesi-ilmalämpöpumppujen ulkoyksiköiden sijoituspaikkoja suunniteltaessa. Rakennuksessa on kuitenkin kerroskohtaiset syvät tuuletusparvekkeet, joihin ulkoyksiköiden sijoittaminen saattaisi rakennusvalvonnalta tehtyjen alustavien tiedusteluiden mukaan onnistua (KUVA 27). Ulkoyksiköiden sijoittelussa tulee kiinnittää erityisesti huomiota mahdollisiin meluongelmiin, joita saattaa seurata monen laitteen yhtäaikaisesta käymisestä tai rakenteisiin johtuvista runkoäänistä.



KUVA 27. Kohteen tuuletusparvekkeet. (Joel Maksniemi)

Lämpöpumpputekniikkaan siirryttäessä rakennuksen sähköliittymän koko tulee päivittää suurempaan, jolloin syntyy lisää kustannuksia, joita ei välttämättä ole otettu laskelmissa huomioon. Poistoilmalämpöpumppuun päädyttäessä rakennuksen ilmanvaihtoa tulisi tehostaa, jolloin tulisi varmistaa korvausilman hallittu saatavuus.

5.2.2 Alkuinvestointi

Eri ratkaisuja vertailtaessa, on luonnollisesti tärkeää ottaa huomioon järjestelmän alkuinvestointi, sillä sen suuruuden avulla voidaan tarkastella investoinnin takaisinmaksuaikaa ja kannattavuutta. Energiataloudellisten alkuinvestointien kannattavuuslaskennassa haasteeksi muodostuu se, että ei tarkastella pelkästään nykyhetkeä, vaan koko elinkaarta. Elinkaaren aikana muodostuvia tuloja ja menoja ei voida laskea suoraan yhteen kannattavuutta arvioitaessa, vaan ne tulee siirtää samaan ajankohtaan korkotekijöiden avulla.

Laskentaan käytettävien korkotekijöiden valinta perustuu aiemmin saatavilla olevien tietojen avulla tulevaisuuden ennustamiseen, joka ei ole absoluuttisen oikea, mutta käytännössä lähes ainoa mahdollinen tapa. Korkotasojen ja energianhinnan vaihtelut vaikuttavat merkittävästi investointi-, ja takaisinmaksulaskelmiin, joten on syytä tehdä herkkyystarasteluja käyttäen eri arvoja. (Rakennusten energiainvestointien kannattavuuden laskenta).

Kohteeseen tehtyjen laskelmien perusteella suurempi alkuinvestointi tarkoittaisi suurempia säästöjä ostoenergian kulutuksessa tulevaisuudessa. Erään toimittajan alustavien arvioiden mukaan alkuinvestoinniltaan edullisimmaksi ratkaisuksi tulisi poistoilmalämpöpumppu noin 95000 euron investointikustannuksella. Seuraavaksi halvimmaksi on arvioitu vesi-ilmalämpöpumput 134000 euron investointikustannuksella. Jos päätettäisiin toteuttaa sekä poistoilmalämpöpumppu ja vesi-ilmalämpöpumput samanaikaisesti, niin investointikustannukseksi on arvioitu 156000 euroa. Maalämmön investointikustannuksen arvio oli 258 000 euroa, joka on alkuinvestoinniltaan selvästi muita kalliimpi.



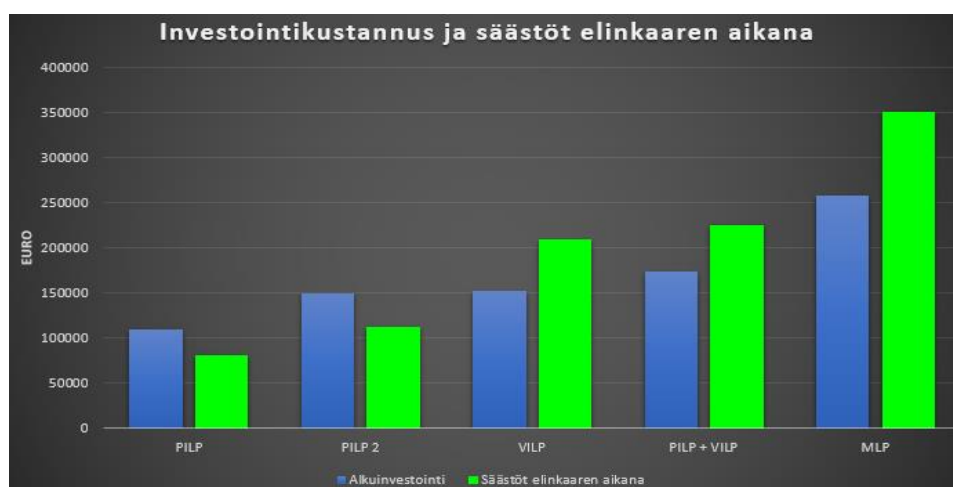
Kuva 28. Alkuinvestointien suuruus

Kaikissa alkuinvestointiarvioissa ei oltu huomioitu samoja asioita, joten pyrittiin yhdenmukaistamaan kustannusarvioita lisäämällä tietyt kustannukset kuhunkin arvioon. Lämpöpumpputekniikkaan siirryttäessä taloyhtiön nykyinen sähköliittymä jää riittämättömäksi ja se tulisi uusida. Sähköliittymän uusimisen hintaa arvioitiin laitetoimittajan ilmoittaman vaaditun liittymän sulakekoon mukaan käyttäen kappaleessa 5.2.5 esitetyn Tampereen sähkölaitoksen hinnaston kuvan 31 mukaisia hintoja, jotka sisällytettiin kunkin vertailtavan lämpöpumppuratkaisujen alkuinvestointiin.

Kaukolämmön alajakokeskuksen lämmönsiirtimien käyttöikä on tyypillisesti 20-25 vuotta, joten kohteen lämmönsiirtimet ja alajakokeskus olisi suositeltava vaihdettavaksi. Eräs laitetoimittaja oli arvioinut koko kaukolämpölaitteiston uusimisen kustantavan 12400 euroa. Vertailtavista ratkaisuista on esitetty versiot, joissa kaukolämmön alajakokeskuksen uusimiskustannus on lisätty jokaisen vertailtavan ratkaisun alkuinvestointiin.

5.2.3 Laskennalliset säästöt lämmityksen ostoenergiassa

Kohteeseen tehtyjen alustavia laskelmia apuna käyttäen tehtiin kohteeseen myös omat elinkaarilaskelmat, joille tehtiin myös herkkyystarkastelua eri energianhinnoilla ja korotasoilla. Kohteeseen tehtyjen laskelmien perusteella suurempi alkuinvestointi tarkoittaisi suurempia säästöjä ostoenergian kulutuksessa tulevaisuudessa. Kuvassa 29. on havainnollistettu laskennallisia ensimmäisen vuoden säästöjä ostoenergiassa suhteessa ratkaisun alkuinvestointiin.



KUVA 29. Energiansäästö suhteessa vertailtavien ratkaisujen alkuinvestointiin.

5.2.4 Lämmityspattereiden uusiminen kohteessa

Lämmityspattereiden uusimista pidetään yleensä järkevänä ratkaisuna lämpöpumpputekniikkaan siirryttäessä. Kyseisessä kohteessa on kuitenkin oletettavasti melko suuri määrä lämmityspattereita, jolloin hankkeen alkuinvestointi muodostuu niin suureksi, että se olisi tuskin taloudellisesti kannattavaa.

Arvioitiin lämmityspattereiden määrää seuraavasti: rakennuksen jokaisessa kerroksessa on vähintään 16 ikkunaa parveke mukaan lukien ja voidaan olettaa, että lämmityspatterien määrä on vähintään yhtä suuri kuin ikkunoiden, joten uusittavien pattereiden lukumäärä olisi 9 asuinkerroksessa 144kpl. Kuvassa 30 on esitetty Euroopan suurimman lämmitysradiaattorituotemerkin Purmon hinnasto erään radiaattorimallin osalta. Hinnastoa tarkastelemalla huomataan lämmityspatterin verottomaksi keskihinnaksi tulevan noin 307 euroa, joten pelkkien pattereiden hinnaksi tulisi veroineen arviolta vähintään 55 000 euroa, johon tulisi lisätä vielä kannakkeiden, liittimien, vaihtotyön ja mahdollisten putkien muu-
tostöiden osuus.

KORKEUS 600 MM

Tyyppi Pituus	C11		C21		C22		C33	
	€	LVI-koodi	€	LVI-koodi	€	LVI-koodi	€	LVI-koodi
400	97,00	5418282	127,60	5418482	135,00	5418682	225,10	5418882
500	98,20	5418283	139,90	5418483	150,10	5418683	243,10	5418883
600	105,50	5418284	153,00	5418484	165,20	5418684	262,70	5418884
700	112,80	5418285	170,00	5418485	183,50	5418685	286,50	5418885
800	120,30	5418286	185,50	5418486	202,00	5418686	309,70	5418886
900	126,90	5418287	197,30	5418487	215,20	5418687	337,10	5418887
1000	134,90	5418288	213,80	5418488	233,30	5418688	361,50	5418888
1100	143,80	5418289	229,80	5418489	250,90	5418689	390,70	5418889
1200	153,60	5418290	246,00	5418490	269,20	5418690	415,50	5418890
1400	174,80	5418292	278,90	5418492	299,00	5418692	469,80	5418892
1600	200,50	5418293	311,80	5418493	341,20	5418693	535,80	5418893
1800	221,80	5418294	348,00	5418494	386,60	5418694	601,90	5418894
2000	239,20	5418295	381,20	5418495	423,40	5418695	654,60	5418895
2300	267,70	5418296	431,20	5418496	479,50	5418696	734,70	5418896
2600	301,10	5418297	481,00	5418497	534,40	5418697	814,50	5418897
3000	336,20	5418298	547,30	5418498	608,00	5418698	902,10	5418898

KUVA 30. Purmo Compact lämmityspatterihinnasto. (Purmo.com)

5.2.5 Kohteen sähköliittymän uusiminen

Kohteen sähköliittymä tulisi päivittää suurempaan lämpöpumpputekniikkaan siirryttäessä. Kuvassa 31 on esitetty Tampereen sähkölaitoksen hinnastot eri sulakekoon mukaisille sähköliittymille Kalevan alueella.

Liityntäluokka	Pääsulake	Asemakaava-alue	
		Alv. 0 %	Alv. 24 %
	A		
L025Y	1 x 25	868 €	1 076,01 €
L025	3 x 25	1 465 €	1 816,60 €
L035	3 x 35	1 685 €	2 089,40 €
L050	3 x 50	2 015 €	2 498,60 €
L063	3 x 63	2 301 €	2 853,24 €
L080	3 x 80	4 344 €	5 386,56 €
L100	3 x 100	4 924 €	6 105,76 €
L125	3 x 125	5 649 €	7 004,76 €
L160	3 x 160	7 414 €	9 193,36 €
L200	3 x 200	8 574 €	10 631,76 €
L250	3 x 250	10 024 €	12 429,76 €
L320	2 x(3 x 160)	13 500 €	16 740,00 €
L400	2 x(3 x 200)	15 820 €	19 616,80 €
L630	2 x(3 x 315)	23 594 €	29 256,56 €
L750	3 x(3 x 250)	29 392 €	36 446,08 €
L1000	4 x(3 x 250)	38 202 €	47 370,48 €

KUVA 31. Sähköliittymien hinnastot. (Tampereen sähkölaitos)

5.2.6 Alustavien arvioiden analysointi

Maalämmöstä kohteeseen tehty esiselvitys on hyvin kattava ja siinä esitettyjä arvioita voidaan pitää realistisina. Erään toimittajan PILP ja IVLP elinkaarilaskelmissa patteriverkoston menolämpötilana oli käytetty 65°C, joka olisi lämpöpumppujen toiminnan kannalta optimaalisempi. Optimaalisemman lämmitysverkoston lämpötilan käyttäminen saa laskelman luonnollisesti näyttämään kannattavammalta.

Eri laitetoimittajien elinkaarilaskelmissa oli huomattavissa joitain epäkohtia, jotka vaikuttivat laskelmien lopputuloksiin siten, että laitteen hankinta vaikutti mahdollisesti kannattavammalta kuin mitä se todellisuudessa tulisi olemaan. Alla on esitetty poimintoja elinkaarilaskelmista ja selitetty niistä tehtyjä havaintoja.

Kuvassa 32 nähdään osa erään laitetoimittajan laskelmasta, jossa on vertailtu rakennuksen energiankulutusta ennen saneerausta ja jälkeen saneerauksen. Rakennuksen vuotuisesta lämmitysenergiankulutuksesta näyttää häviävän noin 93 MWh, joka kappaleen 4.5 kuvassa 25 esitetyn kaukolämpöhinnaston mukaan vastaisi noin 5700 euroa. Kyseinen elinkaarilaskelma koski poistoilmalämpöpumpun lisäämistä. Poistoilmalämpöpumpun lisäämisellä ei kuitenkaan ole vaikutusta kokonaiskulutukseen.

Kokonaiskulutus ennen saneerausta	700400 kWh
Lämpöpumppujen osuus lämmöntuotosta	211385 kWh
Kaukolämmön osuus lämmöntuotosta	396768 kWh

KUVA 32. Erään laitetoimittajan arvio lämmitysenergian kulutuksesta

Elinkaarilaskelman laatijalla on todennäköisesti ollut saatavilla tuorein tieto rakennukseen 2017 tehtyjen parannusten vaikutuksesta kohteen energiankulutukseen, sillä kappaleessa 4.5 esitetystä kuvasta 23 voitiin havaita lämmitysenergian tarpeen laskeneen reilusti vuonna 2017 edellisiin vuosiin verrattaessa. Laskelmassa on mainittu lähtötietojen pohjautuvan vuoden 2016 tietoihin ja kulutustietoja tarkastellessa voidaankin todeta vuoden 2016 lämpötilakorjatun kaukolämmön kulutuksen olleen 700 MWh, todellisen kulutuksen ollessa 661 MWh, kun taas 2017 parannusten jälkeen kulutuksen lämpötilakorjattu kulutus on ollut 652 MWh ja todellisen mitatun kulutuksen ollessa 616 MWh. Kappaleessa 4.5 kerrottiin kaukolämmön laskutuksen perustuvan mitattuun kulutukseen, joten lämpötilakorjatun kulutuksen käyttämistä laskelmissa voidaan pitää harhaanjohtavana.

Eri laitetoimittajien arviot parannustoimenpiteiden jälkeisistä kaukolämmön laskutusvesivirroista vaihtelivat suuresti. Tarkasteltiin laitetoimittajien esittämiä arvioita tulevista laskutusvesivirroista ja vertailtiin niitä kuvassa 25 esitettyyn Tampereen sähkölaitoksen hinnastoon. Kohteen nykyinen veronalainen tehomaksu kuukaudessa on 785 euroa, joka oli esitetty jokaisessa elinkaarilaskelmassa.

Kulutustiedot vuodelta	2016
Sähkön hinta ilman perusmaksua	100 €/MWh
Kaukolämmön hinta ilman perusmaksua	65 €/MWh
Kaukolämmön perusmaksu vanha	7596 €
Kaukolämmön perusmaksu uusi (arvioitu)	6836 €

KUVA 33. Erään laitetoimittajan arvio tulevasta kaukolämmön laskutusvesivirrasta.

Kuvassa 33 esitetyn PILP-elinkaarilaskelman osan mukaan vuotuinen perusmaksu oli 7596e (633e/kk), joten perusmaksu oli todennäköisesti esitetty verottomana, vaikka laskelmassa oli erikseen maininta siitä, että hinnat ovat verollisia. Kyseisen laskelman mukaan uusi arvioitu perusmaksu olisi 6836 euroa vuodessa, joka tarkoittaisi kuukausitasolla 570 euron suuruista tehomaksua. Tampereen sähkölaitoksen hinnastosta (kuva 35) ei kuitenkaan löydy vastaavan suuruista laskutussummaa minkään laskutusvesivirran kohdalta,

joten oletettiin omissa laskelmissa tämän ratkaisun kohdalla tulevaksi laskutusvesivirtaksi 3,4 m³/h, jonka tehomaksun veroton arvo 582 euroa ja veroineen on 722e.

Kaukolämmön muutos (MWh)	-13.6	-12.2	-13.6	-12.2	-9.2	-3.4	-3.4	-3.5	-8.6	-12.7	-12.9	-13.6	-118.9
Kaukolämmön muutos (%)	-13.8%	-13.3%	-15.9%	-20.3%	-24.7%	-13.6%	-17.3%	-16.6%	-22.7%	-20.3%	-18.1%	-15.2%	-17.0%
KL perusmaksun muutos (€)	-196 €	-196 €	-196 €	-196 €	-196 €	-196 €	-196 €	-196 €	-196 €	-196 €	-196 €	-196 €	-2355 €

KUVA 34. Ote erään laitetoimittajan PILP elinkaarilaskelmasta.

Kuvassa 34 on esitetty osa toisen laitevalmistajan PILP-elinkaarilaskelmasta. Tässä elinkaarilaskelman osassa on arvioitu poistoilmalämpöpumpun asennuksen vaikutusta kaukolämmön kulutukseen ja perusmaksun suuruuteen. Laskelman lähtötietona oli käytetty kaukolämmön kuukausittaisena perusmaksuna 785 euroa. Saneerauksen jälkeen kuukausittainen perusmaksu oli arvioitu 589 euron suuruiseksi, joten erotus oli huomattavasti merkittävämpi kuin aiemmin esitettyssä tapauksessa, vaikka kaukolämmön kulutuksen muutos vaikutti realistisemmalta. Tampereen sähkölaitoksen hinnastosta ei myöskään löytynyt tätä arviota vastaavaa tehomaksun summaa. Oletettiin verojen unohtuneen laskelmasta ja päädyttiin käyttämään omissa laskelmissa samaa laskutusvesivirtaa kuin aiemmin esitetyn PILP-ratkaisun laskennassa.

TEHOMAKSUT (euron tarkkuudella)

Vesivirta m ³ /h	Alv 0 % €/kk	Alv 24% €/kk	Ves
0,30	64	79	
0,35	104	129	
0,40	119	148	
0,45	134	166	
0,5	149	185	
0,6	179	222	
0,7	208	258	
0,8	225	279	
0,9	242	300	
1,0	259	321	
1,2	293	363	
1,4	327	405	
1,6	353	438	
1,8	378	469	
2,0	404	501	
2,2	429	532	
2,4	455	564	
2,6	480	595	
2,8	506	627	
3,0	531	658	
3,2	557	691	
3,4	582	722	
3,6	608	754	
3,8	633	785	
4,0	659	817	

KUVA 35. Tampereen sähkölaitoksen laskutusvesivirtaan perustuvat tehomaksut (Tampereen sähkölaitos)

Kuvassa 36 on esitetty osa erään laitevalmistajan PILP-elinkaarilaskelmassa käytetyistä lähtöarvoista. Tässä laskelmassa lämpimän käyttöveden osuus vaikuttaa melko suurelta verrattuna kappaleessa 4.7 esitettyihin laskennallisiin arvoihin, joiden keskiarvo oli 119 MWh.

Kulutustiedot ja energianhinnat

Kaukolämpöyhtiö

Tampereen Kaukolämpö Oy (1.1.2017)

Kaukolämmön keskimuutos

700 MWh/v

indeksi

5.0 %/v

Lämpimän käyttöveden osuus

210 MWh/v

KUVA 36. Erään laitetoimittajan käyttämiä lähtöarvoja

Kohteen tapauksessa poistoilmalämpöpumppua pystyttäisiin hyödyntämään tehokkaammin lämpimän käyttöveden tuottamiseen, kuin tilojen lämmitykseen, johtuen lämmitysverkoston korkeasta menoveden lämpötilasta. Kyseinen arvio vaikuttaisi olevan 30% osuus kokonaiskulutuksesta, joka lienee kohteen tapauksessa liian suuri. Kappaleessa 4.7 esitetyt lämpimän käyttöveden tuottamiseen kulutetun energian kaavat perustuvat tyyppilisten kerrostalojen kulutustietoihin Suomessa, joten niidenkin perusteella lasketut energiankulutukset ovat todennäköisesti kohteen tapauksessa liian suuria johtuen kohteen vähisestä asukasluvusta suhteessa neliöihin.

5.3 Laskennan tulokset

Kohteeseen tehtyjen alustavia laskelmia apuna käyttäen tehtiin kohteeseen omat elinkaarilaskelmat, joille tehtiin myös herkkyytarkastelua eri energianhinnoilla ja korkotasolla. Vertailu ja elinkaarilaskelmat on tehty Excelin avulla nykyarvomenetelmää käyttäen. Laskelmissa käytetyt energian perushinnat perustuvat kohteen vuoden 2017 kulutustietojen mukaisiin Tampereen sähkölaitoksen sähkö-, ja kaukolämpölaskuihin. Inflaatio perustuu Euroopan keskuspankin asettamaan euroalueen inflaatiotavoitteeseen ja tuottoväkimäärä ja laskennallinen käyttöaika taloyhtiön edustajan esittämiin toiveisiin.

TAULUKKO 5. Laskennassa käytetyt arvot

Energiahinnat

KL-energi hinta

62 e/MWh

KL-Talvi hinta

68,2 e/MWh

KL-Kesähinta	49,6	e/MWh
Sähkön hinta	0,082	e/kWh

Investointi		
Inflaatio	1,9	%
Tuottovaatimus	2	%
Reaalikorko	0,1	%
Käyttöaika	15	v

5.3.1 Vertailu 2016 tilanteeseen

Taulukossa 6. on vertailtu eri energiansäästötoimenpiteiden arvioituja vaikutuksia vuosien 2014-2016 kaukolämmön kulutustietojen keskiarvoon. Vertailun kohteina olivat 2 eri poistoilmalämpöpumppuratkaisua, vesi-ilmalämpöpumppuratkaisu, poistoilmalämpöpumpun ja vesi-ilmalämpöpumpun yhteiskäytön ratkaisu, maalämpö, sekä nykytilanne. Tässä taulukossa vertailu suoritettiin vanhojen kulutustietojen pohjalta, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia laitetoimittajien laskelmien kanssa ja jotta saataisiin tuottaa ilmi jo tehtyjen parannustoimenpiteiden vaikutukset. Vertailtiin parannustoimenpiteitä tulevan energiankulutuksen, päästöjen ja saavutettavan säästön arvioiden perusteella.

TAULUKKO 6. Olemassa olevien laskelmien pohjalta tehdyt laskelmat.

	PILP	PILP 2	VILP	PILP + VILP	MLP	KL 2018	Kaukolämpö	
Investointikustannus	97089	137089	140106	162106	258000			0 e
SCOP	3,79	3,66	3,01	3,17	2,1	1		1
KL-osuus	80	70	40	40	0	100		100 %
KL-Perusmaksu	722	722	722	691	0	754		785 e/kk
Lämmityksen vuosikustannus ensimmäinen vuosi	42746	40485	33664	32536	24032	46524		49844 e/a
Vuosittaisen energiakustannuksen ennuste*	42412	40170	33401	32282	23844	46161		49455 e
Kulut käyttöiän aikana**	733271	739635	641124	646340	615664	692410		741828 e
Energiakustannukset koko käyttöiän ajalta*	636182	602546	501019	484235	357664	692410		741828 e
Vuosittaisen säästön ennuste	7043	9285	16054	17173	25611	3295		0 e
Säästö ostoenergiassa elinkaaren aikana	105646	139282	240809	257594	384164	49418		0 e
Kokonaissäästö elinkaaren aikana	8557	2193	100704	95488	126164	49418		0 e
Kaukolämmön kulutus	493	431	246	246	0	587		633 Mwh
Lämpöpumpun sähkönkulutus	31	45	139	130	293	0		0 Mwh
Säästö stoenergiassa verrattuna KL	63	110	201	210	294	47		0 Mwh
CO2 päästöt	83	75	56	55	35	94		102 T/a
CO2 päästöt elinkaaren aikana	1246	1121	842	825	519	1417		1530 T
Vuosittaiset säästöt CO2 päästöissä***	11	20	38	39	60	8		0 T/a
Säästöt CO2 päästöissä elinkaaren aikana***	172	296	576	592	899	113		0 T
Takaisinmaksuaika	13,8	14,8	8,7	9,4	10,1			a

Taulukon 6 investointikustannukset on otettu laitetoimittajien arvioista ja näihin arvioihin on lisätty kunkin järjestelmän vaatiman sähköliittymän hinta.

-SPF-luku on laskettu keskiarvo laitetoimittajan arvioimasta kuukausittaisesta SPF luvusta.

-Kaukolämmön osuus on laitetoimittajan elinkaarilaskelman mukainen laskettu osuus.

-KL-perusmaksu on kappaleen 5.2.8 mukaan esitetty oma arvio siitä mitä laitetoimittaja on tarkoittanut.

-Lämmityksen vuosikustannus ensimmäinen vuosi on laitetoimittajan ilmoittaman suorituskyvyn ja saatavilla olleiden energian kulutus ja energian hintatietojen mukaan taulukon 8 mukaisesti laskettu säästö.

-Vuosittaisen energiakustannuksen ennuste on laskettu 15 vuoden ajalta nykyarvomennetelmää käyttäen jaettuna käyttövuosilla.

-Kulut käyttöiän aikana sisältävät vain investointikustannuksen ja nykyarvomennetelmän mukaan lasketun energiakustannuksen.

-Energiakustannukset koko käyttöiän ajalta on laskettu 15 vuoden ajalta nykyarvomennetelmää käyttäen.

-Vuosittaisen säästön ennuste on vuosittaisen energiakustannuksen erotus verrattuna kaukolämpöön.

-Säästö ostoenergiassa elinkaaren aikana on vuosittaisen säästön ennuste kerrottuna käyttövuosilla.

-Kokonaissäästö elinkaaren aikana on vuosittaisen säästön ennuste kerrottuna käyttövuosilla, josta on vähennetty investointikustannus

-Kaukolämmön kulutus on laskettu taulukon 8 mukaisesti ratkaisukohtaisesti.

-Lämpöpumpun sähkönkulutus on laskettu taulukon 8 mukaisesti ratkaisukohtaisesti.

-Säästö ostoenergiassa verrattuna KL on ratkaisun ostoenergian ja vertailutilanteen välinen erotus.

-CO₂ päästöt on laskettu kappaleessa 2.3.3 esitetyillä Tampereen sähkölaitoksen verkkosivuilla ilmoitetuilla hiilidioksidipäästöarvoilla.

-CO₂ päästöt elinkaaren aikana on kerrottu vuosittainen päästöarvo laskennassa käytetyillä laitteen käyttöiällä.

-Vuosittaiset säästöt CO₂ päästöissä on kunkin ratkaisun ja vertailutilanteen erotus

Säästöt CO₂ päästöissä elinkaaren aikana on vuosittainen säästö kerrottuna käyttöiällä

5.3.2 Vertailu nykytilanteeseen

TAULUKKO 7. vuoden 2017 aikana tehtyjen muutosten arvioidun vaikutuksen pohjalta tehdyt laskelmat.

	PILP	PILP 2	VILP	PILP + VILP	MLP	KL 2018	
Investointikustannus	109489	149489	152506	174506	258000	12400	e
SCOP	3,79	3,66	3,01	3,17	2,1	1	
KL-osuus	80	70	40	40	0	100	%
KL-Perusmaksu	722	722	722	691	0	754	e/kk
Lämmityksen vuosikustannus ensimmäinen vuosi	41104	38955	32448	31357	22886	46524	e/a
Vuosittaisen energiakustannuksen ennuste*	40784	38652	32195	31112	22707	46161	e
Kulut käyttöiän aikana**	721247	729263	635429	641192	598611	704810	e
Energiakustannukset koko käyttöiän ajalta*	611757	579774	482924	466686	340611	692410	e
Vuosittaisen säästön ennuste	5377	7509	13966	15048	23453	3295	e
Säästö ostoenergiassa elinkaaren aikana	80653	112636	209487	225724	351799	49418	e
Kokonaissäästö elinkaaren aikana	-28836	-36853	56981	51218	93799	37018	e
Kaukolämmön kulutus	469	410	234	234	0	587	Mwh
Lämpöpumpun sähkökulutus	30	43	133	124	279	0	Mwh
Säästö stoenergiassa verrattuna KL	88	133	220	228	308	47	Mwh
CO ₂ päästöt	79	71	53	52	33	94	T/a
CO ₂ päästöt elinkaaren aikana	1185	1067	801	786	494	1417	T
Vuosittaiset säästöt CO ₂ päästöissä***	15	23	41	42	62	8	T/a
Säästöt CO ₂ päästöissä elinkaaren aikana***	232	350	616	632	923	113	T
Takaisinmaksuaika	20,4	19,9	10,9	11,6	11,0		a

Taulukossa 7. on vertailtu eri energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksia kappaleessa 4.6 esitetyn taulukon 3 mukaisiin arvioihin tulevasta kaukolämmön energiankulutuksesta. Vertailuperusteet olivat samat, kuin 2016 vertailussa. Vertailutilanteen (KL 2018) sarakkeeseen investointikustannus on lisätty arvio kaukolämmön alajakokeskuksen uusimisen kustannuksesta.

TAULUKKO 8. Ratkaisukohtainen tarkastelu.

NYKYTILANNE	Tamm	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Vuosi	
Kaukolämmön kulutus (2018)	90,9	82,0	71,3	47,8	28,6	16,8	8,9	10,4	27,0	50,9	68,9	82,7	586	Mwh
KL-Perusmaksu	785	785	785	785	785	785	785	785	785	785	785	785	9420	e
KL-hinta	68,2	68,2	62,0	62,0	62,0	49,6	49,6	49,6	62,0	62,0	62,0	68,2		e/Mw
Energiamaksut	6197	5592	4422	2964	1774	833	440	515	1673	3159	4270	5637	37476	e
Lämmityskustannus	6982	6377	5207	3749	2559	1618	1225	1300	2458	3944	5055	6422	46896	e
VERTAILUTILANNE	Tamm	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Vuosi	
Kaukolämmön kulutus	72,7	65,6	57,1	38,2	22,9	13,4	7,1	8,3	21,6	40,8	55,1	66,1	469	Mwh
Pumppujen kulutus	4,7	4,3	3,7	2,3	1,4	1,0	0,6	0,6	1,3	2,4	3,4	4,1	30	Mwh
Ostoenergia	77,3	69,9	60,7	40,6	24,3	14,5	7,6	9,0	22,9	43,2	58,5	70,3	499	Mwh
Lämpöpumpun hyötysuhde	3,9	3,8	3,9	4,1	4,0	3,2	3,2	3,2	4,0	4,2	4,0	4,0	4	cop
Pumpun energiantuotanto	18	16	14	10	6	3	2	2	5	10	14	17	117	Mwh
K-L energiakustannus	4957	4473	3538	2371	1419	666	352	412	1338	2527	3416	4509	29980	e
K-L Perusmaksu	722	722	722	722	722	722	722	722	722	722	722	722	8664	e
Pumppujen ottoenergian hinta	382	354	300	191	117	86	45	53	111	199	282	339	2460	e
Lämmityskustannus yhteensä	6061	5549	4560	3284	2259	1474	1119	1187	2171	3448	4421	5570	41104	e
	Tamm	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Vuosi	
Energiansäästö	13,51	12,08	10,61	7,23	4,29	2,31	1,22	1,43	4,05	7,76	10,33	12,40	87,22	Mwh
Kustannussäästö	920	827	648	465	301	144	106	113	287	496	635	851	5791	e

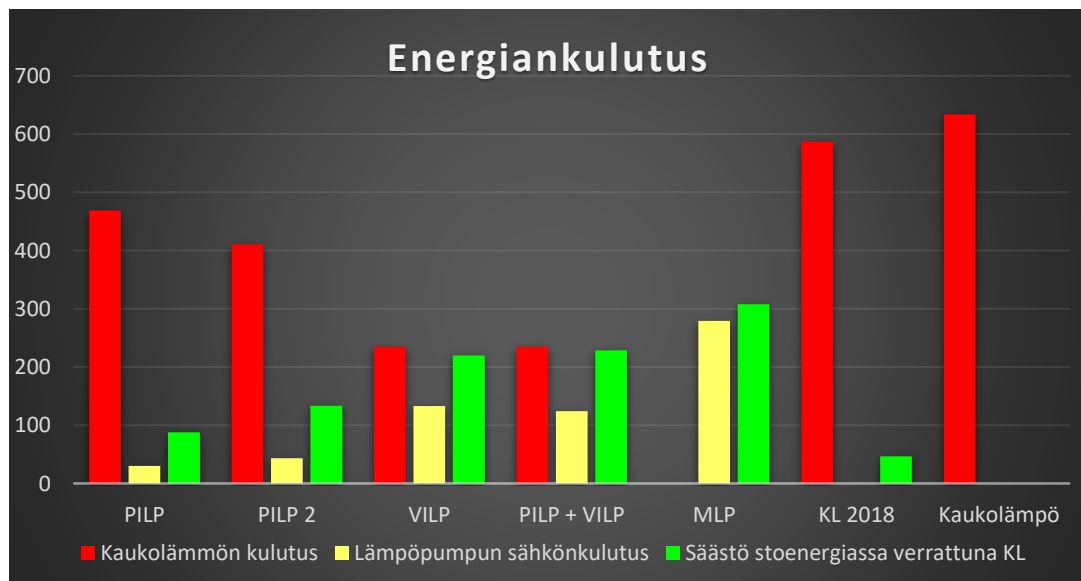
Taulukoiden 6 ja 7 laskenta on tehty taulukon 8 mukaisesti jokaiselle energianparannusratkaisulle tapauskohtaisesti. Laskenta on tehty jokaiselle kuukaudelle erikseen laitetointajien antamien suorituskykytietojen perusteella.

5.3.3 Säästöt ostoenergiassa

Vuoden 2017 aikana tehdyillä toimenpiteillä energiansäästöksi saadaan laskennallisesti 47 MWh/a, poistoilmalämpöpumpuilla 88-133 MWh/a, vesi-ilmalämpöpumpulla 220 MWh/a, vesi-ilmalämpöpumpun ja poistoilmalämpöpumpun yhteisratkaisulla 228 MWh/a ja maalämmöllä 308 MWh/a. Vuosittaiset euromääräiset laskennalliset säästöt olisivat siis nykytilanteessa tekemättä mitään n.3000 euroa, poistoilmalämpöpumpuilla n.5000-7000 euroa, vesi-ilmalämpöpumpulla n.14 000 euroa, vesi-ilmalämpöpumpun ja poistoilmalämpöpumpun yhteisratkaisulla n.15 000 euroa ja maalämpöpumpulla n.23 000 euroa.

TAULUKKO 9. vuoden 2017 aikana tehtyjen muutosten arvioidun vaikutuksen pohjalta tehdyt laskelmat kulutukseen.

	PILP	PILP 2	VILP	PILP + VILP	MLP	KL 2018	
Vuosittaisen säästön ennuste	5377	7509	13966	15048	23453	3295	e
Säästö ostoenergiassa elinkaaren aikana	80653	112636	209487	225724	351799	49418	e
Kokonaissäästö elinkaaren aikana	-28836	-36853	56981	51218	93799	37018	e
Kaukolämmön kulutus	469	410	234	234	0	587	Mwh
Lämpöpumpun sähkönkulutus	30	43	133	124	279	0	Mwh
Säästö stoenergiassa verrattuna KL	88	133	220	228	308	47	Mwh



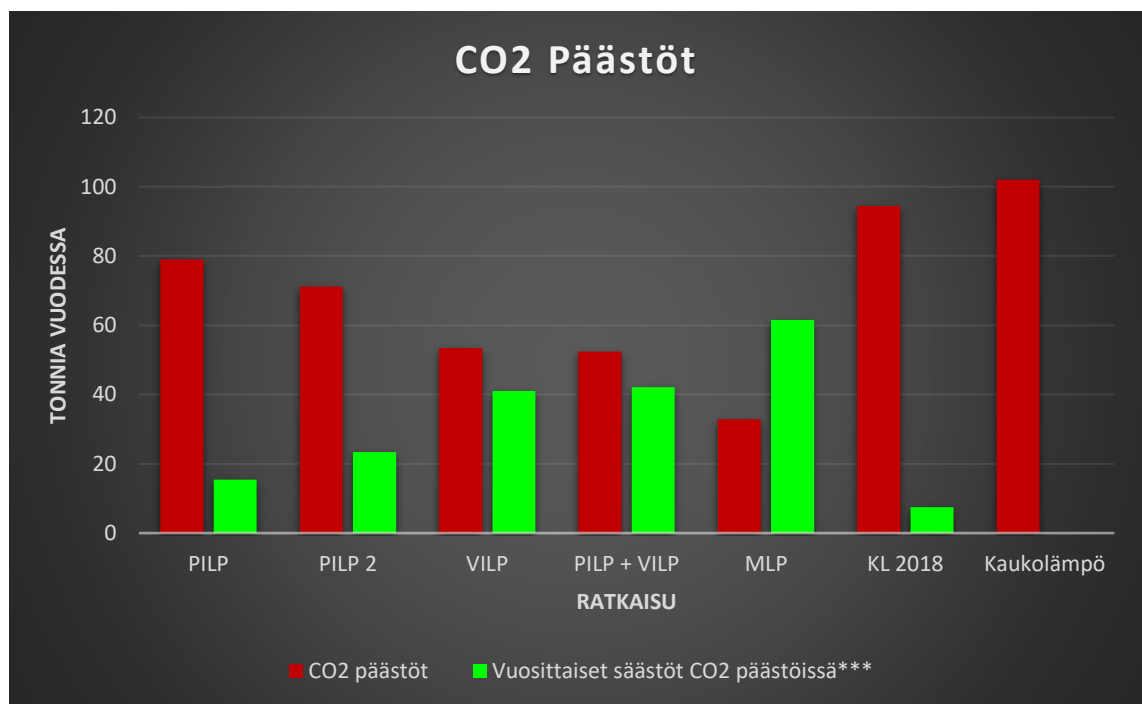
KUVA 37. Eri ratkaisujen laskennalliset energiankulutukset ja säästöt ostoenergiassa

5.3.4 Säästöt hiilidioksidipäästöissä

Vuoden 2017 aikana tehdyillä toimenpiteillä hiilidioksidipäästöjä saadaan vähennettyä laskennallisesti n.8 T/a, poistoilmalämpöpumpuilla n.15-23 T/a, vesi-ilmalämpöpumpulla n.40 T/a, vesi-ilmalämpöpumpun ja poistoilmalämpöpumpun yhteisratkaisulla n.40 T/a ja maalämmöllä n. 60 T/a. Säästöt päästöissä nousevat luonnollisesti samassa suhteessa, kuin säästöt ostoenergiassa.

TAULUKKO 10. vuoden 2017 aikana tehtyjen muutosten arvioitun vaikutuksen pohjalta tehdyt laskelmat päästöihin.

	PILP	PILP 2	VILP	PILP + VILP	MLP	KL 2018	
CO2 päästöt	79	71	53	52	33	94	T/a
CO2 päästöt elinkaaren aikana	1185	1067	801	786	494	1417	T
Vuosittaiset säästöt CO2 päästöissä***	15	23	41	42	62	8	T/a
Säästöt CO2 päästöissä elinkaaren aikana***	232	350	616	632	923	113	T
Takaisinmaksuaika	20,4	19,9	10,9	11,6	11,0		a



KUVA 38. Arviot muutoksista hiilidioksidipäästöissä (Joel Maksniemi)

5.3.5 Takaisinmaksuajat

Poistoilmalämpöpumppujen laskennalliset takaisinmaksuajat nousivat korkeiksi (20v) kun vertailu tehtiin vuoden 2017 aikana tehtyjen parannusten jälkeiseen tilanteeseen. Selitys tähän on luultavasti se, että poistoilmalämpöpumppujen hyötysuhde on parhaimmillaan vuoden kylmimpään aikaan, kun rakennusta lämmitetään eniten. 2017 muutokset ovat vaikuttaneet eniten juuri kylmimpien kuukausien lämmitysenergian kulutukseen, joten poistoilmalämpöpumpuilla saavutettava hyöty jää pienemmäksi. Muiden ratkaisujen laskennalliset takaisinmaksuajat olivat 11 vuoden molemmilla puolin, joten niitä voidaan pitää kannattavina.



KUVA 39. Laskennalliset takaisinmaksuajat.

5.3.6 Herkkyystarkastelu eri energian hinnoilla

Suoritettiin laskelmille herkkyystarkastelut käyttäen eri energian hintoja ja etsittiin eri ratkaisuille tietyt energianhinnat, jolloin ratkaisu tulisi kannattavaksi, tai kannattamattomaksi. Kaukolämmön hinnan nouseminen luonnollisesti parantaisi eri säästöratkaisujen kannattavuutta, sillä näillä ratkaisuilla vähennetään kaukolämmön kulutusta.

Kaukolämmön energian hinnan noustessa 26% nykyisestä 62 e/MWh tasolle 78,12 e/MWh laskisi myös poistoilmalämpöpumppujen takaisinmaksuaika alle 15 vuoteen.

TAULUKKO 11. Arvio kaukolämmön hinnan noustessa 26% nykyisestä.

	PILP	PILP 2	VILP	PILP + VILP	MLP	KL 2018	
Investointikustannus	109489	149489	152506	174506	258000	12400	e
SCOP	3,79	3,66	3,01	3,17	2,1	1	
KL-osuus	80	70	40	40	0	100	%
KL-Perusmaksu	722	722	722	691	0	754	e/kk
Lämmityksen vuosikustannus ensimmäinen vuosi	48899	45312	35801	34710	22886	56267	e/a
Vuosittaisen energiakustannuksen ennuste*	48518	45554	35522	34439	22707	55828	e
Kulut käyttöiän aikana**	837258	832799	685333	691095	598611	849825	e
Energiakustannukset koko käyttöiän ajalta*	727769	683310	532827	516589	340611	837425	e
Vuosittaisen säästön ennuste	7310	10274	20307	21389	33121	4055	e
Säästö ostoenergiassa elinkaaren aikana	109656	154115	304598	320836	496814	60827	e
Kokonaissäästö elinkaaren aikana	166	4626	152092	146330	238814	48427	e
Kaukolämmön kulutus	469	410	234	234	0	587	Mwh
Lämpöpumpun sähkönkulutus	30	43	133	124	279	0	Mwh
Säästö stoenergiassa verrattuna KL	88	133	220	228	308	47	Mwh
CO2 päästöt	79	71	53	52	33	94	T/a
CO2 päästöt elinkaaren aikana	1185	1067	801	786	494	1417	T
Vuosittaiset säästöt CO2 päästöissä***	15	23	41	42	62	8	T/a
Säästöt CO2 päästöissä elinkaaren aikana***	232	350	616	632	923	113	T
Takaisinmaksuaika	15,0	14,5	7,5	8,2	7,8		a

Sähköenergian hinnan noustessa 33% 11 snt/kWh tasolle, pysyisivät molemmat vesi-ilmalämpöpumpua hyödyntävät ratkaisut vielä kannattavina n. 15 vuoden takaisinmaksuajalla ja maalämmön takaisinmaksuaika nousisi 16,6 vuoteen.

TAULUKKO 12. Arvio sähköenergian hinnan noustessa 33% nykyisestä.

	PILP	PILP 2	VILP	PILP + VILP	MLP	KL 2018	
Investointikustannus	109489	149489	152506	174506	258000	12400	e
SCOP	3,79	3,66	3,01	3,17	2,1	1	
KL-osuus	80	70	40	40	0	100	%
KL-Perusmaksu	722	722	722	691	0	754	e/kk
Lämmityksen vuosikustannus ensimmäinen vuosi	41916	40122	36041	34713	30438	46524	e/a
Vuosittaisen energiakustannuksen ennuste*	41589	39809	35760	34442	30201	46161	e
Kulut käyttöiän aikana**	733329	746625	688903	691134	711013	704810	e
Energiakustannukset koko käyttöiän ajalta*	623839	597136	536398	516629	453013	692410	e
Vuosittaisen säästön ennuste	4571	6352	10401	11719	15960	3295	e
Säästö ostoenergiassa elinkaaren aikana	68571	95274	156013	175782	239397	49418	e
Kokonaissäästö elinkaaren aikana	-40918	-54215	3507	1276	-18603	37018	e
Kaukolämmön kulutus	469	410	234	234	0	587	Mwh
Lämpöpumpun sähkönkulutus	30	43	133	124	279	0	Mwh
Säästö stoenergiassa verrattuna KL	88	133	220	228	308	47	Mwh
CO2 päästöt	79	71	53	52	33	94	T/a
CO2 päästöt elinkaaren aikana	1185	1067	801	786	494	1417	T
Vuosittaiset säästöt CO2 päästöissä***	15	23	41	42	62	8	T/a
Säästöt CO2 päästöissä elinkaaren aikana***	232	350	616	632	923	113	T
Takaisinmaksuaika	24,0	23,5	14,7	14,9	16,2		a

Jos kaukolämmön hinta jostain syystä laskisi 20% 49,6 e/MWh tasolle, niin jokainen parannusratkaisu muuttuisi laskennallisesti kannattamattomaksi ja kohteen nykyisen lämmitysjärjestelmän kustannukseksi tulisi noin 39 000e.

TAULUKKO 13. Arvio kaukolämmön hinnan laskiessa 20% nykyisestä.

	PILP	PILP 2	VILP	PILP + VILP	MLP	KL 2018	
Investointikustannus	109489	149489	152506	174506	258000	12400	e
SCOP	3,79	3,66	3,01	3,17	2,1	1	
KL-osuus	80	70	40	40	0	100	%
KL-Perusmaksu	722	722	722	691	0	754	e/ikk
Lämmityksen vuosikustannus ensimmäinen vuosi	35108	33604	29869	28778	22886	39028	e/a
Vuosittaisen energiakustannuksen ennuste*	34834	33342	29636	28553	22707	36724	e
Kulut käyttöiän aikana**	632007	649620	597042	602805	598611	593260	e
Energiakustannukset koko käyttöiän ajalta*	522517	500131	444537	428299	340611	580860	e
Vuosittaisen säästön ennuste	3890	5382	9088	10171	16017	2709	e
Säästö ostoenergiassa elinkaaren aikana	58343	80730	136324	152562	240249	40642	e
Kokonaissäästö elinkaaren aikana	-51146	-68760	-16182	-21944	-17751	28242	e
Kaukolämmön kulutus	469	410	234	234	0	587	Mwh
Lämpöpumpun sähkönkulutus	30	43	133	124	279	0	Mwh
Säästö stoenergiassa verrattuna KL	88	133	220	228	308	47	Mwh
CO2 päästöt	79	71	53	52	33	94	T/a
CO2 päästöt elinkaaren aikana	1185	1067	801	786	494	1417	T
Vuosittaiset säästöt CO2 päästöissä***	15	23	41	42	62	8	T/a
Säästöt CO2 päästöissä elinkaaren aikana***	232	350	616	632	923	113	T
Takaisinmaksuaika	28,1	27,8	16,8	17,2	16,1		a

Jos sähkön hinta nousisi radikaalisti ja kaukolämmön hinta pysyisi ennallaan, niin lämpöpumppuratkaisut luonnollisesti muuttuisivat investointeina kannattamattomiksi.

Vaikka sähkön hinta kaksinkertaistuisi kaukolämmön hinnan pysyessä ennallaan, niin jokainen parannusratkaisu tulisi silti nykytilannetta halvemmaksi.

TAULUKKO 14. Arvio sähköenergian hinnan kaksinkertaistuessa nykyisestä.

	PILP	PILP 2	VILP	PILP + VILP	MLP	KL 2018	
Investointikustannus	109489	149489	152506	174506	258000	12400	e
SCOP	3,79	3,66	3,01	3,17	2,1	1	
KL-osuus	80	70	40	40	0	100	%
KL-Perusmaksu	722	722	722	691	0	754	e/ikk
Lämmityksen vuosikustannus ensimmäinen vuosi	43564	42490	43336	41526	45772	46524	e/a
Vuosittaisen energiakustannuksen ennuste*	43225	42159	42998	41202	45415	46161	e
Kulut käyttöiän aikana**	757859	781875	797472	792533	939222	704810	e
Energiakustannukset koko käyttöiän ajalta*	648369	632386	644966	618027	681222	692410	e
Vuosittaisen säästön ennuste	2936	4002	3163	4959	746	3295	e
Säästö ostoenergiassa elinkaaren aikana	44041	60024	47444	74383	11188	49418	e
Kokonaissäästö elinkaaren aikana	-65448	-89465	-105061	-100123	-246812	37018	e
Kaukolämmön kulutus	469	410	234	234	0	587	Mwh
Lämpöpumpun sähkönkulutus	30	43	133	124	279	0	Mwh
Säästö stoenergiassa verrattuna KL	88	133	220	228	308	47	Mwh
CO2 päästöt	79	71	53	52	33	94	T/a
CO2 päästöt elinkaaren aikana	1185	1067	801	786	494	1417	T
Vuosittaiset säästöt CO2 päästöissä***	15	23	41	42	62	8	T/a
Säästöt CO2 päästöissä elinkaaren aikana***	232	350	616	632	923	113	T
Takaisinmaksuaika	37,3	37,4	48,2	35,2	345,9		a

Vaikka sähkön energiamaksu puuttuisi kokonaan ja lämpöpumpun tuottama energia olisi täysin ilmaista, niin silti takaisinmaksuajat olisivat poistoilmalämpöpumpuilla 14 vuoden luokkaa vuosisäästöjen ollessa 8000-11000 euron luokkaa ja maalämpöpumpulla hieman alle 6 vuoden luokkaa, kalliin hankintahintansa vuoksi.

TAULUKKO 15. Arvio sähköenergian ollessa ilmaista.

	PILP	PILP 2	VILP	PILP + VILP	MLP	KL 2018	
Investointikustannus	109489	149489	152506	174506	258000	12400	e
SCOP	3,79	3,66	3,01	3,17	2,1	1	
KL-osuus	80	70	40	40	0	100	%
KL-Perusmaksu	722	722	722	691	0	754	e/kk
Lämmityksen vuosikustannus ensimmäinen vuosi	38644	35420	21560	21188	0	46524	e/a
Vuosittaisen energiakustannuksen ennuste*	38343	35144	21392	21023	0	46161	e
Kulut käyttöiän aikana**	684635	676651	473387	489851	258000	704810	e
Energiakustannukset koko käyttöiän ajalta*	575145	527162	320881	315345	0	692410	e
Vuosittaisen säästön ennuste	7818	11017	24769	25138	46161	3295	e
Säästö ostoenergiassa elinkaaren aikana	117265	165249	371529	377065	692410	49418	e
Kokonaissäästö elinkaaren aikana	7775	15759	219023	202559	434410	37018	e
Kaukolämmön kulutus	469	410	234	234	0	587	Mwh
Lämpöpumpun sähkönkulutus	30	43	133	124	279	0	Mwh
Säästö stoenergiassa verrattuna KL	88	133	220	228	308	47	Mwh
CO2 päästöt	79	71	53	52	33	94	T/a
CO2 päästöt elinkaaren aikana	1185	1067	801	786	494	1417	T
Vuosittaiset säästöt CO2 päästöissä***	15	23	41	42	62	8	T/a
Säästöt CO2 päästöissä elinkaaren aikana***	232	350	616	632	923	113	T
Takaisinmaksuaika	14,0	13,6	6,2	6,9	5,6		a

6 POHDINTA

Vesi-ilmalämpöpumppuihin päädyttäessä, olisi varmasti järjestelmästä riippuen mahdollista asentaa myös huoneistokohtaiset sisäyksiköt jäähdytystarkoitukseen. Tämä ei säästäisi energiaa millään tavalla, vaan olisi investointi lähinnä asumismukavuuteen, joten tämä ei ole energiatehokkuuden kannalta suositeltava toimenpide.

Poistoilmalämpöpumppuun päädyttäessä rakennuksen ilmanvaihtoa tulisi tehostaa, jolloin tulisi jälleen säätää ja tasapainottaa päätelaitteet. Tehostuksen seurauksena aiemmin korjatut ongelmat ilmanvaihdon korvausilman saamisessa saattaisivat uusiutua ja jouduttaisiin mahdollisesti tekemään jälleen toimenpiteitä korvausilman hallitun saamisen turvaamiseksi.

Faktatietoa energiasaneerausten vaikutuksesta asunnon jälleenmyyntiarvoon on huonosti saatavilla, mutta yleisesti ajatellaan niiden nostavan asunnon arvoa. Voisi myös ajatella, että mitä suurempia energiansäästöjä saneerauksella on saavutettu, niin sitä suurempi vaikutus sillä on myytävän asunnon hintaan.

Tampereen sähkölaitos on tehnyt ja tulee tekemään lähitulevaisuudessa investointeja uusiutuvien energiamuotojen lisäämiseksi lämmitysenergian ja sähkön tuotannossa. Investointien vaikutusta kuluttajan energiahintaan ei vielä pysty arvioimaan. Aiemmat parannukset ovat tulleet ensisijaisesti kaukolämpöasiakkaiden maksettaviksi, mutta tulevaisuudessa päästötavoitteisiin päästäessä hinnat saattavat jopa laskea.

Laskelmien perusteella kohteeseen sopisi parhaiten, vesi-ilmalämpöpumppu, vesi-ilmalämpöpumpun ja poistoilmalämpöpumpun yhteistoteutus tai maalämpö. Maalämpöpumppujärjestelmä olisi suuri investointi, mutta siihen päädyttäessä ei tarvitsisi olla huolissaan kaukolämmön perusmaksujen ja energiahinnan kehityksestä, toisaalta sen energiakustannukset ovat täysin riippuvaisia sähkön hinnasta.

Vesi-ilmalämpöpumppuun tai vesi-ilmalämpöpumpun ja poistoilmalämpöpumpun yhteisratkaisuun päädyttäessä taloyhtiö olisi vähemmän riippuvainen sähkön hinnan kehityksestä, mutta muutokset kaukolämmön kustannuksissa vaikuttaisivat yhä.

Vesi-ilmalämpöpumpun ja poistoilmalämpöpumpun yhteistoteutus olisi todennäköisesti teknisesti järkevin ratkaisu, sillä tällä ratkaisulla saataisiin uudistettua myös kohteen ilmanvaihtokone. Kohteen ilmanvaihto paranisi samalla ja tällä olisi suora vaikutus asuismukavuuteen ja talon rakenteiden kunnossa pysymiseen.

Tulevaisuudessa on tulossa suuria muutoksia energian hinnoitteluun sähkön kysyntäjoukon yleistyessä ja kaukolämmön tuotannon muuttuessa entistä ympäristöystävällisemmäksi. Valtion energia-avustukset poistuivat vuonna 2017 valtion huonon taloustilanteen vuoksi, joten voisi olla mahdollista, että avustus palautusi myös taloustilanteen parantumisessa. Päätöksentekoa energiasaneerauksen toteuttamisesta voisi mahdollisesti lykätä muutamalla vuodella, sillä silloin tulevista uudistuksista olisi enemmän tietoa saatavilla ja voitaisiin varmistua siitä, että toteutettava ratkaisu olisi myös tulevaisuudessa kohteeseen sopiva.

LÄHTEET

Fraunhofer instituutti. Tietoa auringon säteilystä ja kennotekniikan kehityksestä. Raportti. Luettu 12.12.2017.

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>

Kai Sirén. Rakennusten energiainvestointien kannattavuuden laskenta. Aalto yliopisto. Luettu 09.03.2018

https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/153118/mod_resource/content/1/Rakennusten%20energiainvestointien%20kannattavuus_2015_highlighted.pdf

Kiinteistöliitto. Poistoilman lämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmällä kerrostoiloissa. Ohje. Luettu 10.12.2017 https://issuu.com/kiinteistoliitto/docs/pilp-ohje_2017_kiinteist_liitto

Maalämpö. Maalämpöpumpun ja porakaivon mitoitus. Mitoitusohje. Luettu 30.10.2017. <http://www.maalampo.fi/artikkelit/maalampopumpun-ja-porakaivon-mitoitus/>

Mil Oy. Maalämpöpumpun keruupiirin toiminta. Ohje. Luettu 12.11.2017.

<https://www.maailmalampo.fi/maalampopumput/>

Motiva. Lämmönsiirtimen likaantuminen. Opas. Luettu 07.01.2018.

https://www.motiva.fi/files/11078/Energiatehokas_lammonsiirto_opas.pdf

Motiva. Maalämpöpumpun toimintaperiaate. Maalämpöopas. Luettu 30.10.2017.

https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf

Motiva. Pattereiden uusiminen ja perussäätö. Ohje. Luettu 04.03.2018.

https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/huonelampotilat_patterit_ja_termostaatit

Nilan. Lämpöpumppujen hyötysuhteiden erot. Blogikirjoitus. Luettu 30.10.2017.

<https://blog.nilan.fi/cop-scop-hyotysuhteiden-erot>

Oulun energia. Kaukolämmön mittaus ja käyttö, lämmönsiirtimen käyttöikä. Toimintaperiaate. Luettu 20.01.2018. <https://www.oulunenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/lampopalvelut/kaukolampo/kaukolammon-mittaus-ja-kaytto>

Petsamontorni. As Oy Petsamonkatu 14. Historia. Luettu 25.10.2017.

<http://www.petsamontorni.fi/432898015>

Solartukku. Tyhjiöputkikeräimen toimintaperiaate. Järjestelmäkuvaus. Luettu

13.12.2017. <http://www.solartukku.fi/aurinkokeraimen-toimintaperiaate>

SULPU ry. Lämpöpumpputilastietoa suomen lämpöpumppuyhdistys. Tiedote. Luettu 12.11.2017.

<https://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumppujen-merkitys-ja-tulevaisuus-SULPU.pdf>

Tampereen kaupunki. Kalevan RKY-alue selvitys rakennetusta kulttuuriympäristöstä. Rakentamistapaohje. Luettu 28.10.2017.

https://www.tampere.fi/tiedostot/k/mc9ErT1qv/Kaleva_RTO_lowres_150617.pdf

Tampereen sähkölaitos. Laskutusvesivirta asiakkaan tehomaksun perusteena. Lämpötuotteet ja hinnat. Luettu 07.01.2018. <https://www.sahkolaitos.fi/globalassets/tiedostot/ohjeet-ja-opasteet/sahkolaitos/muut-ohjeet/tehomaksu.pdf>

Tampereen sähkölaitos. Tietoa kaukolämmön tuotannosta Tampereella. Luettu 22.3 <https://www.sahkolaitos.fi/lampoa-ja-viileytta/lamporatkaisut/alkupera/>

Tilastokeskus. Tilastoja rakennusten lämmitysmuodoista. Tilasto. Luettu 30.10.2017. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_asu_rakke/stat-fin_rakke_pxt_002.px/?rxid=b3a2d914-c442-48f2-a282-6dab17932a02

Työ- ja elinkeinoministeriö. Energiatehokkuuden kehittäminen Suomessa. Luettu. 15.01.2017. <http://tem.fi/energiatehokkuus>

Vattenfall. Aurinkokennon toimintaperiaate. Järjestelmäkuvaus. Luettu 12.12.2017. <https://corporate.vattenfall.fi/tietoa-energiasta/sahkon-ja-lammonuotanto/aurinkoenergia/aurinkoenergia-toimintaperiaate/>

Yle. Sähkön hinnan kehitys. Uutisartikkeli. Luettu 22.3.2018 <https://yle.fi/uutiset/3-9807300>

LIITTEET

Liite 1. Kohteen kaukolämmön käyttöraportti sivu 1. (Tampereen sähkölaitos)



A - Posti Oy
Posti Green

Peltola Seppo Antti
Petsamonkatu 14 as 14
33500 TAMPERE

KAUKOLÄMMÖN KÄYTTÖRAPORTTI

02.02.2018

Käyttöpaikka: 037800
Asunto Oy Petsamonkatu 14
Petsamonkatu 14, 33500 TAMPERE

Asiakas- ja sopimustiedot:
Asiakasnumero: 1000402
Toimitussopimus: 10403
Liittymän laskutusvesivirta: 3,80 m³/h
Liittymän mitoitus-teho: 247,00 kW

Kiinteistön tiedot:

Lämmitettävä pinta-ala: 0 m²
Lämmitettävä tilavuus: 15000 m³
Rakennuksen pinta-ala: 0 m²
Rakennuksen tilavuus: 15000 m³

Muut asuinkerrostalot

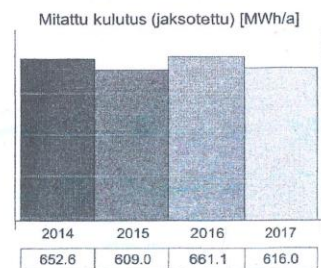
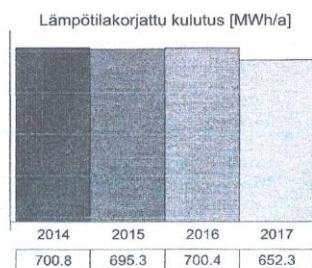
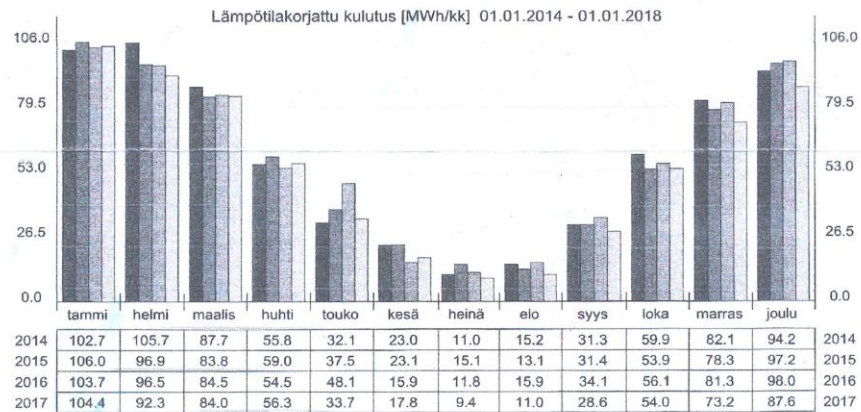
Asuntojen lukumäärä: 29 kpl
Toimitilojen lukumäärä: 8 kpl
Rakennusten lukumäärä: 1 kpl

Vuoden 2017 mitattuun kulutukseen perustuvat kaukolämpömaksut:

Perusmaksut (alv 24%) 9419,04 EUR Keskihinta (alv 24%) 79,07 EUR/MWh
Energiamaksut (alv 24%) 39281,48 EUR
Maksut yhteensä (alv 24%) 48700,52 EUR

Energiankäyttötiedot 2017:

Lämpöindeksi: 43,5 kWh/m³ Katso vertailukiinteistöjen lämpöindeksi kääntöpuolelta.
Ominaiskulutus: 41,1 kWh/m³



Kaukolämpömittarin tunnus-, malli ja asennustiedot:

17309 UH50-A45C-FI00-E/3.5
61063671 MC402/UF3.5

Asennettuna: 18.03.2009 - 14.10.2014
Asennettuna: 14.10.2014 -

Liite 2. Kohteen kaukolämmön käyttöraportti sivu 2. (Tampereen sähkölaitos)

kaukolämmön lämpötilakorjattu kulutus

	2016-17	2017-18	muutos	muutos%
marras	81,3	65,1	-16,2	-20
joulu	98	87,6	-10,4	-11
tammi	104,4	96,3	-8,1	-8
helmi	92,3	86,9	-5,4	-6
	<u>376</u>	<u>335,9</u>	<u>-40,1</u>	<u>-11</u>