
**SUORASÄHKÖLÄMMITTEISEN PIENTALON
ENERGIATEHOKKUUDEN TARKASTELU**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma
Hämeenlinna, kevät 2016

Heli Salovaara



HÄMEENLINNA

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma

Elintarviketeknologia

Tekijä

Heli Salovaara

Vuosi 2016

Työn nimi

Suorasähkölämmitteisen pientalon energiatehokkuuden tarkastelu

TIIVISTELMÄ

Suorasähkölämmitteisen pientalon energiatehokkuuden tarkastelulla oli tarkoitus selvittää opinnäytetyön tekijän talon energiankulutusta ja löytää keinot energiatehokkuuden lisäämiseksi ja energian säästämiseksi.

Teoriaosassa perehdyttiin suomalaisten pientalojen pää- ja tukilämmitysjärjestelmiin, energiatehokkuuden parantamista koskeviin määräyksiin sekä erilaisten korjausten vaikutukseen talon energiatehokkuuden parantamisessa. Rakennuksen E-luvun ja ostoenergian kulutuksen arviointi tehtiin Pientaloteollisuus PTT:n verkkosivuilta saatavalla yksinkertaisella Excel-laskurilla.

Energiatehokkuuden tarkastelussa löydettiin sähkölämmitteiseen taloon sopivat energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävät toimenpiteet. Talon yläpohja lisäeristetään ympäristöystävällisellä selluvillalla sekä taloon hankitaan ilmalämpöpumppu. Myös talon sähkösojimus kilpailutettiin. Laskennallisesti talon energiakuluissa kertyy säästöä 540 euroa vuodessa.

Pientalon asumismukavuuden ja arvon säilyttäminen edellyttää säännöllistä kunnossapitoa ja suurehkoja remontteja 20–30 vuoden välein. Olemassa olevan rakennuskannan korjaaminen yleistyy nopeasti ja uudet korjausrakentamista koskevat määräykset ohjaavat korjaamista energiatehokkaampaan suuntaan.

Opinnäytetyö sopii esimerkkitapaukseksi suorasähkölämmitteisen talon energiasaneerausta suunnittelevalle.

Avainsanat Energiämääräykset, energiatehokkuus, korjausrakentaminen

Sivut

64 s.

HÄMEENLINNA

Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering
Food Technology

Author

Heli Salovaara

Year 2016

Subject of Bachelor's thesis

Examination of energy efficiency in a direct electric heated single family house

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to examine the energy efficiency and the energy consumption in a direct heated single family house owned by the author and find ways to increase the energy efficiency and save energy.

The theoretical part deals with main and supplementary heating systems in Finnish single family houses, the regulations and instructions to increase energy efficiency and the effects of various renovations to improve energy efficiency in a house. The calculation of E-indicator and energy consumption were carried out with the help of a simple Excel spreadsheet.

As a result of the thesis suitable ways to increase energy efficiency in direct electric heated house were found out. The roof of the house will be re-insulated with environmentally friendly cellulose insulation and air to air heat pump will be purchased. The electricity contract of the house was put out to tender. The calculated value in energy saving is 540 euros per year.

Maintaining living comfort and value of the house require regular maintenance and fairly large renovations at intervals of 20–30 years. The renovations of existing building stock become more common quickly and new degree on improving the energy performance of buildings undergoing renovation or alternation guides renovations into more energy efficient direction.

This Bachelor's thesis can be used as an example when planning energy renovations in a direct electric heated house.

Keywords Energy efficiency, energy regulations, renovation

Pages 64 p.

SISÄLLYS

KÄSITE- JA LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO.....	1
2	ENERGIAMÄÄRÄYKSET.....	2
2.1	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi	2
2.2	Suomen rakentamismääräyskokoelma	2
2.2.1	D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto.....	3
2.2.2	D3 Rakennusten energiatehokkuus	3
2.2.3	D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.....	4
2.3	Kokonaisenergiatarkastelu ja E-luku	5
2.4	Energiatodistus	7
2.5	Ympäristöministeriön asetus 4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä	8
2.5.1	Rakennusosakohtaiset vaatimukset	9
2.5.2	Teknisten järjestelmien vaatimukset	10
2.5.3	Energiankulutusvaatimukset rakennusluokittain.....	10
2.5.4	E-lukuvaatimukset rakennusluokittain	10
3	ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN	11
3.1	Käyttötottumukset	12
3.2	Rakennusosat.....	13
3.2.1	Ulkoseinät.....	14
3.2.2	Alapohja	16
3.2.3	Yläpohja	16
3.2.4	Ikkunat ja ovet	17
3.3	Talotekniset järjestelmät ja ilmanvaihto	18
4	PIENTALOJEN PÄÄLÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	20
4.1	Sähkölämmitys	21
4.1.1	Suora sähkölämmitys.....	22
4.1.2	Varaava sähkölämmitys.....	23
4.2	Lämpöpumput	23
4.2.1	Maalämpöpumppu	25
4.2.2	Ilma-vesilämpöpumppu	27
4.2.3	Poistoilmalämpöpumppu	28
4.3	Puu- ja pellettilämmitys	29
4.3.1	Puulämmitys	30
4.3.2	Pellettilämmitys	30
4.4	Kaukolämpö	32
4.5	Öljylämmitys	33
4.6	Kaasulämmitys	34
5	PIENTALOJEN TUKILÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	35
5.1	Aurinkoenergia.....	35
5.1.1	Aurinkolämpö.....	35

5.1.2	Aurinkolämpö ja eri lämmitysmuodot.....	36
5.2	Aurinkosähkö	37
5.3	Ilmalämpöpumput	37
5.4	Tulisijat.....	38
6	PIENTALON ENERGIAKORJAUKSEN TOTEUTTAMINEN	40
6.1	Kohteen esittely.....	40
6.2	Energiaselvitys	41
6.2.1	Energialaskenta.....	41
6.2.2	Energiatehokkuusluokka	45
6.3	Rakennusosakohtaiset vaatimukset	45
6.3.1	Yläpohjan lisäeristäminen ja U-arvon laskeminen.....	46
6.3.2	Ikkunoiden ja ulko-ovien vaihtaminen.....	48
6.4	Energiankulutusvaatimukset rakennusluokittain.....	49
6.5	E-luku-vaatimukset rakennusluokittain.....	50
6.5.1	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla	50
6.5.2	Aurinkolämpöjärjestelmä	51
6.5.3	Aurinkosähkö	52
6.6	Muut toimenpiteet	53
6.6.1	Sähkösopimus.....	53
6.6.2	Vesitakka	53
6.6.3	OptiWatti-säätöjärjestelmä	53
6.7	Takaisinmaksuajat.....	54
6.8	Energiasaneerauksen toteutus	54
7	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	55
	LÄHTEET	58

KÄSITE- JA LYHENNELUETTELO

A_{netto}	Lämmitettyjen kerrostasalojen summa, m^2
COP	Lämpöpumpun tehokkuutta kuvaava lämpökerroin
E-luku	Rakennuksen kokonaisenergiankulutus, $kWh/A_{\text{netto}}/a$
Energiamuodon kerroin	Energiatuotantomuodon kerroin, jolla eri energiamuodot kerrotaan E-luvun laskemiseksi
Ilmanvuotoluku q_{50}	Rakennusvaipan keskimääräinen vuotoilmavirta tunnissa rakennusvaipan pinta-alaa kohden, kun paine-ero sisä- ja ulkoilman välillä on 50 Pa, $m^3/(h m^2)$
Konvektio	Lämmön siirtyminen nesteissä ja kaasussa virtauksen mukana
Kylmäsilta	Rakennuksen vaipan paikallinen rakenneos, jossa syntyy korkea lämpöhäviö
LTO	Lämmöntalteenotto koneellisessa tulo/poisto -ilmanvaihdossa
Ostoenergia	Rakennukseen hankittavaa energiaa sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäähdytysverkosta ja uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen sisältämänä energiana
RakMK	Suomen rakennusmääräyskokoelma
SCOP	Lämpöpumpun kausilämpökerroin
SFP-luku	Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, $kW/(m^3/s)$
Standardikäyttö	Rakennuksen vakioitu käyttö
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin kuvaa lämpötehon siirtymän watteina rakenteen läpi yhtä neliometriä kohden, kun rakenteiden eri-puolella on yhden lämpötila-asteen lämpötilaero, $W/(m^2 K)$
Viivamainen lisäkonduktanssi	Rakennusosassa oleva, pituusyksikön mittaisen viivamaisen kylmäsilan aiheuttama lisäys jatkuvuustilassa rakennusosan läpi kulkevaan lämpövirtaan

1 JOHDANTO

Suomea sitovat eri sopimukset energiatehokkuuden parantamisesta. Näitä sopimuksia ovat muun muassa Kioton ja Pariisin ilmastopöytäkirjat, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU rakennusten energiatehokkuudesta sekä Suomen energia- ja ympäristöstrategia.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2010/31/EU) rakennusten energiatehokkuudesta vähentää kasvihuonekaasupäästöjä parantamalla rakennusten energiatehokkuutta. Suomessa vuonna 2012 voimaan tulleet uudisrakentamisen energiamääräykset pohjautuvat tähän direktiiviin ja ne ohjaavat rakentamista energiatehokkaampiin rakennuksiin. Suomessa rakennuskanta uudistuu melko hitaasti, joten kansainvälisten ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa on päädytty lainsäädännön turvin parantamaan vanhojen talojen energiatehokkuutta. Ympäristöministeriön asetus 4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annettiin 27.2.2013. Asetuksen (4/2013) perustavoite on rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen rakennuksen luvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai käyttötarkoituksenmuutoksen yhteydessä silloin, kun se on teknisesti ja toiminnallisesti mahdollista sekä taloudellisesti kannattavaa.

EU:n uusiutuvan energian direktiivissä (2009/28/EY) on tavoitteena nostaa uusiutuvan energian käyttö Euroopan Unionin alueella 20 prosenttiin energian loppukäytöstä. Suomessa uusiutuvan energian osuuden tavoite vuoteen 2020 mennessä on 38 prosenttia loppukäytöstä.

Suomi on Euroopan Unionin kylmin maa ja energiaa kuluu paljon lämmitykseen. Suomessa energian loppukäytöstä kului 25 prosenttia rakennusten lämmittämiseen vuonna 2014. Pientalojen lämmittäminen aiheuttaa noin 10 prosenttia Suomen kasvihuonekaasupäästöistä.

Kansallisten energiatavoitteiden saavuttaminen edellyttää paitsi uusiutuvan energian käytön lisäämistä myös energiankäytön tehostamista. Energiankäytön tehostamisen tavoitteena on kasvihuonekaasujen vähentäminen ja sitä kautta kasvihuoneilmiön hillitseminen ja ilmastonmuutoksen vaikutusten vähentäminen, energian saatavuuden turvaaminen ja energiakustannusten alentaminen.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin opinnäytetyön tekijän vuonna 1989 valmistuneen suorasähkölämmitteisen pienkiinteistön energiatehokkuutta. Pientalon energiatehokkuuden tarkastelulla oli tarkoitus selvittää talon energiankulutusta ja löytää keinot energiatehokkuuden lisäämiseksi ja energian säästämiseksi. Työssä perehdyttiin suomalaisten pientalojen päälämmitys- ja tuki- ja lämmitysjärjestelmiin, energiatehokkuuden parantamista koskeviin määräyksiin sekä erilaisten korjausten vaikutukseen talon energiatehokkuuden parantamisessa.

2 ENERGIAMÄÄRÄYKSET

Vuonna 2012 voimaan tulleissa uudisrakentamisen energiamääräyksissä ohjataan rakentamista energiatehokkaampiin rakennuksiin. Muutoksen syynä oli vuonna 2002 annettu ja 2010 uusittu rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. Määräyksissä esitetään vaatimus kokonaisenergiankulutuksesta, jota kuvaa E-luku (Kurnitski 2012, 8, 95). Kokonaisenergiatarkastelulla tavoitellaan 20 prosentin parannusta uudisrakennusten energiatehokkuuteen vuoteen 2020 mennessä (Ympäristöministeriö 2011,1). Kokonaisenergiatarkastelu tuo uusia keinoja toteuttaa energiatehokkuuden parantaminen kustannustehokkaasti ja energiatehokkuusratkaisut voidaan valita hankekohtaisesti. Vaikka energiatehokkaiden ratkaisujen ja eri energiamuotojen kilpailu lisääntyy, se edistää ja kehittää myös rakentamista. (Kurnitski 2012, 8.)

Energiatehokkuuden parantamisen taustalla on myös Eurooppa 2020 – Älykkään, kestävän ja osallistavan kasvun strategia, jonka yhtenä yleistavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen leikkaus 20 prosentilla vuoden 1990 tasosta, uusiutuvien energialähteiden osuuden nosto 20 prosenttiin energian loppukäytöstä vuoteen 2020 mennessä sekä energiatehokkuuden parantaminen 20 prosentilla. Suomen omat tavoitteet ovat 16 prosentin päästövähennys päästökaupan ulkopuolisilta aloilta sekä uusiutuvan energian käytön lisäys 38 prosenttiin energian loppukäytöstä. (Kurnitski 2012, 95; RIL 265 2014, 12.)

2.1 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2010/31/EU) rakennusten energiatehokkuudesta vähentää kasvihuonekaasupäästöjä parantamalla rakennusten energiatehokkuutta. Direktiivissä asetetaan kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi kansallisia tavoitteita. Tavoitteena on rakennusten energian käytön vähentäminen sekä uusiutuvan energian käytön edistäminen uudis- ja korjausrakentamisessa. Direktiivin pääalueet ovat energiatodistuksen käyttöönotto, energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset sekä lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden määräaikaistarkastukset. (Motiva 2015a.)

Direktiivin mukaan vuoden 2020 jälkeen kaikkien uusien talojen tulee olla lähes nollaenergiataloja, jotka on lämmöneristetty tehokkaasti ja niiden tarvitsema vähäinen energiamäärä on saatavissa suurelta osin uusiutuvista lähienergian lähteistä. (RIL 265 2014,13.)

2.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Maankäyttö- ja rakennuslaista 132/1999 sekä -asetuksesta 895/1999 löytyvät rakentamista koskevat vähimmäisvaatimukset ja viranomaistoiminta. Suomen rakentamismääräyskokoelmaan on koottu tarkemmat rakentamista koskevat ohjeet ja säännökset, jotka ovat velvoittavia. Rakentamiskokoelman määräykset ovat pääsääntöisesti koskeneet uuden rakennuksen rakentamista. Uudisrakentamista ja energiatehokkuutta koskevat uudet rakenta-

mismääräykset astuivat voimaan 1.7.2012. Suomen rakentamismääräyskoelman osat D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, D3 Rakennusten energiatehokkuus sekä D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta uudistettiin. Kaikki energiatehokkuusvaatimukset sekä entinen C3 Rakennuksen lämmöneristys siirrettiin osaan D3. (Ympäristöministeriö 2015a.)

2.2.1 D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto

Rakentamismääräyskokoelman osan D2 ohjeet ja määräykset vaikuttavat uuden rakennuksen sisäilmaan ja ilmanvaihtoon. Ilmanvaihdolla on tärkeä merkitys hyvän sisäilmaston saavuttamisessa ja energiatehokkaassa rakentamisessa. Energiatehokkaissa taloissa hyvä ilmanvaihdon suunnittelu (mitoitus, optimaaliset laitevalinnat, erillispoistot) sekä toteutus (kanavien reitit ja eristys, säätö) ovat hyvin merkittävässä roolissa. Hyvällä suunnittelulla, laiteratkaisuilla ja lämmöntalteenotolla säästetään myös vuotuisissa käyttökustannuksissa. (Saari, Antson, Kukkonen & Nyman 2014, 5–10.)

Rakennus suunnitellaan ja rakennetaan niin, että rakennuksessa on normaaleissa käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Sisäilmassa on riittävästi happea, eikä siinä saa olla terveydelle haitallisia kaasuja, muita epäpuhtauksia, mikrobeja tai asumisviihtyvyyteen vaikuttavia pahoja hajuja. Oleskelutiloissa huonelämpötilat ylläpidetään viihtyisinä, niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti lämmitykseen. (RakMK D2 2012, 5.)

2.2.2 D3 Rakennusten energiatehokkuus

D3 on jaettu kolmeen osaan: energiatehokkuuden vaatimukset, energialaskennan lähtökohdat ja energialaskennan laskentasäännöt. Rakentamismääräyskokoelman osat C4 Ohjeet lämmöneristyksestä ja D5 Ohjeet energiankulutuksesta ja lämmitystehontarpeen laskennasta täydentävät D3:ssa annettuja vaatimuksia ja laskentasääntöjä. (Kurnitski 2012, 11.)

Rakennuksen ulkovaipan tiiviydellä on ratkaiseva merkitys energiatalouden kannalta. Pyrittäessä hyvään sisäilman laatuun rakennuttajan pitää määrittellä ilmanpitävyydelle tavoitetaso, jota vastaavat rakenneratkaisut tulee esittää suunnitelmissa. Mikäli ilmanpitävyyttä ei tehdä painekoemenetelmällä tai todenneta muulla tiiveysmittauksella, käytetään rakennusvaipan ilmanvuotolukuna $q_{50} = 4 \text{ (m}^3/\text{h m}^2\text{)}$). Ilmanvuotoluku $q_{50} \text{ (m}^3/\text{h m}^2\text{)}$ kuvaa rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa:n paineerolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden. Rakennusvaipan pinta-alan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja. Energiatehokkaan hyvän tiiviydän tavoitetasona pidetään $1,0 \text{ m}^3/\text{h m}^2$. (RakMK D3 2012, 14.)

Rakenteen lämmöneristyskykyä mitataan lämmönläpäisykertoimella eli U-arvolla. U-arvon yksikkö on $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, joka kuvaa lämpötehon siirtymän watteina rakenteen läpi yhtä neliometriä kohden, kun rakenteiden eripuolessa on yhden lämpötila-asteen lämpötilaero. (RakMK D3 2012, 11.)

Rakennusosien lämmönläpäisykerroimille on määritelty enimmäisarvot. Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, yläpohjan ja alapohjan lämmönläpäisykerroin on enintään $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Lämpimässä tilassa olevien ovien, ikkunoiden, savunpoisto- ja uloskäyntiluukun lämmönläpäisykerroin on enintään $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ja puolilämpimässä tiloissa olevien kerroin on enintään $2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. (RakMk D3 2012, 11.)

Rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviöt rajoitetaan vertailuarvojen tasoon hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskennassa käytetään taulukossa 1 olevia U-arvoja.

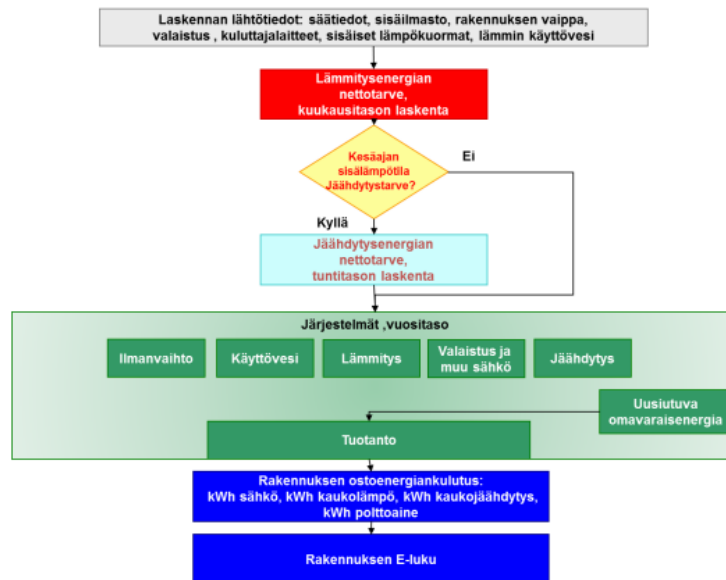
Taulukko 1. Lämmönläpäisykerroimet (RakMK D3 2012, 13)

Rakennusosa	U-arvo $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Ulkoseinä	0,17
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17
Maata vasten oleva rakennusosa	0,16
Ikkuna, ovi, kattoikkuna	1,0

Rakennusten lämpöhäviöiden tasauslaskentaan löytyy ympäristöministeriön sivuilta taulukko, jolla laskenta voidaan suorittaa (Kurnitski 2012, 17).

2.2.3 D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 on tarkemmat ohjeet rakennuksen energiankulutuksen, lämmitystehontarpeen ja ostoenergiankulutuksen laskennasta. Ohjeiden energiatasemenetelmässä lasketaan energiankulutus kuukausittain. Menetelmän mukaan kuukauden aikana rakennukseen sisään tuleva energia on sama kuin rakennuksesta poistuva energia. Menetelmä on yksinkertainen ja siinä otetaan huomioon tärkeimmät energiankulutukseen vaikuttavat tekijät Suomen olosuhteissa. Laskennan vaiheita kuvataan kuvassa 1 (s. 5). (RakMK D5 2012, 11.)



Kuva 1. RakMK D5. Energiataselaskennan vaiheet. Viitattu 17.2.2016. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4809-95B0-285E9223DEE6%7D/>.

2.3 Kokonaisenergiatarkastelu ja E-luku

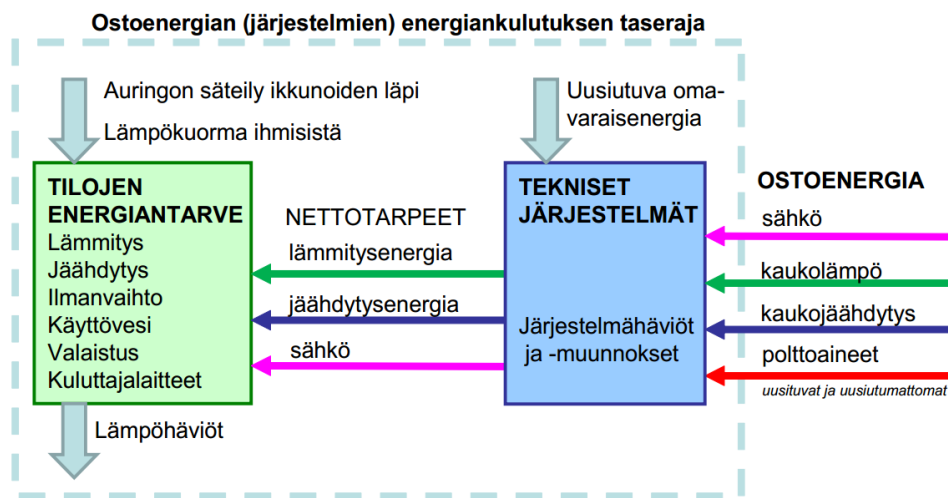
Uudis- ja korjausrakentamisessa energiankulutukselle on asetettava tavoite. Rakentamismääräyskokoelman osan D3 määräykset uusiutuivat 1.7.2012, jolloin uudisrakentamisen energiatehokkuus muuttui kokonaisenergiatarkasteluksi. Rakennuksen määräystenmukaisuus osoitetaan rakennuslupaa haettaessa energiaselvityksellä, joka sisältää rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luku), energialaskennan lähtötiedot ja tulokset, lämpöhäviöiden määräystenmukaisuuden sekä kesäaikaisen huonelämpötilan ja tarvittaessa jäähdytystehon. (Kurnitski 2012,7, 27; RIL 265 2014, 25–26.)

E-luku ilmoittaa energian kulutuksen pinta-alaa kohden vuodessa (kWh/m²/a). Rakennuksen lämmitettävä nettopinta-ala vaikuttaa E-lukuun, joka ohjaa valitsemaan uudisrakennukseen mahdollisimman tehokkaita vaihtoehtoja (RIL 265 2014, 26). Rakennuksen E-luvun täytyy alittaa määräysten mukaiset rakennustyyppikohtaiset E-lukuvaatimukset, joita esitetään taulukossa 2 sivulla 6.

Taulukko 2. Uudisrakennusten E-lukuvaatimukset (RakMK D3 2012, 9)

Luokka	Rakennus	E-lukuvaatimus kWh/m ² /v
1	pientalo, lämmitetty nettoala $A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	204
1	pientalo, lämmitetty nettoala $A_{\text{netto}} \leq 120 \text{ m}^2 \leq 150 \text{ m}^2$	$372 - 1,4 * A_{\text{netto}}$
1	pientalo, lämmitetty nettoala $A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2 \leq 600 \text{ m}^2$	$173 - 0,07 * A_{\text{netto}}$
1	pientalo, lämmitetty nettoala $A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	130
1	rivi- ja ketjutalo	150
2	asuinkerrostalo	130
3	toimistorakennus	170
4	liikerakennus	240
5	majoitusliikerakennus	240
6	opetusrakennus ja päiväkot	170
7	liikuntahalli	170
8	sairaala	450
9	muut rakennukset ja määräaikaikaiset rakennukset	E-luku on laskettava, mutta sille ei ole vaatimusta

Rakennuksen E-luvun laskentakaavat ovat RakMK D3:n liitteissä. E-luvussa huomioidaan rakennuksen energiantarve, tekniset järjestelmät, lämmitystapa, energiamuoto ja määritetään rakennuksen ostoenergian tarve esimerkiksi sähkö, kaukolämpö, kaukojäähdytys ja uusiutuvat ja uusiutumattomat polttoaineet (kuva 2).



Kuva 2. Ympäristöministeriö. Ostoenergian energiankulutuksen taseraja. Viitattu 24.1.2016. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf

Kokonaisenergiatarkastelussa otetaan huomioon uusiutuva omavaraisenergia, jota voi olla esimerkiksi aurinkopaneeleista ja -keräimistä tuotettu energia, paikallinen tuulienergia ja lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia. Uusiutuva omavaraisenergia vähentää ostoenergian kulutusta. (RakMK D3 2012, 7–8.)

Rakentamismääräyskokoelman D3:n (2012) mukaan tilojen lämmitysenergian tarve koostuu rakennuksen vaipan lämpöhäviöistä, ilmanvaihdon ener-

giakulutuksesta, vuotoilmasta ja käyttöveden lämmityksestä. Jäähdytysenergian tarve muodostuu tilojen jäähdytyksestä ja järjestelmähäviöistä, kiinteistön ja käyttäjien sähkönkäytöstä ja järjestelmähäviöistä.

Energialaskennassa rakennuksen kulutus määritellään säävyöhykkeiden säätiedoilla, kulutus lasketaan rakennustyyppikohtaisella standardikäytöllä ja -kuormituksella, käytetään vaatimukset täyttäviä laskentatyökaluja, huomioidaan eri energiamuodot ja paikalla tuotettu energia sekä kulutus laskeaan lämmitettyä nettoalaa kohden kWh/(netto m² a). (Kurnitski 2012, 20–28.)

E-luvun laskemisessa käytetään eri kertoimia eri energiamuodoille, joten lämmitystavan valinnalla on suuri merkitys kokonaisenergiankulutukseen ja siitä muodostuvaan E-lukuun. E-luku muodostuu laskemalla yhteen rakennuksen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain. Kuten taulukossa 3 nähdään, pienimmät kertoimet ovat uusiutuvalla energialla ja kaukolämmöllä. (Kurnitski, 2012, 9.)

Taulukko 3. Energiamuotojen kertoimet laskettaessa E-lukua (RakMK D3 2012,8)

	Energiamuodon kerroin
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1
Uusiutuvat polttoaineet	0,5

2.4 Energiatodistus

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013 astui voimaan 1.6.2013, samoin ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013. Energiatodistuksessa käytetään asetuksessa 176/2013 esitettyjä rakennuksen ja rakennuksen osan käyttötarkoitukskohtaisia E-luvun luokitteluasteikkoja ja luokkien tunnuksia. (RIL 265 2014, 28.)

Uudisrakentamisessa energiatodistus otettiin käyttöön vuonna 2008 ja vuodesta 2009 energiatodistus on ollut käytössä myös myytäessä tai vuokrattaessa suuria rakennuksia ja vastavalmistuneita pientaloja. Kesäkuusta 2013 alkaen energiatodistus on tarvittu myös vanhan pientalon myyntiä tai vuokrausta varten, poikkeuksena ovat ennen vuotta 1980 rakennetut pientalot, joille energiatodistus tarvitaan myyntiä ja vuokrausta varten vasta 1.7.2017 alkaen. Vanhan lain mukaiset energiatodistukset ovat voimassa energiatodistuksessa mainittuun määräpäivään asti. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2013.)

Energiatodistus antaa paljon tietoa rakennuksen energiankulutuksesta ja eri rakennusten energiatehokkuutta voidaan nyt vertailla paremmin. Energiatodistuksen avulla edistetään rakennusten energiatehokkuutta ja lisätään uusiutuvan energian käyttöä rakennuksissa. (RIL 265 2014, 29.)

Energiatodistuslain (50/2013) mukaan rakennukset luokitellaan seitsemään eri energiatehokkuusluokkaan E-luvun perusteella. Näitä luokkia kuvataan kirjaintunnuksilla A–G (kuva 3). Energiatodistuksen laatijan täytyy olla pätevä tekijä, joka on rekisteröity Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARAn laatijarekisteriin (VNa 130/2013 2–3 §).

Vähän kuluttava	E-luokka
A	
B	
C Uudisrakennus 2012	
D	
E	E
F	
G	
Paljon kuluttava	

Kuva 3. Suomen Omakotiliitto. Rakennuksen energialuokat. Viitattu 17.2.2016. Saatavissa: <http://www.omakotiliitto.fi/hyvatietaa/energiatodistus>.

Rakennusmääräyskokoelman D3 (2012) soveltamisalan mukaan seuraavilta rakennuksilta ei vaadita energiatodistusta:

- tuotantorakennukset (edellytyksenä, että tuotantoprosessi luovuttaa merkittävästi lämpöä)
- enintään lämmitetyltä nettoalaltaan 50 m²:n rakennukset
- muut kuin asuinkäyttöön tarkoitetut maatalousrakennukset
- kasvihuoneet ja väestösuojat
- loma-asunnot, joissa ei ole kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää
- määräaikaiset rakennukset.

2.5 Ympäristöministeriön asetus 4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä

Suomessa rakennuskanta uudistuu melko hitaasti, joten kansainvälisten ilmastotavoitteiden mukaan Suomessa on päädytty lainsäädännön turvin parantamaan vanhojen talojen energiatehokkuutta. Ympäristöministeriön asetus 4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annettiin 27.2.2013. Asetuksen perustavoite on rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen rakennuksen luvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai käyttötarkoituksenmuutoksen yhteydessä silloin, kun se on teknisesti ja toiminnallisesti mahdollista sekä taloudellisesti kannattavaa. (Ympäristöministeriö 2013a.)

Mitään pakkoa korjaustyön aloittamiseen ei ole, vaan hankkeeseen ryhtyvä valitsee itse taloremonttinsa ajankohdan. Luvanvaraisia remonttihankeita

tehtäessä täytyy tehdä taloudellisesti ja teknisesti järkevät energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet. Suuremmissa remonteissa edetään viranomaisvalvontaa edellyttävän lupamenettelyn kautta. Tällöin edellytetään selvitystä rakennuksen energiatehokkuutta parantavista toimenpiteistä, jotka voidaan toteuttaa pidemmän ajan kuluessa ja jotka liittyvät useampiin korjauksiin ja perusparannuksiin. (YMa 4/2013 2 §, 9 §.)

Energiatehokkuuden parantamisen on oltava myös taloudellisesti kannattavaa. Mikäli korjaus perustellaan taloudellisesti kannattamattomaksi, ei siihen tarvitse ryhtyä. Useimmin kuitenkin muiden remonttien yhteydessä tehtävä energiatehokkuuden parannus on melko pieni marginaalikustannus, joka on taloudellisesti kannattava. (Ympäristöministeriö 2013a.)

Asetuksessa on annettu talon energiatehokkuuden parantamiselle vaihtoehtoisia etenemisreittejä, joista hankkeeseen ryhtyvän on valittava sopivin ja edettävä sen mukaisesti pidemmälläkin aikajänteellä. Vaihtoehtoisia reittejä on kolme, joista voidaan valita kulloinkin sopiva tarkastelutapa. Näistä perusvaihtoehdoista voidaan tehdä myös sopiva yhdistelmä noudatettavaksi pidemmän aikavälin korjaussuunnittelussa. Vaihtoehtoina ovat rakennusosakohtaisen lämmönläpäisevyyden ja teknisille järjestelmille annettujen vaatimusten noudattaminen, rakennuksen standardikäyttöön perustuvan energiankulutuksen pienentäminen sekä E-luvun pienentäminen vaadittuun tasoon. (Ympäristöministeriö 2013a.)

2.5.1 Rakennusosakohtaiset vaatimukset

Talon rakenteista ja remonttikohteesta riippuen on mahdollista edetä parantamalla talon vaipan lämmöneristävyttä. Ikkunoiden uusimisen yhteydessä kannattaa valita energiatehokkuudeltaan hyvät ikkunat, koska ne ovat yleensä myös edullisimmat. Julkisivuremontin yhteydessä kannattaa lisätä seinän lämpöeristeitä. Myös yläpohjaan on kannattavaa lisätä eristepaksuutta ja näin lisätä energiatehokkuutta. Kun energiatehokkuuden parantaminen tehdään rakennusosakohtaisesti, on noudatettava seuraavia vaatimuksia:

- Ulkoseinän uuden U-arvon on oltava alkuperäinen U-arvo x 0,5, enintään 0,17 W/(m² K). Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä uuden U-arvon on oltava alkuperäinen U-arvo x 0,5, enintään 0,60 W/(m² K) tai parempi.
- Yläpohjan uuden U-arvon on oltava alkuperäinen U-arvo x 0,5, enintään 0,09 W/(m² K). Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä uuden U-arvon on oltava alkuperäinen U-arvo x 0,5, enintään 0,60 W/(m² K) tai parempi.
- Alapohjan energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.
- Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvon tulee olla 1,0 W/(m² K) tai parempi. Vanhojen ikkunoiden ja ulko-ovien lämmönpitävyttä parannetaan mahdollisuuksien mukaan. (YMa 4/2013 4 §.)

2.5.2 Teknisten järjestelmien vaatimukset

Teknisille järjestelmille on annettu seuraavat vaatimukset, joita tulee noudattaa aina teknisiä järjestelmiä korjattaessa, uudistettaessa tai uusittaessa:

- Rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 %.
- Koneellisen tulo- ja poistoilmanjärjestelmän SFP-luku voi olla korkeintaan 2,0 kW(m³/s).
- Koneellisen poistoilmajärjestelmän SFP-luku voi olla korkeintaan 1,0 kW(m³/s).
- Ilmastointijärjestelmän SFP-luku voi olla korkeintaan 2,5 kW(m³/s).
- Lämmitysjärjestelmiä ja -laitteita uusittaessa niiden hyötysuhdetta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.
- Vesi- ja viemärijärjestelmien uusimisessa sovelletaan uudisrakentamisen säädöksiä. (YMa 4/2013 5 §.)

2.5.3 Energiankulutusvaatimukset rakennusluokittain

Mikäli energiatehokkuuden parantaminen ja toteuttaminen suunnitellaan rakennuksen standardikäyttöön perustuvaa energiankulutusta pienentämällä, noudatetaan rakennusluokittain seuraavia energiankulutuksen rajoja:

- pien-, rivi- ja ketjutalo enintään 180 kWh/m²
- asuinkerrostalo enintään 130 kWh/m²
- toimisto enintään 145 kWh/m²
- opetusrakennus enintään 150 kWh/m²
- päiväkotito enintään 150 kWh/m²
- liikerakennus enintään 180 kWh/m²
- majoitusliikerakennus enintään 180 kWh/m²
- muu liikuntahalli kuin jää- ja uimahalli enintään 170 kWh/m²
- sairaala enintään 370 kWh/m². (YMa 4/2013 6 §.)

2.5.4 E-lukuvaatimukset rakennusluokittain

Kokonaisenergiankulutuksen eli E-luvun tarkastelua voidaan hyödyntää myös korjausrakentamisessa. Esimerkiksi aurinkokeräimiä, ilmalämpöpumppuja ja varaavaa tulisijaa voidaan käyttää alentamaan talon ostoenergian kulutusta. Jos energiatehokkuutta parannetaan esimerkiksi uudella tukkilämmitysmuodolla ja yläpohjan eristämällä, saavutetaan helposti 0,8-kertainen taso verrattuna rakennuksen alkuperäiseen E-luvun tasoon.

Mikäli energiatehokkuuden parantaminen ja toteuttaminen suunnitellaan rakennuksen standardikäyttöön perustuvaa kokonaisenergiankulutusta (E-luku, kWh/m²) pienentämällä, lasketaan rakennukselle ominainen, rakennusluokan mukainen kulutus seuraavia rajoja noudattaen:

- pien-, rivi- ja ketjutalo enintään 0,80 x E-laskettu
- asuinkerrostalo enintään 0,85 x E-laskettu
- toimisto enintään 0,70 x E-laskettu

- opetusrakennus enintään 0,80 x E-laskettu
- päiväkotiki enintään 0,80 x E-laskettu
- liikerakennus enintään 0,70 x E-laskettu
- majoitusliikerakennus enintään 0,70 x E-laskettu
- muu liikuntahalli kuin jää- ja uimahalli enintään 0,80 x E-laskettu
- sairaala enintään 0,80 x E-laskettu. (YMa 4/2013 7 §.)

3 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

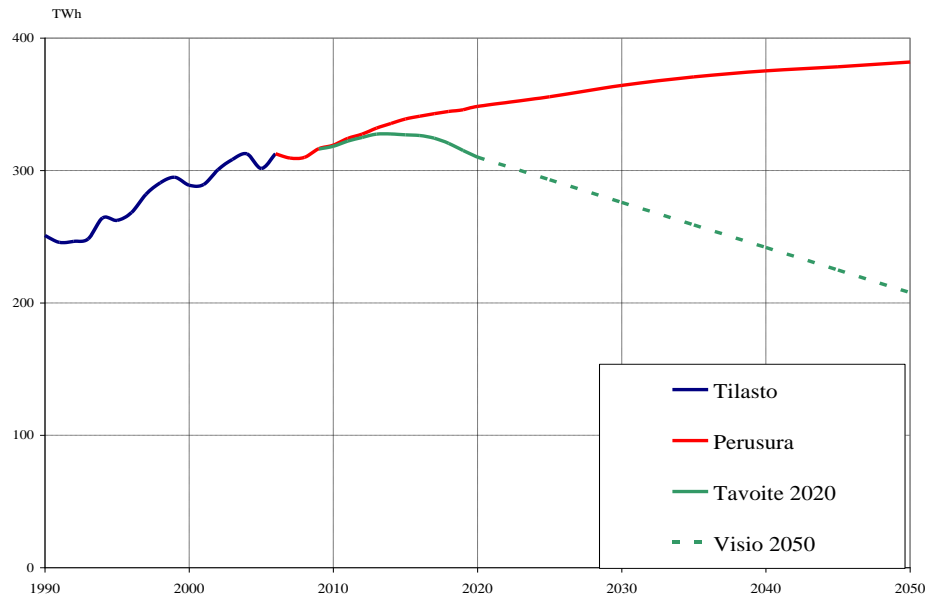
Suomea sitovat eri sopimukset energiatehokkuuden parantamisesta. Näitä sopimuksia ovat Kioton ja Pariisin ilmastopimukset, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU rakennusten energiatehokkuudesta sekä Suomen energia- ja ympäristöstrategia.

Kioton ympäristösopimus vuonna 2005 velvoitti EU-maita vähentämään kasvihuonekaasujen päästöjä 8 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuosina 2000–2012 (Ympäristöministeriö 2013b). YK:n ilmastopimukseen liittyvän Kioton pöytäkirjan toista velvoitekautta jatkettiin vuoteen 2020 asti (Ympäristöministeriö 2015b).

Pariisin ilmastopimetus vuodelta 2015 velvoittaa vähentämään päästöjä maailmanlaajuisesti vuodesta 2020 alkaen niin, että päästöt ja hiilinielut ovat tasapainossa vuoteen 2100 mennessä. Maapallon keskilämpötilan nousu pyritään rajaamaan alle 1,5 asteen. Lisäksi kaikilta mailta vaaditaan pitkän aikavälin toimia ilmastomuutokseen sopeutumiselle. (Ympäristöministeriö 2015c.)

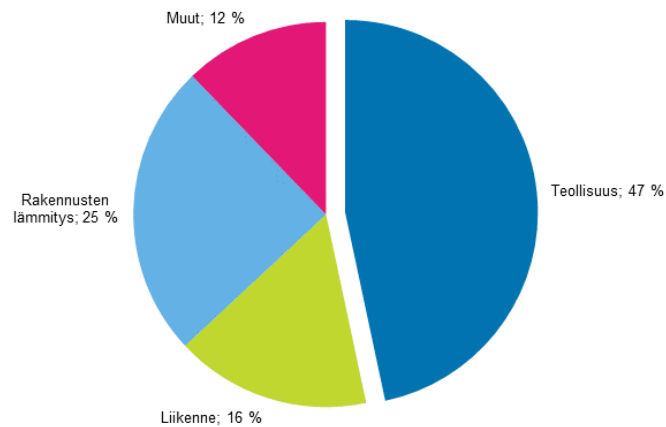
Euroopan parlamentin hyväksymä uudistettu direktiivi 2010/31/EU rakennusten energiatehokkuudesta tuli voimaan alkukesästä 2010. Direktiivi vaikuttaa energiatehokkuuden parantamiseen sekä uudis- että korjausrakentamisessa. (Motiva 2015a.)

Valtioneuvoston selonteossa 2/2013 kansallinen ilmasto- ja energiastrategia päivitettiin vuonna 2008 laadittuja ilmasto- ja energiapoliittisia toimenpiteitä vuoteen 2020 asti. Pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta, johon pyritään noudattamalla Parlamentaarinen energia- ja ilmastokomitean laatimaa vuoteen 2050 ulottuvaa energia- ja ilmastotiekarttaa. Keskeisenä vaatimuksena on energian käytön tehostaminen, energian loppukulutuksen vähentäminen (kuva 4, s. 12) sekä siirtyminen energiantuotannossa käyttämään uusiutuvia energialähteitä. (VN 2/2013 vp, 9.)



Kuva 4. Työ- ja elinkeinoministeriö. Energian loppukulutus TWh 1990–2006 sekä tavoite 2007–2050. Viitattu 9.2.2016. Saatavissa: <http://slideplayer.biz/slide/1999048/>.

Tavoitteisiin pääsemiseksi on kehitettävä uusia energiatehokkaita ratkaisuja joka sektorilla. Suomen energian loppukäytöstä vuonna 2014 kului 25 prosenttia rakennusten lämmittämiseen (kuvio 1). Energia- ja ilmastostrategian mukaan sekä uusien että olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta on syytä tehostaa (VNs 2/2013 vp, 16).

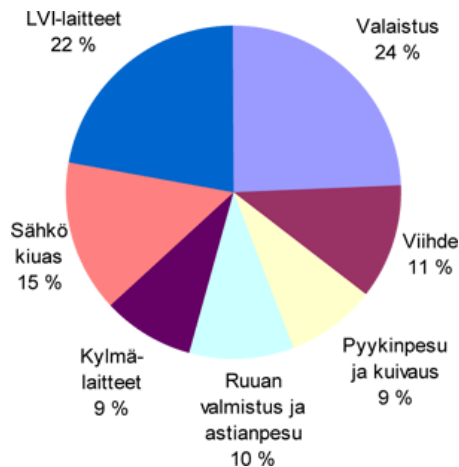


Kuvio 1. Tilastokeskus. Energian loppukäyttö sektoreittain vuonna 2014. Viitattu 30.1.2016. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehk/2014/04/ehk_2014_04_2015-03-23_kuv_014_fi_001.gif

3.1 Käyttötottumukset

Asuinrakennusten energiankulutus vaihtelee suuresti käyttäjästä riippuen. Kokonaisenergiankulutusta vähentämällä voidaan säästää merkittävästi asumiskustannuksissa. Pientaloissa energiaa tarvitaan eniten tilojen lämmitykseen, sillä lämmitys vie 50 prosenttia energiasta. Lisäksi energiaa kuluu

käyttöveden lämmittämiseen 20 prosenttia, kotitaloussähköön 30 prosenttia (kuvio 2) ja jäädytykseen. Mitä pohjoisempina talo sijaitsee, sitä suurempi on lämmityksen osuus. (Mäntsälän Sähkö 2015.)



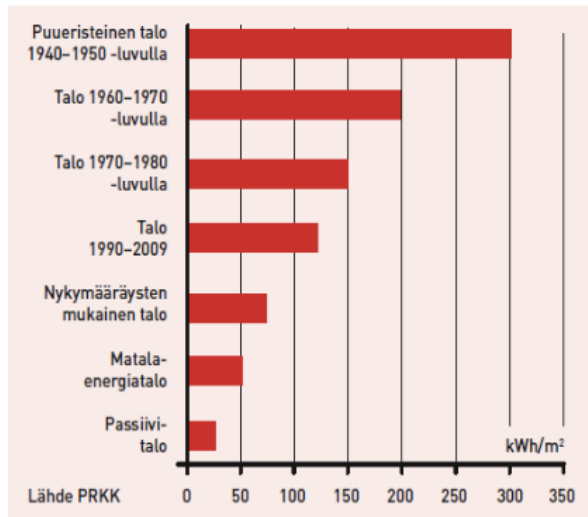
Kuvio 2. Mäntsälän Sähkö. Kotitaloussähkön jakautuminen. Viitattu 9.2.2016. Saatavissa: http://msoy.navigo.fi/energiatietoa/energiansaasto/fi_FI/kodin-energiakulutus/.

Kulutustottumuksia muuttamalla voidaan vähentää energiankulutusta jokapäiväisessä elämässä. Asteen lämpötilan laskeminen säästää vuotuisissa lämmitysenergian kustannuksissa noin 5 prosenttia. Vedenlämmitykseen kuluvaa energiaa voi säästää vaihtamalla uudempiin vesikalusteisiin, lyhentämällä suihkussa oloa sekä pesemällä täysii koneellisia pyykkiä ja astioita. Kodin kylmälaitteet tulisi sijoittaa erilleen lämpöä tuottavista laitteista ja kylmälaitteiden lämpötila tulisi säätää oikein. Väärät lämpötilat nostavat energiankulutusta noin 5 prosenttia/aste. (Mäntsälän Sähkö 2015.)

Kodin viihdelaitteiden määrä on kasvanut. Uusia laitteita ostettaessa laitteiden energiankulutukseen kannattaa kiinnittää huomioita. Laitteiden sulkeminen, kun niitä ei tarvita, säästää energiaa. Kodin valaistuksessa kannattaa käyttää energiansäästölamppuja, jotka sammutetaan, kun niitä ei tarvita.

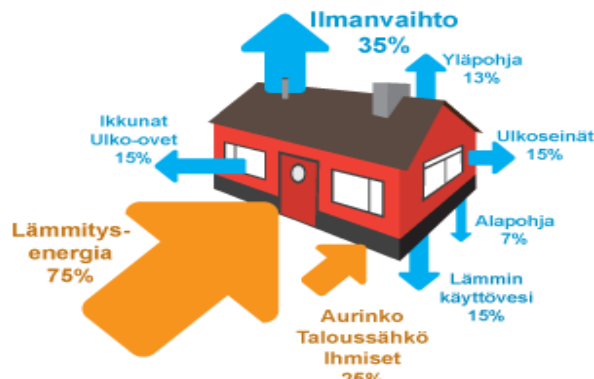
3.2 Rakennusosat

Pientalossa nettoenergiankulutus on 30–80 kWh/ lämmitetty m³/a rakennuksen kunnosta riippuen. Eri aikakausien pientaloissa energiankulutus vaihtelee suuresti (kuvio 3, s. 14). Pientalossa noin 50 prosenttia lämmitysenergiasta häviää rakennuksen ikkunoiden, seinien ja katon läpi (kuva 5, s. 14). Koska pientalossa lämpöhäviö on suurempi kuin muissa rakennustyypeissä, korjauksella saavutetaan huomattavia säästöjä. Energiankulutusta voidaan joskus vähentää hyvinkin pienellä ja helpolla korjaustoimenpiteellä. Säästön suuruus kasvaa, mitä huonommat korjattavan rakennuksen energiaominaisuudet ovat. (Valkeakosken Energia n.d.)



Kuvio 3. Pientalorakentamisen Kehittämiskeskus PRKK. Energiankulutus lämmitykseen eri aikakausien pientaloissa. Viitattu 9.2.2016. Saatavissa: <https://www.prkk.fi/>.

Säätö- ja automaatiotekniikan avulla saadaan energian säästöä, helppoa säädettävyyttä ja seurattavuutta sekä parempaa asumisviihtyvyyttä. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto tehokkaalla lämmöntalteenotolla vähentää lämpöhäviöitä ilmanvaihdon mukana ulkoilmaan. (Valkeakosken Energia n.d.)



Kuva 5. Valkeakosken Energia. Pientalon lämpöhäviöt. Viitattu 9.2.2016. Saatavissa: <http://www.valkeakoskenenergia.fi/Vinkit/Kodinenergiaans%C3%A4%C3%A4st%C3%B6ohjeita/L%C3%A4mmitys/tabid/2721/Default.aspx>.

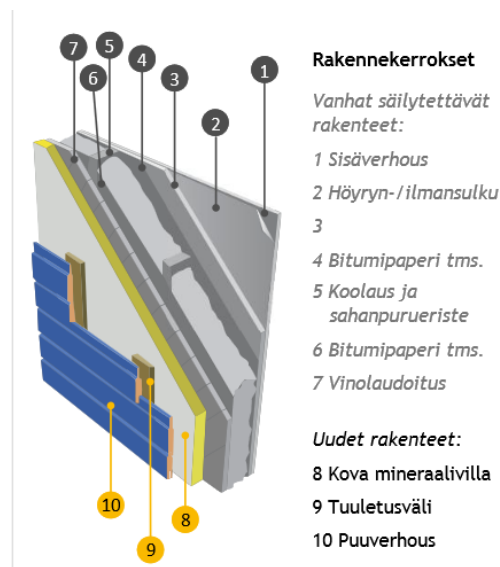
3.2.1 Ulkoseinät

Jos seinien pintarakenteita korjataan tai uusitaan, samalla kannattaa yleensä aina parantaa myös lämmöneristystä. Lisäeristyksen sijoitus ulko- tai sisäpuolelle vaatii aina tapauskohtaista harkintaa. Julkisivukorjauksen yhteydessä lisäeristys sijoitetaan rungon ulkopuolelle, jos ratkaisu voidaan sijoittaa niin, ettei rakennuksen ulkonäkö oleellisesti muutu (Lappalainen 2010, 133.)

Tiivistyksen riskikohtia ovat seinän liittymiset väliseiniin, lattiaan ja kattoon sekä ikkunoiden ja ovien liittymät. Ikkunoiden ja ovien liittymissä ongelmia aiheuttavat täytteen laskeutuminen, ilmavuodot ja kosteusvauriot. Vaipan lisäeristys kannattaa tehdä vanhaa rakennetta paksuntamalla, käyttämällä alkuperäisen kaltaista eristettä. (Lappalainen 2010, 133.)

Ulkopuolen lisäeristys tehdään useimmiten lautaverhoiltuun 1940–1950-luvun taloon. Vanhan ulkoverhouksen sisäpuolella on yleensä talon runkoa jäykistävä vinolaudoitus. Ennen lisäeristeen kiinnittämistä on vinolaudoituksen ala- ja yläreunan raot tilkittävä umpeen, jotta lämpö ei karkaisi seinärakenteen välistä. (Energiakorjaus 2013a.)

Ulkopuolen eristeeksi sopii tuulensuojapinnalla varustettu mineraalivillatai puukuitueriste (kuva 6). Uusi julkisivuverhous kiinnitetään korokelautojen varaan, jotta rakenteeseen saadaan toimiva tuuletusrako. Rakenteeksi voidaan valita myös korokkeiden väliin asennettu pehmeä mineraalivilla, joka päällystetään puukuitupohjaisella tuulensuojalevyllä. (Energiakorjaus 2013a.)



Kuva 6. Energiakorjaus. 1950-luvun purueristetyin talon rakennekorjaus. Viitattu 9.2.2016. Saatavissa: http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_6_Ulkoseina_2013_02_01.pdf.

Ulkoseinäremontti voi tulla ajankohtaiseksi myös tiiliverhoillussa puurunkoisessa talossa. Remontti saa usein alkunsa rakenteen kosteus- ja mikrobivaurioista. Purettava tiilikuori antaa hyvän tilan 50 millimetrin lisäeristeelle ja tuulensuojalevyille sekä tuuletusraolle ja lautaverhoukselle. (Energiakorjaus 2013a.)

Sisäpuoliseen eristämiseen soveltuvat tiiviimmät eristemateriaalit kuten polyyretaanilevy tai xps-remonttilevy. Levyssä voi olla myös valmis rakennuslevypinta. Näillä tuotteilla saadaan ohuella rakennepaksuudella hyvä lisäeristävyys ja tiiveys. Vanhan seinärakenteen sisäpinnasta on poistettava höyrytiivit rakennekerrokset, jotta vältetään kosteusvaurioille alttiit kaksinkertaiset höyrynsulkukerrokset. (Energiakorjaus 2013a.)

3.2.2 Alapohja

Vanhoissa taloissa ongelmana on lattian vetoisuus. Lattian vetoisuus riippuu muiden rakennusosien tiiveydestä, pahimmat vuotokohdat löytyvät yleensä seinien liittymistä ylä- ja alapohjaan. Näiden osien tiiveyden parantaminen vaikuttaa myös lattian lämpimyyteen. (Lappalainen 2010, 134.)

Aiemmin taloissa käytettiin tuulettuvaa ryömintätilaista puurakenteista alapohjaa ns. rossipohjaa. Nykyisin pientalojen alapohjarakenteista yleisin on maanvarainen laatta. Näiden lattioiden välimuoto on ns. koolattu puulattia, joka on riskialtis rakenne. Maavaraisen alapohjarakenteen uusiminen on suuri työ, joka kannattaa tehdä vain, kun lattiarakenne vaatii uusimista. (Energiakorjaus 2013b.)

Koolatun puulattian korjaus vaatii aina tapauskohtaista ja ammattitaitoista suunnittelua. Betonilaatan yläpuoliset lämmöneristeet tarkistetaan ja vaihdetaan uusiin. Lattian koolauspuut erotaan betonilaatasta kosteuseristyskaistalla esimerkiksi bitumikermillä. Mahdollisuuksien mukaan koolauspuut nostetaan betonilaatan yläpuolelle esimerkiksi kevytsoraharkoilla. (Energiakorjaus 2013b.)

Ryömintätalaisen alapohjan korjauksen suunnittelussa pitää huomioida ympäröivä maanpinta ja estettävä sade- ja sulamisvesien pääsy ryömintätilaan. Tämä onnistuu rakennuksen reuna-alueiden muotoilulla ja salaojituksen korjaamisella. Kapillaarinen veden nousu estetään maapohjan päälle levitettävällä salaojittavalla kiviaineskerroksella. Keväällä alapohjan ilmatilan tulisi lämmetä mahdollisimman nopeasti, jotta kosteuden kondensoituminen lattiarakenteiden kylmille pinnoille olisi mahdollisimman vähäistä. Tähän auttaa alapohjan kapillaarikatkon päälle asennettava lämmöneristekerros. Eristekerros on vielä suojattava hiekkakerroksella, jotta levyt pysyvät paikoillaan ja ehyinä. (Kujala, esitelmä 7.2.2016.)

Erityisen tarkkana on oltava puurakenteisen rossipohjan toimintaa seurattaessa. Sen ilmatilan tulisi olla hyvin tuulettuva, tila ei saa olla liian matala eikä sen lämpötila saisi olla pitkiä aikoja ulkoilman lämpötilaa ratkaisevasti alempi. Tämän lämpötilaeron on arveltu muodostuvan mahdolliseksi riskiksi, jos rossipohjien lämmöneritystä lisätään liiaksi. (Kujala, esitelmä 7.2.2016.)

Rossilattian lahonneet alapohjan lankut vaihdetaan sekä lahonneet lattian kannattimet ja eristeet poistetaan ennen uuden eristeen asentamista (Energiakorjaus 2013b).

3.2.3 Yläpohja

Yläpohja on yleensä helpoin ja kustannustehokkain kohde parantaa talon energiatehokkuutta. Yläpohjan eristyskerrosta voidaan paksuntaa (kuva 7, s. 17) huomattavasti rakennuksen ulkonäköön vaikuttamatta tai hyötyalaa pienentämättä. (Lappalainen 2010, 134.)



Kuva 7. Paroc. Lisälämmöneristys puhallusvillalla vanhan eristeen päälle. Viitattu 11.2.2016. Saatavissa: http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/rakennusten-eristaminen/korjausrakentaminen/katot-ja-ylapohjat--korjausrakentaminen/harjakatot--korjausrakentaminen?sc_lang=fi-FI.

Esimerkiksi mineraalivilla- tai puukuitueristeellä lämmönjohtavuus on noin kaksi kertaa pienempi kuin sahanpurulla. Purueristeisessä talossa kannattaa poistaa painuneet ja pilaantuneet purut imurilla suoraan jätelavalle. Vanhojen eristeiden poiston jälkeen parannetaan yläpohjan tiiviyttä. Vanhojen ilmansulkukerrostojen korjaaminen ja uusiminen kannattaa, sillä vuotoilma hukkaa paljon energiaa juuri yläpohjan kautta. Samoin on varmistettava, että tuuletusilman kierto ei ole estynyt katon reuna-alueilta. (Energia- ja ympäristöministeriön 2013c; PRKK 2010.)

Eristeiden vaihdon yhteydessä katon tiiviys saadaan hyväksi käyttämällä alimmaisena kerroksena polyuretaanilevyä. Sen päälle levitetään riittävästi villaeristettä. Vaihtoehtoisesti riittävä tiiviys saadaan asentamalla tiivis höyrynsulkumuovi ennen puhallusvillakerrosta. Reuna-alueen tuulenohjain varmistaa kattorakenteen tarvitseman ilmavirtauksen oikealla tavalla. (Energia- ja ympäristöministeriön 2013c; PRKK 2010.)

Yläpohjan sisäpuoliseen lisäeristämiseen voidaan käyttää myös polyuretaanilevyjä. Hyvän lämmöneristävyyden ansiosta rakenne ei kasva kovin paljoa. Lisäksi rakenne saadaan varsin ilmatiiviiksi. Polyuretaanilevyn kylmälle puolelle ei saa jättää höyrynsulkumuovia, vaan se on poistettava ennen lämmöneristystä. Yläpohjan vähäinen lisäeristäminen voidaan tehdä myös akustiikka- tai sisäverhouksen tyyppisillä tuotteilla. Levyissä lämmönvastus saa olla enintään 1/3 koko yläpohjan lämmönvastuksesta, ettei suhteellisen kosteuden arvo nouse ja kosteusvaurion riski kasva yläpohjassa. (Energia- ja ympäristöministeriön 2013c; Lappalainen 2010, 134; PRKK 2010.)

3.2.4 Ikkunat ja ovet

Ikkunapintojen kautta karkaa keskimäärin 15 prosenttia pientalon tarvitsemasta lämmitysenergiasta. Ikkunoiden uusiminen on kannattavaa vain, jos niiden kunto on huono. Tavanomainen ikkunan elinkaari on noin 30–40 vuotta. Ulkoseinien lisäeristäminen on usein syynä ikkunoiden uusimiselle.

Lisälasin asentamista vanhoihin ikkunoihin harkitaan aina tapauskohtaisesti. (Lappalainen 2010, 184; PRKK 2010; Valkeakosken Energia n.d.)

Vanhojen 2-lasisten ikkunoiden lämmönläpäisevyys on liki kolminkertainen nykyisiin eristyslasi-ikkunoihin verrattuna. Vanhan ikkunan sisäpinnan lämpötila on matala, mikä aiheuttaa voimakkaan vedon tunteen. Uusien lämmöneristysmääräysten mukaan ikkunan U-arvon on uudisrakentamisessa oltava enintään 1,0 W/ m²K. Tätä lämmönläpäisevyyden enimmäismäärää on hyvä noudattaa myös korjausrakentamisessa, koska nykyinen sarjavalmistus tuottaa edullisimmat tuotteet suurilla valmistusmäärillä. (PRKK 2010.)

Ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset ikkunalle on aina selvitettävä. Jos rakennukseen ei ole järjestetty korvausilman sisäänottoa, voidaan valita tuloilmaikkunat. Tuloilmaikkunassa ulkoilma johdetaan lasiväliin ja edelleen huonetilaan. (PRKK 2010.)

Ulko-ovia pientaloissa on usein vain pari kappaletta, joten niiden merkitys on pienempi vain noin 1/10 ikkunoiden vaikutuksesta. Kieroutuneet ja vuotavat ovirakenteet voivat kuitenkin olla todellisia energiasyöppöjä. Ulko-oven uusiminen liittyy usein talon yleisilmeen kohentamiseen, joten työ ajoittuu usein julkisivuremontin yhteyteen. (PRKK 2010.)

Ikkunoiden ja ovien tiivistys on usein kannattavin ja edullisin energiakorjaus, jolla saadaan nopeasti energiansäästöä. Ikkunoiden ja ovien tiivistämisellä vähentää hallitsematonta ilmavuotoa ja näin vedon tunne vähenee. Tästä johtuen sisätilojen lämpötilaa voidaan säätää alemmaksi viihtyvyyden kärsimättä. (Energiakorjaus 2014.)

Tiivistäminen estää kostean sisäilman ja ulkoa tulevan kylmän ilman, sadeveden ja lumen pääsyn ikkunan välitilaan. Samalla myös parannetaan rakennuksen ääneneristävyyttä. Tiivistäminen pienentää lämmitysenergian kulutusta jopa 15 prosenttia ja on kustannuksiltaan erittäin edullinen verrattuna ikkunoiden uusimiskustannuksiin. (Energiakorjaus 2014.)

Vanhat hyväkuntoiset ikkunat voidaan myös kunnostaa. Ikkunan karmin ja seinän väli kannattaa aina tarkistaa ja tiivistää, mikäli vuotokohtia löytyy. Ikkunan puuosien huolto tulisi tehdä säännöllisesti ja tarkistaa ikkunan ja siihen liittyvien rakennusosien kuten vesipeltien ja saumojen kunto. Myös ikkunoiden lukot ja saranat voidaan kunnostaa, ikkunakittaukset uusia, lahonneet puuosat vaihtaa uusiin sekä käyntisovitukset että ikkunat huolto- maalata. (Energiakorjaus 2014; Korjaustieto n.d.)

3.3 Talotekniset järjestelmät ja ilmanvaihto

Pientalon lämmitysjärjestelmäremontin syitä ovat usein korkeat lämmityskustannukset tai ikääntyvä ja heikosti toimiva lämmitysjärjestelmä. Korjaushankkeen laajuuteen vaikuttaa moni asia nykyisessä talossa:

- Ovatko rakenteet uusimisen tarpeessa?
- Onko lisäeristäminen teknisesti ja taloudellisesti kannattavaa?

- Uusitaanko lämmönjakojärjestelmä?
- Vaihjetaanko lämmitysenergiamuoto?
- Hankitaanko tukilämmitysjärjestelmä? (PRKK 2010)

Lämmitysjärjestelmillä ei ole mitään säännönmukaista käyttöikää tai perusparannusaikataulua. Useimpien lämmitysjärjestelmien komponentteja joudutaan todennäköisesti uusimaan järjestelmän pitoaikana, sillä laitteiden ja materiaalien käyttöikä on useasti 20–30 vuotta (Energiatehokas koti n.d.a.). Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet ja ohjausjärjestelmät kehittyvät koko ajan, joten tehostamisremontit kannattaa tehdä 15–20 vuoden välein (PRKK 2010).

Hyvän lopputuloksen edellytyksenä on hankkeen kokonaistarkastelu, jonka pohjalta laitetaan ensin rakenteet kuntoon ja varaudutaan samalla teknisten järjestelmien uusintaan. Talon vanhasta järjestelmästä ei kannata luopua hätköiden, sillä järjestelmää voidaan usein kunnostaa ja täydentää pienin kustannuksin. Vanhassa järjestelmässä on usein säästämisen arvoisia osia. Etenkin yli 20 vuotta vanhojen talojen lämmitysjärjestelmistä löytyy paljon energiatehokkuudeltaan parannettavia kohteita, joista osa pystytään hyödyntämään melko pienin kustannuksin. (PRKK 2010.)

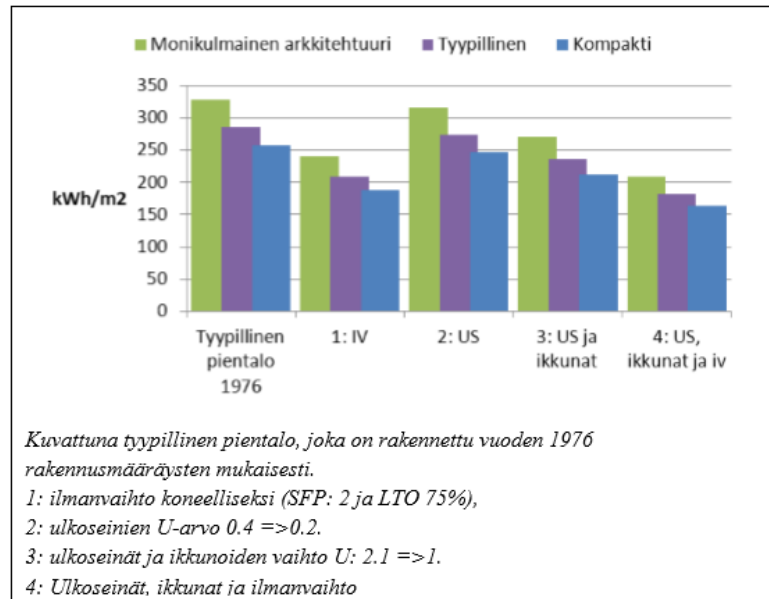
Tukilämmitysjärjestelmät ovat täydentäviä lämmitysjärjestelmiä, joilla voidaan pienentää merkittävästi ostoenergian määrää. Tukilämmitysjärjestelmiä ovat tulisijat ja kamiinat, aurinkolämpö ja -sähkö sekä ilmalämpöpumput. (Energiatehokas koti n.d.b.)

Pientalojen lämmitys- ja tukilämmitysjärjestelmiä käsitellään tarkemmin luvuissa 5 ja 6.

Rakennuksen lämpöhäviöistä yli 30 prosenttia johtuu ulos ilmanvaihdon kautta. Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen on tärkeää ottaa huomioon rakennuksen peruskorjauksessa. Kun lämmitysjärjestelmää saneerataan, talon rakenteita lisäeristetään tai ikkunoita uusitaan, rakennuksen tiiviys paranee ja ilmapuodot pienenevät. Tämän takia on tärkeää säätää ja nykyaikaistaa ilmanvaihto terveyshaittojen, talon rakenteiden kostumisen ja homehtumisen estämiseksi. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa sekä koneellisessa poistossa kaikki lämmitysenergia puhalletaan suoraan ulos, nykyaikaisessa koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on jopa 90 prosenttia. (Vallox 2014; YMa 4/2013 11 §.)

Painovoimaisen ilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmöntalteenotolla on raskas prosessi. Kustannukset ovat karkeasti noin 10 000 euroa. Koneellisen poistoilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmäksi maksaa laiteinvestoinnin noin 4 000–6 000 euroa.

Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen lämmöntalteenotolla parantavaa rakennuksen energiatehokkuutta huomattavasti rakennusosien korjaus- ja uusimistöiden yhteydessä kuten kuvioista 4 nähdään (s. 20) (Ympäristöministeriö 2013c).



Kuvio 4. Ympäristöministeriö. Ilmanvaihdon yhdistäminen muihin korjaus- ja uusimistöihin. Viitattu 11.2.2016. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/no-name/%7B68E47600-2557-4AB7-BA69-8344D9D742CA%7D>

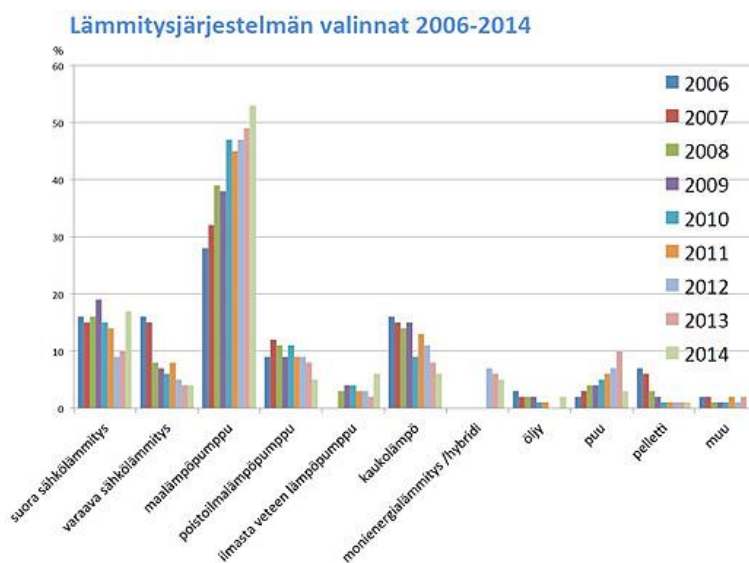
4 PIENTALOJEN PÄÄLÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Kiristyneet rakennusmääräykset edellyttävät rakennusten energiankulutuksen tuntuvaa vähentämistä aiemmasta. Vanhojen rakennusten kohdalla on hyödyllistä tuntea keskimääräinen energiankulutus, jotta remonttien yhteydessä voidaan arvioida energiatehokkuuden lisääminen.

Koska energiatehokkuuteen liittyy myös päästöjen minimointi, on lämmitystavan valinta tärkeä osa kokonaisuuden optimointia. Pieni energiakulutus antaa enemmän vaihtoehtoja energiamuodon ja lämmitysjärjestelmän valintaan. Talon lämmitysmuodon valintaperusteita ovat esimerkiksi seuraavat asiat:

- ekologisuus (hiilidioksidi- ja pienhiukkaspäästöt).
- polttoaineen hinta (tulevaisuuden hintakehitys).
- helppohoitoisuus (varmatoimisuus).
- käyttökustannukset.
- investointikustannukset.
- tilantarve. (Energiatehokas koti n.d.c.)

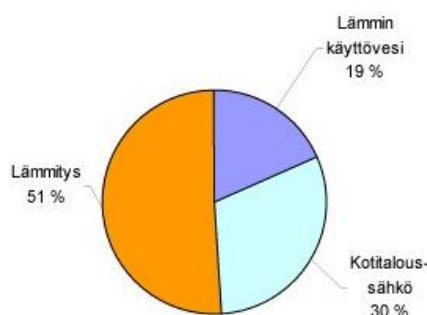
Nykyisin jo yli puoleen uusista omakotitaloista valitaan lämmitysjärjestelmäksi maalämpö (kuvio 5).



Kuvio 5. PRKK. Pientalojen lämmitysjärjestelmän valinnat 2006–2014. Viitattu 12.2.2016. Saatavissa: <https://www.prkk.fi/>.

4.1 Sähkölämmitys

Suomessa on noin 500 000 suorasähkölämmitteistä taloa (Suomen Lämpöpumppuyhdistys 2015). Sähkölämmityksessä sähkö muutetaan lämmöksi sähkövastuksissa. Pientaloasukkaalle sähkölämmitys on yksinkertaisin vaihtoehto ja vaivaton lämmitystapa. Huonekohtainen suorasähkölämmitys on edullisin investointi, mutta energiakustannukset nousevat korkeiksi ja lämmitysmuodon vaihtaminen on hankalaa. Varaavassa sähkölämmityksessä on myös korkeat energiakustannukset, mutta vesikiertoinen lämmönjako mahdollistaa energiamuodon vaihtamisen. Sähkölämmitteisen talon energian kulutuksesta noin puolet kuluu lämmittämiseen (kuvio 6). Sähkön hinta vaihtelee vuorokauden ja jopa vuodenajan mukaan. Asukas voi kilpailuttaa sähkön toimittajan, mutta sähkön siirtoa ei ole mahdollista kilpailuttaa. (Perälä & Perälä 2013,14; Seppänen & Seppänen 2010, 130.)



Kuvio 6. Harsia, P. Sähkölämmitteisen 150 m²:n pientalon energian kulutuksen jaakauma. Viitattu 13.2.2016. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0505015/1119948180490/1119952690711/1119954346468/1119954387009.html>.

4.1.1 Suora sähkölämmitys

Huonekohtaisilla pattereilla toteutettu suora sähkölämmitys on yleisin sähkölämmitysmuoto. Patterilämmitys reagoi nopeasti lämmöntarpeeseen ja patterin hyötysuhde on erinomaisen hyvä. Yleisimmät lämmitintyypit ovat suljettu lämmitin ja yhdistelmälämmitin. Suljettu lämmitin luovuttaa lämpöä säteilyä sekä konvektiona laitteen ulkopinnoilta. Yhdistelmälämmittimen toiminta perustuu ilman virtaamiseen laitteen läpi, jolloin sisäänvirtaava ilma lämpenee. (Seppänen & Seppänen 2010, 132.)

Patterit pyritään sijoittamaan ikkunoiden alle vedon poistamiseksi. Pattereita ei saa peittää, ettei ilmankierto esty. Huonekohtaisia pattereita säädetään termostaatilla, joka on kiinteästi patterissa tai erillisenä seinällä. Elektroniset termostaatit pitävät huoneen lämpötilan hyvin tasaisena. (Motiva 2009, 22; Seppänen & Seppänen 2010 132–133.)

Kattolämmitykseen käytetään kattorakenteeseen asennettuja muovikalvolla peitetyjä vastusnauhoja. Lämmönluovutus tapahtuu pääasiassa lämpösäteilynä, jolloin lattiakin lämpiää lämpösäteilyn vaikutuksesta. Kattolämmityselementtien kohdalla ei saa olla kaappeja tms., ettei lämpösäteily esty. Lämmityksen säätöön on erillinen huonetermostaatti. (Motiva 2009, 22; Seppänen & Seppänen. 2010, 134.)

Kaapelilattialämmitystä käytetään erityisesti märkätiloissa, joissa lattiat on päällystetty joko klinkkerillä tai muovimatolla. Lattiapäällyste luovuttaa lämmön nopeasti tilaan. Kaapelilattialämmitys voidaan asentaa myös levy- tai puurakenteisiin lattioihin (kuva 8). Termostaatti ohjaa lämmitystä. (Motiva 2009, 22.)



Kuva 8. Energiatehokas koti. Lattialämmityskaapelin asennusta lämmönjakolamelliin, puurakenteiselle lattianalusrakenteelle. Viitattu 12.2.2016. Saatavissa: http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys.

Iimalämmitystä käytetään matala- ja passiivienergiatalojen lämmitysratkaisuna. Iimalämmitysjärjestelmässä lämmitys ja ilmanvaihto on yhdistetty. Lämpö johdetaan huoneeseen lämmitetyn ilman välityksellä. Iimalämmitysjärjestelmään lisätään poikkeuksetta lämmöntalteenotto, jolloin rakennuksen energiatehokkuus paranee. (Motiva 2009, 23; Seppänen & Seppänen 2010, 174.)

4.1.2 Varaava sähkölämmitys

Varaavassa sähkölämmityksessä hyödynnetään halvempaa yösähköä varaamalla öisin lämpöä joko vesivaraajaan, rakenteisiin tai massavaraajaan. Yleensä varattu lämpömäärä riittää pitämään kiinteistön lämpimänä vain osan päivän tarpeesta, huipputehon tuottamiseen joudutaan käyttämään päiväsähköä tai jotain muuta energialähdettä. Varaavan sähkölämmityksen kannattavuutta heikentää päivä- ja yösiähkön pienenevä hintaero. (Perälä & Perälä 2013, 14–15; Seppänen & Seppänen. 2010, 136.)

Varaava lattialämmitys on yleisin varaavan sähkölämmityksen muoto. Lämmityskaapelit asennetaan yleensä kantavan lattian päälle taseausbetonikerrokseen. Varatusta betonilaatasta lämpö siirtyy huonetilaan. Lattialämmitys on säätöominaisuuksiltaan hitaampi kuin patteri- tai kattolämmitys. (Seppänen & Seppänen 2010, 137.)

Varaavassa vesikiertoisessa sähkölämmityksessä lämpö varataan veteen. Lämmöntuottolaitteena käytetään joko sähkövastuksilla varustettua varaajaa tai sähkökattilaa. Varaajalla tuotetaan tilojen lämmitysenergia ja lämpimän käyttöveden tarvitsema energia. Osittain varaava sähkölämmitys perustuu vesivaraajaan, johon lämpö tuotetaan lämmitysvastuksilla tai sähkökattilalla. Järjestelmä mitoitetaan niin, että noin 80–90 prosenttia vuotuisesta lämmitys- ja käyttövesienergiasta tuotetaan yösiähköllä. Lisätarve tuotetaan joko sähköllä tai polttoainekattilalla. Varaajan lämmin vesi siirretään lämmitysverkostoon. Säätöautomaattiikka huolehti pattereille menevän veden lämpötilasta ulkolämpötilan mukaan. (Motiva 2009, 23; Seppänen & Seppänen 2010, 139.)

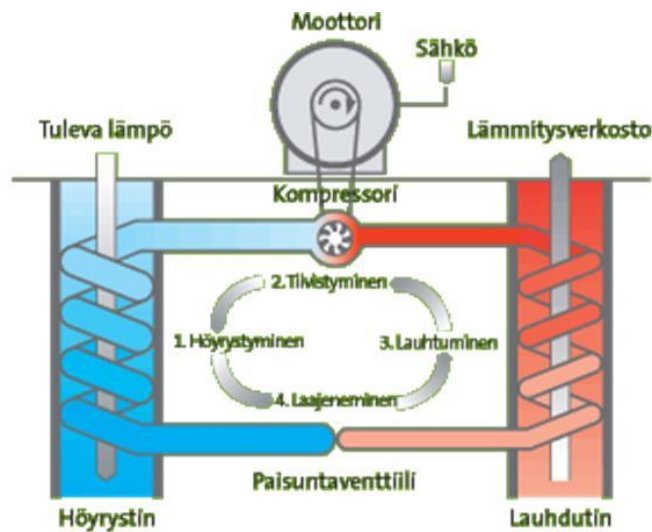
Sähkökattila sopii noin 100 m²:n kokoisiin taloihin, joissa on pieni lämmitystarve. Tilavuudeltaan noin 200 litran sähkökattila tuottaa sähkövastuksilla koko ajan talon tarvitseman lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden. Vesikiertoinen lämmönjakotapa johtaa lämmön huoneisiin. (Energiatehokas koti n.d.d.)

4.2 Lämpöpumput

Lämpöpumput keräävät rakennuksen ulkopuolelta, maasta, vedestä, ulkoilmasta tai rakennuksen poistoilmasta ilmaista lisäenergiaa lämmitykseen. Samalla myös rakennuksen lämmitysenergian tarve pienenee. (Perälä & Perälä 2013, 27.)

Lämpöpumpun toimintaperiaate (kuva 9, s. 24) on sama kuin jääkaapilla tai pakastimella eli lämpöä siirretään ja kerätään kylmemmästä paikasta lämpimämpään. Höyrystimeen alhaiseen paineeseen vapautunut kylmäaine kerää ulkotiloista itseensä lämpöä ja kaasuuntuu. Kompressorin puristaa kylmäaineen korkeaan paineeseen, jolloin kylmäaine kuumentuu. Kuumentunut paineistettu kylmäaine johdetaan lämpöpumpun lauhduttimelle, jossa kylmäaine luovuttaa ulkoa kerätyn lämmön rakennuksen lämmittämiseen. Kylmäaine jäähtyy ja tiivistyy nesteeksi. Jäähtynyt, nestemäinen kylmäaine purkautuu paisuntaventtiilin kautta höyrystimeen, sen paine on alentunut

voimakkaasti ja se on jäähtynyt alle $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen. Vapautunut kylmäaine alkaa kerätä lämpöä itseensä ja kierto alkaa uudelleen. (Perälä & Perälä 2013, 28–29.)



Kuva 9. Pieska, M. Lämpöpumpun toimintaperiaate. Viitattu 12.2.2016. Saatavissa: <http://docplayer.fi/541729-Lampopumppuratkaisuja-talotekniikkaseminaarivasek-ja-kestava-rakentaminen-ja-energiatehokkuus-vaasan-seudulla-mikko-pieska-merinova.html>.

Lämpöpumpun tehokkuutta on kuvannut tähän asti lämpökerroin eli COP-arvo, joka kertoo, kuinka tehokkaasti kulutettu sähköenergia saadaan muutettua lämpöenergiaksi. Euroopan unionin ilmasto- ja energiatavoitteiden myötä ilma- ja maalämpöpumppujen lämpökertoimen COP:n korvaa vuosilämpökerroin SCOP eli lämpökertoimen arvo koko lämmityskauden ajalta. Poistoilmapumppuissa käytetään edelleen lämpökertoimen COP. (Ref-Group 2016).

Standardin EN 14825 mukaisesti Eurooppa on jaettu kolmeen eri ilmasto-työhykkeeseen: Etelä-Eurooppaan, Keski-Eurooppaan ja Pohjois-Eurooppaan. Etelä-Euroopan SCOP:n laskenta perustuu Ateenan ilmasto-olosuhteisiin, Keski-Euroopan Strasbourginkin ilmasto-olosuhteisiin ja Pohjois-Euroopan Helsingin ilmasto-olosuhteisiin. Suomessa myynnissä olevien laitteiden SCOP-arvojen täytyy olla laskettu Helsingin ilmasto-olosuhteiden mukaisesti. (Nilan Suomi 2015.)

Tyypillisiä vuosilämpökertoimen SCOP-arvoja eri lämpöpumpputyypeillä:

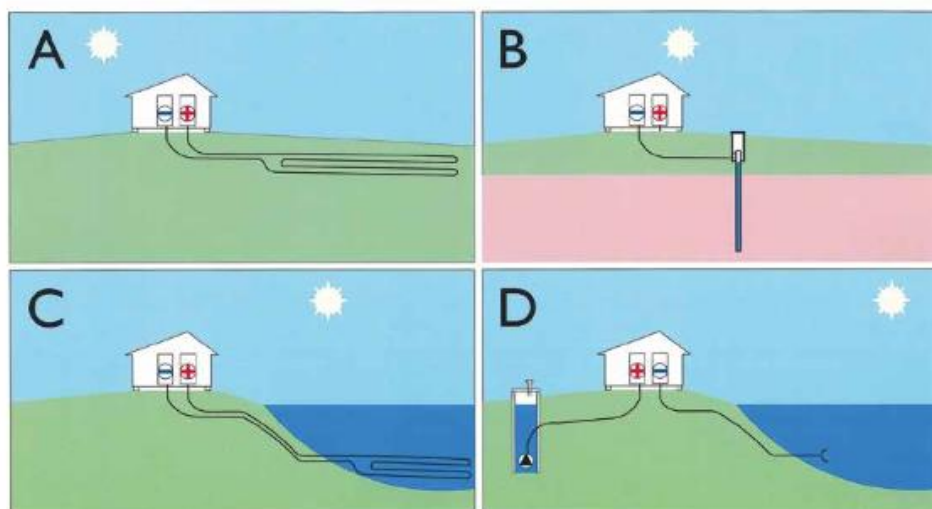
- maalämpö 3–3,5
- ilmalämpöpumppu 2–2,5
- ilma-vesilämpöpumppu 2–2,4 (Perälä & Perälä 2013, 32.)

Tällä hetkellä Suomessa on käytössä yli 700 000 lämpöpumppua, joista suosituin on ilmalämpöpumppu. VTT:n ja Aalto-yliopiston tutkimus- ja kehitystyön mukaan lämpöpumppujen määrä ylittää miljoonan vuonna 2020. (Suomen Lämpöpumppuyhdistys 2015.)

4.2.1 Maalämpöpumppu

Auringosta peräisin oleva lämpöenergia varastoituu maan- ja kalliopinnan pintarakenteisiin. Syvemmillä kallioperässä lämpöenergia on geotermistä energiaa. Geoterminen energia nostaa syvemmillä lämpötilaa ja Suomen eteläosassa kallioperän lämpötila on vielä 300 metrin syvyydessä 6,5–9 °C 300. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 7.)

Maa- ja kallioperän lämpöenergiaa voidaan käyttää rakennusten ympäri- vuotiseen lämmittämiseen ja jäähdyttämiseen sekä käyttöveden lämmittämiseen tehokkaan maalämpöpumpun avulla. Maalämpöpumpun järjestelmään kuuluu lämpöpumppu, siirtoputkisto ja keruupiiri. Keruupiiri asennetaan maaperään, kalliioon porattuun reikään tai vesistöön. Kun lämmönkeruupiiri upotetaan noin metrin syvyyteen pihamaahan (kuva 10A), keruupiiri tarvitsee noin 1,5 m² putkimetriä kohti, pientalossa putken pituus on lyhimmillään noin 500 metriä. Keruupiiri voidaan sijoittaa myös maaperään porattuun lämpö- eli energiakaivoon (kuva 10B), jonka syvyys on yleensä alle 300 metriä. Isomman kiinteistön energiatarvetta varten voidaan joutua poraamaan monta energiakaivoa. Maahan vaakasuuntaan asennettavan keruupiirin kustannukset ovat noin puolet kalliioon poratun energiakaivon kuluista. (Juvonen & Lapinlampi 2013 8; Perälä & Perälä 2013, 59.)



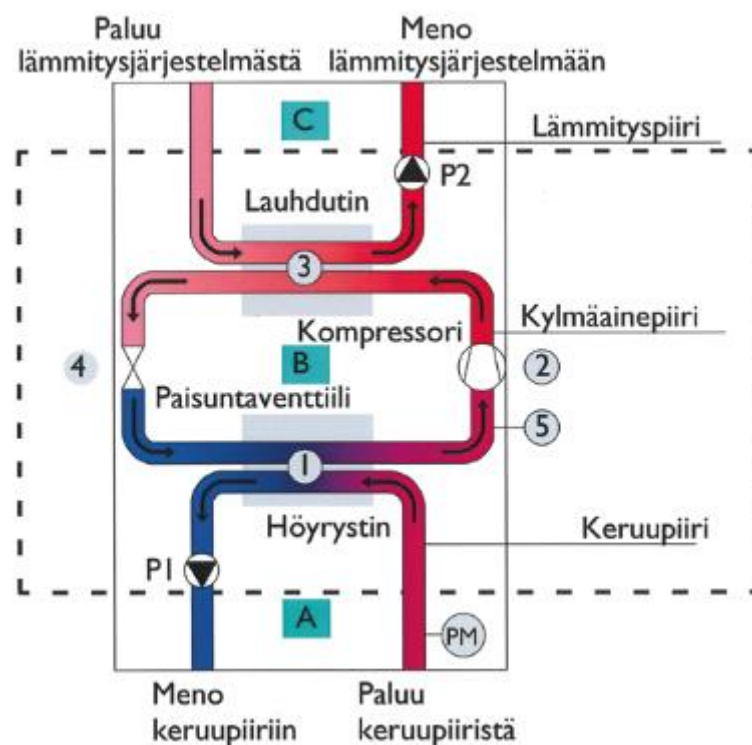
Kuva 10. Juvonen, J. & Lapinlampi, T. Maalämpöpumpun energialähteet. Vasemmalla ylhäällä maapiiri (A), oikealla ylhäällä energiakaivo (B), vasemmalla alhaalla vesistöpiiri (C) ja oikealla alhaalla avoin keruupiiri (D). Viitattu 13.2.2016. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf.

Keruuputket voidaan asentaa myös vesistöön (kuva 10C). Vesilain (587/2011) mukaan vesistöasennus toteutetaan niin, ettei siitä aiheudu sellaista yleisen tai yksityisen edun loukkaamista, jonka voisi välttää. Hankkeen tai käytön tarkoitus täytyy saavuttaa ilman kustannusten kohtuutonta nousua kokonaiskustannuksiin. (VesiL 2:7 §.)

Maapiirin ja energiakaivon keruuputkissa (suljettu keruupiiri) kierrätetään lämmönkeruunestettä, joka siirtää keräämänsä lämmön sisälle rakennukseen lämpöpumpun höyrystimelle. Avoimessa keruupiirissä (kuva 10D)

kierrätetään pohjavettä ilman erillistä lämmönkeruunestettä. Pohjavesi pumpataan maanpinnalle ja hyödynnetään sen tuoma energia lämpöpumpussa. Vesi johdetaan takaisin pohja- tai pintavesiin. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 9; Perälä & Perälä 2013, 60.)

Maalämmön käyttö uudisrakentamisessa on lisääntynyt ja nykyisin jo yli puolet valitsevat maalämmön uudisrakennuksen energianlähteeksi (PRKK 2010). Myös uudet energiatehokkuusvaatimukset, energian kova hinta sekä vaatimus uusiutuvien energialähteiden käyttöön lisäävät maalämmön suosiota. Varsinkin suuremmissa taloissa investointi maalämpöön on kannattavaa. Kuluttajien valintaa ohjannee myös huoli ilmastonmuutoksesta ja se, että maalämpöpumppulaitteistoilla voidaan usein jäähdyttää rakennus. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 12.)

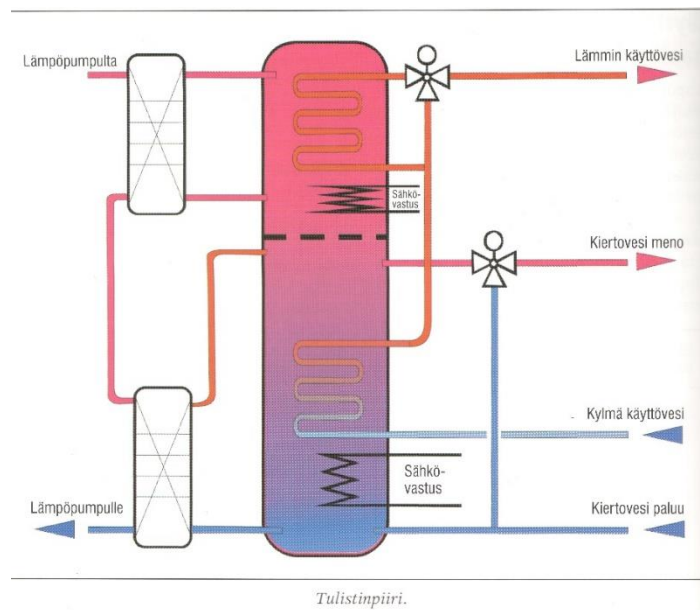


Kuva 11. Juvonen J. & Lapinlampi, T. Maalämpöpumpun toimintaperiaate. Viitattu 13.2.2016. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf.

Maalämpöpumpun toimintaperiaate näkyy kuvassa 11. Höyrystimen keruupiiriin (A) lämpöenergia siirtyy kylmäainepiiriin (B), jossa kylmäaine muuttuu kaasuksi. Kylmäainehöyry puristetaan kompressorilla korkeapainoiseksi kaasuksi ja sen lämpötila nousee. Puristamiseen tarvittu sähköenergia muuttuu lämmöksi ja kohottaa myös kylmäaineen lämpötilaa. Kylmäaineen lämpöenergia siirtyy lauhduttimessa rakennuksen lämmitysjärjestelmään (C). Kylmäaine muuttuu takaisin nesteeksi. Lämpöenergia hyödynnetään sekä lämmitysverkostossa että käyttöveden lämmityksessä. Kylmäaineen painetta alennetaan paisuntaventtiilissä, samalla kylmäaineen lämpötila alenee. Kylmäaine johdetaan takaisin höyrystimeen ja kierto alkaa uu-

delleen. Mikäli lämmönkeruunesteen määrä tai kierto ei ole riittävä, mata-
lapainekyllin sammuttaa kompressorin ja kiertopiirin pumpun. (Juvonen &
Lapinlampi 2013, 12.)

Maalämpöpumput luovuttavat lämpöä vesivaraajaan, josta sitä siirretään
joko kiertovesijärjestelmään tai lämpimään käyttöveteen. Erilaisia varaaja-
tyyppejä ovat vaippavaraajat, pystymalliset kierukkavaraajat sekä varaajat,
joissa on käyttövesikierukka tai jotka on varustettu tulistinpiirillä (kuva 12).
(Perälä & Perälä 2013, 69).



Kuva 12. Perälä, O. & Perälä, R. 2013. Tulistinpiiri. Teoksessa Lämpöpumput. Helsinki:
Alfamer/Karisto Oy, 70.

Tulistinpiiriratkaisussa lämmin käyttövesi esilämmitetään lämmitysvaraaja-
jassa, josta lämmönjakoverkostoon menevä vesi otetaan. Esilämmitetyn
käyttöveden lämpötilaa nostetaan tulistinpiirin lämmönvaihtimisessa lopul-
liseen lämpötilaansa. Kaksiosaisen varaajan käyttö- ja lämminvesivaraaja
on erotettu toisistaan kalvolla. Tulistinpiiri ottaa lämmön heti kompressorin
jälkeen, koska kylmäaine on tällöin kuuminta. Tulistimien jälkeen kylmä-
aine luovuttaa lauhtumisessa lopun energiansa lämmityskäyttöön. Tulis-
tinpiiri on suosittu ratkaisu etenkin suomalaisissa maalämpöpumpuissa.
(Perälä & Perälä 2013, 69.)

Maalämmön hyötyjä ovat esimerkiksi uusiutuvan energian hyödyntäminen,
saatu lämpöenergia on edullista, rakennuksen viilennykseen voidaan käyt-
tää energiakaivoa, pieni tekninen tilantarve ja vesikiertoinen lämmönjako,
jolloin energiamuodon vaihtaminen on mahdollista. Maalämpöjärjestelmä
on investointina suhteellisen kallis, vaatii laajan lupamenettelyn ja järjes-
telmä käyttää jonkin verran sähköä. (Motiva 2009, 34).

4.2.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumput edustavat lämpöpumppujen uusinta tekniikkaa
(Motiva 2009, 18). Ilma-vesilämpöpumppu kerää lämpöä ulkoilmasta ja

siirtää lämmön vesikiertoisella lattiaputkistolla tai patteriverkostolla huone-tiloihin. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate on sama kuin muillakin lämpöpumpuilla eli siinä on lauhdutin ja höyrystin. Kompressori pystyy lämmittämään tilojen lämmitys- ja käyttöveden noin +50 °C:seen, käyttöveden lämmitys hoidetaan esimerkiksi sähkövastuksella. (Motiva 2009,18; Perälä & Perälä 2013, 73.)

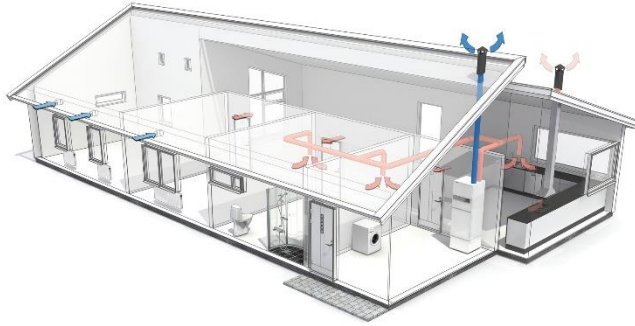
Koska ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkö kerää lämpöä noin -20 °C:seen asti, varajärjestelmää, esimerkiksi pumpun omia sähkövastuksia, tarvitaan. Lämmityskauden aikana on yleensä vain muutamia huipputehoa vaativia päiviä, jolloin ilma-vesilämpöpumpun tuottama lämpö ei riitä. Ilma-vesilämpöpumpuun voidaan yhdistää myös kesäaikainen jäähdytys. (Motiva 2009, 18; Perälä & Perälä 2013, 73.)

Ilma-vesilämpöpumpun etuja ovat esimerkiksi soveltuvuus eri rakennuspaikkoihin, edullisempi investointi kuin maalämpöpumppu ja energiamuodon vaihtaminen helppoa. Toisaalta järjestelmällä on suuri hankintahinta, kylmillä ilmoilla on suuri energiantarve eli pumppu tuottaa vähän energiaa ja yleensä käyttöveden lämmittämiseen yli +55 °C:seen tarvitaan esimerkiksi sähkövastus. (Motiva 2009, 34.)

4.2.3 Poistoilmalämpöpumppu

Nykyisten rakennusmääräysten mukaan sisäilman on vaihdettava vähintään kerran kahdessa tunnissa (RakMK D2 2012, 3). Vaatimukseen päästään koneellisella ilmanvaihdolla. Uudisrakentamisessa edellytetään, että rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 prosenttia (YMa 4/2013 5§). Vaatimuksen voi täyttää esimerkiksi ilmanvaihtokoneeseen liitetyllä lämmönvaihtimella, joka siirtää lämpöä poistoilmasta tuloilmaan.

Poistoilmalämpöpumpulla otetaan lämpöenergiaa talosta poistettavasta ilmasta. Poistoilmalämpöpumppu siirtää lämmön tuloilmaan, lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään (kuva 13, s. 29). Kesäaikana pumppu viilentää taloa samalla, kun se tuottaa lämmintä vettä. Poistoilmalämpöpumppu poistaa ilmanvaihtolaitteen tavoin ilmaa myös rakennuksen kosteista tiloista, kylpyhuoneesta ja WC:stä. Poistoilmalämpöpumpulla voidaan säästää noin 40 prosenttia rakennuksen energiakuluista suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. Huipputehon kattamiseen poistoilmalämpöpumpun vesivaraajassa on yleensä sähkövastukset. Talossa, jossa on poistoilmalämpöpumppu, kannattaa pakkasjaksojen aikana käyttää varaavaa takkaa, sillä pumppu ottaa talteen takan lämmön. (Perälä & Perälä 2013, 77–79.)

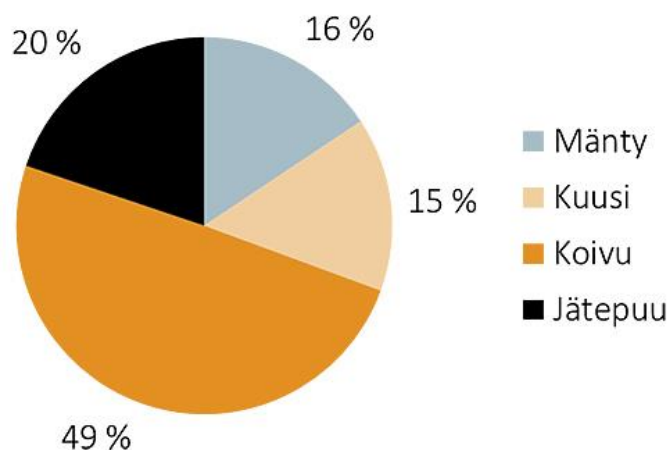


Kuva 13. JR Lämpötekniikka. Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate. Viitattu 14.2.2016. Saatavissa: <http://www.jrlampotekniikka.fi/lammitysratkaisut/tuotteet/poistoilmalampopumput.html>.

Parhaiten poistoilmalämpöpumppu soveltuu uusiin matalaenergia- ja passiivitaloihin. Muita etuja ovat helppohoitoisuus, edullinen hankintahinta sekä samalla laitteella hoidetaan rakennuksen ilmanvaihto, lämmitys ja käyttöveden lämmitys. Toisaalta sähköä kuluu enemmän kuin muissa lämpöpumppuratkaisuissa. (Motiva 2009, 34.)

4.3 Puu- ja pellettilämmitys

Suomessa on yli 250 000 omakotitaloa, joiden pääsiallinen energianlähde on puu ja lisäksi monissa omakotitaloissa takka on tukilämmitysjärjestelmänä (Pientaloteollisuus PTT 2015). Tilastojen mukaan vuonna 2013 puupolttoaineet olivat tärkein energialähde. Puun pienkäytössä tuotetun energian määrä oli yli 18 TWh, joka oli noin 5 prosenttia kokonaisenergiankulutuksesta sekä 15 prosenttia uusiutuvan energian vuosituotannosta. Polttopuu kattaa 40 prosenttia pientalojen lämmitysenergiasta. Polttopuulajeista tärkein on koivu (kuvio 7), jonka osuus on lähes puolet poltetusta puusta. (Metsätutkimuslaitos 2014, 267–268.)



Kuvio 7. Metsätutkimuslaitos. Pientaloissa lämmitykseen käytettyjen puulajien ja jätteen osuudet vuonna 2012. Viitattu 14.2.2016. Saatavissa: http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2014/vsk14_09.pdf.

Puupolttoaineet, kuten puupelletit, klapit ja hake, ovat kotimaisia biopolttoaineita, jotka eivät lisää kasvihuonekaasu- eikä rikkipäästöjä. Lämmityslaitteistojen säännöllinen huolto ja säätö ovat tärkeitä hiukkaspäästöjen minimoimiseksi. Myös käytettävän polttoaineen on oltava riittävän kuivaa. (Motiva 2009, 14.)

4.3.1 Puulämmitys

Puukattiloiden polttoaineena käytetään pilkkeitä, halkoja ja haketta. Lämpö jaetaan rakennukseen vesikiertoisella patteri- tai lattialämmityksellä. Puukattiloilla lämmön tuotto on jaksottaista eli kattilaa lämmitetään tietyin väliajoin ja lämpöä varastoidaan erillisessä varaajassa. Varaajan koosta riippuu kuinka usein lämmitetään ja kattilan tehosta kuinka kauan yksi lämmityskerta kestää. (Arterm 2015a, 4; Motiva 2009, 15.)

Puukattilat jaetaan polttoteknisesti ala-, ylä- ja käänteispalokattiloihin. Yläpalokattila on helppohoitoinen ja se sopii pieniin tiloihin. Polttoainetta lisätään säännöllisesti ja yleensä tähän kattilatyyppeihin on yhdistetty varaaja. Alapalokattilassa on suuri varastopesä, joten polttoainetta lisätään harvemmin. Lisäksi palaminen on puhdasta ja kattilalla on hyvä hyötysuhde. Käänteispalokattilassa puu palaa korkeasta lämpötilasta johtuen puhtaimmin. (Arterm 2015a, 4; Motiva 2009, 15.)

Hakelämmitysjärjestelmässä hake siirretään ruuvisyöttölaitteella eli stokerilla hakkeen käyttöön tarkoitettulle polttimelle. Hakelämmitysjärjestelmä on pitkälti automatisoitu ja se toimii lähes samalla tavalla kuin pellettilämmitys. Hake on edullisempaa kuin pelletti, mutta se vaatii suuren varastotilan. Syöttöruuvi ja poltin tarvitsevat kuivan tasalaatuisen hakkeen toimiakseen kunnolla. (Motiva 2009, 15.)

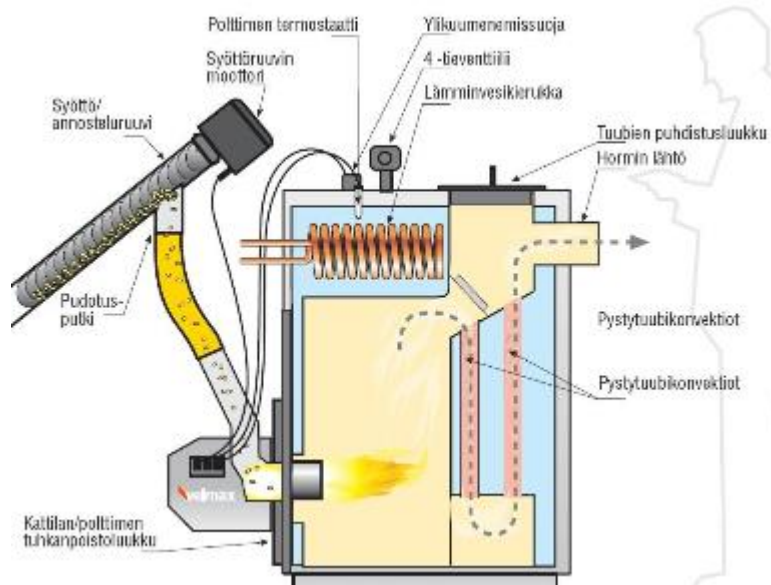
Puukattilalla on mahdollista saavuttaa noin 80 prosentin hyötysuhde. Pientalossa vuotuinen puupolttoaineen kulutus on noin 20 p-m³. Puulämmitysjärjestelmä vaatii asukkaalta enemmän huoltotyötä. Puulämmitystä harkittaessa kannattaa selvittää polttoaineen saatavuus ja millaiset varastointimahdollisuudet rakennuksessa tai tontilla ovat. Polttoaine voidaan varastoida kylmässä tilassa ja tarvittaessa varastoa voidaan täydentää vuoden aikana. (Motiva 2009, 15.)

4.3.2 Pellettilämmitys

Puupelletit valmistetaan puristamalla puhdasta puuta. Valmistukseen käytetään kuoretonta puuta, kuten kuivaa kutteripurua ja -lastua, puhdasta sahanpurua tai hiontapölyä. Pelleteistä syntyy vähemmän tuhkaa, koska valmistuksessa ei käytetä puun kuorta. Pelleteissä puuenergia on erittäin tiiviissä muodossa, kuutio pellettiä vastaa energiamäärältään 300–330 litraa kevyttä polttoöljyä. (Motiva 2012.)

Pellettilämmitysjärjestelmään kuuluvat pellettipoltin, lämmityskattila, järjestelmää ohjaava automatiikka, pellettivarasto, piippu, kiertovesipumppu,

paisuntasäiliö, vesikiertoinen patteri- tai lattialämmitys, tuleva vesi ja kattilavesi 65–85 °C. Pelletit syötetään automaattisesti varastolta polttimelle siirtokuljettimen avulla (kuva 14). Poltin sytyttää liekin. Sytytys voi tapahtua automaattisesti sähkövastuksella ja puhaltimella tai palopäässä olevalla hiililoksella. Lämmityskattilassa lämmitetään vesi, jonka kiertovesipumppu kierrättää rakennuksen pattereihin tai lattiaputkistoon Kattilan toimintoja säätelee ohjausautomaatio. (Ariterm 2015b; Motiva 2012.)



Kuva 14. Pellettienergia ry. Pellettikattilan toiminta. Viitattu 14.2.2016. Saatavissa: <http://www.ilmankos.fi/uploads/ilmankos27-10-2010.pdf>.

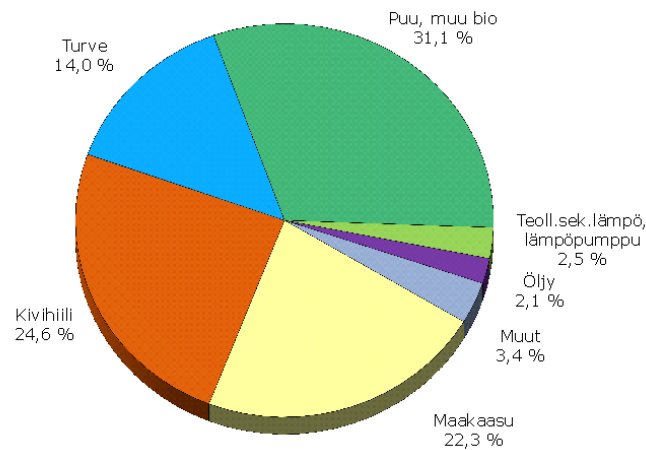
Pelletit voidaan varastoida kattilahuoneessa pieneen enintään 500 litran pellettisäiliöön, kattilahuoneen vieressä olevaan tilaan, mistä on ruvikuljetus polttimelle, maanalaiseen pellettisiiloon tai talon ulkopuolelle rakennettuun erilliseen siiloon tai varastoon. Sopiva siilon tai varaston koko on 8 m³, sillä keskimäärin suomalaisen omakotitalon lämmitykseen ja lämpimään käyttöveteen kuluu noin viisi tonnia pellettiä vuodessa. (Motiva 2012; Pellettienergia n.d.)

Pellettilämmitysjärjestelmä on helppohoitoinen ja yleensä melko hyvin automatisoitu. Pelletit ovat kotimaista, ympäristöystävällistä uusiutuvaa bioenergiaa eikä pelletin saatavuus ja hinta riipu maailmanpolitiikasta. Pellettilämmitysjärjestelmä voidaan asentaa vanhaan rakennukseen, jossa on vesikiertoinen lämmönjako. Pellettipolttimen voi asentaa myös useimpiin öljy- tai puukattiloihin. Pellettisiilon voi rakentaa itse ja säästää investointikustannuksissa. (Motiva 2012.)

Pellettijärjestelmä vaatii käyttäjältään säännöllistä huoltoa kuten tuhkanpoistoa ja polttimen palopään ja kattilan pintojen puhdistamista. Nykyisin polttimissa on usein automaattinen tuhkanpoisto. Pelleteille täytyy olla erillinen varasto tai siilo, järjestelmä vaatii myös erillisen teknisen tilan. (Motiva 2012.)

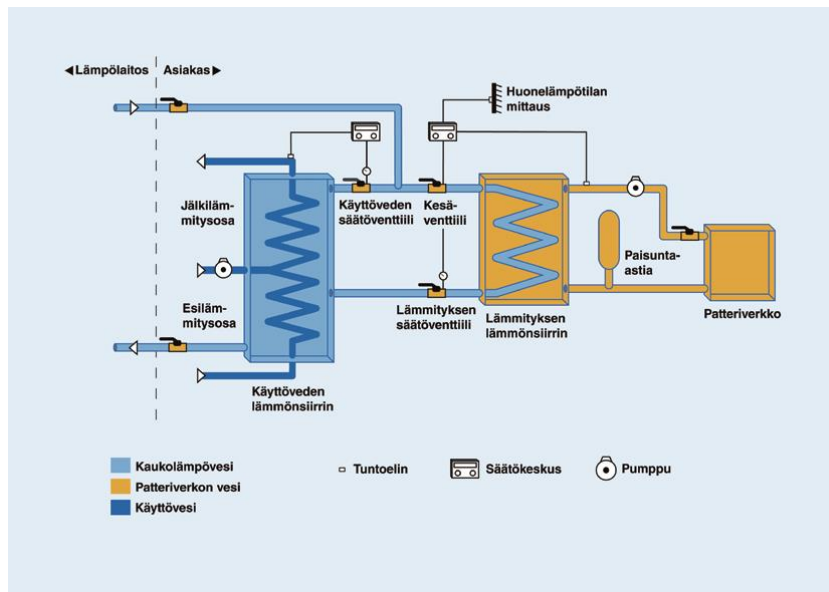
4.4 Kaukolämpö

Kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto Suomessa. Suomessa noin 46 prosenttia lämmitysenergiasta tuotetaan kaukolämmöllä, suuremmissa kaupungeissa osuus on jopa yli 90 prosenttia. Kaukolämmöstä tuotetaan $\frac{3}{4}$ yhteistuotantolaitoksissa ja loput erillisissä lämpölaitoksissa. Kaukolämmön polttoaineena käytetään maakaasua, kivihiihtä ja turvetta. Puu ja muut biopolttoaineet (kuvio 8) ovat olleet kaukolämmön merkittävin polttoaine vuodesta 2013 lähtien. (Energiateollisuus n.d.a; Energiateollisuus n.d.b.)



Kuvio 8. Energiateollisuus. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2014. Viitattu 15.2.2016. Saatavissa: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet>.

Lämpö johdetaan yleensä kuumana vetenä suljetuissa maanalaisissa kaksiputkisessa kaukolämpöverkossa. Tulevan kaukolämpöveden lämpötila vaihtelee 65 °C:sta 115 °C:seen sään ja lämmitystarpeen mukaan. Paluuveden lämpötila tuotantolaitokseen on noin 25–55 °C. Kaukolämpövesi johdetaan kiinteistökohtaiseen lämmönjakokeskukseen, josta veden luovuttama lämpö siirtyy rakennuksen lämmitysverkkoon sekä lämpimän käyttöveden valmistukseen lämmönsiirtimien avulla. Kuluttajalaitteet ovat yleensä tehdasvalmisteisia asennusvalmiiksi koottuja kokonaisuuksia (kuva 15, s. 33). Lämmönjakokeskus on lämpölaitoksen mittauskeskukseen, käyttövesi- ja lämmitysverkostoihin sekä paisuntalaitteisiin liitettävä laitekokoisuus, joka sisältää lämmönsiirtimet, ensiöpuolen ja mahdollisesti toisipuolen säätölaitteet, pumppauslaitteet, venttiilit, varusteet sekä tarvittavan putkiston. (Motiva 2009, 20; Energiateollisuus n.d.a.)



Kuva 15. Rauman Energia. Kaaviokuva kaukolämmön toimintaperiaatteesta. Viitattu 15.2.2016. Saatavissa: www.raumanenergia.fi/kauko-lampo/fi_FI/liittyma/files/8779678182176017/default/.

Laitteiden oikea mitoitus on tärkeää, että lämpöä riittää sekä lämmitykseen että lämpimään käyttöveteen. Lämmönjakojärjestelmänä on yleensä vesikiertoinen patteri- tai lattialämmitys, mutta kaukolämpö käy myös ilmalämmitystä tai ilmanvaihtolämmitystä käyttäviin rakennuksiin. (Motiva 2009, 20.)

Kaukolämmityksen liittymismaksut ovat paikkakunta- ja rakennuskohtaisia. Käyttömaksut muodostuvat energiamaksuista ja sopimusvesivirtaan sidotusta tehomaksusta. Kaukolämmön kulutus mitataan kiinteistökohtaisesti. (Energiateollisuus n.d.c.)

Kaukolämmityksen hankintakustannus on edullinen ja lämmitysjärjestelmä on helppohuoltoinen ja pitkäikäinen. Lämpöä tuotetaan energiatehokkaasti hyvällä hyötysuhteella CHP-laitoksissa. Vesikiertoinen lämmönjako mahdollistaa myös energiamuodon vaihdon. Kaukolämpö rajoittuu suuriin kaupunkeihin ja taajamiin, joten kaukolämpöä ei ole saatavilla kaikkialla. Energiantoimittajaa ei voi myöskään kilpailuttaa. (Motiva 2009, 34.)

4.5 Öljylämmitys

Öljy- ja biopolttoainealan (2013a) mukaan öljylämmitteisten talojen määrä on tällä hetkellä noin 190 000. Öljylämmityksen suosio uudisrakentamisessa on pienentynyt huomattavasti ja nykyään kauko- tai maalämpö korvaavat usein öljylämmityksen energiasaneerauksen yhteydessä (Reinikainen 2014, 13). Kaksoispesäkattiloissa voidaan öljyn lisäksi käyttää polttopuuta tuottamaan lämpöä (Motiva 2009, 24). Nykyisillä kattilajärjestelmäratkaisuilla aurinkoenergiaa voidaan käyttää lämpimän käyttöveden tuottamisen lisäksi myös talon lämmitykseen (Öljy- ja biopolttoaineala 2013b).

Öljylämmitysjärjestelmässä lämmöntuotosta vastaavat kattila, poltin, öljysäiliö, savuhormi sekä säätö- ja hallintalaitteet. Kiertovesipumppu siirtää

lämmitetyn veden vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään. Käyttövesi lämmitetään kattilassa lämmönsiirtimen avulla, erillään vesikiertoisesta lämmönjakojärjestelmästä. Öljykattiloiden hyötysuhde on noin 90–95 prosenttia ja palaminen on puhdasta. Lämmitysjärjestelmä on pitkälti automatisoitu ja häiriöiden varalta kattiloissa on sähkövastukset. (Öljy- ja biopolttoaineala 2013c).

Öljylämmitys vaatii öljysäiliön. Sisälle asennettavan öljysäiliön enimmäis-tilavuus on 3 000 litraa, jolloin se voidaan asentaa samaan tekniseen tilaan yksipesäkattilan kanssa. Tärkeillä pohjavesialueilla sijaitseva maanalainen öljysäiliö on tarkistettava 10 vuoden kuluttua sen käyttöönotosta. Keskkokoisessa omakotitalossa kuluu noin 2 500–3 000 kevyttä polttoöljyä vuodessa. (Motiva 2009, 25.)

Öljy on fossiilinen polttoaine, mutta nykyisin on saatavilla jo biokomponentin sisältäviä polttoaineita. Vesikiertoinen lämmönjako mahdollistaa lämmitysmuodon vaihdon. Öljyn hinta riippuu maailmanpolitiikasta sekä hinta on myös herkkä suhdannevaihteluille. (Motiva 2009, 34.)

4.6 Kaasulämmitys

Maakaasulla toimiva lämmitysjärjestelmä on hyvin samanlainen kuin öljylämmityksessä ja useimpiin öljykattiloihin sopii myös kaasu polttoaineeksi. Kaasua ei voi varastoida ja sen saatavuus on paikkakuntakohtainen. Maakaasuverkko kattaa Suomen kaakkois- ja eteläosan, minkä takia maakaasun markkinaosuus on pieni. Maakaasulla lämpiää yli 4 000 pientaloa Suomessa. (Motiva 2009, 26.)

Maakaasuverkkoon liittymisestä peritään liittymismaksu. Maakaasuliittymä sisältää muovisen kaasuputken venttiileineen sekä paineensäätö- ja mittauslaitteineen. Lisäksi tarvitaan lämmityskattila kaasupolttimella ja vesikiertoinen lämmönjako. Kondenssikattilalla saadaan hyötysuhteeksi laskennallisesti jopa yli 100 prosenttia, sillä kondenssikattila hyödyntää palamisessa syntyneen vesihöyryn lämpöenergian. (Motiva 2009, 26; Suomen Kaasuyhdistys n.d.)

Savukaasujen matalan lämpötilan ansiosta maakaasu ei likaa savuhormia eikä kattilaa, mikä vähentää huoltotarvetta. Turvallisuussyistä maakaasu on hajustettu mahdollisten vuotojen havaitsemiseksi. (Motiva 2009, 26.)

Biokaasun tuotanto on lisääntynyt Suomessa ja biokaasua hyödynnetään pientalojen lämmitykseen maakaasun tavoin. Biokaasu on kotimaista, uusiutuvaa ja ympäristöystävällistä energiaa, joka vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Biokaasua syötetään jo olemassa olevaan kaasuputkiverkostoon. (Gasum 2014.)

5 PIENTALOJEN TUKILÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Useimmissa pientaloissa on varsinaisen lämmitysjärjestelmän lisäksi täydentävä lämmönlähde. Tukilämmitysjärjestelmällä voidaan vähentää energiakustannuksia merkittävästi. Täydentäviä lämmitysmuotoja ovat esimerkiksi aurinkolämpö, ilmalämpöpumput ja tulisijat.

5.1 Aurinkoenergia

Suomen olosuhteissa voidaan hyödyntää hyvin aurinkoenergiaa. Etelä-Suomessa auringonsäteily vaakatasolla ja vuositasolla on noin 1 000 kWh/m² ja Keski-Suomessa noin 900 kWh/m². Auringonsäteilyn teho ja auringonpaisteen määrä vaihtelevat maapallon liikkeiden ja sään vaihtelujen mukaan. Pilvien määrä ja paksuus vähentävät auringon suoran säteilyn määrää, pilvisinä päivinä 80 prosenttia valosta saattaa olla hajasäteilyä. Suomessa keskimäärin puolet kokonaissäteilystä on hajasäteilyä. Auringon säteilyn vuodenaikavaihtelut ovat Suomessa suuria. Etelä-Suomessa säteilyenergiasta 90 prosenttia saadaan maalisyyskuun välisenä aikana. Auringon säteilyn globaali teho maan pinnalla on 170 000 TW. Auringonsäteilyn sisältämää energiaa voidaan muokata sähköksi ja lämmöksi. (Erat, Erkkilä, Nyman, Peippo, Peltola & Suokivi 2008, 22–26; Motiva 2014; RIL 265 2014, 31–32.)

5.1.1 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöä käytetään tukilämmitysjärjestelmänä öljy-, sähkö-, pelletti- tai puulämmityksen, lämpöpumpun perustuvan lämmityksen ja kaukolämmön kanssa. Aurinkolämmöllä lämmitetään käyttövedettä, huonetilojen lämmitykseen aurinkokeräimillä ei saada suuria energiamääriä. Aurinkolämpöjärjestelmän perusosat ovat keräimet, pumppuyksikkö, ohjausyksikkö, varaaja, lämmönsiirrin, putkisto ja varolaitteet. (Erat ym. 2008, 96–97.)

Lämpimän käyttöveden tarvitsemasta energiasta voidaan tuottaa jopa 50 prosenttia aurinkolämpöjärjestelmällä. Omakotitalossa vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän vuotuisesta lämmitysenergiasta voidaan kattaa noin 25–35 prosenttia. (Motiva 2009, 29.)

Aurinkokeräimen kannalta paras tuotto saadaan, kun auringonsäteily pääsee mahdollisimman esteettömästi paistamaan keräimeen koko päivän. Yleensä sopiva varjoton ja lämmin paikka löytyy talon katolta. Keräimien paras asennussuunta on etelä, paras kallistuskulma on 45 astetta. Käytännössä kallistuskulma vaihtelee 30 ja 60 asteen välillä. Keräimet ovat pinta-alaltaan 1–2 m², yhden neliömetrin kokoinen keräin tuottaa energiaa noin 250–400 kWh vuodessa. (Erat ym. 2008, 83–97.)

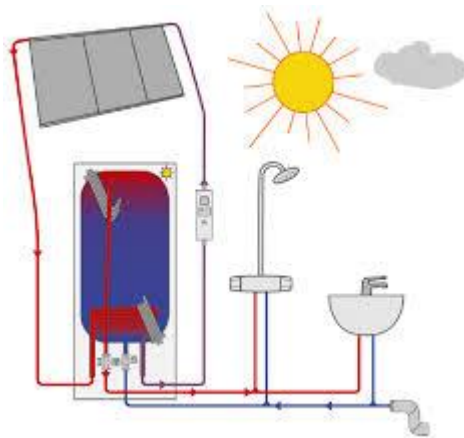
Nykyisin käytettävät keräimet ovat pääasiassa tasokeräimiä, joiden määrä valitaan lämpimän käyttöveden kulutuksen perusteella. Myös tyhjäputkeräinten osuus kasvaa vähitellen. Tasokeräimissä säteilyä kerätään tumman keräinelementin avulla. Tumma pinta absorboi säteilystä suurimman osan

ja kuumenee. Absorboivaan pintaan muodostunut lämpö siirretään lämmönsiirtonesteen avulla putkistoa pitkin lämpövaraajaan. (Erat ym. 2008, 72–75; Motiva 2014.)

Pumppuyksikkö kierrättää lämmönsiirtonesteenä toimivaa vesi-propyleeni-seosta keräimien ja varaajan alaosassa olevan lämmönsiirtimeen välillä. Ohjauksyksikkö käynnistää ja pysäyttää pumpun, termostaatin anturit ovat keräimissä ja varaajassa. Varolaitteena keräinjärjestelmässä on varoventtiili, jonka avautumispaine on yleensä 2–6 bar. Varaaja varustetaan aina varaajan rakennepaineen edellyttämällä varoventtiilillä, myös paisunta-astian valinnassa on huomioitava riittävän korkea rakennepainee. Ohjauksyksikkö, johon asennetaan varaajan maksimilämpötila, suojelee varaajaa ylikuumentumiselta. Varaaja, pumppu ja paisuntasäiliö on sijoitettava erilliseen tilaan. Aurinkolämpöjärjestelmissä tarvittava tekniikka on samanlaista kuin perinteinen LVI-tekniikka. (Erat ym. 2008, 97–98; Motiva 2014.)

5.1.2 Aurinkolämpö ja eri lämmitysmuodot

Huonekohtaista sähkölämmitystä käytettäessä aurinkolämmöllä valmistetaan lämmin käyttövesi. Kun käyttöveden lämmitys hoidetaan osittain aurinkoenergialla, käytetään pystymallista erikoisvaraajaa (kuva 16), jossa on lämmönsiirrin. Varaajan alaosan aurinkokierukka lämmittää säiliössä olevaa vettä aina, kun aurinkoenergia on saatavana. Varaajan yläosassa olevalla sähkövastuksella voidaan lämmittää tai tulistaa vettä, kun tarvitaan nopeasti käyttövettä. Alaosan sähkövastus lämmittää talvisin käyttöveden, koska aurinkoenergiaa ei ole riittävästi. (Erat ym. 2008, 99–100.)



Kuva 16. Kaukora Oy. Jäspi Solar aurinkovedenlämmitin. Viitattu 20.2.2016. Saatavissa: http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/Jaspi_Aurinkolaitteet_0116_web2.pdf.

Vesikiertoisessa varaavassa sähkölämmityksessä on jo vesivaraaja, johon aurinkolämpölaitteisto voidaan liittää lisäämällä varaajaan ylimääräinen lämmönsiirrin keräinpiiriä varten. Varaavan sähkölämmityksen varaajat ovat suuria suhteessa keräinpinta-aloihin. Lämmönsiirrin sijoitetaan niin, että siirtimeen yläpuolelle jää sopiva määrä vettä, sillä aurinkopiirin lämmönsiirrin lämmittää varaajasta vain sen yläpuolista osaa. (Erat ym. 2008, 100–101.)

Öljylämmityksen yhteydessä aurinkolämmityksellä voidaan tuottaa energiaa sekä lämmintä käyttövedettä että huonetilojen lämmitystä varten. Käytettäessä aurinkoenergiaa lämpimän käyttöveden tuottamiseen, säästyy vuodessa noin 250–300 litraa öljyä. Uusilla kattila- ja järjestelmäratkaisuilla aurinkoenergiaa käytetään myös talon lämmitykseen, jolloin vuodessa säästyy öljyä 700–800 litraa. (Ölly- ja biopolttoaineala ry 2016.)

Maalämpöpumpun tarvitsemaa ostoenergiaa voidaan vähentää aurinkolämmöllä. Maalämpöpumpun yhteydessä tarvitaan varaaja, johon aurinkokeräinten tuottama energia voidaan varastoida. Helpoin tapa on kytkeä aurinkokeräimet lämmönsiirtimien avulla varaajaan. (Erat ym. 2008, 106; VTT 2015.)

Aurinkolämmön hyödyntäminen kaukolämmön rinnalla on myös kannattavaa, koska aurinkolämmöllä voidaan korvata kalliimpaa kaukolämpöä. Lämmin käyttövesi esilämmitetään aurinkovaraajassa ja tarvittaessa kaukolämpö hoitaa loppulämmityksen. (Erat ym. 2008, 106; VTT 2015.)

5.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähköä voidaan käyttää hyväksi omakotiasumisessa. Tasavirtaa tuottavaa aurinkosähköpaneelia käytetään yleensä pienissä ilman sähköverkkoa olevissa mökeissä, veneissä tai asuntovaunuissa. Vaihtosuuntaajaa eli invertteriä käyttämällä on mahdollista tuottaa aurinkosähköjärjestelmän avulla 230 V:n vaihtosähköä. Normaalisti aurinkosähköjärjestelmään kuuluvat aurinkopaneeli, ohjausyksikkö, akku (ellei järjestelmä ole kytketty verkkoon) sekä invertteri. (Erat ym. 2008, 116; RIL 265 2014, 42.)

Aurinkopaneelit koostuvat sarjaan kytketyistä aurinkokennoista, joissa auringsäteiden energia aikaansaa sähköjännitteen. Kennojen raaka-aineena käytetään nykyään kiteistä, monikiteistä tai amorfista piitä. Aurinkopaneelien nimellisteho on 50–200 W ja hyötysuhde on 10–17 prosenttia. Paneelien suuntaus ja sijoittelu ovat samanlaisia aurinkokeräinten kanssa. (Erat ym. 2008 124–126.)

Aurinkosähköjärjestelmä voidaan kytkeä yleiseen sähköverkkoon, mikäli aurinkosähkön tuottaja on sopinut sähkön myyjän kanssa ylijäämänsähkön myymisestä. Parhaan hyödyn järjestelmän käyttäjä saa käyttämällä kaiken tuottamansa sähkön itse. (Motiva 2014.)

5.3 Ilmalämpöpumput

Ilmalämpöpumppu on yksinkertainen ja edullinen lämpöpumpputyyppejä, joka sopii lähes kaikkiin rakennuksiin. Lämpöä ulkoilmasta keräävän laitteen teho on parhaimmillaan silloin, kun ulkoilman ja sisäilman lämpötilaero on pieni. Pakkasen kiristyessä -15 °C:seen lämmöntuotanto kuitenkin laskee nopeasti. Laitteiden energiatehokkuuksia kannattaa vertailla pääkäyttöalueella eli ulkolämpötilassa -5 ja +5 °C:ssa. Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää myös tilojen viilennykseen. (Perälä & Perälä 2013, 49–50.)

Ilmalämpöpumppu koostuu ulko- ja sisäyksiköstä. Ulkoyksikön höyrystin ottaa lämpöä ulkoyksikön läpi kierrätettävästä ulkoilmasta. Korkeaan paineeseen puristettu kylmäaine siirtää lämmön sisäyksikön lauhduttimeen. Sisäyksikön tuuletin puhaltaa lämmön sisätiloihin. (Perälä & Perälä 2013, 39.)

Ilmalämpöpumppu parantaa sisäilman laatua kierrättämällä ilmaa sisäyksikössä olevan suodattimen kautta. Sisäyksikkö asennetaan katon rajaanelaiseen paikkaan, josta lämmin ilma pääsee vapaasti leviämään muihin tiloihin (Perälä & Perälä 2013, 93). Sopivimpia tiloja ovat esimerkiksi eteistilat ja aulat. Monissa ilmalämpöpumpuissa on ns. takkatoiminto eli takan lämpö saadaan leviämään koko asuntoon (Perälä & Perälä 2013, 59).

Suurin hyöty ilmalämpöpumpusta saadaan, kun sen annetaan tuottaa mahdollisimman suuren osan rakennuksen lämmityksestä. Lämmityspatterien termostaatit kannattaa säätää avautumaan vasta hieman ilmalämpöpumpun käynnistymistä alemmassa lämpötilassa. Huonetilojen jäähtyessä ilmalämpöpumppu käynnistyy silloin aina ensimmäisenä. Lämmityspatterit alkavat tuottaa lämpöä huoneeseen vasta sitten, kun ilmalämpöpumpun antama lämpö ei riitä. (Motiva 2008; Motiva 2009, 33.)

Ilmalämpöpumppu on edullisin tapa tuottaa lisälämpöä öljy- kuin sähkölämmityksenkin rinnalla. E-lukua määritettäessä ilmalämpöpumpun hyödyksi voidaan laskea 1 000 kWh vuodessa (Kurnitski 2012, 27). Hyvissä olosuhteissa ilmalämpöpumpulla voidaan säästää lämmitysenergiasta jopa 30–40 prosenttia. Noin 2 000 euron hankintakustannukset tulevat nopeasti takaisin alentuneina energiakuluina. (Perälä & Perälä 2013, 55.)

5.4 Tulisijat

Varaava tulisija on suosituin täydentävä lämmönlähde kaikissa lämmitysmuodoissa (Motiva 2015b). Uusiutuneiden määräysten mukaista E-lukua laskettaessa tulisijan osuudeksi lämmöntuotannossa voidaan laskea 2 000 kWh vuodessa (Kurnitski 2012, 27). Todellinen hyöty ahkeralle lämmittäjälle on kuitenkin laskennallista arvoa suurempi.

Tyypillisessä lämmityskäytössä tulisija on sijoitettava mahdollisimman keskeiselle paikalle rakennuksessa. Avoimesti toisiinsa liittyvät tilat auttavat lämmön siirtymistä eri tiloihin. Tulisijan valinnan ja käytön peruslähtökohta on arvioida rakennuksen lämmitysenergiantarve riittävällä tarkkuudella. (Motiva 2009, 31.)

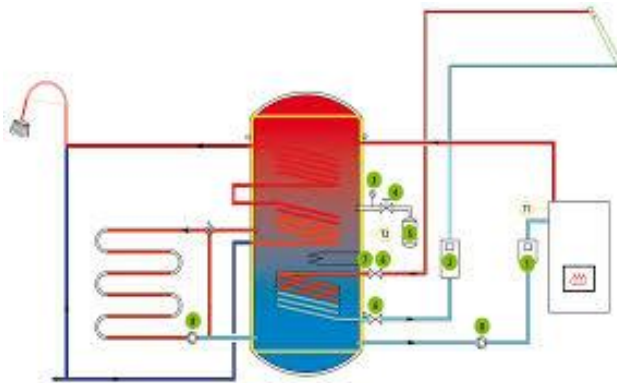
Varaavat takat, kevytrakenteiset kamiinat ja pellettitakat ovat erityyppisiä tulisijoja. Kamiinoiden ja kevyttakkojen runkorakenteet ovat joko valurautaa tai terästä ja ne ovat perinteisiä loma- ja vapaa-ajan asuntojen lämmityslaitteita. Tehdasvalmisteiset varaavat tulisijat voidaan jakaa elementtirakenteisiin massatulisijoihin, vuolukivitulisijoihin ja esivalmistettuihin tulisijoihin. Paikalla muuratuilla varaavilla tulisijoilla on suuri lämmönvarausriski ja ne luovuttavat hitaasti lämpöä. (RIL 251 2010, 73–88.)

Parhaiten ilmanvaihdon ja tulisijan yhteiskäytön ongelmat vältetään huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella niin, että painetasot hallitaan kaikissa

käyttöolosuhteissa. Perinteisesti tulisijan tarvitsema palamisilma on otettu tuhka- tai suuluukun rakojen kautta suoraan huoneilmasta. Tulisija liitetään savuhormiin tulisijavalmistajan ohjeiden mukaisesti. (Motiva 2009, 31; RIL 251 2010, 45–46.)

Tulisijan lämmönsiirto tapahtuu konvektiona pinnan ja ilman välillä, johtamalla rakenteiden läpi ja säteilynä tilan pintojen välillä (RIL 251 2010, 39). Varaavissa tulisijoissa hyötysuhde on jopa 85–90 prosenttia. Polttopuiden tulee olla kuivia, jolloin niiden lämpöarvo on suurempi. Kotimaisista puulajeista koivun lämpöarvo on suurin tilavuutta kohden ja koivusta saatava lämpömäärä on 1 010 kWh/i-m³. (RIL 251 2010, 65–66.)

Varaaviin tulisijoihin voidaan sijoittaa lämmönsiirrin, jolloin tulisija toimii osana talon vesikiertoista lämmitysjärjestelmää (kuva 17). Tulisijaa lämmitettäessä vesi lämpenee tulisijan sisällä olevassa teräsputkessa. Lämpötilan noustessa ohjausyksikkö käynnistää automaattisesti kiertovesipumpun. Lämmin vesi kiertää kierukka-tai hybridivaraajaan, josta tulee tulisijaan viileämpää vettä lämmitettäväksi. Kierto lakkaa, kun takan lämpö laskee alle ohjelmoidun lämpötilan. Hybridijärjestelmään on mahdollista liittää useampi lämmönlähde. Osa energiasta voidaan tuottaa esimerkiksi aurinkokehämin. (Paunila, sähköpostiviesti 9.2.2016.)



Kuva 17. NunnaUuni. Vesikiertotakka NunnaUuni-Aqua+. Viitattu 19.2.2016. Saatavissa: http://nunnauuni.com/material/attachments/kirjasto-media-pdf/yv29CJHnq/Aqua_FIN_2015.pdf.

Hybriditulisijalla voidaan polttaa sekä pellettejä että puuklapeja. Varaavaan tulisijaan integroidaan pelletinpolttolaitte, jolloin tulisija toimii panosperiaatteella. (RIL 251 2010, 87.)

Pellettitakoissa on automaattinen polttoainesyöttö ja ne vaativat sähköä toimiakseen. Polttoaineen syöttö palotilaan sekä savukaasu- että kiertoilmapuhallin ovat sähkötoimisia. Huoneilma kiertää takan lämmönvaihtimen läpi ja lämmin ilma puhalletaan huoneilmaan sähköisen puhaltimen avulla. (RIL 251 2010, 120.)

6 PIENTALON ENERGIAKORJAUKSEN TOTEUTTAMINEN

Ympäristöministeriön asetus 4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annettiin 27.2.2013. Asetuksessa on annettu vaihtoehtoisia etenemisreittejä talon energiatehokkuuden parantamiselle, joista hankkeeseen ryhtyvän on valittava sopivin ja edettävä sen mukaisesti pidemmälläkin aikajänteellä. Vaihtoehtoina ovat rakennusosakohtaisen lämmönläpäisevyyden ja teknisille järjestelmille annettujen vaatimusten noudattaminen, rakennuksen standardikäyttöön perustuvan energiankulutuksen pienentäminen sekä E-luvun pienentäminen vaadittuun tasoon. (Ympäristöministeriö 2013a.)

6.1 Kohteen esittely

Korjauskohde on vuonna 1989 valmistunut yksikerroksinen omakotitalo, jossa on 3 makuuhuonetta, olohuone, keittiö, sauna, pesuhuone, khh, wc sekä varasto. Taloon on liitetty kylmä autotalli. Pientalo (kuva 18) sijaitsee haja-asutusalueella. Taloon ei ole tehty suurempia remonteja, alkukesästä 2016 uusitaan kiinteistön tonttiviljelmä.

Rakennus on tyydyttävässä kunnossa, pintamateriaaleissa näkyy kuluneisuutta sekä muutaman ikkunan tiivistys on puutteellinen. Talon sähköpatterit ovat hyväkuntoiset, osaa käytetään vain talven kovimmilla pakkasilla.

Rakennusajankohta	1989
Kerrosluku	1
Pinta-ala	109 m ² , lisäksi autotalli
Muut rakennukset	Autokatos ja varasto



Kuva 18. Salovaara, H. 2015. Suorasähkölämmitteinen pientalo.

6.2 Energiaselvitys

Rakennuksen E-luvun ja ostoenegian kulutuksen arviointi tehtiin Pientalo-teollisuus PTT:n verkkosivuilta saatavalla yksinkertaisella Excel-laskurilla, joka on tarkoitettu energialaskennan arviointiin. Ohjelman on tehnyt Sitran Energiaohjelman johtava asiantuntija Jarek Kurnitski, joka on yksi Euroopan tunnetuimpia rakennusten energiatehokkuuden asiantuntijoita. (PTT 2015.)

6.2.1 Energialaskenta

Laskennassa selvitetään ensin lämmitysenergian nettotarve, joka koostuu tilojen lämmityksen, ilmanvaihdon lämmityksen ja käyttöveden lämmityksen nettotarpeista. Johtumishäviöt eli rakennusvaipan osien pinta-alat ja U-arvot, ikkunoiden koot, rakennuksen muoto ja rakennusosien väliset kylmäsilat sekä vuotoilma määräävät tilojen lämmityksen nettotarpeen. Laskennassa käytetään talon pohjapiirustuksia, leikkaus- ja julkisivukuvia apuna häviöiden määrittelyssä. (Kurnitski 2012, 29.)

Lämmitysenergian nettotarpeen laskemiseen tarvitaan kaikkien rakennusosien eli ulkoseinän (US), alapohjan (AP), yläpohjan (YP), ikkunoiden (IKK) ja ovien (OVI) pinta-alat ja U-arvot sekä rakennusosien välisten liitosten (US-US, YP-US, VP-US, AP-US ja IKK-US) viivamaiset konduktanssit ja pituudet. Rakennusosien pinta-alat ja liitospituudet lasketaan sisämitoilla. (Kurnitski 2012, 29.)

Rakennusosien U-arvojen laskennan ohjeet löytyvät RakMK C4:sta. Rakennetyypin U-arvoon sisältyvät säännölliset kylmäsilat, kuten siteet, rangat yms., eikä niitä huomioida erikseen. Rakennusosien liitoksien epäsäännölliset kylmäsilat on otettava huomioon. Ohjearvot löytyvät RakMK D5 osasta. Taulukossa 4 ovat yläpohjan ja ulkoseinän, ulkoseinän ja välipohjan sekä ulkoseinän ja alapohjan välisten liitosten lisäkonduktanssit.

Taulukko 4. Viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi Ψ_k (RakMK D5 2012, 17)

Ulkoseinän runkomateriaali	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)									
	Yläpohjan runkomateriaali			Välipohjan runkomateriaali			Alapohjan runkomateriaali			
	betoni	kevyt-betoni	puu	betoni	kevyt-betoni	puu	betoni, maan-vast.	betoni, ryöm. tila	kevyt-betoni	puu
betoni	0,08		0,04	0,0			0,24	0,28		
kevytbetoni	0,18	0,06	0,04	0,1	0,0		0,09	0,08	0,03	
kevytsorabetoni	0,13		0,04	0,07			0,15	0,11		
tiili	0,08		0,04	0,0			0,17	0,06		
puu			0,05			0,05	0,10			0,06
hirsi			0,04			0,0	0,11			0,09

Pientalon tilojen lämmitysenergian nettotarve voidaan laskea myös yhtälöstä (Kurnitski 2012, 32):

$$Q = 92 * (\text{ominaislämpöhäviö } H_{\text{vaippa}}/A_{\text{netto}}) - 11 \text{ eli}$$

$$Q = 92 * (131,4/109) \text{ W/(K m}^2) - 11 = 99,9 \text{ kWh/m}^2 \text{ vuodessa}$$

Pientalon standardikäytön mukainen valaistuksen vuosikulutus on 7,0 kWh/(m² a) ja kuluttajalaitteiden vuosikulutus on 15,8 kWh/(m² a) kuten taulukosta 7 selviää. Energiatehokkaampaa valaistusta voidaan myös käyttää. (RakMK D3 2012, 19.)

Taulukko 7. Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuosikulutukset (RakMK D3 2012,19)

Käyttötarkoitukseluokka	Valaistus kWh/(m ² a)	Kuluttajalaitteet kWh/(m ² a)
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	7,0	15,8
Asuinkerrostalo	9,6	21,0
Toimistorakennus	22,4	22,4

RakMk D3:n mukainen lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian nettotarve (taulukko 8) lämmitettyä nettoalaa kohden on 35 kWh/(m² a). Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energiankulutus riippuu käytettävistä ratkaisuista, joita voivat olla esimerkiksi aurinkokeräin, lämpöpumppu, kaukolämpö jne.

Taulukko 8. LKV:n ominaiskulutus ja lämmitysenergian tarve (RakMK D3 2012, 21)

Käyttötarkoitukseluokka	LKV:n ominaiskulutus l/(m ² a)	Lämmitysenergia kWh/(m ² a)
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalot, asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6

Taulukosta 9 (s. 43) näkyvät pientalon energian nettotarpeet, jotka koostuvat tilojen lämmityksestä sekä ilmanvaihdon että käyttöveden lämmityksestä, talon lähtöarvoilla laskettuna. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa tuuloilman lämpötila joudutaan mitoituspakkasilla (säilyvyhyke II) nostamaan -29 °C:sta +17 °C:seen. Ilmanvaihdon lämmityksen nettotarve on laskettu kaavalla

$$Q_{iv} = (T_s - T_u) * \rho_i * c_{pi}$$

jossa

Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, kWh
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kJ/(kg K)

Ilmanvaihdon lämmityksen nettotarpeesta 55,2 kWh(m²/a) on lisäksi vähennetty ihmisistä ja kuluttajalaitteista kertyvä lämpökuorma 7 kWh/(m²/a).

Suorasähkölämmitteisen pientalon energiatehokkuuden tarkastelu

Taulukko 9. Energian nettotarpeet

Energialaskenta		Nettotarve
		kWh/(m ² a)
Tilojen lämmitys		99,9
Ilmanvaihdon lämmitys		48,2
Käyttöveden lämmitys		35,0
Puhaltimet ja pumput		0,0
Valaistus		7,0
Kuluttajalaitteet		15,8
Yhteensä		206

Pientalon energiaselvitys tehtiin Pientaloteollisuus PTT:n yksinkertaisella laskurilla. Laskennassa tarvittavat pientalon tiedot lisättiin keltaisiin osiin. Laskennassa ei huomioitu ikkunoiden ja ovien ilmansuuntia eikä ylitämpöä. Taulukon 10 vihreällä merkityssä osassa näkyy suorasähkölämmitteisen rakennuksen nykyinen E-luku 367 kWh/m². Samassa taulukossa näkyy myös E-luku, mikäli talon lämmitykseen käytettäisiin muita energiamuotoja kuin sähköä.

Taulukko 10. Pientalon E-luvun ja ostoenergian kulutuksen arviointi

Rakennusosa	U_i	A_i	H_{joh}	Kylmäsiilat	Ψ_k	l_k	$H_{kylmäsiilat}$	Vuotoilma	$H_{vuotoilma}$
	W/(m ² ·K)	m ²	W/K		W/(m·K)	m	W/K		W/K
US	0,19	145,0	27,6	US-US	0,05	24,0	1,2	q_{so} , m ³ /(h·m ²)	4,0
YP	0,29	109,0	31,6	YP-US	0,05	44,0	2,2	kerrosten lkm	1
AP	0,22	109,0	24,0	VP-US	0,05	0,0	0,0		
IKK	1,4	13,7	19,2	AP-US	0,06	44,0	2,6	A_{vaippa} , m ²	380,7
OVI	1,4	4,0	5,6	IKK&OVI-US	0,04	72,2	2,9	$Q_{vuotoilma}$, m ³ /s	0,0121
Yhteensä	H_{joh} , W/K		107,9	$H_{kylmäsiilat}$, W/K			8,9	$H_{vuotoilma}$, W/K	14,5
$H_{vaippa} = H_{joh} + H_{kylmäsiilat} + H_{vuotoilma}$				W/K	131,4				
Lämmitetty nettoala				A_{netto} , m ²	109				
Rakennusvaipan ominaislämpöhäviö H_{vaippa}/A_{netto}				W/(K m ²)	1,21				
Talotekniset järjestelmät		Lämmitystapa		Maalämpö	Ulkoilma-vesi	Pelletti	Kaukolämpö	Sähkö	
Lämmin käyttövesi		Energialaskenta	Nettotarve	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	
nettotarve, kWh/(m ² a)	35		kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	
häviöt, kWh/(m ² a)	5	Tilojen lämmitys	99,9	31,9	48,4	140,2	111,8	105,1	
Aurinkokeräin, m ²	0	Ilmanvaihdon lämmitys	48,2	14,6	22,2	64,3	51,3	48,2	
tuotto, kWh/(m ² a)	0,0	Käyttöveden lämmitys	35,0	17,4	24,0	53,3	42,6	40,0	
Lämmönjaon ja -luovutuksen		Puhaltimet ja pumput	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	0,0	
hyötysuhde, -	0,95	Valaistus	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	
Ilmanvaihto		Kuluttajalaitteet	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	
LTO lämpötilasuhde,%	0	Yhteensä	206	87	117	283	231	216	
ominaissähköteho	0	E-vaatimus	204	E-luku	147	199	172	187	367

Koska rakennuksessa on varaava tulisija, voidaan tulisijasta tilaan saatavaksi energiaksi laskea enintään 2 000 kWh vuodessa. RakMK D5 ohjearvon mukainen hyötysuhde on 0,6 eli ostoenergian kulutus 2 000 kWh:n tuottamiseksi on $2\,000/0,6 = 3\,333$ kWh polttopuuta ja sitä vastaava E-energia $3\,333 \cdot 0,5 = 1\,667$ kWh. Sähköpatterin E-energia on $(2\,000/0,95) \cdot 1,7 = 3\,579$ kWh. Varaava tulisija säästää E-luvussa 1 911 kWh, mikä on 17 kWh/m². Tällöin rakennuksen E-luku on 350 kWh/m².

Rakennuksen kokonaissähkönkulutus oli vuonna 2015 10 464 kWh, lisäksi kuivaa koivuklapia kuluu varaavassa tulisijassa noin 7 i-m³. RakMK D5 mukaan varaavan tulisijan hyötysuhde on 0,6 eli puusta saatava energiamäärä on 0,6 *1010 kWh*7 = 4 242 kWh. Kokonaisenergiamäärä oli 14 706 kWh. Laskennallisesti ostoenergiaa kiinteistöön tarvitaan 109 m² * 216 kWh = 23 544 kWh/(m² a). Laskelmassa ei ole huomioitu ilmaisenergioita kuten aurinkoa, lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöstä tulevaa lämpökuormaa eikä sähkölaitteita.

6.2.2 Energiatehokkuusluokka

Talon E-luku on 350 kWh/m². Energiatodistusasetuksen (176/2013) mukainen talon energiatehokkuusluokka on E. Luokitus riippuu rakennuksen lämmitettävästä nettopinta-alasta sekä E-luvusta.

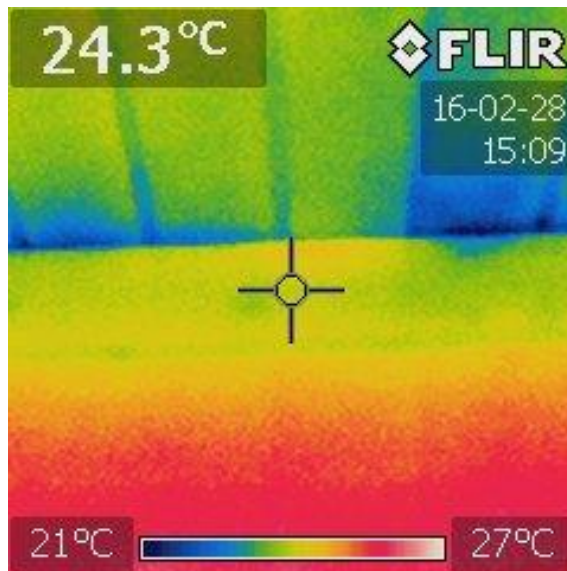
Taulukko 11. Energiatehokkuusluokat, kun A_{netto} < 120 m² (YMa 176/2013, 18)

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh _E /m ² vuosi)
A	E-luku ≤ 94
B	95 ≤ E-luku ≤ 164
C	165 ≤ E-luku ≤ 204
D	205 ≤ E-luku ≤ 284
E	285 ≤ E-luku ≤ 414
F	415 ≤ E-luku ≤ 484
G	485 ≤ E-luku

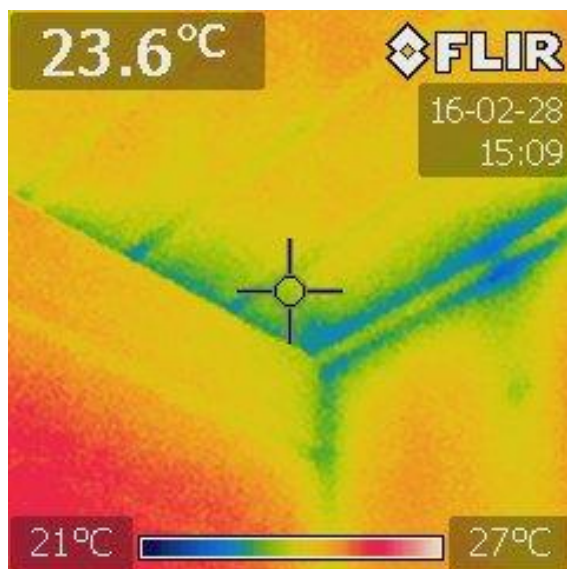
Usein vanhat kiinteistöt sijoittuvat luokkiin D ja E. Uudisrakentamisessa kiinteistön energiatehokkuusluokan pitää olla yleensä vähintään C.

6.3 Rakennusosakohtaiset vaatimukset

Ensimmäisenä vaihtoehtona oli parantaa rakennusosia nykyisten lämmönläpäisyvaatimusten tasolle. Rakennuksen leikkauskuvissa oli yläpohjan eristemääräksi merkitty 300 mm mineraalipuhallusvillaa. Termex Oy:n edustajan tutkittua yläpohjan yhdessä omistajan kanssa todettiin, että yläpohjassa oli eristettä 200–300 mm epätasaisesti levitettynä. Eristeessä ei havaittu kosteusvaurioita eikä lämpövuotoja. Kiinteistön sisällä lämpökuvaus osoitti eristepuutteita yläpohjan ja ulkoseinän yhtymäkohdissa (kuvat 19–20, s. 45–46). Kohteessa päätettiin lisäeristää yläpohja. Kohteessa tutkittiin myös ikkunoiden ja ulko-oven vaihtamista uusiin määräystenmukaisiin ikkunoihin ja ulko-oveen. Yläpohjaan valittiin Termex Oy:n Sidox® -puhallettu levyvilla.



Kuva 19. Salovaara, H. 2016. Lämpövuoto ulkoseinän ja katon yhtymäkohdassa.



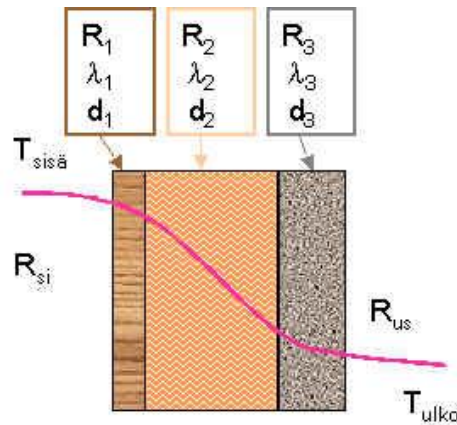
Kuva 20. Salovaara, H. 2016. Lämpövuoto ulkonurkassa katon yhtymäkohdassa.

6.3.1 Yläpohjan lisäeristäminen ja U-arvon laskeminen

Lämmönläpäisykerroin U kertoo sen tehon watteina, jolla lämpö virtaa pinta-alaltaan yhden neliön suuruisen seinämän läpi, kun lämpötilaero rakenteen molemmin puolin on yksi Kelvin. Lämmönläpäisykerroimen yksikkö on $W/(m^2 K)$. Rakenteiden lämmönsiirtymiskerroin voidaan laskea, kun tiedetään rakenteen eri materiaalien lämmönjohtavuus ja paksuus. (Harsia n.d.)

Normaalisti seinä-, katto- ja lattiarakenteissa on käytetty useita eri materiaaleja, esim. pintamateriaalit, kantava rakenne ja lämmöneristys. Lämpövirran suhteen tällöin on sarjassa erilaisia lämpövastuksia (kuva 21, s. 47). Rakentajille on annettu RakMk C4 osassa taulukkoarvoina rajapintojen lämmönvastuksia eli pintavastuksia. Rakenteen kokonaislämmönvastuksen

R:n käänteisarvoa sanotaan lämmönläpäisykerroimeksi eli U-arvoksi. (Harsia n.d.)



Kuva 21. Harsia, P. U-arvon laskeminen. Viitattu 2.4.2016. Saatavissa: www.amk.fi/opintojak-sot/0505015/1119948180490/1119952720312/1119957895471/1119957967792.html.

Rakenteen lämpövastus R ($\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$) lasketaan kaavalla

$R = d/\lambda$, jossa d on rakenteen paksuus ja λ on aineen lämmönjohtavuus.

Lämmönläpäisykerroin U $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$ lasketaan kaavalla

$U = 1/(R_{\text{si}}+R_{\text{se}}+R_1+R_2+\dots R_n)$, jossa R_{si} on sisäilman ja seinän ylimenovastus, R_{se} on ulkoilman ja seinän ylivastus ja $R_1\dots R_n$ ovat rakenneosien lämpövastukset.

Pientalon yläpohjassa ollut puhallusvilla oli levitetty epätasaisesti 200–300 mm:n kerrokseksi. Yläpohjan U-arvo määriteltiin yllä olevia kaavoja käyttäen ohuemman eristekerroksen mukaan. Rakennusosakohtaisissa vaatimuksissa yläpohjan uuden U-arvon pitää olla 0,5* alkuperäinen U-arvo, enintään kuitenkin 0,09 $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$. Kiinteistön rakentamisaikaan on ollut vuonna 1985 voimassa olleet RakMk C3 osan vaatimukset, joissa yläpohjan U-arvo oli 0,22 $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$. Toteutettavan lisäeristykseen myötä uudeksi U-arvoksi tulee 0,11 $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$, kuten alla olevasta taulukosta 12 havaitaan.

Taulukko 12. Yläpohjan uusi U-arvo $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$

YP	mm	m	λ	R	U
pintavastus				0,04	
mineraalivilla	200	0,2	0,06	3,33	0,29
selluvilla	200	0,2	0,039	5,13	0,18
kattopaneeli	13	0,013	0,12	0,11	
pintavastus				0,17	
Uusi U-arvo $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$				1/8,78 =	0,11

Yläpohjaan haluttiin valita ympäristöystävällinen, kierrätetystä paperikuidusta valmistettu eriste. Termex Sidox® puhalletussa levyvillassa eriste

pysyy paikoillaan, koska asennuksen yhteydessä kuidut liimautuvat toisiinsa ja yläpohjan rakenteisiin. Eriste on lähes painumaton eikä siihen jää saumavuotoja. (Termex n.d.)

Selluvillan asennuskustannukset ovat 1 836 euroa ja takaisinmaksuaika kotalousvähennyksen jälkeen on noin 5,5 vuotta (Markkinen, sähköpostiviesti 24.2.2016). Lämmityskustannuksissa säästetään lisäeristämällä 240 euroa vuodessa. Lisäeristämisen jälkeen kiinteistön uusi E-luku on 321 kWh/m² (taulukot 13 ja 14).

Taulukko 13. Yläpohjan lisäeristämisen vaikutus E-lukuun

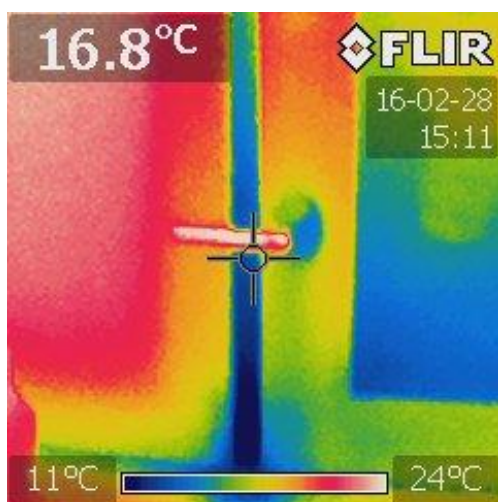
Rakennusosa	U_i	A_i	H_{joht}	Kylmäsiilat	Ψ_k	l_k	$H_{kylmäsiilat}$	Vuotoilma	$H_{vuotoilma}$
	W/(m ² ·K)	m ²	W/K		W/(m·K)	m	W/K		W/K
US	0,19	145,0	27,6	US-US	0,05	24,0	1,2	q_{50} , m ³ /(h·m ²)	4,0
YP	0,11	109,0	12,0	YP-US	0,05	44,0	2,2	kerrosten lkm	1
AP	0,22	109,0	24,0	VP-US	0,05	0,0	0,0		
IKK	1,4	13,7	19,2	AP-US	0,06	44,0	2,6	A_{vaippa} , m ²	380,7
OVI	1,4	4,0	5,6	IKK&OVI-US	0,04	72,2	2,9	$Q_{vuotoilma}$, m ³ /s	0,0121
Yhteensä			H_{joht} , W/K				$H_{kylmäsiilat}$, W/K	$H_{vuotoilma}$, W/K	
			88,3				8,9	14,5	
$H_{vaippa} = H_{joht} + H_{kylmäsiilat} + H_{vuotoilma}$				W/K		111,7			
Lämmitetty nettoala				A_{netto} , m ²		109			
Rakennusvaipan ominaislämpövähvö H_{vaippa}/A_{netto}				W/(K m ²)		1,03			
Talotekniset järjestelmät		Lämmitystapa		Maalämpö	Ulkoilma-vesi	Pelletti	Kaukoiämpö	Sähkö	
Lämmin käyttövesi		Energialaskenta	Nettotarve	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia
nettotarve, kWh/(m ² a)	35		kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)
häviöt, kWh/(m ² a)	5	Tilojen lämmitys	83,3	26,6	40,3	116,9	93,3	87,7	
Aurinkokeräin, m ²	0	Ilmanvaihdon lämmitys	48,2	14,6	22,2	64,3	51,3	48,2	
tuotto, kWh/(m ² a)	0,0	Käyttöveden lämmitys	35,0	17,4	24,0	53,3	42,6	40,0	
Lämmönjaon ja -luovutuksen		Puhaltimet ja pumput	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	0,0	
hyötysuhde, -	0,95	Valaistus	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	
Ilmanvaihto		Kuluttajalaitteet	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	
LTO lämpötilasuhde,%	0	Yhteensä	189	81	109	260	212	199	
ominaissähköteho	0	E-vaatimus	204	E-luku	138	186	160	174	338

Taulukko 14. E-luku kWh/m² lisäeristämisen jälkeen

E-luku	338
Tulisijan käyttö	-17
Uusi E-luku	321

6.3.2 Ikkunoiden ja ulko-ovien vaihtaminen

Mikäli kohteen ikkunat ja ulko-ovi vaihdettaisiin uusiin, niiden U-arvo saisi olla enintään 1,0 W/(m² K). Uusien kolminkertaisten ikkunoiden ja ulkooven kustannusarvio oli 8 531 € ja nelinkertaisten lämmönläpäisyarvoltaan 0,8 W/m² K ikkunoiden kustannusarvio oli 9 453 € (Tiainen, sähköpostiviesti 18.2.2016). Ikkunoiden vaihtamisella ei kuitenkaan saavuteta merkittävää energiansäästöä ja remontin takaisinmaksuaika vie noin 20 vuotta. Nykyiset ikkunat ovat hyväkuntoiset, joten niiden lämmönpitävyyttä parannetaan uusimalla tiivistet ja tarkistamalla ikkunoiden lukitussalvat. Muutaman ikkunan lukitussalvat olivat liian löysällä ja lämpöä pääsi karkaamaan. Lämpökuvauksessa näkyivät selvästi keittiön ikkunan lämpövuodot (kuva 22, s. 49).



Kuva 22. Salovaara, H. 2016. Keittiön ikkunan lukitussalpa on liian löysä.

6.4 Energiankulutusvaatimukset rakennusluokittain

Jos energiatehokkuuden parantaminen suunnitellaan rakennuksen standardikäyttöön perustuvaa energiankulutusta pienentämällä, tarkastellaan koko rakennuksen vuosittaista, normaalikäytössä syntyvää energiakulutusta suhteessa rakennuksen pinta-alaan. Energiamuodon kerrointa ei oteta huomioon. Tämän pientalon energiankulutuksen pitäisi olla vähemmän kuin 180 kWh/m², jotta vaatimukset täytyisivät.

Taulukko 15. Energiankulutus kWh/m² rakennusluokittain

Tilojen lämmitys	105,1
Ilmanvaihdon lämmitys	48,2
Käyttöveden lämmitys	40,0
Puhaltimet ja pumput	0,0
Valaistus	7,0
Kuluttajalaitteet	15,8
Tulisijan käyttö	-17
E-luku	199,1

Rakennuksen energiankulutus on 199 kWh/m² (taulukko 15). Lisäeristämisen jälkeen energiankulutus on 182 kWh/m². Kiinteistöön hankitaan ilmalämpöpumppu, jonka tuottamaksi lämmitysenergiaksi voidaan laskea 1 000 kWh RakMK D5 ohjearvojen mukaisesti. Ilmalämpöpumppu säästää 9 kWh/m² ostolämmitysenergiaa.

Taulukko 16. Energiakulutus kWh/m² rakennusluokittain ilmalämpöpumpun vaikutus

Energiankulutus	216
Lisäeristys	-17
Tulisija	-17
Ilmalämpöpumppu	- 9
Uusi energiankulutus	173

Lisäeristämisen ja lämpöpumpun avulla rakennuksessa alitetaan rakennusluokittaiset energiakulutusvaatimukset 180 kWh/m² (taulukko 16, s. 49), uusi energiankulutus on 173 kWh/m².

Kiinteistöön hankitaan Fujitsu ASYG09LM ilmalämpöpumppu, jonka hinta on 1 600 € asennettuna. Kotitalousvähennyksen jälkeen laitteen hinnaksi jää noin 1 350 €. Laitteessa on myös takkatoiminto, jonka avulla tulisijasta tulevaa lämpöä voidaan kierrättää kiinteistössä.

6.5 E-luku-vaatimukset rakennusluokittain

Jos energiatehokkuuden parantaminen suunnitellaan rakennuksen standardikäyttöön perustuvaa kokonaisenergiankulutusta (E-luku, kWh/m²) pienentämällä, niin uuden E-luvun on oltava 0,8* laskettu E-luku.

Rakennuksen uuden E-luvun pitäisi olla 0,8 * 350 = 280 kWh/m². Päälämmitysmuotona on sähkölämmitys, jonka energiamuodon kerroin 1,7 vaikuttaa melkoisesti E-luvun muodostumiseen.

6.5.1 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla

Kokonaisenergiankulutuksen vähentäminen koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon avulla sekä tehokkaalla lämmöntalteenotolla pienentää E-lukua selvästi. Kun yläpohjan lisäeristäminen on myös tehty, uusi E-luku on 277 kWh/m² (taulukko 17). Tulisijan käytöstä voidaan vähentää vielä 17 kWh/m² eli E-luku on 260 kWh/m². Energiatehokkuusluokka nousisi luokkaan D. Kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmän muuttaminen painovoimaisesta ilmanvaihtoista koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon lämmöntalteenotolla on noin 10 000 euron investointi. Kustannukset ovat korkeat talon arvoon nähden, joten ilmanvaihtoremontti jää toteuttamatta.

Taulukko 17. Koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihto+LTO ja yläpohjan eristäminen

Rakennusosa	U_i	A_i	H_{joht}	Kylmäsiilat	Ψ_k	l_k	$H_{kylmäsiilat}$	Vuotoilma	$H_{vuotoilma}$
	W/(m ² ·K)	m ²	W/K		W/(m·K)	m	W/K		W/K
US	0,19	145,0	27,6	US-US	0,05	24,0	1,2	q_{50} , m ³ /(h·m ²)	4,0
YP	0,11	109,0	12,0	YP-US	0,05	44,0	2,2	kerrosten lkm	1
AP	0,22	109,0	24,0	VP-US	0,05	0,0	0,0		
IKK	1,4	13,7	19,2	AP-US	0,06	44,0	2,6	A_{vaippa} , m ²	380,7
OV1	1,4	4,0	5,6	IKK&OV1-US	0,04	72,2	2,9	$Q_{vuotoilma}$, m ³ /s	0,0121
Yhteensä	H_{joht} , W/K		88,3	$H_{kylmäsiilat}$, W/K			8,9	$H_{vuotoilma}$, W/K	14,5
$H_{vaippa} = H_{joht} + H_{kylmäsiilat} + H_{vuotoilma}$				W/K		111,7			
Lämmitetty nettoala				A_{netto} , m ²		109			
Rakennusvaipan ominaislämpöhäviö H_{vaippa}/A_{netto}				W/(K m ²)		1,03			
Talotekniset järjestelmät		Lämmitystapa		Maalämpö	Ulkoilma-vesi	Pelletti	Kaukolämpö	Sähkö	
Lämmin käyttövesi		Energialaskenta	Nettotarve	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	
nettotarve, kWh/(m ² a)	35		kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	
häviöt, kWh/(m ² a)	5	Tilojen lämmitys	83,3	26,6	40,3	116,9	93,3	87,7	
Aurinkokeräin, m ²	0	Ilmanvaihdon lämmitys	8,8	2,7	4,0	11,7	9,3	8,8	
tuotto, kWh/(m ² a)	0,0	Käyttöveden lämmitys	35,0	17,4	24,0	53,3	42,6	40,0	
Lämmönjaon ja -luovutuksen		Puhallimet ja pumput	3,5	3,5	3,5	6,0	6,0	3,5	
hyötysuhde, -	0,95	Valaistus	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	
Ilmanvaihto		Kuluttajalaitteet	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	
LTO lämpötilasuhde,%	75	Yhteensä	153	73	95	211	174	163	
ominaissähköteho	1	E-vaatimus	204	E-luku	124	161	140	151	277

6.5.2 Aurinkolämpöjärjestelmä

Kiinteistöön kartoitettiin aurinkolämmön käyttöä lämpimän käyttöveden tuottamiseksi. Ruukki Oy:n 4 m²:n aurinkolämpöpaketti ja Jäspi Solar varaaja maksavat asennettuna 6 180 € (Anttila, sähköpostiviesti 16.2.2016). Talon kattolapellelle sijoitettavia aurinkokeräimiä varjostavat suurimman osan päivästä naapurin puut, koska kiinteistön harjan sijaintisuunnasta johtuen keräimet jouduttaisiin laittamaan länteen päin. Mikäli aurinkokeräimet sijoitetaan itään päin, keräimien tuotto laskee noin 25 prosenttia. Ruukki Oy:n aurinkokeräimen vuosituotto on 441 kWh/m² (Anttila, sähköpostiviesti 16.2.2016). Mikäli 4 m²:n aurinkokeräimet sijoitettaisiin itään päin, aurinkokeräinten vuosituotto on $4 \text{ m}^2 * 441 \text{ kWh} * 0,75 = 1 323 \text{ kWh}$.

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve on 35 kWh/(m² a) + käyttöveden häviöt 5 kWh/(m² a). Lämmityksen nettotarve lasketaan henkilömäärästä olettamalla lämpimän veden kulutukseksi 50 l/vrk. Vuosikulutus on 1 065 kWh/hlö. Kun järjestelmässä on erillinen käyttöveden varaaja, kuten sähkölämmityksen yhteydessä on, myös varaajan häviöt on otettava huomioon. 300 litran varaajan häviönä voidaan käyttää 650 kWh vuodessa. Jos vettä lämmitetään aurinkokeräimellä, sen tuotto vähennetään lämmitysenergian tarpeesta. (Kurnitski 2012, 35.)

Lämmitysenergian tarve lasketaan lisäämällä alkuperäiseen energiatarpeeseen järjestelmähäviö/lämmitettävä nettopinta-ala ja vähentämällä näistä keräinten tuotto/ lämmitettävä nettopinta-ala.

$$40 + \frac{650}{109} - \frac{4 * 441 * 0,75}{109} = 33,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}).$$

Vuodessa lämpimän käyttöveden lämmitysenergiaa säästyisi $40 - 33,8 = 6,2 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Kyseessä olevassa pientalossa säästyisi siis 675 kWh sähköä vuodessa. Nykyisillä sähkön hinnoilla säästöä kertyisi $675 \text{ kWh} * 0,14 \text{ €/kWh} = 94,50 \text{ €}$. Aurinkokeräimistä saatava hyöty jäänee pieneksi investointikustannuksiin nähden ja takaisinmaksuaika on useita kymmeniä vuosia.

Mikäli kiinteistössä halutaan hyödyntää aurinkolämpöä käyttöveden lämmitykseen, aurinkokeräinten pinta-alaa pitää kasvattaa huomattavasti. Ruukki Oy:n 8 m²:n aurinkokeräimet ja 400 litran varaaja maksavat 9 190 € (Anttila, sähköpostiviesti 16.2.2016).

Taulukosta 18 (s. 52) näkyy PTT:n laskurilla tehty arvio talon kokonaisenergiankulutuksesta, kun aurinkokeräinten pinta-ala on 8 m² ja talon yläpohja on eristetty. Tässä laskelmassa ei ole huomioitu käyttövesivaraajan järjestelmähäviötä. Kun E-luvusta 297 kWh/m² vähennetään vielä tulisijan käytöstä 17 kWh/m², niin uusi E-luku 280 kWh/m² nostaisi talon energiatehokkuusluokkaan D.

Taulukko 18. Aurinkokeräimien ja lisäeristyksen vaikutus E-lukuun

Rakennusosa	U_i	A_i	H_{joht}	Kylmäsiilat	Ψ_k	l_k	$H_{kylmäsiilat}$	Vuotoilma	$H_{vuotoilma}$
	W/(m ² ·K)	m ²	W/K		W/(m·K)	m	W/K		W/K
US	0,19	145,0	27,6	US-US	0,05	24,0	1,2	q_{50} , m ³ /(h·m ²)	4,0
YP	0,11	109,0	12,0	YP-US	0,05	44,0	2,2	kerrosten lkm	1
AP	0,22	109,0	24,0	VP-US	0,05	0,0	0,0		
IKK	1,4	13,7	19,2	AP-US	0,06	44,0	2,6	A_{vaippa} , m ²	380,7
OVI	1,4	4,0	5,6	IKK&OVI-US	0,04	72,2	2,9	$Q_{vuotoilma}$, m ³ /s	0,0121
Yhteensä	H_{joht} , W/K		88,3	$H_{kylmäsiilat}$, W/K			8,9	$H_{vuotoilma}$, W/K	14,5
$H_{vaippa} = H_{joht} + H_{kylmäsiilat} + H_{vuotoilma}$				W/K	111,7				
Lämmitetty nettoala				A_{netto} , m ²	109				
Rakennusvaipan ominaislämpöhäviö H_{vaippa}/A_{netto}				W/(K·m ²)	1,03				
Talotekniset järjestelmät		Lämmitystapa		Maalämpö	Ulkoi ilma-vesi	Pelletti	Kaukolämpö	Sähkö	
Lämmin käyttövesi		Energiaskenta	Nettotarve	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia	Ostoenergia
nettotarve, kWh/(m ² ·a)	35		kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)
häviöt, kWh/(m ² ·a)	5	Tilojen lämmitys	83,3	26,6	40,3	116,9	93,3	87,7	
Aurinkokeräin, m ²	8	Ilmanvaihdon lämmitys	48,2	14,6	22,2	64,3	51,3	48,2	
tuotto, kWh/(m ² ·a)	24,2	Käyttöveden lämmitys	35,0	6,9	9,5	21,0	16,8	15,8	
Lämmönjaon ja -luovutuksen hyötysuhde, -	0,95	Puhaltimet ja pumput	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	0,0	
Ilmanvaihto		Valaistus	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	
LTO lämpötilasuhde,%	0	Kuluttajalaitteet	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	
ominaissähköteho	0	Yhteensä	189	71	95	228	187	174	
		E-vaatimus	204	E-luku	120	161	144	156	297

Aurinkolämpöjärjestelmään investointia harkitaan talon pitkän aikavälin energiasaneerauksissa. Aurinkoenergiainvestoinnin kannattavuutta ei pitäisi arvioida takaisinmaksuajalla. Aurinkokeräinjärjestelmä on teknisesti hyvin toimiva ja käyttöaika on yli 30 vuotta. Lisäksi nykyään aurinkoenergian kotimaisuusaste on korkea ja järjestelmien suunnittelulla ja asentamisella on työllistävä vaikutus. Aurinkoenergialla voidaan korvata kalliimpaa ostoenergiaa ja vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Investointikustannusten jälkeen aurinkoenergia on ilmaista.

6.5.3 Aurinkosähkö

Pientaloon kartoitettiin aurinkosähköpaketin hankintaa Fortumilta. Talon kattokulma ja harjan suuntaus sekä sijaintipaikkakunta syötettiin Fortumin nettisivuilla olevaan aurinkolaskuriin. Aurinkosähköpaneelien alaksi valittiin 10 m².

Taulukko 19. Aurinkosähköpaneelien tuotto ja hinta (Fortum 2016)

Oma sähköntuotanto	
Paneelien lukumäärä	6 kpl
Arvioitu vuotuinen sähköntuotanto ²⁾	n. 1029 kWh
Arvioitu vuotuinen säästö	
Arvioitu vuotuinen säästö ³⁾	133 €
Kustannus	
Aurinkopaneelijärjestelmä	2870 €
Asennustyö ⁴⁾	1550 €
Hinta yhteensä	4420 €
Arvioitu kotitalousvähennys⁵⁾	598 €

Oma aurinkosähkön tuotanto on noin 1 029 kWh/v (taulukko 19). Kaikki tuotettu aurinkosähkö käytetään itse, jolloin vuotuinen säästö energiakuuluisissa on arviolta 133 euroa. Kotitalousvähennyksen jälkeen järjestelmän

hinnaksi jää noin 3 800 euroa. Kyseinen järjestelmäkokoontaminen säästää noin 994 kg CO₂-päästöjä verrattuna hiilivoimalla tuotettuun sähköön (Forum 2016).

Aurinkosähkön avulla kokonaisenergiankulutus vähenisi $1\,029/109 = 9,4$ kWh/m²/a. Tällä hetkellä pientaloon ei suunnitella aurinkosähkön hankintaa, mutta se on yksi varteenotettava vaihtoehto tulevaisuudessa.

6.6 Muut toimenpiteet

Kiinteistöön kartoitettiin myös muita energiansäästövaihtoehtoja, joilla voitaisiin vähentää energiankulutusta tai säästää energiakuluissa. Näitä toimenpiteitä olivat kiinteistön sähkösovimuksen kilpailuttaminen, aurinkosähkö, mahdollisesti vesikiertoisen takan hankkiminen sekä OptiWatti lämmityksen ohjausjärjestelmän asentaminen.

6.6.1 Sähkösovimus

Talon sähkösovimus kilpailutettiin Energiaviraston nettisivujen kautta loppuvuonna 2015 ja uudeksi sähkön toimittajaksi valittiin Helen Oy. Sähkön haluttiin olevan uusiutuvalle energialle tuotettua ja sähköksi valittiin Helenin 100 % alkuperätakuin varmennettu vesisähkö. Sähkösovimuksen kilpailuttamisella säästetään vuositasolla noin 180 euroa.

6.6.2 Vesitakka

Kiinteistöön harkittiin ostettavaksi NunnaUnin Blanka Angolo Aqua+ vesitakkaa lämmönsiirtimellä, jolloin tulisijan lämmöstä osa käytettäisiin lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Takan hinta asennettuna on 6 200 € (Paukila sähköpostiviesti 9.2.2016). Lisäksi kustannuksia nostavat LVI-työt noin 500 €, uusi 300 litran vesivaraaja 1 690 € sekä vanhan takan purkaminen. Vanha varaava paikalla muurattu takka on hyväkuntoinen, joten sen purkaminen ei kannata. Vesitakan asentaminen hylättiin kalliiden investointikustannusten takia.

6.6.3 OptiWatti-säätöjärjestelmä

OptiWatti-säätöjärjestelmä ohjaa suorasähkölämmityksellä toimivaa lämmitystä sekä ilmalämpöpumppuja. Järjestelmässä jokaiseen huoneeseen asennetaan huonekohtaiset anturit sekä lämmityslaittekohtaiset ohjaimet. Huonekohtaiset anturit mittaavat lämpötilaa ja lähettävät tiedon kontrolleille, joka säätää lämmityslaitteita. Kun haluttu lämpötila on saavutettu, sähkönsyöttö katkaistaan. Järjestelmällä voi säästää jopa 40 % lämmityskuluissa. (Opti Automation 2016.)

Kiinteistöön Optiwatti-säätöjärjestelmän asentaminen maksaisi 1 860 € ja lisäksi kuukausimaksu olisi 4,96 € (Loponen, sähköpostiviesti 15.12.2015). Kiinteistössä käytetään polttopuuta lämmitykseen ja sähkölämmitys on

käytössä kaikissa tiloissa vain kovilla pakkasilla. Energiatodistusta laskettaessa järjestelmä ei vaikuta laskennallisesti mitenkään kiinteistön energiatehokkuuteen. Järjestelmän hinnalla saa hyvän ilmalämpöpumpun, joten tämä vaihtoehto hylättiin.

6.7 Takaisinmaksuajat

Pientaloon suunnitellut energiasaneerauksen korjaustoimenpiteet ovat yläpohjan lisäeristäminen, ilmalämpöpumpun hankinta sekä sähkösopimuksen kilpailuttaminen. Taulukosta 20 näkyvät investointikustannukset kotitalousvähennyksen jälkeen, arvioidut säästöt vuodessa sekä takaisinmaksuajat.

Taulukko 20. Takaisinmaksuajat

Toimenpide	investointi	säästö	takaisinmaksuaika
Yläpohjan lisäeristys	1 340	240	5,5 v
Lämpöpumppu	1 350	120	11 v
Sähkösopimus		180	
Yhteensä	2 690	540	

Suunnitellut korjaustoimenpiteet maksavat kotitalousvähennyksen jälkeen 2 690 €. Lisäksi tulevat talon tonttiviemäriin korjauskustannukset, jolloin korjauskustannukset ovat noin 10 prosenttia kiinteistön nykyarvosta.

Vuotuinen säästö energiakustannuksissa on laskennallisesti 540 €. Takaisinmaksuaika lämpöpumpulle on huomattavasti lyhempi, koska laskelma on tehty RakMk D5 ohjeiden mukaisesti.

6.8 Energiasaneerauksen toteutus

Ympäristöministeriön asetuksessa 4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä vaihtoehtoisia reittejä ovat rakennusosakohtaisen lämmönläpäisevyyden ja teknisille järjestelmille annettujen vaatimusten noudattaminen, rakennuksen standardikäyttöön perustuvan energiankulutuksen pienentäminen sekä E-luvun pienentäminen vaa-dittuun tasoon. (Ympäristöministeriö 2013a.)

Tämän kiinteistön korjaus- ja muutostöissä käytetään rakennusosakohtaisen lämmönläpäisevyyden vaatimusten noudattamista lisäeristämällä talon yläpohja. Myös rakennuksen standardikäyttöön perustuvaa energiankulusta pienennetään lisäeristämällä yläpohja ja hankkimalla ilmalämpöpumppu. Tämän pientalon energiankulutuksen pitäisi olla vähemmän kuin 180 kWh/m², jotta vaatimukset täyttyisivät. Kun yläpohjan lisäeristys on tehty ja ilmalämpöpumppu on asennettu, talon energiankulutus standardikäytöllä on 173 kWh/m².

Kiinteistössä alkaa ensimmäisenä loppukeväästä tonttiviemäriin uusiminen, joka on kustannuksiltaan suurin investointi. Tämän remontin jälkeen tehdään yläpohjan lisäeristäminen. Nykyinen yläpohjan U-arvo on 0,29 W/(m²

K) ja selluvillan lisäämisen jälkeen yläpohjan uudeksi U-arvoksi tulee 0,11 W/(m² K). Parannusta entiseen on yli 60 prosenttia. Vuositasolla energiatulot vähenevät noin 240 euroa.

Talon sähkösovimuksen kilpailuttamisen myötä sähkökulut laskevat 180 euroa vuodessa nykyisen kulutuksen mukaan. Vuositasolla säästöä syntyy 28 prosenttia verrattuna entisiin kustannuksiin. Sähköksi valittiin Helenin 100 % alkuperätakuin varmennettu vesisähkö. Valitettavasti sähkönsiirrosta vastaava Elenia Oy on ilmoittanut siirtohintojen noususta huhtikuusta 2016 alkaen.

Kiinteistöön hankitaan Fujitsun ilmalämpöpumppu ennen seuraavaa talvea. Vaikka RakMK D5 mukaan ilmalämpöpumpun tuottamaksi lämmitysenergiaksi voidaan laskea 1 000 kWh/v energialaskennassa, on pumpusta saatava hyöty suurempi. Ilmalämpöpumpun takkatoiminnolla tulisijan lämpö saadaan tasaisemmin levitettyä taloon. Ilmalämpöpumppu vähentää myös käytettävän polttopuun määrää. Rakennusmääräysten mukainen säästö on noin 120 euroa vuodessa.

Talon ikkunoiden ja ulko-oven tiivisteet uusitaan kesällä. RK silikonitiivisteiden käyttöikä on noin 20 vuotta ja osassa ikkunoista on vielä alkuperäiset silikonitiivisteet. Myös ikkunoiden lukkosalvat korjataan. Oikealla tiivistämisellä parannetaan oleskeluviihtyvyyttä ja estetään vedon tunnetta. Kun ikkuna on tiivistetty oikein, voidaan huoneen lämpötilaa laskea ilman, että oleskeluviihtyvyys vähenee. Oikea ikkunoiden tiivistys säästää energiaa jopa 5–20 prosenttia. (Rakennuskemia Oy n.d.)

Talossa on painovoimainen ilmanvaihto. Kesällä taloon lisätään muutama säädettävä korvausilmaventtiili, jotta ilma saadaan virtaamaan koko asunnon läpi puhtaista tiloista likaisempiin.

Suurin hyöty saadaan lisäeristämällä talon yläpohja. Laskennallisesti talon energiakuluissa kertyy säästöä 540 euroa vuodessa. Hyödyn suuruus riippuu kuitenkin esimerkiksi tulevan talven sääoloista.

Tehtyjen korjausten jälkeen talon energiatehokkuusluokka on edelleen E. Luokat D ja E ovat tyypillisiä vanhoille rakennuksille. Muutamilla lisäinvestoinneilla talon energiatehokkuusluokkaa voidaan nostaa tulevaisuudessa D-luokkaan.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Pientalon energiatehokkuuden tarkastelulla oli tarkoitus selvittää talon energiankulutusta ja löytää keinot energiatehokkuuden lisäämiseksi ja energian säästämiseksi. Tarkastelu tehtiin sekä kokonaisenergian että rakennusosien ja talotekniikan näkökulmasta. Tarkastelussa löydettiin sähkölämmitteeseen taloon sopivat energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävät toimenpiteet. Omistajan toiveena oli lisätä uusiutuvalla energialla tuotetun energian käyttöä kiinteistössä sekä käyttää talon eristämiseen mahdollisimman ympäristöystävällistä materiaalia. Omistaja otti osaa samalla ilmastonmuutoksen torjuntaan.

Energian säästämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen ei vaadita aina kalliita korjaustoimenpiteitä. Pienillä arkipäiväisillä valinnoilla saadaan jo huomattavia säästöjä ilman lisäkustannuksia. Mikäli rakenteita halutaan lisäeristää, kannattaa aloittaa yläpohjasta. Yläpohja on yleensä helppoin ja kustannustehokkain tapa parantaa talon energiatehokkuutta.

Suurin energiansäästökohde on talon yläpohjan lisäeristäminen selluvillalla. Yläpohjan U-arvo paranee yli 60 prosenttia ja energiakuluissa säästyy noin 240 euroa vuodessa. Lisäeristäminen maksaa itsensä takaisin säästyneinä energiakuluina noin 5,5 vuodessa. Sidox-Termex on sanomalehtipaerista, magnesiumsulfaatista ja boorihaposta valmistettava puhallusvilla, joka puhalletaan talon yläpohjaan sideaineen avulla. VTT:n testien mukaan puhallusvilla ei tarvitse huolto- ja kunnossapitotoimenpiteitä 50 vuoden aikana, kun tuotetta käytetään normaaleissa käyttöoloissa. Elinkaarensa lopussa tuote voidaan kierrättää, polttaa tai käyttää maanparannusaineena.

Sähkölämmitteisen talon sähköenergian osuus sähkötoimituksesta kannattaa kilpailuttaa säännöllisesti. Taloon valittiin vesivoimalla tuotettua sähköä, sähkötoimittajan vaihduttua Helen Oy:ksi myös energiakustannukset laskevat 180 euroa vuodessa eli noin 28 prosenttia.

Uusien ikkunoiden ja ulko-oven investointikustannukset olivat suuret ja takaisinmaksuaika pitkä. Rakennuksen ilmanpitävyyttä päätettiin parantaa vaihtamalla vanhoihin hyväkuntoisiin ikkunoihin ja ulko-oveen uudet RK silikonitiivisteet. Samalla myös oleskeluviihtyvyyks paranee.

Ilmalämpöpumpun asentaminen vähentää ostoenergian määrää ja RakMK D5 osan mukainen säästö on 120 euroa vuodessa. Ilmalämpöpumppu lisää myös talon oleskeluviihtyvyyttä, sillä pumpun takkatoiminnon avulla tulisijan lämpö saadaan levitettyä tasaisemmin talon eri huoneisiin. Mahdollisesti myös käytettävän polttopuun määrä vähenee, kun ilmalämpöpumpusta saadaan ilmausenergiaa lähes ympäri vuoden.

Opinnäytetyön kohteessa, vuonna 1989 valmistuneessa talossa, ei suunniteltu luvanvaraisia korjauksia. Ympäristöministeriön asetuksessa 4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä on annettu vaihtoehtoisia etenemisreittejä talon energiatehokkuuden parantamiselle. Tämän kiinteistön korjaamisessa noudatettiin rakennusosakohtaisen lämmönläpäisevyyden vaatimuksia sekä pienennettiin rakennuksen standardikäyttöön perustuvaa energiankulutusta.

Aurinkolämpö- ja aurinkosähköjärjestelmät yleistyvät nopeasti ja järjestelmien hinnat ovat alentuneet huomattavasti. Tähän kiinteistöön asennettaneen tulevaisuudessa energiatehokkuuden parantamisprojekteissa aurinkolämpöjärjestelmä, jolloin talon energiatehokkuusluokka nousee E-luokasta D-luokaan. Sähkölämmitteisessä talossa ilmaisen aurinkoenergian hyödyntäminen kannattaa, koska investoinnin jälkeen järjestelmät ovat pitkäaikaisia, eivät aiheuta lähiympäristölle haittaa, tuottavat ilmaista sähköä ja lämpöä ja

ne sopivat minkä tahansa lämmitysjärjestelmän rinnalle. Aurinkojärjestelmät ovat helppoja ja edullisia huoltaa ja järjestelmillä on monipuoliset käyttötavat.

Talon energiatehokkuusluokka on korjausten jälkeen edelleen E, mutta muutamilla lisäinvestoinneilla esimerkiksi aurinkolämmöllä tai -sähköllä energiatehokkuusluokkaa on mahdollista nostaa luokkaan D.

Pientalon asumismukavuuden ja arvon säilyttäminen edellyttää säännöllistä kunnossapitoa ja suurehkoja remonteja 20–30 välein. Olemassa olevan rakennuskannan korjaaminen yleistyy nopeasti ja uudet korjausrakentamista koskevat määräykset ohjaavat korjaamista energiatehokkaampaan suuntaan. Korjausrakentaminen pitäisi nähdä pitkäaikaisena prosessina, jonka vaikutukset ulottuvat kauas tulevaisuuteen. Rakennuksen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia on mahdollista vähentää korjausrakentamalla. Samalla energiankulutusta, ympäristökuormitusta ja kustannuksia voidaan pienentää huomattavasti.

Opinnäytetyöprosessi oli mielenkiintoinen ja hyvin opettavainen, sillä kirjoittaja joutui syventymään uusiin energiatehokkuusmääräyksiin sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Myös aihe oli mielenkiintoinen ja ajankohdainen, sillä korjausrakentaminen kasvaa noin 2–3 prosenttia vuodessa.

Opinnäytetyö sopii malliesimerkiksi suorasähkölämmitteisen talon energiasaneerausta suunnittelevalle.

LÄHTEET

Anttila. T. 16.2.2016. Ruukki aurinkolämpöpaketti. Vastaanottaja Heli Salovaara. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 27.2.2016.

Ariterm Oy. 2015a. Puulämmitys. Viitattu 14.2.2016.
http://www.ariterm.fi/app/uploads/2015/07/Puul%C3%A4mmitys_23062015.pdf

Ariterm Oy. 2015b. Pellettiesite. Viitattu 14.2.2016.
<http://www.ariterm.fi/app/uploads/2013/11/Pellettiesite.pdf>

Energiakorjaus. 2013a. Ulkoseinän lisälämmöneristys. Viitattu 9.2.2016.
http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_6_Ulkoseina_2013_02_01.pdf

Energiakorjaus. 2013b. Alapohjan lisälämmöneristys. Viitattu 9.2.2016.
http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_8_Alapohja_2013_02_01.pdf

Energiakorjaus. 2013c. Yläpohjan lisälämmöneristys. Viitattu 9.2.2016.
http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_7_Ylapohja_2013_02_01.pdf

Energiakorjaus. 2014. Ikkunakorjaus. Viitattu 10.2.2016.
http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2014/10/Pientalo_4_Ikkunakorjaus_2014_10_14.pdf

Energiatehokas koti. n.d.a. Lämmitysjärjestelmien elinkaari. Viitattu 11.2.2016.
http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien_elinkaari

Energiatehokas koti. n.d.b. Tukilämmitysjärjestelmät. Viitattu 11.2.2016.
http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/tukilammitysjarjestelmat

Energiatehokas koti. n.d.c. Lämmitys, Viitattu 12.2.2016.
http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys

Energiatehokas koti. n.d.d. Vesikiertoinen sähkölämmitys. Viitattu 12.2.2016.
http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/vesikiertoinen_sahkolammitys

Energiateollisuus. n.d.a. Kaukolämmitys. Viitattu 15.2.2016.
<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>

Energiateollisuus. n.d.b. Kaukolämmön tuotanto ja polttoaineet. Viitattu 15.2.2016.

<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet>

Energiateollisuus. n.d.c. Kaukolämmön hinta. Viitattu 15.2.2016.

<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/kaukolammon-hinta>

Erat, B., Erkkilä, V., Nyman, C., Peippo, K., Peltola, S. & Suokivi, H. 2008. Aurinko-opas. Aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo: Suomen Aurinkoteknillinen Yhdistys ry – Soltekniska Föreningen rf.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY EYVL N:o L 140 5.6.2009. Viitattu 6.2.2016.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=FI>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU EYVL N:o L 153 18.6.2010. Viitattu 6.2.2016.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0031&from=FI>

Fortum. 2016. Energiansäästö. Aurinkoenergiaratkaisut. Viitattu 3.4.2016.

<http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/energiansaasto/aurinkoenergiaratkaisut/aurinkopaneeli/tilaaminen/pages/default.aspx>

Gasum. 2014. Kaasutietoutta. Viitattu 15.2.2016.

<http://gasum.fi/Kaasutietoutta/Biokaasu/>

Harsia, P. n.d. Sähkölämmityksen peruskurssi. Viitattu 2.4.2016.

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0505015/1119948180490/1119952720312/1119957895471/1119957967792.html>

Juvonen, J. & Lapinlampi, T. 2013. Energiakaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas. Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita Prima Oy.

Korjaustieto. n.d. Ikkunoiden korjaukset. Viitattu 11.2.2016.

<http://www.korjaustieto.fi/pientalot/korjaushankkeet/taydentavien-rakennusosien-korjaukset/ikkunoiden-korjaukset-ja-vaihto.html>

Kujala, T. 2016. Remonttikoulu. Luento. Tampereen messu- ja urheilukeskus. 7.2.2016. Pientalorakentamisen Kehittämiskeskus PRKK ry. Luennon muistiinpanot ja jaettu moniste.

Kurnitski, J. 2012. Energiamääräykset 2012. Opas uudisrakennusten energiamääräysten soveltamiseen. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Laki rakennuksen energiatodistuksesta, Eduskunnan päätös nro 50/2013. 18.1.2013. Viitattu 9.2.2016.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050>

Lappalainen, M. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja. Suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Loponen, H. 15.12.2015. OptiWatti tarjous. Vastaanottaja Heli Salovaara. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 27.2.2016.

Markkinen, J. 24.2.2016. Termexin puhallusvillatarjous. Vastaanottaja Heli Salovaara. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 27.2.2016.

Metsäntutkimuslaitos. 2014. Metsätilastollinen vuosikirja 2014. Viitattu 14.2.2016.

http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2014/vsk14_09.pdf

Motiva. 2008. Lämpöä ilmassa – Lämmitysjärjestelmät – Ilmalämpöpumppu. Viitattu 19.2.2016.

http://www.motiva.fi/files/211/Lampoa_ilmassa_Lammitysjarjestelmat_ilmalampopumppu.pdf

Motiva. 2009. Pientalon lämmitysjärjestelmät. Viitattu 12.2.2016.

http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf

Motiva. 2012. Puupelletti lämmittää puhtaasti ja uusiutuvasti. Viitattu 14.2.2016.

http://www.motiva.fi/files/6059/Puupelletti_lamittaa_puhtaasti_ja_uusiutuvasti.pdf

Motiva. 2014. Auringosta lämpöä ja sähköä. Viitattu 20.2.2016.

http://www.motiva.fi/files/10585/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_%282014%29.pdf

Motiva. 2015a. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. Viitattu 17.1.2016.

http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiatehokkuusdirektiivi

Motiva. 2015b. Tukilämmitysjärjestelmät. Viitattu 19.2.2016.

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

Mäntsälän Sähkö Oy. 2015. Kodin energiankulutus. Viitattu 9.2.2016.

http://msoy.navigo.fi/energiatietoa/energiansaasto/fi_FI/kodin_energiakulutus/

Nilan Suomi Oy. 2015. COP vs. SCOP – hyötysuhteiden erot. Viitattu 12.2.2016.

<http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>

Opti Automation Oy. 2016. OptiWatti. Viitattu 27.2.2016.

<https://www.optiwatti.fi/>

Paunila, K. 9.2.2016. Nunnauunin takkatarjous. Vastaanottaja Heli Salovaara. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 23.2.2016.

Pellettienergia, n.d. Varastot. Viitattu 14.2.2016.

<http://pellettienergia.fi/Varastot>

Perälä, O. & Perälä R. 2013. Lämpöpumput. 3. uud. p. Helsinki: Alfa-mer/Karisto Oy

Pientalorakentamisen Kehittämiskeskus PRKK ry. 2010. Energiatehokkuutta pientaloon. [extranet]. Viitattu 10.2.2016.

<https://www.prkk.fi/>

Pientaloteollisuus PTT ry. 2015. Ajankohtaista. Viitattu 15.2.2016.

<http://www.pientaloteollisuus.fi/fin/ajankohtaista/?nid=89>

Rakennuskemia Oy. n.d. Tiivistysopas. Viitattu 27.2.2016.

<http://www.tiivistysopas.fi/miksi-tiivisteet-pitaumlauml-vaihtaa.html>

RefGroup Oy. 2016. Energiansäästö ja lämpökertoimet. Viitattu 12.2.2016

<http://www.ilmalampopumput.fi/fi/mika-ihmeen-lampopumppu/energiansaasto>

Reinikainen, E. 2014. Energiatuotantoketjut – aineistonselvitys 2014. FInZEB – hanke. Viitattu 15.2.2016.

http://finzeb.fi/wp-content/uploads/2014/09/FInZEB-Energiatuotantoketjut_20140630.pdf

RIL 251. 2010. Tulisijat – suunnittelu, toteutus ja käyttö. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 265. 2014. Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. Helsinki; Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Saari, M., Antson, A., Kukkonen, P. & Nyman, M. 2014. Energiatehokkaan pientalon ilmanvaihto-opas. Viitattu 18.1.2016.

http://talotekniikka.teknologiateollisuus.fi/sites/lvi-talotekniikka/files/file_attachments/Pientalon%20ilmanvaihto-opas.pdf

Seppänen, O. & Seppänen M. 2010. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.

Suomen Kaasuyhdistys ry. n.d. Maakaasu. Monipuolinen ja moderni energialähde. Viitattu 15.2.2016.

http://www.kaasuyhdistys.fi/sites/default/files/pdf/esitteet/maakaasu_monipuolinen.pdf

Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry. 2015. Ajankohtaista lämpöpump-pualalta. Viitattu 15.2.2016.

http://www.sulpu.fi/documents/184029/3370547/Petri%20Virta.%20Oilon%20Chillheat%20Sulpu%201.12.2015_v2.pptx.pdf

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki; Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. 2012. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki; Ympäristöministeriö.

Termex. n.d. Sidox® -puhalletu levyvilla. Viitattu 27.2.2016.

http://www.termex.fi/files/Termex_Sidox_esite_Screen_orig.pdf

Tiainen, P. 18.2.2016. Ikkunatarjous. Vastaanottaja Heli Salovaara. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 21.2.2016.

Valkeakosken Energia Oy. n.d. Kodin energiansäästö. Viitattu 9.2.2016.

<http://www.valkeakoskenenergia.fi/Vinkit/Kodinenergi-ans%C3%A4%C3%A4st%C3%B6ohjeita/L%C3%A4mmitys/tabid/2721/Default.aspx>

Vallox Oy. 2014. Hyvä sisäilma vanhaankin taloon. Ilmanvaihto peruskorjauksessa. Viitattu 11.2.2016.

<http://vallox.com/files/618/PK-esite-FIN-web.pdf>

VesiL, Eduskunnan päätös vesilaista nro 587/2011. 27.5.2011

VNa, Valtioneuvoston asetus rakennuksen energiatodistuksen laatijan pätevyydestä ja kevennetyn energiatodistusmenettelyn edellytyksistä nro 130/2013. 27.2.2013.

VNs, Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia nro 2/2013 vp. 20.3.2013.

https://www.tem.fi/files/36730/Energia- ja ilmastostrategia_2013_SUOMENKIELINEN.pdf

VTT Oy. 2015. Aurinkolämpö maalämpöpumpun rinnalla on kannattava ja ekologinen hybridiratkaisu. Viitattu 20.2.2016.

<http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/%C3%A4lytilat-vaativat-uudenlaisia-kommunikointity%C3%B6kaluja-%E2%80%93-eliminoivat-rakennusvirheit%C3%A4>

YMa, Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä nro 4/2013. 27.2.2013.

YMa, Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta nro 176/2013. 27.2.2013.

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 2013. Rakennuksen energiatodistus, Viitattu 24.1.2016.

http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Rakennuksen_energiatodistus

Ympäristöministeriö. 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Perustelumuistio 28.3.2011.

Ympäristöministeriö. 2013a. Energiatehokkuus huomioon luvanvaraisessa rakentamisessa. Viitattu 7.2.2016.

http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess%283871%29

Ympäristöministeriö. 2013b. Kioton pöytäkirja. Viitattu 9.2.2016.

http://www.ym.fi/fi-fI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Kioton_poytakirja

Ympäristöministeriö. 2013c. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Perustelumuistio 27.2.2013.

Ympäristöministeriö. 2015a. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 17.1.2016.

http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma

Ympäristöministeriö. 2015b. Suomi hyväksyi Kioton pöytäkirjan toisen sitoumuskauden. Viitattu 9.2.2016.

http://www.ym.fi/fi-FI/Suomi_hyvaksyi_Kioton_poytakirjan_toisen%2833896%29

Ympäristöministeriö. 2015c. Pariisin ilmastopimus. Viitattu 9.2.2016.

http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Pariisin_ilmastosopimus

Öljy- ja biopolttoaineala ry. 2013a. Energiatehokas öljylämmitys. Viitattu 15.2.2016.

<http://www.oil.fi/fi/lammitys/energiatehokas-oljylammitys>

Öljy- ja biopolttoaineala ry. 2013b. Öljyn rinnalle uusiutuvaa kuten aurinkolämpöä. Viitattu 15.2.2016.

<http://www.oljylammitys.fi/nykyaikainen-oljylammitys/oljyn-rinnalle-uusiutuvaa-kuten-aurinkolampoa>

Öljy- ja biopolttoaineala ry. 2013c. Öljylämmitysjärjestelmän toiminta. Viitattu 15.2.2016.

<http://www.oljylammitys.fi/nykyaikainen-oljylammitys/oljylammitysjarjestelman-toiminta>

Öljy- ja biopolttoaineala ry. 2016. Öljylämmitys sopii hybridilämmitykseen. Viitattu 20.2.2016.

<http://www.oil.fi/fi/lammitys/oljylammitys-sopii-hybridilammitykseen>

