

ESPI-matalaenergiapientalot

Juhani Laine & Mikko Saari

VTT Rakennustekniikka



ISBN 951-38-5332-2 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5333-0 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1998

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, telekopio 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, telefax 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, telefax + 358 9 456 4374

VTT Rakennustekniikka, Rakennusfysiikka, talo- ja palotekniikka, Lämpömiehenkuja 3, PL 1804, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 455 2408, (09) 456 4709

VTT Byggnadsteknik, Byggnadsfysik, hus- och brandteknik, Värmemansgränden 3, PB 1804, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 455 2408, (09) 456 4709

VTT Building Technology, Building Physics, Building Services and Fire Technology,
Lämpömiehenkuja 3, P.O.Box 1804, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 455 2408, 358 9 456 4709

Toimitus Maini Manninen

Libella Painopalvelu Oy, Espoo 1998

Laine, Juhani & Saari, Mikko. ESPI-matalaenergiapientalot [ESPI low-energy single-family houses]. Espoo 1998, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1924. 76 s. + liitt. 44 s.

Avainsanat small houses, low-energy buildings, energy saving, indoor air, air quality, HVAC, heating, ventilation, air conditioning

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa toteutettiin kaksi kokonaiskustannuksiltaan kilpailukykyistä ESPI-matalaenergiapientaloa, joissa oli hyvä sisäilmasto ja pieni energiankulutus. Toinen taloista oli öljylämmitteinen ja toinen sähkölämmitteinen. Lähtökohtana olivat yksinkertaiset, jokaiselle rakentajalle soveltuvat matalaenergiaperusratkaisut, jotka jo aikaisemmista koerakentamishankkeista tiedettiin toimiviksi.

Mitattu tilojen lämmitysenergiankulutus oli molemmissa taloissa noin 60 kWh/m² vuodessa eli puolet tavanomaisen uudispientalon kulutuksesta. Puulämmitystä tästä oli öljylämmitystalossa 27 % ja sähkölämmitystalossa ensimmäisenä vuotena peräti 44 % ja toisena 31 %. Kokonaisenergiankulutus oli öljylämmitystalossa 159 kWh/m² ja sähkölämmitystalossa 127 kWh/m². Öljylämmitystalossa kokonaisenergiankulutusta lisäsi etenkin taloteknisten järjestelmien suuri sähkönkulutus, mutta myös lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt. Vedenkulutus oli molemmissa taloissa normaalia, 100 - 120 dm³ henkeä kohti vuorokaudessa.

Kokonaisenergiakustannukset olivat öljylämmitystalossa 5 700 mk ja sähkölämmitystalossa 4 900 mk vuodessa. Öljylämmitystaloon suuremmat kustannukset johtuivat suuremmasta taloteknisten järjestelmien sähkönkulutuksesta ja kalliimmasta sähköstä sekä hieman vähäisemmästä puunpoltosta.

Mittausten mukaan ESPI-talojen sisäilma oli puhdasta ja asukkaat olivat tyytyväisiä. Mittauksissa havaittiin, että hallittu ja riittävän tehokas ilmanvaihto on tärkein tekijä hyvään sisäilman laatuun pyrittäessä. Öljylämmitystalossa sisälämpötilat olivat talvella keskimäärin 23,3 °C. Sähkölämmitystalossa keskimääräinen sisälämpötila oli 21,5 °C. Syynä eroihin olivat paitsi asukkaiden mieltymykset myös öljyn ja sähkön hintaero. Sähkölämmitystalossa asukas myös hyödynsi tehokkaasti keskitetyn lämmönsäätöautomaatiikan suomat mahdollisuudet lämmityksen optimoinnissa.

Tutkitut lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät toimivat hyvin. Tutkimuksessa havaittiin, että matalaenergiatalossa viihtyisät lämpöolosuhteet saadaan aikaan yksinkertaisillakin lämmönjakotavoilla kuten ilmanvaihtolämmityksellä. Tämä mahdollistaa lämmönjakojärjestelmän yksinkertaistamisen ja sitä kautta kustannusten alentamisen.

Tutkimuksen ohessa kehitettiin ja tuoteistettiin uusi matalaenergiatalopaketti sekä ilmanvaihtokoneen päälle asennettava äänenvaimennusmoduuli ja uuteen teknologiaan perustuva lämmittävä tuloilmalaite.

Laine, Juhani & Saari, Mikko. ESPI-matalaenergiapientalot [ESPI low-energy single-family houses]. Espoo 1998, Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1924. 76 p. + app. 44 p.

Keywords small houses, low-energy buildings, energy saving, indoor air, air quality, HVAC, heating, ventilation, air conditioning

ABSTRACT

Two ESPI low-energy single-family houses with competitive overall costs were set up during the study. The indoor air quality in these houses was good and they had a low energy consumption. One of the houses was oil heated and the other was electrically heated. The fundamental concept behind the study was to adopt basic low-energy solutions that are simple, suitable for all residential builders.

Measurements indicated that about 60 kWh/m² per year was spent on heating the spaces in both houses, or half of what is consumed in a new conventional single-family house. Wood heating accounted for 27% of heating in the oil-heated house, and for as much as 44% during the first year in the electrically-heated house, while this figure was 31% during the second year. The total consumption of energy was 159 kWh/m² in the oil-heated house and 127 kWh/m² in the electrically-heated house. The total energy consumption in the oil-heated house was increased especially by the large electricity consumption demands of the building services, but also by heat loss in the heating system. The consumption of water, 100 - 120 dm³ per person per day, was normal in both houses. The total energy costs were FIM 5 700 per year in the oil-heated house and FIM 4 900 per year in the electrically-heated house. The higher costs in the oil-heated house resulted from the larger consumption of energy by the building services, more expensive electricity and a slightly lower level of wood burning.

Measurements indicated that the indoor air in the ESPI houses was pure, and the residents were satisfied. The measurements indicated that controlled and sufficiently efficient ventilation is an important factor when attempting to ensure good indoor air quality. The average indoor temperature was 23.3 °C in the oil-heated house during the winter, while this figure was 21.5 °C in the electrically-heated house. This difference arose not only as a result of the residents' preferences but also because of the differences in the prices of oil and electricity. In the electrically-heated house, the resident also made full use of the possibilities of the centralized heat control automation to optimize heating. The heating and ventilation systems that were studied worked well. In the study, it was noted that pleasant thermal conditions in low-energy houses can even be brought about through simple means of heat distribution, such as ventilation heating. This makes it possible to simplify the heat distribution system and thus to reduce costs. In parallel with the project, a new low-energy house package was developed and turned into a product, as were a silencer module for installation above the ventilation and heat recovery unit and a supply air terminal device with small heating coil based on new technology.

ALKUSANAT

Espoon energiansäästöpienalojen (ESPI) koerakentamishankkeen tavoitteena oli tuoteistetun, kokonaiskustannuksiltaan edullisen, hyvän sisäilmaston, vähäisen energiankulutuksen ja ympäristöystävällisen asuinpienalon ratkaisumallien toteuttaminen käytännössä. Kaksivuotisella seurantatutkimuksella selvitettiin, mitä saatiin aikaan. Tutkimus kuului osana Teknologian kehittämiskeskuksen (TEKES) rahoittamaan Rakennusten energiankäytön tutkimusohjelmaan (RAKET). Tutkimuksen rahoittivat TEKES, Imatran Voima Oy, Öljyalan palvelukeskus Oy ja VTT Rakennustekniikka.

Tutkimuksen johtoryhmään kuuluivat Heikki Kotila, TEKES, Teijo Perilä, Imatran Voima Oy, Eero Kourula, Öljyalan palvelukeskus Oy, Rauno Romppainen, Suomen taloteollisuus Oy, Osmo Nojonen, Finntech Oy, Ilkka Romo, IR-Kehitys, Ilpo Kouhia, VTT Rakennustekniikka ja Juhani Laine, VTT Rakennustekniikka.

Tutkimuksen projektipäällikkö oli ryhmäpäällikkö Juhani Laine. Seurantamittauksista, tulosten analysoinnista ja raportoinnista vastasi tutkija Mikko Saari. Simulointilaskelmat teki tutkija Ismo Heimonen. Tutkimuslaitteiden rakentamisessa, asennuksissa ja kenttämittauksissa olivat mukana työtekniikot Antti Mäkelä ja Jarmo Laamanen sekä tutkimusinsinööri Petri Hakulinen VTT Rakennustekniikasta. Sisäilmastomittauksissa oli mukana myös erikoistutkija Marianna Luoma. Kemiallisia ja mikrobiologisia sisäilmastomittauksia toteutettiin alihankintana VTT Kemianteeniikasta ja Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy:stä. Radioaktiivisten aineiden analyysit teki Säteilysurvakeskus.

VTT Rakennustekniikka toimi rakenne- ja LVIS-suunnitelun asiantuntijana. Talojen arkkitehtuurin suunnitteli Arkkitehtitoimisto Tapio Hänninen Ky ja rakenteet TL-Talo Oy. LVIS-suunnitelmat teki Redoman Oy. Rakentamisen koordinoinnista ja työmaavalvonnasta vastasi Finntech Oy.

Energiansäästöalopaketin toimitti Suomen taloteollisuus Oy (Vaajatalot). Rakennusurakoitsija oli Rakennus-Marttinen Oy. Putkiurakoitsija oli LVI-Alaraappana Oy. Ilmanvaihtourakoitsija oli Ilmastamo Oy ja sähköurakoitsija oli Sasaki Oy. Ilmanvaihtokoneet toimitti Vallox Oy, ilmanvaihdon päätelaitteet RC-Linja Oy, varaavat takat Tulikivi Oy, öljykattilan Jäspi & Mäkinen Oy, vesikiertoisen lattialämmityksen Pexep Oy, sähkölämmityksen säätöjärjestelmän Muurlan Elektroniikka Oy, ikkunat Fenestra Oy, ovet Avec Oy ja tiivisteet Horda Profil Oy.

Tutkimuksen loppuraportin ovat laatineet Juhani Laine ja Mikko Saari.

Kiitämme kaikkia talojen toteutukseen ja tutkimukseen osallistuneita.

Tekijät

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
ALKUSANAT	5
1 JOHDANTO	9
2 SEURANTATUTKIMUKSEN TOTEUTUS	10
3 RAKENNUSTEN KUVAUS.....	11
3.1 MATALAENERGIARATKAISUT.....	12
3.2 RAKENTEET	12
3.3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT.....	13
3.4 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT	14
3.5 VESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT.....	18
3.6 SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	18
3.7 SÄÄTÖ- JA OHJAUSJÄRJESTELMÄT.....	19
4 KÄYTTÖÖNOTTOKOKEET	20
4.1 RAKENNETEKNIikka.....	20
4.1.1 Talojen ulkovaipan ilmanpitävyys.....	20
4.1.2 Talojen ulkovaipan lämpövuodot.....	20
4.2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT.....	20
4.2.1 Öljylämmitysjärjestelmän perussäädöt.....	20
4.2.2 Sähkölämmitysjärjestelmän perussäädöt.....	21
4.3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ.....	22
4.3.1 Ilmakanavistojen tiiviys.....	22
4.3.2 Ilmanvaihdon ilmavirrat	23
4.3.3 Ilmanvaihdon äänitasot.....	25
5 JÄRJESTELMIEN TOIMINTA	26
5.1 LÄMMITYKSEN TOIMINTA.....	27
5.1.1 Vesikiertoinen lattialämmitys.....	27

5.1.2	Varaava yösähkölattia­lämmitys.....	29
5.1.3	Vesikiertoinen ilmanvaihtolämmitys.....	32
5.1.4	Huonekohtainen ilmanvaihtolämmitys.....	33
5.1.5	Takkalämmitys	35
5.1.6	Käyttöveden lämmitys.....	38
5.2	ILMANVAIHDON TOIMINTA.....	41
5.2.1	Ilmavirtojen hallinta	41
5.2.2	Ilmanvaihtokoneen lämpötilat.....	42
5.2.3	Lämmöntalteenoton toiminta	44
6	ENERGIAN- JA VEDENKULUTUS.....	48
6.1	LÄMMITYSENERGIANKULUTUS.....	53
6.2	TALOUSSÄHKÖNKULUTUS.....	55
6.3	ENERGIATASE	56
6.4	VEDENKULUTUS.....	61
6.5	ENERGIA- JA VESIKUSTANNUKSET.....	63
7	SISÄILMASTO.....	65
7.1	SISÄILMAN PUHTAUS.....	65
7.2	LÄMPÖOLOSUHTEET	66
7.3	ILMANVAIHTO.....	70
7.4	SISÄILMAN HIUKKASJAKAUMA.....	71
8	YHTEENVETO	72
	LÄHDELUETTELO.....	74
	TUTKIMUKSESTA TIEDOTTAMINEN.....	75
	ESPI-TALOIHIN LIITTYVÄT VIDEOT.....	75
	TUTKIMUKSEN JULKAISUT.....	76
	LIITTEET	
	1 Mittauspisteet	
	2 Rakennus- ja rakennekuvia	
	3 Ennakoitu energiankulutus	
	4 Mitattu energian- ja vedenkulutus	
	5 Tulosten yhteenveto	

1 JOHDANTO

Lämmitys- ja jäähdytysenergiaa säästävät rakennukset ovat keskeinen tavoite maamme energiatalouden ja ympäristönsuojelun sekä suomalaisten rakennus- ja LVIS-alan yritysten kansainvälisen kilpailukyvyn kannalta. Asuinpientalon tulee olla käytössä sisäilmastoltaan turvallinen ja viihtyisä, tuotannossa taloudellinen ja nopea rakentaa sekä energiankulutukseltaan edullinen.

Suomessa eri tutkimusprojekteissa (ETRR, RATA, LVIS-2000, EBES, TAT ja RAKET) ja näihin läheisesti liittyneissä yritysten tuotekehityshankkeissa on kehitetty uusia rakenne- ja LVIS-tekniisiä prototyyppiratkaisuja /1/. Näitä soveltamalla on mahdollisuus rakentaa erilaisia matalaenergiataloja, joiden avulla tutkitaan osaratkaisujen toimivuus rakentamisessa ja käytössä.

Espoon energiansäästöpienitalojen (ESPI) koerakentamishankkeen tavoitteena oli tuotteistetun, kokonaiskustannuksiltaan edullisen, hyvän sisäilmaston /2/, vähäisen energiankulutuksen ja ympäristöystävällisen asuinpientalon ratkaisumallien toteuttaminen käytännössä. Lähtökohtana olivat yksinkertaiset perusratkaisut, jotka toteutettiin olemassa olevilla tekniikoilla soveltaen niitä matalaenergiarakentamiseen.

ESPI-talon energiankulutustavoitteeksi asetettiin ostettavan lämmitysenergian kulutukseksi 40 kWh/m^2 eli yli 60 % pienempi kuin nykyisen vertailupientalon kulutus /3/ (lämmitysenergia ilman käyttöveden lämmitystä).

Koerakentamishanke ja seurantatutkimus toteutettiin yhteistyössä VTT Rakennustekniikan, Suomen taloteollisuus Oy:n (Vaajatalot), Finntech Oy:n, Imatran Voima Oy:n, Öljyalan palvelukeskus Oy:n, suunnittelijoiden ja laitetoimittajien kanssa. Tutkimus käynnistyi keväällä 1994 ja käsitti alkuvaiheessa kahden Espoon Henttaalle rakennettavan vierekkäisen matalaenergiapienitalon suunnittelun ja rakentamisen sekä lopuksi käytön aikaisen tutkimuksen kahden lämmityskauden ajalta vuosina 1995 - 1997.

Suunnitteluvaiheessa varmistettiin, että suunnittelu- ja tavoitearvot ovat asianmukaisia. Työkaluna käytettiin rakenne- ja laiteteknistä toimintaa kuvaavaa simulointimallia ja energiankulutuslaskelmia. Lisäksi annettiin ohjeita ja palautetta LVISA-suunnittelijoille ja urakoitsijoille. Rakennusvaiheessa opastettiin ja valvottiin urakoihin sisältyviä asennustöitä.

Taloista tehtiin energiankulutus- ja energiansäästölaskelmat tutkimusta ja talojen markkinointia varten (liite 3).

Talot valmistuivat ja asukkaat muuttivat taloihin helmikuussa vuonna 1995. Seurantatutkimus alkoi saman vuoden huhtikuussa. Alussa selvitettiin rakennusten teknisten järjestelmien alustava toiminta ja tehtiin tarvittavat perus- ja hienosäädöt. Rakennuksen energiankulutus, energiatase, järjestelmien toiminta ja sisäilmasto-olosuhteet selvitettiin kaksi vuotta kestäneessä tutkimuksessa (1995 - 1997).

2 SEURANTATUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkimus käsitti kahden Espoon Henttaalle rakennettavan vierekkäisen matalaenergiapientalon (kuvat 1 ja 2) seurannan kahden vuoden ajalta vuosina 1995 - 1997. Tutkimuksen tavoitteena oli varmistaa, että rakennetut talot sekä niiden rakennetekniset ja laitetekniset järjestelmät toimivat suunnitelmien mukaisesti ja että talojen sisäilmaston laatu on hyvä. Tavoitteena oli selvittää seurantamittauksilla talojen energiankulutukset, energiataseet, järjestelmien toiminta eri olosuhteissa ja sisäilmasto-olosuhteet sekä asukkaiden mielipiteet kahden vuoden ajalta.

Lopputuloksena pyrittiin saamaan tietoa siitä, mitkä rakennus- ja laitetekniset ratkaisut ovat sellaisenaan käyttökelpoisia ratkaisuja laajamittaisemmassa matalaenergiarakentamisessa jo nyt, mitkä vaativat jatkokehittämistä ja -tutkimusta ja mitkä on syytä unohtaa. Tavoitteena on, että seuraavissa matalaenergiarakennuksissa voidaan käytännössä hyödyntää tämän tutkimuksen kokemuksia ja tuloksia.

Ennen seurantaa rakennukset mallinnettiin tietokonelaskelmia varten. Simulointilaskelmilla voitiin verrata eri ratkaisujen vaikutusta sisäolosuhteisiin, järjestelmien toimintaan ja energiankulutukseen jo suunnitteluvaiheessa. Laskennallisia kulutuksia verrattiin seurannassa mitattuihin.

Seuranta toteutettiin jatkuvatoimisella mittaus- ja tiedonkeruulaitteistolla sekä kertamittauksilla. Jatkuvassa mittauksessa olivat lämmitys- ja sähköenergiat, vesivirrat, ilmanvaihtokoneen ilmavirrat ja lämpötilat, lämmitysjärjestelmän lämpötiloja, rakenteiden lämpötiloja ja sisälämpötilat. Lisäksi mitattiin ulkoilman lämpötila ja auringon säteilyteho. Mittaustulosten luotettavuuden varmistamiseksi rakennusten energia- ja vesimittarit luettiin myös käsin kerran kuukaudessa. Mittaustuloksia seurattiin viikottain, jotta mahdolliset häiriöt, virhetoiminnat ja säätötarpeet havaittaisiin nopeasti. Tärkeimmät mittauspisteet esitetään liitteessä 1.

Sisäilmastomittaukset toteutettiin pääosin kertamittauksina, mutta LVIS- ja energiateknisen seurannan ilmanvaihto- ja lämpötilamittaustietoja hyödynnettiin myös sisäilmaston laatua arvioitaessa. Sisäilmaston laatua seurattiin ensisijaisesti asukkaiden havaintojen ja mielipiteiden avulla. Lämpöolosuhteet mitattiin yksityiskohtaisesti kertamittauksina. Eri huoneista mitattiin lämpötilakerrostumat, virtausnopeudet, pintalämpötilat ja säteilyepäsymmetria. Sisäilman puhtaus selvitettiin lämmityskaudella tehdyillä mittauksilla. Mittauksissa selvitettiin muun muassa radon-, pöly-, formaldehydi-, TVOC- ja mikrobipitoisuudet. Äänitasot mitattiin kaikista huoneista ilmanvaihdon eri käyttötehoilla.

Asukkaita opastettiin laitteiden yksityiskohtaisessa käytössä sekä muun muassa lämmityksen lämpötilojen asetusarvojen muuttamisessa ja ilmanvaihdon tarpeenmukaisessa käytössä. Asukkailta pyydettiin välitöntä palautetta seurannan aikana ilmenevistä ongelma- tai vikatilanteista.

3 RAKENNUSTEN KUVAUS

Molemmat ESPI-talot olivat rakenne- ja matalaenergiaratkaisuiltaan pääosin samanlaisia. ESPI 1 oli yksitasoinen öljylämmitystalo, jonka rakennusala oli 147 m² ja -tilavuus 470 m³. Lämmitetty huoneala oli 128 m² ja -tilavuus 315 m³. ESPI 2 oli puolitoistakerroksinen sähkölämmitystalo, jonka rakennusala oli 198 m² ja -tilavuus 535 m³. Lämmitetty huoneala oli 145 m² ja -tilavuus 360 m³. Talojen asemapiirros sekä pohja- ja julkisivukuvat ovat liitteessä 2. Molemmissa taloissa asui nelihenkinen perhe. ESPI 1:ssä oli lisäksi hoitolapsia osan aikaa tutkimuksesta.



Kuva 1. Öljylämmitteinen matalaenergiatalo, ESPI 1.



Kuva 2. Sähkölämmitteinen matalaenergiatalo, ESPI 2.

3.1 MATALAENERGIARATKAISUT

Talojen teknisten järjestelmien lähtökohtana olivat yksinkertaiset perusratkaisut, jotka toteutettiin olemassa olevilla tekniikoilla soveltaen niitä matalaenergiarakentamiseen.

Ilmanvaihdon tehokas lämmöntalteenotto

- lämmöntalteenotto (LTO) poistoilmasta tuloilmaan 60 %:n lämpötilahyötysuhteella
- ristivirtalevylämmönsiirrin
- jäätymisenesto esilämmittämällä ulkoilmaa lämpimällä tuloilmalla
- kierrätysilman käyttö

Parempi lämmöneristystaso

- ikkunoiden lämmöneristävyys noin kaksinkertainen minimivaatimukseen verrattuna
- muualla noin 1,5 ... 2-kertaa minimivaatimuksia parempi lämmöneristys

Huolellinen rakentaminen

- vältetään hallitsemattomilta ilma- ja lämpövuodoilta
- hyvä ääneneristävyys
- turvalliset rakenneratkaisut ja rakennusmateriaalit

Rakenteiden käyttäminen lämpövarastona

- sähkölämmitystalossa varaavaa takkaa ja lattiarakenteita käytetään yö sähkölämmityksessä lämmön vuorokautiseen varastointiin

Takkalämmitys

- varaavan takan lämpö jaetaan koko taloon kierrätysilman avulla

3.2 RAKENTEET

Rakennusten perustukset rakennettiin paikalla kevytsoraharkoista. Alapohjana on maanvarainen betonilaatta. Rakennusrunko rakennettiin koko seinän pituisista puurakenteisista elementeistä, joissa oli valmiina pintamaalattu lautaverhoilu. Väliseinät ovat kipsilevyrakenteisia elementtejä. Yhden talon pystytys vesikattoon saakka kesti vain runsaan päivän.

Ulkoseinän lasivillalämmöneristeen paksuus on 300 mm, yläpohjan puhallusvillan 500 mm ja alapohjan polystyreenilevyn 250 mm. Ikkunoiden k-arvo on 1,2 - 1,4 W/m²K. Tarkemmat rakennetiedot ovat taulukossa 1 ja liitteessä 2.

Taulukko 1. ESPI-talojen rakenteiden ominaisuuksia.

OMINAISUUS	ESPI-talot	Vertailutalo
Rakenteiden lämmöneristävyys k-arvot, W/m ² K (eristyspaksuus)		(RakMK, C3) /3/
- ulkoseinät (lasivilla)	0,13 (290 mm)	0,28 (130 mm)
- yläpohja (puhallusvilla)	0,08 (500 mm)	0,22 (170 mm)
- alapohja (polystyreeni)	0,15 (250 mm)	0,36 (- mm)
- ovet	0,7	0,7
- ikkunat	1,2 - 1,4 (3-lasinen selektiivikalvolla)	2,1 (3-lasinen kirkas)

3.3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

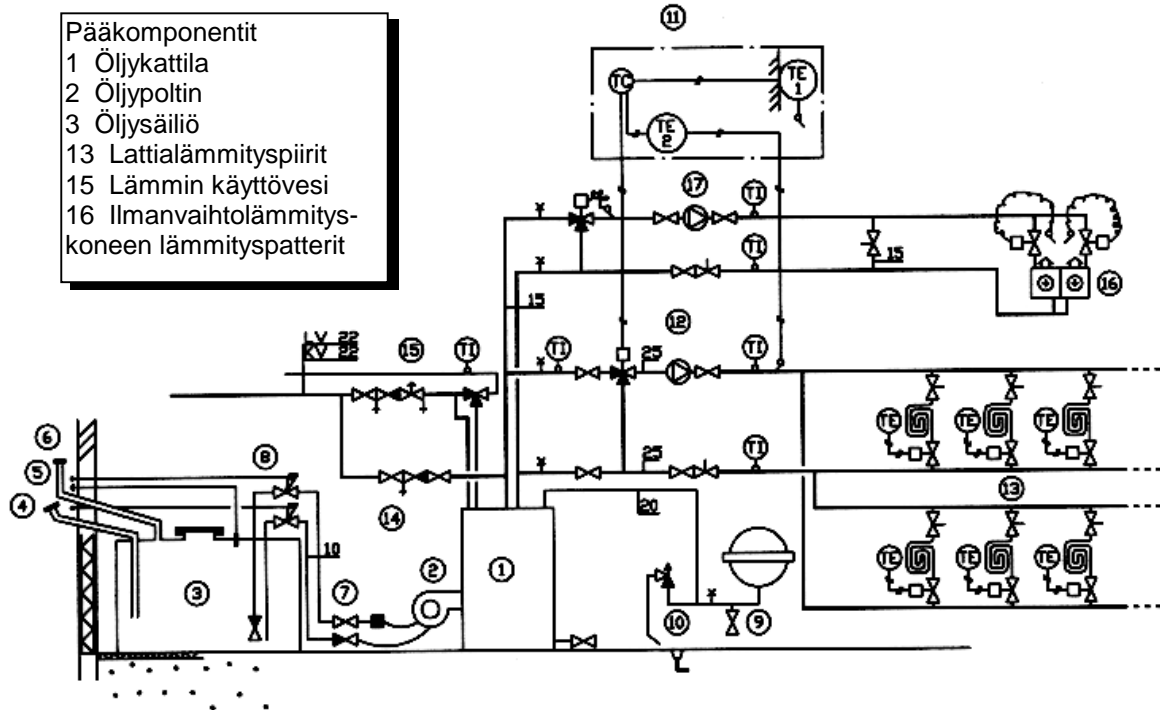
Taulukossa 2 on kuvattu talojen laitejärjestelmät. ESPI 1:ssä oli öljylämmitys ja ESPI 2:ssa sähkölämmitys. Taloissa oli mahdollista käyttää useita eri lämmönjakotapoja (lattialämmitys, ilmanvaihtolämmitys ja takkalämmitys) erilaisilla säätötavoilla. Tutkimuksessa kokeiltiin niiden toimivuutta käytännössä.

Öljylämmitystalossa peruslämmönjakotapa oli vesikiertoinen lattialämmitys, jossa olivat huonekohtaiset säätötermostaatit (kuva 3). Märkätilojen, tuulikaapin, eteisen ja varaston lämmitys oli toteutettu ilman säätötermostaattia. Vaihtoehtoinen lämmönjakotapa oli kaksivivöhykkeinen ilmanvaihtolämmitys, jossa huoneet lämmitettiin huoneisiin puhallettavalla tuloilmalla. Lämpötila säädettiin siinä kahdella termostaatilla, joista toisen anturi oli eteläsivulla olevassa makuuhuoneessa ja toisen pohjoispuolella olevassa makuuhuoneessa. Märkätiloissa oli käytössä lattialämmitys. Kummassakin tapauksessa taloa voitiin lämmittää myös varaavalla takalla.

Sähkölämmitystaloon lämmitysjärjestelmän kaavio on kuvassa 4. Peruslämpö tuotettiin yösähköllä alakerran lattian betonilaatassa olevilla sähkölämmityskaapeleilla. Laatan lämmönvarausta ohjattiin laatan ja ulkoilman lämpötilan mukaan. Päivän aikana laatta luovutti yöllä varaamaansa lämpöä hitaasti huoneilmaan. Koska rakennuksessa oli kevytrakenteinen välipohja, yläkerran tilat lämmitettiin ilmanvaihtoilmalla. Tuloilmalaitteiden sisällä olevilla lämmityselementeillä lämmitettiin huoneisiin puhallettavaa tuloilmaa tarpeen mukaan niin, että huonelämpötila pysyi haluttuna. Myös alakerran huonekohtainen säätölämmitys oli toteutettu lämmittävillä tuloilmalaitteilla. Taloa voitiin lämmittää myös varaavalla takalla. Puun lisäksi takkaa voitiin lämmittää yösähköllä. Takan sähkölämmitystä ohjattiin takan rungon ja ulkoilman lämpötilan mukaan.

Tutkimuksessa kokeiltiin ensimmäistä kertaa uudentyypistä lämmittävää tuloilmalaitetta, joka on nopeatoiminen ja helposti huollettava tai vaihdettava laite. Lämmittävää tuloilmalaitetta käytettäessä tuloilmaa ei tarvitse lämmittää

tarpeettomasti ilmanvaihtokoneella vaan vasta tarpeen mukaan kussakin huoneessa. Sähkösuunnittelijan kannalta lämmittävä tuloilmalaite vastaa esimerkiksi kattolämmitystä. Mikäli poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmä on riittävän tehokas, voidaan koko ilmanvaihtokoneen lämmityspatteri jättää pois.



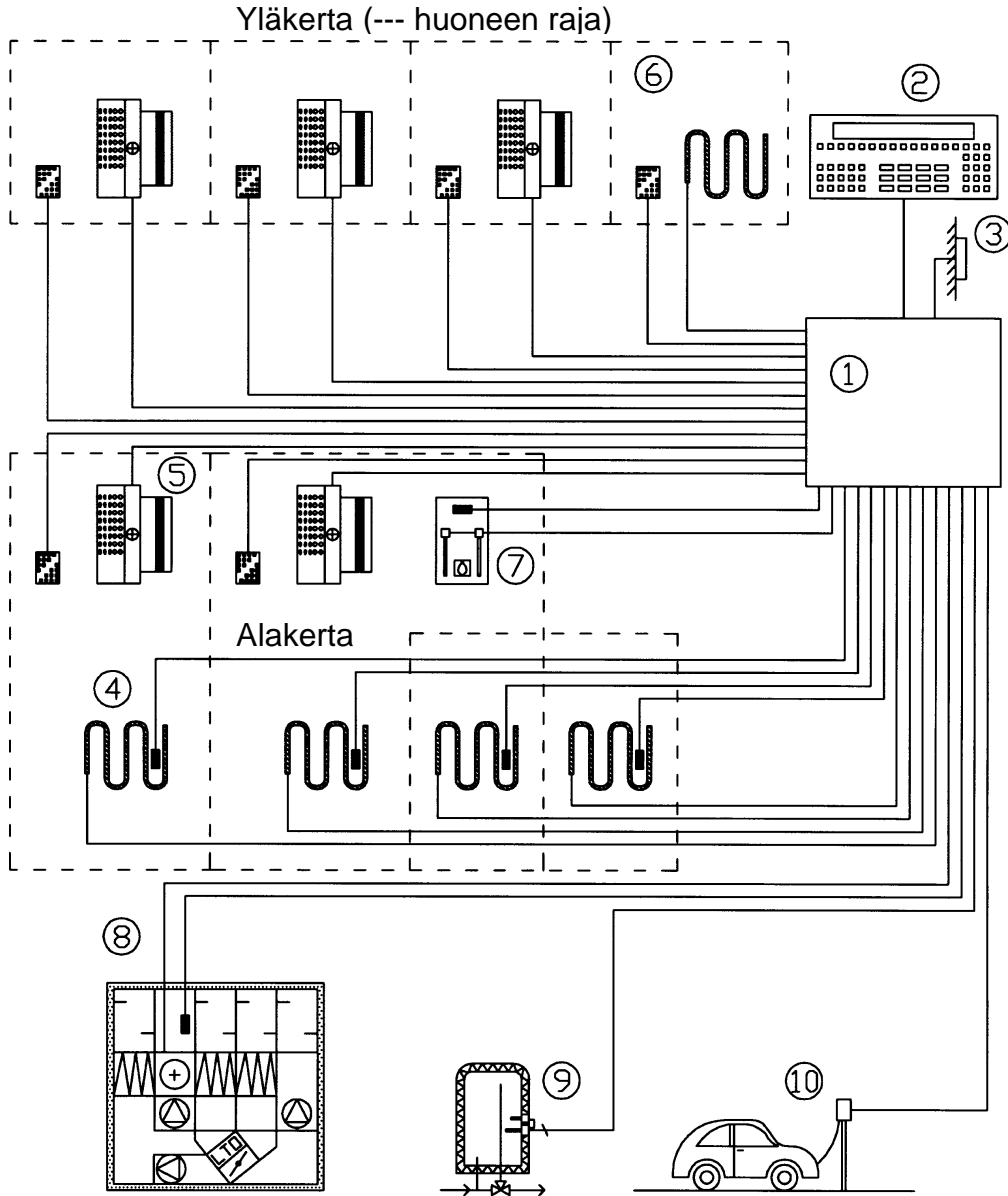
Kuva 3. ESPI 1 -talon öljylämmitysjärjestelmän kytkentäkaavio. Ilmanvaihtokäytössä lämmityspattereiden (16) säätöanturit olivat tuloilmakanavissa ja ilmanvaihtolämmityskäytössä ne olivat etelä- ja pohjoispuolen huoneissa.

3.4 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT

Ilmanvaihto toteutettiin molemmissa taloissa hallitusti lämmöntalteenotolla varustetuilla tulo- ja poistoilmanvaihtokoneilla. Ilmanvaihtokoneissa ulkoa tuleva ilma suodatetaan karkeasuodattimella ja lämmitetään poistoilmasta talteenotetulla lämmöllä ja takan päältä otetulla kierrätysilmalla sekä tarvittaessa lisäksi lämmityspatterilla. Huoneisiin puhallettava tuloilma suodatetaan hienosuodattimilla (EU 7). Ilmanvaihtokoneen äänenvaimennus toteutettiin koneen päälle sopivalla tehdasvalmisteisella äänenvaimennusyksiköllä. Erillisiä kanaviin asennettavia äänenvaimentimia ei tarvittu. Ilmanvaihtojärjestelmät on kuvattu tarkemmin kuvassa 5 ja taulukossa 2.

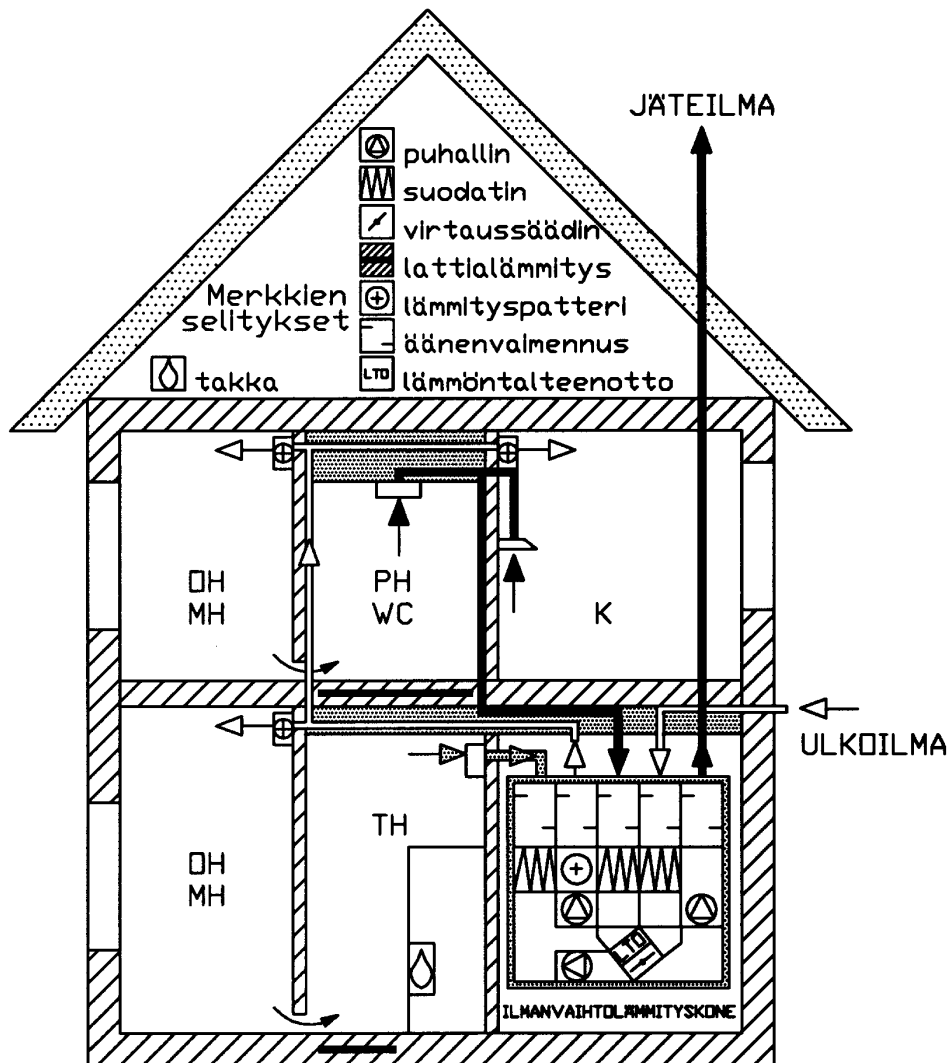
Koska ilmanvaihto toimii jatkuvasti, sisäilma on aina puhdasta ja raikasta. Ilmanvaihtoa voidaan tarpeen mukaan tehostaa (paljon vieraita, saunominen, pyykinpesu, ruoanlaitto ym.) liesikuvussa olevalla neliportaisella kytkimellä. Haluttaessa voidaan käyttää ikkunatuuletusta. Kun talossa ei ole tehostetun ilmanvaihdon tarvetta, voidaan ilmanvaihtoa pitää pienemmällä. Näin vältetään tarpeetonta energiankulutusta ja voidaan ehkäistä talvella sisäilman liiallista kuivumista.

Molemmissa taloissa ilmanvaihtokone sijaitisi lämpimässä varastossa. Tulo- ja poistoilmakanavat kulkevat alaslasketuissa katoissa höyrynsulun sisäpuolella. Näin välttyttiin tekemästä vaikeasti tiivistettäviä reikiä höyrynsulkuun. Lämpimässä tilassa kulkevissa kanavissa ei myöskään ole kosteuden tiivistymisriskiä.



- Pääkomponentit**
- 1 Säätoautomatiikan teho-osa ryhmäkeskuksessa
 - 2 Ohjauspaneeli eteisessä
 - 3 Ulkolämpötila-anturi
 - 4 Varaava lattialämmitys ja lattian lämpötila-anturi alakerrassa
 - 5 Lämmittävä tuloilmalaite ja huonelämpötila-anturi ala- ja yläkerrassa
 - 6 Kevyt lattialämmitys ja huonelämpötila-anturi yläkerran kylpyhuoneessa
 - 7 Takan varaava sähkölämmitys ja takan lämpötila-anturi alakerrassa
 - 8 Ilmanvaihtolämmityskoneen lämmityspatteri ja tuloilman lämpötila-anturi
 - 9 Lämpimän käyttöveden varaaja varastossa
 - 10 Autojen lämmitys

Kuva 4. ESPI 2 -talon sähkölämmitysjärjestelmän kaavio.



Kuva 5. Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän periaate.

Taulukko 2. ESPI-talojen talotekniset järjestelmät.

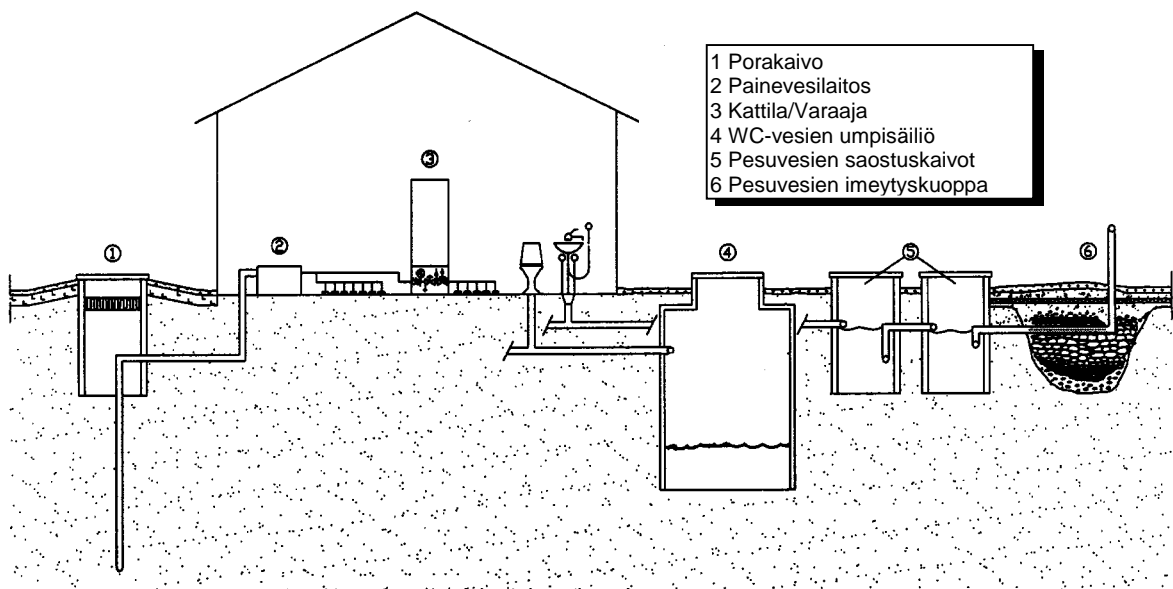
ESPI-TALOJEN TALOTEKNISET JÄRJESTELMÄT	
1 - kerroksinen ESPI-talo (ESPI 1)	1,5-kerroksinen ESPI-talo (ESPI 2)
LÄMMÖNLÄHTEET: Öljy, puu (sähkö varalla) ja ilmaislämmöt. (järjestelmä soveltuu myös muille lämmönlähteille, esim. maakaasu, kiinteä polttoaine, sähkö, aurinkolämpö, lämpöpumppu (= sähkö))	LÄMMÖNLÄHTEET: Sähkö (kaksiaikatariffi), puu ja ilmaislämmöt. (järjestelmään soveltuu lämpimän käyttöveden lisälämmitykseen esim. aurinkolämpövaraaja)
TILOJEN LÄMMITYS: Peruslämmitys öljykattilalla vesikiertoisella lattialämmityksellä (3,4 kW). Lattiaan menevän lämmitysveden lämpötilaa ohjataan ulkoilman lämpötilan mukaan. Sisälämpötilat säädetään huonekohtaisilla lämpötilansäätötermostaateilla (kiinni/auki). Varaava takka (3,7 kW). Lisänä ilmanvaihtolämmitys (4 kW) kaksivivöhykkeisellä (etelä/pohjoinen) lämpötilan säädöllä takan lämpöä hyödyntäen. Tuloilman lämmitystä ohjataan kahdella huonetermostaatilla. Lämmitysteho ilman takkaa on yhteensä 7,4 kW eli 57 W/m ² . Tilojen lämmityksen ja ilmanvaihdon mitoituslämpöhäviöt ovat 4,4 kW eli 34 W/m ² .	TILOJEN LÄMMITYS: Peruslämmitys yösähköllä toimivalla yksinkertaistetulla varaavalla lattialämmityksellä sähkökaapeleilla (3,3 kW) (alakerrassa). Lattialaatan lämpötilaa säädetään ulkoilman lämpötilan mukaan. <u>Huonekohtainen säätölämmitys</u> lämmittävillä tuloilmalaitteilla (9 x 300 W) kaikissa asuinhuoneissa. Yläkerran WC:ssä kevyt lattialämmitys (200 W). Lämmitystä ohjaa keskitetty elektroninen säätöjärjestelmä. Varaava takka (5,5 kW), jossa on sähkövastukset (1 + 1 kW) varaavaa yösähkölämmitystä varten. Sähkölämmitysteho on yhteensä 10,5 kW eli 73 W/m ² . Tilojen lämmityksen ja ilmanvaihdon mitoituslämpöhäviöt ovat noin 4,9 kW eli 34 W/m ² .
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYS: Öljykattila (20 kW). Vesitila 185 dm ³ , jossa käyttövesikierukka.	LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYS: Käyttövesivaraaja (500 l) yösähköllä (6 kW).
ILMANVAIHTO: Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla ja kierrätysilmakäytöllä. Lämmöntalteenotokennossa ulospuhallettavan poistoilman lämmöllä lämmitetään sisäänotettavaa ulkoilmaa (lämpötilahyötysuhde on 60 %). Järjestelmässä huoneisiin puhallettava tuloilmavirta (yhteensä 100 dm ³ /s) pysyy vakiona ilmanvaihdon määrästä riippumatta. Ilmanvaihto on säädettävissä tarpeen mukaan liesikuvusta (4 säätöasentoa: 20 - 80 dm ³ /s, kierrätysilman osuus muuttuu automaattisesti). Koneen päällä on tehdasvalmisteinen äänenvaimennusyksikkö. Tuloilmaa suodatetaan karkea- ja hienosuodattimilla. Tuloilma jaetaan huonekohtaisesti olo- ja makuuhuoneisiin, keittiöön, tekniseen tilaan ja saunaan. Poistoilma otetaan keittiöstä, kodinhoitohuoneesta, saunasta, pesutiloista, WC:stä, vaatehuoneesta ja teknisestä tilasta.	
Tuloilman lämmitys (2 + 2 kW) vesipatterilla. Kierrätysilma otetaan takan yläpuolelta.	Tuloilman lämmitys (1 + 1 kW) sähköpattereilla. Kierrätysilma otetaan takan yläpuolelta ja yläkerrasta.
VESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄ: Vesi otetaan porakaivosta uppopumpulla. Painevesisäiliö on teknisessä tilassa. Veden paine putkistossa on säädettävissä sopivaksi. WC:n jätevedet kerätään umpikaivoon (5 m ³) ja harmaat vedet imeytetään kolmen saostuskaivon jälkeen tontille. WC:n huuhteluvesimäärä on 4 dm ³ .	
MUUT SÄHKÖ- JA LAITEJÄRJESTELMÄT: Valaistus on toteutettu pienteholais-tevalaisimilla. Kodinkoneet ovat vähän energiaa kuluttavia.	

3.5 VESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT

ESPI-taloja ei ollut liitetty kaupungin vesi- ja viemäriverkkoon. Kummallakin talolla oli kuvan 6 mukaisesti oma porakaivo ja omat jäteveden keräys- ja imeytysjärjestelmänsä. Järjestelmä on tyypillinen haja-asutusalueen ratkaisu.

Talousvesi pumpattiin porakaivosta uppopumpulla. Pumpun paineanturi, ohjausyksikkö ja painevesisäiliö olivat teknisessä tilassa. Veden paine putkistossa oli säädettävissä sopivaksi.

WC:n jätevedet oli viemäroity erikseen umpikaivoon. WC:n huuhteluvesimäärä oli 4 dm³. Umpikaivojen tyhjennysväli oli kahdesta kolmeen kuukautta. Muut jätevedet eli harmaat vedet imeytetään kolmen saostuskaivon jälkeen tontille.



Kuva 6. ESPI-talojen ulkopuolinen vesi- ja viemärijärjestelmä. Talousvesi saatiin porakaivosta. WC:n jätevedet johdettiin erillisviemäröinnillä umpisäiliöön. Harmaat vedet imeytettiin saostuskaivojen jälkeen tontille.

3.6 SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Molemmissa taloissa oli 3 x 25 A sähköliittymä. ESPI 1 -öljylämmitystalossa oli yleistariffi ja ESPI 2 -sähkölämmitystalossa oli aikatariffi, jossa sähkölaitoksella oli tehonrajoitusoikeus. Talojen sähkönsyötöt ryhmiteltiin niin, että koko talotekniikan kuluttama sähkö voitiin mitata erikseen. Samoin keittiön ja kodinhoitohuoneen sähkönkulutus pystyttiin mittaamaan erikseen. Väliseiniin tulleet sähköputkitukset asennettiin valmiiksi jo talotehtaalla. Putkitus niistä ryhmäkeskukseen tehtiin yläkautta.

3.7 SÄÄTÖ- JA OHJAUSJÄRJESTELMÄT

ESPI 1:ssä lattialämmitystä säädettiin ohjaamalla moottoriventtiilillä menoveden lämpötilaa ulkoilman lämpötilan mukaan. Säästöautomaatiikka sisältyi öljylämmityskattilaan. Kaikissa asuinhuoneissa oli lisäksi huonetermostaatti, joka ohjasi huonekohtaisesti lattialämmitysvesivirtaa päälle/pois-ohjauksena. Pesutiloissa, saunassa, WC:ssä, eteisissä, tuulikaapissa ja varastossa/tekniikkatilassa ei ollut huonetermostaattia, vaan vesi kiersi niiden lattiassa jatkuvasti. Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterissa käytettiin kattilavettä (80 °C), jonka lämpötila alennettiin omavoimaisella sekoitusventtiilillä 40 - 65 °C:seen. Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin vesivirtaa säädettiin termostaattisilla patteriventtiileillä pitäen tuloilman lämpötila haluttuna, kun konetta käytettiin vain ilmanvaihtoon. Kun konetta käytettiin myös tilojen lämmittämiseen, termostaattisten patteriventtiilien anturit olivat huoneissa. Irtoantureiden kapillaarijohdon pituus oli 12 - 15 metriä. Lämpimän käyttöveden lämpötilan säätö oli toteutettu termostaattisella sekoitusventtiilillä.

ESPI 2:ssa sähkölämmitystä ohjattiin keskitetyllä säätöjärjestelmällä, jonka käyttöliittymä eli ohjauspaneeli sijaitsi eteisessä ja teho-osa ryhmäkeskuksessa varastossa. Ohjauspaneelista voitiin asettaa huonelämpötilojen asetusarvot kaikkiin huoneisiin. Ohjauspaneelista näki myös hetkelliset huonelämpötilat ja lämmityksen päälläolon. Keskitettyyn lämmönsäätöjärjestelmään oli kytketty huonelämmitysten lisäksi myös varaavat lattialämmitykset, ilmanvaihtokoneen lämmityspatterit ja takan sähkölämmityksen ohjaus. Järjestelmää käytettiin myös autolämmityksen ja ulkovalojen ohjaukseen. Lämpimän käyttöveden lämpötilan säätö oli toteutettu varaajassa olevalla termostaattisella sekoitusventtiilillä. Järjestelmässä oli säätökanavakohtainen tehonrajoitustoiminta.

Asukkaat voivat säätää ilmanvaihdon tehoa liesikuvussa olevalla neliportaisella kytkimellä. Ilmanvaihdon tuloilmapuhallinta voitiin käyttää kahdella säätöasennolla. Valintakytkin oli ilmanvaihtokoneessa.

4 KÄYTTÖÖNOTTOKOKEET

4.1 RAKENNETEKNIikka

VTT:n asiantuntijat seurasivat talojen rakennesuunnittelua ja rakentamista. Valmiista taloista tutkittiin ulkovaipan ilmanpitävyys ja paikannettiin mahdolliset lämpövuodot. Lisäksi suunnitteluvaiheessa määritettiin eri perusratkaisuilla tarvittavat routasuojaukset matalaenergiatalolle.

4.1.1 Talojen ulkovaipan ilmanpitävyys

Ulkovaipan huono ilmanpitävyys aiheuttaa sisällä vetoa, huonontaa ilmanvaihdon hallintaa, pienentää ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tehoa ja saattaa aiheuttaa sisälle ylipaineen, jonka vuoksi sisäilman kosteutta voi siirtyä haitallisesti rakenteisiin ja ne mätänevät.

Molempien talojen ulkovaipan ilmanpitävyys mitattiin painekokeella, jossa rakenteiden läpi vuotava ilmavirta mitataan 50 Pa:n paine-erolla. Tulokseksi saadaan ilmanvuotoluku n_{50} ($m^3/h/r\text{-}m^3$), kun ilmavirta jaetaan rakennustilavuudella. Taulukossa 3 ovat mitatut ilmanvuotoluvut. Ilmanpitävyydet eivät aivan vastanneet tavoitetta, mutta olivat kuitenkin hyvää tasoa.

Taulukko 3. ESPI-talojen ulkovaipan ilmanpitävyyden mittaustulokset.

Talo	ulkovaipan ilmanvuotoluku n_{50} , $m^3/h/r\text{-}m^3$		
ESPI 1	1,3	ESPI-tavoite < 1	Vertailuarvoja: hatara > 5 normaali 3 - 4 hyvä 1 - 2
ESPI 2	1,6		

4.1.2 Talojen ulkovaipan lämpövuodot

Lämpö- ja ilmavuotoja paikallistettiin myös infrapunakuvauksilla. Pääasialliset vuotokohdat olivat ulko-ovien kynnykset, ikkunoiden nurkat sekä ikkunakarmin ja seinän välinen liitos. Lisäksi vuotoja oli paikoitellen seinien ja alapohjan liitoksissa, seinän ja välipohjan liitoksissa ja yläpohjan liitoksissa.

4.2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Lämmitysjärjestelmien hyvä toiminta tutkimuksen alusta saakka pyrittiin varmistamaan perussäädöillä ja käyttöönottokeilla.

4.2.1 Öljylämmitysjärjestelmän perussäädöt

Lattialämmityksen huonekohtaiset lämmitysvesivirrat tarkastettiin ja säädettiin suunnitelmien mukaisiksi. Sääto tehtiin jakotukkien virtausmittareilla ja säätöventtiileillä. Säätoä helpotti lattialämmityksen energiamittarista saatu hetkellisen

vesivirran mittausarvo, jonka avulla kokonaisvesivirta määritettiin. Samalla kiertovesipumpun pyörimisnopeus säädettiin sopivaksi. Lattialämmityksen menoveden lämpötilan säätökäyrä asetettiin suunnitelmien mukaiseksi. Kun ulkoilman lämpötila oli -30 °C, menoveden lämpötila oli 35 °C ja kun ulkolämpötila oli 10 °C, menovesi oli 25 °C. Huonetermostaattien asetusarvoksi asetettiin noin 21 °C.

Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterille menevän lämmitysveden lämpötila säädettiin noin 45 °C:seen omavoimaisella termostaattisella sekoitusventtiilillä (säätöalue oli 37 ... 65 °C). Samalla tarkistettiin ilmanvaihtokoneen molempien lämmityspatterilohkojen vesivirrat energiamittarin avulla. Tuloilman lämpötilan asetusarvoksi säädettiin 18 °C.

Öljykattilan palamishyötysuhteeksi mitattiin 92 %. Mittaustulokset ovat taulukossa 4.

Taulukko 4. ESPI 1:n öljykattilan palamishyötysuhteenmittaustulokset.

Mitattu suure	Mittaustulos 29.6.1995	Mittaustulos 14.10.1996	Suositusarvot
Palamishyötysuhde	90 %	92 %	-
Savukaasun pitoisuudet:			
O ₂	4,1 %	5,5 %	alle 4,5 %
CO	45 ppm	60 ppm	-
CO ₂	12,4 %	11,4 %	12 - 13 %
Ilmakerroin	-	1,35	
Nokiluku	0	-	0
Savukaasun lämpötila			
- kattilan jälkeen	-	160 °C	120 - 150 °C
- savupiipun päässä	110 °C	-	

4.2.2 Sähkölämmitysjärjestelmän perussäädöt

Sähkölämmitysjärjestelmän ohjaukset tarkistettiin säätöpiiri kerrallaan. Keskitettyyn säätölaitteeseen asetettiin aikavyöhykkeet ja alustavat lämpötilojen asetusarvot. Aikavyöhykkeitä asetettiin kaksi, päiväsaikavyöhyke (klo 07 - 22) ja yösaikavyöhyke (klo 22 - 07). Myöhemmin yösaikavyöhyke jaettiin vielä kahteen osaan lämmönvarauksen tehostamiseksi (klo 22 - 03 ja klo 03 - 07). Leudolla säällä varaus painottuu loppuyöhön, jolloin yösaikojakson loputtua lämmönvaraus on suurimmillaan. Näin menetellen sisälämpötilat eivät nouse yöllä oleellisesti varauksen takia.

Huonelämpötilojen asetusarvot vaihtelivat jonkin verran huoneittain ja käyttötilanteittain. Pääosin asuintiloissa päiväasetusarvo oli 20 °C ja yöasetusarvo oli 22 °C. Varaavan lattialämmityksen lämpötilan asetusarvo (lattian betonilaatan lämpötila) oli päivällä vakio (yleensä 20 °C), mutta riippui yöllä ulkoilman lämpötilasta. Säätökäyrä oli sellainen, että lattian lämpötilan asetusarvo oli 25 ...

27 °C, kun ulkoilman lämpötila oli alle -30 °C ja 20 ... 22 °C, kun ulkolämpötila oli yli 20 °C. Tällä välillä lämpötila muuttui suoraviivaisesti. Ensimmäisellä yöpäivävyöhykkeellä käytettiin 2 °C esitettyjä alempia lämpötiloja.

4.3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

4.3.1 Ilmakanavistojen tiiviys

Ilmanvaihtojärjestelmän hyvän toiminnan ja energiatalouden kannalta ilmakanaviston pitää olla tiivis. Mikäli kanavisto vuotaa merkittävästi, pitää kokonaisilmavirtaa kasvattaa, jotta tarvittavat huonekohtaiset ilmavirrat toteutuisivat. Tavoitteena oli, että kanavistojen vuotoilmavirrat ovat korkeintaan 5 % kokonaisilmavirrasta normaalissa käyttötilanteessa.

Kanaviston tiiviys mitattiin painekokeella, jossa vuotoilmavirta mitattiin 200 Pa:n paine-erolla. Kanaviston päätelaitteet tukittiin mittauksen ajaksi. Mittaustulokset ovat taulukossa 5. Mittausten mukaan ESPI 1:ssä arvioitu tuloilmakanaviston vuotoilmaosuus kokonaisilmavirrasta käyttötilanteessa oli 4 % ja poistoilmakanaviston vuoto oli 6 %. Mittauksissa havaittiin, että ESPI 1:n keittiöön johtava poistokanava oli asennusvirheen takia irti ilmanvaihtokoneesta. Vika korjattiin mittausten jälkeen. ESPI 2:ssa tuloilmakanaviston vuoto oli 10 % ja poistoilmakanaviston 6 %. ESPI 2:n tuloilmakanavisto vuosi pääasiassa tuloilmalaitteen sähköläpiviennistä sekä jonkin verran myös tuloilmalaitteen ja kanavan liitoksesta.

Taulukko 5. ESPI-talojen ilmakanavistojen vuotoilmavirrat 200 Pa:n paine-erolla tiiviyskokeessa.

Kanavisto	Vuotoilmavirta, dm ³ /s	
	ESPI 1	ESPI 2
tuloilmakanavisto 1	8,5	19,0 2)
tuloilmakanavisto 2	6,2	16,5 2)
poistoilmakanavisto 1	7,5	5,0
poistoilmakanavisto 2	- 1)	6,7

1) poistokanava oli asennusvirheen takia irti ilmanvaihtokoneesta mittauksen aikana, vuoto korjattiin mittausten jälkeen
2) suuren vuodon pääsyynä oli tuloilmalaitteen sisälle tulevan sähköjohdon paikalla tehty läpivienti (vuotoilma tuli kuitenkin huoneisiin)

4.3.2 Ilmanvaihdon ilmavirrat

Taulukoissa 6 ja 7 ovat suunnitellut ja mitatut huonekohtaiset ilmavirrat. Taulukoissa 8 - 11 ovat ilmanvaihtokoneilta mitatut kokonaisilmavirrat.

ESPI 1 -talon ilmanvaihtojärjestelmä toimi suunnitelmien mukaisesti. Keittiön liesikuvun ilmavirta tosin on melko vaatimaton ja kärynpoisto sen vuoksi tehotonta. Keittiön poistoilmakanava tulisi mitoittaa nykyistä käytäntöä väljemmäksi (kanavakoko vähintään 160 mm), jotta liesikuvun säätöpellillä voitaisiin tehostaa poistoa. Liesikuvuista oli mahdotonta mitata luotettavasti kuvun poistoilmavirtaa, etenkin tehostusasennossa.

ESPI 2 -talossa ilmanvaihtokoneen tuloilmapuhallin oli normaalisti säätöasennossa 1, jolloin tuloilmavirrat olivat hieman suunniteltuja pienempiä. ESPI 2:n ilmanvaihtokoneessa oli käytössä lämmöntalteenoton jäätymissuojausjärjestelmä, jonka takia kokonaistuloilmavirta oli pienempi kuin ESPI 1:n.

Taulukko 6. ESPI 1:n huonekohtaisten ilmavirtojen mittaustulokset ilmanvaihdon säätöasennolla 4. Tuloilmapuhaltimen säätöasento oli 2. Tuloilmasta yli 80 % on ulkoilmaa, loput on kierrätysilmaa.

ESPI 1 Huone	Ilmavirta, dm ³ /s			
	<i>Tuloilma, suunniteltu</i>	Tuloilma, mitattu	<i>Poistoilma, suunniteltu</i>	Poistoilma, mitattu
Olohuone	+30	+24	-	-
Makuuhuone 1	+12	+13	-	-
Makuuhuone 2	+12	+11	-	-
Makuuhuone 3	+7	+7	-	-
Makuuhuone 4	+7	+7	-	-
Keittiö	+12	+13	-10	-10
Liesikupu	-	-	-6/-20	-12/-
Kodinhuone	-	-	-15	-14
Vaatehuone	-	-	-3	-5
Varasto (tekn.tila)	+5	+6	-6	-1
Pesuhuone	-	-	-12	-10
Löylyhuone	+5	+5	-6	-8
WC	-	-	-8	-7
Kylpyhuone	-	-	-15	-10
YHTEENSÄ	+90	+86	-81	-77
Ilmanvaihtokoneelta mitattu		+86		-77

Taulukko 7. ESPI 2:n huonekohtaisten ilmavirtojen mittaustulokset ilmanvaihdon säätöasennolla 4. Tuloilmapuhaltimen säätöasento oli 1.

ESPI 2 Huone	Ilmavirta, dm ³ /s			
	Tuloilma, suunniteltu	Tuloilma, mitattu	Poistoilma, suunniteltu	Poistoilma, mitattu
Olohuone	+16	+11		
Makuuhuone 1	+10	+8		
Makuuhuone 2	+6	+5		
Makuuhuone 3	+6	+5		
Kirjasto	+8	+5		
Aula	+12	+11		
Keittiö	+7	+5	-10	-5
Liesikupu			-6/-20	-13/-
Kodinhoituhuone			-15	-9
Vaatehuone 1 k			-3	-3
Vaatehuone 2 k			-3	-3
Varasto (tekn.tila)	+5		-6	-3
Pesuhuone			-15	-10
Löylyhuone	+5	+4	-6	-6
WC			-10	-9
Kylpyhuone 2 k			-15	-12
YHTEENSÄ	+75	+54	-89	-73
Ilmanvaihtokoneelta mitattu		+62		-83

Taulukko 8. ESPI 1:n ilmanvaihtokoneen ilmavirtojen mittaustulokset ilmanvaihdon eri säätöasennolla. Tuloilmapuhaltimen säätöasento oli 1.

ESPI 1 Säätöasento	Ilmavirta, dm ³ /s				Ilmanvaihtokerroin	
	Ulko	Jäte	Kierrätys	Tulo	1/h	dm ³ /s m ²
1	27	19	37	64	0,31	0,21
2	37	35	31	68	0,40	0,28
3	50	57	24	74	0,65	0,45
4	68	84	10	78	0,96	0,66

Taulukko 9. ESPI 1:n ilmanvaihtokoneen ilmavirtojen mittaustulokset ilmanvaihdon eri säätöasennolla. Tuloilmapuhaltimen säätöasento oli 2.

ESPI 1 Säätöasento	Ilmavirta, dm ³ /s				Ilmanvaihtokerroin	
	Ulko	Jäte	Kierrätys	Tulo	1/h	dm ³ /s m ²
1	31	19	42	73	0,35	0,24
2	39	37	37	76	0,42	0,29
3	52	58	31	83	0,66	0,46
4	70	84	15	85	0,96	0,66

Taulukko 10. ESPI 2:n ilmanvaihtokoneen ilmavirtojen mittaustulokset ilmanvaihdon eri säätöasentoilla. Tuloilmapuhaltimen säätöasento oli 1.

ESPI 2 Säätöasento	Ilmavirta, dm ³ /s				Ilmanvaihtokerroin	
	Ulko	Jäte	Kierrätys	Tulo	1/h	dm ³ /s m ²
1	20	21	31	51	0,20	0.14
2	24	36	28	52	0,36	0.25
3	37	60	20	57	0,60	0.41
4	52	83	10	62	0,83	0.57

Taulukko 11. ESPI 2:n ilmanvaihtokoneen ilmavirtojen mittaustulokset ilmanvaihdon eri säätöasentoilla. Tuloilmapuhaltimen säätöasento oli 2.

ESPI 2 Säätöasento	Ilmavirta, dm ³ /s				Ilmanvaihtokerroin	
	Ulko	Jäte	Kierrätys	Tulo	1/h	dm ³ /s m ²
1	24	21	37	61	0,24	0,17
2	28	36	34	62	0,36	0,25
3	39	61	28	67	0,61	0,42
4	52	84	15	67	0,84	0,58

4.3.3 Ilmanvaihdon äänitasot

ESPI-taloissa ilmanvaihtokoneen puhallinmelu vaimennettiin erillisten kanaviin sijoitettavien äänenvaimentimien sijasta ilmanvaihtokoneen päälle sijoitetulla tehdasvalmisteisella äänenvaimennusyksiköllä, joka oli kokonaisuudessaan avattavissa ja huollettavissa. Äänitasotavoitteena oli alle 25 dB(A) äänitaso. Äänitasojen mittaustulokset ovat taulukoissa 12 ja 13. ESPI 1:ssä äänitasot olivat 22 - 27 dB(A) ja ESPI 2:ssa 18 - 24 dB(A). Korkeimmat äänitasot mitattiin lähimpänä ilmanvaihtokonetta olleissa huoneissa.

Taulukko 12. ESPI 1:n mitatut äänitasot eri huoneissa ilmanvaihtokoneen eri säätöasentoilla. Tuloilmapuhaltimen säätöasento oli 2.

ESPI 1 Säätöasento	Äänitasot huoneissa, dB(A)				
	OH	MH1	MH2	MH3	MH4
1	24,5	25	24	22	27,5
2	24,5	25	24	22	27
3	24,5	24,5	24	22	27
4	25,5	25,5	24,5	22,5	27,5

Taulukko 13. ESPI 2:n mitatut äänitasot eri huoneissa ilmanvaihtokoneen eri säätöasentoilla. Tuloilmapuhaltimen säätöasento oli 1.

ESPI 2 Säätöasento	Äänitasot huoneissa, dB(A)					
	OH	Kirjasto	MH1	MH2	MH3	Aula
1	22	18,5	24	20	20,5	22,5
2	22	18,5	24	20	20,5	23
3	22	18,5	24	20	20,5	22,5
4	24	19	24,5	20,5	21	23,5

5 JÄRJESTELMIEN TOIMINTA

Taulukossa 14 ovat mitatut ulkoilman ja kylmän veden lämpötilat sekä auringon säteilyenergiat kuukausittain. Taulukossa on myös molempien talojen keskimääräiset sisälämpötilat sekä Ilmatieteen laitoksen lämmitysastepäiväluvut /4/. Ensimmäinen seurantavuosi oli normaalivuotta kylmempi ja toinen hieman lämpimämpi. Koko jakso vastasi ulkolämpötilaltaan normaalivuotta.

Taulukko 14. ESPI-talojen mitatut keskimääräiset sisälämpötilat, ulkoilmanlämpötilat, kylmän käyttöveden lämpötilat ja auringon säteilyenergiat kuukausikeskiarvoina seurannan ajalta sekä Helsinki-Vantaan lämmitysastepäiväluvut.

Kuukausi	Keskimääräinen sisälämpötila, °C		Ulkoilman lämpötila, °C	Kylmän veden lämpötila, °C	Auringon 1) säteilyenergia, kWh/m ²	Lämmitysastepäiväluku S17, Helsinki-Vantaa, Kd	
	ESPI 1	ESPI 2				Toteutunut	Normaali
5.95						236	168
6.95	24.1	24.0	16.8	8.5	152	0	20
7.95	23.7	23.0	16.4	10.1	162	11	5
8.95	23.6	23.8	16.1	10.1	135	6	27
9.95	22.8	22.6	11.0	9.7	52	166	181
10.95	23.1	21.9	8.0	10.2	24	278	358
11.95	22.7	21.4	-2.5	8.9	7	575	504
12.95	22.9	21.3	-7.9	8.0	2	775	655
1.96	23.0	21.4	-5.7	7.4	0	714	741
2.96	23.1	20.7	-10.1	6.1	1	788	672
3.96	22.8	22.1	-3.2	7.3	11	623	617
4.96	22.9	22.1	3.0	7.0	86	406	418
5.96	23.0	22.3	9.2	7.1	132	192	168
6.96	23.7	22.9	13.7	8.9	147	0	20
7.96	24.2	22.6	15.1	10.1	128	6	5
8.96	25.4	25.0	17.3	10.3	141	0	27
9.96	23.4	21.5	9.1	10.1	72	238	181
10.96	23.5	20.8	6.9	9.8	22	316	358
11.96	23.3	21.2	3.4	9.3	7	408	504
12.96	23.5	20.8	-4.9	8.5	2	685	655
1.97	23.6	20.9	-4.2	8.3	4	655	741
2.97	23.7	20.1	-3.1	7.9	10	568	672
3.97	23.6	21.8	-1.0	7.8	61	550	617
4.97	23.3	22.1	2.1	6.9	107	450	418
5.97	23.4	22.0	8.5	7.5	159	238	168
Koko jakso	23.4	22.0	4.7	8.6	1 624	8 884	8 900
Vuosi 1	23.1	22.2	4.3	8.4	764	4 534	4 366
Vuosi 2	23.7	21.8	5.2	8.8	860	4 114	4 366
Talvi 1	22.9	21.8	0.2	8.0	315	4 517	4 314
Talvi 2	23.5	21.2	1.9	8.4	444	4 108	4 314
1) Vaakatasolle tullut auringon säteilyenergia							

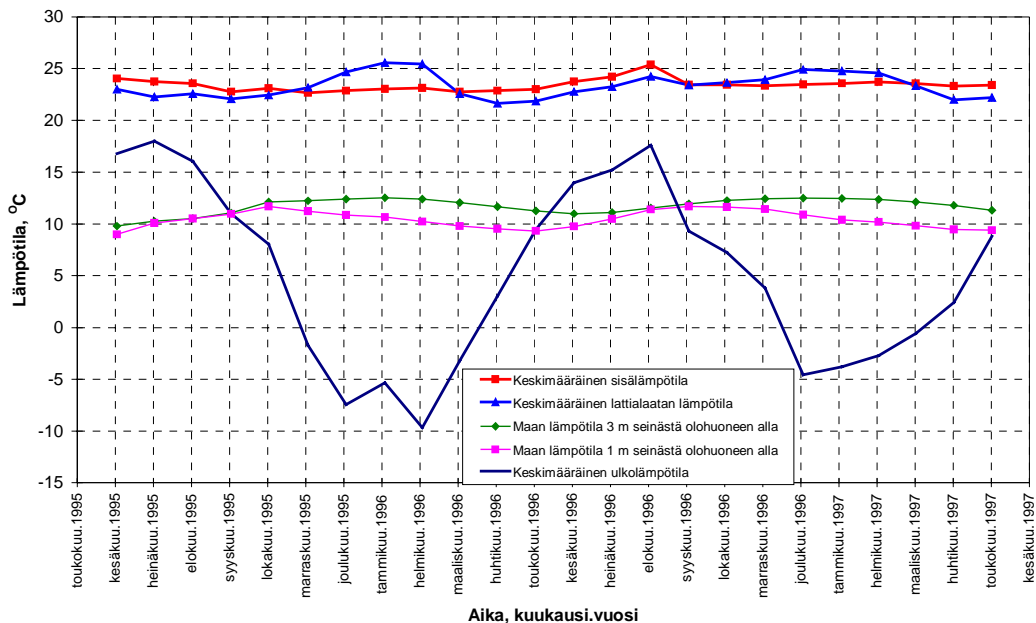
5.1 LÄMMITYKSEN TOIMINTA

ESPI 1 -talossa oli öljylämmitysjärjestelmä, jossa huoneet voitiin lämmittää joko vesikiertoisella lattialämmityksellä tai ilmanvaihtolämmityksellä tai niiden yhdistelmällä. Käyttövesi lämmitettiin öljykattilalla.

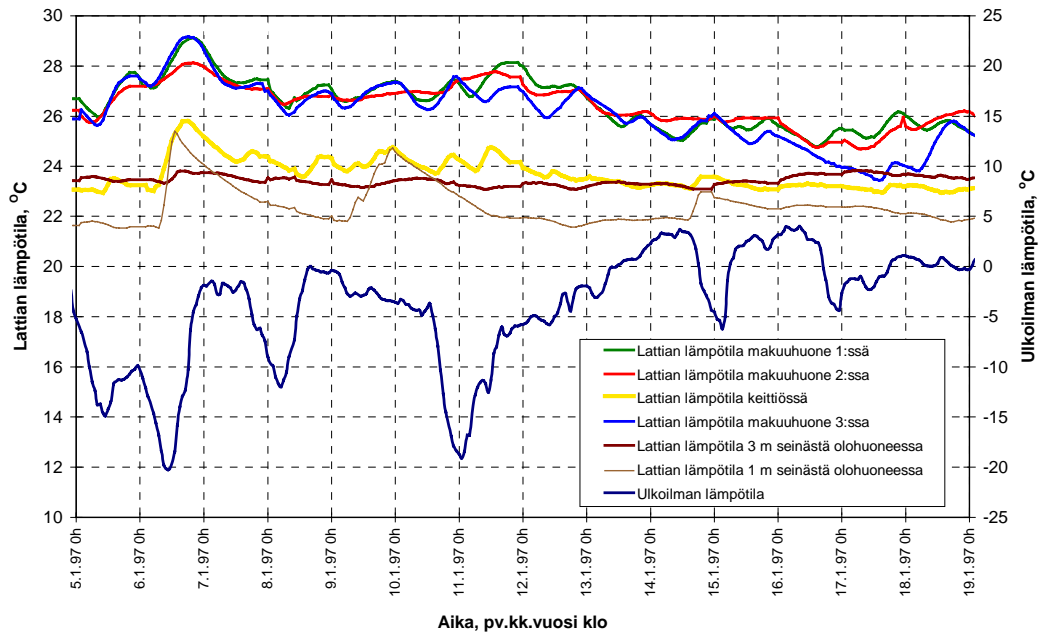
ESPI 2 -talossa oli lähes kokonaan varaava sähkölämmitysjärjestelmä, jossa huoneet voitiin lämmittää alakerrassa varaavalla sähkölattialämmityksellä ja huonekohtaisella ilmanvaihtolämmityksellä. Lisänä oli varaava takka, jota voitiin lämmittää puilla tai varaavalla sähköllä. Yläkerrassa oli huonekohtainen ilmanvaihtolämmitys. Käyttövesi lämmitettiin käyttövesivaraajalla.

5.1.1 Vesikiertoinen lattialämmitys

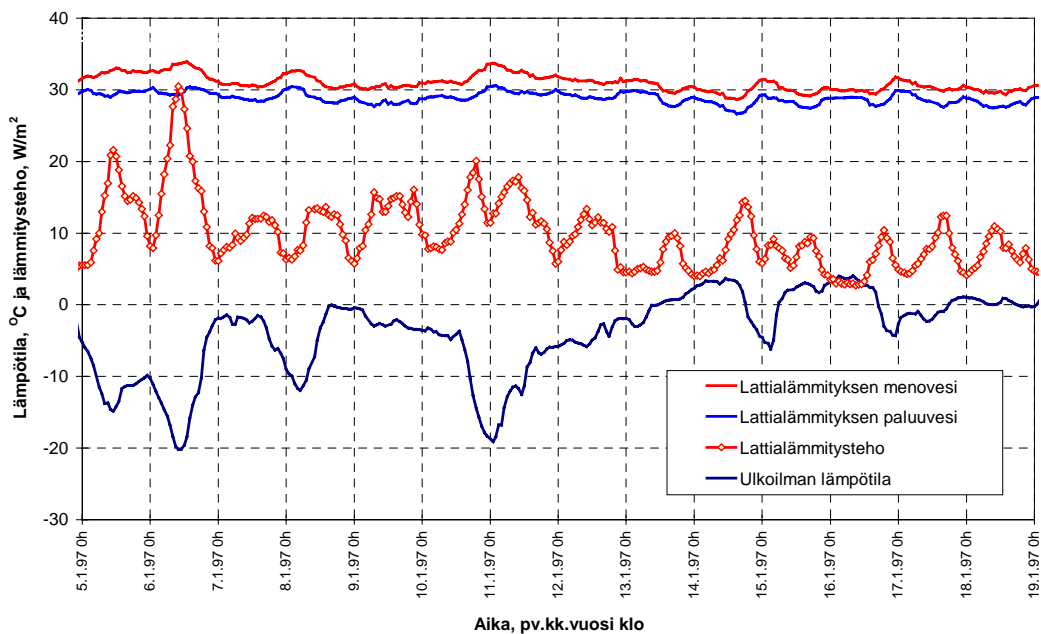
Kuvassa 7 on ESPI 1 -talon vesikiertoisen lattialämmityksen keskimääräiset toimintalämpötilat. Matalaenergiatalossa lattian ja huoneilman lämpötilaero on hyvin pieni, pakkasillakin vain 2 - 3 °C. Matalaenergiatalossa näinkin pieni lämpötilaero riittää siirtämään tarvittavan lämpötehon. Kesällä lattia oli huoneilmaa viileämpi. Talvella sisälämpötilatasot olivat melko korkeat. Kuvassa ovat myös alapohjan eristeen alapuolelta mitatut maan lämpötilat. Maan lämpötilat ovat tasaisesti 10 - 12 °C ympäri vuoden. Kuvissa 8 - 10 on esitetty lattialämmityksen toiminta tammikuussa 1997.



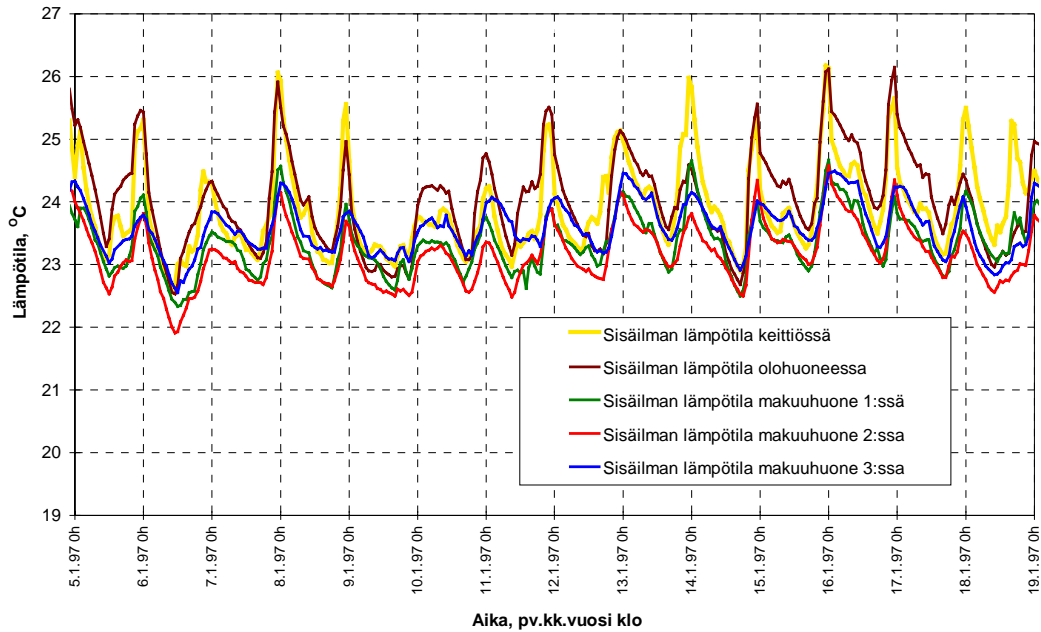
Kuva 7. ESPI 1 -talon lattialämmityksen toimintalämpötilat kuukausikeskiarvoina seurannan ajalta. Maan lämpötilat mitattiin alapohjan eristeen alapuolelta hiekasta.



Kuva 8. ESPI 1 -talon lattialämmityksen toiminta eri huoneissa tammikuussa 1997. Lämpötilat mitattiin betonisen lattialaatan sisältä.



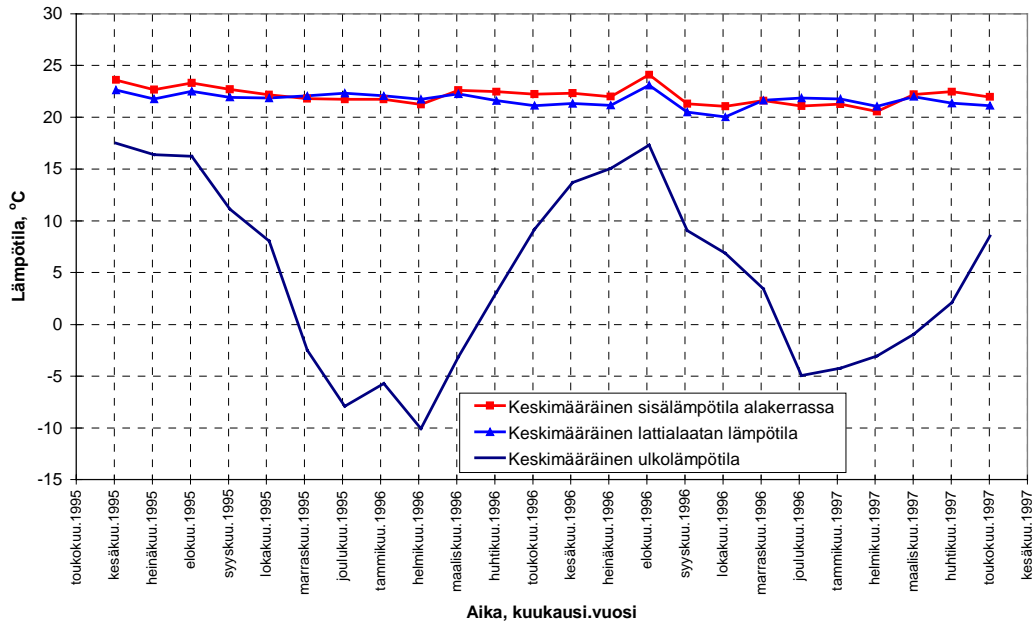
Kuva 9. ESPI 1 -talon lattialämmityksen meno- ja paluueden lämpötilat sekä lattialämmitysteho tammikuussa 1997.



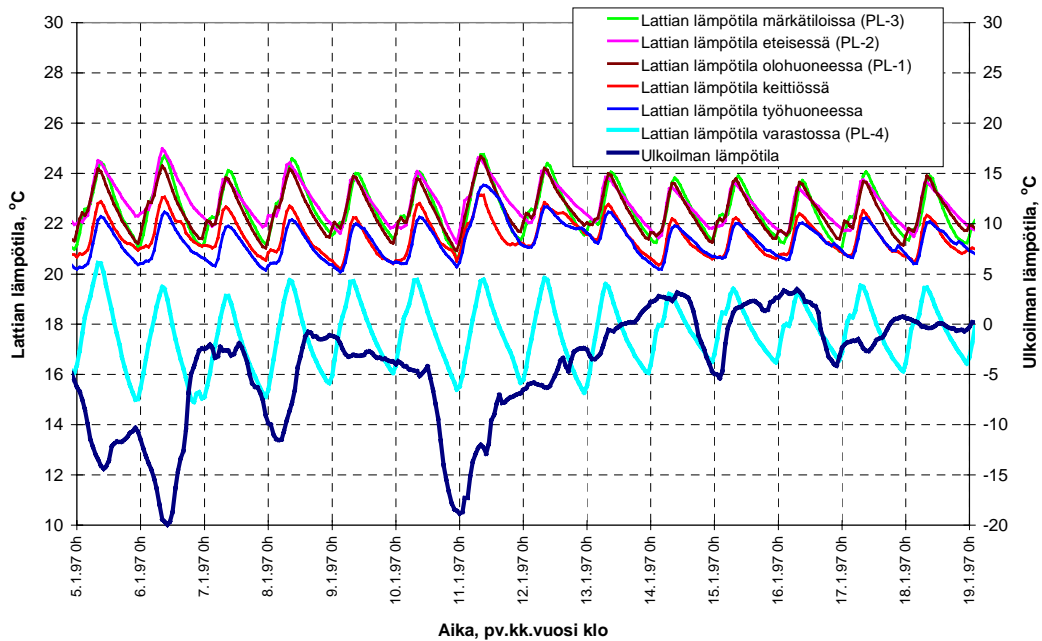
Kuva 10. ESPI 1-talon sisälämpötilat eri huoneissa tammikuussa 1997.

5.1.2 Varaava yösähkölattialämmitys

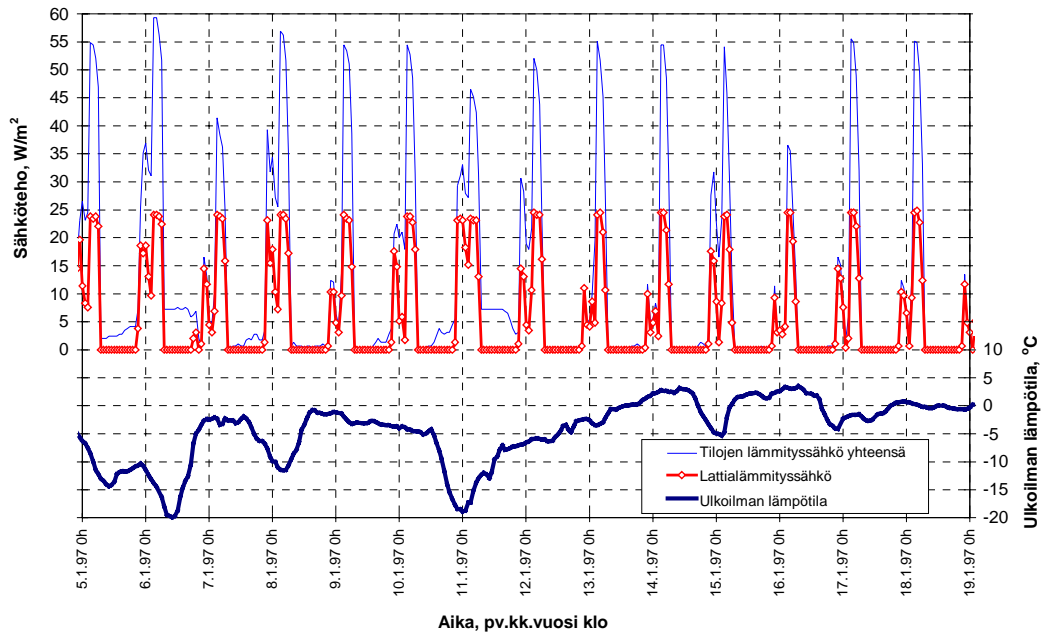
Varaavassa lattialämmityksessä hyvin eristetyin alapohjan betonilaataan varataan lämpöä edullisella yösaikalla. Varausaika oli klo 22 - 07. Kuvassa 11 on ESPI 2 -talon varaavan lattialämmityksen keskimääräiset toimintalämpötilat. Lattian ja huoneilman välinen keskimääräinen lämpötilaero oli ESPI 1 -talon vesikiertoista lattialämmitystä pienempi, koska sisälämpötilat olivat alempia ja koska varaavasta lattialämmityksestä ei otettu aivan kaikkea tehoa irti kovilla pakkasilla. Toisaalta varaavan lattialämmityksen mitoitusaste oli vesikiertoista pienempi, koska järjestelmään kuuluivat myös lämmittävät tuloilmalaitteet. Kuvissa 12 - 14 on esitetty lattialämmityksen toiminta tammikuussa 1997. Varaavan lattialämmityksen suurin mitattu lämmitysteho koko lattiapinta-alaa kohti laskettuna oli 25 W/m^2 . Vastaavasti koko lämmitysteho oli $55 - 60 \text{ W/m}^2$. Huipputehot esiintyivät aamuyöstä, mikä on sekä lämmönvarauksen että sähkön tuottajan kannalta edullista. Myös lämmittävien tuloilmalaitteiden lämmitysteho painottui yöaikaan, koska päivällä käytettiin alempia lämpötila-asetuksia. Pakkaspäivinäkin päiväsaikainen lämmitysteho oli vain 7 W/m^2 .



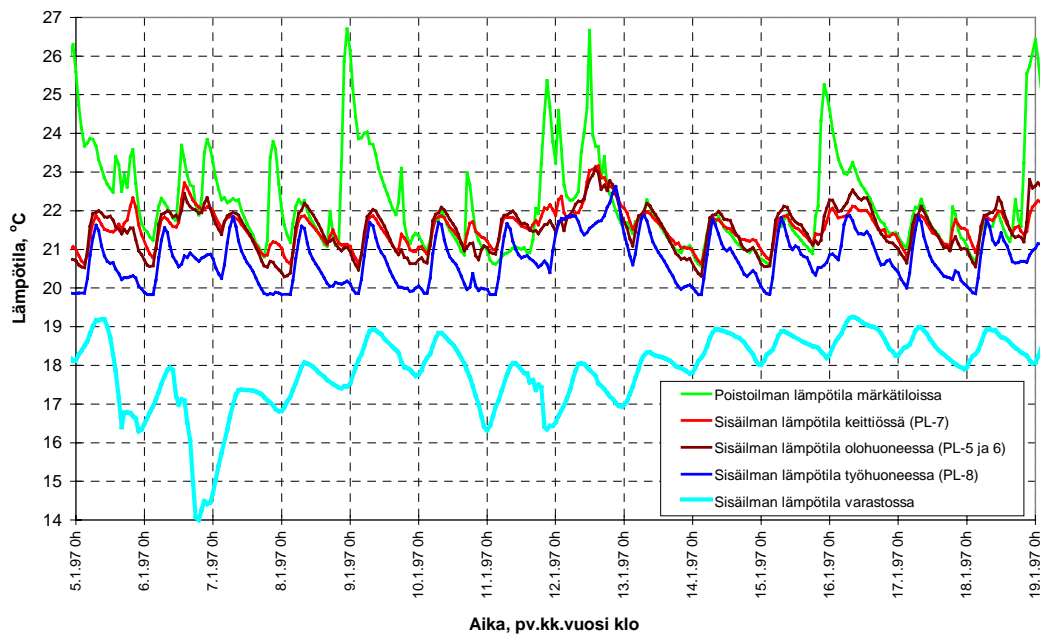
Kuva 11. ESPI 2 -talon varaavan lattialämmityksen toimintälämpötilat kuukausi-keskiarvoina seurannan ajalta.



Kuva 12. ESPI 2 -talon lattialämmityksen toimintälämpötilat tammikuussa 1997. Merkintä PL on lattialämmityksen säätöpiirin tunnus. Keittiön ja työhuoneen lämmitys olivat säätöpiirissä PL-2.



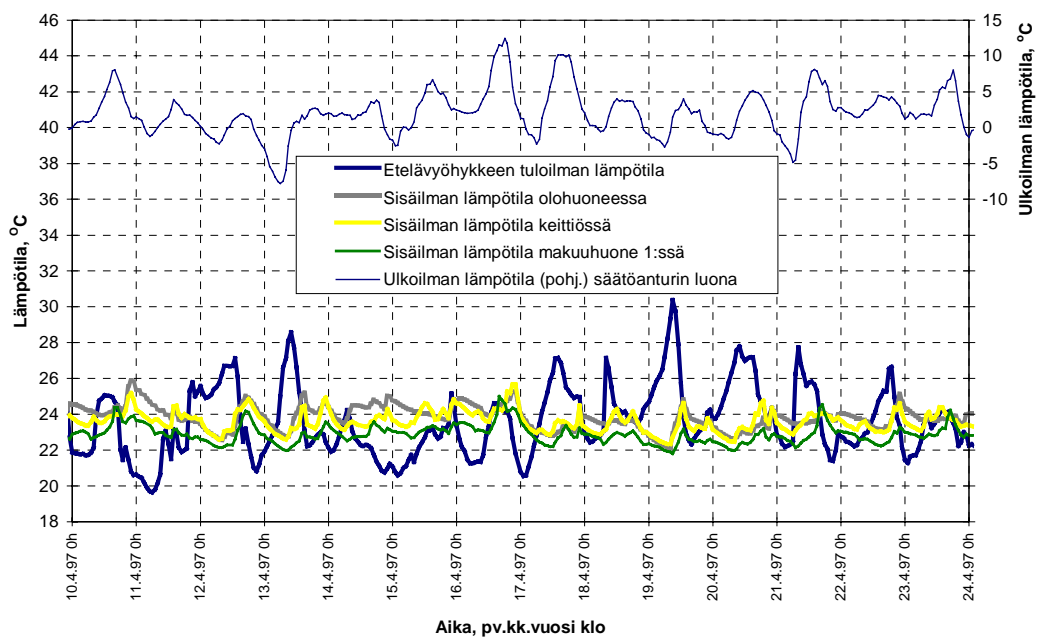
Kuva 13. ESPI 2 -talon lattialämmityksen lämmitysteho ja ulkoilman lämpötilä tammikuussa 1997.



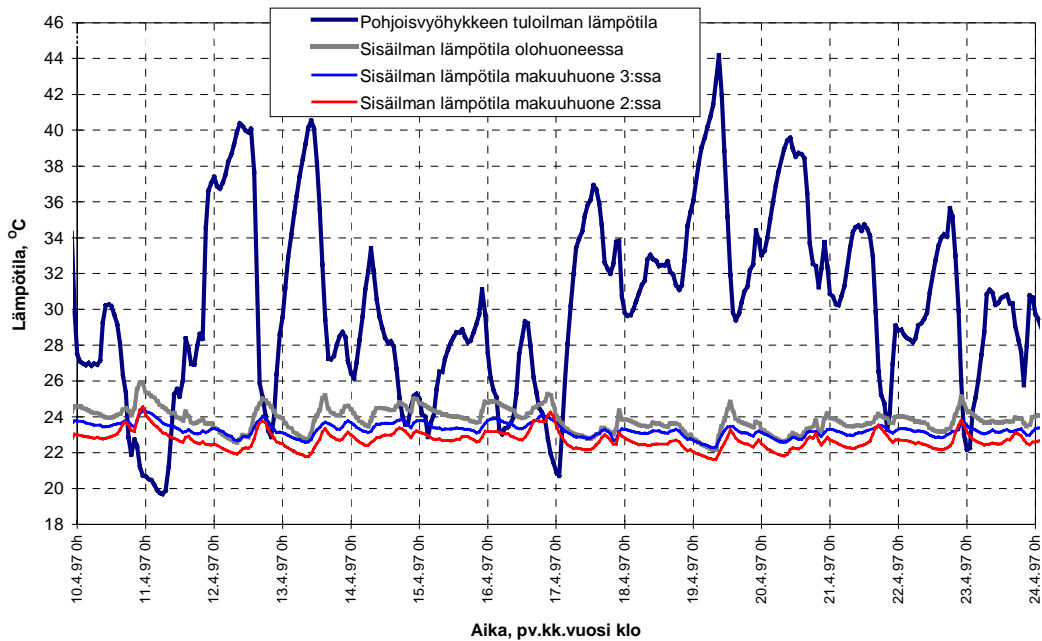
Kuva 14. ESPI 2 -talon sisälämpötilat alakerran eri huoneissa tammikuussa 1997. Merkintä PL tarkoittaa, että sisälämpötilaa säädetään myös huone-termostaattilla. Varaavasta lattialämmityksestä huolimatta sisälämpötilojen vuorokautinen vaihtelu oli vähäistä, korkeintaan 1 - 2 °C.

5.1.3 Vesikiertoinen ilmanvaihtolämmitys

Ilmanvaihtokoneessa olevalla lämmityspatterilla toteutettu ilmanvaihtolämmitys on yksinkertainen ja edullinen lämmitysjärjestelmä. ESPI 1 -talossa tutkittiin vesikiertoisen ilmanvaihtolämmityksen toimintaa molempina seurantalavina. Ilmanvaihtolämmitysjaksolla vesikiertoinen lattialämmitys kytkettiin pois asuin-tiloista. Märkätiloissa lattialämmitys oli edelleen päällä. Kuvassa 15 on ilmanvaihtolämmityksen toimintalämpötilat eteläpuolen säätövyöhykkeellä ja kuvassa 16 pohjoisvyöhykkeellä. Kevättalven jaksolla etelävyöhykkeellä ei ollut juuri lämmitystarvetta, mutta pohjoispuolella oli. Ilmanvaihtolämmityspatterit oli mitoitettu niin, että niiden lämmitysteho riitti mitoituspakkasillakin. Vaikka järjestelmässä ei ollutkaan huonekohtaista lämpötilan säätöä, erot eri huoneiden sisälämpötiloissa olivat pieniä.



Kuva 15. ESPI 1 -talon etelävyöhykkeen ilmanvaihtolämmityksen toimintalämpötilat huhtikuussa 1997.

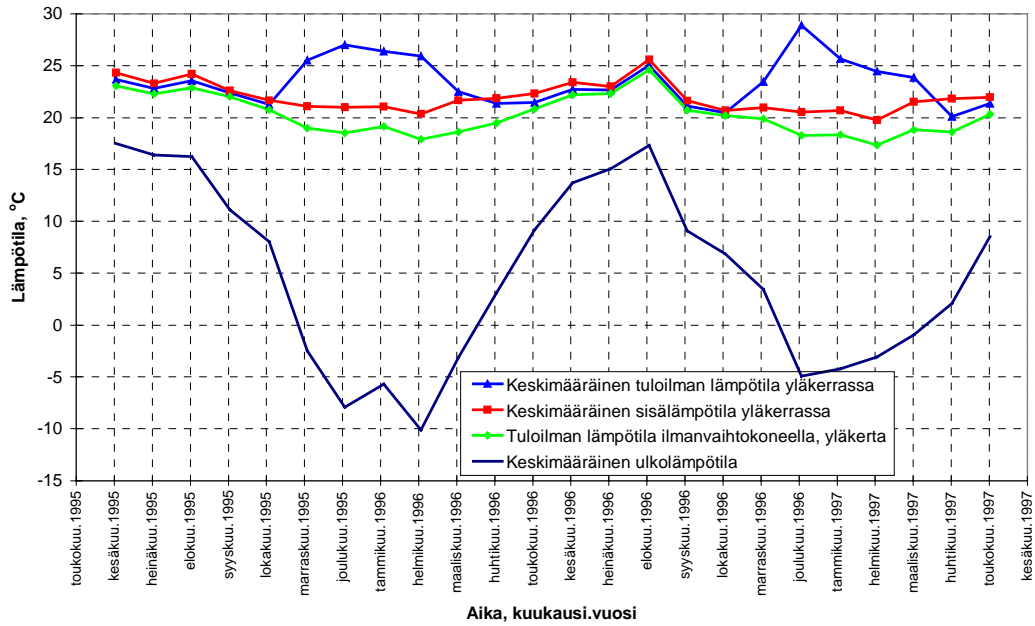


Kuva 16. ESPI 1 -talon pohjoisvyöhykkeen ilmanvaihtolämmityksen toimintalämpötilat huhtikuussa 1997.

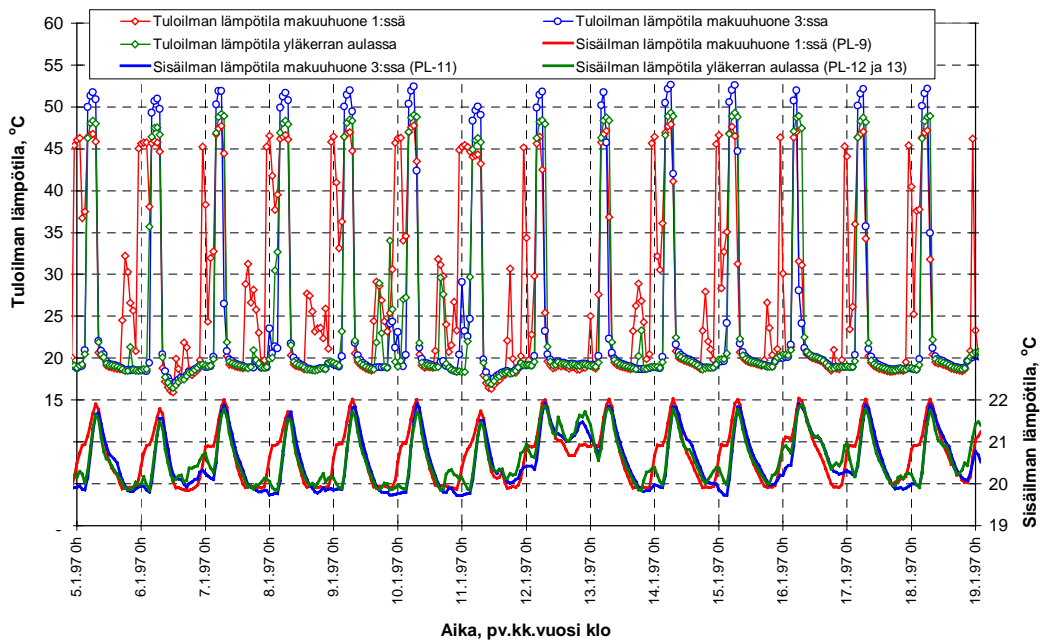
5.1.4 Huonekohtainen ilmanvaihtolämmitys

Sähkölämmitteisessä ESPI 2 -talossa ilmanvaihtolämmitys oli toteutettu huonekohtaisilla lämmittävillä tuloilmalaitteilla, jotka mahdollistavat huonekohtaisen lämpötilan säädön. Alakerrassa ilmanvaihtolämmitys toimi varaavan lattialämmityksen säätölämmityksenä. Yläkerran asuintiloissa oli yksinomaan ilmanvaihtolämmitys. Kuvassa 17 on yläkerran huonekohtaisen ilmanvaihtolämmityksen keskimääräiset toimintalämpötilat. Tuloilman keskilämpötila on talvikausinakin alle 30 °C. Kuvassa 18 on ilmanvaihtolämmityksen toiminta tammi-kuussa 1997. PTC-lämmitysvastus lämmittää tuloilman korkeintaan + 50 °C:n lämpötilaan, koska vastus rajoittaa itse omaa tehoaan lämpötilan noustessa. Päivällä huonelämpötilan asetusarvot olivat + 20 °C. Aamuyöstä lämpötilan asetus oli + 22 °C, jotta edullista yösähköä voitiin hyödyntää tehokkaasti. Päiväaikaista lämmitystä tarvittiin vain kovimmilla pakkasilla.

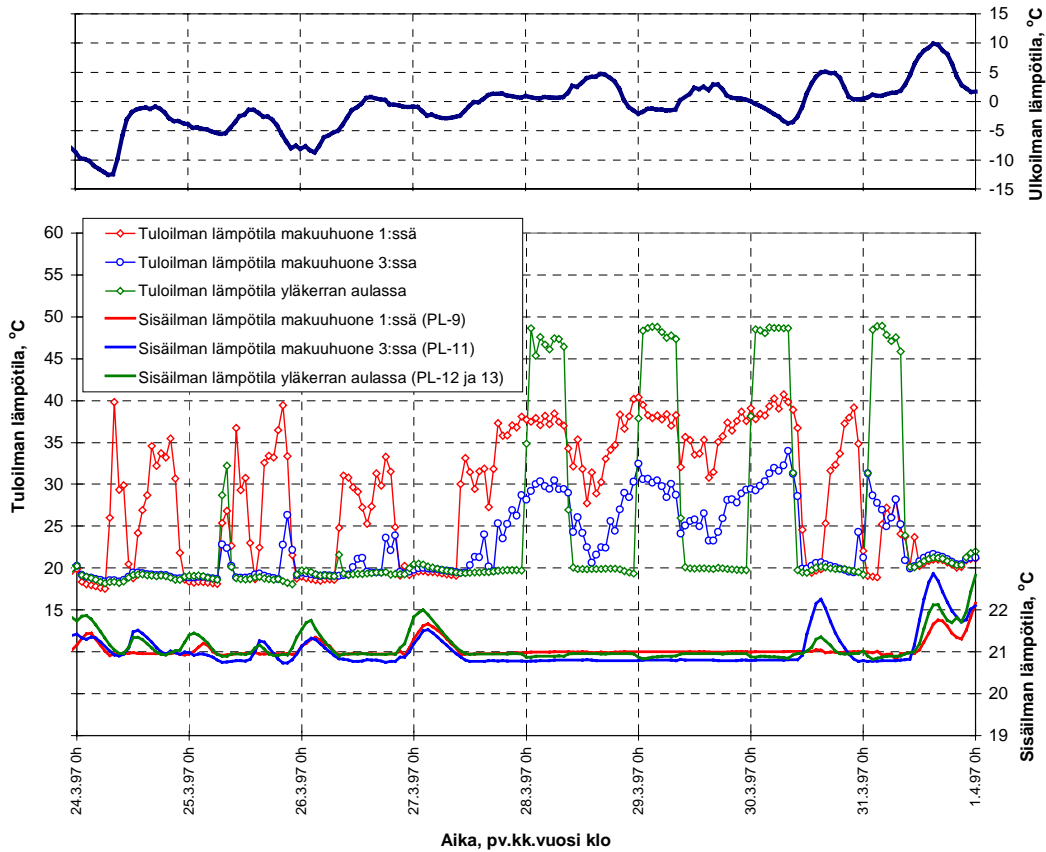
Kuvassa 19 on tuloksia jaksolta, jolla ilmanvaihtolämmitystä käytettiin vakio-asetuksilla. Lämpötila pysyivät hyvin asetusarvoissaan.



Kuva 17. ESPI 2 -talon yläkerran huonekohtaisen ilmanvaihtolämmityksen toimintalämpötilat kuukausikeskiarvoina seurannan ajalta.



Kuva 18. ESPI 2 -talon yläkerran huonekohtaisen ilmanvaihtolämmityksen toimintalämpötilat tammikuussa 1997. Huonelämpötilojen asetusravot olivat päivällä 20 °C ja yöllä 20 - 22 °C aikavyöhykkeestä ja huoneesta riippuen.



Kuva 19. ESPI 2 -talon yläkerran huonekohtaisen ilmanvaihtolämmityksen toimintalämpötilat suorasähköjaksolla maaliskuussa 1997. Jaksolla huoneissa kokeiltiin vakiolämpötila-asetuksia (21 °C) ympäri vuorokauden. Päivisin pienet sisälämpötilan nousut johtuvat auringon paisteesta ja iltaisin alakerran takan lämmityksestä. Kun lämpökuormia ei ollut, sisälämpötila pysyi vakiona.

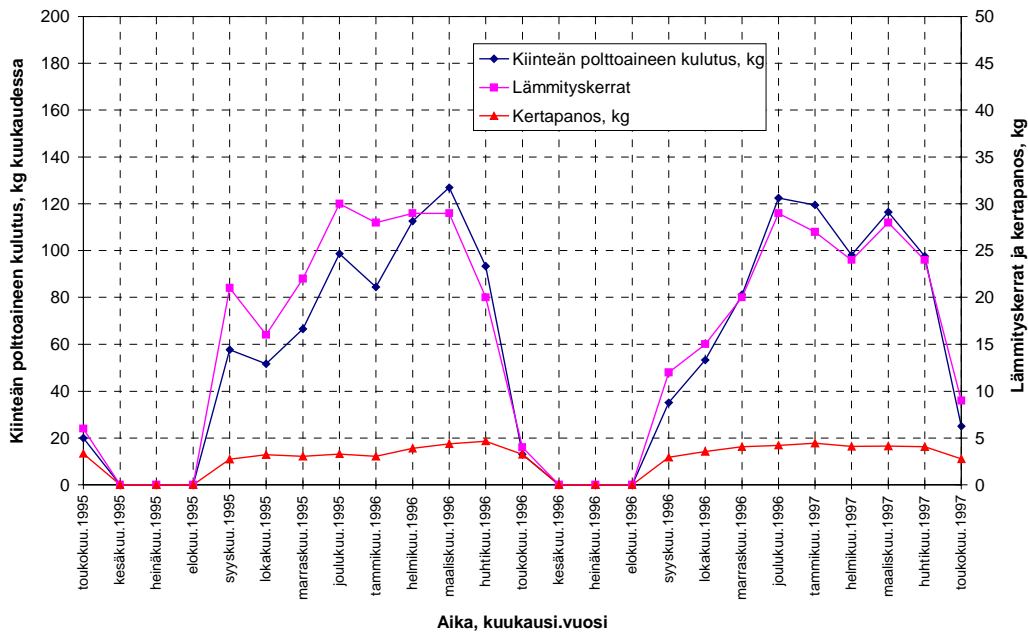
5.1.5 Takkalämmitys

Takkaa lämmitettiin molemmissa taloissa säännöllisesti. Ensimmäisenä vuotena ESPI 2 -talossa tuotettiin takalla yli 40 % tilojen lämmitysenergiatarpeesta. Toisena talvena tahti hieman hiipui, koska pilkevarasto pääsi tilapäisesti ehtymään. ESPI 1 -talossa puuta poltettiin tasaisempaan tahtiin. ESPI 1 -talossa kerralla poltettu puumäärä oli noin 4 kg ja talvella puuta poltettiin keskimäärin 20 - 30 kertaa kuukaudessa. ESPI 2 -talossa kertapanos oli 5 - 10 kg puuta ja takkaa lämmitettiin noin 20 kertaa kuukaudessa, toisena talvena hieman harvemmin.

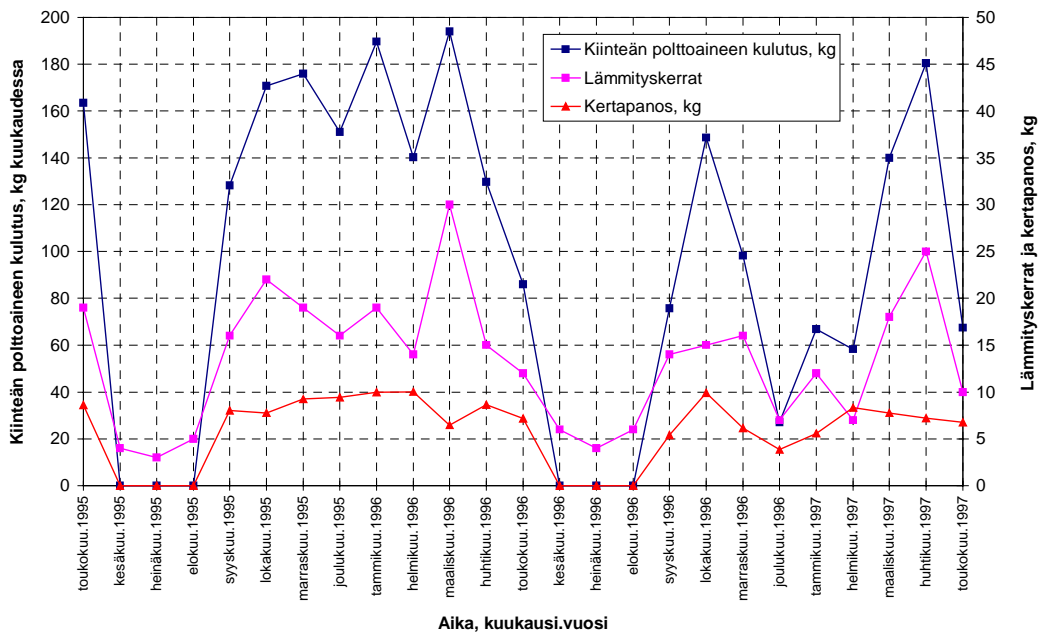
Kuvissa 20 ja 21 on polttopuun kulutus kuukausittain. Kuvissa 22 ja 23 on takan lämmitysteho sekä savukaasun ja rungon keskilämpötilat kuukausittain.

Kuvissa 24 ja 25 on takkalämmityksen lämpötilat ja tehot tammikuussa 1997. ESPI 1 -talossa mitattu savukaasun lämpötila oli hieman korkeampi kuin ESPI 2 -talossa. ESPI 2 -talossa savuhormi oli vuolukiveä, joka varasi savukaasun lämpöä ja luovutti sitä hitaasti myös yläkertaan.

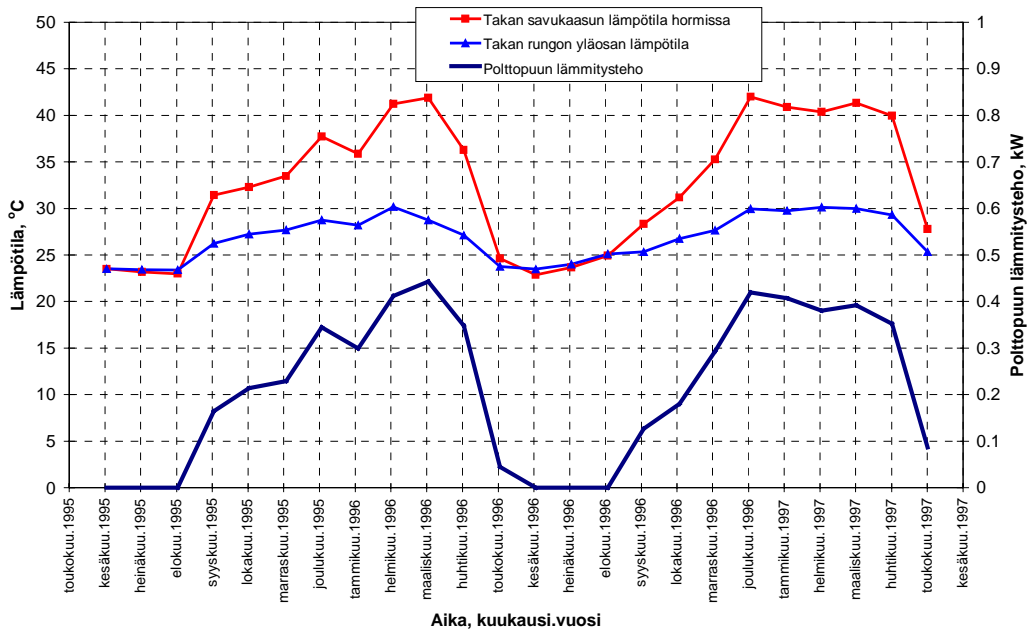
Kuvasta 25 nähdään, miten ESPI 2 -talon takan sähkölämmitysvastukset ja niiden säätöautomaatti toimivat. Jos takassa poltetaan puuta, sähkölämmitys ei kytkeydy päälle. Jos puuta ei ole poltettu, kytkeytyy lämmitys päälle seuraavana yönä. Takkaa lämmitetään takan rungon yläosaan asennetun lämpötila-anturin mukaan. Lämpötilan asetusarvo riippuu ulkoilman lämpötilasta. Järjestelmä sopii varaavaksi lämmitysmuodoksi myös taloihin, joissa on kevytrakenteinen alapohja.



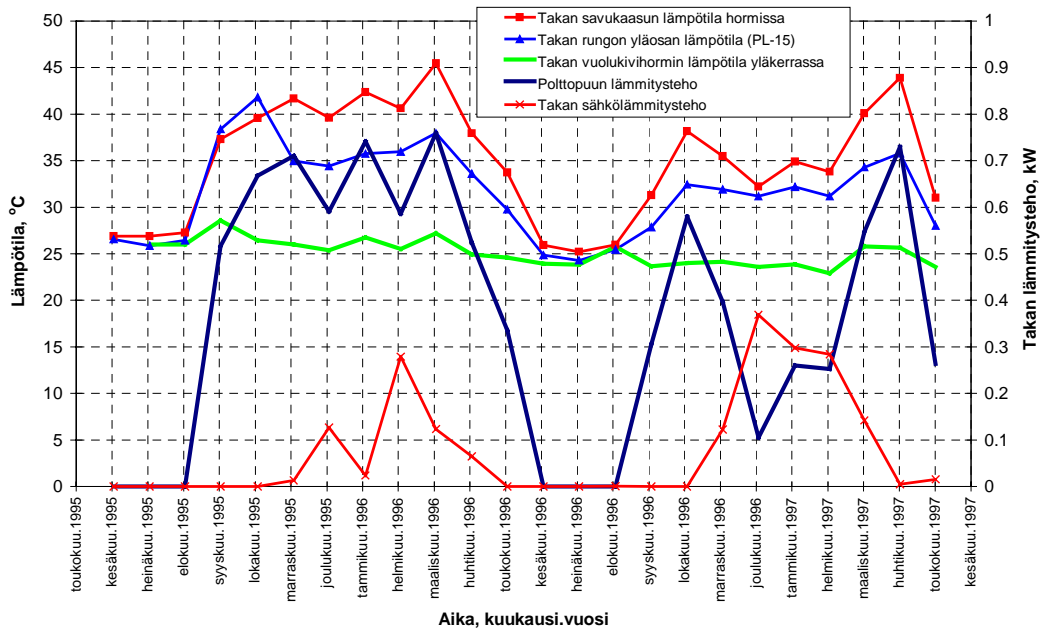
Kuva 20. ESPI 1 -talon polttopuun kulutus kuukausittain.



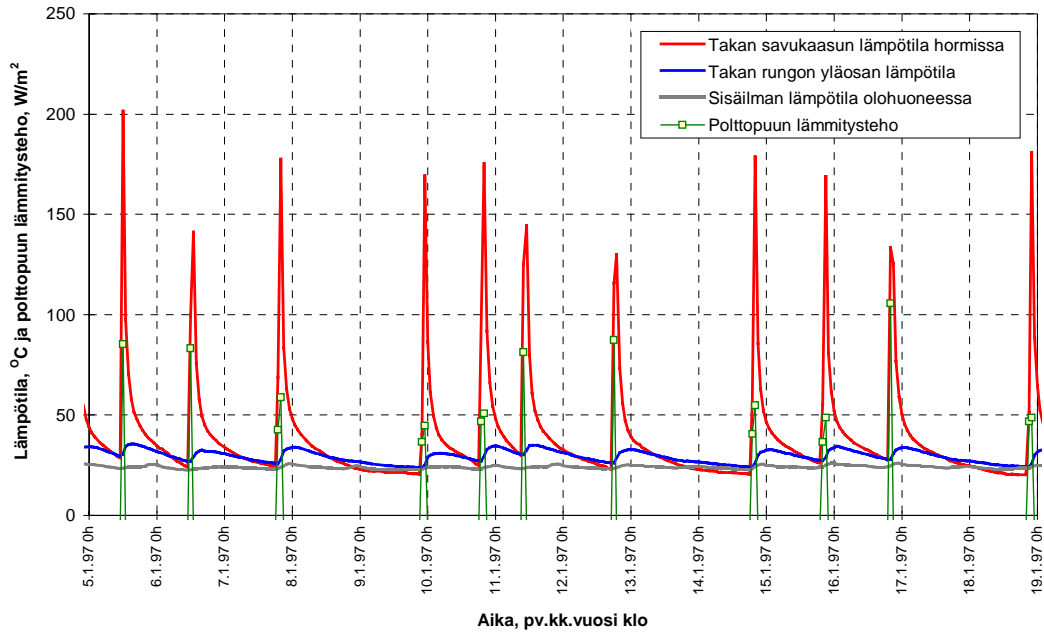
Kuva 21. ESPI 2 -talon polttopuun kulutus kuukausittain.



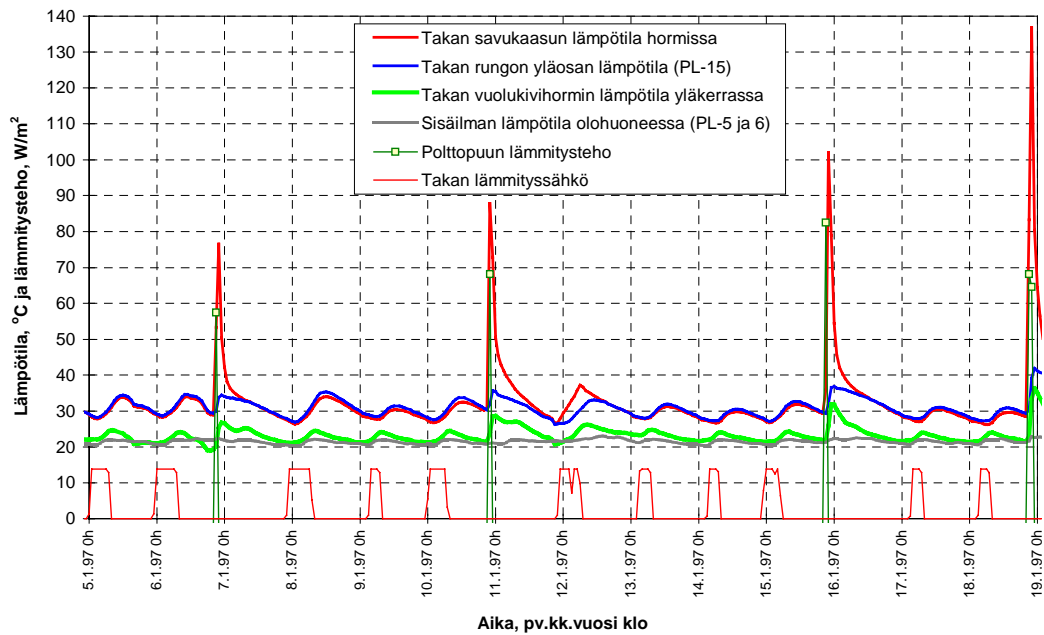
Kuva 22. ESPI 1 -talon takan rungon ja savukaasun lämpötilat sekä polttopuusta saatu lämmitysteho kuukausikeskiarvoina seurannan ajalta.



Kuva 23. ESPI 2 -talon takan rungon, yläkerran hormin pinnan ja savukaasun lämpötilat kuukausikeskiarvoina seurannan ajalta.



Kuva 24. ESPI 1 -talon takan rungon ja savukaasun lämpötilat tammikuussa 1997.

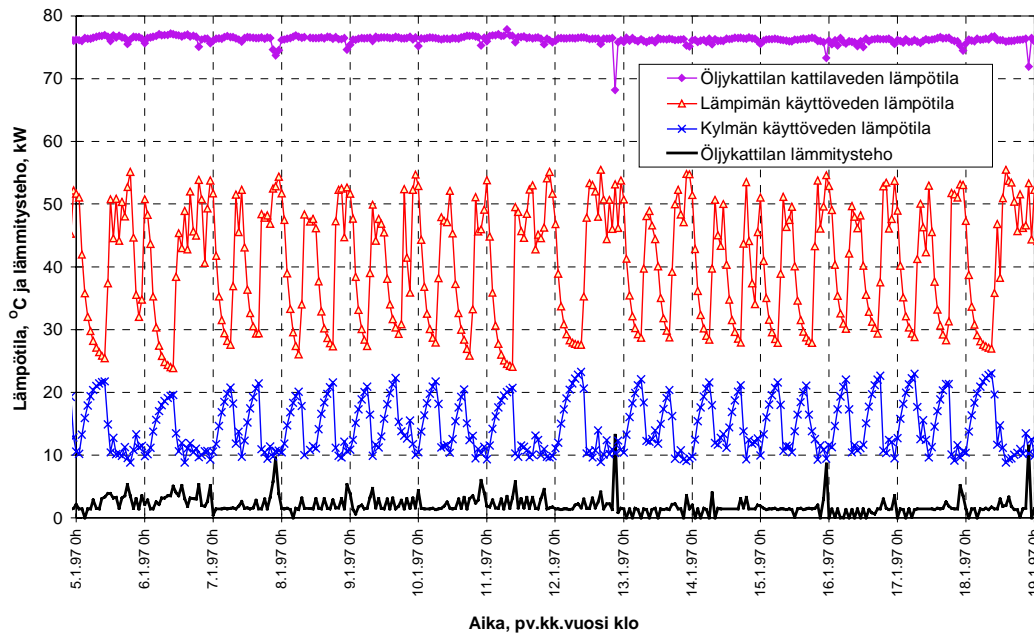


Kuva 25. ESPI 2 -talon takan rungon, yläkerran hormin pinnan ja savukaasun lämpötilat tammikuussa 1997. Mikäli puuta ei polteta, kytkeytyy takan varaava sähkölämmitys automaattisesti päälle seuraavana yönä.

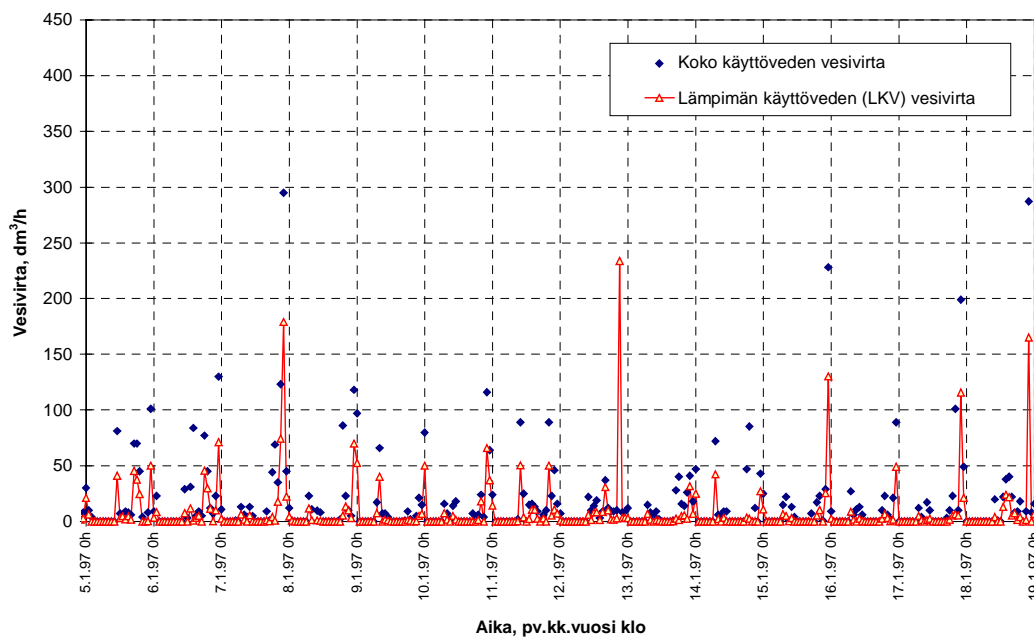
5.1.6 Käyttöveden lämmitys

Kuvissa 26 - 29 on mittaustuloksia käyttöveden lämmityksen toiminnasta. Molemmista taloissa käyttöveden lämmityksen toiminta oli moitteetonta. Lämpimän veden riittävydessä ei ollut ongelmia. ESPI 1 -talossa lämmin

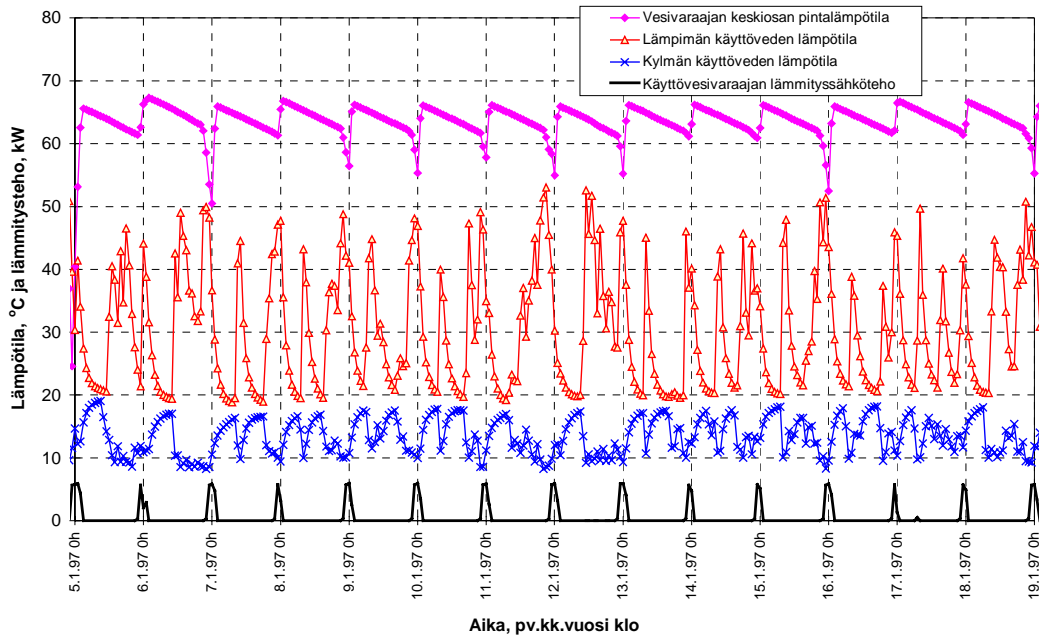
käyttövesi lämmitettiin öljykattilassa lämmityskierukalla. Kattilaveden lämpötila pysyi tasaisena käyttöveden kuormituksista huolimatta. Kattilan keskimääräinen lämmitysteho oli suurimman osan ajasta alle 2 kW, mutta lämpimän käyttöveden kulutuksen aikana tuntiteho oli hetkittäin yli 10 kW. ESPI 2 -talossa lämmin käyttövesi lämmitettiin 500 litran varaajassa yösaikalla. Lämmitysvastus (6 kW) oli tyypillisesti päällä vain kahdesta kolmeen tuntia yössä, joten varaaja olisi riittänyt kaksinkertaiseenkin vedenkulutukseen.



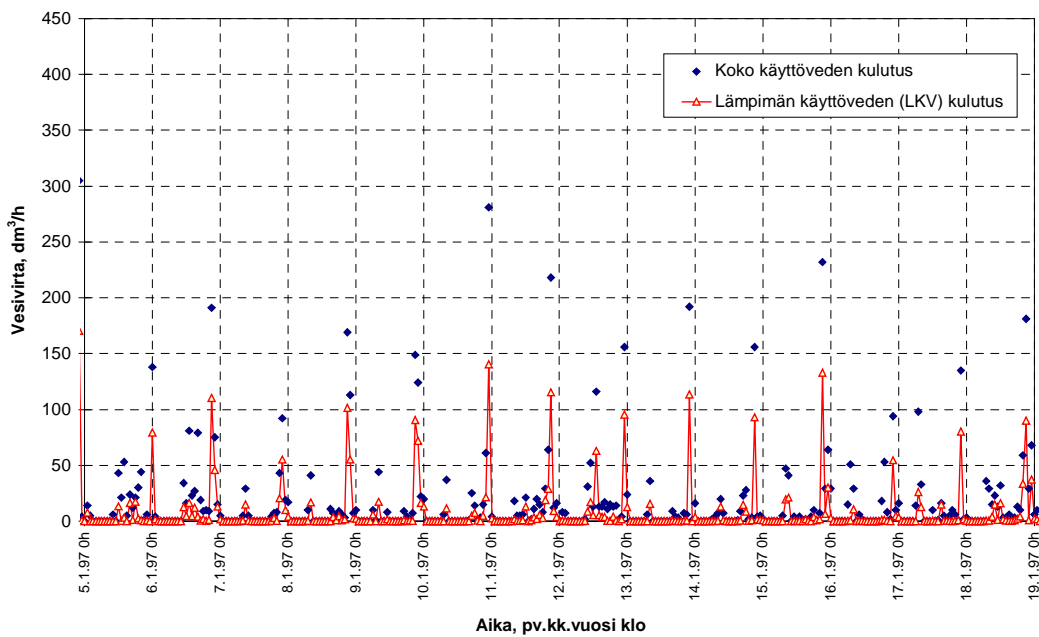
Kuva 26. ESPI 1 -talon käyttöveden lämpötilat ja öljykattilan lämmitysteho tammikuussa 1997.



Kuva 27. ESPI 1 -talon käyttövesivirtojen tuntikeskiarvot tammikuussa 1997.



Kuva 28. ESPI 2 -talon käyttöveden lämpötilat ja varaajan lämmitysteho tammikuussa 1997.



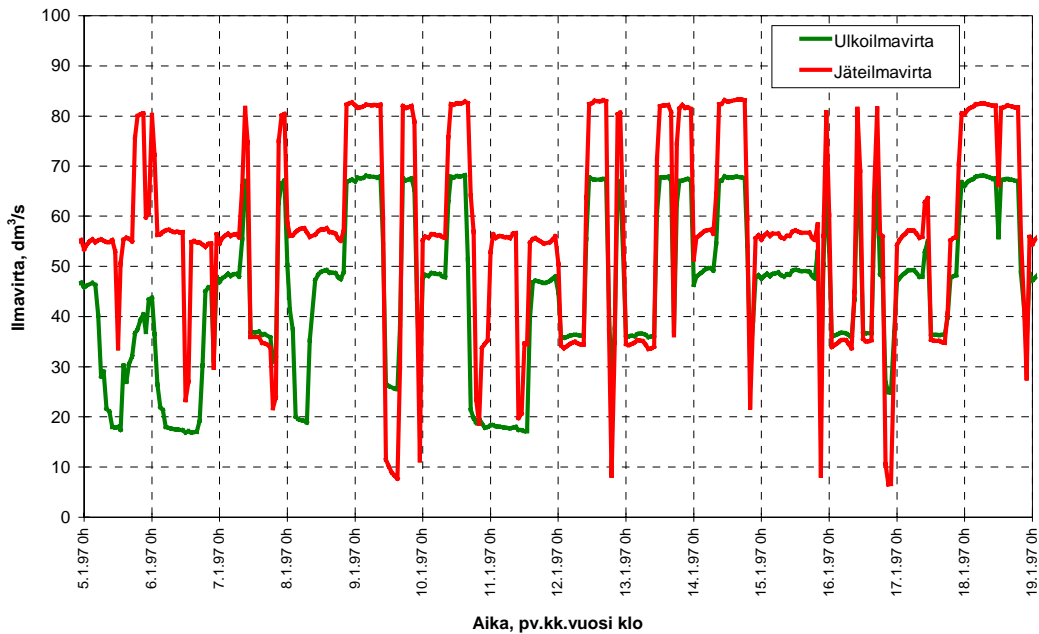
Kuva 29. ESPI 2 -talon käyttövesivirtojen tuntikeskiarvot tammikuussa 1997.

5.2 ILMANVAIHDON TOIMINTA

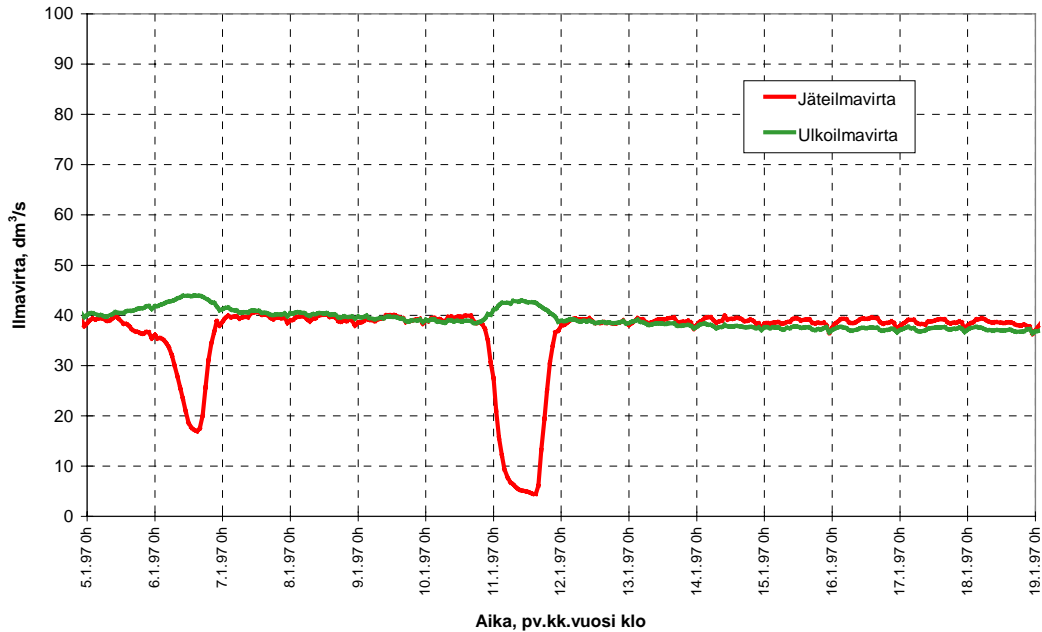
5.2.1 Ilmavirtojen hallinta

Ilmanvaihdon tarpeenmukaisen käytön mahdollisuutta hyödynnettiin taloissa eri tavalla. ESPI 1 -talossa asukas käytti ilmanvaihtoa aktiivisesti eri tehoilla tarpeen mukaan. ESPI 2 -talossa ilmanvaihto oli ensimmäisiä kuukausia lukuun ottamatta jatkuvasti säätöasennossa kaksi (tarkemmin kappaleessa 7.2).

Kuvissa 30 ja 31 ovat mitatut ilmavirrat tammikuussa 1997. Ilmavirroista nähdään myös lämmöntalteenoton jäätyminen eston toiminta. ESPI 1 -talossa ulkoilmavirta pienenee puoleen, kun ulkoilmapuhallin pysähtyy pakkasella (esim. 11.1.1997). Toiminta estää lämmöntalteenottoa jäätyvästä umpeen. ESPI 2 -talossa jäätymsuojaus oli kytketty termostaatilla pois päältä, jotta poistoilman lämmöstä saadaan mahdollisimman suuri osa talteen. Lämmöntalteenottokennon annettiin jäätyä kovilla pakkasilla ja tällöin jäteilmavirta tilapäisesti pieneni.



Kuva 30. ESPI 1 -talon ilmanvaihdon ilmavirrat tammikuussa 1997. Ilmanvaihtokerrointa $0,5 h^{-1}$ vastaava jäteilma on $44 dm^3/s$.



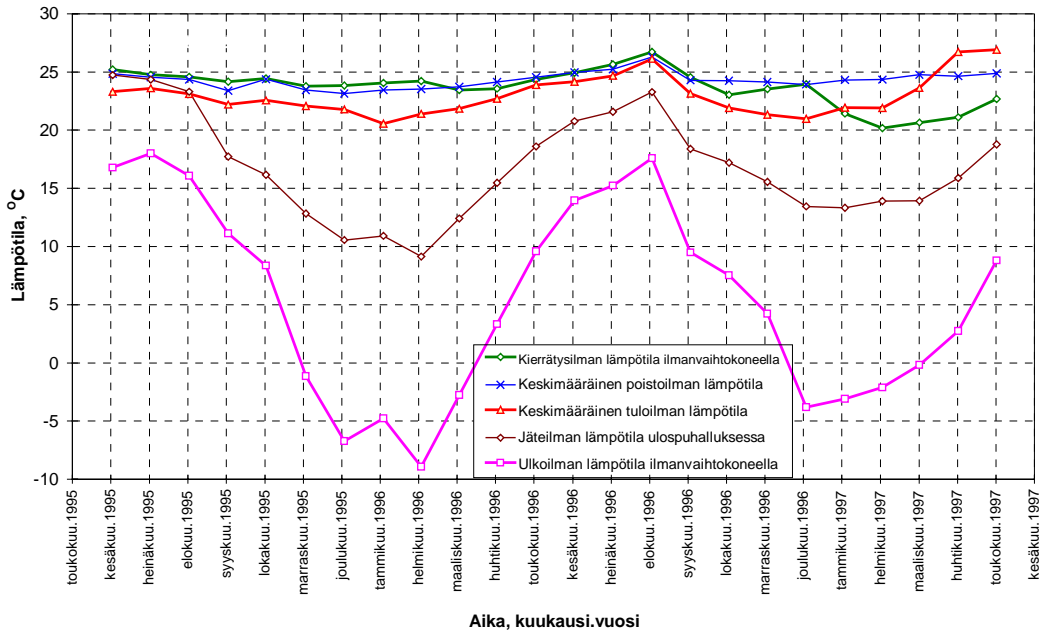
Kuva 31. ESPI 2 -talon ilmanvaihdon ilmavirrat tammikuussa 1997. Ilmanvaihtokerrointa $0,5 \text{ h}^{-1}$ vastaava jäteilma on $50 \text{ dm}^3/\text{s}$. Lämmöntalteenotokennon annettiin tutkimuksessa jäätystä, jolloin jäteilmavirta pieneni tilapäisesti. Koska ilmavirtojen epätasapaino voi aiheuttaa sisälle ylipaineen, tilanne ei ole suotava.

5.2.2 Ilmanvaihtokoneen lämpötilat

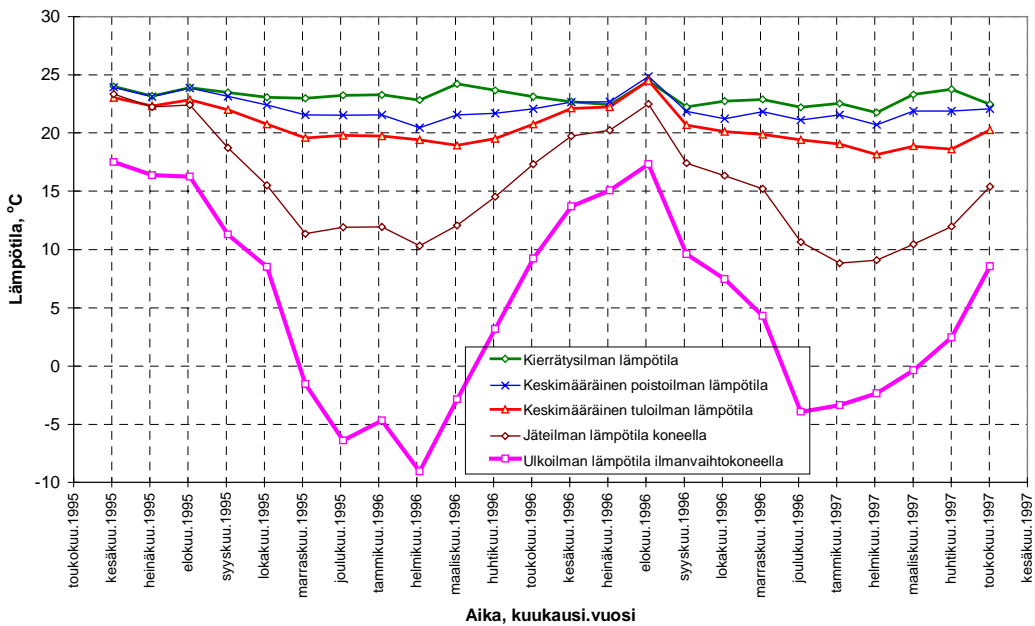
Kuvissa 32 ja 33 ovat ilmanvaihtokoneilta mitatut lämpötilat kuukausikeskiarvoina. ESPI 1 -talossa kierrätysilman, poistoilman ja tuloilman lämpötilat olivat hieman korkeampia kuin ESPI 2 -talossa. Tuloilman lämpötila oli ESPI 1 -talossa keskimäärin $22 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ESPI 2 -talossa hieman alle $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Lämmöntalteenoton tehokkuuden takia ulospuhallettava jäteilma pitäisi olla mahdollisimman viileätä. Jäteilman lämpötila oli ESPI 1 -talossa ensimmäisenä talvena keskimäärin $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ja toisena talvena noin $14 \text{ }^\circ\text{C}$. ESPI 2-talossa se oli ensimmäisenä talvena keskimäärin $12 \text{ }^\circ\text{C}$ ja toisena talvena hieman alle $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

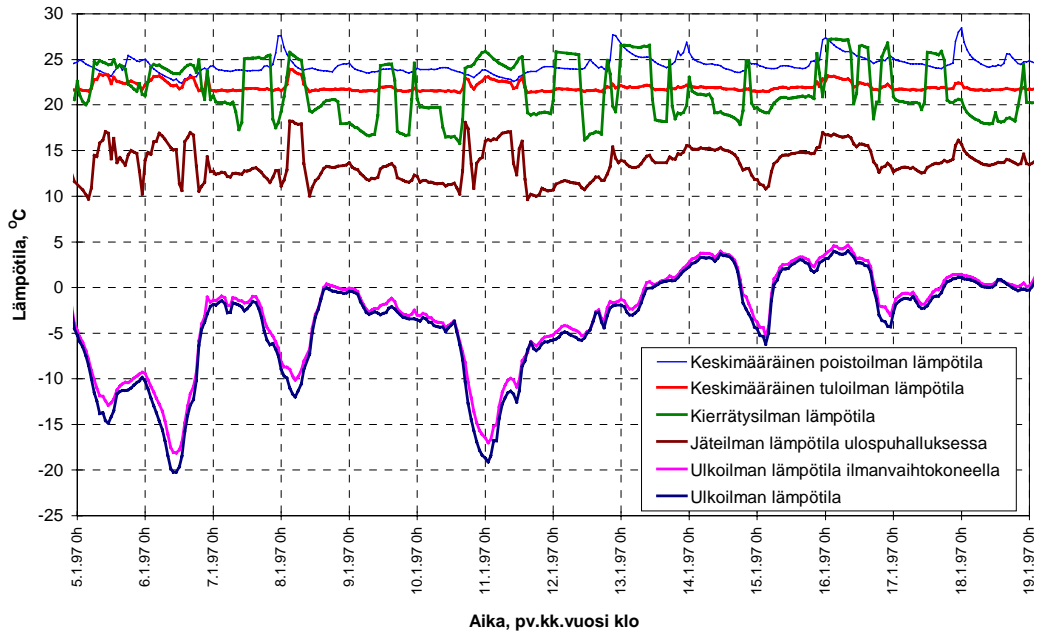
Kuvissa 34 ja 35 ovat ilmanvaihtojärjestelmien lämpötilat tammikuussa 1997. Ulkoilman lämpeneminen kanavassa ennen ilmanvaihtokonetta oli vähäistä, koska ulkoilmakanava oli hyvin lämpöeristetty (100 mm eristevillaa).



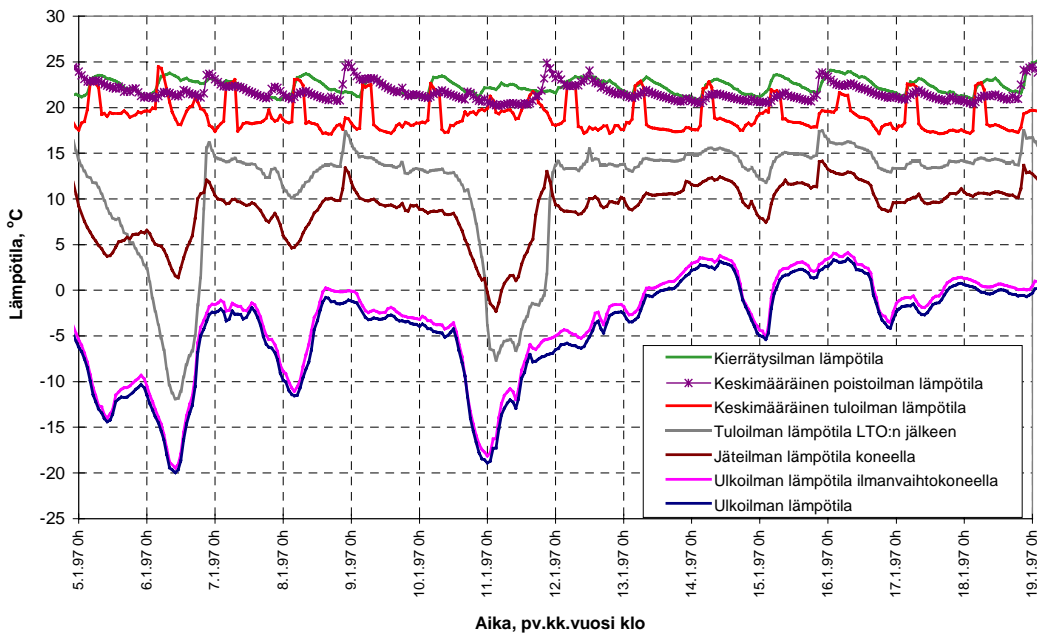
Kuva 32. ESPI 1 -talon ilmanvaihtokoneelta mitatut lämpötilat kuukausikeskiarvoina seurannan ajalta.



Kuva 33. ESPI 2 -talon ilmanvaihtokoneelta mitatut lämpötilat kuukausikeskiarvoina seurannan ajalta.



Kuva 34. ESPI 1 -talon ilmanvaihtokoneelta mitatut lämpötilat tammikuussa 1997.



Kuva 35. ESPI 2 -talon ilmanvaihtokoneelta mitatut lämpötilat tammikuussa 1997.

5.2.3 Lämmöntalteenoton toiminta

Ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) tehokkuutta arvioitiin jäteilman mukana ulos menevän lämpötehon mukaan. Ilman kosteuden vaikutusta ei

otettu huomioon. Ilmanvaihdon lämpöhäviö laskettiin mittaustuloksista tunneittain kaavalla 1. Lämpöhäviötä verrattiin tilanteeseen, jossa ilma poistuu rakennuksesta poistoilman lämpötilassa (koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä ilman LTO:a). Tehohyötysuhde laskettiin lämpöhäviötehojen suhteesta kaavalla 2.

Levylämmönsiirtimellä toteutetulla LTO:lla jäteilma voidaan jäähdyttää alimmillaan noin +5 °C:seen. Jos jäteilmaa jäähdytetään enemmän, LTO-kenno alkaa huurtua ja jäätyä ja silloin täytyy ilmanvaihtokoneen automatiikan huolehtia huurteen ja jään sulattamisesta.

ESPI-taloissa LTO:n sulanapito oli toteutettu koneelle tulevan ulkoilman esilämmityksellä ja jäätyminenesto oli varmistettu tulopuhaltimen pysäytystermostaatilla. Ulkoilmaa esilämmitettiin sekoittamalla ulkoilmaan lämmintä tuloilmaa. Koska menetelmässä LTO:n teho pienenee merkittävästi, kokeiltiin tutkimuksessa myös LTO:n toimintaa ilman sulanapitoa. Tällöin LTO:n annettiin ajoittain huurtua ja jäätyä, mutta vastaavasti LTO:n teho oli leudommalla säällä parempi.

$$\Phi_{IV} = \rho_i c_{pi} q_{vj} (t_j - t_u), \quad (1)$$

missä

Φ_{IV}	on	ilmanvaihdon lämpöhäviöteho, W
ρ_i		ilman tiheys, kg/m ³ (1,2 kg/m ³)
c_{pi}		ilman ominaislämpökapasiteetti, J/kgK (1 000 J/kgK)
q_{vj}		jäteilmavirta, m ³ /s (mitattu)
t_j		jäteilman lämpötila, °C (mitattu)
t_u		ulkoilman lämpötila, °C (mitattu)

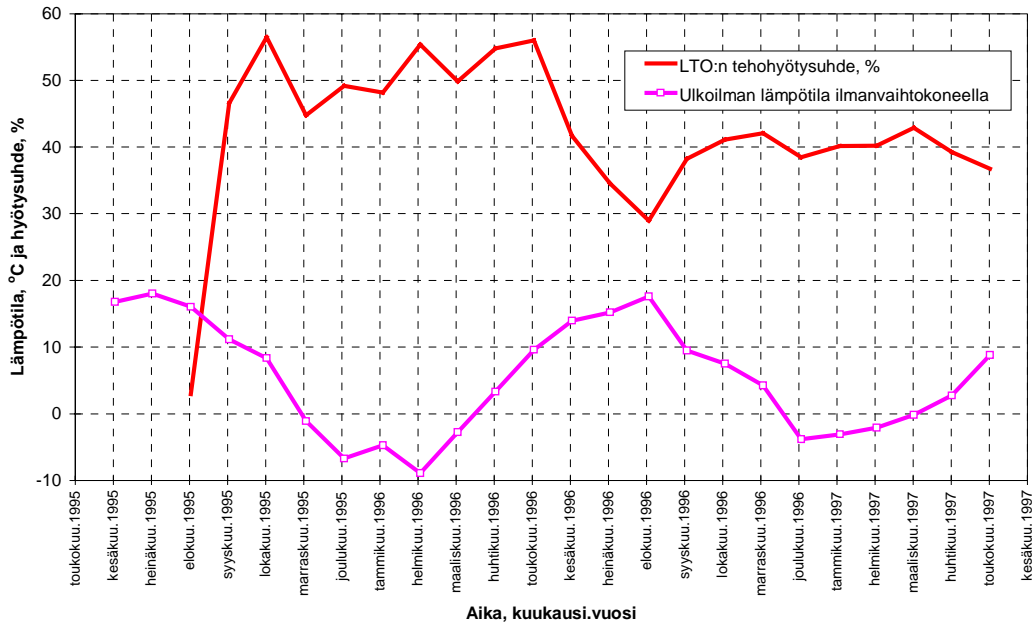
$$\eta_{LTO} = 1 - \Phi_{IV} / \Phi_{IV}^*, \quad (2)$$

missä

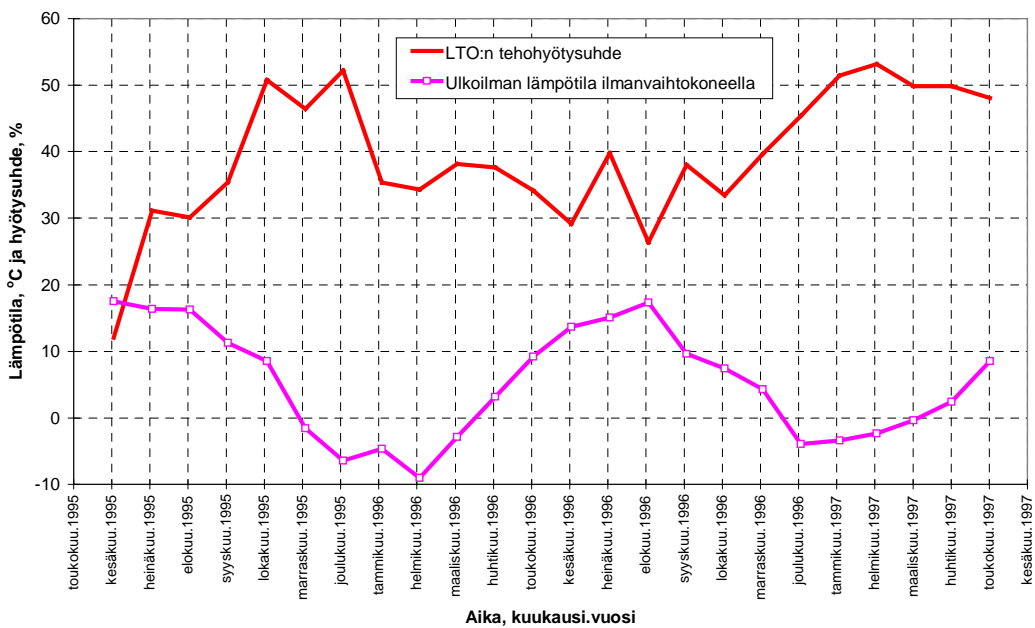
η_{LTO}	on	ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) tehohyötysuhde, -
Φ_{IV}		ilmanvaihdon lämpöhäviöteho LTO:lla, W (kaava 1)
Φ_{IV}^*		ilmanvaihdon lämpöhäviöteho ilman LTO:a, W (kaava 1, kun jäte ilman lämpötilana käytetään mitattua poistoilman lämpötilaa)

Kuvissa 36 ja 37 ovat lämmöntalteenoton hyötysuhteet kuukausikeskiarvoina. Suurimmillaan hyötysuhde oli noin 50 %. Erilaiset jäätymissuojakokeilut tutkimuksen aikana pienensivät hyötysuhdetta noin 10 %-yksikköä. Pieneneminen johtui ulkoilmavirran pienemisestä ja ulkoilman esilämmityksestä.

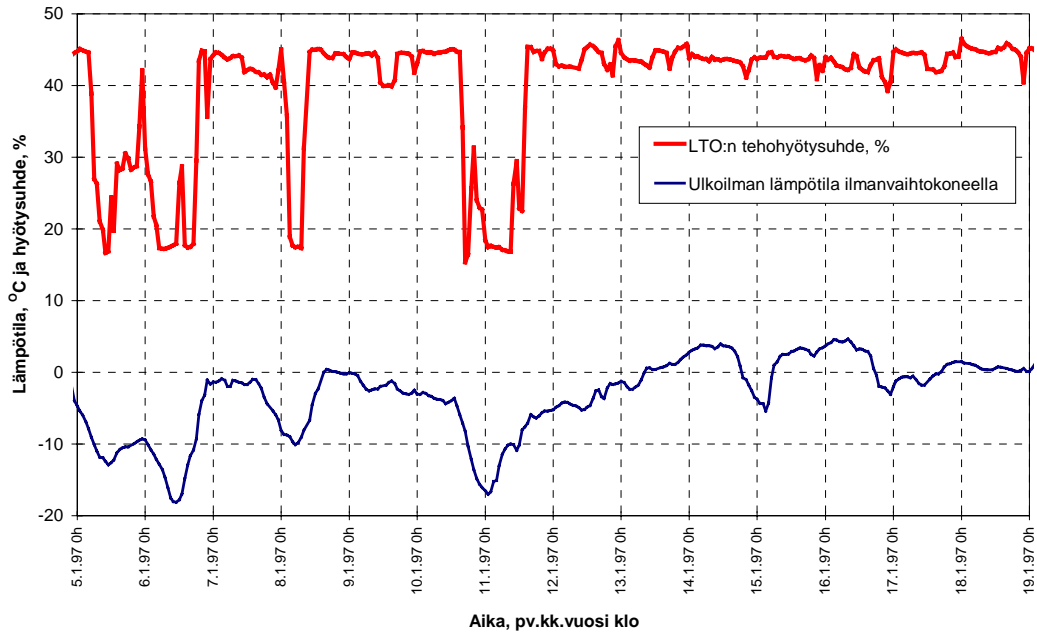
Kuvissa 38 ja 39 ovat lämmöntalteenoton hyötysuhteet tammikuussa 1997. ESPI 1 -talossa lämmöntalteenoton teho pieneni kovilla pakkasilla jäätymissuojauksen takia ja ESPI 2 -talossa lämmöntalteenottokennon jäätyksen takia.



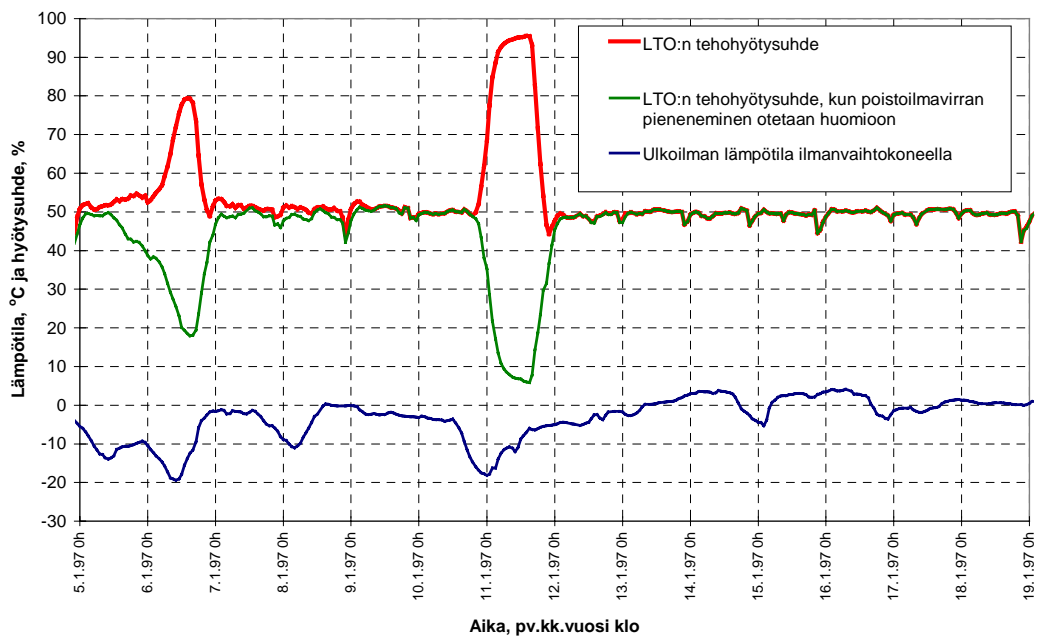
Kuva 36. ESPI 1 -talon ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) tehoyötysuhde kuukausikeskiarvoina seurannan ajalta.



Kuva 37. ESPI 2 -talon ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tehoyötysuhde kuukausikeskiarvoina seurannan ajalta.



Kuva 38. ESPI 1 -talon ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tehohyötysuhde tammi-kuussa 1997.

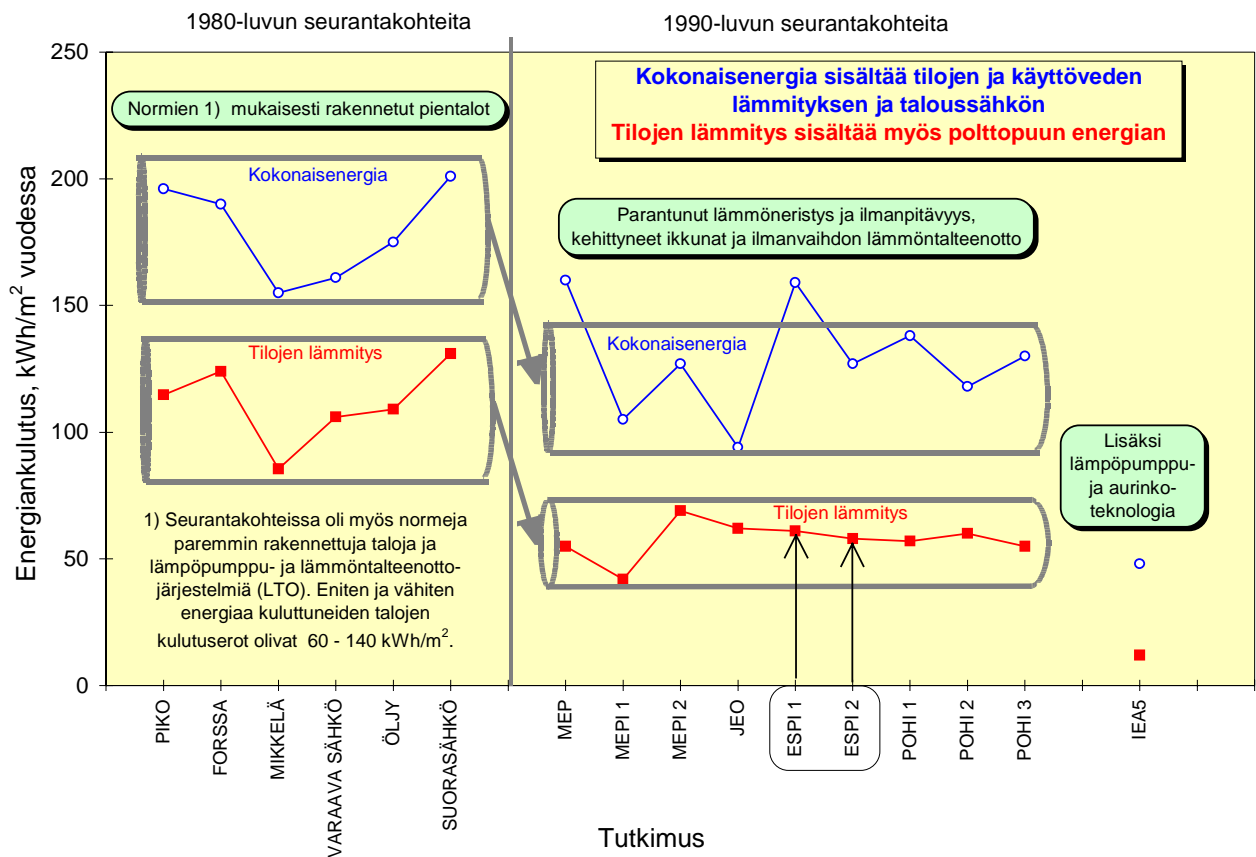


Kuva 39. ESPI 2 -talon ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tehohyötysuhde tammi-kuussa 1997. Koska jäätymissuojaus ei ollut käytössä, poistoilmavirta pieneni jäätymisen takia kovilla pakkasilla heikentäen lämmöntalteenoton hyötysuhdetta.

6 ENERGIAN- JA VEDENKULUTUS

Tilojen lämmitysenergiankulutus on ollut 1990-luvulla kehittyneissä matalaenergiapientaloissa keskimäärin puolet pienempi kuin 1980-luvulla tutkituissa asunomessutaloissa ja muissa tutkimuskohteissa. Myös kokonaisenergiankulutus on pienentynyt merkittävästi.

Kuvassa 40 on esitetty pientalojen energiaseurantatutkimusten tuloksia. ESPI-talojen tilojen lämmitysenergiankulutukset ovat hyvää 1990-luvun matalaenergiatalojen keskitasoa.



Kuva 40. Pientalojen energiankulutus eri seuranta-kohteissa 1980-luvulla ja 1990-luvulla.

ESPI-talojen energian- ja vedenkulutusta seurattiin kahden vuoden ajan. Keskimääräiset vuotuiset energiankulutukset ovat taulukossa 15 ja vedenkulutukset taulukossa 16.

Kuvissa 41 ja 42 ovat energiankulutukset molemmilta vuosilta. Kuvissa 43 ja 44 esitetään ostoenergian jakautuminen kuukausittain. Liitteessä 3 on talojen ennakkoon simuloidut energiankulutukset. Mitatut energian- ja vedenkulutukset ovat kokonaisuudessaan liitteessä 4.

ESPI 1 -talon kokonaisenergiankulutus oli 159 kWh/m² vuodessa. Tilojen lämmitysenergiankulutus oli 61 kWh/m², josta öljylämmitystä oli 45 kWh/m². Taloussähkön kulutus oli 60 kWh/m², josta talotekniset laitteet kuluttivat 27 kWh/m². Käyttöveden lämmitykseen kului 21 kWh/m². Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt olivat 16 kWh/m² eli viidesosa koko öljylämmitysenergiasta ja kolmasosa tilojen öljylämmitysenergiasta. Lämpöhäviöiden takia tekniikka-varastossa oli yllilämpöä ja vain osa lämpöhäviöstä pienensi varsinaisen lämmitysverkon kautta tapahtuvaa lämmitystä.

ESPI 2 -talon kokonaisenergiankulutus oli 127 kWh/m² vuodessa. Tilojen lämmitysenergiankulutus oli 58 kWh/m², josta sähkölämmitystä oli 35 kWh/m². Taloussähkön kulutus oli 42 kWh/m², josta talotekniset laitteet kuluttivat 12 kWh/m². Käyttöveden lämmitykseen kului 18 kWh/m². Käyttövesivaraajan lämpöhäviöt olivat 9 kWh/m² eli kolmasosa varaajaan syötetystä sähköenergiasta.

Tavanomaisissa taloissa merkityksettömät lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt ovat matalaenergiataloissa suuria.

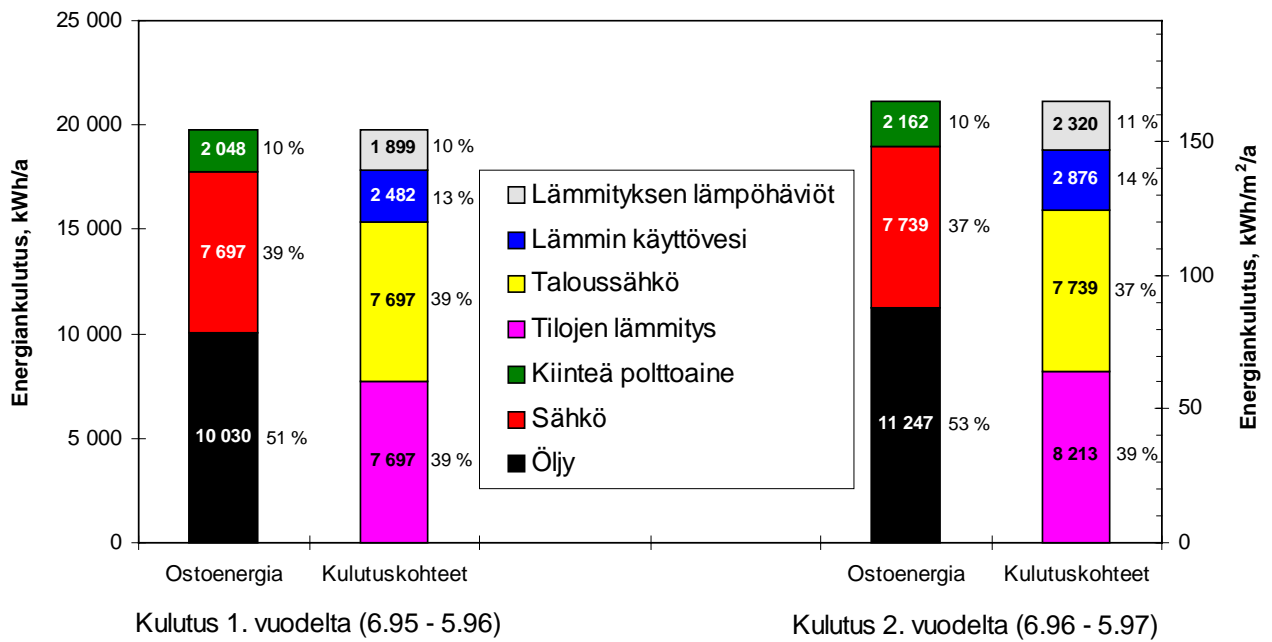
Taulukko 15. ESPI-talojen keskimääräiset energiankulutukset seurannan ajalta.

ESPI 1	Energiankulutus vuodessa			
	Mitattu kWh	Mitattu kWh/m ²	Osuus %	Tavoite kWh/m ²
Öljy (1172 litraa)	10 550	82,4	52 %	-
Sähkö	7 718	60,3	38 %	-
Kiinteä polttoaine	2 105	16,4	10 %	-
Yhteensä	20 372	159,2	100 %	(110)
Energiankulutuksen jakautuminen				
Tilojen lämmitys 1)	7 866	61,5	39 %	37
(Tilojen öljylämmitys)	5 761	45,0	28 %	37
Taloussähkö	7 718	60,3	38 %	(46)
Lämmin käyttövesi	2 679	20,9	13 %	(27)
Lämmityksen lämpöhäviöt	2 110	16,5	10 %	-
ESPI 2	Energiankulutus vuodessa			
	Mitattu kWh	Mitattu kWh/m ²	Osuus %	Tavoite kWh/m ²
Päiväsähkö	3 475	24,0	19 %	-
Yösähkö	11 744	81,0	64 %	-
Sähkö yhteensä	15 219	105,0	82 %	-
Kiinteä polttoaine	3 237	22,3	18 %	-
Yhteensä	18 456	127,3	100 %	(107)
Energiankulutuksen jakautuminen				
Tilojen lämmitys 1)	8 395	57,9	45 %	38
(Tilojen sähkölämmitys)	5 159	35,6	28 %	38
Taloussähkö	6 097	42,1	33 %	(45)
Lämmin käyttövesi	2 642	18,2	14 %	(24)
Varaajan lämpöhäviöt	1 322	9,1	7 %	-

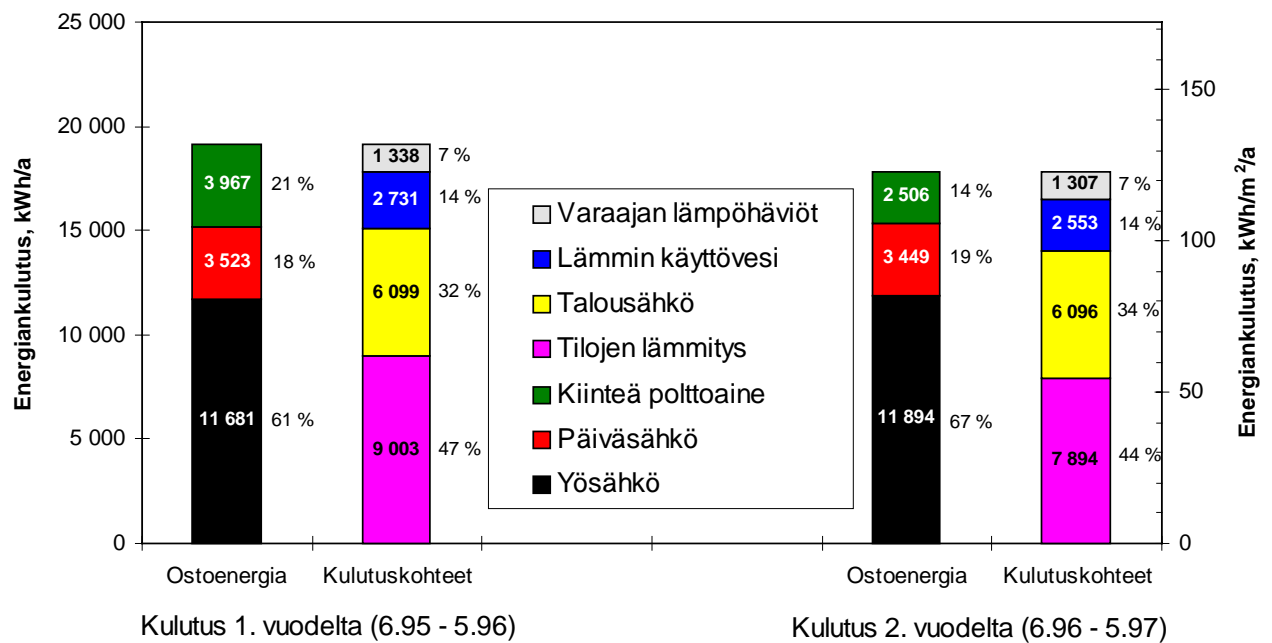
1) Lämmitysenergia on normeerattu ja sisältää polttopuun energian

Taulukko 16. ESPI-talojen keskimääräiset vedenkulutukset seurannan ajalta.

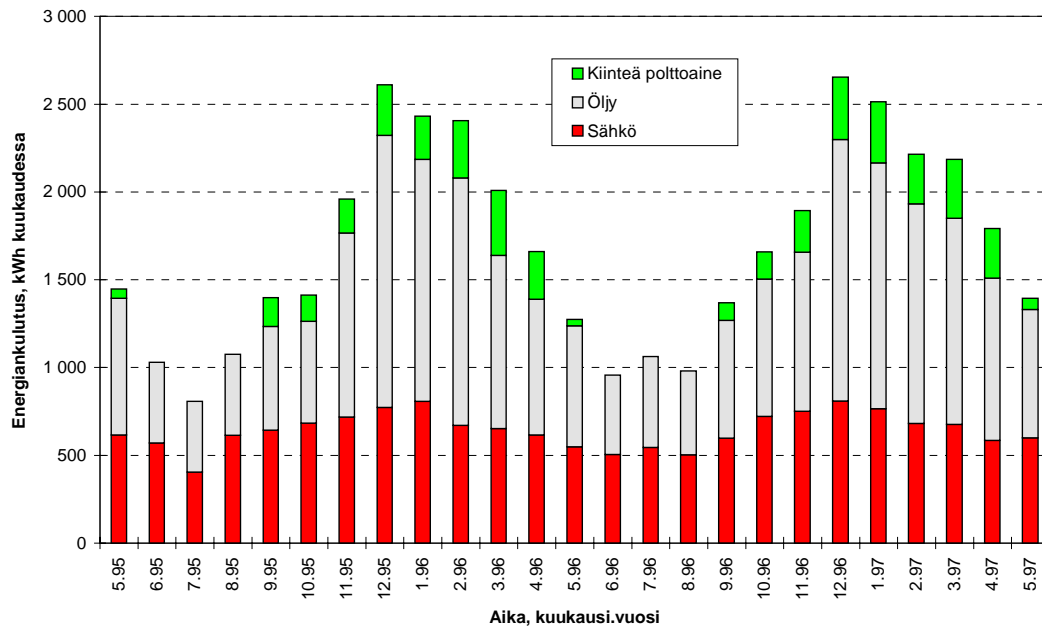
ESPI 1	Vedenkulutus vuodessa			
	Mitattu m ³	Mitattu dm ³ /henk/vrk	Osuus %	Tavoite dm ³ /henk/vrk
Kylmä vesi	88	60	63 %	(60 %)
Lämmin vesi	52	36	37 %	(40 %)
Yhteensä	140	96	100 %	60 - 180
ESPI 2	Vedenkulutus vuodessa			
	Mitattu m ³	Mitattu dm ³ /henk/vrk	Osuus %	Tavoite dm ³ /henk/vrk
Kylmä vesi	123	85	71 %	(60 %)
Lämmin vesi	50	34	29 %	(40 %)
Yhteensä	173	119	100 %	60 - 180



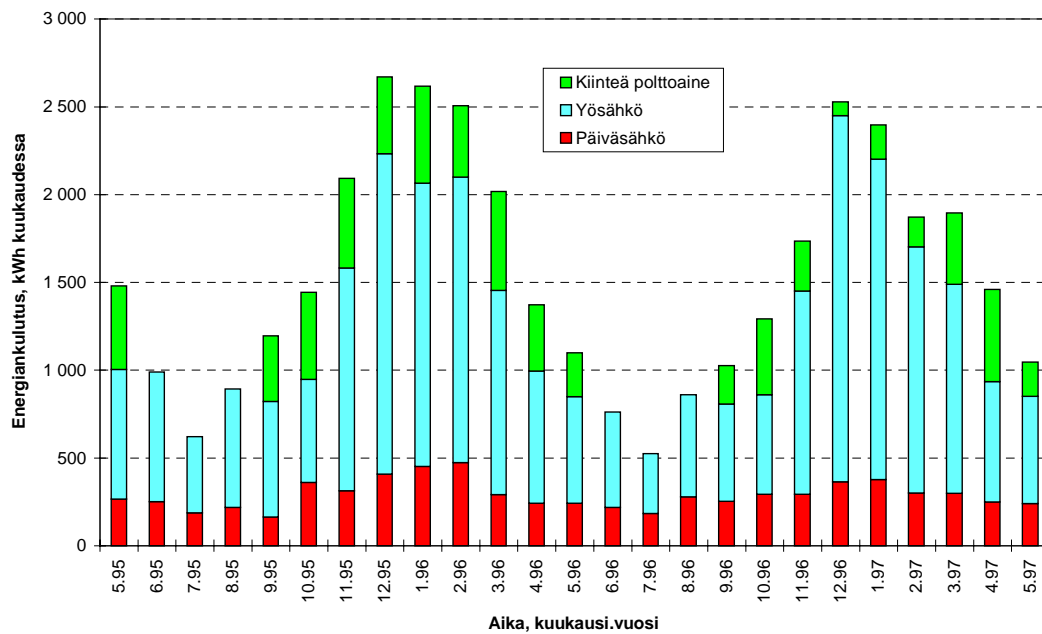
Kuva 41. ESPI 1 -talon vuosittaiset energiankulutukset.



Kuva 42. ESPI 2 -talon vuosittaiset energiankulutukset.



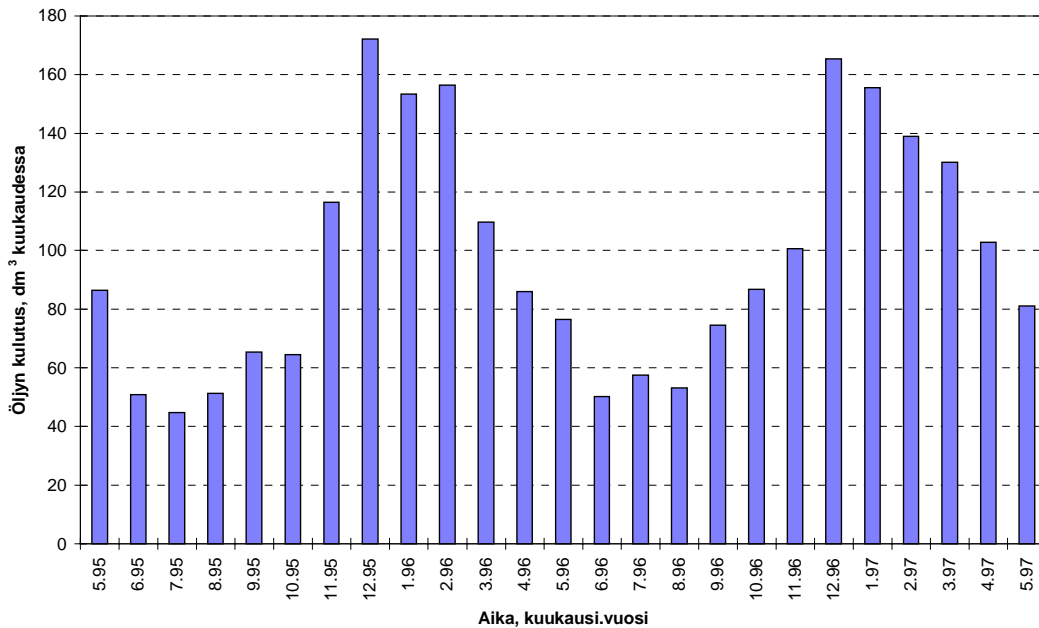
Kuva 43. ESPI 1 -talon ostoenergiankulutukset kuukausittain.



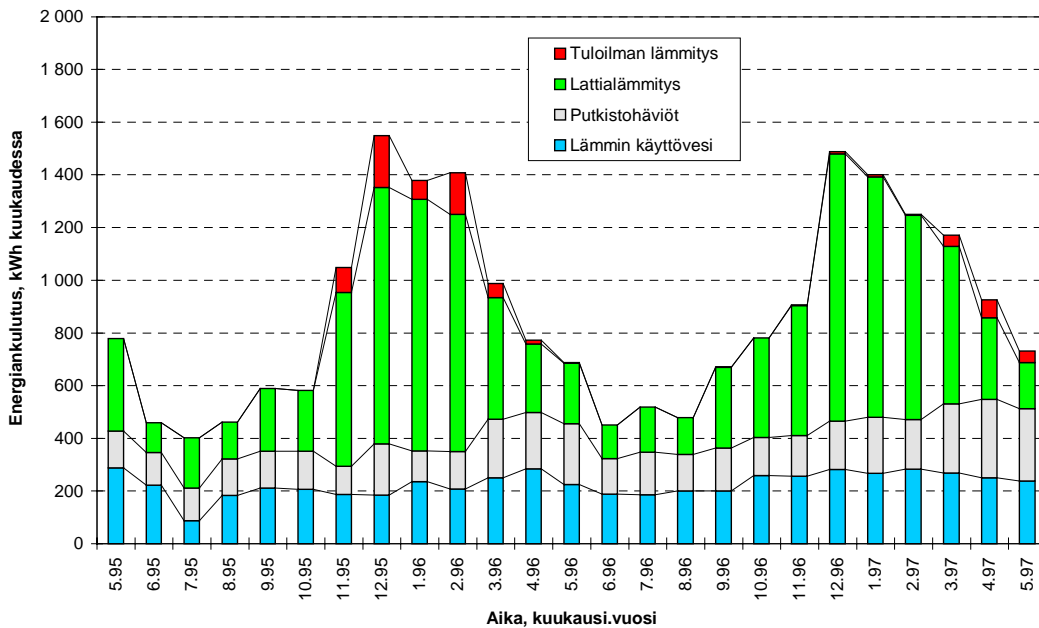
Kuva 44. ESPI 2 -talon ostoenergiankulutukset kuukausittain.

6.1 LÄMMITYSENERGIANKULUTUS

Kuvassa 45 on ESPI 1 -talon lämmitysöljynkulutus kuukausittain. Öljyä kului keskimäärin 1 172 dm³ vuodessa, joten kahden kuutiometrin öljysäiliö riittää lähes kahdeksi vuodeksi. Kuvan 46 mukaisesti pääosa (55 %) lämmöstä kului lattialämmitykseen. Kesällä öljynkulutus oli noin 50 dm³ kuukaudessa, ja lämpö kului tasan lämpimän käyttöveden, märkätilojen lattialämmityksen ja kattilahäviöiden kesken.

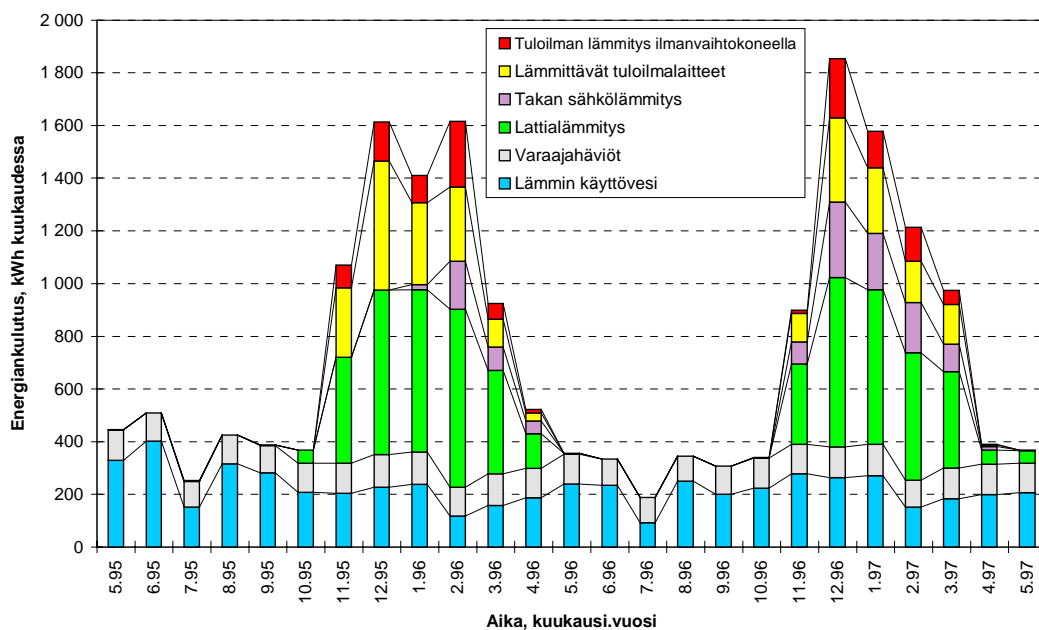


Kuva 45. ESPI 1 -talon lämmitysöljynkulutus kuukausittain.

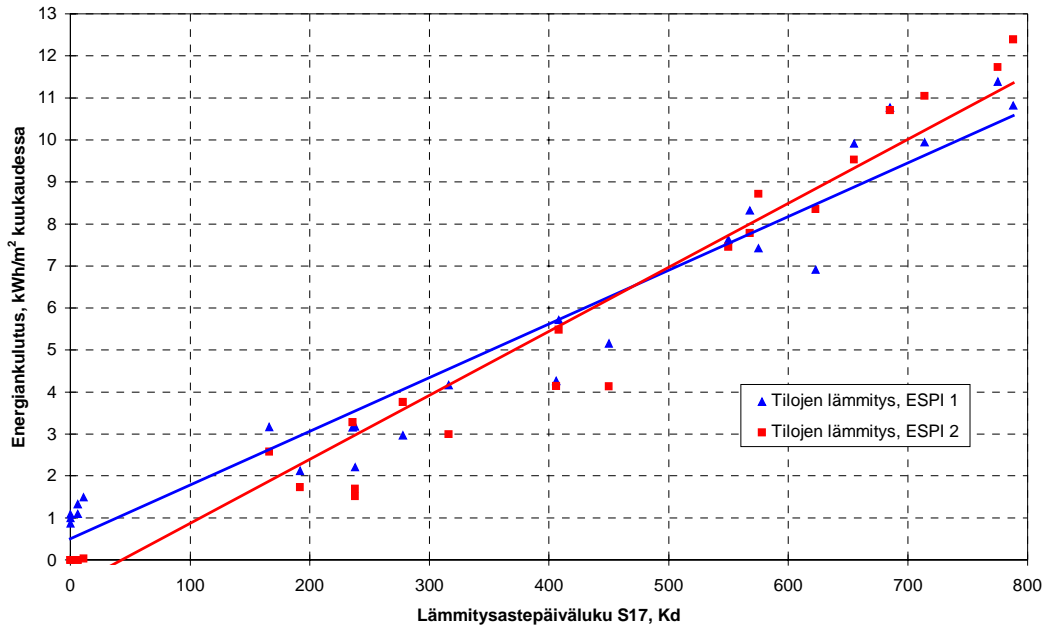


Kuva 46. ESPI 1 -talon lämmitysenergian jakautuminen kuukausittain.

Kuvassa 47 on ESPI 2 -talon sähkölämmitysenergian jakautuminen kuukausittain. Lämmitysenergiasta 33 % kului käyttövesivaraajan lämmittämiseen, noin 30 % lattialämmitykseen ja 11 - 16 % huonekohtaiseen ilmanvaihtolämmitykseen. Takan sähkölämmitykseen ja tuloilman lämmitykseen ilmanvaihtokoneella kului alle 10 % lämmityssähköstä. Kesällä lämpöä kului ainoastaan käyttöveden lämmittämiseen, koska asukas halusi tulla toimeen mahdollisimman suuren osan vuodesta puulämmityksellä. Märkätiloja on kuitenkin syytä lämmittää kesälläkin, jotta niiden kuivuminen voidaan varmistaa. Seurannan lopussa (huhtikuu 1997 ->) märkätilojen lattialämmitystä pidettiin päällä myös kesällä. Kuvassa 48 on molempien talojen lämmitysenergiankulutuksen riippuvuus kuukauden astepäiväluvusta. Erot talojen välillä ovat pieniä.



Kuva 47. ESPI 2 -talon sähkölämmitysenergian jakautuminen kuukausittain.



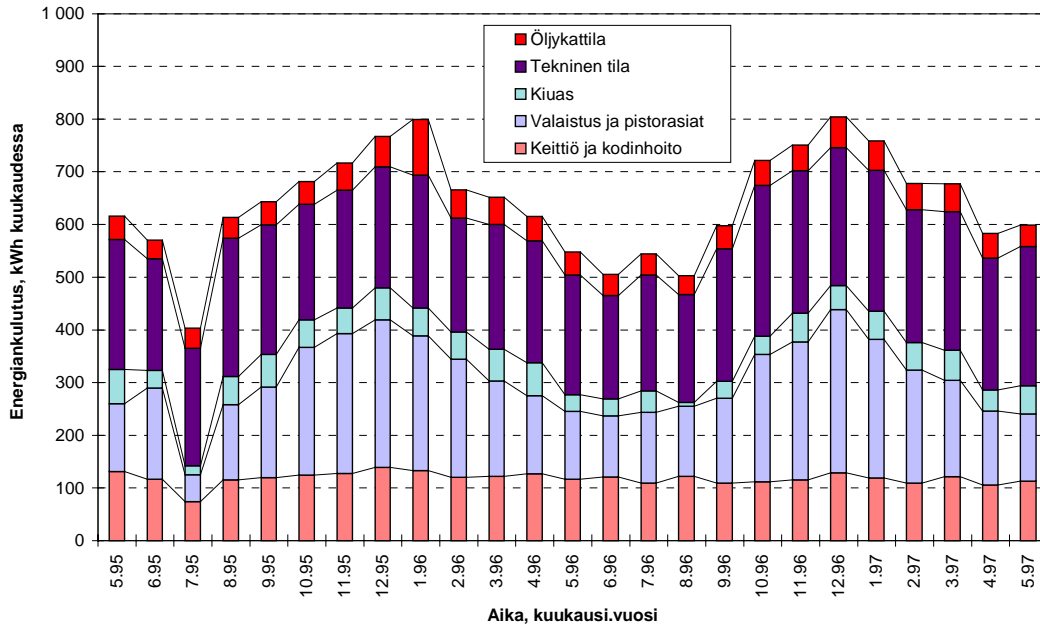
Kuva 48. ESPI-talojen tilojen lämmitysenergian kulutus kuukausittain lämmitysastepäiväluvusta riippuen. ESPI 1 -talossa märkätilojen lämmitys oli päällä kesälläkin, mutta ESPI 2 -talossa ei. Talvikuukausien ominaiskulutus oli molemmilla taloilla lähes sama.

6.2 TALOUSSÄHKÖNKULUTUS

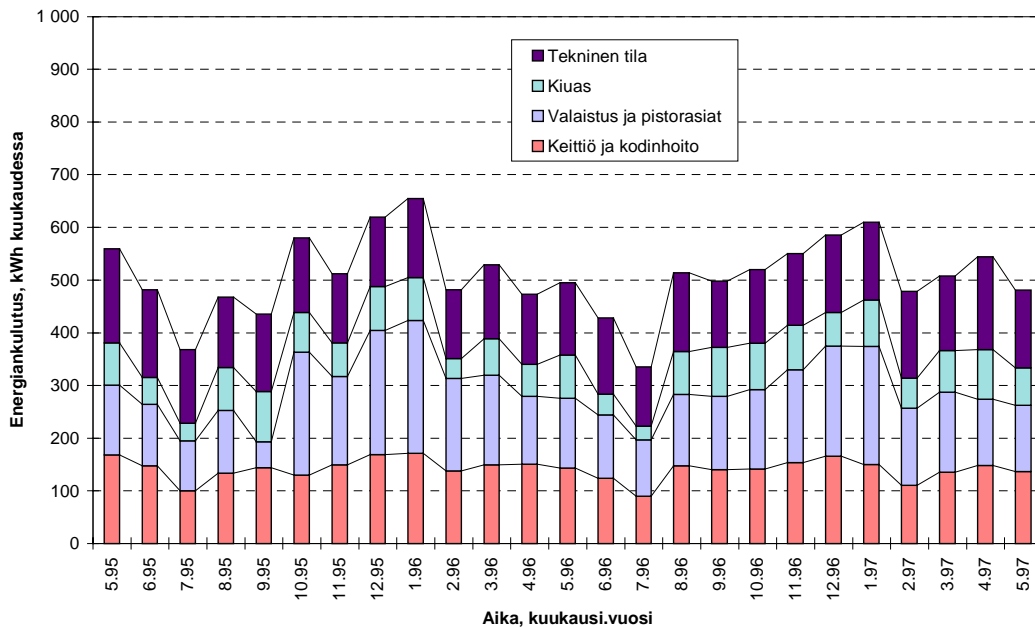
Taloussähkö koostuu kotitaloussähköstä ja talotekniikan sähköstä (kuvat 49 ja 50). Talotekniikkasähkö sisältää öljykattilan, pumppujen, puhaltimien ja säätölaitteiden kuluttaman sähkön. Muu on kotitaloussähköä, jonka kulutus oli molemmissa taloissa noin 4 300 kWh vuodessa. ESPI 1 -talossa talotekniikka kulutti sähköä noin 3 500 kWh ja ESPI 2 -talossa noin 1 700 kWh vuodessa.

ESPI 1 -talossa ilmanvaihtokone (kolme puhallinta) kulutti noin 1 700 kWh, öljykattila noin 600 kWh ja porakaivopumppu runsaat 300 kWh vuodessa. Loput talotekniikkasähköstä (hieman alle 900 kWh) kuluivat lämmitysverkon pumppuihin ja muuhun sekalaiseen kulutukseen mukaan lukien seurantamittauslaitteet.

ESPI 2 -talossa ilmanvaihtokone kulutti arviolta noin 1 200 kWh. Loput talotekniikkasähköstä (noin 500 kWh) kuluivat porakaivopumppuun ja muuhun sekalaiseen kulutukseen.



Kuva 49. ESPI 1 -talon taloussähkönkulutuksen jakautuminen kuukausittain.



Kuva 50. ESPI 2 -talon taloussähkönkulutuksen jakautuminen kuukausittain.

6.3 ENERGIATASE

Rakennusten toteutuneet energiataseet määritettiin muuntamalla simulointilaskelmien taseet mitattuja olosuhteita (ulkolämpötila, auringon säteilyteho, sisälämpötilat, ilmvirrat, LTO:n hyötysuhde) ja toteutuneita rakenneosia (k-arvot) vastaaviksi. Taseiden laskennassa noudatettiin pääosin rakentamismääräysten osan D5 /5/ periaatteita.

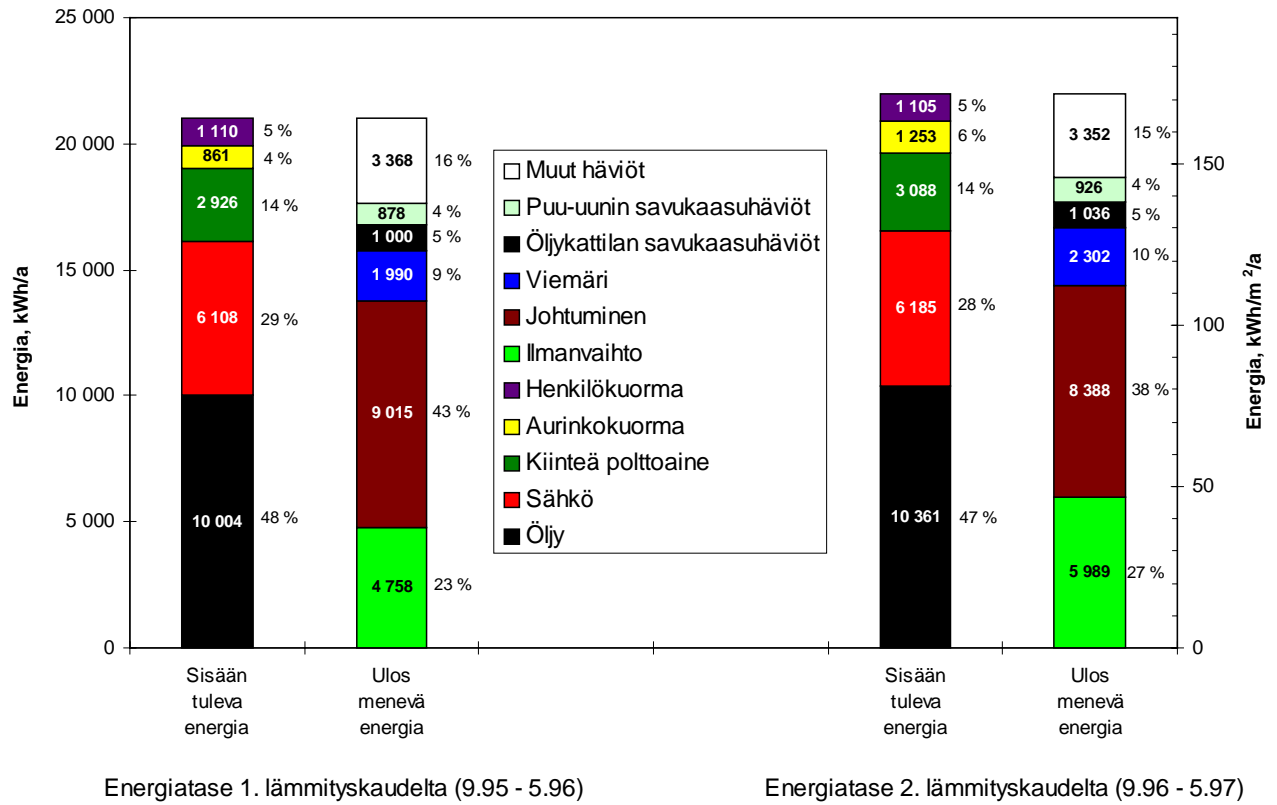
Lämmityskausien energiataseet ovat kuvissa 51 ja 52. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt ovat suurin häviötermi. Seuraavina ovat ilmanvaihdon lämpöhäviöt ja häviötermi (muut häviöt), joka sisältää hallitsemattomien häviöiden lisäksi lähtötietojen ja menetelmän epävarmuuden. Kuukausittaiset energiataseet ovat kuvissa 53 ja 54. Vaipan johtumislämpöhäviöiden jakautuminen vaipan eri osille esitetään kuvissa 55 ja 56. Suurin osa lämpöhäviöistä menee ikkunoiden kautta. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto pienensi lämpöhäviöitä ESPI 1 -talossa yli 30 kWh/m² (4 000 kWh) ja ESPI 2 -talossa noin 20 kWh/m² (3 000 kWh).

Toteutunut tilojen lämmitysenergiankulutus oli molemmissa taloissa noin 60 kWh/m²/a eli noin 20 kWh/m²/a suurempi kuin ennakkoon oli simulointimalleilla arvioitu. Pääosa erosta selittyi laskelmien lähtötietojen ja todellisuuden välisillä eroilla. Suurimpia kulutuseroon vaikuttavia tekijöitä olivat ilmanvaihdon lämmöntalteenoton hyötysuhde ja ilmavirta, ikkunoiden k-arvo sekä sisälämpötila. Taulukossa 17 on arvioitu laskennallisesti näiden tekijöiden vaikutusta lämpöhäviöihin. ESPI 1 -talossa oletettua korkeammat sisälämpötilat ja suurempi ilmanvaihto merkitsivät suurempaa energiansäästömahdollisuutta kuin ESPI 2 -talossa, jossa ilmanvaihdon lämpöhäviöt päinvastoin kasvaisivat, jos ilmavirta olisi simulointeja vastaava.

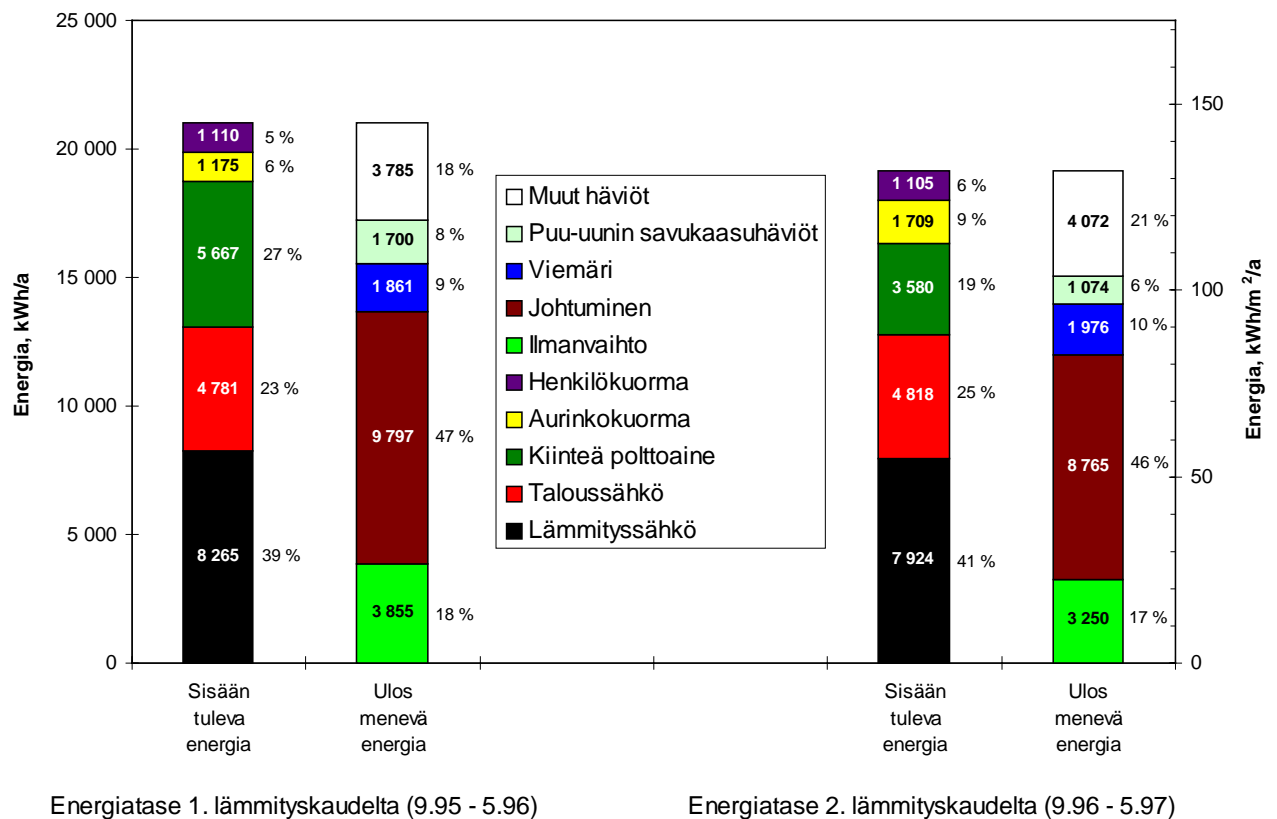
ESPI 1 -talossa tilojen lämmitysenergiankulutus voisi olla alempikin kuin simuloitu kulutus, koska sen sisäiset lämpökuormat (lämmityksen lämpöhäviöt ja taloussähkö) olivat todellisuudessa yli 30 kWh/m²/a suuremmat kuin simuloinnissa oli oletettu. ESPI 2 -talossa kuormia oli vain 5 kWh/m²/a simuloitua enemmän. Vaikka lämpökuormat pienentävät lämmitysenergiankulutusta, energiatehokkaimmin lämmitys toimii säädettävän lämmitysjärjestelmän avulla. Lämmityskauden energiataseiden mukaan ESPI-taloissa vain noin 28 % sisään tulevasta energiasta on tilojen lämmitykseen käytettävää hallittua öljy- tai sähkölämpöä. Kun tilojen lämmitystarve pienenee, niin lämmitysjärjestelmiäkin pitäisi keventää ja yksinkertaistaa.

Taulukko 17. Laskennallinen arvio eri tekijöiden muutoksien vaikutuksesta talojen vuotuisiin lämpöhäviöihin. Eri tekijöitä on muutettu todellisesta arvosta simuloinneissa oletettuun arvoon. Koska eri tekijät vaikuttavat toisiinsa, lämpöhäviöitä ei voi suoraan laskea yhteen.

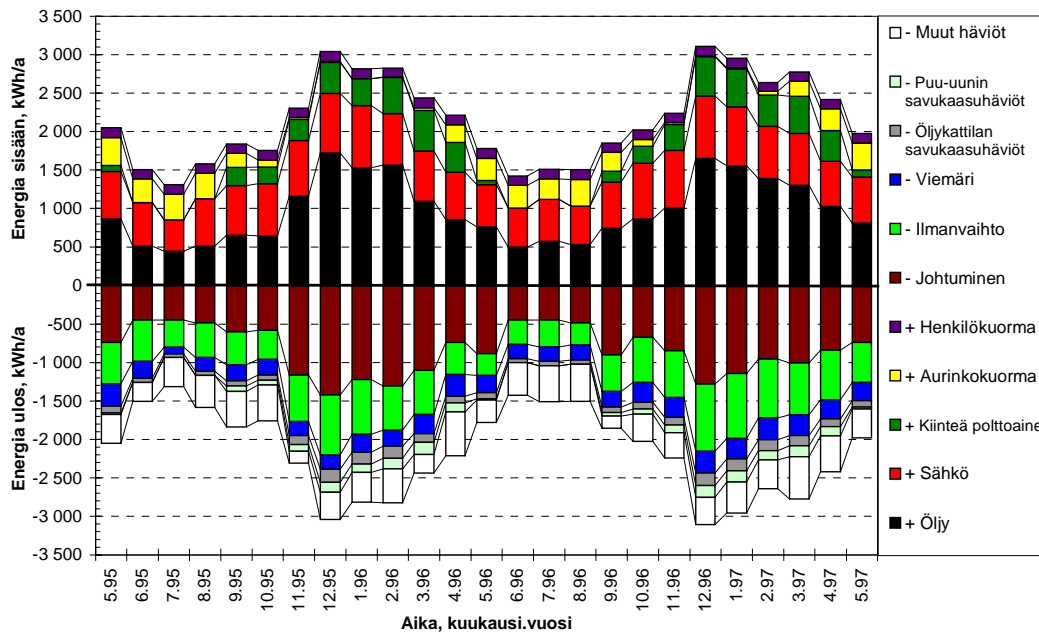
Lämpöhäviöihin vaikuttava toimenpide	Lämpöhäviöiden muutos, kWh/m ² /a	
	ESPI 1	ESPI 2
Sisälämpötila olisi 21 °C	- 8 ... - 10	0 ... - 2
Ikkunoiden k-arvo olisi 1.05 W/m ² K	- 6	- 7
Ilmanvaihto olisi 0,5 h ⁻¹	- 3 ... - 10	+ 8 ... + 10
LTO:n hyötysuhde olisi 60 %	- 8 ... - 12	- 8 ... - 12
Eri tekijöiden arvioitu yhteisvaikutus lämpöhäviöihin	- 20 ... - 35	- 6 ... - 12



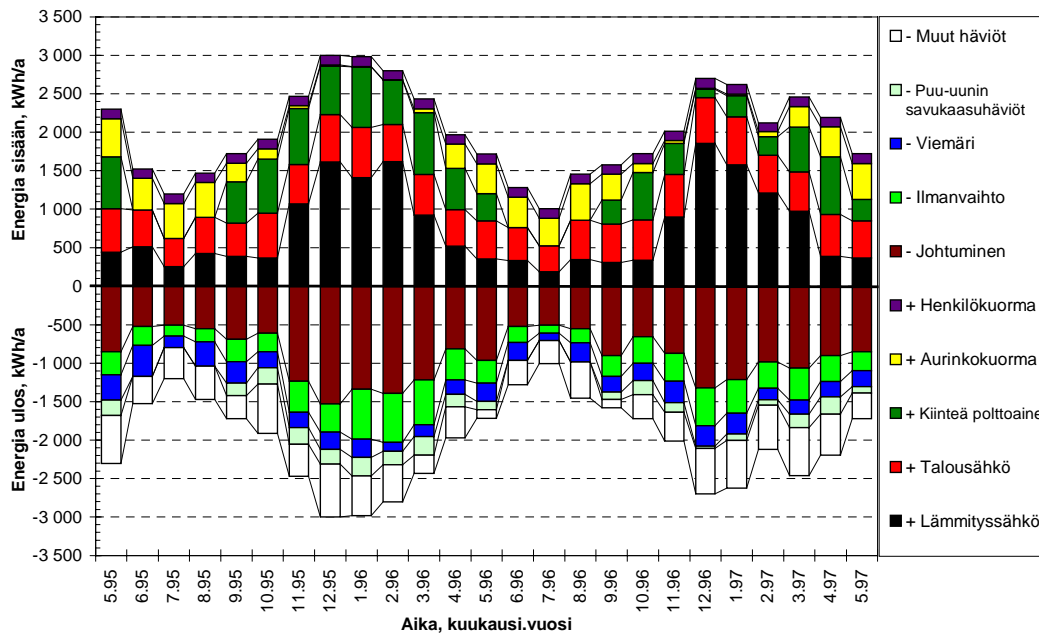
Kuva 51. ESPI 1 -talon energiataseet molemmilta lämmityskausilta.



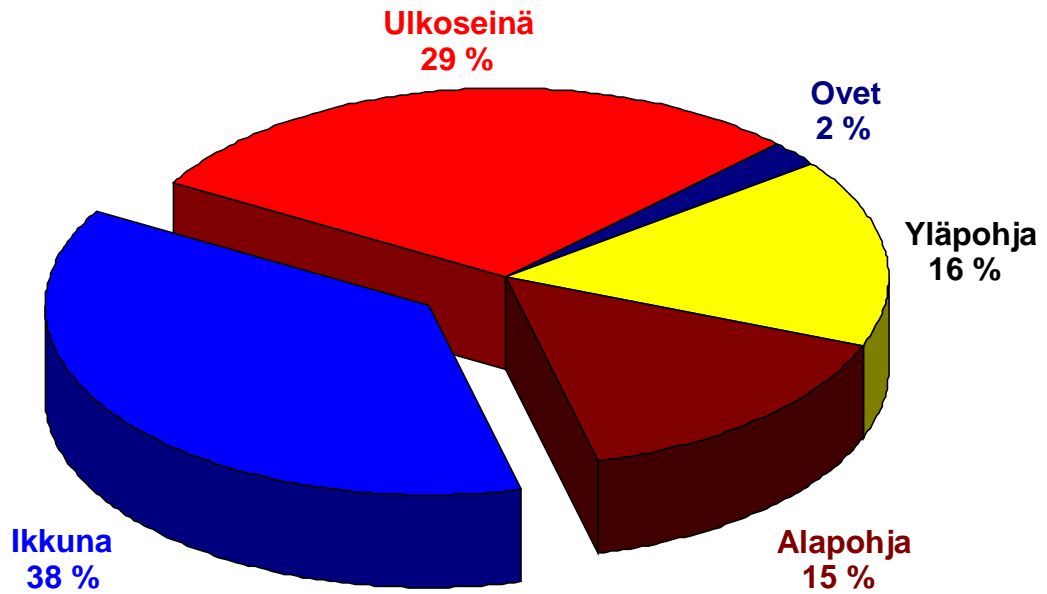
Kuva 52. ESPI 2 -talon energiataseet molemmilta lämmityskausilta.



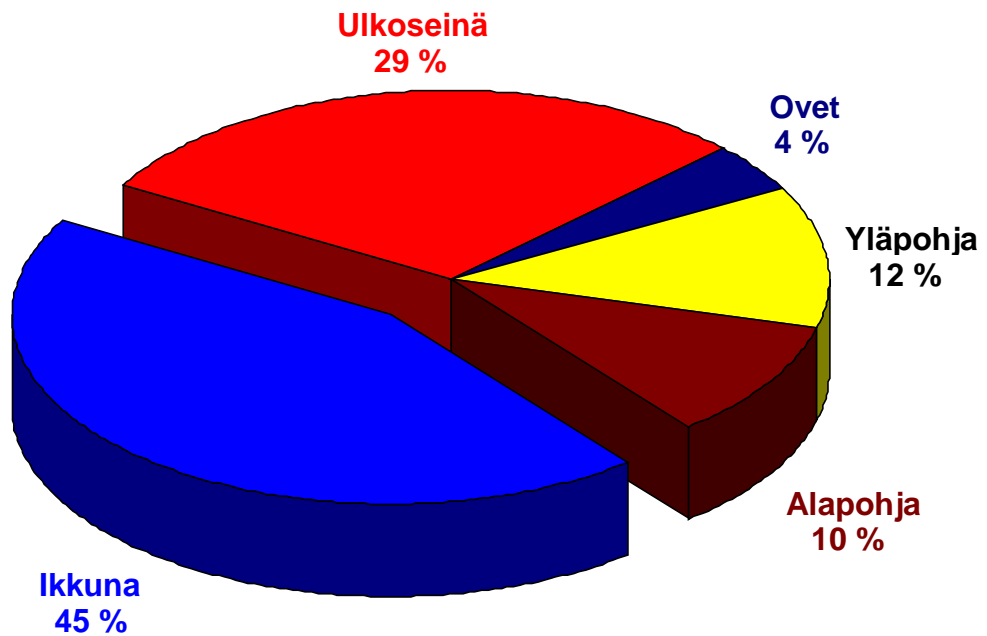
Kuva 53. ESPI 1 -talon energiatase kuukausittain.



Kuva 54. ESPI 2 -talon energiatase kuukausittain.



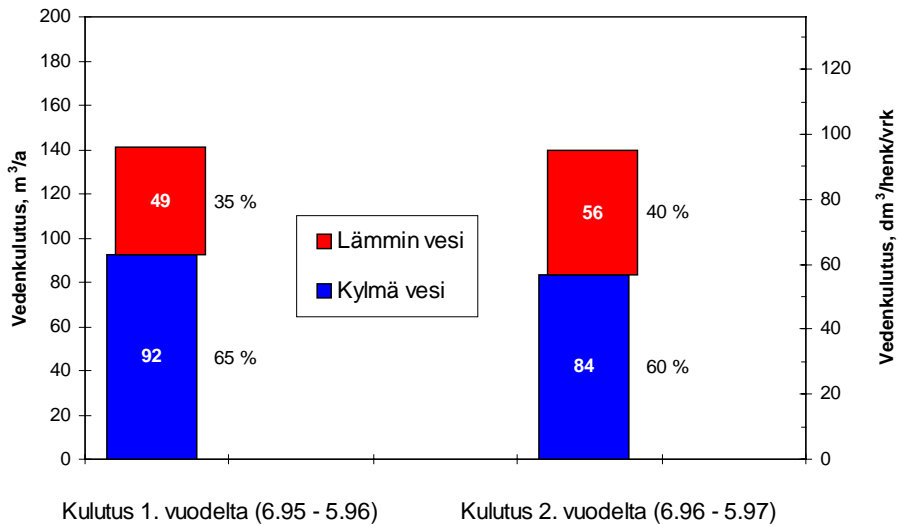
Kuva 55. ESPI 1 -talon johtumislämpöhäviöiden jakautuminen lämmityskaudella. Pääosa lämmöstä karkaa ikkunoiden läpi.



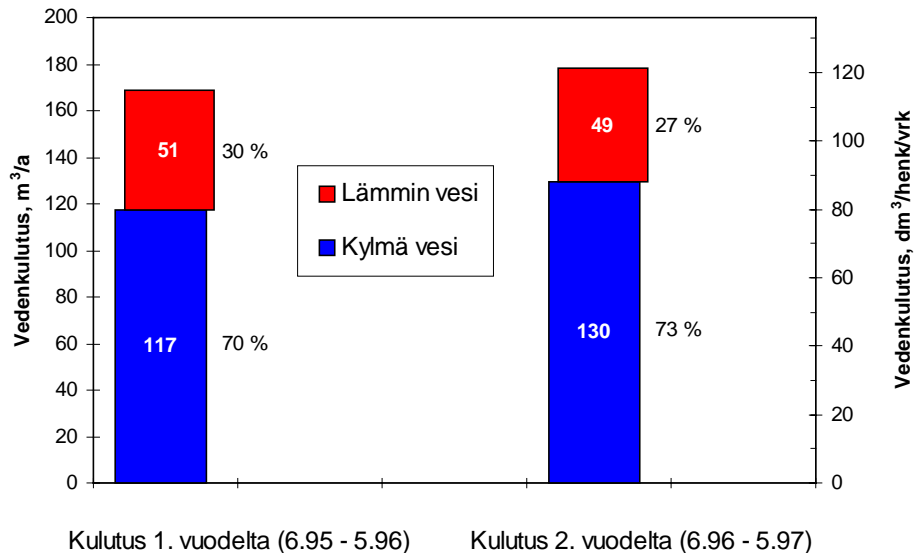
Kuva 56. ESPI 2 -talon johtumislämpöhäviöiden jakautuminen lämmityskaudella

6.4 VEDENKULUTUS

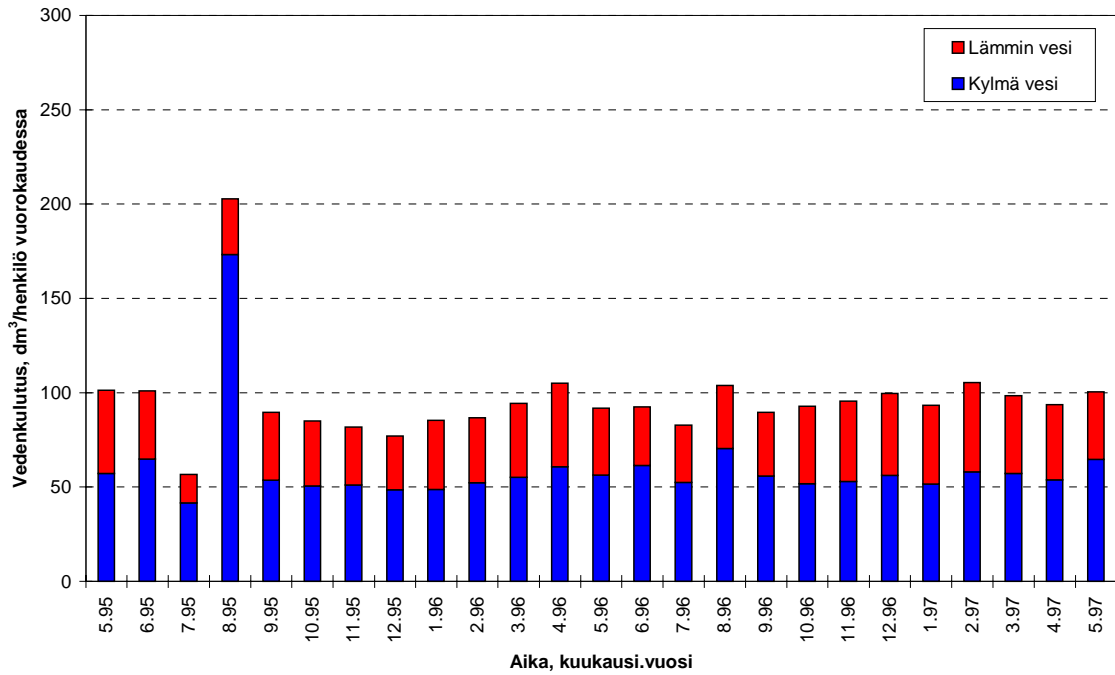
Molemmissa ESPI-taloissa vedenkulutus vastasi keskimääräistä pientalon kulutusta. ESPI 1 -talossa vedenkulutus oli keskimäärin 96 litraa ja ESPI 2 -talossa 119 litraa henkeä kohti vuorokaudessa (kuvat 57 ja 58). ESPI 2 -talon suurempi vedenkulutus johtuu pääosin suuremmasta kesäaikaisesta puutarhan kastelusta (kuvat 59 ja 60). Lämpimän veden kulutuksessa ei ollut suuria eroja talojen välillä.



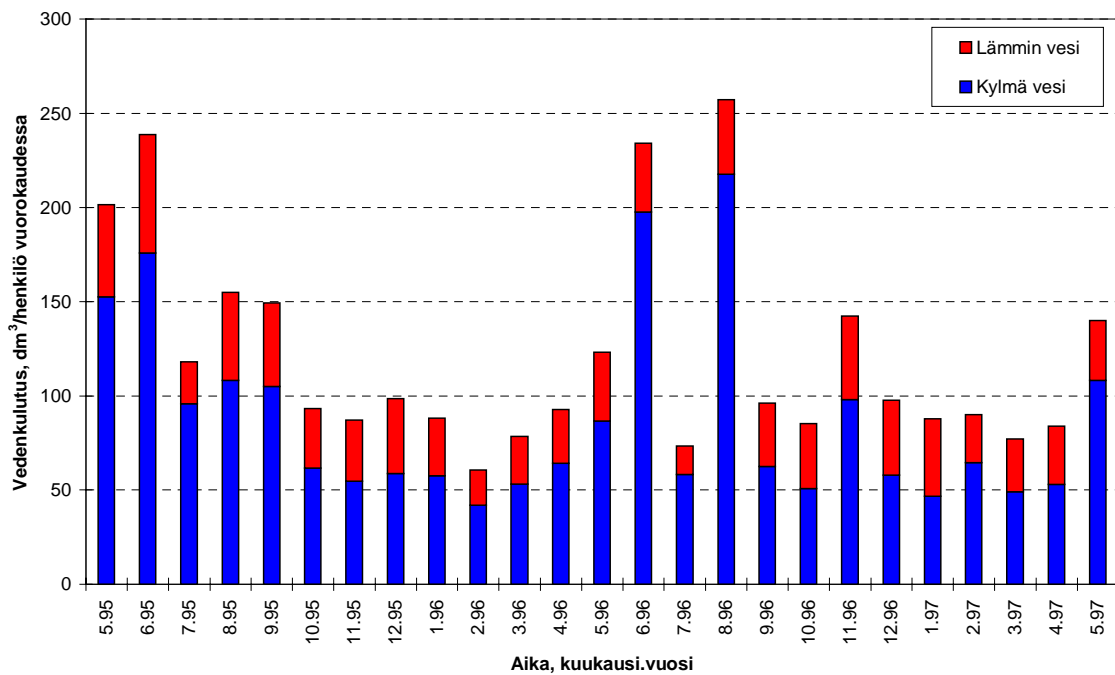
Kuva 57. ESPI 1 -talon vuotuiset vedenkulutukset.



Kuva 58. ESPI 2 -talon vuotuiset vedenkulutukset.



Kuva 59. ESPI 1 -talon vedenkulutus kuukausittain.



Kuva 60. ESPI 2 -talon vedenkulutus kuukausittain. Kesäaikainen puutarhan kastelu lisäsi kylmän veden kulutusta ja osuutta kokonaiskulutuksesta.

6.5 ENERGIA- JA VESIKUSTANNUKSET

Energia- ja vesikustannukset on laskettu taulukon 18 mukaisilla hinnoilla. Polttopuun hintaa ei ole otettu huomioon laskelmissa, koska oikeaa hintaa ei ole. Joillekin polttopuu voi olla ilmaista, mutta kuka tahansa kaupungissakin asuva voi hankkia polttopuuta taulukon 18 mukaiseen hintaan. Ostopilkkeinä hankittu polttopuu voi tulla kalliimmaksi kuin öljyllä tai yösähköllä lämmittäminen.

Öljylämmitteisen ESPI 1 -talon vuotuiset energiakustannukset olivat keskimäärin 5 700 mk (kuva 61). Yli 60 % kustannuksista oli sähkökustannuksia. Tilojen lämmityksen osuus kustannuksista oli vain 20 % eli 1 100 mk vuodessa. Taulukon 18 hinnalla hankitun polttopuun kustannus olisi ollut lisäksi 650 mk vuodessa. Jos keskimääräiset sisälämpötilat ja ilmanvaihto olisivat olleet ESPI 2 -taloa vastaavat, vuosikustannus olisi ollut lämmön osalta noin 300 mk ja sähkön osalta noin 200 mk pienempi.

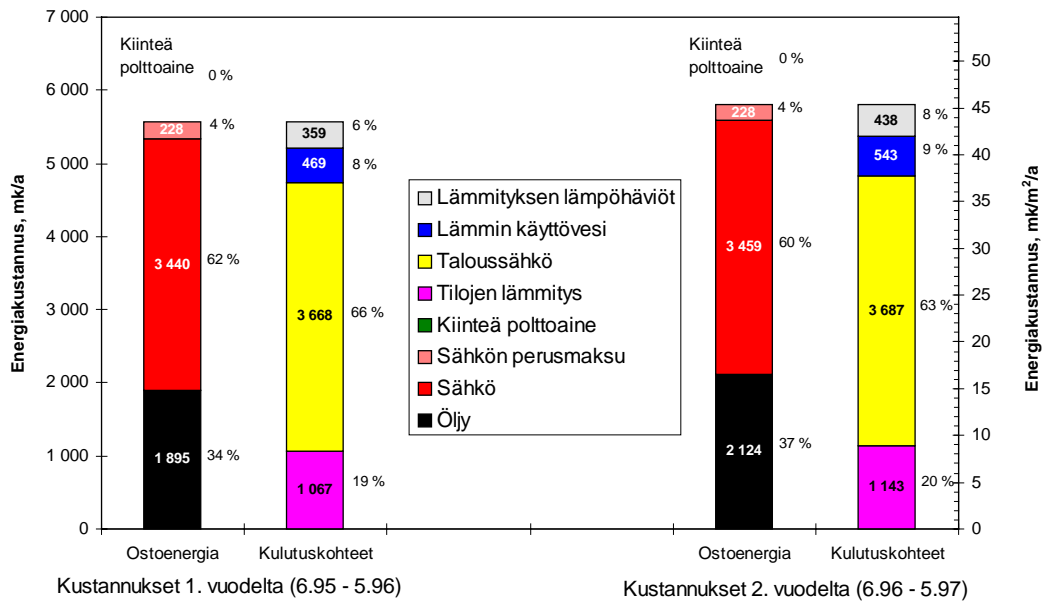
Sähkölämmitteisen ESPI 2 -talon vuotuiset energiakustannukset olivat 4 900 mk (kuva 62). Noin 45 % kustannuksista oli taloussähkökustannuksia. Tilojen lämmityksen osuus kustannuksista oli 30 % eli 1 500 mk vuodessa. Taulukon 18 hinnalla hankitun polttopuun kustannus olisi ollut lisäksi 750 - 1 100 mk vuodessa.

Koska matalaenergiatalojen lämmönkulutus on pieni, ei valitulla lämmitysenergiamuodolla ole enää merkittävää vaikutusta kokonaisenergiakustannuksiin. Itse asiassa ratkaisevaa eroa ei synny, vaikka energian hinnat moninkertaistuisivat tai vaikka vain sähkön hinta moninkertaistuisi.

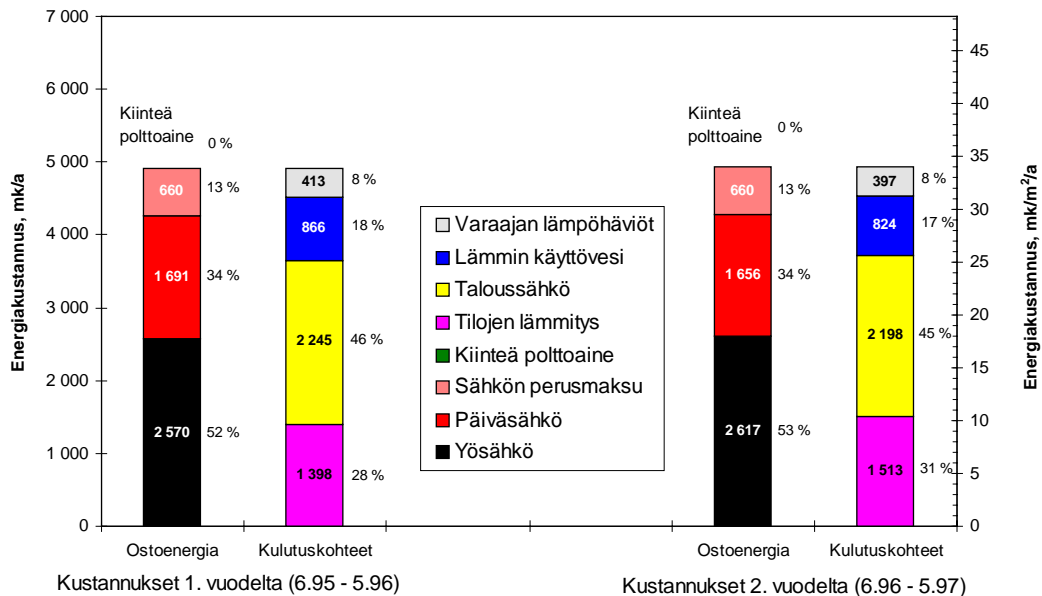
Taulukko 18. ESPI-talojen energia- ja vesikustannusten laskennassa käytetyt hinnat. Hinnat perustuvat seurantatutkimuksen aikaiseen (1995 - 1996) hintatasoon.

Energia	Yksikkö	Hinta
Öljy	mk/dm ³	1,70
- polton hyötysuhde 90 %	mk/kWh	0,189
Yleissähköenergia	mk/kWh	0,447
Perusmaksu	mk/vuosi	228
Päiväsähköenergia 1)	mk/kWh	0,48
Yösähköenergia	mk/kWh	0,22
Perusmaksu	mk/vuosi	660
Koivupilke 2)	kWh/kg	4,15
- paikalliselta "Tulipuu"-yrittäjältä	mk/irto-m ³	220
- polton hyötysuhde 70 %	mk/kWh	0,312
Vesi	Yksikkö	Hinta
Kunnallinen vesi- ja jätevesimaksu	mk/m ³	15,62
Haja-asutusalueen jätevesimaksu 2)		
- umpikaivon tyhjennys	mk/tyhjennys	300 - 400
	mk/vuosi	1 000 - 1 500
1) päivä sähkö: ma - pe klo 7 - 22 ja la 7 - 20, muulloin yö sähkö		
2) kustannusta ei ole otettu huomioon laskelmissa		

Porakaivoveden pumppauksen sähkökustannukset olivat noin 1 mk/m³. Kustannus sisältyy sähkökustannuksiin. WC:n jätevedet johdettiin umpisäiliöön, jonka tyhjennyskustannus oli 1 000 - 1 500 mk vuodessa. Jos talot olisi liitetty kunnalliseen vesi- ja viemäriverkkoon, vesi- ja jätevesikustannukset olisivat olleet ESPI 1 -talossa noin 2 200 mk ja ESPI 2 -talossa noin 2 700 vuodessa. Vesikustannukset olisivat olleet jopa yli puolet energiakustannuksista.



Kuva 61. ESPI 1 -talon vuotuiset energiakustannukset. Vastaavat kulutukset ovat liitteen 4 taulukoissa 12 ja 13.



Kuva 62. ESPI 2 -talon vuotuiset energiakustannukset. Vastaavat kulutukset ovat liitteen 4 taulukoissa 25 ja 26.

7 SISÄILMASTO

7.1 SISÄILMAN PUHTAUS

Taulukossa 19 on yhteenveto ESPI-taloissa tehtyjen sisäilman laadun mittausten tuloksista. Mitatut epäpuhtauspitoisuudet olivat pääosin alhaisia, mutta orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus oli ESPI 2 -talossa hieman tavanomaisia arvoja korkeampi. Näytteiden pääkomponentteja olivat terpeenit, aldehydit, aromaattiset hiilivedyt, alkoholit ja asetaatit. Kahden kuukauden kuluttua tehdyissä uusintamittauksissa löydettiin suurimmat pitoisuudet siloksaaneja, joita ei ensimmäisellä kerralla löydetty lainkaan. Syitä kohonneisiin pitoisuuksiin voivat olla uudehkot kalusteet, pesuaineet, hajusteet, puumateriaalien runsaus sekä etenkin ESPI 1 -taloa pienempi keskimääräinen ilmanvaihto. Mittauksia edeltäneinä kuukausina ESPI 1 -talossa oli yli 2,5-kertainen ilmanvaihto ESPI 2 -taloon verrattuna.

Taulukko 19. ESPI-talojen sisäilman laadun mittaustuloksia. Mittaukset tehtiin syksyllä 1995, noin puoli vuotta talojen valmistuttua.

ESPI 1		Epäpuhtauspitoisuus		
		Olohuone	Makuuhuone	Tavoite (sisäilmastoluokka)
TVOC ¹⁾	mg/m ³	0,16	0,15	< 0,2 (S1) ⁴⁾
Ammoniakki ²⁾	mg/m ³	0,015	0,017	< 0,02 (S1)
Formaldehydi ³⁾	mg/m ³	0,012	0,009	< 0,03 (S1)
Radon	Bq/m ³	100	90	< 200 (S1)
Sieni-itiöt	cfu/m ³	17	25	< 500
Bakteerit	cfu/m ³	480	500	< 4 500
Sädesienet	cfu/m ³	2	0	0
Pölypitoisuus	µg/m ³	56	-	< 60 (S1)
ESPI 2		Epäpuhtauspitoisuus		
		Olohuone	Makuuhuone	Tavoite
TVOC ¹⁾	mg/m ³	0,71	0,69	< 0,2 (S1) ⁴⁾
Ammoniakki ²⁾	mg/m ³	0,022	0,047	< 0,02 (S1)
Formaldehydi ³⁾	mg/m ³	0,035	0,043	< 0,03 (S1)
Radon	Bq/m ³	130	110	< 200 (S1)
Sieni-itiöt	cfu/m ³	79	39	< 500
Bakteerit	cfu/m ³	340	210	< 4 500
Sädesienet	cfu/m ³	3	0	0
Pölypitoisuus	µg/m ³	64	16	< 60 (S1)
¹⁾ TVOC on haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus tolueeniksi laskettuna. Normaali asuinhuoneiden TVOC-pitoisuus on 0,05 - 0,4 mg/m ³ . ²⁾ Normaali asuinhuoneiden ammoniakkipitoisuus on 0,010 - 0,025 mg/m ³ . ³⁾ Formaldehydin enimmäispitoisuuden ohjearvo vuoden 1987 jälkeen rakennetuissa taloissa on 0,15 mg/m ³ /2/. ⁴⁾ Parhaan sisäilmaluokan tavoitearvo /6/.				

Huoneilman mikrobien pitoisuudet olivat niin alhaisia kuin ne asuintaloissa voivat yleensä olla. Olohuoneiden ilmasta mitattiin pieniä määriä sädesieniä, jotka ovat todennäköisesti peräisin kosteista polttopuista. Olohuoneista mitatut kokonaispölypitoisuudet olivat tavanomaista korkeampia, mutta vastasivat kuitenkin tavoitearvoa. Pöly saattaa olla myös peräisin polttopuista. Hiukkaskoko ja -lukumäärämittausten tulokset ovat kuvissa 69 ja 70.

Porakaivoveden radonpitoisuus oli ESPI 1:ssä 430 Bq/dm^3 ja ESPI 2:ssa $1\,200 \text{ Bq/dm}^3$. Pitoisuudet olivat normaaleja. Yli $1\,000 \text{ Bq/dm}^3$ pitoisuudet saattavat lisätä huoneilman radonpitoisuutta, jos ilmanvaihto on puutteellista. ESPI-taloissa huoneilman radonpitoisuudet olivat alhaisia. Säteilyturvakeskuksen tutkimien porakaivovesien keskimääräinen radonpitoisuus Suomessa on 930 Bq/dm^3 ja maksimipitoisuus $77\,500 \text{ Bq/dm}^3$ /7/. Vesilaitosveden radonpitoisuus on keskimäärin 26 Bq/dm^3 . Veden pitkäikäisten alfa-aktiivisten aineiden pitoisuus oli ESPI 1:ssä $1,7 \text{ Bq/dm}^3$ ja ESPI 2:ssa $2,3 \text{ Bq/dm}^3$. Pääasiassa aine oli uraania, jota oli $0,04 - 0,09 \text{ mg/dm}^3$. Suomessa ei ole vielä asetettu uraanille enimmäispitoisuutta, mutta se tulee olemaan välillä $0,02 - 0,1 \text{ mg/dm}^3$. Porakaivoveden kemiallinen ja esteettinen laatu vaihteli jonkin verran eri vuodenaikoina. Molemmista taloista tehtyjen veden laadun seurantamittausten mukaan vesi täytti kuitenkin talousvedelle asetetut laatuvaatimukset.

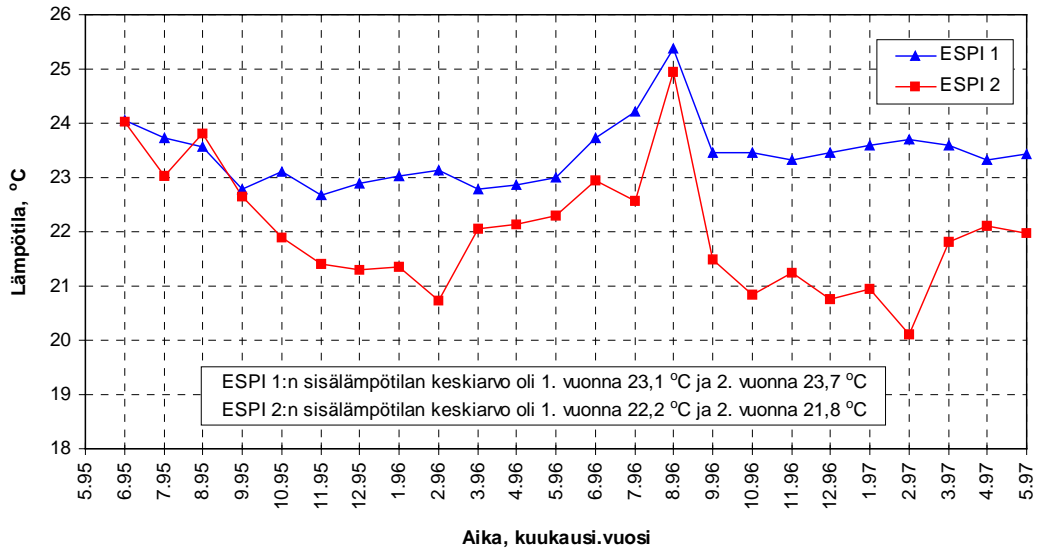
7.2 LÄMPÖOLOSUHTEET

Talojen sisälämpötilojen kuukausikeskiarvot ovat kuvassa 63. Siinä eivät ole mukana varastojen eivätkä märkätilojen lämpötilat. ESPI 1 -talon sisälämpötilat olivat keskimäärin $1 - 2 \text{ }^\circ\text{C}$ korkeammat kuin ESPI 2 -talossa. Syitä eroon ovat asukkaiden erilaiset asumistottumukset sekä erilaiset tavoitteet energiankulutuksen ja -kustannusten suhteen.

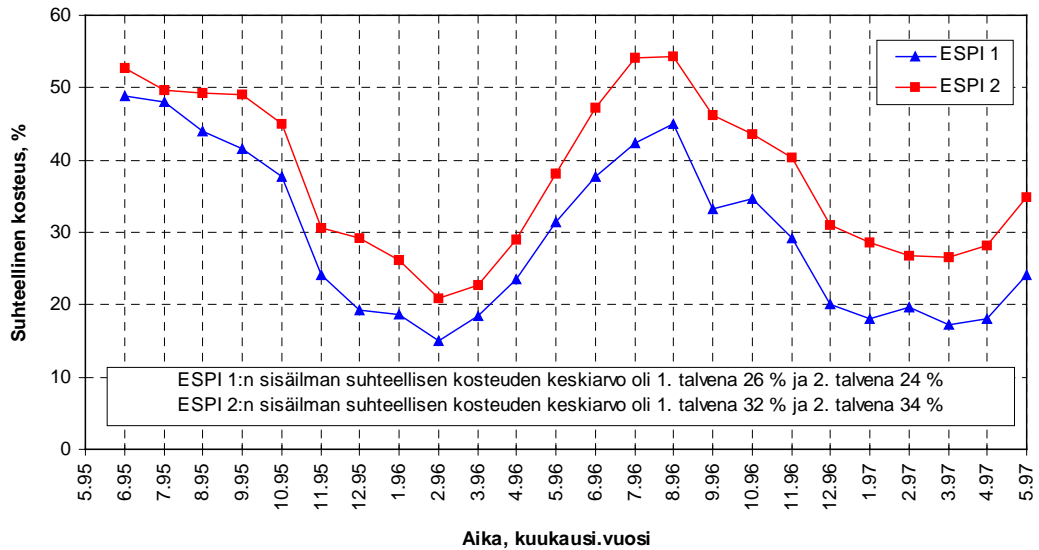
ESPI 2 -talossa sähkölämmityksen monipuoliset säätö- ja ohjausmahdollisuudet houkuttelivat aktiivista asukasta optimoimaan sisälämpötiloja. Toisena talvena ESPI 2 -talossa poltettiin puuta ensimmäistä talvea vähemmän ja se näkyi myös alempina sisälämpötiloina, koska varaavan lämmityksen asetuservoja ei nostettu lisääntyntä lämmöntarvetta vastaaviksi. ESPI 1 -talossa keskimääräiset sisälämpötilat olivat toisena talvena ensimmäistä korkeammat. Korkeimmat mitatut sisälämpötilat olivat talvella yli $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sisäilman suhteellinen kosteus mitattiin olohuoneesta otetusta kierrätysilmasta ja tulokset ovat kuvassa 64. ESPI 1-talossa ilma oli hieman kuivempaa kuin ESPI 2 -talossa. Tämä johtui ESPI 1 -talon korkeammasta sisälämpötilasta ja suuremmasta ilmanvaihdosta.

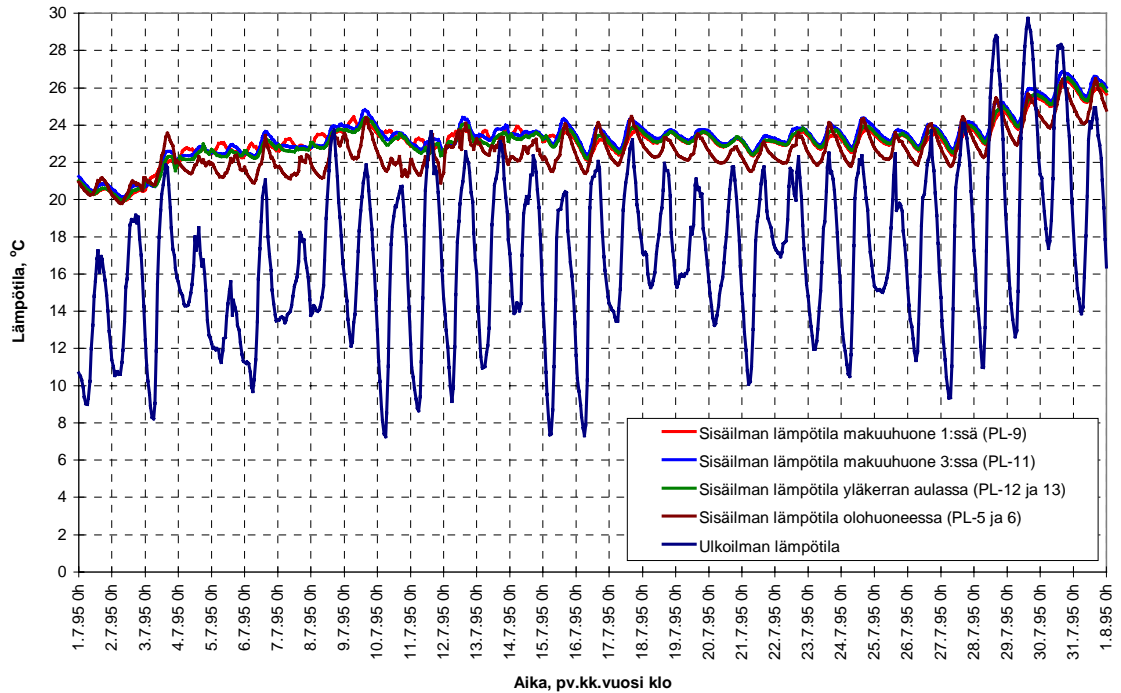
Kesällä sisälämpötilat eivät nousseet häiritsevän korkeiksi (kuva 65).



Kuva 63. Asuinhuoneista mitatut keskimääräiset sisälämpötilat kuukausittain.

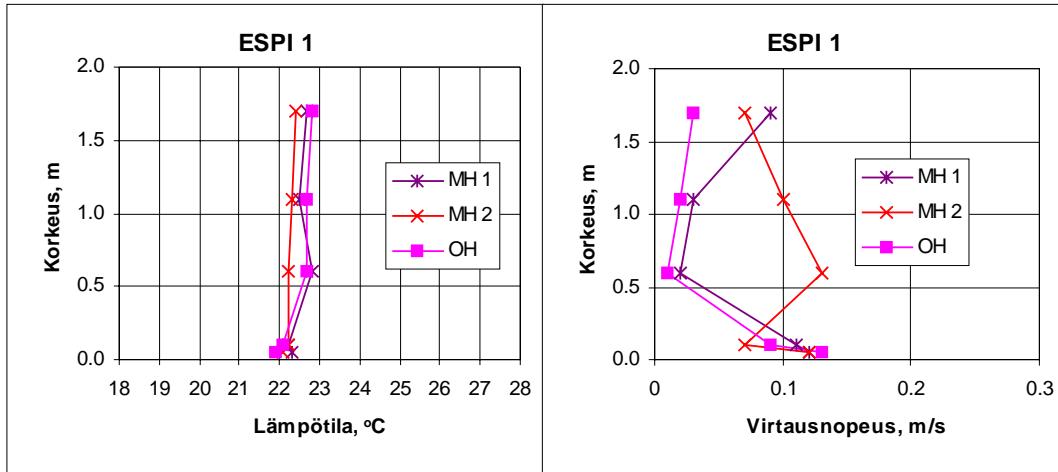


Kuva 64. Olohuoneista mitatut keskimääräiset sisäilman suhteelliset kosteudet kuukausittain.

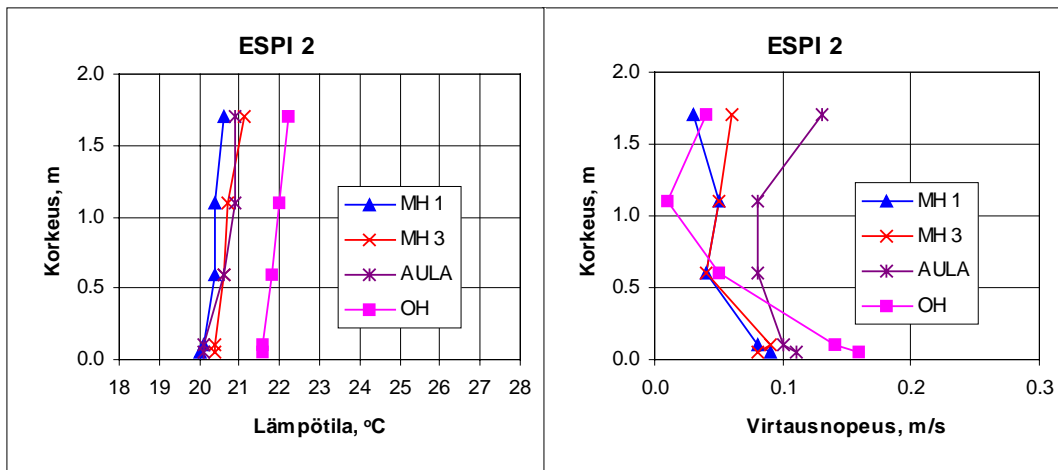


Kuva 65. ESPI 2 -talon sisälämpötilat heinäkuussa 1995. Matalaenergiatalossa ei ole yllilämpöongelmia.

Kertamittauksina taloista mitattiin paikallisia lämpöolosuhteita tarkemmin. Kuvis- sa 66 ja 67 ovat mitatut pystysuorat lämpötila- ja virtausnopeusjakaumat eri lämmönjakotavoilla. Erot olivat merkityksettömiä. Lämpötilaerot nilkan ja niskan välillä olivat alle 1 °C, kun paras sisäilmastoluokka (S1) sallii 2 °C:n eron. Tehokkaasti ilmaa sekoittavat tuloilmalaitteet estivät lämpötilakerrostumista pystysuunnassa. Suurimmat virtausnopeudet mitattiin molemmilla lämmönjako- tavoilla lattianrajasta, mutta nekin nopeudet olivat alhaisia, alle 0,15 m/s. Sisä- ilmastoluokan S1 raja on 0,10 m/s, jonka alle pääosa mittausarvoista oli. Vetokriteerillä /8/ tarkasteltuna lämpöoloihin tyytymättömien osuus oli molem- missa taloissa alhainen, alle 10 %.



Kuva 66. ESPI 1 -talon sisäilman paikalliset lämpötilat ja virtausnopeudet eri korkeuksilta. Lämmönjakojärjestelmänä oli vesikiertoinen lattialämmitys.



Kuva 67. ESPI 2 -talon sisäilman paikalliset lämpötilat ja virtausnopeudet eri korkeuksilta. Lämmönjakojärjestelmänä oli huonekohtainen ilmanvaihtolämmitys. Olohuoneessa oli lisäksi varaava lattialämmitys ja varaava uuni.

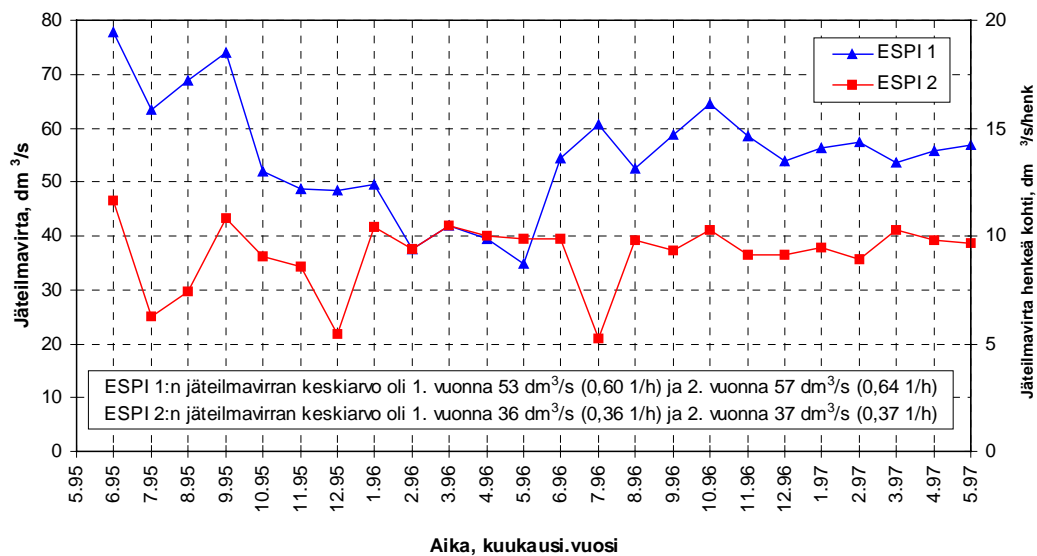
Taulukossa 20 on ESPI 1 -talosta mitattuja säteilylämpötiloja ja pintalämpötiloja. Suunnattujen säteilylämpötilojen erot sekä pintojen ja ilman lämpötilojen erot olivat pienet, alle 2 °C. Matalimmat pintalämpötilat mitattiin ovien laseista ja ikkunoiden lasiosien alareunasta.

Taulukko 20. ESPI 1 -talon lämpöolojen kertamittaustuloksia. Ulkoilman lämpötila oli -4°C .

Mittauskohde	Eri huoneista mitatut lämpötilat, $^{\circ}\text{C}$					
	Olohuone	Makuuhuone 1	Makuuhuone 2	Keittiö	Kodinhuone	Pesuhuone
Sisälämpötila	22,7	22,5	22,3	23,1	22,6	23,9
Tuloilman lämpötila	20,0	20,4	19,8	20,2		
<i>Suunnatut säteilylämpötilat:</i>						
Ulkoseinää kohti	21,9	21,1	21,3			
Sisäänpäin	24,0 (takka)	22,7	22,5			
Kattoon			21,8			
Lattiaan			22,7			
<i>Pintalämpötilat:</i>						
Ulkoseinä	21,6	21,6	21,4	22,1	21,8	23,5
Ulkoseinän nurkka		20,2				
Väliseinä	23,0	22,4				
Lattia	23,1	23,0	24,1	23,5	24,1	26,0
Katto			21,9			
Ikkunalasi keskeltä	19,0	18,2	18,4	19,0	18,3	20,1
Ikkunalasi alareunasta	17,4	17,5	17,3	17,6	17,9	18,2
Ikkunan karmi	18,7					
Terassin ovi	20,1				19,8	
Oven lasi keskeltä	17,0				16,8	
Oven lasi alareunasta	15,6				15,4	
Takka	31,6					

7.3 ILMANVAIHTO

Kuvassa 68 on ilmanvaihtokoneilta mitatut jäteilmavirrat kuukausittain.

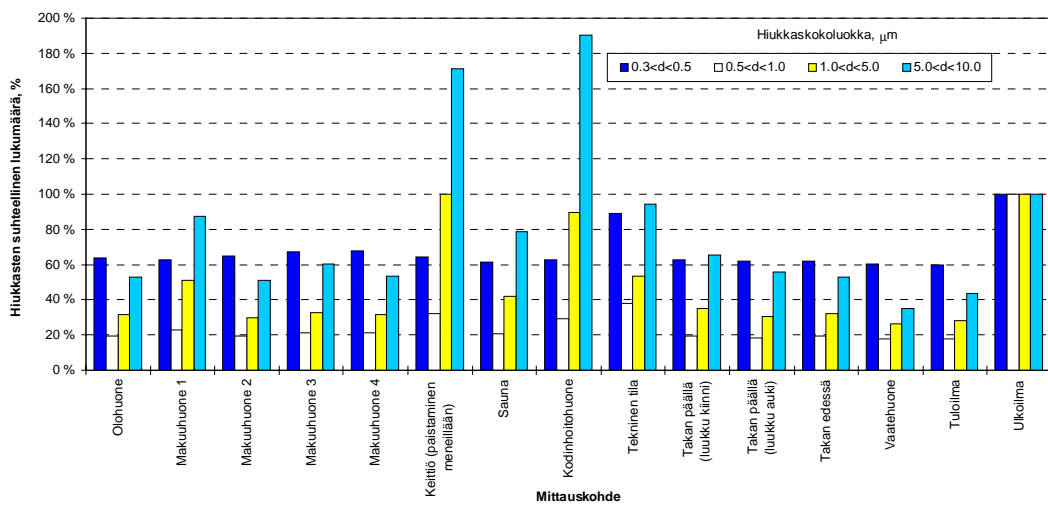


Kuva 68. Keskimääräiset mitatut jäteilmavirrat kuukausittain.

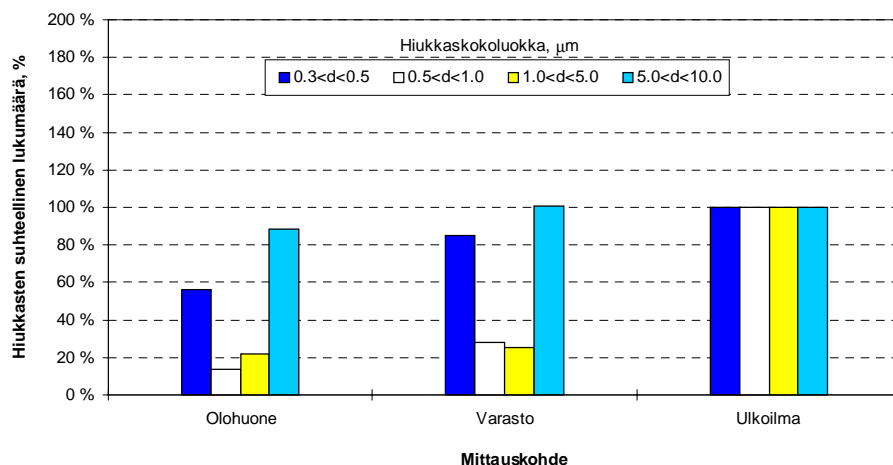
ESPI 1 -talossa ilmanvaihtoa käytettiin eri tehoilla tarpeen mukaan. ESPI 2 -talossa ilmanvaihtoa käytettiin pääasiassa säätöasennolla 2. Ilmanvaihdon tehostusasetoja käytettiin erittäin harvoin. Joskus poissaoloaikana käytettiin säätöasetoa 1. ESPI 1 -talossa ilmanvaihtokerroin oli keskimäärin 0,62 1/h ja ESPI 2 -talossa keskimäärin 0,36 1/h.

7.4 SISÄILMAN HIUKKASJAKAUMA

Kuvissa 69 ja 70 ovat sisäilman hiukkasten lukumääräjakaumat verrattuna ulkoilmaan eri kokoluokissa. Ulkoilman absoluuttinen hiukkaspitoisuus (kokoluokassa yli $0,3 \mu\text{m}$) oli noin kaksi miljoonaa hiukkasta kuutiojalassa. Sisällä vastaava pitoisuus oli alle miljoona hiukkasta.



Kuva 69. ESPI 1 -talon eri tilojen sisäilmasta ja tuloilmasta mitatut suhteelliset hiukkaspitoisuudet verrattuna ulkoilman pitoisuuteen (= 100 %) eri hiukkaskokoluokissa



Kuva 70. ESPI 2 -talon sisäilmasta mitatut suhteelliset hiukkaspitoisuudet verrattuna ulkoilman pitoisuuteen (= 100 %) eri hiukkaskokoluokissa.

8 YHTEENVETO

ESPI-tutkimuksessa toteutettiin kaksi kokonaiskustannuksiltaan kilpailukykyistä matalaenergiapientaloa, jossa on hyvä sisäilmasto ja pieni energiankulutus. Toinen taloista oli öljylämmitteinen ja toinen sähkölämmitteinen. Lähtökohtana olivat yksinkertaiset, jokaiselle rakentajalle soveltuvat matalaenergiaperusratkaisut, jotka jo aikaisemmista koerakentamishankkeista tiedettiin toimiviksi. Ratkaisut toteutettiin olemassa olevilla ja tutkimuksen aikana kehitetyillä tuotteilla.

Mittausten mukaan ESPI-talojen sisäilma oli puhdasta ja asukkaat olivat tyytyväisiä. Mittauksissa havaittiin, että hallittu ja riittävän tehokas ilmanvaihto on tärkein tekijä hyvään sisäilman laatuun pyrittäessä. Öljylämmitystalossa sisälämpötilat olivat talvella keskimäärin 23,3 °C. Sähkölämmitystalossa keskimääräinen sisälämpötila oli 21,5 °C. Syynä eroihin olivat paitsi asukkaiden mieltymykset myös öljyn ja sähkön hintaero. Öljylämmittäjä ei tingi niin helposti sisälämpötiloista viihtyisyyden kustannuksella, koska lämmitysöljy on halpaa eikä sen säästämisellä ole suurta taloudellista vaikutusta. Sähkölämpö sen sijaan mielletään kalliiksi ja sisälämpötiloja pyritään pitämään matalina, ainakin päivisin. Toisaalta sähkölämmitystalossa asukas myös hyödynsi tehokkaasti keskitetyn lämmönsäätö-automaatiikan suomat mahdollisuudet lämmityksen optimoinnissa.

Toteutunut energiankulutus oli hieman tavoitekulutusta suurempi, mutta lämmönkulutus jäi silti erittäin pieneksi. Tilojen lämmitysenergiankulutus oli molemmissa taloissa noin 60 kWh/m² vuodessa eli puolet tavanomaisen uudispientalon kulutuksesta. Puulämmitystä tästä oli öljylämmitystalossa 27 % ja sähkölämmitystalossa ensimmäisenä vuotena peräti 44 % ja toisena 31 %. Kokonaisenergiankulutus oli öljylämmitystalossa 159 kWh/m² ja sähkölämmitystalossa 127 kWh/m². Öljylämmitystalossa kokonaisenergiankulutusta lisäsi etenkin taloteknisten järjestelmien suuri sähkönkulutus, mutta myös lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt. Vedenkulutus oli molemmissa taloissa normaalia, 100 - 120 dm³ henkeä kohti vuorokaudessa.

Kokonaisenergiakustannukset olivat öljylämmitystalossa 5 700 mk ja sähkölämmitystalossa 4 900 mk vuodessa. Öljylämmitystalon suuremmat kustannukset johtuivat suuremmasta taloteknisten järjestelmien sähkönkulutuksesta ja kalliimmasta sähköstä sekä hieman vähäisemmästä puunpoltosta.

Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät toimivat hyvin. Tutkimuksessa havaittiin, että matalaenergiatalossa viihtyisät lämpöolosuhteet saadaan aikaan yksinkertaisillakin lämmönjakotavoilla kuten ilmanvaihtolämmityksellä. Tämä mahdollistaa lämmönjakojärjestelmän yksinkertaistamisen ja sitä kautta kustannusten alentamisen.

Tutkimuksen ohessa kehitettiin ja tuotteistettiin uusi matalaenergiatalopaketti sekä ilmanvaihtokoneen päälle asennettava äänenvaimennusmoduuli ja uuteen teknologiaan perustuva lämmittävä tuloilmalaite.

Energiankulutuksen kannalta kehitys- ja tutkimustarvetta on edelleen ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmissä ja ikkunoiden kokonaislämpöhäviöiden

pienentämisessä. Matalaenergiataloon sopivia pienitehoisia lämmityslaitteita tulisi kehittää markkinoille lisää. Komponenttitason kehitystyön lisäksi tarvitaan myös kokonaisjärjestelmien kehitystä, jotta talotekniset järjestelmät todella yksinkertaistuisivat. Yksinkertaistuminen on edellytys kustannusten alentamiselle kaikissa vaiheissa. Yksinkertaistaminen voidaan toteuttaa suorituskykyä heikentämättä ja ominaisuuksista tinkimättä. Samalla järjestelmien hallittavuus ja toimintavarmuus paranee.

Tutkimuksesta ja sen tuloksista on tiedotettu lehtiartikkeleilla, televisiossa, asuntomessuilla, videoilla, konferenssiesitelmillä sekä Energiänsäästön palvelukeskuksen Motivan kautta. Kohderyhminä on ollut rakentamisen ammattilaisten lisäksi myös suuri yleisö, joka vaatimalla hyvää sisäilmastoa, hyviksi todettuja rakenne- ja talotekniikkaratkaisuja ja pientä energiankulutusta voi edistää merkittävästi kotimaisen rakentamisen laatua.

LÄHDELUETTELO

1. Laine, J. & Saari, M. METOP, CFC-aineeton matalaenergiatoimistotalo [METOP, CFC-free low-energy office building]. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1994. 58 s. + liitt. 21 s. (VTT Julkaisuja 795). ISBN 951-38-4503-6
2. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: ympäristöministeriö, 1987. 21 s.
3. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa C3. Lämmöneristys. Määräykset. Helsinki: ympäristöministeriö, 1985. 3 s.
4. Lämmitysastepäiväluvut. Talotekniikka-lehdet vuosilta 1995 - 1997.
5. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa D5. Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskenta. Ohjeet. Helsinki: ympäristöministeriö, 1985. 14 s.
6. Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus. Helsinki: Sisäilmayhdistys, 1995. 32 s. (Sisäilmastoyhdistyksen raportti 5.) ISBN 951-97186-2-1
7. Talousveden radioaktiiviset aineet. Säteilyturvakeskus, Helsinki 1995. Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia.
8. Kovanen, K. (toim.) Sisäilmaston suunnitteluperusteet. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, LVI-tekniikan laboratorio, 1993. 135 s. (LVIS-2000 tutkimusohjelma, Raportti 24). ISBN 952-9601-13-1

TUTKIMUKSESTA TIEDOTTAMINEN

ESPI-talojen rakentamista seurattiin MTV 3 kanavalla TV-talo-ohjelmassa viides- sä eri lähetyksessä. Vaajatalot teki taloista myyntiesitteen, jota on jaettu messuilla ja edustajien kautta asiakkaille. Taloista pidettiin kaksi yleisönäytöstilaisuutta, toi- nen rungon pystytysvaiheessa ja toinen talojen valmistuttua. TV 2:n Ekoisti-ohjel- massa talot olivat esimerkkinä tuotteistetusta, kenen tahansa hankittavissa olevasta matalaenergiatalosta.

Projektista järjestettiin Energiansäästön palvelukeskus Motivan toimesta lehdistö- tilaisuus 10.2.1995, jonka jälkeen taloja esiteltiin lehdistölle. Taloja esiteltiin sa- mana päivänä myös energiansäästöön liittyville sidosryhmille. Lehdistötilaisuuden ja -tiedotteen pohjalta julkaistiin toistakymmentä lehtiartikkelia. Lisäksi Meidän Talo & Koti-lehti teki artikkelin talojen suunnitteluvaiheesta.

Helsingin Sanomat julkaisi 14.6.1995 kokosivun artikkelin energiaa säästäväistä ta- loista. ESPI-talot olivat esimerkkeinä matalaenergiataloista ja toisen talon omista- jaa oli haastateltu jutussa. Helsingin Sanomien artikkelissa 9.3.1997 ESPI-talot ja -teknologia oli esimerkkinä siitä, miten rakennetaan homehtumattomia taloja.

ESPI-teknologiaa esiteltiin Ylöjärven asuntomessuilla 1996.

ESPI-taloissa vieraili tutkimuksen aikana useita koti- ja ulkomaisia alan asiantun- tijoita, muun muassa Saksasta, Sveitsistä ja Englannista.

ESPI-TALOIHIN LIITTYVÄT VIDEOT

ESPI-talot, niiden teknologiaa ja yrityksiä oli mukana seuraavissa videoissa:

Scandinavian Miracles. Finland - High Tech in a Natural Setting. (Yhtenä osana on matalaenergiarakentaminen.) Grann TV - Film - Video Production Ltd. Espoo 1996. Kesto 28 min.

Ymmärrä ja hallitse ilmanvaihto. Video asuinrakennusten ilmanvaihdon periaat- teista ja oikeista käyttötavoista. VTT Rakennustekniikka, Video- ja multimedia- palvelut. Espoo 1996. Kesto 35 min.

Energiataloudellinen pientalo. Kuinka lämmitysenergian kulutus puolitetaan ? VTT Rakennustekniikka, Video- ja mediapalvelut. Espoo 1997. Kesto 18 min.

Ekologinen rakentaminen. Video ympäristöystävällisestä rakentamisesta ja yhdys- kuntasuunnittelusta. VTT Rakennustekniikka, Video- ja mediapalvelut. Es- poo 1997. Kesto 21 min.

TUTKIMUKSEN JULKAISUT

Tutkimustuloksista tiedotettiin seuraavissa julkaisuissa:

Laine, J. & Saari, M. Öljyllä ja sähköllä lämmittäminen sopii matalaenergiataloon. MotivaXpress 1/1997. S. 6. (Lehtiartikkeli) ISSN 1237-3125

Laine, J. & Saari, M. Ilmanvaihtolämmitys - luonnollinen valinta matalaenergiataloon. Teoksessa: Ruotsalainen, R. & Säteri, J. (toim.) Sisäilmastoseminaari 19.3.1997. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, 1997. S. 251 - 256. (SIY raportti 8). ISBN 951-97186-7-2

Laine, J. & Saari, M. Ventilation Heating System for Cold Climates. Teoksessa: Ottósson, K. & Sigurjónsson, J. (toim.) Cold Climate HVAC '97. International Conference on HVAC in Cold Climate, April 30 - May 1, 1997, Reykjavík, Iceland. Reykjavík: ICEVAC, The Icelandic Heating, Ventilating and Sanitary Association, 1997. S. 203 - 208. (Esitelmä).

Pietarinen, P. & Saari, M. Ilmanvaihtolämmityksen hajautettu automaatio [Distributed control of ventilation heating systems]. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1997. 47 s. (VTT Tiedotteita 1859). ISBN 951-38-5153-2 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Laine, J. & Saari, M. Ilmanvaihtolämmitys matalaenergiatalossa. Talotekniikka 1/1997. S. 18 - 21. (Lehtiartikkeli) ISSN 12365173

Laine, J. & Saari, M. Sähkölämpö sopii erinomaisesti matalaenergiataloon. Sähkö & Lämpö, asiakaslehti rakennusalan ammattilaisille (IVO:n asiakaslehti) huhtikuu 1997. S. 8. (Lehtiartikkeli) ISSN 1237-9794

Pietarinen, P. & Saari, M. Ilmanvaihtolämmityksen automaatio hajautetaan. MotivaXpress 5/1997. S. 10. (Lehtiartikkeli) ISSN 1237-3125

Aho, I. The ESPI low energy houses. Green Building Challenge '98, October 26 - 28, 1998, Vancouver. Natural Resources Canada. (Posteri)

MITTAUSPISTEET

Taulukko 1. ESPI 1 -talon jatkuvan seurannan mittauspisteet kuukausiraporttina.

E1	ESPI 1 Mittaustulosten yhteenveto (tuntikeskiarvot)			tammikuu-1997					
	Alkoi: 1.1.1997 0:00 Päättyi: 1.2.1997 0:00	Keski- arvo	Keski- hajonta	Minimi	25 %:n raja	Mediaani	75 %:n raja	Maksimi	
1	Koko käyttöveden kulutus	dm3/h	15.57	37.09	0.00	0.00	3.00	13.00	410.00
2	Lämpimän käyttöveden (LKV) kulutus	dm3/h	6.63	20.40	0.00	0.00	0.00	4.01	233.71
3	Lattialämmityksen/jakotukki 1 vesivirta	dm3/h	364.63	44.73	0.00	331.20	358.62	401.40	456.39
4	Lattialämmityksen/jakotukki 2 vesivirta	dm3/h	111.65	88.65	0.00	29.71	106.18	175.61	355.77
5	IV-koneen lämmityspatterin vesivirta	dm3/h	0.27	0.75	0.00	0.00	0.03	0.14	8.16
6	Lämpimän käyttöveden (LKV) lämpöenergia	kW	0.338	1.10	0.00	0.00	0.00	0.16	12.19
7	Lattialämmityksen/jakotukki 1 lämpöenergia	kW	0.883	0.29	0.00	0.64	0.85	1.07	1.80
8	Lattialämmityksen/jakotukki 2 lämpöenergia	kW	0.369	0.33	0.00	0.10	0.34	0.54	2.17
9	IV-koneen lämmityspatterin lämpöenergia	kW	0.009	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.30
10	Lämmitysöljyn energia	kW	2.159	1.52	0.00	1.60	1.70	2.70	15.90
11	Sähkön kokonaiskulutus päämittarista	kW	1.032	0.83	0.44	0.56	0.74	1.26	8.85
12	Öljykattilan sähkö	kW	0.076	0.03	0.00	0.05	0.05	0.10	0.25
13	Saunan kiukaan sähkö	kW	0.063	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	5.35
14	Teknisen tilan sähkö	kW	0.359	0.13	0.15	0.25	0.35	0.40	1.45
15	Keittiön ja kodinhoitohuoneen koneiden sähkö	kW	0.162	0.24	0.05	0.05	0.10	0.15	2.15
16	Autolämmityssähkö	kW	0.008	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55
17	Sähkön kokonaiskulutus, alamittaus	kW	1.025	0.82	0.40	0.55	0.75	1.26	8.70
18	IV-koneen puhaltimien sähkö	kW	0.192	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
19	Porakaivopumpun sähkö	kW	0.037	0.09	0.00	0.00	0.00	0.05	1.00
20	Porakaivopumpun käyttöaika	h	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	Puun kulutus (1 kg/p)	kg	0.133	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
22	Puun kulutus (0.1 kg/p)	0,1 kg	0.234	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00
23	Ulkoilman lämpötila (pohj.) säätöanturin luona		-3.8	5.1	-20.2	-6.8	-2.6	0.2	4.2
24	Ulkoilman lämpötila ilmanvaihtokoneella		-3.1	4.7	-18.1	-6.1	-2.0	0.5	4.6
25	Tuloilman 1 (MH1) lämpötila ilmanvaihtokoneella		22.2	0.4	21.6	21.9	22.0	22.3	24.6
26	Tuloilman 2 (MH2-MH4) lämpötila ilmanvaihtokoneella		21.7	0.5	21.0	21.4	21.5	21.7	24.6
27	Poistoilman 1 (keittiö) lämpötila ilmanvaihtokoneella		23.5	0.9	20.9	23.0	23.4	23.9	28.2
28	Poistoilman 2 (WC) lämpötila ilmanvaihtokoneella		25.1	0.9	23.7	24.7	24.9	25.3	31.1
29	Jäteilman lämpötila ilmanvaihtokoneella		13.4	2.0	9.2	11.9	13.4	14.4	21.1
30	Jäteilman lämpötila ulospuhalluksessa		13.3	2.0	9.3	11.9	13.3	14.3	20.9
31	Kierrätysilman (OH) lämpötila koneella		21.4	3.1	15.2	19.0	20.4	24.7	27.2
32	Sisäilman lämpötila makuuhuone 1:ssä		23.3	0.5	22.3	23.0	23.3	23.6	24.7
33	Sisäilman lämpötila olohuoneessa		24.0	0.7	22.5	23.5	24.0	24.5	26.3
34	Sisäilman lämpötila makuuhuone 2:ssa		23.1	0.5	21.9	22.8	23.1	23.4	24.8
35	Sisäilman lämpötila makuuhuone 3:ssa		23.5	0.4	22.5	23.2	23.4	23.8	24.6
36	Sisäilman lämpötila makuuhuone 4:ssä		23.7	0.4	22.6	23.4	23.7	23.9	24.8
37	Sisäilman lämpötila teknisessä tilassa		24.9	1.0	21.2	24.4	25.0	25.4	27.1
38	Sisäilman lämpötila tuulikaapissa		24.3	0.6	22.2	24.0	24.3	24.7	26.2
39	Sisäilman lämpötila kodinhoitohuoneessa		23.1	0.6	21.9	22.7	23.0	23.4	25.7
40	Sisäilman lämpötila keittiössä		23.9	0.7	22.6	23.4	23.7	24.3	26.7
41	Tuloilman lämpötila makuuhuoneessa 1		22.3	0.3	21.5	22.0	22.2	22.4	23.9
42	Tuloilman lämpötila makuuhuoneessa 2		21.9	0.4	21.1	21.6	21.8	22.0	23.6
43	Poistoilman lämpötila keittiössä		24.2	1.1	22.3	23.5	24.0	24.7	31.4
44	Poistoilman lämpötila löylyhuoneessa		25.1	1.9	23.6	24.3	24.5	24.9	38.1
45	Poistoilman lämpötila pesuhuoneessa		24.4	1.9	22.9	23.7	23.9	24.3	41.6
46	Poistoilman lämpötila kodinhoitohuoneessa		23.5	1.3	22.0	22.8	23.3	23.8	32.9
47	Maan lämpötila 1 m seinästä olohuoneen alla		10.4	0.1	10.2	10.3	10.4	10.4	10.7
48	Maan lämpötila 3 m seinästä olohuoneen alla		12.5	0.1	12.3	12.4	12.5	12.5	12.7
49	Lattian lämpötila makuuhuone 1:ssä		26.7	1.0	24.6	25.9	26.8	27.4	29.2
50	Lattian lämpötila 1 m seinästä olohuoneessa		22.3	0.7	20.9	21.9	22.2	22.6	25.4
51	Lattian lämpötila 3 m seinästä olohuoneessa		23.4	0.2	22.9	23.2	23.4	23.5	24.1
52	Lattian lämpötila makuuhuone 2:ssa		26.5	0.8	24.7	25.9	26.6	27.2	28.1
53	Lattian lämpötila makuuhuone 3:ssa		26.0	1.2	23.4	25.1	26.0	26.9	29.2
54	Lattian lämpötila teknisessä tilassa		27.6	0.4	26.4	27.3	27.6	27.8	29.0
55	Lattian lämpötila pesuhuoneessa		27.0	0.5	25.4	26.7	26.9	27.3	28.4
57	Lattian lämpötila keittiössä		23.7	0.6	22.9	23.2	23.6	24.2	25.8

Taulukko 1 jatkuu . ESPI 1 -talon jatkuvan seurannan mittauspisteet kuukausiraporttina.

E1	ESPI 1 Mittaustulosten yhteenveto (tuntikeskiarvot)		tammikuu-1997						
	Alkoi: 1.1.1997 0:00 Päättyi: 1.2.1997 0:00	Keski- arvo	Keski- hajonta	Minimi	25 %:n raja	Mediaani	75 %:n raja	Maksimi	
58	Kylmän käyttöveden lämpötila	14.4	4.1	8.8	10.7	13.2	18.1	23.9	
59	Lämpimän käyttöveden lämpötila	40.7	9.3	23.8	31.2	41.2	49.6	55.5	
60	Öljykattilan kattilavesi	76.3	0.6	68.2	76.2	76.4	76.6	77.8	
61	Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin menovesi	47.4	4.6	30.5	48.0	48.8	49.6	52.2	
62	Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin paluuvesi	21.1	2.1	17.5	19.8	20.8	21.7	30.5	
63	Lattialämmityksen menovesi	31.0	1.0	28.6	30.2	30.9	31.7	33.9	
64	Lattialämmityksen paluuvesi	28.8	0.7	26.7	28.3	28.8	29.3	30.8	
65	Lattialämmitys/jakotukki 1 paluuvesi	28.9	0.7	27.1	28.4	28.8	29.3	30.7	
66	Lattialämmitys/jakotukki 2 paluuvesi	28.1	0.9	25.1	27.5	28.1	28.7	30.8	
67	Takan rungon yläosan lämpötila	29.8	2.8	23.7	27.5	29.8	32.1	35.7	
68	Takan savukaasun lämpötila hormissa	40.9	29.4	20.2	26.3	31.4	40.7	201.4	
69	Ulkoilmavirta	dm3/s	45.4	15.6	16.1	35.3	47.8	54.7	68.2
70	Jäteilmavirta	dm3/s	56.4	19.2	5.8	53.0	56.4	71.7	83.3
71	Kierrätysilmavirta	dm3/s	15.9	9.6	0.3	8.9	17.5	23.1	30.2
72	Kierrätysilman suhteellinen kosteus	%	18.1	6.0	1.4	14.4	17.2	22.9	31.3
<i>Mittaustuloksista lasketut arvot:</i>									
75	Tuloilmavirta	dm3/s	61.4	7.0	43.8	57.1	64.8	66.5	68.6
76	Lattialämmitys yhteensä	kW	1.252	0.575	0.000	0.810	1.140	1.600	3.900
77	Tilojen lämmitys yhteensä	kW	1.262	0.581	0.000	0.818	1.140	1.610	3.900
78	Polttopuun lämmitysteho	kW	0.407	1.752	0.000	0.000	0.000	0.000	13.520
82	Polttopuun lämmitysteho	W/m2	3.18	13.69	0.00	0.00	0.00	0.00	105.63
83	Ulkoilman minimilämpötila		-3.80	5.07	-20.21	-6.80	-2.64	0.17	4.02
84	LTO:n tehohyötysuhde	%	40.17	8.55	12.84	41.80	43.97	44.61	47.12
85	Ilmavirtasuhde (t/p)	1	0.81	0.19	0.22	0.82	0.85	0.87	1.00
86	IV:n lämpöhäviö LTO:lla	kW	1.14	0.49	0.12	0.85	1.05	1.36	3.21
87	IV:n lämpöhäviö ilman LTO:a	kW	1.88	0.66	0.20	1.50	1.89	2.38	3.74
91	Yösähkön osuus koko sähköstä	kW	0.44	0.77	0.00	0.00	0.00	0.60	8.85

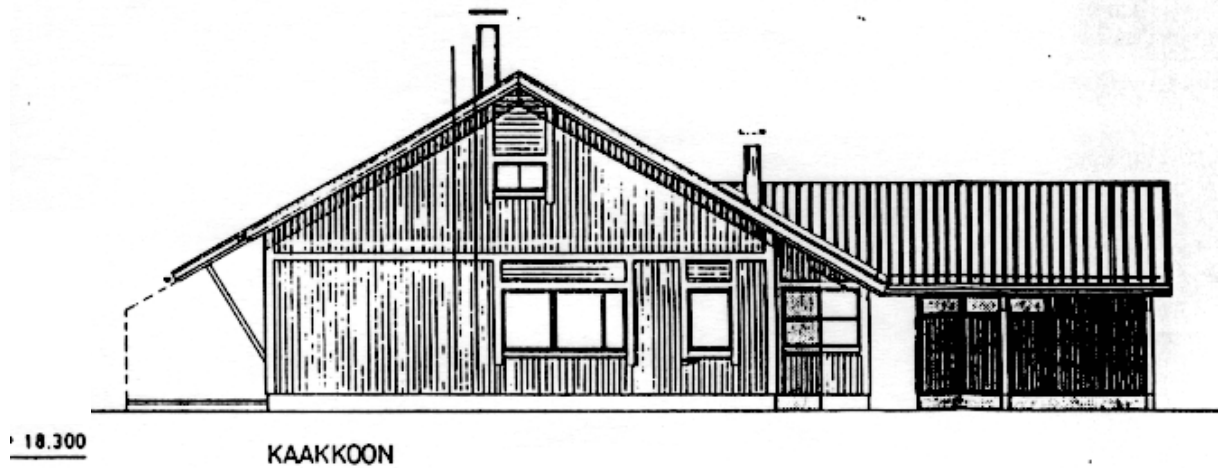
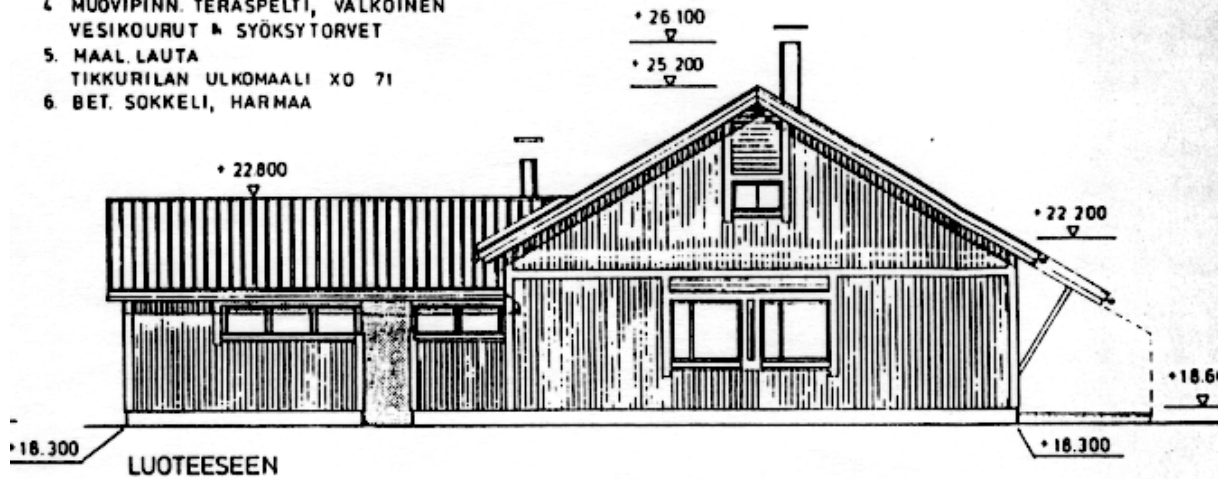
Taulukko 2. ESPI 2 -talon jatkuvan seurannan mittauspisteet kuukausiraporttina.

E2 ESPI 2 Mittaustulosten yhteenveto (tuntikeskiarvot)		tammikuu-1997							
Alkoi: 31.12.1996 23:00		Keski- arvo	Keski- hajonta	Minimi	25 %-n raja	Mediaani	75 %-n raja	Maksimi	
Päättyi: 31.1.1997 23:00									
1	Koko käyttöveden kulutus dm3/h	16.07	40.74	0.00	0.00	2.00	11.00	316.0	
2	Lämpimän käyttöveden (LKV) kulutus dm3/h	7.08	22.4	0.00	0.00	0.08	1.88	192	
3	Lämpimän käyttöveden (LKV) lämpöenergia kW	0.375	1.3	0.00	0.00	0.00	0.05	11	
4	Sähkön kokonaiskulutus kW	2.975	3.09	0.33	0.64	1.38	5.24	13.97	
5	Tilojen lämmityssähkö yhteensä kW	1.602	2.40	0.00	0.05	0.25	2.40	8.60	
6	Lattialämmityssähkö kW	0.802	1.24	0.00	0.00	0.00	1.35	3.60	
7	Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin sähkö kW	0.193	0.25	0.00	0.00	0.10	0.30	1.10	
9	Käyttövesivaraajan (LKV) lämmityssähkö kW	0.552	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	5.95	
10	Saunan kiukaan sähkö kW	0.129	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	5.60	
11	Teknisen tilan sähkö (IV-kone, pumppu ym.) kW	0.198	0.07	0.15	0.15	0.20	0.20	0.70	
12	Keittiön ja kodinhoituhuoneen laitteet kW	0.198	0.28	0.05	0.10	0.10	0.15	2.60	
14	Autolämmityssähkö kW	0.020	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	
16	Takan lämmityssähkö kW	0.298	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	
17	Porakaivopumpun käyttöaika h	0.009	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
19	Puun kulutus (1 kg/p)	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20	Puun kulutus (0,1 kg/p)	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
23	Ulkoilman lämpötila pohjoispuolelta (PL)	-4.2	4.9	-20.0	-7.4	-3.1	-0.3	3.5	
24	Ulkoilman lämpötila ilmanvaihtokoneella	-3.4	4.9	-19.4	-6.3	-2.2	0.4	4.1	
25	Tuloilman 1 (yläkerta) lämpötila koneella (PL-16)	18.4	1.5	12.9	17.6	17.9	19.2	23.8	
26	Tuloilman 2 (alakerta) lämpötila koneella (PL-17)	19.7	2.6	17.0	17.9	18.7	21.0	29.8	
27	Poistoilman 1 (keittiöhaara) lämpötila koneella	21.6	1.1	20.1	20.9	21.3	22.2	25.9	
28	Poistoilman 2 (WC-haara) lämpötila koneella	21.5	0.7	20.3	20.9	21.3	21.9	24.5	
29	Jäteilman lämpötila koneella	8.8	2.6	-2.3	7.4	9.5	10.6	14.1	
30	Tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen	12.1	4.9	-11.9	11.9	13.6	14.5	17.5	
31	Kierrätysilman (alakerta) lämpötila	22.5	0.9	20.8	21.8	22.6	23.2	25.2	
32	Lämpimän käyttöveden varaajan pintalämpötila	63.5	3.4	24.6	62.7	64.0	65.3	67.3	
33	Sisäilman lämpötila työhuoneessa (PL-8)	20.7	0.6	19.8	20.2	20.7	21.2	22.6	
34	Sisäilman lämpötila olohuoneessa (PL-5 ja 6)	21.6	0.6	20.3	21.1	21.7	22.0	23.1	
35	Sisäilman lämpötila keittiössä (PL-7)	21.6	0.4	20.6	21.3	21.6	21.8	23.2	
36	Sisäilman lämpötila WC:ssä	21.6	0.4	20.8	21.3	21.6	21.9	22.8	
37	Sisäilman lämpötila teknisessä tilassa	18.2	0.8	14.0	17.8	18.3	18.7	19.5	
38	Sisäilman lämpötila tuulikaapissa	19.5	0.7	18.0	19.0	19.5	20.0	21.9	
39	Sisäilman lämpötila makuuhuone 1:ssä (PL-9)	20.7	0.7	19.8	20.0	20.7	21.1	22.0	
40	Sisäilman lämpötila makuuhuone 2:ssa (PL-10)	20.7	0.6	20.0	20.2	20.6	21.2	22.0	
41	Sisäilman lämpötila makuuhuone 3:ssa (PL-11)	20.6	0.6	19.7	20.1	20.5	21.1	21.9	
42	Sisäilman lämpötila yläkerran aulassa (PL-12 ja 13)	20.7	0.6	19.8	20.2	20.6	21.1	21.9	
43	Sisäilman lämpötila yläkerran kylpyhuoneessa (PL-18)	20.6	0.5	19.8	20.2	20.6	21.0	21.8	
44	Sisäilman lämpötila ullakolla (PL-14)	20.2	0.3	19.4	19.9	20.1	20.4	21.1	
45	Tuloilman lämpötila kirjastossa	25.2	10.7	18.7	19.5	20.1	22.6	51.3	
46	Tuloilman lämpötila olohuoneessa (kirjasto)	22.6	7.1	18.7	19.7	20.2	21.4	51.7	
47	Tuloilman lämpötila keittiössä	22.6	7.4	18.4	19.2	19.8	21.3	49.0	
48	Tuloilman lämpötila makuuhuone 1:ssä	28.1	11.0	15.9	19.3	21.3	37.7	48.1	
49	Tuloilman lämpötila makuuhuone 2:ssa	-26.0	20.8	-48.0	-41.7	-35.0	-15.8	44.5	
50	Tuloilman lämpötila makuuhuone 3:ssa	24.3	11.0	16.9	19.0	19.5	20.6	52.9	
51	Tuloilman lämpötila yläkerran aulassa	24.5	10.6	16.5	19.0	19.5	21.4	49.5	
52	Poistoilman lämpötila keittiössä	21.8	1.0	20.4	21.2	21.6	22.0	28.4	
53	Poistoilman lämpötila kodinhoituhuoneessa	21.2	0.5	20.0	20.8	21.1	21.5	24.2	
54	Poistoilman lämpötila löylyhuoneessa	22.9	2.1	20.3	21.5	22.3	23.5	34.8	
55	Poistoilman lämpötila pesuhuoneessa	21.9	1.1	20.4	21.2	21.7	22.4	26.7	
56	Lattian lämpötila työhuoneessa	21.3	0.7	20.1	20.7	21.2	21.8	23.5	
57	Lattian lämpötila kodinhoituhuoneessa (PL-3)	22.6	1.0	20.6	21.8	22.4	23.4	24.8	
58	Lattian lämpötila keittiössä	21.4	0.7	20.2	20.9	21.3	22.0	23.1	
59	Lattian lämpötila olohuoneessa (PL-1)	22.6	0.8	20.9	21.9	22.5	23.2	24.7	
60	Lattian lämpötila teknisessä tilassa (PL-4)	17.7	1.3	14.9	16.7	17.7	18.7	20.4	
61	Lattian lämpötila eteisessä (PL-2)	22.8	0.7	21.2	22.2	22.7	23.4	25.0	
62	Lattian lämpötila yläkerran kylpyhuoneessa	21.1	1.3	19.0	20.1	20.8	22.0	24.4	

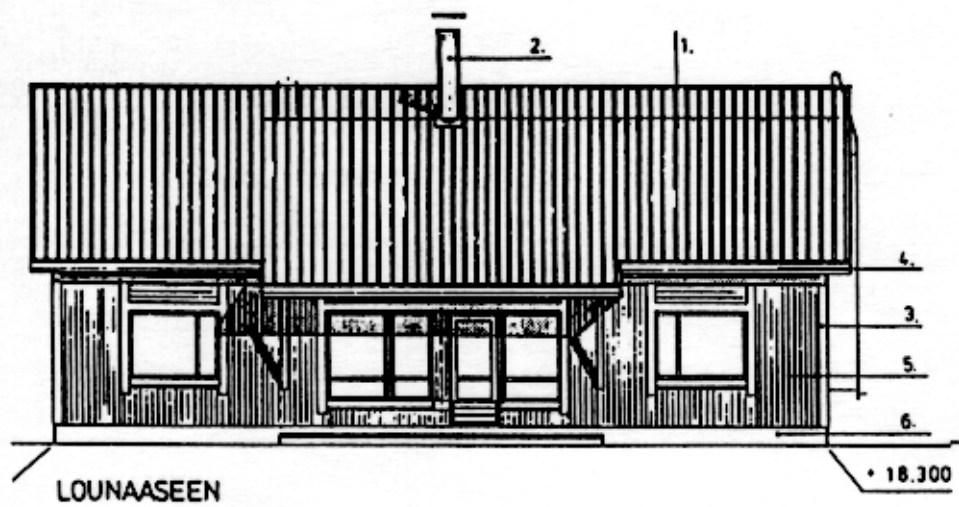
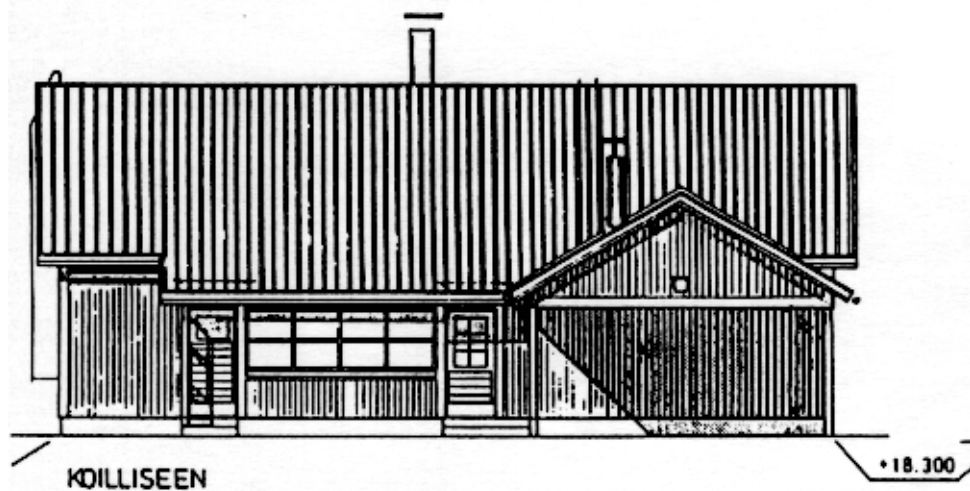
Taulukko 2 jatkuu . ESPI 2 -talon jatkuvan seurannan mittauspisteet kuukausiraporttina.

E2	ESPI 2 Mittaustulosten yhteenveto (tuntikeskiarvot)		tammikuu-1997						
	Alkoi: 31.12.1996 23:00 Päättyi: 31.1.1997 23:00	Keski- arvo	Keski- hajonta	Minimi	25 %:n raja	Mediaani	75 %:n raja	Maksimi	
63	Kylmän käyttöveden lämpötila	13.9	2.9	8.3	11.4	13.8	16.6	19.1	
64	Lämpimän käyttöveden lämpötila	29.9	9.3	18.9	21.5	27.2	37.3	53.0	
65	Takan vuolukivihormin lämpötila yläkerrassa	23.9	2.6	19.0	22.3	23.2	24.5	36.3	
66	Takan rungon yläosan lämpötila (PL-15)	32.2	3.4	26.4	29.6	31.4	34.2	42.5	
67	Takan savukaasun lämpötila hormissa	34.9	12.9	26.3	29.2	31.2	34.8	136.8	
68	Auringon säteilyteho vaakatasolle	W/m2	4.2	15.5	-5.7	-0.6	0.1	0.8	128.9
69	Ulkoilmavirta	dm3/s	38.7	1.6	36.3	37.5	38.1	40.2	44.0
70	Jäteilmavirta	dm3/s	37.8	5.3	4.5	38.5	38.9	39.4	40.7
71	Kierrätysilmavirta	dm3/s	24.0	3.2	19.8	21.3	22.5	27.6	29.5
72	Kierrätysilman suhteellinen kosteus	%	28.5	3.8	20.1	25.7	28.3	31.1	43.0
73	Vertaitujännite	mV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
74	Vertailulämpötila		20.1	0.8	16.1	19.7	20.2	20.7	21.5
	<i>Mittaustuloksista lasketut arvot:</i>								
75	Tuloilmavirta	dm3/s	62.7	4.7	56.7	58.8	60.4	68.0	72.7
76	Auringon säteilyteho vaakatasolle (korj.)	W/m2	4.7	15.2	0.0	0.0	0.1	0.8	128.9
78	Koko sähkö	kW	2.975	3.09	0.33	0.64	1.38	5.24	13.97
79	Tilojen lämmityssähkö	kW	1.602	2.40	0.00	0.05	0.25	2.40	8.60
80	Käyttövesivaraajan lämmityssähkö	kW	0.552	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	5.95
81	Koko lämmityssähkö	kW	2.153	3.03	0.00	0.05	0.35	4.10	11.50
82	Summa: lattialämmitys+IVKlämmitys+takkalämmitys	kW	1.293	1.88	0.00	0.00	0.25	2.00	6.60
83	Huonekohtaisten tuloilmalämmittimien sähkö	kW	0.312	0.59	0.00	0.00	0.05	0.25	2.35
84	Valaistuksen ja pistorasioiden sähkö	kW	0.277	0.20	0.03	0.14	0.19	0.40	1.01
85	Taloussähkö	kW	0.821	0.87	0.31	0.39	0.50	0.90	7.17
87	Lämmityksen yösähköteho	kW	1.913	3.07	0.00	0.00	0.00	3.45	11.50
90	IV:n lämpöhäviö LTO:lla	kW	0.586	0.13	0.06	0.51	0.57	0.68	0.98
91	IV:n lämpöhäviö ilman LTO:a	kW	1.224	0.25	0.84	1.03	1.18	1.38	2.17
92	LTO:n tehoyötysuhde	%	51.44	7.15	42.34	49.42	50.14	50.82	95.52
94	Maksimi-ilmavirta	dm3/s	39.48	1.17	36.46	38.67	39.20	40.17	43.96
95	Ulkoilman minimilämpötila		-4.22	4.93	-19.96	-7.39	-3.10	-0.33	3.48
96	IV:n lämpöhäviö LTO:lla (sis. ylipainevuodon)	kW	0.654	0.22	0.42	0.52	0.59	0.71	1.69
97	Ilmavirtasuhde (t/p)	%	97.98	1.94	93.72	96.17	98.14	100.00	100.00
98	LTO:n tehoyötysuhde (sis. ylipainevuodon)	%	47.32	7.26	5.88	48.23	49.45	50.14	52.46
100	Taloussähkön yösähköteho	kW	0.384	0.69	0.00	0.00	0.00	0.46	7.17
101	Käyttövesivaraajan sähkön yösähköteho	kW	0.551	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	5.95
102	Koko sähkön yösähköteho	kW	2.297	3.34	0.00	0.00	0.00	4.13	13.97
103	Tilojen lämmityssähkön yösähköteho	kW	1.362	2.39	0.00	0.00	0.00	1.60	8.60

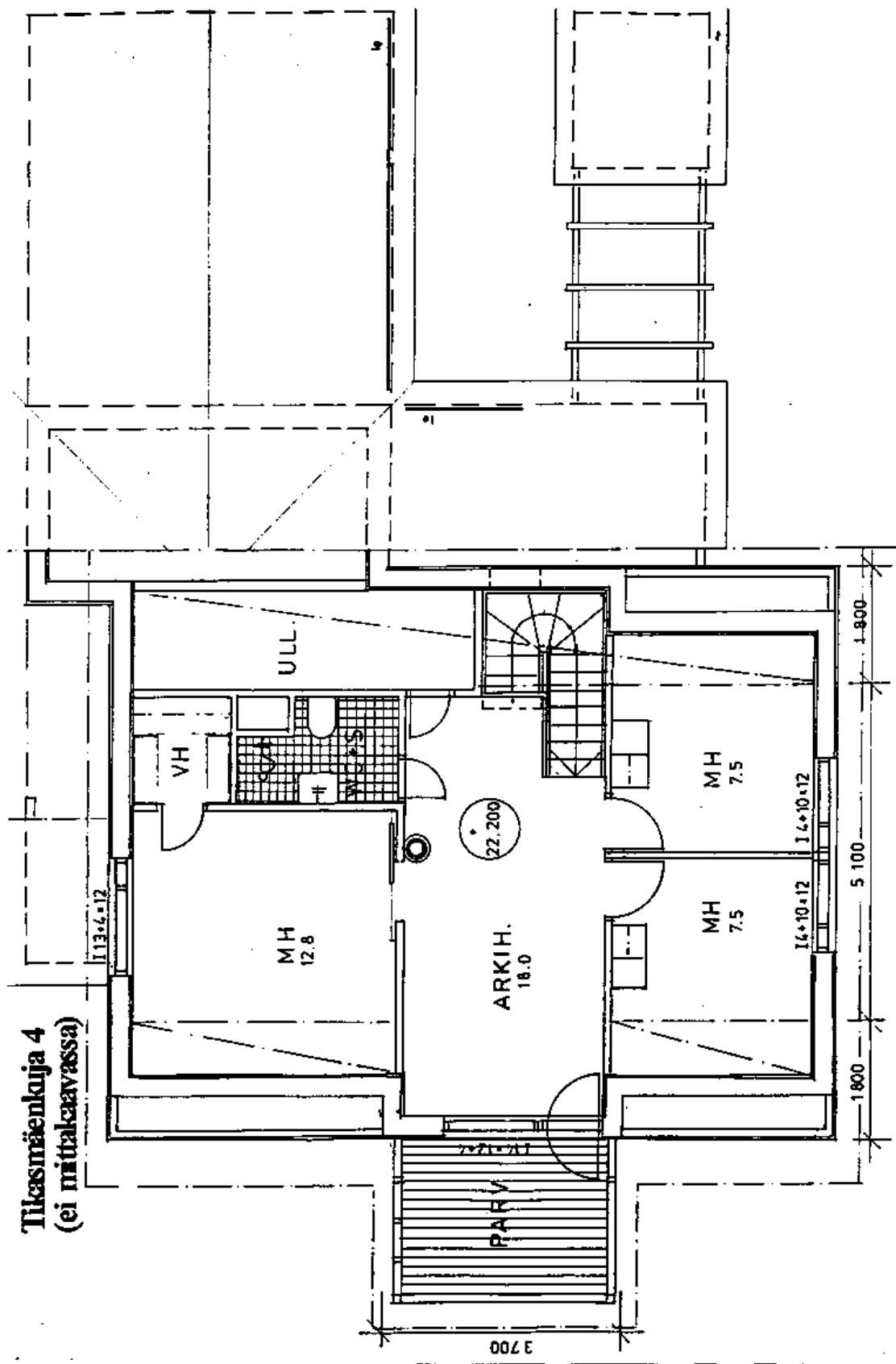
1. BET. KATTOTIILI, PUNAINEN
2. MUOVIPINN. TERÄSPELTI, PUNAINEN
3. IKK. KARMIT, VUORILAUDAT, RÄYSTÄÄN OTSALAUDAT, RÄYSTÄÄN ALUSLAUDAT
MAAL. PUU VALKOINEN
4. MUOVIPINN. TERÄSPELTI, VALKOINEN
VESIKOURUT ■ SYÖKSYTORVET
5. MAAL. LAUTA
TIKKURILAN ULKOMAALI XO 71
6. BET. SOKKELI, HARMAA



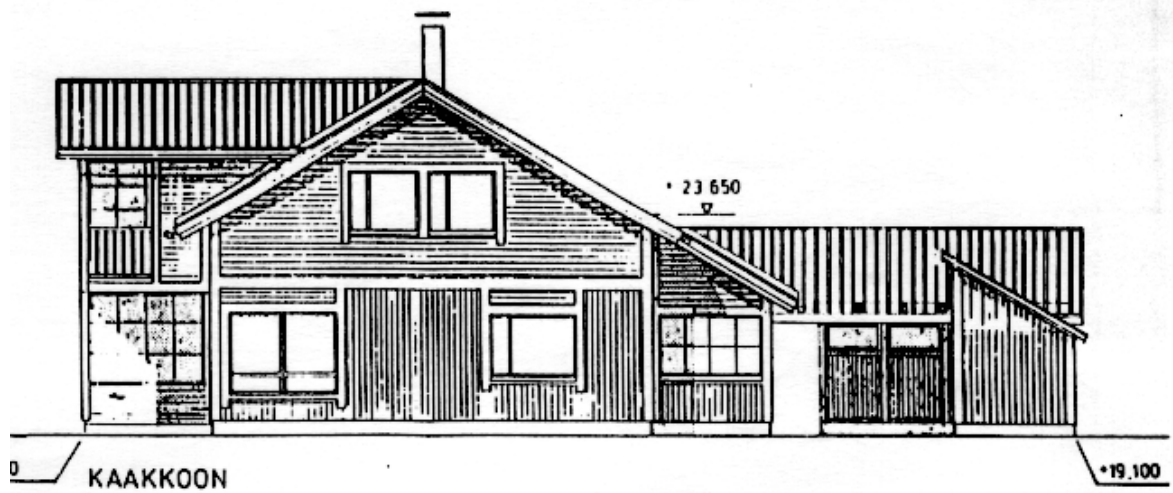
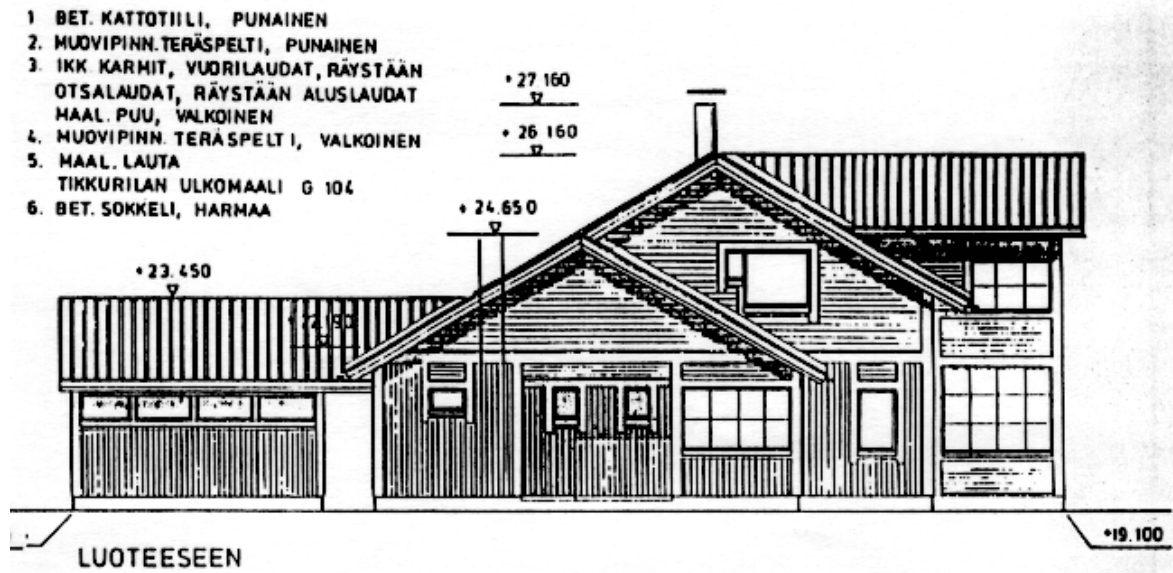
Kuva 3. ESPI 1 -talon julkisivut luoteeseen ja kaakkoon (ei mittakaavassa).



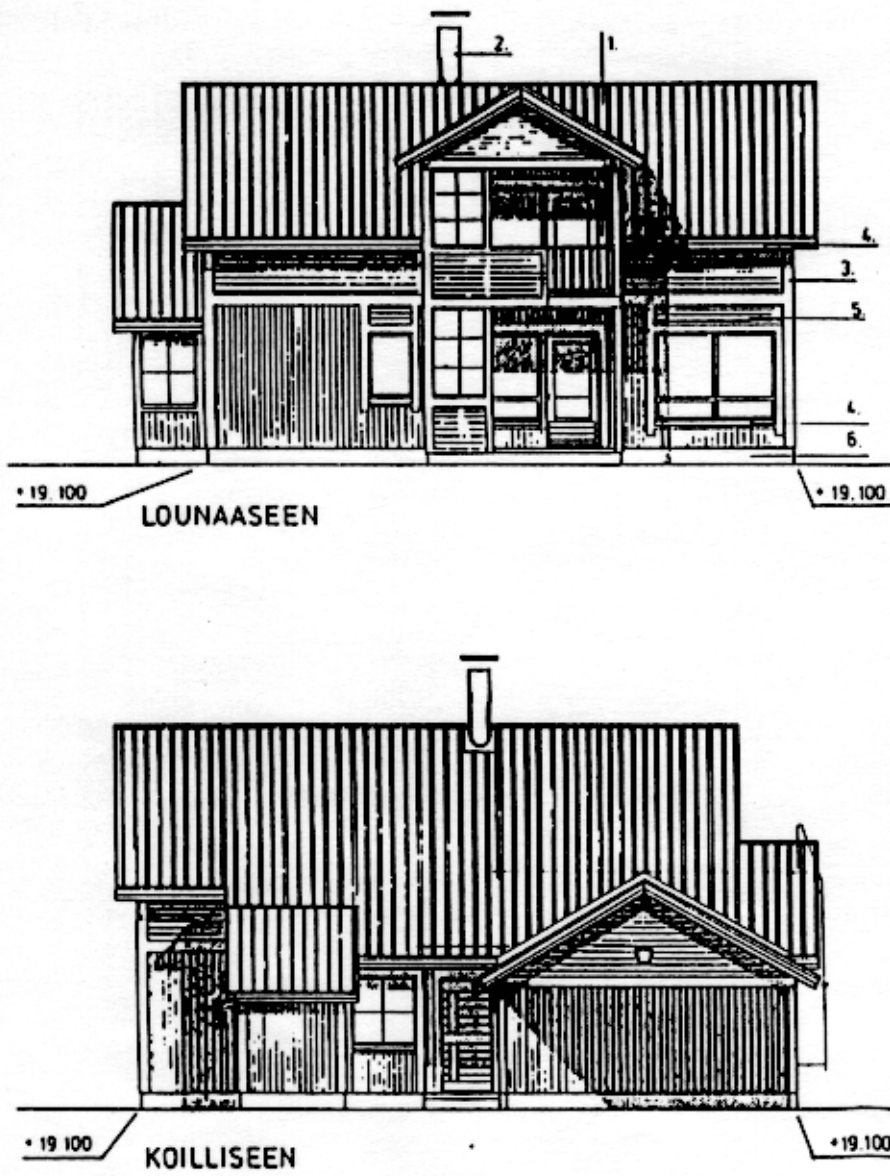
Kuva 4. ESPI 1 -talon julkisivut koilliseen ja lounaaseen (ei mittakaavassa).



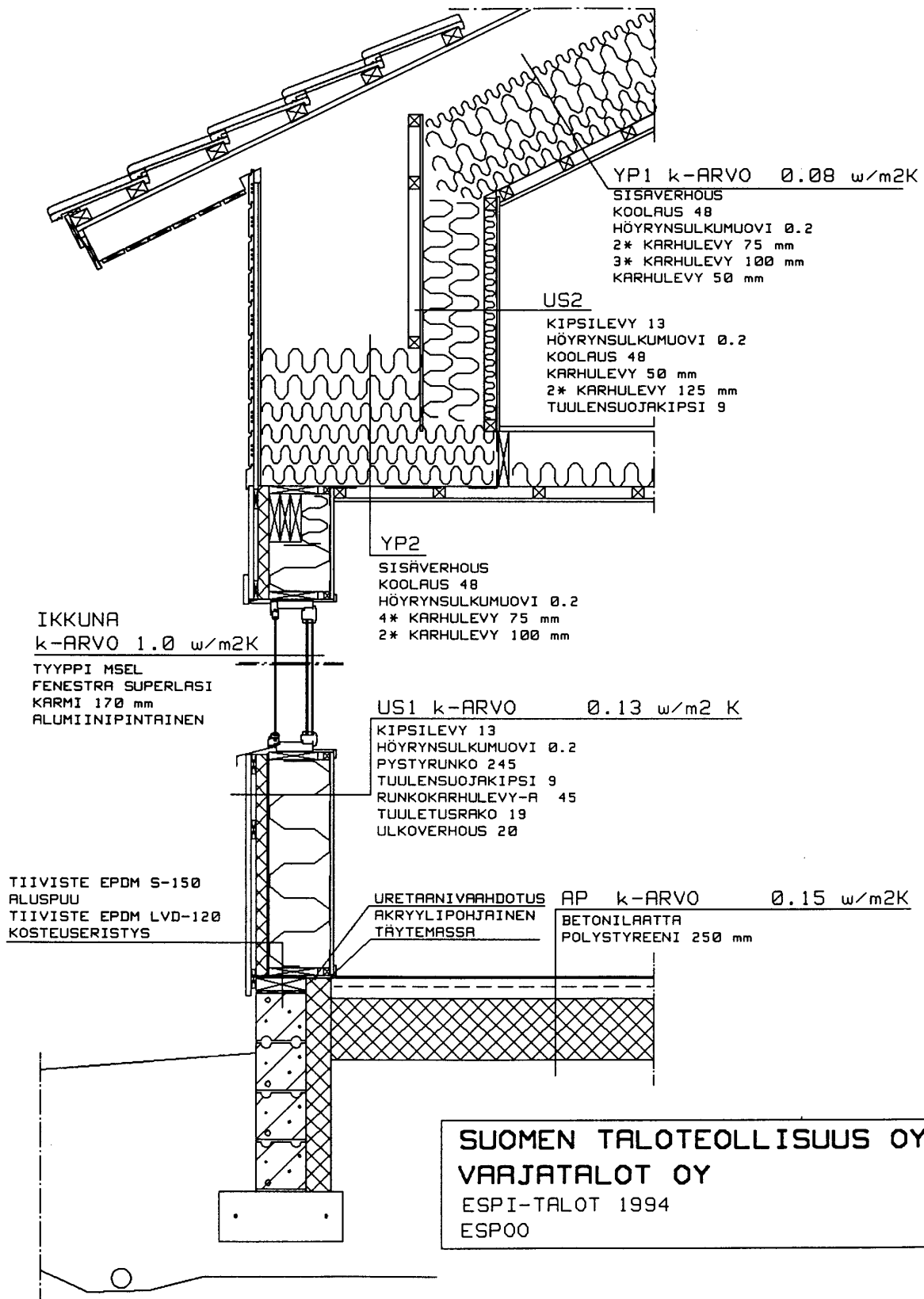
Kuva 6. ESPI 2 -talon yläkerran pohjapiirros (ei mittakaavassa).



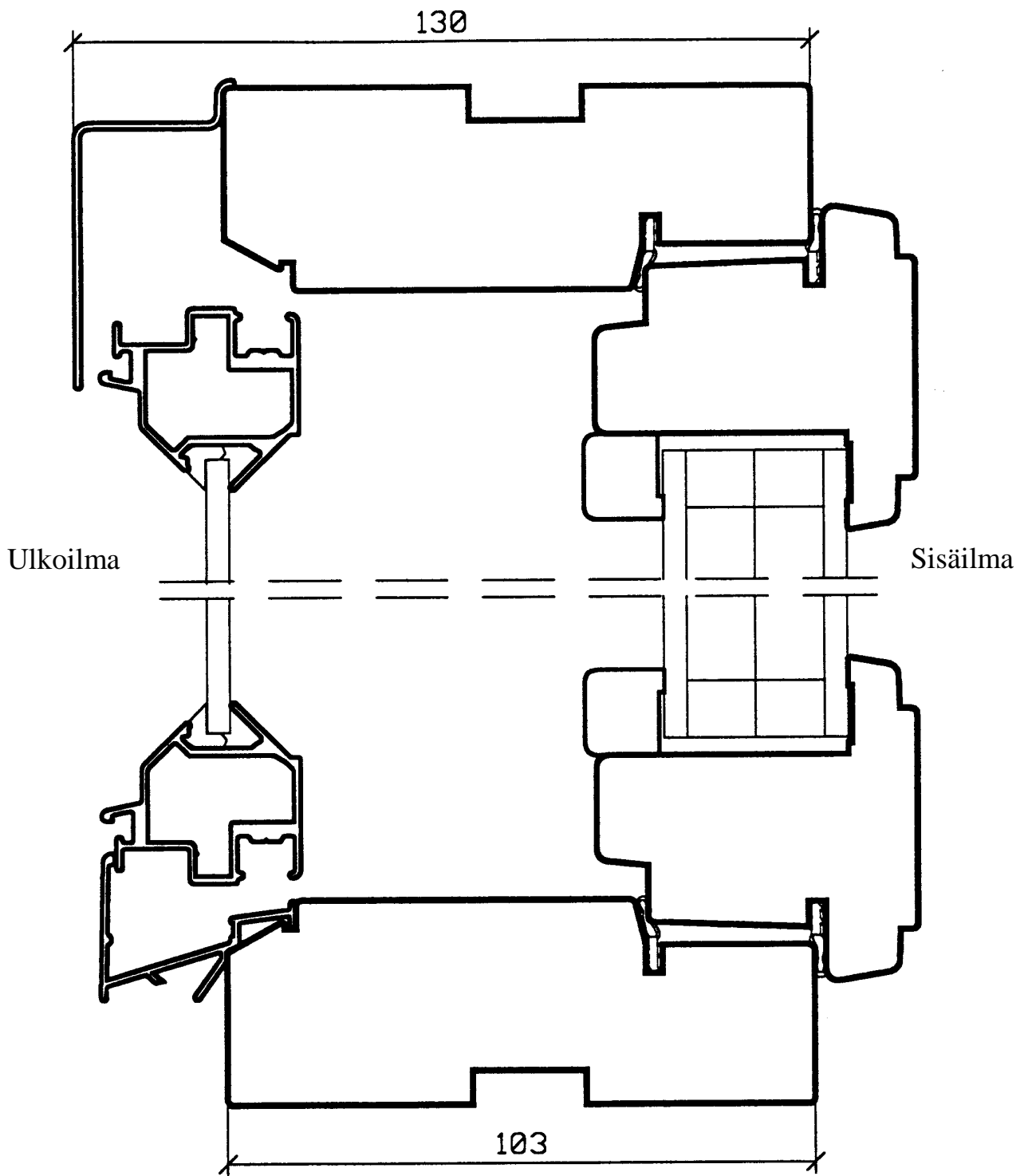
Kuva 7. ESPI 2 -talon julkisivut luoteeseen ja kaakkoon (ei mittakaavassa).



Kuva 8. ESPI 2 -talon julkisivut lounaaseen ja koilliseen (ei mittakaavassa).



Kuva 9. ESPI- talojen rakenneleikkaus.



Kuva 10. ESPI-talojen ikkunoiden leikkauskuva.

ENNAKOITU ENERGIANKULUTUS

Taulukko 1. ESPI I-talon laskennallinen energiankulutus.

KOHDE: ESPI 1 LASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT 9.3.1994	MATALAENERGIATALO			VERTAILUTALO					
Sijainti Laskentatapa Säättiedot Astepäiväluku, S ₂₀ Huoneistoala Bruttoala Rakennustilavuus	Espoo, Henttaa, Tikasmäenkuja 2 Vuosisimulointi (TRNSYS) tunnin aika-asteleittain, ideaalinen lämmityksen säätö Helsinki-Vantaa 1979, normaalivuosi 5736 Kd 128,5 m ² (sisältää 11 m ² :n lämpimän varaston) 147 m ² 470 m ³								
Ilmanvaihtokerroin, l/h (ilmavirta)	0,5 (44 dm ³ /s)			0,5 (44 dm ³ /s)					
Vuotoilmanvaihtokerroin, l/h	0,1			0,2					
Rakenteiden k-arvot, W/m ² K - ulkoseinä (eristepaksuus) - yläpohja - alapohja - ovet - ikkunat	0,13 (290 mm) 0,08 (500 mm) 0,13 (650 mm) 0,33 (100 mm) 1,05 (3-lasi, selekt.)			minimivaatimukset 0,28 (130 mm) 0,22 (170 mm) 0,22 (400 mm) 0,70 (40 mm) 2,10 (3-lasi, kirkas)					
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) lämpötilahyötysuhde, %	60			ei LTO:a					
LTO:n käyttöaika vuodessa	syys-toukokuu			ei LTO:a					
Ikkunoiden läpäisykerroimet (0°), % - auringon säteilyenergia - suora auringon säteily - hajasäteily - näkyvä valo	45 36 27 66			68 60 25 74					
LASKENNALLINEN VUOSIENERGIANKULUTUS JA VUOSIKUSTANNUKSET									
	Vuosikulutus		Sähkölämmitys ¹⁾		Öljylämmitys ²⁾				
	kWh	kWh/m ³	yleist mk	aikat mk	pv %	yö %	mk		
Tilojen lämmitys, MATALAENERGIATALO	4800	37.4	2098	1266	25	75	830		
Tilojen lämmitys, VERTAILUTALO	16090	125.2	7031	4244	25	75	2784		
Lämmin käyttövesi (arvio)	3500	27.2	1530	665	0	100	606		
Taloussähkö	5923	46.1	2588	2174	60	40	2588		
Sähkön perusmaksu			192	942			192		
Yhteensä, MATALAENERGIATALO	14223	110.7	6407	5047			4216		
Yhteensä, VERTAILUTALO	25513	198.5	11341	8024			6169		
Säästö	11290	87.9	4934	2978			1953		
Laskelmissa käytetyt energian hinnat:							p/kWh		
Sähkö ³⁾ (Espoon sähkö Oy 1.1.1993)	p/kWh						48,5		
- yleistariffi	43,7						19,0		
- kuluttajamaksu 192 mk/vuosi							17,3		
							48,5		
							19,0		
							17,3		
LASKENNALLINEN VUOSIENERGIATASE (12 kk)									
SISÄÄNTULEVA ENERGIA	MATALAENERGIATALO			VERTAILUTALO			ERO		
	kWh	kWh/m ²	%	kWh	kWh/m ²	%	kWh	kWh/m ²	%
Tilojen lämmitysenergia	4800	37.4	32.5	16090	125.2	57.5	11290	88	86.1
Auringon säteilyenergia	2388	18.6	16.2	4228	32.9	15.2	1840	14	14.0
Sisäiset lämpökuormat	7400	57.6	50.1	7400	57.6	26.5	0	0	0.0
- ihmiset	1478	11.5	10.0	1478	11.5	5.3	0	0	0.0
- taloussähkö	5923	46.1	40.1	5923	46.1	21.2	0	0	0.0
- koneet	2857	22.2	19.4	2857	22.2	10.2	0	0	0.0
- valaistus	3066	23.9	20.8	3066	23.9	11.0	0	0	0.0
Muut kuormat	147	1.4	1.2	163	1.3	0.6	-11	-0	-0.1
Sisääntuleva energia yhteensä	14762	114.9	100.0	27881	217.0	100.0	13119	102	100.0
ULOSMENEVÄ ENERGIA	MATALAENERGIATALO			VERTAILUTALO			ERO		
	kWh	kWh/m ²	%	kWh	kWh/m ²	%	kWh	kWh/m ²	%
Ikkunat	2604	20.3	17.6	4952	38.5	17.8	2348	18	17.9
Ulkoseinät	2493	19.4	16.9	4797	37.3	17.2	2304	18	17.6
Yläpohja	1282	10.0	8.7	3074	23.9	11.0	1792	14	13.7
Alapohja	2150	16.7	14.6	3141	24.4	11.3	991	8	7.6
Ulko-ovet	177	1.4	1.2	347	2.7	1.2	170	1	1.3
Ilmanvaihto	6056	47.1	41.0	11570	90.0	41.5	5514	43	42.0
Ulosmenevä energia yhteensä	14762	114.9	100.0	27881	217.0	100.0	13119	102	100.0

MITATTU ENERGIAN- JA VEDENKULUTUS

Taulukko 1. ESPI 1 -talon lämmitysöljyn kulutus.

Kuukausi. vuosi	Öljyn kulutus, dm ³
5.95	86
6.95	51
7.95	45
8.95	51
9.95	65
10.95	65
11.95	117
12.95	172
1.96	153
2.96	156
3.96	110
4.96	86
5.96	76
6.96	50
7.96	58
8.96	53
9.96	74
10.96	87
11.96	101
12.96	165
1.97	156
2.97	139
3.97	130
4.97	103
5.97	81
Yhteensä	2 431
Vuosi 1	1 147
dm ³ /m ² /a	9.0
Vuosi 2	1 197
dm ³ /m ² /a	9.4

Vuosi 1 on 6.95 - 5.96 (kesäkuu 1995 - toukokuu 1996)

Vuosi 2 on 6.96 - 5.97 (kesäkuu 1996 - toukokuu 1997)

Taulukko 2. ESPI 1 -talon ostoenergiankulutuksen jakautuminen.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh				Kiinteän polttoaineen osuus, %
	Ostoenergia yhteensä	Sähkö	Öljy	Kiinteä polttoaine	
5.95	1 448	616	778	54	3.7 %
6.95	1 029	571	459	0	0.0 %
7.95	806	404	403	0	0.0 %
8.95	1 076	614	462	0	0.0 %
9.95	1 399	643	589	168	12.0 %
10.95	1 413	682	581	150	10.6 %
11.95	1 959	717	1 049	193	9.9 %
12.95	2 609	773	1 549	287	11.0 %
1.96	2 432	807	1 380	245	10.1 %
2.96	2 406	671	1 408	327	13.6 %
3.96	2 008	652	987	369	18.4 %
4.96	1 660	615	774	271	16.3 %
5.96	1 274	548	688	38	3.0 %
6.96	957	506	451	0	0.0 %
7.96	1 063	545	518	0	0.0 %
8.96	981	503	478	0	0.0 %
9.96	1 368	598	670	101	7.3 %
10.96	1 658	722	781	155	9.3 %
11.96	1 893	751	906	236	12.5 %
12.96	2 654	810	1 488	356	13.4 %
1.97	2 513	765	1 400	347	13.8 %
2.97	2 216	680	1 250	285	12.9 %
3.97	2 185	677	1 172	336	15.4 %
4.97	1 791	583	926	282	15.7 %
5.97	1 395	599	731	65	4.6 %
Yhteensä	42 192	16 051	21 878	4 263	10.1 %
Vuosi 1	20 071	7 697	10 326	2 048	
kWh/m ² /a	156.8	60.1	80.7	16.0	
Osuus	100 %	38 %	51 %	10 %	
Vuosi 2	20 673	7 739	10 773	2 162	
kWh/m ² /a	161.5	60.5	84.2	16.9	
Osuus	100 %	37 %	52 %	10 %	

Taulukko 3. ESPI 1 -talon energiankulutuksen jakautuminen. Tilojen lämmitys sisältää kiinteän polttoaineen energian.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh			
	Koko energia	Talous sähkö	Lämmin vesi+häviöt	Tilojen lämmitys
5.95	1 448	616	428	404
6.95	1 029	571	346	112
7.95	806	404	212	191
8.95	1 076	614	322	140
9.95	1 399	643	352	405
10.95	1 413	682	350	380
11.95	1 959	717	293	949
12.95	2 609	773	378	1 458
1.96	2 432	807	352	1 273
2.96	2 406	671	350	1 384
3.96	2 008	652	472	884
4.96	1 660	615	499	546
5.96	1 274	548	455	271
6.96	957	506	323	128
7.96	1 063	545	348	170
8.96	981	503	339	139
9.96	1 368	598	363	407
10.96	1 658	722	403	533
11.96	1 893	751	411	732
12.96	2 654	810	466	1 378
1.97	2 513	765	479	1 268
2.97	2 216	680	471	1 064
3.97	2 185	677	532	976
4.97	1 791	583	548	660
5.97	1 395	599	512	283
Yhteensä	42 192	16 051	10 005	16 136
Vuosi 1	20 071	7 697	4 381	7 993
kWh/m ² /a	156.8	60.1	34.2	62.4
Osuus	100 %	38 %	22 %	40 %
Vuosi 2	20 673	7 739	5 196	7 739
kWh/m ² /a	161.5	60.5	40.6	60.5
Osuus	100 %	37 %	25 %	37 %

Taulukko 4. ESPI 1 -talon lämmitysenergiankulutuksen jakautuminen.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh				
	Koko lämmitys	Lämmin vesi	Putkisto- häviöt	Lattia- lämmitys	Tuloilman lämmitys
5.95	778	288	139	351	0
6.95	459	222	125	112	0
7.95	403	87	125	191	0
8.95	462	183	139	140	0
9.95	589	211	140	237	0
10.95	581	206	144	230	0
11.95	1 049	187	106	661	95
12.95	1 549	184	195	973	198
1.96	1 380	235	117	955	72
2.96	1 408	207	143	899	158
3.96	987	250	222	462	53
4.96	774	284	215	258	17
5.96	688	225	230	231	3
6.96	451	188	135	128	0
7.96	518	186	162	170	0
8.96	478	200	139	139	0
9.96	670	200	164	306	1
10.96	781	260	144	378	0
11.96	906	256	154	492	3
12.96	1 488	282	184	1 013	9
1.97	1 400	266	213	913	7
2.97	1 250	282	189	775	4
3.97	1 172	268	264	596	44
4.97	926	250	298	309	69
5.97	731	238	275	175	43
Yhteensä	21 878	5 646	4 359	11 096	776
Vuosi 1	10 326	2 482	1 899	5 350	595
kWh/m ² /a	80.7	19.4	14.8	41.8	4.6
Osuus	100 %	24 %	18 %	52 %	6 %
Vuosi 2	10 773	2 876	2 320	5 396	181
kWh/m ² /a	84.2	22.5	18.1	42.2	1.4
Osuus	100 %	27 %	22 %	50 %	2 %

Taulukko 5. ESPI 1 -talon tilojen lämmitysenergiankulutuksen jakautuminen.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh			
	Yhteensä	Kiinteä polttoaine	Lattia- lämmitys	Tuloilman lämmitys
5.95	404	54	351	0
6.95	112	0	112	0
7.95	191	0	191	0
8.95	140	0	140	0
9.95	405	168	237	0
10.95	380	150	230	0
11.95	949	193	661	95
12.95	1 458	287	973	198
1.96	1 273	245	955	72
2.96	1 384	327	899	158
3.96	884	369	462	53
4.96	546	271	258	17
5.96	271	38	231	3
6.96	128	0	128	0
7.96	170	0	170	0
8.96	139	0	139	0
9.96	407	101	306	1
10.96	533	155	378	0
11.96	732	236	492	3
12.96	1 378	356	1 013	9
1.97	1 268	347	913	7
2.97	1 064	285	775	4
3.97	976	336	596	44
4.97	660	282	309	69
5.97	283	65	175	43
Yhteensä	16 136	4 263	11 096	776
Vuosi 1	7 993	2 048	5 350	595
kWh/m ² /a	62.4	16.0	41.8	4.6
Osuus	100 %	26 %	67 %	7 %
Vuosi 2	7 739	2 162	5 396	181
kWh/m ² /a	60.5	16.9	42.2	1.4
Osuus	100 %	28 %	70 %	2 %

Taulukko 6. ESPI 1 -talon taloussähkönkulutuksen jakautuminen.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh						
	Sähkö yhteensä	Keittiö ja kodinhoito	Valaistus ja pistorasiat	Saunan kiuas	Auton lämmitys	Tekninen tila	Ölji- kattila
5.95	616	131	129	65	0	247	45
6.95	571	116	173	33	0	213	36
7.95	404	74	51	17	0	223	39
8.95	614	115	143	53	0	262	40
9.95	643	120	171	63	0	246	43
10.95	682	124	243	52	0	220	44
11.95	717	128	266	49	1	223	51
12.95	773	139	280	61	6	229	58
1.96	807	133	256	53	7	251	106
2.96	671	120	224	52	5	216	54
3.96	652	122	181	59	1	238	51
4.96	615	127	148	63	0	231	46
5.96	548	116	129	32	0	227	44
6.96	506	121	116	32	0	197	40
7.96	545	109	134	41	0	220	40
8.96	503	122	132	8	0	204	36
9.96	598	109	161	32	0	252	44
10.96	722	112	242	34	0	286	47
11.96	751	115	263	54	0	270	49
12.96	810	129	309	46	6	262	58
1.97	765	119	263	53	6	268	56
2.97	680	109	214	53	2	251	50
3.97	677	122	183	57	0	263	52
4.97	583	106	140	40	0	251	47
5.97	599	113	128	53	0	265	41
Yhteensä	16 051	2 952	4 677	1 156	34	6 016	1 217
Vuosi 1	7 697	1 434	2 265	587	20	2 780	611
kWh/m ² /a	60.1	11.2	17.7	4.6	0.2	21.7	4.8
Osuus	100 %	19 %	29 %	8 %	0 %	36 %	8 %
Vuosi 2	7 739	1 387	2 283	504	14	2 989	561
kWh/m ² /a	60.5	10.8	17.8	3.9	0.1	23.4	4.4
Osuus	100 %	18 %	30 %	7 %	0 %	39 %	7 %

Taulukko 7. ESPI 1 -talon talotekniikkasähkönkulutuksen jakautuminen.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh				
	Yhteensä	Ölly- kattila	Puhaltimet	Porakaivo- pumppu	Muu sähkö
5.95	292	45	111	23	112
6.95	248	36	163	29	21
7.95	261	39	168	17	38
8.95	302	40	176	63	23
9.95	289	43	194	25	27
10.95	263	44	164	25	31
11.95	275	51	128	23	72
12.95	287	58	132	22	75
1.96	358	106	141	25	85
2.96	270	54	113	24	79
3.96	289	51	126	28	84
4.96	277	46	122	30	79
5.96	271	44	116	27	84
6.96	237	40	142	27	29
7.96	260	40	157	24	40
8.96	240	36	139	30	35
9.96	295	44	151	26	75
10.96	334	47	166	28	93
11.96	319	49	151	27	92
12.96	320	58	135	29	97
1.97	324	56	144	27	97
2.97	302	50	128	28	95
3.97	315	52	140	29	94
4.97	297	47	136	27	88
5.97	305	41	146	29	90
Yhteensä	7 233	1 217	3 589	693	1 734
Vuosi 1	3 391	611	1 743	338	699
kWh/m ² /a	26.5	4.8	13.6	2.6	5.5
Osuus	100 %	18 %	51 %	10 %	21 %
Vuosi 2	3 550	561	1 735	332	923
kWh/m ² /a	27.7	4.4	13.6	2.6	7.2
Osuus	100 %	16 %	49 %	9 %	26 %

Taulukko 8. ESPI 1 -talon kiinteän polttoaineen kulutus kuukausittain.

Kuukausi. vuosi	Kiinteän polttoaineen kulutus, kg				Poltto- kerrat, kpl	Määrä/ kerta, kg
	Yhteensä	Koivu- halko	Lauta	Paperi		
5.95	20.0	6.1	13.9		6	3.3
6.95	0.0				0	0.0
7.95	0.0				0	0.0
8.95	0.0				0	0.0
9.95	57.7	57.7			21	2.7
10.95	51.7	51.7			16	3.2
11.95	66.6	66.6			22	3.0
12.95	98.7	98.7			30	3.3
1.96	84.5	84.5			28	3.0
2.96	112.6	112.6			29	3.9
3.96	126.9	126.9			29	4.4
4.96	93.3	93.3			20	4.7
5.96	13.0	13			4	3.2
6.96	0.0				0	0.0
7.96	0.0				0	0.0
8.96	0.0				0	0.0
9.96	35.0	31.3	3.7		12	2.9
10.96	53.3	53.3			15	3.6
11.96	81.2	81.2			20	4.1
12.96	122.5	122.5			29	4.2
1.97	119.6	119.6			27	4.4
2.97	98.1	98.1			24	4.1
3.97	116.4	108.3	8.1		28	4.2
4.97	97.7	91.5	6.2		24	4.1
5.97	25.0		25		9	2.8
Yhteensä	1 474	1 417	57	0	393	3.6
Vuosi 1	705	705	0	0	199	3.5
kg/m ² /a	5.51	5.51	0.00	0.00		
Osuus	100 %	100 %	0 %	0 %		
Vuosi 2	749	706	43	0	188	3.8
kg/m ² /a	5.85	5.51	0.34	0.00		
Osuus	100 %	94 %	6 %	0 %		

Taulukko 9. ESPI 1 -talon kiinteän polttoaineen energia kuukausittain.

Kuukausi. vuosi	Lämmitysenergia, kWh				
	Yhteensä	Koivu- halko	Lauta	Paperi	Energia/ polttokerta
5.95	54	18	36	0	9.0
6.95	0	0	0	0	0
7.95	0	0	0	0	0
8.95	0	0	0	0	0
9.95	168	168	0	0	8.0
10.95	150	150	0	0	9.4
11.95	193	193	0	0	8.8
12.95	287	287	0	0	9.6
1.96	245	245	0	0	8.8
2.96	327	327	0	0	11.3
3.96	369	369	0	0	12.7
4.96	271	271	0	0	13.6
5.96	38	38	0	0	9.4
6.96	0	0	0	0	0
7.96	0	0	0	0	0
8.96	0	0	0	0	0
9.96	101	91	10	0	8.4
10.96	155	155	0	0	10.3
11.96	236	236	0	0	11.8
12.96	356	356	0	0	12.3
1.97	347	347	0	0	12.9
2.97	285	285	0	0	11.9
3.97	336	315	21	0	12.0
4.97	282	266	16	0	11.7
5.97	65	0	65	0	7.2
Yhteensä	4 263	4 116	147	0	10.8
Vuosi 1	2 048	2 048	0	0	10.3
kWh/m ² /a	16.0	16.0	0.0	0.0	
Osuus	100 %	100 %	0 %	0 %	
Vuosi 2	2 162	2 050	111	0	11.5
kWh/m ² /a	16.9	16.0	0.9	0.0	
Osuus	100 %	95 %	5 %	0 %	

Taulukko 10. ESPI 1 -talon vedenkulutus kuukausittain.

Kuukausi. vuosi	Vedenkulutus, m ³			Lämpimän veden osuus, %
	Koko vesi	Kylmä vesi	Lämmin vesi	
5.95	12.6	7.1	5.5	43.5
6.95	12.1	7.7	4.3	35.8
7.95	7.0	5.2	1.9	26.6
8.95	25.1	21.4	3.7	14.6
9.95	10.8	6.4	4.3	40.2
10.95	10.5	6.3	4.2	40.3
11.95	9.8	6.1	3.7	37.7
12.95	9.6	6.0	3.5	37.1
1.96	10.6	6.0	4.6	43.0
2.96	10.0	6.0	4.0	39.8
3.96	11.7	6.8	4.8	41.5
4.96	12.6	7.3	5.3	42.1
5.96	11.4	7.0	4.4	38.5
6.96	11.1	7.4	3.7	33.6
7.96	10.3	6.5	3.8	36.6
8.96	12.9	8.7	4.1	32.2
9.96	10.8	6.7	4.1	37.8
10.96	11.5	6.5	5.1	44.1
11.96	11.5	6.4	5.1	44.6
12.96	12.3	7.0	5.4	43.5
1.97	11.6	6.4	5.2	44.8
2.97	11.8	6.5	5.3	44.9
3.97	12.2	7.1	5.1	41.9
4.97	11.2	6.4	4.8	42.5
5.97	12.5	8.0	4.5	35.8
Yhteensä	293	183	110	37.6
Vuosi 1	141	92	49	
m ³ /m ² /a	1.10	0.72	0.38	
Osuus	100 %	65 %	35 %	
Vuosi 2	140	84	56	
m ³ /m ² /a	1.09	0.65	0.44	
Osuus	100 %	60 %	40 %	

Taulukko 11. ESPI 1 -talon vedenkulutus henkeä kohti vuorokaudessa kuukausittain.

Kuukausi. vuosi	Vedenkulutus, dm ³ /henk/vrk			Lämpimän veden osuus, %
	Koko vesi	Kylmä vesi	Lämmin vesi	
5.95	101	57	44	43.5
6.95	101	65	36	35.8
7.95	57	42	15	26.6
8.95	203	173	30	14.6
9.95	90	54	36	40.2
10.95	85	51	34	40.3
11.95	82	51	31	37.7
12.95	77	49	29	37.1
1.96	85	49	37	43.0
2.96	87	52	35	39.8
3.96	94	55	39	41.5
4.96	105	61	44	42.1
5.96	92	56	35	38.5
6.96	92	61	31	33.6
7.96	83	53	30	36.6
8.96	104	70	33	32.2
9.96	90	56	34	37.8
10.96	93	52	41	44.1
11.96	96	53	43	44.6
12.96	100	56	43	43.5
1.97	93	52	42	44.8
2.97	106	58	47	44.9
3.97	98	57	41	41.9
4.97	94	54	40	42.5
5.97	101	65	36	35.8
Keskiarvo	96	60	36	38 %
Vuosi 1	96	63	33	
Osuus	100 %	65 %	35 %	
Vuosi 2	96	57	38	
Osuus	100 %	60 %	40 %	

Taulukko 12. ESPI 1 -talon energian ja veden vuosikulutukset ja -kustannukset ensimmäiseltä vuodelta (kesäkuu 1995 - toukokuu 1996).

ESPI 1 (6.95 - 5.96)	Energiankulutus vuodessa			
	Mitattu kWh	Mitattu kWh/m ²	Osuus %	Tavoite kWh/m ²
Öljy (1114 litraa)	10 030	78.4	51 %	-
Sähkö	7 697	60.1	39 %	-
Kiinteä polttoaine	2 048	16.0	10 %	-
Yhteensä	19 775	154.5	100 %	(110)
Energiankulutuksen jakautuminen				
Tilojen lämmitys 1)	7 697	60.1	39 %	37
(Tilojen öljylämmitys)	5 649	44.1	29 %	37
Taloussähkö	7 697	60.1	39 %	(46)
Lämmin käyttövesi	2 482	19.4	13 %	(27)
Lämmityksen lämpöhäviöt	1 899	14.8	10 %	-
ESPI 1	Vedenkulutus vuodessa			
	Mitattu m ³	Mitattu dm ³ /henk/vrk	Osuus %	Tavoite dm ³ /henk/vrk
Koko vesi	141	96	100 %	60 - 180
Lämmin vesi	49	33	35 %	(40 %)
Kylmä vesi	92	63	65 %	(60 %)
1) Lämmitysenergia on normeerattu ja sisältää polttopuun energian				

ESPI 1 (6.96 - 5.97)	Energiakustannukset vuodessa			Energian hinnat mk/kWh
	mk	mk/m ²	Osuus %	
Öljy	1 895	14.8	34 %	0.189
Sähkö	3 440	26.9	62 %	0.447
Sähkön perusmaksu	228	1.8	4 %	(228 mk/a)
Kiinteä polttoaine	0	0.0	0 %	0.00
Yhteensä	5 563	43.5	100 %	0.28
Energiakustannusten jakautuminen				
Tilojen lämmitys	1 067	8.3	19 %	
(Tilojen öljylämmitys)	1 067	8.3	19 %	
Taloussähkö	3 668	28.7	66 %	
Lämmin käyttövesi	469	3.7	8 %	
Lämmityksen lämpöhäviöt	359	2.8	6 %	
ESPI 1	Vesikustannus vuodessa 1)			
	mk	mk/m ²	Osuus %	mk/henk/vrk
Koko vesi	2 204	17.2	100 %	1.51
Lämmin vesi	762	6.0	35 %	0.52
Kylmä vesi	1 443	11.3	65 %	0.99
1) Vesikustannukset, jos kiinteistö olisi liitetty kunnallistekniikkaan. Vesi- ja jätevesimaksu oli Espoossa yhteensä 15.62 mk/m ³ .				

Taulukko 13. ESPI 1 -talon energian ja veden vuosikulutukset ja -kustannukset toiselta vuodelta (kesäkuu 1996 - toukokuu 1997).

ESPI 1 (6.96 - 5.97)	Energiankulutus vuodessa			
	Mitattu kWh	Mitattu kWh/m ²	Osuus %	Tavoite kWh/m ²
Öljy (1249 litraa)	11 247	87.9	53 %	-
Sähkö	7 739	60.5	37 %	-
Kiinteä polttoaine	2 162	16.9	10 %	-
Yhteensä	21 147	165.2	100 %	(110)
Energiankulutuksen jakautuminen				
Tilojen lämmitys 1)	8 213	64.2	39 %	37
(Tilojen öljylämmitys)	6 051	47.3	29 %	37
Taloussähkö	7 739	60.5	37 %	(46)
Lämmin käyttövesi	2 876	22.5	14 %	(27)
Lämmityksen lämpöhäviöt	2 320	18.1	11 %	-
ESPI 1	Vedenkulutus vuodessa			
	Mitattu m ³	Mitattu dm ³ /henk/vrk	Osuus %	Tavoite dm ³ /henk/vrk
Koko vesi	140	96	100 %	60 - 180
Lämmin vesi	56	38	40 %	(40 %)
Kylmä vesi	84	57	60 %	(60 %)
1) Lämmitysenergia on normeerattu ja sisältää polttopuun energian				

ESPI 1 (6.96 - 5.97)	Energiakustannukset vuodessa			Energian hinnat mk/kWh
	mk	mk/m ²	Osuus %	
Öljy	2 124	16.6	37 %	0.189
Sähkö	3 459	27.0	60 %	0.447
Sähkön perusmaksu	228	1.8	4 %	(228 mk/a)
Kiinteä polttoaine	0	0.0	0 %	0.000
Yhteensä	5 812	45.4	100 %	0.277
Energiakustannusten jakautuminen				
Tilojen lämmitys	1 143	8.9	20 %	
(Tilojen öljylämmitys)	1 143	8.9	20 %	
Taloussähkö	3 687	28.8	63 %	
Lämmin käyttövesi	543	4.2	9 %	
Lämmityksen lämpöhäviöt	438	3.4	8 %	
ESPI 1	Vesikustannus vuodessa 1)			
	mk	mk/m ²	Osuus %	mk/henk/vrk
Koko vesi	2 181	17.0	100 %	1.49
Lämmin vesi	876	6.8	40 %	0.60
Kylmä vesi	1 305	10.2	60 %	0.89
1) Vesikustannukset, jos kiinteistö olisi liitetty kunnallistekniikkaan. Vesi- ja jätevesimaksu oli Espoossa yhteensä 15.62 mk/m ³ .				

Taulukko 14. ESPI 2 -talon ostoenergiankulutuksen jakautuminen.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh			Kiinteän polttoaineen osuus, %
	Ostoenergia yhteensä	Sähkö	Kiinteä polttoaine	
5.95	1 479	1 004	475	32.1 %
6.95	991	991	0	0.0 %
7.95	621	621	0	0.0 %
8.95	893	893	0	0.0 %
9.95	1 195	823	373	31.2 %
10.95	1 443	947	496	34.4 %
11.95	2 093	1 582	511	24.4 %
12.95	2 671	2 232	439	16.4 %
1.96	2 617	2 066	551	21.1 %
2.96	2 506	2 098	407	16.3 %
3.96	2 017	1 454	564	27.9 %
4.96	1 372	995	377	27.5 %
5.96	1 098	849	250	22.7 %
6.96	761	761	0	0.0 %
7.96	524	524	0	0.0 %
8.96	859	859	0	0.0 %
9.96	1 026	806	220	21.5 %
10.96	1 292	860	432	33.4 %
11.96	1 735	1 450	285	16.4 %
12.96	2 528	2 449	78	3.1 %
1.97	2 396	2 202	194	8.1 %
2.97	1 872	1 702	169	9.0 %
3.97	1 896	1 490	407	21.4 %
4.97	1 459	934	524	35.9 %
5.97	1 046	850	196	18.8 %
Yhteensä	38 391	31 443	6 948	18.1 %
Vuosi 1	19 518	15 551	3 967	
kWh/m ² /a	134.6	107.2	27.4	
Osuus	100 %	80 %	20 %	
Vuosi 2	17 394	14 888	2 506	
kWh/m ² /a	120.0	102.7	17.3	
Osuus	100 %	86 %	14 %	

Taulukko 15. ESPI 2 -talon sähköenergiankulutus kuukausittain.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh			Yösähkön osuus, %
	Koko sähkö	Päivä- sähkö	Yö- sähkö	
5.95	1 004	267	737	73.4 %
6.95	991	251	740	74.7 %
7.95	621	188	433	69.7 %
8.95	893	219	674	75.5 %
9.95	823	163	660	80.2 %
10.95	947	362	586	61.8 %
11.95	1 582	313	1 269	80.2 %
12.95	2 232	407	1 825	81.7 %
1.96	2 066	451	1 614	78.1 %
2.96	2 098	472	1 626	77.5 %
3.96	1 454	291	1 162	80.0 %
4.96	995	242	753	75.6 %
5.96	849	242	607	71.4 %
6.96	761	219	542	71.2 %
7.96	524	183	341	65.0 %
8.96	859	279	581	67.6 %
9.96	806	253	553	68.6 %
10.96	860	294	566	65.8 %
11.96	1 450	294	1 156	79.7 %
12.96	2 449	364	2 085	85.1 %
1.97	2 202	376	1 826	82.9 %
2.97	1 702	300	1 403	82.4 %
3.97	1 490	297	1 192	80.0 %
4.97	934	248	687	73.5 %
5.97	850	240	610	71.8 %
Yhteensä	31 443	7 216	24 226	77.0 %
Vuosi 1	15 551	3 603	11 948	
kWh/m ² /a	107.2	24.8	82.4	
Osuus	100 %	23 %	77 %	
Vuosi 2	14 888	3 347	11 541	
kWh/m ² /a	102.7	23.1	79.6	
Osuus	100 %	22 %	78 %	

Taulukko 16. ESPI 2 -talon energiankulutuksen jakautuminen. Tilojen lämmitys sisältää myös kiinteän polttoaineen energian.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh				
	Koko energia	Talous-sähkö	Lämmin-vesivaraaja	Tilojen lämmitys	Tilojen sähkölämmitys
5.95	1 479	559	445	475	0
6.95	991	482	509	0	0
7.95	621	368	248	5	5
8.95	893	468	425	0	0
9.95	1 195	435	386	374	2
10.95	1 443	580	318	545	50
11.95	2 093	512	318	1 263	752
12.95	2 671	619	352	1 701	1 262
1.96	2 617	655	360	1 602	1 051
2.96	2 506	482	227	1 797	1 389
3.96	2 017	529	277	1 211	647
4.96	1 372	473	299	600	223
5.96	1 098	495	352	252	2
6.96	761	428	334	0	0
7.96	524	335	189	0	0
8.96	859	514	345	0	0
9.96	1 026	498	308	220	0
10.96	1 292	520	338	434	2
11.96	1 735	550	389	795	510
12.96	2 528	595	380	1 553	1 475
1.97	2 396	625	389	1 382	1 188
2.97	1 872	489	254	1 128	959
3.97	1 896	515	300	1 081	674
4.97	1 459	546	314	599	74
5.97	1 046	481	319	246	50
Yhteensä	38 391	12 754	8 373	17 264	10 315
Vuosi 1	19 518	6 099	4 069	9 350	5 383
kWh/m ² /a	134.6	42.1	28.1	64.5	37.1
Osuus	100 %	31 %	21 %	48 %	27 %
Vuosi 2	17 394	6 096	3 859	7 438	4 932
kWh/m ² /a	120.0	42.0	26.6	51.3	34.0
Osuus	100 %	35 %	22 %	43 %	28 %

Taulukko 17. ESPI 2 -talon lämmityssähköenergiankulutuksen jakautuminen.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh						
	Koko lämmitys	Lämmin vesi	Varaaja- häviöt	Lattia- lämmitys	Takka- lämmitys	Huone- lämmitys 1)	Tuloilman lämmitys
5.95	445	329	116	0	0	0	0
6.95	509	403	106	0	0	0	0
7.95	253	152	96	0	0	5	0
8.95	425	316	109	0	0	0	0
9.95	387	281	104	2	0	0	0
10.95	367	208	110	50	0	0	0
11.95	1 070	203	114	403	0	263	86
12.95	1 613	228	124	624	0	489	148
1.96	1 411	238	122	617	20	310	104
2.96	1 616	117	110	675	183	281	250
3.96	924	158	119	394	88	106	59
4.96	522	187	111	131	49	30	13
5.96	354	240	112	4	0	0	0
6.96	334	234	100	0	0	0	0
7.96	189	93	96	0	0	0	0
8.96	345	250	95	0	0	0	0
9.96	308	200	107	0	0	0	0
10.96	340	224	114	2	0	0	0
11.96	899	278	112	304	85	107	14
12.96	1 855	264	116	644	286	319	225
1.97	1 577	272	118	587	213	250	137
2.97	1 213	151	103	483	190	158	128
3.97	975	183	117	366	105	149	54
4.97	389	198	116	54	13	7	1
5.97	368	206	112	48	2	0	0
Yhteensä	18 689	5 613	2 760	5 387	1 234	2 476	1 221
Vuosi 1	9 452	2 731	1 338	2 899	340	1 485	661
kWh/m ² /a	65.2	18.8	9.2	20.0	2.3	10.2	4.6
Osuus	100 %	29 %	14 %	31 %	4 %	16 %	7 %
Vuosi 2	8 792	2 553	1 307	2 488	894	991	560
kWh/m ² /a	60.6	17.6	9.0	17.2	6.2	6.8	3.9
Osuus	100 %	29 %	15 %	28 %	10 %	11 %	6 %
1) Huonekohtaisten lämmittävien tuloilmalaitteiden energiankulutus.							

Taulukko 18. ESPI 2 -talon tilojen lämmitysenergiankulutuksen jakautuminen.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh					
	Yhteensä	Kiinteä polttoaine	Lattia- lämmitys	Takan sähkö	Huone- lämmitys	Tuloilman lämmitys
5.95	475	475	0	0	0	0
6.95	0	0	0	0	0	0
7.95	5	0	0	0	5	0
8.95	0	0	0	0	0	0
9.95	374	373	2	0	0	0
10.95	546	496	50	0	0	0
11.95	1 263	511	403	0	263	86
12.95	1 701	439	624	0	489	148
1.96	1 602	551	617	20	310	104
2.96	1 797	407	675	183	281	250
3.96	1 211	564	394	88	106	59
4.96	600	377	131	49	30	13
5.96	253	250	4	0	0	0
6.96	0	0	0	0	0	0
7.96	0	0	0	0	0	0
8.96	0	0	0	0	0	0
9.96	220	220	0	0	0	0
10.96	434	432	2	0	0	0
11.96	795	285	304	85	107	14
12.96	1 553	78	644	286	319	225
1.97	1 382	194	587	213	250	137
2.97	1 128	169	483	190	158	128
3.97	1 081	407	366	105	149	54
4.97	599	524	54	13	7	1
5.97	246	196	48	2	0	0
Yhteensä	17 266	6 948	5 387	1 234	2 476	1 221
Vuosi 1	9 352	3 967	2 899	340	1 485	661
kWh/m ² /a	64.5	27.4	20.0	2.3	10.2	4.6
Osuus	100 %	42 %	31 %	4 %	16 %	7 %
Vuosi 2	7 438	2 506	2 488	894	991	560
kWh/m ² /a	51.3	17.3	17.2	6.2	6.8	3.9
Osuus	100 %	34 %	33 %	12 %	13 %	8 %

	Sähkölämmityksen osuus tilojen lämmitysenergiasta, kWh					
	Yhteensä		Lattia- lämmitys	Takan sähkö	Huone- lämmitys	Tuloilman lämmitys
Yhteensä	10 317		5 387	1 234	2 476	1 221
Vuosi 1	5 385		2 899	340	1 485	661
kWh/m ² /a	37.1		20.0	2.3	10.2	4.6
Osuus	100 %		54 %	6 %	28 %	12 %
Vuosi 2	4 932		2 488	894	991	560
kWh/m ² /a	34.0		17.2	6.2	6.8	3.9
Osuus	100 %		50 %	18 %	20 %	11 %

Taulukko 19. ESPI 2 -talon taloussähkönkulutuksen jakautuminen.

Kuukausi. vuosi	Energiankulutus, kWh					
	Yhteensä	Keittiö ja kodinhoito	Valaistus ja pistorasiat	Saunan kiuas	Auton lämmitys	Tekninen tila
5.95	559	168	132	80	0	178
6.95	482	147	117	51	0	167
7.95	368	100	95	33	0	140
8.95	468	133	119	82	0	133
9.95	435	144	49	95	0	147
10.95	580	130	233	76	0	141
11.95	512	150	167	63	0	132
12.95	619	169	235	84	0	131
1.96	655	171	252	82	0	150
2.96	482	138	176	37	0	131
3.96	529	149	170	69	0	141
4.96	473	151	129	60	0	133
5.96	495	144	132	82	0	137
6.96	428	123	120	40	0	145
7.96	335	90	106	26	0	113
8.96	514	147	136	81	0	150
9.96	498	140	140	93	0	126
10.96	520	141	150	88	0	140
11.96	550	154	177	84	0	136
12.96	595	166	209	64	9	147
1.97	625	150	224	89	14	148
2.97	489	110	147	57	10	164
3.97	515	135	152	79	7	142
4.97	546	148	126	94	2	176
5.97	481	137	125	71	0	148
Yhteensä	12 754	3 537	3 818	1 761	42	3 596
Vuosi 1	6 099	1 727	1 874	815	0	1 684
kWh/m ² /a	42.1	11.9	12.9	5.6	0.0	11.6
Osuus	100 %	28 %	31 %	13 %	0 %	28 %
Vuosi 2	6 096	1 642	1 812	866	42	1 734
kWh/m ² /a	42.0	11.3	12.5	6.0	0.3	12.0
Osuus	100 %	27 %	30 %	14 %	1 %	28 %

Taulukko 20. ESPI 2 -talon kiinteän polttoaineen kulutus kuukausittain.

Kuukausi. vuosi	Kiinteän polttoaineen kulutus, kg				Poltto- kerrat, kpl	Määrä/ kerta, kg
	Yhteensä	Koivu- halko	Lauta	Paperi		
5.95	164	48.9	92.2	22.4	19	8.6
6.95	0				4	0.0
7.95	0				3	0.0
8.95	0				5	0.0
9.95	128	106		22.3	16	8.0
10.95	171	18.3	120.2	32.2	22	7.8
11.95	176		159.3	16.6	19	9.3
12.95	151	9.4	121.7	20	16	9.4
1.96	190	116.5	48.5	24.7	19	10.0
2.96	140	129		11.2	14	10.0
3.96	194	190		4	30	6.5
4.96	130	118.9		10.9	15	8.7
5.96	86	79.9		6	12	7.2
6.96	0				6	0.0
7.96	0				4	0.0
8.96	0				6	0.0
9.96	76	68.1		7.7	14	5.4
10.96	149	144.8		3.8	15	9.9
11.96	98	93.8		4.4	16	6.1
12.96	27	23.8		3.2	7	3.9
1.97	67	64.4		2.4	12	5.6
2.97	58	56.8		1.5	7	8.3
3.97	140	89.3	44.6	6.1	18	7.8
4.97	181	78.4	97.6	4.5	25	7.2
5.97	68	62.8		4.7	10	6.7
Yhteensä	2 392	1 499	684	209	334	7.7
Vuosi 1	1 366	768	450	148	175	8.5
kg/m ² /a	9.4	5.3	3.1	1.0		
Osuus	100 %	56 %	33 %	11 %		
Vuosi 2	863	682	142	38	140	6.8
kg/m ² /a	5.9	4.7	1.0	0.3		
Osuus	100 %	79 %	16 %	4 %		

Taulukko 21. ESPI 2 -talon kiinteän polttoaineen energia kuukausittain.

Kuukausi. vuosi	Lämmitysenergia, kWh				
	Yhteensä	Koivu- halko	Lauta	Paperi	Energia/ polttokerta
5.95	475	142	268	65	25.0
6.95	0	0	0	0	0
7.95	0	0	0	0	0
8.95	0	0	0	0	0
9.95	373	308	0	65	23.3
10.95	496	53	349	94	22.5
11.95	511	0	463	48	26.9
12.95	439	27	354	58	27.4
1.96	551	338	141	72	29.0
2.96	407	375	0	33	29.1
3.96	564	552	0	12	18.8
4.96	377	345	0	32	25.1
5.96	250	232	0	17	20.8
6.96	0	0	0	0	0
7.96	0	0	0	0	0
8.96	0	0	0	0	0
9.96	220	198	0	22	15.7
10.96	432	421	0	11	28.8
11.96	285	272	0	13	17.8
12.96	78	69	0	9	11.2
1.97	194	187	0	7	16.2
2.97	169	165	0	4	24.2
3.97	407	259	130	18	22.6
4.97	524	228	284	13	21.0
5.97	196	182	0	14	19.6
Yhteensä	6 948	4 355	1 987	606	21
Vuosi 1	3 967	2 231	1 306	430	23
kWh/m ² /a	27.4	15.4	9.0	3.0	
Osuus	100 %	56 %	33 %	11 %	
Vuosi 2	2 506	1 982	413	111	18
kWh/m ² /a	17.3	13.7	2.8	0.8	
Osuus	100 %	79 %	16 %	4 %	

Taulukko 22. ESPI 2 -talon vedenkulutus kuukausittain.

Kuukausi. vuosi	Vedenkulutus, m ³			Lämpimän veden osuus, %
	Koko vesi	Kylmä vesi	Lämmin vesi	
5.95	25.0	18.9	6.1	24 %
6.95	28.5	21.0	7.5	26 %
7.95	14.6	11.9	2.8	19 %
8.95	19.1	13.4	5.8	30 %
9.95	18.0	12.6	5.3	30 %
10.95	11.5	7.6	3.9	34 %
11.95	10.5	6.6	3.9	37 %
12.95	12.2	7.3	4.9	40 %
1.96	10.9	7.1	3.8	35 %
2.96	7.0	4.9	2.2	31 %
3.96	9.7	6.6	3.1	32 %
4.96	11.1	7.7	3.4	31 %
5.96	15.3	10.8	4.5	30 %
6.96	28.1	23.7	4.4	16 %
7.96	9.1	7.2	1.9	21 %
8.96	31.9	27.0	4.9	15 %
9.96	11.5	7.5	4.0	35 %
10.96	10.6	6.3	4.3	40 %
11.96	17.1	11.7	5.3	31 %
12.96	12.1	7.2	5.0	41 %
1.97	10.9	5.8	5.1	47 %
2.97	10.1	7.2	2.8	28 %
3.97	9.5	6.1	3.5	36 %
4.97	10.0	6.3	3.7	37 %
5.97	17.3	13.4	3.9	23 %
Yhteensä	372	266	106	28 %
Vuosi 1	169	117	51	
m ³ /m ² /a	1.162	0.810	0.353	
Osuus	100 %	70 %	30 %	
Vuosi 2	178	130	49	
m ³ /m ² /a	1.230	0.894	0.337	
Osuus	100 %	73 %	27 %	

Taulukko 23. ESPI 2 -talon vedenkulutus henkeä kohti vuorokaudessa kuukausittain.

Kuukausi. vuosi	Vedenkulutus, dm ³ /henk/vrk			Lämpimän veden osuus, %
	Koko vesi	Kylmä vesi	Lämmin vesi	
5.95	201	153	49	24 %
6.95	239	176	63	26 %
7.95	118	96	22	19 %
8.95	155	108	47	30 %
9.95	149	105	44	30 %
10.95	93	62	32	34 %
11.95	87	55	32	37 %
12.95	99	59	40	40 %
1.96	88	58	30	35 %
2.96	61	42	19	31 %
3.96	78	53	25	32 %
4.96	93	64	29	31 %
5.96	123	87	36	30 %
6.96	234	198	36	16 %
7.96	73	58	15	21 %
8.96	257	218	40	15 %
9.96	96	63	34	35 %
10.96	85	51	34	40 %
11.96	142	98	44	31 %
12.96	98	58	40	41 %
1.97	88	47	41	47 %
2.97	90	65	25	28 %
3.97	77	49	28	36 %
4.97	84	53	31	37 %
5.97	140	108	32	23 %
Keskiarvo	130	95	35	27 %
Vuosi 1	115	80	35	
Osuus	100 %	70 %	30 %	
Vuosi 2	122	89	33	
Osuus	100 %	73 %	27 %	

Taulukko 24. Tilojen lämmitysenergiankulutuksen normeerauksessa käytetyt lämmitystarveluvut, S17, Helsinki-Vantaan lentoasemalla (lämmitystarveluvusta käytetään myös yleismpää nimitystä astepäiväluku).

Kuukausi. vuosi	Lämmitystarveluku, Kd	
	Toteutunut	Normaalivuosi
5.95	236	168
6.95	0	20
7.95	11	5
8.95	6	27
9.95	166	181
10.95	278	358
11.95	575	504
12.95	775	655
1.96	714	741
2.96	788	672
3.96	623	617
4.96	406	418
5.96	192	168
6.96	0	20
7.96	6	5
8.96	0	27
9.96	238	181
10.96	316	358
11.96	408	504
12.96	685	655
1.97	655	741
2.97	568	672
3.97	550	617
4.97	450	418
5.97	238	168
Yhteensä	8 884	8 900
Vuosi 1	4 534	4 366
Vuosi 2	4 114	4 366

Taulukko 25. ESPI 2 -talon energian ja veden vuosikulutukset ja -kustannukset ensimmäiseltä vuodelta (kesäkuu 1995 - toukokuu 1996).

ESPI 2 (6.95 - 5.96)	Energiankulutus vuodessa			
	Mitattu kWh	Mitattu kWh/m ²	Osuus %	Tavoite kWh/m ²
Päiväsähkö	3 523	24.3	18 %	-
Yösähkö	11 681	80.6	61 %	
Sähkö yhteensä	15 204	104.9	79 %	-
Kiinteä polttoaine	3 967	27.4	21 %	-
Yhteensä	19 171	132.2	100 %	(107)
Energiankulutuksen jakautuminen				
Tilojen lämmitys 1)	9 003	62.1	47 %	38
(Tilojen sähkölämmitys)	5 036	34.7	26 %	38
Taloussähkö	6 099	42.1	32 %	(45)
Lämmin käyttövesi	2 731	18.8	14 %	(24)
Varaajan lämpöhäviöt	1 338	9.2	7 %	-
ESPI 2	Vedenkulutus vuodessa			
	Mitattu m ³	Mitattu dm ³ /henk/vrk	Osuus %	Tavoite dm ³ /henk/vrk
Koko vesi	169	115	100 %	60 - 180
Lämmin vesi	51	35	30 %	(40 %)
Kylmä vesi	117	80	70 %	(60 %)
1) Lämmitysenergia on normeerattu ja sisältää polttopuun energian				

ESPI 2 (6.96 - 5.97)	Energiakustannukset vuodessa			Energian hinnat mk/kWh
	mk	mk/m ²	Osuus %	
Päiväsähkö	1 691	11.7	34 %	0.48
Yösähkö	2 570	17.7	52 %	0.22
Sähkö yhteensä	4 261	29.4	87 %	0.28
Sähkön perusmaksu	660	4.6	13 %	(660 mk/a)
Kiinteä polttoaine	0	0.0	0 %	0.00
Yhteensä	4 921	33.9	100 %	0.32
Energiakustannusten jakautuminen sis. perusmaksun				Yösähkö-osuus
Tilojen lämmitys	1 398	9.6	28 %	94.6 %
(Tilojen sähkölämmitys)	1 398	9.6	28 %	94.6 %
Taloussähkö	2 245	15.5	46 %	46.7 %
Lämmin käyttövesi	866	6.0	18 %	100.0 %
Varaajan lämpöhäviöt	413	2.8	8 %	100.0 %
ESPI 2	Vesikustannus vuodessa 1)			
	mk	mk/m ²	Osuus %	mk/henk/vrk
Koko vesi	2 632	18.2	100 %	1.80
Lämmin vesi	798	5.5	30 %	0.55
Kylmä vesi	1 834	12.6	70 %	1.25
1) Vesikustannukset, jos kiinteistö olisi liitetty kunnallistekniikkaan. Vesi- ja jätevesimaksu oli Espoossa yhteensä 15.62 mk/m ³ .				

Taulukko 26. ESPI 2 -talon energian ja veden vuosikulutukset ja -kustannukset toiselta vuodelta (kesäkuu 1996 - toukokuu 1997).

ESPI 2 (6.96 - 5.97)	Energiankulutus vuodessa			
	Mitattu kWh	Mitattu kWh/m ²	Osuus %	Tavoite kWh/m ²
Päiväsähkö	3 449	23.8	19 %	-
Yösähkö	11 894	82.0	67 %	-
Sähkö yhteensä	15 343	105.8	86 %	-
Kiinteä polttoaine	2 506	17.3	14 %	-
Yhteensä	17 849	123.1	100 %	(107)
Energiankulutuksen jakautuminen				
Tilojen lämmitys 1)	7 894	54.4	44 %	38
<i>(Tilojen sähkölämmitys)</i>	5 388	37.2	30 %	38
Taloussähkö	6 096	42.0	34 %	(45)
Lämmin käyttövesi	2 553	17.6	14 %	(24)
Varaajan lämpöhäviöt	1 307	9.0	7 %	-
ESPI 2	Vedenkulutus vuodessa			
	Mitattu m ³	Mitattu dm ³ /henk/vrk	Osuus %	Tavoite dm ³ /henk/vrk
Koko vesi	178	122	100 %	60 - 180
Lämmin vesi	49	33	27 %	(40 %)
Kylmä vesi	130	89	73 %	(60 %)
1) Lämmitysenergia on normeerattu ja sisältää polttopuun energian				

ESPI 2 (6.96 - 5.97)	Energiakustannukset vuodessa			Energian hinnat mk/kWh
	mk	mk/m ²	Osuus %	
Päiväsähkö	1 656	11.4	34 %	0.48
Yösähkö	2 617	18.0	53 %	0.22
Sähkö yhteensä	4 272	29.5	87 %	0.28
Sähkön perusmaksu	660	4.6	13 %	(660 mk/a)
Kiinteä polttoaine	0	0.0	0 %	0.00
Yhteensä	4 932	34.0	100 %	0.32
Energiakustannusten jakautuminen sis. perusmaksun				Yösähkö-osuus
Tilojen lämmitys	1 513	10.4	31 %	93.1 %
<i>(Tilojen sähkölämmitys)</i>	1 513	10.4	31 %	93.1 %
Taloussähkö	2 198	15.2	45 %	49.5 %
Lämmin käyttövesi	824	5.7	17 %	100.0 %
Varaajan lämpöhäviöt	397	2.7	8 %	100.0 %
ESPI 2	Vesikustannus vuodessa 1)			
	mk	mk/m ²	Osuus %	mk/henk/vrk
Koko vesi	2 786	19.2	100 %	1.91
Lämmin vesi	762	5.3	27 %	0.52
Kylmä vesi	2 024	14.0	73 %	1.39
1) Vesikustannukset, jos kiinteistö olisi liitetty kunnallistekniikkaan. Vesi- ja jätevesimaksu oli Espoossa yhteensä 15.62 mk/m ³ .				

TULOSTEN YHTEENVETO

Taulukko 1. ESPI 1 -talon tulosten yhteenveto.

<p>Nimi: ESPI 1 matalaenergiapientalo</p> <p>Tavoite: Tuotteistaa matalaenergiarakentamista ja tutkia pientä lämmönkulutusta hyödyntäviä yksinkertaistettuja lämmitysratkaisuja öljylämmityksessä.</p> <p>Aika: toukokuu 1995 - toukokuu 1997</p>	<p>VUOSIKULUTUS: Mitattu (vertailuarvo)</p> <p>Öljylämmitys: 83 kWh/m² (64 kWh/m²)</p> <p>Puulämmitys: 16 kWh/m² (- kWh/m²)</p> <p>Sähkö: 60 kWh/m² (46 kWh/m²)</p> <p>Vesi: 96 dm³/henk/vrk (60-180 dm³/henk/vrk)</p>																																										
<p>Rakennus Yksikerroksinen puurakenteinen pientalo, 5 h+k+s+ph+khp+khh+vh+var</p> <p>Paikkakunta Espoo, Henttaa</p> <p>Kerrosala 147 m²</p> <p>Rakennustilavuus 470 m³</p> <p>Huoneala 128 m²</p> <p>Huonetilavuus 315 m³</p> <p>Mitoitusulkolämpötila -26 °C</p> <p>Mitoitussisälämpötila +21 °C (talvi) - °C (kesä)</p> <p>Vuosien 1995/96 ja 1996/97 (normaalivuosi) astepäiväluku, Kd 4 534 ja 4 114 (4 366)</p> <p>keskimääräinen ulkolämpötila, °C 4,3 ja 5,2 (4,5)</p>	<p>Energiankulutus (kWh/a) (kWh/m²/a) (osuus)</p> <table border="1"> <tr> <td>Lämmitys yhteensä</td> <td>12 655</td> <td>99</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>Tilojen lämmitys</td> <td>7 866</td> <td>61</td> <td>62 %</td> </tr> <tr> <td>Lämmin käyttövesi</td> <td>2 679</td> <td>21</td> <td>21 %</td> </tr> <tr> <td>Lämmityksen häviöt</td> <td>2 110</td> <td>17</td> <td>17 %</td> </tr> <tr> <td>Taloussähkö yhteensä</td> <td>7 718</td> <td>60</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>Kotitalous</td> <td>4 248</td> <td>33</td> <td>55 %</td> </tr> <tr> <td>Talotekniikka</td> <td>3 470</td> <td>27</td> <td>45 %</td> </tr> </table> <p>Vedenkulutus: (m³/a) (dm³/henk/vrk)</p> <p>Vesi yhteensä 140 96</p> <p>josta lämmintä vettä oli 37 % (40 %)</p>	Lämmitys yhteensä	12 655	99	100 %	Tilojen lämmitys	7 866	61	62 %	Lämmin käyttövesi	2 679	21	21 %	Lämmityksen häviöt	2 110	17	17 %	Taloussähkö yhteensä	7 718	60	100 %	Kotitalous	4 248	33	55 %	Talotekniikka	3 470	27	45 %														
Lämmitys yhteensä	12 655	99	100 %																																								
Tilojen lämmitys	7 866	61	62 %																																								
Lämmin käyttövesi	2 679	21	21 %																																								
Lämmityksen häviöt	2 110	17	17 %																																								
Taloussähkö yhteensä	7 718	60	100 %																																								
Kotitalous	4 248	33	55 %																																								
Talotekniikka	3 470	27	45 %																																								
<p>Ulkovaipan rakenteet</p> <p>Ulkoseinät: talotehtaalla rakennettu puurunkoinen ja puuverhottu seinärakenne, 300 mm eristevillaa, k-arvo = 0,13 W/m²K.</p> <p>Yläpohja: puurunko, 500 mm puhallusvillaa, k-arvo = 0,08 W/m²K.</p> <p>Alapohja: maanvarainen betonilaatta (100 mm), 250 mm EPS-eriste, k-arvo = 0,15 W/m²K.</p> <p>Ikkunat: yksi ulkolasi, sisäpuolella umpiolasielementti, jonka lasien välitilassa oli selektiivikalvo ja argonkaasu, k-arvo = 1,2 - 1,4 W/m²K</p> <p>Ulko-ovet: k-arvo = 0,7 W/m²K</p> <p>Ilmanvuotoluku n₅₀ = 1,3 1/h</p>	<p>Sisäilmasto Mitattu (tavoite)</p> <p>Lämpöolot:</p> <p>Sisälämpötila, °C</p> <table border="1"> <tr> <td>- talvella</td> <td>23,3</td> <td>(yksilöllinen)</td> </tr> <tr> <td>- kesällä</td> <td>23 - 25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- hellepäivinä</td> <td>max. 26 - 28</td> <td></td> </tr> </table> <p>PD-indeksi, % < 10 (< 15)</p> <p>Lämpötilaero: nilkka-niska < 1 °C (< 2 °C)</p> <p>Ilman nopeus, m/s 0,01 - 0,13 (< 0,10)</p> <p>Ilman laatu:</p> <table border="1"> <tr> <td>TVOC, µg/m³</td> <td>150 - 160</td> <td>(< 200)</td> </tr> <tr> <td>Formaldehydi, µg/m³</td> <td>9 - 12</td> <td>(< 30)</td> </tr> <tr> <td>Ammoniakki, µg/m³</td> <td>15 - 17</td> <td>(< 20)</td> </tr> <tr> <td>Pöly, µg/m³</td> <td>56</td> <td>(< 60)</td> </tr> <tr> <td>Bakteerit, cfu/m³</td> <td>480 - 500</td> <td>(< 4 500)</td> </tr> <tr> <td>Sieni-itiöt, cfu/m³</td> <td>17 - 25</td> <td>(< 500)</td> </tr> <tr> <td>Sädesienet, cfu/m³</td> <td>0 - 2</td> <td>(0)</td> </tr> <tr> <td>Radon, Bq/m³</td> <td>90 - 100</td> <td>(< 200)</td> </tr> <tr> <td>Ilmanvaihto, h⁻¹</td> <td>0,62</td> <td>(yksilöllisesti säädettävä)</td> </tr> <tr> <td>- säätöalue, h⁻¹</td> <td>0,31 - 0,96</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Äänitasot, dB(A)</td> <td>22 - 27</td> <td>(< 25)</td> </tr> </table>	- talvella	23,3	(yksilöllinen)	- kesällä	23 - 25		- hellepäivinä	max. 26 - 28		TVOC, µg/m ³	150 - 160	(< 200)	Formaldehydi, µg/m ³	9 - 12	(< 30)	Ammoniakki, µg/m ³	15 - 17	(< 20)	Pöly, µg/m ³	56	(< 60)	Bakteerit, cfu/m ³	480 - 500	(< 4 500)	Sieni-itiöt, cfu/m ³	17 - 25	(< 500)	Sädesienet, cfu/m ³	0 - 2	(0)	Radon, Bq/m ³	90 - 100	(< 200)	Ilmanvaihto, h ⁻¹	0,62	(yksilöllisesti säädettävä)	- säätöalue, h ⁻¹	0,31 - 0,96		Äänitasot, dB(A)	22 - 27	(< 25)
- talvella	23,3	(yksilöllinen)																																									
- kesällä	23 - 25																																										
- hellepäivinä	max. 26 - 28																																										
TVOC, µg/m ³	150 - 160	(< 200)																																									
Formaldehydi, µg/m ³	9 - 12	(< 30)																																									
Ammoniakki, µg/m ³	15 - 17	(< 20)																																									
Pöly, µg/m ³	56	(< 60)																																									
Bakteerit, cfu/m ³	480 - 500	(< 4 500)																																									
Sieni-itiöt, cfu/m ³	17 - 25	(< 500)																																									
Sädesienet, cfu/m ³	0 - 2	(0)																																									
Radon, Bq/m ³	90 - 100	(< 200)																																									
Ilmanvaihto, h ⁻¹	0,62	(yksilöllisesti säädettävä)																																									
- säätöalue, h ⁻¹	0,31 - 0,96																																										
Äänitasot, dB(A)	22 - 27	(< 25)																																									
<p>Tekniset järjestelmät</p> <p>Tilojen lämmitys: Öljykattilaan (20 kW) kytketty vesikiertoinen lattialämmitys (3,4 kW). Varaava takka (3,7 kW). Lisänä ilmanvaihtolämmitys (4 kW) kaksivyhäyksellä(etelä/pohjoinen) lämmityspatterilla takan lämpöä hyödyntäen. Lämmitysteho ilman takkaa on yhteensä 7,4 kW eli 57 W/m². Tilojen lämmityksen ja ilmanvaihdon mitoitukslämpöhäviöt ovat 4,4 kW eli 34 W/m².</p> <p>Lämpimän käyttöveden lämmitys: Öljykattila. Vesitila 185 dm³. Ilmanvaihto: Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla ja kierrätysilmakäytöllä. Lämmöntalteenoton (LTO) lämpötilahyötysuhde on 60 %. Käsi käyttöinen LTO:n ohituspelti. Koneen päällä on tehdasvalmisteinen äänenvaimennusyksikkö. Tuloilma suodatetaan karkea- ja hienosuodattimilla. Tuloilman esilämmitetään vesipatterilla. Kierrätysilma otetaan takan yläpuolelta. Vesi- ja viemärijärjestelmä: Vesi otetaan porakaivosta. WC:n jätevedet kerätään umpikaivoon (5 m³) ja harmaat vedet imeytetään saostuskaivojen jälkeen tontille.</p>	<p>Toimintaselostus</p> <p>Tilojen lämmitys: Lattialämmityksessä menevän lämmitysveden lämpötilaa ohjataan ulkoilman lämpötilan mukaan. Sisälämpötilat säädetään huonekohtaisilla -termostaateilla (kiinni/auki). Ilmanvaihtolämmityksessä ilmanvaihtokoneen tuloilman lämmitystä ohjataan huonetermostaateilla. Ilmanvaihto: Huoneisiin puhallettava tuloilmavirta on vakio ilmanvaihdon säätöasennosta riippumatta. Ilmanvaihto on säädettävissä tarpeen mukaan liesikuvusta (4 säätöasentoa: 20 - 80 dm³/s). Tuloilma jaetaan huonekohtaisesti olo- ja makuuhuoneisiin, keittiöön, tekniseen tilaan ja saunaan. Poistoilma otetaan keittiöstä, kodinhoitohuoneesta, saunasta, pesutiloista, WC:stä, vaatehuoneesta ja teknisestä tilasta.</p>																																										

Taulukko 2. ESPI 2 -talon tulosten yhteenveto.

<p>Nimi: ESPI 2 matalaenergiapientalo</p> <p>Tavoite: Tuotteistaa matalaenergiarakentamista ja tutkia pientä lämmönkulutusta hyödyntäviä yksinkertaistettuja lämmitysratkaisuja sähkölämmityksessä.</p> <p>Aika: toukokuu 1995 - toukokuu 1997</p>	<p>VUOSIKULUTUS: Mitattu (vertailuarvo)</p> <p>Sähkölämmitys: 63 kWh/m² (62 kWh/m²)</p> <p>Puulämmitys: 22 kWh/m² (- kWh/m²)</p> <p>Taloussähkö: 42 kWh/m² (45 kWh/m²)</p> <p>Vesi: 119 dm³/henk/vrk (60-180 dm³/henk/vrk)</p>																																	
<p>Rakennus 1 1/2-kerroksinen puurakenteinen pientalo, 6 h+k+s+ph+wc+khp+khh+ vh+var</p> <p>Paikkakunta Espoo, Henttaa</p> <p>Kerrosala 198 m²</p> <p>Rakennustilavuus 535 m³</p> <p>Huoneala 145 m²</p> <p>Huonetilavuus 360 m³</p> <p>Mitoitusulkolämpötila -26 °C</p> <p>Mitoitussisälämpötila +21 °C (talvi) - °C (kesä)</p> <p>Vuosien 1995/96 ja 1996/97 (normaalivuosi) astepäiväluku, Kd 4 534 ja 4 114 (4 366)</p> <p>keskimääräinen ulkolämpötila, °C 4,3 ja 5,2 (4,5)</p>	<p>Energiankulutus (kWh/a) (kWh/m²/a) (osuus)</p> <table border="1"> <tr> <td>Lämmitys yhteensä</td> <td>12 359</td> <td>85</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>Tilojen lämmitys</td> <td>8 395</td> <td>58</td> <td>68 %</td> </tr> <tr> <td>Lämmin käyttövesi</td> <td>2 642</td> <td>18</td> <td>21 %</td> </tr> <tr> <td>Varaajahäviöt</td> <td>1 322</td> <td>9</td> <td>11 %</td> </tr> </table> <p>- lämmityssähköstä 96 - 97 % oli yösähköä</p> <table border="1"> <tr> <td>Taloussähkö yhteensä</td> <td>6 097</td> <td>42</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>Kotitalous</td> <td>4 388</td> <td>30</td> <td>72 %</td> </tr> <tr> <td>Talotekniikka</td> <td>1 709</td> <td>12</td> <td>28 %</td> </tr> </table> <p>- taloussähköstä 46 - 50 % oli yösähköä</p> <p>Vedenkulutus: (m³/a) (dm³/henk/vrk)</p> <table border="1"> <tr> <td>Vesi yhteensä</td> <td>173</td> <td>119</td> </tr> </table> <p>josta lämmintä vettä oli 29 % (40 %)</p>	Lämmitys yhteensä	12 359	85	100 %	Tilojen lämmitys	8 395	58	68 %	Lämmin käyttövesi	2 642	18	21 %	Varaajahäviöt	1 322	9	11 %	Taloussähkö yhteensä	6 097	42	100 %	Kotitalous	4 388	30	72 %	Talotekniikka	1 709	12	28 %	Vesi yhteensä	173	119		
Lämmitys yhteensä	12 359	85	100 %																															
Tilojen lämmitys	8 395	58	68 %																															
Lämmin käyttövesi	2 642	18	21 %																															
Varaajahäviöt	1 322	9	11 %																															
Taloussähkö yhteensä	6 097	42	100 %																															
Kotitalous	4 388	30	72 %																															
Talotekniikka	1 709	12	28 %																															
Vesi yhteensä	173	119																																
<p>Ulkovaipan rakenteet</p> <p>Ulkoseinät: talotehtaalla rakennettu puurunkoinen ja puuverhottu seinärakenne, 300 mm eristevillaa, k-arvo = 0,13 W/m²K.</p> <p>Yläpohja: puurunko, 500 mm puhallusvillaa, k-arvo = 0,08 W/m²K.</p> <p>Alapohja: maanvarainen betonilaatta (100 mm), 250 mm EPS-eriste, k-arvo = 0,15 W/m²K.</p> <p>Ikkunat: yksi ulkolasi, sisäpuolella umpiolasielementti, jonka lasien välitilassa oli selektiivikalvo ja argonkaasu, k-arvo = 1,2 - 1,4 W/m²K</p> <p>Ulko-ovet: k-arvo = 0,7 W/m²K</p> <p>Ilmanvuotoluku n₅₀ = 1,6 1/h</p>	<p>Sisäilmasto Mitattu (tavoite)</p> <p>Lämpöolot:</p> <p>Sisälämpötila, °C</p> <table border="1"> <tr> <td>- talvella</td> <td>21,5</td> <td>(yksilöllinen)</td> </tr> <tr> <td>- kesällä</td> <td>22 - 24</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- hellepäivinä</td> <td>max. 25 - 28</td> <td></td> </tr> </table> <p>PD-indeksi, % < 10 (< 15)</p> <p>Lämpötilaero: nilkka-niska < 1 °C (< 2 °C)</p> <p>Ilman nopeus, m/s 0,01 - 0,15 (< 0,10)</p> <p>Ilman laatu:</p> <table border="1"> <tr> <td>TVOC, µg/m³</td> <td>690 - 710</td> <td>(< 200)</td> </tr> <tr> <td>Formaldehydi, µg/m³</td> <td>35 - 43</td> <td>(< 30)</td> </tr> <tr> <td>Ammoniakki, µg/m³</td> <td>22 - 47</td> <td>(< 20)</td> </tr> <tr> <td>Pöly, µg/m³</td> <td>16 - 64</td> <td>(< 60)</td> </tr> <tr> <td>Bakteerit, cfu/m³</td> <td>210 - 340</td> <td>(< 4 500)</td> </tr> <tr> <td>Sieni-itiöt, cfu/m³</td> <td>39 - 79</td> <td>(< 500)</td> </tr> <tr> <td>Sädesienet, cfu/m³</td> <td>0 - 3</td> <td>(0)</td> </tr> <tr> <td>Radon, Bq/m³</td> <td>110 - 130</td> <td>(< 200)</td> </tr> </table> <p>Ilmanvaihto, h⁻¹ 0,36 (yksilöllisesti säädettävä)</p> <p>- säätöalue, h⁻¹ 0,20 - 0,84</p> <p>Äänitasot, dB(A) 19 - 24 (< 25)</p>	- talvella	21,5	(yksilöllinen)	- kesällä	22 - 24		- hellepäivinä	max. 25 - 28		TVOC, µg/m ³	690 - 710	(< 200)	Formaldehydi, µg/m ³	35 - 43	(< 30)	Ammoniakki, µg/m ³	22 - 47	(< 20)	Pöly, µg/m ³	16 - 64	(< 60)	Bakteerit, cfu/m ³	210 - 340	(< 4 500)	Sieni-itiöt, cfu/m ³	39 - 79	(< 500)	Sädesienet, cfu/m ³	0 - 3	(0)	Radon, Bq/m ³	110 - 130	(< 200)
- talvella	21,5	(yksilöllinen)																																
- kesällä	22 - 24																																	
- hellepäivinä	max. 25 - 28																																	
TVOC, µg/m ³	690 - 710	(< 200)																																
Formaldehydi, µg/m ³	35 - 43	(< 30)																																
Ammoniakki, µg/m ³	22 - 47	(< 20)																																
Pöly, µg/m ³	16 - 64	(< 60)																																
Bakteerit, cfu/m ³	210 - 340	(< 4 500)																																
Sieni-itiöt, cfu/m ³	39 - 79	(< 500)																																
Sädesienet, cfu/m ³	0 - 3	(0)																																
Radon, Bq/m ³	110 - 130	(< 200)																																
<p>Tekniset järjestelmät</p> <p>Tilojen lämmitys: Yösähköllä toimivalla yksinkertaistettulla varaavalla lattialämmityksellä sähkökaapeleilla (3,3 kW) alakerrassa. Huonekohtainen säätölämmitys lämmittävillä tuloilmalaitteilla (9 x 300 W) kaikissa asuinhuoneissa. Yläkerran kylpy-huoneessa kevyt lattialämmitys (200 W). Varaava takka (5,5 kW), jossa on sähkövastukset (1 + 1 kW) varaavaa yö-sähkölämmitystä varten. Sähkölämmitysteho on yhteensä 10,5 kW eli 73 W/m².</p> <p>Tilojen lämmityksen ja ilmanvaihdon mitoituslämpöhäviöt ovat noin 4,9 kW eli 34 W/m². Lämpimän käyttöveden lämmitys: Käyttövesivaraaja (500 l) yösähköllä (6 kW). Ilmanvaihto: Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla ja kierrätysilmakäytöllä. Lämmöntalteenoton (LTO) lämpötilahyötysuhde on 60 %. Käsikäyttöinen LTO:n ohituspelti. Koneen päällä on tehdasvalmisteinen äänenvaimennusyksikkö. Tuloilma suodatetaan karka- ja hienosuodattimilla. Tuloilman lämmitys (1 + 1 kW) sähköpattereilla. Kierrätysilma otetaan takan yläpuolelta ja yläkerrasta. Vesi- ja viemärijärjestelmä: Vesi otetaan porakaivosta. WC:n jätevedet kerätään umpikaivoon (5 m³) ja harmaat vedet imeytetään saostuskaivojen jälkeen tontille.</p>	<p>Toimintaselostus</p> <p>Tilojen lämmitys: Lämmitystä ohjaa keskitetty elektroninen säätöjärjestelmä. Alakerrassa lattialaatan ja takan rungon lämpötilaa säädetään ulkoilman lämpötilan mukaan. Sisälämpötiloja voidaan säätää huonekohtaisesti lämmittävillä tuloilmalaitteilla. Ilmanvaihto: Huoneisiin puhallettava tuloilmavirta on vakio ilmanvaihdon säätöasennosta riippumatta. Ilmanvaihto on säädettävissä tarpeen mukaan liesikuvusta (4 säätöasentoa: 20 - 80 dm³/s). Tuloilma jaetaan huonekohtaisesti olo- ja makuuhuoneisiin, keittiöön, tekniseen tilaan ja saunaan. Poistoilma otetaan keittiöstä, kodinhoituhuoneesta, saunasta, pesutiloista, WC:stä, vaatehuoneesta ja teknisestä tilasta.</p>																																	