

Riikka Holopainen, Martti Hekkanen, Kari Hemmilä
& Markku Norvasuo

Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit

Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit

Riikka Holopainen, Martti Hekkanen,
Kari Hemmilä & Markku Norvasuo

ISBN 978-951-38-6908-3 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Betonimiehenkuja 5, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 7027, 020 722 7066

VTT, Betongblandargränden 5, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7027, 020 722 7066

VTT Technical Research Centre of Finland, Betonimiehenkuja 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7027, +358 20 722 7066

Holopainen, Riikka, Hekkanen, Martti, Hemmilä, Kari & Norvasuo, Markku. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit [Energy renovation technologies and saving potentials of Finnish buildings]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2377. 104 s. + liitt. 2 s.

Avainsanat buildings, renovation, energy conservation, energy consumption, thermal insulation, heating systems, air conditioning, lighting, electric appliances, cooling systems

Tiivistelmä

VTT:n Energiakorjausten teknologiatiivistelmä-hankkeessa (1.6.–31.12.2006) tarkasteltiin rakennusten energiakorjaustoimenpiteiden kannattavuutta. Hankkeessa kartoitettiin rakennuksen energiankulutusta pienentäviä korjausmenetelmiä osa-alueina rakenteelliset parannukset (lisäeristys ja ilmantiiveyden parantaminen), lämmöntuottojärjestelmät, ilmanvaihtojärjestelmät, valaistus, sähkölaitteet, aurinkosuojaus ja jäähdytys.

Energiakorjausmenetelmien vaikutuksia rakennuksen lämmitys- tai jäähdytysenergiankulutuksen pienentämiseen tutkittiin laskennallisesti esimerkkirakennuksina 1960-luvulla rakennetut sähkö- tai öljylämmitetty pientalo, 1950-, 60- ja 70-luvun asuinkerrostalot, sekä 1980-luvun toimistorakennus. Esimerkkirakennusten energiankulutus laskettiin ennen energiakorjauksia ja niiden jälkeen.

Pientalojen energiakorjaustoimenpiteitä olivat rakenteellinen lisäeristys nykymääräysten tasolle ja ilmanpitävyyden parantaminen, ikkunoiden vaihto, sekä koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän muutos koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmön talteenotolla.

Suoraa sähkölämmitystä käyttävän pientalon osalta tarkasteltiin myös ulkoilmalämpöpumpun tai maalämpöpumpun vaikutusta vuotuisen sähkönkulutukseen. Ulkolämpöpumpun oletettiin tuottavan 40 % ja maalämpöpumpun 60 % vuotuisesta lämmitysenergiasta. Tehdyt korjaukset laskivat sähkölämmitetyn pientalon lämmityksen ja ilmanvaihton sähkönkulutusta paikkakunnasta ja lämpöpumpuvaihtoehdosta riippuen yhteensä 73–79 %.

Öljylämmitetyn pientalon öljylämmitysjärjestelmä uusittiin ja taloon lisättiin aurinkolämmitysjärjestelmä, jonka oletettiin tuottavan 50 % käyttöveden lämmitykseen kuluva vuotuisesta energiasta. Öljylämmitetyssä pientalossa korjaukset vähensivät lämmitysenergiankulutusta yhteensä 65 %.

Asuinkerrostalojen energiataloutta parantavat toimenpiteet olivat ulkoseinien ulkopuolinen lisälämmöneristys ja uusi pintarakenne, ikkunoiden, parvekeovien ja ulko-ovien

uusiminen, lämmöntuottolaitoksen uusiminen (lämmönvaihdinpaketti) ja sen yhteydessä tehtävä patteriventtiilien asennus ja järjestelmän perussäätö sekä asuntokohtaisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen seinäpuhallustekniikalla (lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 30 %). Kerrostalojen alkuperäiset ominaiskulutukset olivat 255 kWh/asm²,a (1950-luvun kerrostalo), 213 kWh/asm²,a (1960-luvun kerrostalo) ja 188 kWh/asm²,a (1970-luvun kerrostalo). Korjausten jälkeen ominaiskulutukset olivat 138 kWh/asm²,a (1950-luvun kerrostalo), 116 kWh/asm²,a (1960-luvun kerrostalo) ja 82 kWh/asm²,a (1970-luvun kerrostalo).

Toimistorakennuksen jäähdytysenergian tarpeen pienentämispotentiaalia arvioitiin sekä laskemalla valaistuksen tehotasoa että neljällä eri auringonsuojausmenetelmällä: kaksi auringonsuojalaseivaihtoehtoa eri kokonaisläpäisykertoimilla ($g = 0,44$ ja $g = 0,21$), sälekaihtimet ja markiisit. Rakennuksen vuotuinen jäähdytystehon tarve väheni (valaistuksen tehotason laskemisen ohella) auringonsuojalaseilla 44 % ($g = 0,44$) ja 69 % ($g = 0,21$), sälekaihtimilla 56 % ja markiiseilla 71 %.

Holopainen, Riikka, Hekkanen, Martti, Hemmilä, Kari & Norvasuo, Markku. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit [Energy renovation technologies and saving potentials of Finnish buildings]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2377. 104 p. + app. 2 p.

Keywords buildings, renovation, energy conservation, energy consumption, thermal insulation, heating systems, air conditioning, lighting, electric appliances, cooling systems

Abstract

VTT's Energy renovation technologies-project studied the profitability of energy renovation measures for buildings. Different energy renovation technologies for structural improvements (retrofit insulation, air tightening), heat supply systems, ventilation systems, lighting, electrical appliances, solar shading and cooling, were evaluated. The effects of different energy renovation measures to reduce heating or cooling energy were simulated. The calculations were made for two single-family houses, three apartment houses and one office building. The energy consumption of the example buildings was simulated before and after the renovation.

The heating systems of the two studied single-family houses were direct electrical heating and water central heating with an oil-fired boiler. Common energy renovation technologies for the houses were retrofit insulation to fulfil the present heat insulation regulations, air tightening, and changing the mechanical exhaust ventilation system to a mechanical supply and exhaust ventilation system with heat recovery. The effect of an outdoor air heat pump, a ground heat pump and solar heating system were evaluated, too. The combined renovation steps reduced the annual electricity consumption of the electrically heated house by 73–79 %. As a result of the renovation work, the annual heating energy consumption of the oil-heated house was reduced by 65 %.

The apartment houses were renovated with exterior retrofit insulation and new surface structure for the outside walls. The windows, balcony doors and front doors were renewed. The district heating centre and the heat supply system were modernized. Mechanical supply and exhaust ventilation systems with heat recovery (annual efficiency 30 %) were installed in all apartments. Three apartment houses with varying ages were studied: the original specific heat consumption was from 255 kWh/asm²,a (asm² = apartment area) to 188 kWh/asm²,a. After the renovation the specific heat consumptions were from 138 kWh/asm²,a to 82 kWh/asm²,a.

The cooling energy reduction potential for the office house was examined by dynamic simulation. The power level of the lightning was reduced and the effects of four different solar shading technologies were examined: two solar control glass windows, blinds and awning. Combined with the reduction of the lightning power level, the annual cooling energy use was reduced from 44% to 69 % with solar control glass windows, 56 % with blinds and 71 % with awning.

Alkusanat

Korjausrakentamisen volyymi on kasvanut viime vuosina 3–4 prosentin vuosivauhtia. Rakennusteollisuuden suhdannekirjan 2/2006 mukaan talonrakentamisen arvo oli vuonna 2005 yhteensä 17 700 milj. €, josta korjausrakentamisen osuus oli 7 500 milj. € (43 %). VTT:n ASPE-laskelman mukaan asuinrakennusten perusparannustarve on 18 000 milj. € vuosina 2006–2015. Korjausrakentaminen on laajeneva toiminta-alue, johon tulee nopeasti soveltaa ja tuottaa uudentyyppisiä teknologisia ratkaisuja. Uusien liiketoimintamallien kehittämisen tarve on myös ilmeinen.

VTT:n Energiakorjausten teknologiat- hankkeessa (1.6.–31.12.2006) tarkasteltiin rakennusten energiakorjaustoimenpiteiden kannattavuutta. Hankkeessa kartoitettiin rakennuksen energiankulutusta pienentäviä korjausmenetelmiä osa-alueina rakenteelliset parannukset (lisäeristys ja ilmantiiveyden parantaminen), lämmöntuottojärjestelmät, ilmanvaihtojärjestelmät, valaistus, sähkölaitteet, aurinkosuojaus ja jäähdytys.

Tässä julkaisussa esitetään hankkeessa kartoitetut rakennusten energiankulutusta pienentävät energiakorjausmenetelmät sekä esimerkkirakennuksille lasketut energiansäästöpotentiaalit. Julkaisun kirjoittajia ovat Martti Hekkanen (pääosa luvuista 1 ja 3, sekä asuinkerrostalojen energiansäästölaskelmat), Kari Hemmilä (luvut 2 ja 7.1), Markku Norvasuo (luku 5) sekä Riikka Holopainen (muut luvut). Projektin työryhmään kuuluivat myös Ilpo Kouhia ja Markku Leivo.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	5
Alkusanat.....	6
1. Johdanto.....	10
1.1 Energian kokonaiskulutus.....	10
1.2 Sähkön hintakehitys.....	13
1.3 Öljyn hintakehitys.....	15
1.4 Kaukolämmön hintakehitys.....	15
1.5 Päästökaupan vaikutus energian tulevaan hintakehitykseen.....	17
2. Rakenteelliset parannukset.....	18
2.1 Johdanto.....	18
2.2 Rakenteiden lämmöneristävyysaneerauksen potentiaali.....	19
2.3 Ulkoseinät.....	21
2.3.1 Lisäeristäminen ulkopuolelta.....	22
2.3.2 Lisäeristäminen sisäpuolelta.....	24
2.3.3 Lämmöneristeen vaihto.....	25
2.4 Alapohja.....	26
2.5 Yläpohja.....	27
2.6 Ikkunat ja ovet.....	28
2.7 Ilmanpitävyyden parantaminen.....	31
3. Lämmöntuottojärjestelmät.....	32
3.1 Johdanto.....	32
3.2 Lämmitysjärjestelmän perusparannus ja hyötysuhteen nosto.....	38
3.2.1 Lämmöntuottojärjestelmien teknisen kunnan arviointi.....	38
3.2.2 Lämmöntuottojärjestelmän uusimisen arviointi.....	40
3.2.3 Lämmöntuottojärjestelmät perusparannuksessa.....	41
3.2.4 Kiinteistökohtaisen kaukolämmön lämmönjakokeskuksen uusiminen...	42
3.2.5 Öljylämmityskattilan tai öljypolttimen uusiminen.....	43
3.2.6 Lämmitysverkoston perussäätö.....	44
3.3 Lämmitysjärjestelmän muutos ja täydennys.....	44
3.3.1 Liittyminen kauko- tai aluelämmitykseen.....	44
3.3.2 Huonekohtaisen tai vesikiertoisen sähkölämmityksen muuttaminen maalämpöpumpulla toimivaksi keskuslämmitysjärjestelmäksi.....	45

3.3.3	Huonekohtaisen sähkölämmityksen täydentäminen ilmalämpöpumpulla.....	45
3.3.4	Lämmitysjärjestelmän muuttaminen vähäpäästöisellä pellettikattilalla toimivaksi.....	45
3.3.5	Aurinkolämmityksen lisääminen vesikiertoiseen öljy- tai sähkölämmitysjärjestelmään	46
4.	Ilmanvaihtojärjestelmät.....	47
4.1	Johdanto.....	47
4.1.1	Pientalot.....	48
4.1.2	Asuinkerrostalot	49
4.1.3	Liike- ja julkiset rakennukset.....	50
4.2	Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutuksen pienentäminen perussäädön ja -korjauksen avulla.....	52
4.3	Painovoimaisen ilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmöntalteenotolla.....	54
4.4	Lämmöntalteenotto.....	55
5.	Valaistus.....	56
5.1	Valaistuksen energiansäästön muodostuminen	56
5.2	Energiaa säästävä valaistus korjausrakentamisessa.....	57
5.3	Valonlähteiden ja valaisimien valinta	62
5.4	Valaistuksen ohjaus tilojen käytön mukaan	63
5.5	Täydentävä päivänvalaistus ja yleisvalaistuksen ohjaus	64
6.	Sähkö.....	65
7.	Jäähdytys.....	67
7.1	Ikkunoiden aurinkosuojaus.....	67
7.1.1	Markiisit ja kiinteät ulkopuoliset aurinkosuojaukset	67
7.1.2	Sälekaihtimet ja rullakaihtimet	68
7.1.3	Aurinkosuojalasit	71
7.2	Yötuuletus	72
8.	Yhteiskunnan tuki energiakorjaushankkeille.....	74
8.1	Pientalot.....	74
8.2	Muut asuinrakennukset.....	74
8.2.1	Rakenteelliset parannukset.....	75
8.2.2	Lämmöntuottojärjestelmät	76
8.2.3	Ilmanvaihtojärjestelmät.....	77

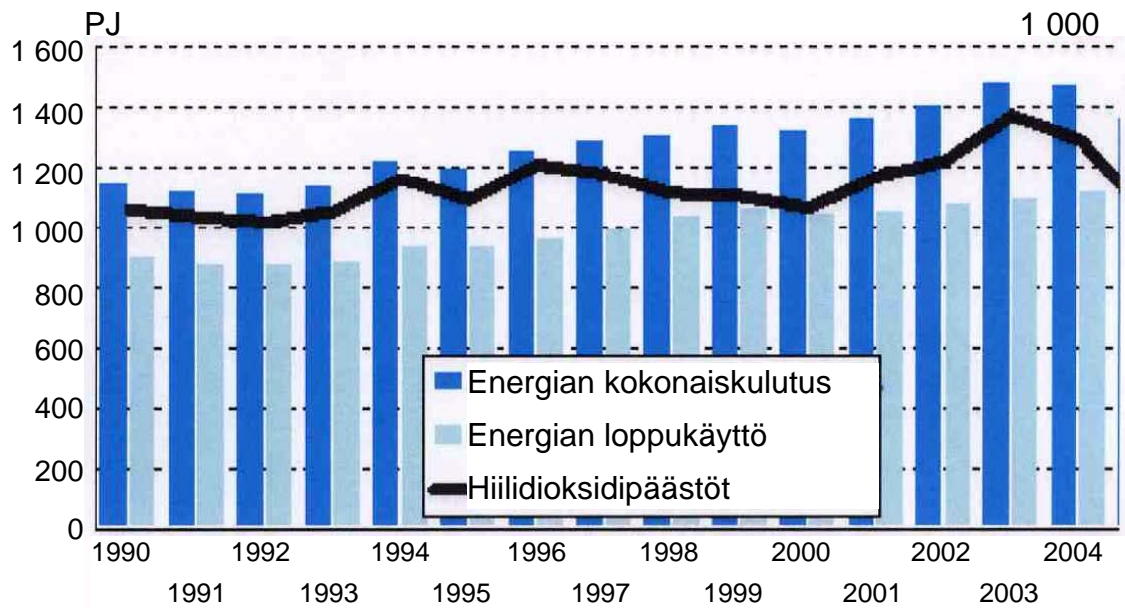
9. Energiansäästöpotentiaali esimerkkirakennuksissa ja energiakorjauksen kannattavuuden arviointi.....	78
9.1 Pientalot.....	78
9.1.1 Sähkölämmityspientalo	79
9.1.2 Öljylämmityspientalo	84
9.2 1950-, 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalojen energiataloudellinen korjaus	89
9.2.1 Kerrostalojen lähtötiedot ja alkuperäinen lämmitysenergian kulutus	89
9.2.2 Kerrostalojen energiakorjaukset ja korjauksen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen.....	91
9.2.3 Energiakorjausten kustannukset ja kannattavuus.....	92
9.3 1980-luvun toimistorakennus	95
 Päätelmät	 101
 Lähdeluettelo	 102
 Liitteet	
Liite A: Suomen rakennuskanta	

1. Johdanto

Rakennusten lämmitys kattaa Suomen primäärienergian kokonaiskulutuksesta 22 % ja aiheuttaa Suomen kasvihuonekaasupäästöistä 30 prosenttia. VTT:n tekemän Suomen energiavisio 2030:n mukaan lämmitysenergian käyttö lämmitettyä huonetilaa kohden on laskenut noin puoleen 30 viime vuoden aikana johtuen paremmasta rakennusten eristystasosta sekä kerrostalo- ja rivitaloasumisen yleistymisestä. Samassa ajassa sähkön käyttö kotitalouksissa ja palvelusektorilla on viisinkertaistunut. Olemassa olevien rakennusten energiankulutusta voitaisiin vähentää käyttämällä energiatehokkaita lämmitysjärjestelmiä ja sähkölaitteita, parantamalla rakenteiden lämpöeristystä ja ilmantiiveyttä sekä paremmalla lämmön talteenotolla.

1.1 Energian kokonaiskulutus

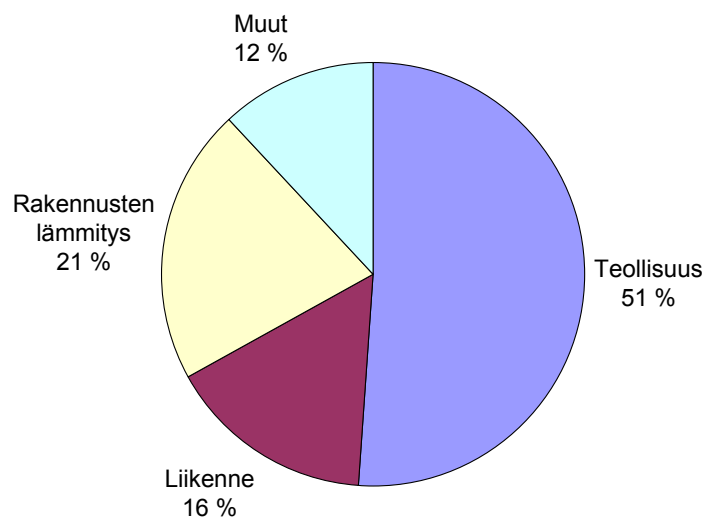
Energian kokonaiskulutus oli Tilastokeskuksen tietojen mukaan 1366 petajoulea vuonna 2005, mikä oli lähes 7 prosenttia vähemmän kuin edellisvuonna. Sähköä käytettiin 85 TWh eli yli 3 prosenttia vähemmän kuin vuonna 2004. Energian tuotannon ja käytön hiilidioksidipäästöt alenivat 19 prosenttia verrattuna vuotta aiempiin päästöihin. Energian kokonaiskulutus ja päästöt vähenivät, koska sähkön lauhdetuotanto putosi kolmanneksen edellisvuoden korkealta tasolta ja sähkön nettotuonti nousi ennätyskorkeaksi. Sähkön kulutuksen väheneminen johtui teollisuuden pienentyneestä energiantarpeesta. Fossiilisia polttoaineita käytettiin 15 ja turvetta 23 prosenttia vähemmän kuin edellisenä vuonna. Hiilen käyttö laski peräti 41 prosenttia. Myös uusiutuvan energian käyttö laski selvästi, seitsemän prosenttia. Energian tuotannon ja käytön hiilidioksidipäästöt laskivat fossiilisten polttoaineiden ja turpeen kulutuksen vähenemisen johdosta. Päästöt olivat noin 52 miljoonaa tonnia, kun ne edellisvuonna olivat lähes 65 miljoonaa tonnia. Laskua oli 19 prosenttia.



Kuva 1.1. Energiankulutuksen kehitys Suomessa vuosina 1990–2005. Lähde: Tilastokeskus.

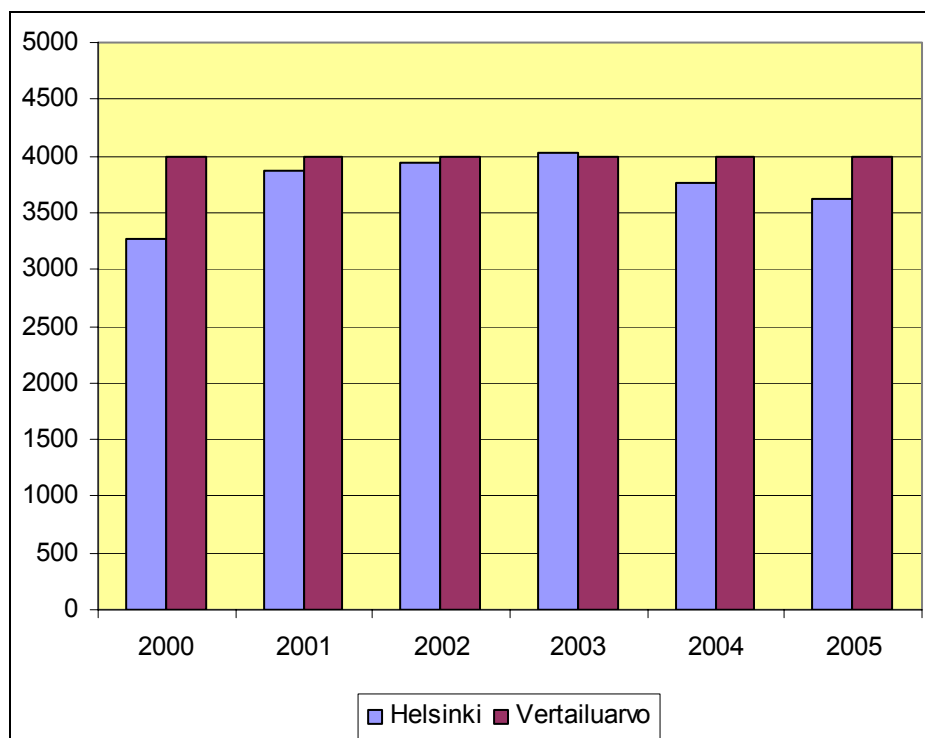
Kuvassa 1.1 esitetään energian (lämpö ja sähkö) kokonaiskulutuksen kehitys Suomessa vuosina 1990–2005. Energian kokonaiskulutus ja loppukäyttö on kasvanut lievästi. Energian loppukäytöllä tarkoitetaan energiaa, joka jää energian siirto- ja muuntohäviöiden jälkeen yritysten, kotitalouksien ja muiden kuluttajien käyttöön. Loppukäyttö sisältää siis energian lopputuotteiden eli sähkön ja kaukolämmön sekä rakennusten lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden, liikennepolttoaineiden sekä teollisuuden prosessipolttoaineiden kulutuksen.

Energian loppukäyttö oli Motivan mukaan Suomessa 1 129 petajoulea vuonna 2004. Asukasta kohden kulutus oli 215,6 GJ. Suurin energian loppukäyttäjä on teollisuus, jonka osuus kokonaiskulutuksesta on 51 %. Rakennusten lämmitykseen kuluu 21 % kokonaisenergiantarpeesta (Kuva 1.2).



Kuva 1.2. Energiankulutuksen kehitys Suomessa vuosina 1990–2005. Lähde: Tilastokeskus.

Rakennusten lämmitystarve on erilainen, ja riippuu sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksesta. Vuosittaiset kulutustiedot voidaan saattaa vertailukelpoisiksi lämmitystarveluvun avulla. Lämmitystarveluku lasketaan laskemalla yhteen kunkin kuukauden päivittäisten huone- ja ulkolämpötilojen erotus. Lämmitystarveluvun laskennassa ei oteta huomioon päiviä, jolloin ulkolämpötila on keväällä yli +10 °C ja syksyllä yli +12 °C. Kuvassa 1.3 esitetään lämmitystarveluvun kehitys Helsingissä vuosina 2000–2005.



Kuva 1.3 Lämmitystarveluku Helsingissä 2000–2005. Lähde: Tilastokeskus. Lämmitystarveluku on seurantakaudella ollut keskimäärin 6 % vertailuarvon 1971–2000 alapuolella.

Kun otetaan huomioon sään vaikutus, ei energian kokonaiskulutuksen kehitys ole erityisten lupaava. Lämmitystarveluku on Helsingissä 2000-luvulla ollut keskimäärin 6 % alle vuosien 1971–2000 keskiarvon. Lämpimien talvien vaikutus rakennusten lämmitysenergian kokonaistarpeeseen on suuruusluokkaa 3–5 %.

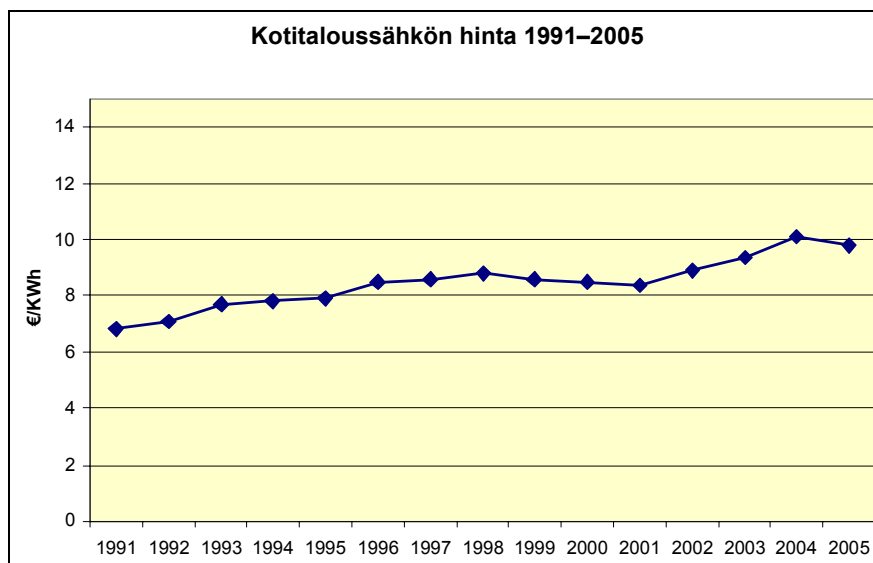
Lämmöneristysmääräykset muuttuivat vuonna 2004. Rakenteiden lämmöneristysvaatimuksia kiristettiin lievästi, ja ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmät otettiin käytännössä käyttöön myös asuntotuotannossa. Uudistuksen vaikutusta rakennusten lämmöntarpeeseen ei voida vielä nähdä tilastoista. Korjausrakentamisessa ei uudistettuja lämmöneristysmääräyksiä tarvitse soveltaa.

On ilmeistä, että rakennusten lämmitysenergian tarpeen mahdollinen pieni aleneminen on seurausta poikkeuksellisen lämpimästä sääjaksosta, joka on vallinnut koko 2000-luvun. Rakennuskannassa ei ole sellaisia mittavia energiansäästötoimenpiteitä, joilla olisi vaikutusta energiankulutukseen kansantalouden tasolla. Koska korjausrakentamisessa rakennusten tekninen varustelutaso kasvaa, on mahdollista, että kokonaisenergiankulutus (lämpö + sähkö) on korjausrakentamisen jälkeen lähtötilannetta korkeampi. Investointivaiheessa toimenpiteiden vaikutusta rakennuksen energiankulutukseen tulee tarkastella erikseen sekä lämpöenergian että sähköenergian osalta.

1.2 Sähkön hintakehitys

Kuva 1.4 esittää kotitaloussähkön hintakehityksen (hinta sisältää arvonlisäveroa 22 %) vuosina 1991–2005. Kuluttajahintaindeksi on seurantajaksolla kohonnut 28 % ja sähkön hinta 40 %. Sähkön hinta on siten vuodessa noussut noin 0,5 prosenttiyksikköä enemmän kuin elinkustannusindeksi. Sähkönkin kohdalla hintakehitys on ollut maltillinen. Lyhyellä tähtäyksellä sähkön hintaan tulee vaikuttamaan perusvoimakapasiteetin riittävyys.

Taulukossa 1.1 esitetään kotitaloussähkön hinta Euroopan maissa 1.1.2005 (Lähde: Eurostat). Suomessa kotitaloussähkön hinta on alle eurooppalaisen keskiarvon ja selvästi halvempaa kuin muissa pohjoismaissa. Esimerkiksi Tanskassa kotitaloussähkön hinta on yli kaksinkertainen Suomeen verrattuna. Ruotsissa hinta on 33 % ja Norjassa 67 % korkeampi kuin Suomessa.



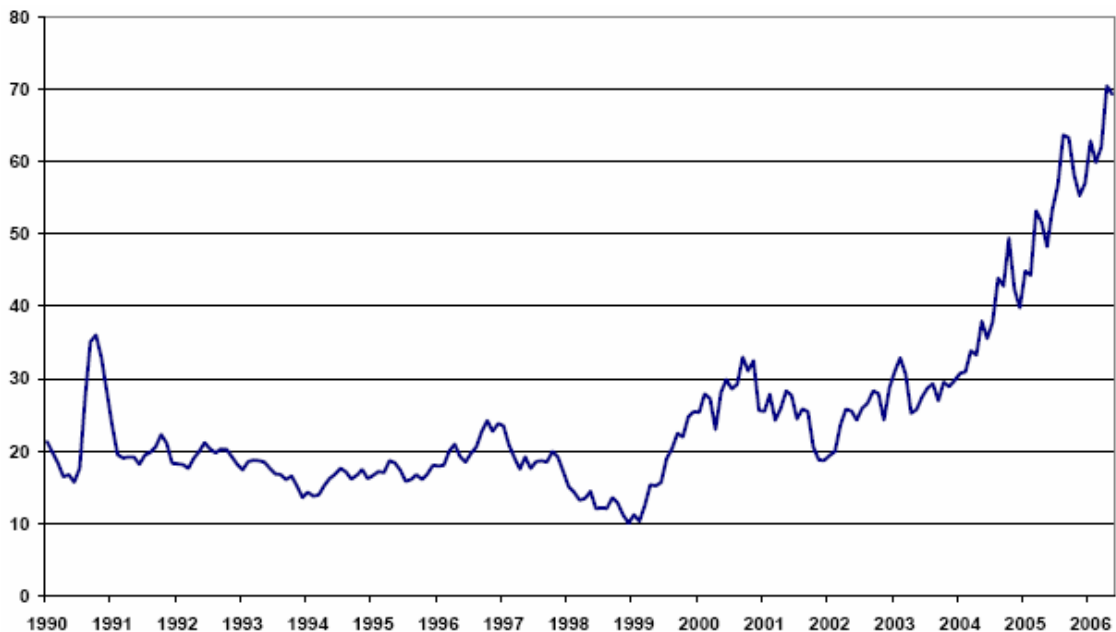
Kuva 1.4. Kotitaloussähkön hintakehitys vuosina 1991–2005. Lähde: Energiamarkkina-
virasto.

Taulukko 1.1. Kotitaloussähkön hinta Euroopassa 1.1.2005. Lähde: Eurostat.

Kotitaloussähkö 1.1.2005		Verollinen	Veroton	Vero
Lähde: EUROSTAT		€/KWh	€/KWh	€/KWh
Sweden	Ruotsi	13,97	8,46	5,51
Latvia	Latvia	8,28	7,02	1,26
Estonia	Viro	6,78	5,76	1,02
Lithuania	Liettua	7,18	6,09	1,09
Malta	Malta	5,85	5,85	0
Poland	Puola	7,7	5,83	1,87
France	Ranska	11,86	9,5	2,36
Greece	Kreikka	6,88	6,37	0,51
Finland	Suomi	10,57	7,92	2,65
Czech Republic	Tsekki	8,68	7,29	1,39
Great Britain	Iso-Britannia	11,28	10,74	0,54
Slovenia	Slovenia	10,33	8,61	1,72
Portugal	Portugali	13,81	13,13	0,68
Norway	Norja	15,71	11,37	4,34
Spain	Espanja	10,97	9,46	1,51
Slovakia	Slovakia	13,38	11,23	2,15
Hungary	Unkari	10,64	8,51	2,13
Luxembourg	Luxemburg	14,78	12,88	1,9
Cyprus	Kypros	10,74	9,15	1,59
Belgium	Belgia	14,81	11,16	3,65
Austria	Itävalta	14,13	9,64	4,49
Germany	Saksa	17,85	13,34	4,51
Ireland	Irlanti	14,36	11,97	2,39
Netherlands	Alankomaat	19,55	11,02	8,53
Denmark	Tanska	22,78	9,27	13,51
Italy	Italia	19,7	14,4	5,3
	Keskiarvo	12,41	9,46	2,95
	Keskihajonta	4,38	2,54	2,90

1.3 Öljyn hintakehitys

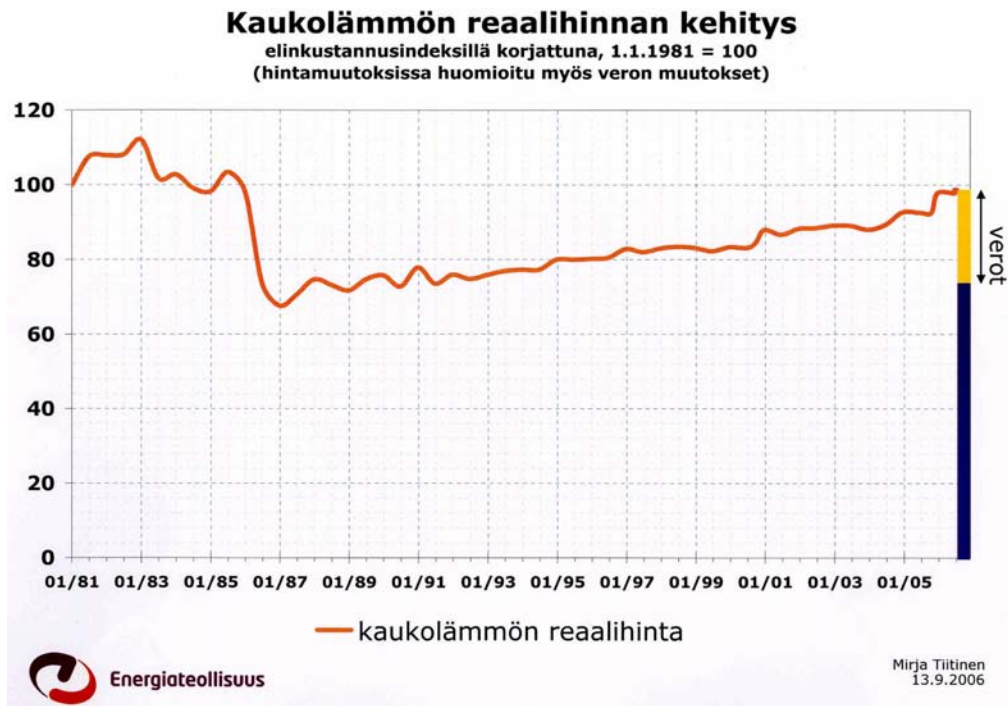
Maailman öljynkulutus on viime vuosina selvästi kasvanut erityisesti väkirikkaiden kehittyvien maiden energiantarpeen kasvun ja autoistumisen myötä. Vuonna 2004 öljyn kulutus kasvoi enemmän kuin kertaakaan 30 vuoteen. Raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan kehitys on esitetty kuvassa 1.5. Suomessa öljyn osuus kokonaisenergiasta on nykyisin alle 25 %, vaikka 1970-luvun puolivälissä osuus oli vielä runsas 60 %. Öljyn hinnan nousulla on pienempi merkitys suomalaisessa kansantaloudessa kuin monissa muissa maissa /1/.



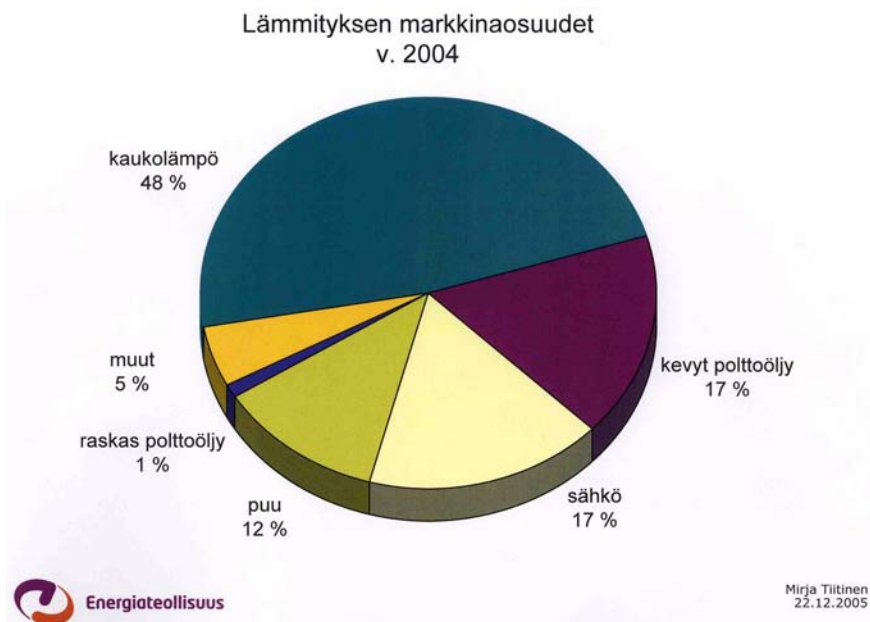
Kuva 1.5. Öljyn maailmanmarkkinahinnan kehitys vuosina 1990–2005, USD/barreli (Kansallisen päästöoikeuksien jakosuunnitelmaesityksen laadinnassa käytetyt skenaariot).

1.4 Kaukolämmön hintakehitys

Kuva 1.6 esittää kaukolämmön reaalihinnan kehityksen vuosina 1980–2006. Kaukolämmön reaalihintana seurantakauden aikana pysynyt ennallaan eli hintakehitys on noudattanut elinkustannusindeksiä. Paikallisesti hintojen vaihtelu on kuitenkin kasvanut. Suhteellisen edullisen hintakehityksen vuoksi motivaatio energiatehokkaan rakentamisen edistämiseksi on ollut alhainen.



Kuva 1.6. Kaukolämmön reaalihinnan kehitys vuosina 1981–2005. (Lähde: Energiateollisuus).



Kuva 1.7. Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2004 (Lähde: Energiateollisuus).

Energiateollisuuden mukaan kaukolämmön markkinaosuus oli 48 % vuonna 2004 (kuva 1.7). Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotannon kohdalla tärkeimmät polttoaineet vuonna 2004 ovat olleet maakaasu (38,9 %), kivihiili (25 %), turve (16,8 %) ja puu (11,7 %). Öljyn osuus oli vain 4 % ja muiden polttoaineiden 3,6 %.

Puu on uusiutuva lämmönlähde, mutta puun käyttö aiheuttaa pienhiukkaspäästöjä. Sitä vastoin kivihiili, turve ja öljy ovat polttoaineita, joiden käytöllä on suuri vaikutus ilmastolon lämpenemiseen. On todennäköistä, että kaukolämmön kohdallakin ympäristövaikutusten huomioiminen johtaa hinnan voimakkaaseen kohoamiseen. On lisäksi mahdollista, että kaukolämmön tuotannossa ne laitokset, joissa tuotanto perustuu maakaasuun tai uusiutuvien polttoaineiden käyttöön, saavat tuotantoprofiilistaan kilpailuetua.

1.5 Päästökaupan vaikutus energian tulevaan hintakehitykseen

Euroopan unionissa käynnistyi vuoden 2005 alussa 13.10.2003 annetun direktiivin 2003/87/EY mukainen kasvihuonekaasujen päästökauppa. Direktiivi koskee aluksi vain hiilidioksidipäästöjä. Päästökaupan piiriin kuuluvat laitokset eivät saa tuottaa hiilidioksidipäästöjä ilman kasvihuonekaasujen päästölupaa. Päästökaupamallin toimintamekanismit muodostuvat jäsenmaiden liikkeelle laskemien päästöoikeuksien määrästä ja niillä käytävästä kaupasta. Päästöoikeuksien hinta määräytyy päästöoikeusmarkkinoilla kysynnän ja tarjonnan perusteella.

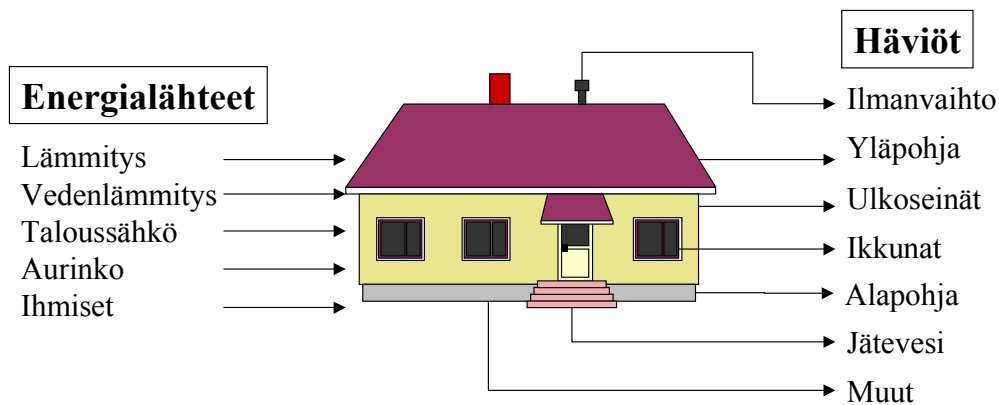
EU:n toista päästökauppakautta 2008–2012 koskevan kansallisen päästöoikeuksien jakosuunnitelmaesityksen tausta-aineistoksi tarkoitettussa liitteessä /1/ on esitetty arviot Suomen energiankulutuksesta sektoreittain ja energialähteittäin vuoteen 2025. Arviot on laadittu samalla menetelmällä kuin vuonna 2005 hallituksen eduskunnalle antaman energia- ja ilmastopoliittisen strategian taustaraportissa esitetty WM-skenaario /2/ siten, että arvioita on ajantasaistettu ja muutettu sikäli kuin olosuhteissa ja näkemyksissä tapahtuneet muutokset ovat antaneet siihen aiheutta. Päästökaupan vaikutus kaukolämmön ja öljyn hintoihin olisi skenaarioiden mukaan vähäinen, mutta sähkön kuluttajahinnat nousisivat huomattavasti.

VTT:ssä on arvioitu sähkön markkinahintamallin avulla päästökaupan eri hintatasojen vaikutusta pohjoismaisen sähkön hintaan vuonna 2006 ja 2010 /3/. Selvityksessä määritetyillä lähtöarvoilla polttoaineiden markkinahinnoille, sähkön kysyntäennusteille ja tuotantokapasiteetin kehittymiselle jne. päästöoikeuden hinta nostaa sähkön keskihintaa lähes lineaarisesti. Päästöoikeuden hinnoilla 5–30 €/t/CO₂ sähkön keskihinta nousisi 5–20 €/MWh, eli 0,005–0,02 €/kWh. Kuiva vesivuosi ja niukasti kehittyvä tuotantokapasiteetti voisivat lisäksi johtaa hetkellisesti hyvin korkeisiin sähkön markkinahintoihin.

2. Rakenteelliset parannukset

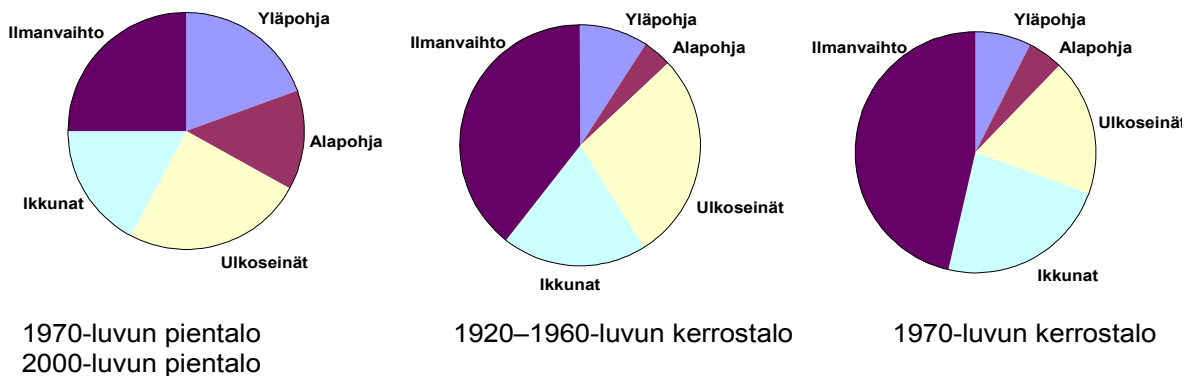
2.1 Johdanto

Kuvassa 2.1 on esitetty rakennukseen tulevat ja siitä poistuvat energiat. Jos jätevesi jätetään pois laskuista, on havaittavissa, että rakennuksen vaipalla on ilmanvaihdon ohella suuri merkitys energian hävikkiin. Näiden suhteellisia osuuksia on tarkasteltu esimerkinomaisesti kuvassa 2.2.



Kuva 2.1. Rakennukseen tulevat ja siitä poistuvat energiavirrat /4/.

Kuvassa 2.2 on esitetty osuudet rakennuksen lämmitysenergian vuotamisesta eri rakennusosien ja ilmanvaihdon kautta ulos. Kyseessä ovat suhteelliset eivätkä absoluuttiset osuudet. Tämän vuoksi 1970- ja 2000-luvun pientalon kuvaajat ovat samanlaisia, vaikka 2000-luvun pientalo kuluttaa merkittävästi vähemmän energiaa. Syynä samanlaisiin kuvaajiin ovat likimäärin samalla tavalla parantuneet ulkovaipan rakennusosien lämmöneristävyydet ja ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmän käyttöönotto.



Kuva 2.2. Esimerkkejä ilmanvaihdon ja rakennuksen vaipan osien johtumishäviöiden suhteellisista osuuksista eri aikakauden tyypillisissä pien- ja kerrostaloissa laskettuna Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 avulla /4/.

2.2 Rakenteiden lämmöneristävyysaneerauksen potentiaali

Rakennuksen ulkovaipan osien lämmöneristävyysvaatimukset ovat vuosikymmenten aikana kiristyneet merkittävästi sitä mukaa kuin lämmöneristeet ja tekniikat ovat kehittyneet. Nykyvaatimukset täyttävien rakenteiden toteuttaminen ei olisi ollut mahdollista 50 vuotta sitten käytössä olleilla materiaaleilla ja rakenteilla tai ainakin rakenteista olisi tullut huomattavan paksuja ja kalliita. Toisaalta nykyisillä materiaaleilla silloisten lämmöneristävyysvaatimusten täyttäminen on yksinkertaista ja helppoa.

Nykyisessä ja edellisessä rakentamismääräyskokoelman osassa C3 eri rakennusosien suurimmat sallitut lämmönläpäisykertoimet on esitetty taulukossa 2.1. Vaatimustason tiukentumisen ohella muutoksena uusimpaan määräyskokoelmaan on vaatimustaso ikkunoiden keskimääräiselle lämmönläpäisykertoimelle aikaisemman valoaukon määräyksen sijaan. Aina tähän nykyiseen määräykseen asti ikkunan karmit ja puitteet voitiin valmistaa hyvin lämpöä johtavasta materiaalista ilman lämpökatkvoja, koska ikkunan vaatimus koski vain valoaukkoa.

Taulukko 2.1. Suurimmat sallitut lämmönläpäisykertoimet (W/m^2K) asuinrakennuksen eri rakennusosille vuosien 1985 ja 2003 rakentamismääräysten mukaan /5/ ja /6/.

Rakennusosa	Määräykset 1985		Määräykset 2003	
	lämmin tila	puolilämmin tila	lämmin tila	puolilämmin tila
Seinä	0,28	0,45	0,25	0,40
Alapohja (ulkoilmaa vastaan)	0,22	0,45	0,16	0,30
Ryömintätilainen alapohja (lievästi tuuletettu)			0,20	
Maan vastainen rakenne	0,36	0,45	0,25	0,36
Välipohja				0,45
Yläpohja	0,22	0,45	0,16	
Ikkunan valoaukko	2,1	3,1		
Oven umpiosa	0,7	2,0		
Näyteikkuna	3,1	-		
Ikkuna			1,4	1,8
Ovi			1,4	1,8

Rakennusten lämmöneristävyydestä oli määräyksiä myös vuonna 1978 ja 1976 julkaisussa rakentamismääräyskokoelman osassa C3. Vuoden 1969 asuinrakennusten lämmöneristysnormeissa (RIL 66) Suomi oli jaettu kahteen vyöhykkeeseen likimäärin Oulun–Vaalan–Kuhmon kautta kulkevan rajalinjan avulla, ja pohjoiselle osalle oli tiukemmat lämmöneristysvaatimukset kuin eteläiselle vyöhykkeelle. Tämän lisäksi eroavuutena nykymääräyksiin verrattuna oli myös erilaiset lämmöneristysvaatimukset massiivisille ja keveille rakenteille (taulukko 2.2).

Taulukko 2.2. Suurimmat sallitut lämmönläpäisykertoimet (W/m^2K) asuinrakennuksen eri rakennusosille vuoden 1969 asuinrakennusten lämmöneristysnormeissa (RIL 66).

Rakennusosa	Pohjoinen vyöhyke	Eteläinen vyöhyke
Seinä ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten		
yksinomaan poltetuista tiilistä tehty seinä	0,93	1,05
normaalinen vaatimus	0,70	0,81
seinä, jonka massa < 100 kg/m ²	0,41	0,47
Yläpohja ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten		
normaalinen vaatimus kivrakenteiselle	0,47	0,47
normaalinen vaatimus puurakenteiselle	0,35	0,41
Alapohja		
osittain lämmitettyä tilaa vasten	0,70	0,70
lämmittämätöntä tilaa vasten	0,47	0,47
ulkoilmaa vasten	0,35	0,35
lämmittämätön maanvarainen	0,47	0,47
Ikkunoiden ja ovien lasiosat		
ikkunapinta-ala/seinäpinta-ala $\leq 0,30$	3,14	3,14
ikkunapinta-ala/seinäpinta-ala $> 0,30$ ja $< 0,60$	2,67	3,14
ikkunapinta-ala/seinäpinta-ala $\geq 0,60$	2,44	2,44

Ensimmäiset varsinaiset lämmöneristysnormit ilmestyivät vuonna 1962, jolloin Rakennusinsinööriyhdistys (nykyisin Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL) julkaisi Lämmöneristysnormit RIY A43. Tätä ennen edellä mainittu yhdistys oli julkaissut ohjekirjasta ”Asuinrakennusten seinämien lämmönläpäisyluvut ja niiden suositeltavat enimmäisarvot”, josta varhaisin painos on vuodelta 1949 /7/.

Taulukko 2.3. Suurimmat sallitut lämmönläpäisykertoimet (W/m^2K) asuinrakennuksen eri rakennusosille vuoden 1962 asuinrakennusten lämmöneristysnormeissa (RIY A43) /7/.

Rakennusosa	Pohjoinen vyöhyke	Eteläinen vyöhyke
Seinä ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten		
yksinomaan poltetuista tiilistä tehty seinä	0,93	1,05
normaalinen vaatimus	0,70	0,81
seinä, jonka massa $< 100 \text{ kg/m}^2$	0,41	0,47
Katto ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten		
tarkastava viranomainen voi sallia erityistapauksessa	0,58	0,58
normaalinen vaatimus kivrakenteiselle	0,47	0,47
normaalinen vaatimus puurakenteiselle	0,41	0,41
Lattia		
osittain lämmitettyä tilaa vasten	0,70	0,70
lämmittämätöntä tilaa vasten	0,47	0,47
ulkoilmaa vasten	0,41	0,41

Taulukoiden 2.1 ja 2.2 arvoja verrattaessa havaitaan, että kivrakenteisen ulkoseinän sallittu lämmönläpäisy on pudonnut neljanteen osaan kivrakenteisella seinällä ja kolmanteen osaan puurakenteisella seinällä. Myös muiden rakennusosien sallitut lämmönläpäisyt ovat pudonneet puoleen – kolmanteen osaan. Esimerkiksi ikkunoiden muuttaminen kaksilasisista nykypäivän selektiivilasilla varustetuiksi kolmilasisiksi on pienentänyt lämmönläpäisykertoimen puoleen. Näin ollen suurimmat energiansäästöt saavutetaan korjaamalla vanhempaa rakennuskantaa.

Vaikka rakennuksen ulkovaipan kautta tapahtuva lämmönhukka on ratkaisevasti pienempi nykypäivän rakennuksissa, vanhojen rakennusten saneeraaminen vain energiansäästön vuoksi on harvoin kannattavaa. Suurin hyöty energiakorjauksella saavutetaan, kun lämmöneristävyyden parannus tehdään jonkin muun saneerauksen yhteydessä. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi pahoin vaurioituneiden ikkunoiden vaihto uusiin nykyaikaisiin ja ulkoseinän lisäeristäminen ulkopinnan rappausta uusittaessa.

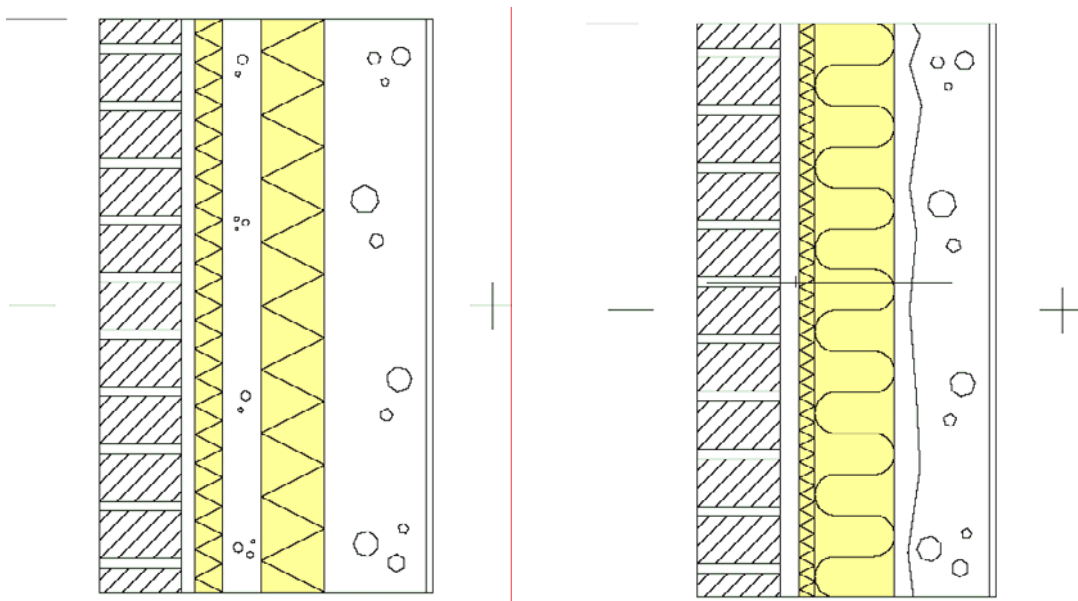
2.3 Ulkoseinät

Ulkoseinät muodostavat rakennuksen vaipasta suurimman osan. Näin ollen niillä on merkittävä osuus lämpöhäviöistä. Vanhoissa rakennuksissa ulkoseinien lämmöneristävyyden on huono nykymittapuun mukaisesti, joten niillä on näin ollen merkittävä osuus lämpöhäviöiden muodostumisesta.

2.3.1 Lisäeristäminen ulkopuolelta

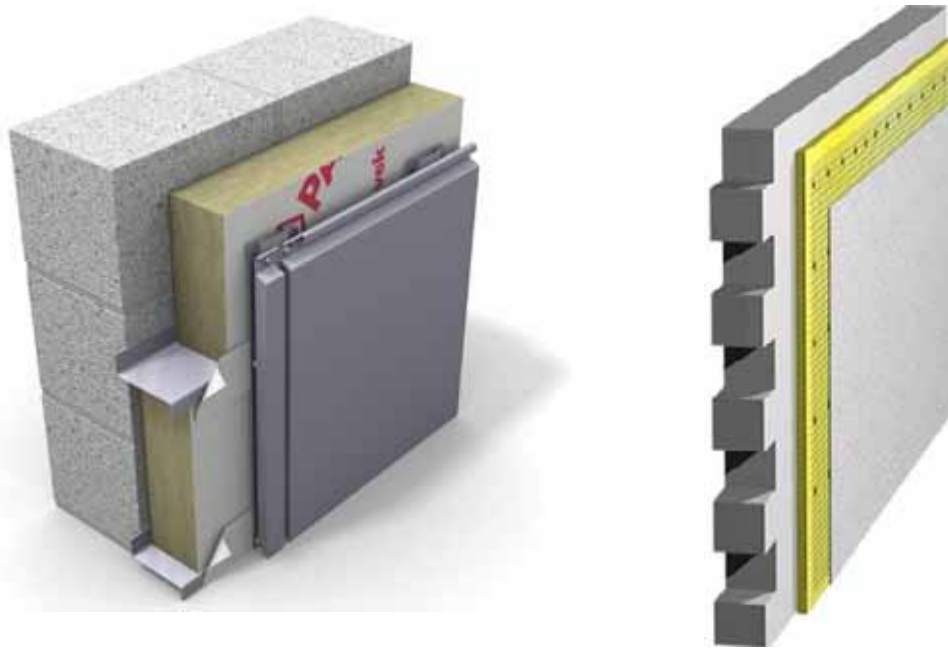
Ulkoseinien lisälämmöneristäminen on helpointa tehdä rakennuksen ulkopuolelta, jolloin vanhasta höyrynsulusta sekä välipohjien ja väliseinien kohdista ei tarvitse välittää. Uusi ulkopuolinen lämmöneriste ja ulkoverhous eivät saa kuitenkaan olla liian vesihöyrytiiviitä verrattuna alkuperäiseen rakenteeseen, jottei syntyisi kastepistettä vanhan seinän ja uuden lämmöneristeen rajapintaan tai uuden ulkoverhouksen taakse. Tällaista ei pääse syntymään, mikäli käytetään mineraalivillaa lämmöneristeenä ja ulkoverhouksen tausta on tuuletettu.

Ulkoseinän ulkopuolinen lisälämmöneristäminen on kannattavaa tapauksissa, joissa ulkoverhous joudutaan uusimaan tai korjaamaan. Tyypillisesti tällainen tapaus on betonielementtien ulkokuoren uusinta esimerkiksi tiiliverhoukseksi (kuva 2.3) tai rappauspinnaksi. Näissä tapauksissa vanha ulkoverhous joudutaan usein poistamaan, jolloin edellytykset lämmöneristeen lisäämiselle ovat hyvät.



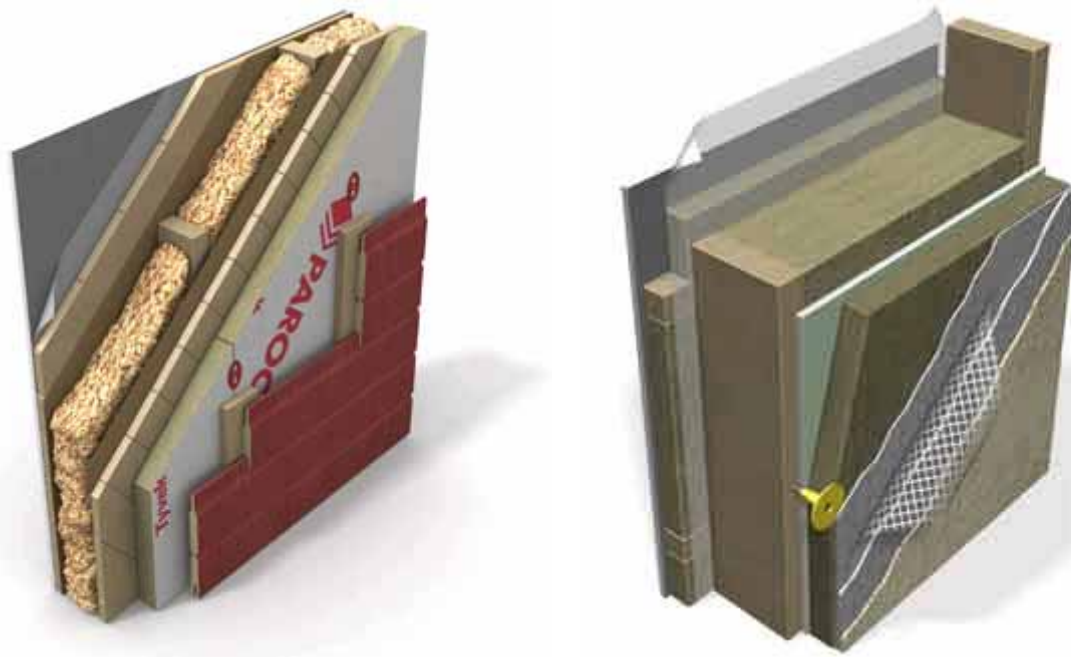
Kuva 2.3. Betonisandwich-seinän lisäeristäminen muuttaessa seinä tiilipintaiseksi joko lisäämällä lämmöneriste ja tiiliverhous tai korvaamalla ulkokuori tiiliverhouksella /8/.

Toinen tapaus on rapatun tiili- tai harkkoseinän rappauksen uusiminen. Tällöin vanhan seinän pintaan kiinnitetään lisälämmöneriste ja teräsverkko. Seinä rapataan lämmöneristeen pinnalta, ja teräsverkko toimii rappauksen alustana ja estää rappauksen halkeilut. Vaihtoehtoisesti seinän ulkopinta voidaan verhoilla levyillä (kuva 2.4).



Kuva 2.4. Harkko- tai täystiiliseinän päällystäminen ulkopinnalta lämmöneristeellä ja verhouslevyillä tai rappauksella (Lähde: Paroc ja Isover).

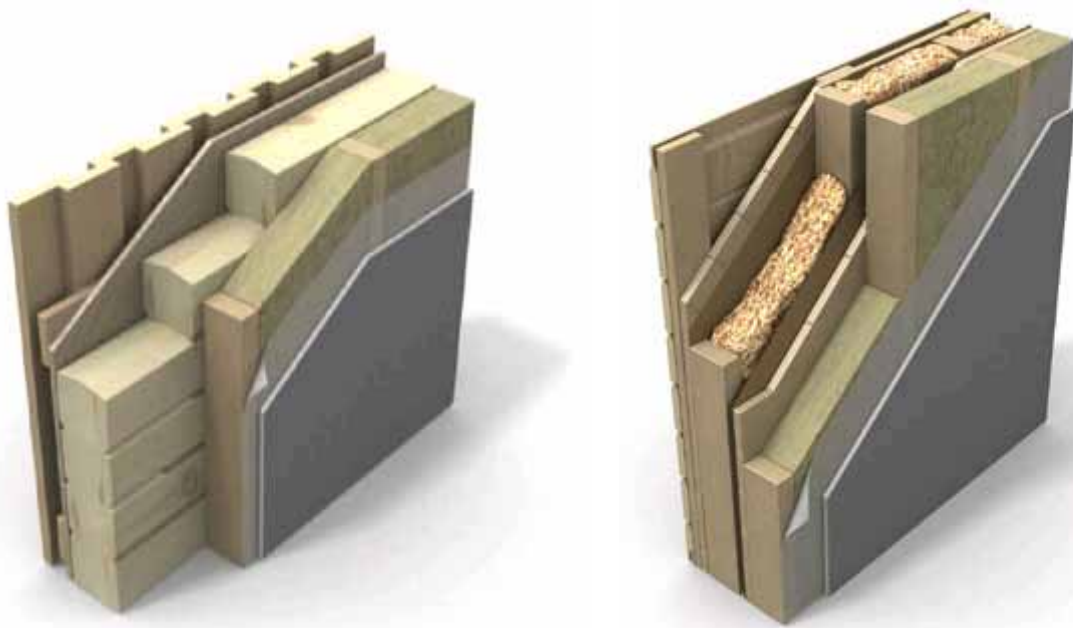
Puurunkoinen tai hirsinen lautaverhottu seinä voidaan lisäeristää ulkopuolelta poistamalla vanha ulkoverhous ja asentamalla rungon tai hirsiseinän ulkopintaan lisälämmöneriste joko koolaten tai mekaanisilla kiinnikkeillä. Lämmöneristeen ulkopintaan tulee tarvittaessa tuulensuoja, tuuletusrako ja ulkoverhous. Vanha tuulensuoja voidaan jättää alkuperäiselle paikalleen. Vaihtoehtoisesti seinän ulkopinta voidaan esimerkiksi rapata (kuva 2.5). Ulkopinnalle asennettavasta lisäeristyksestä ei yleensä aiheudu kosteusteknisiä ongelmia, jos eriste ja tuulensuojalevy läpäisevät tarpeeksi hyvin vesihöyryä ja ulkoverhouksen takana on riittävä tuuletusrako, tai ulkoverhous läpäisee tarpeeksi vesihöyryä.



Kuva 2.5. Puurunkoisen seinän ulkopuolinen lisäeristäminen ja vanhan ulkoverhouksen korvaaminen vaakalaudoituksella tai kolmikerrosrappauksella (Lähde: Paroc).

2.3.2 Lisäeristäminen sisäpuolelta

Seinien lisäeristäminen sisäpuolelta saattaa joskus olla perusteltua, jos sisäverhous on korjaustarpeessa tai rakenteessa on puutteellinen höyryn- tai ilmansulku. Ilmaa ja kosteutta läpäisevän lämmöneristeen asentaminen seinän sisäpintaan edellyttää tavallisesti höyrysulun tai muun tiiviin kerroksen asentamista uuden verhouslevyn alle (kuva 2.6). Vain ohuita lämmöneristekerroksia asennettaessa höyrysulku voidaan jättää pois. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi 12–25 mm paksun huokoisen puukuitulevyn asentaminen puru- tai hirsiseinän sisäpintaan. Lisäksi rakenteessa olevan vanha höyrysulku tulee yleensä poistaa, jottei rakenteen sisälle muodostu kastepistettä, mikä aiheuttaa kosteuden kerääntymistä rakenteeseen.



Kuva 2.6. Hirsiseinän ja purueristeisen seinän lisäeristäminen sisäpuolelta mineraalivillalla (Lähde: Paroc).

Sisäpuoliseen lisälämmöneristämiseen on kehitetty tuotteita, joissa pontattu polyuretaanilevy on liimattu kipsilevyyn. Näitä tuotteita käyttämällä syntyy valmista seinäpintaa ilman erillistä levyttämistä. Levyjen saumat ja liittymät ympäröiviin rakenteisiin tiivistetään saumausvaahdolla.

2.3.3 Lämmöneristeen vaihto

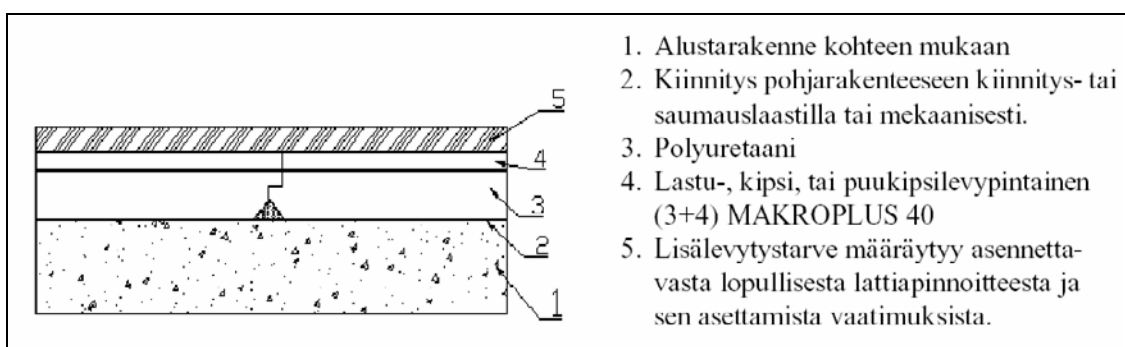
Lämmöneristeen vaihto tulee lähinnä kysymykseen puruesitetyssä seinässä, jossa purut vaihdetaan sellukuitueristeeksi tai mineraalivillaksi. Menetelmän hyöty on siinä, että purun lämmönjohtavuus on noin 2-kertainen mineraalivillan lämmönjohtavuuteen verrattuna, ja uudella eristeellä saavutetaan samalla paksuudella noin kaksinkertainen lämmöneristävyys.

Seinän korjaaminen tulee tehdä siltä puolelta, joka tarvitsee kunnostamista. Esimerkiksi, jos sisäverhous tarvitsee uusinnan, vanha sisäverhous kannattaa purkaa ja purut poistaa sisäkautta. Jos lämmöneristeenä käytetään mineraalivillaa, seinään tulee asentaa verhoulevyn taakse höyrynsulku, ja siinä tapauksessa lähes poikkeuksetta korjaaminen tulee tehdä lämpimältä puolelta.

2.4 Alapohja

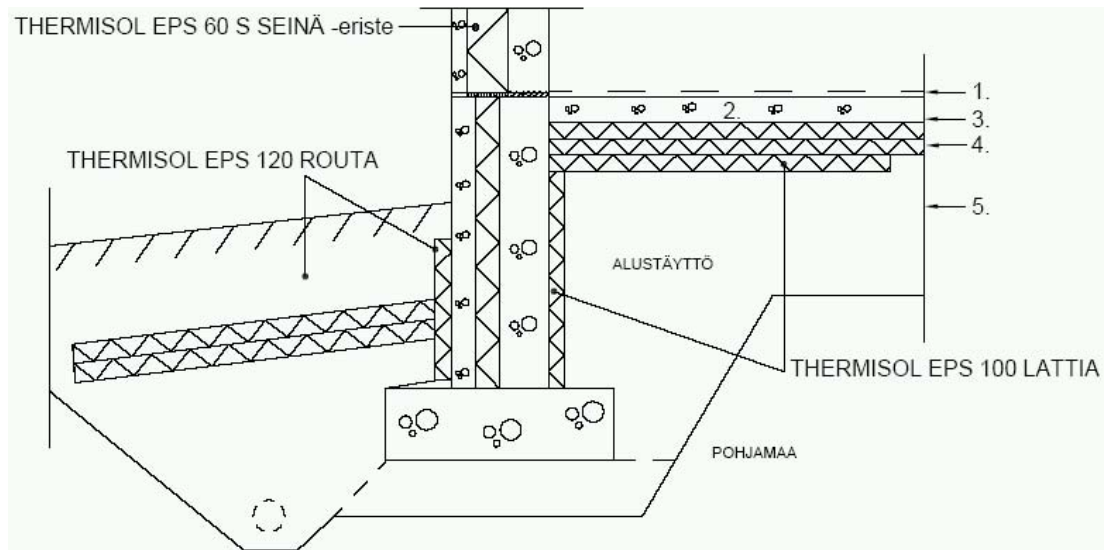
Alapohjan lisäeristäminen on mahdollista joko lisäämällä alapohjaan lämmöneristekerroksia tai vaihtamalla lämmöneriste paremmin eristäväksi. Lämmöneristeen lisääminen lattian päälle ei useinkaan ole mahdollista, koska toimenpide nostaa lattian pinnan tasoa ja aiheuttaa ongelmia muun muassa ovien kanssa.

Kuvassa 2.7 on esitetty valmiin lämmöneriste-rakennuslevy-rakenteen käyttöä sisäpuolisessa lisälämmöneristämässä. Perusmuurin tai sokkelin ulkopuolella maassa olevan routaeristyslevyn paksuntaminen vähentää myös alapohjan kautta tapahtuvaa lämmönhukkaa ja toisaalta vähentää routavaurioiden syntymisen riskiä (kuva 2.8).



Kuva 2.7. Alapohjan lisäeristäminen polyuretaanilevyllä (Lähde: Henkel Makroflex).

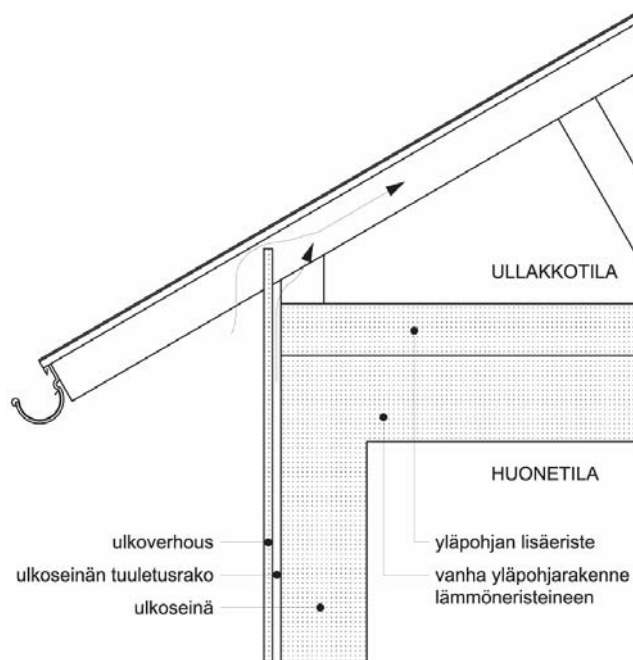
Alapohjan lämmöneristeen vaihtaminen toiseksi (tavallisemmin purujen vaihtaminen mineraalivillaksi) on tavallisesti kannattavaa, mikäli lattian pintamateriaali joudutaan uusimaan. Lämmöneristävyys paranee tällöin, koska mineraalivillalla on merkittävästi parempi lämmöneristävyys. Maanvaraisen alapohjan lämmöneristeen vaihtaminen ei yleensä ole kannattavaa, koska vaihtaminen edellyttää lämmöneristykseen päällä olevien kerrosten poistamista, ja nämä kerrokset ovat yleensä betonia.



Kuva 2.8. Rakennuksen ulkopuolella olevat routaeristykset parantavat alapohjan lämmöneristystä ja ovat lisättävissä jälkikäteen. (Lähde: Thermisol)

2.5 Yläpohja

Ullakkotilalla varustetun rakennuksen yläpohjan lisälämmöneristäminen on yleensä helppoa. Eristeenä on varminta käyttää samaa eristettä kuin alun perin rakennuksessa on käytetty, joskin purueristettyyn yläpohjaan kannattaa käyttää sellukuitueristettä. Eristeet voidaan asentaa puhaltamalla ja mineraalivilla myös levytavarana. Lisäeristeen paksuutta rajoittavana tekijänä on räystäiden tuuletusaukkojen pysyminen auki ja ullakkotilan korkeus.



Kuva 2.9. Yläpohjan lisäeristäminen /9/.

Tasakattoisissa rakennuksissa yläpohjan lisäeristäminen tulee kyseeseen ainoastaan vesikatetta uusittaessa. Silloin vaihtoehtoina ovat eristeen paksuntaminen ja mineraalivilla- tai solupolystyreenieristeen vaihto solupolyuretaaniksi.

2.6 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden kokonaispinta-ala on asuinrakennuksissa 10–15 % huoneistopinta-alasta ja samaa luokkaa ulkoseinien pinta-alasta. Vaikka pinta-alaosuus on näin pieni, ikkunoiden kautta tapahtuva lämpövuoto voi olla samaa luokkaa kuin ulkoseinien kautta tapahtuva. Syynä tähän on ikkunoiden huomattavasti ulkoseiniä suurempi lämmönläpäisykerroin.

Reilun kymmenen viime vuoden aikana kehittynyt lasiteknologia tuo mahdollisuuksia aikaisempaan verrattuna parantaa ratkaisevasti ikkunoiden lämmöneristävyttä. Uutta lasiteknologiaa soveltamalla ikkunoiden lämmönhukka voi pudota jopa puoleen.

Taulukossa 2.4 on esitetty tavallisimpien ikkunoille tehtävien huolto-, kunnostus- ja saneeraustöiden vaikutukset ikkunoiden ominaisuuksiin. Lämmöneristävyuden parantaminen onnistuu parhaiten uusimalla ikkunat, mutta myös etuikkunan asentamisella sekä eristyslasin asentamisella tai vaihtamisella on saavutettavissa hyötyä. Saavutettu hyöty verrattuna remontin kustannuksiin on pieni, minkä vuoksi ikkunoita ei harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta kannata remontoida vain energiansäästön vuoksi. Kuten taulukosta on havaittavissa, remontilla on myös monia muita positiivisia vaikutuksia ja jos niitä tavoitellaan myös, remontointi on perusteltua. Taulukossa 2.5 on esitetty joidenkin ikkunatyyppeiden lämmönläpäisykertoimien vaihteluvälejä, joita eri lasiteknologioilla on saavutettavissa.

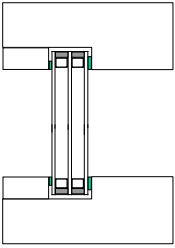
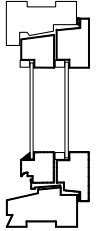
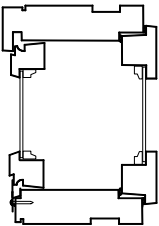
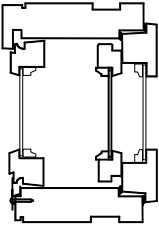
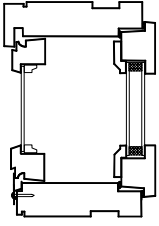
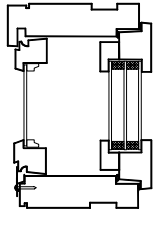
Taulukko 2.4. Mahdollisuus vaikuttaa ikkunan ominaisuuksiin eri remontoititoimenpiteiden avulla /4/.

Ominaisuus	Tiivisteiden uusinta	Ulkopuitteen lasituskittauksen uusinta	Maalaus-kunnostus	Vaurioituneiden osien vaihto	Etuikkunoiden asennus	Vaihtopuite	Eristyslasin asentaminen tai vaihtaminen	Lisälasi ja -puite	Ikkunoiden vaihto uusiin	Sälekaihtimen asennus
Lämmöneristävyys	+	0	0	0	++	+	+++	++	+++	+
Ääneneristävyys	+	0	0	0	++	++	++	++	+++	0
Ilmanpitävyys	++	0	0	0	+	+	0	0	+++	0
Sateenpitävyys	+	+	0	0	++	++	0	0	+++	0
Tuulenpaineenkestävyys	0	0	0	0	+	+	+	0	++	0
Pistekuormankestävyys	0	0	0	0	0	+	-	-	++	0
Kosteustekninen toimivuus	+	+	+	+	+	+	+	+	++	0
Valonläpäisy	0	0	0	0	-	0	-	-	+/-	0/--
Auringon lämpösäteilyn läpäisy	0	0	0	0	--	--	--	--	---	--
Avattavuus	0	+	+	+	+/-	+	+/-	+/-	++	-
Murronkestävyys	0	0	0	0	+	+	+	+	++	0
Henkilöturvallisuus	0	+	0	+	0	0	+	+	++	0
Ulkonäkö	0	+	+	+	++	++	0	0	+++	+/-
Käyttöikä	+	++	++	++	+++	+++	+	+	+++	0

+ ominaisuus paranee vähän
 ++ ominaisuus paranee kohtalaisesti
 +++ ominaisuus paranee paljon
 0 ei vaikuta ominaisuuteen

- ominaisuus heikkenee vähän
 -- ominaisuus heikkenee kohtalaisesti
 --- ominaisuus heikkenee paljon
 +/- vaikutus riippuu tuotevalinnasta

Taulukko 2.5. Erityyppisten ikkunoiden ja lasin keskiosan lämmönläpäisykertoimia /4/.

Ikkunan tyyppi	Lasiosa	Täytekaasu	1.2m*1.2m ikkunan U-arvo (W/m ² K)	Lasin keskiosan U-arvo (W/m ² K)
	3 * kirkas	ilma	1,80–1,90	1,80–2,10
	2 * kirkas + 1 * selektiivi	ilma	1,20–1,40	1,30–1,50
		argon	0,95–1,25	1,10–1,40
	1 * kirkas + 2 * selektiivi	ilma	0,90–1,20	1,00–1,35
	argon	0,65–0,90	0,85–1,20	
	krypton	0,50–0,75	0,70–1,05	
	2 * kirkas	-	2,4–2,9	2,7–2,8
	2 * kirkas	-	2,3–2,8	2,8–2,9
	3 * kirkas	-	1,65–1,80	1,70–1,80
	3 * kirkas	ilma	1,70–1,90	1,80–1,95
	2 * kirkas + 1 * selektiivi	ilma	1,30–1,55	1,10–1,50
		argon	1,15–1,40	0,95–1,35
	1 * selektiivi	krypton	1,10–1,35	0,85–1,10
	4 * kirkas	ilma	1,25–1,45	1,30–1,40
	3 * kirkas + 1 * selektiivi	ilma	1,10–1,30	0,90–1,25
		argon	1,00–1,25	0,75–1,10
		krypton	0,90–1,15	0,70–0,95
	2 * kirkas + 2 * selektiivi	ilma	0,90–1,20	0,70–1,05
		argon	0,75–1,00	0,55–0,90
krypton		0,70–0,90	0,45–0,75	

2.7 Ilmanpitävyyden parantaminen

Rakennuksen ilmanpitävyyden parantaminen vähentää hallitsematonta, energiankulutusta aiheuttavaa vuotoilmanvaihtoa. Ilmavuotoa aiheutuu rakennusosien välisistä liitoksista, läpiviennistä ja tiivisteiden puutteista. Rakennuksen ilmanpitävyyttä kuvataan tavallisesti 50 Pa:n paine-erolla mitatulla ilmavuotokertoimella. Tyypillisesti se on 2–4 vaihtoa/h. Tiiviissä talossa kerroin on alle 1 vaihto/h ja hatarassa yli 5 vaihtoa/h.

Halvin ja helpoin rakennuksen tiivistäminen on ikkunoiden ja ovien tiivisteiden uusinta. Tällä voidaan saavuttaa merkittävä parannus, jos vanhat tiivisteet ovat huonossa kunnossa. Toinen helposti toteutettava tiivistäminen on ikkunoiden ja ovien karmien ja seinän välisen sauman tiivistäminen, mikäli siinä on puutteita. Monissa vanhoissa taloissa ei kuitenkaan ole suunniteltu erikseen korvausilmareittejä, ja korvausilman on ajateltu tulevan paljolti ikkunoiden ja ovien tiivisteiden vuotojen kautta. Mikäli tiivisteiksi vaihdetaan nykyaikaiset kumiset tai muoviset profilitiivisteet, on mahdollista, ettei kunnostuksen jälkeen ilmanvaihto ole riittävää. Tällä tavalla voidaan saavuttaa suuriakin lämmitysenergiänsäästöjä, mutta se tapahtuu viihtyisyyden ja terveellisyyskustannuksella.

Ilmanvaihto-, vesi- ja viemäriputkien samoin kuin sähköjohtojen ja -kalusteiden läpivientien tulee olla tiiviitä. Monessa tapauksessa ne ovat tiivistettävissä myös jälkikäteen. Sen sijaan höyrönsulun liitoksien ja reikien tiivistäminen on yleensä mahdotonta jälkikäteen rakenteita avaamatta. Jonkin verran höyrönsulun puutteita voidaan kompensoida sisäpuolisen lisäeristämisen yhteydessä asennettavalla uudella höyrönsululla, joka liitetään ilmatiiviisti reunoistaan olemassa oleviin rakenteisiin tai mieluiten vanhaan höyrönsulkuun.

Rakenteiden välisten saumojen tiivistystä voidaan tavallisesti parantaa esimerkiksi saumausvaahdolla. Esimerkkinä tällaisesta tiivistämisestä on betonitalon puisen parvekkeseinän liityntäsauman tiivistäminen kantaviin betonisiin rakenteisiin.

3. Lämmöntuottojärjestelmät

3.1 Johdanto

Lämmitysenergian kulutus

Energiankulutus tarkoittaa lämmitykseen ja sähköön tarvittavan energian kokonaiskulutusta kilowattitunteina mitattuna. Mitä suurempi on rakennus, sitä suurempi on myös rakennuksen energiankulutus.

Eri rakennusten energiankulutusta verrataan yleensä ominaiskulutusluvun avulla, joka lasketaan yleensä kohteen huoneistoneliometriä (htm^2), bruttoneliometriä (brm^2) ja rakennustilavuutta (rm^3) kohden. Mittareista käyttökelpoisin on huoneistoalaa kohden laskettu kulutus, joka kuvaa hankkeen energiataloudellisuutta.

Energiankulutuksen arvioinnissa on tärkeää erottaa lämmitysenergian osuus ja sähköenergian osuus. Lisäksi sähköenergian kulutus kannattaa jakaa kiinteistön tarvitsemaan sähkönkulutukseen ja tilojen tarvitsemaan sähkönkulutukseen, jossa suurimpia tekijöitä ovat asuinrakennuksissa kotitalouden laitteet, valaistus ja viihde-elektroniikka.

Lämmitysenergian kulutukseen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- rakennuksen tilaohjelma ja rakennuksen koko
- rakennuksen suunnitteluratkaisu (pohjaratkaisu)
- rakenteet
- talotekniset järjestelmät
- tilojen käyttöajat ja tilojen tekninen varustetaso
- käyttäjien lukumäärä
- käyttötottumukset sekä
- rakennuksen sijainti.

Esim. asuinkerrostalon tilaohjelmaan kuuluvat asunnot, mahdolliset liike- ja toimistohuoneistot, yhteiset sauna-, talopesula-, askartelu- ja varastotilat, liikennetilat ja tekniset tilat. Tilaohjelman tehokkuudella on merkitystä energiankulutukseen, mutta koska siihen ei voida enää olemassa olevassa kiinteistössä vaikuttaa, on se jätettävä energiatalouden arvioinnin ulkopuolelle. Sama koskee tilaohjelman toteuttamista eli suunnitteluratkaisua. Siihenkään ei voida enää valmiissa kiinteistössä vaikuttaa.

Rakenteisiin ja taloteknisiin järjestelmiin voidaan sitä vastoin vaikuttaa. Rakentamista koskevissa viranomais määräyksissä on esitetty ne vaatimukset, joita rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa tulee noudattaa. Energiataloudel-

lisiä perusparannuksia pohdittaessa on osattava valita ne rakenteet ja tekniset järjestelmät, joiden kohdalla energiatalouden parantaminen ja toimenpiteen avulla saatavat muut hyödyt ovat riittäviä sen toteuttamiseksi.

Energian hinnan ollessa alhainen on energiansäästö lyhyellä tarkastelujänteellä harvoin pääsyy korjaukseen ryhtymiselle. Energiataloutta parantavat ratkaisut ovat kuitenkin usein sellaisia, että niiden avulla voidaan rakennusosan teknistä käyttöikää jatkaa ja ne parantavat asumismukavuutta. Kuntoarviossa kannattaakin aina punnita vaihtoehtoisten korjaustapojen vaikutuksia kiinteistölle sen koko elinkaaren näkökulmasta, ei pelkääntään tarkastushetken tilanteessa.

Perusparannuksilla voidaan vaikuttaa myös asumisterveellisyyteen. Suurin yksittäinen puute asuinrakennuksissa on huonosti toimiva ilmanvaihto. Painovoimaisen ilmanvaihdon kohteissa sen ohjaaminen on hankalaa. Koneellisen poistoilman rakennuksissa ilmanvaihto on täydellä teholla ruuanvalmistuksen aikana päivällä ja alkuillasta ja muutoin puoliteholla. Rakentamismääräykset edellyttävät, että asunnon ilman tulee vaihtua keskimäärin kerran kahdessa tunnissa. Ilmanvaihdon kohdalla kuntoarvioissa kannattaakin aina arvioida, mitä vaihtoehtoisia keinoja ilmanlaadun parantamiseksi on käytettävissä, ja mikä on näiden taloudellinen kannattavuus.

Maantieteellinen sijainti ja kohteen tontin ominaisuudet (puusto, ympäröivät rakennukset, liikenne) ovat tekijöitä, joihin ei olemassa olevassa kiinteistössä voida enää kovin paljon vaikuttaa. Kuntoarviossa ne ovat kuitenkin taustalla olevia asioita, jotka pitää ottaa toimenpiteiden valinnassa huomioon. Taulukko 3.1 esittää Suomen asuinrakennuskannan vuonna 2000 (Lähde: Tilastokeskus).

Taulukko 3.1. Suomen asuinrakennuskanta vuonna 2000 (Lähde: Tilastokeskus), yksikkönä kem².

	-1919	1920-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-2000	2000
Erillispientalot	4 914	22 340	17 566	13 914	21 771	28 781	19 584	1 879
Rivitalot ja ketjutalot	456	517	430	1 836	7 392	11 322	5 616	508
Asuinkerrostalot	2 515	6 784	7 550	15 629	23 273	11 967	10 709	1 177
Vapaa-ajan asuinrakennukset	3 787	4 000	1 382	1 727	2 764	2 936	3 539	294
	11 672	33 641	26 928	33 106	55 200	55 006	39 448	3 858

Asuntojen kokonaispinta-alasta 50 % on pientaloissa, 20 % rivi- ja ketjutaloissa sekä vapaa-ajan rakennuksissa ja 30 % kerrostaloissa.

Lämmitysenergian säästöpotentiaali pientaloissa

Pientalojen energiataloudellinen korjaustarve lisääntyy voimakkaasti tulevaisuudessa. Epävarmuus energian hinnan kehityksestä ja kansainvälisten ilmastositoumien asettamat, tiukentuvat päästötavoitteet, kannustavat perusrantamisen yhteydessä parantamaan myös rakennusten energiataloutta. Aktiivisilla energiataloudellisilla toimenpiteillä on mahdollista saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä ja parantaa samalla asumisen laatua mm. sisäilmaston osalta.

Lämmitysenergian säästöpotentiaali Suomen pientalokannassa on vuosittain noin 1 000 GWh, mikä merkitsee rahassa noin 60–80 milj. euroa. Energiatehokkuuteen kohdistuvat investoinnit vaikuttavat pääosin suomalaiseen teollisuuteen ja rakennustoimintaan, joten korjauksiin sitoutuva pääoma kasvattaa Suomen bruttokansantuotetta ja pienentää ulkomailta ostettavan energian määrää.

Taloudellisesti kannattavimpia toimenpiteitä ovat sellaiset, jotka voidaan tehdä rakenteita purkamatta. Tällaisia ovat 1960- ja 1970-lukujen omakotitaloissa yläpohjan lisäeristäminen, jolloin takaisinmaksuaika on alle 6–15 vuotta. Ulkoseinän lisäeristäminen on kannattavaa, kun vanha ulkoverhous on niin huonokuntoinen, että sitä ei kannata enää kunnostaa. Ulkoseinän ulkopuolisen lisäeristyksen takaisinmaksuaika on noin 10–15 vuotta.

Taloteknisistä toimenpiteistä kannattavimpia ovat käsisäätöisten patteriventtiilien uusiminen termostaattisiksi (takaisinmaksuaika 3–5 vuotta), ja elinkaarensa lopussa olevan öljykeskuslämmityksen uusiminen. Lämmitysjärjestelmiin kohdistuvissa investoinneissa pitää järjestelmän taloudellinen valinta tehdä tapauskohtaisen investointilaskelman perusteella, jolloin myös eri energiamuotojen käyttöönotettavuus otetaan tarkastelussa huomioon.

Lämmitysenergian tarve ja säästöpotentiaali eri aikakausien kerrostaloissa

Asuinkerrostalojen lämmitysenergian ominaiskulutus on KH-kortin X1-00291 mukaan 275 kWh/ htm² (lämmitystarveluku 4728 °Cd). Kerrostalokannan lämmöntarve on siten kokonaisuudessaan (vuonna 2000) noin 14,6 milj. MWh. Kaukolämmön hinnalla 50 €/MWh, asuinkerrostalokannan lämmityskustannukset ovat vuonna 2000 yhteensä 730 milj. €. Sähköenergian kulutus kerrostaloissa sisältäen sekä asuntojen sähkön että kiinteistösähkön on keskimäärin 27,5 kWh/htm². Sähköenergian kokonaiskulutus kerrostaloissa vuonna 2000 on siten 1,5 milj. MWh. Jos sähköenergian keskihinta on (kulumaksu ja siirtomaksu) yhteensä 100 €/MWh, ovat kerrostalokannan sähköenergian kustannukset vuositasolla 150 milj. €. Vedenkulutus asuinkerrostaloissa on 1,9 m³ /htm² vuodessa. Kokonaiskulutus kerrostalokannassa on 100 milj. vesi-m³ vuodessa. Jos käyttö-

veden ja jäteveden hinta on keskimäärin 3 €/vesi-m³, ovat käyttövesikustannukset kerrostalokannassa yhteensä 300 milj. € vuodessa.

Taulukko 3.2 esittää Suomen asuinkerrostalokannan lämmitysenergian, sähköenergian ja käyttöveden kokonaismenekki ja -kustannukset vuositasolla.

Taulukko 3.2. Asuinkerrostalokannan kulutusmenekit ja kustannukset vuonna 2000.

	GWh/v	milj.vesi- m ³ /v	milj.€/v
Lämmitysenergian tarve	14,6		730
Sähköenergian tarve	1,5		150
Käyttöveden tarve		100	300
Yhteensä			1180

Suomessa on 7 550 000 kem² vuosina 1950–1959 rakennettua kerrostalokantaa. Näiden rakennusten osuus koko asuinkerrostalokannasta on 9,5 %. Rakennukset ovat edelleen vaipan rakenteiden osalta pääosin alkuperäisiä, ikkunoista on suuri osa jo uusittu tai kunnostettu. Rakennusten ilmanvaihto on painovoimainen, joten ilmanvaihdon energiatehokkuus on heikko. Toisaalta painovoimaisella ilmanvaihdolla ei yleensä saavuteta määräysten edellyttämää ilmanvaihtuvuutta, joka alentaa rakennuksen ominaiskulutusta.

Aikakauden kerrostaloille on ominaista, että

- asunnot ovat pieniä ja vain suurimmissa huoneistoissa on parvekkeet
- vaipan rakenteiden U-arvot ovat nykyisin voimassa oleviin määräyksiin nähden heikkoja
- rakenteet ovat teknisesti pitkäikäisiä, myös julkisivujen pintarakenteiden osalta
- rakennuksissa on kellari ja ullakko
- rakennuksen keskimääräinen kerroskorkeus on suurempi kuin 1960–1990 -luvulla tehdyissä asuinkerrostaloissa.

Rakennusten sähkötekniinen varustetaso on vaatimaton, ja osa asuntojen kylpyhuoneista on ilman suihkua. Suihkullisissa kylpyhuoneissa oli alun perin kylpyamme. Vesikalusteet ja wc-istuimet on rakennuksissa uusittu. Useimmissa aikakauden rakennuksissa on siirrytty koksi- tai öljylämmityksestä kaukolämpöön. Myös ikkunoista on uusittu huomattava osa. Rakennusten ulkoseinien lisäeristämistä ei kuitenkaan laajasti ole tehty, vaikka rakennukset arkkitehtuurinsa puolesta sopivat hyvin ulkopuolelta lisäeristettäviksi. Yläpohjan ja alapohjan lisälämmöneristäminen on aikakauden rakennuksissa hankalaa eikä toimenpiteitä tehdä. Ilmanvaihtojärjestelmien muutoksia ei ole juurikaan tehty. Aikakauden rakennusten energiatehokkuutta voidaan parantaa samassa yhteydessä kun rakennuksiin tehdään esimerkiksi putkistokorjaus.

Toimenpiteet, joilla energiataloutta voidaan parantaa, ovat seuraavat:

- ulkoseinien ulkopuolinen lisälämmöneristäminen (tp1)
- ikkunoiden uusiminen (tp2)
- parvekeovien uusiminen (tp3)
- asuntokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen (tp4)
- vesikalusteiden uusiminen ja käyttöveden kulutusmittauksen käyttöön ottaminen (tp5)
- siirtyminen öljylämmityksestä kaukolämpöön ja termostaattisten patteriventtiilien asentaminen (tp6).

Vuosina 1960–1969 Suomessa rakennettiin kerrostaloja yhteensä 15 629 000 kem². Aikakauden rakennusten osuus koko asuinkerrostalokannasta on 19,5 %. Rakennukset ovat jo suurelta osin elementtitekniikalla toteutettuja, ja päärakennusmateriaalina on betoni. Kohteet on usein jo alun perin liitetty kaukolämpöön. Muita ajankohdan kerrostaloille tyypillisiä piirteitä ovat:

- kohteissa on suuret ikkunat ja yksiöitä lukuun ottamatta asuntokohtaiset parvekkeet
- asuntojen huoneistokoko on selvästi suurempi kuin 1950-luvun rakennuksissa
- ulkoseinien, yläpohjan, ikkunoiden ja parvekkeiden lämmöneristys on edelleen heikohko nykymääräyksiin verrattuna sekä
- betonirakenteissa ei ole käytetty lisähuokoistusainetta, joka parantaisi niiden pak-
kaskenkestävyyttä, minkä vuoksi ulkoseinien vaurioitumisriski on suurempi kuin
1970-luvun lopun jälkeen tehdyissä kohteissa.

Aikakauden rakennusten energiatehokkuutta voidaan parantaa samassa yhteydessä kun rakennuksiin tehdään esimerkiksi putkistokorjaus. Toimenpiteet, joilla energiataloutta voidaan parantaa, ovat käytännössä samoja kuin 1950-luvun rakennustyyppissä. Lämmitysjärjestelmien korjauksen kohdalla kysymyksessä on yleensä lämmönvaihtimen uusiminen ja samassa yhteydessä tehtävä patteriventtiilien uusiminen ja lämmitysverkoston perussäätö.

Suomessa on 23 273 000 kem² vuosina 1970–1979 rakennettua kerrostalokantaa. Näiden osuus koko asuinkerrostalokannasta on 29 %. Rakennukset ovat edelleen suunnitteluratkaisuiltaan pelkistetty, lähiöissä sijaitsevia betonirunkoisia taloja, joiden lämmitys-
muotona on kaukolämpö. Lämmöneristysmääräykset kiristyivät vuonna 1978, joten
aivan vuosikymmenen lopulla rakennusten energiatehokkuus parani. Ilmanvaihtojärjes-
telmänä käytettiin keskitettyä koneellista poistoa. Ikkunat olivat edelleen pääosin MS-
tyyppiä, jonka u-arvo oli noin 2,3 W/m²K. Ulkoverhousmateriaalina käytettiin tiiltä,
kalkkihiiekkakiveä, betonia, pesubetonia.

1980-luvulla rakentamisen määräykset kehittyivät. Säälle alttiina olevien betonirakenteiden pakkasenkestävyys parani ja samalla myös lämmöneristysmääräykset kiristyivät. Rakennusten arkkitehtuuri muuttui. Rakennukset tulivat monimuotoisemmiksi. Ilmanvaihtojärjestelmien osalta 1980-luvussa määräykseen tuli vaatimus korvausilman sisäänoton järjestämisestä. Ilmanvaihdon energiatehokkuuden osalta rakennukset ovat edelleen heikkoja, lämmöntalteenottojärjestelmiä ei rakennuksissa käytännössä ole. Vesikalusteiden suhteen tapahtui kehitystä. Kylpyammeista asunnoissa luovuttiin ja sekoittimien ja wc-istuintien vedenkulutusta pienettiin. Vuosina 1980–2000 rakennettua kerrostaloja on Suomessa 23 853 000 km^2 eli noin 30 % kerrostalokannasta. Aikakaudella rakennettiin kerrostaloja yhteensä saman verran kuin edellisellä vuosikymmenellä eli rakentamisen tuotanto hiipui 1950-luvun tasolle. Suurin tähän vaikuttanut tekijä oli 1990-luvun alun erittäin voimakas taantuma, minkä vuoksi vuoden 2000 jälkeen asuntotuotanto on lähtenyt erittäin jyrkälle kasvu-uralle, joka jatkuu edelleen.

Vuonna 2003 voimaan tulleet lämmöneristysmääräykset ottivat ensimmäistä kertaa ilmanvaihdon lämmöntalteenoton merkitykseen energiankulutuksessa. Rakennusten korjaustarve ei ole ajankohtainen vielä 10–20 vuoteen, joten mahdollisuudet energiatehokkuuden parantamiseen ovat vähäiset.

Kerrostalokannan lämmitysenergian kulutusta voidaan teoreettisesti alentaa noin 3,5 GWh vuodessa. Säästöpotentiaalin rahallinen arvo on maksimissaan 175 milj. € vuodessa. Käytännössä korkeintaan puolet teoreettisesta säästöstä on mahdollista saavuttaa, jolloin vuosittainen säästö olisi 75–100 milj. €. Suurin potentiaali on 1960-luvun kerrostalokannassa 1,2 GWh. 1960-luvun rakennukset ovat myös tällä hetkellä suurin putkistokorjausten kohderyhmä.

Lämmitysenergian säästöpotentiaali toimistotaloissa

Toimistorakennuskannan keski-ikä on Suomessa tällä hetkellä noin 35 vuotta. Uudet toimistorakennukset ovat energiatehokkaita, ja niissä lämmitysenergian ominaiskulutus on 20–25 kWh/m^3 . Vanhemmissa toimistorakennuksissa ominaiskulutus on paljon huonompi, yleensä jopa 50–70 kWh/m^3 . Suurin osa lämmitysenergian kulutuksesta johtuu ilmanvaihdon kuluttamasta lämpöenergiasta.

Vanha toimistorakennuskanta on perusparannusvaiheessa. Tässä yhteydessä ilmanvaihtojärjestelmät uusitaan ja samalla niihin asennetaan lämmöntalteenotto. Toimistorakennuksen lämmitysenergiankulutusta voidaan alentaa 15–20 kWh/m^3 . Olettaen, että vuositasolla Suomessa korjataan 5 % korjaustarpeessa olevasta toimistorakennuskannasta, on lämmitysenergian säästöpotentiaali vuositasolla noin 30–50 milj. euroa. Ilmanvaihtojärjestelmien korjaus parantaa samalla rakennusten sisäilman laatua ja lisää toimistotyön tuottavuutta.

Realiteetti on kuitenkin, että vain osa korjaustarpeesta olevasta kiinteistökannasta tullaan korjaamaan. Kenties jopa puolet vanhenevista toimistorakennuksista ajetaan käyttöikänsä päähän ja tämän jälkeen joko muutetaan muuhun käyttötarkoitukseen tai puretaan.

3.2 Lämmitysjärjestelmän perusparannus ja hyötysuhteen nosto

3.2.1 Lämmöntuottojärjestelmien teknisen kunnan arviointi

Tekninen käyttöikä

Lämmöntuottojärjestelmien osien tekniset käyttöiät (taulukko 3.3).

Taulukko 3.3. Lämmöntuottojärjestelmien ja muiden lämmitysjärjestelmälaitteiden tekninen käyttöikä.

Tuoteosa	Tekninen ikä kunnossapidettynä, vuotta	HUOM
Kaukolämmön alakeskus	20–25	
Kevytöljykattilalaitos	25–40	Öljypoltin uusitaan 15–20 vuoden välein
Raskasöljykattilalaitos	25–40	Öljypoltin uusitaan 15–20 vuoden välein
Pellettikattilalaitos	25–40	Arvio
Turve- tai hakekattilalaitos	30–50	
Lämpimän käyttöveden valmistusyksikkö	25–40	
Lämpimän käyttöveden varastosäiliö	30–50	
Lämpöjohdot	50–100	
Radiaattorit	50–100	
Kiertoilmakojeet	15–30	
Polttoainesäiliöt, öljy	30–50	Teräs tai lujitemuovi

Järjestelmien tekniset käyttöiät vaihtelevat voimakkaasti rasitusolosuhteiden ja erityisesti huollon ja kunnossapidon tason osalta. Säännöllisesti huollettuna ja kunnossapidettynä järjestelmien tekninen ikä voi olla taulukossa esitettyä pidempikin. Vanhemmat lämmöntuottolaitteet tuottavat runsaasti lämpöä, jota ei yleensä voida hyödyntää lämmityksessä. Siksi teknisen käyttöiän lisäksi on arvioitava lämmöntuotantohäviöiden merkitys.

Lämmöntuotantohäviöiden arviointi

Lämmitysjärjestelmien teknisen kunnan arviointiin ei ole laadittu yleistä kuntoarviointiohjetta. Energiatalouden arviointi tehdään usein esimerkiksi MOTIVAn kehittämällä energiakatselmusmenettelyllä.

Lämmityskattiloiden hyötysuhteen arviointi on osa kiinteistönhoidon rutiinia. Mittausväli riippuu kattilalaitoksen tehosta siten, että pienitehoisissa kattilajärjestelmissä toistuvuusväli voi olla 1–4 kuukautta. Mitä suuremmasta kattilalaitoksesta on kysymys, sitä tärkeämpää on seurata palamishyötysuhdetta. Yli 2 000 kW:n kattilajärjestelmissä on palamishyötysuhdetta seurattava huomattavasti tiheämmin. Lämmityskattiloiden nuohous tulisi tehdä aina kun savukaasujen lämpötila on noussut 20 astetta puhtaan kattilan lämpötilasta.

Karkea tapa arvioida lämmöntuotantohäviöitä on mitata kattilahuoneen lämpötila ja verrata sitä ympäröivien tilojen lämpötilaan. Jos kattilahuone sijaitsee rakennuksen kellarissa, hukkalämmöstä osa lämmittää rakennuksen alapohjaa ja sitä voidaan siten pitää hyödyllisenä.

Lämpökameraa voidaan käyttää apuna kuvaamalla kattilapintoja, kun kattilat ovat toiminnassa. Tähän liittyvää tulkintaohjetta ei toistaiseksi ole laadittu.

Lämmityskattiloiden hyötysuhdevaatimukset on esitetty RakMK:n osassa D7 (1997).

Lämmitysjärjestelmän kuntoarvio

Lämmitysjärjestelmän kuntoarviossa vastataan seuraaviin kysymyksiin:

1. Mikä on rakennuksessa käytetty lämmöntuotantotapa, minkä yrityksen kanssa on tehty lämmön-toimitussopimus?
2. Milloin lämmitysjärjestelmään kuuluvat laitteet on asennettu tai mahdollisesti uusittu?
 - a. lämmöntuotantolaitteet (lämmönsiirtimet, lämmityskattilat, polttimet)
 - b. paisunta-astiat
 - c. lämmitysverkostot (ilmanvaihto, rakennuksen eri osat)
 - d. lämmitysverkoston putkistot ja putkistojen eristykset
 - e. patteriverkostojen pumput
 - f. patteriverkostojen runkolinjojen sijainti rakennuksessa
 - g. lämmitysverkoston linjasulkuventtiilit
 - h. lämmitysjärjestelmän automaattilaitteet
 - i. lämpömittarit ja hälytykset

3. Lämmöntuotantolaitteista otetaan ylös ensiö- ja toisiopuolen lämpötilat, lämpötila-arvoja verrataan lämpömittareiden osoittamiin arvoihin.
4. Onko rakennuksessa esiintynyt vuotoja tai käyttöhäiriöitä?
5. Mikä on lämmön, sähkön ja käyttöveden kulutus kolmen edellisen lämmityskauden ajalta.
6. Mikä on lämmönjakohuoneen sisälämpötila ja suhteellinen kosteus, tarkastetaan mahdolliset kosteusvauriot, arvioidaan esiintyykö tilassa asbestia sisältäviä rakennusmateriaaleja, arvioidaan tilan yleinen siisteys?
7. Mikä on rakennuksessa käytetty lämmönluovutustapa?
8. Minkälaisia patteriventtiileitä rakennuksessa on käytetty?

Kuntoarviossa on mukana tarkastajan lisäksi kiinteistönhoitaja. Tarkastusmuistioon merkitään tarkastukseen osallistuneet ja ulkolämpötila. Tilojen sisälämpötilat mitataan tarkastuksen yhteydessä, lämpötilan lisäksi mitataan ilman suhteellinen kosteus ja hiili-dioksidipitoisuus. Jokaisessa tilassa arvioidaan sisäilman laatua myös aistinvaraisesti.

Jos rakennuksessa on sisäpuolisia kanaaleita, avataan tarkastusluukku ja arvioidaan putkistojen kunto. Rakennuksen sisällä kulkevat lämpökanaalit ovat usein syynä rakennuksessa esiintyviin sisäilmaongelmiin.

3.2.2 Lämmöntuottojärjestelmän uusimisen arviointi

Lämmöntuottojärjestelmän uusimisessa huomioon otettavat asiat

Kuntoarvio on tekninen selvitys, jonka jälkeen tiedetään, paljonko lämmitysjärjestelmän eri osilla on jäljellä teknistä käyttöikä, tarvitaanko mahdollisesti tarkempia kuntotutkimuksia ja miten energiatehokas rakennuksen lämmitysjärjestelmä tarkasteluhetkellä on.

Rakennuksen omistajalla on tilahallintastrategia, joka ohjaa hänen teknisiä valintojaan. Lähtökohtana tulisi kuitenkin aina pitää, että rakennus pidetään jatkuvasti käytössä ja käyttäjillä on turvalliset ja terveelliset olosuhteet. Lisäksi rakennuksen aiheuttamien ympäristövaikutusten tulee olla mahdollisimman pienet.

Nämä muodostavat taloudellisuustarkastelun lähtökohdat. Korjauspäätös tehdään elinkaarikustannusten perusteella ja siinä otetaan huomioon seuraavat tekijät:

1. Nykyisen lämmitysjärjestelmän jäljellä oleva käyttöikä
2. Nykyisen lämmitysjärjestelmän käyttäjille mahdollisesti aiheuttamat riskit

3. Nykyisen lämmitysjärjestelmän tai sen osan purkamisesta aiheutuvat kustannukset
4. Lämmitysjärjestelmän uusimisessa käyttökelpoiset vaihtoehdot ja niiden investointikustannukset
5. Uusimisvaihtoehtojen elinkaaren aikainen huoltotarve ja kunnossapitokustannukset
6. Uusimisjärjestelmien tekninen käyttöikä ja järjestelmän joustavuus rakennuksessa mahdollisesti tapahtuviin muutoksiin
7. Järjestelmävaihtoehtojen kyky hyödyntää uusiutuvia energiamuotoja.
8. Taloudellinen pitoaika
9. Laskentakorko
10. Eri lämmöntuotantotapojen energian hinta nykyhetkellä ja oletettu hinnan reaalin kehitys taloudellisen pitoajan kuluessa.

Valinta voidaan tehdä suoraan elinkaarikustannusten perusteella tai siinä voidaan ottaa huomioon myös lämmitysjärjestelmien ympäristöpäästöt. Tällöin valinta tehdään edullisuusarviona siten, että elinkaarikustannusten osuus on 60 % ja ympäristövaikutusten 40 %.

On muistettava, että rakennuksen lämmitysjärjestelmä, ilmanvaihtojärjestelmä ja vaipan rakenteet muodostavat kokonaisuuden. Tarkastelua ei voida tehdä erillään rakenteiden ja ilmanvaihdon perusparannuksen suunnittelusta.

Jäähdytyksellä ja erityisesti toimintasähkön kulutuksella on vaikutusta sisäisten energioiden määrään. Myös nämä tekijät pitää ainakin tarkemmissa laskelmissa pyrkiä ottamaan huomioon.

3.2.3 Lämmöntuottojärjestelmät perusparannuksessa

Lämmöntuottojärjestelmät

Lämmöntuottojärjestelmä on osa rakennuksen lämpökeskuslaitteita. Lämmöntuottojärjestelmiä ovat:

- kaukolämmön alajakokeskukset
- kevytöljyä käyttävät lämpökeskukset
- raskasta polttoöljyä käyttävät lämpökeskukset
- puupellettejä, turvetta tai haketta käyttävät lämpökeskukset.

Lämmöntuottojärjestelmän saneerauksella tarkoitetaan rakennuksessa jo olevan lämmöntuottojärjestelmän uusimista tai kunnostamista, kun järjestelmän tekninen käyttöikä on umpeutumassa. Lämmöntuottojärjestelmän saneerauksella tarkoitetaan myös järjestelmän vaihtamista energiatehokkuudeltaan paremmaksi. Tällöin järjestelmän eri osilla voi vielä olla teknistä käyttöikää jäljellä.

Lämmöntuottojärjestelmän valinta on tehty rakennusvaiheessa vallinneiden olosuhteiden perusteella. Olosuhteet ovat voineet muuttua esimerkiksi kaukolämpöverkoston laajenemisen tai rakennuksen toiminnallisten muutosten vuoksi. Peruseriaate on, että valittu lämmitysjärjestelmä pidetään käytössä koko teknisen elinkaarensa ajan. Elinkaaren päättyessä arvioidaan lämmitysjärjestelmän mahdollisen muuttamisen merkitys. Lämmöntuottojärjestelmän muutos on teknisesti varsin suuri toimenpide ja edellyttää aina taloudellisten kannattavuuslaskelmien tekemistä.

Lämmöntuottojärjestelmien käsittely perusparannuksessa

Lämmöntuottojärjestelmän perusparannuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavat asiat:

1. Lämmöntuottojärjestelmän tekninen kunto tarkasteluhetkellä
 - lämmöntuotantohäviöt
 - järjestelmän jäljellä oleva tekninen käyttöikä
 - lämmitysjärjestelmän muiden tuoteosien tekninen kunto ja jäljellä oleva käyttöikä (lämpöjohdot ja radiaattorit, lämmityksen päätelaitteet, polttoainetarastot, lämpöjohtoverkostot)
2. Käytettävän polttoaineen hintakehitys tulevaisuudessa
3. Käytettävän polttoaineen vaikutukset ympäristöön (pienhiukkaspäästöt, CO₂-päästöt)
4. Perusparannuksesta johtuvien vaatimusten täyttyminen (lämmitystehon tarpeen muutos, teknisten tilojen riittävyys)
5. Lämmöntuottojärjestelmän vaikutus ylläpitoprosessiin (tarkastusten ja huoltojen tarve).

3.2.4 Kiinteistökohtaisen kaukolämmön lämmönjakokeskuksen uusiminen

Vanhat kaukolämpölaitteet ovat usein ylimitoitettuja, joten uudet laitteet tulee mitoittaa vastaamaan rakennuksen todellista lämmöntarvetta. Rakennuksen todellinen lämmöntarve selvitetään energiankulutustietojen, rakennuksen käyttötavan ja -kokemusten,

toteutuneiden toisiopuolen meno- ja paluuveden lämpötilojen sekä rakennusteknisten tietojen (rakennustilavuus, asukkaiden lukumäärä) avulla. Oikein mitoitetut laitteet säästävät hankintakustannuksia ja lämpöenergiaa sekä kuluttavat vähemmän sähköä. Muutostyötä koskevan suunnitelman tulee sisältää toimintakaavio lämmönjakokeskuksen toiminnasta muutostyön jälkeen. Osittaisten laiteusintojen ollessa kyseessä tulee uusittujen laitteiden olla nykyisiä vaatimuksia vastaavia. Laiteusinnan yhteydessä suoritetaan asbestikartoitus ja mahdolliset asbestipurkutyöt tehdään määräysten mukaiset.

Jos lämmitys- tai ilmanvaihdon siirtimiä uusitaan, tulee selvittää myös ko. piirien toisiopuolen laitteiden ja kytkentöjen uusimistarve. Siirtimien uusimisen yhteydessä tehdään lämmitysverkoston tasapainotus. Jos käyttövesisiirrin joudutaan uusimaan, se tulee mitoittaa ohjeiden mukaisesti. Mahdollisesti uusittavat toisiopuolen säätölaitteet ja kytkennät sijoitetaan mieluiten keskitetysti lämmönjakokeskukseen. Säätöventtiilit mitoitetaan lämmönmyyjältä saatavien paine-erotietojen mukaan. Menoveden lämpötilan ja ulkolämpötilan tuntoelimien sijoitukset tarkistetaan. Lämmitysverkoston tasapainon säilyttämiseksi pumpput tulee mitoittaa todellisten toiminta-arvojen mukaan. Vanhojen pumppujen toiminta ja kunto pitää tarkastaa. Pumpun oikean nestevirran ja paine-eron aikaansaaminen oikealla mitoituksella on energiataloudellisempaa kuin kuristussäätö. Muutostyön yhteydessä tulee myös uusia lämpömittarit ja mittataskut sekä painemittarit sulkuineen. Mittarointi tulee tehdä samalla periaatteella kuin uudessa lämmönjakokeskuksessa. /10/, /11/, /12/

3.2.5 Öljylämmityskattilan tai öljypolttimen uusiminen

Öljylämmitys tapahtuu nykyisin pääasiassa kevyellä polttoöljyllä. Raskasta polttoöljyä käytetään pienissä alueellisissa lämpökeskuksissa, joissa useita rakennuksia on kytketty samaan verkostoon. Öljylämmityskattilan tekninen käyttöikä on 30–40 vuotta. Usein käyttöikä jää tätäkin lyhyemmäksi, kun rakennus liitetään kaukolämmön piiriin. Vanha öljykattilaitos jätetään purkamatta, josta yleensä on pelkkää haittaa ylläpidolle.

Öljypolttimen tekninen käyttöikä on lyhyempi. Käytännössä öljypoltin uusitaan 15–20 vuoden ikäisenä. Jos öljypolttimen vuosittaista huoltoa laiminlyödään, polttimen käyttöikä lyhenee. Energiankulutuksen kannalta on tärkeää pyrkiä vähentämään lämpöhäviöitä. Tämä tapahtuu eristämällä öljykattilan pinnat.

Öljylämmityslaitoksen uusiminen parantaa rakennuksen energiatehokkuutta, koska lämpöhäviöt vähenevät ja lämmityslaitoksen vuosihyötysuhde paranee. Uusimisen yhteydessä on pohdittava rakennuksen energiatehokkuutta laajemminkin, koska päätös lämmitysjärjestelmästä ulottuu vuosikymmenten päähän. Eli uusimishetkellä on elinkaarilaskelmien avulla verrattava öljylämmitysjärjestelmää esimerkiksi kiinteän polttoai-

neen (hake), uusiutuvan polttoaineen (pelletti) tai aluelämmön (kaukolämmön) vaihtoehtoihin. Kaikissa tapauksissa hyötysuhteen paraneminen vaikuttaa välittömästi kulutusta pienentävästi, ja toimenpide on yleensä kannattava.

Kokonaisuutta arvioitaessa on otettava huomioon myös lämmönsäätöjärjestelmä ja verkostohäviöt. Jos päädytään lämmitysjärjestelmän muutokseen, on vanha öljylämmitysjärjestelmä ja öljynvarastointisäiliöt poistettava käytöstä purkamisesta annettuja viranomais määräyksiä noudattaen.

3.2.6 Lämmitysverkoston perussäätö

Lämmitysverkoston perussäädön tavoitteena on saada rakennuksen eri tilojen lämpötilat mahdollisimman lähelle suunniteltua sisälämpötilan ohjearvoa. Usein ohjearvona pidetään lämmityskaudella lämpötilaa + 21–23 °C. Perussäädön onnistuminen edellyttää, että linjasäätöventtiilit ovat kunnossa, jolloin vesivirtojen säätäminen on mahdollista. Usein lämmitysverkoston perussäädön yhteydessä uusitaan kaikki tai ainakin suurin osa rakennuksen patteriventtiileistä.

Lämmitysverkoston perussäätö tulee tehdä aina, kun rakennuksen lämmöntarve muuttuu joko muutosrakentamisen tai esimerkiksi lisäeristämisen tai ikkunoiden uusimisen aiheuttaman lämmöntarpeen vähenemisen vuoksi. Toimenpiteen taloudellinen kannattavuus on yleensä erinomainen.

Lämpöjohtopumppujen taajuusmuuttajasäätö vähentää lämpöjohtopumppujen sähköenergiankulutusta. Tämäkin toimenpide on yleensä hyvin kannattava ja tulee tehdä, kun lämpöjohto ja kiertovesipumput uusitaan.

3.3 Lämmitysjärjestelmän muutos ja täydennys

3.3.1 Liittyminen kauko- tai aluelämmitykseen

Kaukolämpö on päästövaikutuksiltaan parempi vaihtoehto kuin kiinteistökohtainen lämmitys. Kaukolämpöön liittyminen riippuu liittymisen aiheuttamista kustannuksista ja kiinteistön oman lämmitysjärjestelmän nykykunnosta. Läheskään aina liittyminen ei ole mahdollista, vaan se riippuu lämpöjohtoverkoston sijainnista. Jos verkostoon liittyminen on mahdollista, liittymisen kannattavuus tulee arvioida elinkaarilaskelman avulla. Yleisesti käytetty tapa, jossa vanha lämmitysjärjestelmä on jätetty kaukolämpöön liittymisen yhteydessä purkamatta kustannusten säästämiseksi, ei ole suositeltava. Purkamisen myötä saada kiinteistöön tarvittavaa varastotilaa ja lämmitysjärjestelmään liittyvät terveysriskit (mm. asbestieristykset) voidaan poistaa.

3.3.2 Huonekohtaisen tai vesikiertoisen sähkölämmityksen muuttaminen maalämpöpumpulla toimivaksi keskuslämmitysjärjestelmäksi

Maalämpöpumppu hyödyntää maaperän lämpöä. Lämpö otetaan maaperästä, kallioon poratusta reiästä tai esim. järven pohjasta, ja se siirtyy putkistossa kiertävän lämmönsiirtonesteen mukana. Lämmön hyödyntämisessä paras lämmönjakotapa on lattialämmitys, jonka toimintalämpötilat ovat matalampia kuin patterilämmityksen. Tampereen teknillisen korkeakoulun mittauksissa /13/ liuoskiertoisten maalämpöpumppujen lämpökertoimen vuosikeskiarvot olivat 2,5–3,0, mikä vastaa 60–67 %:n energian säästöä sähkön suoraan käyttöön verrattuna. Maalämmön keruuputkistoa voi käyttää koneellisen ilmanvaihdon avulla myös sisäilman jäähdytykseen.

3.3.3 Huonekohtaisen sähkölämmityksen täydentäminen ilmalämpöpumpulla

Ilmalämpöpumpun avulla voidaan ulkoilman lämpöä käyttää tilojen lämmitykseen. Suomessa ilmalämpöpumpuista on vasta lyhytaikaisia kokemuksia pääasiassa pientaloista. Niiden käyttöä rajoittaa lämpökertoimen voimakas heikkeneminen ulkolämpötilan laskiessa. Siksi ilmalämpöpumppua ei voida käyttää primäärilämmitysmuotona, ainoastaan tukilämmitysjärjestelmänä. Ilmalämpöpumpun asentaminen edellyttää aina lämmitysjärjestelmän toiminnan uutta suunnittelua, jolloin sen oikea mitoitus on mahdollista. Asentaminen on Suomessa luvanvaraista työtä.

3.3.4 Lämmitysjärjestelmän muuttaminen vähäpäästöisellä pellettikattilalla toimivaksi

Pellettilämmityksen etuna on puupohjaisuus, joten sitä voidaan pitää uusiutuvana luonnonvarana. Pelletille ei kuitenkaan ole VTT:n toimesta laskettu ympäristöprofiilia, joten sitä ei voida päästöjen osalta luotettavasti verrata kaukolämpöön tai sähkölämmitykseen. Pellettilämmitykseen liittyy ominaisuuksia, jotka on suunnittelussa otettava huomioon. Järjestelmän toiminta edellyttää jatkuvaa tarkkailua. Erityisesti pelletin varastointiin tulee kiinnittää huomiota. Pelletti tulee pitää kuivassa tilassa, jolloin sen siirtyvyys polttimeen ei tuota ongelmia. Jos pellettivarasto on ulkona, on varaston oltava lämmöneristetty tai muulla tavoin on varmistuttava, että polttoaine ei pääse kostumaan. Pellettijärjestelmien toimivuudesta korjausrakentamisessa ei Suomessa ole vielä tutkimustuloksia.

3.3.5 Aurinkolämmityksen lisääminen vesikiertoiseen öljy- tai sähkölämmitysjärjestelmään

Aurinkolämmitysjärjestelmässä auringon säteily kuumentaa aurinkolämmityspiirissä kiertävän lämmönsiirtoneste. Lämmönsiirtoneste luovuttaa kertyneen lämmön varaajassa tai lämmityskattilassa olevaan veteen. Keräinpiirin pumppu käynnistyy, kun aurinkokeräimien lämpötila nousee riittävästi varaajan lämpötilaa korkeammaksi. Pumppu pysähtyy, kun lämpötila varaajassa on riittävä. Aurinkolämmityspiiristä saadulla lämmöllä voidaan lämmittää käyttövettä tai tiloja. Aurinkolämpökeräimet asennetaan välille etelä–lounas. Keräimet on helpoin asentaa harjakatolle, mutta tukirakenteiden avulla ne saadaan oikeaan asennuskulmaan myös tasakatolle. Keräimiä asennetaan useimmiten 2–5 kappaletta, eli n. 5–12,5 m². Yhden keräimen koko on n. 2,5 m². Aurinkolämpövaraajan koko on n. 300–1 000 dm³. Myös öljykattilan on mahdollista olla aurinkokattilavaraaja, jos normaalin kattilan vesitilaa suurennetaan. /14/

4. Ilmanvaihtojärjestelmät

4.1 Johdanto

Hyvin toimiva ilmanvaihtojärjestelmä huolehtii osaltaan sisäilman laadusta sekä rakenteiden kunnosta. Ilmanvaihtojärjestelmän on kyettävä poistamaan sisäilmaan tuotetut epäpuhtaudet, kuten ihmisen aineenvaihdunnan tuotteet (hajut, kosteus, hiilidioksidi) sekä sisustusmateriaaleista haihtuvat orgaaniset yhdisteet.

Painovoimaisessa poistoilmanvaihdossa ilmanvaihdon käyttövoimana ovat ulko- ja sisäilman tiheuseroista johtuva ns. terminen paine-ero sekä tuulen aiheuttama paine-ero. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa käyttövoimana on poistopuhaltimella aikaansaatua alipaine kanavistossa. Täysin koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä sekä tulo- että poistoilma kulkevat ilmanvaihtokanavien sisällä sisään ja ulos rakennuksesta. Järjestelmään on yleensä liitetty lämmöntalteenottolaitteisto, joka lämmittää tuloilmaa poistoilmaasta talteen otetulla lämmöllä. Toimiva järjestelmä tekee tuuletuksen tarpeettomaksi.

Ilmanvaihtojärjestelmän energiataloudelliset parannukset vaativat aina kannattavuusanalyysin eikä niiden vaikutus saa olla laatutasoa laskeva. Energiakorjaustoimenpiteet voivat kohdistua yksittäisiin järjestelmän osiin, mutta analyyseissä on aina otettava huomioon myös liitännäisvaikutukset, kuten sähkö- ja rakennetekniikkaan kohdistuvat muutokset.

Ilmanvaihtolaitoksen energiataloudellisuuden kartoitus voidaan jakaa kolmeen eri osaan: /15/

1. tilojen ja tilaryhmien vaatimusten selvittäminen
2. järjestelmäkohtainen analyysi
3. komponenttikohtainen analyysi.

Tiloilla ja tilaryhmillä on erilaisia käyttöaikoja ja sisäilmastovaatimuksia, jotka riippuvat niissä tapahtuvasta toiminnasta ja laatuvaatimuksista. Järjestelmäkohtaisessa analyysissä selvitetään järjestelmän toimintaperiaate sekä sen sähkö- ja lämpöenergian kulutuksen muodostuminen. Komponenttikohtainen tarkastelu tehdään kaikille ilmanvaihtolaitoksen osille, ja sen tarkoituksena on selvittää toiminnalliset puutteet ja toiminnan energiataloudellisuus.

4.1.1 Pientalot

Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä oli pientaloissa hallitseva aina 1970-luvulle asti (taulukko 4.1). Järjestelmää käytettiin liesituulettimella ja kosteiden tilojen erillisellä poistopuhaltimella täydennettynä vielä 1980-luvulle saakka. Järjestelmän etuna on halpuus, äänettömyys ja vähäinen hoidon ja huollon tarve. Järjestelmän toimintaa ei kuitenkaan voida säätää eikä järjestelmä kykene ottamaan talteen jäteilman energiaa. Painovoimainen ilmanvaihto sopii parhaiten korkeisiin rakennuksiin, joissa myös huonekorkeus on suuri. Se toimii kohtuullisen hyvin sotien jälkeen rakennetuissa rintamamiestaloissa. Koska toiminta perustuu sisä- ja ulkolämpötilan väliseen eroon, ilmanvaihto toimii hyvin talvikaudella ja huonommin kesäaikana. Rintamamiestaloissa on kesäaikana kuitenkin mahdollisuus tehostaa ilmanvaihtoa ikkunoista, joten ilmanvaihtojärjestelmän toimimattomuus ei ole yleensä häiritsevää asiaa.

Taulukko 4.1 Ilmanvaihtojärjestelmät eri aikakausien pientaloissa.

	Painovoimainen poisto	Painovoimainen poisto ja liesituuletin tai kupu	Koneellinen poisto ja liesituuletin	Ilmalämmitykseen yhdistetty ilmanvaihtojärjestelmä	Koneellinen tulo- ja poisto + LTO
1950-luku ja aikaisemmin	X				
1960–1970		X			
1970–1980		X	X		
1980–1990				X	X
1990–					X

Painovoimaista ilmanvaihtoa on käytetty myös 1960–1980-luvun pientalokannassa. Aikakauden talot ovat usein yksikerroksisia, ja ilmansulkuna on käytetty muovia. Jos rakennus on onnistuttu tekemään tiiviiksi, ei painovoimaisella ilmanvaihtojärjestelmällä voida saada aikaan tyydyttävää ilmanlaatua. Ilmanvaihto jää rakennusmääräyksiä heikommaksi. Tämä lisää kosteusvaurioiden riskiä, mutta alentaa vastaavasti lämmitysenergian kulutusta.

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla varustettuna otettiin Suomessa käyttöön pientaloissa 1970-luvun lopulla. Järjestelmä yleistyi kuitenkin varsin hitaasti, ja vasta 1990-luvulla käytännössä kaikki pientalot varustettiin tällä järjestelmällä. Lämmöntalteenottojärjestelmät olivat pääasiassa sähköiseen jälki-lämmitysvastukseen perustuvia, ja niiden energiatehokkuus ei ole siten kovin hyvä.

1980-luvun alussa pientaloissa yleistyi ilmalämmitysjärjestelmä, joka toimi samalla myös ilmanvaihtojärjestelmänä. Tämän järjestelmän käyttökokemuksista ei tutkimustietoa ole kerätty. Todennäköisesti järjestelmän uusimisen yhteydessä tullaan näihin rakennuksiin asentamaan koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä.

Ilmanvaihtoa koskevat rakentamismääräykset täsmentyivät vuonna 1987. Tällöin edellytettiin korvausilmaventtiilien asentamista, kun siihen saakka oli riittänyt, että korvausilman sisäänotto oli jollakin tavalla suunniteltu (esimerkiksi ikkunoiden tiivisteitä leikkaamalla). Vuonna 2003 voimaan tulleet ilmanvaihtoa koskevat määräykset edellyttivät ensimmäistä kertaa, että lämmöntalteenottojärjestelmän vuosihyötysuhde on yli 30 %. Ilmanvaihtokoneiden valmistajilla on laitteita, joiden lämmöntalteenottojärjestelmien vuosihyötysuhde on 60 % tai jopa enemmän, joten ilmanvaihtojärjestelmää perusparannettaessa laitevalinnan kohdalla on valinnanvaraa.

Ilmanvaihtojärjestelmiä täydentäviksi laitteiksi on Suomen markkinoille 2000-luvun alussa tullut käyttöön poistoilmalämpöpumppu.. Tämän osalta ei toistaiseksi ole riittävästi käyttökokemuksia.

4.1.2 Asuinkerrostalot

Yleisin ilmanvaihtojärjestelmä ennen vuotta 1950 rakennetuissa asuinkerrostaloissa on painovoimainen ilmanvaihto. Vuonna 1953 rakennushallituksen rakennuttamiin kohteisiin hyväksyttiin yhteiskanavajärjestelmä, ja koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä alkoi yleistyä. Yli 3-kerroksisiin asuinkerrostaloihin asennettiin 1950-luvulla lähes aina koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä, mutta 3-kerroksisissa ja sitä matalammissa rakennuksissa painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä oli yleinen vielä 1960-luvun lopulla. /16/ Taulukko 4.2 esittää eri ilmanvaihtojärjestelmien osuudet rakennuskannasta eri vuosikymmenillä.

Taulukko 4.2. Asuinkerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmien yleisyys eri aikakausina /17/.

Rakentamisvuosi	Ilmanvaihtojärjestelmä, %:a rakennustilavuudesta		
	Painovoimainen poisto	Koneellinen poisto	Koneellinen sisänpuhallus ja poisto
–1939	80	20	-
1940–1959	80	20	-
1960–1969	29	71	-
1970–1979	6	91	3

Ilmakanavat valmistettiin tiilestä tai erikoislaatoista 1940-luvulla ja 1950-luvun alussa rakennetuissa 2–3-kerroksissa asuin kerrostaloissa. Tätä korkeammissa taloissa käytettiin vähemmän lattiapinta-alaa vieviä levy- tai asbestisementtikanavia. Betonirunkoisten rakennusten ilmanvaihtokanavat valettiin betonista tai koottiin kerroksen korkuisista kanavaelementeistä. Peltisiä kanavanosia alettiin rakentaa työmailla 1950-luvulla. Nämä sinkityistä pellistä valmistetut kanavanosat olivat kahden metrin mittaisia ja pitkittäis-saumattuja, eikä niiden liitoskohdissa yleensä käytetty tiivisteitä. Teollisesti peltisiä kanavia alettiin valmistaa 1960-luvun alussa: sekä suorakaidekanavia, että pyöreitä kierresaumakanavia.

4.1.3 Liike- ja julkiset rakennukset

1960-luvulla rakennetuissa liike- ja julkisissa rakennuksissa käytettiin vielä jonkin verran painovoimaiseen ilmanvaihtoon sekä koneelliseen poistoon perustuvia ilmanvaihtojärjestelmiä. Koneellisissa tulo- ja poistojärjestelmissä sijoitettiin tyypillisesti tuloilmapuhaltimet rakennuksen pohjakerrokseen ja poistopuhaltimet ullakolle. Ilmanjakotapana oli käytäväpuhallus tai huoneiden seinään sijoitetut säleiköt. Korkean vaatimustason rakennuksissa voitiin käyttää suutinkonvektori järjestelmää. Ilmanvaihtokonehuoneet yleistyivät 1970-luvulla. Näissä tulo- ja poistoilmakoneet oli sijoitettu viereisiin huoneisiin ja energiankulutusta pienennettiin palautusilman käytöllä. Uusia ilmanvaihtoteknisiä ratkaisuja otettiin käyttöön, kuten ontelolaattaisäänpuhallus (ja poisto), poistoilmaikkuna ja ilmamääräsäätöinen ilmanvaihtojärjestelmä. Lämmöntalteenotto-laitteiden kehittyessä 1980-luvulla palautusilman käyttö tuli tarpeelliseksi.

Kierresaumakoneen käyttöönotto 1960-luvulla syrjäytti suorakaidekanavat. Kanavien tiukka mitoitus aiheutti ääniongelmia huonetiloihin. Kanavien tiiviysnormit tulivat käyttöön 1970-luvulla.

Yleisiä 1960–80-luvuilla rakennettujen ilmanvaihtojärjestelmien ongelmia ovat melu, veto, riittämätön ilmanvaihto, korkeat huonelämpötilat kesäisin sekä ilmavirtojen epäta-sapaino.

1970- ja 1980-luvulla rakennettujen liike- ja julkisten rakennusten ilmanvaihtojärjestelmien korjauksille tyypillisiä ovat osa- ja paikalliskorjaukset, joissa ilmanvaihtokoneita ja kanavistoa ei välttämättä kokonaan uusita: ilmanvaihtokoneiden ja kanaviston kunnostukset, jäähdytyksen lisääminen sekä automaation ja päätelaitteiden uusiminen.

Tekesin CUBE-teknologiaohjelmaan kuuluneessa MIV – Modernit ilmanvaihdon korjausratkaisut -projektissa kehitettiin toimintatapa 1970- ja 1980-luvun liike- ja julkisten rakennusten korjaukseen. Peruslähtökohtana korjauksille on olemassa olevan järjestelmän mahdollisimman tehokas hyödyntäminen ja korjausten häiriötön toteutus.

MIV-toimintatapa koostuu viidestä osa-alueesta:

1. tarveselvitys
2. rakennuksen ja ilmanvaihtojärjestelmän tunnistaminen
3. kuntoselvitys
4. ilmanvaihtojärjestelmän korjausratkaisuiden valinta
5. ilmanvaihdon korjausratkaisut.

Ilmanvaihdon eri korjausratkaisuja on projektissa kehitetty 25 kpl. Projektissa on kehitetty myös ohjeistus korjausten suunnitteluun, toteutukseen ja vastaanottoon. Ilmanvaihtojärjestelmä tarkastetaan ennen korjausta nykytilanteen selvittämiseksi. Lisäksi varmistetaan, että rakennuksessa on mahdollista toteuttaa suunnitellut korjausratkaisut ja osakorjaukset ja mahdollista saavuttaa sisäilmastolle ja muille olosuhteille asetetut tavoitteet.

Taulukko 4.3. Korjausrakentamisessa sovellettavat sisäilmastotavoitteet /18/.

Suure ja yksikkö	S3	S2	S1
Huonelämpötila, talvi [°C]	20...23	20...22	21...22
Huonelämpötila, kesä [°C]	22...27	23...26	23...24
Lämpötilan ylitys* [°Ch]***	—	70	30
Lämpötilan alitus* [°Ch]***	—	70	30
Ilman liikenopeus, kesä (24 °C)[m/s]	0,30	0,25	0,20
Ilman liikenopeus, talvi (21 °C) [m/s]	0,20	0,17	0,14
Hiiidioksidipitoisuus [ppm]	1200	900	700
Ulkoilmavirta [l/s,henk]	6	8	12
LVI-laitteiden äänitaso [dB(A)]**	33/38	33/38	33/38

* Simuloituna vuoden 1979 säädätällä.

** Arvot ovat rakentamismääräyskokoelman osan D2 arvoja LA,eq,T/LA,max , jossa LA,eq,T on A-taajuuspainotettu keskiäänitaso ja LA,max enimmäisäänitaso.

*** Lämpötilan ylitys 70 [°Ch] tarkoittaa huonelämpötilan 26 °C ylittymistä noin viikon ajan.

Tarveselvitykseen kuuluu tavoitteiden määrittely sisäilmaston (taulukko 4.3), muuntojouston, käytettävyyden, esteettisyyden, energiatehokkuuden ja kustannusten suhteen. Sisäilmastotavoitteiden saavuttaminen edellyttää esimerkiksi jäähdytyksen lisäämistä, ilmavirtojen kasvattamista sekä ilmanjaon parantamista. Tavoitetaso voidaan asettaa tila- tai tilatyypikohtaisesti, eli kaikkien tilojen ei tarvitse olla samassa sisäilmastoluokassa. Yhtä tilaa/tilaryhmää koskevista tavoitteista osa voi myös olla eri luokissa: esim. lämpötila luokan S2 mukaan ja ilman nopeus luokan S3 mukaan. Vähittäisvaatimuksina voidaan pitää alkuperäisten suunnitelmien mukaista tasoa, mutta S3-tasoa ei kuitenkaan tulisi alittaa kuin yksittäisen sisäilmastosuureen osalta. Sisäilmastoluokan S1 saavuttamiseksi ilmanvaihtojärjestelmältä edellytetään koneellista jäähdytystä, tilakohtaista lämpötilanohjausta ja tilakohtaista ilman laadun ohjausta. Koneellinen jäähdytys tarvitaan myös luokan S2 sisäilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.

4.2 Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutuksen pienentäminen perussäädön ja -korjauksen avulla

Ilmanvaihtojärjestelmän perussäätö tarkoittaa järjestelmän osien toiminta-arvojen saattamista suunnitelmissa esitetyille tasolle. Toimenpiteet voivat olla joko investointeja vaativia korjauksia tai käyttötekniisiä parannuksia, jotka voidaan toteuttaa olemassa olevalla tekniikalla. Ilmanvaihtojärjestelmien korjauksiin kuuluvat huonokuntoisten osien purku ja uusinta, osakorjaukset, kunnostus, laatutason nostaminen ja ongelmien poistaminen.

Veto-ongelmien pääasiallisia aiheuttajia ovat ikkunoiden puutteellinen tiiviys ja ilmanjaon huono suunnittelu tai toteutus. Huonojen ikkunoiden vaikutusta ei yleensä voida ilmanvaihtoteknisillä parannuksilla poistaa eikä se ainakaan ole energiataloudellisesti mielekäästä.

Ilmanvaihtojärjestelmän perussäädössä ilmavirtoja kasvatettaessa järjestelmän energiankulutus nousee. Seuraavassa komponenttikohtaisessa tarkastelussa /19/ keskitytään ainoastaan niihin toimenpiteisiin, joilla energiankulutusta voidaan pienentää.

Puhallin

Puhaltimen energiakulutusta voidaan pienentää käyntiaikoja lyhentämällä, ilmavirtojen käytön mukaisella ohjauksella, kanaviston vastusta pienentämällä ja parantamalla puhaltimen kokonaishyötysuhdetta. Hyötysuhdetta alentavia tekijöitä ovat (ilmalle pyörivän liikkeen aiheuttavat) puhaltimen imuaukossa olevat häiriöt, liian suuri sähkömoottori, löysä tai liian kireä kiilahihna, likaisuus ja huonot kanavaliitokset. Puhaltimen toimintapisteen tulisi sijaita parhaan hyötysuhteen alueella. Taajuusmuuttajan asennus olemassa olevaan järjestelmään on suhteellisen vaivatonta monessa tapauksessa. Ohjausparametreina taajuusmuuttajien säädössä voidaan käyttää sekä ilman laatua että lämpötilaa.

Johtosiipisäätöä käytetään, kun puhallinpyörässä on taaksepäin taivutetut siivet. Se on taloudellinen, kun ilmavirta on suuri ja paine korkea. Laitoksissa, joissa keskimääräinen tarpeenmukainen ilmavirta on pieni suhteessa maksimi-ilmavirtaan, saattaa olla edullista täydentää siipisäätöä kaksinopeuskäytöllä. Siipikulmasäätö on edullinen vaihtoehto suurissa laitoksissa, joiden ilmavirtavaihtelut ovat suuria. Kuristuspeltisäätö on suhteellisen epätaloudellinen tehonsäätötapa, ja se soveltuu vain radiaalipuhaltimille. Kaksinopeuspuhaltimissa ulkolämpötermostaatti pudottaa puhaltimen pienemmälle nopeudelle esimerkiksi ulkolämpötilan alittaessa tietyn arvon (esim. -15 °C).

Ulkosäleikkö

Energiataloudellisesti hyvän ulkosäleikön painehäviön tulisi olla alle 40 Pa. Painehäviötä suurentavat ruostevauriot, suojaverkon tukkeutuminen, löysä kiinnitys, jäätyminen sekä riittämätön veden ja lumen erotus.

Pellit

Ulkoilmapellin energiataloudellisesti merkittäviä ominaisuuksia ovat tiiveys ja lämmönläpäisykerroin. Pellin tiivisteiden on oltava hyvässä kunnossa, ja pellin tulisi sijaita mahdollisimman lähellä ulkosäleikköä. Ulkoilmapellin on avauduttava kokonaan, jotta turhaa painehäviötä ei synny. Huippuimureiden alipainepeltien puutteellinen sulkeutuminen tai puuttuminen aiheuttaa tarpeetonta lämpöenergian kulutusta.

Suodatin

Suodattimen liian harva vaihtoväli nostaa sen painehäviötä ja puhaltimen sähkönkulutusta. Väärä asennus aiheuttaa painehäviötä ja lyhentää vaihtoväliä. Kullekin suodattintyypille on tietyt ilman nopeusalueet, jolloin suodattimen toiminta on tehokasta.

Lämmitys- ja jäähdytyspatteri

Patterin aiheuttamaan painehäviöön vaikuttaa otsapintanopeus ja likaantuminen. Jos otsapintanopeus on yli 3 m/s, tulisi käyttää pisaranerotinta.

Lämmöntalteenottolaite

Lämmöntalteenoton hyötysuhdetta laskevat esimerkiksi ilman ohivuoto, likaantuminen, liian pieni lämmönsiirtonestevirta ja säätöviat. Jäätynyt lämmöntalteenottolaite pienentää poistoilmavirtaa ja lisää lämpövastusta, jolloin talteen saatu lämpömäärä pienenee ja ilmanvaihto huononee. Toisaalta turhaan toimiva jäätymisenestoautomaatiikka aiheuttaa hyötysuhteen pienemisen, jolloin talteen saatu lämpömäärä pienenee myös. Jäätymisen voidaan estää esilämmittämällä tuloilmaa tai vähentämällä lämmönsiirtimen tehoa joko kierroslukua tai ohitusta säätämällä.

Kanavisto

Kanaviston turhaa painehäviötä aiheuttavat esimerkiksi jyrkät ohjaussiivettömät suora-kaidekanavan mutkat, lähtökauluksettomat haarat ja liian pienet reiät lähtökaulushaaroissa. Jos jonkin kanavanhaaran painehäviö on selvästi korkeampi kuin muiden haarojen, voi olla kannattavampaa suurentaa ko. kanavaa kuin ylläpitää sen takia ilmanvaihtokoneen korkeaa painetasoa.

Säätö- ja valvontalaitteet

Epätarkoituksenmukaiset asetusarvot ja säätöpiirin virheellinen reagointi häiriöihin aiheuttavat järjestelmän väärää toimintaa ja sitä kautta mahdollista energiantuhlausta.

4.3 Painovoimaisen ilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmöntalteenotolla

Painovoimaisen järjestelmän muuttaminen täysin koneelliseksi vastaa käytännössä uuden ilmanvaihtojärjestelmän rakentamista. Tällaisessa laajassa korjauksessa on yleensä noudatettava voimassa olevia ilmanvaihtomääräyksiä mm. ilmavirtojen mitoituksen ja ilmanvaihtolaitoksen tiiviysvaatimusten osalta. Purku- ja asennustyön osuus korjausrakentamiskustannuksista on suuri. Rakennukseen on yleensä rakennettava kokonaan uusi ilmakanavisto, tosin poistoilmakanavat voidaan asentaa vanhan poistohormiston vaati- maan tilaan.

Rakennuksen alipaineisuusvaatimuksen takia koneellinen tuloilmavirta mitoitetaan 10–30 % pienemmäksi kuin poistoilmavirta. Täysin koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ulkovaipan epätiiviyys aiheuttaa herkästi läpivetoa ja energiahukkaa. Mitä hatarampi rakennus on, sitä pienemmäksi koneellinen tuloilmavirta on mitoitettava, jotta vältettäisiin tuulen haitalliset vaikutukset ilmanvaihtoon, kuten ilman läpivirtaus ulkoseinistä. Läpivientien lisääminen voi huonontaa rakennuksen tiiviyyttä entisestään.

Kerrostalossa ilmanvaihtokone lämmöntalteenottolaitteineen voidaan sijoittaa vinttiti- loihin. Poistoilmakanavat asennetaan vanhan poistohormiston sisälle. Tuloilma voidaan puhaltaa porraskäytävään (ns. porraskäytävän paineistaminen) tai uusia tuloilmakanavia pitkin suoraan huoneistoihin. Porraskäytävän paineistuksessa voidaan käyttää siirtoil- makoneita, jotka puhaltavat porraskäytävän ilmaa huoneistoihin. Jos tuloilma tulee suo- raan kanavaa pitkin huoneistoon, asukas voi säätää sitä esim. kolmiportaisella ilmavir- ran ohjauskytkimellä. Järjestelmässä voidaan lisäksi käyttää tehostettavia venttiileitä.

/20/

Kerrostaloissa voidaan käyttää myös lämmöntalteenotolla varustettua huoneistokohtaista tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää, varsinkin kun rakennuksen sisäilmastolle ja energiankulutukselle asetetaan korkeat vaatimukset. Kone voidaan sijoittaa esimerkiksi keittiöön, kylpyhuoneeseen tai vaatehuoneeseen. Tuloilma kanavoidaan rakennuksen seinästä. Huonekohtaisen ilmanvaihtolaitteen tulo- ja poistoilmavirta on säädettävä yhtä suuriksi. Jos poistoilmavirta on suurempi kuin tuloilmavirta, on vaarana takaisinvirtaus muista painovoimaisesti toimivista hormeista.

4.4 Lämmöntalteenotto

Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteutus ja LTO:n lisäys on helpompaa ns. keskitetyssä järjestelmässä, jossa on vain yksi ilmanvaihtokone. Hajautetuissa järjestelmissä kannattaa tarkastella koneiden yhdistämistä.

Levylämmöntalteenottolaitteen lisääminen edellyttää tulo- ja poistoilmakoneiden sijoittamista samassa tilassa. Eri tiloissa sijaitseviin koneisiin ja useiden hajautettujen poistoilmakoneiden tapauksessa vesiglykoli-järjestelmä sopii paremmin. Levylämmönsiirtimen tyypillinen kuiva lämpötilahyötysuhde tuloilmalle on 50–60 %, vesi-glykoli-järjestelmän 40–50 % ja pyörivän kennon 60–75 %. Kondensaatio parantaa lämmöntalteenoton hyötysuhdetta.

Poistoilmalämpöpumppu kerää höyrystin- tai liuos patterin avulla poistoilmasta lämpöä talteen. Talteenotettu lämpö voidaan hyödyntää käyttöveden lämmittämisessä, lämmitysverkostossa tai tuloilman lämmittämisessä. Laite mahdollistaa myös kesäaikaisen jäähdytyksen.

5. Valaistus

5.1 Valaistuksen energiansäästön muodostuminen

Valaistus on järjestelmä, jonka energiatehokkuus riippuu monesta osatekijästä. Näitä ovat valonlähteiden (lamppujen) valotehokkuus, valaisinten hyötysuhde, valaistustapa ja valaistuksen jakaminen toiminnallisiin osiin, tilan ominaisuudet, säätö ja täydentävän päivänvalon käyttö ja järjestelmän osien käyttötuntimäärät. Periaatteessa valaistuksen suunnittelun lähtökohtana ovat valon tarve ja tilojen ominaisuudet [21]. On kuitenkin suuria eroja sen mukaan, miten paljon valaistuksen laatuun ja energiankulutukseen kiinnitetään huomiota. Valaistuskustannuksen kohdistumisella omistajalle tai käyttäjälle voi olla myös vaikutusta valintoihin.

Valaistustavalla tarkoitetaan sitä, miten valaisimia käytetään valon tuottamiseen. Ensinnäkin voidaan erottaa *yleisvalaistus* ja *paikallisvalaistus*. Jälkimmäisestä ovat esimerkkejä kohdevalaistus ja työpistevalaistus. Etenkin yleisvalaistus mutta osin myös paikallisvalaistus voidaan edelleen jakaa *suoraan* ja *epäsuoraan* valaistukseen. Epäsuorassa valaistuksessa käytetään kattopintaa, valaisimeen integroitua heijastuspintaa tai mahdollisesti muita huoneen pintoja valon heijastamiseen. Välimuodoissa osa valosta tulee suoraan, osa heijastumalla. Kun suoran ja epäsuoran valon osuus voidaan jakaa eri tavoin erilaisille valaisinyhdistelmille, mahdollisia muunnelmia on runsaasti. Valaisinten ja valonlähteiden hyötysuhdetta voidaan tarkastella valaistustavasta riippumatta, jos valaisimet ja valaistustavat sopivat yhteen.

Epäsuoran valaistuksen vaikutus energiankulutukseen ei ole aivan yksikäsitteinen. Jos valaistusvoimakkuus pidetään vertailtaessa samana, epäsuora valaistus tuhlaa energiaa suoraan valaistukseen verrattuna, koska pintojen heijastussuhde on parhaimmillaankin 70–80 % ja heijastuneestakin valosta osa leviää ympäristöön. Käyttämällä lisänä paikallisvalaistusta ja toteuttamalla valaistus laadukkaasti voi kuitenkin olla mahdollista pienentää yleisvalaistuksen voimakkuutta. Jos tämä lähtökohta hyväksytään, koko valaistuksen energiankulutus voi jopa laskea verrattuna yksinomaiseen suoraan valaistukseen. Motivan järjestämässä toimistovalaistuskilpailussa vuonna 1999 moni ehdotus perustui tähän periaatteeseen. Testitilassa saavutetut asennusten tehot pinta-alaa kohti olivat 4,8–12,0 W/m² ja suoralla vertailuvalaistuksella 14,1 W/m².

Tältä kannalta liian jäykät normit voivat vaikeuttaa energiakulutuksen alentamista. Esimerkiksi jos yleisvalaistukselta vaaditaan kauttaaltaan esimerkiksi 500 luksin tai suurempaa valaistusvoimakkuutta, ei ole mahdollista saavuttaa kovin pientä energiankulutusta.

Asuinrakennuksissa vain tiettyjen tilojen (keittiö, märkätilat, yhteiset tilat, mahdollisesti ulkotilat) valaistus on yleensä suunniteltu ja toteutettu valmiiksi. Asuinhuoneiden valaisu

jää asukkaalle, joka käyttää tyypillisesti ”sisustusvalaisimia”. Niiden valaistustekniset ominaisuudet ovat usein (ei kuitenkaan aina) toissijaisia. Liike- ja julkisissa rakennuksissa valaistus sen sijaan suunnitellaan ja toteutetaan osana rakennushanketta, ja myös valaistuksen uusiminen suunnitellaan ja toteutetaan usein ”teknisillä”, ts. valoteknisiltä ominaisuuksiltaan määritellyillä valaisimilla. Ammattimaisesti suunnitelluilla ja toteutuilla järjestelmillä energiansäästö voidaan toteuttaa erilaiset keinot yhteen sovittaen.

5.2 Energiaa säästävä valaistus korjausrakentamisessa

Korjausrakentamisessa mahdollisuudet vaikuttaa energiankulutukseen ovat periaatteessa vähäisemmät kuin uudisrakentamisessa, koska runkoon ei yleensä tehdä muutoksia. Siksi pääpaino on valonlähteissä, valaistustavoissa ja valaistuksen ohjauksessa. Myös täydentävä auringonsuojaus ja valon hallinta sälekaihtimien tai muun tilanteeseen sopivan ratkaisun avulla voi edistää myös energiansäästöä, jos valaistuksen laatua kyetään parantamaan.

Huonekorkeus ja huoneen syvyys. Epäsuora valaistus edellyttää riittävää, yleensä vähintään 2,7 metrin huonekorkeutta. Kovin korkeat huoneet voivat myös olla epäedullisia, koska valo ”hajoaa” liiaksi ympäristöön. Toisaalta korkeat huoneet ovat päivänvalon kannalta edullisia, jos ikkunoiden yläpuite on myös korkealla. Tiloissa, joissa huonekorkeus on pieni suhteessa tilan syvyyteen (etäisyyteen ikkunaseinästä), päivänvaloa vaimenee voimakkaasti etäällä ikkunoista.

Sisäkaton rakenne ja väritys. Epäsuora valaistus edellyttää mahdollisimman vaaleita (valkoisia) ja kiiltämättömiä heijastuspintoja. Sisäkattoa käytettäessä asennukset ja pin-tarakenteet eivät saa varjostaa valoa.

Valaisinten ripustus ja kiinnitys.

Pientalot

Valaistuksen energiankulutuksen säästöpotentiaalia voidaan arvioida useasta lähtökohdasta. Rakennusten energiatahokkuuden laskenta- ja energiatehokkuusindikaattorit-hankkeessa (RET) valaistuksen kulutus on johdettu laskemalla. Asunnon valaistus lasketaan johtamalla valaistuksen sähköteho käänteisesti suositelluista valaistusvoimakkuuksista. Mutta koska asuinhuoneiden valaistusvoimakkuuksia ei kontrolloida mitenkään, arvot ovat teoreettisia. Realistisemmän tuloksen saamiseksi olisi tukeuduttava todelliseen tilastotietoon, jota ei kaikilta osin ole kerätty.

Valaistussähköenergia sisältää kiinteän valaistussähköenergian, muun valaistussähköenergian ja poistumistievalaistuksen sähköenergian. Kiinteä valaistussähköenergia on se osa valaistuksen energiankulutuksesta, jolla saavutetaan standardin EN 12464-1 mukainen valaistustaso. Energiansäästöpotentiaalia laskettaessa otetaan tässä näistä huomioon *kiinteä* ja *muu valaistussähköenergia* ja lisäksi *ulkovalaistuksen sähköenergia*, joka luetaan ulkoaluesähköenergiaan. Asuntojen tilastoidussa kulutuksessa kiinteää ja muuta valaistussähköenergiaa ei voi erottaa toisistaan. Koska RET-laskennassa lähdetään liikkeelle sisätilan valaistusvoimakkuuksista, siinä tarkastellaan yksinomaan kiinteää valaistussähköenergiaa, johon lasketaan lamppujen, liitäntälaitteiden, ohjaimien jne. yhteenlaskettu energia. Suositellut valaistusvoimakkuudet on esitetty taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Suositellut asuintilan valaistusvoimakkuudet /21/.

Tila	Valaistusvoimakkuus, lx
Oleskeluhuone, makuuhuone, lastenhuone, ruokahuone työhuone, askarteluhuone	100
Lukeminen (kohdevalaistus)	500
Keittiö, yleisvalaistus	200
Ruoanlaitto, pesu, silitys	300
Eteinen, käytävät, portaat, vaatesäilöt	100
Kylpyhuone, wc, pesutupa	100
Muut (varasto, autotalli, tekniset tilat jne.)	100

RET-laskennassa lamppuille oletetaan valotehokkuuden tyyppiärvot. Niiden avulla voidaan laskea lampputyypin vaihdon tuottama energiansäästö. Tärkeimmät lampputyypit on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2. Lampputyypien valotehokkuudet.

Lampputyyppi	Valotehokkuus, lm/W
Hehkulamppu	10
Halogeenilamppu	12
Pienloistelamppu (kierrekantainen)	50
Loistelamppu, magneettinen liitäntälaitte	75
Loistelamppu, elektroninen liitäntälaitte	80
T5-loistelamppu, elektr. liitäntälaitte	85

Asunnon valaistuksessa voidaan saavuttaa merkittävää energiansäästöä korvaamalla tavanomaiset hehkulamput pienloistelampuilla. Sen sijaan tavallisten loistelamppuvalaisinten vaihtaminen elektronisella liitäntälaitteella varustettuihin tai T5-lamppuja käyttäviin valaisimiin tuottaa vain vähän säästöä. Loistelampuille käytetyt arvot ovat lähellä käytännön vaihteluvälin alarajaa, joten siltä osin laskelmat ovat realistisia.

Valaistuksen vuotuiset käyttötuntimäärät ovat RET-laskennassa seuraavat:

Taulukko 5.3. Valaistuksen vuotuiset käyttötuntimäärät /21/.

Rakennustyyppi	Käyttötunnit		
	Päivä	Yö ja ilta	Yhteensä
Asuinrakennus			550
– sauna			150
– vaatehuone, yms.			100
– tekninen tila			50
Toimistorakennus	2 200	300	2 500

Eri tekijät huomioon ottaen asunnon tilan vuotuinen valaistusenergian kulutus voidaan laskea kaavasta: $W \text{ [kWh]} = 0,0032AtE/\eta_{\Phi}$, missä A on valaistava pinta-ala (yleensä vain osa huonealasta), t käyttötuntimäärä, E valaistusvoimakkuus ja η_{Φ} lamppujen valotehokkuus. /21/ Vakiotekijässä on mukana muut tekijät (alenemakertoimet, valaistushyötysuhteet yms.). Laskelmissa on oletettu suora valaistustapa. Näin esimerkiksi makuuhuoneen, jonka huoneala on $10,9 \text{ m}^2$ ja valaistava pinta-ala $5,9 \text{ m}^2$, energiankulutukseksi saadaan taulukkoarvoilla 104 kWh/a ($t = 550 \text{ h}$, $E = 100 \text{ lx}$, $\eta_{\Phi} = 10 \text{ lm/W}$). Kaikki eri tilat huomioon ottamalla RET-pientalon, jonka bruttopinta-ala on 163 m^2 , valaistusenergian kulutukseksi saadaan $1\,318 \text{ kWh/a}$ /21/. Talon yhteenlaskettu huonepinta-ala on $142,1 \text{ m}^2$ ja vastaava valaistava pinta-ala $97,4 \text{ m}^2$.

Toisaalta voidaan tukeutua tilastolliseen energiankulutukseen. Työtehoseuran keräämien tietojen mukaan kotitalouksien lukumäärä vuonna 2000 oli arviolta 2,384 miljoonaa ja niiden kuluttama valaistussähköenergia (samaa vuoteen perustuen) oli $1\,617 \text{ GWh/a}$, mikä tekee asuntoa kohden 678 kWh/a /22/. Tämä on vain puolet normeihin perustuvaan laskelmaan verrattuna. Toisaalta pientalon kulutuksen voi olettaa olevan suurempi kuin asunnoissa keskimäärin. Arviota voi tarkentaa ottamalla huomioon raportissa mainitut asuntojen keskikoot ja lukumäärät ja laskemalla pinta-alaan suhteutetun kulutuksen. Asuntojen lukumäärät ja koot Työtehoseuran tietojen mukaan on esitetty taulukossa 5.4.

Taulukko 5.4. Eri asuntotyyppien lukumäärät ja koot.

Asuntotyyppi	Osuus koti-tal. % /17/	Määrä arviolta	Keskim. pinta-ala, m ² /17/	Kokonaispinta- ala m ²
Pientalo	41	977 440	101	98 721 440
Rivitalo	13	309 920	70	21 694 400
Kerrostalo	46	1 096 640	56	61 411 840
Yhteensä	100	2 384 000	76,3	181 827 680

Tällä perusteella bruttopinta-alaltaan 163 neliömetrin ja yhteenlasketulta huonepinta-alaltaan 142,1 neliömetrin keskimääräiseksi vuosikulutukseksi saadaan

$$1\,617\,000\,000 \cdot 142,1 / 181\,827\,680 \text{ kWh/a} = 1264 \text{ kWh/a.}$$

Laskelma on melko karkea, mutta tulos on lähellä RET-pientalolle laskettua kulutusta, joten sille edellä esitetty laskentamenetelmä vaikuttaa melko realistiselta.

Työtehoseura on laskenut myös koko asuntokantaa varten arvion valaistuksen energiansäästöpotentiaalista vuonna 2010. Mikäli kehitys jatkuu nykyisellään, vuotuisen energiankulutuksen arvioitiin kasvavan 1 747 GWh:iin asuntokannan lisääntymisen ja valonkäytön monipuolistumisen vuoksi. Mikäli kaikki hehkulamput korvattaisiin tehokkaammilla yksikantaloistelampuilla, energiankulutus olisi 618 GWh/a, mutta tällainen kehitys on epärealistinen. ”Realistinen” arvio olisi 1 368 GWh. Tämä edellyttäisi keskimäärin neljän hehkulampun korvaamista yksikantaloistelampulla. /22/

On siis erotettava teoreettinen säästöpotentiaali realistisista odotuksista. Työtehoseuran realistisessa arviossa prosentuaalinen pieneneminen verrattuna vuoden 2000 tasoon olisi noin 22 %, joka on siis laskettu suhteuttamalla vuoden 2010 normaali- ja realistiseen säästökehitykseen perustuvat arviot toisiinsa. Tällä 10 vuoden aikaväliin perustuvalla suhteella laskien RET-pientalon energiankulutus pienenesi arvoon 1 032 kWh/a.

Yksittäisen tilan kohdalla tarkoituksenmukaisempi arvio perustuu realistisesti saavutettavien toimenpiteiden määrään. Korvaamalla useampia hehkulamppuja, vaihtamalla valaisimia loistelampuilla (tai LED-tekniikalla) toimiviin ja lisäksi ottamalla käyttöön valaistuksen ohjaus ja säätö voitaisiin säästää edellä esitettyä enemmän energiaa. Voidaan lähteä esimerkiksi siitä, että neljän sijasta vaihdetaan kahdeksan hehkulamppua yksikantaloistelamppuihin, mutta pidetään muut oletukset ennallaan. Tällöin laskelma muodostuisi taulukon 5.5 mukaiseksi. Tämän vaihtoehdon kokonaiskulutus asuntokannassa olisi 1 205 GWh/a. Normaalikehitykseen verrattuna säästö olisi 31 %, mikä RET-

pientalossa merkitsisi 909 kWh/a valaistusenergian kulutusta. Myös päivänvalon avulla voitaisiin säästää energiaa, mutta tämän keinon vaikutus asunnoissa ei ole kovin suuri, koska valaistuksen käyttö ajoittuu suurelta osin iltaan. LED-teknologia tulee todennäköisesti muuttamaan valon käyttötottumuksia ja toisaalta säästämään energiaa, mutta sen vaikutusten arviointi on hyvin epävarmaa.

Taulukko 5.5. Muunnelma työtehoseuran laskelmasta vuotta 2010 koskien.

Lampputyyppe	Laitekanta		Keskim. teho	Polttoaika		Kokonaiskulutus
	Kpl/asunto	Kpl	W	h/vrk	h/a	GWh/a
Hehkulamput	11,0	28 600 000	58	1,1	402	667
Halogeenilamput	1,0	2 600 000	21	2,0	730	40
Vakioloistelamput	3,5	9 100 000	36	2,5	913	299
Yksikantaloistelumput	10,0	26 000 000	10	2,1	767	199
Yhteensä	25,5	66 300 000				1 205

Toimistorakennus

Toimistorakentamisessa voidaan päähuomio kiinnittää loistevalaistukseen, ja tilakohtainen arviointi on asuntoja yksinkertaisempaa, koska voidaan tarkastella asennustehoja pinta-alaa kohti, jos oletetaan tilan käyttötuntimäärien säilyvän samana. Toisaalta säästökeinot ovat monipuolisempia, ja niiden kokonaisvaikutusta on hankala arvioida.

Toimistojen keinovalaistuksen energiatehokkuutta on mahdollista parantaa useilla toimenpiteillä: /22/

- Korvaamalla vanhat valaisimet käyttöhyötysuhteeltaan paremmilla ja käyttämällä uusimpia loistelumputtyyppejä
- Siirtymällä paikallistettuun yleisvalaistukseen tai heikon yleisvalaistuksen ja paikallisvalaistuksen yhdistelmään
- Käyttämällä valaistuksen läsnäolotunnistusta ja päivänvaloon perustuvaa säätöä.

Valaisimien ja lamputyyppeiden vaihto on *yleisvalaistuksessa* suurelta osin jo toteutunut tai toteutuu luonnostaan korjausrakentamisen yhteydessä. Paikallisvalaistuksessa hehkulamput ovat edelleen yleisiä. Automatiikkaan perustuvan energiansäästön kustannukset ovat laskeneet, koska elektroniset liitäntälaitteet (jollaisia nykyaikaiset T5-loistelumput edellyttävät) mahdollistavat säädön ja kytkennän toteuttamisen melko vähäisin lisäjär-

jestelyin. Päivänvalon avulla saavutettavaksi säästöpotentiaaliksi arvioidaan 30–60 % tilanteen mukaan. Suurin säästö saavutetaan kuitenkin valaistustapoja muuttamalla. /22/

Vuoden 2000 keskimääräinen sähköteho pinta-alaa kohti oli 17,5 W/m². Motivan vuosina 1997–98 toteuttamassa kilpailussa saavutettiin käytännössä nykyisellä lamppu- ja valaisintekniikalla ja erityisesti valaistustavan valinnalla helposti tehotaso 10 W/m², mikä merkitsisi yli 40 %:n säästöpotentiaalia. Työtehoseuran raportissa säästökäytös on kuitenkin arvioitu varovaisesti, mutta tällöin on jälleen otettu huomioon toimistorakennuskannan kasvu.

5.3 Valonlähteiden ja valaisimien valinta

Valonlähteen valotehokkuudella (tuotettu valovirta wattia kohden [lm/W], mihin on laskettava myös liitäntälaitteen häviöt) on merkittävä vaikutus energiansäästöön. Valinta on kuitenkin kompromissi, jossa tarkasteltavia seikkoja ovat lisäksi:

- tuotetun valon väriämpötila (värisävy) ja värintoisto-ominaisuudet
- valonlähteen muoto, fyysinen koko sekä soveltuvuus valaisimeen ja haluttuun valonjakoon (esimerkiksi valaisimen optiikka voi edellyttää pistemäistä valonlähdettä)
- tuotettu valomäärä yksikköä kohden ja liitäntälaitteiden tarve
- valonlähteen ja liitäntälaitteen soveltuvuus sähköiseen ohjaukseen ja portaattomaan säätöön
- syttymisaika ja sytytysten kesto, vaadittu ympäristön lämpötila, pintalämpötila, polttoikä ja muut käytännön seikat.

Valaisimen nk. *käyttöhyötysuhde* kuvaa valaisimen energiatehokkuutta. Käyttöhyötysuhde ottaa huomioon mm. liitäntälaitteen vaikutuksen valovirtaan, toisin kuin optinen hyötysuhde. Sen rinnalla on tarkasteltava valaistustulosta, sillä valaisimen tehtävänä on muokata valonlähteen tuottama valo käyttöön sopivaksi. Valaisimen *valonjaon* ja muiden ominaisuuksien on oltava valaistustapaan sopiva. Energiansäästö lähtee tältä kannalta valaistustavan valinnasta, ja yksittäisiä valaisimia tarkastellaan sen toteutuksen osana.

Peruskorjauksissa valaistustapa sopeutetaan usein rakennuksen henkeen mutta toteutetaan uusilla valaisimilla, ja tällöin mahdollisuudet energiansäästöön ovat hyvät. Historiallisesti merkittäviksi katsotuissa kohteissa käytetään usein alkuperäisiä valaisimia. Tällöin voidaan selvittää, voidaanko ne muuttaa uusille energiatehokkaille valonlähteille sopiviksi. Hehkulampan kierrekannoilla varustetut nk. energiansäästölamput voivat myös olla hyvä valinta, mutta eivät sovi kaikkiin valaisimiin ongelmitta.

Myös TalotekniikkaRYL 2002 -ohjeistukseen on sisällytetty korjausrakentamista koskevia periaatteita:

”Korjauskohteet tarkoittavat paitsi varsinaisia suojeltuja rakennuksia myös yleisesti vanhempaa rakennuskantaa. Koska varsinkin 1950–70-lukujen rakennusten korjausperiaatteet ovat vasta muotoutumassa, valaistuksen uusimisessa on syytä noudattaa tapauskohtaista harkintaa ja lähestymistapaa.

Uusimisen tavoitteena on usein valomäärän lisääminen. Vaihtoehtoina ovat vanhojen valaisinten tekninen uudistaminen, täydentävät valaistusratkaisut tai valaistuksen uusiminen kokonaan. Uudistamisessa kiinnitetään huomiota valaisinten standardinmukaisuuteen. Korjausrakentamisessa on syytä välttää tarpeetonta vanhan purkamista ja erityisesti vanhojen, tuotannosta poistuneiden valaisinten hävittämistä. Niiden palauttaminen myöhemmin voi olla mahdotonta tai kohtuuttoman kallista.” /23/

Valaistuksellisesti korkeatasoinen, tiettyyn valaistustapaan sovitettu ja energiatehokas valaisin on usein kalliimpi kuin urakoissa tarjotut ”korvaavat” valaisimet. Jotta hintaerot eivät johtuisi merkittävistä teknisistä eroista, TalotekniikkaRYL 2002 suosittaa vaihdettavaksi (so. korvaavaksi) esitettävän valaisimen ominaisuuksien esittämistä niin, että myös vertailu sen ja alkuperäisen vaihtoehdon välillä on mahdollista. /24/ Tässä yhteydessä voidaan kiinnittää huomiota myös energiankulutukseen.

5.4 Valaistuksen ohjaus tilojen käytön mukaan

Energiaa säästyy, kun vältetään valaistuksen tarpeetonta käyttöä. Siihen vaikuttavat mm:

- valaistuksen jakaminen osiin ja vyöhykkeisiin, jotka voidaan kytkeä tarpeen mukaan (esimerkiksi nk. maisematoimistoissa, kulkutiloissa jne.), sekä paikallisvalaistuksen (työpistevalaistuksen) suosiminen.
- aikakytkentä, läsnäolotunnistus, yhteys kulunvalvontaan jne.
- valaistuksen ohjauksen käyttöliittymän käytettävyys ja opastavuus energiansäästöön.

Valaistustapojen mahdollisuuksia ei välttämättä ole hyödynnetty loppuun pyrittäessä energiansäästön ja viihtyvyyden yhdistämiseen. Esimerkiksi seinäpintojen luminanssit pidetään riittävän suurina sen asemasta, että koko tilaan tuotettaisiin tasainen, runsaasti energiaa kuluttava valaistusvoimakkuus.

5.5 Täydentävä päivänvalaistus ja yleisvalaistuksen ohjaus

Päivänvalon käyttökelpoisuus täydentävänä valonlähteenä riippuu monen tekijän yhteensovittamisesta:

- vallitsevasta päivänvalosta, joka riippuu maantieteellisestä sijainnista, ajankohdasta, säätilasta ja ympäristön aiheuttamasta varjostuksesta
- tilan muodosta sekä ikkunoiden sijainnista tilassa, rakenteesta ja avautumissuunnasta
- suoran auringonvalon hallinnasta ja hyväksikäytöstä
- termisen auringonsuojauksen tarpeesta.

Mahdollisuus hyödyntää päivänvaloa riippuu olennaisesti rakennuksen runkoratkaisusta. Muun muassa toimisto- ja liikerakennuksissa sekä perinteisissä koulu- ja sairaalatyypeissä sovelletaan usein yksinkertaista runkomuotoa ja huonemitoitusta. Perinteinen rakennusmuoto on tyypillisesti monikerroksinen ja siinä on yksi tai kaksi keskikäytävää, kouluissa usein sivukäytävä. Suorakaiteen muotoiset huoneet on valaistu yhdeltä sivulta. Tällaiset huonetyypit rajoittavat päivänvalon hyödyntämistä, varsinkin syvärunkoisissa rakennuksissa.

Sivuikkunoista tulevan päivänvalon jakauma muodostuu helposti epäedulliseksi: ikkunan lähellä valoa on liikaa ja kauempana liian vähän. Kattoikkunoiden valon voi helpommin jakaa tasaisesti. Käyttökelpoisen valon vähimmäismäärä on suhteessa yleisvalaistuksen tasoon. Suuretkin valaistusvoimakkuudet (esimerkiksi 2 000 lx) ovat toisaalta mahdollisia. Koettuun valon määrään vaikuttavat myös hämäriltä vaikuttavat huoneen kohdat, esimerkiksi seinäpinnat ja katonurkat. Täydentävällä valolla (esimerkiksi seinien valaisulla) on mahdollista lisätä subjektiivista valoisuuden tuntua.

Yleisvalaistuksen ohjaus edellyttää valaistusjärjestelmän jakamista sopiviin osiin sen mukaan, miten päivänvalo jakautuu. Puhtaasti valaistusvoimakkuuksia tarkastelemalla periaatteeksi voidaan ottaa yleisvalaistuksen vähentäminen, jos päivänvaloa on riittävästi. Tämän ei kuitenkaan tarvitse merkitä valaistusvoimakkuuden pitämistä vakiona, koska päivänvalon voimakkuus voi kohota paljon suuremmaksi kuin yleisvalaistuksen. Kun työkohteiden yleisvalaistuksen vyöhykejako perustuu päivänvalon jakautumiseen, energian säästö voidaan toteuttaa johdonmukaisesti.

6. Sähkö

Asumisen sähkönkulutus koostuu kotitalouksien, kiinteistöjen, loma-asuntojen ja maatalouden sähkönkulutuksesta. Vuonna 2000 asumisen kokonaissähkönkulutus Suomessa oli 12,1 TWh, josta kotitaloussähkön osuus oli noin 9 TWh, kiinteistösähkön n. 1,8 TWh, loma-asuntojen n. 0,5 TWh ja maatalouden n. 0,8 TWh. Luvuissa ei ole mukana asuinrakennusten sähkölämmitystä, jonka osuus oli n. 6,9 TWh vuonna 2000. /22/

Kaksivuotisen (1994–95) RAKET-projektin loppuraportissa ”Rakennusten sähköenergian kulutuksen tavoitearvot” /25/ määriteltiin rakennuksen eri laiteryhmillä kulutusluokittelut, joissa laiteryhmiä kulutukset normitettiin niiden tuottamaa palveluyksikköä kohti. Luokittelut jaettiin seitsemään eri tasoon A:sta G:hen. Taso A edusti energiaa säästävää tekniikkaa ja taso G energiaa tuhlaavaa. Taulukko 6.1 esittää julkaisussa annetut energiatehokkuusluokkien rajat rakennuksen taloteknisille sähkölaitteille.

Taulukko 6.1. Taloteknisten laitteiden energiatehokkuusluokkien A–G rajat /25/.

Laite	Palveluyksikkö	A	B	C	D	E	F	G
Puhallin, tulo-poistojärjestelmä	tehontarve kW/ (m ² /s)	< 1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	> 4,0
Puhallin, koneellinen poistojärjestelmä	tehontarve kW/ (m ² /s)	45 % tulo-poistolaitoksen arvoista						
LV-pumput, omakotitalot	tehontarve W/ (dm ³ /s)	< 100	150	180	200	250	300	> 300
LV-pumput, rivi- ja kerrostalot	tehontarve W/ (dm ³ /s)	< 90	100	120	140	170	200	> 200
Toimistorakennusten valaistus	tehontarve, W/m ²	< 7	10	13	16	20	25	> 25

Työtehoseuran julkaisussa ”Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön käytön tehostaminen” /22/ on selvitetty kotitalouksien ja toimistojen sähkölaitteiden teknologian ja käytön tehostamismahdollisuuksia vuoteen 2010 mennessä. Työ rajattiin koskemaan kotitaloussähkölaitteita. Selvityksen mukaan suurimpia kotitaloussähkön kulutusryhmiä tulevat olemaan kylmäsäilytys ja valaistus. Teknisesti on jo mahdollista, joskin ei aina taloudellisesti kannattavaa, vähentää kylmäsäilytyksen sähkönkulutusta vajaa seitsemäsosa ja valaistuksen sähkönkulutusta lähes kaksi kolmasosaa. Sähkönkulutuksen kannalta parhaan teknologian käyttöönotto vuoteen 2010 mennessä mahdollistaisi 75 %:n vuotuisen sähkönsäästön (693 GWh/a) valaistuksen kulutuksessa normaalikehitykseen (BAU-kehitys = ns. perusuran mukainen kehitys ilman säästötoimenpiteitä) verrattuna. Julkaisussa on esitetty skenaario pientalojen puhaltimien, öljypolttimien ja

pumppujen sähkönkulutuksen säästöpotentiaalille vuoteen 2010 mennessä (taulukko 6.2). Puhaltimien osalta on oletettu, että kaikki pientalojen koneellisten tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmien puhaltimet toimisivat tasavirtamoottoreilla, jonka sähkön säästö perinteiseen sähkömoottoriin verrattuna on 30 %. Lämpöjohtopumppujen osalta on oletettu, että 60 % pienistä pumpuista (< 100 W) ja 75 % suuremmista pumpuista korvattaisiin pyörimisnopeussäätöisillä pumpuilla.

Taulukko 6.2. Pientalojen kotitaloussähköön kuuluvien suurimpien LVI-laiteryhmien sähkönkulutus ja säästöpotentiaali /22/.

Laiteryhmä	2000	2010		
	GWh/a	BAU GWh/a	Tekn. mahd. GWh/a	Säästöpotent. GWh/a
Ilmastointipuhaltimet	158	248	192	56
Lämpöjohtopumput	170	180	141	39
Öljypolttimet	52	58	58	0
Muut lvi-pumput	58	64	64	0
Yhteensä	438	550	455	95

7. Jäähdytys

Jäähdytyksen lisäys rakennukseen ei koskaan ole energiataloudellisesti perusteltavissa, vaan saavutetut edut liittyvät parantuneen sisäilmaston kautta saavutettavaan parempaan viihtyisyyteen ja työtehoon.

Jäähdytykseen voidaan käyttää yöaikaista vapaata jäähdytystä (= tuuletusta), poistoilman kostutusta ja lämmöntalteenottoa tai koneellista jäähdytystä.

Jos rakennuksessa on koneellinen jäähdytys, on yleensä kannattavampaa laskea tuloilman lämpötilaa kuin lisätä ilmavirtaa saman jäähdytystehon aikaansaamiseksi. Ilmavirran suurentaminen lisää puhaltimen energiankulutusta enemmän kuin jäähdytyskoneen käyttö suuremmalla teholla.

7.1 Ikkunoiden aurinkosuojaus

Rakennusten suunnittelussa on otettava huomioon auringon lämpösäteily ja suoran auringonvalon aiheuttama häikäisy. Liikalämpöä voidaan torjua käyttämällä auringonsuojalaseja, kaihtimia, markiiseja tai säleitä.

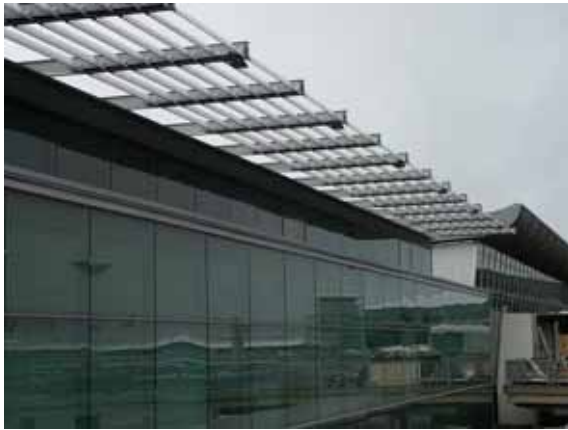
Auringonsäteilyn sisältämän lämmön torjunnassa on edullisinta, että aurinkosuojaus on ikkunan ulkopuolella tai mahdollisimman lähellä ikkunan ulkopintaa. Ikkunan sisäpuolella olevat rulla- tai sälekaihtimet eivät estä huonetilan ilman lämpenemistä kovinkaan paljoa, koska auringonsäteily on jo päässyt huonetilaan ennen kuin se kohtaa kaihtimen. Kaihdin pystyy heijastamaan takaisin ulos vain osan tästä lämmöstä.

Säädettävät säle- ja rullakaihtimet ovat aktiivisia auringonsäteilyn torjuntamenetelmiä, ja ne mahdollistavat auringon lämpöenergian hyötykäytön silloin, kun sitä voidaan hyödyntää huonetilan lämmittämiseen. Sen sijaan auringonsuojalasit ja kiinteät säleet ovat passiivisia menetelmiä, ja ne vähentävät auringonsäteilyn sisälle pääsyä myös silloin, kun lämpöä voitaisiin hyödyntää.

7.1.1 Markiisit ja kiinteät ulkopuoliset aurinkosuojaukset

Ulkopinnalla olevien säleiden toiminnan kannalta säleiden kulma tulisi olla muutettavissa vuodenaikojen mukaan, jotta säleistä olisi hyötyä myös keväisin ja syksyisin (kuvat 7.1a ja b). Samoin hyllyksi lasipintojen yläreunaan rakennetut säleet tulee mitoittaa keväät- ja syysauringon korkeuskulmien mukaisesti, mikäli auringon lämpöenergiaa ei tarvita näihin vuodenaikoihin tai auringon aiheuttama häikäisy on ongelmana.

Markiisit ja kiinteät ulkopuoliset aurinkosuojaukset on tarkoitettu lähinnä toimisto- ja liikerakennuksiin. Asuinrakennuksissa Suomen olosuhteissa nämä ratkaisut ovat harvinaisia eikä niille ole kovin suurta tarvettakaan. Rakennuksen energiankulutuksen kannalta ulkopuoliset auringonsuojaukset voivat lisätä lämmitysenergian tarvetta, koska ne rajoittavat aurinkoenergian hyödynnettävyyttä kevät- ja syyskaudella, mutta toisaalta ne voivat vähentää merkittävästi kesäajan jäähdytystarvetta. Tällöin kokonaishyöty jää positiiviseksi. Markiisit ovat toiminnallisesti lähellä ikkunan sälekaihtimia tai rullaverhoa, koska ne voidaan tarvittaessa laskea ja nostaa tilanteen mukaan. Markiisien ongelmana on niissä käytetyn kankaan mahdollisesti huono pitkäaikaiskestävyys ilmasto- ja säättekijöitä vastaan.



Kuva 7.1a ja b. Auringon säteilyn aiheuttaman yllilämpenemisen torjuminen ulkopuolisten säleiden avulla.

7.1.2 Sälekaihtimet ja rullakaihtimet

Kaihtimia, säleitä ja säleverhoja on sekä rakennuksen ulko- että sisäpuolelle tulevia. Kuvissa 7.2 ja 7.3 on joitain esimerkkejä tämän tyyppisistä ratkaisuista. Näissä pääsääntönä on se, että rakennuksen ulkopuolelle tulevat torjuvat tehokkaimmin sisätilojen liikalämpenemistä, mutta toisaalta lasirakenteen sisäpinnalla olevat varjostusratkaisut ovat kestävämpiä ja edullisempia ja vaativat vähemmän huoltoa.



Kuva 7.2. Auringon säteilyn aiheuttaman ylikuumenemisen ja häikäisyn torjuminen sisäpinnalla olevien automaattisten rulla-kaihtimien avulla.



Kuva 7.3. Auringon aiheuttaman häikäisyn torjuminen ulkopuolisten kiinteiden säleiden ja sisäpinnalla olevan sälekaihtimen avulla.

Säleen pinnoitteella ja värillä on suuri merkitys kaihtimen auringonsuojaominaisuuksiin. Tummat värit absorboivat tehokkaasti auringonsäteilyä ja heikentävät näin suojusominaisuuksia. Tummiin kaihtimiin absorboitunut auringonsäteily voi myös kuumentaa MSE-ikkunan keskimmäisen lasin niin kuumaksi, että se saattaa rikkoutua. Vaaleat värit heijastavat tehokkaasti auringon lämpösäteilyä, minkä vuoksi ne ovat tehokkaimpia huonetilojen ylikuumenemisiongelmiin torjunnassa. Taulukossa 7.1 on mittaus tuloksia kirkkailla lasilla varustetun ja yhdellä selektiivilasilla varustetun MSE-ikkunan keskimääräisestä auringonsäteilyn läpäisystä ilman kaihdinta ja suljetulla kaihtimella varustettuna.

Taulukko 7.1 Kaihtimien vaikutus eräiden 1,2 m x 1,2 m -kokoisten ikkunoiden auringonsäteilyn kokonaisläpäisyyteen /4/.

Kaihdin	Ikkunan tyyppi	
	MSE	MSE-selektiivilasi-ikkuna
Ei kaihdinta	59 %	46 %
Maalattu valkoinen	22 %	17 %

Sälekaihtimella on myös muita vaikutuksia kuin auringon lämpösäteilyn torjunta, sillä se parantaa ikkunan lämmöneristävyyttä. Tätä ei yleensä kuitenkaan tiedosteta, vaan kaihtimet hankitaan muista syistä ja kaihtimen säleiden väri valitaan yleensä ulkonäköperustein. Lämmöneristävyyden parantamisen kannalta sälekaihtimen paras paikka on ikkunan sisällä lasien välissä, jolloin kaihdin muodostaa suljettuna yhden ylimääräisen ilmakerroksen ikkunan lasien väliin. Lisäksi se likaantuu siellä vähemmän kuin ollessaan kiinnitettynä ikkunan sisäpintaan.

Sälekaihtimella saavutettava lämmöneristävyyden parannus on sitä suurempi mitä huonompi on perusikkunan lämmöneristävyys. Tämä johtuu siitä, että kaihdin ja sen jakama ilmaväli muodostaa kerroksen, jonka eristävyys riippuu varsin vähän koko ikkunan lämmöneristävyydestä, mutta sen suhteellinen merkitys kasvaa, kun ikkunan lämmöneristävyys heikkenee. Maalattun kaihtimen vaikutus ikkunan lämmöneristävyyteen on noin puolet siitä, mitä yhden tavallisen lasin lisäämisellä saavutetaan parannusta lämmöneristävyyteen (taulukko 7.2). Taulukosta voidaan havaita, että kaksilasisen MS-ikkunan sisään asennettu tavallinen kaihdin pienentää ikkunan lämmönläpäisykerroimen kaksi- ja kolmilasisen ikkunan arvojen puoliväliin ja erikoiskaihdin samalle tasolle kuin kolmilasisen ikkunan lämmönläpäisykerroin. Arvoja tarkasteltaessa tulee huomata, että mittaukset on tehty 1,2 m x 1,2 m -kokoisille ikkunoille. Pienemmissä ikkunoissa sälekaihtimien avulla saadut parannukset ovat pienempiä johtuen lasiosan pienemmästä suhteellisesta osuudesta. Suuremmissa ikkunoissa sälekaihtimen vaikutus on vastaavasti suurempi.

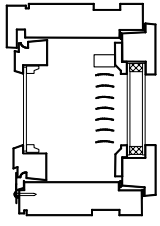
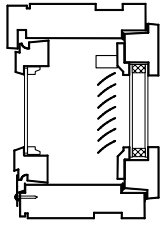
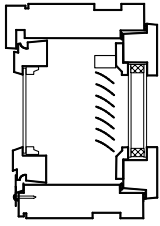
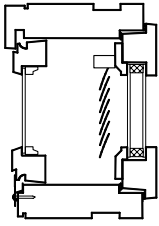
Taulukossa mainittu erikoiskaihdin on sellainen, jossa säleen toinen pinta on päällystetty lämpöä heijastavalla pinnoitteella ja toinen pinta on maalattu. Lämpöä heijastava pinta vaikuttaa samalla tavalla kuin selektiivilasi eristyslasi-ikkunassa. Lisäksi kaihdin on rakenteeltaan sellainen, että säleet sulkeutuvat toisiaan vasten tiiviisti, jolloin ilmavirtaukset säleiden välisistä raoista on pieniä.

Taulukko 7.2. Kaihtimen vaikutus eräiden 1,2 m x 1,2 m -kokoisten ikkunoiden lämmönläpäisykerroimeen /4/.

Kaihdin	Ikkunan tyyppi		
	MS	MSE	MSE-energiansäästöikkuna
Ei kaihdinta	2,44 W/m ² K	1,74 W/m ² K	1,13 W/m ² K
Maalattu valkoinen	2,05 W/m ² K	1,57 W/m ² K	1,06 W/m ² K
Erikoiskaihdin	1,68 W/m ² K	1,35 W/m ² K	0,95 W/m ² K

Taulukko 7.3 osoittaa, että ala-asennossa oleva kaihdin parantaa aina ikkunan lämmöneristävyyttä, ja suljettuna hyöty on suurin. Suljettuna kaihdin toimii kuin lisälasi puitteiden välissä ja muodostaa ylimääräisen lämpöä eristävän kerroksen. Avattu kaihdin mahdollistaa ilmavirtaukset kaihtimen läpi sekä lämpösäteilyn sisä- ja ulkopuitteen lasien välillä, minkä vuoksi lämmöneristävyyden parannus on pienempi.

Taulukko 7.3. Kaihtimen tyypin ja asennon vaikutus ikkunan lämmönläpäisykertoimeen (W/m^2K). Ikkunan lämmönläpäisykerroin ilman sälekaihtimia on $1,25 W/m^2K /26/$.

KAIHTIMEN TYYPPI				
	AUKI	45° ALAS	45° YLÖS	KIINNI
VALKOINEN	1,19	1,19	1,19	1,14
KIRKAS	1,19	1,19	1,14	1,11

Auringon lämpösäteilyn torjunnassa sälekaihdin on auringonsuojalaseja parempi, sillä käyttäjä voi säädellä sisälle tulevan aurinkoenergian määrää. Esimerkiksi kevättalvella kaihtimet avaamalla on mahdollista käyttää ilmaista aurinkoenergiaa huonetilojen lämmittämiseen ja kesällä kaihtimet sulkemalla huonetilojen lämpenemistä voidaan hidastaa.

7.1.3 Aurinkosuojalasit

Auringonsuojalaseja on kahta perustyyppiä: lämpösäteilyä heijastavia ja lämpösäteilyä absorboivia (kuvat 7.4 ja 7.5). Auringonsuojalaseilla ei voi torjua kokonaan suoran auringonpaisteen aiheuttamaa häikäisyä kuten kaihtimilla ja muilla vastaavilla ratkaisuilla.



Kuva 7.4. Auringon säteilyn aiheuttaman yllälämpenemisen torjuminen heijastavan auringonsuojalasin avulla.



Kuva 7.5. Auringon säteilyn aiheuttaman yllälämpenemisen torjuminen massavärijätyn auringonsuojalasin avulla.

Auringonsuojalaseja on saatavissa satoja erilaisia. Nämä lasit poikkeavat toisistaan ominaisvärin, valonläpäisevyyden, auringonsäteilyn kokonaisläpäisyn ja heijastusominaisuuksien perusteella. Nyrkkisääntönä auringonsuojalaseilla on, että mitä vähemmän ne läpäisevät auringon lämpösäteilyä sitä vähemmän ne läpäisevät myös valoa. Kolmilasisen kirkkailta laseilla varustetun ikkunan valoaukon auringonsäteilyn läpäisy on noin 70 % ja tätä voidaan pienentää yhdellä auringonsuojalasilla tasolle 20 %. Joskin samalla valonläpäisy putoaa 75 %:sta noin 20 %:iin.

Tarpeen mukaista aurinkosuojausta varten on kehitetty myös säätyviä auringonsuojalaseja, joiden auringonsäteilyn kokonaisläpäisyä voidaan muuttaa esimerkiksi sähkövirran tai lämpötilan avulla. Ideana nämä ovat noin 20 vuotta vanhoja, mutta niiden yleistyminen rakennuskäyttöön on ollut hidasta. Syynä tähän on ollut korkea hinta, kestävyysongelmat, tummenemisen ja vaalenemisen hitaus sekä rajallinen tummumiskapasiteetti. Säätyvät auringonsuojalasit eivät korvaa kokonaan kaihtimia, koska ne eivät tummene täysin läpinäkymättömiksi.

7.2 Yötuuletus

Yötuuletus perustuu huoneilman ja rakenteiden jäähdyttämiseen huoneilmaa kylmemmällä ulkoilmalla. Suurin jäähdytysteho ulkoilmasta saadaan aamuyöllä auringon nousun aikaan. Yleisin tapa säätää yötuuletuksen jäähdytystehoa on muuttaa ilmanvaihdon käyntiaikaa.

Kenttämittauksilla on selvitetty, että yötuuletuksen avulla huoneilman lämpötilaa voidaan alentaa aamupäivän ensimmäisten tuntien ajaksi 0,8–2,5 °C, huoneilman päiväaikaisen lämpötilan asetusarvosta riippuen. Mittauksissa huoneilman keskimääräinen jäähtyminen vaihteli 0,4–1,6 °C ilmanvaihtokertoimen ollessa yötuuletuksen aikana 5–30 1/h. Yötuuletus ei kuitenkaan riitä koko päivän käyttöajalle siten, että luokan S2 lämpötilat saavutettaisiin. /27/

Luvussa 4.1 esitellyssä MIV – Modernit ilmanvaihdon korjausratkaisut -projektissa on kehitetty korjausratkaisu yötuuletuksen käytölle vakioilmavirtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä. Ennen korjaustoimenpiteitä tulee selvittää tilojen ilmavirrat, sekä voidaanko ilmavirtoja kasvattaa yötuuletuksen ajaksi ja kuinka paljon, voidaanko ilmanvaihtojärjestelmään lisätä yötuuletuksen vaatimat ohjaukset vai toimitaanko ilmanvaihdon käyntiaikoja muuttamalla. Lisäksi pitää selvittää lämmöntalteenoton pysäyttämisen tai ohitusmahdollisuus. Yötuuletuksen tehosta tehdään laskelmat ja arvioidaan sen käyttökelpoisuus.

Teknillinen korkeakoulu, Uudenmaan ja Turun aluetyöterveyslaitokset sekä Työterveyslaitos ovat kehittäneet Tekesin Terve talo -teknologia-ohjelmaan kuuluneessa Tuottava toimisto 2005 -projektissa käytännön ohjeita tuottavan sisäympäristön suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa varten. Yötuuletuksen osalta projektissa selvitettiin, miten ja kuinka paljon toimistorakennuksen työpäivän aikaisia huonelämpötiloja voidaan alentaa jäähdyttämällä rakennusta viileällä yöilmalla. Asiaa tutkittiin kokeellisilla mittauksilla ja laskelmilla. Tulokseksi saatiin, että yötuuletuksen käyttö alentaa päiväajan huonelämpötiloja 2–3 °C rakennuksen termisestä massasta riippuen (kevyissä rakennuksissa vaikutus on suurempi kuin raskaissa).

Kokeellisissa mittauksissa (Vantaalla sijaitsevan betonirunkoisen rakennuksen itä- ja länsisiivet, mittausajankohta kesä 2003) saatiin yötuuletuksen käyttöajalla klo 01–05 huoneilman lämpötilan alenemaksi koko vuorokauden aikana keskimäärin 1,4 °C ja työaikana keskimäärin 0,8 °C. Mittaukset osoittivat neljän tunnin yötuuletusajan liian lyhyeksi. Mittaustulosten perusteella kehitettiin matemaattinen malli optimaalisen yötuuletuksen käyttötavan laskemista varten. Laskelmien perusteella yötuuletusta suositellaan käytettäväksi siten, että ilmanvaihdon käyttöaikaa jatketaan automaattisesti kun päivän huippulämpötila on ollut 15–20 °C. Yötuuletus voidaan lopettaa, kun poistoilman keskilämpötila on korkeampi kuin tuloilman lämpötila, mutta kuitenkin yli 20 °C. Laskelmien perusteella todettiin myös, että rakennusten ilmanvaihtoa pitäisi käyttää myös viikonloppuisin, jotta rakenteisiin varastoituva lämpö saataisiin poistettua ilmanvaihtoteknisin keinoin.

8. Yhteiskunnan tuki energiakorjaushankkeille

Vuonna 2006 valtio maksoi tukea pientalojen lämmitysjärjestelmän korjauksille ja uusimisille. Yli kolmen asunnon asuinrakennuksille maksettiin tukea sekä rakenteellisiin parannuksiin, että lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän korjauksiin.

8.1 Pientalot

Pientalon pääasiallista lämmitysjärjestelmää uusittaessa oli laiteinvestointiin mahdollisuus hakea energia-avustusta valtion asuntorahastolta vuonna 2006. /28/ Talon oli oltava ympärivuotisessa käytössä. Avustus kohdentui lämmityksen tuottoon tarkoitettuihin laitteisiin, ei lämmön jakeluun tarvittaviin laitehankintoihin. Avustusta ei myönnetty esim. yksittäisen lisälämmitykseen tarkoitetun takan tai kamiinan rakentamiseen.

Avustusta myönnettiin tapauksissa, joissa asuinkiinteistö liitettiin kauko- tai aluelämmitykseen, rakennettiin pelletti- tai muu puulämmitysjärjestelmä tai maalämpöpumppujärjestelmä, tai uusittiin öljylämmitys järjestelmällä, jossa on aurinkokerääjä. Avustuksen suuruus oli kauko- ja aluelämpöön liittyessä enintään 10 % hyväksytyistä kustannuksista. Muissa tapauksissa avustus oli enintään 15 % laiteinvestoinnin hyväksytyistä kustannuksista.

Energia-avustusta haettiin kunnilta. Pientalojen energia-avustuksiin ei valtion talousarviossa osoitettu ylimääräistä määrärahaa, vaan ne myönnettiin jo olemassa olevasta, energia-avustuksia koskevasta määrärahasta (yhteensä 17 milj. euroa). Avustuksen hakuaika oli 18.4.–12.5.2006.

8.2 Muut asuinrakennukset

Avustuksen voi saada ympärivuotisessa asuinkäytössä olevan asuinrakennuksen omistaja, jos asuinrakennuksessa oli vähintään kolme asuntoa. /29/ Yhteisöille avustus voitiin myöntää myös, jos samassa korjaushankkeessa korjattavissa asuinrakennuksissa oli vähintään kolme asuinhuoneistoa. Avustuksen myönsi kunta. Kunnalle tai kuntayhtymälle avustuksen myönsi Valtion asuntorahasto.

Energia-avustuksia myönnettiin energiakatselmusten tekemiseen, rakennuksen ulkovai-pan korjaamiseen, ilmanvaihtojärjestelmiin liittyviin toimenpiteisiin sekä lämmitysjärjestelmiin ja uusiutuviin energialähteisiin liittyviin toimenpiteisiin. Toimenpiteiden oli perustuttava energiakatselmukseen tai muuhun hyväksyttävään energiataloudelliseen tarkasteluun, lukuun ottamatta ilmanvaihdon perussäädön tai lämmitysjärjestelmän

perussäädön avustamista. Hyväksyttäviin kustannuksiin voitiin sisällyttää korjaustöiden edellyttämien rakennustarvikkeiden ja rakennukseen kiinteästi asennettavien laitteiden hankintakustannukset, vesi-, viemäri-, sähkö- ja kaukolämpöön liittymismaksu sekä kustannukset arviointi-, tutkimus-, laatu-, suunnittelu-, rakennus-, asennus-, katselmus-, säätö-, mittaus- ja purkutöistä sekä töitten valvonnasta, ei kuitenkaan laskennallista kustannusta omasta työstä eikä kustannusta vastikkeetta tehdystä työstä

Avustettavien toimenpiteiden oli perustuttava energiakatselmukseen tai muuhun hyväksyttävään energiataloudelliseen tarkasteluun. Tämä edellytys ei kuitenkaan em. säännöksen mukaan koskenut ilmanvaihdon perussäädön eikä lämmitysverkoston perussäädön ja siitä aiheutuvan patteri- ja linjasäätöventtiilien uusimisen avustamista. Energiakatselmus oli tehtävä Motivan energiakatselmuksmallin mukaisesti. Katselmuksen tekemiseen myönnettiin tukea asuinrakennuksen pinta-alasta riippuen, kuitenkin enintään 40 % kustannuksista. Kun asuinrakennuksen huoneistoala on alle 1 000 m², tuki oli 720 euroa, välillä 1 000–3 000 m² 960 euroa, ja yli 3 000 m² 1 360 euroa.

Samaan korjaustoimenpiteeseen ei voitu myöntää useampia korjaus- tai energiaavustuksia, ellei kyseessä ollut saman korjaustoimenpiteen eri vaiheitten avustaminen erikseen. Tällä tarkoitettiin sitä, että suunnittelu-, kuntotutkimus- ja kuntoarvioavustuksen tai huoltokirjan laadintaan myönnetty avustus ei ollut esteenä myönnettäessä energiaavustusta. Avustusta myönnettiin vain sellaisiin toimenpiteisiin, joiden rahoittamiseksi hakijalla ei ollut oikeutta saada muuta julkista tukea. Jos avustuksensaaja oli sitoutunut pitkäjänteiseen energiansäästötoimintaan ja seurantaan liittymällä valtakunnalliseen alaa koskevaan energiansäästösopimukseen, voitiin alla mainitut energiaavustukset myöntää korotettuina.

8.2.1 Rakenteelliset parannukset

Ulkoseinän lisäeristämiseen ulkopuolelta mineraalivillalla vähintään 50 mm:n paksuudelta myönnettiin 5 euroa/seinä-m² ja vähintään 100 mm:n paksuudelta 10 euroa/seinä-m². Vastaavansuuruinen lisäeristys oli mahdollista toteuttaa myös muilla lämmöneristemateriaaleilla. Yläpohjan yläpuoliseen lisäeristämiseen vähintään 150 mm:n vahvuisella mineraalivillalla myönnettiin avustusta 1 euro/yläpohja-m². Myös tämä eristystason parantaminen oli mahdollista toteuttaa muilla lämmöneristemateriaaleilla.

Ikkunoiden parantamiseen kunnostamalla ja asentamalla lisälasit tai etuikkunat myönnettiin avustusta 15 euroa/ikkuna-m². Ikkunoiden uusimiseen U-arvoltaan enintään 1,4 W/m²K ikkunoiksi sai avustusta 30 euroa/ikkuna-m². Ikkunoiden uusimisen tai kunnostuksen yhteydessä tapahtuvaan parvekeovien parantamiseen tai uusimiseen myönnettiin avustusta 75 euroa/kpl. (Umpioivissa U-arvon tuli olla enintään 0,7 W/m²K ja

ikkunaovissa enintään 1,4 W/m²K.) Ikkunoiden vaihtamisen tai lisälasi- ja etuikkunoiden asentamisen yhteydessä ei saanut huonontaa ulkovaipan ääneneristävyyttä.

Edellä olevissa kohdissa avustuksen enimmäismäärä oli enintään 10 % kustannuksista. Rakennuksen ulkoseiniin tai ikkunoihin kohdistuvien avustettavien toimenpiteiden yhteydessä edellytettiin tehtäväksi ilmanvaihdon perussäätö, ja ulkovaippaan kohdistuvien korjaustoimenpiteiden (lukuun ottamatta yläpohjan lisälämmöneristystä) jälkeen lämmitysverkoston perussäätö.

8.2.2 Lämmöntuottojärjestelmät

Seuraaviin lämmöntuottojärjestelmien energiakorjauksiin sai avustusta 10 % kustannuksista: liittyminen kauko- tai aluelämmitykseen; kiinteistökohtaisen kaukolämmön lämmönjakokeskuksen uusiminen; öljylämmityskattilan tai sen ja öljypolttimen uusiminen energiatehokkuusmerkinnältään kolmen tähden kattilaan (SRmk D7: Kattiloiden hyötysuhdevaatimuksista annetut ympäristöministeriöt määräykset); huonekohtaisen tai vesikiertoisen sähkölämmityksen muuttaminen maaperän, kallioperän, pohjaveden tai pintavesistön lämpöä hyödyntävällä maalämpöpumpulla toimivaksi keskuslämmitysjärjestelmäksi ja huonekohtaisen sähkölämmityksen täydentäminen ilmalämpöpumpulla. Lämmitysjärjestelmän muuttamiseen vähäpäästöisellä pellettikattilalla toimivaksi keskuslämmitysjärjestelmäksi maksettiin avustusta 15 % kustannuksista.

Lämmitysverkoston perussäätöön sekä tästä tarvittaessa aiheutuviin patteri- ja linjasäätöventtiilien uusimisiin sai avustusta 10 % kustannuksista. Lämmitysverkoston perussäätöä edellytettiin myös avustettavien ulkovaippaan kohdistuvien korjaustoimenpiteiden (lukuun ottamatta yläpohjan lisälämmöneristystä) ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentamisen jälkeen. Perussäätövaatimus koski vesikiertoisia lämmitysjärjestelmiä. Lämmitysverkoston perussäätö oli tarpeen, vaikka vain yksi rakennuksen julkisivu lisäeristettiin tai sen ikkunat uusittiin. Jos rakennuksen useamman julkisivun korjaukset oli vaiheistettu kohtuullisessa aikajaksossa tehtäväksi, tehtiin perussäätö vasta kaikkien korjausten jälkeen.

Käyttöveden aurinkolämmityksen lisäämiseen sähkö- tai öljylämmitysjärjestelmään sai avustusta 15 % kustannuksista. Huoneistokohtaisten vesimittareiden asentamiseen sai avustusta 10 % kustannuksista.

8.2.3 Ilmanvaihtojärjestelmät

Seuraaviin ilmanvaihtojärjestelmien korjauksiin sai avustusta 10 % kustannuksista: ilmanvaihdon perussäätö; erillisten korvausilmaventtiilien ja poistoilmaventtiilien asentaminen kun se oli tarpeen ikkunoiden parantamisen tai uusimisen, parvekeovien parantamisen tai uusimisen, ja ulkoseinän lisäeristämisen yhteydessä; ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentaminen. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentamisen jälkeen edellytettiin lämmitysverkoston perussäätöä.

Ilmanvaihdon toimivuudesta oli varmistuttava kaikissa rakennuksissa riippumatta siitä, onko kyseessä painovoimainen vai koneellinen poistoilmanvaihto. Silloin kun ilmanvaihdon perussäätöä edellytettiin tehtäväksi muiden korjaustoimenpiteiden yhteydessä, sai ilmanvaihdon perussäädön sisältöä tulkita normaalikäytäntöä vapaammin siten, että perussäätömenettely vastasi laajuudeltaan ja tasoltaan rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmää. Esimerkiksi painovoimaisen ilmanvaihdon talossa voitiin perussäätönä pitää toimenpidettä, jossa tarkistettiin että korvausilmalle on järjestetty tuloreitit, ilmanvaihtoventtiilit ovat auki ja toimintakunnossa sekä ilmanvaihtohormit ovat tiiviit. Jos rakennuksessa oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto eikä korjaustoimenpiteillä katsottu olevan vaikutusta ilmanvaihdon toimintaan, voitiin perussäädön vaatimista lieventää.

Kun ilmanvaihdon perussäätöä avustettiin erillisenä toimenpiteenä eikä muiden korjaustoimenpiteiden seurauksena, oli perussäätö tehtävä vakiintuneen toimintatavan mukaisesti.

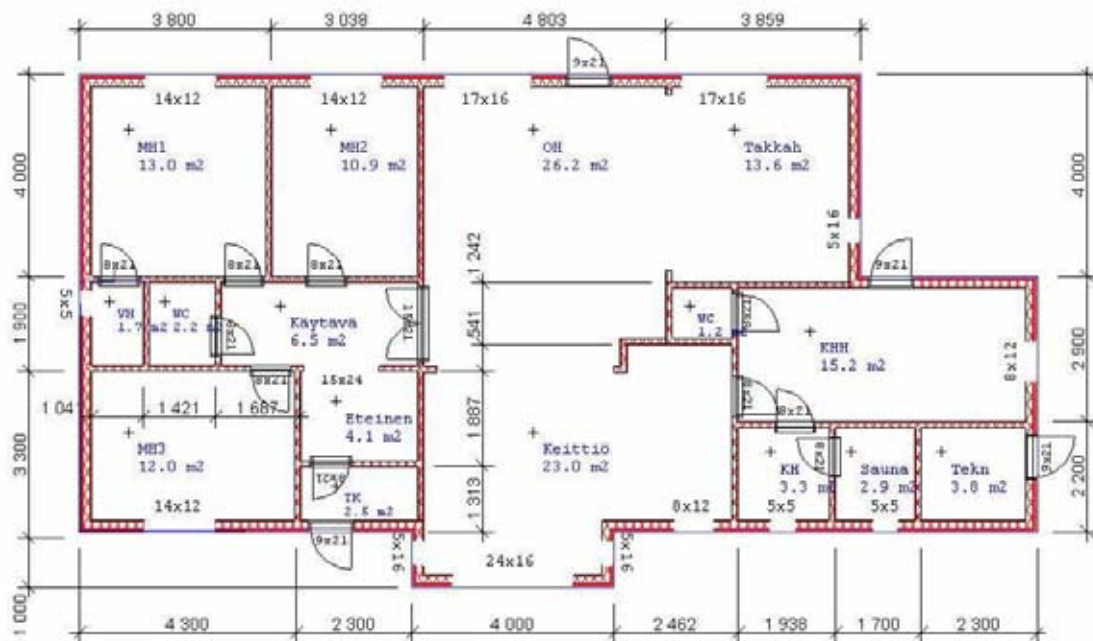
Rakennuksen ulkoseiniin tai ikkunoihin kohdistuvien avustettavien toimenpiteiden yhteydessä edellytettiin tehtäväksi ilmanvaihdon perussäätö, jotta varmistettaisiin rakennuksen ilmanvaihdon toimiminen ulkovaippakorjausten jälkeen vähintään korjaustilannetta edeltävällä laatutasolla.

9. Energiansäästöpotentiaali esimerkkirakennuksissa ja energiakorjauksen kannattavuuden arviointi

Energiakorjaustoimenpiteiden vaikutusten laskennalliseen tarkasteluun valittiin 1960-luvulla rakennetut sähkö- ja öljylämmitetyt pientalot, 1950- 1960- ja 1970-luvulla rakennetut asuinkerrostalot sekä 1980-luvulla rakennettu toimistotalo. Esimerkkirakennusten energiankulutus laskettiin ennen energiakorjauksia ja niiden jälkeen. Energiakorjausinvestointien kannattavuutta tarkasteltiin laskemalla niille takaisinmaksuaika. Asuinrakennusten energiakorjauksille laskettiin myös takaisinmaksuaika olettaen, että niiden energiakorjauksia avustettaisiin vuoden 1996 avustuskäytännön mukaisesti (luku 8). Kannattavuuslaskelmissa laskentakorko oli 5 %, energian hinnan eskalaatio 1,5 %, sähkön nykyhintana 0,11 €/kWh ja öljyn nykyhintana 0,05 €/kWh (vuoden 2004 hinnat).

9.1 Pientalot

Pientalon laskennalliseen tarkasteluun valittiin 1960-luvulla rakennetut suora sähkölämmitystä käyttävä pientalo ja öljylämmitetty pientalo. Pientalon vuotuisen energiankulutuksen laskemisessa käytetään VTT:llä kehitettyä WinEtana-työkalua.



Kuva 9.1. RET-pientalon pohjapiirustus.

Molempien pientalojen pohjapiirustus perustuu ns. RET-pientalon pohjapiirustukseen (Kuva 9.1), joka vastaa Motivan tyyppipientaloa. /30/ RET-pientalossa on pienehkö

ikkunapinta-ala, vain 13,9 % seinäpinta-alasta. Simuloinneissa käytetään suurempaa ikkunapinta-alaa, 15 % seinäpinta-alasta. Pientalot ovat harjakattoisia. Pientalossa asuu 4-henkinen perhe: 2 aikuista ja 2 lasta. Rakennuksen tärkeimmät laajuustiedot on esitetty taulukoissa 9.1 ja 9.2.

Taulukko 9.1. Pientalon laajuustiedot.

Rakennustilavuus	466 m ³
Ilmatilavuus	355 m ³
Huoneistoala	147 m ²
Bruttoala	163 m ²
Piiri	56 m
Huonekorkeus	2,5 m

Taulukko 9.2. Yksikerroksisen pientalon rakenneosien pinta-ala suuntauksittain. Pintalat on laskettu kokonaissämitoilla.

Ilmansuunta	Ulkoseinä, m ²	Ikkuna, m ²	Ulko-ovi, m ²
Pohjoinen	35,2	9,96	3,8
Länsi	22,2	1,11	-
Etelä	34,5	8,23	2,2
Itä	19,1	2,76	2,2
Yhteensä	111,1	22,1	8,2

Korjaamattoman vertailupientalon ilmanvaihtojärjestelmä on koneellinen poistoilmanvaihto. Rakennuksen vuotoilmavirta on 7 l/h. Pientalon rakenteiden U-arvot ovat vuoden 1969 normien mukaiset (taulukko 2.2). Pientalon sijaintipaikkana on vaihtoehtoisesti Helsinki tai Jyväskylä (Ilmatieteen laitoksen testisäät 1979: Helsinki-Kaisaniemi, Jyväskylä). Laskennassa käytetään molemmille paikkakunnille taulukosta 2.2 eteläisen vyöhykkeen U-arvoja, koska nämä kuvastavat parhaiten yleistä rakennuskantaa.

9.1.1 Sähkölämmityspientalo

Pientalon lämmitysmuoto on suora sähkölämmitys. WinEtanalla laskettu korjaamattoman talon vuotuinen lämmitysenergiankulutus on Helsingissä 45 900 kWh ja Jyväskylässä 49 700 kWh. Lämmityksen ja ilmanvaihdon kokonaissähkönkulutus on Helsingissä 46 500 kWh/a ja Jyväskylässä 50 300 kWh/a. Vastaavat sähkönkulutuksen kustannukset ovat Helsingissä 5 110 €/a ja Jyväskylässä 5 530 €/a.

Pientalon energiatehokkuusluku ET (kWh/brm²,a) lasketaan jakamalla rakennuksen energiankulutus (kWh/a) rakennuksen bruttoalalla (brm²). Energiankulutus koostuu tilojen ja käyttöveden lämmityksestä sekä huoneisto- ja kiinteistösähkön kulutuksesta. Esimerkkipientalon sähkönkulutuksen arvioinnissa on käytetty WinEtanan oletusarvoja. Huoneistosähkönkulutus on 4 380 kWh/a (taulukko 9.3) ja kiinteistösähkönkulutus 1 360 kWh/a (taulukko 9.4).

Taulukko 9.3. Pientalon huoneistosähkönkulutus.

Laite	Vuosikulutus, kWh/a
Sisävalaistus	1 230
Pyökinpesu	300
Astianpesu	230
Sauna	1 060
Viihde	440
Liesi	520
Jää-viileä	330
Pakastin	270
Yhteensä	4 380

Taulukko 9.4. Korjaamattoman sähkölämmityspientalon kiinteistösähkönkulutus.

Laite	Vuosikulutus, kWh/a
Pihavalaistus	280
Autopaikat	140
Poistoilmanvaihtokone, energialuokka D	660
Yhteensä	1 080

Ympäristöministeriön asetus mm. rakennuksen energiatodistuksessa käytettävän energiatehokkuusluvun määrittämisestä ja energiatehokkuusasteikoista /31/ on tällä hetkellä luonnosvaiheessa. Energiatehokkuusluvun laskennassa lämmitysenergian kulutus sääkorjataan Jyväskylän lämmitystarvelukua käyttäen. Tilojen lämmitysenergian ja sähkönkulutuksen summa kerrotaan sekä paikkakuntaokohtaisella korjauskertoimella, että vertailupaikkakunnan normaalivuoden lämmitystarveluvulla jaettuna toteutuneella lämmitystarveluvulla. Helsinki-Kaisaniemen paikkakuntaokohtainen korjauskerroin Jyväskylään on 1,24, ja normaalivuoden lämmitystarveluku 3989. Jyväskylän kaupungin paikkakuntaokohtainen korjauskerroin on 1,01, ja normaalivuoden lämmitystarveluku 4945. Käytetään toteutuneina lämmitystarvelukuina vuoden 2003 lämmitystarvelukuja, jotka ovat Helsingille 3787 ja Jyväskylälle 4766.

Korjaamattoman pientalon energiatehokkuusluvaksi saadaan Helsingissä 403 kWh/brm²,a ja Jyväskylässä 328 kWh/brm²,a. Tämänhetkisen asetusluonnoksen mukaan korjaamaton pientalo sijoittuisi energiatehokkuusasteikolla A–G luokkaan F Helsingissä ja luokkaan E Jyväskylässä.

Pientaloon tehtiin seuraavat energiakorjaustoimenpiteet:

- rakenteellinen lisäeristys nykymääräysten tasolle /6/. Lämmönjohtavuutta kuvaavat U-arvot: ulkoseinät 0,25 W/m²K, yläpohja 0,16 W/m²K, maanvarainen alapohja 0,2 W/m²K
- ikkunoiden vaihto, uusi U-arvo 1,1 W/m²K
- ilmanpitävyyden parantaminen siten, että vuotoilmavirta 7 l/h saadaan arvoon 3 l/h
- ilmanvaihtojärjestelmän korjaus koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmöntalteenotolla. Uuden ilmanvaihtokoneen energiatehokkuusluokka on A, eli puhaltimen energiatehokkuusarvo on 1,60 kW/(m³/s). Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila 20 °C, lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 60 %.
- ulkoilmalämpöpumpun tai maalämpöpumpun asennus (ulkoilmalämpöpumpun tuotto 40 % pientalon vuotuisesta lämmitysenergiasta /32/, maalämpöpumpun tuotto 60 % pientalon vuotuisesta lämmitysenergiasta /33/).

Edellä esitettyjen energiakorjausten jälkeen pientalon lämmitysenergiankulutus on Helsingissä 17 100 kWh/a ja Jyväskylässä 18 400 kWh/a. Ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutuksen kasvu on 340 kWh/a, joten uusi kiinteistösähkönkulutus on 1 360 kWh/a (taulukko 9.5).

Taulukko 9.5. Korjatun sähkölämmityspientalon kiinteistösähkönkulutus.

Laite	Vuosikulutus, kWh/a
Pihavalaistus	280
Autopaikat	140
Tulo- ja poistoilmanvaihtokone, energialuokka A	940
Yhteensä	1 360

Ulkoilmalämpöpumppu

Korjatun pientalon tilojen lämmitysenergiankulutukseen sisältyy sekä tuloilman lämmitys että radiaattorilämmitys. Ulkoilmalämpöpumpun oletetaan tuottavan 40 % tilojen vuotuisesta

lämmitysenergiankulutuksesta, eli tuotto Helsingissä on 5 220 kWh ja Jyväskylässä 5 760 kWh. Korjatun pientalon energiatehokkuusluvut ovat Helsingissä 133 kWh/brm²,a (B-luokka) ja Jyväskylässä 111 kWh/brm²,a (A-luokka).

Korjatun pientalon vuotuiset lämmitys- ja kiinteistösähkön kustannukset ovat Helsingissä 1 400 € ja Jyväskylässä 1 490 €. Energiakorjauksilla aikaansaadut vuotuiset säästöt sähkön nykyhinnalla ovat Helsingissä 3 710 € ja Jyväskylässä 4 040 €. Kolminkertaisella sähköenergianhinnalla kustannussäästö olisi Helsingissä 11 130 €/a ja Jyväskylässä 12 120 €/a.

Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpun oletetaan tuottavan 60 % korjatun pientalon tilojen lämmitysenergiankulutuksesta, joten tuotto on Helsingissä 7 830 kWh/a ja Jyväskylässä 8 640 kWh/a. Korjatun pientalon energiatehokkuusluku on Helsingissä 112 kWh/brm²,a ja Jyväskylässä 94 kWh/brm²,a, eli molemmat kuuluvat energiatehokkuusasteikolla A-luokkaan.

Korjatun pientalon vuotuinen lämmitys- ja kiinteistösähkön kustannus on 1 110 €/a Helsingissä ja 1 170 €/a Jyväskylässä, siis alle neljäsosa alkuperäisestä kulutuksesta. Korjauksilla aikaansaatua vuotuinen sähköenergian säästö on sähkön nykyhinnoilla Helsingissä 4 000 € ja Jyväskylässä 4 360 €. Kolminkertaisella sähkön hinnalla laskettuna kustannussäästö on 9 810 € Helsingissä ja 10 710 €/a Jyväskylässä.

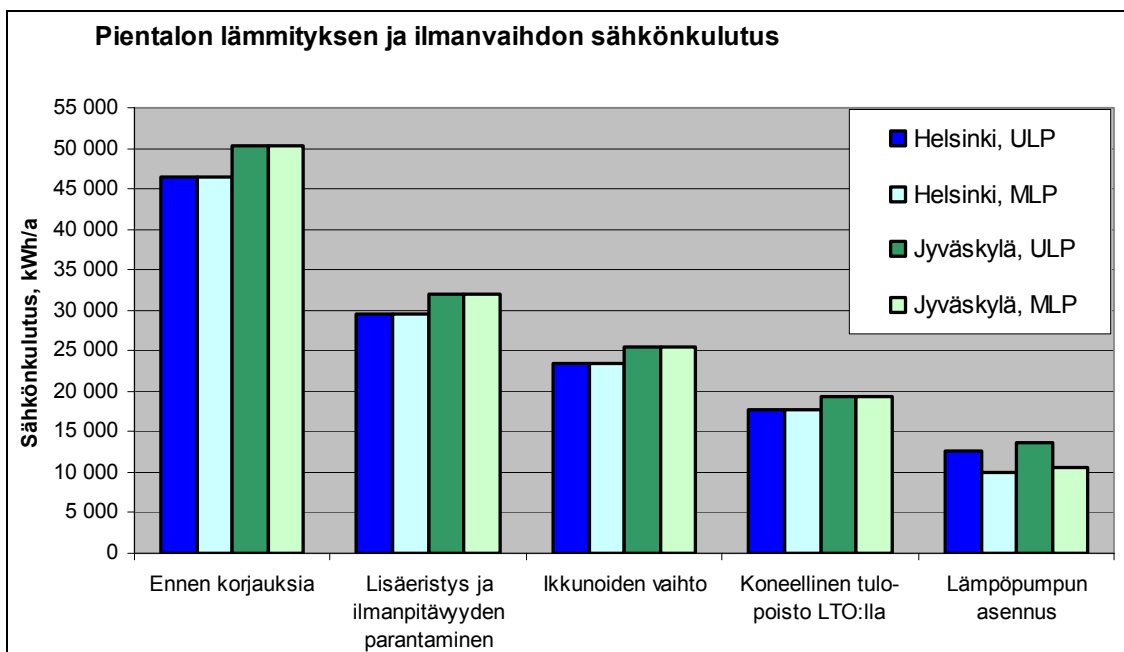
Kuva 9.2 esittää, miten pientalon lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien sähkönkulutus pienenee, jos energiakorjaukset tehdään yksitellen:

Korjaustoimenpide 1: rakenteiden korjaus ja ilmanpitävyyden parantaminen

Korjaustoimenpide 2: ikkunoiden uusinta

Korjaustoimenpide 3: ilmanvaihdon korjaaminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmöntalteenotolla

Korjaustoimenpide 4: ulkoilmalämpöpumpun tai maalämpöpumpun asennus.



Kuva 9.2. Peräkkäisten korjaustoimenpiteiden vaikutus sähkölämmityspientalon tilojen ja käyttöveden lämmityksen sekä ilmanvaihdon vuotuiseseen sähkönkulutukseen. ULP = ulkoilmalämpöpumppu, MLP = maalämpöpumppu.

Valtion asuntorahasto on tehnyt toimenpide- ja kustannusluettelon omakotitalon eri perusparannustoimenpiteistä /34/. Näiden tietojen avulla laskettiin suuntaa-antavat hinnat sähköpientalon energiakorjaukselle (taulukko 9.6). Rakennuttamisen kustannuksia ei ole huomioitu, Aran lomakkeen mukaan ne olisivat n. 5 % kokonaiskustannuksista.

Taulukko 9.6. Sähkölämmityspientalon energiakorjausten kustannusarvio (sis. ALV 22 %).

	Kokonaiskustannus, €
Yläpohjan lisäeristys yläpuolelta ilman rakennemuutoksia	2 100
Ulkoseinän lisäeristys ulkopuolelta	6 700
Alapohjan lisäeristys alapuolelta	9 000
Ikkunoiden uusiminen 3-lasisiksi	11 200
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	3 500
Lämpöpumppu	8 000
Yhteensä	40 500

Kaikkien energiakorjaustoimenpiteiden kokonaiskustannus olisi siis noin 40 500 €. Eri lämpöpumppu- ja paikkakuntavaihtoehtojen energiakorjausten takaisinmaksuajat sähkön nykyhinnoilla on esitetty taulukossa 9.9 ja kolminkertaisilla sähkön hinnoilla taulukossa 9.10. Laskentakorkona on ollut 5 % ja sähkön hinnan eskalaationa 1,5 %.

Taulukko 9.7. Sähkölämmityspientalon energiakorjausten takaisinmaksuajat sähkön nykyhinnalla (0,11 €/kWh) ja laskentakorolla 5 %.

	Ulkoilma- lämpöpumppu (HKI)	Ulkoilma- lämpöpumppu (JKL)	Maalämpö- pumppu (HKI)	Maalämpö- pumppu (JKL)
Energiakorjausten aikaansaama vuosisäästö, €/a	3 710	4 040	4 000	4 360
Takaisinmaksuaika, a	14,0	12,6	12,7	11,4
Takaisinmaksuaika yhteiskunnan avustuksella	13,5	12,1	12,2	11,0

Taulukko 9.8. Sähkölämmityspientalon energiakorjausten takaisinmaksuajat kolminkertaisella sähköhinnalla (0,33 €/kWh) ja laskentakorolla 5 %.

	Ulkoilma- lämpöpumppu (HKI)	Ulkoilma- lämpöpumppu (JKL)	Maalämpö- pumppu (HKI)	Maalämpö- pumppu (JKL)
Energiakorjausten aikaansaama vuosisäästö, €/a	11 130	12 120	12 000	13 080
Takaisinmaksuaika, a	4,0	3,6	3,7	3,3
Takaisinmaksuaika yhteiskunnan avustuksella	3,8	3,5	3,5	3,2

9.1.2 Öljylämmityspientalo

Pientalon lämmitysjärjestelmänä on vesikiertoinen öljylämmitys ja lämmönjakotapana lattialämmitys. Öljylämmityslaitteisto on vanhentunut, ja sen vuosihyötysuhde on vain 87 %. WinEtanassa on öljypolttimien luokittelu energiatehokkuuden mukaan (luokat A–G). Laskelmissa oletettiin, että vanha öljypoltin kuuluu energiatehokkuudeltaan D-luokkaan, jolloin sen sähkönkulutus olisi 260 kWh/a.

Pientalon lämmitysenergiankulutus ennen energiakorjausta on Helsingissä 57 500 kWh/a ja Jyväskylässä 61 600 kWh/a. Jos 1 dm³ öljyä vastaa 10 kWh, öljynkulutus Helsingissä on 5 750 dm³/a ja Jyväskylässä 6 160 dm³/a. Vastaavan öljykustannukset ovat 2 870 €/a ja

3 080 €/a. Huoneistosähkönkulutus on sama kuin sähkölämmityspientalolla, eli 4 380 kWh/a (taulukko 9.3). Korjaamattoman öljylämmitystalon kiinteistösähkönkulutus on 1 340 kWh/a (taulukko 9.9).

Taulukko 9.9. Korjaamattoman öljylämmityspientalon kiinteistösähkönkulutus.

Laite	Vuosikulutus, kWh/a
Pihavalaistus	280
Autopaikat	140
Öljypoltin, energialuokka D	260
Poistoilmanvaihtokone, energialuokka D	660
Yhteensä	1 340

Pientalon alkuperäinen energiatehokkuusluku on Helsingissä 498 kWh/br²,a ja Jyväskylässä 495 kWh/br²,a. Luvut vastaavat energiatehokkuusasteikolla luokkia F.

Pientaloon tehtiin seuraavat energiakorjaustoimenpiteet:

- öljylämmitysjärjestelmän vuosihyötysuhteen nosto 87 % -> 93 % uusimalla öljylämmityskattila energiatehokkuusmerkinnältään kolmen tähden kattilaan ja öljypoltin energiatehokkuudeltaan A-luokan polttimeen
- lämmitysverkoston perussäätö
- ulkoseinien ulkopuolinen lisäeristys, yläpohjan lisäeristys ja alapohjan lisäeristys nykymääräysten mukaisiksi (ulkoseinän U-arvo 0,25 W/m²K, yläpohjan 0,16 W/m²K, alapohjan 0,2 W/m²K)
- ilmanpitävyyden parantaminen (vuotoilmanvaihto 7 l/h -> 3 l/h)
- ikkunoiden uusiminen, U-arvo 1,1 W/m²K.
- aurinkolämmitysjärjestelmän lisääminen, osuus käyttöveden lämmitykseen käytettävästä energiasta 50 %
- ilmanvaihtojärjestelmän korjaus koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmöntalteenotolla. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 60 %.

Näiden energiakorjausten jälkeen pientalon lämmitysenergiankulutus on Helsingissä 20 300 kWh/a ja Jyväskylässä 21 800 kWh/a, eli se on laskenut 65 %. Öljynkulutus Helsingissä on 2 030 dm³/a ja Jyväskylässä 2 180 dm³/a, ja vastaavat kustannukset 1 010 €/a sekä 1 090 €/a. Energiatehokkuusluvut ovat Helsingissä 224 kWh/br²,a (D-luokka) ja Jyväskylässä 170 kWh/br²,a (C-luokka). Kiinteistösähkönkulutus on 1 639 kWh/a (taulukko 9.10), eli se kasvaa 300 kWh/a.

Taulukko 9.10. Korjatun öljylämmityspientalon kiinteistösähkönkulutus.

Laite	Vuosikulutus, kWh/a
Pihavalaistus	280
Autopaikat	140
Aurinkolämmitysjärjestelmä	115
Öljypoltin, energialuokka A	164
Tulo- ja poistoilmanvaihtokone, energialuokka A	940
Yhteensä	1 639

Öljyn nykyhintana on elinkaarikustannuslaskelmissa käytetty $0,5 \text{ €/dm}^3$, mikä vastaa $0,05 \text{ €/kWh}$. Sähkön nykyhintana on käytetty $0,11 \text{ €/kWh}$. Sekä öljyn että sähkön hinnan eskalaationa on käytetty $1,5 \%$, ja laskentakorkona 5% .

Korjatun pientalon vuotuinen energiakustannusten säästö nykyhinnalla on Helsingissä $1\,860 \text{ €}$ ja Jyväskylässä $1\,990 \text{ €}$. Kolminkertaisilla energianhinnoilla vuotuinen säästö on Helsingissä $5\,580 \text{ €}$ ja Jyväskylässä $5\,970 \text{ €}$. Kuva 9.3 esittää, miten pientalon öljynkulutus pienenee, jos energiakorjaukset tehdään yksitellen:

Korjaustoimenpide 1: öljylämmitysjärjestelmän uusinta

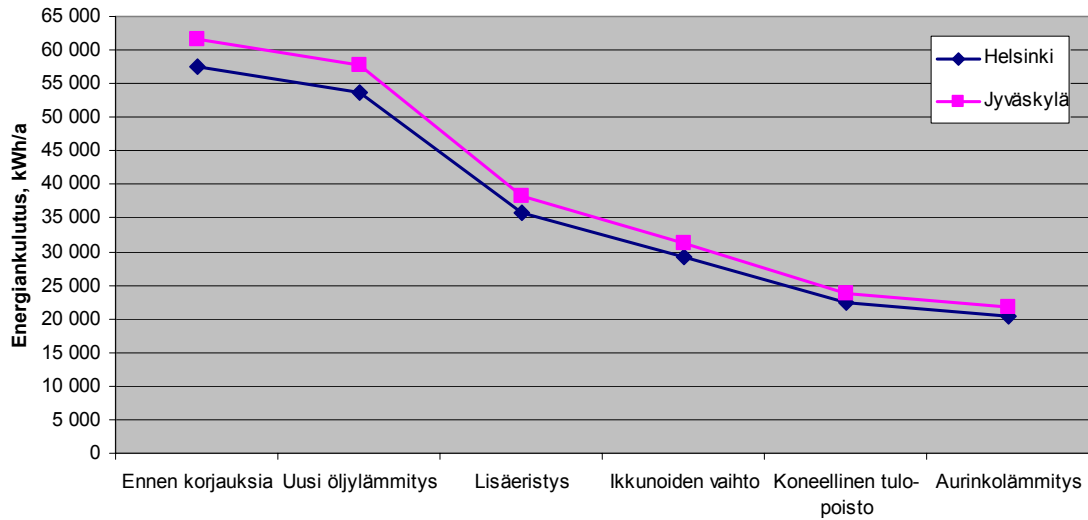
Korjaustoimenpide 2: rakenteiden korjaus ja ilmanpitävyyden parantaminen

Korjaustoimenpide 3: ikkunoiden uusinta

Korjaustoimenpide 4: ilmanvaihdon korjaaminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmöntalteenotolla

Korjaustoimenpide 5: aurinkolämmitysjärjestelmän asentaminen.

Pientalon vuotuinen öljyenergiankulutus



Kuva 9.3. Peräkkäisten korjaustoimenpiteiden vaikutus öljylämmityspientalon vuotuisen öljynkulutukseen.

Omakotitalon eri perusparannustoimenpiteiden toimenpide- ja kustannusluettelon /34/ avulla laskettiin suuntaa-antavat hinnat öljypientalon energiakorjaukselle (taulukko 9.11). Öljy- ja aurinkolämmitysjärjestelmän hankintakustannusten arvioinnissa hyödynnettiin Senewa Oy:n vuonna 2005 laskemaa investointihintaa toimenpiteelle, jossa yksikerroksiseen pientaloon asennetaan uudistettu aurinko-öljylämmitys /35/.

Taulukko 9.11. Öljylämmityspientalon energiakorjausten kustannusarvio.

	Kokonaiskustannus, €
Yläpohjan lisäeristys yläpuolelta ilman rakennemuutoksia	2 100
Ulkoseinän lisäeristys ulkopuolelta	6 700
Alapohjan lisäeristys alapuolelta	9 000
Ikkunoiden uusiminen 3-lasisiksi	11 200
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	3 500
Öljylämmitysjärjestelmän uusinta ja aurinkolämmitys	10 100
Yhteensä	42 600

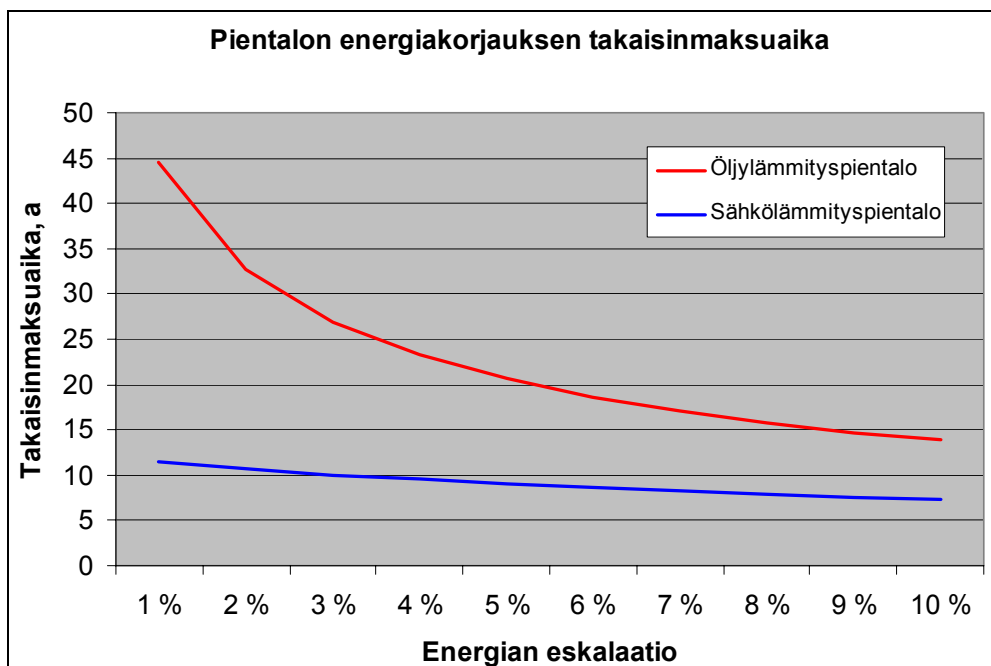
Taulukko 9.12. Öljylämmityspientalon energiakorjausten takaisinmaksuajat öljyn ja sähkön nykyhinnoilla (0,11 €/kWh ja 0,05 €/kWh) ja laskentakorolla 5 %.

	Helsinki	Jyväskylä
Energiakorjausten aikaansaama vuosisäästö, €/a	1 860	1 990
Takaisinmaksuaika, a	47,0	40,2
Takaisinmaksuaika yhteiskunnan avustuksella	43,1	37,3

Taulukko 9.13. Öljylämmityspientalon energiakorjausten takaisinmaksuajat kolminkertaisilla öljyn ja sähkön hinnoilla (0,18 €/kWh ja 0,27 €/kWh) ja laskentakorolla 5 %.

	Helsinki	Jyväskylä
Energiakorjausten aikaansaama vuosisäästö, €/a	5 580	5 970
Takaisinmaksuaika, a	9,0	8,4
Takaisinmaksuaika yhteiskunnan avustuksella	8,7	8,0

Molempien pientalojen energiakorjausten takaisinmaksuaikojen lyhenemistä energian hinnan noustessa tarkasteltiin laskemalla energiakorjausinvestointien takaisinmaksuajat eskalaatioilla 1–10 % (kuva 9.4).



Kuva 9.4. Öljy- ja sähkölämmitettyjen (maalämpöpumppu) pientalojen energiakorjausten takaisinmaksuajat energian hinnan noustessa, yhteiskunnan tuki 15 % lämmitysjärjestelmän investointikustannuksista.

9.2 1950-, 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalojen energiataloudellinen korjaus

9.2.1 Kerrostalojen lähtötiedot ja alkuperäinen lämmitysenergian kulutus

Taulukko 9.14. Tyyppirakennusten perustiedot.

1950-luvun kerrostalo				
rakennustilavuus, m^3	6650			
asuntopinta-ala, asm^2	1613	Määrä		U-arvo
asukkaiden lkm, hlö	55	m^2	$\text{m}^2 / \text{asm}^2$	m^2 / rm^3
				$\text{W} / \text{m}^2 \text{K}$
alapohja		540	0,33	0,081
ulkoseinä		1245	0,77	0,187
yläpohja		540	0,33	0,081
ikkunat		135	0,08	0,020
ulko-ovet		8	0,005	0,001
parvekeovet		12	0,01	0,002
Ilmanvaihokerroin	0,5			
Ilmavuotoluku, n_{50}	5		1,54	0,917
Käyttövedenkulutus, l / hlö, vrk	160			
Sähkönkulutus, kWh / rm^3	30			
		(sisältää kiinteistösähkön ja taloussähkön)		
1960-luvun kerrostalo				
rakennustilavuus, m^3	11800			
asuntopinta-ala, asm^2	3390	Määrä		U-arvo
asukkaiden lkm, hlö	90	m^2	$\text{m}^2 / \text{asm}^2$	m^2 / rm^3
				$\text{W} / \text{m}^2 \text{K}$
alapohja		806	0,24	0,07
ulkoseinä		2031	0,60	0,17
yläpohja		806	0,24	0,07
ikkunat		507	0,15	0,04
ulko-ovet		16	0,00	0,00
parvekeovet		140	0,04	0,01
Ilmanvaihokerroin	0,5			
Ilmavuotoluku, n_{50}	5		1,27	0,929
Käyttövedenkulutus, l / hlö, vrk	160			
Sähkönkulutus, kWh / rm^3	30			
		(sisältää kiinteistösähkön ja taloussähkön)		
1970-luvun kerrostalo				
rakennustilavuus, m^3	13300			
asuntopinta-ala, asm^2	3863	Määrä		U-arvo
asukkaiden lkm, hlö	119	m^2	$\text{m}^2 / \text{asm}^2$	m^2 / rm^3
				$\text{W} / \text{m}^2 \text{K}$
alapohja		526	0,136	0,040
ulkoseinä		2191	0,567	0,165
yläpohja		526	0,136	0,040
ikkunat		440	0,114	0,033
ulko-ovet		6	0,002	0,000
parvekeovet		116	0,030	0,009
Ilmanvaihokerroin	0,5			
Ilmavuotoluku, n_{50}	5		0,98	0,665
Käyttövedenkulutus, l / hlö, vrk	160			
Sähkönkulutus, kWh / rm^3	30			
		(sisältää kiinteistösähkön ja taloussähkön)		

Asuinkerrostalojen suurin korjaustarve tulee esiintymään 1950–1970-luvuilla rakennetuissa taloissa. Vanhemmissa rakennuksissa korjaukset käynnistyvät putkistojen korjauksista. 1960- ja 1970-luvun rakennuksissa ensimmäisenä tullaan korjaamaan lämmitysjärjestelmä ja rakennuksen vaippa.

Taulukko 9.14 esittää eri aikakausia kuvaamaan valittujen tyyppitalojen laajuudet ja määrätiedot sekä rakenteiden U-arvot (alkuperäiset). Taulukosta voidaan nähdä, että 1970-luvun asuinkerrostalon suunnitteluratkaisu on energiatehokkuudeltaan paras. Vaipan suhteellinen kokonaiskonduktanssi ($W / \text{asm}^2, K$) on 0,665. 1960-luvun rakennuksessa kokonaiskonduktanssi on 0,929 ja 1950-luvun rakennuksessa 0,917. 1960-luvun rakennuksessa tunnuslukua heikentää ikkunoiden suuri määrä ja suhteellisen heikko U-arvo. 1950-luvun rakennuksessa ikkunoiden määrä on pieni, mutta rakennuksen tilan käytön tehokkuus on heikohko. Taulukko 9.15 esittää rakennusten lämpöenergian kulutuksen Jyväskylässä normaalivuonna (lämmitystarveluku $S_{17} = 4636 \text{ }^\circ\text{Cd}$.)

Taulukko 9.15. Tyyppitalojen alkuperäinen lämpöenergian kulutus ja kustannukset Jyväskylässä. Lämmitysenergian hintana on käytetty 50 €/MWh.

1950-luvun talo			1960-luvun talo			1970-luvun talo		
	Alkup kWh/v	€/vuosi		Alkup kWh/v	€/vuosi		Alkup kWh/v	€/vuosi
Johtumishäviöt	227946	11397	Johtumishäviöt	411700	20585	Johtumishäviöt	357233	236192,4
alapohja	27924	1396	alapohja	41679	2084	alapohja	27200	41678,79
ulkoseinä	125480	6274	ulkoseinä	108996	5450	ulkoseinä	117582	54497,79
yläpohja	24738	1237	yläpohja	36925	1846	yläpohja	24097	36924,8
ikkuna	40642	2032	ikkuna	152634	7632	ikkuna	132463	79635,06
ulko-ovi	9162	458	ulko-ovi	71467	3573	ulko-ovi	55891	23455,96
Sisäiset energiat	-50408	-2520	Sisäiset energiat	-96920	-4846	Sisäiset energiat	-109487	-193840,8
Ilmanvaihto	101551	5078	Ilmanvaihto	180195	9010	Ilmanvaihto	203102	126136,8
Ilmavuodot	67701	3385	Ilmavuodot	120130	6007	Ilmavuodot	135401	120130,3
Lämmin käyttövesi	64240	3212	Lämmin käyttövesi	105120	5256	Lämmin käyttövesi	138992	105120
Lämpöenergia, yh	411030	20552	Lämpöenergia, yht	720226	36011	Lämpöenergia, yht	725241	36262
Alkup			Alkup			Alkup		
kWh/rm³	61,8		kWh/rm³	61,0		kWh/rm³	54,5	
kWh/htm²	254,8		kWh/htm²	212,5		kWh/htm²	187,7	
kWh/brm²	169,9		kWh/brm²	170		kWh/brm²	150,2	

1950-luvun rakennuksen ominaiskulutus on 255 kWh/asm² vuodessa. Vaipan johtumishäviöt on suurin yksittäinen kulutuksen osatekijä. Sen osuus on 55 %. Laskelmissa on käytetty ilmavuotolukua n_{50} 5,0 1/h. Luku on kivirakennuksessa heikohko. 1950-luvun rakennuksissa erityisesti ikkunat ja parvekeovet ovat kuitenkin vaipan hataruutta aiheuttavia kohtia, mikä tosin ilmanvaihdon toimivuuden kannalta on osittain jopa suotavaakin.

1960-luvun rakennuksen ominaiskulutus rakennustilavuutta kohden on sama kuin 1950-luvun rakennuksessa. Sitä vastoin ominaiskulutus asuntoalaa kohden on jo selvästi parempi. Harha johtuu rakennusten suunnitteluratkaisujen erilaisuudesta. 1950-luvun

rakennuksen kerroskorkeus on selvästi suurempi kuin myöhemmässä rakennuskannassa. Tämän vuoksi rakennustilavuutta kohden lasketut ominaiskulutusluvut ovat hyvin harhaanjohtavia ja niiden käyttöä tulee välttää. Vaipan rakenteiden johtumishäviöiden osuus on edelleen suuri (57 %) johtuen ikkunoiden ja parvekeovien suuresta määrästä.

1970-luvulla ominaiskulutus on jo selvästi parempi, alle 190 kWh/asm². Vaipan johtumishäviöiden osuus on nyt 49 %.

Todellisuudessa kaikissa rakennuksissa johtumishäviöiden merkitys on laskennallista-kin suurempi. Käytännössä on todettu, että ilmanvaihdon taso ei kerrostaloissa ole rakentamismääräysten edellyttämällä tasolla ($n = 0,5$ 1/h), vaan selvästi sitä pienempi. Tällöin ilmanvaihdon johtumishäviöt ovat laskennallista pienemmät, jolloin johtumishäviöiden suhteellinen merkitys kasvaa.

9.2.2 Kerrostalojen energiakorjaukset ja korjauksen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen

Kaikissa kerrostaloissa tehdään energiataloutta parantava korjaus, joka sisältää seuraavat toimenpiteet:

- ulkoseinien ulkopuolinen lisälämmöneristys (100 mm) ja uusi pintarakenne
- ikkunoiden, parvekeovien ja ulko-ovien uusiminen
- lämmöntuottolaitoksen uusiminen (lämmönvaihdinpaketti) ja sen yhteydessä tehtävä patteriventtiilien asennus ja järjestelmän perussäätö sekä
- asuntokohtaisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen seinäpuhallustekniikalla, lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 30 %.

Taulukko 9.16 esittää kohteiden lämmitysenergian kulutuksen em. perusparannuksen jälkeen.

Taulukko 9.16 Tyyppitalojen lämpöenergian kulutus ja kustannukset perusparannuksen jälkeen. Lämmitysenergian hintana on käytetty 50 €/MWh.

1950-luvun talo	Korjattu		1960-luvun talo	Korjattu		1970-luvun talo	Korjattu	
	kWh/v	€/vuosi		kWh/v	€/vuosi		kWh/v	€/vuosi
Johtumishäviöt	120085	6004	Johtumishäviöt	236192	11810	Johtumishäviöt	197969	236192,4
alapohja	27924	1396	alapohja	41679	0	alapohja	27200	41678,79
ulkoseinä	43599	2180	ulkoseinä	54498	-54498	ulkoseinä	58791	54497,79
yläpohja	24739	1237	yläpohja	36925	0	yläpohja	24097	36924,8
ikkuna	21205	1060	ikkuna	79635	-72999	ikkuna	69111	79635,06
ulko-ovi	2618	131	ulko-ovi	23456	-48011	ulko-ovi	18770	23455,96
Sisäiset energiat	-100817	-5041	Sisäiset energiat	-193841	96920	Sisäiset energiat	-218974	-193840,8
Ilmanvaihto	71086	3554	Ilmanvaihto	126137	-54059	Ilmanvaihto	142171	126136,8
Ilmavuodot	67701	3385	Ilmavuodot	120130	0	Ilmavuodot	135401	120130,3
Lämmin käyttövesi	64240	3212	Lämmin käyttövesi	105120	0	Lämmin käyttövesi	138992	105120
Lämpöenergia, yht	222295	11115		393739	19687		395559	19778
kWh/rm³	33,4		kWh/rm³	33,4		kWh/rm³	29,7	
kWh/htm²	137,8		kWh/htm²	116,1		kWh/htm²	102,4	
kWh/brm²	91,9		kWh/brm²	92,9		kWh/brm²	81,9	

1950-luvun rakennuksen ominaiskulutus on korjauksen jälkeen 138 kWh/asm² vuodessa. Vaipan johtumishäviöt on edelleen suurin yksittäinen kulutuksen osatekijä, sen osuus on 54 %. Johtumishäviöiden kohdalla on saavutettu suurin yksittäinen säästö, jonka suuruus on vuositasolla 107 MWh. Lämmitysjärjestelmän perusparannuksella saavutettava säästö on myös huomattava, noin 50,5 MWh.

1960-luvun rakennuksessa ominaiskulutus on alentunut tasolle 116 kWh/asm² vuodessa. Luku on hyvä. Lisäeristäminen ja ikkunoiden ja ulko-ovien uusiminen alentaa lämmönkulusta 175 MWh vuodessa. Lämmitysjärjestelmän perusparannus alentaa kulutusta 96 MWh vuodessa.

1970-luvun rakennuksessa päästään korjauksella jo samalle tasolle nykyisen uudistustannon kanssa. Suunnitteluratkaisun taloudellisuudesta johtuen nykyisten kerrostalojen voi olla vaikea saavuttaa tasoa 82 kWh/asm² vuodessa. Vaipan korjaus tuottaa jälleen merkittävimmät säästöt 160 MWh, ja lämmitysjärjestelmän perusparannus tukee kulutuksen alenemista samalla tavalla kuin muissakin rakennuksissa (109 MWh vuodessa).

9.2.3 Energiakorjausten kustannukset ja kannattavuus

Asuinkerrostaloissa ei korjauksiin koskaan ryhdytä energiatalouden parantamisen vuoksi. Taustalla on aina rakennuksessa oleva korjaustarve, jolloin korjauksen yhteydessä voidaan myös sisäilman laatua ja rakennuksen energiatehokkuutta parantaa. Siksi korjausten kannattavuutta ei tule arvioida normaalin investointilaskennan periaatteilla. Jos takaisinmaksuaika investoinnille halutaan laskea, käytetään erittäin matalaa laskentakor-

koa ($i = 0 \%$), ja investoinnin kustannukseksi kohdistetaan vain se osa kustannuksista, joka johtuu energiatalouden parantamisesta. Siis esimerkiksi julkisivun korjauksessa lisäeristyksestä aiheutuva kustannusosuus, jonka merkitys on korjaushinnasta keskimäärin 10–20 %. Ikkunoiden kohdalla kannattavuusarvio tehdään siten, että perusvaihtoehtona käytetään ikkunan kunnostamista nykyiseen tekniseen tasoon. Vaihtoehtoinvestointien kannattavuus lasketaan siten, että vaihtoehtojen kustannuserot ja vastaavasti erot säästöissä ja kunnossapidon tarpeessa otetaan huomioon.

Suosittelavaa on tehdä taloudellisuusarviointi elinkaarianalyysin perusteella, jolloin voidaan eri toimenpidevaihtoehtojen keskinäiset erot esittää joko nykyarvona tai vuosikustannuksina.

Taulukko 9.17 esittää kohdassa 3.2 tarkasteltujen toimenpidekonseptien kustannukset kokonaiskustannuksina ja kustannuksina asuntoneliometriä kohden. Asuinkerrostalojen kaupp-arvo vaihtelee suuresti. Tarkastelussa on oletettu, että kaikissa rakennuksissa kaupp-arvo ennen korjaukseen ryhtymistä on 1 500 €/asm². Erityisesti 1950-lukujen kerrostalot sijaitsevat kaupunkikeskustojen läheisyydessä, jolloin niiden kohdalla tonttimaan arvo yleensä nostaa kaupp-arvoa. Tätä ei kuitenkaan tässä yhteydessä ole otettu huomioon.

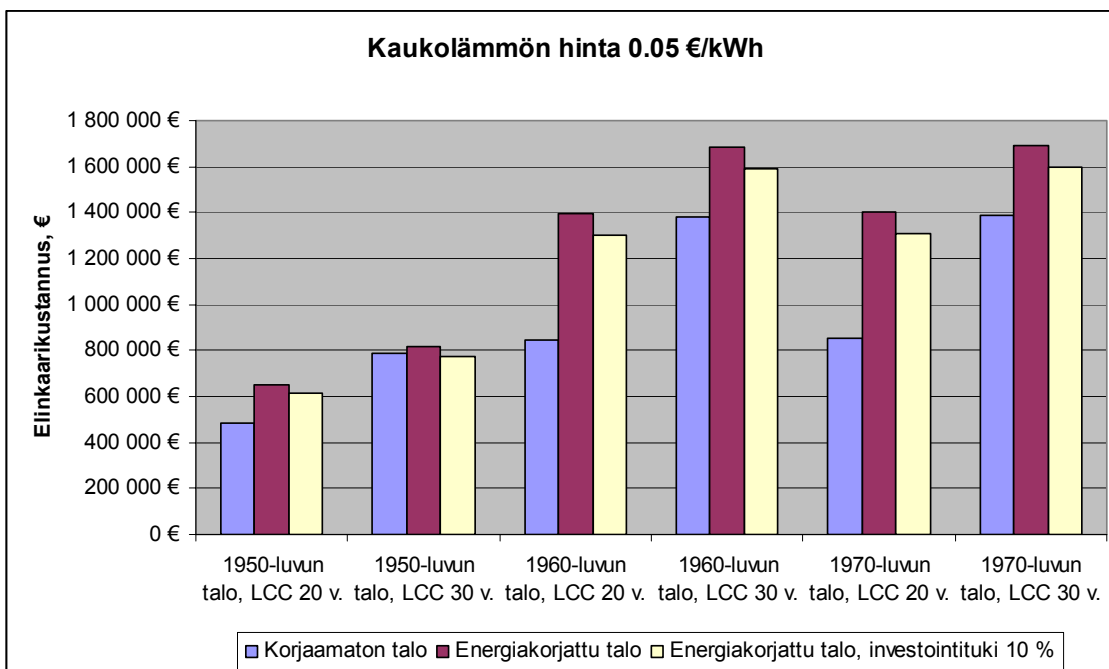
Taulukko 9.17. Energiakorjausten kustannukset eri aikakausien kerrostaloissa. Kustannustaso tammikuu 2006, arvonlisävero ei sisälly hintoihin. Kustannukset edustavat ns. normaali-Suomen hintatasoa, pääkaupunkiseudulla kustannukset ovat 10–20 % korkeammat.

1950-luvun talo	Hinta (alv = 0 %)		1960-luvun talo	Hinta (alv = 0 %)		1970-luvun talo	Hinta (alv = 0 %)	
	€	€/asm ²		€	€/asm ²		€	€/asm ²
Vaipan korjaus	261000	162	Vaipan korjaus	663000	196	Vaipan korjaus	626000	162
alapohja		0	alapohja		0	alapohja		0
ulkoseinä	187000	116	ulkoseinä	304000	90	ulkoseinä	328000	85
yläpohja		0	yläpohja		0	yläpohja		0
ikkuna	54000	33	ikkuna	203000	60	ikkuna	176000	46
ulko-ovi	20000	12	ulko-ovi	156000	46	ulko-ovi	122000	32
Lämmitysjärjestelmä	33000	20	Lämmitysjärjestelmä	67000	20	Lämmitysjärjestelmä	77000	20
Ilmanvaihto	97000	60	Ilmanvaihto	203400	60	Ilmanvaihto	232000	60
Hinta yhteensä	391000	242	Hinta yhteensä	933400	275	Hinta yhteensä	935000	242
Korjausaste	16,2 %		Korjausaste	18,4 %		Korjausaste	16,1 %	

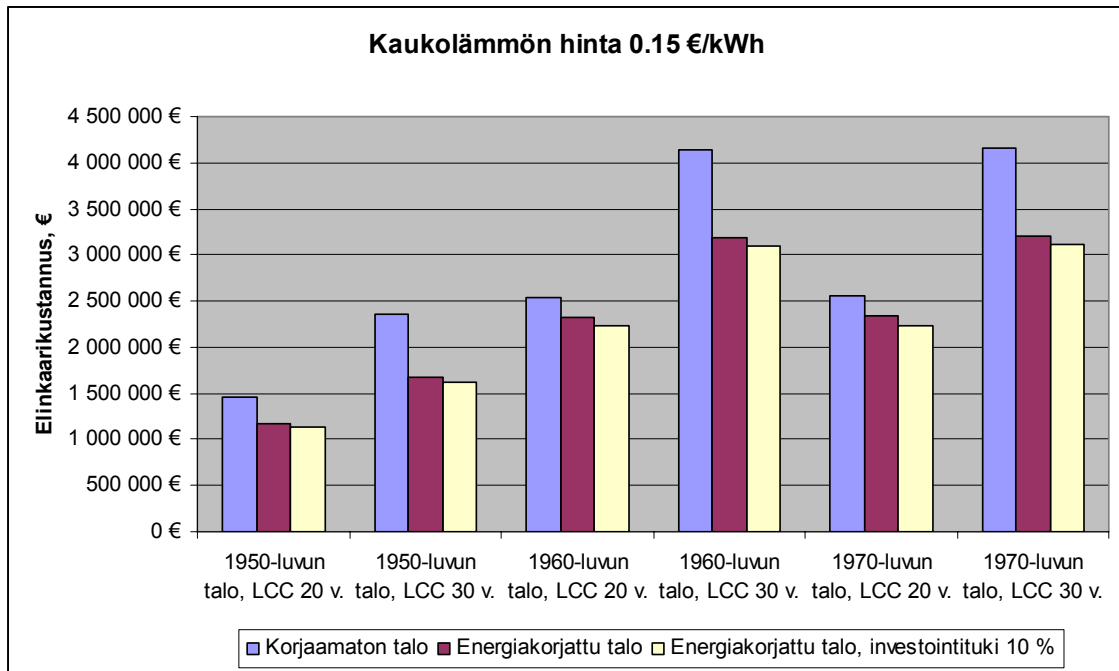
Energiakorjausten kustannukset ovat asuntoneliometriä kohden lähes samalla tasolla rakennustyyppistä riippumatta. Tämän lisäksi joudutaan kohteissa tekemään täydentäviä korjauksia, jotka nostavat kustannuksia. Tällä hetkellä suurin korjaustarve kohdistuu 1940–1950-luvulla rakennettujen kerrostalojen putkistoihin. Putkistokorjauksen kustannukset ovat korjausten perusteellisuudesta riippuen noin 300–500 €/asm². Putkistokorjauksella saavutettava säästö energiankulutuksessa on varsin vähäinen (vesikalusteiden

uusimisesta johtuva käyttöveden kulutuksen aleneminen ja asuntokohtaiseen kulutusmittaukseen siirtyminen), joten siihen verrattuna tarkastellut energiakorjauspaketit ovat hyvin kilpailukykyisiä.

Energiakorjauksille tehtiin kevyt elinkaarianalyysi, jossa otettiin huomioon vain investointi- ja käyttökustannukset. Tarkasteluaika oli 20 tai 30 vuotta. Laskentakorko oli 0 % ja energian eskalaatio 1,5 %. Investointi on laskettu joko ilman tukea tai yhteiskunnan tuella 10 % investointikustannuksista (v. 2006 tukimenettelyn mukaan). Kaukolämmön nykyhinnalla energiakorjatun talon elinkaarikustannus on korjaamatonta korkeampi kaikissa muissa tapauksissa paitsi 1950-luvun talolla 30 vuoden tarkasteluaajalla ja yhteiskunnan tuella (kuva 9.5). Kolminkertaisella energianhinnalla energiakorjaus on kaikissa tapauksissa kannattavin vaihtoehto (kuva 9.6).



Kuva 9.5. Elinkaarikustannukset energian nykyhinnalla.



Kuva 9.6. Elinkaarikustannukset kolminkertaisella energianhinnalla.

9.3 1980-luvun toimistorakennus

Esimerkkitoimistotalo on RET-projektissa käytetty toimistotalo. Toimistorakennuksen lähtökohtana on pidetty LVIS-2000-tyyppitoimistorakennusta. Koska rakennuksessa on jäähdytystarvetta, vuotuisen energiankulutuksen arvioinnissa tulee käyttää dynaamista simulointityökalua. Laskentatyökaluksi on valittu IDAIce /36/.

Laskennallisessa tarkastelussa mallinnetaan yhden ikkunallisen toimistohuoneen vuotuinen jäähdytystarve eri tapauksissa:

1. perustapaus, ei aurinkosuojausta
2. energiaa säästävä valaistusratkaisu
3. auringonsuojalasi, kokonaisläpäisykerroin 0,21
4. auringonsuojalasi, kokonaisläpäisykerroin 0,44
5. ikkunan edessä markiisit
6. sälekaihtimet puitteiden välissä.

Vuotuinen jäähdytysenergian tarve (kWh/m²,a) jokaiselle näistä tapauksesta lasketaan ikkunan suuntauksella eri ilmansuuntiin.

Tarkastelussa huomioidaan myös energiaa säästävän valaistusratkaisun merkitys toimistohuoneen sisäisten kuormien pienentämiseen. Vuoden 2000 keskimääräinen valaistuksen sähköteho pinta-alaa kohti oli $17,5 \text{ W/m}^2$. Esimerkkitapauksessa toimistohuoneen pinta-ala on $10,5 \text{ m}^2$, eli perustapauksen valaistuskuormaksi oletetaan $183,5 \text{ W}$. Motivan järjestämässä kilpailussa (ks. luku 5.2) saavutettiin nykyisellä lamppu- ja valaisintekniikalla ja valaistustavan valinnalla tehotaso 10 W/m^2 . Energiaa säästävällä valaistusratkaisulla tarkasteltavan toimistohuoneen valaistuskuorma olisi siis 105 W .

Lasketaan ensin, minkä verran vuotuinen jäähdytystarve pienenee energiaa säästävällä valaistusratkaisulla, ja sen jälkeen tarkastellaan eri aurinkosuojausmenetelmien vaikutusta jäähdytystarpeen pienentämiseen.

Kokonaisen toimistotalon energiaa säästävällä valaistusratkaisulla ja aurinkosuojauksella saavutettua vuotuisen jäähdytystarpeen muutosta arvioidaan kertomalla tyyppitoimistotalon toimistohuoneiden pinta-ala jäähdytysenergian tarpeilla siten, että talon toimistohuoneet ovat jakautuneet tasaisesti jokaiseen ilmansuuntaan, eli ns. kulmahuoneita ei ole. Jäähdytyslaskennassa oletetaan, että sisäseinien, alapohjan ja yläpohjan läpi ei ole lämmönsiirtoa. Tällä laskentatavalla ei voida tarkastella yötuuletuksen vaikutusta jäähdytystarpeen pienentämiseen. Yötuuletuksen vaikutuksen laskemisessa tulee huomioida rakennuksen massiivisuus, eli koko rakennus on mallinnettava.

Toimistotalon vuotuinen jäähdytysenergian tarve $E_{a,kok}$ (kWh/a) on

$$E_{a,kok} = N_h \cdot (e_{a,pohj,m2} + e_{a,itä,m2} + e_{a,etelä,m2} + e_{a,länsi,m2}),$$

jossa N_h on toimistohuoneiden lukumäärä yhteen ilmansuuntaan, ja $e_{a,pohj,m2}$, $e_{a,itä,m2}$, $e_{a,etelä,m2}$ sekä $e_{a,länsi,m2}$ ovat yhden toimistohuoneen vuotuisia jäähdytysenergiantarpeita kuhunkin ilmansuuntaan.

Oletetaan, että toimiston kokonaispinta-alasta 880 m^2 toimistohuoneiden osuus on $85,9 \%$ eli 798 m^2 . Tällöin toimistohuoneiden pinta-ala kuhunkin ilmansuuntaan on $798 \text{ m}^2 / 4$ eli $199,5 \text{ m}^2$, mikä vastaa 19 toimistohuonetta per ilmansuunta. Tarkasteltavassa rakennuksessa on siis yhteensä 76 toimistohuonetta. Toimistohuoneiden ikkunamitat ovat $1,6 \times 1,6 \text{ m}$. Markkiisin leveys on 3 m ja syvyys 1 m .

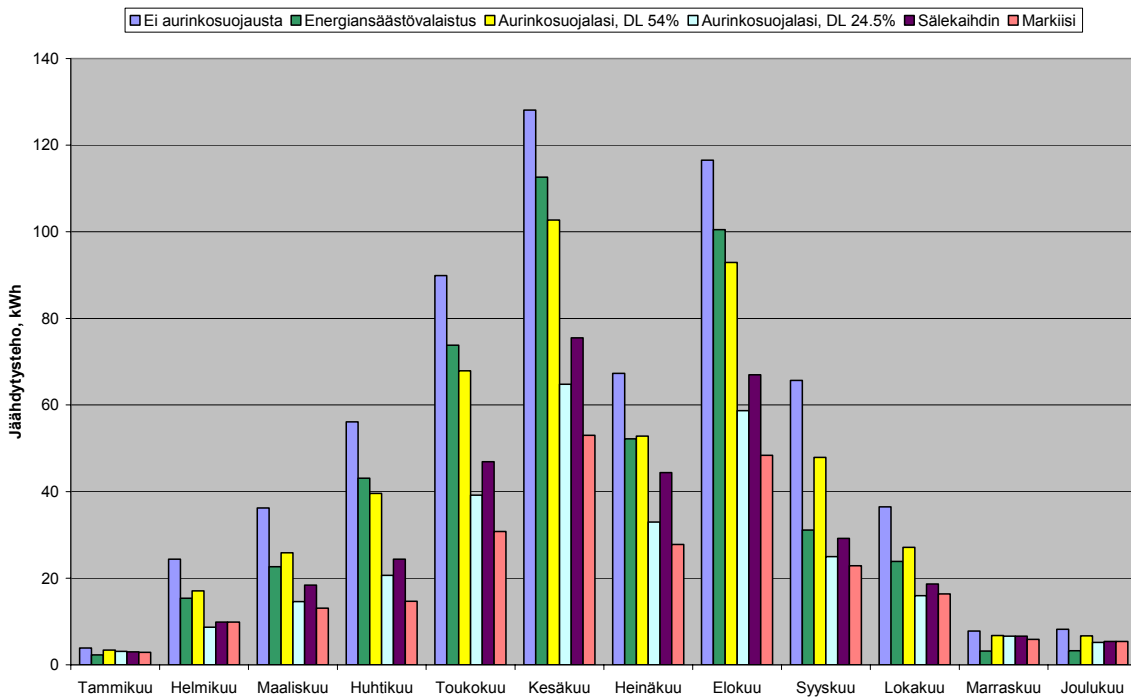
Toimistorakennuksen laskennassa säätiedostona käytettiin Helsinki-Vantaan testivuotta 1979. Rakennus sijaitsee kaupunkiympäristössä. Rakennuksen bruttoala on 916 brm^2 ja kerrosala 880 krm^2 . Rakennuksen ulkoseinärakenne on LVIS US2 (U-arvo $0,2452 \text{ W/m}^2\text{K}$). Alkuperäinen ikkuna on 3-lasinen kirkas ikkuna, jonka kokonaisläpäisykerroin (g-arvo) on $0,57$. Koko ikkunan U-arvo on $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ikkunakoko on $1,6 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$ ja pinta-ala

2,56 m². Auringonsuojalaseja on kaksi erilaista: toisen kokonaisläpäisykerroin (g-arvo) on 0,44 ja U-arvo 1,3 W/m²K, ja toisen g-arvo 0,21 ja U-arvo 1,1 W/m²K.

Toimistohuoneen pinta-ala on 10,5 m² (pituus 4,2 m ja leveys 2,5 m). Tuloilman lämpötila on 18 °C ja ilmavirta on 2,0 l/s,m². Ilmavirta puolitetaan arkisin klo 18–07 ja viikonloppuisin. Poistoilman lämmöntalteenoton hyötysuhde on 70 %. Sisäilman minimilämpötila on 21 °C ja maksimilämpötila 25 °C. Toimistohuoneessa on yksi työntekijä, jonka on paikalla arkisin klo 8–17. Aktiviteettitaso on 1,0 MET ja vaatetus 0,5 clo. Tietokoneen laitekuorma on 150 W arkisin klo 8–17. Alkuperäisen valaistuksen aiheuttama laitekuorma on 183,5 W. Energiaa säästävän valaistusratkaisun laitekuorma on 105 W.

Toimistohuonetta jäähdytetään 18 °C:n tuloilman lisäksi katossa sijaitsevilla jäähdytyspalkkeilla (pinta-ala 0,3 m²/kpl). Jäähdytyskoneen kylmäkerroin on 2.

Eri tapaukset simuloitiin alustavasti siten, että aurinkosuojaukset olivat käytössä vuoden ympäri. Kuvassa 9.8 on esitetty yhden eteläänpäin olevan toimistohuoneen kuukausittaiset jäähdytyskustannukset eri aurinkosuojauksilla. Koko rakennuksen vuotuiset jäähdytysenergiankulutukset eri aurinkosuojauksilla on esitetty taulukossa 9.11.



Kuva 9.7. Etelään sijaitsevan toimistohuoneen tarvitsema kuukausittainen jäähdytysteho (tuloilman jäähdytys + jäähdytyspalkki) eri aurinkosuojauksilla.

Taulukko 9.18. Vuotuiset jäähdytysenergiankulutukset eri aurinkosuojaustavoilla.

Aurinkosuojaus	Toimistorakennuksen vuotuinen jäähdytystehon tarve, kWh	Aurinkosuojauksen aikaansaama jäähdytystehontarpeen vähenemä	Säästö nyky- hinnalla, €/a
Ei aurinkosuojausta	31 520		
Energiansäästövalaistus	23 905	24 %	419
Auringonsuojalasi (kokonaisläpäisykerroin g 0.44)	24 891	21 %	365
Auringonsuojalasi (kokonaisläpäisykerroin g 0.21)	16 218	49 %	842
Sälekaihtimet	20 959	34 %	581
Markiisit	15 436	51 %	885

Kuva 9.7 ja taulukko 9.18 osoittavat, että tehokkain aurinkosuojaustapa on markiisit. Markiiseja ei mm. lumen vuoksi pidetä alhaalla ympäri vuoden, eikä niistä ole juuri hyötyä talvikuukausina.

Aurinkosuojaus kasvattaa rakennuksen lämmitysenergiakulutusta. Simulointien perusteella energiaa säästävää valaistusta nostaa vuotuista lämmitysenergiankulutusta 5 %, markiisit 3 %, sälekaihtimet ja aurinkosuojalasi (g 0,21) 2 %, ja aurinkosuojalasi (g 0,44) 1 %.

Seuraavaksi tarkasteltiin, miten toimistorakennuksen vuotuinen jäähdytystarve pienenee yhdistämällä sekä energiaa säästävää valaistusta että auringonsuojalasi, markiisi (huhtisyyskuussa) tai sälekaihtimet. Tulokset on esitetty taulukoissa 9.19 ja 9.20. Vuotuinen jäähdytystehon tarve väheni auringonsuojalaseilla 44 % (g = 0,44) ja 69 % (g = 0,21), sälekaihtimilla 56 % ja markiiseilla 71 %.

Taulukko 9.19. Vuotuiset jäähdytysenergiankulutukset energiaa säästävällä valaistusratkaisulla ja eri aurinkosuojaustavoilla.

Aurinkosuojaus	Toimistorakennuksen vuotuinen jäähdytystehon tarve, kWh	Toimistorakennuksen vuotuinen lämmitystehon tarve, kWh
Auringonsuojalasi (g 0.44)	17 723	15 579
Auringonsuojalasi (g 0.21)	9 872	15 740
Markiisit huhti–syyskuussa	10 297	15 579
Sälekaihtimet	13 738	15 676

Taulukko 9.20. Auringonsuojauksella ja energiaa säästävällä valaistusratkaisulla saavutettu jäähdytystehon vuotuinen vähenemä eri ilmansuuntiin olevissa toimistohuoneissa.

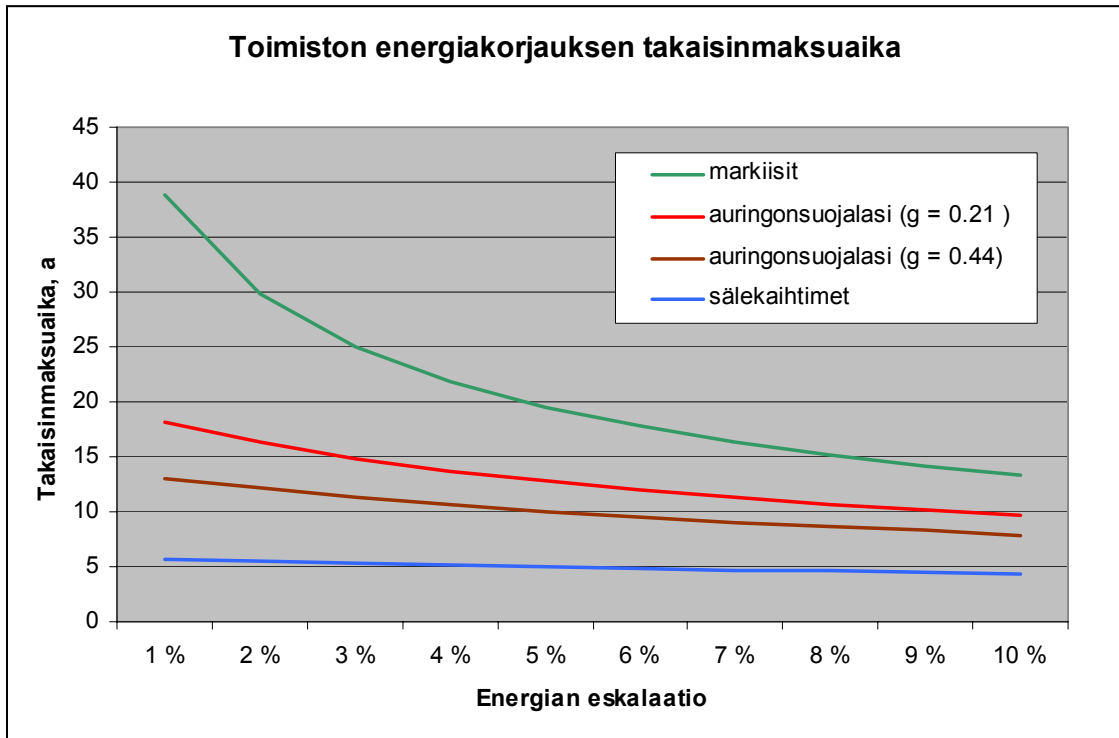
Aurinkosuojaus	Etelä	Länsi	Itä	Pohjoinen
Auringonsuojalasi (g 0.44)	44 %	43 %	43 %	47 %
Auringonsuojalasi (g 0.21)	72 %	70 %	68 %	60 %
Markiisit huhti–syyskuussa	70 %	69 %	67 %	57 %
Sälekaihtimet	65 %	58 %	55 %	35 %

Sähkön nykyhintana on investoinnin kannattavuustarkastelulaskelmissa käytetty 0,11 €/kWh, sähkön hinnan eskalaationa 1,5 % ja laskentakorkona 5 %. Sekä tuloilman jäähdytyksen että palkkijäähdytyksen kylmäkerroin on 2, eli yhdellä kWh:lla sähköä saa 2 kWh jäähdytystehoa.

Auringonsuojalasin (g = 0,44) hinnaksi oletettiin 1 000 €/kpl ja auringonsuojalasin (g = 0,21) hinnaksi 1 100 €/kpl. Tavallisten kolmilasisten ikkunoiden hinta on n. 900 €/kpl. Investointilaskelmissa käytettiin auringonsuojalasin hintana hintaeroa tavallisiin ikkunoihin nähden. Markiisi- ja sälekaihdinvalmistajilta saatujen hintojen perusteella automaattiset markiisit maksaisivat 300 €/ikkuna ja sälekaihtimet 64 €/ikkuna. Valaistusjärjestelmän muutoksen hinta ei ollut mukana laskelmissa.

Takaisinmaksuajat olisivat sähkön nykyhinnoilla auringonsuojalasille (g = 0,44) 12 vuotta, auringonsuojalasille (g = 0,21) 17 vuotta, markiiseille 34 vuotta ja sälekaihtimille 6 vuotta. Kolminkertaisella sähkön hinnalla takaisinmaksuajat olisivat auringonsuojalasille (g = 0,44) 4 vuotta, auringonsuojalasille (g = 0,21) 5 vuotta, markiiseille 7 vuotta ja sälekaihtimille 2 vuotta.

Takaisinmaksuajan lyhenemistä energian hinnan noustessa tarkasteltiin laskemalla energiakorjausinvestointien takaisinmaksuajat eskalaatioilla 1–10 %. Kuva 9.8 näyttää, miten eri jäähdytysenergian pienentämisvaihtoehtojen takaisinmaksuajat vähenevät energian hinnan nousun funktiona.



Kuva 9.8. Toimistorakennuksen aurinkosuojausvaihtoehtojen takaisinmaksuajat energian hinnan noustessa.

Päätelmät

Nykyisillä energianhinnoilla energiakorjaustoimenpiteiden takaisinmaksuajat ovat liian pitkiä, jotta rakennusta korjattaisiin vain sen energiankulutuksen pienentämiseksi. Sen sijaan rakennuksen muun korjauksen yhteydessä energiakorjaustoimenpiteillä on mahdollista vähentää selvästi lämmitys- tai jäähdytysenergian tarvetta. Energiakorjauskohdeiden talotekniikkajärjestelmien suunnittelussa olisi pyrittävä minimoimaan korjatun rakennuksen hiilidioksidipäästöjä ja mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään uusiutuvia energianlähteitä.

Energian hinnan noustessa pelkästään rakennuksen energiankulutuksen pienentämiseksi tehtävät korjaustoimenpiteet saattavat muodostua kannattaviksi investoinneiksi. Korjausrakentamismarkkinoille tulisikin kehittää uusia palvelutuotteita energiakorjausten laajamittaisen kysynnän kasvattamiseksi. Tuotteiden ja konseptien kehityksessä tulisi ottaa huomioon soveltuvuus useampaan rakennustyyppiin.

Perusparannuksen yhteydessä rakennukselle laaditaan aina kokonaisenergiantarvelaskelma, joka sisältää sekä lämmöntarpeen tavoitekulutuksen että sähköntarpeen tavoitekulutuksen arvioinnin. Suomessa ei tällä hetkellä ole yleistä ohjetta kummankaan laskelman tekemiseksi. Arvioiden tekemisessä käytetään useita erilaisia menettelytapoja. *Suositus: VTT kehittää sovellettavat laskentamallit asuinrakennuksen (pientalo ja kerrostalo), koulurakennuksen ja päiväkodin, toimistorakennuksen sekä uimahallin lämmön ja sähköntarpeen arviointiin.*

EU:n energiatehokkuusdirektiivi astui Suomessa voimaan 1.1.2006. Toistaiseksi direktiivin soveltamisohjeita ei ole rakennustyyppikohtaisesti kuitenkaan julkaistu. *Suositus: VTT laatii energiatodistuksen asuinrakennuksen (pientalo ja kerrostalo), koulurakennuksen ja päiväkodin, toimistorakennuksen sekä uimahallin lämmön ja sähköntarpeen arviointiin ja tekee ehdotuksen siitä, miten energiatehokkuustodistuksia sovelletaan korjausrakentamisessa.*

Energiataloudellisessa perusparantamisessa tehdään investointipäätöksiä, joilla on pitkävaikutteisia seurauksia. Päätöksenteossa on suositeltavaa soveltaa investointilaskennan yleisiä perusteita ja tehdä vaihtoehdoille myös riittävästi herkkyystarkasteluja. Investointilaskennan ymmärtämiseksi pitää teoreettisen laskelman tulokset pystyä esittämään ymmärrettävässä muodossa ja sellaisilla malleilla, joilla on tulosta mahdollisuus simuloida. Tällä hetkellä ei tällaisia malleja ole käytettävissä. *Suositus: VTT laatii elinkaari-analyysin yleiset periaatteet, joita sovelletaan rakennusten energiataloudellisen perusparantamisen yhteydessä tehtävissä elinkaarilaskelmissa.*

Lähdeluettelo

1. Kansallisen päästöoikeuksien jakosuunnitelmaesityksen laadinnassa käytetyt skenaariot. Luonnos 29.9.2006. Suomen esitys päästöoikeuksien kansalliseksi jakosuunnitelmaksi vuosille 2008–2012, liite 1.
http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/nap_finland_1.pdf.
2. With Measures -scenario, Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisu 4/2006.
3. Koljonen, T., Kekkonen, V., Lehtilä, A., Hongisto, M. & Savolainen, I. Päästökaupan merkitys energiasektorille ja terästeollisuudelle Suomessa. VTT Tiedotteita 2259. Espoo 2004. 86 s. + liitt. 3 s.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2259.pdf>.
4. Hemmilä, K. & Saarni, R. Ikkunaremontti. Rakennustieto Oy. Helsinki (2002), 115 s.
5. Lämmöneristys. Määräykset 1985. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C3. Ympäristöministeriö. 1983. 3 s.
6. Lämmöneristys. Määräykset 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C3. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen lämmöneristyksestä. 2002. 7 s.
7. Mäkiö, E. Kerrostalot 1960–1975. Rakennustieto. 1994. 288 s.
8. Rakennekirja. Saint-Gobain Isover Oy. 15.9.2000. 74 s.
9. Mökin kunnostus. Neuvoja puutalon remontoijille. Puuinfo. 14 s.
10. Suomen Kaukolämpö ry. Käytä kaukolämpöä oikein. Esite.
11. Suomen Kaukolämpö ry. Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2003.
12. KH 22-00334 ohjetiedosto lokakuu 2003. Asuntoyhtiön kaukolämpölaitteiden uusiminen.
13. Aittomäki, A., Kianta, J., Haapalainen, H. & Simppala, M. Pientalolämpöpumppujen toiminta käyttökohteissa. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere 1999.
14. www.oil.fi.

15. Ilmanvaihtokonehuoneen energiataloudellisen perusparannuksen opas. Motivan julkaisu 1/1995.
16. Säteri, J., Kovanen, K. & Pallari, M.-L. Kerrostalojen sisäilmaston ja energiatalouden parantaminen. VTT Tiedotteita 1945. Espoo 1999. 82 s. + liitt. 2 s.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1945.pdf>.
17. Koskela, L. & Väisänen, M. Tietoja rakennuskannan ominaisuuksista vuonna 1980. Espoo 1984. VTT, rakennustalouden laboratorio (julkaisematon).
18. MIV-projektin julkaisu Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut. Osa 1: Toimintaohje.
19. Ilmanvaihtokonehuoneen energiataloudellisen perusparannuksen opas. Motivan julkaisu 1/1995.
20. Pallari, M.-L., Heikkinen, J., Gabrielsson, J., Matilainen, V. & Reisbacka, A. Kerrostalojen ilmanvaihdon korjausratkaisut. VTT Tiedotteita 1654. Espoo 1995. 107 s. + liitt. 6 s.
21. Tetri, E. 2005. RET : Rakennusten energiatehokkuuden laskenta ja energiatehokkuusindikaattorit. WG4 Sähköjärjestelmät: Perustelumuuisto. (28.2.2005.) Teknillinen korkeakoulu: Valaistuslaboratorio. (Pdf-muotoinen raportti, URL = <http://www.motiva.fi/>, luettu 2006-11-30.)
22. Korhonen, A., Pihala, H., Ranne, A., Ahponen, V. & Sillanpää, L. Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön käytön tehostaminen. Työtehoseuran julkaisuja 384. Helsinki 2002.
23. TalotekniikkaRYL 2002, osa 2, kohta H5115 ”Korjausrakentaminen”.
24. TalotekniikkaRYL 2002, osa 2, kohta H5416 ”Valaisimien soveltuvuuden toteaminen”.
25. Shemeikka, J., Kosonen, R., Hoving, P., Laitila, P., Pihala H. & Laine, T. Rakennuksen sähköenergiankulutuksen tavoitearvot. VTT Tiedotteita 1756. Espoo 1996. 123 s. + liitt. 9 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1996/T1756.pdf>.
26. Suomalaisten ikkunoiden kestävyys. Hemmilä, K. & Heimonen, I. VTT Tiedotteita – Research Notes 2285. 2005. VTT, Espoo. 59 s.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2285.pdf>.

27. MIV-projektin julkaisu Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut. Osa 2: Suunnittelu- ja toteutusohjeet.
28. Valtion asuntorahasto www.ara.fi, Korjausavustukset: ”Energia-avustushakemus, omakotitalo tai asuinrakennus, jossa on enintään kaksi asuinhuoneistoa (lämmitysjärjestelmän uusiminen)” lomake ARA 36d/06.
29. Valtion asuntorahasto www.ara.fi, Korjausavustukset: ”Energia-avustushakemus, asunto-osakeyhtiö tai kiinteistöyhtiö” lomake ARA 36b/06.
30. Laitinen, A., Shemeikka, J. & Klobut, K. RET-pientalon määrittely. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka 2005.
31. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksessa käytettävän energiatehokkuusluvun määrittämisestä, energiatehokkuusasteikoista, energiatodistuksen kaavasta, rakennukselle tehtävän tarkastuksen sisällöstä ja todistuksen antajan pätevydestä. Luonnos 7.4.2006.
32. Motiva:
<http://www.motiva.fi/fi/kuluttajat/pientalonlammitysjarjestelmat/tukilammitysjarjestelmattueksijaturvaksi/ilmalampopumput.html>.
33. Motiva:
<http://www.motiva.fi/fi/kirjasto/uusiutuvatenergialahteetsuomessa/maalampo/oikeaasennusjamitoitus.html>.
34. Lomake YM 33a/05 Omakotitalon perusparantaminen. Toimenpide- ja kustannusluettelo <http://www.ara.fi/download.asp?contentid=19564&lan=fi>.
35. http://www.oil.fi/files/620_kuluvertailutaul_C1_1.pdf.
36. <http://www.equa.se/eng.ice.html>.

Liite A: Suomen rakennuskanta

Taulukko A1. Erityyppisissä rakennuksissa olevien asuntojen lukumäärä ja pinta-alajakauma vuoden 2004 lopussa (Lähde: Tilastokeskus).

Pinta-alaluokat (m²)	Yhteensä asuntoja (lkm)	Erilliset pientalot	Rivi- ja ketjutilat	Asuin- ker- rostalot	Muu tai tuntematon
Asuntoja yhteensä	2 634 728	1 052 161	358 432	1 162 005	62 130
-29	119 175	13 770	10 547	85 473	9 385
30-49	510 646	62 586	66 016	363 396	18 648
50-69	647 630	114 513	102 473	417 232	13 412
70-89	506 687	168 683	106 818	223 591	7 595
90-139	643 857	511 872	65 022	61 148	5 815
140 +	180 147	166 573	5 772	5 496	2 306
Tuntematon	26 586	14 164	1 784	5 669	4 969

Taulukko A2. Rakennuskanta vuonna 2000, kerrosala 1000 m² (Lähde: Tilastokeskus)

	Valmistumisvuosi								Yhteensä
	-1919	1920-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000+	
Rakennukset yhteensä	27 710	57 584	46 289	59 147	97 912	106 607	78 396	7 787	490 000
A Asuinrakennukset	7 885	29 641	25 546	31 379	52 436	52 071	35 909	3 564	238 432
01 Erilliset pientalot	4 914	22 340	17 566	13 914	21 771	28 781	19 584	1 879	130 749
02 Rivi- ja ketjutilat	456	517	430	1 836	7 392	11 322	5 616	508	28 078
03 Asuinkerrostalot	2 515	6 784	7 550	15 629	23 273	11 967	10 709	1 177	79 604
B Vapaa-ajan asuinrakennukset	3 787	4 000	1 382	1 727	2 764	2 936	3 539	294	20 428
C Liikerakennukset	1 208	2 158	1 829	3 048	5 560	6 627	3 785	456	24 671
D Toimistorakennukset	1 915	2 324	1 663	2 246	3 383	4 200	2 414	303	18 447
E Liikenteen rakennukset	445	775	887	1 375	2 132	3 387	2 724	322	12 046
F Hoitoalan rakennukset	582	1 312	1 244	1 412	1 930	2 048	1 611	78	10 218
G Kokoontumisrakennukset	1 008	1 444	744	838	1 307	2 070	1 461	155	9 027
H Opetusrakennukset	1 207	2 247	3 503	3 418	2 968	2 266	1 864	191	17 665
J Teollisuusrakennukset	2 857	5 233	3 924	6 756	11 742	12 173	7 799	668	51 151
K Varistorakennukset	545	1 268	1 133	2 350	4 786	4 582	3 866	387	18 917
L Palo- ja pelastustoimen rakennukset	72	112	90	88	82	150	194	37	824
M Maatalousrakennukset	4 201	5 819	3 222	3 260	6 570	11 360	8 211	858	43 499
N Muut rakennukset	2 000	1 250	1 125	1 250	2 250	2 737	5 019	474	16 106



Julkaisun sarja, numero ja
raporttikoodi

VTT Tiedotteita 2377
VTT-TIED-2377

Tekijä(t) Holopainen, Riikka, Hekkanen, Martti, Hemmilä, Kari & Norvasuo, Markku		
Nimeke Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit		
Tiivistelmä VTT:n Energiakorjausten teknologiat- hankkeessa (1.6.–31.12.2006) tarkasteltiin rakennusten energiakorjaustoimenpiteiden kannattavuutta. Hankkeessa kartoitettiin rakennuksen energiankulutusta pienentäviä korjausmenetelmiä osa-alueina rakenteelliset parannukset (lisäeristys ja ilmantiiveyden parantaminen), lämmöntuottojärjestelmät, ilmanvaihtojärjestelmät, valaistus, sähkölaitteet, aurinkosuojaus ja jäähdytys. Energiakorjausmenetelmien vaikutuksia rakennuksen lämmitys- tai jäähdytysenergiankulutuksen pienentämiseen tutkittiin laskennallisesti esimerkkirakennuksina 1960-luvulla rakennetut sähkö- tai öljylämmitetty pientalo, 1950-, 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalot, sekä 1980-luvun toimistorakennus. Esimerkkirakennusten energiankulutus laskettiin ennen energiakorjauksia ja niiden jälkeen. Nykyisillä energianhinnoilla energiakorjaustoimenpiteiden takaisinmaksuajat ovat liian pitkiä, jotta rakennusta korjattaisiin vain sen energiankulutuksen pienentämiseksi. Sen sijaan rakennuksen muun korjauksen yhteydessä energiakorjaustoimenpiteillä on mahdollista vähentää selvästi lämmitys- tai jäähdytysenergian tarvetta. Energiakorjauskohteiden talotekniikkajärjestelmien suunnittelussa olisi pyrittävä minimoimaan korjatun rakennuksen hiilidioksidipäästöjä ja mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään uusiutuvia energianlähteitä.		
ISBN 978-951-38-6908-3 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinnumero 12463
Julkaisuaika Huhtikuu 2007	Kieli suomi, engl. tiiv.	Sivuja 104 s. + liitt. 2 s.
Projektin nimi Energiakorjausten teknologiat		Toimeksiantaja(t) VTT
Avainsanat buildings, renovation, energy conservation, energy consumption, thermal insulation, heating systems, air conditioning, lighting, electric appliances, cooling systems		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374



Series title, number and
report code of publication

VTT Research Notes 2377
VTT-TIED-2377

Author(s) Holopainen, Riikka, Hekkanen, Martti, Hemmilä, Kari & Norvasuo, Markku		
Title Energy renovation technologies and saving potentials of Finnish buildings		
Abstract VTT's Energy renovation technologies-project studied the profitability of energy renovation measures for buildings. Different energy renovation technologies for structural improvements (retrofit insulation, air tightening), heat supply systems, ventilation systems, lighting, electrical appliances, solar shading and cooling, were evaluated. The effects of different energy renovation measures to reduce heating or cooling energy were simulated. The calculations were made for two single-family houses, three apartment houses and one office building. The energy consumption of the example buildings was simulated before and after the renovation.		
ISBN 978-951-38-6908-3 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number
Date April 2007	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 104 p. + app. 2 p.
Name of project Energy Renovation Technologies		Commissioned by VTT
Keywords buildings, renovation, energy conservation, energy consumption, thermal insulation, heating systems, air conditioning, lighting, electric appliances, cooling systems		Publisher VTT P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374

VTT:n Energiakorjausten teknologiat -hankkeessa kartoitettiin rakennuksen energiankulutusta pienentäviä korjausmenetelmiä osa-alueina rakenteelliset parannukset (lisäeristys ja ilmantiiveyden parantaminen), lämmöntuottojärjestelmät, ilmanvaihtojärjestelmät, valaistus, sähkölaitteet, aurinkosuojaus ja jäähdytys.

Energiakorjausmenetelmien vaikutuksia rakennuksen lämmitys- tai jäähdytysenergiankulutuksen pienentämiseen tutkittiin laskennallisesti esimerkkirakennuksina 1960-luvulla rakennetut sähkö- tai öljylämmitetty pientalo, 1950-, 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostalot sekä 1980-luvun toimistorakennus. Esimerkkirakennusten energiankulutus laskettiin ennen energiakorjauksia ja niiden jälkeen.

VTT
PL 1000
02044 VTT
Puh. 020 722 4404
Faksi 020 722 4374

VTT
PB 1000
02044 VTT
Tel. 020 722 4404
Fax 020 722 4374

VTT
P.O. Box 1000
FI-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 20 722 4404
Fax + 358 20 722 4374
