

Markku Lappeteläinen

Sami Korhonen

ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT KORJAUKSET PIENTALOISSA

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Kiinteistötalouden  
koulutusohjelma  
Kevät 2004



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

**INSINÖÖRITYÖ  
TIIVISTELMÄ**

Osasto <i>Tekniikka</i>	Koulutusohjelma <i>Kiinteistöalous</i>
Tekijä(t) <i>Sami Korhonen &amp; Markku Lappeteläinen</i>	
Työn nimi <i>Energiatehokkuutta parantavat korjaukset pientaloissa</i>	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t) <i>Martti Hekkanen, VTT</i> <i>Matti Tiainen, AMK</i> Allan Mustonen, AMK
Aika 7.4.2004	Sivumäärä 80 + 26
Tiivistelmä <p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli tutkia energiatehokkuutta parantavia korjauksia pientaloissa. Energiataloudellisuus on nykyaikaa, koska Kioton sopimuksessa Suomi on sitoutunut säästämään energiaa kasvihuonekaasujen aiheuttamien ilmastohaittojen pienentämiseksi. Kylmässä ilmastossamme rakennusten lämmitys on liikenteen ja teollisuuden lisäksi suurin energian kuluttaja. Rakennusten lämmityksen osuus on noin 20 prosenttia energian kulutuksesta.</p> <p>Työ tehtiin kirjallisuustutkimuksena, jossa selvitettiin mistä pientalojen lämmöntarve muodostuu. Esimerkkikohteina olivat 1950-luvun 1½-kerroksinen pientalo sekä 1960- ja 1970-luvun 1-kerroksinen pientalo. Näissä kohteissa selvitettiin, miten rakennusteknisillä ja taloteknisillä korjaustoimenpiteillä voidaan lämmöntarvetta alentaa ja mitkä toimenpiteet ovat taloudellisesti kannattavia.</p> <p>Työssä tarkasteltiin energian kulutuksen arviointia ja korjausten kustannuslaskelmia ja niiden kannattavuutta. Kulutuksen arviointi suoritettiin VTT:n laskentataulukon avulla. Korjaukset parantavat energiatehokkuutta, mutta eivät kaikilta osin kannattavia. Lisäksi työssä pohdittiin korjauksiin liittyviä riskejä ja niiden välttämiseksi on laadittu korjaustoimenpiteille laadunvarmistusohje.</p>	
Luottamuksellinen Kyllä Ei           X	
Hakusanat Energiatehokkuus, Rakennustekniset ja talotekniset korjaukset	
Säilytyspaikka <i>Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto, VTT Oulu</i>	



**Kajaanin**  
**ammattikorkeakoulu**

**ABSTRACT**  
**FINAL YEAR PROJECT**

Faculty <i>Faculty of Engineering</i>	Degree programme <i>Facility Management</i>
Author(s) <i>Sami Korhonen &amp; Markku Lappeteläinen</i>	
Title <i>Improving Energy Efficiency in One-Family Houses</i>	
Optional professional studies	Instructor(s) / Supervisor(s) Martti Hekkanen, VTT Matti Tiainen, AMK Allan Mustonen, AMK
Date 7 April 2004	Total number of pages 80 + 26
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final year project was to study renovations which improve energy efficiency in one-family houses. After the Kyoto convention energy economical behaviour has also increased in Finland because of Finland's commitment to save in the consumption of energy. The heating of buildings is one of the biggest consumers of energy in Finnish cold climate.</p> <p>The project was based on literature research. The examples included three building types from the 1950s, 1960s and 1970s. The project studied what kind of influence Construction and building technical repairs have on heat requirements. It was also studied what kind of repairs are cost-effective.</p> <p>In the project estimates of energy consumption and cost calculations of renovations were made. After that their cost-effectiveness was compared. Finally risks included in renovation were considered. Quality control instructions for renovation were made.</p>	
Confidential Yes No           X	
Keywords <i>Energy efficiency, Construction technique, Building technique, Renovation</i>	
Deposited at <i>Library, VTT</i>	

# SISÄLLYSLUETTELO

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## KÄYTETYT TERMIT

1 JOHDANTO .....	9
2 TAUSTA .....	10
2.1 Suomen omakotitalokanta .....	10
2.2 Omakotitalokannan lämmöntarve ja sähköntarve .....	10
3 TAVOITTEET.....	12
3.1 Lämmöntarvetta alentavat rakennustekniset korjaustoimenpiteet.....	12
3.2 Lämmöntarvetta alentavat talotekniset korjaustoimenpiteet .....	12
4 KOHTEET .....	13
4.1 1950-luvun 1 1/2-kerroksinen omakotitalo .....	13
4.2 1960-luvun 1-kerroksinen omakotitalo.....	14
4.3 1970-luvun 1-kerroksinen omakotitalo.....	15
5 LÄMMÖNTARPEEN MUODOSTUMINEN .....	16
5.1 Johtumishäviöt.....	16
5.2 Ilmanvaihdon kautta kuluva lämpö .....	18
5.3 Lämpimän käyttöveden valmistus .....	19
5.3.1 Käyttöveden lämmitysteho suoralla kytkennällä.....	20
5.3.2 Käyttöveden lämmitysteho vesivaraajalla .....	20
5.4 Sisäiset lämpöenergiat .....	21
5.5 Kulutuksen arviointi .....	22

6 RAKENNUSTEKNISET KORJAUSTOIMENPITEET .....	23
6.1 1950-luvun 1 1/2-kerroksinen omakotitalo .....	23
6.1.1 Ulkopuolinen lisäeristäminen .....	24
6.1.2 Ikkunoiden uusiminen tai kunnostus .....	27
6.1.3 Ulko-ovien uusiminen .....	28
6.1.4 Yläpohjan lisäeristäminen .....	29
6.1.5 Alapohjan lisäeristäminen .....	29
6.2 1960-luvun 1-kerroksinen omakotitalo.....	29
6.2.1 Ulkopuolinen lisäeristäminen .....	31
6.2.2 Ikkunoiden uusiminen tai kunnostus .....	33
6.2.3 Ulko-ovien uusiminen tai kunnostus .....	33
6.2.4 Yläpohjan lisäeristäminen .....	34
6.2.5 Alapohjan lisäeristäminen .....	35
6.3 1970-luvun 1-kerroksinen omakotitalo.....	36
6.3.1 Ulkopuolinen lisäeristäminen .....	36
6.3.2 Ikkunoiden uusiminen .....	38
6.3.3 Ulko-ovien uusiminen tai kunnostus .....	39
6.3.4 Yläpohjan lisäeristäminen .....	39
6.3.5 Alapohjan lisäeristäminen .....	41
7 TALOTEKNISET KORJAUSTOIMENPITEET.....	42
7.1 Lämmöntuottojärjestelmät.....	42
7.1.1 Sähkö .....	42
7.1.2 Pelletti .....	44
7.1.3 Puu- tai hake .....	46
7.1.4 Maalämpö .....	47
7.1.5 Ilmalämpöpumppu.....	49
7.1.6 Poistoilmalämpöpumppu .....	51
7.1.7 Öljy .....	52
7.1.8 Kaukolämpö.....	55
7.1.9 Aurinko .....	56

7.2 1950-luvun 1 1/2-kerroksinen omakotitalo .....	58
7.2.1 Lämmitysjärjestelmän uusiminen (tuottojärjestelmä) .....	58
7.2.2 Lämmönsäätöjärjestelmän uusiminen .....	58
7.2.3 Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen.....	59
7.2.4 Käyttövesikalusteiden ja wc-kalusteiden uusiminen .....	60
7.3 1960-luvun 1-kerroksinen omakotitalo.....	61
7.3.1 Lämmitysjärjestelmän uusiminen (tuottojärjestelmä) .....	61
7.3.2 Lämmönsäätöjärjestelmän uusiminen .....	62
7.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen.....	62
7.3.4 Käyttövesikalusteiden ja wc-kalusteiden uusiminen .....	63
7.4 1970-luvun 1-kerroksinen omakotitalo.....	64
7.4.1 Lämmitysjärjestelmän uusiminen (tuottojärjestelmä) .....	64
7.4.2 Lämmönsäätöjärjestelmän uusiminen .....	65
7.4.3 Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen.....	65
7.4.4 Käyttövesikalusteiden ja wc-kalusteiden uusiminen .....	66
8 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	67
8.1 Toimenpiteiden kustannukset ja kannattavuus .....	67
8.2 Toimenpiteisiin liittyvät riskit .....	73
8.3 Energiatohokkuutta parantavan korjausrakentamisen laadunvarmistus .....	74
9 YHTEENVETO.....	76
LÄHDELUETTELO .....	79

## LIITTEET

## KÄYTETYT TERMIT

### Direktiivi

Direktiivi on velvoittava säädös, jonka sisällön jäsenvaltioiden on otettava omaan lainsäädäntöönsä. Jos valtio ei tee näin, kansalaiset voivat viedä asian EU-tuomioistuimeen.

### Huoneistoala

Ala, jota rajaavat toisaalta huoneistoa ympäröivien seinien, toisaalta huoneiston sisällä olevien kantavien ja muiden koko rakennukselle välttämättömien rakennusosien (esim. kantavat ja paloteknisesti osastoivat seinät sekä hormiryhmät) huoneiston puoleiset pinnat.

### Kerrosala

Rakennuksen kerrosalaan luetaan kerrosten alat ulkoseinien ulkopinnan mukaan laskettuina ja se kellarikerroksen tai ullakon ala, johon sijoitetaan tai voidaan näiden tilojen sijainnista, yhteyksistä, koosta, valoisuudesta ja muista ominaisuuksista päätellen sijoittaa rakennuksen pääasiallisen käyttötarkoituksen mukaisia tiloja.

### MSE- selektiivi-ikkuna

MSE- selektiivi-ikkuna on kaksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna. MSE- selektiivi-ikkunassa on 2-kerroksinen eristyslaselementti ja tasolasi, jossa on selektiivi pinnoite.

### Rakennuksen tilavuus

Tila, jota rajoittavat ulkoseinien uloimmat pinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta.

## RakMK D5

Rakennusmääräyskokoelma D5 on rakennusten lämmityksen tehon ja energiatarpeen laskentaohjeistus.

## U-arvo

Lämmönläpäisykerroin  $U$  ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eripuolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään  $W/(m^2K)$ .



## 1 JOHDANTO

Tämä työ on tehty VTT:n toimeksiannosta koskien rakennusten elinkaaren hallintaa ja energiatehokkuutta. Suomen sitoutuessa Kioton sopimukseen, jonka tarkoitus on pienentää kasvihuonekaasujen päästöjä, on kaikkien alojen vähennettävä energian kulutustaan. Rakennuspuolella siihen on otettu kantaa painottamalla energiatehokkuutta sekä korjaus- että uudisrakentamisessa.

Tässä insinööriyössä käsitellään pientalojen energian kulutusta ja energiakulutuksen pienentämistä taloteknisten ja rakennusteknisten korjausten avulla. Vanhemmissa rakennuksissa on paljon tekemistä energiatehokkuuden parantamisen hyväksi. Työssä tehtiin kannattavuus ja hintavertailua erilaisten korjausten osalta. Työssä käsiteltiin 1950-, 1960- ja 1970-luvun perinteisimpiä pientaloja. Taloteknisesti vertailtiin eri lämmöntuottojärjestelmien ja ilmanvaihtojärjestelmien sopivuutta ja kannattavuutta kyseisiin kohteisiin. Rakennusteknisesti vertailtiin päästäänkö ulkopuolisella lisäeristyksellä ja ikkunoiden uusimisella energiatehokkuuden kannalta kannattavaan ja hyvään lopputulokseen.

Lisäksi työssä on selvitetty, millaisia riskejä kyseisiin korjaustoimenpiteisiin liittyy ja kuinka niitä voidaan estää. Riskien välttämiseksi työssä on käsitelty laadunvarmistustoimenpiteitä.

## 2 TAUSTA

### 2.1 Suomen omakotitalokanta

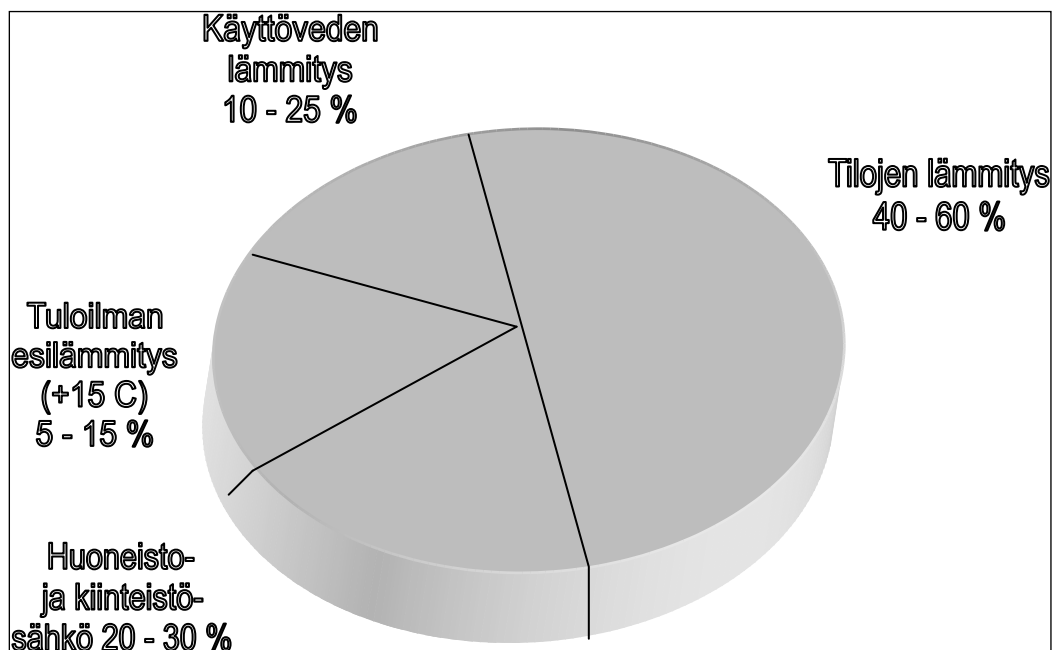
Suomessa on yli 900 000 asumiskäytössä olevaa omakotitaloa, joista suuri määrä pientaloja, joille korjaus on aiheellista suorittaa [1]. Pientalokannasta suuri osa on rakennettu 1950-, 60 ja 70-luvuilla. Liitteessä D näkyy kyseisillä vuosikymmenillä rakennetut omakotitalot, joiden kerrosala on noin 53 000 000m<sup>2</sup>.

Suomen omakotitalokanta on alkanut kasvaa vuodesta 1920 lähtien vähitellen aina 50-luvulle asti, jonka jälkeen alkoi todellinen rakennustuotannon nousu. Yhtenä syynä varmasti tähän oli sodan tuomat tuhot rakennuskantaamme sekä evakkolaisille rakennetut asumukset. Tämä näkyikin selvästi tilastoissa vajaan 18 000 (kerrosala 1000 m<sup>2</sup>) pientalon rakentamisena 50-luvulla. [2.]

### 2.2 Omakotitalokannan lämmöntarve ja sähköntarve

Tyypillisessä omakotitalossa lämmön kulutus on noin 20 000 kWh vuodessa, josta noin neljännes menee käyttöveden lämmittämiseen. Eniten tehoa tarvitaan käyttöveden lämmitykseen, vaikka huonetilojen lämmitykseen käytettävä kokonaisenergiamäärä onkin paljon suurempi. Lämpimän käyttöveden kulutus on Suomessa keskimäärin hieman alle 50l / henkilö vuorokaudessa. Koska käyttöveden kulutus on hyvin epätasaista ja huipputehon tarve suuri, lämpimän veden saatavuus varmistetaan varaajalla kaikissa muissa tapauksissa lukuun ottamatta kaukolämpöä. Varaajaa käytettäessä kiinteistön lämmön- tuottolaitteisto voidaan mitoittaa selvästi alhaisemmalle tehotasolle (kuva 1).

Öljykattiloiden poltinteho on niin suuri - tyypillisesti 15 - 20 kW - että kattilan oma vesitilavuus riittää suureenkin tarpeeseen. Suorasähkölämmitteisissä taloissa käytetään yleensä 300 litran varaajia, joissa on 3 kW:n vastus. Puukattiloiden yhteydessä käytetään jopa 2000 litran varaajia, koska puulämmitys on suhteellisen työlästä ja vaivan säästö lyö leiville.



Kuva 1 Pientalon energiankulutus [3]

Pientalojen eri tilojen suosituslämpötilat:

Oleskelutilat	20 - 22 °C
Makuuhuoneet	18 - 20 °C
Autotallit ja varastotilat	<15 °C

Kodin sähkönkulutuksesta eniten kuluu valaistukseen, ruoan säilytykseen ja valmistukseen sekä astioiden ja pyykin pesuun ja kuivaukseen. Myös kasvava viihde-elektroniikan määrä lisää kotien sähkönkulutusta.

### 3 TAVOITTEET

#### 3.1 Lämmöntarvetta alentavat rakennustekniset korjaustoimenpiteet

Tämän työn tavoitteena on tutkia lämmöntarvetta alentavia rakennusteknisiä korjaustoimenpiteitä, joita suoritetaan ylä- ja alapohjaan, ulkoseiniin sekä ulkovaipan aukkoihin (ikkunat ja ovet). Tavoitteena työssä on myös kustannusten seuranta. Aina ei ole kannattavaa kustannusmielessä korjata rakennusta, jos se on elinkaarensa lopussa ja rakennus puretaan. Tietenkään ei pidä unohtaa muita arvostuksen tekijöitä, kuten asumismukavuutta.

#### 3.2 Lämmöntarvetta alentavat talotekniset korjaustoimenpiteet

Työn tarkoituksena on tutkia lämmöntarvetta alentavien taloteknisten korjausten, kustannusten ja energiakulutuksen suhtautumista toisiinsa. Tällaisia taloteknisiä korjaustoimenpiteitä ovat lämmitysjärjestelmän, lämmön-säätöjärjestelmän, ilmanvaihtojärjestelmän, käyttövesi- ja wc- kalusteiden uusiminen.

Taloteknisillä korjaustoimenpiteillä ei yksin saavuteta tavoiteltavaa hyötyä tai toimivuutta. On otettava huomioon myös rakennustekniset korjaukset perusparannettaessa talotekniikkaa.

## 4 KOHTEET

### 4.1 1950-luvun 1 1/2-kerroksinen omakotitalo

Rintamamiestalo suunniteltiin jälleenrakentamisen tarpeita silmälläpitäen, jossa talon keskellä sijaitsevan savupiipun ympärille sijoitettiin kaikki asuintilat. Nelijakoisessa alakerrassa oli eteinen, keittiö sekä kaksi huonetta. Yleensä talosta saattoi löytyä myös kevytrakenteinen kuisti.

Yläkertaan sijoitettiin katon harjalinjalle kaksi huonetta ja matalammille reuna-alueille varastotiloja. Rakentaminen voitiin suorittaa kahdessa osassa. Yläkerta rakennettiin lämmitettävään ja asuttavaan kuntoon heti, tai vasta myöhemmin. Keskellä taloa oleva savuhormi mahdollisti tehokkaan tavan käyttää kamiinalämmitystä (kuva 2).



*Kuva 2 1950-luvun rintamamiestalo [4]*

Valtakunnalliseen asutustarpeeseen kehitetty asuntoratkaisu osoittautui erittäin käyttökelpoiseksi ja se säilyi maaseudun sekä taajamien esikaupunkien yleisimpänä rakennustyyppinä.

1940- ja 50-luvuilla syntyneiden esikaupunkien rintamamiestaloista muodostuneiden pientaloalueiden riesaksi ovat muodostuneet väljän kaupunkirakenteen ongelmat. Koska esikaupunkialueiden tonttitehokkuus on vuosikymmenien kuluessa noussut, vanhoille rintamamiestaloille on sallittu vuosien saatossa rakentaa vauraiden vuosien ilmapiiriä kuvaavaa uudisrakentamista, joka ei aina ole ottanut huomioon rintamamiestalojen vaatimatonta pientaloluonnetta. Myös kunnallistekniikan rakentaminen väljille rintamamiestaloille on yhdyskunnalle ollut suhteellisen kallista, mikä luonnollisesti on myös johtanut rakentamistehokkuuden kasvattamiseen.

#### 4.2 1960-luvun 1-kerroksinen omakotitalo

1960-luvulla omakotitalon ulkomuodon tuli olla pitkä ja matala. Omakotitaloissa ihannoitiin yksikerroksisia, matalasokkelisia rakennuksia. Sen ajan talot olivat tasakattoisia tai loivasti harjakattoisia. Rakennuksissa ajateltiin myös siihen aikaan käytännöllisyyttä. Näin ollen rakennuksiin lisättiin myös erillinen taloustiloja sisältävä siipi. Viivasuorat ja nauhamaiset muodot olivat 60-luvun rakentamisen suosimaa ja kuvastamaa tyyliä. Vielä joissakin 1960-luvun alussa rakennetuissa pientaloissa käytettiin eristeenä purun ja kutterin sekoitusta (kuva 3).



*Kuva 3 Perinteinen 1960-luvun pientalo*

#### 4.3 1970-luvun 1-kerroksinen omakotitalo

1970-luvun talot noudattivat suurelta osin samaa rakennustyyliä kuin 1960-luvulla. Poikkeuksena kuitenkin eristemateriaali, mineraalivilla, jota käytettiin jo 1960-luvun loppupuolella. Mineraalivillalla saavutetaan huomattavasti parempi lämmönläpäisevyys kuin purun ja kutterin seoksella. Toinen huomattava muutos oli siirtyminen kaksi lehtisistä kolmilehtisiin ikkunoihin (kuva 4).



*Kuva 4 Perinteinen 70-luvun pientalo*

## 5 LÄMMÖNTARPEEN MUODOSTUMINEN

Rakennusten lämmittämiseen kuluvan energiamäärän pienentäminen on sekä EU:n että Suomen tavoitteena. Ympäristöministeriö on laatinut rakennusten lämmöneristystä koskevan uuden asetuksen, jolla pyritään entistä tiiviimpiin ja energiatehokkaampiin rakenteisiin. Asetus on astunut voimaan 1. päivänä lokakuuta 2003, jonka jälkeen sitä on sovellettava jokaiseen uuteen asuinrakennukseen. Tiukentuvia normeja tulee noudattaa myös loma-asunnoissa, jotka rakennetaan kokovuotiseen tai talviaikaiseen käyttöön. Yksityiskohtaiset määräykset annetaan rakennuksen lämmönläpäisykertoimille (U-arvo), rakennuksen vaipan ja ikkunapinta-alojen lämpöhäviöille asetuksilla.

### 5.1 Johtumishäviöt

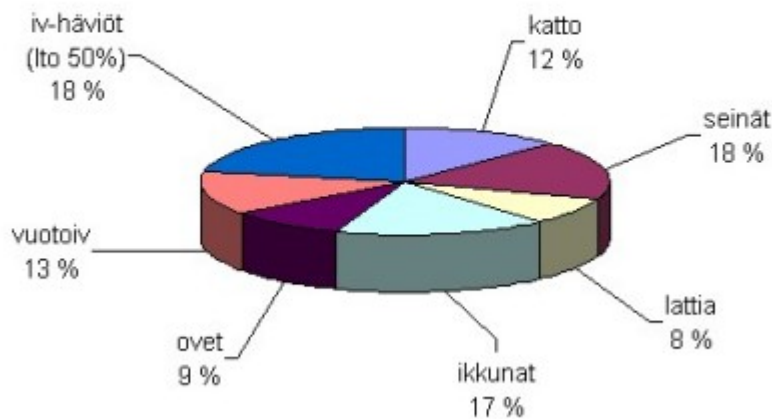
Johtumishäviöitä on tutkittu paljon sen jälkeen, kun energiatehokkuudesta on ryhdytty puhumaan. Tutkimuksissa on havaittu ainakin, että johtumishäviöt ja hallitsematon vuotoilmanvaihto kasvavat rakennuksen ulkovaipan kasvaessa. Edullisimpia lämpötekniisessä mielessä ovat rakennukset, joiden ulkovaipan ala on mahdollisimman pieni suhteessa rakennuksen tilavuuteen. [2.]

Tutkimuksessa on myös tultu johtopäätökseen, että kerrosluvun kasvattaminen pienentää pystyvaippa-alan ja tilavuuden välistä suhdetta, jolloin vastaavasti päästään ominaisenergian kulutuksessa pienempiin lukuihin. Pientaloissa päästään noin 7 % pienempiin arvoihin vertaillen yksi- ja kaksikerroksisia pientaloja. [2.]

Johtumishäviöt muodostuvat rakenteiden kuten ulkoseinien, ikkunoiden, ovien, ala- ja yläpohjien kautta. Johtumishäviöiden suuruuteen vaikuttaa rakenteiden lämmönläpäisykertoimien suuruudet ja ulkovaipan pinta-ala. Johtumishäviöiden keskimääräisiä prosenttiosuuksia nähdään (Kuva 5).



### Lämpöhäviöt (n. 8,4 kW), esimerkkikohde 132 m<sup>2</sup>



Kuva 5 Esimerkki lämpöhäviöiden suuruuksista

Johtumisesta rakenteiden läpi tuleva lämmitystarve voidaan laskea huonekohtaisesti seuraavanlaisella kaavalla:

$$\Phi_{\text{joht}} = \sum(k \cdot A \cdot (T_s - T_u))$$

$\Phi_{\text{joht}}$  = johtumisteho, kW

$k$  = kunkin rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/m<sup>2</sup>K

$A$  = kunkin rakennusosan pinta-ala, m<sup>2</sup>

$T_s$  = sisälämpötila, °C

$T_u$  = ulkolämpötila, °C

Vuotoilman lämmitystarve  $\Phi$  lasketaan kaavasta:

$$\Phi_{\text{vuotoiv}} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot V_{\text{vuoto}} \cdot (T_s - T_u)$$

$\Phi_{\text{vuotoiv}}$  = vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, kW

$\rho_i$  = ilman tiheys, kg/m<sup>3</sup>

$c_{pi}$  = ilman ominaislämpö, kJ/kgK

vuotoilmavirta  $V_{\text{vuoto}}$  lasketaan seuraavasti:

$$V_{\text{vuoto}} = n_v \cdot V / 3600$$

$n_v$  = vuotoilman vaihtuvuus, kertaa tunnissa (1/h)

$V$  = rakennustilavuus,  $\text{m}^3$

3600 = laatumuunnoksesta tuleva termi, jotta vuoto olisi laadultaan,  $\text{m}^3/\text{s}$ . [5.]

## 5.2 Ilmanvaihdon kautta kuluva lämpö

Ilmanvaihto aiheuttaa merkittävän lämmitystarpeen, joka riippuu ilmanvaihdon määrästä. Ilmanvaihdon ilmavirtojen mitoitus on pohjautunut pääasiassa huoneen pinta-alaan tai siellä olevien ihmisten lukumäärään. Pinta-alaan pohjautuvat ilmanvaihdon mitoitusarvot vaihtelevat 1 - 3  $\text{l}/\text{sm}^2$  tapauksesta riippuen. Henkilöä kohden määritetyt ilmavirrat vaihtelevat 4 - 25  $\text{l}/\text{s}$ , henkilöltä. Ilmanvaihdon vähimmäismäärä on 0,5 kertaa huoneen tilavuus tunnissa. Ilmanvaihtoilma lämpenee huonelämpötilaan joko erityisessä ilmanvaihtokoneessa tai huoneen muiden lämmityslaitteiden vaikutuksesta. Ilmanvaihdon lämmitystarve  $\Phi$  määräytyy ilmavirran ja käyttöajan perusteella kaavasta. [6.]

$$\Phi = \rho \cdot c_p \cdot q_i \Delta T - \Phi_{\text{ivlto}}$$

$\Phi$  = lämmitystarve, kW

$\rho_i$  = ilman tiheys,  $\text{kg}/\text{m}^3$

$c_{pi}$  = ilman ominaislämpö,  $\text{kJ}/\text{kgK}$

$q_i$  = ilmavirta,  $\text{m}^3/\text{s}$

$\Delta T$  = lämpötilaero

$\Phi_{\text{ivlto}}$  = poistoilmasta lämmöntalteenottolaitteilla hyödynnettävä teho, kW

Vanhoissakin rakennuksissa ilmanvaihto kuluttaa lämpöä yli neljänneksen kokonaislämmönkulutuksesta, vaikka kyseessä olisi useimmiten painovoimainen ilmanvaihto. [5.]

### 5.3 Lämpimän käyttöveden valmistus

Lämpimän käyttöveden kulutus vaikuttaa sekä lämmitysjärjestelmän valintaan että sen mitoitukseen. Keskimäärin lämmintä käyttövettä kulutetaan pientaloissa 35 - 50 l /asukas/vrk. Kulutukseen vaikuttavat:

- henkilöiden lukumäärä
- käyttötottumukset
- varustetaso.

Koska käyttövesi vaatii kesäaikanakin energiaa, tarjoaa sen lämmitys mahdollisuuden esim. aurinkoenergian hyödyntämiseen. Aurinko lämmittää käyttöveden toukokuusta syyskuulle. Käyttöveden lämmityksen suunnittelussa pitää ottaa huomioon myös hygienia- ja turvallisuusseikat. Käyttöveden lämpötilan on oltava:

- vähintään 55 °C, jotta bakteerit ja muut terveystriskit saadaan eliminoitua
- korkeintaan 65 °C henkilökohtaiseen hygieniaan tarkoitetuista lämminvesikalusteista.

Asuinrakennuksen lämpimän käyttöveden valmistukseen kulutetaan usein 30 - 40% rakennuksen vuotuisesta lämmitysenergiakulutuksesta. Vettä kuluu omakotitaloasukkaalla yleensä keskimäärin 130 litraa asukasta kohden vuorokaudessa.

Vaihtelut veden kulutuksessa ovat kuitenkin suuria: vaihteluväli on 60 - 270 litraan/asukas vuorokaudessa. Vedenkulutuksen tavoitetaso vuorokaudessa on noin 130 litraa asukasta kohden.

Käyttöveden lämmitystarve  $\Phi$  saadaan kaavasta:

$$\Phi_{IV} = \rho_v \cdot c_{pv} \cdot V_{lv\ mit} \cdot (T_{lv} - T_{kv})$$

$\Phi_{IV}$  = käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho, kW

$\rho_v$  = veden tiheys, 1000 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pv}$  = veden ominaislämpö, 4,2 kJ/kgK

$V_{lv\ mit}$  = mitoitusvirtaama, m<sup>3</sup>/s

$\Delta T$  = lämpötilaero (lämmin – kylmä). [5.]

### 5.3.1 Käyttöveden lämmitysteho suoralla kytkennällä

Lämmitettäessä käyttövettä suoraan kulutusta vastaava määrä tulee käyttöveden lämmitystehon  $\Phi_{IV}$  olla lämpimän käyttöveden kokonaistehon suuruinen. Kokonaistehoa määritettäessä ei tarvitse kuitenkaan ottaa huomioon kulutushuipun aikaisia lämpimän käyttöveden laite- ja häviötehoja, koska nämä ovat yleensä pieniä verrattuna lämpimän käyttöveden mitoitustehoon. [7.]

### 5.3.2 Käyttöveden lämmitysteho vesivaraajalla

#### Kattilalaitos

Lämminvesivaraajan käyttöönotto pidentää öljynpolttimien tai kotimaista polttoainetta käyttävien kattiloiden käyntiaikoja, jolloin ne toimivat hyvällä hyötysuhdealueella myös kesällä. Lisäksi lämminvesivaraaja toimii äkillisiä kuormitusvaihteluita tasaavana tekijänä. Lämminvesivaraajien käyttö tarjoaa edellytykset myös erilaisten lämmönlähteiden käyttöön.

Yliittäessä yli 20 %:lla rakennuksen kokonaislämmitystehon, lämpimän käyttöveden lämmityksen mitoituksesta otetaan huomioon vain 20 %, mikäli järjestelmän varauskyky on riittävän suuri. Varauskykyä voidaan pientaloissa pitää riittävänä, mikäli varaajan tai kattilan vesitilavuus on yli 150 l.

Kokonaisteholtaan alle 120 kW:n kattilalaitoksissa lämpimän käyttöveden lämmitysmenetelmänä käytetään käyttövesikierukkaa kattilavedessä. Käyttöveden lämmittämiseen saadaan tällä tavoin lähes koko kattilan teho. Menetelmällä mahdollistetaan suhteellisen pitkä käyttö kulutusjakson aikana, mutta ei välttämättä pystytä tyydyttämään lyhytaikaisen kulutuksen huippuja. Vesitilavuudeltaan 130...200 dm<sup>3</sup> oleva kattila varmistaa pientaloissa lämmitystehon huippukulutuksen aikana. [7.]

#### Sähköinen lämminvesivaraaja

Sähköisen lämminvesivaraajan tehon määrittäminen perustuu yleensä kokemusperäisiin mitoitusmenetelmiin, joiden avulla määritetään tapauskohtaisesti lämminvesivaraajan tilavuus sekä varaajan latausteho.

Verkostoon liitettäessä vesitilavuudeltaan suurehko lämminvesivaraaja, riittää pienempi lämmityssähköteho kuin, jos verkostoon olisi liitetty pieni varaaja. Varastoituneen veden lämpötilalla on myös suuri merkitys mitoitettaessa vesitilavuutta. Mitä suurempi on varastoituneen veden ja käyttöveden välinen lämpötilaero, sitä pienempi on vaadittava vesitilavuus. [7.]

#### 5.4 Sisäiset lämpöenergiat

Sisäisillä lämpöenergioilla tarkoitetaan sitä lämpöä, jolla voidaan korvata lämmitykseen käytettyä primäärienergiaa. Tärkeimpiä sisäisiä lämpöenergioita ovat auringonsäteilyn lisäksi kiinteistö- ja taloussähkö, valaistuslämpö ja ihmisten luovuttama lämpö. Niiden suuruus vaihtelee rakennus- ja huonekohtaisesti.

energiatalouden parantamiseksi tulee kiinnittää yhä enemmän huomiota laitteiden hyötysuhteeseen ja ilmaislämpöjen hyväksikäyttöön. Laitteiden hyötysuhteen parantaminen näkyy kaikkien häviöiden pienentämispyrkimyksenä. Tämä koskee ilmavuotoja, kattilahäviöitä sekä putkistojen, säiliöiden ja muiden laitteiden lämpöhäviöitä.

Ilmaisenergioiden hyödyntäminen edellyttää oikein toimivaa lämmityksen säätöjärjestelmää, joka vähentää rakennuksen hyötylämmitysenergian kulutusta silloin, kun ilmaislämpöä on saatavilla. Esimerkiksi asunnoissa voidaan ideaalisella lämmityksen säädöllä saavuttaa jopa 30 % vähennys lämmitysenergian kulutuksessa pelkkään ulkolämpötilaohjaukseen verrattuna. [7.]

Sisäisistä lämmönlähteistä ja auringon säteilystä hyödynnettävän energian laskentakaava:

$$Q_s = \eta_s * \eta_r * (Q_{säh} + Q_{aur} + Q_{lv\ hyöty} + Q_{hlö})$$

$Q_s$  = sisäisistä lämmönlähteistä ja auringon säteilystä hyödynnettävä energia, kWh

$\eta_s$  = kerroin, joka ottaa huomioon säätöjärjestelmän vaikutuksen energioiden hyväksikäyttöasteeseen

$\eta_r$  = ideaalinen sisäisten energioiden hyväksikäyttöaste

$Q_{säh}$  = valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva energia, kWh

$Q_{aur}$  = ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh

$Q_{lv\ hyöty}$  = lämpimän käyttöveden laitteista vapautuva energia, kWh

$Q_{hlö}$  = henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh [5.]

## 5.5 Kulutuksen arviointi

Lämmöntarpeen kulutuksen arvioinnissa lasketaan johtumishäviöiden, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden aiheuttamat lämpöenergiat. Kulutuksen arvioinnissa huomioidaan lisäksi sisäisten lämpöenergioiden määrä. Lähtötiedot kulutuksen arviointiin saadaan tapauskohtaisesti rakennekuvista, niiden massoista ja U-arvoista. Lämpöenergioiden laskemiseen käytettävät kaavat löytyvät selityksineen RakMK D5:stä sivuilta 7 ja 8.

Työssä käytettiin apuna Excel-ohjelmaa, jolla on saatu laskettua tavoitekulutukset ennen korjausta ja korjauksien jälkeen. (liitteet C)

## 6 RAKENNUSTEKNISET KORJAUSTOIMENPITEET

### 6.1 1950-luvun 1 1/2-kerroksinen omakotitalo

Rakennuslaki ja – asetus tulivat voimaan 1.7.1959. Sitä ennen oli voimassa asemakaavalaki, joka julistettiin vuonna 1931.

Toukokuussa 1946 julkaistiin Rakennusinsinööriyhdistys ry:n lämpöteknisen toimikunnan aloitteesta asuinrakennusten lämmöneristyksiä ja niiden taloudellista paksuutta käsittelevä ohjekirja (RIY A4). Kyseinen ohjekirjanen oli tarkoitettu kaikille rakentajille. Siinä selvitettiin, minkälaisia lämmöneristeitä pitäisi käyttää seinissä, katoissa, lattioissa ja ikkunoissa. Lämmöneristykseen liittyvät taloudelliset seikat painottuivat näissä ohjeissa voimakkaasti. [8.]

Vanhaan rakennuskantaan kuuluvat myös sahanpurulla ja kutterinlastulla eristetyt rankatalot, joita rakennettiin suuret määrät 1950-luvulla eri puolille Suomea ns. rintamamiestaloina. Nämä rakennukset olivat puolitoistakerroksisia ja usein osakellarillisia. Yläkertaa ei aina otettu käyttöön, mutta myöhemmin ne ovat hyvin yleisesti sisustettu huoneiksi.

Seinäarakenteissa käytettiin tiivistävinä kerroksina pahveja (mm. tervapahvi) niin sisäpuolella kuin ulkopuolellakin. Seinäarakenteet ovat yleensä säilyneet turmeltumattomina, mikäli vesikatto on pidetty ehjänä.

Yläpohjarakenteet ovat yleensä säilyneet hyvinä, mikäli vesikatto on pidetty ehjänä. Yläpohjien ilmanpitävyys varmistettiin näissä rakennuksissa pahvilla ja paperikerroksilla, jotka asennettiin sahanpurueristeen alle etenkin ulkoseinän ja yläpohjan liitokseen. Puolitoistakerroksisten rakennusten yläkerran käyttöönoton myötä on joskus heikennetty vesikatton alustan tuuletusta siten, että niissä tavataan selviä kosteusvaurioita.

Rakennuksissa käytettiin rossilattiaa kellarittomilla osilla. Näissä rakennuksissa on esiintynyt kosteusvaurioita alapohjissa johtuen ryömintätilan riittämättömästä

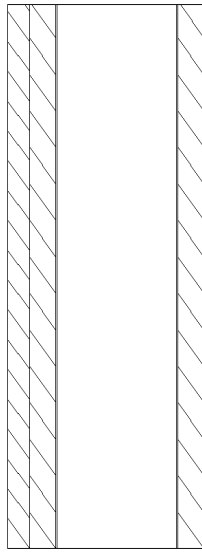
tuuleuksesta ja maaperästä ryömintätilaan nousevasta kosteudesta rakennuspaikoilla, joissa maaperä on kostea tai joissa pintavedet pääsevät kulkeutumaan rakennuksen alle. Ryömintätilan kosteus nousee etenkin loppukesällä myös sen vuoksi, että ilman lämpötila tilassa on ulkoilman lämpötilaa alhaisempi. Tämä johtuu ulkoilmaa kylmemmästä maaperästä. Heikosti tuuletetussa alapohjassa em. ongelmat kärjistyvät aiheuttaen vaurioita. Joissakin rakennuksissa alapohjan tuulettamista tehostaa johtamalla poisto savupiipussa olevaan vapaaseen hormiin. Itse asiassa hyvin monessa alapohjassa on jonkun asteisia home- ja lahovaurioita. Pahimmissa tapauksissa koko alapohja on voinut sortua alas kannattajien pettäessä. Toisaalta on myös löydettävissä suuri joukko rakennuksia, joiden alapohjat ovat täysin terveitä.

Lahovaurioita on tavattu myös alimmista hirsistä lattian kohdalta. Vauriot johtuvat joko sadeveden kulkeutumisesta perustuskiveyksen päältä seinään tai ikkunoiden alta valuneesta vedestä. Myös pesuvedet ovat voineet kulkeutua sisäpuolelta lattianrajasta seinään, jolloin lattian reuna-alueet ovat voineet vaurioitua.

#### 6.1.1 Ulkopuolinen lisäeristäminen

Ulkoseinän lisälämmöneristäminen on yleensä taloudellisesti kallista, mikäli se ei liity samanaikaisesti jonkin muun rakennusosan kunnostamiseen. Vanhat rankarakenteiset ulkoseinät ovat tavallisesti purueristeisiä (kuva 6). Niissä esiintyy toisinaan eristeen painumisesta johtuvia lämpövuotoja, lähinnä seinän yläosassa ja ikkunoiden alapuolella. Ellei eristeitä uusita kokonaisuudessaan, käytetään alkuperäistä eristemateriaalia ja lisätään sitä tarpeellinen määrä. Jos uusitaan eristeet kauttaaltaan, soveltuu puurakennukseen hyvin esim. puukuituvilla (selluvilla). Eristeen sisäpintaan on asennettava ilmansulku.





*Kuva 6 Perinteinen seinärakenne 50-luvulta*

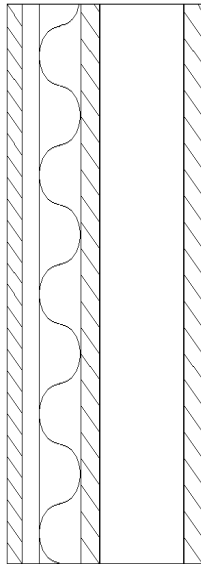
Kuvan 6 seinärakenne on vasemmalta oikealle päin seuraavanlainen:

- ulkoverhouslauta 18 mm
- vinolaudoitus 22 mm
- rakennuspahvi
- purueriste 100 mm + koolaus
- rakennuspahvi
- vinolaudoitus 22 mm
- pinkopahvi. [9.]

Rankarakenteisen seinän lisäeristäminen tehdään asentamalla koolaus vanhan seinärungon ulkopuolelle sekä vastaava määrä eristettä.

Ulkopuolinen lisäeristäminen muuttaa rakennuksen ulkonäköä siinä määrin (räystäät lyhenevät, ikkunat jäävät kuopalle, sokkeli jää sisään) tai johtaa niin työläisiin ja laajoihin muutostöihin, ettei se ole yleensä suositeltava eikä taloudellisesti kannattavaa. [10.]

Eristämällä ulkoseinä ulkopuolelta saadaan kuitenkin aikaan lämpö-  
taloudellisesti ja kosteusteknisesti paras lopputulos. Talo saa yhtenäisen  
eristyskerroksen myös välipohjien ja väliseinien kohdalle. Ulkoverhoukset ja  
rakenteet puretaan pois niin, että uusi eristekerros saadaan liittymään  
mahdollisimman tiiviisti ja yhtenäisesti entiseen eristekerrokseen. Eristeen  
päälle asennetaan tuulensuojaksi tehty eristelevy, joka on samalla kertaa  
tuulensuoja ja tehokas lämmöneriste. Joskus voi tulla kyseeseen myös purujen  
poisto ja korvaaminen yli kaksi kertaa tehokkaammalla mineraalivillalla. Näin  
poistuu myös usein purueristeistä lähtevä kosteuden aiheuttama tunkkainen  
haju. Ulkoverhouksen ja tuulensuojalevyn väliin on aina järjestettävä  
tuuletusrako. (kuva 7)



*Kuva 7 Lisäeristetty seinärakenne 50-luvulta*

Kuvan 7 seinärakenne on vasemmalta oikealle päin seuraavanlainen:

- ulkoverhouslauta 18 mm
- ilmarako 20 mm
- tuulensuojavilla 50 mm
- vinolaidoitus 22 mm
- rakennuspahvi
- purueriste 100 mm + koolaus
- rakennuspahvi
- vinolaidoitus 22 mm
- pinkopahvi
- huokoinen kuitulevy 13 mm.

#### 6.1.2 Ikkunoiden uusiminen tai kunnostus

Ikkunat ovat poikkeuksellisessa asemassa rakennuksen ulkovaipan muihin osiin verrattuna siinä, että ne yleensä joudutaan uusimaan tai perusteellisesti kunnostamaan ainakin kerran rakennuksen käyttöiän aikana.

Ikkunarakenteet on vanhoissa rakennuksissa tehty yleensä tiheäsyisestä sydänpuusta. Säännöllisesti huollettuna ne kestävät yleensä vuosikymmeniä. Ikkunoiden huolto- ja kunnostustoimenpiteisiin sisältyy karmin ja puitteiden lisäksi myös ulkopuolen vuorilaudat ja sisäpuolinen listoitus. Ulkopuoliset vuorilaudat sekä etenkin ikkunan yläpuolinen vesilauta ja alapuolinen vesipelti tai -lauta on hyvä pitää kunnossa, jotta estetään sadeveden pääsy sekä ikkunan tilkerakoon että seinärakenteeseen. Ikkunapellin kaltevuuden tulee olla vähintään 30°. Ikkunapuitteiden sekä tilkeraon toimiva tiivistys vähentävät merkittävästi vedontunnetta ja parantavat rakennuksen lämpötaloutta.

Jos ikkunarakenteissa esiintyy vaurioita, se on joko kunnostettava tai uusittava. Mikäli huonokuntoisia ikkunoita joudutaan vaihtamaan uusiin, ovat uudet ikkunat valittava siten, että ne ovat kooltaan, puitejaoltaan ja materiaaleiltaan alkuperäisiä vastaavia ja rakennuksen luonteeseen sopivia. Tämän päivän

teollisesti valmistettavat ja uudisrakentamiseen tarkoitetut ikkunat eivät välttämättä ole tyyllisesti sopivia vanhoissa rakennuksissa käytettäviksi.

Nykyiset ikkunat ovat esimerkiksi poikkeuksetta sisään – sisään aukeavia (sekä ulko- että sisäpuite avautuvat sisäänpäin), kun taas vielä 1950-luvulle saakka käytettiin tavallisesti sisään ulosaukeavia ikkunoita (sisäpuite avautuu sisäänpäin ja ulkopuite ulospäin). Jo tällainen muutos ikkunoiden avautumisessa saattaa vanhassa rakennuksessa häiritsevästi turmella usein juuri pienten yksityiskohtien myötä syntyvää ja muutoksille herkkää yleisilmettä. [11.]

Rakentamismääräykset eivät edellytä ikkunoiden lämmöneristävyyden parantamista remontin yhteydessä, mutta kuitenkin on järkevää valita lämmöneristävyydeltään nykyaikaiset ikkunat. Remonttikohteisiin voidaan valita ikkunat samoilla perusteilla kuin uudisrakennuksiin. Parempaan lämmöneristävyyteen sijoitettu hankintameno tulee takaisin muutamassa vuodessa säästyneinä energiakustannuksina. Energiansäästöikkunoiden käyttö ikkunaremonteissa on ainoa taloudellisesti kannattava tapa vähentää rakennuksen energiankulutusta jopa 15 %. Lisäksi hyvin lämpöä eristävät ikkunat parantavat myös asumisviihtyisyyttä, minkä mittaaminen rahassa on vaikeaa. [11.]

### 6.1.3 Ulko-ovien uusiminen

Tarkasteltaessa ovien teknisiä ominaisuuksia, keskeiseen asemaan nousevat lämmöneristys, tiiviys ja kyky äänen eristävyyteen. Ympäristöministeriön asetuksessa ilmoitetaan, että ulko-oven lämmönläpäisykertoimen eli U-arvon, pitää olla vähintään  $1,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Vanhat ulko-ovet eivät tätä määräystä varmasti täytä. Ulko-ovet ovat joutuneet elinkaarensa aikana kovalle koetukselle, lähinnä säävaihteluiden ja käytön osalta. Ovet ovat lämmöneristyskyvyltään ja tiiveydeltään erittäin hataria. Ylläpidon ja huollon puutteellisuus vain vahvistavat ulko-oven vaihdon tarpeellisuutta. Oven saavuttaessa jo reilut 50 vuotta, on vaihto kannattavaa. [12.]

#### 6.1.4 Yläpohjan lisäeristäminen

Toimiva vesikatto ja hyvä yläpohjan tuuletus estävät tehokkaasti ongelmat yläpohjarakenteissa.

Tarvittaessa lämmöneristeen lisääminen yläpohjaan on helposti toteutettavissa, kunhan ullakkotila on riittävän korkea, jotta siellä mahtuu liikkumaan myös lähellä ulkoseinää. Yläpohjan lisäeristäminen on helpoin ja edullisin tapa parantaa rakennuksen lämpötaloutta edellyttäen, että rakennus on muutoin riittävästi eristetty ja ilmatiiviys on kunnossa.

#### 6.1.5 Alapohjan lisäeristäminen

Alapohjan mahdollisia kunnostustoimenpiteitä ovat lisälämmöneristämiseen liittyvät työt. Niiden toteutustapa riippuu alapohjan rakenteesta. Alapohjan eristystöiden yhteydessä on huolehdittava myös siitä, että lattia- ja seinärakenteen liitoskohdista saadaan tiiviit ja ilmanpitävät. Alapohjan tarkastuksen yhteydessä on hyvä tarkastaa lämmöneristeen kunto ja määrä. Puutteellinen tai painunut puru- tai kutterilastueristys korjataan yksinkertaisesti eristettä lisäämällä tai korvaamalla se paremmin eristävällä puukuitu- tai mineraalivillalla. [4.]

#### 6.2 1960-luvun 1-kerroksinen omakotitalo

Puurakentaminen muuttui voimakkaasti 1960 - 1970-luvuilla, jolloin alettiin käyttää yksinomaan mineraalivilloilla eristettyjä rankorakenteita, joihin kuuluivat oleellisena osana tuulenpitävät (tuulensulku) kerrokset seinämien ulkopuolella ja ilmanpitävät (ilmansulku/höyrynsulku) kerrokset rakennuksen vaipan sisäpuolella. Nämä kerrokset olivat pahvia, puusta valmistettuja levyjä tai muovikalvoja tai muovitettua pahvia. Tuulensuojana käytettiin aluksi yleisesti bitumilla kyllästettyä huokoista kuitulevyä ja jonkun verran myös rei'itettyä muovipaperia.

Sisäpuolella ns. höyrynsulkuna käytettiin yleisesti muovikalvoa ja saunoissa alumiinipaperia. Eristeet olivat kevyitä mineraalivillatuotteita, joskin yläpohjissa käytettiin vielä lisäeristeenä sahanpurua. Alun perin kattomuotona käytettiin yleisesti loivia, räystäättömiä kattoja (ns. tasakattoja), jotka ovat esiintyneiden vesivuoto-ongelmien takia monissa tapauksissa muutettu harjakatoiksi. Ongelmallisimpia kohtia näissä rakennuksissa ovat sisäpuolisen ilmansulun saumojen huono tiiviys, jolloin rakenteiden sisään, etenkin yläpohjiin, pääsee kulkeutumaan kosteaa sisäilmaa. Rakennusten huono tiiviys aiheuttaa myös vetohaittoja ulkoseinillä. Toisaalta rakennusten epätiiviyys on turvannut korvausilman saannin huoneisiin ja sitä kautta tehostanut kokonaisuudessaan ilmanvaihtoa, joskin mukavuuden kustannuksella.

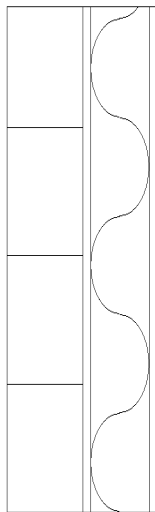
Myös alapohja- ja perustusrakenteet muuttuivat. Miltei yksinomaisesti käytetty tuulettuva alapohja korvattiin maanvaraisella betonirakenteella, jonka päälle usein tehtiin koolattu puulattia. Eristeenä käytettiin aluksi sahanpurua, mutta myöhemmin yksinomaan mineraalivillaa. Betonin pinta kosteuseristettiin bitumikerroksilla. Perustukset tehtiin matalaperustuksina, jotka routaeristettiin ulkopuolelta tai routasuojaus hoidettiin lämmityksellä sijoittamalla putket maahan. Rakennuksen sokkeleiden korkeudet ovat hyvin pienet, jolloin seinän puurakenteet saattavat lähteä likimain maanpinnan tasosta ja valesokkeleita käytettäessä jopa maanpinnan alapuolelta. Siten rakennusten seinien alaosat ja myös alapohjarakenteet ovat erittäin vaurioherkkiä. Puuseinän alaosat pääsevät kastumaan ulkopuolisista vesistä ja alapohjaan voi kulkeutua kosteutta maaperästä. Perustusten puuttuva tai toimimaton salaojitus osaltaan vielä pahentaa ongelmaa.

Tilankäytön kannalta uutta oli pesutilojen ja saunan rakentaminen talon sisälle. Siten veden käyttö rakennuksen sisällä lisääntyi erittäin voimakkaasti aikaisempaan verrattuna. Veden käytön lisääntyminen lisäsi samalla huomattavasti kosteusrasitusta, jota ei kaikissa tapauksissa otettu riittävän vakavasti huomioon rakenneratkaisujen suunnittelussa ja toteuttamisessa. Osin voitaisiin todeta, että ns. märkätila saatettiin rakentaa normaalien huonetilojen rakenteiden mukaisesti. Kun vielä käytettiin puurakenteita siten, ettei riittävästä

kosteus- ja vesieristyksestä huolehdittu, eivät rakenteiden kosteusvauriot ole mitenkään yllättäviä.

### 6.2.1 Ulkopuolinen lisäeristäminen

Ulkoseinän eristemateriaalina käytettiin vielä 1960-luvun alkupuolella purueristettä mutta aika nopeasti siirryttiin mineraalivilla eristeisiin. Yleisesti ulkoseinissä eristepaksuus on vain 100 mm mineraalivillaa. jolloin seinän u-arvo on likimain  $0,39 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  (kuva 8). Nykyisten rakennusmääräysten mukaan uuden seinän tulisi olla  $0,25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

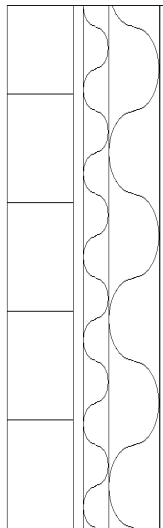


*Kuva 8 Perinteinen seinärakenne 60-luvulla*

Kuvan 8 seinärakenne on vasemmalta oikealle päin seuraavanlainen:

- kalkkihiekkatiili 130 mm
- bituliittilevy 12 mm
- mineraalivilla 100 mm + koolaus
- muovikalvo
- huokoinen kuitulevy 13 mm.

Lisäeristystyö alkaa ulkoverhouksen purkamisella, jonka jälkeen tutkitaan vanhan eristeen ja seinärakenteen toiminnallinen kunto. Ellei rakenteissa tai erityksessä havaita ongelmia voidaan lisäeristystyö aloittaa. Vanhan seinän ollessa purutäytteinen, voidaan purua lisätä painuneiden kohtien tilkitsemiseksi. Lisäeristykseenä voidaan käyttää esimerkiksi tuulensuojavillaa 50 mm, joka parantaa olennaisesti seinärakenteen U-arvoa. Vaihtoehtoisesti voidaan lisäeristys laittaa seinän sisäpuolelle, jolloin säästytään kalliilta seinän purkamiselta ja uudelleen muuraukselta. Tässä täytyy tarkasti huomioida kosteustekninen toimivuus, jos eristys päätetään laittaa sisäpuolelle. (kuva 9)



*Kuva 9 Lisäeristetty seinärakenne 60-luvulta*

Kuvan 9 seinärakenne on vasemmalta oikealle päin seuraavanlainen:

- kalkkihiekkatiili 130 mm
- ilmarako 20 mm
- tuulensuojavilla 50 mm
- bituliittilevy 12 mm
- mineraalivilla 100 mm + koolaus
- muovikalvo
- huokoinen kuitulevy 13 mm.



### 6.2.2 Ikkunoiden uusiminen tai kunnostus

Ikkunat ovat poikkeuksellisessa asemassa rakennuksen ulkovaipan muihin osiin verrattuna siinä, että ne yleensä joudutaan uusimaan tai perusteellisesti kunnostamaan ainakin kerran rakennuksen käyttöikänsä aikana.

Ikkunat olivat 1960-luvun alussa kaksinkertaisia ja puurakenteisia, mutta vuosikymmenen loppupuolella alkoi markkinoille tulla myös pientaloihin soveltuvia muovi-ikkunoita sekä metallirakenteisia ikkunoita. 1960-luvun puisten ikkunarakenteiden kunto on yleisesti huono. Tämä johtuu auringon ja sateen vuorottelevasta vaikutuksesta.

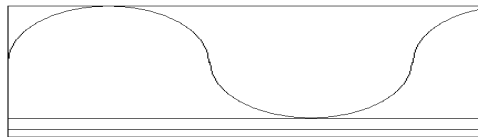
Ikkunat kannattaa uusia nykyaikaisiin MSE- selektiivi-ikkunoihin, koska nämä ikkunat vastaavat nykyisiä rakennusmääräyksiä. Vanhat ikkunat voivat olla lämmönläpäisevyydeltään  $2,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  kun taas uudet saavuttavat rakennusmääräysten vaatiman  $1,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Ellei ikkunat ole todella huonokuntoisia, puitteet kierot tai pahasti lahonneet, voidaan näitä myös kunnostaa maalaamalla tai pintakäsittelyllä. Vaihtamalla tiivisteet saadaan vedontunnetta pienenemään ja ilmavuodot vähenemään, joka lisää huomattavasti asumisviihtyvyyttä ja ennen kaikkea vähentää energian kulutusta. [11.]

### 6.2.3 Ulko-ovien uusiminen tai kunnostus

Tarkasteltaessa ovien teknisiä ominaisuuksia, keskeiseen asemaan nousevat lämmöneristys, tiiviys ja kyky äänen eristävyyteen. Ympäristöministeriön asetuksessa ilmoitetaan, että ulko-oven lämmönläpäisykerroimen eli U-arvon, pitää olla vähintään  $1,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Vanhat ulko-ovet eivät tätä määräystä varmasti täytä. Ulko-ovet ovat joutuneet elinkaarensa aikana varmasti kovalle koetukselle, lähinnä säävaihteluiden ja käytön osalta. Ulko-ovet tulee vaihtaa. Oven vaihto on energiataloudellisesti kannattavaa. [12.]

#### 6.2.4 Yläpohjan lisäeristäminen

Yleinen yläpohjan rakennustapa on ollut tasakatto tai loiva harjakatto. Eristemateriaalina on käytetty mineraalivillaa.(kuva 10)

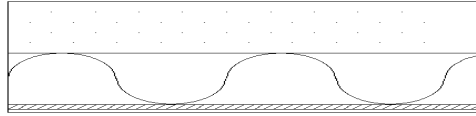


*Kuva 10 Perinteinen yläpohja 60-luvulta*

Kuvan 10 seinärakenne on ylhäältä alaspäin seuraavanlainen:

- mineraalivilla 200 mm + kattokanattajat
- muovitiivistepaperi
- ilmarako + rimat
- huokoinen puukuitulevy 13 mm. [9.]

Lisäeristämistä suunniteltaessa on huomioitava yläpohjan tuulettuvuus. Tästä johtuen tasakaton muuttaminen harjakatoksi on järkevää. Lisäeristyksen suorittaminen voidaan tehdä joko mineraali- tai puhallusvillalla. Tämän hetkisten rakennusmääräysten mukaan uuden rakennuksen yläpohjan U-arvon on oltava vähintään  $0,16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . (kuva 11)



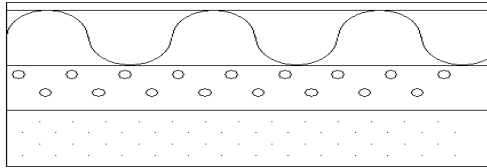
*Kuva 11 Lisäeristetty yläpohja 60-luvulta*

Kuvan 11 yläpohjarakenne on ylhäältä alaspäin seuraavanlainen:

- puhallusvilla 200 mm
- mineraalivilla 200 mm + kattokannattajat
- muovitiivistepaperi
- ilmarako + rimat
- huokoinen puukuitulevy 13 mm.

#### 6.2.5 Alapohjan lisäeristäminen

Alapohjarakenne (kuva 12) on erittäin riskialtis ratkaisu. Kapillaarinen kosteus pääsee nousemaan maasta betonia pitkin eristeisiin ja lattiarakenteisiin. Yleensä oikeanlaisella alapohjan soratäytöllä estetään kapillaarinen veden nousu, mutta kyseisen alapohjan rakennetta se ei hyödytä vaan se pysyy silti riskialttiina.



*Kuva 12 Perinteinen 60-luvun alapohja*

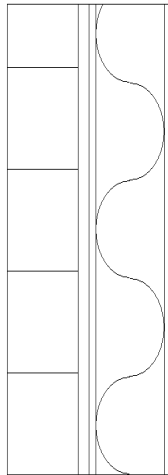
Kuvan 12 alapohjarakenne on ylhäältä alaspäin seuraavanlainen:

- rakennuslevy 12 mm
- mineraalivilla 100 mm + koolaus
- betonilaatta 80 mm
- sorakerros.

### 6.3 1970-luvun 1-kerroksinen omakotitalo

#### 6.3.1 Ulkopuolinen lisäeristäminen

Seinien eristemateriaalina käytettiin mineraalivillaa minkä rakenteellinen paksuus oli yleisesti 150 mm. (kuva 13)

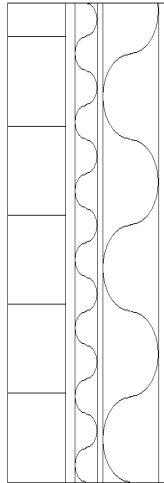


*Kuva 13 Perinteinen 70-luvun seinä*

Kuvan 13 seinärakenne on ylhäältä alaspäin seuraavanlainen:

- kalkkihiekkatiili 130 mm
- ilmarako 20 mm
- bituliittilevy 13 mm
- mineraalivilla 150 mm + koolaus
- muovikalvo
- lastulevy 12 mm.

Lisäeristystyö tehdään samalla periaatteella kuin 1960-luvun taloihin. Lisäeristystyö alkaa ulkoverhouksen purkamisella, jonka jälkeen tutkitaan vanhan eristeen ja seinärakenteen toiminnallinen kunto. Ellei rakenteissa tai erityksessä havaita ongelmia voidaan lisäeristystyö aloittaa. Lisänä voidaan käyttää esimerkiksi tuulensuojavillaa 50 mm, joka parantaa olennaisesti seinärakenteen U-arvoa. (kuva 14)



*Kuva 14 Lisäeristetty 70-luvun seinä*

Kuvan 14 seinärakenne on vasemmalta oikealle päin seuraavanlainen:

- kalkkihiekkatiili 130 mm
- ilmarako 30 mm
- tuulensuojavilla 50 mm
- bituliittilevy 12 mm
- mineraalivilla 150 mm + koolaus
- höyrysulku
- lastulevy 12 mm.

### 6.3.2 Ikkunoiden uusiminen

Kolminkertaiset ikkunat tulivat rakentamismääräysten mukaan pakolliseksi asuinrakennuksiin 1970-luvun alussa.

Rakentamismääräykset eivät edellytä ikkunoiden lämmöneristävyyden parantamista remontin yhteydessä, mutta kuitenkin on järkevää valita lämmöneristävyydeltään nykyaikaiset ikkunat. Remonttikohteisiin voidaan valita ikkunat samoilla perusteilla kuin uudisrakennuksiin. Parempaan lämmöneristävyyteen sijoitettu hankintameno tulee takaisin muutamassa vuodessa

säästyneinä energiakustannuksina. Energiansäästöikkunoiden käyttö ikkuna-remonteissa on ainoa taloudellisesti kannattava tapa vähentää rakennuksen energiankulutusta jopa 15 %. Lisäksi hyvin lämpöä eristävät ikkunat parantavat myös asumisviihtyisyyttä, minkä mittaaminen rahassa on vaikeaa. [11.]

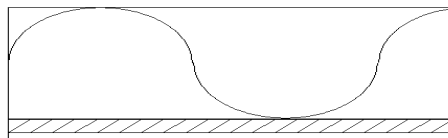
Tehtaat antavat ikkunoille käyttöikäksi 30 - 40 vuotta. Tämä on optimaalinen ikä hyvällä ylläpidolla. Ylläpidolla tarkoitetaan ikkunan puitteiden kunnostamista ja tiivisteiden uusimista käyttöolosuhteista ja ilmaston vaikutuksesta riippuen.

### 6.3.3 Ulko-ovien uusiminen tai kunnostus

Tarkasteltaessa ovien teknisiä ominaisuuksia, keskeiseen asemaan nousevat lämmöneristys, tiiviys ja kyky äänen eristävyteen. Ympäristöministeriön asetuksessa ilmoitetaan, että ulko-oven lämmönläpäisykertoimen eli U-arvon, pitää olla vähintään  $1,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Vanhat ulko-ovet eivät tätä määräystä varmasti täytä. Ulko-ovet ovat joutuneet elinkaarensa aikana varmasti kovalle koetukselle, lähinnä säävaihteluiden ja käytön osalta. Tässäkin tapauksessa energiatalous paranee, vaihdettaessa ovea. [12.]

### 6.3.4 Yläpohjan lisäeristäminen

Yleinen yläpohjan rakennustapa 1970-luvulla on ollut myös tasakatto tai loiva harjakatto. Eristemateriaalina on käytetty mineraalivillaa. (kuva 15)

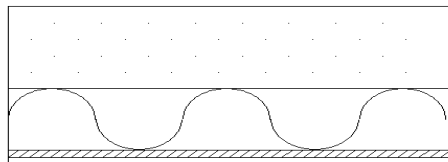


*Kuva 15 Perinteinen 70-luvun yläpohja*

Kuvan 15 yläpohjarakenne on ylhäältä alas seuraavanlainen:

- mineraalivilla 150 mm + kattokannattimet
- höyrysulkumuovi
- harvalaudoitus 18 mm
- lastulevy 12 mm.

Lisäeristämistä suunniteltaessa on huomioitava yläpohjan tuulettuvuus. Tästä johtuen tasakaton muuttaminen harjakatoksi on järkevää. Lisäeristyksen suorittaminen voidaan tehdä joko mineraali- tai puhallusvillalla. Tämän hetkisten rakennusmääräysten mukaan uuden rakennuksen yläpohjan U-arvon on oltava vähintään  $0,16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . (kuva 16)



*Kuva 16 Lisäeristetty 70-luvun yläpohja*

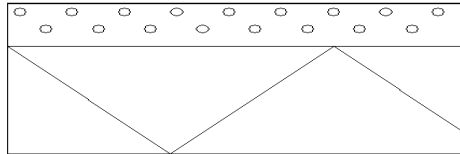
Kuvan 16 yläpohjarakenne on ylhäältä alas seuraavanlainen:

- puhallusvilla 200 mm
- mineraalivilla 150 mm + kattokannattimet
- höyrysulkumuovi
- harvalaudoitus 18 mm
- lastulevy 12 mm.



### 6.3.5 Alapohjan lisäeristäminen

Tällaisen alapohjan lämmönläpäisykerroin on erittäin heikko, koska eristettä ei ole kuin 100 mm. Ainakin ulkoseinien lähellä eriste kerroksen tulisi olla paksumpi. (kuva 17)



*Kuva 17 Perinteinen 70-luvun alapohja*

Kuvan 17 alapohjarakenne on ylhäältä alas seuraavanlainen:

- betonilaatta 60 mm
- styrox-eriste 100 mm
- muovikalvo
- sorakerros.

## 7 TALOTEKNISET KORJAUSTOIMENPITEET

Energiansäästösopimuksen ensisijainen tavoite on pienentää öljylämmitys-järjestelmien ominaiskulutusta. Tavoitteeksi on asetettu, että olemassa olevassa kiinteistökannassa öljylämmityksen keskimääräinen hyötysuhde paranee 10 prosenttiyksikköä vuodesta 1997 vuoteen 2010 mennessä. Vuoteen 2010 mennessä pyritään kunnostamaan 100 000 öljylämmitysjärjestelmää. Kunnostamisella voidaan saavuttaa 10 – 30 %:n säästö. Sopimuksen tavoitteena on lisäksi, että uusiin ja kunnostettaviin kiinteistöihin asennettavat öljykattilat olisivat vuodesta 2003 alkaen kattiloiden hyötysuhdetta koskevan EU-direktiivin mukaisesti vähintään kolmen tähden kattiloita. Öljylämmitys on laajasti käytetty lämmitysmuoto. Sen energiatehokkuutta ja energiataloutta voidaan kehittää monin eri tavoin. Energiankäytön tehostaminen vähentää hiilidioksidipäästöjä ja edistää siten kansallisen ilmastostrategian ja kansainvälisen ilmastopöimöksen toteutumista. Energiasäästösopimus tähtää myös uusiutuvien energioiden, kuten auringon ja puun liittämiseen öljylämmitykseen. Samoin pyritään lisäämään kiinteistöjen omistajien tietoa muista energiankulutukseen vaikuttavista tekijöistä. Energiasäästösopimus on kauppa- ja teollisuus-ministeriön, ympäristöministeriön, Öljy- ja Kaasualan Keskusliiton sekä Öljy- ja Kaasulämmitys Yhdistyksen yhteisprojekti. [13.]

### 7.1 Lämmöntuottojärjestelmät

#### 7.1.1 Sähkö

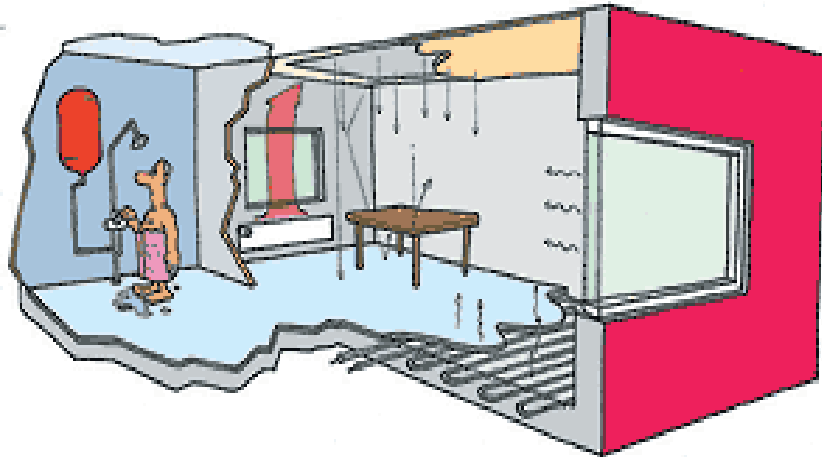
Nykyaikainen sähkölämmitys on huonekohtaisesti säädettävä suora tai varaava lämmitysjärjestelmä. Suorassa sähkölämmityksessä yhdistyy sekä lämmönjako- että lämmönkehitysjärjestelmä.

Varaavasti toteutetussa lattialämmityksessä lämpöenergiaa varataan lattia-laattaan yösähköllä. Tällöin lattialämmitys mitoitetaan reilusti lämmöntarvetta suuremmaksi. Sitä voidaan täydentää vaikka katto- tai patterilämmityksellä tai

huonekohtaisella tuloilman lämmityslaitteella, teholtaan noin kolmasosa lattiaan asennetusta tehosta. Lattiamateriaaliksi valitaan hitaasti lämpöä luovuttava materiaali, esimerkiksi parketti.

Varaavia rakenteisiin yhdistettyjä lämmityksiä kannattaa harkita jo rakennusvaiheessa, sillä myöhemmin niiden toteuttaminen on hankalaa ja kallista. Suoraa lattialämmitystä käytetään tiloissa, joissa on nopeasti lämpöä luovuttava pintamateriaali, kuten klinkkeri tai muovimatto. Lämmitetty lattia lisää asumisviihtyvyyttä erityisesti pesu- ja suihkutiloissa. Suora lattialämmitys voidaan asentaa nopeasti myös puurakenteiseen lattiaan ja kipsilevy lattioihin.

Huonekohtaisessa sähkölämmityksessä yleensä yhdistetään useita lämmönjakotapoja, esimerkiksi lattia-, katto-, patteri- ja ikkunalämmitystä (kuva 18). Eri huone-tiloihin voidaan valita sopivin sähkölämmitystapa. Yleensä sähkölämmitystä ohjataan huonekohtaisilla termostaateilla, mutta markkinoilla on myös keskitettyjä säätöjärjestelmiä.



*Kuva 18 Sähkölämmityksen jakotapoja [20]*

Sähkölämmitystalojen käyttövesi lämmitetään erillisessä käyttövesivaraajassa tavallisesti yösähköllä. Suoran sähkölämmityksen valitsevan kannattaa tuki-

lämmitysjärjestelminä harkita esimerkiksi tulisijan, ilma lämpöpumppujen tai käyttöveden aurinkolämmityksen hyödyntämistä.

Sähköpattereiden asennus ei vaadi mitään rakentamisen erikoisratkaisuja. Patterit sijoitetaan yleensä ikkunoiden alle, missä ne parhaiten poistavat vetoa. Patterin eteen tulisi jättää vapaata tilaa ilmankierrolle.

Kattolämmityksessä sisäkattoon asennettavat lämmityselementit lämmittävät kattoverhoilun, joka luovuttaa lämmön lämpösäteilynä lattian, seinien, ikkunoiden ja huonekalujen kautta huoneilmaan. Lämmityskelmut asennetaan juuri ennen katon pinnoittamista, jotta kelmut eivät vahingoitu muun rakentamisen aikana. Tehokkain kelmu sijoitetaan ikkunan yläpuolelle.

Kattolämmitys soveltuu hyvin oleskelutiloihin, keittiöön ja makuuhuoneisiin. [3.]

### 7.1.2 Pelletti

Pellettilämmityksen sydämen muodostavat pelletti poltin ja siihen kytketty kattila (kuva 19). Polttimet jaetaan ala-, ylä- ja vaakasyöttöisiin sen mukaan, mistä päin pelletti syötetään polttimen palotilaan. Tavallisesti pelletin syötössä varastosta polttimelle käytetään ruuvisyöttölaitetta tai spiraalikuljetinta, jotka toimivat automaattisesti lämmön tarpeen mukaan. Pellettipoltin voidaan asentaa erityisesti pelletin polttoon suunniteltuun kattilaan, mutta myös useimpiin öljy- ja puukattiloihin. Kun pellettipoltin asennetaan vanhaan öljy- tai puukattilaan, on oleellista, että polttimen ja kattilan tehot vastaavat toisiaan. Myös kattilan palotilan täytyy muodoltaan ja tilavuudeltaan sopia valitulle poltintyypille. Pellettipolttimen ja uuden kattilan hyötysuhde on noin 80 %, vanhan kattilan kanssa hyötysuhde jää usein 65 %:iin.

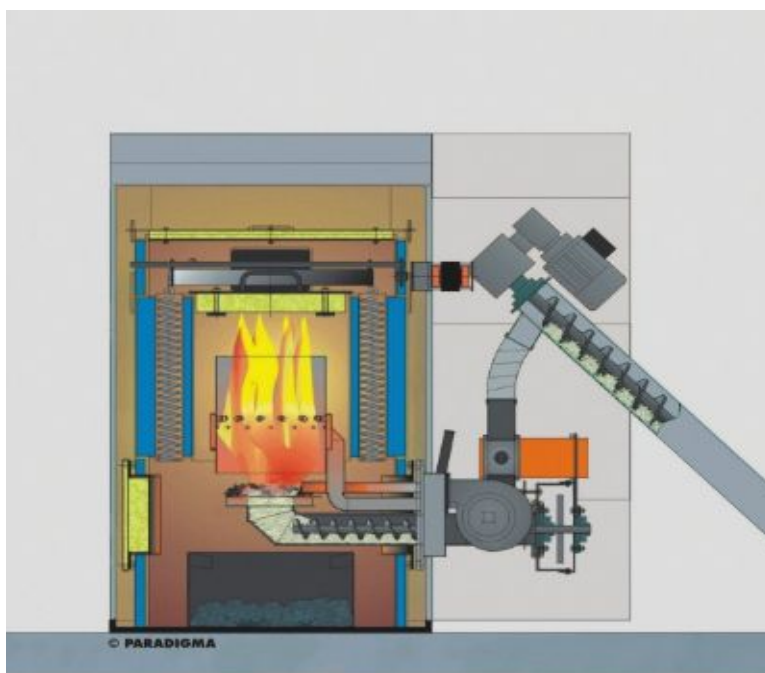
Lämmönjako tapahtuu vesikiertoisesti joko patterien tai lattialämmityksen avulla. Uudiskohteiden lisäksi pellettilämmityksen voi mainiosti asentaa vanhaan

vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään. Lämminvesivaraaja tehostaa käyntiaikoja ja parantaa laitteiston käyttöastetta.

Omakotitalo tarvitsee noin 8 kuution kokoisen pellettivaraston, johon mahtuu mainiosti 4000 kiloa pellettiä eli vuoden tarve. Varaston tulee olla täysin kuiva, pölytiivis ja sähkötön. Energiämäärältään kuutio pellettejä vastaa noin 300 – 330 l kevyttä polttoöljyä. Pellettivarasto sijoitetaan kattilahuoneen viereen niin, että pellettien siirtoetäisyys varastosta kattilaan jää mahdollisimman lyhyeksi.

Tekniset vaatimukset:

Pellettilämmityksessä tarvittaville laitteistoille on yleensä rakennettava yhteinen tekninen tila jos sitä ei ole valmiina. Tilasta on hyvä olla suora yhteys ulos.



*Kuva 19 Pellettilämmityksen periaate [21]*

Teknisen tilan suunnittelussa ja mitoituksessa otettava huomioon:

Keskukslämmityskattila ja siihen liittyvät varusteet, mahdollinen lämminvesivaraaja ja paisuntasäiliö, savuhormi ja kattilan liittäminen hormiin, korvausilmakanava ja sen tuloreitti, laitteiden suojaetäisyydet, käytön ja huollon vaatima tila, pelletit varastoitava kuivaan tilaan ja laitteistoa on huollettava säännöllisesti. [3.]

### 7.1.3 Puu- tai hake

Puukattilat jaetaan ylä-, ala- ja käänteispalokattiloihin. Pilkkeitä voidaan polttaa kaikissa kattiloissa, haketta ala palokattilassa.

Etupesällä tai hakkeen ruuvisyöttö laitteella eli stokerilla varustetussa yläpalokattilassa polttoaineen täyttövälit pidentyvät ja palaminen tulee tasaisemmaksi. Alapalokattilassa palaminen on tasaisempaa ja lisäysväli pidempi kuin yläpalokattilalla.

Käänteispalokattilassa palaminen tapahtuu kahdessa vaiheessa. Tällainen rakenne mahdollistaa puhtaan palamisen ja tehokkaan lämmönsiirtymisen kattilasta veteen. Käänteispalokattila täyttää tavallisesti myös pienhiukkasia koskevat vaativat ympäristönormit.

Useimpia puukattiloita ei käytetä suoraan lämmittämiseen, koska niitä ei saa säädettyä tarpeeksi pienille osatehoille. Tällaisia kattiloita sanotaan säätämättömiksi kattiloiksi. Säätämättömät kattilat hyödyntävät 50 - 100 % kattilan nimellistehosta, ja niitä käytetään vain varaavan lämmitysjärjestelmän yhteydessä

Yläpalokattila ja käänteispalokattila vaativat rinnalleen lämmin vesivaraajan. Varaajalla varustetussa järjestelmässä kattilan kehittämä lämpö siirretään ensin

varaajaan ja sieltä edelleen lämmönjakoverkoston. Parhaimmillaan yksi lämmityskerta ja pesällinen polttoainetta riittävät jopa vuorokaudeksi.

Sekä hake että pilke soveltuvat parhaiten lämminvesi varaajalla varustettuun lämmitykseen, haketta voi käyttää myös suoraan lämmitykseen ilman erillistä lämmin vesivaraajaa. Usein kuitenkin lämmin käyttövesi lämmitetään erillisessä 200 - 500 litran varaajassa.

Hakelämmitysjärjestelmässä paloturvallisuusohjeiden mukaan alapalo- tai poltinkattilan varastosiilon tilavuus on enintään 500 litraa, jos täyttö tapahtuu kattilahuoneesta. Jos varastosiilo täytetään erillisestä syöttöhuoneesta, saa kattilaan yhdistyvän varastosiilon koko olla enintään 2000 litraa. Kattilahuoneen tuloilma-aukon tulee aina avautua ulkoilmaan, jotta talon ilmanvaihto ei synnytä kattila huoneeseen alipainetta. [3.]

#### 7.1.4 Maalämpö

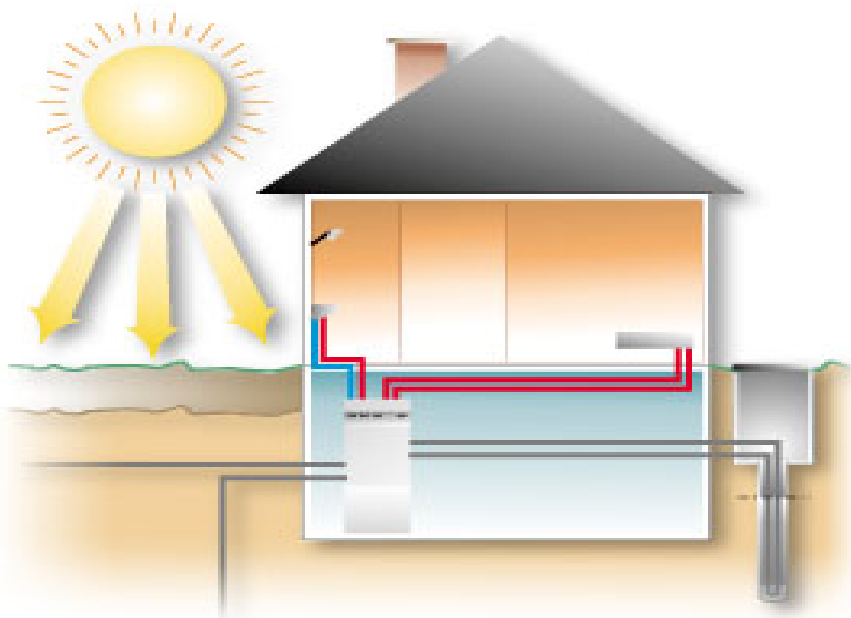
Maalämpöjärjestelmä käyttää hyväkseen maaperän pintakerrokseen tai vesistöön varastoitunutta aurinkoenergiaa. Se kerätään maasta joko noin metrin syvyyteen laitettavalla vaakaputkituksella tai kallioon asetetulla pystyputkituksella. Lämmönkeruuputkisto voidaan myös ankkuroida vesistön pohjaan, jolloin lämpö otetaan vedestä ja pohjasedimentistä. Putkistossa kiertää jäätymätön liuos. Vaakaputkisto asennetaan vähintään 1,5 m:n välein. Tavallisesti lämpöpumppu tarvitsee maaputkistoa 400 - 600 m ja tonttimaata 600 - 800 m. Oikein mitoitettu ja asennettu putkisto ei vaikuta lainkaan tontin kasvillisuuteen.

Asennuskustannuksiltaan vaakaputkistoa kalliimpaan pystyputkistoon päädytään silloin, kun tontin pinta-ala tai maalaji ei salli vaakaputkistoa. Pystyputkistolla voidaan maaperästä hyödyntää huomattavasti suurempi energiamäärä putkimetriä kohti. Tavallisen pientalon lämmitykseen tarvitaan noin 150 m pystyputkea.

Koska maaperän lämpötila on alhainen, täytyy talteen kerätyn energian lämpötila nostaa pientalon lämmityksessä tarvittavalle tasolle. Lämpöpumpussa se tapahtuu kompressorin avulla. Maalämpöjärjestelmä muistuttaa tässä suhteessa jääkaapin toimintaa: maaperä on kuin jääkaapin sisätila, josta lämpöä pumpataan lämpöpumpun avulla asuntoon.

Maalämpöpumpun mitoituksessa kannattaa käyttää mitoitustapaa, joka kattaa 50 - 60 % rakennuksen mitoitustehosta, jolloin se riittää 85 - 95 %:iin pientalon vuotuisesta lämmitysenergiatarpeesta. Loppuosan tuottamiseen tarvitaan jokin lisälämmönlähde yleensä lämpöpumpun varaajaan sijoitettu sähkövastus tai tulisija.

Maalämpöpumpun tuottama lämpö on hyvä jakaa vesikiertoisen lattialämmityksen avulla, koska lämpö pumppu sopii parhaiten matalalämpöisen lämmönjako järjestelmän yhteyteen. (kuva 20)



*Kuva 20 Maalämmityksen periaatekuva [18]*



Tyypillisesti maalämpöjärjestelmän vuotuinen lämpökerroin on 2,8 - 3,0 eli 20000 kWh:n lämmitysenergian tuottaminen kuluttaa 6700 - 7100 kWh sähköä. Lämpöpumppuvalmistajien ilmoittamat lämpökertoimet ovat yleensä laboratorio-arvoja, joten laitetta valittaessa kannattaa kysyä valmistajalta arvioita vuotuisesta kokonaislämpökertoimesta.

Nykyiset maalämpöpumput ovat jääkaappi-pakastinyhdistelmän kokoisia laitteita, jotka mahtuvat teknisessä tilassa reilun neliön lattia-alalle. Laitteissa on useimmiten mukana myös 150 - 400 l:n vesivaraaja.

Maalämpöpumppu ei vaadi erityistä huoltoa eikä kunnossapitoa. Lämmityskauden alussa tarkistetaan liuospiirin esipaine ja seurataan, että kiertopumput lähtevät pyörimään. Maalämpöpumpun keskimääräinen käyttöikä on 15 - 20 vuotta.

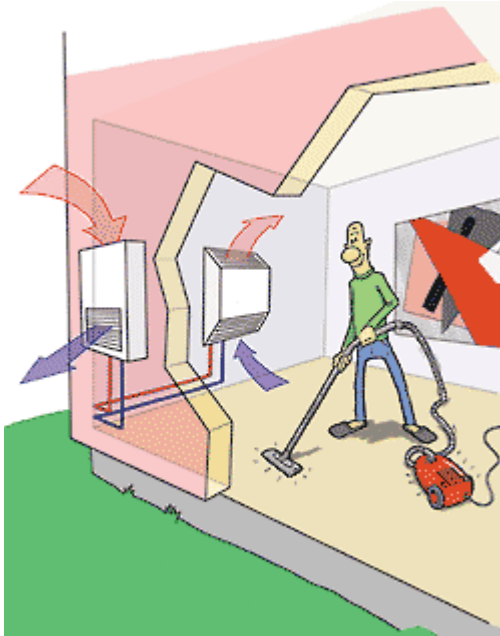
Veden hyvien lämmönsiirto-ominaisuuksien takia vesistöissä olevasta putkituksesta pystytään ottamaan suurempia tehoja ja energiamääriä kuin vastaavasta maa putkituksesta. Suunnittelussa täytyy kuitenkin varmistua siitä, ettei veden lämpötila putken ympärillä laske talvellakaan alle +1 °C:n. [3.]

#### 7.1.5 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu hyödyntää ulkoilman sisältämää energiaa. Ilmalämpöpumppu koostuu ulkoyksiköstä ja yhdestä tai useammasta sisäyksiköstä. Sisäyksikkö sijoitetaan yleensä eteis- tai aulatilaan lähelle kattoa ja kaksikerroksisissa taloissa portaikkoon. Ulkoyksikkö kiinnitetään talon seinään tai maasta tukien lumirajan yläpuolelle.

Ilmalämpöpumppu on helppo asentaa kaikkiin talotyyppeihin eikä se vaadi mitään erikoisratkaisuja rakenteissa. Ulkoyksikkö kierrättää ulkoilmaa lävitseen ja jäähdyttää sen. Kompressorin avulla talteen otettu lämpö siirretään sisä-

yksikköön, joka luovuttaa lämmön huoneilmaan tai haluttaessa esimerkiksi käyttöveteen tai lämmitysverkostoon. Taloudellisesti tehokkaimmin ilmalämpöpumppu toimii huonekohtaisen suoran sähkölämmityksen rinnalla vanhoissa pientaloissa. (kuva 21)



*Kuva 21 Ilmalämpöpumpun toiminta [20]*

Yksi ilmalämpöpumpun sisäyksikkö lämmittää tavallisesti noin 100 m<sup>2</sup>. Sisäyksikön ja sen suodattimien läpi kiertää lämmitettävää huoneilmaa 300 - 500 m<sup>3</sup> eli noin talollinen tunnissa. Ilmalämpöpumppu myös suodattaa ilman. Avarat tilaratkaisut ja lämmöntalteenotolla varustettu koneellinen ilmanvaihto edesauttavat ilmalämpöpumpun lämmönjakautumista.

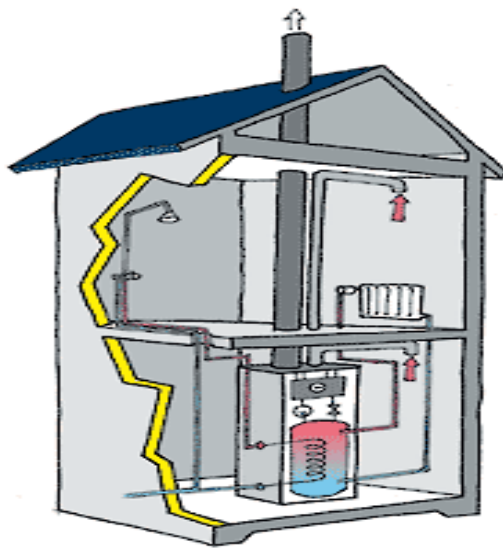
Parhaimmillaan ilmalämpöpumppu toimii, kun ulkoilman lämpötila on – 10 °C - +10 °C. Alle -15 °C:een lämpötiloissa ilmalämpöpumppua ei enää kannata käyttää, vaan lämmitys hoidetaan esim. sähköpattereilla.

Ilmalämpöpumppuna kannattaa hyödyntää mahdollisimman paljon ja muita lämmitysmuotoja vasta sen jälkeen. Siksi pumpun lämpötila-asetukseksi laitetaan esimerkiksi 21 °C ja muun lämmitysjärjestelmän arvoksi 19 - 20°C.

Kesäisin ilmalämpöpumpun prosessi voidaan kääntää toimimaan sisätilojen viilentäjänä. Ilmalämpöpumpun kompressorit vaatii uusimista keskimäärin 15 vuoden käytön jälkeen. [3.]

#### 7.1.6 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpussa käytetään lämmönlähteenä talosta koneellisesti poistuvaa ilmanvaihtoilmaa. Poistoilmalämpöpumppu voi luovuttaa lämpöä käyttöveteen, lämmitysverkoston veteen tai sisäänpuhallusilmaan. Useimmat poistoilmalämpöpumput ovat integroitu ilmanvaihtokoneeseen. Kokonaisuus sisältää poistoilmalämpöpumpun lisäksi varaajan sekä ilmanvaihdon puhaltimet ja suodattimet. (kuva 22)



*Kuva 22 Poistoilmalämpöpumpun toiminta [20]*

lämpöpumppu vaatii jatkuvan poistoilmavirran, joka on noin puoli kertaa rakennuksen ilmatilavuus tunnissa. Pientalojen ilmanvaihto saatetaan kuitenkin kylminä talvipäivinä kytkeä pienemmälle, jolloin ilmamäärä usein puolittuu. Tällöin lämmitystarve on suurimmillaan, mutta poistoilmasta saadaan talteen vähiten lämmitysenergiaa. Poistoilmalämpöpumpun lämpökerroin on tavallisesti 1,5 - 2,2.

Lämmönkeruuta varten poistoilmakanavaan asennetaan lämpöpumpun höyrystymispatteri. Poistoilman jäähdytetään tavallisesti + 20 °C:sta + 3 °C:een. Poistoilman talteen saatava lämpö kattaa vain osan pientalon tarvitsemasta lämmitystehosta.

Jos lämpöpumppua käytetään vain käyttöveden lämmittämiseen, riittää mitoitustehoiltaan pieni lämpöpumppu (1 - 2 kW) ja tavallista mitoitusta pienempi määrä poistoilmaa. Yleensä kuitenkin poistoilmanlämpöpumpulla lämmitetään kesällä käyttövettä ja talvella lisäksi lämmitysverkoston varaajaa.

Koska lämpöpumpusta tulee kuitenkin vain osa lämmöstä, vuotuinen säästö suoraan sähkölämmitykseen verrattuna on 40 - 50 %. Kesäisin poistoilmalämpöpumppua voidaan käyttää tuloilman jäähdytykseen. [3.]

#### 7.1.7 Öljy

Järjestelmän pääosat ovat öljykattila, öljypoltin, lämmönsäätöautomaatiikka ja öljysäiliö. Kattilaan asennettu termostaatti ohjaa öljypoltinta automaattisesti lämmön kulutuksen mukaan.

Öljylämmityksessä ei tarvita erillistä lämminvesivaraajaa. Tavallisen öljykattilan poltinto on niin suuri, että kattilan oma vesitilavuus riittää myös käyttöveden lämmitykseen. Parhaat nykyaikaiset öljylämmityskattilat pystyvät hyödyntämään 90 - 95 % polttoöljyn energiasta.

Pelkästään öljyn käyttöä varten suunniteltu tavanomainen yksipesäkattila on hyötysuhteeltaan paras. Jos käytettävissä on runsaasti puuta, voi harkita kaksoispesäkattilaa, joka kannattaa kuitenkin varustaa erillisellä varaajalla. Vaihtopolttokattilassa tulipesän varustuksen pystyy vaihtamaan käytettävän polttoaineen mukaan.

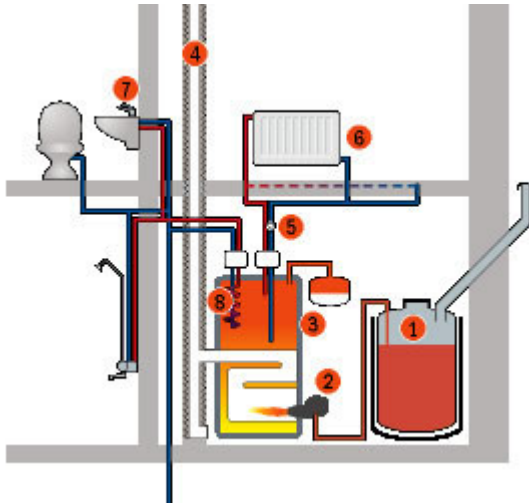
Öljykattila tai -varaaja kannattaa myös varustaa ylimääräisellä lämmönsiirtimellä ja putkiyhteillä aurinkolämmön hyödyntämistä varten. Mahdollisten häiriöiden varalta öljykattilaan yleensä asennetaan lisäksi sähkövastus.

Öljykattilaan liitetään asennuspaikalla muut laitteet: paisunta-astia, pumput, säätölaitteet ja öljypoltin. Tarjolla on myös kaappimallinen asennusvalmis paketti, joka sisältää kaikki tarvittavat laitteet. (kuva 23)

Usein kaikki talon tekniikka kootaan yhteen tekniseen tilaan. Nykyaikainen öljylämmitysjärjestelmä tarvitsee tavallisesti lattiatilaa 4 - 6 m<sup>2</sup>. Palamisilman saantia varten pitää teknisessä tilassa olla palamisilmaventtiili.

Sisälle asennettava öljysäiliö on kooltaan 750 - 3000 l. Samaan tilaan öljylämmityskattilan kanssa saa sijoittaa enintään 3000 litran öljysäiliön. Maan alaiset öljysäiliöt ovat tavallisesti suurempia kuin sisälle sijoitettavat säiliöt. Mikäli öljysäiliö asennetaan lämmityslaitteen kanssa samaan tilaan, tarvitaan paloteknistä osastointia. Öljysäiliötä ei suositella samaan tilaan kaksois-pesäkattilan kanssa.

Öljylämmityslaitteisto tarvitsee liitännän savuhormille. Tiilihormi on syytä vuorata haponkestävällä sisäputkella. [3.]

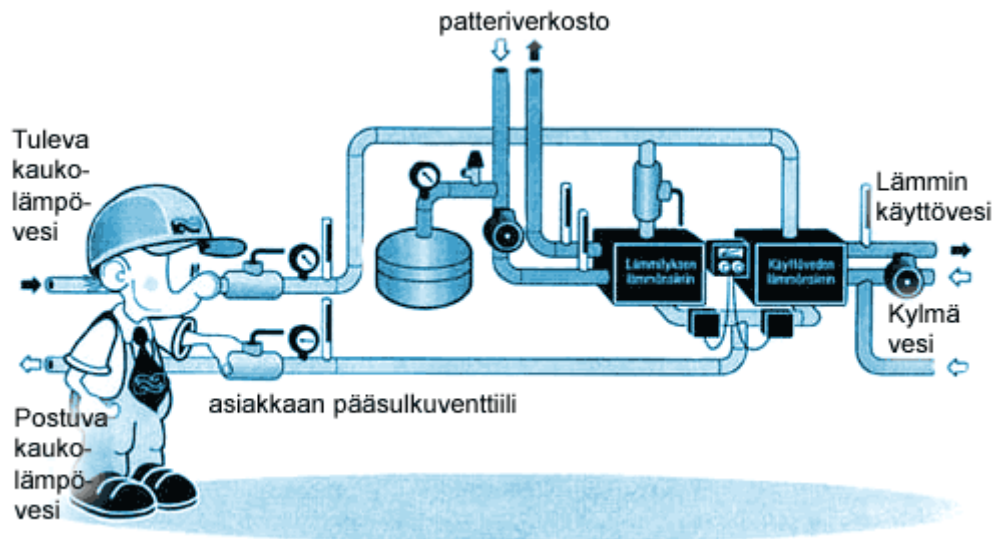


*Kuva 23 Näin toimii vesikiertoinen öljylämmitys*

Öljysäiliöstä (1) polttoaineensa ottava poltin (2) lämmittää kattilan (3) vesitilan. Pakokaasut poistuvat savuhormiin (4). Kiertovesipumppu (5) kierrättää lämmitetyn veden patteri- tai lattialämmitysverkostossa (6). Myös käyttövesi (7) lämmitetään kattilassa, mutta patteriverkostosta erillään lämmönsiirtimen (8) avulla. [14.]

### 7.1.8 Kaukolämpö

Kaukolämmitys on luonnollinen ja tehokas lämmitysmuoto, joka säästää ympäristöä ja energiaa. Käytännössä kaukolämpö on kuumaa, puhdasta vettä, joka kiertää voimalaitokselta asiakkaiden lämmönvaihtimiin ja takaisin. Lämmönvaihtimesta lämpö siirtyy kiinteistön käyttöveteen ja patteriverkoston. Kaukolämpö otetaan vastaan lämmönjakokeskuksessa, jonka varusteisiin kuuluvat lämmityksen ja käyttöveden lämmönsiirtimet sekä mahdollinen ilmanvaihdon lämmityksen lämmönsiirrin, säätölaitteet, pumput, paisunta- ja varolaitteet, lämpö- ja painemittarit sekä sulkuventtiilit. (kuva 24)



Kuva 24 Kaukolämmityksen periaatekuva [22]

Laitteet mitoitetaan vastaamaan tarvittavaa tehoa niin, että lämpöä riittää aina sekä lämmitykseen että lämpimään käyttöveteen. Laitteet yleensä keskitetään erilliseen tekniseen laitetaan, johon voidaan sijoittaa myös muita teknisiä laitteita. Lämmönjakokeskukset ovat tehdasvalmisteisia kokonaisuuksia. Kaukolämpölaitteet hankitaan asennuksineen lämpöurakoitsijaliikkeestä tai kokonaisuutena lämpöyhtiöltä.

Kaukolämpö sopii energiamuodoksi, kun lämmönjako järjestelmänä käytetään vesikeskuslämmitystä, ilmalämmitystä tai ilmanvaihtolämmitystä.

Lämpömäärän laskin mittaa laitteiden läpi virranneen kaukolämpöveden määrän ja sen jäähtymän perusteella rakennuksen lämmityksen ja käyttöveden kuluttaman lämpöenergian.

Liittymisestä kaukolämpöön maksetaan liittymismaksu. Kaukolämmön käytöstä asiakkailta veloitetaan perus- ja energiamaksu.

Kaukolämpö soveltuu tiheästi rakennetulla alueella sijaitseviin pientaloihin. Tavallisesti kaukolämpöputket vedetään uusille alueille silloin, kun riittävän moni talo liittyy kaukolämpöverkkoon. Kaukolämpöä käytettäessä ei tarvita erillistä lämminvesivaraajaa, sillä energia sekä lämmitykseen että lämpimään käyttöveteen saadaan lämmönsiirtimen kautta. [3.]

#### 7.1.9 Aurinko

Kaikki rakennukset varastoivat aurinkolämpöä, mutta sen määrä vaihtelee suuresti rakennusten sijainnin, suuntauksen, muodon, ikkunoiden koon ja sijainnin sekä käytettyjen rakennusmateriaalien mukaan.

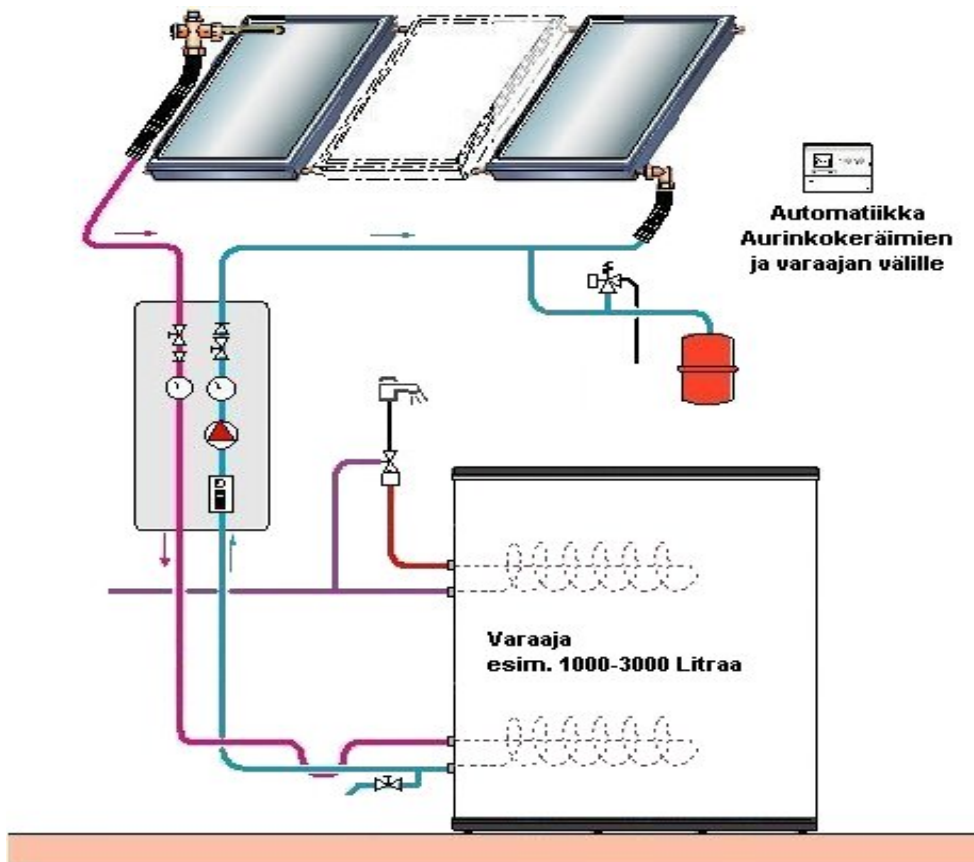
Aurinkolämmitys voi olla passiivista tai aktiivista. Kun auringon säteilylämpöä käytetään passiivisesti hyväksi, rakennus kerää energiaa ja lämpö varastoituu sen rakenteisiin, jopa ilman mitään lisälaitetta. Parhaimmillaan noin viidesosa rakennuksen kokonaislämmöntarpeesta saadaan hyödyntämällä aurinkoenergiaa passiivisesti.

Aktiivisen aurinkolämpöjärjestelmän perusosat ovat aurinkokeräin, varaaja, pumppu- ja ohjauksyksikkö. Tasokeräin on yleisin ja usein myös edullisin keräin



tyyppi. Rakennus voidaan helposti suunnitella aktiivisesti aurinkoenergiaa hyödyntäväksi (kuva 25). Tasokeräin asennetaan katolle, jonka lape suunnataan välille kaakko lounas ja kattokaltevuudeksi valitaan 30 - 50 astetta.

Lämmitysjärjestelmän varaajaksi hankitaan malli, jossa on myös varaus aurinkopiirin lämmönsiirtimelle. Putkietäisyys keräinten sijoituspaikalta varaaja-tilaan pyritään pitämään mahdollisimman lyhyenä. Aurinkokeräin muuttaa noin kolmanneksen säteilystä lämmöksi eli 1 m<sup>2</sup> kokoinen aurinkokeräin tuottaa energiaa 250 - 400 kWh vuodessa. Omakotitalon käyttöveden aurinkolämmitysjärjestelmään vaaditaan yleensä 5 - 10 m<sup>2</sup> suuruiset aurinkokeräimet sekä tilavuudeltaan vähintään 300 litran lämminvesivaraaja Nyrkkisäännön mukaan keräin neliötä kohti tarvitaan 50 - 100 litraa varaajatilavuutta. Aurinkolämmitys voidaan helposti liittää vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. [3.]



Kuva 25 Aurinkolämmityksen periaate [19]

## 7.2 1950-luvun 1 1/2-kerroksinen omakotitalo

### 7.2.1 Lämmitysjärjestelmän uusiminen (tuottojärjestelmä)

Tuottojärjestelmänä 50-luvulla on käytetty yleisesti öljylämmitystä. Uusittaessa tuottojärjestelmää on mietittävä, millainen mahdollisuus on hyödyntää jo olemassa olevaa tuottojärjestelmää ja lämmönjakoa. Varteenotettavia lämmön-tuottotapoja ovat:

- öljylämmitys
- pellettilämmitys
- hake- / puulämmitys.

Sähkölämmitys on myös uutena lämmöntuottojärjestelmänä melkein yhtä hyvä vaihtoehto kuin vesikiertoinen tuottojärjestelmä. Tämä on silti huomattavasti vaikeampi toteuttaa ja tulee maksamaan enemmän, koska joudutaan hankkimaan ja rakentamaan uusi lämmönjakojärjestelmä.

Maalämpö ei ole taloudellinen lämmitysmuoto, koska sitä voidaan parhaiten hyödyntää käyttäen jakotapana lattialämmitystä. Lattialämmitys perustuu matalalämpöiseen jakotapaan, näin ollen rakenteiden täytyy olla tiiviitä, jotta maalämmön tuottama lämpö saataisiin hyödynnettyä optimaalisesti.

### 7.2.2 Lämmönsäätöjärjestelmän uusiminen

Lämmönsäätöjärjestelmän uusiminen on perusteltua suorittaa vanhoihin rakennuksiin, joihin ollaan samalla aikaa vaihtamassa myös lämmöntuottojärjestelmää. Perusteluina voidaan käyttää sitä, että huonelämpötilan vaihtuessa yhdellä asteella suuremmaksi, lämmityskustannukset kohoavat 5 - 8 %. Tämä tieto puoltaa vahvasti järjestelmän uusimista.

Suosittelavaa lämmönsäätöjärjestelmää uusittaessa on huomioitava, kuinka järjestelmää halutaan säätää. Vähimmäisvaatimuksena voisi pitää ulko-

lämpötilan, huoneen ja menevän veden lämpötilan mittausta. Lämpötilatiedot tulevat säätökeskukseen ulkoanturilta, huonetermostaatilta ja menovesianturilta. Säätökeskukseen on valittu säätökäyrä, jonka mukaan säätö tapahtuu. Säätökäyrän perusteella säädin ”haistelee”, millainen pitää lämmönluovuttimille menevän veden lämpötilan olla kullakin ulkoilman lämpötilan arvolla. Tällaisellakin järjestelmällä on omat häiriötekijänsä, joita ovat:

- tuulet
- lämpöhäviöt
- aurinko
- ihmiset, toiminta. [15.]

### 7.2.3 Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen

Yleensä 50-luvun rakennuksissa on ollut painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä. Kyseinen järjestelmä sopii hyvin rakennuksiin sen korkean profiilinsa ansiosta. Tällöin rakennuksen sisällä oleva lämmin ilma kohoaa ja huuhtoutuu ilmavirtojen ”imussa” pois. Rintamamiestaloissa ei ole oleellista tarvetta muuttaa painovoimaista ratkaisua ilmanvaihtokoneelliseen, ellei rakennuksen tiiveys oleellisesti muutu paremmaksi. Tiiveyden muututtua, poistoilmanvaihto voidaan järjestää helposti laittamalla poistopuhallin kanaviston päähän, jolloin se vaihtaa tehokkaasti ilman jokaisesta huoneesta. Tämän edellytyksenä on, että kanavoinnit tehdään jokaiseen huoneeseen ja liitetään ne pystyssä olevaan hormistoon talon keskelle. Laitettaessa poistoilmanvaihto rakennukseen on syytä huomioida myös korvausilman saanti. Suosittuja ratkaisuja korvausilman saantiin ovat olleet ikkunaan sijoitettavat korvausluukut. Toisena vaihtoehtona on poistaa ikkunoista pätkä eristettä.

#### 7.2.4 Käyttövesikalusteiden ja wc-kalusteiden uusiminen

Veden kulutukseen vaikuttavat sekä vesikalusteiden ominaisuudet ja kunto. Kotona kannattaa huolehtia siitä, että hanat, sekoitinkalusteet ja WC-istuimet ovat kunnossa.

Vuotava hana tai WC-istuin lisää vesilaskua huomattavasti. Tippa sekunnissa tekee jo lähes 10 m<sup>3</sup> vuodessa. WC:n jatkuva vuoto saattaa tuoda useiden tuhansien eurojen lisälaskun.

Käyttövesijärjestelmän säästötoimet ovat; lämpimän ja kylmän käyttöveden kulutuksen vähentäminen ja käyttövesiverkoston lämpöhäviöiden pienentäminen. Veden kulutukseen vaikuttavat tekijät (varustetaso, koneiden ja laitteiden lämpimän veden määrä ja lämpötila) ovat suunnittelun haasteita. Valitaan laitteet (varusteet/kalusteet), jotka sopivat tarpeisiin ja säästävät energiaa ja luontoa. Kulutuksen seurantalaitteet, kulutusmittarit, tukevat oikeita käyttötottumuksia.

On suositeltavaa sijoittaa vesipisteille nousevat putket talon vaipan sisäpuolelle, ei rakenteiden sisään. Näin estetään pidempiaikaiset vuodot kantaviin seiniin ja helpotetaan korjaustoimia vahingon yllättäessä. Lisäksi on syytä asentuttaa taloon tulevaan vesijohtoon paineenalennusventtiili. Paineenalennusventtiili asennetaan aina heti päävesimittarin jälkeen ja sen tarkoitus on alentaa paine verkostosta ja näin myös saadaan käyttömukavuutta lisää. Eli vesi ei tule hanasta pärskähtämällä, vaan se tulee jouheasti, samalla se vähentää veden kulutusta olennaisesti. Samalla virtaamisnopeus verkostossa pienenee niin, että se säästää verkostoa ja virtaamisäänät häviää. [10.]

## 7.3 1960-luvun 1-kerroksinen omakotitalo

### 7.3.1 Lämmitysjärjestelmän uusiminen (tuottojärjestelmä)

Tuottojärjestelmänä 60-luvulla on käytetty yleisesti öljylämmitystä. Uusittaessa tuottojärjestelmää on mietittävä, millainen mahdollisuus on hyödyntää jo olemassa olevaa tuottojärjestelmää ja lämmönjakoa. Varteenotettavia lämmöntuottotapoja ovat:

- öljylämmitys
- pellettilämmitys
- hake- / puulämmitys
- maalämpö
- sähkölämmitys.

Sähkölämmitys on myös uutena lämmöntuottojärjestelmänä melkein yhtä hyvä vaihtoehto kuin vesikiertoinen tuottojärjestelmä. Tämä on silti huomattavasti vaikeampi toteuttaa ja tulee maksamaan enemmän, koska joudutaan hankkimaan ja rakentamaan uusi lämmönjakojärjestelmä.

Maalämpö on hyvä vaihtoehto vain, jos lämmönjakotapana käytetään lattialämmitystä. Lattialämmityksessä on lämmönsiirtopinta suuri, joten pinnan lämpötilan ei tarvitse olla niin korkea kuin pienipintaisissa radiaattoreissa.

Kohteeseen pätee samat asiat kuin rintamamiestaloonkin, eli suositeltavaa on ensisijaisesti tarkastella sellaisia järjestelmiä, jotka voitaisiin liittää vesikiertoiseen lämmönjakoon.

### 7.3.2 Lämmönsäätöjärjestelmän uusiminen

Suosittelavaa lämmönsäätöjärjestelmää uusittaessa on huomioitava, kuinka järjestelmää halutaan säätää. Vähimmäisvaatimuksena voisi pitää ulko- lämpötilan, huoneen ja menevän veden lämpötilan mittausta. Lämpötilatiedot tulevat säätökeskukseen ulkoanturilta, huonetermostaatilta ja menovesianturilta. Säätökeskukseen on valittu säätökäyrä, jonka mukaan säätö tapahtuu. Säätökäyrän perusteella säädin ”haistelee”, millainen pitää lämmönluovuttimille menevän veden lämpötilan olla kullakin ulkoilman lämpötilan arvolla. Tällaisellakin järjestelmällä on omat häiriötekijänsä, joita ovat:

- tuulet
- lämpöhäviöt
- aurinko
- ihmiset, toiminta. [15.]

### 7.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen

Ilmanvaihtona on ollut yleensä perinteinen painovoimainen ratkaisu. Poistoventtiilit ovat olleet pesutiloissa, vessassa ja vaatehuoneessa sekä keittiössä, jossa on saattanut olla koneellinen liesituuletin tehostamassa poistoa. Erillisiä tuloilmaventtiilejä ei ole käytetty kovinkaan yleisesti. Tämän seurauksena rakennusten ilmanvaihdon toimivuus on ollut heikko ja se on paljolti ollut riippuvainen ikkunatuuletuksesta ja rakenteiden tiiviyydestä. Hatarassa rakennuksessa ilma on tuulisilla säällä vaihtunut, mutta seurauksena hallitsemattomasta vaihdosta ovat olleet vetohaitat ja kylmät rakenteiden pinnat ilmapuotoalueilla.

Suosittelavaa kyseisiin rakennustyyppeihin on laittaa tulo- ja poistoilmanvaihto varustettuna lämmöntalteenotolla. Ilmanvaihdon oikea-aikaisella käytöllä, poistoilman lämmöntalteenotolla ja laitteen säätämällä saavutetaan hyvä energiatalous. Hyvän energiatalouden saavuttaminen vaatii rakenteilta

oikeanlaista toimintaa. Lämpövuotoja ei saa olla, jotta ilmanvaihto pelaa parhaalla mahdollisella hyötysuhteella.

#### 7.3.4 Käyttövesikalusteiden ja wc-kalusteiden uusiminen

Käyttövesijärjestelmän säästötoimet ovat; lämpimän ja kylmän käyttöveden kulutuksen vähentäminen ja käyttövesiverkoston lämpöhäviöiden pienentäminen. Veden kulutukseen vaikuttavat tekijät (varustetaso, koneiden ja laitteiden lämpimän veden määrä ja lämpötila) ovat suunnittelun haasteita. Valitaan laitteet (varusteet/kalusteet), jotka sopivat tarpeisiin ja säästävät energiaa ja luontoa. Kulutuksen seurantalaitteet, kulutusmittarit, tukevat oikeita käyttötottumuksia.

On suositeltavaa sijoittaa vesipisteille nousevat putket talon vaipan sisäpuolelle, ei rakenteiden sisään. Näin estetään pidempiaikaiset vuodot kantaviin seiniin ja helpotetaan korjaustoimia vahingon yllättäessä. Lisäksi on syytä asentuttaa taloon tulevaan vesijohtoon paineenalennusventtiili. Paineenalennusventtiili asennetaan aina heti päävesimittarin jälkeen ja sen tarkoitus on alentaa paine verkostosta ja näin myös saadaan käyttömukavuutta lisää. Eli vesi ei tule hanasta pärskähtämällä, vaan se tulee jouheasti, samalla se vähentää veden kulutusta olennaisesti. Samalla virtaamisnopeus verkostossa pienenee niin, että se säästää verkostoa ja virtaamisäänät häviää. [16.]

## 7.4 1970-luvun 1-kerroksinen omakotitalo

### 7.4.1 Lämmitysjärjestelmän uusiminen (tuottojärjestelmä)

Tuottojärjestelmänä 70-luvulla on käytetty yleisesti öljylämmitystä. Uusittaessa tuottojärjestelmää on mietittävä, millainen mahdollisuus on hyödyntää jo olemassa olevaa tuottojärjestelmää ja lämmönjakoa. Varteenotettavia lämmöntuottotapoja ovat:

- öljylämmitys
- pellettilämmitys
- hake- / puulämmitys
- maalämpö
- sähkölämmitys.

Sähkölämmitys on myös uutena lämmöntuottojärjestelmänä melkein yhtä hyvä vaihtoehto kuin vesikiertoinen tuottojärjestelmä. Tämä on silti huomattavasti vaikeampi toteuttaa ja tulee maksamaan enemmän, koska joudutaan hankkimaan ja rakentamaan uusi lämmönjakojärjestelmä.

Maalämpö on hyvä vaihtoehto vain, jos lämmönjakotapana käytetään lattialämmitystä. Lattialämmityksessä on lämmönsiirtopinta suuri, joten pinna lämpötila ei tarvitse olla niin korkea kuin pienipintaisissa radiaattoreissa.

Tämän kohteen lämmönjakojärjestelmään pätee pääpiirteittäin samat asiat kuin 60-luvun rakennukseen. Kannattaa hyödyntää entistä lämmöntuottojärjestelmää koska on paljon helpompi toteuttaa järjestelmän uusiminen jo olemassa olevaan lämmönjakoverkoston.



#### 7.4.2 Lämmönsäätöjärjestelmän uusiminen

Suosittelavaa lämmönsäätöjärjestelmää uusittaessa on huomioitava, kuinka järjestelmää halutaan säätää. Vähimmäisvaatimuksena voisi pitää ulkolämpötilan, huoneen ja menevän veden lämpötilan mittausta. Lämpötilatiedot tulevat säätökeskukseen ulkoanturilta, huonetermostaatilta ja menovesianturilta. Säätökeskukseen on valittu säätökäyrä, jonka mukaan säätö tapahtuu. Säätökäyrän perusteella säädin ”haistelee”, millainen pitää lämmönluovuttimille menevän veden lämpötilan olla kullakin ulkoilman lämpötilan arvolla. Tällaisellakin järjestelmällä on omat häiriötekijänsä, joita ovat:

- tuulet
- lämpöhäviöt
- aurinko
- ihmiset, toiminta. [15.]

#### 7.4.3 Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen

Ilmanvaihtona on ollut yleensä perinteinen painovoimainen ratkaisu. Poistoventtiilit ovat olleet pesutiloissa, vessassa ja vaatehuoneessa sekä keittiössä, jossa on saattanut olla koneellinen liesituuletin tehostamassa poistoa. Erillisiä tuloilmaventtiilejä ei ole käytetty kovinkaan yleisesti. Tämän seurauksena rakennusten ilmanvaihdon toimivuus on ollut heikko ja se on paljolti ollut riippuvainen ikkunatuuletuksesta ja rakenteiden tiiviyydestä: hatarassa rakennuksessa ilma on tuulisilla säällä vaihtunut, mutta seurauksena hallitsemattomasta vaihdosta ovat olleet vetohaitat ja kylmät rakenteiden pinnat ilmapuotoalueilla.

Suosittelavaa kyseisiin rakennustyyppeihin on laittaa tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla. Ilmanvaihdon oikea-aikaisella käytöllä, poistoilman lämmöntalteenotolla ja laitteen säätämällä saavutetaan hyvä energiatalous.

#### 7.4.4 Käyttövesikalusteiden ja wc-kalusteiden uusiminen

Käyttövesijärjestelmän säästötoimet ovat; lämpimän ja kylmän käyttöveden kulutuksen vähentäminen ja käyttövesiverkoston lämpöhäviöiden pienentäminen. Veden kulutukseen vaikuttavat tekijät (varustetaso, koneiden ja laitteiden lämpimän veden määrä ja lämpötila) ovat suunnittelun haasteita. Valitaan laitteet (varusteet/kalusteet), jotka sopivat tarpeisiin ja säästävät energiaa ja luontoa. Kulutuksen seurantalaitteet, kulutusmittarit, tukevat oikeita käyttötottumuksia.

On suositeltavaa sijoittaa vesipisteille nousevat putket talon vaipan sisäpuolelle, ei rakenteiden sisään. Näin estetään pidempiaikaiset vuodot kantaviin seiniin ja helpotetaan korjaustoimia vahingon yllättäessä. Lisäksi on syytä asentuttaa taloon tulevaan vesijohtoon paineenalennusventtiili. Paineenalennusventtiili asennetaan aina heti päävesimittarin jälkeen ja sen tarkoitus on alentaa paine verkostosta ja näin myös saadaan käyttömukavuutta lisää. Eli vesi ei tule hanasta pärskähtämällä, vaan se tulee jouheasti, samalla se vähentää veden kulutusta olennaisesti. Samalla virtaamisnopeus verkostossa pienenee niin, että se säästää verkostoa ja virtaamisäänät häviää. [16.]

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 8.1 Toimenpiteiden kustannukset ja kannattavuus

#### 1950-luvun pientalo

Suunnittelimme kohteeseen korjauksen, jossa lämmöntuottojärjestelmä ja ikkunat uusitaan sekä suoritetaan lisälämmöneristys seinään ulkopuolelle. Kohde oli perinteinen 50-luvun pientalo eli niin sanottu rintamamiestalo.

Lämmöntuottojärjestelmä kannattaa uusia tässä vaiheessa, sen saavuttaessa elinkaarensa lopun. Tarkastelimme eri tuottojärjestelmiä, niiden sopivuuden kyseiseen kohteeseen huomioiden. Tarkastelussa vertailimme:

- öljylämmityksen
- pellettilämmityksen
- sähkö- ja ilmalämpöpumppulämmityksen.

Lueteltujen toimenpiteiden kustannukset löytyvät liitteistä B/2 ja B/3, josta näemme öljylämmityksen olevan kustannuksiltaan halvin vaihtoehto. Öljylämmityksen uusiminen tässä tapauksessa on lisäksi helpointa suorittaa. Silloin ei tarvitse uusia kuin kattila ja poltin.

Ikkunoiden uusimisen yhteydessä on kannattavaa samalla lisäeristää ulkoseinät. Näiden korjausten kustannukset on selvitetty liitteessä B/1.

Energiataloudellisesti on järkevää tehdä ainakin nämä kyseiset korjaukset. Ennen korjauksia lämmitysenergian kulutus on noin 50 000 kWh/v, joka on 85 % suurempi kuin rakennusmääräysten mukainen kulutus tulisi olla (liite C/2). Korjauksen jälkeen päästään lämmitysenergian kulutuksessa jo noin 32 000 kWh/v:ssa. Kuitenkin jäädään vielä 20 %:lla yli sallitun, jonka rakentamismääräykset asettavat kulutuksille (liite C/4).

Lattialämmitystä on syytä harkita lämmönjakojärjestelmäksi kyseisen aikakauden pientaloihin. Rintamamiestalojen ”hataruudesta” ja radiaattoreiden kyvystä lämmitteä koko rakennusta tasaisesti, vedon tunne korostuu lattiarajassa. Tämä johtuu siitä, että lämminilma kohoaa ylöspäin. Vedon tunnetta yritetään yleensä estää säätämällä radiaattoreita lämpimämmäksi, josta seuraa, että katonrajassa lämpötila voi olla jopa +30 °C ja lattiarajassa vain +15 °C. Lattialämmityksen avulla päästään vedottomaan ja energia-  
tehokkaaseen lopputulokseen.

### 1960-luvun pientalo

Suunnittelimme kohteeseen korjauksen, jossa lämmöntuottojärjestelmä, ikkunat ja ovet uusitaan sekä suoritetaan lisälämmöneristys ulkoseiniin. Kohde on perinteinen 60-luvun pientalo, jossa on tasakatto. Korjauksen yhteydessä katto muutetaan harjakatoksi. Samalla lisätään yläpohjaan 200 mm puhallusvillaa. Ilmanvaihtojärjestelmäksi asennetaan koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla varustettuna. Kanavointi suoritetaan yläpohjassa.

Lämmöntuottojärjestelmä kannattaa uusia tässä vaiheessa, sen saavuttaessa elinkaarensa lopun. Tarkastelimme eri tuottojärjestelmiä, niiden sopivuuden kyseiseen kohteeseen huomioiden. Tarkastelussa vertailimme:

- öljylämmityksen
- pellettilämmityksen
- sähkö- ja ilmalämpöpumppulämmityksen
- poistoilmalämpöpumppu + tukilämmitys
- maalämpöä.

Lueteltujen toimenpiteiden kustannukset löytyvät liitteistä B/2 ja B/3, josta näemme öljylämmityksen olevan kustannuksiltaan halvin vaihtoehto. Öljylämmityksen uusiminen tässä tapauksessa on lisäksi helpointa suorittaa. Silloin ei tarvitse uusia kuin kattila ja poltin. Energiataloudellisesti kannattaa

vaihtaa uusi kattila ja poltin, koska polttoöljyn kulutus vähenee hyötysuhteen parantuessa.

Vaihdettaessa pellettilämmitys sen hankintakustannukset ovat korkeat ja joudutaan myös rakentamaan erillinen pellettivarasto, jolle tarvitaan oma tila. Pellettikattila on hyvä asentaa öljykattilan tilalle, koska se on mitoiltaan samaa kokoluokkaa. Pellettilämmitys tulee käyttökustannuksiltaan halvemmaksi kuin esimerkiksi öljylämmitys, vaikka hankintakustannukset ovat huomattavasti korkeammat.

Sähkö- ja ilmalämpöpumppulämmityksen hankintakustannukset ovat samaa luokkaa kuin pellettilämmityksen. Tämä on kuitenkin suuritöisempi toteuttaa, koska joudutaan uusimaan myös lämmönjakojärjestelmä. Ilmalämpöpumppujärjestelmän kannattavuus riippuu pakkaspäivistä, koska järjestelmä ei ole kannattava kovilla pakkasilla.

Maalämmitys on hankintakustannuksiltaan kaikkein kallein vaihtoehto. Lisäksi on huomioitava lämmönjakotapa, joka maalämmön kanssa on lattialämmitys. Maalämmön kannattavuus on parhaillaan otettaessa lämpö vesistöstä tai hyvästä maaperästä.

Ikkunoiden uusimisen yhteydessä on kannattavaa samalla lisäeristää ulkoseinät ja vaihtaa myös ulko-ovet. Näiden korjausten kustannukset on selvitetty liitteissä B/4 ja B/5. Ulkoseinän lisäeristämisessä ei ole kokonaisuutta ajatellen mitään järkeä, koska tiiliverhouksen purkaminen ja uusiminen erittäin työlästä ja kallista (liite B/5). Lisälämmöneristyksen ollessa vain 50 mm, tällä ei saavuteta oleellista hyötyä kannattavuutta ja kustannuksia vertailtaessa.

Ovet kannattaa vaihtaa samalla muiden julkisivukorjausten yhteydessä. Näin saadaan yhtenäinen kokonaisuus. Uusissa ovissa hinta-laatusuhde on hyvä (liite B/4). Rakennusmääräysten mukainen U-arvo on 1,4 W/m<sup>2</sup>K uusille ulko-oville.

Tasakaton muuttaminen harjakatoksi on kustannuksiltaan kallis muutostyö (liite B/4). Energiataloudellisesti muutoksesta ei ole juurikaan hyötyä, mutta rakennusteknisesti tasakatto on paljon alttiimpi riskitekijöille kuin harjakatto. Muutostyö tuo mahdollisuuden yläpohjan lisäeristämiseen. Yläpohjan lisäeristäminen 200 mm:llä puhallusvillaa parantaa huomattavasti yläpohjan lämmöneristävyttä (liite A/4). Toimenpide on helppo toteuttaa eikä ole taloudellisesti suuri kustannuserä katon muutostyön yhteydessä (liite B/5).

Tulo- ja poistoilmanvaihdon lisääminen kohteeseen on hankintakustannuksiltaan suhteellisen kallis investointi (liite B/3). Kuitenkin energiataloudellisuuden ja asumisviihtyvyyden kannalta on kannattavaa lisätä koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä. Kannattavuuteen vaikuttavat mitoitukselliset ja säädolliset tekijät. Hyvänä vaihtoehtona tulo- ja poistoilmanvaihdolle on asentaa poistoilmalämpöpumppu, joka käyttää lämmönlähteenä poistuvaa lämmintä ilmaa ja siirtää sen varaajan kautta lämmönjakojärjestelmään tai lämpimän käyttöveden. Lämmönjakojärjestelmäksi sopii parhaiten vesikiertoinen lattialämmitys. Kannattavalle poistoilmalämpöpumppujärjestelmälle voidaan pitää noin 100 m<sup>2</sup> rakennusta.

Energiataloudellisesti on järkevää tehdä ainakin nämä kyseiset korjaukset. Mutta taloudellisesti ei ole järkevää lisälämmöneristää ulkoseiniä (liite B/5). Ennen korjauksia lämmitysenergian kulutus on noin 33 000 kWh/v, joka on 40 % suurempi kuin rakennusmääräysten mukainen kulutus tulisi olla (liite C/8). Korjauksen jälkeen päästään lämmitysenergian kulutuksessa 23 000 kWh/v:ssa, joka on 6 % parempi kuin rakentamismääräysten asettama raja (liite C/6).

### 1970-luvun pientalo

Suunnittelimme kohteeseen korjauksen, jossa lämmöntuottojärjestelmä, ikkunat ja ovet uusitaan sekä suoritetaan lisälämmöneristys ulkoseiniin. Kohde on perinteinen 70-luvun pientalo, jossa on tasakatto. Korjauksen yhteydessä katto muutetaan harjakatoksi. Samalla lisätään yläpohjaan 200 mm puhallusvillaa.

Ilmanvaihtojärjestelmäksi asennetaan koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla varustettuna. Kanavointi suoritetaan yläpohjassa.

Lämmöntuottojärjestelmä kannattaa uusia tässä vaiheessa, sen saavuttaessa elinkaarensa lopun. Tarkastelimme eri tuottojärjestelmiä, niiden sopivuuden kyseiseen kohteeseen huomioiden. Tarkastelussa vertailimme

- öljylämmityksen
- pellettilämmityksen
- sähkö- ja ilmalämpöpumppulämmityksen
- maalämpöä.

Lueteltujen toimenpiteiden kustannukset löytyvät liitteestä B/2 ja B/3, josta näemme öljylämmityksen olevan kustannuksiltaan halvin vaihtoehto. Öljylämmityksen uusiminen tässä tapauksessa on lisäksi helpointa suorittaa. Silloin ei tarvitse uusia kuin kattila ja poltin. Energiataloudellisesti kannattaa vaihtaa uusi kattila ja poltin, koska polttoöljyn kulutus vähenee hyötysuhteen parantuessa.

Vaihdettaessa pellettilämmitys sen hankintakustannukset ovat korkeat ja joudutaan myös rakentamaan erillinen pellettivarasto, jolle tarvitaan oma tila. Pellettikattila on hyvä asentaa öljykattilan tilalle, koska se on mitoiltaan samaa kokoluokkaa. Pellettilämmitys tulee käyttökustannuksiltaan halvemmaksi kuin esimerkiksi öljylämmitys, vaikka hankintakustannukset ovat huomattavasti korkeammat.

Sähkö- ja ilmalämpöpumppulämmityksen hankintakustannukset ovat samaa luokkaa kuin pellettilämmityksen. Tämä on kuitenkin suuritöisempi toteuttaa, koska joudutaan uusimaan myös lämmönjakojärjestelmä. Ilmalämpöpumppujärjestelmän kannattavuus riippuu pakkaspäivistä, koska järjestelmä ei ole kannattava kovilla pakkasilla.

Maalämmitys on hankintakustannuksiltaan kaikkein kallein vaihtoehto. Lisäksi on huomioitava lämmönjakotapa, joka maalämmön kanssa on lattialämmitys.

Maalämmön kannattavuus on parhaillaan otettaessa lämpö vesistöstä tai hyvästä maaperästä.

Ikkunoiden uusimisen yhteydessä on kannattavaa samalla lisäeristää ulkoseinät ja vaihtaa myös ulko-ovet. Näiden korjausten kustannukset on selvitetty liitteessä B/6 ja B/7. Ulkoseinän lisäeristämisessä ei ole kokonaisuutta ajatellen mitään järkeä, koska tiiliverhouksen purkaminen ja uusiminen erittäin työlästä ja kallista (liite B/5). Lisälämmöneristyksen ollessa vain 50 mm, tällä ei saavuteta oleellista hyötyä kannattavuutta ja kustannuksia vertailtaessa.

Ovet kannattaa vaihtaa samalla muiden julkisivukorjausten yhteydessä. Näin saadaan yhtenäinen kokonaisuus. Uusissa ovissa hinta-laatusuhde on hyvä (liite B/6). Rakennusmääräysten mukainen U-arvo on 1,4 W/m<sup>2</sup>K uusille ulko-oville.

Tasakaton muuttaminen harjakatoksi on kustannuksiltaan kallis muutostyö (liite B/6). Energiataloudellisesti muutoksesta ei ole juurikaan hyötyä, mutta rakennusteknisesti tasakatto on paljon alttiimpi riskitekijöille kuin harjakatto. Muutostyö tuo mahdollisuuden yläpohjan lisäeristämiseen. Yläpohjan lisäeristäminen 200 mm:llä puhallusvillaa parantaa huomattavasti yläpohjan lämmöneristävyttä (liite A/7). Toimenpide on helppo toteuttaa eikä ole taloudellisesti suuri kustannuserä (liite B/7).

Tulo- ja poistoilmanvaihdon lisääminen kohteeseen on hankintakustannuksiltaan suhteellisen kallis investointi (liite B/3). Kuitenkin energiataloudellisuuden ja asumisviihtyvyyden kannalta on kannattavaa lisätä koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä. Kannattavuuteen vaikuttavat mitoitukselliset ja säädölliset tekijät.

Energiataloudellisesti on järkevää tehdä ainakin nämä kyseiset korjaukset. Ennen korjauksia lämmitysenergian kulutus on noin 37 000 kWh/v, joka on 39 % suurempi kuin rakennusmääräysten mukainen kulutus tulisi olla (liite C/10). Korjauksen jälkeen päästään lämmitysenergian kulutuksessa noin 23 000 kWh/v:ssa, joka rakentamismääräysten asettaman rajan mukainen (liite C/12).



## 8.2 Toimenpiteisiin liittyvät riskit

Rakennus- ja taloteknisiä korjauksia tehdessä toimenpiteisiin liittyy aina riskitekijöitä, jotka on syytä tiedostaa ja huomioida korjaus ja muutostöitä tehdessä.

Rakennustekniset riskit ovat:

- ilmastointikanavia varten tehtävät läpiviennit yläpohjassa
- vesikalusteiden kiinnittäminen märkätiloissa
- lisälämmöneristyksessä kastepiste muuttuu
- vesisisältö rakenteessa nousee
- ikkunoiden uusimisesta johtuen korvausilman saanti huonoa
- lisäeritettäessä ikkuna jätetään vanhalle paikalle.

Talotekniset riskit ovat:

- kondenssiveden kerääntyminen ilmastointikanavien huonosta eristyksestä johtuen
- mitoitetaan lämmöntuottojärjestelmä liian suureksi / pieneksi
- väärän kokoinen ilmanvaihtokoje
- lämmönsäätöjärjestelmän säätäminen väriin arvoihin
- ilmastointikojeen säätäminen väriin arvoihin.

### 8.3 Energiatehokkuutta parantavan korjausrakentamisen laadunvarmistus

Korjausrakentaminen sisältää samoja toimintoja kuin uudisrakentaminenkin, mutta korjaushankkeilla löytyy myös omat erityispiirteensä. Korjausrakentamiseen pätee samat laatu-, kustannus- ja aikatauluvaatimukset kuin uudishankkeissa, mutta eroa syntyy seuraavissa kohdissa:

- olemassa oleva kohde sekä omistajien tarpeet ja odotukset
- hankkeen ainutkertaisuus sekä räätälöityjen toimintojen ja tuotteiden tarve
- korjauskohde usein käytössä korjaustyön ajan (häiriöiden minimointi)
- hankekoot pieniä, tilaaja tarvitsee tukea ja palvelua yritykseltä.

Korjaushankkeen läpiviennille rakentamisen erityispiirteistä johtuen seuraa kaksi päävaatimusta:

- Päävaiheet muodostavat toiminnallisesti jatkuvan ketjun ja vaiheiden välillä on voimakas riippuvuus, kuten hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheiden valinnat vaikuttavat rakentamisen menetelmiin ja sujuvuuteen.
- Asiakasvuorovaikutuksen huomattava lisääntyminen tuo hankkeen läpiviennin ja lopputuloksen laadun rinnalle asiakaspalvelun laadun.

Korjaushankkeen hyvään lopputulokseen pääsemiseksi, töiden sujumisen ja häiriöiden minimoinnin kannalta on oleellista, että tarvittavat päätökset hankkeen läpiviennin aikana tehdään oikea-aikaisesti ja selkeästi. Epäselvyydet aiheuttavat rakentamisvaiheessa häiriöitä työmaalla ja asiakkaisissa tyytymättömyyttä. Korjaushankkeen läpiviennin laadun edellytyksiä ovat:

- kaikkien osapuolten tehtävät on määritelty
- hankkeen tehtäville määritelty tekijät
- vastuussa olevat henkilöt voivat toteuttaa tehtävän osaamisen ja resurssien puitteissa
- tunnetaan toimenpiteiden ja valintapäätösten vaikutus muiden toimintaan.

Korjaushankkeen läpiviennin laadunvarmistamiseksi laaditaan korjausrakentamisen hankekuvaus. Se kuvaa järjestelmällisesti etenevän ja tarkentuvan toiminnan korjaushankkeessa esittäen tärkeimmät tehtävät ja tilaajan päätökset hankkeen eri vaiheissa. Hankekuvauksen ensisijaisena tarkoituksena on muodostaa korjausrakentamisen osapuolille yhtenäinen näkemys korjaushankkeen kulusta. Hankekuvauksessa oleellisinta on, että kuvauksen mukaiset tehtävät organisoidaan ja vastuutetaan niin, että ne tulevat suoritetuiksi ammattitaitoisesti, tehokkaasti ja oikeaan aikaan. [17.]

## 9 YHTEENVETO

Tässä työssä käsiteltiin rakennusteknisten ja taloteknisten korjausten vaikutusta energiatehokkuuden parantamiseen pientaloissa. Energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat lämmönjohtuminen rakenteiden läpi (seinät, ikkunat, ovet, ylä- ja alapohja), lämmöntuottojärjestelmän toimivuus ja kunto, ilmanvaihdon kautta kuluva lämpö ja lämmönsäätöjärjestelmän toimivuus.

Työssä selvitettiin kolmen vuosikymmenen tyypillisimmät rakennusmassat ja rakennustyyli. Niiden pohjalta laskettiin rakenteiden U-arvot. Sen jälkeen annettujen korjausvaihtoehtojen mukaan laskettiin uudet U-arvot. Lisäksi selvitettiin tyypillisimmät talotekniset laitteet kyseisille aikakausille, jonka jälkeen tarkasteltiin vaihtoehtoisten uusien lämmöntuottojärjestelmien, lämmönsäätöjärjestelmien, ilmanvaihtojärjestelmien ja vesikalusteiden kustannuksia ja kannattavuuksia.

VTT:ltä saadun kulutuksenarviointiohjelman perusteella arvioitiin energiakulutusta ennen korjauksia ja korjauksien jälkeen. Saatua energiankulutuksen muutoksia ja laitteiden hankinta- ja asennuskustannuksia vertaillaessa todettiin, että vaikka päästään energiataloudellisesti hyviin tuloksiin, se ei välttämättä ole taloudellisesti järkevää. Yksittäisillä korjauksilla ei aina saavuteta juurikaan mainittavia etuja. Mutta hyvällä korjaussuunnitelmalla, jossa yhdistetään hyvä talotekniikka ja tiiviit rakenteet, päästään optimaaliseen lopputulokseen. Tähän kun vielä lisätään oikeanlainen säätötekniikka ja vähän kuluttavat vesikalusteet voidaan olla varmoja hyvästä energiatehokkuudesta.

Kannattavimmat korjaukset ovat energiataloudellisesti ajateltuna rintamamiestaloissa ulkoseinien lisäeristäminen ja lattialämmityksen asentaminen. Koska näissä taloissa ulkoseinät ovat huonosti eristettyjä, jolloin lattianrajassa vedon tunne voimistuu. Lattialämmitystä voidaan säätää pienemmälle teholle kuin radiaattoreita ja energiaa säästyy jokaista astetta kohden 5 – 8 %.

Ulkoseinien lisäeristäminen 60-luvun pientaloon ei ole järkevää, jos seinät ovat tiiliverhoiltuja, suurten investointikustannusten vuoksi. Kannattavaa on laittaa lattialämmitys, joka saa lämmitysenergiansa poistoilmalämpöpumpusta.

Lisälämmöneristäminen yläpohjaan puhallusvillalla on energiataloudellisesti kannattavaa. Samalla koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla on kannattavaa. Ilmanvaihdon hyötysuhteeksi saadaan yleensä noin 50 % hyvällä säädöllä ja oikein mitoitettulla kojeella. Lisäksi kaikkiin kohteisiin on energiataloudellisesti kannattavaa uusia vähintään ikkunat.

Korjausten kohdistuessa seiniin ja ikkunoihin on syytä huomioida tuuletuksen toimivuus, lisäeristeiden saumaaminen ja saumojen sijainti. Seinäpaksuuden muuttuessa ulospäin on ikkunaa myös siirrettävä eristeen paksuuden verran ulospäin. Korvausilman saanti on huomioitava painovoimaisessa ja koneellisessa poistoilmanvaihdossa ikkunoiden uusimisen yhteydessä. Huomioitava on myös ikkunoiden vesipeltien riittävä kaltevuus. Lisäeristettäessä sisäpuolelta, mikä on riskialttiimpaa, on huomioitava höyrysulun paikka ja seinärakenteen kosteuskäyttäytyminen.

Uudemmissa lämmitysmuodoista pellettilämmityksen kannattavuus paranee rakennuksen lämmitettävän pinta-alan kasvaessa. Hankintakustannuksiltaan pellettilämmitys on kalliimpi muihin lämmöntuottojärjestelmiin nähden paitsi maalämpöön. Pienempien käyttökustannuksien ansiosta pellettilämmitys on pidemmällä ajalla edullinen. Aurinkolämmityksen kannattavuus on parhaimmillaan kesäaunnoissa ja lisälämmönlähteenä muille lämmöntuottojärjestelmille. Yksinään aurinkolämmitys ei ole kannattavaa suurien keräinmäärien ja ongelmallisen energian varastoinnin vuoksi.

Energiataloutta parantavassa korjauksessa on otettava huomioon:

- ilmanvaihdon riittävyys
- rakenteiden kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus
- rakenteiden tiiveys
- lämmitysmuodon sopivuus ja mitoitus
- säätölaitteiden toimivuus
- vesikalusteiden kunto.

Korjausrakentamisessa laadunvarmistuksella on erittäin tärkeä osa hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Niinpä työssä laadittiin energiatehokkuutta parantavan korjausrakentamisen laadunvarmistus.

## LÄHDELUETTELO

- 1 Hekkanen M, Pientalon kuntoarvio, Rakennustieto Oy, Tammer - Paino Oy 1998, ISBN 951 - 682 - 493 - 5
- 2 Kosonen ja Aho, 1994, Energiasäästötoiminnan systematisointi Helsingin kaupungin omistamissa rakennuksissa
- 3 Pientalon lämmitysjärjestelmät, Motiva Oy, Miktor 2003
- 4 Pientalon lisäeristysopas, Rakennuseristeet  
20.1.2004[www-dokumentti]  
[http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI\\_attachments/BIFI%20esitteet/pientalon\\_lisaeristysopas.pdf](http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI_attachments/BIFI%20esitteet/pientalon_lisaeristysopas.pdf)
- 5 Mononen E, Rakennuksen lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskenta D5, Ympäristöministeriö, Helsinki 1985
- 6 Seppänen O & Seppänen M, Rakennusten sisäilmasto ja Ivi-tekniikka, Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä 1995, ISBN 951-97186-5-6
- 7 Seppänen O, rakennusten lämmitys, Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä 1995, ISBN 951 - 97233 - 1 - 5
- 8 Mäkiö E, kerrostalot 1940 - 1960, Rakennustietosäätiö
- 9 Laurikainen M ja Tulla K, Lisäeristämisoopas, VTT, Valtion painatuskeskus Helsinki 1983, ISBN 951-859-426-0
- 10 Eristäminen  
28.1.2004[www-dokumentti]  
<http://www.rakentaja.fi/>
- 11 Hemilä K., Saarni R., Taivalantti K. Energiasäästöikkunan käytön edistäminen, Rakennustieto Oy, Tammer – Paino Oy 1994, ISBN 951 - 682 - 279 - 7  
30.1.2004[www-dokumentti]  
<http://www.tts.fi/tts/palvelut/linkki2/files/julk15.pdf>
- 12 Pesonen J, kestävätkä ulko-ovet, Rakennuslehti 25.9.2003 nro 30
- 13 Öljyalan palvelukeskus  
21.3.2004[www-dokumentti]  
<http://www.viisastalo.net/oiline/>

- 14 Tietoa öljylämmityksestä rakentajille ja kunnostajille  
20.3.2004[www-dokumentti]  
<http://www.oil.fi>
- 15 Mustosen A. Automaatiotekniikka, 2003, Kurssimonisteet
- 16 Suoran sähkölämmityksen muuttaminen vesikeskuslämmitykseksi  
14.3.2004[www-dokumentti]  
[http://www.asuntotieto.com/20000i\\_RAKENNUS\\_JA\\_REMONTTITIETO/22000i/22800i\\_vesikeskus\\_kaikki.html](http://www.asuntotieto.com/20000i_RAKENNUS_JA_REMONTTITIETO/22000i/22800i_vesikeskus_kaikki.html)
- 17 Kiviniemi M., Karjanlahti H., Himanen H., Karppinen A. & Tanninen-Ahonen T. Korjaushankkeen laadun ja palvelujen kehittäminen, Rakennusteollisuuden keskusliitto, 1995
- 18 Maalämpö  
20.3.2004[www-dokumentti]  
<http://www.kaivonporaus.com/maalampo.html>
- 19 Aurinko / Iso energiavaraaja  
20.3.2004[www-dokumentti]  
<http://www.ricadesign.com/index.htm?http://www.ricadesign.com/tuotteet/Asennuskaaviot.htm>
- 20 Pientalojen lämmitysjärjestelmät motiva  
21.3.2004[www-dokumentti]  
<http://www.motiva.fi/kuluttajat/Pientalon%20l%20mmitysj%20rjestelm%20>
- 21 Ziebart-haustechnik  
21.3.2004[www-dokumentti]  
[http://www.ziebart-haustechnik.de/5934.html?\\*session\\*id\\*key\\*=%20session\\*id\\*val\\*](http://www.ziebart-haustechnik.de/5934.html?*session*id*key*=%20session*id*val*)
- 22 Näin kaukolämpö toimii  
22.3.2004[www-dokumentti]  
<http://www.kotkanenergia.fi/tuotanto.html>



50-luvun vanha  
seinä

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
pinko- pahvi			0,02
vaaka- laudoitus	0,022 0,14		0,16
terva- pahvi			0,02
runkotolpat 50x125 k600 puru- eriste	0,1 0,14 0,1 0,12		0,82
terva- pahvi			0,02
vino- laudoitus	0,022 0,14		0,16
kiinnitysrimat			
ulkoverhous- lauta	0,018 0,14		0,13
		$\Sigma M$	1,49
		U-arvo	0,67

50-luvun uusi  
seinä

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
huokoinen- kuitulevy	0,013 0,055		0,24
rakennus- pahvi			0,02
vaaka- laudoitus	0,022 0,14		0,16
rakennus- pahvi			0,02
runkotolpat 50x125 k600 puru- eriste	0,1 0,14 0,1 0,12		0,82
rakennus- pahvi			0,02
tuulensuoja- villa	0,05 0,034		1,47
tuuletusrako			0,17
ulkoverhous- lauta	0,018 0,14		0,13
		$\Sigma M$	3,21
		U-arvo	0,31

50-luvun vanha  
yläpohja

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
puukuitu- levy	0,012 0,055		0,22
ilmarako			0,17
pohja- laudoitus	0,022 0,14		0,16
terva- pahvi			0,02
puru- eriste	0,3 0,12		2,5
		$\Sigma M$	3,24
		U-arvo	0,31

50-luvun vanha  
alapohja

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
lattia- lauta	0,034 0,14		0,24
rakennus- pahvi			0,02
puru- eriste	0,3 0,12		
lattiakannatt. 50x300 k 600	0,3 0,14		2,46
terva- pahvi			0,02
pohja- laudoitus	0,022 0,14		0,16
		$\Sigma M$	3,07
		U-arvo	0,33

50-luvun vanhat  
ikkunat

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms+Mu	0,13	0,04	0,17
lasi	0,004 0,814		0,005
ikkunaväli			0,16
lasi	0,004 0,814		0,005
		$\Sigma M$	0,34
		U-arvo	2,94

## 50-luvun uudet ikkunat

MSE (L) selektiivi		U-arvo	1,3
--------------------	--	--------	-----

## 60-luvun vanha seinä

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
huokoinen- kuitulevy	0,013 0,055		0,24
muovikalvo			0,04
mineraali- villa runkotolpat 50x125 k600	0,1 0,05 0,1 0,14		1,74
bituliitti- levy	0,012 0,065		0,18
kalkkiahiekk- tiili	0,13 0,7		0,19
	$\Sigma M$		2,56
	U-arvo		0,39

## 60-luvun uusi seinä

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
huokoinen- kuitulevy	0,013 0,055		0,24
muovikalvo			0,04
mineraali- villa runkotolpat 50x100 k600	0,1 0,05 0,1 0,14		1,74
bituliitti- levy	0,012 0,065		0,18
tuulensuoja- villa	0,05 0,04		1,25
ilmarako			0,17
kalkkiahiekk- tiili	0,13 0,7		0,19
	$\Sigma M$		3,98
	U-arvo		0,25

60-luvun vanha  
yläpohja

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
puukuitu- levy	0,012 0,055		0,22
ilmarako + rimat			0,17
muovitiiviste- paperi			0,02
mineraali- villa	0,2 0,06		3,33
		$\Sigma M$	3,91
		U- arvo	0,26

## 60-luvun uusi yläpohja

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
puukuitu- levy	0,012 0,055		0,22
Harva- laudoitus	0,018 0,14		0,13
rakennus- pahvi			0,02
mineraali- villa	0,15 0,06		2,50
puhallus- villa	0,2 0,045		4,44
		$\Sigma M$	7,48
		U- arvo	0,13

60-luvun vanhat  
ikkunat

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms+Mu	0,13	0,04	0,17
lasi	0,004		0,005
	0,814		
ikkunaväli			0,15
lasi	0,004		0,005
	0,814		
ikkunaväli			0,16
lasi	0,004		0,005
	0,814		
		$\Sigma M$	0,49
		U- arvo	2,02

## 60-luvun uudet ikkunat

MSE (L) selektiivi		U- arvo	1,3
--------------------	--	------------	-----

60-luvun vanha  
alapohja

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms	0,13		0,13
rakennus- levy	0,012		0,22
	0,055		
mienraali- villa	0,1		
	0,055		
koolaus	0,1		
50x100 k 600	1,7		1,99
betoni- laatta	0,08		0,05
	1,7		
sorakerros			1,40
		$\Sigma M$	3,78
		U- arvo	0,26

70-luvun vanha  
seinä

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
lastulevy	0,012		
	0,12		0,1
muoviklavo			0,04
mineraali- villa runkotolpat 50x125 k600	0,15		
	0,05		
	0,15		
	0,14		2,60
bituliitti- levy	0,012		
	0,065		0,18
ilmarako			0,17
tiiliverhous	0,13		
	0,7		0,19
$\Sigma M$			3,45
U-arvo			0,29

70-luvun uusi  
seinä

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
lastulevy	0,012		
	0,12		0,1
muovikalvo			0,04
mineraali- villa runkotolpat 50x125 k600	0,15		
	0,05		
	0,15		
	0,14		2,60
bituliitti- levy	0,012		
	0,065		0,18
tuulensuoja- villa	0,05		
	0,04		1,25
ilmarako			0,17
tiiliverhous	0,13		
	0,7		0,19
$\Sigma M$			4,70
U-arvo			0,21

70-luvun vanha  
yläpohja

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
lastulevy	0,012		
	0,12		0,1
harva- laudoitus	0,18		
	0,14		1,29
höyrysulku- muovi			0,04
mineraali- villa	0,15		
	0,06		2,5
		$\Sigma M$	4,10
		U-arvo	0,24

70-luvun uusi  
yläpohja

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
lastulevy	0,012		
	0,12		0,1
harva- laudoitus	0,18		
	0,14		1,29
höyrysulku- muovi			0,04
mineraali- villa	0,15		
	0,06		2,5
puhallus- villa	0,2		
	0,045		4,44
		$\Sigma M$	8,54
		U-arvo	0,12

70-luvun vanhat  
ikkunat

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms+Mu	0,13	0,04	0,17
lasi	0,004		0,005
	0,814		
ikkunaväli			0,18
lasi	0,004		0,005
	0,814		
ikkunaväli			0,17
lasi	0,004		0,005
	0,814		
		$\Sigma M$	0,53
		U-arvo	1,89

## 70-luvun uudet ikkunat

MSE (L) selektiivi	U-arvo	1,3
--------------------	--------	-----

70-luvun vanha  
alapohja

materiaali	aine d / $\lambda$		m-arvo
Ms + Mu	0,13	0,04	0,17
muovi- matto			0,04
teräsbetoni- laatta	0,06		0,04
	1,7		
styroks- eriste	0,1		2,22
	0,045		
muovi- kalvo			0,04
		$\Sigma M$	2,51
		U-arvo	0,40



## 1950-luvun rakennusteknisten korjausten kutannukset

NIMIKE JA SELITYS	MÄÄRÄTIEDOT		KUSTANNUSTIEDOT									
			TYÖKUSTANNUS					AINEKUSTANNUS		YHTEENSÄ		
	Määrä	Yks.	h/yks.	h.yht	€/h	€/yks.	yht.€	€/yks.	Aine €	Alihankinta €	€/yks	yht.€
<b>RAKENNUSTEKNISET KORJAUKSET</b>												
Ikkunoiden uusiminen												
MSE selektiivilasi aukko 1,5-2,0 m2	4	kpl	3,90	15,6	41,5	162	647	900	3600		1062	4247
MSE selektiivilasi aukko 1,0-1,5 m2	7	kpl	2,85	20,0	41,5	118	828	650	4550		768	5378
MSE selektiivilasi aukko alle 1,0 m2	9	kpl	2,40	21,6	41,5	100	896	250	2250		350	3146
Ikkunoiden vesipellit	20	kpl	0,60	12,0	41,5	25	498	6,80	136		32	634
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>57</b>			<b>2372</b>		<b>10400</b>			<b>13406</b>
Ulkoseinien pintarakenteet												
ulkoseinän purkutyöt	195	m <sup>2</sup>	0,42	81,9	41,5	17	3399				17	3399
tuulensuojavilla 50 mm	195	m <sup>2</sup>						8,67	1691		9	1691
lauta 22x100 mm k 600	195	m <sup>2</sup>	0,59	115,1	41,5	24	4775	0,70	137		25	4911
ulkoverhous Hirsipaneli 28 x 170	195	m <sup>2</sup>	0,46	89,7	41,5	19	3723	12,00	2340		31	6063
Maalaus, ulkoseinät / lautaverhous	195	m <sup>2</sup>	0,25	48,8	41,5	10	2023	1,50	293		12	2316
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>462</b>			<b>19161</b>		<b>25396</b>			<b>18379</b>

## 1950-, 60-, 70-luvun taloteknisten korjausten kustannukset

NIMIKE JA SELITYS	MÄÄRÄTIEDOT		KUSTANNUSTIEDOT										
			TYÖKUSTANNUS					AINEKUSTANNUS		Alih./Omap. 	YHTEENSÄ		
	Määrä	Yks.	h/tyks.	h,yht	l/h	l/tyks.	yht.l	l/tyks.	Aine		l/tyks	yht.l	
<b>TALOTEKNISET KORJAUKSET</b>													
lämmitysjärjestelmän uusiminen													
öljylämmitys	1	kpl	15,00	15,0	41,5	623	623		0		623	623	
öljykattila	1	kpl		0,0		0	0	1800	1800		1800	1800	
öljypoltin	1	kpl		0,0		0	0	800	800		800	800	
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>15</b>			<b>623</b>		<b>2600</b>			<b>3223</b>	
pellettilämmitys	1	kpl		0,0	0	0	0		0	1000	0	1000	
pellettikattila	1	kpl		0,0		0	0	2300	2300		2300	2300	
pellettipoltin	1	kpl		0,0		0	0	2200	2200		2200	2200	
siirtoruuvi ( varastosta n.3m )	1	kpl		0,0		0	0	500	500		500	500	
pellettivarasto	1	kpl		0,0		0	0	500	500		500	500	
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>0</b>			<b>0</b>		<b>5500</b>			<b>6500</b>	
hakelämmitys	1	kpl	12,00	12,0	41,5	498	498		0		498	498	
hake-/puukattila	1	kpl		0,0		0	0	3200	3200		3200	3200	
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>12</b>			<b>498</b>		<b>3200</b>			<b>3698</b>	
lattialämmitys	1	m <sup>2</sup>		0,0		0	0	2500	2500	900	2500	3400	
maalämpö	1	kpl		0,0		0	0		0	1850	0	1850	
maalämpöpumppu	1	kpl		0,0		0	0	6000	6000		6000	6000	
maalämpöputkisto (n.300m)	1	kpl		0,0		0	0	480	480		480	480	
täyttöventtiili	1	kpl		0,0		0	0	100	100		100	100	
laitteistoon laitettava glykolineste ( 150 l )	1	kpl		0,0		0	0	300	300		300	300	
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>0</b>			<b>0</b>		<b>9380</b>			<b>12130</b>	
Sähkötyöt							0			1500		1500	
varaava sähkölämmitys	1	kpl					0	3000	3000		3000	3000	
lämminvesivaraaja ( 300 l )	1	kpl					0	600	600		600	600	
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>0</b>			<b>0</b>		<b>3600</b>			<b>5100</b>	

## 1950-, 60-, 70-luvun taloteknisten korjausten kustannukset

NIMIKE JA SELITYS	MÄÄRÄTIEDOT		KUSTANNUSTIEDOT										
	Määrä	Yks.	TYÖKUSTANNUS					AINEKUSTANNUS		Alih./Omap. I	YHTEENSÄ		
			/tyks.	h.yht	/h	/tyks.	yht.I	/tyks.	Aine I		/tyks	yht.I	
päiväsähkö	1	kpl		0,0			0	0	3000	3000	1500	3000	4500
ilmalämpöpumppu (sisäyksikkö ja ulkoyksikkö)	1	kpl	2,00	2,0	41,5		83	83	1400	1400		1483	1483
<b>YHTEENSÄ</b>				2,0			83		4400				<b>5983</b>
poistoilmalämpöpumppu lämmitys											1700		1700
poistoilmalämpöpumppu	1	kpl						5000	5000			5000	5000
kanavat	1	erä						2000	2000			2000	2000
<b>YHTEENSÄ</b>									7000				<b>8700</b>
yhden lämmityspiirin perussäädin (asennuksineen)	1	kpl					0		500	500		500	500
monipuolinen digitaalinen säädinsarja (asennuksineen)	1	kpl					0		2500	2500		2500	2500
<b>YHTEENSÄ</b>									3000				<b>3000</b>
wc ja käyttövesikalusteet	1	kpl								0	350		350
wc-istuin	1	kpl						325	325			325	325
käsienpesuallas, 1-otesekoittaja + bide'suihku	1	kpl						159	159			159	159
termostaatti, suihkusekoittaja ja -tanko	1	kpl						160	160			160	160
tiskiallas + keittiöhana	1	kpl						180	180			180	180
pesukoneliitäntä	1	kpl						10	10			10	10
<b>YHTEENSÄ</b>									834				<b>1184</b>
ilmanvaihtojärjestelmä	1	kpl	50,00	50,0	41,5		2075	2075		0		2075	2075
Liesituuletin	1	kpl		0,0			0	0	220	220		220	220
kanavisto 6m/salko	42	jm		0,0			0	0	7	294		7	294
tulo- ja poistokone LTO:lla + käyrät ja haarat	1	kpl		0,0			0	0	1600	1600		1600	1600
tuloilmaventtiili	7	kpl		0,0			0	0	50	350		50	350
poistoilmaventtiili	5	kpl		0,0			0	0	14	70		14	70
<b>YHTEENSÄ</b>				50,0			2075		2534				<b>4609</b>

## 1960-luvun rakennusteknisten korjausten kutannukset

NIMIKE JA SELITYS	MÄÄRÄTIEDOT		KUSTANNUSTIEDOT									
			TYÖKUSTANNUS					AINEKUSTANNUS		YHTEENSÄ		
	Määrä	Yks.	h/yks.	h.yht	l/h	l/yks.	yht.l	l/yks.	Aine l	Alihankinta l	l/yks	yht.l
<b>RAKENNUSTEKNISET KORJAUKSET</b>												
Ikkunoiden uusiminen												
MSE selektiivilasi aukko 1,5-2,0 m <sup>2</sup>	7	kpl	3,90	27,3	41,5	162	1133	900	6300		1062	7433
MSE selektiivilasi aukko 1,0-1,5 m <sup>2</sup>	3	kpl	2,85	8,6	41,5	118	355	650	1950		768	2305
MSE selektiivilasi aukko alle 1,0 m <sup>2</sup>	13	kpl	2,40	31,2	41,5	100	1295	250	3250		350	4545
Ikkunoiden vesipellit	23	kpl	0,60	13,8	41,5	25	573	6,80	156		32	729
<b>YHTENSÄ</b>				<b>67</b>			<b>2783</b>		<b>11500</b>			<b>15012</b>
Ovet												
Ulko-ovi oulus 10 x 21	2	kpl	1,22	2,4	41,5	51	101	420	840		471	<b>941</b>
vesikaton purku	112	m <sup>2</sup>	0,40	44,80	41,5	17	1859		0		17	1859
Vesikate	150	m <sup>2</sup>	0,26	39,00	41,5	11	1619	10	1500		21	3119
aluskate	150	m <sup>2</sup>	0,04	6,00	41,5	2	249	1,80	270		3	519
ruodelauoitus 1700 jm	150	m <sup>2</sup>	0,11	16,50	41,5	5	685	1,30	195		6	880
Kattoristikot K 900	13	kpl	0,40	5,20	41,5	16,6	216	120,0	1560		137	1776
Räystäskouru musta	37	jm	0,40	14,80	41,5	17	614	2,9	107		20	722
syöksytorvi , 3000mm ,3jm/kpl	6	kpl	0,40	2,40	41,5	17	100	11,0	66		28	166
Savupiippujen pellitykset 1 kpl	4	m <sup>2</sup>	1,50	6,00	41,5	62	249	22	88		84	337
ilmastoinnin läpivienti	1	kpl	1,20	1,20	41,5	50	50	50	50		100	100
viemärin tuuletus läpivienti	1	kpl	1,20	1,20	41,5	50	50	50	50		100	100
<b>YHTENSÄ</b>				<b>137</b>			<b>5690</b>		<b>3886</b>			<b>9576</b>

## 1960-luvun rakennusteknisten korjausten kutannukset

NIMIKE JA SELITYS	MÄÄRÄTIEDOT		KUSTANNUSTIEDOT									
			TYÖKUSTANNUS					AINEKUSTANNUS		YHTEENSÄ		
	Määrä	Yks.	h/yks.	h,yht	l/h	l/yks.	yht.l	l/yks.	Aine l	Alihankinta		
										l	l/yks	yht.l
<b>RAKENNUSTEKNISET KORJAUKSET</b>												
lisäeriste	125	m <sup>2</sup>	0,013	1,63	41,5	1	67		0		1	<b>67</b>
puhalluskaluston valmistelu ja purku	1	kpl	2,00	2,00	41,5	83	83		0		83	<b>83</b>
puhallusvilla 200 mm	25	m <sup>2</sup>						26,00	650		26	<b>650</b>
<b>YHTENSÄ</b>				<b>4</b>			<b>150</b>		<b>650</b>			<b>800</b>
Ulkoseinien pintarakenteet												
ulkoseinän purkutööt	116	m <sup>2</sup>	1,20	139,2	41,5	50	5777		0		50	5777
tuulensuojavilla 50 mm	116	m <sup>2</sup>						8,67	1006		9	1006
lauta 22x100 mm k 600	116	m <sup>2</sup>	0,59	68,4	41,5	24	2840	0,70	81		25	2921
kalkkihiekkatiili 270x130x75 42/m <sup>2</sup>	116	m <sup>2</sup>	1,80	208,8	41,5	75	8665	35,00	4060		110	12725
Pystypaneli UTV 21 x 120	12	m <sup>2</sup>	0,46	5,52	41,5	19	229	12,00	144		31	373
Räystäänaluslaudoitus, 19 x 100, 9 j/m <sup>2</sup>	24	m <sup>2</sup>	0,30	7,20	41,5	12	299	17,80	427		30	726
Maalaus, ulkoseinät / lautaverhous	12	m <sup>2</sup>	0,25	3,00	41,5	10	125	1,50	18		12	143
Räystään aluslaudoitus maalaus	24	m <sup>2</sup>	0,25	6,00	41,5	10	249	1,50	36		12	285
<b>YHTENSÄ</b>				<b>22</b>			<b>901</b>		<b>625</b>			<b>23956</b>

## 1970-luvun rakennusteknisten korjausten kustannukset

NIMIKE JA SELITYS	MÄÄRÄTIEDOT		KUSTANNUSTIEDOT									
			TYÖKUSTANNUS					AINEKUSTANNUS		YHTEENSÄ		
	Määrä	Yks.	h/tyks.	h/ght	l/h	l/tyks.	ght.l	l/tyks.	Aine l	Alihankinta l	l/tyks	ght.l
<b>RAKENNUSTEKNISET KORJAUKSET</b>												
Ikkunoiden uusiminen												
MSE selektiivilasi aukko 1,5-2,0 m2	8	kpl	3,90	31,2	41,5	162	1295	900	7200		1062	8495
MSE selektiivilasi aukko 1,0-1,5 m2	4	kpl	2,85	11,4	41,5	118	473	650	2600		768	3073
MSE selektiivilasi aukko alle 1,0 m2	4	kpl	2,40	9,6	41,5	100	398	250	1000		350	1398
Ikkunoiden vesipellit	16	kpl	0,60	9,6	41,5	25	398	6,80	109		32	507
<b>YHTENSÄ</b>				<b>52</b>			<b>2166</b>		<b>10800</b>			<b>13474</b>
Ovet												
Ulko-ovi oulus 10 x 21	2	kpl	1,22	2,4	41,5	51	101	420	840		471	<b>941</b>
vesikaton purku	112	m <sup>2</sup>	0,40	44,80	41,5	17	1859		0		17	1859
Vesikate	150	m <sup>2</sup>	0,26	39,00	41,5	11	1619	10	1500		21	3119
aluskate	150	m <sup>2</sup>	0,04	6,00	41,5	2	249	1,80	270		3	519
ruodelaucidus 1700 jm	150	m <sup>2</sup>	0,11	16,50	41,5	5	685	1,30	195		6	880
Kattoristikot K 900	9	kpl	0,40	3,60	41,5	16,6	149	120,0	1080		137	1229
Räystäskouru musta	33	jm	0,40	13,20	41,5	17	548	2,9	96		20	644
syöksytörvi, 3000mm, 3jm/kpl	4	kpl	0,40	1,60	41,5	17	66	11,0	44		28	110
Savupiippujen pellitykset 2 kpl	8	m2	1,50	12,00	41,5	62	498	22	175		84	673
ilmastoinnin läpivienti	1	kpl	1,20	1,20	41,5	50	50	50	50		100	100
viemärin tuuletus läpivienti	1	kpl	1,20	1,20	41,5	50	50	50	50		100	100
<b>YHTENSÄ</b>				<b>139</b>			<b>5773</b>		<b>3460</b>			<b>9233</b>

## 1970-luvun rakennusteknisten korjausten kutannukset

NIMIKE JA SELITYS	MÄÄRÄTIEDOT		KUSTANNUSTIEDOT									
			TYÖKUSTANNUS					AINEKUSTANNUS		Alihankinta		YHTEENSÄ
	Määrä	Yks.	h/yks.	h/yht.	l/h	l/yks.	l/yht.	l/yks.	Aine l	l	l/yks	l/yht.
<b>RAKENNUSTEKNISET KORJAUKSET</b>												
lisäeriste	125	m <sup>2</sup>	0,013	1,63	41,5	1	67		0		1	<b>67</b>
puhalluskaluston valmistelu ja purku	1	kpl	2,00	2,00	41,5	83	83		0		83	<b>83</b>
puhallusvilla 200 mm	25	m <sup>2</sup>						26,00	650		26	<b>650</b>
<b>YHTENSÄ</b>				<b>4</b>			<b>150</b>		<b>650</b>			<b>800</b>
Ulkoseinien pintarakenteet												
ulkoseinän purkutööt	122	m <sup>2</sup>	1,20	146,4	41,5	50	6076		0		50	6076
tuulensuojavilla 50 mm	122	m <sup>2</sup>						8,67	1058		9	1058
lauta 22x100 mm k 600	122	m <sup>2</sup>	0,59	72,0	41,5	24	2987	0,70	85		25	3073
kalkkihiekkatilli 270x130x75 42/m <sup>2</sup>	122	m <sup>2</sup>	1,80	219,6	41,5	75	9113	35,00	4270		110	13383
Pystypaneli UTV 21 x 120	16	m <sup>2</sup>	0,46	7,36	41,5	19	305	12,00	192		31	497
Räystäänaluslaudoitus, 19 x 100, 9 j/m <sup>2</sup>	31	m <sup>2</sup>	0,30	9,30	41,5	12	396	17,80	552		30	938
Maalaus, ulkoseinät / lautaverhous	16	m <sup>2</sup>	0,25	4,00	41,5	10	166	1,50	24		12	190
Räystään aluslaudoitus maalaus	31	m <sup>2</sup>	0,25	7,75	41,5	10	322	1,50	47		12	368
<b>YHTENSÄ</b>				<b>28</b>			<b>1179</b>		<b>814</b>			<b>25583</b>

## TAVOITEKULUKSEN ARVIOINTI

rintamamiestalo 50-luku vanha					
Nimi					
Katuosoite					
Tarkastelupaikkakunta	Oulu				
Rakennusvuosi	1953				
Huoneistojen lukumäärä	1				
Bruttoala, brm <sup>2</sup>	228	Asukasmäärä	4		
Huoneistoala, htm <sup>2</sup>	108	Asuntokoko	108,0		
Rakennustilavuus, rm <sup>3</sup>	453,5				
<u>Rakenteet</u>	ala, m <sup>2</sup>	RakMK u-arvo /A	Kohde u-arvo/U	yks/brm <sup>2</sup>	Vert.arvo
Alapohja 1	76	0,25	0,33	0,333	1
Alapohja 2					
Ulkoseinä 1	195	0,25	0,67	0,855	0,89
Ulkoseinä 2					
Yläpohja 1	76	0,16	0,31	0,333	1
Yläpohja 2					
Ikkunat 1	19	1,4	2,94	0,083	0,107
Ikkunat 2					
Ulko-ovet	5	1,4	2,5	0,022	0,02946
Parvekeovet	0	2,1	0		
<u>Talotekniikka</u>					
Vedenkulutus, dm <sup>3</sup> /hlö, vrk	150		150		
Ilmanvaihto, 1/h	0,5		0,45		
Vuotoilmanvaihto, 1/h	0,2		0,2		
Lämmöntalteenotto - %	0		0		
Säätö.järj. hyötysuhde, %	80		60		
Lämmöntuotannon häviöt, %	10		20		
<u>Sähkölaitteet</u>					
Valaistus, kWh/htm <sup>2</sup> ,v	12				
Taloussähkö, kWh/vrk	8				
Sähkökiukaan teho, KW	0				
Kiuas päällä, krt/viikko	0				
Lattialämmitys, kWh/m <sup>2</sup>					
<u>IV-laitteet</u>					
Puhallin, kWh/vrk				0	
Jälkilämmitysvastus, kwh/vrk				0	
Esilämmitysvastus, kWh/v					
Lämpöpumppu, kWh/v					



**LÄMMITYSENERGIANKULUTUS****rintamamiestalo 50-luku  
vanha**

	RakMk kWh/v	Kohde kWh/v	Ero kWh/v
<b>Johtumishäviöt</b>	12858	29962	17104
alapohja	2280	3009,6	730
ulkoseinät	5850	15678	9828
yläpohja	1459	2827	1368
ikkunat	3192	6703,2	3511
ulko-ovet	840	1500	660
<b>Ilmanvaihto</b>	4927	4868	-58
<b>Vuotoilmanvaihto</b>	2138	2138	0
<b>Lämmin käyttövesi</b>	4380	4380	0
<b>Lämmöntuotantohäviöt</b>	2549	8210	5661
<b>Yhteensä</b>	26852	49559	22706
<b>kWh/htm<sup>2</sup>, vuosi</b>	248,6	458,9	
<b>kWh/rm<sup>3</sup>, vuosi</b>	59,2	109,3	185 %

**SÄHKÖNKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Taloussähkö	2920	27,0
Valaistus	1296	12
Ilmanvaihto + lämmitys	0	0,0
Sähkökiuas	0	0
Muu sähköenergia	0	0
<b>Yhteensä</b>	4216	39,0

**KOKONAISENERGIANKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Lämmitysenergiankulutus	49558,6	458,9
Sähköenergiankulutus	4216,0	39,0
<b>Kokonaisenergiankulutus</b>	<b>53774,6</b>	<b>497,9</b>

## TAVOITEKULUKSEN ARVIOINTI

Nimi	rintamamiestalo 50-luku uusi				
Katuosoite					
Tarkastelupaikkakunta	Oulu				
Rakennusvuosi	1953				
Huoneistojen lukumäärä	1				
Bruttoala, brm <sup>2</sup>	228	Asukasmäärä	4		
Huoneistoala, htm <sup>2</sup>	108	Asuntokoko	108,0		
Rakennustilavuus, rm <sup>3</sup>	453,5				
<u>Rakenteet</u>	ala, m <sup>2</sup>	RakMK u-arvo /A	Kohde u-arvo/U	yks/brm <sup>2</sup>	Vert.arvo
Alapohja 1	76	0,25	0,32	0,333	1
Alapohja 2					
Ulkoseinä 1	195	0,25	0,32	0,855	0,89
Ulkoseinä 2					
Yläpohja 1	76	0,16	0,31	0,333	1
Yläpohja 2					
Ikkunat 1	19	1,4	1,3	0,083	0,107
Ikkunat 2					
Ulko-ovet	5	1,4	2,5	0,022	0,02946
Parvekeovet	0	2,1	0		
<u>Talotekniikka</u>					
Vedenkulutus, dm <sup>3</sup> /hlö,vrk	150		150		
Ilmanvaihto, 1/h	0,5		0,45		
Vuotoilmanvaihto, 1/h	0,2		0,2		
Lämmöntalteenotto - %	0		0		
Säätö.järj. hyötysuhde, %	80		60		
Lämmöntuotannon häviöt, %	10		10		
<u>Sähkölaitteet</u>			<u>IV-laitteet</u>		
Valaistus, kWh/htm <sup>2</sup> ,v	12		Puhallin, kWh/vrk	0	
Taloussähkö, kWh/vrk	8		Jäkilämmitysvastus, kWh/vrk	0	
Sähkökiukaan teho, KW	0		Esilämmitysvastus, kWh/v		
Kiuas päällä, krt/viikko	0		Lämpöpumppu, kWh/v		
Lattialämmitys, kWh/m <sup>2</sup>					

**LÄMMITYSENERGIANKULUTUS****rintamamiestalo 50-luku uusi**

	RakMk kWh/v	Kohde kWh/v	Ero kWh/v
<b>Johtumishäviöt</b>	12858	17914	5055
alapohja	2280	2918,4	638
ulkoseinät	5850	7488	1638
yläpohja	1459	2827	1368
ikkunat	3192	2964	-228
ulko-ovet	840	1500	660
<b>Ilmanvaihto</b>	4927	4896	-31
<b>Vuotoilmanvaihto</b>	2138	2138	0
<b>Lämmin käyttövesi</b>	4380	4380	0
<b>Lämmöntuotantohäviöt</b>	2549	2903	354
<b>Yhteensä</b>	26852	32231	5379
<b>kWh/htm<sup>2</sup>, vuosi</b>	248,6	298,4	
<b>kWh/rm<sup>3</sup>, vuosi</b>	59,2	71,1	120 %

**SÄHKÖNKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Taloussähkö	2920	27,0
Valaistus	1296	12
Ilmanvaihto + lämmitys	0	0,0
Sähkökiuas	0	0
Muu sähköenergia	0	0
<b>Yhteensä</b>	4216	39,0

**KOKONAISENERGIANKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Lämmitysenergiankulutus	32231,4	298,4
Sähköenergiankulutus	4216,0	39,0
<b>Kokonaisenergiankulutus</b>	<b>36447,4</b>	<b>337,5</b>

## TAVOITEKULUKSEN ARVIOINTI

Nimi	<b>1-kerroksinentalo 60-luku vanha</b>				
Katuosoite					
Tarkastelupaikkakunta	<b>Oulu</b>				
Rakennusvuosi	<b>1967</b>				
Huoneistojen lukumäärä	<b>1</b>				
Bruttoala, brm <sup>2</sup>	<b>128</b>	Asukasmäärä	<b>4</b>		
Huoneistoala, htm <sup>2</sup>	<b>112</b>	Asuntokoko	<b>112,0</b>		
Rakennustilavuus, rm <sup>3</sup>	<b>400</b>				
<b>Rakenteet</b>	ala, m <sup>2</sup>	RakMK u-arvo /A	Kohde u-arvo/U	yks/brm <sup>2</sup>	Vert.arvo
Alapohja 1	<b>128</b>	<b>0,25</b>	<b>0,26</b>	1,000	<b>1</b>
Alapohja 2					
Ulkoseinä 1	<b>116</b>	<b>0,25</b>	<b>0,39</b>	0,906	<b>0,89</b>
Ulkoseinä 2					
Yläpohja 1	<b>128</b>	<b>0,16</b>	<b>0,26</b>	1,000	<b>1</b>
Yläpohja 2					
Ikkunat 1	<b>27</b>	<b>1,4</b>	<b>2,02</b>	0,211	<b>0,107</b>
Ikkunat 2					
Ulko-ovet	<b>6,5</b>	<b>1,4</b>	<b>2,5</b>	0,051	<b>0,029464</b>
Parvekeovet	<b>0</b>	<b>2,1</b>	<b>0</b>		
<b>Talotekniikka</b>					
Vedenkulutus, dm <sup>3</sup> /hlö,vrk	<b>150</b>		<b>150</b>		
Ilmanvaihto, 1/h	<b>0,5</b>		<b>0,45</b>		
Vuotoilmanvaihto, 1/h	<b>0,2</b>		<b>0,2</b>		
Lämmöntalteenotto - %	<b>0</b>		<b>0</b>		
Säätö.järj. hyötysuhde, %	<b>80</b>		<b>60</b>		
Lämmöntuotannon häviöt, %	<b>10</b>		<b>20</b>		
<b>Sähkölaitteet</b>			<b>IV-laitteet</b>		
Valaistus, kWh/htm <sup>2</sup> ,v	<b>12</b>		Puhallin, kWh/vrk	<b>0</b>	
Taloussähkö, kWh/vrk	<b>8</b>		Jälkilämmitysvastus, kWh/vrk	<b>0</b>	
Sähkökiukaan teho, KW	<b>0</b>		Esilämmitysvastus, kWh/v		
Kiuas päällä, krt/viikko	<b>0</b>		Lämpöpumppu, kWh/v		
Lattialämmitys, kWh/m <sup>2</sup>					

**LÄMMITYSENERGIANKULUTUS****1-kerroksinentalo 60-luku vanha**

	RakMk kWh/v	Kohde kWh/v	Ero kWh/v
<b>Johtumishäviöt</b>	14485	22100	7616
alapohja	3840	3993,6	154
ulkoseinät	3480	5428,8	1949
yläpohja	2458	3994	1536
ikkunat	4536	6544,8	2009
ulko-ovet	1092	1950	858
<b>Ilmanvaihto</b>	5080	5052	-28
<b>Vuotoilmanvaihto</b>	2218	2218	0
<b>Lämmin käyttövesi</b>	4380	4380	0
<b>Lämmöntuotantohäviöt</b>	2755	6700	3945
<b>Yhteensä</b>	28917	40449	11532
<b>kWh/htm<sup>2</sup>, vuosi</b>	258,2	361,2	
<b>kWh/rm<sup>3</sup>, vuosi</b>	72,3	101,1	140 %

**SÄHKÖNKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
<b>Taloussähkö</b>	2920	26,1
<b>Valaistus</b>	1344	12
<b>Ilmanvaihto + lämmitys</b>	0	0,0
<b>Sähkökiuas</b>	0	0
<b>Muu sähköenergia</b>	0	0
<b>Yhteensä</b>	4264	38,1

**KOKONAISENERGIANKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Lämmitysenergiankulutus	40449,3	361,2
Sähköenergiankulutus	4264,0	38,1
<b>Kokonaisenergiankulutus</b>	<b>44713,3</b>	<b>399,2</b>

## TAVOITEKULUKSEN ARVIOINTI

1-kerroksinentalo 60-luku						
Nimi						
Katuosoite						
Tarkastelupaikkakunta	<b>Oulu</b>					
Rakennusvuosi	<b>1967</b>					
Huoneistojen lukumäärä	<b>1</b>					
Bruttoala, brm <sup>2</sup>	<b>128</b>	Asukasmäärä		<b>4</b>		
Huoneistoala, htm <sup>2</sup>	<b>112</b>	Asuntokoko		<b>112,0</b>		
Rakennustilavuus, rm <sup>3</sup>	<b>400</b>					
	ala, m <sup>2</sup>	RakMK u-arvo /A	Kohde u-arvo/U	yks/brm <sup>2</sup>	Vert.arvo	
<b><u>Rakenteet</u></b>						
Alapohja 1	<b>128</b>	<b>0,25</b>	<b>0,26</b>	1,000	<b>1</b>	
Alapohja 2						
Ulkoseinä 1	<b>116</b>	<b>0,25</b>	<b>0,27</b>	0,906	<b>0,89</b>	
Ulkoseinä 2						
Yläpohja 1	<b>128</b>	<b>0,16</b>	<b>0,13</b>	1,000	<b>1</b>	
Yläpohja 2						
Ikkunat 1	<b>27</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	0,211	<b>0,107</b>	
Ikkunat 2						
Ulko-ovet	<b>6,5</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	0,051	<b>0,029464</b>	
Parvekeovet	<b>0</b>	<b>2,1</b>	<b>0</b>			
<b><u>Talotekniikka</u></b>						
Vedenkulutus, dm <sup>3</sup> /hlö, vrk	<b>150</b>		<b>130</b>			
Ilmanvaihto, 1/h	<b>0,5</b>		<b>0,5</b>			
Vuotoilmanvaihto, 1/h	<b>0,2</b>		<b>0,2</b>			
Lämmöntalteenotto - %	<b>0</b>		<b>50</b>			
Säätöjärj. hyötysuhde, %	<b>80</b>		<b>60</b>			
Lämmöntuotannon häviöt, %	<b>10</b>		<b>10</b>			
<b><u>Sähkölaitteet</u></b>						
Valaistus, kWh/htm <sup>2</sup> ,v	<b>12</b>			Puhallin, kWh/vrk	<b>2,5</b>	
Taloussähkö, kWh/vrk	<b>8</b>			Jälkilämmitysvastus, kWh/vrk	<b>7</b>	
Sähkökiukaan teho, KW	<b>6</b>			Esilämmitysvastus, kWh/v		
Kiuas päällä, krt/viikko	<b>1</b>			Lämpöpumppu, kWh/v		
Lattialämmitys, kWh/m <sup>2</sup>						

**LÄMMITYSENERGIANKULUTUS****1-kerroksinentalo 60-luku**

	RakMk kWh/v	Kohde kWh/v	Ero kWh/v
<b>Johtumishäviöt</b>	11796	12875	1079
alapohja	3840	3993,6	154
ulkoseinät	3480	3758,4	278
yläpohja	2458	1997	-461
ikkunat	4536	4212	-324
ulko-ovet	1092	1092	0
<b>Ilmanvaihto</b>	3725	2050	-1675
<b>Vuotoilmanvaihto</b>	2218	2218	0
<b>Lämmin käyttövesi</b>	4380	3796	-584
<b>Lämmöntuotantohäviöt</b>	2755	2384	-371
<b>Yhteensä</b>	24874	23323	-1551
<b>kWh/htm<sup>2</sup>, vuosi</b>	222,1	208,2	
<b>kWh/rm<sup>3</sup>, vuosi</b>	62,2	58,3	<b>94 %</b>

**SÄHKÖNKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Taloussähkö	2920	26,1
Valaistus	1344	12
Ilmanvaihto + lämmitys	3468	31,0
Sähkökiuas	468	4,1786
Muu sähköenergia	0	0
<b>Yhteensä</b>	8199,5	73,2

**KOKONAISENERGIANKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Lämmitysenergiankulutus	23323,0	208,2
Sähköenergiankulutus	8199,5	73,2
<b>Kokonaisenergiankulutus</b>	<b>31522,5</b>	<b>281,5</b>

## TAVOITEKULUKSEN ARVIOINTI

1-kerroksinentalo 70-luku vanha					
Nimi					
Katuosoite					
Tarkastelupaikkakunta	Oulu				
Rakennusvuosi	1977				
Huoneistojen lukumäärä	1				
Bruttoala, brm <sup>2</sup>	134	Asukasmäärä	4		
Huoneistoala, htm <sup>2</sup>	112	Asuntokoko	112,0		
Rakennustilavuus, rm <sup>3</sup>	400				
<u>Rakenteet</u>	ala, m <sup>2</sup>	RakMK u-arvo /A	Kohde u-arvo/U	yks/brm <sup>2</sup>	Vert.arvo
Alapohja 1	134	0,25	0,4	1,000	1
Alapohja 2					
Ulkoseinä 1	122	0,25	0,29	0,910	0,89
Ulkoseinä 2					
Yläpohja 1	134	0,16	0,25	1,000	1
Yläpohja 2					
Ikkunat 1	12	1,4	1,89	0,090	0,107
Ikkunat 2					
Ulko-ovet	6,5	1,4	2,5	0,049	0,02946
Parvekeovet	0	2,1	0		
<u>Talotekniikka</u>					
Vedenkulutus, dm <sup>3</sup> /hlö,vrk	150		150		
Ilmanvaihto, 1/h	0,5		0,45		
Vuotoilmanvaihto, 1/h	0,2		0,2		
Lämmöntalteenotto - %	0		0		
Säätö.järj. hyötysuhde, %	80		60		
Lämmöntuotannon häviöt, %	10		20		
<u>Sähkölaitteet</u>			<u>IV-laitteet</u>		
Valaistus, kWh/htm <sup>2</sup> ,v	12		Puhallin, kWh/vrk	0	
Taloussähkö, kWh/vrk	8		Jälkilämmitysvastus, kwh/vrk	0	
Sähkökiukaan teho, KW	6		Esilämmitysvastus,kWh/v		
Kiuas päällä, krt/viikko	1		Lämpöpumppu, kWh/v		
Lattialämmitys,kWh/m <sup>2</sup>					



**LÄMMITYSENERGIANKULUTUS****1-kerroksinentalo 70-luku vanha**

	RakMk kWh/v	Kohde kWh/v	Ero kWh/v
<b>Johtumishäviöt</b>	12690	19661	6971
alapohja	4020	6432	2412
ulkoseinät	3660	4245,6	586
yläpohja	2573	4020	1447
ikkunat	2016	2721,6	706
ulko-ovet	1092	1950	858
<b>Ilmanvaihto</b>	5155	5098	-56
<b>Vuotoilmanvaihto</b>	2218	2218	0
<b>Lämmin käyttövesi</b>	4380	4380	0
<b>Lämmöntuotantohäviöt</b>	2550	6191	3641
<b>Yhteensä</b>	26993	37548	10555
<b>kWh/htm<sup>2</sup>, vuosi</b>	241,0	335,3	
<b>kWh/rm<sup>3</sup>, vuosi</b>	67,5	93,9	139 %

**SÄHKÖNKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Taloussähkö	2920	26,1
Valaistus	1344	12
Ilmanvaihto + lämmitys	0	0,0
Sähkökiuas	468	4,1786
Muu sähköenergia	0	0
<b>Yhteensä</b>	4732	42,3

**KOKONAISENERGIANKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Lämmitysenergiankulutus	37548,0	335,3
Sähköenergiankulutus	4732,0	42,3
<b>Kokonaisenergiankulutus</b>	<b>42280,0</b>	<b>377,5</b>

## TAVOITEKULUKSEN ARVIOINTI

1-kerroksinentalo 70-luku uusi					
Nimi					
Katuosoite					
Tarkastelupaikkakunta	<b>Oulu</b>				
Rakennusvuosi	<b>1977</b>				
Huoneistojen lukumäärä	<b>1</b>				
Bruttoala, brm <sup>2</sup>	<b>134</b>	Asukasmäärä	<b>4</b>		
Huoneistoala, htm <sup>2</sup>	<b>112</b>	Asuntokoko	<b>112,0</b>		
Rakennustilavuus, rm <sup>3</sup>	<b>400</b>				
<u>Rakenteet</u>	ala, m <sup>2</sup>	RakMK u-arvo /A	Kohde u-arvo/U	yks/brm <sup>2</sup>	Vert.arvo
Alapohja 1	<b>134</b>	<b>0,25</b>	<b>0,4</b>	1,000	<b>1</b>
Alapohja 2					
Ulkoseinä 1	<b>122</b>	<b>0,25</b>	<b>0,23</b>	0,910	<b>0,89</b>
Ulkoseinä 2					
Yläpohja 1	<b>134</b>	<b>0,16</b>	<b>0,12</b>	1,000	<b>1</b>
Yläpohja 2					
Ikkunat 1	<b>12</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	0,090	<b>0,107</b>
Ikkunat 2					
Ulko-ovet	<b>6,5</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	0,049	<b>0,029464</b>
Parvekeovet	<b>0</b>	<b>2,1</b>	<b>0</b>		
<u>Talotekniikka</u>					
Vedenkulutus, dm <sup>3</sup> /hlö, vrk	<b>150</b>		<b>130</b>		
Ilmanvaihto, 1/h	<b>0,5</b>		<b>0,5</b>		
Vuotoilmanvaihto, 1/h	<b>0,2</b>		<b>0,2</b>		
Lämmöntalteenotto - %	<b>0</b>		<b>50</b>		
Säätö.järj. hyötysuhde, %	<b>80</b>		<b>60</b>		
Lämmöntuotannon häviöt, %	<b>10</b>		<b>10</b>		
<u>Sähkölaitteet</u>			<u>IV-laitteet</u>		
Valaistus, kWh/htm <sup>2</sup> ,v	<b>12</b>		Puhallin, kWh/vrk	<b>2,5</b>	
Taloussähkö, kWh/vrk	<b>8</b>		Jäkilämmitysvastus, kWh/vrk	<b>7</b>	
Sähkökiukaan teho, KW	<b>6</b>		Esilämmitysvastus, kWh/v		
Kiuas päällä, krt/viikko	<b>1</b>		Lämpöpumppu, kWh/v		
Lattialämmitys, kWh/m <sup>2</sup>					

**LÄMMITYSENERGIANKULUTUS****1-kerroksinentalo 70-luku uusi**

	RakMk kWh/v	Kohde kWh/v	Ero kWh/v
<b>Johtumishäviöt</b>	10437	12929	2492
alapohja	4020	6432	2412
ulkoseinät	3660	3367,2	-293
yläpohja	2573	1930	-643
ikkunat	2016	1872	-144
ulko-ovet	1092	1092	0
<b>Ilmanvaihto</b>	3846	2173	-1673
<b>Vuotoilmanvaihto</b>	2218	2218	0
<b>Lämmin käyttövesi</b>	4380	3796	-584
<b>Lämmöntuotantohäviöt</b>	2550	2348	-202
<b>Yhteensä</b>	23430	23463	32
<b>kWh/htm<sup>2</sup>, vuosi</b>	209,2	209,5	
<b>kWh/rm<sup>3</sup>, vuosi</b>	58,6	58,7	100 %

**SÄHKÖNKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Taloussähkö	2920	26,1
Valaistus	1344	12
Ilmanvaihto + lämmitys	3468	31,0
Sähkökiuas	468	4,1786
Muu sähköenergia	0	0
<b>Yhteensä</b>	8199,5	73,2

**KOKONAISENERGIANKULUTUS**

	kWh/v	kWh/htm <sup>2</sup>
Lämmitysenergiankulutus	23462,8	209,5
Sähköenergiankulutus	8199,5	73,2
<b>Kokonaisenergiankulutus</b>	<b>31662,3</b>	<b>282,7</b>

## Rakennuskanta vuonna 2000, kerrosala 1000 m<sup>2</sup>

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